ATTI DEL 10° CONGRESSO

DELLA

ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

Alassio 4-6 Novembre 1992

a cura di

**Giancarlo Albertelli, Riccardo Cattaneo - Vietti,
e Mauro Piccazzo**

E

ATTI

DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA

DI

OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

(A.I.O.L.)

(dal 1° Gennaio 1991 al 31 Dicembre 1992)

**Volume stampato con il contributo
del Consiglio Nazionale delle Ricerche**

Genova 1994

Ditta Giuseppe Lang s.r.l.
Arti Grafiche
Salita delle Fieschine, 30 r.
16122 Genova

A.I.O.L.

CONSIGLIO DI PRESIDENZA

per gli anni 1991-1992

Presidente	NORBERTO DELLA CROCE
Consiglieri	GIANCARLO ALBERTELLI WALTER AMBROSETTI GIULIO CATALANO GIOVANNI PAOLO FANZUTTI PAOLA GIORDANI MAURO PICCAZZO
Segretario	RICCARDO CATTANEO-VIETTI

PRESENTAZIONE

II 10° Congresso, a vent'anni dalla fondazione dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia, segna una prima tappa che merita qualche considerazione.

In questi venti anni si è auspicato a più riprese una maggiore integrazione culturale tra ricerca oceanologica e limnologica ed una maggiore interdisciplinarità; si è constatato come i contributi di conoscenze, pur di diversa impostazione di base, vadano assumendo una propria fisionomia da poterli considerare tasselli di un nuovo mosaico, preludio al concetto unificante di ecologia acquatica; si è assistito ad una crescita culturale che fa convergere nell'A.I.O.L. forze giovani che guardano oltre gli schemi tradizionali della ricerca in mare; si è osservato come alla aumentata sensibilità della collettività nazionale per problemi del mare non corrisponda una strategia nazionale per il potenziamento delle strutture per giungere a risposte adeguate ai problemi dei mari italiani. La grave e marcata dissonanza ha indotto il Consiglio di Presidenza a presentare alla stampa ed ai mezzi audiovisivi d'informazione la nota "II Mare: ricerca e politica ambientale" che viene qui di seguito riportata.

In una precedente presentazione ci si riferisce giustamente ai mali storici che affliggono l'Oceanologia e la Limnologia in Italia.

Non è questa la sede e tanto meno opportuno è il momento per insistere su mali storici e cronici, nonché sull'effetto nefasto di certe improvvisazioni tecnico-scientifico-politiche nella ricerca marina ed in quella delle acque interne.

Nella ricerca, la crescita a tasso variabile per cause e fattori che insistono dall'esterno sulle componenti scientifiche risulta particolarmente negativa e controproducente.

Norberto Della Croce

Lettera aperta del Consiglio Direttivo

IL MARE : RICERCA E POLITICA AMBIENTALE

In quest'ultimo decennio abbiamo visto nascere, in Italia, diverse espressioni ambientaliste che si sono rapidamente "ritagliate" un loro spazio politico, anche grazie ai "mass media" che hanno subito compreso quale presa, all'inizio solo emotiva, avesse la questione ambientale sull'opinione pubblica. Non è in questa sede che si intende comprendere le complesse motivazioni sociali e politiche che hanno dato il via ai diversi movimenti, ma appare necessario oggi sviluppare alcune considerazioni sul loro ruolo e sui rapporti che si sono intrecciati tra ricerca scientifica, movimenti d'opinione e politica ambientale in Italia.

Il "polverone" sollevato in Italia dai movimenti ecologisti ha rapidamente avviluppato le scienze che studiano, da che mondo è mondo, l'ambiente: le Scienze della Natura. L'ansia e la esagitazione per una risposta non poteva avere marchio scientifico a breve termine e pertanto non poteva soddisfare i movimenti ambientalisti, trovando spesso impreparato il mondo accademico: questo rifiuta la notorietà improvvisata che proviene dal sottoscrivere certezze scientifiche spesso invocate da un opinione pubblica più o meno teleguidata e talora "traumatizzata" a seconda degli interessi in gioco. È altrettanto ovvio però che certi problemi ambientali, comunque originatisi, non possono attendere all'infinito la risposta scientifica che - sbloccando il dubbio - permette l'intervento in tempo reale. Ma se questo non lo può fare la scienza, tanto meno lo può fare l'opinione pubblica, soprattutto quando essa non è consapevole delle dimensioni e della gravità del problema.

Il trionfo della scienza-spettacolo, delle interviste, delle tavole rotonde, con o senza ammiccamenti, in diretta TV non hanno fatto altro che contribuire ad aumentare la confusione dei ruoli, alimentata da vuoti di conoscenza e da spinte demagogiche pilotate da cavalcatori di tigri e di asini (più asini che tigri) di diversa estrazione culturale e sociale. Questo non significa che associazioni nazionali, internazionali e mondiali non possano svolgere e svolgano un'importante funzione educativa e di presa di coscienza delle problematiche ambientali, ed ancora di pungolare un apparato statale miope o che preferisce essere tale. Ma il caso (?) vuole che siano proprio le associazioni ambientaliste ad essere rappresentate in forma consistente nelle varie commissioni e consulte che i diversi ministeri hanno creato, valutando forse più che l'apporto scientifico quello elettorale. Da questo processo nasce una manovalanza intellettuale piuttosto rilevante, sempre disponibile a cavalcare l'asino di cui sopra.

In questa confusione per un verso, ed in questa giungla per un altro, si dibattono le componenti pubbliche della ricerca e dell'istruzione, almeno per quanto concerne la problematica dei mari e delle acque interne del nostro Paese. D'altra parte le risorse disponibili non sono scarse, pur ancorate a schemi spesso scarsamente scientifici, per cui ne risulta che le briciole della pagnotta vengono destinate alla ricerca, il tozzo di pane al monitoraggio, il pane e burro alle così dette catastrofi che - guarda caso - sono in aumento in tutto il mondo (e questo è un fatto su cui riflettere) e che talvolta costituiscono l'unico movente per sviluppare specifici settori di ricerca.

La situazione risulta ancora più pesante se si considera che la riforma universitaria ha previsto - e concettualmente si può essere d'accordo - che la partecipazione dell'Università alla vita del Paese significa integrare il potere della conoscenza con il potere economico della tecnica. Situazione questa che dovrebbe porre l'Università sullo stesso piano concorrenziale delle cooperative, degli studi professionali, delle società pubbliche e private. Tutto ciò potrebbe anche realizzarsi in pratica se l'Università potesse comportarsi, pur nell'attuale snellezza amministrativa, come un'azienda qualsiasi, mentre sappiamo

bene in quali problemi burocratici ed organizzativi si dibatte la nostra Università che, d'altra parte, non può e non vuole rinunciare alla sua libertà di pensiero e ricerca.

Uno dei campi della ricerca ambientale dove le carenze, la confusione dei ruoli, la mancanza di continuità e la programmazione soffrono di enormi ritardi nel tradursi in fatto operativo è proprio quello dell'Oceanologia e della Limnologia.

Senza andare indietro nel tempo e richiamare aspetti appariscenti ed illuminanti (naufragi della Cavtat e della Haven, parchi marini, balneazione, fermo di pesca, goletta verde, inerzia, condiscendenza) è sufficiente ricordare che materie sicuramente alla base di tali problemi ambientali, come la Limnologia e l'Oceanologia, non trovano, come tali, spazi precisi sia nel campo della ricerca che della formazione. Nel frattempo, nel campo della Comunità europea s'intende rafforzare le basi scientifiche e tecnologiche necessarie per l'esplorazione, l'utilizzazione, la gestione e la protezione dei mari europei ed ancora una volta l'Italia vi giocherà un ruolo di secondo piano. L'impressione è che in Italia non si voglia intendere il significato di produrre una cultura che non sia quella storica, economica e tecnica delle vie d'acqua e, d'altra parte, la struttura della ricerca oceanografica e delle acque interne è affidata a pochi ed antiquati mezzi navali ed a poche istituzioni di cui alcune fiorenti, altre in stato preagonico o di convalescenza o appena nate e nessuna di queste sostenuta adeguatamente per evitare cadute o ricadute .....

Lo stesso corso di laurea in Scienze Ambientali a diversi indirizzi, quello marino incluso, che è nato come esigenza sentita anche dall'opinione pubblica, risulta essere alle prese con la moda e con la politica di provincia che lo vuole ovunque, mentre da un'altra sponda già si pensa ad una revisione dei contenuti dei corsi a pochi anni dalla sua attivazione, quando alcune delle Sedi che hanno invocato la revisione non lo hanno ancora avviato.

In questo contesto non ha significato dilungarsi sui vari aspetti che sino ad oggi non hanno fatto decollare in Italia l'Oceanografia e la Limnologia per proporre soluzioni.

Qui si desidera confermare che la ricerca ambientale marina e delle acque interne intende rivendicare, attraverso le Società Scientifiche che più coerentemente le rappresentano, il ruolo di svolgere analisi rigorose dei fenomeni, analisi oggettive dei fatti e delle loro conseguenze. In questo senso, il corpo docente e di ricerca di questo Paese dovrebbe chiaramente dibattere, nell'ambito delle varie Società, il suo compito ed il suo concreto contributo ai problemi degli ambienti acquatici.

Lo studio, la gestione e la divulgazione dei problemi ambientali, tutte componenti necessarie alla crescita civile del Paese, necessitano una ridefinizione dei ruoli che le varie realtà della società civile debbono svolgere, nell'ambito delle proprie competenze, per il comune progresso.

Del resto, è proprio la confusione dei ruoli che ha portato il Paese ad un degrado che non è soltanto ambientale.

Norberto DELLA CROCE - Istituto di Scienze Ambientali Marine, Università di Genova.
Riccardo CATTANEO-VIETTI - Istituto di Zoologia, Università di Genova.
Giancarlo ALBERTELLI - Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina, Università di Messina.
Walter AMBROSETTI - Istituto Italiano di Idrobiologia, CNR, Verbania Pallanza.
Giulio CATALANO - Istituto Sperimentale Talassografico, CNR, Trieste.
Giovanni Paolo FANZUTTI - Istituto di Geologia e Paleontologia, Università di Trieste.
Paola GIORDANI - Istituto di Geologia Marina, CNR, Bologna.
Mauro PICCAZZO - Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Genova.

Santa Margherita Ligure, 5 agosto 1991

L'Associazione, per il contributo fornito allo svolgimento del Congresso, desidera ringraziare l'Università degli Studi di Genova - Programma Colombo '92, il Centro Studi Unioncamere Liguri, il Comune "Città di Alassio" e, sempre in Alassio, l'Azienda di Promozione Turistica, l'Associazione Italiana Albergatori, il Banco di Chiavari e della Riviera Ligure, la Direzione dell'Hotel Diana e la Pasticceria Canepa.

ATTI

DEL X CONGRESSO NAZIONALE

della

ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

(A.I.O.L.)

Alassio, 4-6 Novembre 1992

ELENCO DEI PARTECIPANTI AL X CONGRESSO A.I.O.L.

Alassio, 4-6 Novembre 1992

AIRÓ Silvia	Dip. Genetica, Sez. Ecologia - Univ. Pavia
ALBERTELLI Giancarlo	Dip. Biologia Animale ed Ecologia Marina - Univ. Messina
ALIANI Stefano	ENEA/CRAM - Forte S. Teresa, Lcrici (SP)
AMBROSETTI Walter	Ist. Italiano di Idrobiologia, CNR - Pallanza
ASIOLI Alessandra	Ist. Geologia, Paleontologia e Geografia, Univ. Parma
ASTRALDI Mario	Staz. Oceanografica, CNR - Forte S. Teresa, Lerici (SP)
AZZOLINI Roberto	CNR- Roma
BALDUZZI Andrea	Ist. Zoologia - Univ. Genova
BARBANTI Andrea	ISMES - Bergamo
BASSO Daniela	Dip. Scienze della Terra - Univ. Milano
BAUDO Renato	Ist. Italiano di Idrobiologia, CNR - Pallanza
BELLOTTI Piero	Dip. Scienze della Terra - Univ. Roma
BENASSI Giorgio	Ist. Ecologia - Univ. Parma
BIANCHI Carlo Nike	ENEA/CRAM - Forte S. Teresa, Lerici (SP)
BOERO Ferdinando	Dip. Biologia - Univ. Lecce
BOGGERO Angela	Ist. Italiano di Idrobiologia, CNR - Pallanza
BORSETTI Anna Maria	Ist. per la Geologia Marina, CNR - Bologna
BRAMBATI Antonio	Ist. Geologia e Paleontologia - Univ. Trieste
BRANDOLINI Pierluigi	Ist. Geografia - Univ. Genova
BREGANT Davide	Ist. Talassografico, CNR - Trieste
BUDILLON Giorgio	Ist. Meteorologia e Oceanografia - Ist. Univ. Navale Napoli
BUSCARINU Paola	Ente Autonomo del Flumendosa - Cagliari
CABRINI Marina	Lab. Biologia Marina – Trieste

CAROLLO Alfredo	Ist. Italiano di Idrobiologia, CNR – Pallanza
CATALANO Giulio	Ist. Talassografico, CNR – Trieste
CATTANEO-VIETTI Riccardo	Ist. Zoologia - Univ. Genova
CHIANTORE Maria Chiara	Ist. Scienze Ambientali Marine - Univ. Genova
CICERI Giovanni	CISE - Segrate (MI)
COCCO Ennio	Dip. Scienze della Terra - Univ. Napoli
COCITO Silvia	ENEA/CRAM - Forte S. Teresa, Lerici (SP)
COLIZZA Ester	Ist. Geologia e Paleontologia - Univ. Trieste
CONVERSANO Fabio	Ist. Meteorologia e Oceanografia - Tst. Univ. Navale Napoli
CORSELLI Cesare	Dip. Scienze della Terra - Univ. Milano
CORTEMIGLIA Gian Camillo	Dip. Scienze della Terra - Univ. Genova
COSCE Claudio	Ist. "Leon Pancaldo" - Savona
COSSU Andrea	Dip. Botanica ed Ecologia Vegetale - Univ. Sassari
COVAZZI Anabella	Ist. Scienze Ambientali Marine - Univ. Genova
DANOVARO Roberto	Ist. Scienze Ambientali Marine - Univ. Genova
DE BIASI Anna Maria	ENEA/CRAM - Forte S. Teresa, Lerici (SP)
DE LAURO Massimo	SO.PRO.MAR. - Napoli
DELLA CROCE Norberto	Ist. Scienze Ambientali Marine - Univ. Genova
DELLAVALLE Giuseppe	Lab. Biologia Marina - Trieste
DEL NEGRO Paola	Lab. Biologia Marina - Trieste
DEL PIERO Donatella	Dip. Biologia - Univ. Trieste
DE MAGISTRIS M. Antonietta	Dip. Scienze della Terra - Univ. Napoli
DE MAIO Arturo	Ist. Meteorologia e Oceanografia - Ist. Univ. Navale Napoli
DIVIACCO Giovanni	ICRAM - Roma
DRAGO Nicolino	Ist. Scienze Ambientali Marine - Univ. Genova
FABIANO Mauro	Dip. Biologia Animale ed Ecologia - Univ. Cagliari
FANZUTTI Giovanni Paolo	Ist. Geologia e Paleontologia - Univ. Trieste
FARANDA Francesco	Ist. Scienze Ambientali Marine - Univ. Genova

FERRARI Irenico	Ist. Ecologia - Univ. Parma
FERRARI Marco	Dip. Scienze della Terra - Univ. Genova
FERRETTI Omelia	ENEA/CRAM - Forte S. Teresa, Lerici (SP)
FESTA Vincenzo	ENEL/CRTN - Milano
FIERRO Giuliano	Dip. Scienze della Terra - Univ. Genova
FIRPO Marco	Dip. Scienze della Terra - Univ. Genova
FONDA-UMANI Serena	Dip. Biologia - Univ. Trieste
FRASCHETTI Simonetta	Ist. Scienze Ambientali Marine - Univ. Genova
GAMBI Maria Cristina	Lab. Biologia del Benthos, Staz. Zoologica - Ischia (NA)
GASPARINI Gian Pietro	Staz. Oceanografica, CNR - Forte S. Teresa, Lerici (SP)
GHIRARDELLI Elvezio	Dip. Biologia - Univ. Trieste
GIACOBBE Salvatore	Dip. Biologia Animale ed Ecologia Marina - Univ. Messina
GIANI Michele	ICRAM - Roma
GIORDANI Paola	Ist. per la Geologia Marina, CNR - Bologna
GIUSSANI Gianluigi	Ist. Italiano di Idrobiologia, CNR - Pallanza
GUGLIELMO Letterio	Dip. Biologia Animale ed Ecologia Marina - Univ. Messina
HECQ Jean Henri	Univ. Liège (Belgium)
INNAMORATI Mario	Lab. Ecologia Vegetale, Dip. Biologia - Univ. Firenze
IVALDI Roberta	Dip. Scienze della Terra - Univ. Genova
LANGONE Leonardo	Ist. per la Geologia Marina, CNR - Bologna
LAZZARA Luigi	Dip. Biologia Vegetale - Univ. Firenze
LICANDRO Priscilla	Ist. Scienze Ambientali Marine - Univ. Genova
LUGLIÉ Antonella	Dip. Botanica ed Ecologia Vegetale - Univ. Sassari
MARABINI Franco	Ist. per la Geologia Marina – Bologna
MARTINOTTI Walter	ENEL – Milano
MELONI Roberto	Staz. Oceanografica, CNR - Forte S. Teresa, Lerici (SP)
MICHELATO Antonio	Osservatorio Geofisico Sperimentale, Trieste
MILANI Luisella	Lab. Biologia Marina – Trieste

MISIC Cristina	Ist. Scienze Ambientali Marine - Univ. Genova
MONTI Marina	Lab. Biologia Marina - Trieste
MORESCALCHI Alessandra	Ist. Anatomia Comparata - Univ. Genova
MORESCALCHI Alessandro	Ist. Anatomia Comparata - Univ. Genova
MORI Giovanna	Lab. Ecologia Vegetale, Dip. Biologia - Univ. Firenze
MORRI Carla	Ist. Zoologia - Univ. Genova
MOSELLO Rosario	Ist. Italiano di Idrobiologia, CNR - Pallanza
NICCHIOTTI Gianluca	ELSAG BAILEY - Genova
NICCOLAI Ilaria	ENEA/CRAM - Forte S. Teresa, Lerici (SP)
OCCHIPINTI Anna	Dip. Genetica e Microbiologia, Sez. Ecologia - Univ. Pavia
PANO Niko	Inst. Hidrometeorologjik - Univ. Tirana (Albania)
PANSINI Maurizio	Ist. Zoologia, Univ. Genova
PAPA Lorenzo	Ist. Idrografico della Marina - Genova
PEIRANO Andrea	EGA - Monterosso al Mare (SP)
PELLEGRINI David	ICRAM - Roma
PERDICARO Renato	Lab. Centrale Idrobiologia - Roma
PETRILLO Mario	Ist. Scienze Ambientali Marine - Univ. Genova
PIANI Raffaella	Ist. Geologia e Paleontologia - Univ. Trieste
PICCAZZO Mauro	Dip. Scienze della Terra - Univ. Genova
POVERO Paolo	Ist. Scienze Ambientali Marine - Univ. Genova
PRICE N. Brian	Lab. Geology and Geophysics - Univ. Edinburgh (UK)
RAVAIOLI Mariangela	Ist. per la Geologia Marina - Bologna
RIBERA D'ALCALÀ Maurizio	Stazione Zoologica "A. Dohrn" - Napoli
RICCI Francesca	Ist. Scienze Ambientali Marine - Univ. Genova
RIGGIO Silvano	Ist. Zoologia - Univ. Palermo
ROSSI Valerla	Ist. Ecologia - Univ. Parma
ROLLANDO Angela	Ist. Geografia - Univ. Genova
RUFFONI RIVA Teresa	Ist. Italiano di Idrobiologia, CNR – Pallanza

SALLEO Alberto	Ist. Fisiologia Generale - Univ. Messina
SANDULLI Roberto	CASTALIA - Genova
SCONFIETTI Renato	Dip. Genetica, Sez. Ecologìa - Univ. Pavia
SECHI Nicola	Dip. Botanica ed Ecologia Vegetale - Univ. Sassari
SERGI Domenico	Dip. Biologia Animale ed Ecologia Marina - Univ. Messina
SETTI Massimo	Dip. Scienze della Terra - Univ. Pavia
SGORBINI Sergio	ENEA/CRAM - Porte S. Teresa, Lerici (SP)
SILVESTRI Cecilia	ENEA/CRAM - Forte S. Teresa, Lerici (SP)
SOCAL Giorgio	Ist. Biologia del Mare, CNR - Venezia
SPARLA Maria Pia	Dip. Biologia Animale ed Ecologia Marina - Univ. Messina
SPEZIE Gian Carlo	Ist. Meteorologia e Oceanografia - Ist. Univ. Navale Napoli
SPOTORNO Mauro	Ist. Geografia - Univ. Genova
TERRANOVA Remo	Ist. Geografia - Univ. Genova
TUCCI Sergio	Dip. Scienze della Terra - Univ. Genova
TUNESI Leonardo	ICRAM - Roma
VACCHI Marino	ICRAM - Roma
VIARENGO Aldo	Ist. Fisiologia Generale - Univ. Genova
VIAROLI Pierluigi	Ist. Ecologia - Univ. Panna
VIRDIS Tomasa	Ente Autonomo del Flumendosa - Cagliari
WELKER Chiara	Lab. Biologia Marina - Trieste
ZAGAMI Giacomo	Dip. Biologia Animale ed Ecologia Marina - Univ. Messina
ZOPPINI Annamaria	IRSA, CNR - Roma
ZUNINI SERTORIO Tecla	Ist. Scienze Ambientali Marine - Univ. Genova

COMMEMORAZIONI

LEOPOLDO TROTTI

(1906-1991)

Nel mese di giugno 1991, a Montecastrilli (Terni), si è spento il Prof. Leopoldo Trotti.

L'interesse per l'oceanografia lo aveva indotto ad una svolta nella sua carriera, già bene avviata in campo biologico, tanto da conseguire nel 1955 la libera docenza in Anatomia comparata.

A tale data aveva ricoperto presso l'Università di Genova diversi incarichi di insegnamento. Due anni più tardi conseguì anche la libera docenza in Oceanografia e passò all'insegnamento di quest'ultima disciplina presso la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali.

La sua formazione porta l'impronta di H.U. Sverdrup che ebbe Maestro presso l'Oceanografisk Institut di Oslo dove aveva trascorso un lungo periodo e, successivamente, di un anno passato presso la Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California, quale Research Professor.

Nel 1958 fu ternato al concorso del Ministero Agricoltura e Foreste per la Direzione dell'Istituto Sperimentale Talassografico di Tarante.

Nel 1959 vinse il concorso internazionale per un posto di Visiting Professor di Oceanografia presso l'Università di Cape Town. Qui avviò gli studi ed organizzò il Dipartimento di Oceanografia del quale fu Direttore dal 1959 al 1961.

Rientrato in Italia fu incaricato del corso di Oceanografia per Ufficiali Idrografi fino al 1964 presso l'istituto Idrografico della Marina col quale ebbe una proficua collaborazione.

Dal 1964 al 1968 fu docente di Oceanografia presso la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università di Trieste. Dal 1967 al 1976 fu Direttore Ordinario dell'Istituto Sperimentale Talassografico, posto che conservò per qualche tempo pur avendo superato l'età di 70 anni.

È' stato rappresentante italiano presso il CIEDSM; Membro della Sottocommissione per l'Oceanografia Fisica del CNR per l'AGI 1957-58; Capo missione e responsabile scientifico delle ricerche compiute nell'Alto Tirreno per l'AGI 1957-58; Membro del gruppo direttivo italiano per la condotta scientifica delle ricerche occanografiche nello Stretto di Gibilterra (NATO); Socio effettivo e Segretario Generale dell'Accademia Ligure di Scienze e Lettere di Genova; Membro del Centro Talassografico Tirreno, Genova; Socio della Società Geofisica Italiana; Membro del Coordinating Committee for Oceanographic Research del Consiglio della organizzazione scientifica e industriale del Sud Africa - Pretoria; Socio della Royal Society del Sud Africa - Cape Town; Medaglia d'argento della Societé Centrale d'Agriculture et de Pêche - Parigi.

È' autore di oltre 40 pubblicazioni nel solo campo dell'oceanografia riguardanti le condizioni fisiche del Mar Ligure e dell'Alto Tirreno. A Trieste si occupò della previsione delle maree per i principali porti italiani e continuò lo studio delle osservazioni compiute negli anni precedenti. Nel Mar Ligure mise in evidenza la formazione in inverno di acque di elevata densità. Sui suoi dati altri ricercatori hanno lavorato per analisi teoriche più approfondite. Importante il contributo di esperienza portato ai lavori dell'AGI che in Italia segnarono il risveglio degli interessi per gli studi in oceanografia. Negli anni successivi essi portarono alla realizzazione della Nave Oceanografica Bannock del CNR. Tutte le spedizioni precedenti erano state compiute con l'aiuto della Marina Militare Italiana che, solo per l'AGI, aveva messo a disposizione tre corvette per ognuna delle cinque campagne programmate al fine di ottenere osservazioni quasi sinottiche sull'intero

Tirreno.

Ricercatore scrupoloso ed appassionato, non si lasciava fermare dalle condizioni di tempo e di mare più avverse. Ne incontrò di brutte lungo le coste del Sud Africa che studiò con un mezzo navale neanche abbastanza affidabile.

Uomo di poche parole e schivo dal mettersi in mostra, ha avuto il grande coraggio di affrontare ricerche che presentavano allora difficoltà economiche e organizzative ancora più grandi di quelle che conosciamo oggi e poteva trovare ascolto, con pochi altri, solo presso la Commissione Talassografica o il CTT del quale era sostenitore.

Arturo De Maio

GIUSEPPE FLOCCHINI

(1930-1992)

Il Prof. Giuseppe Flocchini, Straordinario di Oceanografia Fisica presso la Facoltà di Scienze dell'Università di Genova, è scomparso prematuramente il 18 aprile 1992.

Il Prof. Flocchini ha iniziato la carriera universitaria nel 1959 come Assistente Ordinario ed aiuto alla cattedra di Fisica Terrestre. Dal 1965 è stato Docente di Sismologia, Libero Docente in Meteorologia, Professore Associato di Topografia e Cartografia; dal 1990 Professore Straordinario di Oceanografia Fisica. Ha attivamente collaborato a numerose ricerche nei seguenti campi: precipitazioni a carattere alluvionale sull'Italia settentrionale; attività temporalesca sul Mediterraneo, in rapporto con l'attività solare; correlazione fra i temporali e la corrente a getto; teoria del mareografo per onde lunghe; correlazione fra le condizioni metereologiche e la genesi delle onde lunghe nel Mar Ligure e i moti advettivi nella circolazione costiera; effetto del mare sul clima costiero; distribuzione spettrale della radiazione solare diretta, diffusa e globale nell'Italia settentrionale; relazione fra costante solare ed attività solare.

Il Prof. Flocchini ha ottenuto risultati originali citati in riviste e pubblicazioni internazionali; ha curato l'elaborazione, con le più moderne tecniche informatiche, dei dati meteorologici raccolti dall'Osservatorio Geofisico di Genova dalla fondazione (1833) al 1991; ha presentato a Congressi nazionali e internazionali i risultati di ricerche sulle caratteristiche principali dello stato ottico dell'atmosfera, in funzione della circolazione nella troposfera; sulle correlazioni fra i parametri meteorologici e le componenti della radiazione solare nonché un modello matematico del bilancio radiativo superficiale, testato con misure oceanografiche nel Mediterraneo occidentale sugli spettri delle onde lunghe del vento.

Il Prof. Flocchini si era iscritto all'Associazione nel 1991, ma nel poco tempo che è rimasto con noi ha lasciato il ricordo di persona cordiale, serena e sempre pronta alla collaborazione.

.

Norberto Della Croce

BRUNO SCHREIBER

(1905-1992)

Bruno Schreiber si è spento a Parma il 31 agosto 1992. Nato a Trieste nel 1905, si era laureato a Padova nel 1927 con Paolo Enriques e presso questo Ateneo avviò la sua lunga e operosa carriera accademica che si interruppe nel 1938 quando fu estromesso dall'Università in seguito alla promulgazione delle leggi razziali.

In quel primo decennio la sua attività scientifica fu intensissima. Compì studi pionieristici sul chimismo delle acque e sulle comunità biologiche degli ambienti lagunari. Si occupò della fisiologia dell'apparato di Weber nei Teleostei Ostariofisi e, tra i primi al mondo, eseguì con successo esperimenti di induzione della maturità sessuale in maschi di anguilla attraverso la somministrazione di ormoni preipofìsari.

Riprese l'attività di ricerca alla fine della seconda guerra mondiale allorché, reintegrato nel ruolo di assistente universitario, prese servizio presso l'Istituto di Zoologia dell'Università di Milano, allora diretto da Silvio Ranzi. In quegli anni si concentrò sullo studio del problema della induzione osteogenetica in anfibi e mammiferi. Vincitore di concorso nel 1952, fu chiamato a coprire la cattedra di Zoologia all'Università di Parma dove diresse l'Istituto di Zoologia per quasi un trentennio, fino al 1980.

A Parma portò a maturazione linee di ricerca di forte rilevanza teorica e applicativa nei settori dell'etologia e dell'oceanografia biologica. Si occupò a fondo di problemi del comportamento animale. L'orientamento degli uccelli migratori è stato un tema cui si è dedicato con passione anche negli anni del fuori ruolo. Promosse studi fondamentali in radioecologia, partendo dalle conoscenze sulla biologia degli Acantari e valorizzando i risultati di ricerche di base su questo gruppo di Protozoi per l'analisi della circolazione dei radionuclidi negli ecosistemi marini. Riallacciandosi alle sue prime ricerche sull'anguilla, si dedicò alla sperimentazione sulla riproduzione artificiale, indotta mediante trattamento di ormoni gonadotropici, in specie ittiche di acque salmastre.

Fu socio dell'Accademia Nazionale dei XL, presidente dell'UZI per due mandati, medaglia d'oro come benemerito della cultura.

Bruno Schreiber è certamente una figura centrale della biologia italiana del dopoguerra. La sua opera non è riducibile alle pur molteplici coordinate - qui sinteticamente tratteggiate - del curriculum scientifico. Schreiber fu anche, in primo luogo, promotore e organizzatore di scienza e di cultura. A Parma è stato preside della Facoltà di Scienze per 15 anni. A Parma ha voluto e stimolato la formazione di nuclei di giovani ricercatori che avrebbero poi dato vita a esperienze decisive nello sviluppo di settori fondamentali della ricerca biologica, dell'etologia e dell'ecologia in particolare, nel nostro paese.

Di Schreiber trattengo il ricordo delle lezioni del corso di Zoologia, di quand'ero suo studente, più di trent'anni fa. Quelle lezioni, bellissime e avvincenti, gremite di richiami dotti e insieme di metafore rutilanti, sono state una delle esperienze più vive e stimolanti della mia preparazione di biologo. Appariva, a prima vista, burbero, scontroso, ma aveva scoppi improvvisi di un'allegria contagiosa che alleviavano la tensione dei discorsi seri e ne stemperavano l'asprezza in un invito alla fiducia e all'ottimismo.

È stato un validissimo ricercatore, un maestro straordinario di scienza e di vita, un uomo buono e cortese. Di questi tratti delia personalità di Bruno Schreiber serberanno a lungo il ricordo tutti quelli che hanno avuto la fortuna di conoscerlo.

Ireneo Ferrari

INDICE

Consiglio di Presidenza pag. I

Presentazione pag. III

Lettera aperta del Consiglio Direttivo pag. IV

Atti del X Congresso Nazionale AIOL pag. VII

Elenco dei Partecipanti al X Congresso Nazionale AIOL pag. IX

Commemorazioni pag. XV

RELAZIONI AD INVITO

PANO N. - Dinamica del litorale albanese (sintesi delle conoscenze). pag. 3

HECQ J.H. - Approccio modellistica -ecologico alle problematiche dell'oceanografia chimica e biologica. pag. 11

SALLEO A. - Meccanismi di difesa e aggressione nei Celenterati: specializzazione fisiologica e tossicologica delle cellule urticanti. pag. 13

PRICE N. B., MOWBRAY S., GIORDANI P. - Sedimentati and heavy metal input changes on the Northwest Adriatic Sea shelf: a consequence of anthropogenic activity. pag. 23

COMUNICAZIONI

BREGANT D., AZZARO F., BONACCORSO A., CIVITARESE G., CRISAFI E., LA FERLA R., LEONARDI M., LUCHETTA A., POLIMENI R., RAICICH F . - Condizioni idrobiologiche nell'Adriatico meridionale. Novembre 1991. pag. 37

NICCHIOTTI G., OTTAVIANI E., PAPA L. - Impiego di tecniche di elaborazione di immagine per il telerilevamento dello stato del mare. pag. 47

POVERO P., BATTILOTTI M., DE LAURO M., FABIANO M., HOPKINS T. S., MONASSI M., RIBERA D'ALCALA' M., SAGGIOMO V., TRAMONTANO M. A., ZANGAGLIA A . - Lazio Shelf Experiment (Crociera HOP1, agosto 1991): analisi Preliminare sulla distribuzione di nutrienti, biomassa fitoplanctonica, sostanza organica particellata. pag. 53

NAIR R., CATTINI E., GASPARINI G.P ., ROSSI G. - Circolazione ciclonica e distribuzione dei nutrienti nel Tirreno Settentrionale. pag. 65

PAPA L. - Un modello numerico integrato per lo studio della dinamica costiera del Ponente Ligure. pag. 77

ASTRALDI M., GASPARINI G.P., PISTEK P., - SPARNOCCHIA S. - La circolazione nel Mar Ligure durante l'incidente della Haven. pag. 87

BARBANTI A., COMMEAU J.A., FRASCARI F. - Silt-sized heavy minerai analyses as a tool for studying provenance and dispersion of fine sediments: an application to the northern Adriatic Sea. pag. 97

CAPOTONDI L., ASIOLI A., BORSETTI A. M. - Ecozonazione a foraminiferi planctonici e paleoceanografia dell'ultima deglaciazione nel Mediterraneo centrale. pag. 107

ROSSI V., PARIS G., ROSSETTI G., SEI S., VIAROLI P. - Analisi di popolazioni del copepode calanoide *Mixodiaptomus kupelwieseri* in corpi d'acqua dell'Appennino Ligure. pag. 117

DELLA CROCE N., COVAZZI A. BONOMI A. - Valori di trasparenza nei Mari Ligure e Tirreno. pag. 125

CORTEMIGLIA G.C. - Caratteri morfometrici generali di ciottoli raccolti su spiagge del tratto costiero orientale dell'Isola d'Elba. pag. 135

CERADINI S., CICERI G., COGLIATI N., MARTINOTTI W. - Indagine pluriennale (1989-1992) di alcuni processi di trasformazione e di diffusione di nutrienti all'interfaccia acqua-sedimenti del lago d'Orta. pag. 143

BUDILLON G., CONVERSANO F., CAMPILI F., CORATO F., SPEZIE G. - Alcune caratteristiche dei processi biogeochimici nel Canale di Sicilia. pag. 155

CAROLLO A., ROLLA A. - Commento alle Tavole sulle acque dell'Atlante Tematico Nazionale. pag. 167

BOGGERO A., NOCENTINI A. M. - Macrozoobenthos di un lago alpino d' alta quota (Lago di Paione Superiore, Val Bognanco). pag. 177

ALBERTELLI G., COVAZZI A., FRASCHETTI S.- Population dynamics, biomass and production of the bivalve *Spisula subtruncata* (da Costa) in the Ligurian Sea (Italy). pag. 189

SECHI N., BUSCARINU P., LUGLIÉ A. - Limnologia del nuov o invaso del Cixerri nei primi due anni di esistenza. pag. 201

ALIANI S. - I fondi a *Gryphus vitreus* (Brachiopoda) dell'Arcipelago Toscano (Mediterraneo occidentale). pag. 209

CORSELLI C., GIACOBBE S., LEONARDI M., BASSO D. - Biotopi e biocenosi della dorsale sottomarina Pianosa - Scoglio d'Africa (Arcipelago Toscano). pag. 221

CORRADI N., BRANDOLINI P., SPOTORNO M.- Variazioni del litorale e utilizzo del suolo: il tratto costiero compreso tra Capo Vado e il Promontorio del Priamar (Liguria occidentale). pag. 233

TERRANOVA R. - Fenomeni di regressione delle spiagge di Monterosso al Mare (Liguria orientale) provocati da interventi umani. pag. 245

PRIMICERIO R., OCCHIPINTI AMBROGI A., FERRARI I. - Zooplankton structure in an oxbow of the Po River (Lombardy: Northern Italy). pag. 253

VIAROLI P., BONDAVALLI C., GIORDANI G., PARIS G., ROSSETTI G. - Ricerche idrobiologiche in un bacino artificiale della golena del Po (Isola Giarola, Piacenza). pag. 265

SANDULLI R., BIANCHI C.N., COCITO S., MORGIGNI M., PEIRANO A., SGORBINI S., SILVESTRI C., MORRI C. - Status of some *Posidonia oceanica* meadows on the ligurian coast influenced by tha "Haven" oil spill. pag. 277

LUGLIE' A., MANCA B., SECHI N. Limnologia degli invasi Pattada e Monteleone (Nord Sardegna). pag. 287

DANOVARO R., MEES J., VINCX M, - Annual dynamics of meiobenthic cornmunities in the Ligurian Sea (Northwestern Mediterranean): preliminary results. pag. 295

SPARLA M. P., GUGLIELMO L. - Distribuzione del microzooplancton nello Stretto di Messina (estate 1990). pag. 307

BAVESTRELLO G., PANSINI M., PRONZATO R., CATTANEO - VIETTI R., SARÀ M. - Variazioni della concentrazione di clorofilla-a in relazione alla profondità in *Petrosia ficiformis* (Porifera, Demospongiae) con cianobatteri simbionti. pag. 327

BURBA N., CABRINI M., DEL NEGRO P., FONDA UMANI S., MILANI L. - Variazioni stagionali del rapporto N/P nel Golfo di Trieste. pag. 333

ZOPPINI A., GUZZINI A., PAGNOTTA R., PUDDU A. - Indagini su produzione primaria e biomassa planctonica in Adriatico settentrionale. pag. 345

FABIANO M., MISIC C., DANOVARO R. Chemical and microscopic study of particulate proteins in ligurian coastal waters. pag. 355

GABELLINI M., PELLEGRINI D., GIANI M., SPAGNOLI F., ZANOLI S. - Dati preliminari sulle variazioni dei caratteri granulometrici dell'area di scarico dei materiali dragati dal Porto di Livorno. pag. 367

HOPKINS T.S., BATTILOTTI M., DE LAURO M., MONASSI M., RIBERA D'ALCALÀ M., SAGGIOMO V., TRAMONTANO M. A., ZANCAGLIA A. - Lazio shelf experiment (Crociera HOP1, agosto 1991): distribuzione delle masse d'acqua e cenni sulla circolazione. pag. 375

FERRETTI O., IMMORDINO F., MELONI R. - Analisi degli effetti prodotti sulla fascia costiera dalle modificazioni delle strutture portuali di Lerici (Mar Ligure). pag. 389

SCONFIETTI R., AIRO' S. - Ritmi nictemerali in ambienti lentici padani a diverso grado di trofia. pag. 403

TUNESI L., VACCHI M. - Considerazioni sul rinvenimento di *Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamoroux sui fondali del Golfo Tigullio (Mar Ligure). pag. 413

COSSU A., MANCA B. - Studi sul tratto di mare antistante lo stabilimento industriale Enichem di Porto Torres. Quindici anni d'indagine. pag. 421

WELKER C. - Alcune osservazioni su diversi tipi di muco presenti nel Golfo di Trieste (Nord Adriatico). pag. 431

MONTI M., WELKER C., DELLAVALLE G., CASARETTO L. - Alcune osservazioni sulla formazione di filamenti mucosi in condizioni controllate. pag. 441

MORI G., INNAMORATI M., MASSI L., NUCCIO C., LAVISTA F., NIDIACI L. Alterazione degli ecosistemi costieri marini nel Parco Naturale della Maremma. pag. 451

FESTA V., BRIANT M., AMBROGI R. - Variazioni stagionali della composizione biochimica del bivalve *Tapes philippinarum* in due lagune del delta del Po. pag. 461

SCONFIETTI R., CARIBONI M., CANTONATI M. - Ricerche sulla ciclomorfosi del Cladocero *Bosmina longirostris* (O.F. Mūller). pag. 477

ASIOLI A., MEDIOLI F.S. Ricostruzione dei paleoambienti attraverso le Tecamebe in alcuni laghi sudalpini (Orta, Varese e Candia). pag. 487

VACCHI M., LA MESA M., GIANNÍ A. - La "piccola pesca" nel compartimento di Savona: tipologia degli attrezzi e composizione delle catture. pag. 503

INNAMORATI M., MELLEY A., CASTELLI C., BALZI M. - Mucillaggini e stato trofico delle acque nel Mar Tirreno. pag. 513

GIORDANI P., HAMMOND D.E., BERELSON W.M., POLETTI R., RABBI E., LUCCHINI F. Sediment diagenesis and its effect on nutrient cycling in NW Adriatic Sea. pag. 525

ALBERTELLI G., CHIANTORE M., FRASCHETTI S. - A one-year study of a sandy bottoni community: seasonal fluctuations compared to a previous sampling period. pag. 529

COCCO E., CRIMACO L., DE MAGISTRIS M.A. Dinamica ed evoluzione dei litorale campano-laziale: 5 - Variazioni della linea di riva dall'epoca romana ad oggi nel tratto compreso tra Foce Volturno e Torre S. Limato-Mondragone. pag. 543

DE BIASI A. M. - Variabilità interannuale di una comunità sabulicola del Mar Ligure orientale. pag. 555

BASSO D. - Phytobenthic communities in the circalittoral soft bottoms of the Tyrrhenian Sea (Mediterranean). pag. 563

CORRADI N., SETTI M., TUCCI S., FERRARI M. - Distribuzione dei minerali argillosi dei sedimenti superficiali della piattaforma continentale compresa tra Capo Mortola ed Alassio (Liguria Occidentale). pag. 575

FIRPO M., PICCAZZO M., BONCI M.C., IVALDI R., POGGI F. - II delta sommerso del Fiume Centa (Albenga): caratteristiche morfologiche e stratigrafiche. pag. 587

BALDUZZI A., BIANCHI C.N., CATTANEO-VIETTI R., CERRANO C., COCITO S., COTTA S., DEGL'INNOCENTI F., DIVIACCO G., MORGIGNI M., MORRI C., PANSINI M., SALVATORI L., SENES L., SGORBINI S., TUNESI L. - Primi lineamenti di bionomia bentica dell' Isola Gallinaria (Mar Ligure). pag. 603

GIANI M., GABELLINI M., MISEROCCHI S., PELLEGRINI D. - Caratteristiche granulometriche e contenuto di mercurio, piombo e cromo nei sedimenti della zona di discarica dei materiali dragati nel Porto di Ravenna. pag. 619

BELLOTTI P. - Sedimentologia ed evoluzione olocenica della laguna costiera presente un tempo alla foce del Tevere. pag. 633

CATALANO G., POVERO P., BENEDETTI F. - Removal of $N\text{-}NO_3$, $P\text{-}PO_4$ and $Si\text{-}Si(OH)_4$ from the upper layer as a result of primary production induced by pack-ice melting (Ross Sea, Antarctica). pag. 643

LAZZARA L., NUCCIO C. Relazione tra particellato, biomassa e popolamenti fitoplanctonici nel Mare di Ross durante la fioritura estiva. pag. 655

ZUNINI SERTORIO T., OSSOLA C., LICANDRO P. - Size, length-weight relationships and biomass of Copepods in antarctic waters (Terranova Bay, Ross Sea). pag. 667

BENASSI G., FERRARI I., MENOZZI P., ROSSI V., McKENZIE K.G. - Distribuzione degli Ostracodi planctonici in aree antartiche e subantartiche dell'Oceano Pacifico. pag. 681

GAMBI M. C., D'AGOSTINO T. Biomass estimates of some zoobenthic species associated to seaweeds in the shallow hard bottoms off Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). pag. 691

FRIGNANI M., LABBROZZI L., LANGONE L., RAVAIOLI M. - Some aspects of sedimentation pattern of the northwestern Ross Sea, Antarctica. pag. 699

Indice per Autori pag. 709

Atti dell'AIOL dal 1 gennaio 1991 al 31 dicembre 1992 pag. 713

Elenco Soci AIOL al 30 giugno 1994 pag. 745

Statuto e Regolamento pag. 771

RELAZIONI AD INVITO

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 3 a pag. 18

DINAMICA DEL LITORALE ALBANESE (SINTESI DELLE CONOSCENZE)

Niko Pano

Istituto di Idrometeorologia, Accademia delle Scienze, Tirana, ALBANIA

ABSTRACT

Dynamics of Albanian Littoral of the Adriatic Sea (the synthesis of knowledge). In a synthetic form, a general framework of the develloping dynamics of the Albanian coastal zone of the Adriatic sea, based on the environmental real data, and on the conclusions of the Albanian and foreign oceanographic studies to now, is presented.

It is given a general view of the main hydrological characteristics of the Albanian coastal zone. In these characteristics are included: the strong continental water flow with a mean annual discharge of Qo=l308 m-Vs, the solid flow with a high volume of 53 milion ton aluvions per year, the complicated scheme of the circulation of marine water masses, the wavering regime as a result of the special geographic position of Albania on the coast of the Otranto channel which as it is known, represents one of the more active hydrographic zones of Mediterranean sea, etc.

All these characteristics closely linked with each - other, have made it possible for the Albanian Coastal zone to have its special natural individuality.

1. MATERIALI E METODI

Il presente articolo e basato sull'elaborazione di dati pluriennali provenienti dall'archivio dell'Istituto Idrometeorologico esistenle presso l'Accademia delle Scienze d'Albania.

Nella Fig. 1 e rappresentato lo schema delle stazioni idrometriche ubicate nella parte terminale del sistema idrografico albanese; inoltre sono indicate le stazioni talassografiche per la misura delle caratteristiche del moto ondoso nei settori costieri.

2. INTRODUZIONE

La fascia costiera albanese, con una sviluppo lineare di circa 350 km, abbraccia la parte sudorientale dei mari Adriatico e Ionio. In questo settore si osserva l'interazione e la connessione stretta e reciproca di una serie di importanti fattori naturali quali la morfologia e la configurazione della linea di costa, le portate liquide e solide del corsi d'acqua, le correnti marine, le onde, ecc., che gli attribuiscono una sua individualità naturale.

Dal punto di vista morfologico la costa albanese e costituita da due tipologie: coste deposite e coste alte.

Le prime sono present! lungo quasi tutta la pianura occidentale che si estende lungo la costa adriatica da Valona (a Sud) fino a Hani i Hotit (a Nord) e che, nella parte settentrionale, viene delimitata dalle coste dalmate, mentre a meridione sono presenti

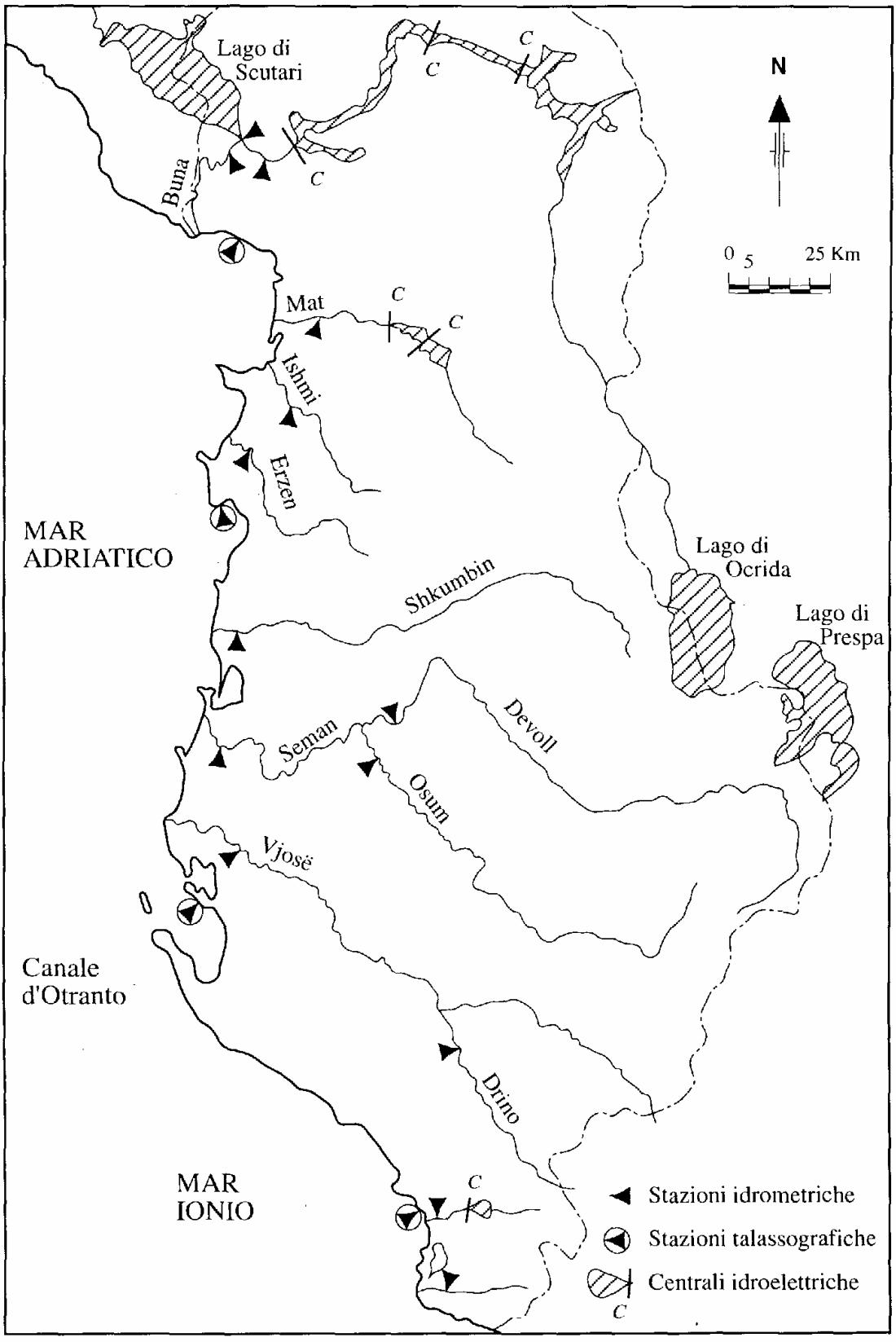


Fig. 1 - Stazioni idrometriche

quelle dello Ionio, che, come e noto, sono costituite da calcari quasi privi di idrografia superficiale. Nel settore adriatico solo alcuni tratti presentano attualmente coste alte: le zone di Treporti, a Sud-Est del Golfo di Valona, di Bishti i Palles, a Nord di Durazzo ed il tratto a Nord di Shengjini; inoltre, per esempio nel Capo di Scman, di Vjosë ecc., sono presenti interi spazi costieri in cui, per diversi motivi, la sedimentazione e praticamente cessata.

La costa deposita e il risultato della sedimentazione ininterrotta ed intensa degli apporti solidi dei fiumi e, in misura molto inferiore, di sedimenti di origine marina: questo processo, nella zona costiera albanese dell'Adriatico, e perdurato per tutto il Quaternario. In questo settore sono presenti anche i delta dei maggiori fiumi dell'Albania (Vjosë, Seman, Shkumbin, Ishmi, Mat, Drini, Buna) unitamente ad un sistema ramificato di lagune fra i fiumi Narta, Karavastaja, Butrinti, Viluni, Patoku ecc. La piattaforma continentale, in corrispondenza della pianura costiera, e ampia: la carta batimetrica indica infatti che l'isobata dei 100 m si posiziona molto lontana dalla linea di riva.

La costa alta e presente in quasi tutto il settore ionico, ad eccezione del tratto situate alla destra della foce del fiume Pavla, costituito da una striscia alquanto stretta di costa deposita, simile a quella del litorale adriatico. La carta batimetrica di questo settore indica che l'isobata dei 100 m si situa in prossimità della costa c la ripida pendenza dei fondali consente alle onde di maggior lunghezza di giungere a riva subendo poca rifrazione. D'altra parte, la mancanza pressoché totale di apporti fluviali solidi non favorisce il depositarsi di materiale innescando un processo attivo ed ininterrotto di erosione; in questa situazione la costa ionica albanese possiede tutte le caratteristiche della costa dalmata, dove prevale il processo dell'abrasione marina e solo alcuni brevi torrenti (come ad esempio le cosidette "Strade bianche" Palasa, Dhermiu, Vunoi, Brishti, ecc,) apportano materiale al litorale in limitati settori e le loro foci alterano ben poco la regolarità della linea di costa, generalmente rettilinea (Pano, 1971).

FIUME	Superficie del bacino Km^2	Portata Qo m^3/sec	Volume Wo	
			$m^3 \cdot 10^6$	%
Drin	14173	352	11.100	26.9
Buna	5185	320	10.092	24.5
Buna + Drin	19582	680	21.444	52.0
Mat	2441	103	3.248	7.9
Ishmi	673	20.9	0.659	1.6
Erzen	760	18.1	0.507	1.2
Shkumbin	2440	61.5	1.940	4.7
Devoll	3120	49.5	1.561	3.8
Osum	2070	32.5	1.025	2.5
Seman	5649	95.7	3.018	7.3
Drino	1300	42.5	1.340	3.2
Vjosë	6706	195	6.145	15.6
Kalasa	447	23.9	0.753	1.8
Plava	374	7.2	0.227	0.6
Altri Fiumi	4340	102.7	3.308	6.3
Totale	43305	1308	42.249	100.0

Tab. 1 - Caratteristiche idrologiche dei pricipali fiumi albanesi

I calcoli idrologici relativi al periodo 1948-1990 (Pano, 1984) indicano che i fiumi albanesi (Tab. 1) scaricano in mare un volume annuale medio (Wo) di 41.27km^3 d'acqua, corrispondenti alla portata (Qo) di 1308 m^3/sec: questo, come già detto, avviene principalmente lungo la costa adriatica in un settore relativamente ristretto, situate in prevalenza tra le loci dei fiumi Buna e Vjosë.

I fiumi albanesi depositano in mare anche notevoli quantità di materiale detritico (Tab. 2), con un volume medio annuale (Wt) di oltre 65.7*106 tonnellate. In prossimità delle foci dei fiumi si osservano i maggiori e più significtivi cambiamenti della linea costiera: nell'arco di circa 114 km giunge in mare un volume di quasi 0.5 milioni di tonnellate di materiale per ogni km lineare; la distribuzione e l'accumulo di questi materiali viene determinata principalmente dall'andamento generate delle correnti e dal processo di rifrazione delle onde.

Il regime generale delle correnti lungo la costa albanese e strettamente connesso allo schema della circolazione delle masse di acqua e, in modo particolare, al processo di scambio tra i Mari Adriatico e Ionio attraverso il canale d'Otranto: infatti lungo la costa albanese circolano acque di origine ionica che si dirigono a Nord attraverso la parte orientale del suddetto canale; lo schema generale della circolazione viene completato dalla corrente orientale della costa albanese e dalla corrente sudorientale (Pano, 1973).

Il regime del moto ondoso lungo viene determinato prevalentemente dall'intensità e dalla direzione dei venti: lungo la costa albanese i più frequenti sono quelli del quadrante occidentale; fa eccezione il Golfo di Saranda dove prevalgono i venti di direzione meridionale a causa del riparo ai venti da nord.

Per quanta riguarda la velocità si notano intensità fino a 40-45 m/sec ma assumono una rilevante influenza sulla formazione delle onde i venti di velocita 10-20 m/sec che dispongono non soltanto della frequenza, ma anche di una direzione abbastanza stabile. Le onde maggiori sono quelle di direzione NW e W con altezza massima di 3.5 m nei golfi e di 7-8 m in alto mare (Pano & Selenica, 1967)

3. DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Per evidenziare la dinamica del litorale albanese la costa è stata suddivisa in aree in erosione, in accumulo e in equilibro (Fig. 2).

Aree in erosione:

- settore dell'ex delta primitivo dal fiume Vjosë, a Nord della laguna di Narta. Le intense erosioni che subisce questa zona, soprattutto nella striscia di Zhuk-Poro, sono conseguenza del disequilibrio nel bilancio annuo sedimentario legato all'abbandono del delta da parte del fiume Vjosë con la creazione di una nuova foce a Nord (Pano, 1974);

settore dell'ex delta del fiume Seman, abbandonato durante le disastrose inondazioni dell'inverno 1962-1963: il fiume Seman durante questi eventi ha infatti spostato la foce a circa 13 km a Sud. Durante gli ultimi 30 anni, conseguentemente alla cessazione dell'apporto solido fluviale, il delta del Seman, per una larghezza di 3 Km, ha subito un'erosione intensa e continua (÷ 50 m/anno) con un arretramento complessivo di circa 3-4 km (Pano et al., 1974);

- settore a Sud della spiaggia di Durazzo, nel tratto costiero di Karpeni fino a Golemi. Questa e una zona di erosione recente con un intensità di 0,5 m/anno, che tendera ad incrementarsi nel futuro;

- costa del Golfo di Lalzi, tra la foce di Erezeni e il Capo di Rodoni, della lunghezza di 6 km: l'intensità dell'erosione raggiunge una velocita di 5 m/anno;

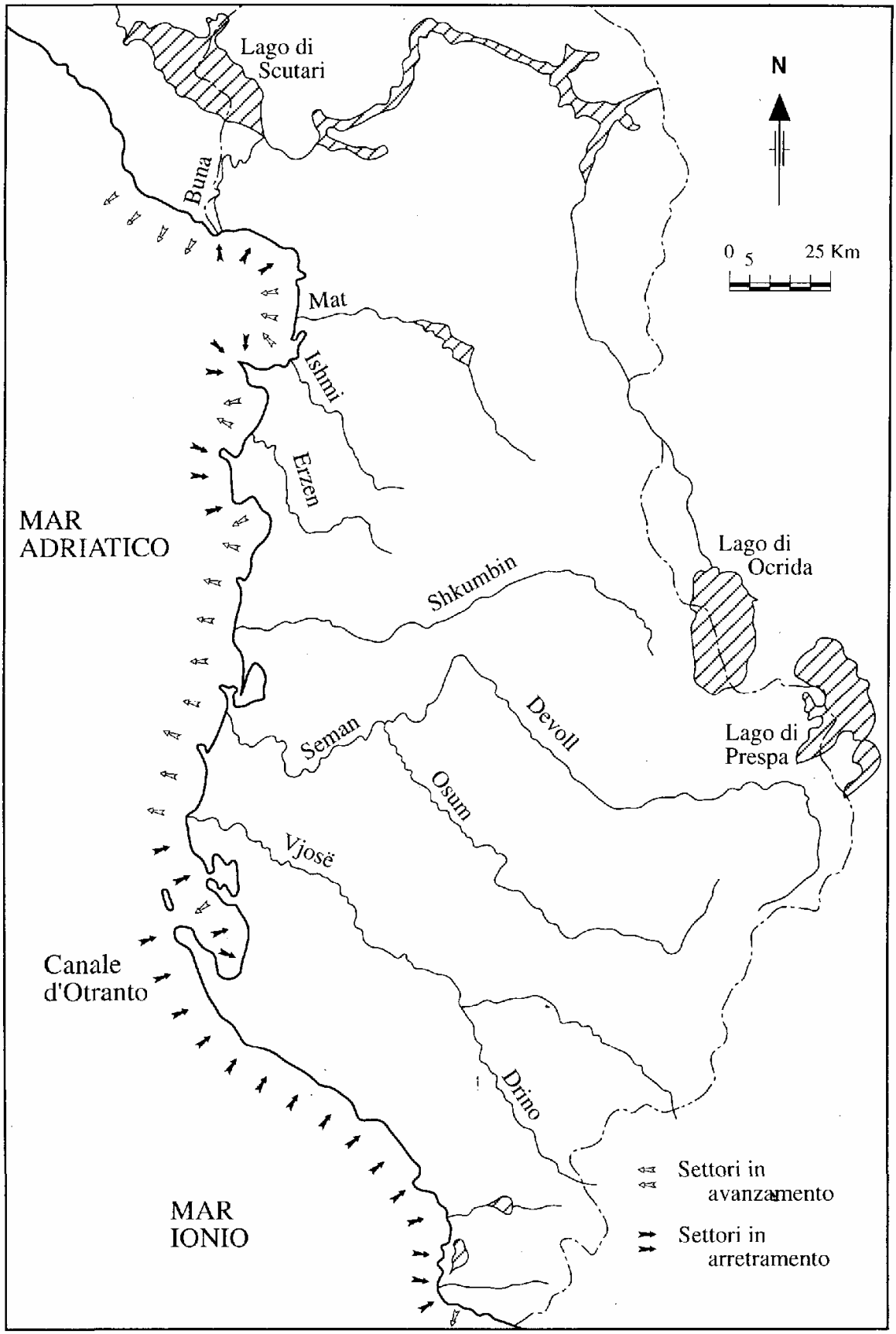


Fig. 2 - Tendenza evolutiva dei litorali

FIUME	Superficie del bacino Km^2	Altezza bacino m	Portata d'acqua Qo m^3/sec	Protata alluvioni Ro Kg/sec	Modulo della portata e alluvione t/Km^2	Volume materiale sospeso Wp ($\cdot 10^3$ t)	Volume materiale di fondo Wf	Volume totale alluvioni Wt ($\cdot 10^3$ t)
Drin	14173	971	352	438	1180	13860	2770	16630
Buna	5185		320					
Mat	2441	746	103	60.8	828	2020	505	2525
Ishmi	673	357	20.9	64.3	3040	2020	510	2530
Erzen	760	435	18.1	102	4180	3180	795	3975
Shkumbin	2440	753	61.5	187	2370	5790	1450	7240
Devoll	3120	962	49.5	276	2790	8690	2610	11300
Osum	2070	852	32.5	114	1730	3590	1080	4670
Seman	5649	863	95.7	418	2340	13200	3300	16500
Drino	1300	748	42.5	20.2	490	637	125	762
Vjosë	6706	855	195	212	1000	6710	1680	8390
Altri Fiumi	5282		134.8	206	1220	6460	1500	7960
Totale	43305	786	1308	1650	1480	53240	12510	65750

Tab. 2 - Portata dei pricipali fiumi albanesi

- settore della spiaggia di Patoku, dalla costa a destra dell'antico delta dell'Ishmi fino a Sud del delta del Mat. Come conseguenza di tale processo la spiaggia di Patoku è stata completamente distrutta;

- tutta la parte settentrionale del golfo del Drin, dal delta del Mat fino al delta del Buna. Questi arretramenti sono il risultato dello spostamento delle foci del fiume Drin da Lezha verso il fiume Buna;

- delta del Buna. In questo delta si constatano erosioni intense nelle coste meridionali e nell'isola di Franz Josef: tali erosioni derivano dal mutamento nella configurazione del profilo trasversale del fiume Buna, per effetto dello spostamento di questo fiume dal centro del profilo verso la costa albanese. Si tratta di un fenomeno avvenuto sia in conseguenza degli interventi antropici lungo la costa jugoslava che per la diminuzione degli apporti solidi del fiume Drin, causati dalla costruzione di bacini artificiali (Pano, 1967).

In generale il principale fattore responsabile dell'attuale intensa erosione dell'area costiera albanese e il continue spostamento delle foci dei fiumi che distrugge l'equilibrio generale geomorfologico tra il processo di erosione e quello di deposizione delle materiale solido. A questo fenomeno si sono sommati anche importanti fattori antropici quali la realizzazione lungo i fiumi di dighe e laghi artificiali (dove si ferma il 60-70 % del materiale solido in sospensione) e di canali d'irrigazione, le deviazioni di corsi d'acqua (Drin, Gjader, Ishem, ecc.) o il loro spostamento (Seman, ecc.), il prelevamento di inerti lungo gli alvei nei loro tratti terminali, la distruzione delle dune costiere ed il prelievo di sabbia delle spiagge.

Coste in avanzamento:

- zona settentrionale del golfo di Valona, dalla costa rocciosa di Triporto fino alle vicinanze della fascia meridionale di Bisht-Porose. L'intensità dell'accumulo in questa zona costiera, che comprende un fronte di circa 10-12 km, raggiunge mediamente i 30 m all'anno. Il materiale alluvionale che provoca questo fenomeno proviene sia dall'apporto diretto di materiale dal fiume Vjosë che dall'erosione del suo delta abbandonato, principalmente nel settore Zhuk-Porose; Triporto inoltre rappresenta anche il limite meridionale di spostamento e di accumulo del materiale detritico (Pano, 1974);

- area circostante la foce del fiume Seman: in questa zona, di ampiezza 10-12 km, si verifica un avanzamento intenso e permanente di circa 40-50 m all'anno. Il materiale accumulato proviene dal fiume Seman e dai processi erosivi che si verificano in continuazione nella punta di Seman (Pano et al., 1974);

- zona compresa tra i fiumi Seman e Shkumbin. Qui, a causa dell'accumulo intenso delle alluvioni, si e formata la nuova "Godulla della Karavastas" che si espande nella zona occidentale della laguna omonima (Pano et al., 1974);

- parte settentrionale del fiume Pavla, nel Mar Ionio. Tra il fiume e il canale lagunare di Butrinti, per una lunghezza di circa 15 km, si pud constatare un avanzamento causato dell'intenso accumulo delle alluvioni del fiume Pavla.

Zone d'equilibro, invariate dal punto di visto geomorfologico:

- Golfo di Valona, principalmente della zona cosiddetta di Acqua Fredda fino a Skele. Qui si nota un pieno equilibro della linea di riva (Pano, 1974);

- Golfi di Zvërnec e di Triporto dove i rilievi topografici hanno mostrato una sostanziale stabilita (Pano, 1975);

- particolari zone in .equilibrio sono presenti nella striscia costiera fra i fiumi Shkumbin e Seman;

- spiaggia di Durazzo, dalla zona di Golem al sud fino alle calate del porto di Durazzo a nord. La stabilità di questa spiaggia, formatasi. quando il fiume Shkumbin scorreva nel Golfo di Durazzo, si ricollega alle imponenti riserve sabbiose sia della parte sottomarina

che di quella subaerea, e nel ruolo protettivo sia del promontorio di Durazzo sia delle costruzioni portuali dai venti provenienti da N e NW.

BIBLIOGRAFIA

Boçi, S. & P. Nikolla. 1992. La dinamique de la cotes Albanais de 1'Adriatique. Proceed. of Symp. "Coastal Regions of Albania", Tiranë, July 1991.

Kabo, M. 1988. Morphological characteristics of the Adriatic coast of Albania and its present dynamics. Studime Gjeografike, n. 3: 5-35.

Pano, N. 1967. Hidrologjia e deltës së Lumit Buna. *Raport Teknik,* Tirana.

Pano, N. 1971. Klasifikimi morfologjik i bregdetit shqiptar të Adriatikut dhe të Jonit. "Pasurite ujore te Shqipërisë", Botimi Hidmet, Tiranë.

Pano, N. 1973. Sur les lois pénétration des eaux Ioniennes dans l'Adriatique. Monografi. Botimi "Hidmet", Tiranë.

Pano, N. 1974. Studimi hidrologjik për projektimin e Portit të Ri në Gjiun detar të Vlores. *Raport Teknik.* Tiranë.

Pano, N. 1984. Vecoritë kryesore të rrjedhjes ujore dhe të rrjedhjes së ngurte të pellgut ujëmbledhes të rrjetit hidrografik të Shqiperisë. *Studime Meteorologjike dhe Hidrologjike,* Tirane, n. 10.

Pano, N. & A. Selenica. 1967. Elementet e regjimit të valezimit në Bregdetin Shqiptar. *Studime Hidrometeorologjike,* Tirane, n. 6.

Pano, N., N. Rakaj, Z. Skëndaj & M. Xhuveli. 1974. Kompleksi ujor i Karavastasë. Monografi, Tiranë.

Paskoff, R. 1985. Les côtes de l'Albanie. Aspects géomorphologiques. Bull. Ass. Georg., Paris.

Shuisky,.Y. 1985. Albania. In "World's Coastlines" E.C.F. Bird and M.L. Schwartz (eds), Van Nostrand: 443-444.

APPROCCIO MODELLISTICO-ECOLOGICO ALLE PROBLEMATICHE DELL'OCEANOGRAFIA CHIMICA E BIOLOGICA

Jean Henri HECQ

Université de Liège – Belgium

II Consiglio di Presidenza è spiacente di non poter pubblicare la relazione del "guest speaker" Dr. Jean Henri Hecq in quanto non pervenuta.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 13 a pag. 22

MECCANISMI DI DIFESA E AGGRESSIONE NEI CELENTERATI: SPECIALIZZAZIONE FISIOLOGICA E TOSSICOLOGICA DELLE CELLULE URTICANTI

Alberto SALLEO

Istituto di Fisiologia Generale. Università di Messina.

SUMMARY

The nematocytes are highly specialized cells of Cnidaria, controlling an organoid, the nematocyst, that is maintained in the resting condition until an adequate stimulus applied on the cell induces the explosive eversion of a tubule from the nematocyst, through which toxins are injected into the target tissues. Such a response is termed discharge. Three main aspects of this phenomenon are taken into account: i) the pharmacological mechanism of venoms, ii) the biophysics of the tubule eversion and iii) the cellular control on the discharge.

Recent research suggests that the large variety of local and systemic effects of envenomation should be ascribed mainly to either an aspecific change in membrane

permeability or to a specific action of venoms on voltage-dependent Na^+ channels.

As regards the mechanism of discharge, it has been demonstrated on the basis of the eversion speed that high energy is released during discharge. The sealing structures, such as the apical flaps, do not seem to oppose to an inner hydrostatic pressure, since isolated nematocysts having the flaps in an open position can be maintained in the resting condition. It is likely that mono- or divalent cations in the capsule fluid stabilize the resting condition and that the propelling forces depend either on changes in osmotic pressure of the capsule fluid and/or on conformational changes of protein components of the capsule.

The discharge *in vivo* requires both chemical and mechanical stimuli. The reception System seems to be located both on nematocytes and on adjacent cells, that contain specialized sites for different classes of molecules. The chemoreception, in turn, tunes the excitability of mechanoreceptive structures. The excitation of the system is a Ca^{2+} - dependent celi response and the recruitment seems to occur, at least in acontia, through a cell to cell spread of an unidentified signal.

1. INTRODUZIONE

Gli Cnidociti sono cellule altamente specializzate dei Celenterati Cnidari, capaci di sintetizzare per secrezione dall'apparato del Golgi un organulo, la cnidocisti, che mantiene lo stato di riposo nella cellula, fino a che un segnale prodotto in quest'ultima a seguito di uno stimolo adeguato induca l'estroflessione del tubulo contenuto nella cnidocisti. Alla ampia categoria delle cnidocisti appartengono le pticocisti, le spirocisti, e le nematocisti. Solo queste ultime, presenti negli Idrozoi, negli Scifozoi e negli Antozoi in circa 30 tipi morfologicamente differenti (Mariscal, 1974), sono in genere caratterizzate dalla capacità di iniettare nell'aggressore o nella preda sostanze tossiche di notevole efficacia. Infatti, il casuale contatto con Cnidari può produrre

anche nell'uomo, oltre che imponenti lesioni localizzate alla superficie di contatto, fenomeni patologici sistemici di varia gravita, talvolta letali. Proprio per tale caratteristica, oltre che per la raffinatezza del sistema biologico nel quale sono coinvolte, la presente trattazione è rivolta esclusivamente alle nematocisti e alle cellule che le controllano, i nematociti. In particolare, verranno di seguito trattate alcune recenti acquisizioni relative a: a) la farmacologia delle nematocisti, b) il meccanismo mediante il quale avviene la scarica, vale a dire l'estroflessione del tubulo, e, infine, c) i meccanismi cellulari di controllo di quest'ultimo fenomeno.

La nematocisti, di forma approssimativamente ellissoidale, è costituita da una parete generalmente tristratificata, all'interno della quale è contenuto il fluido capsulare, o matrice, nel quale è immerso il tubulo introflesso. La parete è separata dal citoplasma del nematocita da una membrana. La parete presenta ad una delle estremità un sistema di chiusura costituito dall'opercolo nelle nematocisti degli Idrozoi e degli Scifozoi e dagli "apical flaps" in quelle degli Antozoi. La composizione della parete è stata investigata da vari Autori. Lo strato più interno si ritiene sia costituito da un particolare collagene, rivelato dalla composizione aminoacidica, contenente, a differenza di quello tipico di specie superiori, ponti -S-S- (Blanquet & Lenhoff, 1966). Tale identificazione, basata inizialmente sull'osservazione che gli agenti riducenti i ponti -S-S- inducono la scarica delle nematocisti isolate agendo dall'interno della parete, ha trovato conferma negli studi condotti con il metodo della microsonda a raggi X da Lubbock et al. (1981), e successivamente da Gerke et al. (1991) che hanno rivelato elevate concentrazioni di zolfo a livello della parete della nematocisti. La composizione dello strato esterno non è del tutto nota. Salleo et al. (1986), hanno ottenuto mediante acidificazione del mezzo di sospensione la dissoluzione del solo strato esterno, nel quale è stata reperita una assai elevata concentrazione di glutammato, caratteristica tipica della matrice. Il fluido capsulare è infatti prevalentemente costituito da molecole proteiche nelle quali la concentrazione di glutammato è eccezionalmente elevata, raggiungendo valori approssimativamente pari a 80% (Lubbock & Amos, 1981; Salleo et al.; 1986), o addirittura maggiori (Weber, 1991). Esse sarebbero aggregate da ioni Ca^{2+} (Lubbock et al., 1981; Salleo et al.,1988a; Weber et al., 1987a) o da altri cationi (Tardent et al., 1990).

2. FARMACOLOGIA DEL FLUIDO CAPSULARE

Una trattazione unitaria delle caratteristiche tossicologiche del fluido capsulare è decisamente ardua, in ragione della varietà delle specie studiate e, sopratutto, delle differenti tecniche impiegate per ottenere il fluido capsulare. Vale la pena di sottolineare il fatto che frequentemente le tossine vengono estratte dall'intero organismo o da tentacoli escissi, anzicchè da nematocisti isolate, cosicché in questi casi la loro provenienza dal fluido capsulare deve essere considerata putativa.

Da studi sperimentali prevalentemente indirizzati alla descrizione degli effetti osservabili a carico di vari organi ed apparati a seguito di iniezione di tossine estratte da Celenterati, solo negli anni più recenti si è proceduto allo studio delle sequenze amminoacidiche e della struttura molecolare delle tossine ottenibili dalle nematocisti di alcune specie. A causa del fatto che gli Antozoi sono assai più adatti al mantenimento in laboratorio, questa classe è stata maggiormente impiegata in studi biochimici, laddove, invece, la patologia più grave si produce a seguito del contatto con taluni Idrozoi e con Scifozoi. Trattazioni recenti della relazione struttura-funzione per le tossine di alcuni Antozoi sono state effettuate da Kem (1988) e da Norton (1991).

Le specie più frequentemente responsabili degli eventi patologici più imponenti nell'uomo sono: *Physalia physalis, Chironex fleckeri, Cyanea capillata,*

Chiropsalmus quadrigatus, Carukia barnesi, Chrysaora quinquecirrha, e *Pelagia noctiluca.* (Burnett & Carlton, 1987; Burnett, 1991). Le sindromi derivanti dal contatto con queste specie possono essere distinte in reazioni sistemiche e locali. Le prime consistono essenzialmente in nausea, vomito, diarrea, ipotensione, spasmi muscolari che interessano prevalentemente i muscoli respiratori, dispnea, aritmia e perdita di coscienza. In particolare, sono stati descritti numerosi casi letali a seguito di contatto con *Chironex fleckeri, Carukia barnesi* e *Physalia physalis.* Assai interessante è la sindrome derivante dal contatto con *Carukia barnesi* (Fenner, 1991). Il dolore nella sede del contatto è solitamente modico. Approssimativamente 30 min dopo il contatto, compaiono dolore in sede sacrale, spasmi dolorosi alla muscolatura prossimale degli arti inferiori, di quella addominale e dei muscoli intercostali, cui seguono ipertensione, tachicardia con aritmia, iperventilazione, accompagnate da sudorazione profusa, piloerezione, cefalea ecc. Talvolta la causa del decesso è l'edema polmonare. Altre cause di decesso a seguito di contatto con le specie sopra indicate sono rappresentate da insufficienza renale acuta conseguente a necrosi tubulare e da emolisi generalizzata.

Gli effetti localizzati alla sede di contatto sono rappresentati da dolore, edema, eritemi accompagnati dalla formazione di vescicole. In numerosi casi permangono pigmentazione cutanea, atrofia del pannicolo adiposo, cheloidi, nevriti, ulcere corneali.

E' conveniente inquadrare una così ampia varietà di effetti farmacologici in due differenti meccanismi di azione: a) effetti sulle caratteristiche generali di permeabilità delle membrane cellulari e b) effetti su canali del Na^+ voltaggio-dipendenti. I primi sarebbero responsabili della maggior parte degli effetti citolitici (Zorec et al., 1990) di queste tossine, quali l'emolisi e gli effetti dermonecrotici. Le tossine responsabili avrebbero negli Antozoi un peso molecolare di 15.000-20.000 dal. Klug & Weber (1991) hanno osservato un notevole aumento della permeabilità al Ca^{2+} in fibroblasti di topo a seguito di trattamento con fluido capsulare dotato di effetti emolitici, estratto da nematocisti di *Hydra vulgaris.* Poiché un simile aumento della permeabilità al Ca^{2+} è stato osservato da questi A.A. anche su miotubi in coltura, essi suggeriscono che le contratture prodotte da queste tossine possano dipendere da aumento della concentrazione sarcoplasmatica di $Ca^{2+.}$ Inoltre, Weber et al. (1990) hanno osservato che componenti del fluido capsulare di *Hydra attenuata* si inseriscono in membrane artificiali formandovi canali ionici che manterrebbero la posizione di apertura.

Le tossine attive su canali del Na^+ voltaggio-dipendenti hanno negli Antozoi un peso molecolare di circa 5000 dal. Si ritiene che esse interagiscano con il medesimo sito sul quale si lega l'α-tossina di scorpione (Norton, 1991), inducendo un ritardo dell'inattivazione. Recentemente, Nishio et al. (1991) hanno osservato, oltre a un ritardo nella ripolarizzazione del muscolo papillare di cavia trattato con ATx II, una delle tossine estratte da nematocisti di *Anemonia silicata,* la comparsa di sensibilità a concentrazioni nanomolari di tetrodotossina e alla lignocaina, altrimenti assente. Questo risultato trova riscontro nell'aumento della sensibilità alla tetrodotossina in canali del Na^+ dell'assone gigante di gambero a seguito di trattamento con Anthopleurina A (Muramatsu et al., 1990). L'interpretazione più probabile di questi risultati è che le tossine, interagendo con il sito 3 del canale ionico ne modifichino le caratteristiche funzionali. Questo tipo di indagine suggerisce che le tossine di Cnidari possano essere utilmente impiegate in studi su vari aspetti fisiologici dei canali ionici.

Infine, vale la pena di citare tra gli effetti farmacologici di tossine di Cnidari una rilevante risposta inotropa, osservata su cuore di mammifero a seguito di applicazione di tossine d *Anemonia sulcata, Anthopleura xanthogrammica, Hydra oligactis* (Lesh-

Laurie et al., 1989) e *Actinia tenebrosa* (Galettis & Norton, 1990). Tale effetto sembra sia mediato dalla liberazione di acido arachidonico e, conseguentemente, di prostaglandine a seguito di trattamento con le tossine sopra menzionate.

3. MECCANISMO DI SCARICA DELLE NEMATOCISTI

La complessità tossicologica sinteticamente esposta nel paragrafo precedente è ovviamente finalizzata alla difesa e alla predazione. Affinchè le tossine possano manifestare la loro efficacia esse devono raggiungere l'ambiente interno dell'aggressore o della preda. Pertanto, è stato messo a punto negli Cnidari il processo della scarica delle nematocisti, che consiste nella estroflessione del tubulo, attraverso il quale le sostanze tossiche presentì nel fluido capsulare vengono iniettate. L'energia liberata durante l'estroflessione del tubulo deve necessariamente essere elevata affinchè esso possa penetrare attraverso i tegumenti del bersaglio. Vale la pena di menzionare che l'estroflessione del tubulo nelle stenotele di *Hydra* avviene con una accelerazione pari a 40.000 • g (Holstein & Tardent, 1987). Più recentemente, Thomason (1991) ha calcolato che affinchè si produca un flusso di fluido capsulare che può ammontare a 324 lμm3 s^{-1} è necessaria una pressione intracapsulare di 1,9 x 10^6 Pa.

La successione degli eventi nel processo di scarica è la seguente: anzitutto si produce l'apertura dell'opercolo o dei flaps. Quindi, attraverso l'estremità apicale della capsula fuoriesce la porzione basale del tubulo (shaft), che penetra attraverso i tegumenti del bersaglio. La restante porzione del tubulo si estroflette, raggiungendo quindi i tessuti attraverso la lesione prodotta dallo shaft. Infine il fluido capsulare viene ad essere iniettato attraverso l'estremità distale del tubulo. Godknecht & Tardent (1988) hanno identificato due diversi aspetti della propulsione del tubulo. Nel primo, tipico delle stenoteli di *Hydra,* lo shaft porta tre stiletti che gli conferiscono rigidità, cosicché i tegumenti del bersaglio possono essere direttamente perforati. Nel secondo, tipico delle basitrico-isorize di *Anemonia sulcata,* sprovviste di stiletti, lo shaft ruota sul proprio asse esercitando una azione paragonabile a quella di un trapano a punta battente.

Il meccanismo della scarica non è stato a tutt'oggi identificato. Esso è stato finora indagato prevalentemente su nematocisti isolate nell'intento di semplificare il sistema eliminando le difficoltà sperimentali tipiche delle indagini di fisiologia cellulare. Le nematocisti, infatti, possono essere agevolmente isolate integre da tentacoli o da aconzie mantenendosi la capacità di scaricare in opportune condizioni sperimentali perfino dopo lunga conservazione a -20°C. L'impiego di nematocisti isolate ha tuttavia messo in evidenza rilevanti differenze nelle caratteristiche funzionali delle nematocisti di tipo differente o isolate da specie diverse. Ad esempio, mentre le nematocisti del tipo olotrico isorhiza di *Pelagia noctiluca,* possono essere isolate per lisi tessutale semplicemente immergendo i tentacoli o le braccia orali in acqua distillata (Salleo et al., 1983), le microbasiche mastigofore di *Aiptasia pallida* (Blanquet, 1968) o di *Aiptasia mutabilis* (Salleo et al., 1988a) scaricano non appena il tessuto viene a contatto con mezzi di sospensione iposmotici. Inoltre, le nematocisti del tipo basitrico-isoriza di *Calliactis parasitica* possono essere isolate in acqua distillata ma perdono la capacità di scaricare (Salleo et al., 1990). Anche l'efficacia degli agenti scaricanti sembra essere assai diversa in rapporto alla specie e al tipo di nematocisti. Ad es. mentre nelle nematocisti isolate da *Pelagia noctiluca* la scarica viene indotta da anioni liotropi, quali SCN^-, I^- e altri anioni liotropi, con risposta crescente con la concentrazione, le nematocisti isolate da Antozoi sono insensibili a questi agenti,

cosicché si suole impiegare, per indurne la scarica, mezzi iposmotici (Blanquet, 1970) o tioglicolato (Salleo et al., 1988a; b). Peraltro, alcuni agenti appaiono esercitare il medesimo effetto su tutte le nematocisti isolate. Tra questi vale pena di menzionare l'efficacia della tripsina (Yanagita, 1959; Salleo et al., 1983; 1991) e l'effetto inibitorio dei cationi di- e polivalenti (Blanquet, 1968; Salleo, 1984; Salleo et al, 1984 a; b).

Le teorie originariamente proposte per spiegare il meccanismo della scarica sono le seguenti: a) teoria contrattile; b) teoria osmotica; c) teoria dello "stopper".

La prima teoria attribuiva alla contrazione di eventuali strutture fibrillari esterne alla nematocisti l'origine della forza capace di estroflettere il tubulo. Una compressione esercitata sulla nematocisti da parte di fibrille che ne rivestono l'apice è stata invocata da Endean et al. (1991) quale componente del complesso di forze che provocherebbero la scarica di nematocisti di *Chironex fleckeri.* Le altre componenti sarebbero rappresentate da una polimerizzazione di componenti della matrice nonché da influsso osmotico di acqua, conseguente a permeabilizzazione della parete. Non va dimenticato che nelle nematocisti isolate, che tuttavia scaricano, la compressione da parte di fibrille esterne non può attuarsi giacché queste ultime vengono rimosse durante l'isolamento.

La teoria osmotica prevedeva, nella sua prima formulazione, che la parete della nematocisti fosse impermeabile all'acqua e che, divenendo essa permeabile al momento della scarica, un influsso osmotico di acqua facesse aumentare la pressione intracapsulare. Tuttavia è stato dimostrato da Lubbock & Amos (1981) da Salleo (1984) e da Weber et al. (1987a) su nematocisti isolate da varie specie che la parete di capsule non scaricate è permeabile a soluti di peso molecolare inferiore a circa 600 dal e quindi anche all'acqua. Pertanto, un flusso osmotico di acqua può fornire energia al sistema solo se la pressione osmotica aumenta al momento della scarica. Sulla base di questa considerazione venne proposto (Lubbock & Amos, 1981; Lubbock et al.,1981) che la componente proteica costituita, come si è detto, prevalentemente da glutammato, venga mantenuta aggregata ad opera del Ca^{2+}, la cui concentrazione, misurata da questi A.A., risultò pari a circa 600 mM L^{-1}. Il distacco del Ca^{2+} produrrebbe la disaggregazione delle molecole proteiche con conseguente aumento della pressione osmotica. Con questa ipotesi si accordavano i risultati di misurazioni della concentrazione di Ca^{2+} totale effettuate su nematocisti isolate da varie specie da Weber et al (1987b) nonché la liberazione di Ca^{2+} ionico in coincidenza con la scarica o in anticipo rispetto a questa, osservata da Salleo et al. (1988a; b). Tuttavia, è stato successivamente dimostrato che una elevata concentrazione intracapsulare di Ca^{2+} non è una caratteristica costante in tutte le specie, giacché le nematocisti basitrico-isorhiza isolate da *Calliactis parasitica* non liberano durante la scarica significative quantità di Ca^{2+} (Salleo et al., 1990). Inoltre, Tardent et al. (1990) hanno dimostrato che, con alcune rilevanti eccezioni, nelle nematocisti *in situ* Na^{+}, K^{+}, Mg^{2+} possono essere assai più concentrati del Ca^{2+} nella matrice, cosicché l'elevata concentrazione intracapsulare di Ca^{2+} potrebbe venire acquisita nel corso dell'isolamento. In particolare, la distribuzione di ioni tra citoplasma e matrice potrebbe risultare da un equilibrio di Donnan (Weber, 1990), piuttosto che da una specifica affinità delle proteine capsulari. Una elevata concentrazione capsulare di Ca^{2+} è stata invece confermata per le nematocisti *in situ* presenti negli acroraggi. Queste ultime sono strutture assai interessanti, presenti solo in alcune specie di Antozoi, che intervengono in occasione di contiguità tra soggetti della medesima specie ma di cloni diversi, e, pertanto, si direbbero deputati alla difesa territoriale (Lubbock & Shelton, 1981; Tardent et al. , 1990).

Infine, la terza teoria, prevede che il fluido capsulare eserciti a riposo una tensione costante contro la parete e che l'apertura dello "stopper", opercolo o flaps, consenta a questa pressione di spingere fuori il tubulo. Recentemente, Salleo et al. (1991) hanno osservato su nematocisti basitrico isorhiza di *Calliactis parasitica* che la capacità di scaricare di nematocisti isolate con metodi diversi dipende essenzialmente dalla condizione dei flaps. Un previo trattamento con tripsina, il cui effetto scaricante veniva prevenuto dalla successiva aggiunta di un inibitore dell'enzima, induceva l'apertura dei flaps in tutte le nematocisti, comunque isolate, che rimanevano non scaricate ma sensibili al successivo trattamento con tioglicolato. L'impiego del trattamento limitato con tripsina dimostrava pertanto la possibilità di ottenere nematocisti aventi i flaps aperti e tuttavia in riposo, consentendo di escludere la teoria dello "stopper". I risultati di questa indagine suggeriscono che i flaps possano esercitare il ruolo di impedire l'accesso a una struttura apicale, tuttora non identificata, responsabile dell'innesco della scarica, piuttosto che quello di controbilanciare la pressione idrostatica del fluido capsulare.

Infine, vale la pena di sottolineare il fatto che è probabile che un evento essenziale del processo di scarica possa essere costituito da un cambiamento conformazionale di componenti proteiche del tubulo (Carré, 1980; Salleo et al., 1986; Endean, 1991), della parete (Blanquet, 1970; Salleo, 1984) o del fluido capsulare (Lubbock & Amos, 1981). Le forze prodotte da tale meccanismo, che è suggerito da indagini ultrastrutturali, nonché dall'effetto scaricante degli anioni liotropi sulle nematocisti di Scifozoi, potrebbero essere sinergiche con quelle di natura osmotica.

4. CONTROLLO CELLULARE DELLA SCARICA

I classici studi di Pantin (1942) avevano dimostrato che la scarica *in situ* viene a prodursi purché sul tessuto vengano applicati stimoli sia meccanici che chimici. E' pertanto legittimo assumere che il tessuto disponga di sistemi di recezione per entrambi i tipi di stimolo. Per quel che attiene alla meccanorecezione, gli studi ultrastrutturali hanno evidenziato che negli Idrozoi e negli Scifozoi questa funzione è assolta dall'apparato del cnidocilio, mentre negli Antozoi essa dipende dall'apparato cono-ciliare. Il cnidocilio, per il quale è evidente l'analogia con i meccanocettori ciliati degli insetti e dei mammiferi (Holstein e Hausmann, 1988), è costituito da un flagello appartenente al nematocita, circondato da 9 coppie di microtubuli. Il cnidocilio è circondato da stereociglia esterne, positive ai test per l' F-actina, nonché da un ulteriore circolo di microvilli che non sporgono dall'apice cellulare (Thomas & Edwards, 1991). Vale la pena di menzionare il fatto che, a seguito di asportazione sperimentale, la rigenerazione del cnidocilio non richiede in *Hydra* più di tre ore (Goltz & Thurm, 1990). Nell'apparato cono-ciliare le stereociglia possono appartenere sia al nematocita che, anche, alle cellule adiacenti che lo circondano, venendosi così a costituire un sistema multicellulare (Fautin & Mariscal, 1991). Una organizzazione multicellulare è stata riconosciuta da Watson & Hessinger (1989; 1991) anche per la chemorecezione. Il sistema costituito dal nematocita e dalle cellule adiacenti è stato denominato CSCC (Cnidocyte-Supporting Cells Complex) dagli A.A. In particolare, sono stati identificati distinti recettori di membrana per amino-zuccheri e per gli acidi sialici, localizzati sulla membrana apicale delle cellule adiacenti, e per aminoacidi. Watson & Hessinger (1992) propongono altresì l'esistenza di un duplice sistema di meccanorecezione, costituito da recettori sensibili al contatto e da recettori sensibili a vibrazioni di frequenza comparabile a quella prodotta dal nuoto delle prede abituali. L'ambito di frequenze adeguato sarebbe modulato dai chemocettori.

Nell'intento di accertare i meccanismi responsabili dell'eccitamento del sistema, sono stati condotti taluni studi elettrofisiologici su nematociti. Tali indagini sono rese alquanto ardue dalle dimensioni di queste cellule, nonché dal fatto che il citoplasma è assai sottile a causa della presenza della nematocisti. I risultati di tali indagini sono comunque discordanti. Mentre nematociti di *Cladonerna* opportunamente depolarizzati producevano il potenziale di azione, quelli di *Physalia* e di *Chrisaora* mancavano di rispondere (Anderson & McKay, 1987). Inoltre, la scarica della nematocisti non appariva correlabile con la depolarizzazione del nematocita.

Per quel che attiene agli eventi ionici associati alla scarica *in situ,* Santoro & Salleo (1991a) e Salleo et al. (1992) hanno osservato su aconzie di *Aiptasia mutabilis* e di *Calliactis parasitica* che l'induzione della scarica prodotta dal K^+, già descritta da Blanquet (1970), richiede in realtà la presenza di Ca^{2+} nel mezzo di sospensione. Essi hanno interpretato pertanto la scarica da K^+ come il risultato di una depolarizzazione prodotta da una elevata $[K^+]_e$ che a sua volta provocherebbe un influsso di Ca^{2+}, al quale sarebbe in realtà imputabile la scarica. Inoltre, essi hanno ottenuto scarica di nematocisti *in situ* mediante trattamento con anioni liotropi, quali SCN^- e I^-. Anche in questo caso l'efficacia era legata alla presenza di Ca^{2+} nel mezzo. L'ipotesi che l'evento capace di scatenare la scarica fosse effettivamente un influsso di Ca^{2+} è stata confermata dall'effetto di noti bloccanti dei canali del Ca^{2+}, quali La^{3+}, Cd^{2+} e Co^{2+}, che inibiscono anche la scarica prodotta da stimolazione elettrica (Salleo et al.,1993). L'impiego del SCN^- ha altresì consentito di osservare (Santoro & Salleo, 1991b) che in aconzie di *Calliactis parasitica* la scarica indotta da questo anione procede sequenzialmente da una estremità all'altra del filamento aconziale con velocità di circa 100 |µm sec^{-1}. Tale effetto non sarebbe peculiare degli anioni liotropi, giacché è stato successivamente ottenuto anche aumentando la concentrazione esterna di K^+ a valori compresi tra 50 e 100 mM L^{-1}. Una trasmissione sequenziale dell'attivazione dei nematociti suggerisce l'esistenza di giunzioni intercellulari. A favore di tale ipotesi è l'inibizione della scarica e, pertanto, della trasmissione di essa, esercitato dall'1-ottanolo (Salleo et. al.,1993), un ben noto bloccante delle gap junctions (Dunlap et al., 1987). Quest'ultimo mancava di inibire la scarica indotta da stimolo elettrico, il che suggerisce che l'inibizione così prodotta non sia imputabile ad alterazioni della fluidità di membrana. Tuttavia, l'eventuale presenza di gap junctions nel tessuto aconziale contrasta con i risultati di Mackie et al. (1984), che hanno mancato di osservare in tentacoli di Antozoi e di Scifozoi queste strutture, la cui presenza è stata accertata in Idrozoi. Vale la pena di sottolineare che le aconzie non sono state sinora indagate a questo fine.

Da quanto sopra esposto emerge anzitutto la complessità dei meccanismi coinvolti nel funzionamento di questo sistema di difesa e predazione, molti dei quali sono tuttora da chiarire. Il rapido sviluppo delle conoscenze su questo argomento prodottosi negli anni più recenti, dovuto prevalentemente al fatto che su questo sistema è venuta a convergere l'attenzione di ricercatori di differenti aree, quali zoologia, fisiologia, farmacologia, biologia cellulare, biochimica, consente di prevedere oltre a una completa definizione dei processi di recezione, trasduzione intracellulare e trasmissione intercellulare di segnali, un utile impiego delle tossine contenute nelle nematocisti in studi rivolti alle caratteristiche dei canali ionici.

BIBLIOGRAFIA

Anderson, P. A. V. & M. C. McKay. 1987. The electrophysiology of cnidocytes. *J. exp.Biol.,* 133: 215-230.

Blanquet, R. 1968. Properties and composition of the nematocyst toxin of the sea anemone, *Aiptasia pallida. Comp. Biochem. Physiol.,* 25: 893-902.

Blanquet, R. 1970. Ionic effect on discharge of the isolated and in situ nematocysts of the sea anemone *Aiptasta pallida:* a possible role of Calcium. *Comp. Biochem. Physiol.,* 35: 451-461.

Blanquet, R. & H.M. Lenhoff. 1966. A disulfide -linked collagenous protein of nematocysts capsules. *Science,* 154: 152-153.

Burnett, J. W. 1991. Clinical manifestations of jellyfish envenomation. *Hydrobiologia,* 216/217: 629-636.

Burnett, J. W. & G. J. Calton. 1987. Venomous pelagic Coelenterates: chemistry, toxicology, immunology and treatment of their stings. *Toxicon, 25:* 581-602.

Carré, D. 1980. Hypothesis on the mechanism of cnidocyst discharge. *Eur. J. Cell. BioL,* 20: 265-271.

Dunlap, K., K. Takeda & P. Brehm. 1987. Activation of a calcium - dependent Photoprotein by chemical signalling through gap junctions. *Nature,* 325, 60 - 62.

Endean, R., J. F. Rifkin, & L. Y. M. Daddow. 1991. Envenomation by the box-jellyfish *Chironex fleckeri :* how nematocysts discharge. *Hydrobiologia,* 216/217: 641-648.

Fautin, D.G. & R. N. Mariscal. 1991. Cnidaria, Anthozoa. Cnidaria, Hydrozoa. In: *Microscopie anatomy of invertebrates,* vol.2 (Harrison, F.W. & Westfal, J.A. eds): 267-358. Wiley-Liss, N.Y.

Fenner, P.J. 1991. Cubozoan jellyfish envenomation syndromes and their treatment in northern Australia. *Hydrobiologia,* 216/217: 637-640.

Galettis, P. & R. S. Norton. 1990. Biochemical and pharmacological studies of the mechanism of action of Tenebrosin- C, a cardiac stimulatory and haemolytic protein from the sea anemone, *Actinia tenebrosa. Toxicon,* 28: 695-706.

Gerke, L, K. Zierold, J. Weber & P. Tardent. 1991. The spatial distribution of cations in nematocytes of *Hydra vulgaris. Hydrobiologia,* 216/21: 661-670.

Godknecht, A. & P. Tardent. 1988. Discharge and mode of action of the tentacular nematocysts of *Anemonia sulcata. Mar. BioL,* 100: 83-92.

Goltz, R. & U. Thurm. 1990. Cnidocil regeneration in nematocytes of *Hydra. Protoplasma,* 155: 95-105.

Hessinger, D. A. 1988. Nematocyst venoms and toxins. In: *The Biology of nematocysts* D. A. Hessinger & H. M. Lenhoff (eds): 333-368. Academic Press, San Diego.

Holstein, T. & K. Hausmann. 1988. Functional properties of the cnidocil- apparatus. In: *The Biology of nematocysts.* Hessinger D. A. & Lenhoff H.M. (eds): 64-73. Academic Press, San Diego.

Holstein, T. & P. Tardent. 1984. An ultrahigh – speed analysis of exocytosis: nematocyst discharge. *Science,* 223: 830 - 833.

Kem, W. R. 1988. Sea anemone toxins: structure and action. In: *The Biology of nematocysts* . D. A. Hessinger and H. M. Lenhoff (eds.): 375-405. Academic Press, San Diego.

Klug, M. & J. Weber. 1991. An extract from *Hydra vulgaris* (Cnidaria) nematocysts increases cytoplasmic Ca^{2+} levels in fibroblasts. *Toxicon,* 29: 129-133.

Lesh-Laurie, G., S. L. Di Blasi, S.L., P. E. Suchy & J. B. Senturia. 1989. Inotropic response elicited by nematocysts contents of *Hydra oligactis* (Coelenterata: Hydrozoa). *Comp. Biochem. Physiol.,* 94C: 249-254.

Lubbock, R. & W. B. Amos. 1981. Removal of bound calcium from nematocysts contents causes discharge. *Nature,* 290: 500-501.

Lubbock, R., B. L. Gupta & T. A. Hall. 1981. Novel role of calcium in exocytosis: mechanism of nematocysts discharge as shown by X-ray microanalysis. *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.,* 78: 3624-3628.

Lubbock, R. & G. A. B. Shelton. 1981. Electrical activity following cellular recognition of self and non-self in a sea anemone. *Nature,* 289, 59-60.

Mackie, G. O., P. A. V. Anderson, & C. L. Singla. 1984. Apparent absence of gap junctions in two classes of Cnidaria. *Biol. Bu.ll,* 167: 120-123.

Mariscal, R. N. 1974. Nematocysts. In *Coelenterate Biology: Reviews and New perspective* (ed. L.Muscatine & H.L.Lenhoff): 129-78. Àcademic Press. New York, London.

Muramatsu, L, K. Saito, T. Ohmura, S. Kigoshi & S. Shibata. 1990. Supersensitivity to tetrodoxin and lignocaine of Anthopleurin A-treated Na^+channels in crayfish giant axon. *Eur. J. Pharmacol,* 186: 41-47.

Nishio, M., T. Ohmura, S. Kigishi, & I. Muramatsu. 1991. Supersensitivity to tetrodoxin and lignocaine of sea anemne toxin II-treated sodium channel in guinea-pig ventricular muscle. *Br. J. Pharmacol.,* 104: 504-508.

Norton, R. S. 1991. Structure and structure-function relationships of the sea anemone proteins that interact with the sodium channel. *Toxicon,* 29: 1051-1084.

Pantin, C. F. A. 1942. The excitation of nematocysts. /. *exp. BioL,* 19: 294-310.

Salleo, A. 1984. Discharge mechanism of the nematocysts of *Pelagia noctiluca.* In *Toxins and Draga of Marine Animals to Pollutants* (ed.L. Bolis, J. Zadunaisky & R. Gilles): 63-68. Springer Verlag.Berlin, New York, Tokyo:

Salleo, A., L. Calabrese, D. Barra & G. La Spada. 1986. Characterization of protein components of the capsule fluid and of the capsule wall of the nematocysts of *Pelagia noctiluca. Nova Thalassia,* 8: 119-122.

Salleo, A., G. La Spada e M. Alfa. 1983. Blockage of trypsin-induced discharge of nematocysts *of Pelagia noctiluca* by Ca 2+. *Mol. Physiol:* 89-97.

Salleo, A., G. La Spada, A. Brancati & P. Ciacco. 1991. Effects of controlled treatment with trypsin on the functional characteristics of isolated nematocysts of *Calliactis parasitica* and *Aiptasia mutabilis. Hydrobiologia,* 216/217: 655-660.

Salleo, A., G. La Spada & M. G. Denaro. 1988a. Release of free Ca^{2+} from the nematocysts of *Aiptasia mutabilis. Physiol.* Zoo/., 61: 272 - 279.

Salleo, A., G. La Spada, M. G. Denaro M &G. Falzea. 1986. Effects produced by SCN^- and thioglycolate on isolated nematocysts of *Pelagia noctiluca. Cell. Mol. Biol.,* 32: 661-666.

Salleo, A., G. La Spada, M. G. Denaro M & G. Falzea. 1988b. Dynamics of release of free calcium during the discharge of holotrichous isorhiza nematocysts of *Pelagia noctiluca.* In: *The biology of nematocysts.* D. A. Hessinger & H. Lenhoff (eds): 55l-555.Academic Press, San Diego.

Salleo, A., G. La Spada, G. Falzea & M. G. Denaro. 1984a. pH-induced collapse of the capsular wall in isolated nematocysts of *Pelagia noctiluca. Cell. Mol. Bio/.,* 30: 91-94.

Salleo, A., G. La Spada, G. Falzea, & M. G. Denaro. 1984b. Discharging effectiveness of lyotropic anions on nematocysts of *Pelagia noctiluca. Mol. Physiol.,* 6: 19-26.

Salleo, A., G. La Spada & E. A. Robson. 1990. Discharge characteristics of nematocysts isolated from acontia of *Calliactis parasitica. Mar. BioL,* 104: 459-464.

Salleo, A G. Santoro & P. Barra. 1993. Spread of experimentally induced discharge in acontia of *Calliactis parasitica. Comp. Biochem. Physiol.,* 104A: 565-574.

Santoro, G. e A. Salleo. 199la. The discharge of *in situ* nematocysts of the acontia of *Aiptasia mutabilis* is a Ca^{2+} - induced response. *J. exp. Biol.,* 156: 173-185.

Santoro, G. & A. Salleo. 1991b. Cell to cell transmission in the activation of *in situ* nematocytes in acontia of *Calliactis parasitica, Experientia,* 47: 701-703.

Tardent, P., K. Zierold, M. Klug & J. Weber. 1990. X-ray microanalysis of elements present in the matrix of cnidaria nematocysts. *Tissue and Cell,* 22: 629 -643.

Thomas, M. B. & N. C. Edwards. 1991. Cnidaria, Hydrozoa. In: *Microscopic anatomy of invertebrates,* voi.2 (Harrison, F.W. & Westfal, J.A. eds): 91-184. Wiley-Liss, New York.

Thomason, J. C. 1991. Cnida discharge and the mechanism of venom delivery in *Anemonia viridis* (Cnidaria, Actiniaria). *Hydrobiologia,* 216/217: 649-654.

Watson, G. M. & D. A. Hessinger. 1989. Cnidocyte mechanoreceptors are tuned to the movements of swimming prey by chemoreceptors. *Science,* 243: 1589-1591.

Watson, G.M. & D. A. Hessinger. 1991. Chemoreceptor-mediated elongation of stereocilium bundles tunes vibration-sensitive mechanoreceptors on cnidocyte-supporting cell complexes to lower frequencies. *J. Cell. Sci.,* 99: 307-316.

Watson, G.M. & D. A. Hessinger. 1992. Receptors for N-acetylated sugars may stimulate adenylate cyclase to sensitize and lune mechanoreceptors involved in triggering nematocysts discharge. *Exp. cell. Res.,* 198: 8-16.

Weber, J. 1989. Nematocysts (stinging capsules of Cnidaria) as Donnan-potential-dominated osmotic System. *Eur. J. Biochem.,* 184: 465-476.

Weber, J. 1990. Poly(y.-glutamic Acid)s are the major constituents of nematocysts in *Hydra (Hydrozoa, Cnidaria). J. Biol. Chem.,* 265: 9664-9669.

Weber, J. 1991. A novel kind of polyanions as principal components of cnidarian nematocysts. *Comp. Biochem. Physiol,* 98 A: 285 - 291.

Weber, J., M. Klug & P. Tardent. 1987a. Detection of high concentration of Mg and Ca in the nematocysts of various cnidarians. *Experientia,* 43: 1022-1025.

Weber, J., M. Klug & P. Tardent. 1987b. Some physical and chemical properties of purified nematocysts *of Hydra attenuata. Comp.Biochem. Physiol.,* 88 B: 855-862.

Weber, J., T. Schürholtz & E. Neuman. 1990. The nematocyst extract *of Hydra attenuata* causes single channel events in lipid bilayers. *Toxicon,* 28: 403-409.

Yanagita, T. M., 1959. Physiological mechanism of nematocysts responses in sea anemone. I. Effects of trypsin and thioglycolate upon the isolated nematocyst. *Jap. J. Zool.,* 12: 361-375.

Zorec, R., M. Tester, P. Macek, W. T. & Mason. 1990. Cytotoxicity of the Equinatoxin from the sea anemone *Actinia equina* involves ion channel formation and an increase in intracellular calcium acitvity. *J. Membrane Biol.,* 118:243-249.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 23 a pag. 33

SEDIMENTATION AND HEAVY METAL INPUT CHANGES ON THE NORTHWEST ADRIATIC SEA SHELF; A CONSEQUENCE OF ANTHROPOGENIC ACTIVITY

N. Brian PRICE[1], Stephen MOWBRAY[1] and Paola GIORDANI[2]

[1] Department of Geology and Geophysics, Grant Institute, University of Edinburgh, West Mains Road, Edinburgh EH9 3JW, UK
[2] Istituto di Geologia Marina, CNR, via Gobetti 101, 40129 Bologna, Italia

RIASSUNTO

La composizione in elementi maggiori e minori è stata studiata in sei carote prelevate in mare, a 20 m di profondità, dal delta del Po al largo di Cesenatico. Questa sembra derivare dal mescolamento di due 'end members', provenienti uno dal Po (Mg/Al = 0.30) e l'altro dai sedimenti a Nord (Mg/Al = 0.63). Gli apporti relativi a queste due origini sono stati valutati sulla base dei rapporti Mg/Al e Zr/Al, usato normalmente come indice dell'efficienza dell'erosione sulla superficie del sedimento. Nell'area a Sud, circa il 70 % del sedimento proviene dal Po, mentre a Nord potrebbe essere maggiore del 10 %. È stata riscontrata un'incidenza decrescente nel tempo del materiale padano ed è più evidente negli ultimi 20-30 anni.

Dai profili di concentrazione dei metalli nei sedimenti, tramite i rapporti Metallo/Ni sono stati valutati gli apporti del Po. Questi mostrano un aumento verso la superficie, senza alcuna evidenza di abbattimento in anni recenti. Le concentrazioni sono molto più alte vicino al delta e diminuiscono verso Sud, dove sono correlati alle velocità di accumulo. Ciò significa che gli apporti sono strettamente associali a quelli di argilla, con scarsa evidenza di precipitazione in situ dall'acqua marina.

Si ritiene che le velocità di accumulo dei sedimenti e gli inventari dei metalli risultino dalla differenza fra la velocità di immissione e quella di erosione. Nella parte settenarionale, dove la velocità di sedimentazione è alla, la frazione erosa è relativamente piccola e le stime delle velocità di accumulo di sedimenti e metalli sono simili alle velocità di immissione, per cui le loro variazioni temporali risultano strettamente correlate a quelle della portata del fiume. A Sud, invece, tale correlazione è inferiore.

ABSTRACT

Six shelf cores (20 m water depth) from the Po delta to Cesenatico have been studied for their major and minor element geochemistry. This shows them as admixtures of two end member sediments, the river Po and northern shelf sediments of Mg/Al ratios 0.30 and 0.63 respectively. Using Mg/Al ratios and Zr/Al ratios, which is used as an expression of the severity of erosion at the sediment surface, the relative inputs of sediment from these sources have been calculated. In the south -70% of the sediment is derived from the Po while in the north it can be >10%. There is everywhere a well defined temporal decrease in the Po input and this is more evident over The past 2-3 decades.

Inputs of anthropogenic heavy metals (Zn, Pb and Cn) introduced from the river Po have been assessed from xs metal contents, using metal/Ni ratios. Temporal trends show a steady increase towards the core tops, with no evidence of any abatement in recent

years. Heavy metal inventories are very much higher near to the Po delta than in the south where they closely relate to the total sediment accumulation rates. This implies that metal inputs are closely associated with those of clays, with little evidence of any *in situ* metal precipitation from seawater. Il is reasoned that sediment accumulation rates and metal inventories represent the residua of input less erosion rates. In he north where there is a high sedimentation rate, the fraction eroded is relatively small and the estimates for sediment and metal accumulation rates are similar lo their input rates. Here the pattern of sediment and metal accumulation will be closely related lo temporal changes in riverine flux. In contrast, to the south, accumulation rates bear a lesser relationship to input rates.

1. INTRODUCTION

Heavy metal enrichments in surficial sediments have been described in numerous coastal and shelf environments (Chow et al., 1973; Bruland el al., 1974; Goldberg el al., 1977, 1978, 1979; Skei & Paus, 1979; Kalz & Kaplan, 1981; Ridgway & Price, 1987). Usually These enrichments are lo be found in The upper part of sediment cores, and in particular involve Zn, Pb and Cu. Most authorities have assumed that such enrichments above a baseline concentration represent an anthropogenic presence and furthermore, patterns of enrichment have been used lo define The histories of contamination of an environment coming from municipal, industrial and agricultural sources and in particular The burning of fossil fuels. Isotopic studies of non-radiogenic Pb have, in many cases, added credence to this assumption (Chow el al., 1973; Ridgway & Price, 1987).

Successful interpretations of anthropogenic input histories (Bruland et al., 1974; Erlenkeuser et al., 1974; Ridgway & Price, 1987) have usually come about from studies of sediments accumulating in protected marine environments such as fjords or of sufficient water depth lo protect The sediment surface from disturbance from currents and wave effects. In most studies of environment change, information is usually required for less protected shallow water regimes such as estuaries and the coastal zone of the shelf. Here, interpretation of The heavy metal content record is much more difficult because it is interrupted by periods of sediment resuspension and sediment focusing as well as storm discharges from river systems.

Previous studies of heavy metals in the coastal sediments neighbouring the Po delta have shown that most, and possibly all, metal enrichments of Zn, Pb and Cu are derived from The river (Frignani & Giordani, 1983; Guerzoni el al., 1984; Frascari el al., 1988). Unusual contents of Cr and Hg in some surface sediments also are likely to be derived from source to The north of The Po outfall. No interpretation of vertical trends in heavy metals in cores has been made, other than a recognition that heavy metal contents increase towards sediment surface or show maxima in subsurface horizons (Guerzoni el al., 1984; Frascari el al., 1988). The aim of this paper is to attempt to recognise temporal changes in the pattern of sedimentation and geochemistry of the shelf sediments south from the Po delta during The period of anthropogenic activity.

Furthermore it will establish changes in the heavy metal discharge from the river Po and the influence of the Po on sediment accumulation on the shelf. From knowledge of the patterns of sedimentation over lime it will attempt to assess the patterns of anthropogenic heavy metal accumulation (Zn, Pb and Cu).

2. ENVIRONMENTAL SETTING, SAMPLING AND ANALYSIS

Discharge of The River Po into a biologically productive, sometimes eutrophic. density stratified Adriatic Sea constitutes a major source of metals lo The Mediterranean. With respect to discharge rates, The northern Adriatic rivers contribute some 28% (2500-3000 m^3

sec^{-1}) of freshwater input to the Mediterranean. Approximately 60% of this is contributed by the Po (average flow of -1570 m^3 sec^{-1}) (Grancini & Cescon, 1973), which is the largest Italian river (catchment area: 70.1 x 10^3 km^2) draining a very industrialised and intensively cultivated area. It derives much of its sediment from the Apennines as well as the Western Alps. During the period 1956-1973 the total sediment transport of the Po averaged 13.7.10^6 tons yr^{-1}, although during this lime interval the total load transported to the sea showed a tendency to diminish, falling from 16.9.10^6 tons yr^{-1} for the period 1956-64 to 10.5.10^6 tons yr^{-1} for 1965-73 (Dal Gin, 1983). Individual rivers to the north, of which the Adige (262 m^3 sec^{-1}) is probably the most significant, are meaningful on a local scale and their discharge affects the shallow (<10 m) shelf areas. Importantly their drainage basins include the Dolomitic Alps and the terrain north from the Po outfall to Trieste; both show high dolomite content (Jobstraibizer, 1970; Donazzolo et al., 1981).

Early observations of riverine suspended matter indicate a discharge of Cu, Pb and Zn (Provini & Pacchetti, 1982) and Zn (IRSA, 1977) of 970, 1086 and 2500 tons yr^{-1}. More recently, Price et al. (1993) have shown from particulate metal analysis that the Mg/Al ratios (0.3) indicale only traces of dolomite are carried down by the river and that ratios of Ph and Cu to Zn particulate concentrations are very similar to that quoted above.

The pattern of this discharge and dispersal on the shelf varies seasonally. Winter circulation is essentially isothermal and the cold water discharge from the Po forms as a cold water current off the coast (0-35 m) separated from more saline waters to the east (Franco el al., 1982). Summer conditions of much weaker discharge, and especially of strong warming, tend to cause vertical stratification of The water column. Surface flow is weaker and may develop eddies lo The north and south of the mouth of The River Po (Franco el al., 1982; Frascari et al., 1988).

Sediments beneath waters of 10-30 m depth lend lo be of muddy sills, which occur as a belt paralleling the shoreline, and extending southwards from the Po delta front (Brambati et al., 1983). Relict sediments occur seawards from ibis zone. The mineralogy of The sediments is complex, but dolomite off the Po defines a transport pathway of fine materials from The northern Italian rivers (Jobstraibizier, 1970; Frascari et al., 1988). Sediment accumulation rates, determined from the distribution of ^{210}Pb and ^{137}Cs in them (Frignani & Langone, 1991), show highest values near The Po delta; 1.80 lo 0.53 $gmcm^2$ yr^{-1} (1.45 lo 0.4 cm yr'). South of the delta accumulation rates are lower, 0.29 cm^2 yr^{-1} (0.24 cm yr^{-1}) and are usually more constant but do show a gradual reduction to the south.

Sediment cores from six stations were recovered from immediately offshore of the Po delta-front lo offshore from Cesenatico (Fig. 1) using a catcherless gravity corer which does not disturb the sediment/water interface.

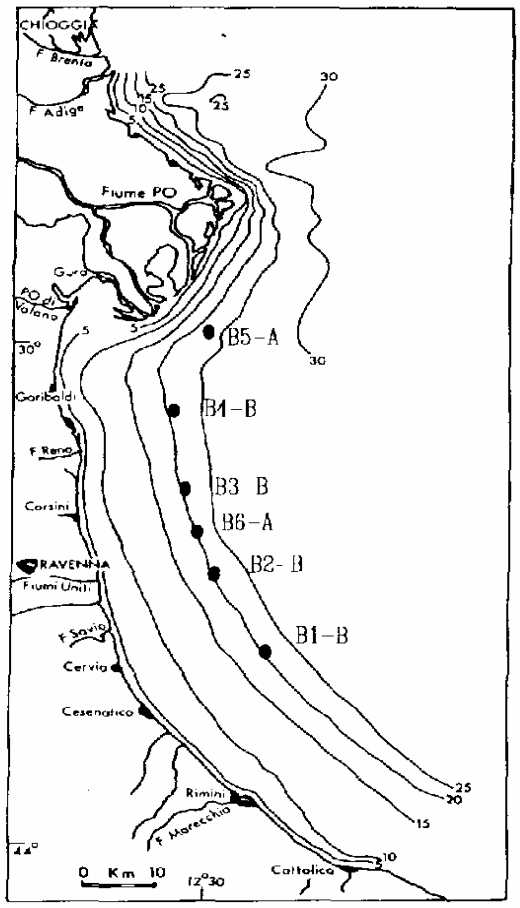


Fig. 1 - Location of sediment cores

Depths of penetration (>50 cm) normally encompass the history of anthropogenic input to the sediments. The usual sequence of vertical subsampling involved sectioning at 0.2 cm to 1.5 cm depth and below at 0.5 cm intervals to 5 cm, 1 cm and 14 cm, 2 cm to 65cm and then at 5 cm intervals to the bottom of the core. All sections were weighed wet and after drying at 60°C to obtain water content changes. All samples were crushed in a rotary mill prior to their chemical analysis.

Sediments were analysed for their major and minor elements by X-ray Fluorescence Spectrometry. 3.0 gms of crushed sediment was pressed into 33mm pellets using 10^5 kg cm^{-2} pressure and using boric acid as backing material. Using rhodium radiation and a variety of instrumental conditions, count rates were corrected for background and, where necessary, inter element interferences (eg. Ni). Resultant net responses for each element were corrected for mass absorption effects of major element compositions and compared with those of a number of internationally accepted rock standards. Confirmation that the major element analyses using a system of pressed sediment powder provide reliable data was shown by reanalysing 40 sediment samples, prepared as fusion discs using a Spectroflux (lithium borate/carbonate and lanthanum oxide) medium. No systematic differences between the two methods of analysis was found. The coefficient of analytical variation (n=l) for Fe, Mg and Ti are ± 1%, for Al, ± 2.5% and Si ± 2.8% of values given. For minor metals the coefficients were ± 4% of that reported.

3. RESULTS

The approach often used lo assess anthropogenic metal accumulation is to estimate contents of anthropogenic released heavy metal above a baseline value at some depth in a sediment that can be adjudged of pre-anthropogenic age. We consider that such an approach for the Adriatic shelf is too simplistic, because sediments south of the Po delta front, although possibly dominated by Po river discharge, are diluted from a second source from the northern shelf. The latter sediments which are essentially free of most anthropogenic elements (Guerzoni et al., 1984; Frascari et al., 1988) are likely to influence all six coring stations, but to a varying extent. To assess the relative inputs of sediments from these two sources, we have assumed that the southward transport flux of the northern shelf sediment has remained Constant, at least during the period of anthropogenic activity, and that perturbations in sediment supply at all six stations are due entirely to changes in the river output. Given the large areal extent of the northern shelf and the strong cyclonic; regime of water circulation as described above (Franco et al., 1982), sediment supply to areas south of the Po delta are likely to be much more Constant than discharge from the Po river.

The mechanism of sediment accumulation in a shallow shelf environment (20 m), is complex. Sediment sorting by seabed traction, sediment resuspension focusing, as well as the introduction of sediments from rivers after storm events, can greatly modify the relative amounts of fine to coarse grains originally introduced onto the shelf and can distort the pattern of heavy metal contents during sediment accumulation. Such features in the sediment cores need to be evaluated before a realistic assessment can be made on the history of authigenic metal release from the river Po.

4. PROVENANCE AND SEDIMENTATION

Table 1 presents element ratios for selected major and minor elements of the six cores and represents the mean of five analyses of the uppermost 1cm and five analyses of the bottom 20cm of each core; the latter representing sediment deposited during the period of pre-industrialisation. There is a southward increase in Si/Al ratio implying a small coarsening of the grain-size of the sediments. In contrast, Fe/Al and Ti/Al ratios are

Table 1 - Element ratios of surface and buried sediments

	ADB1 - B	ADB2 - B	ADB6 - B	ADB3 - B	ADB4 - B	ADB5 - B
Si/Al surf	3.02	2.96	2.86	2.86	2.81	2.79
base	3.13	2.91	2.98	2.83	2.83	2.82
Fe/Al surf	0.529	0.542	0.543	0.544	0.535	0.558
base	0.559	0.556	0.564	0.555	0.557	0.546
Ti/Al surf	0.0514	0.0490	0.0482	0.0492	0.0486	0.0509
base	0.0555	0.0523	0.0527	0.0508	0.0504	0.0508
Mg/Al surf	0.383	0.404	0.386	0.422	0.475	0.517
base	0.363	0.350	0.334	0.363	0.409	0.466
Zr/Al surf	14.0×10^{-3}	13.2×10^{-3}	12.2×10^{-3}	12.4×10^{-3}	12.5×10^{-3}	13.7×10^{-3}
base	14.7×10^{-3}	12.6×10^{-3}	13.2×10^{-3}	12.2×10^{-3}	12.4×10^{-3}	13.2×10^{-3}
Zn/Ni surf	1.716	1.673	1.828	1.661	2.088	2.198
base	1.187	1.142	1.236	1.116	1.086	1.251

Laterally extremely uniform which suggests areally a uniform mineralogical composition of aluminosilicates. Vertical changes in Si/Al, Fe/Al, Ti/Al ratios, although small, show upward decreases, especially in Fe/Al and Ti/Al ratios, possibly indicating a change in clay/clay + feldspar ratio over time. Given the sediments on the shelf represent a varying admixture of Po river derived and northern shelf derived sediment, the overall areal and temporal constancy in these ratios suggests that the composition of the aluminosilicates from these two sources is very similar. The lateral and temporal uniformity in major element geochemistry is also seen, at least for these two sediment horizons, in Zr/Al ratios. However, plots for Zr/Al ratios down cores (Fig. 2) show a much greater mvariation. Zr/Al ratios in sediments have often been used as an indicator of grain-size (Goldschmit, 1964; Calvert, 1976), especially where sediment winnowing occurs and thc lagged coarse-grained sediment is enriched in heavy minerals (cg. zircon), promoting high Zr/Al ratios. The vertical patterns in Zr/Al ratios show in nearly all cores a number of horizons of intense winnowing such that they can often be used for correlative purposes (see fig. 2).

5. RIVER PO INPUT CHANGES

In contrast to the other major elements ratios there is a pronounced southward decrease in Mg/Al ratios (Table 1) for both surface and buried sediments. Only core ADB6-A shows a reversal in this trend. Southwards from cores ADB5-A to ADB1-B this decrease in Mg/Al ratio in the surface sediment is greater than at depth. Such trends and the magnitude of the Mg/Al ratios indicate that their variation is exclusively caused by dolomite content. Price et al: (1993) have shown that River Po detritus (Mg/Al = 0.3) comprises only traces of dolomite, hence higher Mg/Al ratios in shelf sediments must indicate a provenance from the north.

In contrast, sediments and particulate matter on the northern shelf opposite the River Brenta show Mg/Al ratios of ~0.63 (Juracic et al., 1987), and contain excess Mg contents (1.88 wt %) over that held in aluminosilicates (Mg/Al = 0.30) which indicates ~15% dolomite. Mineralogical measurements in sediments off the Po delta (Ravaioli, 1986) also show a high dolomite content of 10% or more. Estimates of the relative amounts of sediment derived from the river (Mg/Al = 0.3; xs Mg = 0%) and from the northern shelf (Mg/Al = 0.63;txs Mg = 1.88%) can be calculated from the xs Mg contents in the six cores by proportioning these against end member values.

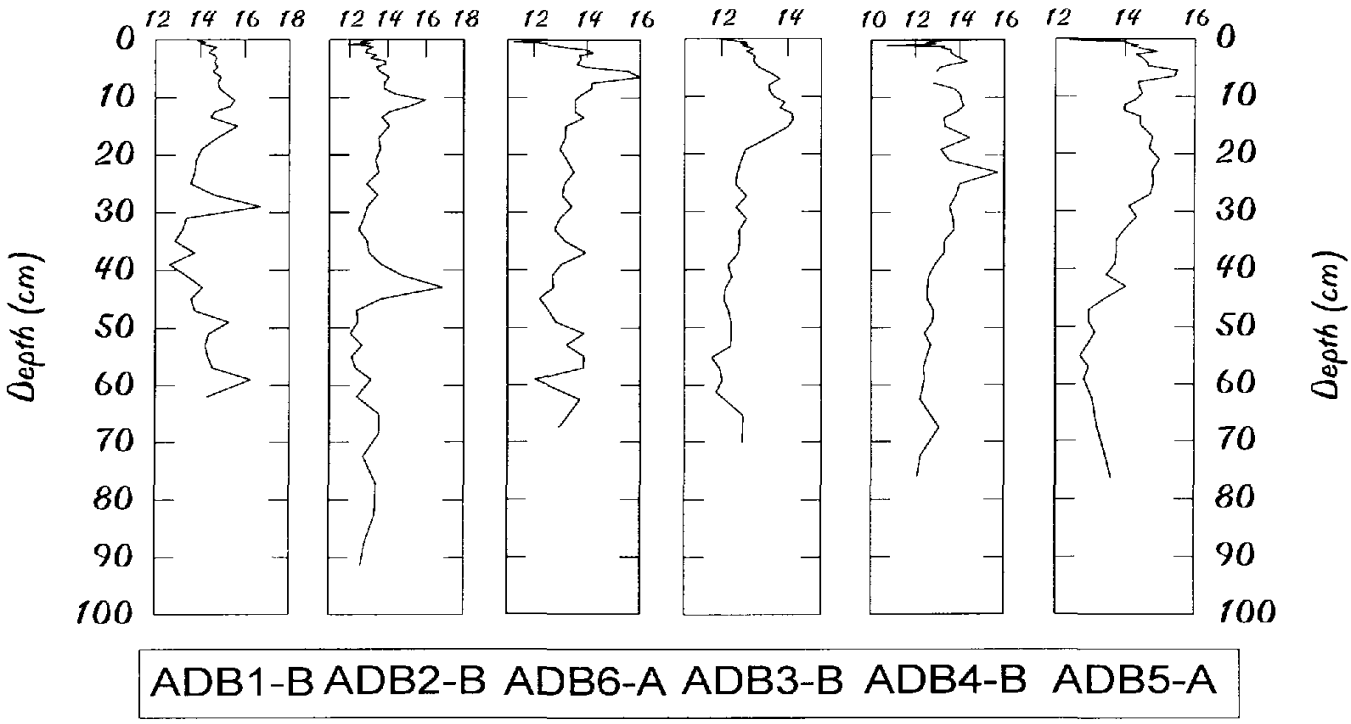


Fig. 2 - Depth profiles of Zr/Al ratios (x 10^{-4}) for the 6 cores on the NW Adriatic shelf. Anomalously high Zr/Al ratios indicate horizons of excessive sediment erosion. The patterns of Zr/Al ratio can be correlated : e.g. the peak at 11cm. in ADB1-B can be correlated to horizons at 9.5 cm, 5 cm and 17 cm in cores ADB2-B, ADB6-A and ADB3-B

This provides only an assessment of the relative amounts of accumulated sediments from these two sources rather than that of sediment input. To estimate the latter one has to address the problem of temporal changes in erosion rates, especially episodic removal of sediment during unusual storm events and depicted by high Zr/Al ratios. We have attempted an assessment of the historical changes in dolomite input as opposed to dolomite accumulation for each core using the equation:

$$Mg\%(\text{dolomite input}) = \text{xs } Mg\%[(Zr/Al \text{ sed} - Zr/Al \text{ min}) / (Zr/Al \text{ min}) + 1]$$

where xs Mg% is the non aluminosilicate Mg content of the sediment input to each horizon of the six stations; Zr/AI sed is the Zr/Al ratio for each horizon of the six cores and Zr/Al min is the lowest ratio observed in each of the sediment cores. Here we assume sediment erosion is linearly related lo Zr/Al ratio changes. Sediments of exceptionally high Zr/Al ratios (Fig. 2) probably represent storm events and can represent a sediment loss of >10% while for most horizons there is only a small loss (2-5%) of sediment by erosion.

Proportioning the Mg input to that of the respective river (xsMg = 0%) and the northern shelf (xsMg = 1.88%) allows assessment of the spatial and temporal trends of the percentages of the input of river Po derived sediment to the six coring sites. These are shown in Fig. 3 and indicate that while the proportion of river derived sediment to the southern cores is -70% in the north (ADB4-B and ADB5-A) its contribution is surprisingly low and often is <10%. Also a well defined secular decrease in the percentage input of river derived sediment is best seen in the southern cores. In the uppermost few centimetres, this trend is most pronounced and shows a marked decrease of river contribution to total sediment input in recent years, and supports the conclusions reached by Dal Cin (1983). In the northern cores, the pattern of mineral input, especially

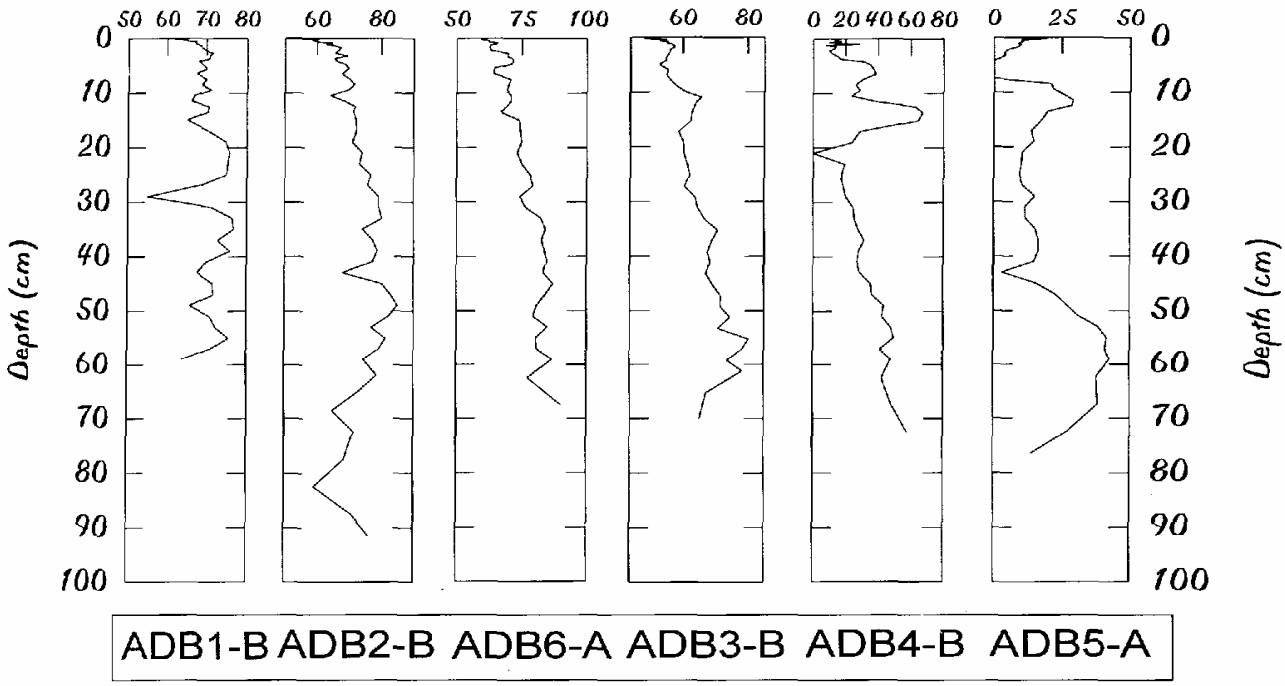


Fig. 3 - Changes in the % contribution of River Po derived sediment in the NW Adriatic shelf cores

in the upper 20 cm of the cores is more erratic due to two horizons representing extraordinary riverine inputs which are possibly caused by inland storm conditions.

6. ANTHROPOGENIC HEAVY METAL INPUTS

Rather than use a common background as a means of assessing contents of excess heavy metals or the anthropogenic metal loading as was adopted by Guerzoni et al. (1984), we have used a different approach to assess anthropogenic metal contents and inputs. Table 1 shows that Zn/Ni ratios of preanthropogenic metals al the bottom of the cores are essentially constant for the six coring sites implying that The composition of clay input from the river and northern shelf are very similar with respect to these two elements and are likely lo be contained in a common host ferromagnesian mineral. Given that Ni is not an anthropogenic metal, temporal fluctuations in The pattern of sediment accumulation of Ni, from winnowing etc., will equally apply lo non-anthropogenic Zn. We also contend that preanthropogenic Pb and Cu in The sediments have a similar behaviour lo Ni and Zn. Vertical profiles of accumulaled excess (xs) or anthropogenic Zn, Pb and Cu contents for The six cores have been calculated from changes in metal/Ni ratios in excess of that observed at the bottom of individual cores.

To assess the inferred input of xsZn, xsPb and xsCu from the river as opposed to these contents in the sediments, The excess metal contents bave been recalculated with respect lo The proportion of river derived sediment and The amount of erosion for each core. This is illustrated here for Zn (Fig. 4) and shows The anthropogenic input. Pb shows a very similar trend, but as the xsCu contents are much lower and are inevitably subject to greater analytical error their trends are more erratic. All the cores show a generallinear upward trend from the onset of anthropogenic discharge. In the four southern cores Zn (and Pb) input increase noticeably in The surficial sediments and the

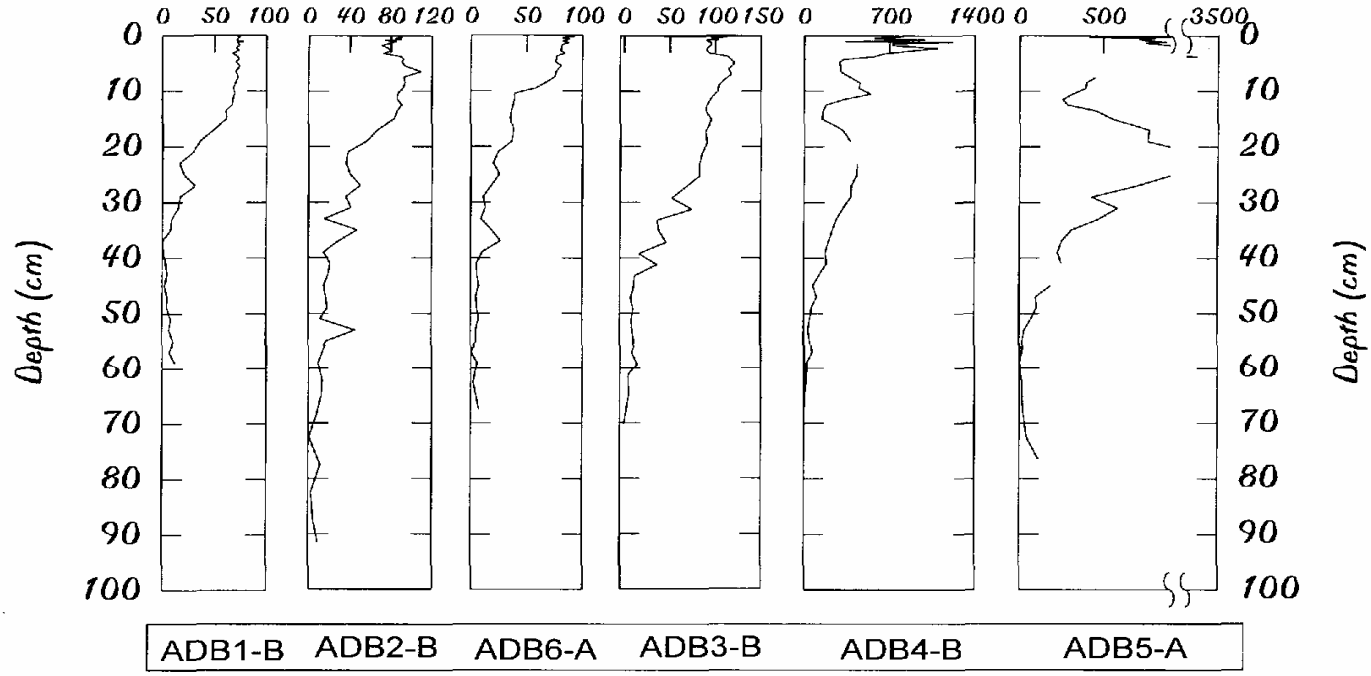


Fig. 4 - Vertical profiles of the projected anthropogenic zinc inputs (ppm) in N W Adriatic cores

onset of this occurs at 22, 20, 12 and 30 cm from S to N. There is no obvious decrease in Zn contents in the core tops, implying that metal discharge has not abated in recent years.

Temporal patterns in the two northern cores are more erratic due largely to the introduction of two significant storm induced river inputs, which probably contain some riverbed load sediment of lower heavy metal content than is normally discharged. The Pb inputs for surface sediments are about half that of Zn, while those for Cu, as stated above, are much lower and it is difficult to accurately define any secular trends for Cu in the southern cores.

Recently reported (Frignani & Langone, 1991) sediment accumulation rates determined from ^{137}Cs and ^{210}Pb profiles indicate values between 0.10 and 0.20cm yr^{-1} in the south and increase northwards to l.O cm yr^{-1} or more near the delta front. Rates determined by Frignani and Langone (1991) for cores at an equivalent position to ADB1 - B, ADB4-B and ADB5-A are 0.18, 0.55 and 0.85 cm yr^{-1} respectively. These measurements assume a Constant accumulation rate and a Constant ^{210}Pb input flux over a studied depth interval. Given a Constant input rate of northern shelf sediment to each of the coring sites, but a progressive lowering of riverine input (Fig. 3) with lime, total sediment accumulation rates must become smaller towards the sediment surface. Further, if there is a substantial contribution of river derived ^{210}Pb to the total ^{210}Pb input flux on the shelf, as occurs with ^{137}Cs (Frignani & Langone, 1991), the temporal lowering of the river supply must imply changes in the input fluxes of ^{210}Pb. For these reasons ^{210}Pb dating of Adriatic shelf sediments must be considered only as a general expression of accumulation rates; as stated they are probably too low. Further, we have also used the correlatable Zr/Al ratio peaks in the four southern cores to estimate the relative accumulation rates of cores ADB2-B, ADB6-A and ADB3-B with reference to ADB1-B; these are 0.195 cm yr^{-1}, 0.105 cm yr^{-1} and 0.255 cm yr^{-1} respectively (Table 2).

Calculations of the inventories of anthropogenic heavy metals (Zn, Pb and Cu) (Table 2) show an overall southward decrease extending over one order of magnitude. Cores ADB4-B and ADB5-A show especially high metal inventories compared with the

Table 2 - Comparison between sediment accumulation rates and heavy metal inventories

CORE	Sed. Acc. Rates cm y^{-1}	Heavy metal inventories ug cm^{-2}		
		Zn	Pb	Cu
ADB1-B	0.18	1395	481	187
ADB2-B	0.195	1795	622	274
ADB6-A	0.105	1159	463	101
ADB3-B	0.255	2252	865	361
ADB4-B	0.55	8474	3089	929
ADB5-A	0.85	14796	5999	1439

more southerly located cores which show only a two-fold change. In the south, variations in metal inventories closely follow the pattern of sediment accumulation rates; core ADB6-A and ADB3-B showing the lowest and highest inventories respectively. With respect to sedimentation accumulation rates of cores ADB4-B and ADB5-A the metal inventories are proportionally higher than are seen to the south. The linkage of metal inventories to accumulation rates suggests that the site of physicochemical linkage of anthropogenic metals to sediment detritus occurs within the river System and that little or no *in situ* precipitation occurs in shelf waters. Furthermore, the lack of a progressive southerly fall off in sediment anthropogenic metal inventories and total sediment accumulation rates, as evidenced by ADB6-A, suggests a commensurate erosion of sediment and anthropogenic metals at the different sites. This erosion is likely to occur more in winter months with unstructured water allowing a high wind stress or current at the sediment interface. In summer an intense thermocline essentially prevents severe erosion of the sediment. Sediment accumulation rates and metal inventories are the residua of input rates less the erosion rates. In areas of high sedimentation, (e.g. in ADB5-A), the fraction of sediment and metals eroded relative to their input fluxes is small and estimates of sediment and anthropogenic accumulation will be more closely related to the riverine flux. Areas more distally located from the river input such as the sites of the southern cores or areas to the east of the Po outfall which only occasionally receive small amounts of sediment (Frascari et al., 1988) the percentage of sediment removed by erosion may be very considerable. For instance, east of the southward trajectory of sediment transport overall relict sediment can occur showing negative sediment accumulation rates (Frascari et al., 1988). It is significant that element ratios, which have been used to express grainsize (e.g. Si/Al and Zr/Al), are higher in the south than the north. They illustrate that a higher proportion of the sediment fraction, especially the fine grained sediment, has been removed by erosion in the south leaving a residuum enriched in quartz and zircon and commensurately depleted in clays and anthropogenic heavy metals. This mechanism implies that there must be a considerable export of heavy metals to the mid and southern Adriatic basins and eastern Mediterranean.

The contribution of the numerous small rivers entering the northern Adriatic to the south of the river Po delta to this pattern of sediment and heavy metal accumulation is largely unknown. Preliminary examination of sediment cores from 10 m water depth reveals only very thin surficial layers (0-5 cm) of metal contaminated sediment, a pattern that has been observed in water depths of 30-40 m. It suggests little or no fine grained sediment accumulation in these areas and little dilution from local sediment input. It also suggests massive and episodic removal, especially of fine grained sediment, through erosion. Similarly. to the east in deeper water (>40 m), the relict sands and silts (Frascari

et al., 1988) suggest little if any contemporary accumulation. It follows that active and sustained accumulation only occurs within a narrow (15-40 m water depth) N -S belt broadly paralleling the coastline and this defines the major trajectory of the Po outfall on the shelf.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded as part of a European Community MAST-1 Research Contract 900018. We also would like to thank Professor E. Rabbi for help in the field and laboratory and to Drs M. Frignani and L. Langone for discussions on their measurements of sediment accumulation rates.

REFERENCES

Brambati, A., M. Ciabatti, G.P. Fanzutti, F. Marabini & R. Marocco. 1983. Lithological classification of Adriatic sediments. *Boll. Ocean. Teor. Appl.,* 1: 267-271.

Bruland, K.W., K. Berline, M. Koide & E.D. Goldberg. 1974. History of metal pollution in the Southern California coastal zone. *Environ. Sci. Tech.,* 8: 425-432.

Calvert, S.E. 1976. Mineralogy and geochemistry of near-shore sediments. in *Chemical Oceanography,* vol.6, J.P. Riley and R. Chester eds. Acad. Press. Ch. 32: 187-280

Chow, T.J., K.W. Bruland, K. Berline, A. Soutar, M. Koide & E.D. Goldberg. 1973. Lead pollution: records in Southern California coastal sediments. *Science,* 181: 551-552.

Dal Cin, R. 1983.1 litorali del delta del Po e delle foci dell'Adige e del Brenta. *Boll. Soc Geol. It.,* 102: 9-56.

Donazzolo, R., O. Hieke Merlin, L. Menegazzo Vitturi, A.A. Orio, B. Pavoni, G. Perin & S. Rabitti. 1981. Heavy metals contamination in surface sediments from the Gulf of Venice. *Mar. Follia. Bull,* 12: 417-425.

Erlenkeuser, H., E. Suess & H. Willkom. 1974. Industrialisation affects heavy metal and carbon isotope concentrations in recent Baltic Sea sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta,* 38: 823-842,

Franco, P., L. Jeftic, P. Malanotte, A. Michelato & M. Orlic. 1982. Descriptive model of the Northern Adriatic. *Oceanologica Acla, 5:* 379-389.

Frascari. F., M. Frignani, S. Guerzoni & M. Ravaioli. 1988. Sediments and pollution in the Northern Adriatic Sea. *Annals New York Acad. Sci.,* 534: 1000-1020.

Frignani, M. & P. Giordani. 1983. Metalli pesanti in sedimenti antichi e recenti dei mari italiani. *Atti 5 Congr. AIOL,* Stresa: 525-534.

Frignani, M. & L. Langone. 1991. Accumulation rates and ^{137}Cs distribution in sediments off the Po River delta and the Emilia-Romagna Coast (North-western Adriatic Sea, Italy). *Continent. Shelf Res.,* 11: 525-542.

Goldberg, F.D., J.J. Griffin, V. Hodge, M. Koide & H. Windom. 1979. Pollution history of the Savannah River Estuary. *Environ. Sci. Tech.,* 13: 588-594.

Goldberg, E.D., V. Hodge, M. Koide, J.J. Griffin, E. Gamble, O.P. Bricker, G. Matisoff, G.R. Holdren Jr. & R. Braun. 1978. A pollution history of Chesapeake Bay. *Geochim. Cosmochim. Acta,* 42: 1413-1425.

Goldberg, E.D., E. Gamble, J.J. Griffin, & M. Koide. 1977. Pollution history of Narragansett Bay as recorded in its sediments. *Estuarine Coastal Mar. Sci.,* 5: 549-561

Goldschmit, V. M. 1954. *Geochemistry,* Oxford University Press: 730 pp.

Grancini, G. & B. Cescon. 1973. Dispersal processes of freshwaters in the Po River coastal area. *Limnol Oceanogr.* 18: 705-710.

Guerzoni, S., M. Frignani, P. Giordani & F. Frascari. 1984. Heavy metals in sediments from different environments of a Northern Adriatic sea area, Italy. *Environ. Geol. Water Sci.,* 6: 111-119.

IRSA. 1977. Indagine sulla qualità delle acque del Po. *Quad. IRSA,* 32: 821 pp.

Jobstraibizer, P. 1970. Determinazione rapida di calcite e dolomite per via gas-volume - trica. *Boli Soc. Geol. I tal,* 89: 401-413.

Juracic, M., L. Menegazzo Vitturi, S. Rabitti & G. Rampazzo. 1987. The role of suspended matter in the biogeochemical cycles in the Adige River estuary (Northern Adriatic Sea). *Estuar. Coastal Shelf Sci.,* 24: 349-363.

Katz, A. & I.R. Kaplan. 1981. Heavy metal behaviour in coastal sediments of Southern California: a critical review and synthesis. *Mar. Chem.,* 10: 261-299.

Price, N. B., S.R. Mowbray, P. Giordani & M. Frignani. 1993. Transfer of iron and related elements on the Adriatic shelf. in *MAST Days and Euromarket* vol. 1, EC Comm.: 383-396

Provini, A. & G. Pacchetti. 1982. Po e Adige: valutazione del carico trofico e tossico convogliato nell'Alto Adriatico. *Ingegneria Ambientale,* 11: 173-183.

Ravaioli, M. 1986. Distribuzione della calcite e della dolomite nell'Adriatico settentrionale, tra Po di Levante e Cesenatico. *Atti del 7 Congresso AIOL:* 407-426.

Ridgway, I.M. & N.B. Price. 1987. Geochemical associations and post- depositional mobility of heavy metals in coastal sediments: Loch Etive, Scotland. *Mar. Chem,* 21: 229-248.

Skei, J. & P.E. Paus. 1979. Surface metal enrichment and partitioning of metals in a da - ted sediment core from a Norwegian fjord. *Geochim. Cosmochim Acta,* 44: 149-162.

COMUNICAZIONI

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 37 a pag. 46

CONDIZIONI IDROBIOLOGICHE NELL'ADRIATICO MERIDIONALE. NOVEMBRE 1991.

Davide BREGANT*, Filippo AZZARO**, Alessandra BONACCORSO**, Giuseppe CIVITARESE*, Ermanno CRISAFI**, Rosabruna LA FERLA**, Marcella LEONARDI**, Anna LUCHETTA*, Roberta POLIMENI***, Fabio RAICICH*.

* C.N.R. Istituto Sperimentale Talassografico di Trieste
** C.N.R. Istituto Sperimentale Talassografico di Messina
*** Centro Oceanologico Mediterraneo di Palermo

SUMMARY

The results concerning a second oceanographic cruise carried out in the Southern Adriatic Sea in November 1991, are discussed.

The aim of the cruise was to investigate the hydrobiology of this sea.

Hydrological and microbiological parameters were examined to define their trends as well as correlations.

The presence of three different water masses is confirmed from the hydrological data and the possible meaning of the correlations is discussed.

1. INTRODUZIONE

Nel mese di novembre 1991, l'Istituto Talassografico di Trieste ha organizzato la seconda campagna interdisciplinare di misure nell'Adriatico Meridionale, con la collaborazione dell'Istituto Talassografico di Messina e del Centro Oceanologico Mediterraneo di Palermo.

Lo scopo della campagna era simile alla precedente (Bregant et al., 1992) e cioè accrescere le conoscenze nel comportamento delle caratteristiche idrobiologiche delle acque dell'Adriatico meridionale, studiando non solo i parametri classici del campo di massa (temperatura e salinità) e i parametri chimici (ossigeno disciolto e nutrienti) con un'alta risoluzione lungo la colonna d'acqua, ma anche i parametri chimico-biologici quali il contenuto del carbonio ed azoto organico particellato (POC e PON), l'adenosin-5-trifosfato (ATP) e la carica batterica (AODC) , cogliendo il comportamento di tutti questi in un'altra condizione stagionale.

Inoltre, a completamento dei dati biologici,per la prima volta sono state effettuate misure del potenziale

massimo di attività del sistema di trasporto degli elettroni (ETSA) nei microorganismi, la cui stima esprime il potenziale respiratorio degli organismi stessi attraverso le moli di ossigeno consumato.

Il presente lavoro da informazioni sui risultati preliminari ottenuti e sulla verifica delle relazioni ipotizzate per i parametri misurati.

2. MATERIALI E METODI

La campagna è stata effettuata dall' 8 al 16 novembre 1991 con la N/O Bannock del CNR nelle stazioni riportate in fig.1.

Le misure ed i prelievi sono stati effettuati con un multicampionatore tipo Rosette della General Oceanics dotato di 12 bottiglie tipo Niskin da 5 litri,interfacciato con un CTD Mark V Neil Brown. L'acquisizione dei dati è stata fatta su PC IBM serie PS/2 utilizzando un software della Neil Brown.

I campioni di ossigeno disciolto e di nutrienti sono stati analizzati direttamente a bordo usando rispettivamente il metodo Winkler (Strickland & Parsons, 1972) e quanto riportato da Hansen & Grasshoff (1983) con un sistema automatico a flusso della Chemlab.

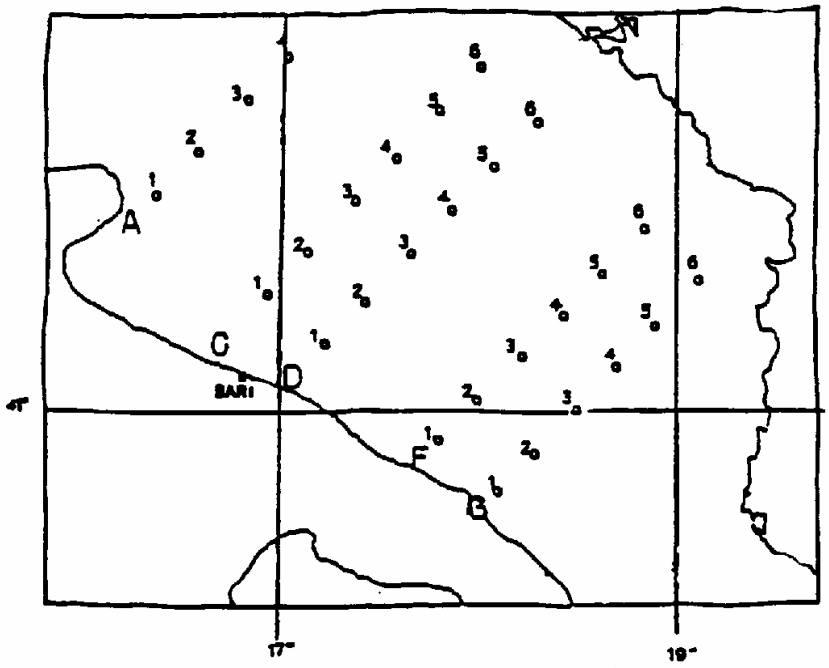


Figura 1: Ubicazione delle stazioni di prelievo.

Il contenuto in carbonio ed azoto organici è stato determinato sui campioni prelevati dai transetti 2-3-4 alle opportune quote. Aliquote di 400 mi sono state concentrate su filtri in fibra di vetro Whatman GF/C, preventivamente muffolati (490°C, overnight). Previa eliminazione della frazione carbonatica inorganica, mediante esposizione a vapori di HC1 concentrato (Hedges & Stern, 1984), l'analisi è stata eseguita utilizzando l'analizzatore automatico CHN Perkin Elmer 2400.

Le determinazioni microbiologiche sono state effettuate sugli stessi campioni. L'ATP microbico è stato determinato secondo la metodica di Holm-Hansen & Paerl (1972) , concentrando i campioni su membrane sterili Nuclepore con porosità 10, 2 e 0.2 µm per separare le frazioni micro, nano e picoplanctoniche. La lettura della reazione luminescente è stata effettuata con luminometro LKB 1250. Per il conteggio diretto della carica batterica in epifluorescenza (AODC) e' stata adottata la metodica ASTM (1985) .

Per l'analisi della attività ETSA, sono stati utilizzati i campioni di acqua prelevati fino a 200 metri. Opportune aliquote di acqua di mare prefiltrata (5 litri) sono state concentrate su membrane Whatman GF/F. Allo scopo di prevenire la degradazione degli enzimi, i filtri sono stati immediatamente conservati in azoto liquido fino all'analisi in laboratorio. Opportune precauzioni sono state adottate nel trattamento dei campioni per ridurre le eventuali contaminazioni. La metodica utilizzata è una modifica della tecnica di riduzione del tetrazolio di Packard (1971) e di Kenner e Ahmed (1975). La densità ottica dei campioni trattati è stata determinata con uno spettrofotometro Cary 1/3 Varian.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

I valori di temperatura osservati sono compresi tra 18.80°C e 12.80°C circa con acque più fredde lungo il versante italiano rispetto alla costa slava. Nelle stazioni profonde, oltre a 1000 m, la temperatura è inferiore a 13°C.

I valori di salinità oscillano tra 37.30 e 38.80 PSU, con una zona centrale compresa tra 75 e 800 m circa, in cui sono presenti valori superiori a 38.70 PSU.

L'ossigenazione è buona lungo tutta la colonna d'acqua con valori compresi tra 5.98 e 4.39 cm^3/dm^3. I valori massimi si hanno attorno a 20 m, mentre i valori minimi di concentrazione compresi tra 4.50 e 4.90 cm^3/dm^3 corrispondono ad uno strato compreso tra 50 ed 400 m circa. In questo strato la saturazione non scende sotto il 77%.

I nutrienti mostrano un progressivo incremento della concentrazione man mano che si procede verso il fondo. I massimi valori si riscontrano generalmente nella zona di minimo dell'ossigeno, poi si ha una piccola flessione, seguita generalmente da un incremento verso il fondo. In particolare i nitrati oscillano tra 0.1 e 5.95 ;µM/dm^3, i fosfati tra 0.06 e 0.29 µM /dm^3, i silicati tra 0.46 e 7.00 µM /dm^3. Nella figura 2 è riportata la distribuzione verticale dell'ossigeno disciolto, dei nitrati e dei silicati lungo la sezione D.

I conteggi diretti dei microorganismi in epifluorescenza (AODC) oscillano tra un massimo di $1.9x10^4$ cellule/cm^3 e un minimo di $1.0x10^3$ cellule/cm^3. I valori riscontrati risultano ancora più contenuti rispetto a quelli determinati in una preliminare crociera effettuata nella stessa zona nell'aprile 1990 e indicano,in generale, la presenza di una popolazione batterioplanctonica abbastanza povera, tipica di zone pelagiche.

I valori di ATP totale variano tra un massimo di 27.64 ng/dm^3 e un minimo di 3.18 ng/dm^3. Il range osservato, pur se leggermente maggiore rispetto a quanto determinato precedentemente, conferma la oligotrofia delle acque studiate. La parte preponderante della biomassa risulta costituita da organismi di dimensione compresa tra 250 e 10 µm, probabilmente microfitoplancton, ed in secondo luogo da organismi tra 10 e 2 µm, cioè nanoplancton.

I valori di attività ETSA sono compresi tra 0.925 e 0.407 µl O_2 h^{-1} l^{-1}. Martinez et al. (1990), durante una ricerca effettuata nelle acque superficiali del Mediterraneo Occidentale, hanno determinato valori di attività ETSA in un range compreso tra 0.5 e 3 µl O_2h^{-1} l^{-1}. I valori più bassi da noi riscontrati sono ovviamente dovuti sia al diverso periodo stagionale di indagine che all'ampiezza delle quote esaminate. La distribuzione verticale dell'ETSA mostra, in genere, il massimo di attività nella fascia compresa tra O e 50 m. Anche Van der Nerf & Niewland (1984) nella Oyster Ground (Mare del Nord) avevano individuato i massimi di attività ETSA tra O e 30 metri nel periodo estivo. Tuttavia nelle stazioni da noi campionate lungo il versante albanese i valori di ETSA si mantengono elevati anche a 200 m facendo supporre che le popolazioni microbiche possano ancora risentirle in profondità dell'influenza dei massicci apporti di acqua dolce proveniente dalla costa.

I tassi di carbonio ed azoto organici del materiale particellato disperso nella colonna d'acqua (POC e PON) decrescono all'aumentare della profondità, ed oscillano fra massimi di 74.43 e 10.60 ;µg/dm^3 rispettivamente e minimi di 5.90 e 0.60 ; µg/dm^3. I valori risultano più bassi di quelli rilevati nell' aprile del 1990, probabilmente in relazione al diverso periodo stagionale. Un netto salto di valori,

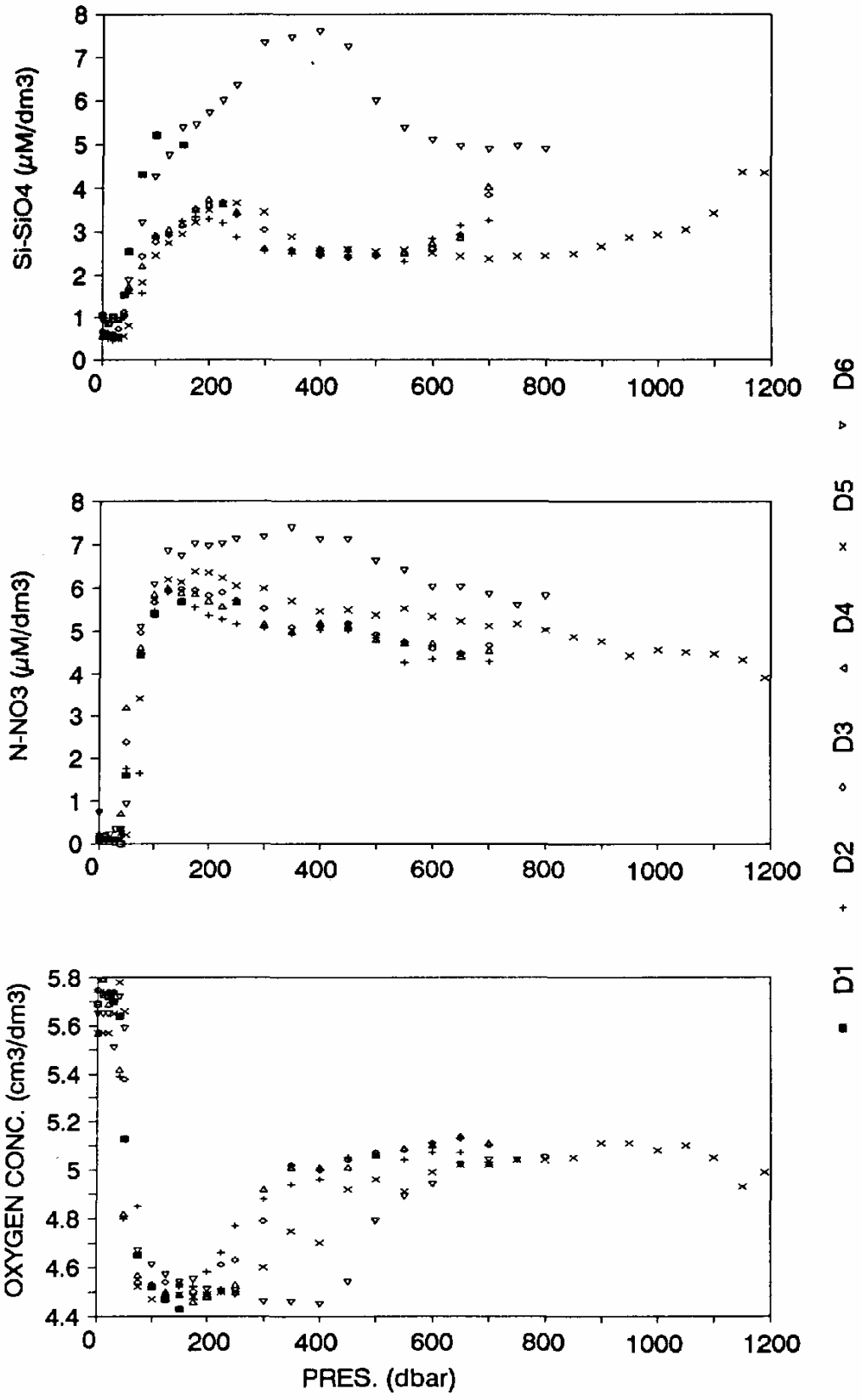


Figura 2: Distribuzione verticale dell'ossigeno disciolto, dei nitrati e dei silicati nella sezione D.

generalmente rilevato al di sotto dei 50 m, differenzia la fascia batimetrica più superficiale, in cui i valori medi calcolati per il POC e per il FON sono rispettivamente di 42.59 e di 6.32 ;µg/dm^3, dalla massa d'acqua sottostante, in cui i valori medi sono pari a 15.8 ; µg/d:m^3 per il POC ed a 2.07 µg/dm^3 per il POH. La migliore evidenza di questa differenziazione è stata rilevata nel transetto F, e con maggiore chiarezza nei valori di POC; peraltro il PON presenta in tutti i transetti una maggiore variabilità all'interno della colonna d'acqua.

Dall'esame sia della distribuzione dei parametri chimici (figura 2) che del diagramma T/S (figura 3), relativi al transetto D, possiamo confermare la presenza dei tre corpi d'acqua, già individuati durante la precedente campagna, pur se con ovvie differenze stagionali. E' stato individuato un corpo d'acqua superficiale con salinità compresa tra 37.30 e 38.60 PSU circa dove si ha il massimo dell'ossigenazione ed il minimo di nutrienti. I parametri chimico-biologici e microbiologici presentano in questo corpo d'acqua le maggiori oscillazioni ed i valori massimi.

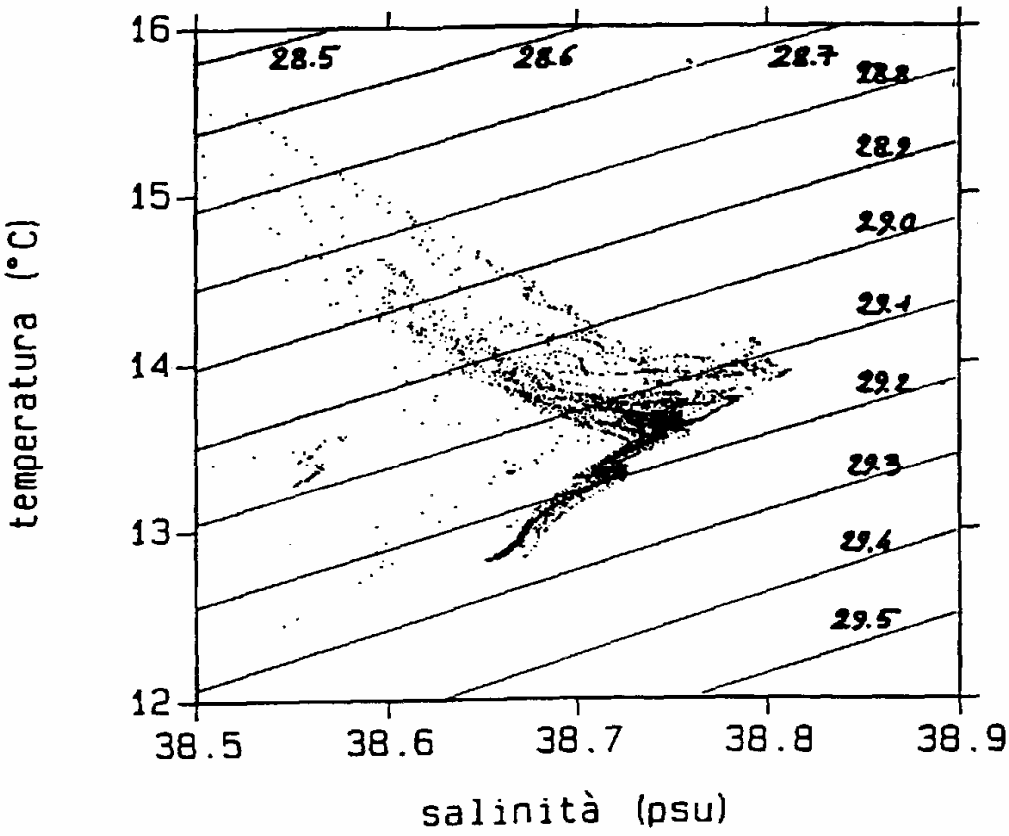


Figura 3: Diagramma TS riferito alla sezione D .

Un corpo intermedio compreso tra 100 e 800 m con salinità maggiore di 38.7 PSU, minimo di ossigeno e massimo sia di nutrienti che di particellato organico. Questo corpo potrebbe essere rappresentativo dell'influenza e della diffusione delle acque di origine levantina.

Infine, un corpo di fondo con temperatura inferiore a 13°C, σt maggiore di 29.20, valori di nutrienti e di ossigeno leggermente superiore allo strato precedente. Nei campioni in prossimità del fondo si nota, in generale, un abbassamento dei valori biologici. Questo corpo d'acqua potrebbe presentare le caratteristiche delle acque di fondo dell'Adriatico, sulla cui origine non abbiamo ancora elementi sufficienti per dire se sono di provenienza locale o provengano dal bacino settentrionale. Purtroppo in questi campioni di acqua non è stato possibile effettuare misure di ETSA che, secondo Christensen et al. (1989), nelle acque profonde del Mediterraneo rivelano tassi di ossidazione del carbonio molto più elevati di quelli riscontrati alle stesse quote negli oceani Atlantico e Pacifico.

La matrice di correlazione (tabella 1) mette in evidenza che la componente biologica è distribuita lungo le colonne d'acqua in relazione alle diverse masse d'acqua. La correlazione inversa altamente significativa dei dati dell'ETSA con i nutrienti e diretta con POC e PON rivela

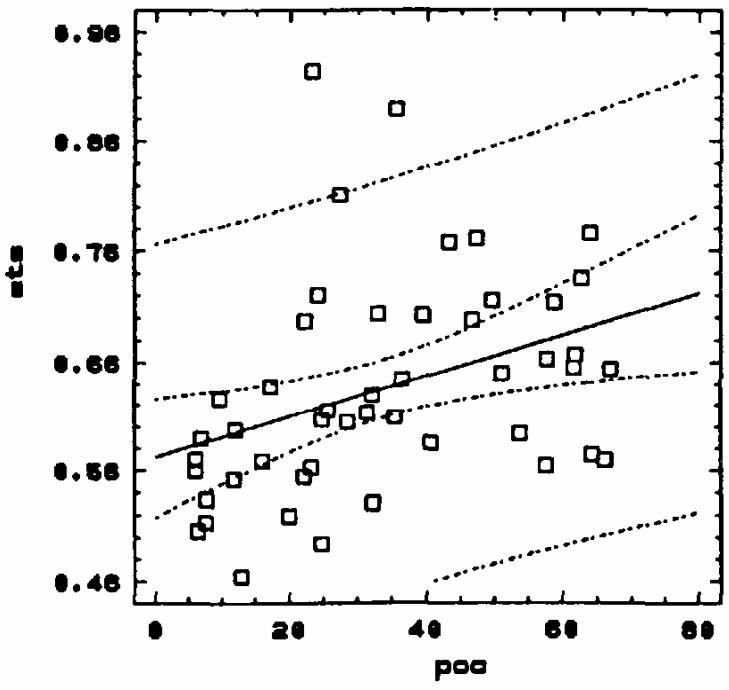


Figura 4: Relazione tra attività ETS e POC.

	Prof.	Temp	Sal	O2	NO3	PO4	SiO4	AODC	ETS	ATP1	ATP2	ATP3	ATP4	POC	PON
Prof.	1														
Temp	-0.817	1													
Sal	0.738	-0.864	1												
O2	-0.842	0.896	-0.794	1											
NO3	0.895	-0.862	0.853	-0.936	1										
PO4	0.797	-0.617	0.578	-0.769	0.818	1									
SiO4	0.851	-0.778	0.601	-0.863	0.837	0.739	1								
AODC	-0.098	0.090	-0.181	0.159	-0.130	-0.062	-0.103	1							
ETS	-0.351	0.307	-0.385	0.267	-0.405	-0.319	-0.322	0.256	1						
ATP1	-0.149	0.052	-0.065	0.165	-0.140	-0.373	-0.125	0.111	-0.159	1					
ATP2	-0.138	0.061	0.114	0.188	-0.078	-0.242	-0.230	-0.141	-0.357	0.567	1				
ATP3	-0.093	-0.005	0.037	0.088	-0.057	-0.242	-0.118	0.235	-0.154	0.395	0.464	1			
ATP4	-0.161	0.049	0.001	0.183	-0.128	-0.377	-0.179	0.101	-0.247	0.913	0.778	0.676	1		
POC	-0.664	0.663	-0.651	0.600	-0.695	-0.479	-0.517	0.023	0.268	-0.044	-0.219	-0.206	-0.150	1	
PON	-0.646	0.610	-0.637	0.558	-0.669	-0.465	-0.465	0.034	0.310	-0.011	-0.222	-0.164	-0.117	0.960	1

Tabella 1: Matrice di correlazione tra le variabili determinate (n=48).
ATP1=250-10um ATP3=2-0.2um ATP2=10-2um ATP4=250-0.2um

una maggiore attività respiratoria in presenza di basse concentrazioni dei sali disciolti e di elevati valori di materiale organico particellato. Si nota inoltre una correlazione inversa con la profondità e la salinità, ed una diretta con la temperatura.

I valori di POC e PON sono in correlazione inversa altamente significativa con le concentrazioni dei nutrienti, mentre sono correlati positivamente con i valori di ETSA (figura 4) e di ossigeno disciolto.

Dall'esame contestuale dei parametri esaminati, supponiamo che l'attività biologica nella zona studiata sia operata in maniera preponderante da organismi autotrofi. Ciò viene ulteriormente confermato dal rapporto C/N che, nello strato superficiale in cui è risultata prevalente la componente microfitoplanctonica, fa registrare un valore medio di 6.8, tipico di acque eufotiche

I risultati finora ottenuti stanno delineando parte della fenomenologia che interessa le acque dell'Adriatico Meridionale. E' necessario però completare il ciclo di misure stagionali prima di poter dare un assetto completo a questi risultati.

BIBLIOGRAFIA.

ASTM. 1985. Standard methods for enumeration of aquatic bacteria by epifluorescence microscopy counting procedure. Designation D4455/85, Filadelfia, 11, 02:632-634.

Bregant, D., A. Allegra, F. Azzaro, G. Civitarese, E. Crisafi, R. La Feria, A. Luchetta & S. Rabitti. 1992. Condizioni idrobiologiche nell'Adriatico meridionale. Aprile 1990. Atti IX Congresso AIOL, S.Margherita Ligure, Novembre 1990: 25-33.

Christensen, J.P.,T.T. Packard, F.Q. Dortch, H.J. Minas, J.C. Gascard, C.Richez & P.C. Garfield. 1989. Carbono xidation in the deep Mediterranean Sea: evidence for dissolved organic carbon source.Global *biogeochem.* cycles,3, 315-335.

Fofonoff, N. P. & R. C. jr. Millard. 1983. Algorithms for computation of fundamenta properties of seawater. *UNESCO Technical papers in Mar. Sci.*, 44, 53 pp.

Hansen, H. P. & K Grasshof. 1983. Automated chemical analysis,in: Grasshof K., M. Ehrardt, K. Kremling (editors) . Methods of Sea water Analysis, Verlag Chemie, II ed. Weinheim, 347-395.

Hedges, J. I. & J. H. Stern. 1984. Carbon and nitrogen determinations of carbonate-containing solids. *Limnol. Oceanogr.*, 29:657-663.

Holm-Hansen, O. & H. W. Paerl. 1972. The applicability of ATP determination for estimation of microbial biomass

and metabolic activity. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.,* 29 suppl., 149-168.

Kenner R.A. & S.I. Ahmed. 1975. Measurements of electron transport activities in marine phytoplankton. *Mar. Biol..* 33, 119-127.

Martinez, R., R.A. Arnone & Z. Velasquez. 1990. Chlorophyll "a" and respiratory electron transport System activity in microplankton from the surface waters of the western Mediterranean. *J.Geophys. Res.* 95: 1615-1622.

Packard T.T. 1971. The measurement of respiratory electron transport activity in marine plankton. J". mar. *Res.* 22, 66-74.

Strickland, J. D. H. & T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. B<3. Canada,* 167, 2nd ed., 311 pp.

UNESCO. 1988. The acquisition, calibration and analysis of CTD data. *Technical papers in Mar.* Sci.,54, 94 pp.

Van der Werf, B. & G. Nieuwland. 1984. Bacterial biomass and respiratory electron transport System activity in the Oyser Ground area (North sea) in 1981. *Neth.J. Sea Res.* , 18 (1/2): 71-81.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 47 a pag. 51

IMPIEGO DI TECNICHE DI ELABORAZIONE DI IMMAGINE PER IL TELERILEVAMENTO DELLO STATO DEL MARE

Gianluca NICCHIOTTI (*), Ennio OTTAVIANI (*), Lorenzo PAPA (**)

(*) Elsag Bailey S.p.A., Via Puccini 2, 16154 Genova

(**)Dipartimento di Fisica, Università" di Genova, Via Dodecaneso 33, 16146 Genova

ABSTRACT

The paper describes a novel technique for remote analysis of the sea conditions. The approach is based on the use of a common CCD camera and image processing techniques. Fourier transforming the data extracted from the digitalized image sequence and analyzing the spectra it is possible to determine parameters such as wave lenght and period and the sea motion main direction. These data joined to some statistical knowledge allow us to estimate as well the wave height and to possess a complete sea state chart.

1. INTRODUZIONE

L'impiego di strumenti di rilevamento ottico a distanza (telecamere) per scopi di monitoraggio e" al giorno d'oggi sempre più diffuso. Questo grazie alla crescente disponibilità" sul mercato di prodotti a basso costo ed elevate prestazioni ed ai notevoli progressi nel campo del trattamento automatico delle immagini (Ballard & Brown , 1982).Il successo nel campo del monitoraggio è inoltre dovuto alla possibilità di effettuare un controllo remoto e non intrusivo degli eventi in esame.

In questo documento presentiamo una metodologia basata sull'impiego di una telecamera ottica e di tecniche di elaborazione di immagini per effettuare un'analisi remota del moto ondoso marino. La tecnica consiste essenzialmente nella ripresa, con una telecamera in postazione fissa e calibrata, della scena marina di interesse e nella successiva elaborazione della sequenza di immagini digitalizzate al fine di estrarre direzione, frequenza e lunghezza d'onda del moto marino superficiale. Tali dati consentono poi, attraverso la conoscenza a priori della batimetria e di dati statistici, di determinare l'altezza delle onde e quindi di descrivere in maniera esaustiva lo stato del mare.

Il documento è articolato come segue. I prossimi paragrafi descriveranno l'assetto di misura ed i problemi connessi alla calibrazione geometrica delle immagini. Di seguito verranno presentate le tecniche numeriche impiegate per l'estrazione dei parametri di moto ondoso. Successivamente sarà esaminato l'impiego di tali dati per la valutazione dello stato del mare. Infine saranno presentati alcuni risultati che verranno confrontati con dati raccolti a mare con metodi "tradizionali".

2.ASSETTO DI ACQUISIZIONE

L'acquisizione della sequenza di immagini avviene attraverso una telecamera VHS standard con una focale di 150 rum. La direzione dell'asse ottico è univocamente determinata dalla conoscenza dei due angoli v e p, detti comunemente pan e tilt, illustrati in fig. 1. Al primo è legata la direzione di puntamento della telecamera rispetto ai punti cardinali, mentre il secondo, unitamente alla quota H da cui viene effettuata la ripresa, determina la distanza media della regione marina inquadrata. Questi parametri vengono rilevati in fase di calibrazione dell'assetto.

Le sequenze video vengono successivamente acquisite e digitalizzate ad una cadenza di 2 Hz, ottenendo sequenze di immagini digitali da 256x256 punti (pixels), ciascuno codificato con 8 bits (256 livelli di grigio). Ogni sequenza è composta da 128 immagini, e la sua durata temporale è dunque di 64 secondi.

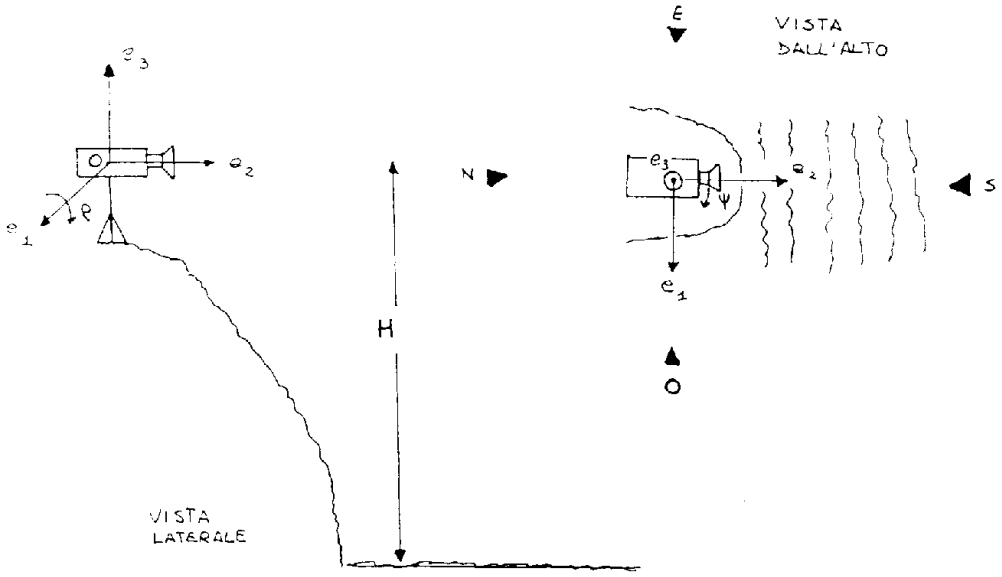


Figura 1 : Assetto di ripresa

3.CONVERSIONE IN COORDINATE GEOGRAFICHE

Per ricavare informazioni quantitative sul moto ondoso è necessario innanzitutto effettuare una trasformazione prospettica (Horn, 1986) per ricondurre le coordinate del piano immagine della telecamera alle coordinate geografiche (punti cardinali). I parametri

che regolano tale trasformazione sono essenzialmente la quota di ripresa H e l'angolo di tilt ρ.

Supponendo che l'angolo di pan ψ sia fissato in modo che la telecamera punti in una definita direzione cardinale del piano terrestre (i.e. sud) scegliamo una terna di assi e_1,e_2,e_3 con l'origine nel pinhole della telecamera, e con gli assi orientali come in figura 1

Per inquadrare la regione marina la telecamera viene ruotata di un angolo ρ attorno all'asse e, e quindi i nuovi assi solidali con l'asse ottico e'_1, ,e'_2,e'_3 sono legati ai precedenti dalla matrice:

$$R = \begin{matrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\rho & \sin\rho \\ 0 & -\sin\rho & \cos\rho \end{matrix}$$

Pertanto il generico punto sulla superficie marina, di coordinate (x,y,-H), si trasforma nel punto di coordinate (x', y', z'):

$$\begin{aligned} x' &= x \\ y' &= y\cos\rho - H\sin\rho \\ z' &= -y\sin\rho - H\cos\rho \end{aligned}$$

Quest'ultimo si proietta sul piano immagine e''_1 , e''_2, e''_3 attraverso le seguenti relazioni dovute alla proiezione prospettica:

$$x'' = x'\frac{f}{y'}$$

$$z'' = z'\frac{f}{z'}$$

dove f indica la distanza focale.

Pertanto, noti H, p e f, è possibile ricondurre le coordinate immagine a coordinate geografiche, attraverso una procedura di ricampionamento.

Sulle nuove immagini ottenute viene effettuata la successiva elaborazione (analisi di tessitura) con cui vengono ricavate lunghezza media e direzione delle onde.

4. ANALISI DI TESSITURA NEL DOMINIO SPAZIALE

L'immagine ricampionata viene dunque analizzata per estrarne i parametri relativi alla lunghezza media ed alla direzione delle onde. Tale operazione viene condotta calcolando la trasformata di Fourier bidimensionale dell'immagine ricampionata (Haralick et al., 1973; Weszka et al., 1976).

La trasformata di Fourier di un'immagine f(x,y) è definita da:

$$F(u,v) \equiv \int_{-\infty}^{+\infty} dx \int_{-\infty}^{+\infty} dy . \exp(-j2\pi(ux+vy)) f(x,y)$$

ed il relativo spettro di potenza e[1] $|F|^2 = FF^*$ (dove il simbolo * indica il complesso coniugato). Le variabili (u,v) indicano le frequenza spaziali lungo gli assi coordinati. La presenza di una perturbazione periodica di lunghezza d'onda λ, e direzione φ, produrrà in generale un picco sullo spettro di potenza in corrispondenza della posizione

$$u = \frac{2\pi}{\lambda}\cos(\varphi)$$

$$v = \frac{2\pi}{\lambda}\sin(\varphi)$$

Dalla distribuzione radiale dei valori in $|F|^2$ dipende dunque la tipologia della tessitura osservabile sull'immagine, cioè* la lunghezza delle onde, visto che alla variabile radiale nel piano (u,v) corrisponde il modulo del numero d'onda $2\pi/\lambda$.

Una tessitura grezza avrà i pertanto valori alti di $|F|^2$ concentrati vicino all'origine mentre in una tessitura via via più" fine, corrispondente ad onde più" corte, il massimo di $|F|^2$ si allontanerà sempre più dall'origine. Allora, volendo analizzare la lunghezza media delle onde, si possono individuare i valori medi di $|F|^2$ calcolati su corone circolari centrate attorno all'origine, cioè:

$$\Phi_1(r) \equiv \int_0^{2\pi} |F(r,\vartheta)|^2 \, d\vartheta$$

Una volta individuato il valore R per cui la quantità $\Phi_1(r)$ è massima, la lunghezza d'onda sarà a questo punto ottenibile dalla relazione:

$$\lambda = \frac{2\pi}{R}$$

Analogamente la distribuzione angolare dei valori $|F|^2$ dipende dalla direzione della tessitura, cioè dalla direzione delle onde. Allora, per analizzare tale direzione sarà utile la funzione:

$$\Phi_2(\vartheta) \equiv \int_0^{+\infty} |F(r,\vartheta)|^2 \, dr$$

La direzione Θ per cui $\Phi_2(\upsilon)$ risulta massima individua direttamente la direzione del moto ondoso.

5. ANALISI NEL DOMINIO TEMPORALE

Come precedentemente accennato, dalle registrazioni video vengono digitalizzate sequenze di 128 immagini con una frequenza di campionamento di 2 Hz. L'analisi della frequenza temporale delle onde avviene localizzando un qualunque punto dell'immagine e considerando la sua evoluzione radiometrica (cioè del livello di grigio ad esso associato).

Si ottiene quindi una funzione del tempo che, in presenza di moto ondoso, presenterà un periodo pari a quello delle onde stesse. La stima del periodo viene condotta con la stessa tecnica utilizzata nel caso spaziale (trasformata di Fourier e ricerca del massimo spettrale), questa volta però nella forma monodimensionale.

Lo spettro di potenza ottenuto per un particolare punto dell'immagine presenta però una notevole rumorosità, che può mascherare il fenomeno periodico da localizzare. Vengono allora mediati più" spettri provenienti da punti vicini, in modo da ridurre l'effetto del rumore.

La frequenza di campionamento utilizzata, consente di determinare lo spettro di potenza su 64 valori frequenziali equispaziati, fino ad un massimo di 1 Hz, cioè l'analisi di moti ondosi di periodo superiore ad 1 secondo.

Sulla base dei parametri stimati attraverso le tecniche di trattamento di immagine (periodo, direzione e lunghezza del moto ondoso), è infine possibile, attraverso la conoscenza a priori della batimetria e di dati statistici, determinare l'altezza delle onde e quindi di descrivere in maniera esaustiva lo stato del mare.

6. CONCLUSIONI

Le immagini digitalizzate sono state elaborate mediante software sviluppato in ambiente VAX/VMS. Non sussistono peraltro particolari requisiti di tempo di calcolo, per cui la metodologia risulta esportabile su qualsiasi piattaforma di elaborazione. I dati così ottenuti sono stati confrontati con quelli ottenuti attraverso sensori "a mare", fornendo risultati confortanti. Il prototipo realizzato ha come principali vantaggi rispetto ai sensori a mare il basso costo, la facilita" di installazione e soprattutto di manutenzione e si presta ad essere impiegato a completamento della rete ondometrica nazionale.

I principali limiti di questa tecnica sembrano comunque emergere in condizioni di scarsa visibilità" e nella determinazione di moti ondosi di dinamica piuttosto ridotta, nei quali le caratteristiche di periodicità" siano disperse nei fenomeni di agitazione superficiale.

BIBLIOGRAFIA

D. H. Ballard, C.M. Brown Computer vision Prentice Hall 1982.

B. K. P. Horn Robot vision Me Graw-Hill 1986.

R. M. Haralick K. Shanmugam & I. Dinstein Textural features for image classification *IEEE Trans. on Syst., Man, Cyb.* Nov 1973 pg 611-621.

J. S. Weszka & A. Rosenfeld A comparative study of texture measures for terrain classification *IEEE Trans, on Syst., Man, Cyb.* Apr 1976 pg 269-285.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 53 a pag. 63

LAZIO SHELF EXPERIMENT (CROCIERA HOP1, AGOSTO 1991) : ANALISI PRELIMINARE SULLA DISTRIBUZIONE DI NUTRIENTI, BIOMASSA FITOPLANCTONICA, SOSTANZA ORGANICA PARTICELLATA.

Paolo POVERO[1], Massimo BATTILOTTI[2], Massimo De LAURO[3], Mauro FABIANO[4], Tom S, HOPKINS[5], Marina MONASSI[6], Maurizio RIBERA d'ALCALA'[7], Vincenzo SAGGIOMO[7], Maria Adelaide TRAMONTANO[2] e Alberto ZANGAGLIA[2].

1 Istituto di Scienze Ambientali Marine, Università di Genova.
2 SOPROMAR, Fiumicino (Roma).
3 CNR Geomare Sud, Napoli.
4 Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia, Università di Cagliari.
5 Dept. MEAS, North Carolina State University.
6 Centro Pilota Difesa Mare - Min. Mar. Mercantile, Fiumicino (Roma).
7 Stazione Zoologica A. Dohrn, Napoli.

SUMMARY

An oceanographic cruise was carried out in the central part of Tyrrhenian Sea during the second week of August 1991, the aim of which was to describe the water mass distribution, general circulation and biogeochemical characteristics of the Lazio Shelf area. The distributions of oxygen, nutrients, chlorophyll *a,* POC and PON where examined. Biochemical data confirm the SW orientation of the Tiber River plume (Hopkins et al., this volume). Preliminary data analysis showed a sharp nutricline at the 90-100 m depth, with nitrate concentrations reaching 3.5 µmol-dm^{-3} at the 100 m depth at two stations along e northern transect. Oxygen and salinity data strongly suggest the LIW origin of this nitrogen. A broad (30 to 50 m width) DCM is located in the subpicnocline region at all stations deeper than 100 m; a different concentration and composition of particulate matter is detectable in the southern area compared with the northern area.
A significant accumulation of marine snow ("mucillaggine") was detected during the same period along the shallow bottoms of the Tyrrhenian east coast. Our data do not show any relevant increase of phytoplankton biomass that could be correlated with this mucous phenomenon.

1. INTRODUZIONE

Nell' agosto 1991 si è svolta nel Tirreno Centrale una campagna oceanografica (HOP1) per la raccolta di dati fisici, chimici e biologici delle acque della piattaforma continentale del Lazio, finalizzata allo studio dell' influenza della "piume" del fiume Tevere su tale ecosistema.

Nel Tirreno Centrale, recenti acquisizioni di dati fisici, biologici e chimici, sono state effettuate da Nair et al. (1992) e dal TEMPO group (1991), nel Tirreno Toscano da Innamorati et al. (1990) e da Fabiano et al. (1986). Per quanto riguarda la piattaforma continentale del Lazio, sono state condotte campagne di ricerca dal Centro Pilota Difesa Mare della Marina Mercantile (dati non pubblicati), con campionamenti prevalentemente superficiali ed a bassa risoluzione spaziale; uno studio sulla dinamica bio-geochimica, limitato all'area della foce del fiume Tevere, è stato effettuato dall' IRSA (1983).

L' insieme dei risultati della campagna oceanografica HOP 1, assume particolare rilievo, anche in considerazione del manifestarsi nell' agosto 1991 di un visibile accumulo, nella stessa area, di mucillaggini.

2. MATERIALI E METODI

La zona del Tirreno Centrale presa in esame durante la campagna oceanografica HOP1, è quella relativa alla piattaforma continentale laziale compresa tra l' isola di Giannutri a Nord e l'isola di Ponza a Sud.

Il campionamento è stato effettuato tra il 4 e l' 11 agosto 1991. In totale sono state campionate 103 stazioni di cui 60 in una prima fase di campionamento raggruppate in 6 transetti costa-largo (Fig. 1a) e, 43 in una seconda fase in prossimità della foce del Tevere (Fig. 1b).

Per i campionamenti è stata utilizzata una Rosette General Oceanics corredata da 12 bottiglie Niskin da 10 litri, da CTD Sea Bird per le misure di temperatura e salinità, da Fluorimetro e Trasmissometro SeaTech e da un sensore polarografico Beckman per le misure dell' ossigeno disciolto.

In tutte le stazione, sono stati prelevati dai tre ai quattro campioni d' acqua per la determinazione dell'ossigeno disciolto per calibrare e validare i dati del sensore. La metodologia seguita è quella riportata in Saggiomo et al. (1990).

Le analisi dei sali nutritivi ($Si\text{-}SiO_4$, $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NO_2$, $P\text{-}PO_4$) sono state eseguite, utilizzando autoanalizzatore Alliance, secondo le metodiche riportate in Grasshoff et al. (1983) modificate in base alle caratteristiche dello strumento.

L'analisi della biomassa fitoplanctonica, espressa come concentrazione di clorofilla *a* (Chl *a)* è stata condotta per via spettrofotometrica (Lazzara et al., 1990).

I campioni d' acqua per le analisi del particellato organico sono stati prefiltrati (prefiltro da 200 μm) e, successivamente filtrati attraverso membrane Whatman GF/F precedentemente calcinate a 450° C.

Le concentrazioni di carbonio ed azoto organico particellato (POC e PON), sono state determinate utilizzando un CHN autoanalyzer (CARLO ERBA E A 1108 Elemental Analyzer); prima delle analisi i filtri sono stati acidificati esponendoli a fumi di HCI (Hedges & Stern, 1984).Come standard si è usato Cyclohexanone-2,4 dinitrophenylhydrazone.

3. RISULTATI

Per l' analisi dei dati relativi alle due fasi della campagna oceanografica, è stata effettuata una divisione delle masse d' acqua in strato superficiale e profondo sulla base della profondità media (60 metri) del picnoclino delle stazioni esaminate. I valori massimi e minimi, i valori medi, le deviazioni standard di tali dati sono riportati in tabella 1. Le figure 2a e 2b mostrano la distribuzione verticale di alcuni di questi parametri e dell' AOU (Apparent Oxygen Utilization).

		Oss.disciolto	Nitrati	Nitriti	Fosfati	Silicati	Chl a	POC	PON
I fase (da st.2 a st.60)									
strato superficiale	media	5.55	0.19	0.05	0.06	2.15	0.11	76.82	8.92
	std	0.51	0.13	0.03	0.06	0.78	0.12	35.33	4.93
	max	6.83	0.97	0.22	0.42	5.56	0.93	203.16	34.21
	min	4.49	0.01	0.00	0.01	0.63	0.01	33.87	3.04
	n.osserv.	260	253	258	258	251	249	129	126
strato profondo	media	4.71	2.61	0.09	0.15	3.73	0.19	43.95	5.27
	std	0.40	1.94	0.08	0.11	1.63	0.11	21.92	2.52
	max	5.68	6.56	0.70	0.47	8.05	0.64	138.74	13.54
	min	4.15	0.11	0.00	0.01	1.00	0.02	16.38	1.65
	n.osserv.	180	142	149	143	141	81	70	67
II fase (da st.61 st.103)									
strato superficiale	media	5.39	0.64	0.08	0.08	2.92	0.25	125.52	16.46
	std	0.48	1.18	0.08	0.06	1.87	0.23	85.84	12.01
	max	6.30	6.11	0.43	0.23	11.33	1.36	402.10	59.98
	min	4.53	0.02	0.00	0.01	1.00	0.02	31.29	3.82
	n.osserv.	80	90	90	90	90	76	61	61
strato profondo	media	4.80	1.96	0.10	0.15	3.42	0.18	31.25	4.13
	std	0.46	2.06	0.06	0.09	1.69	0.08	12.98	1.74
	max	5.33	5.84	0.35	0.31	6.88	0.33	51.86	6.53
	min	4.13	0.09	0.04	0.01	1.71	0.03	12.29	1.59
	n.osserv.	22	21	21	21	21	14	9	9

Tab. 1. Valori medi, deviazioni standard, massimi, minimi e numero di osservazioni di ossigeno disciolto ($cm^3\ dm^{-3}$), nitrati ($\mu mol\ dm^{-3}$), nitriti ($\mu mol\ dm^{-3}$), fosfati ($\mu mol\ dm^{-3}$), silicati ($\mu mol\ dm^{-3}$), Chl *a* ($\mu g\ dm^{-3}$), POC ($\mu g\ dm^{-3}$) e PON ($\mu g\ dm^{-3}$) nella fase I e II della campagna oceanografica nello strato superficiale e profondo.

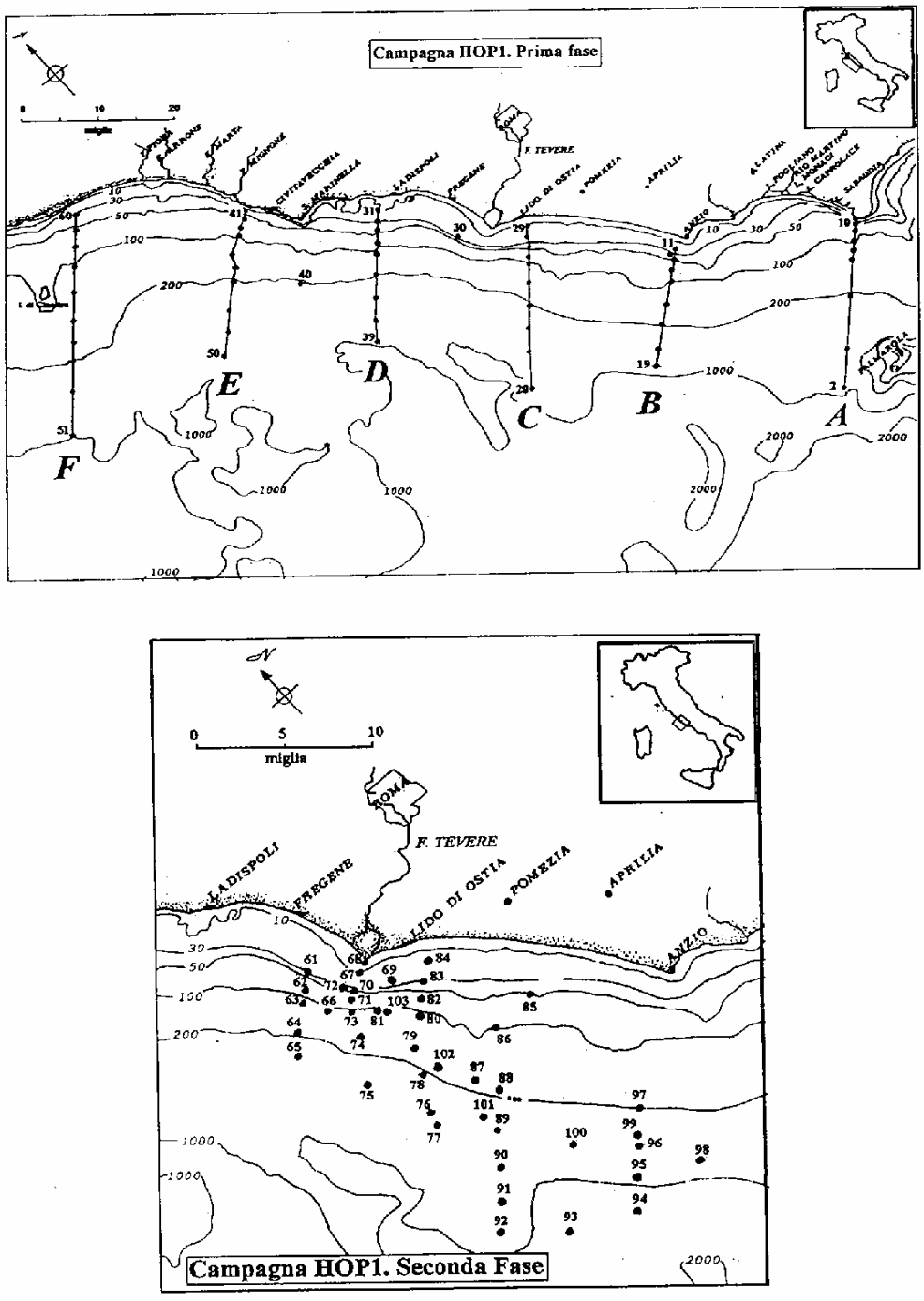


Fig. 1. Area di campionamento ed ubicazione delle stazioni.

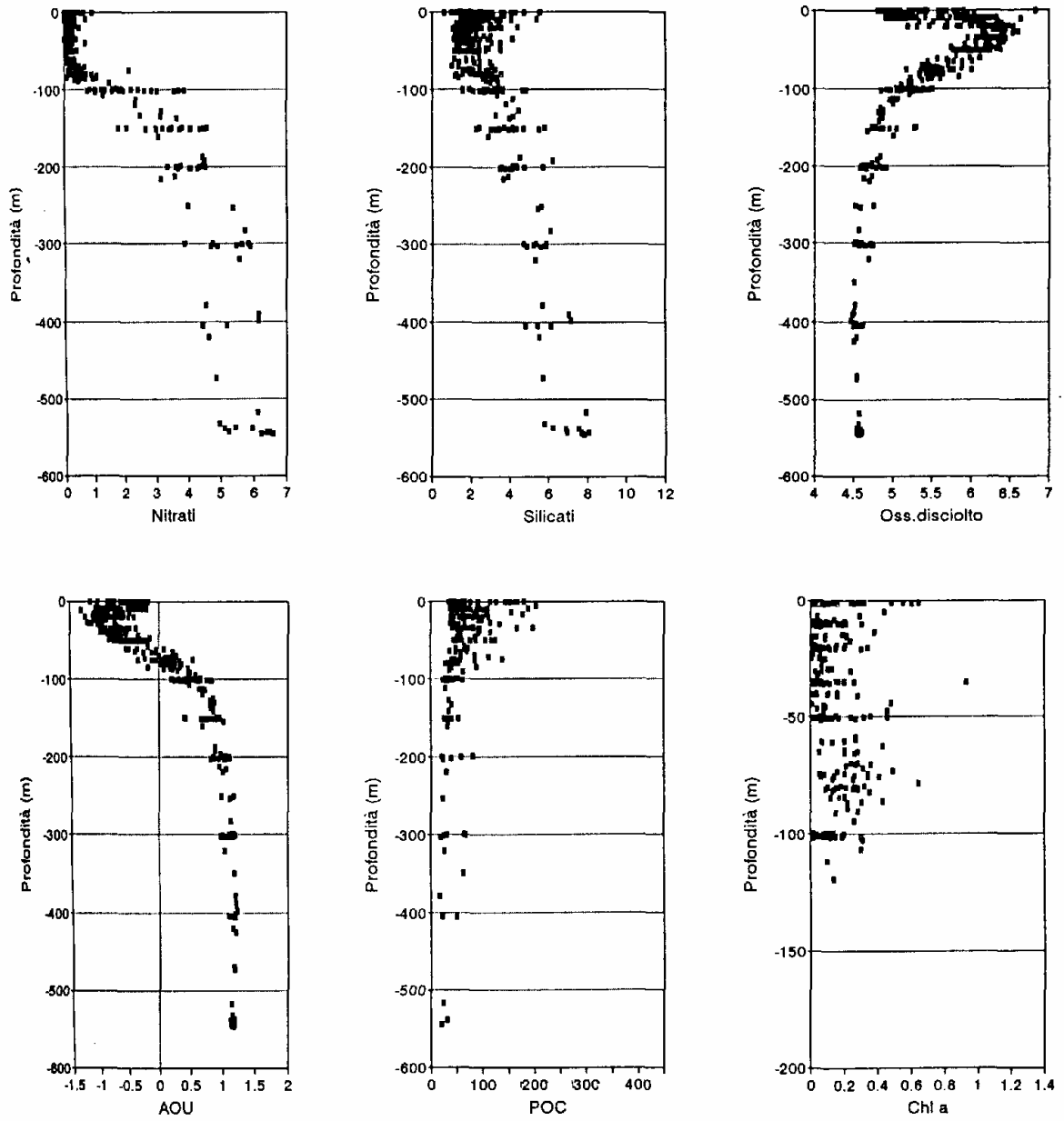


Fig. 2a. Distribuzione verticale di nitrati (μmol dm^{-3}), silicati (μmol dm^{-3}), ossigeno disciolto (cm^3 dm^{-3}), AOU(cm^3 dm^{-3}), POC (μg dm^{-3}) e Chl *a* (μg dm^{-3}) nella fase I della campagna oceanografica.

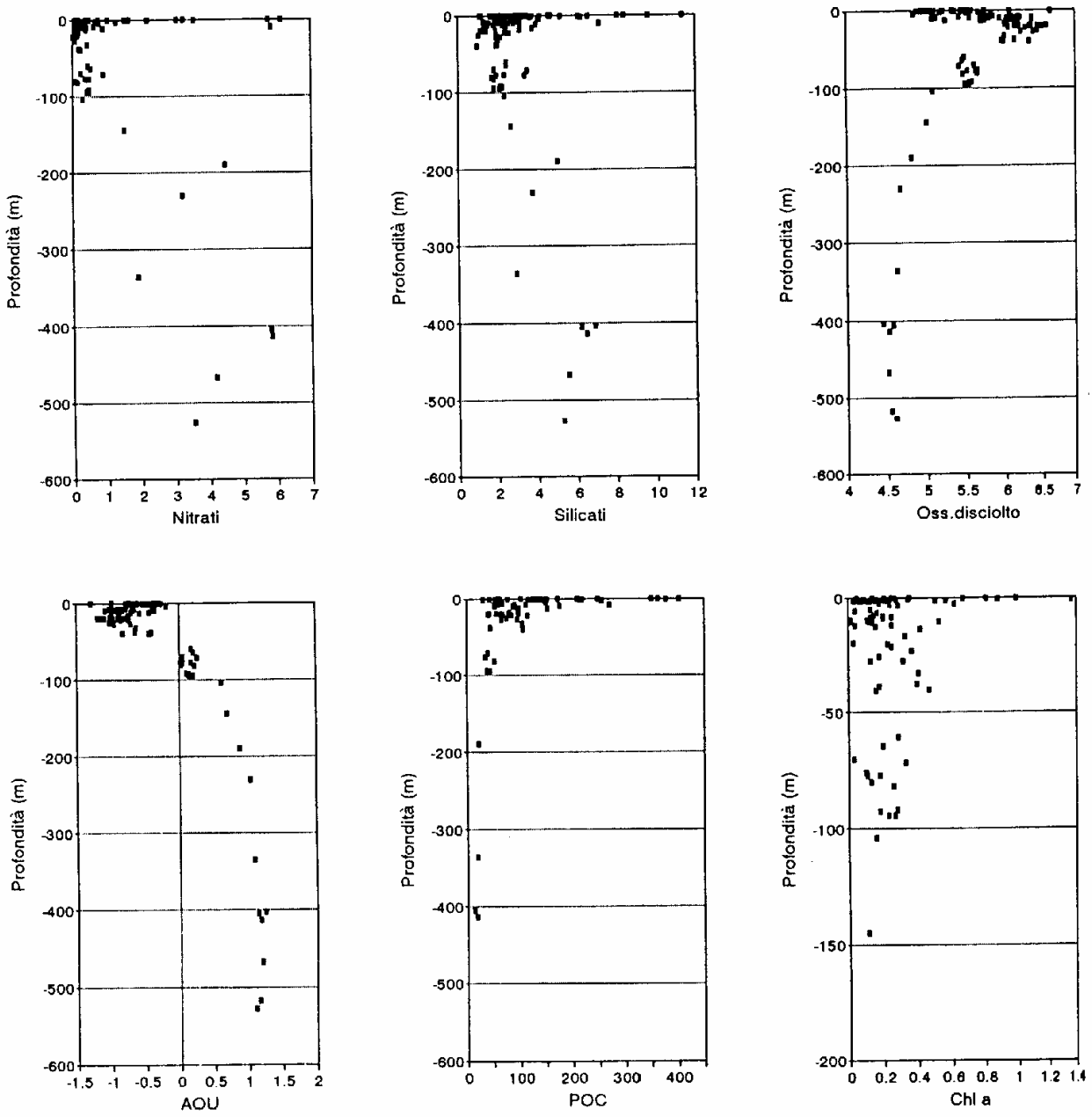


Fig. 2b. Distribuzione verticale di nitrati (μmol dm^{-3}), silicati (μmol dm^{-3}), ossigeno disciolto (cm^3 dm^{-3}), AOU (cm^3 dm^{-3}), POC (μg dm^{-3}) e Chl *a* (μg dm^{-3}) nella fase II della campagna oceanografica.

L' analisi dei dati relativi allo strato superficiale (0-60 metri), di entrambe le fasi, evidenzia che le concentrazioni di silicati e nitrati sono inferiori a 3.00 e 0.30 .µmol dm^{-3} rispettivamente. Di contro le stazioni interessate dalla "plume" del Tevere (Hopkins et al. stesso volume) mostrano, per gli stessi sali nutritivi, concentrazioni superiori a 3.00 e 0.50 .µmol dm^{-3}.

Nello strato subsuperficiale delle stazioni più profonde, si riscontra un netto nitraclino, che inizia tra i 90 ed i 100 metri di profondità, con concentrazioni di $N\text{-}NO_3$ comprese tra 1.00 e 2.42 .µmol dm^{-3} . In quasi tutte le stazioni, al di sotto dei 150 metri di profondità, si riscontrano valori di concetrazione di nitrati maggiori di 3.00 .µmol dm^{-3} associati a salinità comprese tra 38.4 e 38.5 psu (Fig.2a, 2b). Fanno eccezione a questo andamento alcune stazioni del transetto (F) (staz. 52, 53, 54) a nord della foce del fiume Tevere, dove, concentrazioni maggiori di 3.00 .µmol dm^{-3} di nitrati (Fig. 3) e salinità di 38.433 psu, si riscontrano a livello del nitraclino a 100 metri di profondità.

I valori medi dei fosfati e dei nitriti , per tutte le stazioni e lungo tutta la colonna d' acqua, sono compresi tra 0.06 e 0.15 .µmol dm^{-3} e tra 0.05 e 0.15 .µmol dm^{-3} rispettivamente. Tali valori sono tipici delle acque tirreniche nel periodo estivo (Innamorati et al., 1990; Innamorati et al, 1992).

Per quanto riguarda 1' ossigeno disciolto si nota, in tutte le stazioni, un massimo subsuperficiale che interessa un ampio strato (20-80 metri) . Le concentrazioni massime di ossigeno disciolto (> 5.5 cm^3 dm^{-3} si riscontrano nello strato d' acqua, compreso tra i 35 ed i 50 metri. I valori di AOU raggiungono, in tale strato, -1.3 cm^3 dm^{-3} (Fig. 2a, 2b).

Le concentrazioni di Chl *a* variano da un minimo di 0.01 ad un massimo di 0.93 µg dm^{-3} nella prima fase di campionamento e, da un minimo di 0.02 ad un massimo di 1.36 µg dm^{-3} nella seconda fase (tab. 1). Il massimo assoluto di Chl *a è* stato riscontrato in superficie in una stazione costiera antistante Fiumicino (staz. 70). I valori di biomassa fitoplanctonica superficiale sono nei range dei valori tipici stagionali per il Tirreno (Innamorati et al., 1990). Nello strato compreso tra i 60 ed i 90 metri di profondità, sono state riscontrate concentrazioni di Chi *a* fino a 0.5 µg dm^{-3}. I massimi subsuperficiali di Chl a, che interessano uno strato d'acqua di 30-50 metri di ampiezza, si collocano al di sopra del nitraclino.

I valori di POC e PON variano rispettivamente da 203.2 µg dm^{-3}a 16.4 µg dm^{-3} e da 34.2 µg dm^{-3}a 1.7 µg dm^{-3}per la prima fase, da 402.1 µg dm^{-3} a 12.3 µg dm^{-3} e da 59.9 µg dm^{-3} a 1.6 µg dm^{-3} per la seconda (tab. 1).

Analizzando i dati della prima parte della campagna oceanografica si notano concentrazioni più basse di particellato nell' area a Nord della foce del fiume Tevere rispetto all' area a Sud, sia in superfìcie (valore medio transetto F = 54.5 µg dm^{-3} per il POC e 6.1 µg dm^{-3} per il PON, valore medio transetto A = 111.6 µg dm^{-3} per il POC e 13.4 µg dm^{-3} per PON) che negli strati più profondi (valore medio transetto F = 35.0 µg dm^{-3} per il POC e 5.1 µg dm^{-3} per il PON, valore medio transetto A = 66.9 µg dm^{-3} per il POC e 7.6 µg dm^{-3} per PON).

I dati relativi ai campionamenti effettuati nella seconda parte della crociera (transetti in prossimità della foce del Tevere), presentano valori mediamente più elevati con massimi fino a 402.0 µg dm^{-3} per il POC e 59.0 µg dm^{-3} per il PON.

L' analisi della distribuzione del particellato lungo la colonna d' acqua, delle stazioni del largo, dove è possibile ritrovare una stratificazione termo-alina, evidenzia dei massimi relativi subsuperficiali in prossimità del picnoclino (Fig.2 a).

4 . DISCUSSIONE

L' analisi dei dati dello strato superficiale mostra che, le aree di piattaforma influenzate dalla "plume" del Tevere, nel periodo di campionamento, si collocano a Sud della foce (Hopkins et al., cit). In questa stessa area si riscontrano le più alte concentrazioni di nutrienti, biomassa fitoplanctonica e particellato organico. Tuttavia è utile precisare che si tratta di valori mediamente bassi o poco al di sopra dei valori caratteristici delle acque superficiali estive e pertanto si può concludere che l'impatto del fiume Tevere, nel periodo in esame, è stato di scarsa entità e limitato a piccole aree superficiali. Il rapporto silicati/nitrati, a Sud della Foce del Tevere, tende ad aumentare; ciò potrebbe essere dovuto ad un maggior consumo dei nitrati rispetto ai silicati da parte del popolamento fitoplanctonico.

Per quanto riguarda lo strato più profondo, appare rilevante un arricchimento del nitraclino associato ad alta salinità e basse concentrazioni di ossigeno disciolto. Tale fenomeno, che sembra imputabile alla risalita di acqua intermedia levantina (LIW) (Hopkins et al., cit.) ed interessa lo strato d^1 acqua al di sotto dei 150 metri di profondità, è più evidente nelle stazioni centrali del transetto (F), a Nord della foce del Tevere, dove la risalita interessa anche lo strato d' acqua al di sopra dei 100 metri (Fig. 3).

L' arricchimento di azoto dello strato subsuperficiale, ed in particolare del nitraclino, potrebbe spiegare 1' ampiezza e l'intensità dei massimi subsuperficiali di Chl *a.*

Va sottolineato che il rapporto silicati/nitrati aumenta considerevolmente (da 1 a 5) nello strato in prossimità dei 150-100 metri, limite inferiore dello strato rimescolato invernale, dove sembra che il consumo dell'azoto sia superiore a quello dei silicati. Ciò è plausibile in considerazione del fatto che, il popolamento del massimo subsuperficiale, responsabile di questo consumo, è composto per la maggior parte da picofitoplancton (Zangaglia, dati non pubblicati).

I dati di particellato organico risultano simili a quelli riscontrati da altri autori in aree costiere Mediterranee (Fabiano et al., 1986; Faganelli et al., 1989; Finenko et al., 1970). In particolare in alcune stazioni, in prossimità della foce del Fiume Tevere, sono state riscontrate concentrazioni superficiali elevate di POC (valori > 300 $\mu g\ dm^{-3}$ con salinità < di 37.5 psu), imputabili all' apporto di materiale organico da parte del fiume.

Dall' analisi della regressione lineare tra POC e FON nelle due fasi della campagna oceanografica (Fig. 4) risulta che, l' intercetta, espressione della componente carbonacea non nutritiva e resistente alla decomposizione (Copin-Montegut & Copin-Montegut, 1983; Fabiano & Povero, 1992), è lievemente più alta nella prima fase di campionamento; ciò può essere messo in relazione alla diversa origine e composizione del particellato organico nelle due fasi di campionamento.

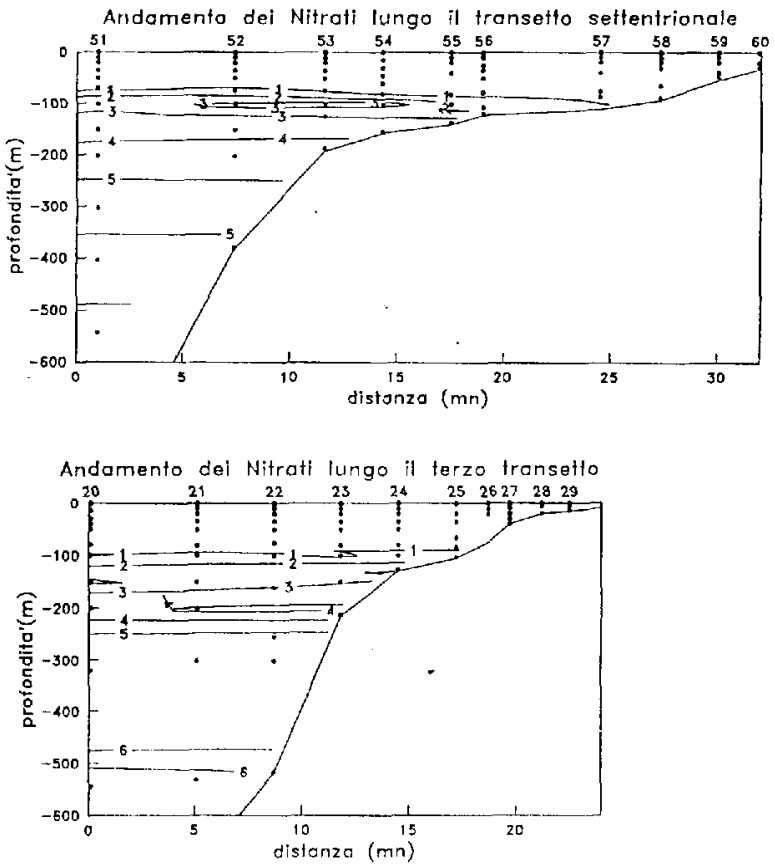


Fig. 3 Distribuzione verticale di $N\text{-}NO_3$ nel transetto a Nord (F) ed a Sud (C) della foce del fiume Tevere.

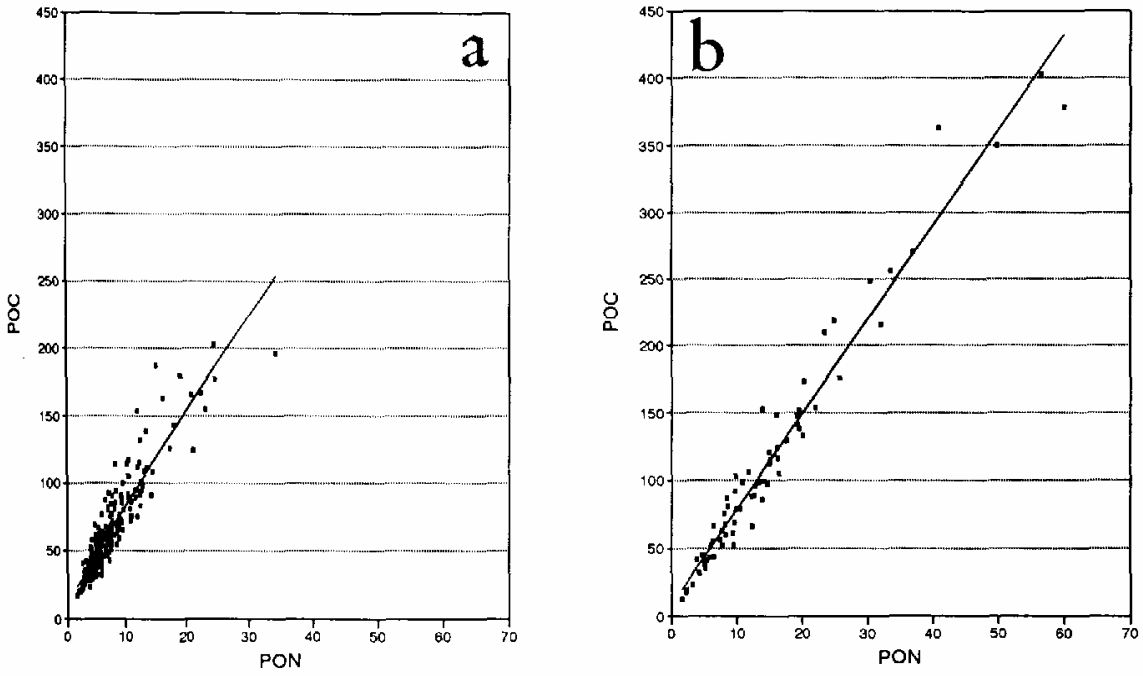


Fig. 4. Plot di POC ($\mu g\ dm^{-3}$) vs PON ($\mu g\ dm^{-3}$) nelle fase I (a) e fase II (b) della campagna HOP1.

Tale ipotesi sembra essere confermata dal confronto tra la biomassa fitoplanctonica ed il POC. L' analisi del rapporto conferma che il peso della componente autotrofa vivente rispetto alla componente detritico-eterotrofa risulta maggiore nelle stazioni della seconda fase di campionamento rispetto alle stazioni della prima fase.

In conclusione questa prima sintetica descrizione dei dati ci permette di affermare che :

a) l' area di studio nello strato superficiale è da considerarsi oligotrofica con eccezione delle zone interessate dalla "plume".
b) la distribuzione verticale dei nutrienti mostra dei massimi subsuperficiali arricchiti dalla risalita di LIW sino a profondità di 150-100 metri
e) non sono state osservate né elevate biomasse algali, né concentrazioni di particellato organico che, ad una prima analisi, anche sulla base delle conoscenze precedenti ricavabili dalla letteratura (Batie & Michaelis, 1986, Stachowitsch et al., 1990), sembrano potersi porre in relazione diretta con l'insorgere del fenomeno mucillaggini, verificatosi nell'area studiata nell'estate 1991.

BIBLIOGRAFIA

Batje, M. & H. Michaelis. 1986. *Phaeocystis pauchetil* blooms in the East Frisian coastal waters (German Bight, North Sea). *Mar. Biol,* 93: 21-27.

Copin-Montegut, C. & G. Copin-Montegut. 1983. Stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus in marine particulate matter. *Deep Sea Res.,* 30/1: 31-46.

Fabiano, M., M. Zavattarelli, & P. Zaccone. 1986. Seston of the Isola d' Elba surface waters. *Boll. Ocean. Teor. Appl,* IV/1: 35-42.

Fabiano, M. & P.Povero. 1992. Particulate carbon an nitrogen in Ligurian coastal waters (October 1985). *Boll. Ocean. Teor. Appl.,* X/l: 65-71.

Faganelli, J. M. Gacic, A. Malej & N.Smodlaka. 1989. Pelagic organic matter in the Adriatic Sea in relation to winter hydrographic conditions..*J. Plankl. Res.,* 11 (6): 1129-1141.

Finenko, Z. & V.E. Zaika. 1970. Particulate organic matter and its role in the productivity of the sea. *Marine Food Chains.* H. Steele ed., 32-44.

Grasshoff, K., M. Ehrhard & K. Kremling. 1983. *Methods of Seawater Analysis.* Verlag Chemie, Weinheim, pp 419.

Hedges, J.I. & J.H. Stern. 1984. Carbon and nitrogen determination of carbonate-containing solids. *Limnol. Oceanogr.,* 29 /3: 657-663.

Hopkins, T.S., M. Battilotti, M.De Lauro, M. Monassi, M. Ribera d'Alcala', V. Saggiomo, M.A. Tramontano & A. Zangaglia (stesso volume). LAZIO SHELF EXPERIMENT (Crociera HOP1, agosto 1991) : analisi preliminare di oceanografia fisica. *Atti X Congresso A.I.O.L.* - Alassio 4-6 novembre 1992.

Innamorati, M., L. Lazzara, C. Nuccio, M. De Poi, M. Mannucci & G. Mori. 1990. Biomassa fitoplanctonica e condizioni idrologiche nell' alto Tirreno. *Lab. di Ecologia. Dip. di Biol. Veg., Universi/a di Firenze. Resoconti dei rilevamenti in mare* n. 7: 1-94.

Innamorati, M., L. Lazzara, C. Nuccio, G. Mori, L. Massi & V. Chierici. 1992. Il fitoplancton dell' Alto tirreno : condizioni trofiche produttive. *Atti IX Congresso A.I.O.L,* S.Margherita Ligure. 20-23 novembre 1990: 199-205.

IRSA. 1983. "L' esperimento Tevere. Influenza di un fiume sull' ecosistema marino prospiciente la sua foce". *Quad. Ist. Ric. Acque,* 66.

Lazzara, L., F. Bianchi, M. Falcucci, V. Hull, M. Modigh & M. Ribera d' Alcalà. 1990. Pigmenti clorofilliani. In Innamorati M, I. Ferrari, D. Marino & M. Ribera d' Alcalà. Metodi nell' ecologia del plancton marino.*Nova Thalassia,* 11: 207-222.

Nair, R., E. Cattini, G. Rossi & G.P. Gasparini. 1992. Upwelling in the North Tyrrhenian Sea : some physical and chemical characteristics. *Rapp. P. - V Comm. Inter. Expl. Mer Medit.,* 33: 224.

Saggiomo, V., G. Catalano & M. Ribera d' Alcalà. 1990. Ossigeno disciolto. In Innamorati M., I. Ferrari, D. Marino & M. Ribera d' Alcalà. Metodi nell' ecologia del plancton marino.*Nova Thalassia,* 11: 91-103.

Stachowitsch ,M., N. Fanuko & M. Ricther. 1990. Mucus aggregates in the Adriatic Sea : an overview of stage of occurences. *P.S.Z.N. Mar. Ecol.,* 11: 327-350.

TEMPO Group. 1991. Tyrrhenian Eddy Multi-Platform observation. 1989 Experiment. Inventory of the measurements and preliminary results. *Tech.Rep.,* 1: 1-69.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 65 a pag. 76

CIRCOLAZIONE CICLONICA E DISTRIBUZIONE DEI NUTRIENTI NEL TIRRENO SETTENTRIONALE

Rajesh Nair[+], Elena Cattini[+], Gian Pietro Gasparini* e Giorgio Rossi[+]

* C.N.R. - Stazione Oceanografica, La Spezia
+ ENEA - CRAM, La Spezia

SUMMARY

The Tyrrhenian Sea is characterized by upward and downward fluxes between Modified Atlantic Water, Levantine Intermediate Water and Deep Water. Additionally, these processes exhibit a large spatial variability due to the peculiar features of the circulation which is characterized by many cyclonic and anticyclonic vortices. The presence of a quasi-stationary cyclonic circulation in the North Tyrrhenian Sea and the upwelling associated with it is reflected in the behaviour of the principal nutrients, nitrates and phosphates, in the zone influenced by it. The well-developed vertical movements in the North Tyrrhenian Sea characterize this region especially when compared to rest of the basin, particularly the southern part where horizontal movements seems to prevail.

1. INTRODUZIONE

II mar Tirreno è considerato il bacino più isolato del Mediterraneo occidentale, in quanto è l'unico ad essere collegato col resto del Mediterraneo esclusivamente attraverso degli stretti: Stretto di Messina, Bocche di Bonifacio, Canale di Corsica e sezione Sicilia-Sardegna. Tuttavia ai fini della circolazione a grande scala, le uniche aperture importanti sono le ultime due. L'acqua, sia superficiale che intermedia, entra nel bacino in prossimità delle coste della Sicilia, attraverso la sezione Sicilia-Sardegna; successivamente una parte, dopo una circolazione più o meno ampia all'interno del bacino, esce sempre attraverso la stessa sezione, al largo delle coste sarde. La parte rimanente raggiunge il mar Ligure, dopo aver attraversato il Canale di Corsica. Tuttavia le caratteristiche dell'acqua uscente sono assai diverse rispetto a quelle dell'acqua entrante, soprattutto a causa dei mescolamenti verticali all'interno del bacino stesso. Questi mescolamenti mostrano una notevole variabilità spaziale dovuta alle particolari strutture presenti nella circolazione, la quale è caratterizzata da numerosi vortici, sia ciclonici che anticiclonici. Uno dei vortici più importanti è quello situato nella parte nord

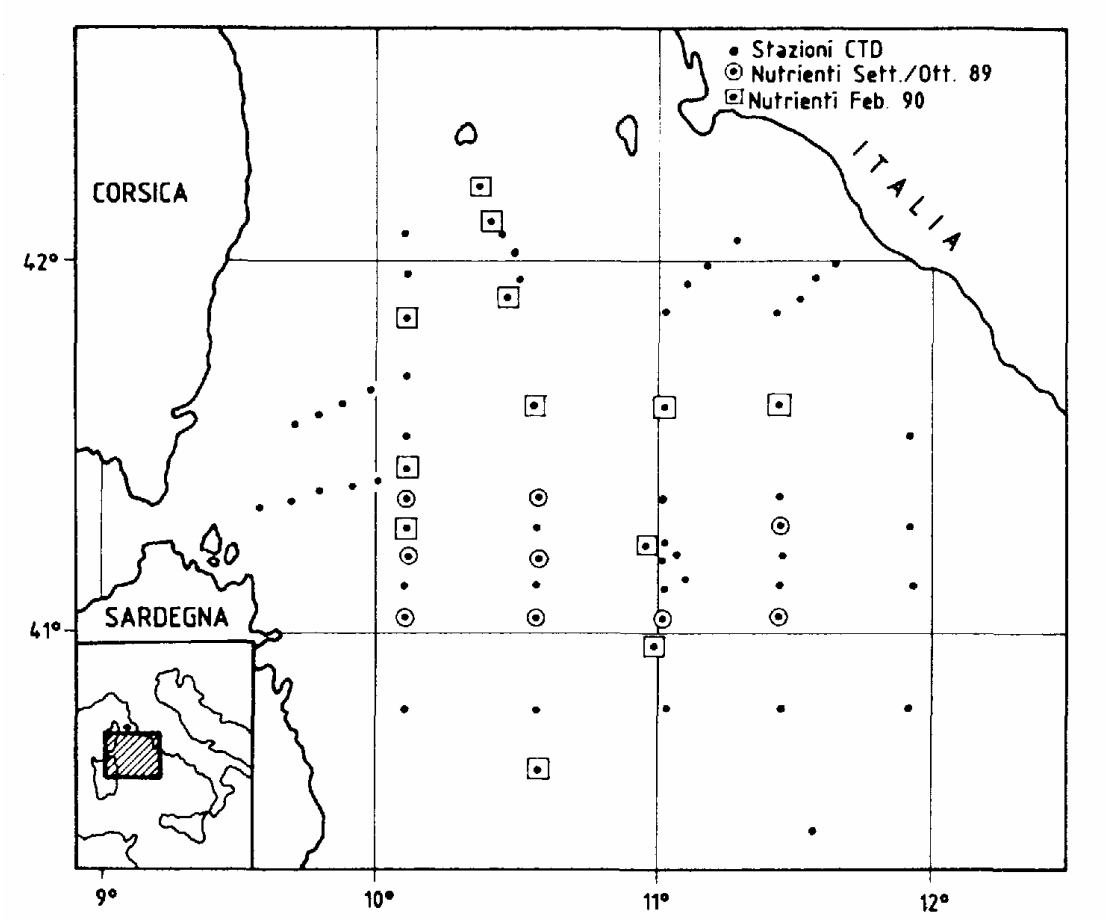


Fig. 1 - Alto Tirreno con i punti di misura.

del bacino (Moen, 1984) e facilmente rilevabile da satellite. Esso è di tipo ciclonico e sembra una struttura quasi permanente dell'area anche se ha una variabilità stagionale (Artale et al., 1994). Nel periodo estivo la scala spaziale del vortice (circa 200-250 km in direzione est-ovest) è tale da occupare l'intera parte nord del bacino tirrenico; all'interno di questa grande struttura possono essere osservate strutture più piccole con scale spaziali di 30-40km. Durante il periodo invernale il vortice è soprattutto addossato alla parte occidentale del bacino ed allungato in direzione nord-sud. Comunque, in entrambe le stagioni, i gradienti più importanti sono concentrati ai bordi della struttura stessa, cui corrisponde una zona frontale. I maggiori meccanismi forzanti sono il rotore del vento ed gli scambi con i bacini adiacenti (Moen, 1984; Artale et al., 1994) e la sua evoluzione sembra essere il risultato dell'interazione fra questi due meccanismi forzanti.

Il presente lavoro si propone di descrivere le caratteristiche delle masse d'acqua del nord Tirreno e di questo vortice in particolare, analizzandone sia le proprietà fisiche che

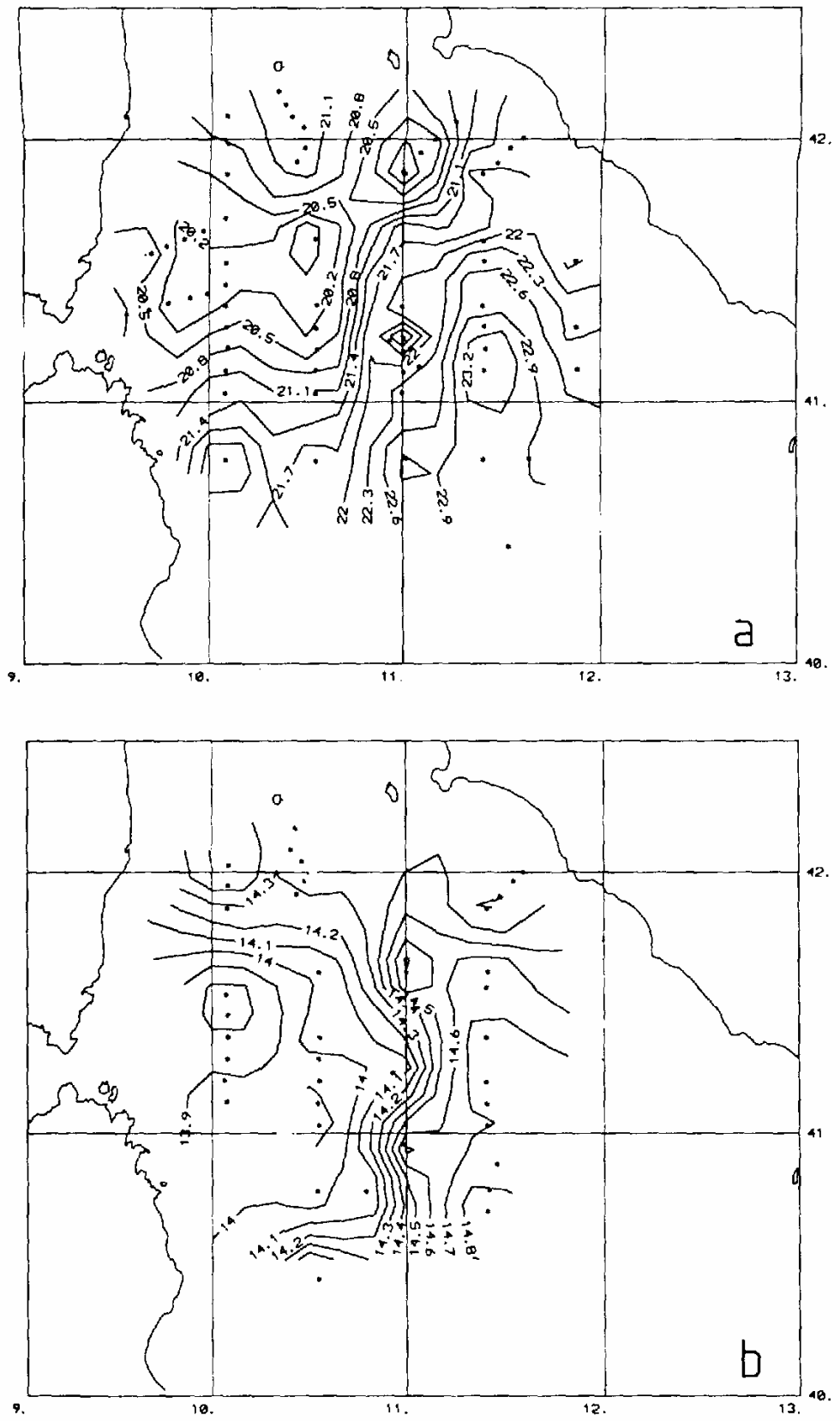


Fig. 2 - Temperatura a 10 metri di profondità: (a) settembre/ottobre 1989, (b) febbraio 1990

chimiche.

2. MISURE E METODI

Nel periodo 1989-91 si è svolto l'esperimento TEMPO (Tyrrhenian Eddy Multi-Platform Experiment) con l'obiettivo di studiare la circolazione del nord Tirreno mediante l'uso integrato di differenti piattaforme di osservazione, quali satellite, aereo, nave, ancoraggi in punti fissi e strumenti alla deriva (TEMPO Group, 1991). In particolare due campagne idrologiche, dal 22 settembre al 9 ottobre 1989 e dal 13 al 23 febbraio 1990, sono state svolte nell'area indicata in figura 1 con la nave oceanografica Minerva del CNR. Sono stati acquisiti profili CTD/Ò2 dalla superficie a 1500m di profondità; in alcune stazioni, sono stati raccolti campioni d'acqua (mediamente 12 per ogni profilo) per il controllo della salinità e dell'ossigeno misurati dalla sonda e per l'analisi della concentrazione di nutrienti. I campioni di nutrienti sono stati conservati mediante congelamento a -20 °C e successivamente sono stati analizzati in laboratorio al termine di ciascuna campagna. Le analisi dei nutrienti sono state effettuate mediante AutoAnalyzer Technicon II, previa filtrazione con filtri Millipore da 0.45 µm. L'ammoniaca è stata determinata con il metodo di Berthelot e lettura a 630 nm (Grasshoff et al., 1983); i nitriti sono stati misurati con il metodo della diazotizzazione e lettura a 550 nm (Standard Methods, 1971); i nitrati sono stati valutati dopo riduzione in una colonna Cu-Cd e successiva sottrazione della concentrazione dei nitriti (Standard Methods, 1971); gli ortofosfati sono stati determinati mediante il metodo del blu fosfomolibdato e lettura a 880 nm (Murphy et al., 1962); i silicati sono stati misurati con il metodo della riduzione del silice molibdato e lettura a 815 nm (Grasshoff et al., 1983).

3. RISULTATI

3.1. Caratteristiche dei campi di temperatura e salinità

La distribuzione orizzontale della temperatura nello strato superficiale mostra che, nel primo periodo (Fig. 2a), un'area omogenea di acqua più fredda (T < 20.2°C) è presente in corrispondenza delle Bocche di Bonifacio. Al suo interno possono essere identificate zone con temperature intorno a 20°C. Inoltre questa regione è completamente delimitata da una struttura frontale, che la separa dall'acqua più calda (anche più di 3°C) circostante. La stessa distribuzione è presente anche in inverno (Fig. 2b), anche se i gradienti orizzontali sono ridotti e l'area centrale, più fredda (T < 14°C), è più allungata in direzione nord-sud. Comunque, in entrambi i periodi, la distribuzione della temperatura è consistente con la struttura di un vortice ciclonico e tale caratteristica si conserva anche a profondità elevate (Fig. 3a,b), coinvolgendo oltre allo strato superficiale anche quello intermedio.
Ciò è pure evidente nei profili verticali di Θ, S e σ_θ (Fig. 4): se si confrontano profili

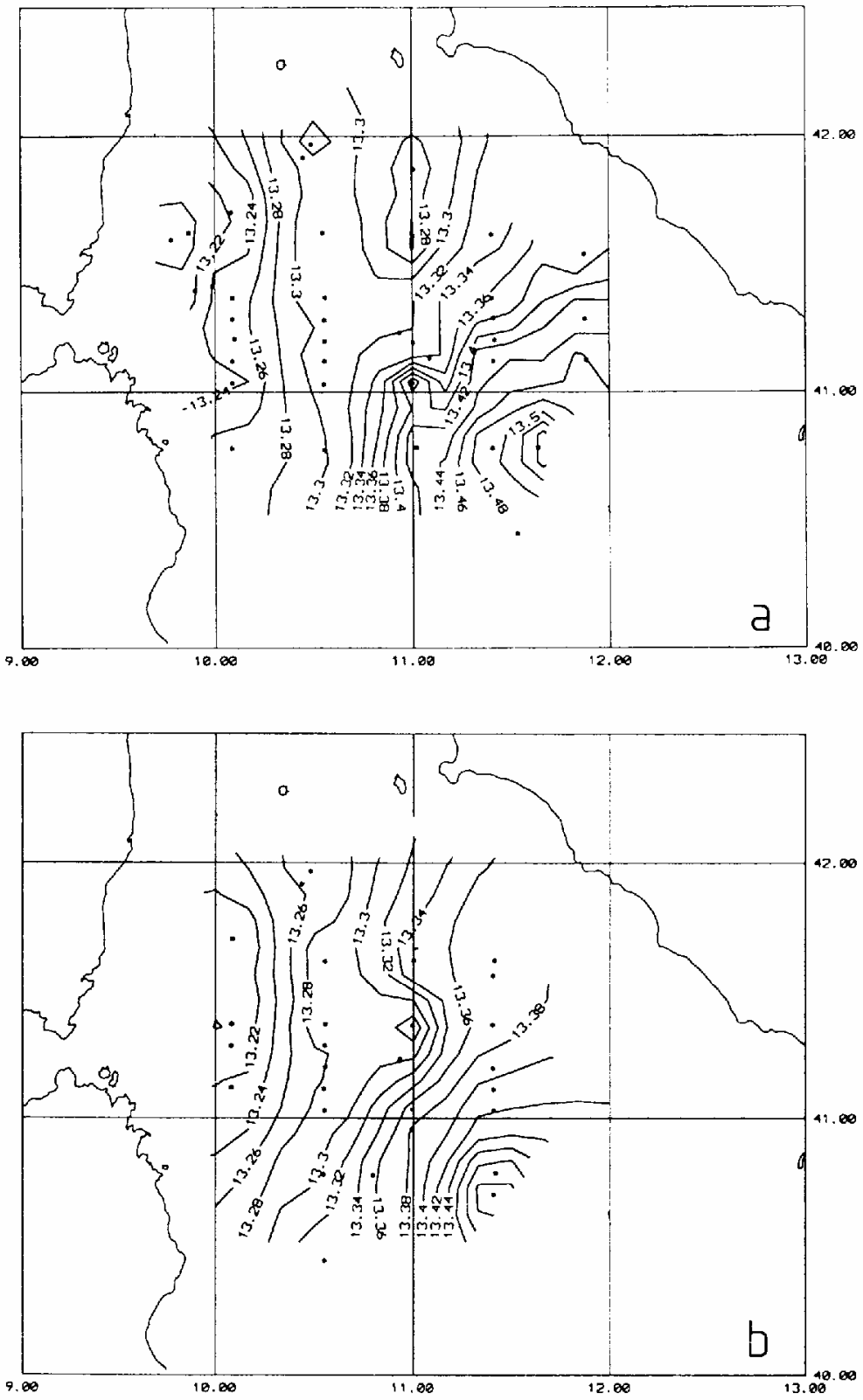


Fig. 3 - Temperatura a 800 metri di profondità: (a) settembre/ottobre 1989, (b) febbraio 1990

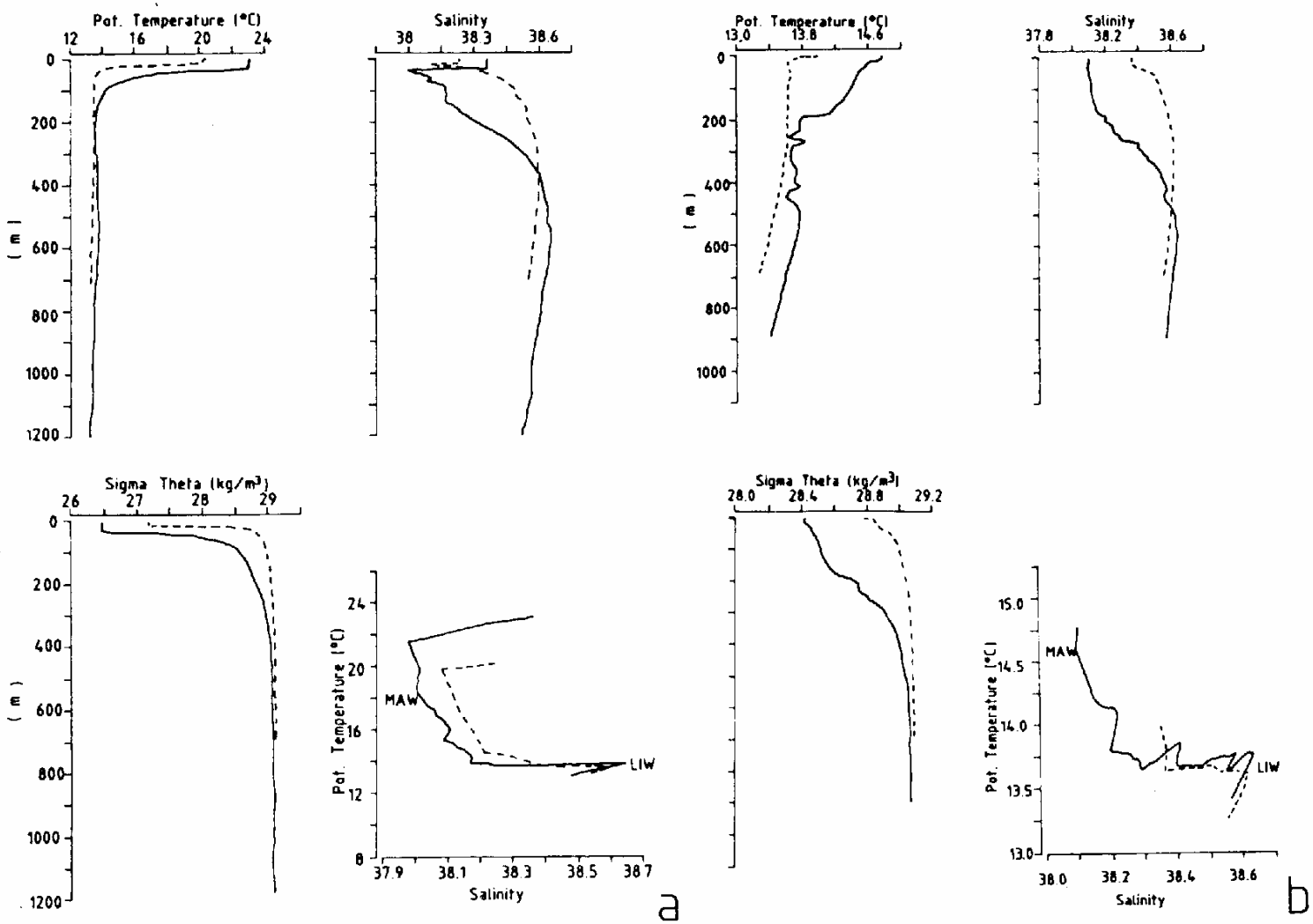


Fig. 4 - Profili verticali di temperatura potenziale θ, salinità, σ_θ e diagramma θ-S per una stazione esterna al vortice (linea continua) ed una interna (linea tratteggiata): (a) settembre/ottobre 1989, (b) febbraio 1990.

verticali dentro e fuori il vortice, le masse d'acqua interne sono, a tutte le profondità, sempre più fredde, con una salinità più omogenea e più densa di quelle esterne.

Quindi, come mostrano anche i diagrammi Θ-S (Fig. 4), la circolazione ciclonica presente nel nord Tirreno sembra interessare tutta la massa d'acqua, cioè sia l'acqua superficiale che quella intermedia, la quale, causa dei moti verticali legati alla circolazione ciclonica, viene spinta verso gli strati più superficiali.

3.2 Distribuzione dei nitrati e dei fosfati

Come è noto, l'acqua intermedia, oltre ad essere più salata e meno ossigenata, è anche più ricca di nutrienti (Miller et al., 1970).

L'analisi della struttura verticale mostra che nelle stazioni interne al vortice le concentrazioni, sia dei nitrati che dei fosfati, sono più alte che nelle stazioni esterne. Questa caratteristica si mantiene a tutte le profondità per il periodo estivo (Fig. 5a), mentre per il periodo invernale (Fig. 5b) è limitata ai primi 300m. Il rapporto azoto/fosforo (N/P) nel periodo estivo è 20 nelle stazioni fuori dal vortice e 28 nelle

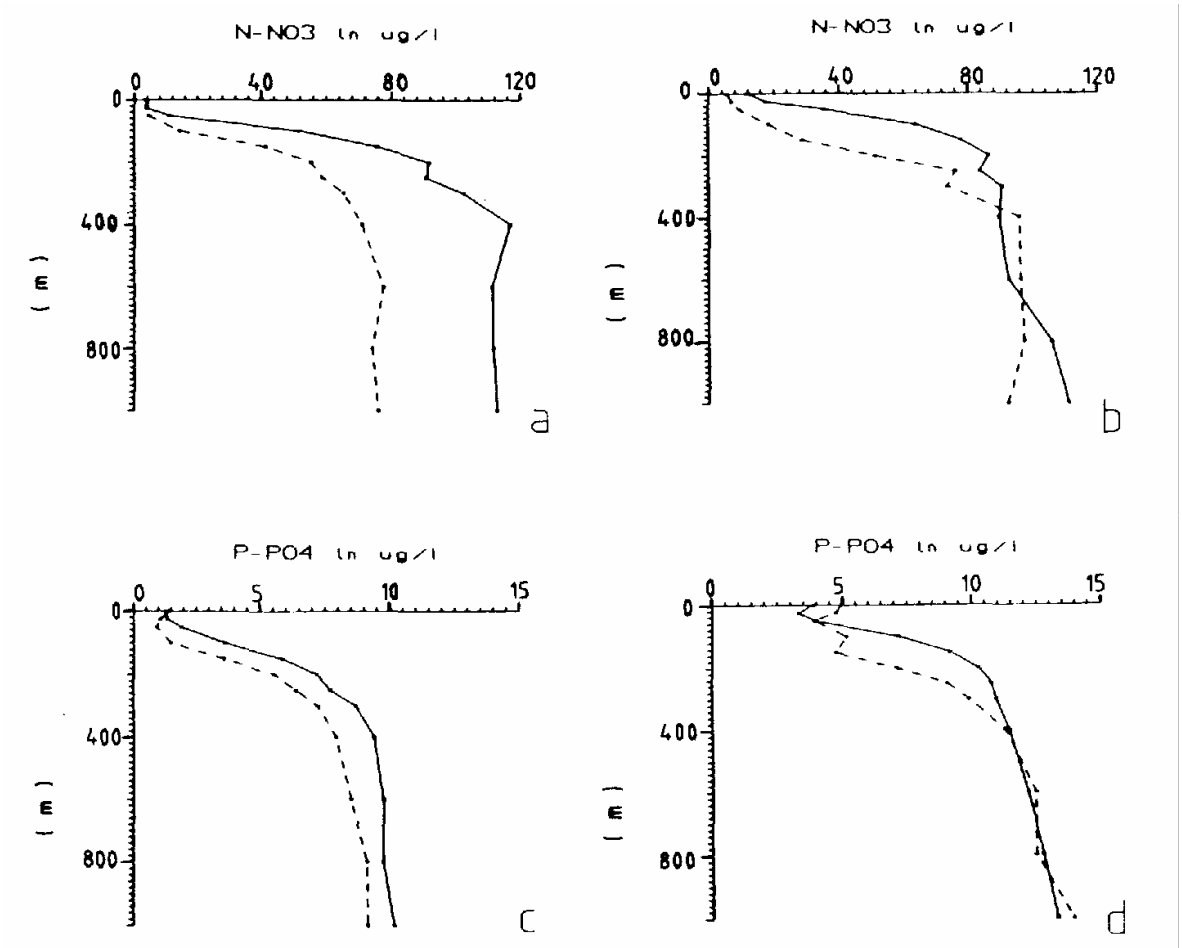


Fig. 5 - Profilo medio dei nitrati e dei fosfati: (a), (c) settembre/ottobre 1989; (b), (d) febbraio 1990. Le linea continua indica le stazioni interne al vortice, la linea tratteggiata quelle esterne.

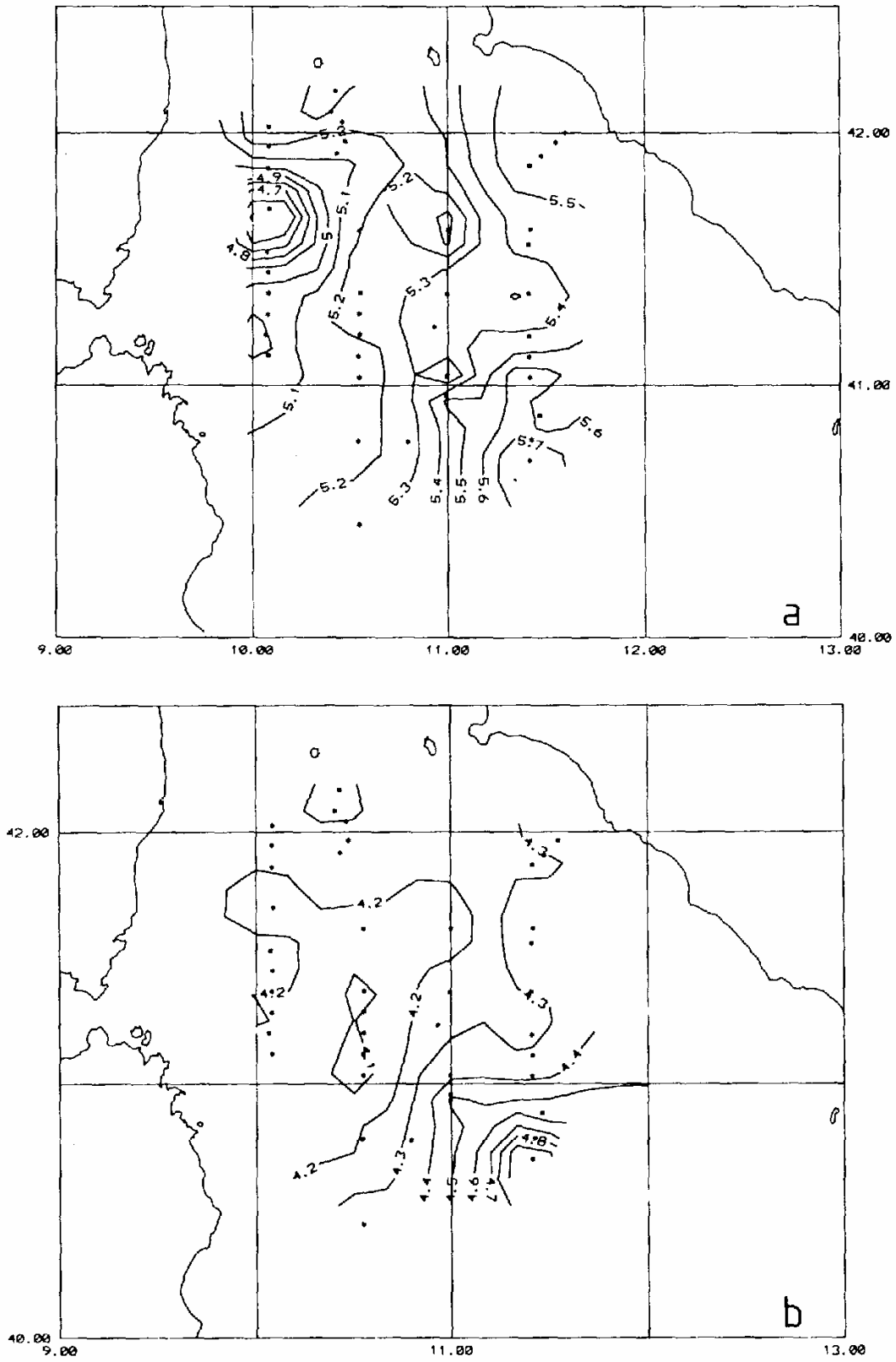


Fig. 6 - Ossigeno a (a) 50m e (b) 300m di profondità nel febbraio 1990.

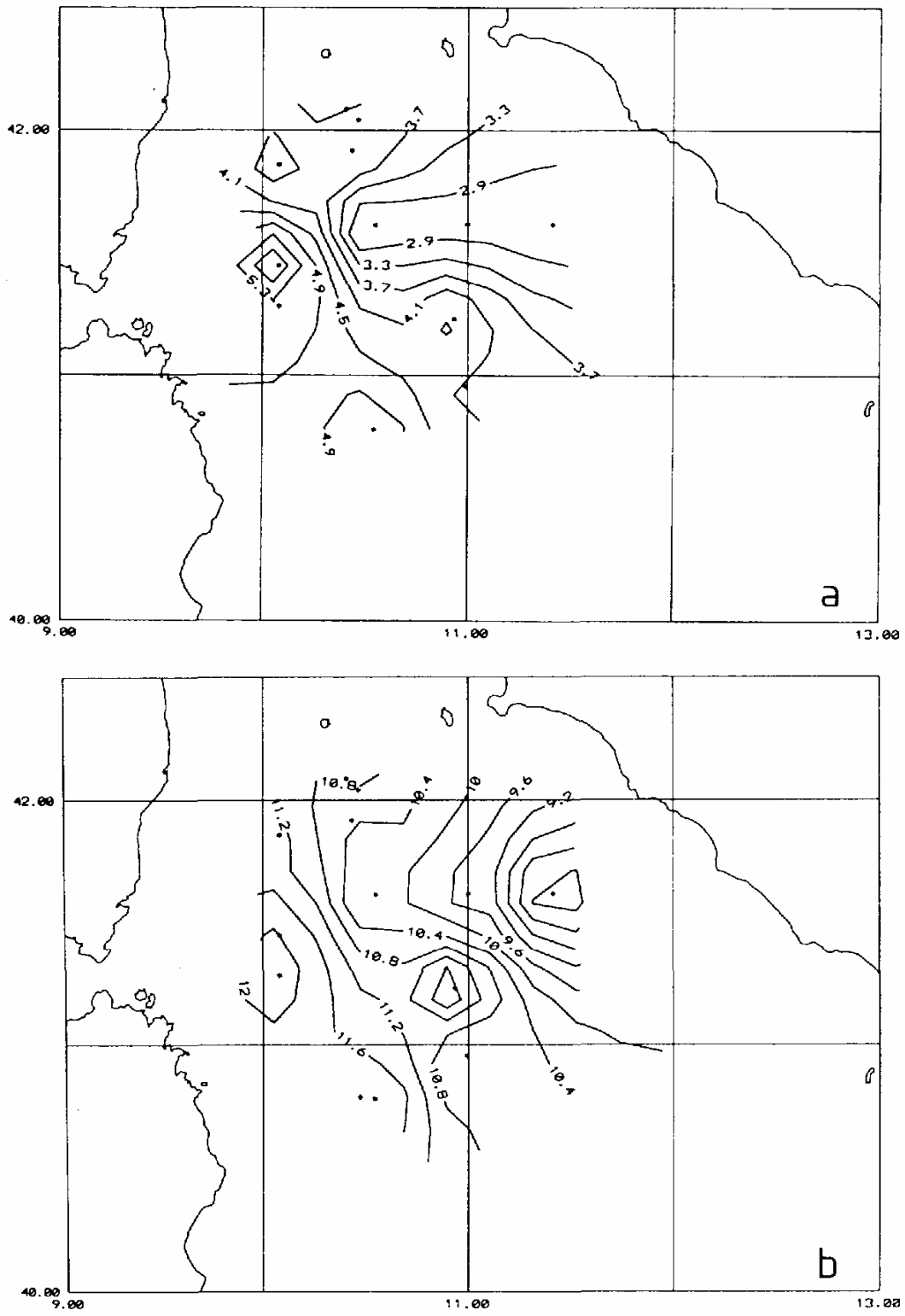


Fig. 7 - Fosfati a (a) 50m e (b) 300m di profondità nel febbraio 1990.

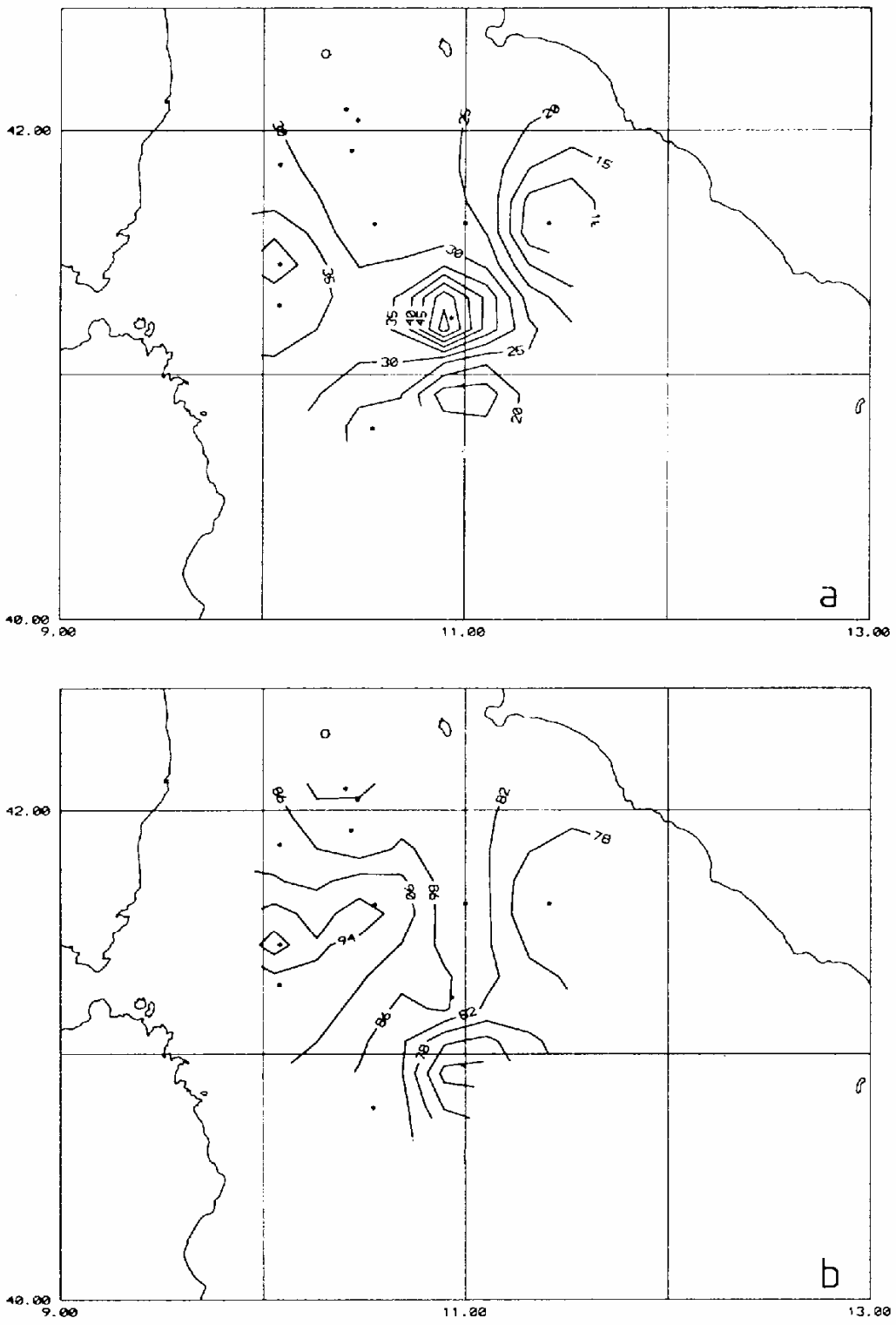


Fig. 8 - Nitrati a (a) 50m e (b) 300m di profondità nel febbraio 1990.

stazioni dentro il vortice. Nel primo caso può essere considerato vicino al rapporto N/P teorico di 16 (Redfield et al. 1963), mentre nel secondo se ne discosta sostanzialmente. Nel periodo invernale il rapporto N/P, circa 20, si mantiene abbastanza omogeneo in tutta l'area considerata. Ciò può essere attribuito al fatto che le stazioni invernali sono quasi tutte all'interno della circolazione ciclonica e quindi non è possibile una chiara discriminazione fra i due gruppi. Tuttavia, anche in inverno, le maggior concentrazioni sono presentì nel centro del vortice, come appare evidente dalle mappe orizzontali di O_2 (Fig.6), $N0_3$ (Fig. 7), $P0_4$ (Fig. 8) alle varie profondità.

Occorre infine osservare che i fosfati mostrano concentrazioni più elevate in inverno che in estate. Ciò può essere dovuto sia al maggior mescolamento invernale che alla minore produttività biologica.

4. CONCLUSIONI

Nel Tirreno settentrionale è presente un vortice ciclonico, che si mantiene per tutto l'arco dell'anno e la sua influenza può essere rilevata sia nello strato superficiale che nello strato intermedio. Il vortice presenta tuttavia una variabilità stagionale legata all'interazione fra campo di vento e moto medio.

La presenza di un vortice ciclonico quasi-stazionario innesca i fenomeni di risalita di acqua intermedia verso gli strati più superficiali, favorendo una maggior concentrazione di nutrienti nella zona esaminata. La loro presenza nella zona euforica spiega la maggiore produzione primaria osservata in quest'area (Morel et al., 1991) che, nella parte centrale del vortice, risulta paragonabile a quella del mar Ligure. Circa i 2/3 della produzione primaria potenziale del mar Tirreno (Bethoux, 1981) può essere attribuita all'effetto di questi flussi, che rendono disponibili i nutrienti per la produzione di fitoplancton.

I movimenti verticali caratterizzano il nord Tirreno rispetto al resto del bacino e particolarmente rispetto alla zona sud, dove l'avvezione orizzontale sembra prevalere (Povero et al., 1990; Astraldi et al, 1994) e dove sono presenti caratteristiche altamente oligotrofiche (Carrada et al., 1990).

BIBLIOGRAFIA

Artale, V., M. Astraldi, G. Buffoni & G.P. Gasparini, 1994. The Seasonal Variability of the Gyre-Scale Circulation in the Northern Tyrrhenian Sea. *J. Geophys. Res.,* in stampa.

Astraldi, M. & G.P. Gasparini, 1994. The Seasonal Characteristics of the Circulation in the Tyrrhenian Sea, in *The Seasonal and Interannual Variability of the Western Mediterranean Sea,* American Geophysical Union, in stampa.

Bethoux, J.P. 1981. Le phosphore et l'azote en Mer Mediterranée, bilan et fertilité potentielle. *Mar. Chem.,* 10: 145-158.

Carrada, G.C., M. Ribera D'Alcalà & V. Saggiomo. 1993. The pelagic System of the

southern Tyrrhenian sea. Some comments and working hypotheses, *Atti 9° Congresso AIOL:* 151-166.

Grasshoff, K., M. Ehrhardt & K. Kremling. 1983. *Methods of seawater analysis,* 2nd Ed., Verlag Chemie, Weinheim: 419pp.

Miller, A.R., P. Tchernia,H. Charnock & D.A. McGill. 1970. Mediterranean Sea Alias, *Woods Hole Oceanographic Institution.*

Moen, J. 1984. Variability and mixing of the surface layer in the Tyrrhenian Sea: MILEX-80, Final Report. *SACLACEN Rep.* SR-75: 128pp.

Morel, A. & J.M. André. 1991. Pigment distribution and primary production in the western Mediterranean as derived and modeled frorn Coastal Zone Color Scanner observations. *J. Geophys. Res.,* 96, C7: 12685-12698.

Murphy, J. & J.P. Riley. 1962. A modified single solution methods for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta,* 27: 31-36.

Povero, P., T.S. Hopkins & M. Fabiano. 1990. Oxygen and nutrient observations in the Southern Tyrrhenian Sea. *Oceanol. Acta,* 13: 299-305.

Redfìeld, A.C., B.H. Ketchum & F.A. Richards. 1963. The influence of Organisms on the composition of sea water, in *The Sea,* vol.2, Interscience Publishers: 26-77.

Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 1971. *American Public Healt Association,* 13th Edition, New York: 522 pp.

TEMPO Group. 1991. Tyrrhenian Eddy Multi-Platform Observation. 1989 Experiment. Inventory of the measurements and preliminary results, *Tech. Rep. #1:* 69pp.

Atti del 10 ° Congresso A..I. O.L
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 77 a pag. 85

UN MODELLO NUMERICO INTEGRATO PER LO STUDIO DELLA DINAMICA COSTIERA DEL PONENTE LIGURE

Lorenzo Papa

Istituto Idrografico della Marina
Dipartimento di Fisica, Università di Genova

RIASSUNTO

II bacino ligure di ponente è stato scelto come area campione per la realizzazione e la calibrazione di un modello numerico integrato in grado di descrivere i principali processi fisici dell'oceanografia costiera e d'altura. Nell'ambito di questo progetto pilota è stato realizzato un codice di calcolo di generazione in acqua profonda di moto ondoso ad opera del vento con simulazione in acqua bassa di fenomeni di rifrazione, diffrazione e trasporto solido in sospensione. Un secondo codice di calcolo risolve infine le equazioni di Navier Stokes fornendo il campo delle correnti e la concentrazione di eventuali contaminanti, noti il campo del vento, della pressione atmosferica e delle forze astronomiche di marea.

SUMMARY

In this paper we present a numerical ray model of surface gravity waves including longshore currents, longshore transport of sediments on beaches and diffraction effects due to an impermeable rigid structure as a groyne. This model has been applied to investigate the short lime morphologic behaviour of the coastal area of Savona. Also real lime measurements of wave amplitude, period and angle of incidence have been used as input data to test the numerical model. In addition to this computer code, we developed a numerical model to compute the time dependent Navier Stokes equations in three dimensions which has been extended to describe the diffusion of pollutants in the upper layers of an open or semiclosed basin. The Liguran Sea has been selected as a pilot area to test and to calibrate the two numerical computer programs.

1. INTRODUZIONE

E' stato realizzato un modello numerico integrato del Mar Ligure in grado di fornire il moto ondoso e la circolazione delle correnti a varie profondità, noti il campo del vento, della pressione e delle forze astronomiche di marea. Un codice di calcolo aggiuntivo risolve inoltre in tre dimensioni l'equazione di diffusione e di trasporto di eventuali sostanze contaminanti rilasciate in mare da sorgenti puntiformi o estese nello spazio, istantanee o continue nel tempo. Tra i vari moduli di servizio è operativa in particolare una "subroutine" per la determinazione delle traiettorie di chiazze di petrolio rilasciato accidentalmente in mare.

2. MODELLO DI MOTO ONDOSO

Il codice di calcolo della generazione del moto ondoso ad opera del vento utilizza schemi alle "differenze finite" che permettono di determinare la distribuzione energetica delle onde al largo ed in zona di frangimento (Scarsi & Stura, 1976; Papa, 1986 a, 1992 a; Papa & Bertola, 1983). Come bacino campione è stato scelto il Mar Ligure lungo la cui costa sono state installate alcune stazioni meteo-ocenaografiche collegate in tempo reale via radio o telefono col calcolatore VAX 6000-420 del Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova. Effettuato per via numerica il calcolo della rifrazione delle onde in acqua bassa note l'altezza, il periodo e la direzione del campo d'onda al largo (Shore Protection Manual, 1977), è possibile valutare il trasporto dei sedimenti e le conseguenti variazioni della spiaggia. Il calcolo del trasporto viene fatto utilizzando un' equazione che mette in relazione la direzione e l'energia dell'onda incidente con le variazioni dell'estensione della spiaggia. Dopo aver calcolato la quantità di sabbia trasportata lungo la costa si può valutare il bilancio fra la sabbia entrante e quella uscente per ogni "cella numerica" in cui si è suddiviso il bacino oceanografico in esame (Komar, 1976; Komar & Inman, 1970). Questo modulo di calcolo permette di determinare con buona risoluzione spazio-temporale l'avanzamento o l'arretramento della spiaggia, sia in indagini di tipo retrospettivo, sia in analisi in tempo reale durante l'evoluzione stessa della mareggiata.

Le prime simulazioni per la messa a punto e la taratura del codice di calcolo del moto ondoso sono state effettuate su un'area campione compresa fra Vado Ligure ed Albisola. In questa zona di mare sono stati costruiti negli ultimi anni una diga ad alto fondale nel porto di Savona (Delft Hydraulics Laboratory, 1986) e pennelli di varia lunghezza, progettati e realizzati con l'intento di salvaguardare la spiaggia da

fenomeni erosivi. Nelle simulazioni che vengono descritte nel seguito è stata presa in esame una zona più ristretta compresa fra il porto di Vado ed il torrente Letimbro a Savona e fra la foce di questo torrente e l'ex-stabilimento Italsider indicate rispettivamente come zona 1 e 2 nella figura 1 e 2. Per poter descrivere gli effetti prodotti sulle onde dalla parte terminale dei due pennelli principali costruiti alle estremità orientali della zona 1 e 2 è stato quindi necessario realizzare anche un codice di calcolo in grado di tener conto di effetti di diffrazione del fronte d'onda al variare della sua ampiezza e direzione di propagazione. Le direzioni di provenienza del fronte d'onda al largo sono state le seguenti: SE (Scirocco) e SW (Libeccio) che secondo i dati della tabella 1 sono associate alle mareggiate più intense che caratterizzando il clima ondoso di questa parte occidentale del Golfo di Genova (Studio Volta, 1985).

Tabella 1. Altezza significativa H_s, periodo, direzione e durata del moto ondoso per il litorale di Savona ed Albisola.

H_s (m)	periodo (s)	direzione	ore/anno	direzione	ore/anno
2	6.6	SW	806.7	SE	150.3
3.5	7.7	SW	38.8	SE	0.7
5	8.6	SW	1.4	SE	0.7

Nelle simulazioni sono stati assunti un'altezza d'onda significativa H_s di 5 metri ed un periodo di 8.6 secondi con due direzioni principali corrispondenti a mare da SW e SE, per una durata massima di 5 ore. Si è ritenuto infatti che simulare oltre questo valore non fosse rappresentativo di una mareggiata reale, che in generale non presenta direzione costante ad ampiezza così elevata per un intervallo di tempo più lungo.

Una prima simulazione è stata eseguita con un mare da SE che ha prodotto un trasporto medio diretto verso Vado con forti variazioni del modulo di questa grandezza. Questo fatto significa che in ogni cella in cui è stata suddivisa l'area in esame la quantità di sabbia in ingresso non eguaglia quella in uscita con una conseguente variazione dell'estensione della spiaggia: valori negativi indicano zone soggette a erosione e valori positivi zone soggette ad accrescimento. Dall'esame del bilancio si è così visto che col mare da Scirocco si verificano fenomeni di arretramento della spiaggia fra la località Fornaci ed i Bagni Olimpia, con ampie zone invece di avanzamento a partire dai Bagni Torino fino al pennello costruito in prossimità della

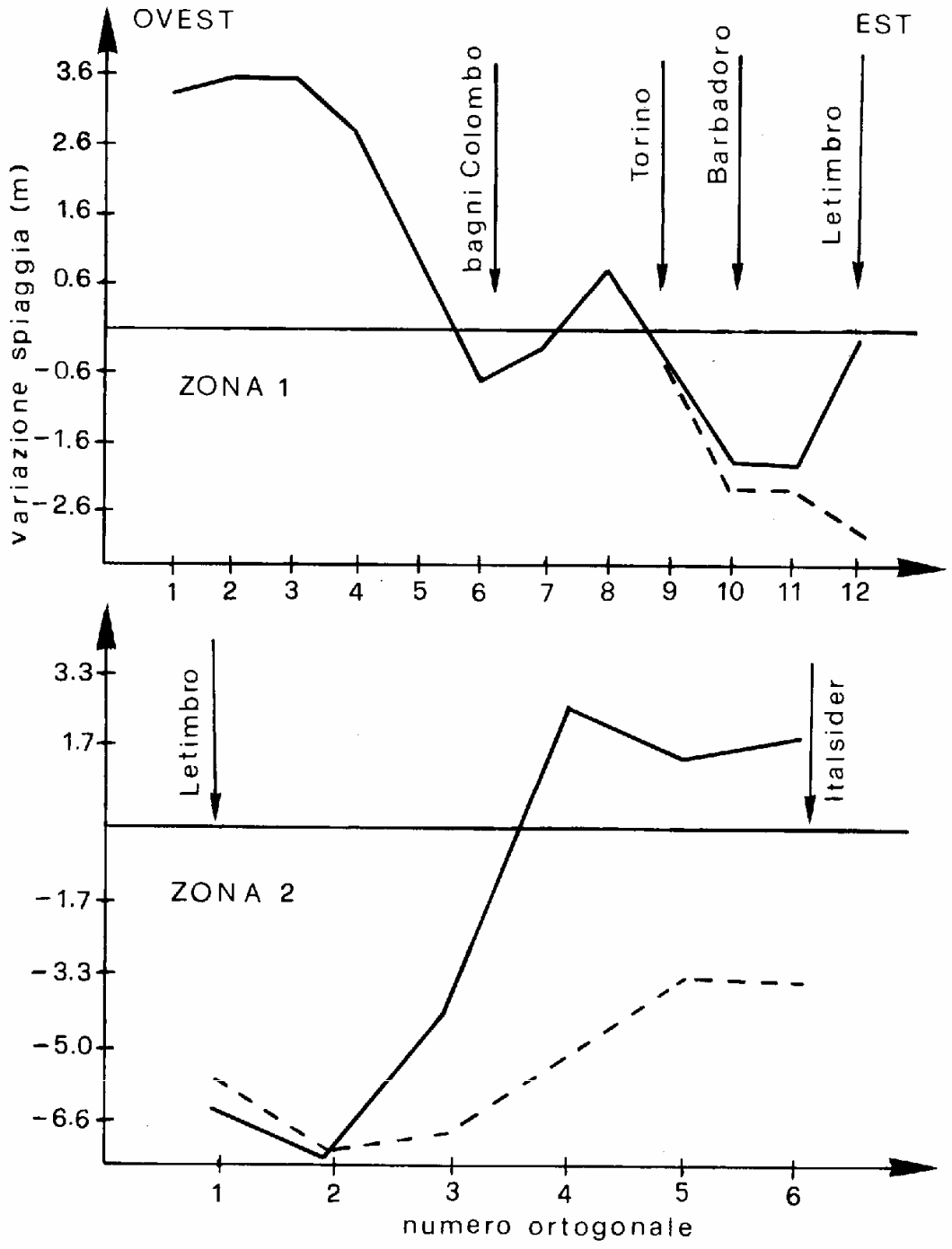


Figura 1. Variazione della spiaggia fra Vado Ligure e la foce del Letimbro a Savona (zona 1) e fra questo punto e l'ex-stabilimento Italsider (zona 2) dopo 5 ore di azione di un mareggiata da SE con altezza significativa di 5 metri. Le linee continue rappresentano la linea di spiaggia in assenza dei pennelli alla foce del Letimbro e presso l'ex-Italsider, quelle tratteggiate la situazione reale con le attuali opere marittime.

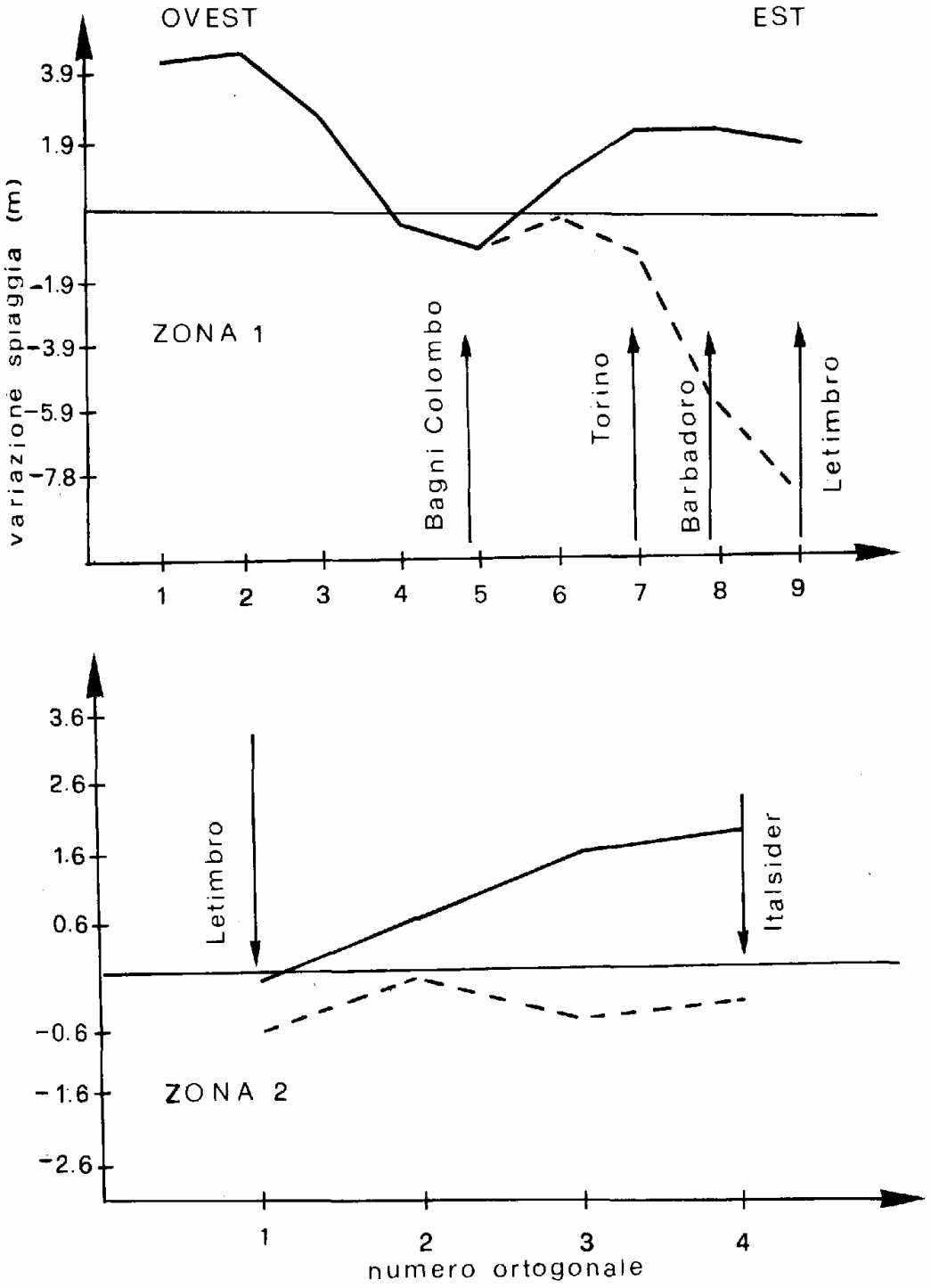


Figura 2. Variazioni della spiaggia fra Vado Ligure e la foce del Letimbro a Savona (zona 1) e fra questo punto e l'ex-stabilimento Italsider (zona 2) dopo 5 ore di azione di una mareggiata da SW con altezza significativa di 5 metri. Le linee continue rappresentano la linea di spiaggia in assenza dei pennelli alla foce del Letimbro e presso l'ex-Italsider, quelle tratteggiate la situazione reale con le attuali opere marittime.

sponda destra del Letimbro. In figura 1 vengono mostrate con mare da SE le variazioni della spiaggia rispetto al tempo iniziale nel caso di assenza e di presenza del pennello la cui lunghezza nei calcoli è stata fissata a circa 60 metri. E' interessante segnalare come l'intera zona balneare situata a ponente del torrente (zona 1) non risenta in modo significativo della presenza o meno del molo. Assai differente appare invece la situazione nel tratto di spiaggia a levante del Letimbro (zona 2). La presenza di un pennello di lunghezza di circa 200 metri in prossimità dell'ex-stabilimento Italsider fa sentire il suo effetto positivo su gran parte del litorale a partire dai Bagni Nilo fino ai Bagni Savona e via via in modo sempre più crescente verso levante nel tratto terminale di spiaggia libera.

Una seconda simulazione con mareggiata da SW ha prodotto invece un trasporto medio costiero diretto verso ponente nella zona compresa fra i Bagni Colombo ed i Bagni Olimpia e diretto verso levante nelle rimanente parte del litorale fino all'ex-stabilimento Italsider. Questo andamento del trasporto facendo simulazioni in assenza del molo del Letimbro provoca in generale un arretramento della spiaggia tranne che nel tratto compreso fra i Bagni Olimpia e Nettuno ed in una piccola zona nelle immediate vicinanze a levante del Letimbro. Un esame separato delle due spiagge della zona 1 e 2 mostra che il molo lungo circa 60 metri del Letimbro non blocca completamente la corrente costiera verso est e provoca un avanzamento molto pronunciato della spiaggia a levante del torrente. Nello stesso tempo anche la spiaggia di ponente a causa del mancato arresto dei sedimenti in moto da ovest verso est è soggetta ad accrescimento (figura 2).

Nel caso di mareggiate intense di altezza significativa di 5 metri si può concludere che i mari da Scirocco provocano un globale avanzamento della spiaggia mentre quelli da Libeccio producono effetti generali di erosione. Quanto mostrato in precedenza resta comunque valido per intervalli di tempo molto limitati durante l'anno, vista la bassa incidenza statistica di mareggiate di cinque metri di altezza significativa. Per uno studio dell'evoluzione stagionale del litorale in questa zona occorre effettuare simulazioni con mari di intensità di 2 metri sempre dalle direzioni principali di Libeccio e Scirocco, che in base alla tabella 1 hanno rispettivamente una durata media di circa 800 e 150 ore all'anno e contribuiscono così in modo rilevante alla dinamica costiera dei sedimenti.

3. MODELLO TRIDIMENSIONALE DI CIRCOLAZIONE

I gravi incidenti dell'Agip Abruzzo e della Haven hanno messo in evidenza l'importanza di conoscere in tempo reale il moto delle correnti marine ed i relativi fenomeni diffusivi in zone costiere e d'altura allo scopo di poter limitare i danni

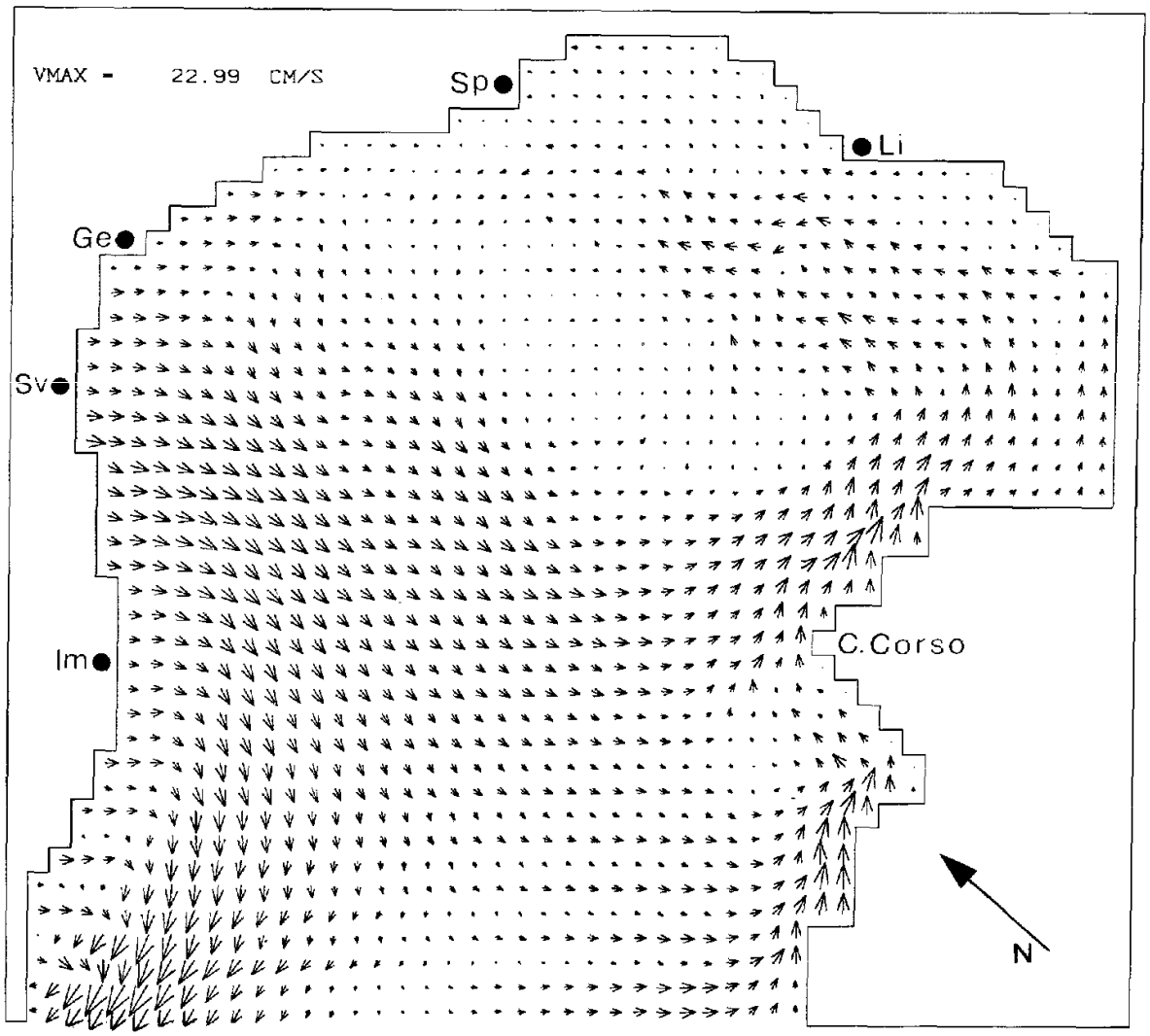


Figura 3. Andamento tipico della circolazione del Mar Ligure riprodotto con un modello numerico tridimensionale in cui sono ben evidenti un vortice ciclonico al centro del bacino e correnti divergenti al largo di Genova e convergenti al largo di Savona.

conseguenti al rilascio in mare di sostanze contaminanti. Un modello numerico tridimensionale risulta lo strumento più efficace per la soluzione di questi problemi, in quanto utilizzando come valori di "input" dati di marea, di vento e di pressione atmosferica è in grado di individuare le zone di mare caratterizzate da circolazione ciclonica ed anticiclonica e quelle interessate invece da correnti ad andamento parallelo o perpendicolare alla linea di costa. A titolo di esempio è stato rappresentato in figura 3 un tipico campo di velocità del Mar Ligure in cui sono ben evidenti un vortice ciclonico con centro lungo la congiungente Portofino-Capo Corso e linee di divergenza di corrente al largo di Genova e di convergenza al largo di Savona. Il passo spaziale del reticolo è variabile a scelta da 1 a 5 chilometri, mentre quello verticale è fissato pari a 20 metri negli strati superficiali, con valori via via crescenti fino a 570 metri nelle zone profonde centro-meridionali del bacino. Un passo spaziale al di sotto di 1 chilometro comporterebbe un gravoso lavoro di digitalizzazione della carta batimetrica e della rappresentazione per linee spezzate della linea di costa. Per quanto riguarda il passo spaziale verticale, il modello non ha vincoli di nessun tipo, esclusi ovviamente quelli legati al crescere del tempo di calcolo all'aumentare della risoluzione verticale.

4. CONCLUSIONI

II codice di calcolo che risolve in tre dimensioni le equazioni idrodinamiche di Navier Stokes attualmente operativo sul VAX 6000-420 del Dipartimento di Fisica (Welch, Harlow, Shannon & Daly, 1966; Spraggs & Street, 1975; Papa,1986 b,1992 b) costituisce unitamente a quello di generazione del moto ondoso ad opera del vento un cosiddetto "modello integrato ", in grado cioè di simulare i principali fenomeni oceanografici che si possono presentare nel Mar Ligure ed in particolare nella zona costiera occidentale da Savona a Ventimiglia.

Per quest'area di mare utilizzando una banca dati di campi di pressione atmosferica e di vento al suolo sufficientemente estesa nel tempo (durata minima 10 anni) è possibile con un'indagine di tipo retrospettivo (hindcasting analysis) simulare il campo del moto ondoso e delle correnti a varie profondità e tracciare i percorsi di eventuali contaminanti lungo le principali rotte del traffico marittimo.

BIBLIOGRAFIA

Delft Hydraulics Laboratory. 1986. Savona Port Extension: Coastal Morphology of Albisola Beach, H148. *Ente Autonomo del Porto di Savona.*

Komar, P. D. & D. L. Inman. 1970. Longshore sand transport on beaches. *J.Geophys.Res.,* 75, 1.

Komar, P. D. 1976. Beach processes and sedimentation. *Prentice - Hall,* New York.

Papa, L. 1986 a. A simulation model of morphologic changes in a coastal zone of the Gulf of Genoa. *Boll Ocean. Teor. Appl.* Voi. IV, n° 4.

Papa, L. 1986 b. Un modello numerico per la simulazione in tempo reale della circolazione e del trasporto e diffusione di inquinanti nel Golfo di Genova. *Atti 7° Congresso A.I.O.L.,* Trieste.

Papa, L. 1992 a. A real lime numerical model to compute coastal currents and littoral sediment transport in the Gulf of Genoa. *Workshop C.N.R.-G.N.EA.O., Istituto Universitario Navale,* Napoli, LIX.

Papa, L. 1992 b. Calcolo con un modello numerico tridimensionale della circolazione del Mar Ligure e della dispersione di petrolio fuoriuscito dalla nave Haven. *Workshop C.N.R.-G.N.RA.O., Istituto Universitario Navale,* Napoli, LIX.

Papa, L. & R. Bertola. 1983. A Wave Refraction Computation in the Gulf of Genoa. *Arch. Met. Geoph. Biocl., SerA,* 32.

Scarsi, G. & S. Stura. 1976. A Model for the Numerical Calculation of Refraction Diagrams with Energy Dissipation. *Atti III Congresso Nazionale AIMETA,* Cagliari.

Shore Protection Manual. 1977. Coastal Engineering Research Center, *U.S. Army, Corps of Engineers,* New York, Voi. 3.

Spraggs, L. D. & R. L. Street. 1975. Three dimensional Simulation of Thermally-influenced Hydrodynamic flows. *Stanford University Technical Report,* n° 190.

Studio Volta. 1985. Progetto di massima per la conservazione ed il risanamento degli arenili delle due Albisole e per le strutture connesse alla fascia costiera. *Amministrazione Provinciale di Savona.*

Welch, J. E., E H. Harlow, J. P. Shannon & B. J. Daly. 1966. The MAC Method: A computing technique for solving viscous incompressible transient fluid-flow problems involving free surfaces. *Los Alamos Scientific Laboratory Report LA* 3425.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L .
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 87 a pag. 96

LA CIRCOLAZIONE NEL MAR LIGURE DURANTE L'INCIDENTE DELLA HAVEN

Mario ASTRALDI, Gian Pietro GASPARINI, Pavel PISTEK
e Stefania SPARNOCCHIA

CNR-Stazione Oceanografica, Pozzuolo di Lerici (SP)

SUMMARY

As a contribution to the "Programma di Ricerca Internazionale sul Mediterraneo Occidentale" (PRIMO) sponsored by IOC, the Stazione Oceanografica of La Spezia has been involved in a study of the seasonal circulation in the Ligurian Sea. A hydrological cruise was performed in April 1991 when the accident of the vessel HAVEN occurred near the Genoa harbour. The hydrological investigation covered the Ligurian Sea as a whole and consisted of 70 CTD/O2 stations (0-1500 metres). Long term current measurements were collected in the same period in the Corsica Channel, at the entrance of the Ligurian Sea. Both investigations produced useful information on the water characteristics a/id circulation for this area during this period and they can provide realistic inputs for numerical models.

1. INTRODUZIONE

Come contributo al Programma di Ricerca Internazionale sul Mediterraneo Occidentale (PRIMO), sponsorizzato dall'IOC, la Stazione Oceanografica del CNR di La Spezia si è impegnata in misure con cadenza stagionale nel Mar Ligure (Fig. 1). Durante una campagna primaverile effettuata nel mese di Aprile 1991 sono state raccolte misure idrologiche su tutto il Mar Ligure, mentre misure di corrente a lungo termine sono state effettuate nel Canale di Corsica.

La campagna idrologica ha coinciso con l'incidente della petroliera Haven al largo del Porto di Genova e alcune delle misure sono state effettuate in prossimità di una vasta macchia di petrolio incrociata a circa 25 miglia al largo di Imperia.

Come ulteriore contributo allo studio della circolazione nel Mar Ligure, in questa nota verranno presentati e discussi i risultati delle misure idrologiche effettuate nel mese di Aprile 1991 dalla N/O Minerva e delle misure di corrente raccolte nel Canale di Corsica in un anno di registrazioni. I dati che verranno presentati, oltre a descrivere dettagliatamente le condizioni fisiche dell'ambiente marino in concomitanza con l'incidente, sono in grado di fornire "input" realistici per i modelli di circolazione.

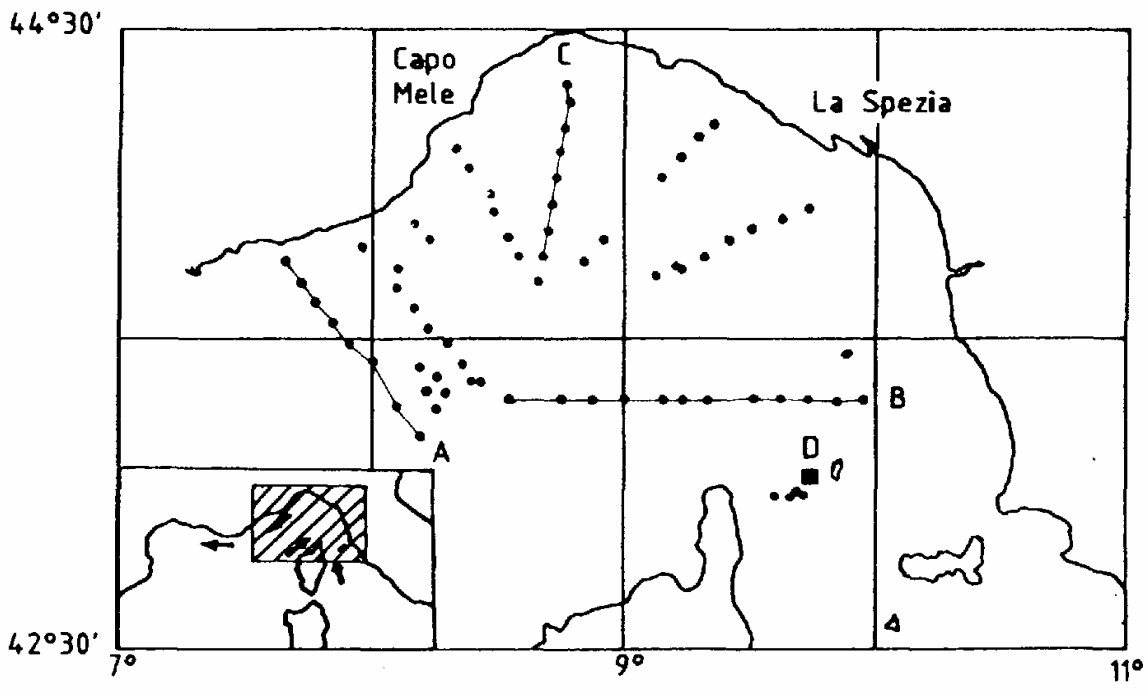


Fig. 1 - Ubicazione delle stazioni idrologiche e della catena correntometrica nel Canale di Corsica (D). Sono evidenziate le sezioni A e B delimitanti l'area di studio e la sezione C al largo di Genova.

2. DATI E METODI DI ANALISI

Il Canale di Corsica è oggetto di un monitoraggio a lungo termine da parte della Stazione Oceanografica sin dal 1985. Attraverso questo canale avvengono i maggiori scambi tra il Mar Ligure ed il Mar Tirreno, e quindi le misure finora acquisite rappresentano un importante elemento per la comprensione degli scambi fra i due bacini. Nel Novembre 1990 è stata ancorata nel canale una catena correntometrica (Fig. 1, posizione D) in sostituzione di una catena disposta precedentemente. Tale catena è stata rimossa e sostituita nel Maggio del 1991, continuando a funzionare fino all'Ottobre del 1991. Si dispone pertanto di un anno di misure correntometriche, nel quale è incluso il mese di Aprile oggetto dell'indagine idrologica. La catena rimossa nel Maggio 1991 supportava due correntometri Aanderaa (RCM-7) alle profondità di 290 e 390 m, ed un profilatore acustico Doppler (ADCP-150 Khz) alla profondità di 280 m. La catena del periodo successivo supportava correntometri Aanderaa (RCM-4 e RCM-7) alle profondità di 42, 96, 192, 292 e 392 m. Dai correntometri del tipo Aanderaa sono state ottenute serie temporali di velocità (componenti E-O e N-S) con tempo di campionamento di 30 minuti. Il correntometro del tipo ADCP ha fornito serie temporali di velocità (componenti E-O, N-S e verticale) lungo un profilo discreto di profondità (1

dato ogni 8 m) per un totale di 240 m.

L'indagine idrologica ha avuto luogo dal 20 al 28 Aprile 1991 ed è consistita di 70 stazioni disposte su tutto il Mar Ligure (Fig. 1). I dati, acquisiti da una sonda multiparametrica Neil Brown Mark III, sono stati sottoposti ad un'accurata analisi preliminare presso la Stazione Oceanografica e da questi sono stati ricavati profili verticali di temperatura, salinità e ossigeno. Mediante procedure standard si sono ricavate mappe oggettive delle distribuzioni dei vari parametri lungo sezioni orizzontali e verticali. Mediante semplici calcoli geostrofici si è determinato il trasporto totale attraverso le due sezioni estreme del Mar Ligure (Fig. 1 sezioni A e B) e quindi la quantità di acqua in ingresso ed uscita dal bacino in quel periodo.

3. RISULTATI

3.1. Misure di corrente

Nella figura 2 viene rappresentata l'evoluzione temporale delle correnti nel Canale di Corsica a cinque diversi livelli di profondità per il periodo Novembre 1990-Novembre 1991.I dati sono stati sottoposti ad un filtro passa-basso per rimuovere le oscillazioni inferiori a 168 ore e sono state ricostruite nuove serie con intervallo temporale di 48 ore. A tutti i livelli la corrente è massima e diretta prevalentemente verso Nord nel periodo invernale-primaverile. Più precisamente si osserva una brusca intensificazione della dinamica verso la fine di Novembre che si mantiene fino a metà Dicembre; dopo questo periodo la corrente, mantenendo la direzione Sud-Nord, diminuisce progressivamente la sua intensità fino al mese di Marzo, quando inizia nuovamente ad aumentare più o meno progressivamente a seconda del livello di profondità e continua ad oscillare fino alla metà di Giugno. Da Giugno in poi si raggiungono i valori minimi e, con l'eccezione del livello più superficiale, gli scambi, nella posizione della catena, avvengono verso Sud.

Nella figura 3 vengono rappresentati il trasporto totale, superficiale (0-200 m, acqua atlantica) ed intermedio (200-450 m, acqua levantina) attraverso il canale in direzione Sud-Nord. Il maggior contributo al trasporto totale proviene dallo strato superficiale. Estraendo dalle serie originarie delle velocità i dati relativi al solo mese di Aprile 1991 è stato stimato un trasporto totale di circa 0.71 Sv (1 Sv = 10^6 m^3 sec^{-1}), del quale 0.53 Sv nello strato superficiale e 0.18 Sv in quello sottostante.

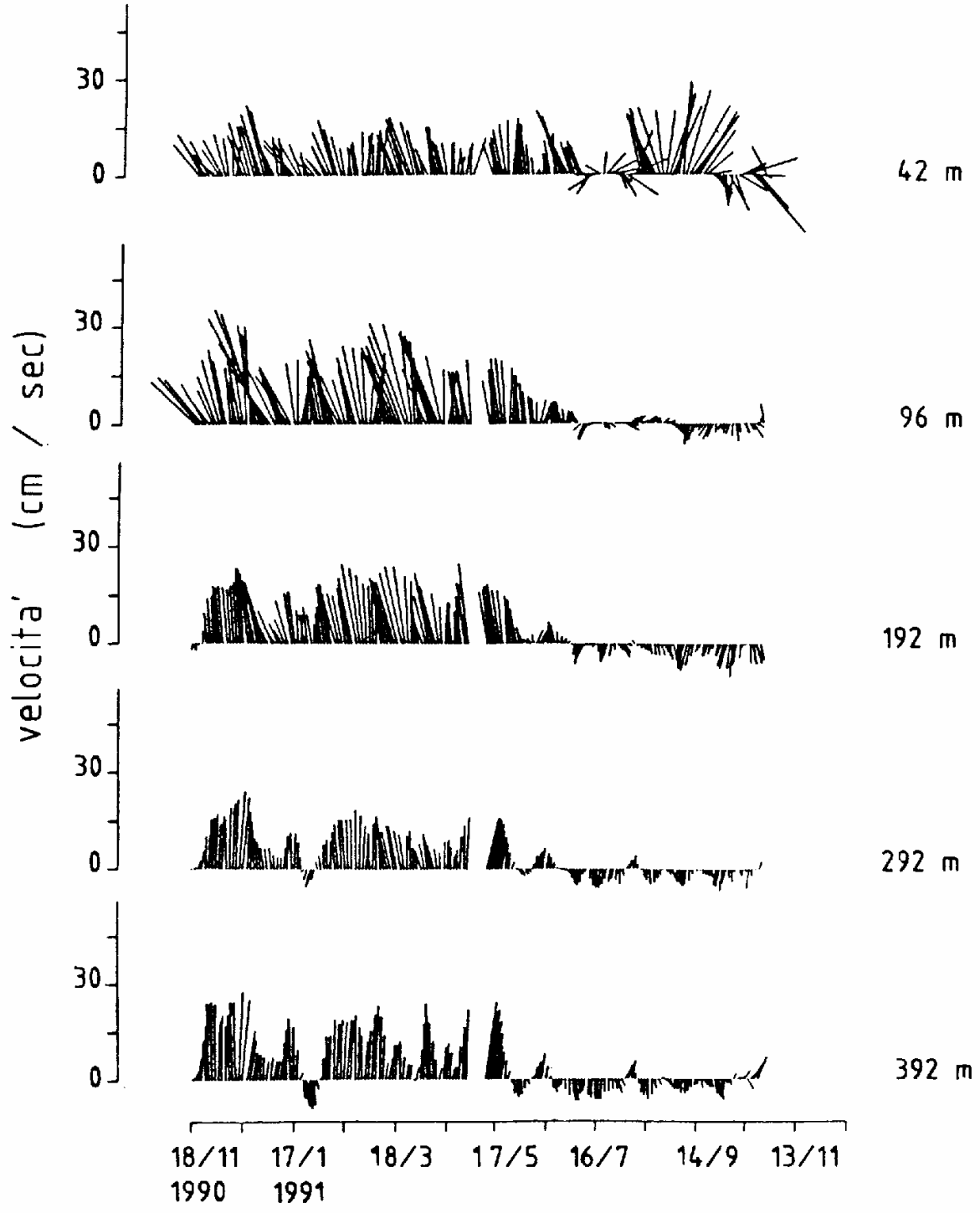


Fig. 2 - Corrente Tirrenica nel Canale di Corsica a cinque livelli di profondità.

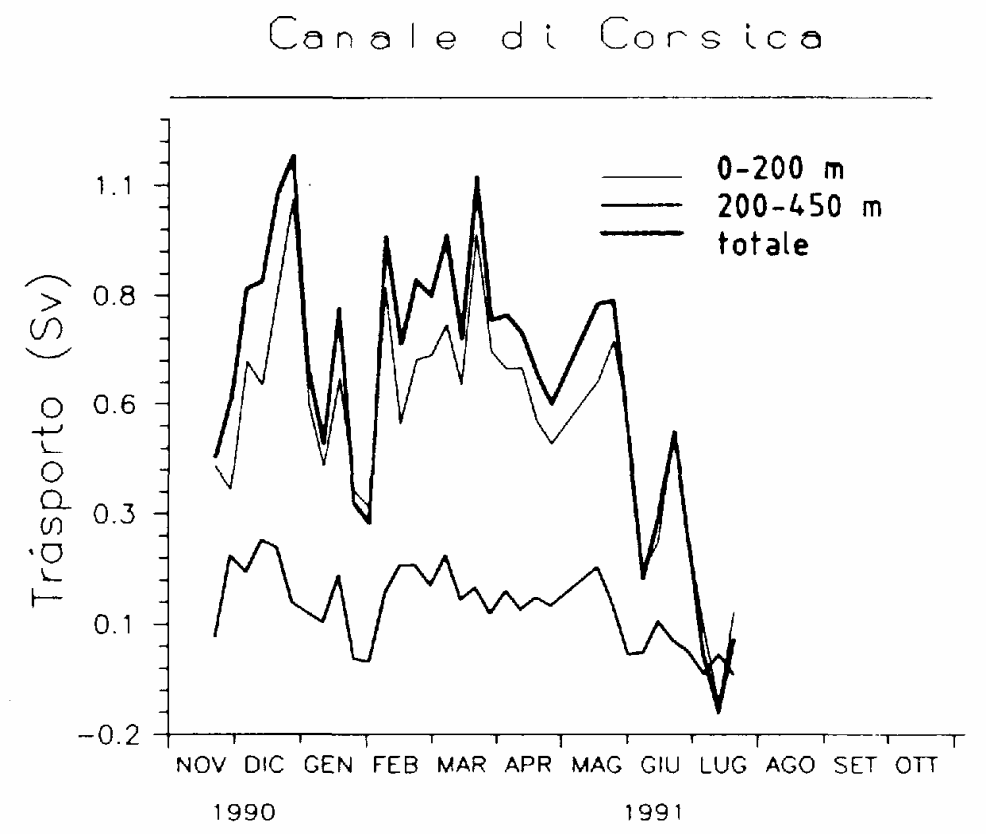


Fig. 3 - Trasporto nel Canale di Corsica determinato a partire da misure di corrente.

3.2. Misure ideologiche

Le figure 4a e b mostrano la distribuzione della temperatura e della salinità nello strato superficiale. Esse indicano che due correnti, con caratteristiche termoaline differenti, confluiscono nel Mar Ligure rispettivamente dal Mar Tirreno e dal versante occidentale della Corsica. I due flussi danno luogo ad una corrente che si sviluppa lungo la piattaforma ligure e procede in direzione della Francia. Nel corso del suo tragitto questa corrente segue l'andamento della piattaforma continentale, assottigliandosi mentre procede verso ovest. Contemporaneamente si può osservare un fronte sempre più marcato, che la separa dalla circolazione al largo. La distanza del fronte dalla costa è circa 60 km di fronte a Genova e circa 30 km di fronte a Capo Mele. Questa osservazione è confermata dalle sezioni verticali della temperatura (Fig. 5a) e della salinità (Fig. 5b) agli estremi del Mar Ligure.

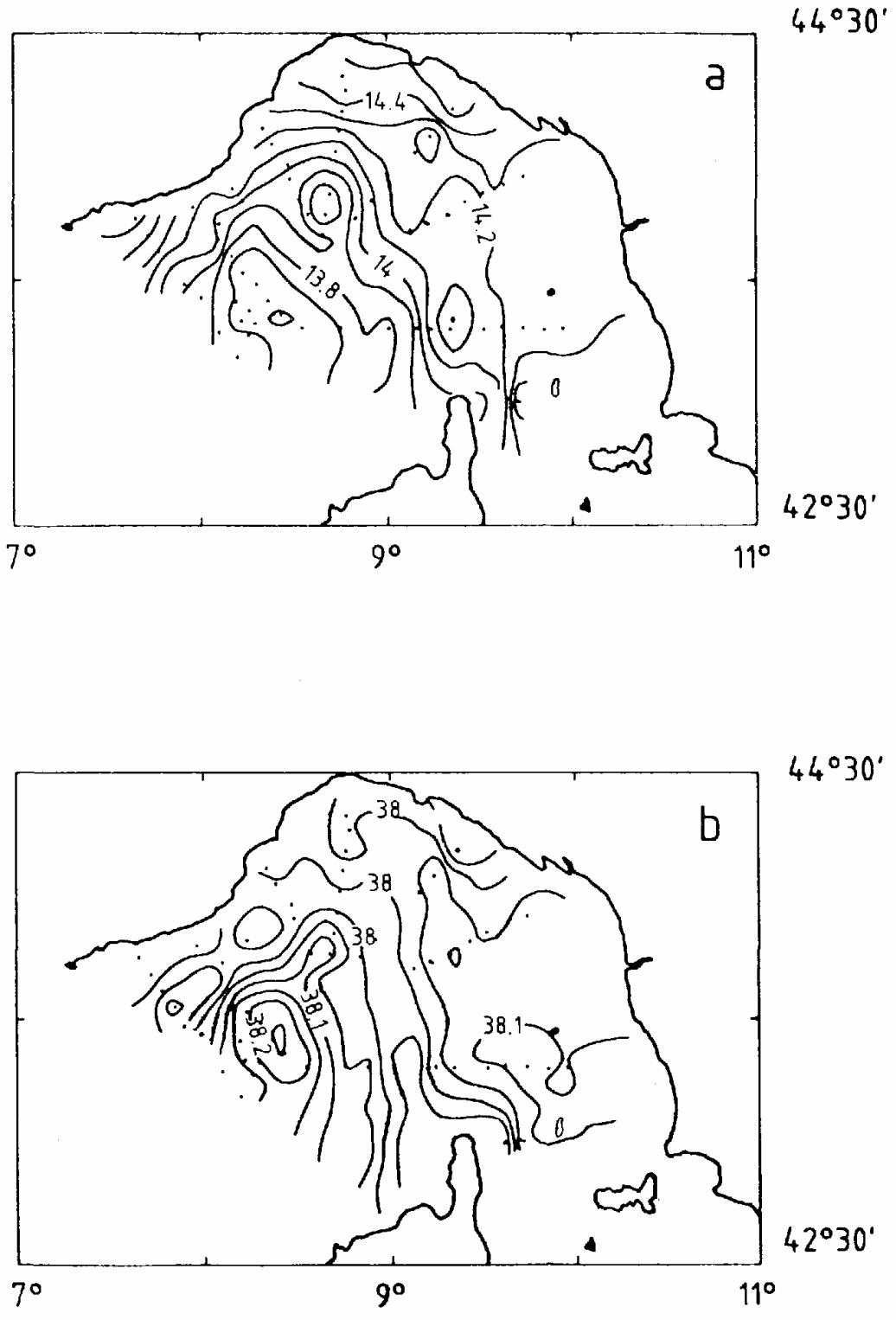


Fig. 4 - Distribuzione orizzontale della temperatura (a) e della salinità (b) nel mese di Aprile 1991. L'intervallo tra le isolinee è 0.1°C per la temperatura (a) e 0.05ppt per la salinità (b).

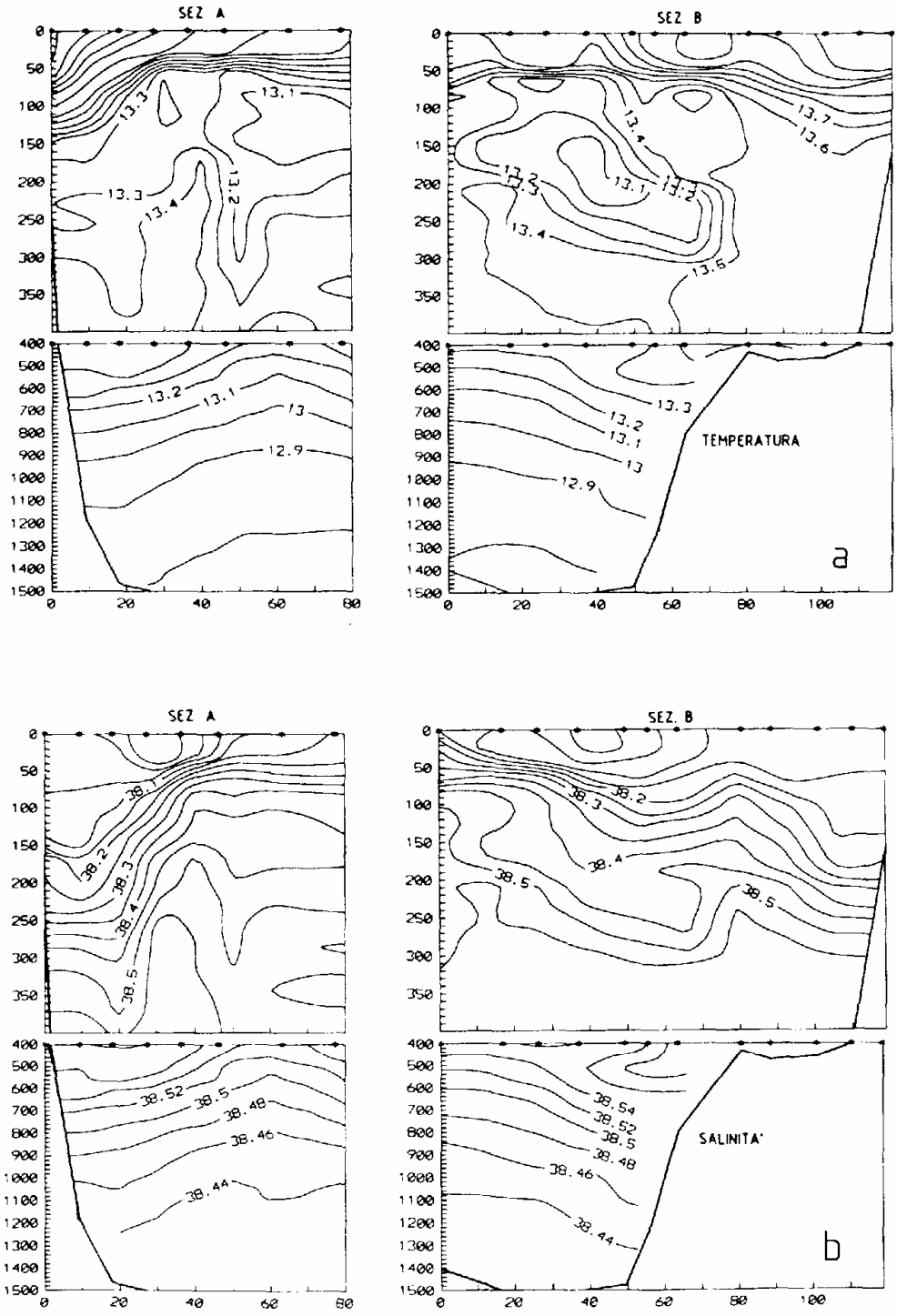


Fig. 5 - Distribuzione verticale della temperatura (a) e della salinità (b) lungo le sezioni A e B di figura 1.

La circolazione al largo è invece dominata da una risalita di acque più fredde e salate, come risulta anche dalla figura 5. L'analisi della struttura termica verticale ha evidenziato in questa area uno strato mescolato di circa 40-50 m ed un termoclino attorno ai 60 m.

Di particolare interesse è risultata la sezione C al largo di Genova (Fig. 6), in cui al di sotto della normale struttura stagionale, si è osservata una bolla di acqua differenziata dalla massa circostante per i minori valori di temperatura e salinità e maggior contenuto di ossigeno disciolto. Questo fa supporre l'origine superficiale della bolla ed il suo successivo sprofondamento causato da un forte raffreddamento superficiale

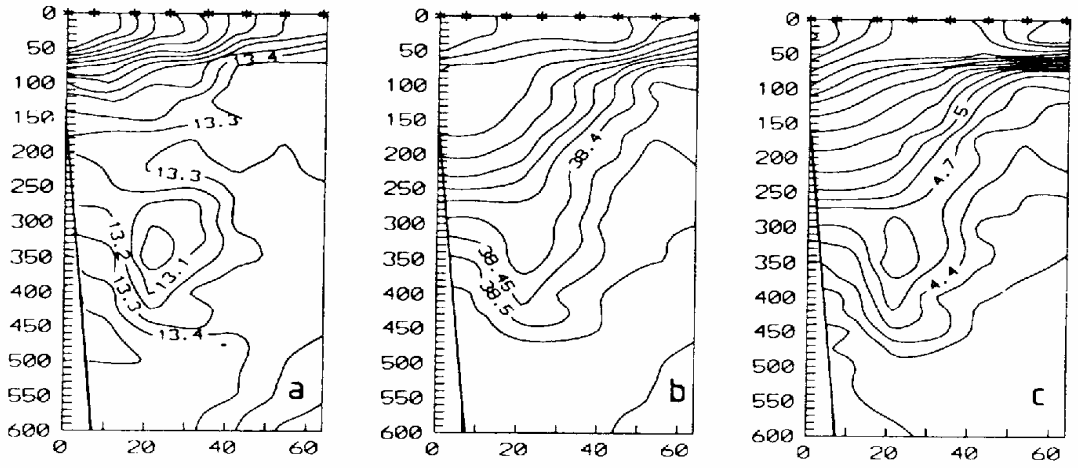


Fig. 6 - Distribuzione verticale della temperatura potenziale (a), della salinità (b) e dell'ossigeno disciolto (c) lungo la sezione C di figura 1.

Mediante calcoli geostrofici è stato stimato il trasporto totale all'ingresso e all'uscita del Mar Ligure (Fig. 7). Da questi calcoli è stato ricavato un trasporto totale attraverso il Canale di Corsica di 0.59 Sv, un valore che concorda con quello ottenuto dalle misure di corrente, nei limiti concessi dalle differenze dei metodi di calcolo utilizzati. In totale, considerando anche il contributo della corrente ad ovest della Corsica, il trasporto all'ingresso del Mar Ligure è risultato di 1.26 Sv, in buon accordo numerico col trasporto ottenuto all'uscita (1.30 Sv).

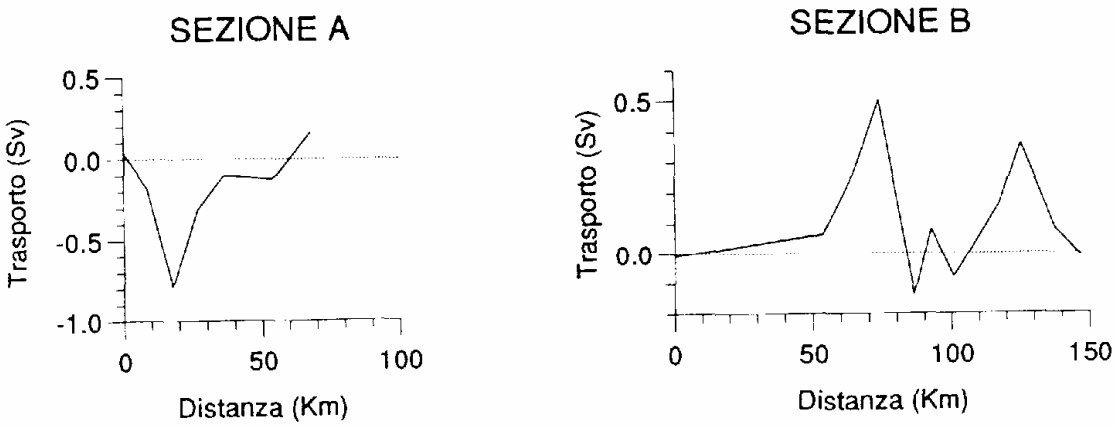


Fig. 7 - Trasporto totale attraverso le sezioni A e B determinato mediante calcoli geostrofici (livello di riferimento 1000 m). Valori positivi indicano flussi entranti nel mar Ligure.

4. CONCLUSIONE E DISCUSSIONE

I risultati delle indagini idrologica e correntometrica nel Mar Ligure concordano con lo schema di circolazione ormai ben delineato dai molteplici studi effettuati nell'area (Stocchino & Testoni, 1977; Bethoux et al., 1982; Taupier-Letage & Millot, 1986; Astraldi & Gasparini, 1992). La circolazione generale del Mar Ligure è di tipo ciclonico, sia nello strato superficiale di origine atlantica che in quello intermedio di origine levantina. Le osservazioni sperimentali e le simulazioni numeriche indicano che le fenomenologie principali dell'intero bacino Liguro-Provenzale hanno una caratterizzazione stagionale. In particolare, durante l'inverno vengono innescati intensi moti verticali come conseguenza dei processi di interazione aria-mare indotti dagli eventi di Mistral (MEDOC Group, 1970; Bunker, 1972). In quest'ottica può essere interpretata l'osservazione al largo di Genova di una bolla di acqua più fredda e meno salata rispetto alle acque circostanti. E' ragionevole supporre che la bolla si sia originata in superficie a seguito di qualche evento meteorologico locale, e sia successivamente sprofondata fino a raggiungere l'equilibrio.

Le due correnti costiere, provenienti l'una dalla parte nord-occidentale della Corsica (Corrente Corsa Occidentale), l'altra dal Canale di Corsica (Corrente Tirrenica), si incontrano all'uscita del Canale e, dopo un'interazione turbolenta (Santoleri et al., 1983; Marullo et al., 1985), si uniscono a formare la Corrente Liguro-Provenzale che fluisce verso ovest lungo la scarpata continentale ligure e francese. In particolare il flusso della Corrente Tirrenica è maggiore nelle stagioni invernale e primaverile, mentre si interrompe durante l'estate e l'autunno, quindi questa corrente risulta soggetta ad una forte variazione stagionale.

Un fronte ben marcato separa la corrente costiera dalle masse fredde situate all'interno del bacino. In corrispondenza di questo fronte è stata osservata, il 23 Aprile 1991, a circa 25 miglia al largo di Imperia (43° 28'N - 8°E), la macchia di petrolio versata dalla petroliera Haven a seguito dell'incidente avvenuto l'11 Aprile. La macchia si presentava molto estesa e allungata parallelamente alla costa (almeno 10 miglia di lunghezza e 4 di larghezza). Le condizioni dinamiche del bacino hanno fatto sì che il petrolio versato in mare venisse trascinato verso le coste francesi, intrappolato nella zona frontale.

BIBLIOGRAFIA

Astraldi, M. & G.P. Gasparini. 1992. The seasonal characteristics of the circulation in the North Mediterranean basin and their relationship with the atmospheric-climatic condition. /. *Geophis. Res.,* 97(C6): 9531-9540.

Bethoux, J.P., L. Prieur & F. Nyffeler. 1982. The water circulation in the North-Western Mediterranean Sea; its relation with wind and atmospheric pressure. In *Hydrodynamics of semi-enclosed seas.* Ed. J.C. Nihoul, Elsevier Oceanography Series, Amsterdam: 129-148.

Bunker, A.F. 1972. Wintertime Interactions of Atmosphere with the Mediterranean sea. *J. Phys. Oceanogr., 2:* 225-238.

Marullo, S., E. Salusti & A. Viola. 1985. Observation of a small-scale baroclinic eddy in the Ligurian Sea. *Deep Sea Res.,* 32: 215-222.

MEDOC Group. 1970. Observation of formation of deep water in the Mediterranean sea. *Nature,* 227: 1037-1040.

Santoleri, R., E. Salusti & C. Stocchino. 1983. Hydrological current in the Ligurian Sea. *Nuovo Cimento,* 6: 353-370.

Stocchino, C. & A. Testoni. 1977. Nuove osservazioni sulla circolazione delle correnti nel Mar Ligure. *Istituto Idrografico della Marina di Genova,* F.C. 1076: 13 pp.

Taupier-Letage, I. & C. Millot. 1986. General hydrodynamical features in the Ligurian Sea inferred from the DYOME experiment. *Oceanol. Acta,* 9(2): 119-131.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 97 a pag. 106

SILT-SIZED HEAVY MINERAL ANALYSES AS A TOOL POR STUDYING PROVENANCE AND DISPERSION OF FINE SEDIMENTS: AN APPLICATION TO THE NORTHERN ADRIATIC SEA

Andrea BARBANTI*, Judith A. COMMEAU** and Franca FRASCARI*

* Istituto per la Geologia Marina - CNR, Bologna
** U.S. Geological Survey, Woods Hole, MA, USA

RIASSUNTO

Viene presentato un metodo che consente di investigare provenienza ed ambiente deposizionale dei sedimenti mediante lo studio dei minerali pesanti contenuti nella frazione siltosa. Il metodo utilizza sodiopolitungstato come liquido pesante ed un sistema SEM/EDS/AIA per la separazione dei minerali, la misura delle particelle e la loro analisi composizionale. Questo metodo e' stato applicato a sedimenti provenienti da un'area dell'Adriatico centro-settentrionale antistante il delta del Po e la costa emiliano-romagnola. La frazione sedimentaria compresa fra 2 e 63 µm contiene minerali pesanti per il 4-6%. Fra questi, le macroclassi "cloriti" ed "anfiboli/pirosseni" rappresentano il 45-50% del numero totale di particelle. Altre macroclassi abbondanti sono: "ossidi di Ti" (6-15%), "ossidi/carbonati di Fe" (2-10%), "silicati di Ca/Al" (epidoti) (3-13%), "silicati di Fe/Al" (staurolite, almandino) (4-10%). L'analisi dei patterns di distribuzione ha evidenziato 3 aree principali, che si differenziano in base a: a) provenienza dal fiume Po o dai fiumi emiliano-romagnoli, per una diversa caratterizzazione mineralogica delle due fonti; b) distanza dalla costa, a causa della graduale diminuzione di energia agente sul fondale verso il centro del bacino.

INTRODUCTION

Heavy minerals have been widely used in the recent past to study sources and dispersion patterns of sediments, both in present environments and within paleogeographic reconstructions (Van Andel, 1959; Komar et al., 1989). These studies were conducted on the sandy fraction of sediments, due to the difficulties in dispersing or wetting fine particles in organic heavy liquids and in classifying the .minerals by means of petrographic microscopes. The above difficulties hindered the application of the heavy mineral approach to low energy depositional environments with clayey-silty sediments. In this manuscript a method recently developed at the U.S. Geological Survey (Commeau et al., 1992) is presented. Through this method silt-sized heavy minerals can he isolated and determined. The application of the approach to an area presently dominated by fine sedimentation (Mid-Northern Adriatic Sea) is also presented. Aim of the application is to briefly illustrate the usefulness and the potentiality of the method. Other examples recentlv published regard shelf, slope and rise along the U.S. east coast (Poppe et al., 1991; Poppe & Commeau, 1992).

2. METHOD DESCRIPTION

Peculiar aspects of the method are: a) the use of a non-toxic heavy liquid (polytungstate), to accomplish the separation between light and heavy minerals (Callahan, 1987); b) the determination of mineral species by means of a system which integrates a scannig electron microscope, an energy-dispersive x-ray spectrometer and an automatic image analyzer. The sample is first wet treated to separate the silt-sized fraction (from 2 or 4 to 63 μm) (Fig. 1). The heavy fraction, (specific gravity >2.85 g cm^{-1}), is then separated out. A subsample of heavy mineral grains is mounted on a carbon mount for SEM-EDS analysis. The system used consists of: an Etec Autoscan, Model U-1, SEM; a Kevex 7000 EDS system equipped with a conventional beryllium window detector; a LeMont Scientific AIA unit. The SEM electron brush scans the area of interest, the AIA measures particles dimensions (area, mean diameter, lenght, width, perimeter), the EDS collects the x-ray spectrum from the center of each particle, identifies spectrum peaks and calculates interelement peak ratios. The chemical composition of each particle is checked with respect to a database, where a number of macroclasses and their definition criteria are memorized. Table 1 reports the list of macroclasses singled out for the analysis of the Adriatic Sea samples. It has to be noted that in most cases a single macroclass includes several minerals. Such minerals have different crystallographic features but similar chemical composition and this limits the System in performing a more precise classification. In these cases, and most significantly for the amphybole/pyroxene/tourmaline macroclass, a further distinction can be performed by analysing an aliquot of the heavy mineral subsample through x-ray diffraction. The "unknown" macroclass contains all the particles whose chemical composition does not fit the belonging conditions of any other macroclass: it is given mainly by rock fragments.

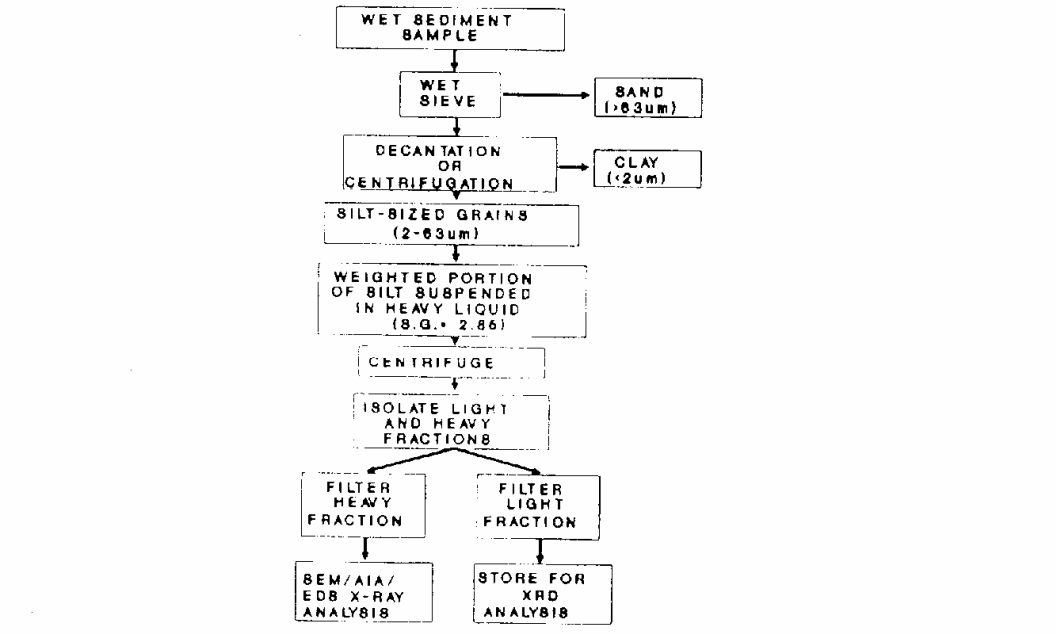


Fig. 1 - Scheme outlining the procedure used for grain-size and heavy mineral separation.

3. APPLICATION TO ADRIATIC SEA SEDIMENTS

The above method was applied on 12 surficial sediment samples (0-2 cm), collected during September 1989 in the Mid-Northern Adriatic Sea (Fig. 2). The basin, narrow and shallow (average depth of the mid-northern sub-basin is 40 meters), receives about 2500 m^3 s^{-1} of freshwater from the italian rivers, among which the Po river is the far most important. Offshore the littoral sands, a mud belt contours the coast up to a waterdepth of 20 to 30 meters. The central part of the basin is occupied mainly by relict sands and muddy sands from the holocene transgression. Past studies on heavy minerals distribution patterns (Pigorini, 1968; Gazzi et al, 1973) agreed in recognizing the sediments from the Po river for their high contents of horneblende, epidote and garnet. On the contrary, provenances from the northern venetian rivers are characterized mainly by augite, eroded from the Trentino porphyries. From the Po delta southward, Gazzi and coll, found higher percentages of highly stable heavy minerals (garnet, rutile-zircon-tourmaline); such minerals reflect the higher compositional maturity of the sediments making up the Marnoso-Arenacea formation, eroded by the Emilia-Romagna rivers.

Heavy mineral contents are interpreted as due to: a) provenance from different sources: b) grain-size sorting. Postdepositional dissolution or authigenic processes are considered not relevant. Neverthless, the former process can have impoverished the sediment, and mostly the relict sands, in some unstable minerals (e.g. apatite, slaurolite, augite).

Weight percentages of silt-sized heavy minerals are quite homogeneous through the studied area (Fig. 2), but still evidence enrichments within two distinct belts: the first one off and southward the Po delta, the second one in the eastern zone. The coastal enrichment evidences the heavy mineral contribute from the Po river. In the eastern area, where a decrease should he expected due to the lower energy on the bottom, the increase can be related to contributes from the relict sands. The main samples composition is reported in table 1 as population percent. The sum of macroclasses "Chlor" and "NaCaMgSil" makes up about 45% of each sample. Other macroclasses significantly present are: "TiOx", "FeOxCar", "CaAJSil", "FeAlSil". Most of the particles classified as "NACaMgSil" are probably given by horneblende, based on the data of Gazzi and coll. (1973) and Pigorini (1968).

Three main heavy mineral distribution patterns can be distinguished; they are illustrated in figure 3.

Pattern 1 (Fig. 3a): TiOx, FeAlSil.

The highest concentrations are located in the southern zone, off the Emilia-Romagna coast. This evidence suggests a significant input from the appennine rivers. The local input of garnet is overimposed on the already high padane contribute. TiOx grains result to be more easily dispersed offshore, due to their small dimensions (mean diameter = 2-4 μm).

Pattern 2 (Fig. 3b): NaCaMgSil, CaAISil, CaTiSil.

The provenance of such minerals from the Po watershed is evidenced by the decreasing contents from the delta area toward east/south-east.

Pattern 3 (Fig. 3c): Chlor, KA1Sil1, FeOxCar.

The distribution pattern of the above minerals is mainly determined by their fiat shape (Fe oxides are represented by a micaceous variety of hematite, widely diffused in alpine rocks) and, for chlorite and biotite, by their low specific gravity. Such features cause percent population contents to increase offshore, where bottom dynamic is less intense.

About 500 particles per sample are scanned and analysed. The final print-outs contain the abundances of each macroclass, both in terms of percent population (number of particles attributed on the total counted) and percent weight (weight of the macroclass particles on the total weight). The latter parameter is obtained by calculating the volume of each particle considered as a prolate spheroid and by attributing to each macroclass the relevant average specific gravity. Moreover, percent populations and weights are split in grain-size classes, based on their mean diameter. Beside the knowledge of the overall abundancy of a mineral, it is thus possible to interpret the meaning of mineral dimensions and mineral size variations within the studied area.

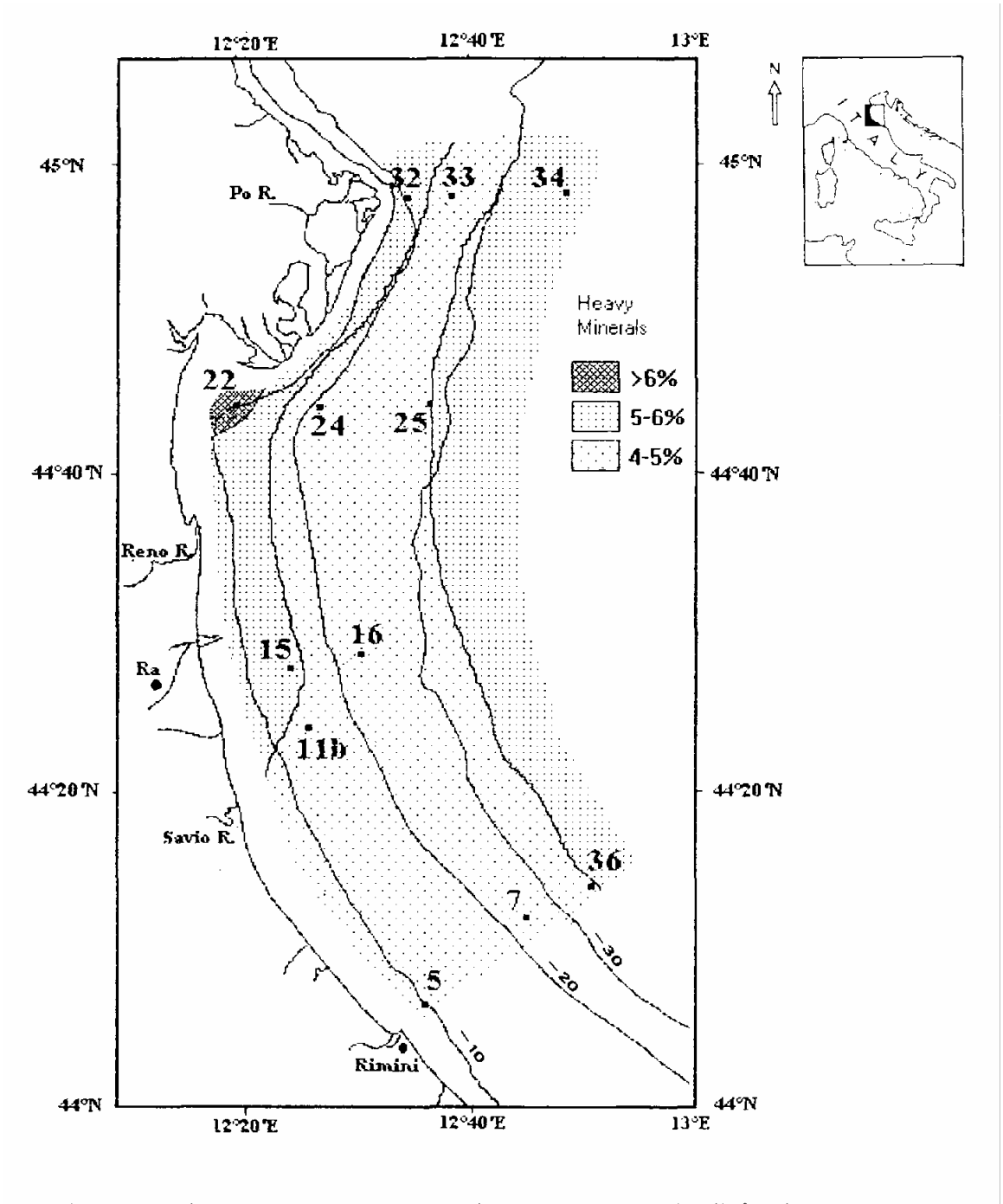


Fig. 2 - Samples location and heavy mineral weight percent on the silt fraction.

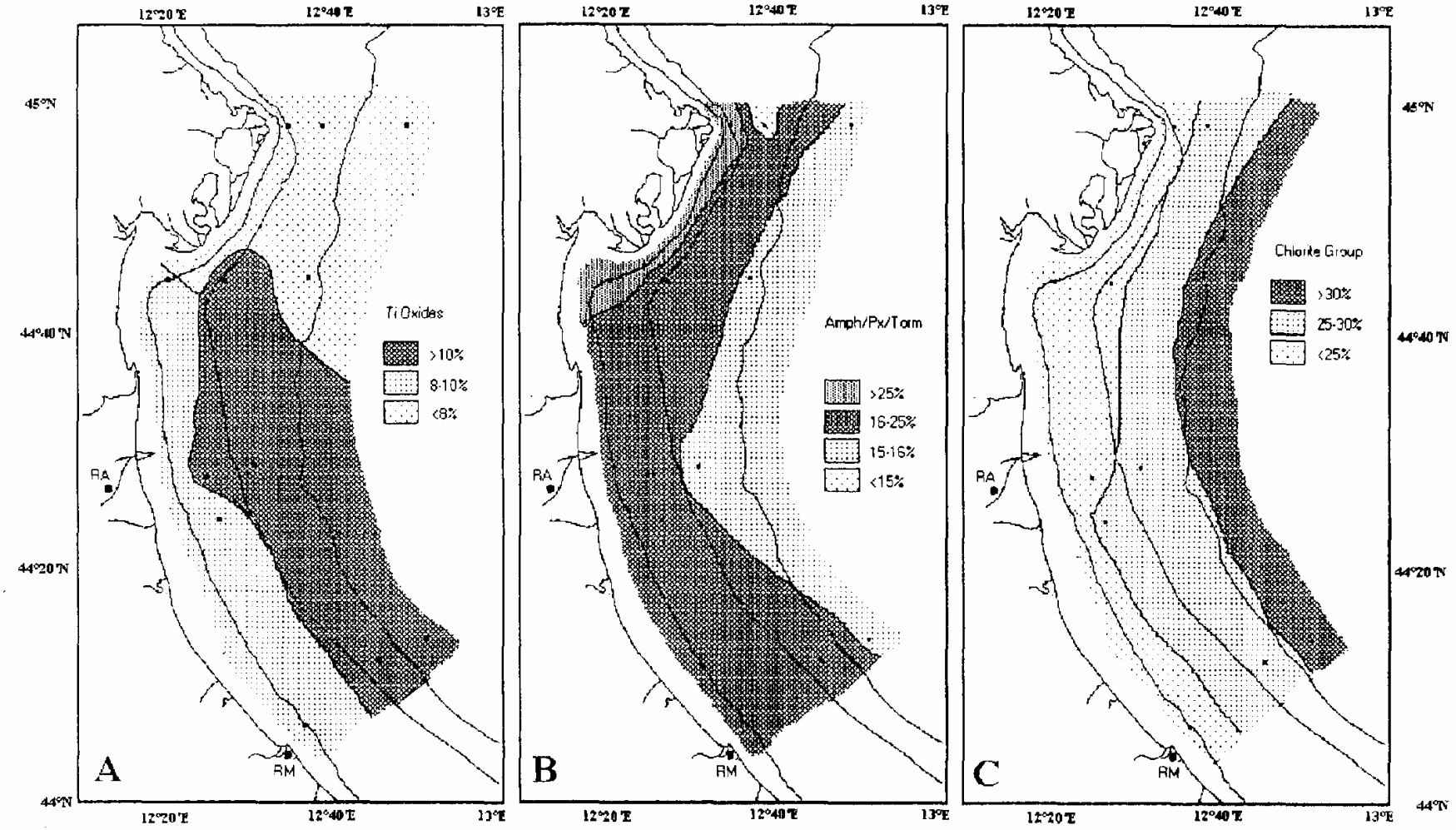


Fig. 3 - Distribution patterns of macroclasses "TiOx", "NaCaMgSil" and "Chlor" as percent population.

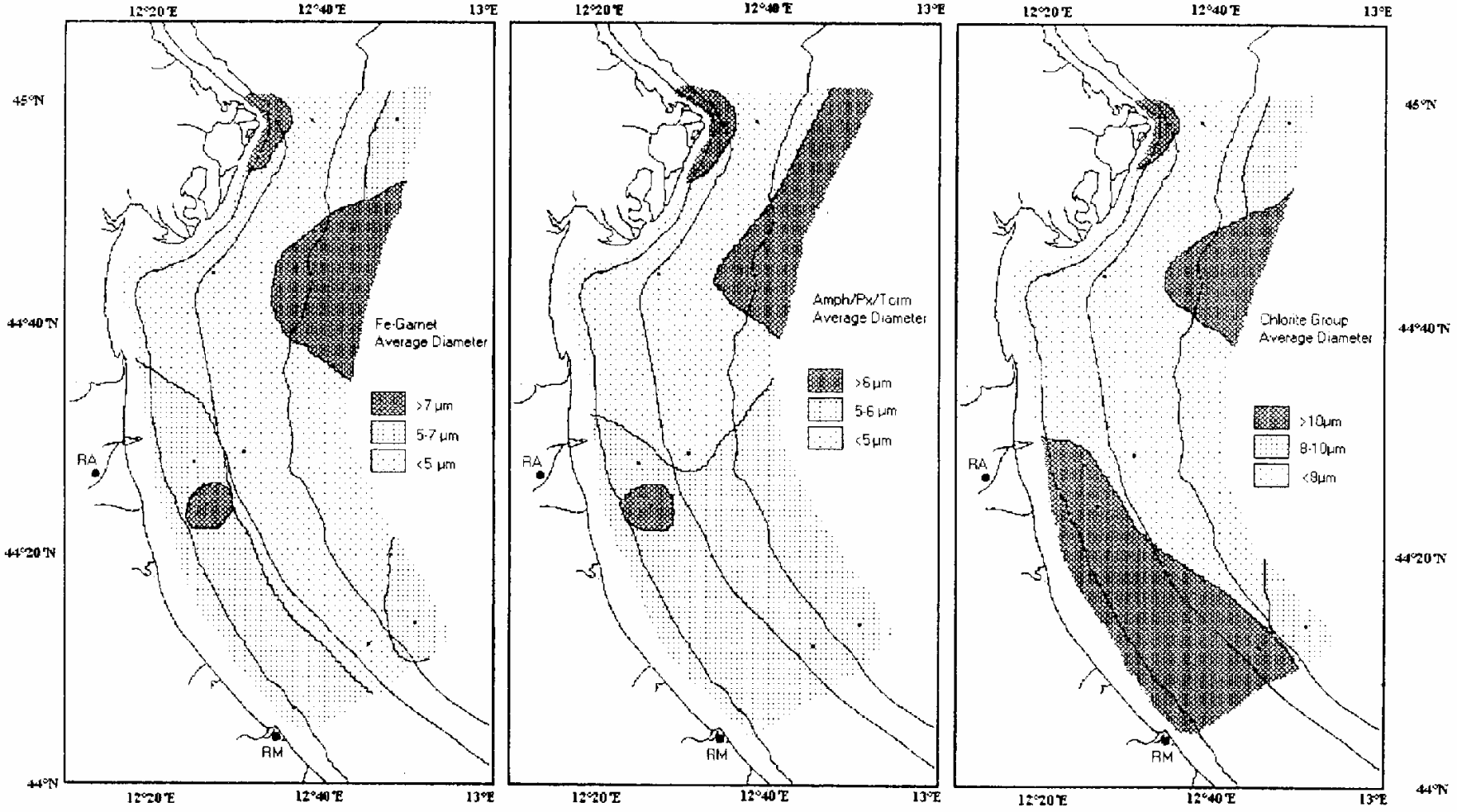


Fig. 4 - Distribution patterns of average diameters in macroclasses "FcAlSil", "NaCaMgSil" and "Chlor".

The analysis of the areal distributions of mineral mean diameters furnishes important information both on dynamic dispersion forces and on sediment sources. As a general rule, the dimensions of a mineral should decrease going away from its source; in case size increases are detected, they have to be attributed either to a new source (which not necesserely reflects in an increase of the total content of the mineral) or to an increase in the mean energy on the bottom. The patterns of most minerals, some of which are presented in figure 4, show high values near the main Po mouth, followed by lower values east- and southward. Values increase again in the most eastern part and in the coastal area south of the Reno river mouth. If the grain-size spectra along west-cast transects (Fig. 5) are observed, it becomes evident that, in most cases, moving from the sample dose to the coast to the one immediately eastward, the fine grains (<4 μm) increase as expected. On the contrary, in the most eastern sample this trend reverses and coarse grains (4-8, 8-16, 16-32 μm) become more abundant. These dimensional increases toward offshore are a further evidence of heavy mineral contributes from the residual Holocene deposits, probably caused by resuspension events. The increases in the coastal southern area have to be related both on inputs from the appennine rivers, and on the higher energy at the bottom. In fact, the Po delta protuberance is less effective in protecting this area from the storms coming from the north.
Within the overall frame above illustrated, two anomalies are present and are revealed by heavy mineral sizes. The first one is represented by sample E89S-22 and evidences a protected area located immediately southward the Po delta. All the heavy minerals show in this sample dimensions smaller than the averages. The second one is represented by sample E89S-llb and is a positive anomaly (high diameters). It has to be related to well drilling activities for hydrocarbon research, although no barite has been detected.

4. CONCLUSIONS

Main conclusions of this research can be summarized as follows:
a) the illustrated method resulted to be sensitive and able to furnish confirmations and original contributes on the provenance and dispersion of silt-containing sediments;
b) in the frame of an overall padane provenance of the sediment under study, the specific contributes of the Po river, the Emilia-Romagna rivers and the residual holocene deposits have been singled out;
e) bottom dynamic resulted to be a critical factor in determining sediment distribution; in particular it was evidenced:
- the sediment dispersion toward south/south-east;
- the contributes from silty grains, probably resuspended from the outer residual deposits;
- the protected area south the delta;
- the eastern dispersion and selective sorting of heavy minerals with low hydraulic comptence, due to their shape and specific gravity.

ACKNOWLEDGMENTS

A. Barbanti was supported by a CNR grant (203.05.13). Special thanks to M. Bothner and L. Poppe, who offered their collaboration during preliminary and laboratory work.

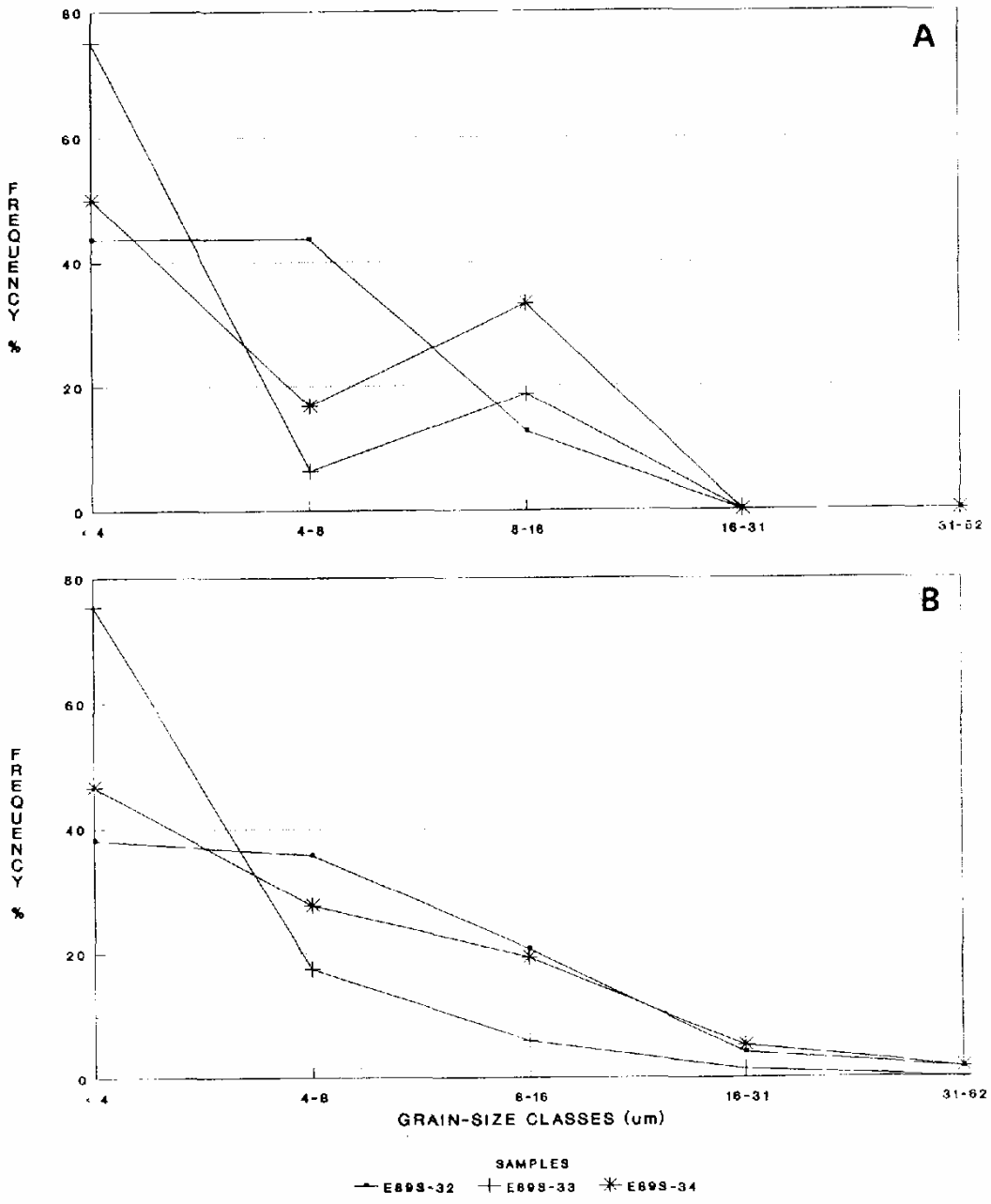


Fig. 5 - Grain-size spectra of macroclasses "CaTiSil" (A) and "NaCaMgSil" (B) along transect E89S-32/33/34.

		SAMPLE											
LABEL	MAIN MINERALS	E89S5	E89S7	E89S11B	E89S15	E89S16	E89S22	E89S24	E89S25	E89S32	E89S33	E89S34	E89S36
TiOx	rutile/anatase/brookite/leucoxene	9.05	10.76	8.91	10.29	14.92	8.09	10.38	6.72	7.13	7.19	7.38	10.30
FeTiOx	ilmenite	3.62	1.76	3.10	3.11	3.10	1.66	3.59	3.26	2.21	4.19	3.00	3.17
CaTiSil	sphene	3.22	2.93	2.52	2.33	2.51	3.12	2.39	2.21	3.93	3.20	1.65	2.97
MgCar	magnesite	0.00	0.19	0.00	0.00	0.19	0.21	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AlOx	corundum	0.20	0.00	0.39	0.19	0.00	0.41	0.20	0.20	0.73	0.39	1.09	0.00
FeOxCar	magnetite/hematite/goethite/sider	3.42	3.71	2.32	2.53	3.86	5.18	4.79	5.81	3.20	10.38	5.74	1.78
SiOx	quartz	0.60	1.57	0.97	0.78	1.16	0.83	1.00	0.20	0.24	0.39	1.09	0.59
ZrSiOx	zircon	0.40	0.19	0.77	0.00	0.19	0.83	0.60	0.00	0.73	0.20	1.09	0.39
CaP	apatite/monazite/vivianite	2.81	3.13	3.29	2.33	3.09	2.69	2.39	2.00	2.45	1.19	2.18	1.59
BaSulp	barite	0.00	0.00	0.00	0.19	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeSulp	pyrite	4.43	1.37	3.68	5.05	3.86	3.94	3.79	2.81	2.70	2.79	1.37	2.77
CuSulp	calcopyrite	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnSulp	sfalerite	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
CaAlSil	epidote	3.82	3.13	4.27	4.86	3.28	7.26	5.19	4.41	13.02	5.39	3.83	4.36
CaFeSil	andradite	0.20	0.00	0.58	0.59	0.19	0.20	1.20	0.40	1.48	0.20	0.28	0.39
CaFeCar	ankerite	4.83	1.61	4.07	2.33	1.16	2.49	1.20	1.80	0.98	1.00	0.82	1.78
FeAlSil	Fe-garnet/staurolite	9.46	5.67	5.62	8.74	9.27	6.22	7.99	7.01	3.93	6.98	5.18	9.70
AlSil	sillimanite/andalusite/kyanite	0.20	1.37	1.36	0.78	0.39	0.00	0.40	1.61	1.97	0.60	3.00	0.79
TiFeSiOx	Fe-stained quartz	1.61	2.74	0.58	0.97	2.32	1.04	1.79	1.40	1.23	1.60	0.28	1.98
Chlor	chlorite group	23.74	28.96	25.97	22.91	26.06	21.99	23.56	32.46	16.95	28.74	30.60	31.09
NaCaMgSil	amphiboles/pyroxenes/tourmaline	17.70	18.78	18.61	19.03	15.06	26.15	20.56	15.43	30.96	13.77	15.84	15.44
KAlSil1	phillosilicate - biotite	3.62	6.66	4.84	3.69	2.70	1.45	3.20	4.21	1.72	3.00	8.47	4.16
KAlSil2	phillosilicate - muscovite/lepido	0.20	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.55	0.00
MgAlOx	spinel	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00
FeMnOx	ferromanganese	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.21	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00
Misc.	rock fragments/other/altered grai	3.42	2.54	3.68	6.60	4.83	2.28	4.39	5.81	2.70	5.59	5.18	3.36
MgAlCrFeOx	cromite/ercinite	0.20	0.39	0.00	0.00	0.19	0.20	0.80	0.39	0.00	0.80	1.09	0.40
FeCaMgMnCar	mixed carbonates	1.21	1.76	3.68	1.94	1.54	3.53	0.40	1.20	1.23	1.40	0.28	2.77
TiSiOx	rutile+quartz	1.21	0.78	0.00	0.78	0.58	0.00	0.00	0.39	0.24	0.60	0.00	0.20

Tab. 1 - List of macroclasses and samples composition as percent population.

REFERENCES

Callahan, J.. 1987. A nontoxic heavy liquid and inexpensive filters for separation of mineral grains. *J. Sedim. Petrol.,* 57(4): 765-766.

Commeau, J.A., L.J. Poppe & R.F. Commeau. 1992. Separation and identification of the silt-sized heavy mineral fraction in marine sediments. *U.S. Geol. Surv. Circ. 1071:* 13 pp.

Gazzi, P., G.G. Zuffa, G. Gandolfi & L. Paganelli. 1973. Provenienza e dispersione litoranea delle sabbie delle spiagge adriatiche fra le foci dell'Isonzo e del Foglia: inquadramento regionale. *Mem. Soc. Geol. Il,* 12: 1-37.

Komar, P.D., K.E. Clemens, Z. Li & S. Shih. 1989. The effects of selective sorting on factor analyses of heavy mineral assemblages. /. *Sedim. Petrol.,* 59(4): 590-596.

Pigorini, B.. 1968. Sources and dispersion of recent sediments of the Adriatic Sea. *Mar. Geol., 6:* 187-229.

Poppe, L.J. & J.A. Commeau. 1992. Mineralogy of the silt fraction in surficial sediments from the United States mid-Atlantic shelf, slope and rise. *Mar. Geol.,* 103: 185-197.

Poppe, L.J., J.A. Commeau & P.C. Valentine. 1991. Mineralogy of the silt fraction in surficial sediments from the Outer Continental Shelf off southeastern New England.7. *Sedim. Petrol,* 61(1): 54-64.

Van Andel, TJ.H.. 1959. Reflections on the interpretation of heavy mineral analyses./. *Sedim. Petrol.,* 29(2): 153-163.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag, 107 a pag. 115

ECOZONAZIONE A FORAMINIFERI PLANCTONICI E PALEOCEANOGRAFIA DELL'ULTIMA DEGLACIAZIONE NEL MEDITERRANEO CENTRALE

Lucilia CAPOTONDI*, Alessandra ASIOLI** e Anna Maria BORSETTI*,

Istituto per la Geologia Marina del C.N.R., Bologna
** Istituto di Geologia, Paleontologia e Geografia, Università di Parma

SUMMARY

Six ecozones based on planktonic Foraminifera content, calibrated by ^{14}C dates and stable isotope stratigraphy, have been identified in the Central Mediterranean for the last deglacial period. The most recent knowledges, reached on the environmental parameters affecting the Foraminifera associations, allowed the paleoceanographic reconstruction for the area during the last 18 kyrs.

1. PREMESSA

Lo studio qualitativo e quantitativo delle associazioni a Foraminiferi planctonici presenti in 55 carote provenienti dal Mar Tirreno, Canale di Sicilia e Mare Adriatico (Fig. 1) ha permesso di ottenere una biostratigrafia ad alta risoluzione del tardo Pleistocene - Olocene per il Mediterraneo centrale.

E' infatti riconoscibile una successione di bioeventi strettamente collegata ai parametri ambientali (comparsa e/o scomparsa di specie, aumento e diminuzione di frequenza relativa) comune ai tre mari in base alla quale è stata istituita una successione di ecozone.

Le variazioni della composizione isotopica dell'ossigeno presente nei gusci carbonatici e le analisi radiometriche hanno permesso di datare tali bioeventi e relazionarli con le variazioni climatiche succedutesi durante gli ultimi 18000 anni.

Inoltre le recenti conoscenze circa i parametri che condizionano la distribuzione dei Foraminiferi planctonici (contenuto in ossigeno, tenore di salinità, disponibilità dei nutrienti, presenza della sostanza organica, profondità del picnoclino e del massimo di clorofilla) e le loro oscillazioni di frequenza hanno permesso di ricostruire la paleoceanografia relativa a questo intervallo di tempo.

2. DESCRIZIONE DELLE ECOZONE

Le ecozone vengono di seguito descritte in ordine stratigrafico in modo da

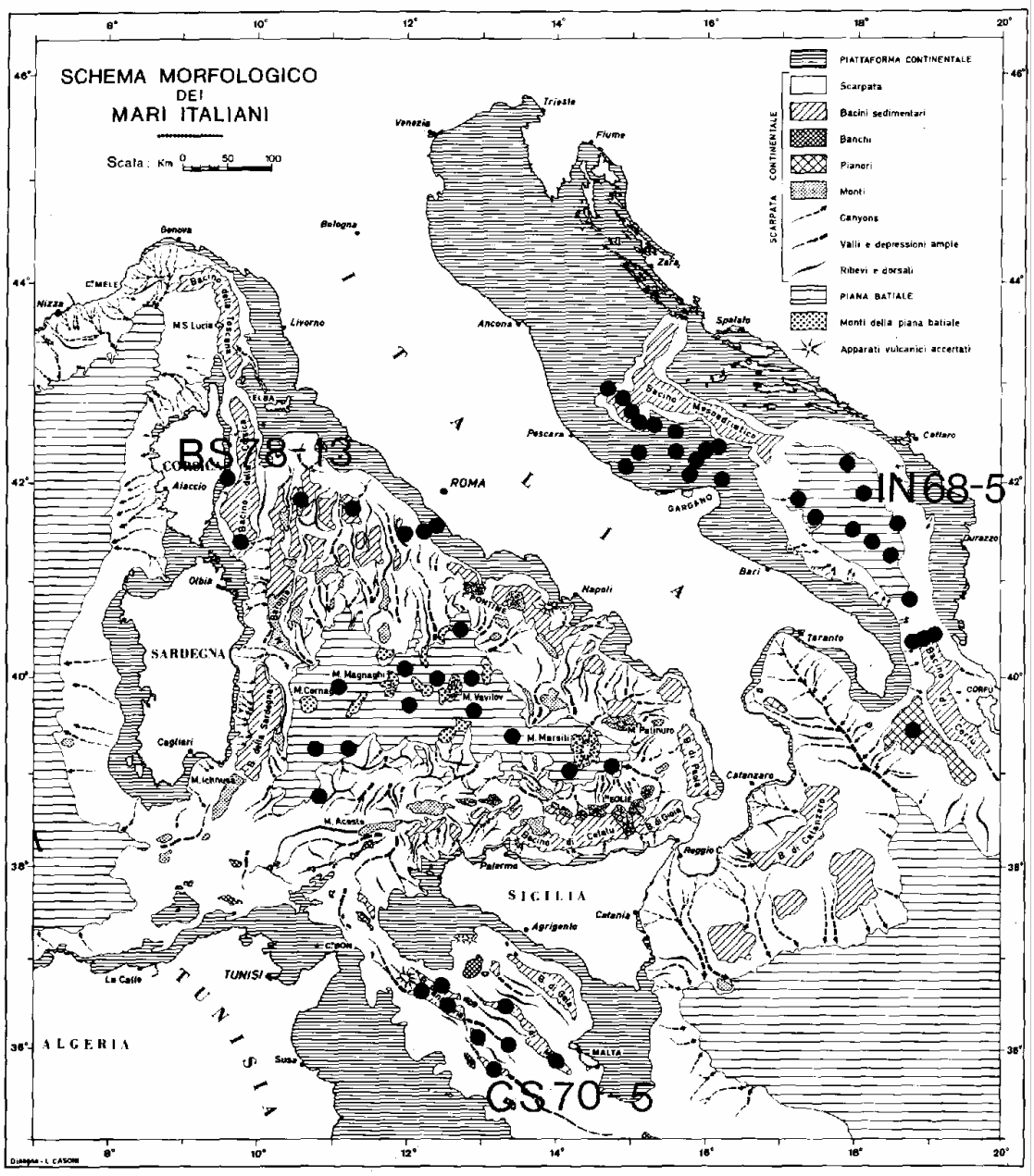


Fig. 1 - Ubicazione delle carote utilizzate per l'individuazione delle ecozone.

evidenziare più facilmente l'evoluzione paleoceanografica del Mediterraneo centrale durante l'ultima deglaciazione (dai 18000 anni all'attuale).

Ecozona 6 - II limite inferiore di questa ecozona è individuabile dalla scomparsa di *Globorotalia inflata* e *Globorotalia truncatulinoides* (Borsetti et al., 1992) e si caratterizza per presentare una microfauna costituita interamente da forme che prediligono condizioni di bassa temperatura sia a livello di masse d'acqua profonde *(Neogloboquadrina pachyderma* e *Globorotalia scitula)* che intermedie *(Globigerina bulloides)* che superficiali *(Globigerina quinqueloba).* Tali taxa infatti vengono indicati in bibliografia come appartenenti al gruppo polare e subpolare (Kipp, 1976; Bè & Tolderlund, 1971; Thunell, 1978; Kennett & Srinivasan, 1983; Dowsett & Poore, 1990). E' presente anche *Globigerinita glutinata,* specie abbastanza ubiquitaria nel Mediterraneo (Cifelli, 1974; Thunell, 1978) la cui distribuzione e variazioni di frequenza non è ancora ben relazionabile con qualche parametro ambientale.

Ecozona 5 - Questo intervallo si differenzia dal precedente per la ricomparsa di G. *infiala,* forma molto frequente attualmente nel bacino occidentale che sembra preferire un optimum di temperatura compreso tra i 14° e i 15° C (Thunell, 1978). Le altre specie presenti sono G. *truncatulinoides* e *Globigerinoides* ex gr. *ruber* mentre permangono, sia pure in bassa percentuale, tutte le specie della zona precedente.

Ecozona 4 - Si può riconoscere questo intervallo per una forte diminuzione di frequenza delle specie presenti nella ecozona sopra descritta e dall'aumento di forme indicatrici di acque fredde. Da sottolineare però che si osservano tre situazioni diverse per le tre aree considerate: nel Mar Tirreno si ha un forte aumento di G. *bulloides* (40%) (Capotondi et al.,1989), nel Canale di Sicilia di G. *quinqueloba* (50%) (Vergnaud Grazzini et al., 1988) e nel Mar Adriatico di *N. pachyderma* (80%) (Jorissen et al., 1993).

Ecozona 3 - In maniera molto graduale si passa ad una associazione costituita da forme carnivore e di acque superficiali quali G. *ruber ruber, Orbulina universa, Globigerina calida, Globigerina digitata, Globigerinoides tenellus, Globigerinella aequilateralis (* Bè e Tolderlund, 1971; Ruddiman, 1971; Thunell, 1978; Zachariasse et al., 1989; Pujol,1980; Vergnaud Grazzini et al., 1986).

Ecozona 2 - La peculiarità di questo intervallo è indubbiamente data dalla presenza di un caratteristico aumento di frequenza di *Globigerinoides trilobus* e di *Globigerinoides sacculifer* la cui distribuzione risulta essere fortemente dipendente dalla temperatura (Bè e Hutson, 1977; Zachariasse et al., 1989, Dowsett & Poore, 1990; Auras-Schudnagies et al., 1989)

Ecozona 1 - Tale zona corrisponde all'attuale associazione cioè: presenza di G. *inflata* e G. *truncatulinoides* (solo nel Mar Tirreno e nel Canale di Sicilia), associate a G. *bulloides, G. quinqueloba* e G. *ruber* gr.; assenza di G. *scitula* e N. *pachyderma.*

3. PALEOTEMPERATURA E CRONOLOGIA

Per il riconoscimento delle oscillazioni climatiche che si sono succedute nell'area in esame durante l'ultima deglaciazione sono state utilizzate due diverse metodologie. Il primo metodo adottato è quello micropaleontologico che consiste nel costruire una curva ottenuta facendo per ogni livello studiato la somma algebrica delle specie che prediligono le masse d'acqua temperato-calde, considerate positive, e quelle che prediligono le masse d'acqua fredde, considerate negative.

Un altro metodo è dato dall'analisi geochimica dei gusci dei Foraminiferi il cui tenore isotopico dell'ossigeno ($^{18}O/^{16}O$) è direttamente proporzionale alla temperatura della massa d'acqua nella quale sono vissuti. Riportando questi valori $\delta^{18}O$ per ogni campione in funzione della profondità si ottiene una curva le cui oscillazioni rappresentano le variazioni climatiche che si sono verificate nell'intervallo indagato. Inoltre poiché queste oscillazioni hanno anche valore stratigrafico il loro utilizzo permette di datare il sedimento in esame. Una ulteriore verifica dell'età è stata eseguita mediante datazioni ^{14}C su sedimento e datazioni AMS su Foraminiferi planctonici.

Il confronto delle curve paleoclimatiche (Fig. 2) con le datazioni radiometriche e la successione delle ecozone permette di effettuare le seguenti considerazioni. Dalla figura risulta evidente come gradualmente, in tutti e tre i bacini analizzati, da condizioni climatiche rigide, caratteristiche dei 18000 anni (ecozona 6), si passi gradualmente ad un riscaldamento (ecozona 5). Questo andamento viene interrotto attorno a 11000-10000 anni B.P. da un marcato raffreddamento noto in bibliografia come Younger Dryas (Bard et al., 1987; Bard et al.,1990; Fairbanks, 1989) (ecozona 4).

La ripresa della deglaciazione, corrispondente alla ecozona 3, si ha attorno ai 9000-8000 anni e coincide con un riscaldamento della massa d'acqua graduale e soprattutto a livello superficiale. Nella zona 2 si ha una leggera oscillazione prima negativa poi positiva che le datazioni radiometriche riconducono all'ultimo Ottimo Climatico (6000-5000 anni fa). Un leggero calo di temperatura si verifica in corrispondenza dell'ultima ecozona in cui si instaura l'attuale associazione a Foraminiferi planctonici.

4. ECOZONAZIONE E PALEOCEANOGRAFIA

Lo studio micropaleontologico delle associazioni a Foraminiferi planctonici e la geochimica degli isotopi stabili dell'ossigeno relativa ai loro gusci ha permesso di ricostruire la paleoceanografia del Mediterraneo centrale durante l'ultima deglaciazione. In particolare per le 6 ecozone individuate sono state riconosciute le seguenti situazioni oceanografiche.

Zona 6 - In corrispondenza dell'ultimo massimo glaciale, verificatosi 18000 anni fa,quando in tutta l'area si è avuto lo sviluppo di forme polari-subpolari, l'intera colonna d'acqua era a più bassa temperatura rispetto all'attuale, non stratificata e ricca di nutrienti.

Zona 5 - Con l'inizio della deglaciazione, circa a 15000 anni fa, l'innalzamento del livello marino è stato accompagnato da un maggiore apporto di acqua dolce che avrebbe

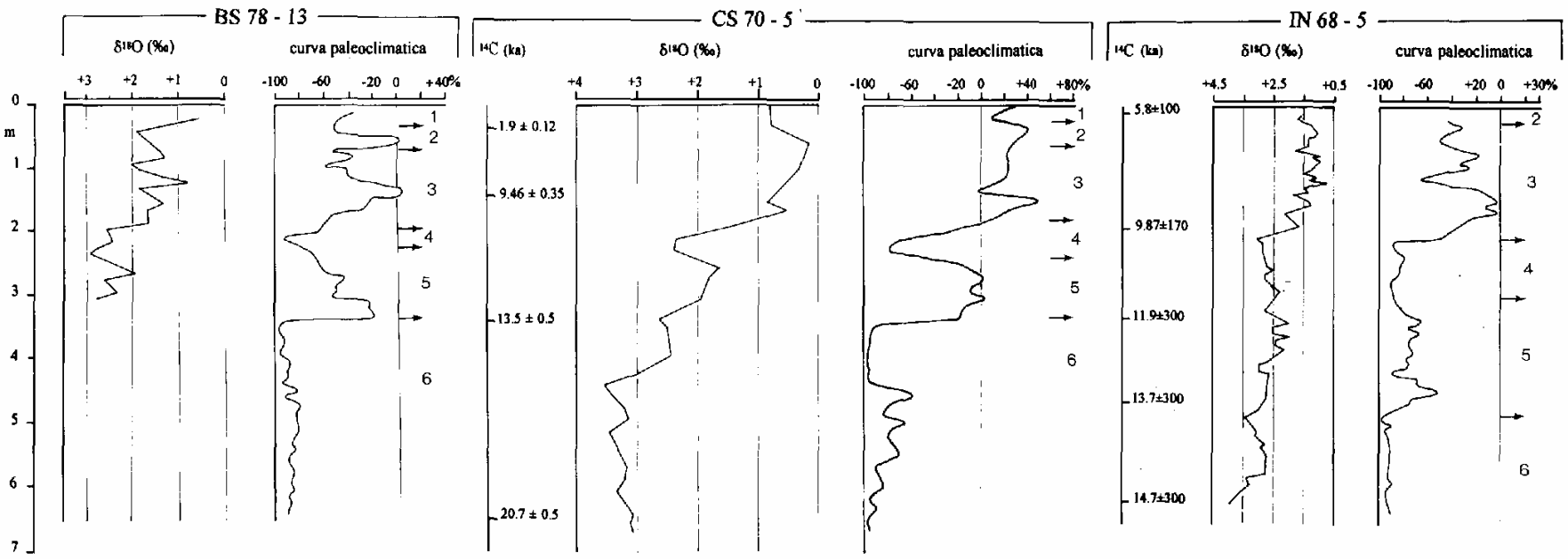


Fig. 2 - Datazioni ^{14}C, profili isotopici ($\delta^{18}O$ su *G. bulloides*) e curve paleoclimatiche di BS 78-13 (Mar Tirreno), CS 70-5 (Canale di Sicilia) e IN 68-5 (Sud Adriatico) (per l'ubicazione vedi Fig. 1).
La curva paleoclimatica è stata ottenuta sommando le specie ad affinità fredda (*G. bulloides*, *G. scitula*, *N. pachyderma*, *G. quinqueloba* e *G. glutinata*), considerate negative, a quelle ad affinità calda (*G.* gr. *ruber*, *G. trilobus*, *G. sacculifer*, *O. universa*, *G. calida* e *G. tenellus*), considerate positive. A fianco delle curve paleoclimatiche sono riportate le ecozone riconosciute (vedi testo).

causato un aumento dei nutrienti nelle acque superficiali e pertanto un aumento di fitoplancton. Si registra la comparsa di specie erbivore e di massa d'acqua temperata (*G. inflala* e *G. truncalulinoides)* con il persistere di *N. pachyderma* in buona percentuale. Tale associazione porta a supporre la presenza di un massimo di clorofilla profondo e ad un intenso upwelling nell'area (Reynolds & Thunell, 1986).

Zona 4 - Attorno ai 10000 anni, un episodio freddo e secco, lo Younger Dryas, arresta la deglaciazione. In questo intervallo di tempo aumenta lo scambio di acque atlantiche e mediterranee nello Stretto di Gibilterra (Abrantes, 1988) e si ha un conseguente arricchimento di nutrienti nelle acque superficiali (Minas et al, 1984).

La risposta a questo evento è registrata in modo diverso nei tre bacini: nel Canale di Sicilia si ha una elevata frequenza di G. *quinqueloba* a testimonianza di una maggiore influenza di acque atlantiche in quest'area rispetto al Mar Adriatico e al Mar Tirreno. In quest'ultimo si ha l'aumento di *G. bulloides* che fa ipotizzare l'instaurarsi di una stratificazione delle acque con conseguente diminuzione del tenore di ossigeno sul fondo. Nel Mar Adriatico l'elevatissima frequenza di *N. pachyderma* (specie di masse d'acqua profonda) testimonia la formazione di acque profonde e dense.

Zona 3 - A circa 9000 anni in tutto il Mediterraneo centrale si ha una associazione dominata da specie carnivore e l'evidenzia di un forte contributo di apporti di acque dolci e di nutrienti. La temperatura è in aumento e si instaura un singolare regime oceanografico caratterizzato dalla stratificazione delle masse d'acqua. La massima espressione sedimentaria di tale fenomeno si trova nel Mediterraneo orientale dove si ha la deposizione del sapropel S1 (9000 - 8000 anni).

In Adriatico si ha praticamente la scomparsa delle forme che vivono in masse d'acqua profonde (es. *N. pachyderma)* e la totale assenza dell'associazione bentonica. Questa situazione denuncia un importante influsso di acque dolci superficiali tale da impedire la formazione di acque profonde. Nel Canale di Sicilia l'assenza pressoché totale del bentos testimonia una netta diminuzione dell'ossigeno nella massa d'acqua profonda.

Nel Mar Tirreno le forme carnivore, caratteristiche della ecozona, pur presenti, sono meno frequenti che negli altri due mari; mentre quella bentonica risulta fortemente oligotipica e costituita da forme che ben tollerano i bassi tenori di ossigeno.

Zona 2 - In questo intervallo di tempo, circa 6000-5000 anni fa, le curve paleoclimatiche registrano un breve raffreddamento seguito da una oscillazione calda leggermente superiore all'attuale (Ottimo Climatico). L'instaurarsi di una associazione planctonica di tipo temperato caldo (in particolare lo sviluppo di due forme del gruppo tropicale- subtropicale: G. *trilobus* e G. *sacculifer)* ed il ripristinarsi di una associazione bentonica ricca e diversificata porta ad ipotizzare un notevole cambiamento oceanografico: scompare la stratificazione tipica dell'intervallo precedente e si ha una buona ossigenazione lungo l'intera colonna d'acqua.

Zona 1 - Si instaura l'attuale situazione idrologica infatti le associazioni indicano prevalenza di acque atlantiche nel Mar Tirreno, una complessa situazione nel Canale di Sicilia (Vergnaud Grazzini et al.,1988) e prevalenti acque levantine nel Mar Adriatico

(Asioli et al., 1988).

5. CONCLUSIONI

Lo studio delle associazioni a Foraminiferi planctonici, corredato da datazioni ^{14}C e profili isotopici $^{16}O/^{18}O$, permette di ricostruire la paleoceanografia del Mediterraneo centrale durante gli ultimi 18.000 anni.

Durante l'ultimo acme glaciale (18.000 anni B.P.) tutta l'area era caratterizzata da acque non stratificate, fredde, ricche in nutrienti e ben ossigenate.

Con l'inizio della deglaciazione (15.000 anni B.P.) l'innalzamento del livello marino e l'immissione di acque dolci provocano diversi gradi di stratificazione della massa d'acqua nei tre diversi mari. La specie profonda *G. scitula* si estingue nel Mare Adriatico e nel Canale di Sicilia ma persiste in percentuale ridotta nel Mare Tirreno.

La pausa della deglaciazione dello Younger Dryas è ben registrata in tutti e tre i mari ma a dieverse profondità all'interno della colonna d'acqua.

La ripresa della deglaciazione (10.000 anni fa) con un nuovo un forte impulso di acque dolci porta alla deposizione del sapropel S] nel Mediterraneo orientale, alla stratificazione delle acque con entrata di specie levantine e carnivore, quali G. *ruber ruber, G. calida, G. digitata* e *O. universa* in Adriatico.

Possiamo affermare che a questo punto si instaura l'attuale circolazione in Adriatico.

Nel Canale di Sicilia l'estinzione del benthos testimonia un calo di ossigeno dovuto alla stratificazione della massa d'acqua causato dall'abbassamento del livello di mixing tra acque atlantiche e levantine (Vergnaud Grazzini et al., 1988).

Nel Mar Tirreno si nota solo un aumento delle specie carnivore e un calo di ossigeno nelle acque profonde.

Durante l'ultimo Ottimo Climatico (5-6.000 anni fa) la presenza di forme quali *G. trilobus* e G. *sacculifer* fa supporre una certa omogeneità delle masse d'acqua in tutta l'area e dopo questa fase le associazioni indicano una nuova differenziazione con acque marcatamente di tipo levantino in Adriatico, atlantiche nel Tirreno e nel Canale di Sicilia.

Contributo n. 939 dell'Istituto per la Geologia Marina del C.N.R di Bologna.

BIBLIOGRAFIA

Abrantes, F. 1988. Diatom productivity peak and increased circulation during latest Quaternary: Alboran Basin (Western Mediterranean). *Mar. Mìcropal,* 13: 79-96.

Asioli, A., A. M. Borsetti, L. Capotondi, P . Colantoni & S. D'Onofrio. 1988. I Foraminiferi planctonici quali indicatori paleoceanografici: ipotesi di variazioni di circolazione nel Mare Adriatico dall'ultimo glaciale ad oggi. *Atti VIII Congr. A.I.O.L,* Pallanza (1988): 95-113.

Auras-Schudnagies, A., D. Kroon, G. Gaussen, C. Hemleben & J.E. van Hinte. 1989. Distributional pattern of planktonic Foraminifers and Pteropods in surface waters and top core sediments of the Red Sea and adjacent areas controlled by the

monsoonal regime and other ecological factors. *Deep Sea Res.,* 36: 1513-1533.

Bard, E., M. Arnold, P. Maurice, J. Duprat, J. Moyes & J.C. Duplessy. 1987 Retreat velocity of the North Atlantic polar front during the last deglaciation determined by ^{14}C accelerator mass spectrometry. *Nature,* 328: 791-794.

Bard, E., B. Hamelin, R.G. Fairbanks, & A. Zindler. 1990. Calibration of the ^{14}C timescale over the past 30,000 years using mass spectrometry U-Th ages from Barbados corals. *Nature,* 345: 405-409.

Bè, A.W.H. & W.H. Hutson. 1977. Ecology of planktonic Foraminifera and biogeographic patterns of life and fossil assemblages in the Indian Ocean. *Micropaleontology,* 23: 369-414.

Bè, A.W.H. & O.S. Tolderlund. 1971. Distribution and ecology of living planktonic Foraminifera in surface waters of the Atlantic and Indian Oceans. In: (Funnell B. M. and Riedel W. R. eds.) *The Micropaleotitology of Oceans:* 105-149, Cambridge.

Borsetti, A.M., L. Capotondi & C. Vergnaud Grazzini. 1992. Planktonic foraminiferal biocronology during the last 127,000 years in the Thyrrenian sea. *Rapp.Comm. int Mer Médit.:* 119.

Capotondi, L., A.M. Borsetti, C. Vergnaud Grazzini & S. D'Onofrio. 1989. Biostratigrafia e stratigrafia isotopica della carota AC 85-4: considerazioni sulla paleoceanografia tardo-quaternaria del Mar Tirreno orientale. *Giorn. Geol.,* 51/1: 201-212.

Cifelli, R. 1974. Planktonic Foraminifera from the Mediterranean and adjacent Atlantic waters. *Journ. Foram. Res.,* 4: 171-183.

Dowsett, H.J. & R.Z. Poore. 1990. A new planktic Foraminifer transfer function for estimating Pliocene-Holocene paleoceanographic conditions in the North Atlantic. *Mar. Micropal,* 16: 1-23.

Duplessy, J.C., G. Delibrias, J.L. Turon, C. Pujol, & J. Duprat. 1981. Deglacial waring of the northeastern Atlantic Ocean: correlation with the paleoclimatic evolution of the European continent. *Paleoceanography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 35: 121-134.

Fairbanks, R.G. 1989. A 17,000-year glacio-eustatic sea level record, influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature,* 342: 637-642.

Kipp, N.G. 1976. New transfer function for estimating past sea-surface conditions from sea-bed distribution of planktonic foraminiferal assemblages in the North Atlantic. In: R.M. Cline & J.D. Hays (eds.) "Investigations of Late Quaternary Paleoceanography and Paleoclimatology", *Geol. Soc. Ani. Meni.,* 145: 3-41.

Jorissen, F.J., A. Asioli, A. M. Borsetti, L. Capotondi, J. P. de Visser, F. J. Hilgen, E. J. Rohling, K. van der Borg, C. Vergnaud Grazzini & W. J. Zachariasse. 1993. Late Quaternary centrai Mediterranean biochronology. *Mar. Micropal.,* 21: 169-189.

Minas, H.J., B. Coste & M. Minas. 1984. Océanographie du detroit de Gibraltar et des parages annexes. *Cour: CNRS,* 57: 10-17.

Pujol, C. 1980. Les Foraminifères planctoniques de l'Atlantique Nord au Quaternaire. Ecologie, stratigraphie, environment. Univ. Bordeaux Thesis: 254 pp.

Reynolds, L. A. & R.C. Thunell. 1986. Seasonal production and morphologic variation of Neogloboquadrina pachyderma (Ehremberg) in the Northeast Pacific. *Micropaìentology,* 32: 1-18.

Ruddiman W.F. 1971. Pleistocene sedimentation in the equatorial Atlantic: stratigraphy and faunal paleoclimatology. Geo/. *Soc. Amer. Bull,* 82 /2: 283-302.

Thunell R. C. 1978. Distribution of recent Foraminifera in surface sediments of the Mediterranean sea. *Mar. Micropal.,* 3: 147-173.

Vergnaud Grazzini, C., A.M. Borsetti, F. Cali, P. Colantoni, S. D'Onofrio, J.F. Saliege, R., Sartori & R. Tampieri. 1988. Palaeoceanographic record of the last deglaciation in the Strait of Sicily. *Mar. Micropal.,* 13: 1-21.

Vergnaud Grazzini, C., G. Glacon, C. Pierre, C. Pujol & MJ. Urrutiaguer. 1986 . Foraminiferes planctoniques de Mediterranee en fin d'été. Relations avec les structures hidrologiques. *Mem. Soc. Geol. It.,* 36: 175-188.

Zachariasse, W. J., C.G. Rijderveld, C.G. Langereis, F.J. Hilgen & P.J.J.M. Verhallen. 1989. Early Late Pliocene Biochromology and surface water temperature variations in thye Mediterranean. *Mar. Micropal.,* 14: 359-355.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 117 a pag. 124

ANALISI DI POPOLAZIONI DEL COPEPODE CALANOIDE *MIXODIAPTOMUS KUPELWIESERI* IN CORPI D'ACQUA DELL'APPENNINO LIGURE

Valerla ROSSI, Gianmarco PARIS, Giampaolo ROSSETTI, Sandra SEI
e PierluigiVIAROLI

Istituto di Ecologia, Università di Parma, Viale delle Scienze 43100 PARMA

SUMMARY

Populations of the calanoid copepod *Mixodiaptomus kupelwieseri* downelling in a cold water small lake (Lago degli Abeti) and in three temporary ponds (Asperelle, Code d'Asino and Lagastro) located at altitudes from 1267 m and 1330 m in the Foresta Demaniale delle Lame (Ligurian Apennines, Italy) were studied. Research was carried out during the 1991 ice-free water season. Population seasonal cycles in the different water bodies were examined and genetic structure was analysed by starch gel electrophoresis. The four populations belong to the same species: the Nei index of genetic similarity was more than 88%. The Lago degli Abeti population showed the lowest level of genetic diversity: it was significantly less similar to the pond populations than they were among themselves.

1. INTRODUZIONE

Nel 1988 una campagna di ricerche idrobiologiche, coordinata da Luigi Cagnolaro del Museo di Storia Naturale di Milano, è stata avviata sui laghi e sulle pozze della Foresta Demaniale delle Lame (Monte Aiona, Val d'Aveto, Provincia di Genova). Il chimismo di base e lo stato trofico delle acque dei tre ambienti lacustri più importanti (Lago degli Abeti 1329 m s.l.m., Lago Riondo 1328 m s.l.m. e Lago delle Lame 1070 m s.l.m.) sono stati indagati in relazione alle caratteristiche geolitologiche salienti dei rispettivi bacini idrologici e all'impatto di attività antropiche (Viaroli et al., 1992a, 1992b) E' stata inoltre analizzata la composizione dello zooplancton dei tre laghi e di tre pozze temporanee (Asperelle 1267 m s.l.m., Code d'Asino 1275 m s.l.m. e Lagastro 1330 m s.l.m.) (Manzoni et al., 1992).

In questa nota sono presentati alcuni risultati di ricerche condotte durante la stagione delle acque aperte del 1991. Ci si è concentrati sullo studio delle popolazioni di un copepode calanoide, *Mixodiaptomus kupelwieseri,* la cui presenza come specie dominante dello zooplancton sia del Lago degli Abeti che delle tre pozze temporanee è stata per la prima volta segnalata da Manzoni et al . (1992). Il ritrovamento di *M. kupelwieseri* in corpi d'acqua di quote altimetriche relativamente alte assume particolare rilievo: questa specie era infatti segnalata in precedenza come tipica di acque perenni o astatiche di pianura (Stella, 1984).

Dopo una sommaria descrizione della struttura dello zooplancton e una caratterizzazione preliminare del ciclo stagionale di *M. kupelwieseri* nei quattro corpi d'acqua, saranno discussi i risultati di uno studio condotto con il metodo dell'analisi elettroforetica delle proteine enzimatiche per una valutazione della struttura e variabilità genetica delle differenti popolazioni del calanoide.

2.MATERIALI E METODI

Nel Lago degli Abeti campioni d'acqua e di plancton sono stati raccolti l'8 giugno, il 30 luglio, il 7 settembre e il 30 ottobre 1991 da due strati (rispettivamente a 0.5 m dalla superficie e a 0.5 m dal fondo) lungo la colonna verticale di massima profondità (6.5 m). Sui campioni d'acqua, prelevati con bottiglia di Ruttner, si è proceduto alla determinazione del pH e delle concentrazioni di ossigeno disciolto, azoto nitrico e ammoniacale, fosforo totale, silice reattiva e clorofilla-*a*. La temperatura era misurata di metro in metro su tutta la colonna. Sono stati raccolti anche campioni di fitoplancton; ad ogni data uguali volumi di acqua prelevati dallo strato di superficie e dallo strato prossimo al fondo sono stati integrati in un unico campione che era immediatamente fissato con soluzione di Lugol acetico; il conteggio è stato eseguito con il metodo di Utermöhl. I campioni di zooplancton sono stati raccolti lungo la verticale con rete ad apertura di maglia di 50 µm e bocca di 27 cm di diametro. Il conteggio è stato fallo sulle specie di Rotiferi, Cladoceri e Copepodi.

Nelle pozze temporanee, che sono restate asciutte per tutta l'estate, il campionamento è stato fatto solo l'8 giugno e il 30 ottobre 1991: è stata misurata la temperatura, sono stati prelevati campioni d'acqua per le analisi chimiche e campioni di zooplancton con trappola di Patalas.

L'analisi elettroforetica è stata fatta su singoli individui (copepoditi di stadi avanzati e adulti) di *Mixodiaptomus kupelwieseri.* L'analisi è stata eseguita su gel di amido utilizzando l'estratto acquoso ottenuto in seguito ad omogeneizzazione meccanica di singoli individui vivi. Per ogni individuo sono stati analizzati 4 loci enzimatici: GPI (glucoso fosfato isomerasi), ICD1 (isocitrato deidrogenasi), MPI (mannoso fosfato isomerasi), PGM (fosfoglucoso mutasi). I metodi utilizzali sono stati descritti da Harris & Hopkinson (1976). Per ciascun locus gli alleli sono stati identificati con numeri progressivi: il numero 1 indica l'allele con minor velocità di migrazione relativa.

Per il calcolo delle frequenze alleliche, dei parametri utilizzati nell'analisi della variabilità genetica - numero medio di alleli per locus, eterozigosi media, indice di similarità genetica di Nei (1987) -, per il confronto delle frequenze alleliche nelle diverse popolazioni e per il confronto delle frequenze osservate con quelle attese all'equilibrio di Hardy-Weinberg è stato utilizzato il programma statistico Biosys-1 (Swofford & Selander, 1981).

3.RISULTATI

3.1.Chimismo e stato trofico delle acque

II Lago degli Abeti ha acque fredde (la temperatura più alta è stata registrata a fine luglio: 12.7 °C) e trasparentissime (il fondo è sempre visibile anche alla massima profondità). La percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto oscilla tra il 70 e il 110%, il pH tra 7.6 e 8.4. Le acque sono ben tamponate e presentano un'elevata forza ionica: l'alcalinità totale è compresa tra 0.94 e 1.00 $meq \cdot l^{-1}$.Tra i cationi è notevole l'importanza del magnesio in relazione alla presenza assai diffusa di rocce ofiolitiche nel bacino imbrifero (Viaroli et al, 1992a, 1992b). Decisamente basse sono le concentrazioni di fosforo reattivo con un massimo di 3 $\mu g \cdot l^{-1}$, ma anche quelle del fosforo totale disciolto con un massimo di 13 $\mu g \cdot l^{-1}$. Le concentrazioni più alte di azoto nitrico (333 $\mu g \cdot l^{-1}$) e di azoto ammoniacale (220 $\mu g \cdot l^{-1}$) sono state determinate in ottobre. Ragguardevoli sono le concentrazioni di silice reattiva che variano da un minimo di 2.78

ad un massimo di 3.46 $mg \cdot l^{-1}$. Il contenuto di clorofilla-a fitoplanctonica è ridottissimo (<1 $\mu g \cdot l^{-1}$) nei campioni di superficie; valori più alti sono stati rilevati sul fondo in relazione alla presenza di alghe bentiche filamentose *(Spirogyra* sp.)- Sono stati identificati 13 taxa fitoplanctonici; in giugno dominano le Diatomee con *Cyclotella* sp., successivamente diventano dominanti le Cloroficee (in particolare con *Chlamydomonas* sp.) che contribuiscono in larga misura al picco di biovolume totale (0.912 $mm^3 \cdot l^{-1}$) riscontrato in luglio.

Nelle pozze si osserva un'ampia variabilità di caratteristiche idrologiche per la forte dipendenza di questi corpi d'acqua dalla vicenda meteorologica. In giugno la temperatura varia dai 9.4 °C nel Lagastro ai 20 °C in Asperelle. A fine ottobre in tutte e tre le pozze sono state registrate temperature intorno ai 4 °C. Il pH varia in un intervallo compreso tra 6.6 e 7.4. L'alcalinità totale è significativamente più bassa che nel Lago degli Abeti, ma con fluttuazioni assai ampie (da 0.15 $meq \cdot l^{-1}$ a 0.94 $meq \cdot l^{-1}$). Netta, come nel Lago degli Abeti, è la prevalenza del magnesio. Alte sono le concentrazioni della silice reattiva con oltre 4 $mg \cdot l^{-1}$ sia nel Lagastro che in Code d'Asino. L'elevato trofismo è evidenziato dalle condizioni di ipossia più volte riscontrate e dalle alte concentrazioni di fosforo disciolto totale (fino a un massimo di 93 $\mu g \cdot l^{-1}$ nel campione primaverile in Asperelle) e di clorofilla-a fitoplanctonica (fino ad un massimo di 26.4 $\mu g \cdot l^{-1}$ nel campione primaverile nel Lagastro).

3.2. I popolamenti zooplanctonici

Lo zooplancton del Lago degli Abeti, a conferma di quanto osservato da Manzoni et al. (1992), è caratterizzato da un'estrema povertà di forme (Tab.l) e da densità molto contenute. L'unica specie zooplanctonica è praticamente *Mixodiaptomus kupelwieseri* (Tab. 2). Compaiono anche naupli e copepoditi di Ciclopoidi, che appartengono verosimilmente ad *Eucyclops serrulatus.* Rotiferi e Cladoceri sono presenti saltuariamente con abbondanze trascurabili.

Nelle tre pozze il popolamento zooplanctonico è molto più ricco in specie (Tab. 1) e le densità talora sono rilevantissime. E' il caso del campione primaverile di Asperelle dove, accanto a *M. kupelwieseri* (36 $ind \cdot l^{-1}$), compaiono *Daphnia obtusa* (9 $ind \cdot l^{-1}$) e numerose specie di Rotiferi, tra cui *Keratella* gr. *quadrata* con 2243 ind-H. I Rotiferi, in questa e nelle altre pozze, oltre che da *K.* gr. *quadrata,* sono ben rappresentati da *Notholca squamula, Lepadella* sp., *Trichocerca* spp., *Ascomorpha* sp., *Synchaeta* sp. e *Collotheca* sp. Per i Cladoceri si segnala la coesistenza di *Daphnia obtusa* e *Daphnia longispina* nel campione autunnale del Lagastro. In questo stesso campione è al massimo (108 $ind \cdot l^{-1}$) la densità di naupli e copepoditi di Copepodi Ciclopoidi e Arpacticoidi. Queste forme giovanili sono una componente a forte incidenza numerica anche nelle altre due pozze e appartengono probabilmente a specie, come *Megacyclops viridis* e *Canthocamptus staphylinus,* di cui sono stati rinvenuti anche individui adulti. E' stata confermata, infine, in tutte e tre le pozze, la presenza di *M. kupelwieseri* (Tab. 2).

3.3. Il ciclo stagionale di *Mixodiaptomus kupelwieseri*

La saltuarietà ed irregolarità della comparsa di *M. kupelwieseri* nel Lago degli Abeti e nelle tre pozze (Tab. 2) erano già apparse evidenti dall'analisi di campioni raccolti in anni precedenti. L'episodicità delle fasi di sommersione può rendere conto di questo

Tab. 1 - Elenco dei taxa zooplanctonici rinvenuti nel Lago degli Abeti e nelle pozze Asperelle, Code d'Asino e Lagastro nella campagna di campionamento del 1991.

ABETI

ROTIFERI
Bdelloidei
Notholca squamula
Euchlanis sp.
CLADOCERI
Chydorus sphaericus
Biapertura affinis
COPEPODI
Mixodiaptomus kupelwieseri
Eucyclops serrulatus
Arpacticoidi non classificati

ASPERELLE

ROTIFERI
Bdelloidei
Keratella gr. *quadrata*
Euchlanis sp.
Lepadella sp.
Cephalodella forficula
Trichocerca spp.
Synchaeta sp.
Collotheca sp.
CLADOCERI
Daphnia obtusa
Chydorus sphaericus
COPEPODI
Mixodiaptomus kupelwieseri

CODE D'ASINO

ROTIFERI
Bdelloidei
Keratella gr. *quadrata*
Notholca squamula
Lepadella sp.
Trichocerca sp.
Synchaeta sp.
CLADOCERI
Chydorus sphaericus
COPEPODI
Mixodiaptomus kupelwieseri
Canthocamptus staphylinus

LAGASTRO

ROTIFERI
Bdelloidei
Keratella gr. *quadrata*
Euchlanis sp.
Lepadella sp.
Cephalodella sp.
Monommata longiseta
Trichocerca spp.
Ascomorpha sp.
Ascomorpha ecaudis
Synchaeta sp.
Collotheca sp.
Rotiferi non identificati
CLADOCERI
Ceriodaphnia reticulata
Daphnia obtusa
Daphnia longispina
Chydorus sphaericus
COPEPODI
Mixodiaptomus kupelwieseri
Megacyclops viridis
Canthocamptus staphylinus

fatto per le pozze ma non per il lago. E' probabile che il metodo di campionamento utilizzato - che è quello standard adottato nelle ricerche planctologiche - non risponda all'obiettivo di stimare correttamente la densità delle popolazioni del calanoide. Emergono comunque chiaramente le contrapposte strategie di vita di *M. kupelwieseri* nei diversi corpi d'acqua:

1) nelle pozze sono nettamente distinte una fase primaverile, con una o più generazioni, da una generazione autunnale sostenuta dalla schiusa di uova durature dopo l'asciutta estiva;
2) nel Lago degli Abeti la presenza di naupli in tutte le date di campionamento da giugno a ottobre è evidentemente espressione di un'attività riproduttiva continua per tutta la stagione delle acque aperte; più accurate ricerche sia di campo che di laboratorio potranno chiarire le vie e i meccanismi del reclutamento dei naupli: è probabilmente decisivo il ruolo della schiusa di uova durature, ma non si esclude la presenza di adulti svernanti che depongono uova a sviluppo immediato in primavera.

Tab. 2 - Struttura per stadi di sviluppo delle popolazioni di *M. kupelxieseri* nei campioni raccolti dal giugno all'ottobre 1991. Le densità sono espresse in ind · m^{-3} (*: presenza di femmine ovigere).

		Naupli	Copepoditi	Adulti
ABETI	08.06.91	175	105	-
	30.07.91	10	-	-
	07.09.91	2300	2300	20
	30.10.91	116	-	-
ASPERELLE	08.06.91	17500	13750	*5000
	30.10.91	-	-	250
CODE D'ASINO	08.06.91	2000	100	-
	30.10.91	-	-	-
LAGASTRO	08.06.91	-	-	-
	30.10.91	-	6400	-

3.4. La struttura genetica di *Mixodiaptomus kupelwieseri*

Per l'analisi della struttura genetica di *M, kupelwieseri* sono stati analizzati complessivamente 445 individui utilizzando i 4 marcatori polimorfici GPI, ICD1, MPI e PGM. Quattro alleli sono stati individuati al locus ICD1 e 5 alleli ai loci GPI, MPI e PGM (Tab. 3). La differenza nelle frequenze alleliche tra le popolazioni esaminate è significativa (x^2 = 484, d.f.= 45, p = 0.0001) mentre all'interno di ciascuna popolazione non risultano differenti le frequenze alleliche tra sessi e tra stadi di sviluppo.

Il numero medio di alleli per locus varia da un minimo di 2.5 (Code d'Asino) ad

un massimo di 4.7 (Lagastro) e l'eterozigosi media è compresa tra 0.26 (Code d'Asino) e 0.36 (Asperelle) (Tab. 4). I valori più bassi osservati in Code d'Asino sono probabilmente da attribuire alle ridotte dimensioni del campione analizzato per questa pozza. Un significativo scostamento dell'equilibrio di Hardy-Weinberg è stato osservato al locus MPI in tutte le popolazioni di pozza, al locus ICD1 per la popolazione di Code d'Asino, ai loci GPI e ICD1 nella popolazione del Lagastro. In tutti i casi lo scostamento è dovuto ad un difetto di eterozigoti.

Tab. 3 - Frequenze alleliche osservate nelle popolazioni di *M. kupelwieseri* (N: numero degli individui analizzati).

Locus	allele	Abeti	Asperelle	Code d'Asino	Lagastro
GPI	1	0.000	0.015	0.000	0.027
	2	0.179	0.541	0.591	0.458
	3	0.004	0.005	0.000	0.042
	4	0.817	0.407	0.409	0.470
	5	0.000	0.031	0.000	0.003
N		126	97	22	165
ICD1	1	0.000	0.000	0.009	0.027
	2	0.634	0.722	0.750	0.884
	3	0.366	0.272	0.156	0.079
	4	0.000	0.006	0.094	0.010
N		127	7	16	146
MPI	1	0.057	0.000	0.000	0.059
	2	0.183	0.123	0.000	0.170
	3	0.020	0.473	0.429	0.237
	4	0.740	0.404	0.571	0.519
	5	0.000	0.019	0.000	0.015
N		123	73	14	135
PGM	1	0.019	0.023	0.045	0.237
	2	0.000	0.006	0.000	0.019
	3	0.000	0.092	0.091	0.041
	4	0.981	0.879	0.864	0.700
	5	0.000	0.000	0.000	0.004
N		103	87	11	135

Tab. 4 - Numero medio di alleli per locus ed eterozigosi media (H) per le diverse popolazioni di *M. kupelwieseri*. Tra parentesi sono riportati i valori dell'errore standard.

	Abeti	Asperelle	Code d'Asino	Lagastro
alleli/locus	2.7	3.7	2.5	4.7
	(0.48)	(0.48)	(0.29)	(0.25)
H	0.28	0.36	0.26	0.33
	(0.087)	(0.052)	(0.095)	(0.076)

L'indice di similarità genetica di Nei calcolato in funzione delle frequenze alleliche per le quattro popolazioni è superiore all' 88% (Fig. 1). Il raggruppamento effettuato sulla base degli indici di similarità mostra una netta differenziazione della popolazione del Lago degli Abeti rispetto a quelle delle pozze temporanee che tra loro presentano una similarità genetica compresa tra il 95% e il 98%.

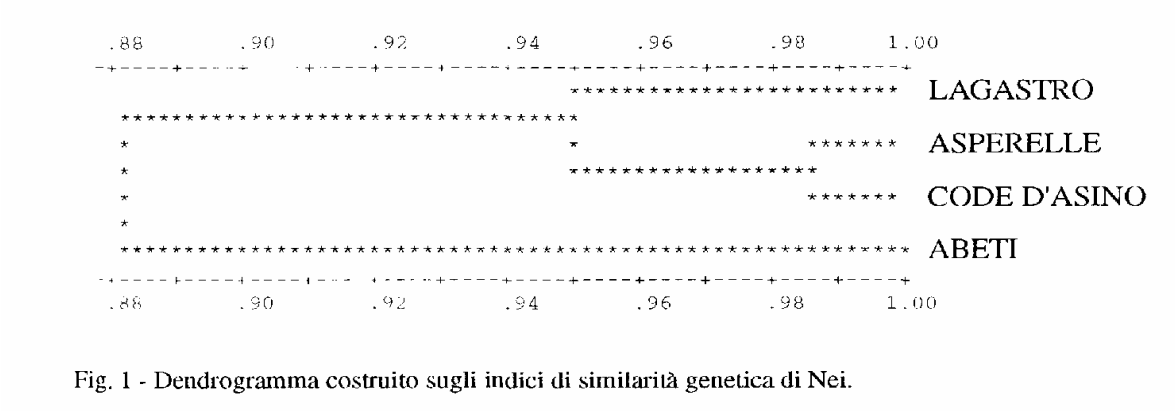


Fig. 1 - Dendrogramma costruito sugli indici di similarità genetica di Nei.

4. CONCLUSIONI

Nel Lago degli Abeti le modeste concentrazioni dei nutrienti e la bassa temperatura limitano fortemente la produzione delle acque; la spiccala oligotrofia è evidenziata dall'elevata trasparenza e dai bassi valori di biovolume fitoplanctonico. La povertà di specie planctoniche (in particolare dello zooplancton) non ha riscontro in altri laghi appenninici d'alta quota con analoghe caratteristiche morfometriche. Le pozze si connotano invece per una notevole variabilità delle caratteristiche fisiche e chimiche, per l'alto grado di trofia e per le comunità planctoniche strutturate sulla presenza di numerose specie.

Il valore di similarità genetica tra le popolazioni di *Mixodiaptomus kupelwieseri* del Lago degli Abeti e delle tre pozze temporanee è tale da consentire l'attribuzione di tutti gli individui analizzati alla stessa specie (Selander, 1976). Le differenze osservate nelle frequenze alleliche indicano l'esistenza di una diversificazione genetica tra le popolazioni e un basso grado di flusso genico.

I valori del numero medio di alleli per locus e di eterozigosi nel Lago degli Abeti segnalano una minore variabilità genetica di questa popolazione rispetto a quelle delle pozze. D'altra parte, la similarità genetica tra le popolazioni delle pozze temporanee è maggiore rispetto a quella osservata tra queste e la popolazione del Lago degli Abeti. Questo risultato può essere correlato con la relativa stabilità dell'ambiente lacustre rispetto a quello delle pozze temporanee. E' generalmente accettato infatti che la selezione spazio-temporale tipica di un ambiente variabile può contribuire al mantenimento ed all'aumento della diversità genetica (Maynard Smith, 1989).

Nel Lago degli Abeti si osserva equilibrio di Hardy-Weinberg per tutti i loci analizzati. Lo scostamento significativo dall'equilibrio osservato nelle popolazioni delle pozze temporanee potrebbe invece dipendere dalla schiusa di uova durature deposte dopo eventi riproduttivi isolati nel tempo o dalle notevoli fluttuazioni dimensionali cui sono

soggette le popolazioni.

Le popolazioni di *M. kupelwieseri* del Lago degli Abeti e delle pozze sono verosimilmente sottoposte a diverse pressioni selettive principalmente in relazione alla diversa prevedibilità dei corpi d'acqua; esse potrebbero aver evoluto differenti strategie vitali soprattutto per quanto riguarda la produzione e la schiusa di uova durature (Hairston et al., 1990). Questa ipotesi potrà essere controllata attraverso ricerche integrate sul ciclo stagionale delle popolazioni e sull'analisi di serie stagionali e pluriennali di dati di frequenze alleliche.

La ricerca è stata realizzata nell'ambito della Convenzione CNR - ENEL per ricerche sulla "Interazione dei sistemi energetici con la salute dell'uomo e con l'ambiente" - Sottoprogetto 4. Si ringrazia il Corpo Forestale dello Stato, Stazione di Rezzoaglio (GE), per la collaborazione prestata nella campagna di campionamento.

BIBLIOGRAFIA

Hairston, N.G. Jr, T.A. Dillon & B.T. Jr De Stasio. 1990. A field test for the cues of diapause in a freshwater copepod. *Ecology,* 7: 2218-2223.

Harris, H. & D.A. Hopkinson. 1976. Handbook of enzyme electrophoresis in human genetics. North Holland Publishing Company, Amsterdam.

Maynard Smith, J. 1989. Evolutionary genetics. Oxford University Press.

Manzoni, C., G. Rossetti, P.Viaroli, I. Ferrari & L. Gagnolare. 1992. Lo zooplancton dei laghi e delle pozze del Monte Aiona (Appennino Ligure). *Atti del 9° Congresso AIOL:* 119-129.

Nei, M. 1987. Molecular evolutionary genetics. Columbia University Press.

Selander, R.K. 1976. Genetic variation in natural populations. In: F.J. Ayala (Ed), *Molecular evolution.* Sinauer Press, Sunderland, Massachusetts.

Stella, E. 1984. Copepoda: Calanoida. Fauna d'Italia, Calderini, Bologna.

Swofford, D.L. & R.K. Selander. 1981. BIOSYS-1: a Fortran program for the comprehensive analysis of electrophoretic data in population genetics and systematics. *The Journal of Heredity,* 72: 281-283.

Viaroli, P., I. Ferrari, A. Mangia, V. Rossi & P. Menozzi. 1992a. Sensitivity of Northern Apennine lakes to acidification in relation to watershed characteristics and wet deposition. In: R. Mosello, B.M. Wathne & G. Giussani (Eds), *Limnology on groups of remote mountain lakes: ongoing and planned activities.* Documenta Ist. ital. Idrobiol., 32: 93-105.

Viaroli, P., V. Rossi, A. Clerici & P. Menozzi. 1992b. Caratteristiche litogeologiche ed idrochimiche dei principali laghi dell'Appennino Tosco-Emiliano: risultati preliminari (maggio-ottobre 1989). *Atti del 9° Congresso AIOL:* 93-104.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 125 a pag. 133

VALORI DI TRASPARENZA NEI MARI LIGURE E TIRRENO

Norberto DELLA CROCE, Anabella COVAZZI e Adrianna BONOMI
Istituto di Scienze Ambientali Marine, Università di Genova

RIASSUNTO

In questo lavoro vengono presentati i dati di trasparenza raccolti nelle acque costiere liguri su quattro stazioni, nella zona pilota di Chiavari, tra il 1985 ed il 1989, nonché quelli rilevati su stazioni ubicate nei Mari Ligure e Tirreno e visitate nel corso di diverse campagne oceanografiche tra il 1978 ed il 1990. Nella zona pilota di Chiavari è stato possibile confermare l'andamento stagionale della trasparenza e definire una scala di valori in base ai quali la fascia costiera può essere considerata esaurirsi in corrispondenza dell'isobata degli 80 m a 2.5 ca miglia da riva.

I dati confermano di massima per il Mar Ligure e Alto Tirreno lo stato di trasparenza osservato in una precedente indagine. A scopo informativo sono inoltre riportati dati rilevati nelle acque circostanti i sistemi insulari tirrenici.

SUMMARY

In this paper we present the data of transparency collected in four stations in the Ligurian coastal waters, in the Chiavari pilot zone, from 1985 to 1989, and those collected in various stations of Ligurian and Tyrrhenian Seas visited in differents oceanographic cruises from 1978 to!99(). In the first zone it was possible to confirm the seasonal trend of the transparency and define a values scale that allows to delimitate the coastal zone at 80 m depth and 2.5 mile from the shore.

The data from the Ligurian Sea and Northern Tyrrhenian confirm those observed in a previous study. Data from the waters sorrounding the insular tyrrhenian System are also presented for Information only.

1.INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni, in diversi settori della ricerca marina, sono state introdotte nuove apparecchiature e metodologie standard che permettono in tempi brevi la raccolta di vaste serie di dati tra loro confrontabili.

Uno dei campi nei quali non si è ancora riscontrato un tale sviluppo è quello dell'ottica sottomarina per cui il Disco di Secchi è ancora oggi impiegato in numerose indagini di diversa natura.

Questo aspetto, già segnalato in una precedente memoria (Della Croce, 1980), merita di essere brevemente ripreso alla luce di più recenti ricerche, tra le quali si ritiene opportuno mettere in evidenza alcune concernenti: le proprietà ottiche (Hoejerslev, 1986; Preisendorfer, 1986; Effler et al., 1988), il monitoraggio di acque costiere (Topliss, 1982), la significatività di migliaia di osservazioni pluriennali in baie (William & Skove, 1981), l'elaborazione di un atlante mondiale della trasparenza costiera (Arnone, 1983) e, sempre in costa, l'uso del disco di Secchi in operazioni di verità a mare per il telerilevamento via satellite della torbidità (Lindell et al, 1985), in acque interne per la definizione del "Trophic State Index" per la valutazione della qualità dell'acqua (Osgood, 1982).

2.MATERIALI E METODI

I dati di trasparenza presi in considerazione sono stati raccolti durante il periodo 1978-1990 e si possono dividere in due gruppi. Uno è relativo alla zona pilota di Chiavari, in Mar Ligure (Fig. 1), con osservazioni (384) effettuate su quattro stazioni a differenti profondità (40, 80, 125 e 200 m), quindicinalmente, nel periodo 1985-1989 (Albertelli et al, 1988a; b; e e 1989). Altro gruppo interessa le acque circostanti i sistemi insulari tirrenici con 275 osservazioni (Albertelli et al. 1983; 1987), nonché il Mar Ligure e Alto Tirreno (365 osservazioni) a seguito di campagne oceanografiche condotte in tutti i mesi di anni diversi, Gennaio e Luglio esclusi.

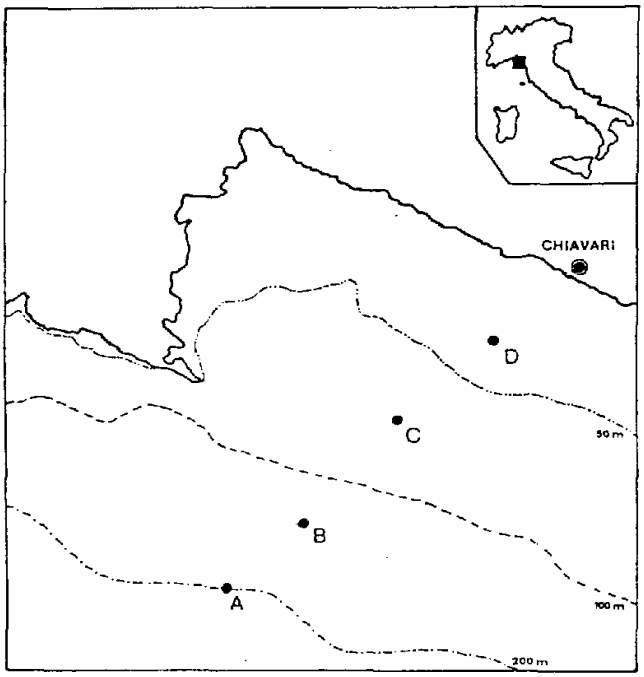


Fig. 1. Ubicazione delle stazioni nella zona pilota di Chiavari.

3.ZONA PILOTA DI CHIAVARI

Dai dati raccolti (Tab. 1) risulta che nelle acque di Chiavari, sulla stazione costiera D (-40 m), la minore trasparenza venne osservata in Marzo con 7.3 m e la massima in Luglio con 21.5 m. I valori di deviazione standard mettono in evidenza una maggiore variabilità nel periodo invernale e in quello di transizione tra la primavera e l'estate.

STAZ.	A			B			C			D		
PROF.	200 m			125 m			80 m			40 m		
MESI	M	DS	N	M	DS	N	M	DS	N	M	DS	N
GEN	20.5	2.0	7	20.1	3.8	7	14.4	7.0	7	11.0	6.5	7
FEB	13.9	7.6	9	13.5	5.9	9	10.3	5.7	9	9.8	6.1	9
MAR	12.4	5.1	8	11.9	5.5	8	9.8	4.2	8	7.3	2.7	8
APR	15.6	5.6	8	13.0	5.9	8	9.1	4.0	8	8.1	3.7	8
MAG	21.3	7.2	8	17.6	5.9	8	15.9	5.4	8	12.7	3.4	8
GIU	24.6	7.1	8	20.5	5.5	8	17.5	4.0	8	16.7	5.1	8
LUG	30.9	7.1	8	29.3	8.0	8	23.3	6.3	8	21.5	5.6	8
AGO	27.3	9.0	8	27.3	9.0	8	22.3	6.5	8	20.8	4.7	8
SET	29.8	7.3	7	27.5	6.1	7	22.9	3.8	7	20.7	3.6	7
OTT	25.7	10.2	9	24.2	9.9	9	19.8	6.9	9	16.0	5.9	9
NOV	20.6	5.9	8	20.7	5.1	8	15.9	8.3	8	11.6	4.2	8
DIC	16.6	5.1	8	18.4	4.3	8	17.6	4.5	8	9.0	2.4	8
	21.6	6.6	96	**20.3**	6.2	96	**16.6**	5.6	96	**13.8**	4.5	96

Tab. 1. Valori medi (M), deviazione standard (DS) e numero di osservazioni (N) di trasparenza sulle quattro stazioni (A, B, C, D) nella zona pilota di Chiavari nel periodo 1985-1989. In grassetto le medie annuali delle singole stazioni.

Nella stazione C (-80 m), la minore trasparenza fu osservata in Aprile con 9.1 m e la massima riconfermata a Luglio con 23.3 m. I valori della deviazione standard presentano nel corso dell'anno una accentuata variabilità.

Sulla stazione B (-125 m), la minore trasparenza venne riscontrata a Marzo con 11.9 m e la massima a Luglio con 29.3 m, mentre sulla stazione più al largo A (-200 m), la minore trasparenza si osservò in Marzo con 12.4 m e la massima in Luglio con 30.9 m.

Pertanto sì osserva che la trasparenza, nei suoi valori minimi come del resto nei suoi valori massimi, è aumentata dalla stazione più costiera, D, a quella più al largo, A, del 70 % ca nei valori minimi e del 44 % ca nei valori massimi, per una distanza

complessiva da terra di ca 5.5 miglia (Fig. 1), tenendo presente che la stazione D dista di 1.5 miglia ca da terra e di 4 miglia ca dalla stazione A.

Piuttosto interessante risulta il fatto che la deviazione standard presenti valori crescenti dalla stazione più costiera D a quella più lontana dalla costa A. Questo implica che la potenziale maggiore trasparenza delle acque del largo viene "disturbata" nel corso dell'anno da "iniezioni" di acque meno trasparenti. Pertanto, rispetto alla stazione più costiera, le altre stazioni presentano una maggiore e crescente "instabilità"; tuttavia, il fenomeno si risolve positivamente, nel senso che i più elevati valori di trasparenza suggeriscono comunque una diminuzione del materiale in sospensione.

Queste osservazioni quadriennali permettono di delineare le condizioni di trasparenza della zona pilota di Chiavari con maggiore precisione di quanto era risultato in precedente lavoro (Della Croce, 1980).

Il fatto più interessante deriva dalla piuttosto marcata differenza nei valori di trasparenza nel corso dell'anno tra la stazione C e la stazione B. Infatti la differenza nei valori di trasparenza è qui più elevata di quanto non risulti a livello delle altre stazioni di rilevamento (Fig. 2).

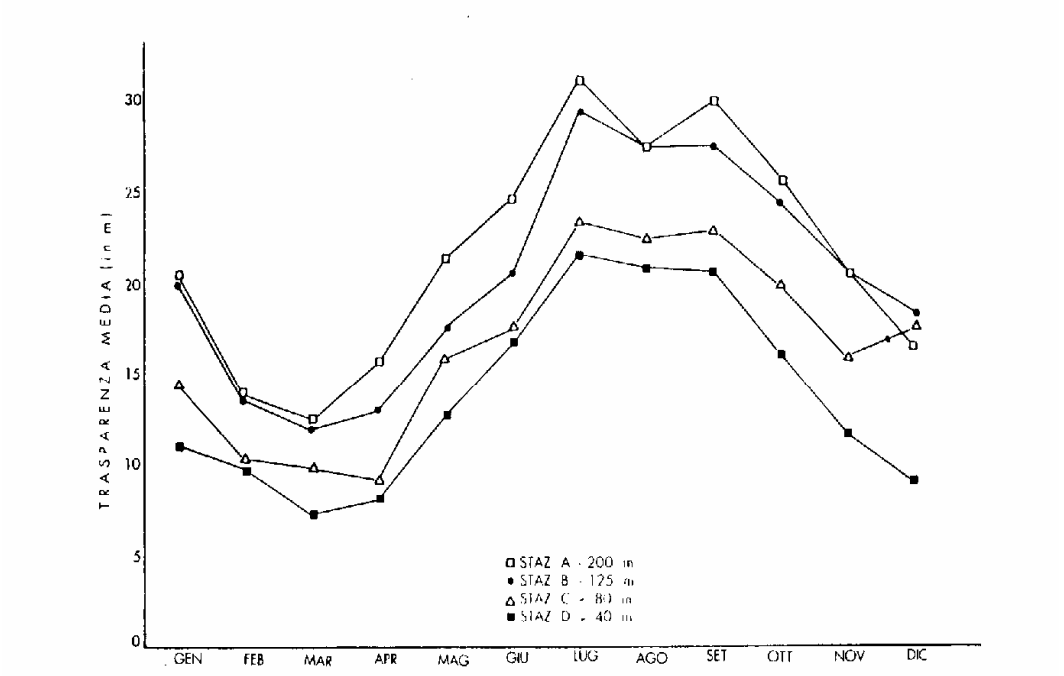


Fig. 2. Andamento medio annuale della trasparenza sulle quattro stazioni di diversa profondità della zona pilota di Chiavari.

Alto stato attuale delle conoscenze sembra pertanto possibile distinguere nella zona pilota di Chiavari una fascia costiera (Stazioni C e D) a minor trasparenza rispetto a quella adiacente ma più lontana da costa (Stazioni A e B; Tab. 1), anche

se le differenze di trasparenza tra le stazioni B e C sono minime in Maggio (B:17.6m - C: 15.9m) e Dicembre (B: 18.4 - C: 17.6).

Si ritiene opportuno mettere in evidenza che la zona pilota di Chiavari è caratterizzata dalla presenza del fiume Entella che raccoglie le acque del retrostante bacino imbrifero. La situazione pluviometrica, in base ai dati dell'Osservatorio Meteorico e Sismico di Chiavari, mette in evidenza, nei quattro anni della nostra indagine, che le precipitazioni risultano inferiori alla media dei quattro anni (74 mm ca), da Maggio a Settembre, mentre la trasparenza risulta superiore alla media (18 m) in corrispondenza del periodo Giugno-Ottobre (Fig. 3). Pertanto, si può ritenere che l'apporto del fiume Entella, come del resto quello degli altri apporti, influenza in maniera diretta e pressoché immediata le acque del Golfo Marconi sin oltre il Promontorio di Portofino (Stazione A) per un periodo di tempo pari a ca il 41 % dell'anno.

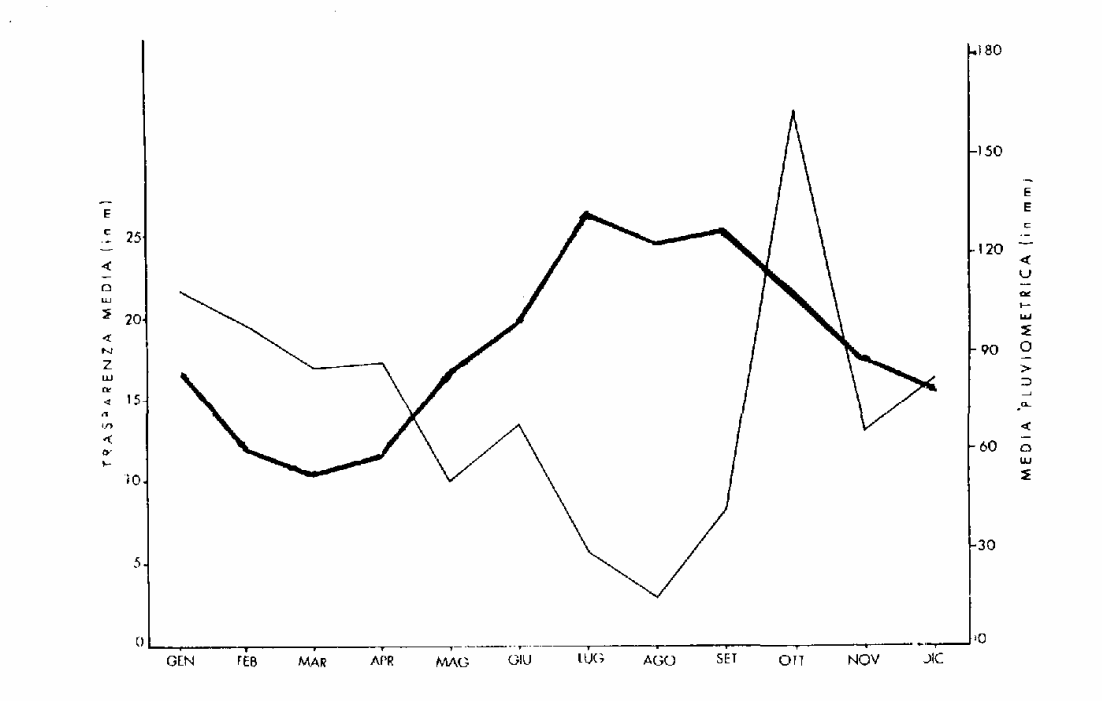


Fig. 3. Medie quadriennali (1985-1989) della trasparenza (Staz. A, B, C e D) e della pluviometria (tratto sottile) nella zona pilota di Chiavari.

Indipendentemente dall'intervento di altri fattori alloctoni ed autoctoni, questa situazione sembra dare un certo affidamento nella sua globalità. Tuttavia, in determinati anni, la situazione può essere diversa. Infatti, se confrontiamo i valori medi di trasparenza annuali della stazione più esterna A, (-200 m), da ritenersi meno influenzata dagli apporti costieri, con quelli di anni discontinui (1978 e 1981) sempre della stessa stazione, singolarmente o come valore medio, risulta che gli apporti

meteorici e/o apporti laterali possono variare sensibilmente la trasparenza, soprattutto nei periodi Maggio-Luglio e Ottobre-Novembre, modificandone in modo piuttosto sensibile l'andamento stagionale, con tutti gli effetti diretti e indiretti che ne possono derivare (Fig. 4).

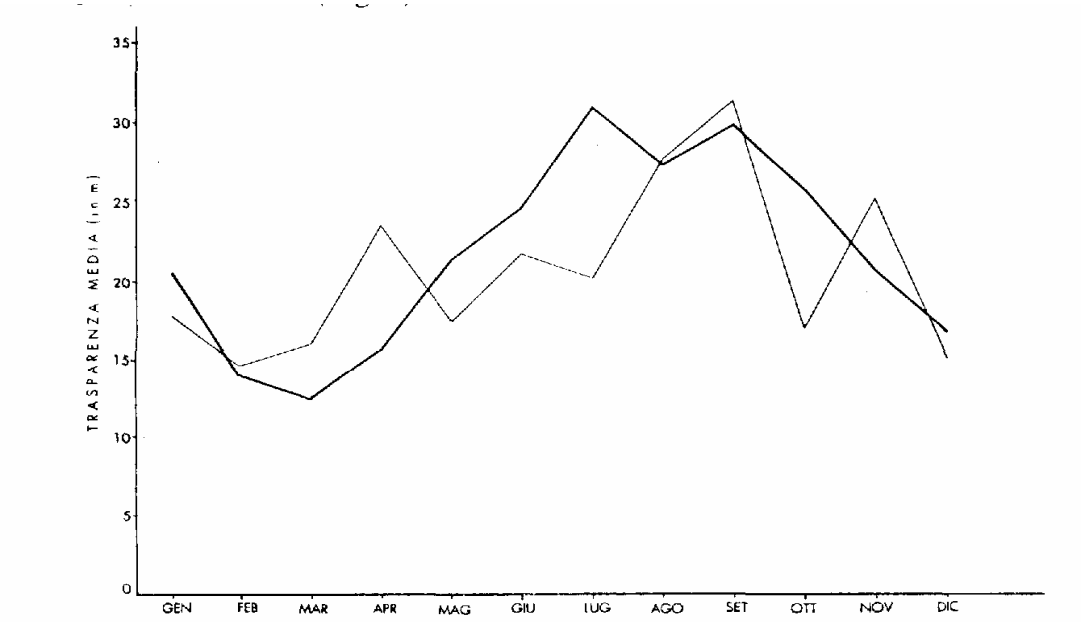


Fig. 4. Valori medi di trasparenza, per gli anni 1978 e 1981 (tratto sottile) a confronto con la media quadriennale 1985-1989 nella zona pilota di Chiavari (Stazione A: profondità 200 m).

Può essere di un certo interesse mettere in evidenza come la trasparenza possa essere influenzata oltre che dall'apporto meteorico, dalla produzione autoctona e dal moto ondoso che provoca la riso-spensione di parte del materiale sedimentato, almeno nella fascia più vicina a costa.

La sommatoria di questi effetti trova reale espressione nei valori di trasparenza della stazione più costiera D (-40, -50 m): i valori medi annuali qui riscontrati (Tab. 2) inducono a ritenere che i fattori che contribuiscono a definire tali valori intervengano nel loro insieme in modo piuttosto costante.

ANNO	M	DS	N	MIN.	MAX.
*1978	14.8	6.16	24	5.2	25.8
*1981	15.1	7.33	12	6.0	26.0
1986	11.4	5.17	24	3.8	19.3
1987	13.0	6.46	24	5.3	26.5
1988	14.2	6.36	24	7.0	24.0
1991	14.1	6.66	24	7.5	27.5

Tab. 2. Valori medi (M), massimi, minimi, deviazione standard (DS) e numero di osservazioni (N) annuali di trasparenza sulla stazione D (-40 m). * stazione a 50 m.

4. MARI LIGURE E TIRRENO

Tra il 1978 e 1990, l'Istituto di Scienze Ambientali Marine ha effettuato una serie di campagne oceanografiche che hanno interessato le acque insulari e di altura dei Mari Ligure e Tirreno.

Per quanto concerne il Mar Ligure e Alto Tirreno, in base a numerosi e recenti dati di trasparenza che si riferiscono anche a periodi non disponibili in precedenza, il quadro generale -pur risultando ancora carente di dati per diversi mesi dell'anno- riconferma quello precedente (Della Croce, 1980); i valori medi per quadrante (20' x 20'), leggermente inferiori, comunque, evidenziano una maggiore trasparenza nelle acque a Nord e Nord-Ovest di Capo Corso (Fig. 5).

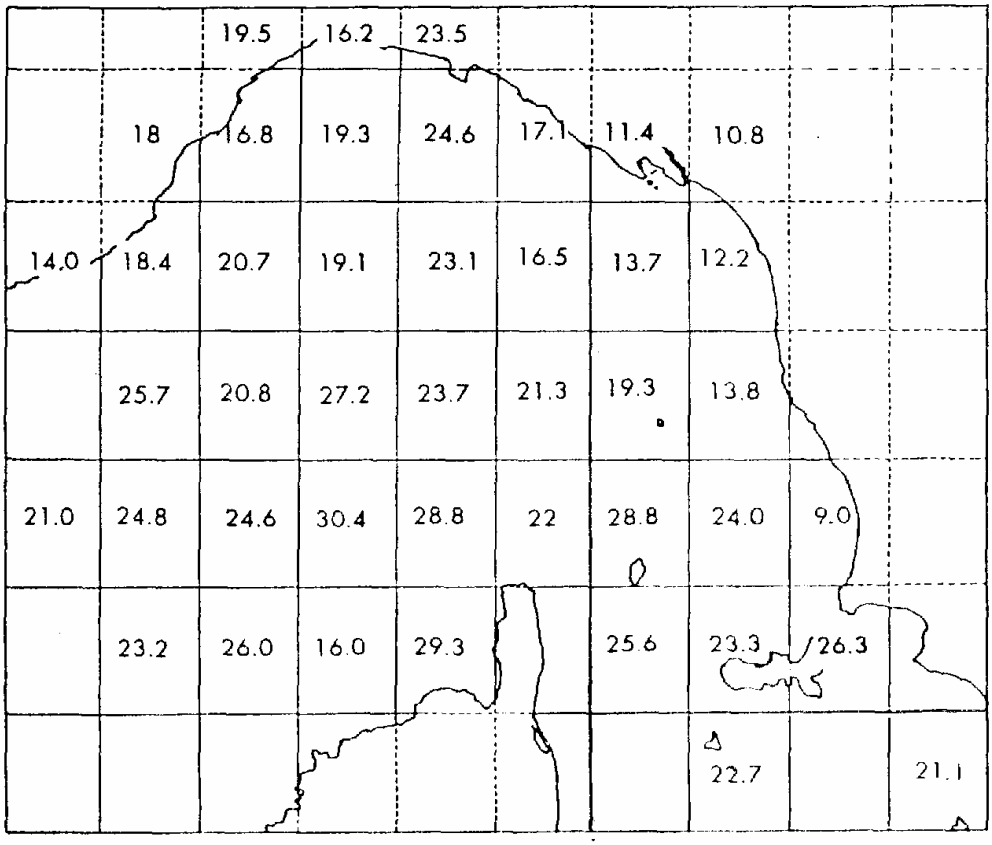


Fig. 5. Trasparenza delle acque dei Mari Ligure e Tirreno.

I dati disponibili per le acque insulari delle isole tirreniche (Tab. 3) sono scarsi

LOCALITA'	OSSERVAZIONI			
	MESE	N	M	DS
Arcipelago toscano (Capraia-Pianosa-Giglio-Giannutri, Elba)	Ottobre 1978e1982	56	18.3	4.8
Isole Pontine (Ponza-Palmarola-Zannone)	Ottobre 1984	68	23.6	2.9
Ischia	Ottobre 1984	20	24.4	3.0
Capri	Ottobre 1984	16	19.7	1.7
Isole Egadi (Favignana-Levanzo-Marittimo)	Agosto 1983	37	29.1	4.4
Ustica	Agosto 1983	27	32.1	4.0
Isole Eolie (Alicudi-Filicudi-Salina-Lipari-Vulcano-Panarea-Stromboli)	Agosto 1983	70	32.9	5.0

Tab. 3. Valori medi (M), numero delle osservazioni (N), deviazione standard (DS) e mese delle osservazioni di trasparenza nei sistemi insulari tirrenici.

e non possono essere oggetto di elaborazione; pertanto vengono riportati a puro scopo informativo. Si tratta di osservazioni condotte in anni diversi nel corso d'indagini sul macrobentos.

Ringraziamenti

Si ringraziano i Professori T. Sertorio, M. Fabiano e G. Albertelli e Don Luigi Leonardini dell'Osservatorio Meteorico e Sismico di Chiavari, per aver messo gentilmente a disposizione i dati di trasparenza e pluviometrici.

BIBLIOGRAFIA

Albertelli, G., M. I. Angelino, N. Della Croce & E. Olivari. 1988 a. Uova e larve di acciughe nella zona pilota. Chiavari: Marzo 1986-Marzo 1987.*Ist. Sc, Amb. Mar., Catt. Idrob. Pescic. Univ. Genova,* Rapp. Tecn., 28: 16 pp.

Albertelli, G., M. Cattaneo, N. Della Croce & N. Drago. 1983. Macrobenthos delle isole di Capraia, Pianosa, Giglio, Montecristo, Giannutri, Elba (Arcipelago toscano). *Ibid.,* 18: 28 pp.

Albertelli, G., N. D'Ambrosio, N. Della Croce & E. Olivari. 1988 b. Uova e larve di acciughe nella zona pilota, Chiavari: Marzo 1987-Marzo 1988. *Ibid., 29:* 40 pp.

Albertelli, G., N. Della Croce, E. Olivari & P. Salemi Picone. 1988 e. Uova e larve di acciughe nella zona pilota. Chiavari: Marzo 1985-Marzo 1986. *Ibid.,* 27: 12 pp.

Albertelli, G., N. Della Croce, E. Olivari & P. Salemi Picone. 1989. Uova e larve di acciughe nella zona pilota. Chiavari: Marzo 1988-Marzo 1989. *Ibid.,* 31: 40 pp.

Albertelli, G., N. Della Croce & P. Sabbioneta. 1987. Macrobenthos: Isola di Ustica, Isole Egadi - Favignana, Levanzo e Marettimo Isole Eolie Alicudi, Filicudi, Salina, Lipari, Vulcano, Panarea, Stromboli. *Ibid.,* 22: 15 pp.

Arnone, R. A. 1983. Coastal Secchi depth atlas. *NORDA-83,* 164 pp.

Della Croce, N. 1980. Misure di trasparenza nelle acque del Mar Ligure e Alto Tirreno. *Atti del 3 Congresso della Assoc. Ital. Ocean. Limn. Sorrento,* 18-20 Dicembre 1978: 145-154.

Effler, S. W., R. Roop & M. G. Perkins. 1988. A simple technique for estimating absorption and scattering coefficients. *Water Resour. Bull,* 24 (2): 397-404.

Hoejerslev, N. K. 1986. Visibility of the sea with special reference to the Secchi disc. In: Proceedings of Spie *The International Society for Optical Engineering: Ocean Optics.* 8. Blizard, M. A. (Ed.), 637: 294-306.

Lindell, L. T., O. Steinvall, M. Jonsson & Th. Claesson. 1985. Mapping of coastal-water turbidity using LANDSAT imagery. *Int. .J. Remote Sens, 6* (5): 629-642.

Osgood, R. A. 1982. Using differences among Carlson's Trophic State Index Values in regional water quality assessment. *Water Resour. Bull,* 18 (1): 67-74.

Preisendorfer, R. W. 1986. Secchi disc science: visual optics of natural waters. *Limnol. Oceanog.,* 31 (3): 909-926.

Topliss, B. J. 1982. Optical monitoring of coastal waters: Photic depth estimates. *Mar. Environ. Res., 1* (4): 295-308.

William, J. & F. Skove. 1981. Water clarity trends in Chesapeake Bay during the period 1960-1975. *Estuaries,* 4 (3): 269.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992 da
pag. 135 a pag. 141

CARATTERI MORFOMETRICI GENERALI DI CIOTTOLI RACCOLTI SU SPIAGGE DEL TRATTO COSTIERO ORIENTALE DELL'ISOLA D'ELBA

Gian Camillo CORTEMIGLIA
Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Genova, Italia.

RIASSUNTO

Vengono effettuate analisi morfometriche su campioni di ciottoli, a classe di lunghezza 40÷60 mm, raccolti lungo il cordone delle onde di tempesta delle spiagge di Cala Seregola e di Cala del Telegrafo, ubicate sulla costa orientale dell'Isola d'Elba. Queste spiagge, generatesi in conseguenza dell'immissione a mare di sterile proveniente dall'attività estrattiva del minerale di ferro, rivelano la presenza di ciottoli con indici di forma e di elaborazione indicanti livelli energetici di mobilizzazione e di elaborazione paragonabili a quelli fluviali. Tale situazione viene imputata alle caratteristiche fisiografiche del tratto di costa su cui sono poste queste spiagge che risultano protette dai mari dominanti. Siffatta considerazione induce, quindi, più in generale, a ritenere che le mediane del grado di smussamento non siano da sole sempre discriminative dei vari mezzi di elaborazione (marino, fluviale, morenico, eolico e detritico), in quanto il campo di variabilità per ciascuno di essi, potendo praticamente risultare anche molto ampio, determina conseguentemente vasti intervalli di sovrapposizione.

SUMMARY

General morphometric characters of pebbles collected on beaches of the eastern coast of Elba Island.

Samples of pebbles of the length class between 40 and 60 millimetres have been collected on the storm-wave belt of beaches located on the cast coast of Elba Island, at Cala Seregola and Cala del Telegrafo. Morphometric analyses have been performed on these samples. The two beaches stem from iron mine dumps and are made up of pebbles whose shape and wear indices are indicative of energy levels of mobilisation and wear comparable with the fluvial ones, which can be explained hearing in mind that the beaches are sheltered from the ruling waves by the physiographic features of the atretch of coast where they are located. This leads to the conclusion that the medians of the degree of rounding are often unable to discriminate the various wear milieus (marine, fluvial, morainic, eolie and detritic), since the variability for each of them, being potentially very broad, brings forth, as a consequence, vast overlap intervals.

1.INTRODUZIONE

L'effettuazione, sul tratto di costa orientale dell'Isola d'Elba compreso tra Rio Marina e Punta delle Paffe, di scarichi a mare di consistenti accumuli di inerti provenienti

dall'attività estrattiva del minerale di ferro di Rialbano o di Rio Albano (Fig. 1), ha consentito la formazione di spiagge a nastro ed a tasca.

In particolare, poi, tra queste, le spiagge di Cala Seregola e di Cala del Telegrafo o Fornacelle mostrano, per tutto lo sviluppo della loro alta spiaggia, la presenza di un cordone ciottoloso, dovuto alle onde di tempesta, in posizione mediamente distante 10 m dalla linea di battigia e posto ad una quota di + 0,5 m.

Sul cordone ciottoloso di Cala Seregola, lungo circa 170 m, e su quello di Cala del Telegrafo, sviluppato per una lunghezza di circa 150 m, sono stati complessivamente prelevati 7 campioni, di 120 ciottoli ciascuno, secondo l'ubicazione indicata in fig. 1, al fine di svolgere una ricerca sulle loro caratteristiche morfometriche generali.

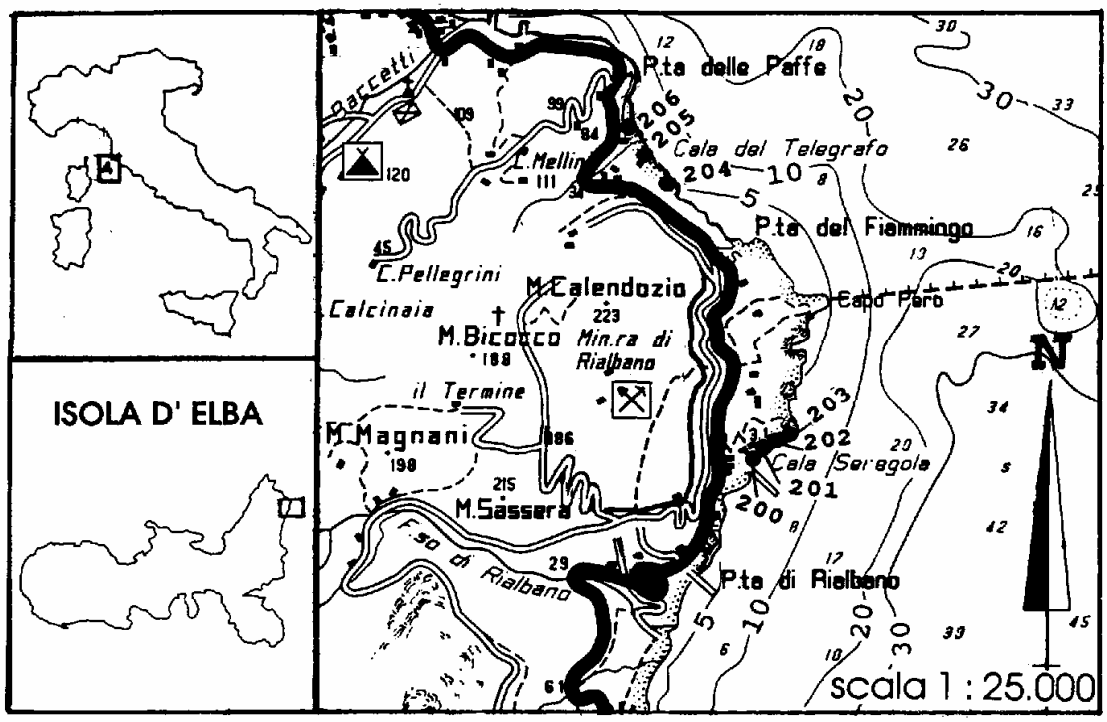


Fig. 1 - Ubicazione dei 7 campioni, costituiti da 120 ciottoli ciscuno, di litofacies calcarea per la Spiaggia del Telegrafo (204, 205, 206) e quarzofeldispatica per quella di Cala Seregola (200, 201, 202, 203).

La relativa analisi morfometrica di questi ciottoli, a litofacies quarzofeldispatica per la Cala Seregola e calcarea per quelli di Cala del Telegrafo, è stata sviluppata con la metodologia di campionamento e di misurazione dei 5 parametri dimensionali (lunghezza A, larghezza B, spessore C, raggio di curvatura di 1° ordine r, volume reale VR) descritta da Cortemiglia (1989 e 1992).

La distribuzione di frequenza di questi parametri dimensionali (Fig. 2), mentre ha evidenziato che il campionamento effettuato sulla base della lunghezza A compresa tra 40 e 60 mm è risultato di tipo casuale e rappresentativo della popolazione, ha altresì ulteriormente confermato la segnalazione di Cortemiglia (1992) che, nei ciottoli esaminati, alla distribuzione bimodale o plurimodale in genere delle loro lunghezze, fa

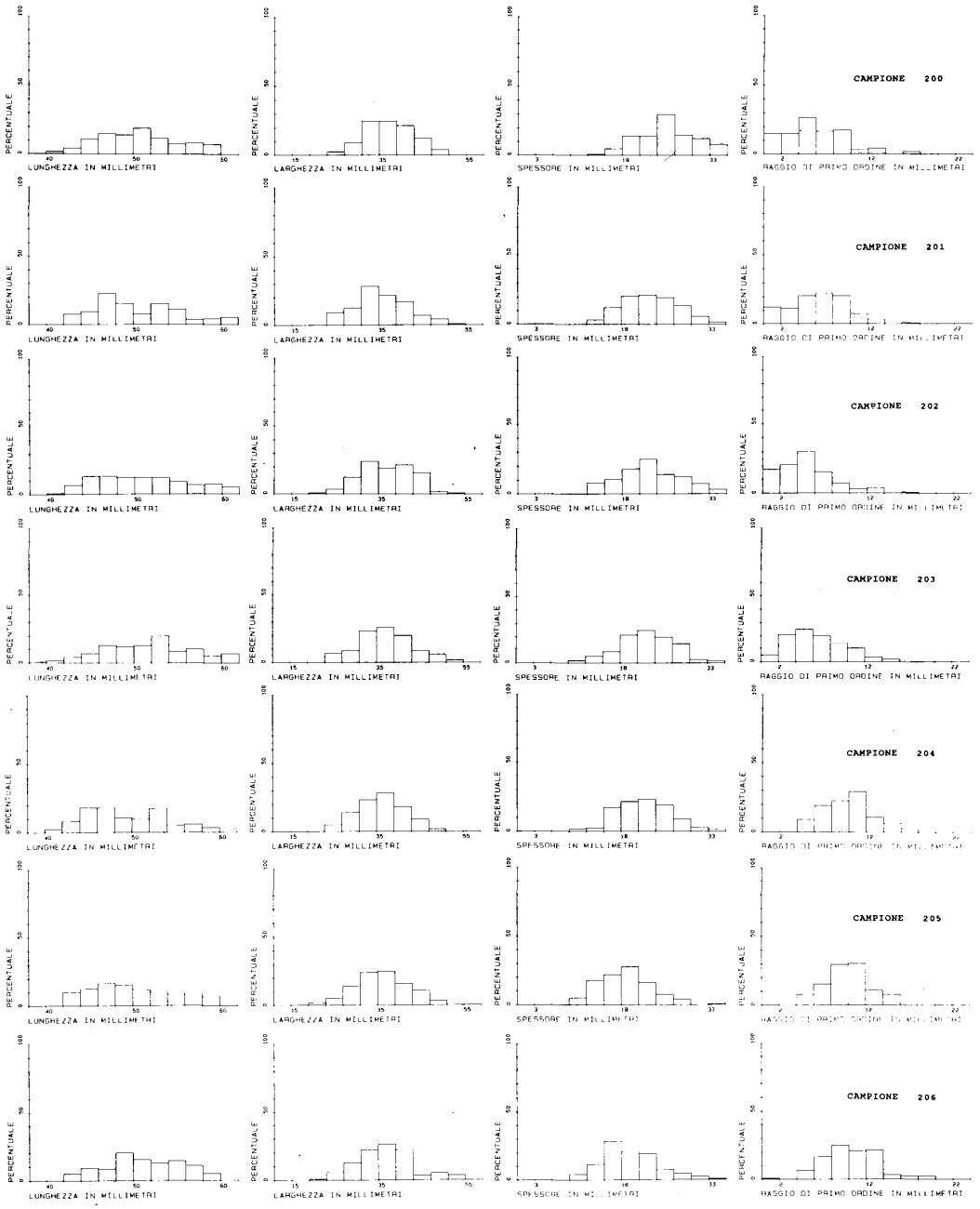


Fig. 2 - Distribuzione di frequenza dei parametri dimensionali (A, B, C, r) dei campioni di ciottoli raccolti, nella posizione indicata sulla fig. 1, secondo la classe di lunghezza (A) compresa tra 40 e 60 mm.

riscontro una generale tendenza di tutti gli altri parametri dimensionali (B, C, r , VR) a mostrare andamenti unimodali.

Le valutazioni sulla forma dei ciottoli sono state sviluppate sia sulla base del diagramma cartesiano a moduli logaritmici di Rosfelder (1961), sia su quello polare di Cortemiglia (1992).

Le caratteristiche invece degli indici di forma dei ciottoli sono state valutate ricercando le mediane dell'indice di sfericità (SF) di Krumbein (1941), dell'indice di portanza (**Ω**) di Rosfelder (1961), dell'indice (OP) di Dobkins & Folk (1970), dell'indice di appiattimento (AP) di Cailleux & Tricart (1963), del coefficiente di forma (CFR) di Winkelmolen (1982) e del coefficiente di forma semplificato (CFS) di Cortemiglia (1989), mentre la valutazione del grado di elaborazione dei ciottoli è stata stimata in base alle mediane dell'indice di smussamento (E) di Cailleux (1961) e dell'indice di smussamento (R) di Kuenen (1956).

2. CARATTERI MORFOMETRICI GENERALI

I risultati sulle caratteristiche generali del campionamento, ottenute dall'esame dei ciottoli raccolti, sono state indicate nella tab. 1 sotto la dicitura di percentuale di distribuzione.

Il confronto, per ciascun ciottolo, tra volume reale misurato (VR) con la bilancia idrostatica e quello calcolato come volume dell'ellissoide (VE) ad assi (2a, 2b, 2c) coincidenti con le misure di lunghezza A, larghezza B e spessore C, permette di stabilire, nell'ambito del campione, quanto VR si discosti da VE.

In tal modo la frequenza, nell'ambito di ciascun campione, di quanti ciottoli mostrino VR<VE consente così di valutare, in senso generale, se volumetricamente prevalgano ancora le originarie caratterizzazioni del clasto oppure siano subentrate, per elaborazione subita, dimensionalità ormai condizionate e governate dall'energia del mezzo.

Le frequenze di VR<VE riportate nella tab. 1, indicando valori superiori ad 85 % nei campioni a litofacies quarzofeldispatica di Cala Seregola e valori tra 62 % e 75 % per

	Campioni	Percentuale di distribuzione: Volumi $V_R < V_E$	Forme: Sferoidali S	Discoidali DE + DD	Acicolari AA + AC	Lamellari DA + AP	Mediane degli indici di: Elaborazione E	R	Forma SF	Ω	OP	AP	CFS	CFR
Quarzofeldispati	200	85,83	20,00	48,75	27,91	3,34	199,80	0,285	0,718	1,421	0,743	1,719	15,066	4,964
	201	85,00	9,17	49,16	37,91	3,75	232,63	0,354	0,688	1,494	1,720	1,871	13,068	4,489
	202	90,83	10,83	59,99	23,75	5,43	176,48	0,245	0,688	1,554	0,213	1,962	12,722	4,484
	203	92,50	8,33	64,16	24,16	3,34	212,28	0,297	0,676	1,543	0,788	1,947	12,943	5,359
Calcari	204	68,33	7,50	66,24	24,58	1,68	362,32	0,519	0,677	1,558	-0,109	1,983	13,605	5,684
	205	62,50	3,33	67,08	14,17	15,42	346,44	0,514	0,640	1,711	-1,571	2,273	11,456	5,486
	206	74,17	3,33	67,08	17,50	12,09	357,64	0,509	0,636	1,717	-0,455	2,286	11,750	4,404

Tab. 1 - Tabella sinottica, per ciascun campione esaminato, delle valutazioni morfometriche (volume e forma) sui ciottoli, associate alle relative mediane degli indici di elaborazione (E, R) e di forma (SF, Ω, OP, AP, CFS, CFR). V_R = volume reale ; V_E = volume calcolato; S = forme sferoidali; DE = forme ellissoidali appiattite; DD = forme lamellari discoidali; AA = forme ellissoidali allungate; AC = forme aghiformi cilindriche; DA = forme lamellari allungate; AP = forme aghiformi piatte; E = indice di smussamento di Cailleux & Tricart (1963); R = indice di smussamento di Kuenen (1956); SF = indice di sfericità di Krumbein (1941); Ω = indice di portanza di Rosfelder (1961); OP = indice di Dobkins & Folk (1970); AP = indice di appiattimento di Cailleux & Tricart (1963); CFS = coefficiente di forma semplificato di Cortemiglia (1989); CFR = indice di forma di Winkelmolen (1982).

quelli a litofacies calcarea di Cala del Telegrafo, segnalano quindi un miglior adattamento delle forme a litofacies calcarea di questa ultima spiaggia alla.energia di mobilizzazione.

L'analisi delle forme inoltre conferma un'impronta più tipicamente marina dei ciottoli calcarci di Cala del Telegrafo rispetto a quelli quarzofeldispatici di Cala Seregola, in quanto mostrano una maggior frequenza (66/67 %) di forme discoidali (DE + DD).

Anche la valutazione sull'aspetto dei ciottoli, in base alle mediarle degli indici di forma riportati nella tab. 1, indica sostanzialmente la presenza di una diversa energia di mobilizzazione su queste due spiagge.

Infatti l'impronta più tipicamente marina nei campioni di ciottoli calcarei della Cala del Telegrafo, viene segnalata dai valori negativi delle mediane dell'indice OP e dai valori superiori a 2 delle mediane dell'indice di appiattimento AP. Parimenti le mediane degli indici di smussamento rivelano (Tab. 1) valori compresi tra 346,44 e 362,32 per E e tra 0,509 e 0,519 per R per i ciottoli calcarei della spiaggia di Cala del Telegrafo e valori tra 176,48 e 232,63 per E e tra 0,245 e 0,354 per R per i ciottoli quarzofeldispatici della spiaggia di Cala Seregola .

Pur in presenza di questa diversa energia di mobilizzazione, comunque, in entrambe le spiagge e per le due diverse litofacies, si riscontrano mediane del coefficiente di forma CFR comprese tra 4,40 e 5,70 e mediane del coefficiente di forma semplificato CFS comprese tra 1 1,4 e 15,1, per cui si può asserire che l'azione idrodinamica subita dai ciottoli risulta comunque prevalente e determinante rispetto a quella detritica originaria dell'inerte da cui derivano.

In particolare, rispetto ad un ellissoide triassiale ($a>b>c\neq0$) dove, come sottolineato da Rosfelder (1961, pag. 224), si verifica la relazione $1/SF = \mathbf{\Omega}$, nei campioni esaminati si ritrova invece che il reciproco delle mediane dell'indice di sfericità SF risulta costantemente inferiore al corrispondente valore della mediana dell'indice di portanza $\mathbf{\Omega}$. Pertanto, su entrambe le spiagge, sì deve conseguentemente dedurre che l'energia a disposizione pur risultando diversificata è stata pur sempre in grado di modificare l'originario volume dei clasti, conferendo loro una dimensionalità improntata all'azione di mobilizzazione del mezzo.

Tale azione, inoltre, presentando valori delle mediane di $\mathbf{\Omega}$ per entrambe le litofacies prevalentemente superiori a 1,515. indica, secondo Sneed & Folk (1958), un'elaborazione di tipo marino.

3. CONCLUSIONI

L'analisi morfometrica dei campioni di ciottoli raccolti sul cordone delle onde di tempesta delle spiagge di Cala Seregola e di Cala del Telegrafo, rappresentative della costa orientale dell'Isola d'Elba, ha rilevato che i clasti provenienti dagli inerti dell'attività estrattiva hanno subito un'azione di modificazione dovuta alla mobilizzazione marina cui sono stati soggetti.

Tale mobilizzazione ha confermato che i clasti originali hanno rettificato le loro irregolarità acquisendo dimensionalità e forma in relazione ad un mezzo dominato da attività idrodinamica marina di trasporto e di elaborazione.

I vari indici morfologici di cui alla tab. 1, indicano che tale elaborazione si presenta però diversificata, in quanto l'energia del mezzo risulta maggiormente registrata dai ciottoli della spiaggia di Cala del Telegrafo rispetto a quelli della Cala Seregola.

Peraltro, per le litofacies calcaree dei campioni raccolti sul cordone delle onde di tempesta di Cala del Telegrafo, le mediane degli indici di elaborazione evidenziano valori analoghi e confrontabili con quelli ritrovati nei depositi fluviali da Dal Cin (1967, pag. 37) e da Facon (1976, pag. 26), ed, analogamente, anche buona parte delle

mediane relative ai vari indici di forma, riportati in tab. 1, confermano tale sostanziale indicazione.

Parimenti le litofacies quarzofeldispatiche raccolte sul cordone delle onde di tempesta della Cala Seregola rivelano mediane degli indici di elaborazione tipicamente di ambiente fluviale e talora risultano addirittura inferiori a quelle ritrovate da Dal Cin (1967, pag.44) nel basso corso del Piave e da Facon (1976, pag. 29) sull'alto Barr e sulla Dordogue.

Dunque le due diverse litofacies su cui è stata applicata l'analisi morfometrica per la determinazione del grado di elaborazione raggiunto rivelano che l'azione di mobilizzazione provocata dall'ondazione sul materiale del cordone di tempesta delle spiagge di Cala Seregola e del Telegrafo presenta intensità paragonabili a quelle di un ambiente fluviale.

Poiché l'elaborazione dei clasti, secondo le indicazioni sperimentali ottenute da Cortemiglia (1985), presenta un incremento di tipo logaritmico in funzione del tempo di applicazione dell'energia del mezzo, si deve dedurre che l'impronta fluviale nel grado dello smussamento raggiunto sulle due spiagge di Cala Seregola e del Telegrafo per le due diverse litofacies esaminate dipende dalla presenza di un fattore energetico elaborativo dell'ondazione paragonabile a quello di un ambiente fluviale.

Poiché, come indicato da Cailleux & Tricart (1963, pag. 275), i ciottoli su di una spiaggia rappresentano dei totalizzatori dell'azione delle onde, si deve concludere che le due diverse litofacies della stessa classe dimensionale, derivate da inerte minerario sottoposto alla stessa ondazione ed in condizioni di settore di traversia diversificate, più aperto ai mari dominanti per Cala Seregola e più riparato invece per Cala del Telegrafo, sono state entrambe interessate da un'energia marina di elaborazione paragonabile a quella di un ambiente fluviale.

Tale risultanza giustifica quindi perchè le mediane degli indici di smussamento E ed R forniscano valori paragonabili a quelli ottenibili nelle stesse litofacies da elaborazioni di correnti fluviali.

Questa variazione del fattore energetico marino legato all'ondazione può sostanzialmente dipendere, nell'ambito di una stessa costa, dai diversi caratteri fisiografici dei suoi tratti, e, nell'ambito di sviluppi costieri di diverse aree continentali, dalla naturale diversità del loro regime meteomarino.

Questo tratto costiero nord-orientale dell'Isola d'Elba, presentando infatti caratteristiche fisiografiche diverse rispetto ai tratti meridionale e nord-occidentale, risulta più protetto dall'ondazione dominante (mari di SE e di S), per cui il livello energetico raggiunto nella mobilizzazione del materiale per getto di riva è tale da comportare solo valori paragonabili a quelli dell'ambiente fluviale.

Più in generale però da tale risultanza si evince che i valori delle mediane degli indici di smussamento E ed R non possono essere ritenuti da soli come parametri discriminanti dei vari mezzi di mobilizzazione (marino, fluviale, morenico, eolico e detritico), in quanto i relativi campi di variabilità di ciascuno di essi, potendo risultare molto ampi per le grandi variazioni del fattore energetico, presentano troppo comuni vasti intervalli di sovrapposizione.

Lavoro eseguito con il contributo del C.N.R. e del MURST.

BIBLIOGRAFIA

CAILLEUX, A. 1961. Application a la Géographie des méthodes d'étude des sables et des galets. "Curso de Altos Estudios Geograficos", Centr. Pesqu. Geogr. Fac. Nac. Filosof., Univ. Brazil: 151 pp.

CAILLEUX, A. & J. TRICART. 1963. Initiation a l'étude des sables et des galets. *Centr. Doc. Univ.,* Pàris, 1 texte: 369 pp.

CORTEMIGLIA, G.C. 1985. Valutazione sperimentale dell'elaborazione subita dai ciottoli in ambiente marino. *Boll. Soc. Geol. It*., vol. CIV: 429-443.

CORTEMIGLIA, G.C. 1989. Modalità di determinazione pratica del coefficiente di forma nello studio della morfometria dei ciottoli di depositi olocenici. *Mem. Soc. Geol. lt.,* vol. XLII: 109-117.

CORTEMIGLIA, G.C. 1992. Morfometria dei clasti calcarei appartenenti a detriti di falda ed a depositi morenici. Atti VI Convegno Glacicol. Ital., Gressoney 26/28 settembre 1991. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.,* vol. 15 (1 e 2): 75-84.

DAL CIN, R. 1967. Le ghiaie del Piave. Morfometria, granulometria, disposizione e natura dei ciottoli. *Mem. Mus. Trid. Se. Nat.,* an. XXIX-XXX, vol. XVI, fasc. III: 1-177.

DOBKTNS, J.E. & R.E. FOLK. 1970. Shape development Tahiti-Nui. *Journ. Sed. Petr.,* vol. 40: 1167-1203.

FACON, R. 1976. Les formations superficielles. Galets et sables. *Ass. Poitevine Geogr.:* 1-170.

FERRARI, M. 1990. Spiagge dell'Elba. *Guida alle spiagge, isolotti e itinerari velici.* Pacini Editore, Ospedaletto (Pisa): 157 pp.

KRUMBEIN, W.C. 1941. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journ. Sed. Petr.,* voi. 1 1: 64-72.

KUENEN, Ph. D. 1956. Experimental abrasion of pebbles, 2 Rolling by current. *Journ. Geol.,* vol. 64: 336-368.

ROSFELDER, A. 1961. Contributions a l'analyse texturale des sédiments. *Serv. Carte Geol. Algér ,* vol. 29: 310 pp.

SNEED, E.D. & R.L. FOLK. 1958. Pebbles in the lower Colorado river, Texas: a study in particle morphogenesis. *Journ. Geology,* vol. 66, n. 2: 114-150.

WINKELMOLEN, A.M. 1982. Critical remarks on grain parameters with special emphasis on shape. *Sedimentology,* vol. 29: 255-265.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Atassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 143 a pag. 153

INDAGINE PLURIENNALE (1989-1992) DI ALCUNI PROCESSI DI TRASFORMAZIONE E DI DIFFUSIONE DI NUTRIENTI ALL'INTERFACCIA ACQUA-SEDIMENTI DEL LAGO D'ORTA

Sergio CERADINI*, Giovanni CICERI*, Nadia COGLIATI** e Walter MARTINOTTI"

*CISE-S.p.A., Segrate (MI)
**ENEL S.p.A. - CRAM, Milano

SUMMARY

Benthic fluxes of some nutrients ($N\text{-}NH_3$, $N\text{-}NO_3^-$, $P\text{-}PO_4^{3}$, $Si\text{-}SiO_2$), as well as the rate of nitrification and denitrification processes at the sediment-water interface of a large acidified lacustrine environment (Orta Lake), have been determined in several occasions, from December 1989 to April 1992.

The goal was achieved by applying two complementary methodologies: the former was the use of the Fick's first law, being known the concentration gradient of the studied species at the sediment-water interface; the latter was the use of regulated benthic chambers, positioned in three station between 30 and 110 m depth.

The obtained results show the sediments to be a source for $N\text{-}NH_3$, $P\text{-}PO_4^{3-}$ and $Si\text{-}SiO_2$, and a sink for $N\text{-}N0_3^-$. Moreover, nitrification of ammonia in the ipolimnic region and denitrification of nitrates in the first centimetres of sediments, produced a global reduction of both the nitrogen species concentration with lime, with probable final production of molecular nitrogen.

1.INTRODUZIONE

A seguito dell'introduzione di ingenti quantità di ammoniaca, residui della produzione del rayon con processo al cuprammonio, risalente a circa 60 anni or sono, il lago d'Orta ha presentato per lungo tempo valori di pH delle acque particolarmente bassi, generati dal processo di nitrificazione dell'ammonio (Mosello et al., 1986).

Dal 1989 ENEL e CISE, in collaborazione con il C.N.R.-Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza, hanno intrapreso uno studio mirato alla definizione del ruolo dei sedimenti sui processi di trasformazione e di diffusione di alcuni nutrienti al fine di valutare i carichi interni di alcune specie chimiche e di definirne l'importanza rispetto alle altre sorgenti.

In particolare, nel presente lavoro vengono riportati i risultati di uno studio

pluriennale, relativo alla determinazione dei flussi bentici di alcuni nutrienti ($N\text{-}NH_3$, $N\text{-}N0_3^-$, $P\text{-}PO_4^{3-}$, $Si\text{-}SiO_2$) e ai ratei di alcuni processi di trasformazione delle specie azotate (nitrificazione e denitrificazione) nei sedimenti e nella colonna d'acqua sovrastante. A tale scopo sono state applicate due metodologie complementari: una utilizzante la prima legge di Fick, noti i gradienti di concentrazione all'interfaccia acqua-sedimenti delle specie studiate; l'altra utilizzante camere bentiche opportunamente predisposte per il funzionamento automatico su alti fondali (fino a 110 m).

2. PARTE SPERIMENTALE

I punti di campionamento di acqua e sedimenti, ed i punti di posizionamento delle camere bentiche sono mostrati in Figura 1.

Nel corso delle campagne sperimentali sono state effettuate misure dei profili dei parametri di qualità delle acque, campionamenti d'acqua e prelievi di carote di sedimenti.

Le carote di sedimenti (primi 10 cm) sono state sezionate in funzione della profondità e sottoposte alla separazione delle acque interstiziali.

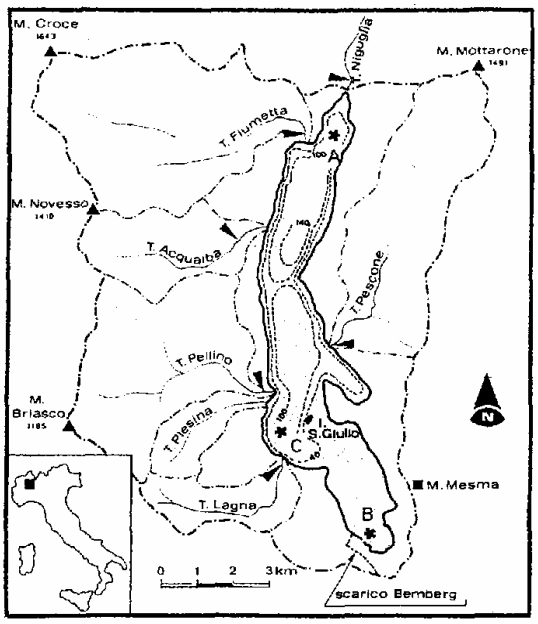


Fig. 1 - Lago d'Orta: stazioni di campionamento e posizionamento delle camere bentiche.

Parallelamente, su fondali di circa 30 m (stazioni A e B) e su un fondale di circa 110 m (stazione C) sono state posizionate delle camere bentiche (da sommozzatori nelle stazioni A e B, e mediante calata teleguidata da piattaforma nella stazione C), dalle quali si sono effettuati campionamenti di acqua immediatamente

dopo il posizionamento ed ad intervalli di tempo prestabiliti.

Prima delle determinazioni analitiche i campioni acquosi sono stati sottoposti a filtrazione su membrane di policarbonato da 0,4 µm di porosità.

Maggiori dettagli sulle tecniche utilizzate sono forniti in Ceradini et al. (1990).

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

In Tabella 1 sono riportati i risultati relativi ad alcune caratteristiche chimico-fisiche delle matrici acquose, per la campagna dell'aprile 1992. La Figura 2 riporta alcuni esempi di profili di temperatura, pH ed O_2 disciolto sia nella colonna d'acqua che nelle acque interstiziali della stazione A.

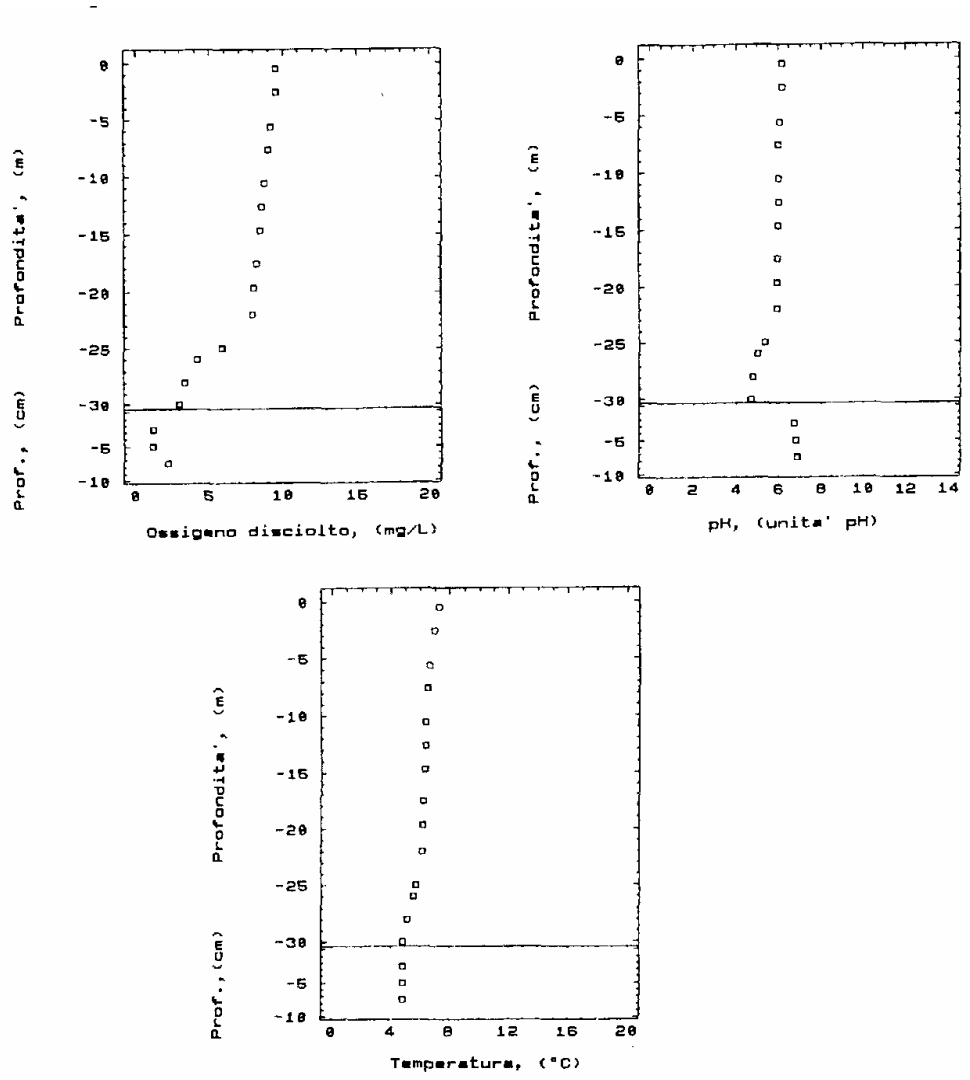


Fig. 2 - Profili dei parametri di qualità nella colonna d'acqua e nelle acque interstiziali Campagna aprile 1992, stazione A.

Tab. 1 - Caratteristiche chimico-fisiche delle matrici acquose relative alla campagna dell'aprile 1992. Il trattino significa "determinazione non effettuata"; i dati relativi ai fosfati sono stati forniti dall'Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza.

PARAMETRO		STAZIONE A							
		Colonna d'acqua				Acqua interstiziale			
		-6m	-12m	-18m	-22m	0-1cm	1-3cm	4-6cm	7-10cm
Temp.	(°C)	5,76	5,65	5,63	5,61	5,61	5,61	5,61	5,61
O_2	(mgO_2/L)	7,00	6,51	6,18	6,06	1,10	1,30	1,30	1,30
pH	(unità pH)	5,93	5,82	5,78	5,76	5,85	5,92	5,95	5,99
T.O.C.	(mgC/L)	2,90	2,40	2,50	2,10	-	2,60	6,90	7,20
Ca	(mg/L)	13,4	13,5	14,0	12,9	-	-	-	-
Mg	(mg/L)	1,7	1,8	2,8	1,7	-	-	-	-
Na	(mg/L)	4,9	5,6	10,1	5,0	-	-	-	-
$N-NH_3$	(mg/L)	0,13	0,13	0,13	0,15	0,89	1,74	2,72	3,40
$N-NO_3$	(mg/L)	3,13	3,15	3,13	3,08	0,20	0,14	0,026	0,060
$N-NO_2$	(mg/L)	-	-	-	0,006	0,010	0,003	0,005	0,018
$S-SO_4$	(mg/L)	11,4	11,1	11,3	11,0	-	-	-	-
Cl	(mg/L)	4,0	4,6	-	5,9	-	-	-	-
$P-PO_4$	(µg/L)	-	-	-	1,0	20,4	32,2	48,4	41,1
$Si-SiO_2$	(mg/L)	0,15	0,08	0,66	0,60	4,52	4,66	5,81	7,07

PARAMETRO		STAZIONE B							
		Colonna d'acqua				Acqua interstiziale			
		-6m	-12m	-18m	-22m	0-1cm	1-3cm	4-6cm	7-10cm
Temp.	(°C)	8,38	8,31	7,50	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20
O_2	(mgO_2/L)	10,0	10,0	9,93	7,02	1,70	1,90	2,30	2,40
pH	(unità pH)	6,28	6,28	6,24	6,17	5,63	5,85	6,04	5,71
T.O.C.	(mgC/L)	2,70	2,70	2,00	3,50	4,50	7,80	8,60	8,10
Ca	(mg/L)	13,6	13,3	13,1	12,0	10,8	10,0	9,80	9,40
Mg	(mg/L)	1,7	1,8	1,7	1,5	1,8	1,8	1,9	2,5
Na	(mg/L)	4,9	5,2	5,1	4,4	5,9	6,5	6,5	10,2
$N-NH_3$	(mg/L)	0,16	0,20	0,16	0,16	0,90	1,01	1,75	2,22
$N-NO_3$	(mg/L)	2,99	3,14	2,97	3,01	0,10	0,12	0,08	0,18
$N-NO_2$	(mg/L)	0,014	0,002	0,012	0,009	0,008	0,003	0,002	0,006
$S-SO_4$	(mg/L)	11,2	11,5	11,2	11,5	9,30	5,57	1,83	0,53
Cl	(mg/L)	4,2	3,2	4,9	3,2	7,0	6,4	12,8	16,3
$P-PO_4$	(µg/L)	-	-	-	1,0	39,2	44,2	307,2	122,1
$Si-SiO_2$	(mg/L)	0,20	0,15	1,72	2,01	5,16	6,41	8,71	11,1

PARAMETRO		STAZIONE C								
		Colonna d'acqua						Acqua interstiziale		
		-5m	-15m	-35m	-60m	-90m	-102m	0-1cm	1-3cm	4-6cm	7-9cm
Temp.	(°C)	7,23	7,17	5,72	5,58	5,56	5,56	5,56	5,56	5,56	5,56
O_2	(mgO_2/L)	9,29	9,16	7,32	6,45	6,16	5,64	2,1	2,4	1,6	1,5
pH	(unità pH)	6,27	6,16	5,83	5,73	5,71	5,76	6,10	6,16	6,23	6,30
T.O.C.	(mgC/L)	2,40	1,90	1,80	1,80	1,70	18,3	-	9,10	12,0	15,0
Ca	(mg/L)	13,5	12,7	13,7	13,8	13,5	13,9	-	-	-	-
Mg	(mg/L)	1,7	1,6	1,7	4,6	1,8	1,8	-	-	-	-
Na	(mg/L)	4,8	4,5	4,3	15,4	5,1	5,2	-	-	-	-
$N-NH_3$	(mg/L)	0,15	0,16	0,18	0,14	0,14	0,18	2,23	3,45	5,65	7,18
$N-NO_3$	(mg/L)	3,01	3,07	3,07	3,06	3,06	3,27	0,14	0,013	0,031	0,053
$N-NO_2$	(mg/L)	0,012	0,012	0,002	-	-	0,002	0,011	0,003	0,014	0,020
$S-SO_4$	(mg/L)	12,6	11,2	11,0	11,5	11,2	11,5	-	-	-	-
Cl	(mg/L)	3,9	3,6	4,6	31,1	14,0	4,3	-	-	-	-
$P-PO_4$	(µg/L)	-	-	-	-	-	1,0	8,90	52,0	66,3	61,4
$Si-SiO_2$	(mg/L)	1,78	1,46	0,93	1,00	1,40	0,28	4,66	5,31	6,80	8,88

I dati relativi a tutte le campagne mostrano che nel dicembre 1989 (stazione A) la colonna d'acqua risulta omogenea fino a 25 m di profondità dove si osserva un decremento di temperatura, di pH (gradiente negativo piuttosto accentuato di 1,5 unità in sei metri), con corrispondente calo dell'ossigeno disciolto. Nel marzo 1990, in entrambe le stazioni (A e B) la colonna d'acqua si presenta pressoché omogenea per temperatura e pH (5,6 - 5,9), mentre l'O_2 disciolto presenta un decremento attorno ai 12-15 m, più marcato nella stazione B. Nel dicembre 1990 (stazione A) si osserva una stratificazione termica con decremento di pH ed O_2 in prossimità del fondale dello stesso ordine di grandezza di quello osservato nel 1989. Nel marzo 1991 (stazioni A e B) si osserva un lieve e costante decremento di pH, temperatura e O_2 disciolto con la profondità. Nel maggio 1991 (stazione C) si osserva un marcato termoclino intorno ai 10 m di profondità con corrispondente calo dei valori di pH (di circa 1,5 unità) e di O_2 disciolto. Nel dicembre 1991 la stratificazione compare attorno ai 20 m (stazione C), con calo di pH ed O_2 disciolto dello stesso ordine di grandezza. Nell'aprile 1992 il termoclino compare attorno ai 20 m (stazione C) con marcata e graduale diminuzione di O_2 disciolto e di pH (circa 0,5 unità), e sui 15 m (stazione B) con variazione di O_2 in prossimità del fondale, mentre non si osserva alcuna variazione significativa di temperatura con la profondità nella stazione A.

In generale, le acque interstiziali presentano una concentrazione di O_2 disciolto inferiore a quella della colonna d'acqua con valori compresi tra 0,70 e 3,17 mg/L, mentre il pH si mantiene a valori superiori a quelli della colonna d'acqua (con eccezione della stazione C nella campagna dell'aprile 1992).

In Figura 3 sono presentati gli andamenti dei nutrienti nella colonna d'acqua e nelle acque interstiziali, relativi alla campagna dell'aprile 1992 (stazione C).

I dati relativi a tutte le campagne mostrano che in linea di massima, la concentrazione di azoto ammoniacale e nitrico rimangono omogenee nella colonna d'acqua, ma le concentrazioni medie calano vistosamente nel tempo, passando da valori prossimi al mg/L per l'azoto ammoniacale ed a 4 mg/L per quello nitrico (dicembre 1989), a valori inferiori a 0,1 mg/L e prossimi a 3 mg/L (aprile 1992) rispettivamente.

La concentrazione di ortofosfato solubile nella colonna d'acqua appare, in generale omogenea; una tendenza a decrescere con la profondità si osserva solo nel maggio 1991 (stazione C), mentre nel dicembre 1990 (stazione A) la concentrazione più elevata è rilevata in prossimità dei sedimenti.

La concentrazione di silice disciolta nella colonna d'acqua mostra un incremento nelle acque ipolimniche limitatamente alla campagna dell'aprile 1992 e per le sole stazioni A e B, con opposta tendenza nella stazione C.

Nelle acque interstiziali dei primi centimetri di sedimenti si osserva, in generale, un decremento della concentrazione di azoto nitrico (di circa 4 volte) ed un incremento dell'azoto ammoniacale (da 2 a 4 volte) rispetto alla colonna d'acqua.

Solo in un caso (campagna marzo 1990, stazione B) la concentrazione di azoto ammoniacale nelle acque interstiziali è risultata inferiore a quella relativa alla colonna d'acqua. Le concentrazione di entrambe le forme di azoto nelle acque interstiziali non presentano variazioni significative nell'arco di tempo considerato (dicembre 1989 -

aprile 1992), indicando che i sedimenti contengono una riserva consistente di azoto ammoniacale.

La concentrazione di ortofosfato nelle acque interstiziali dei primi centimetri

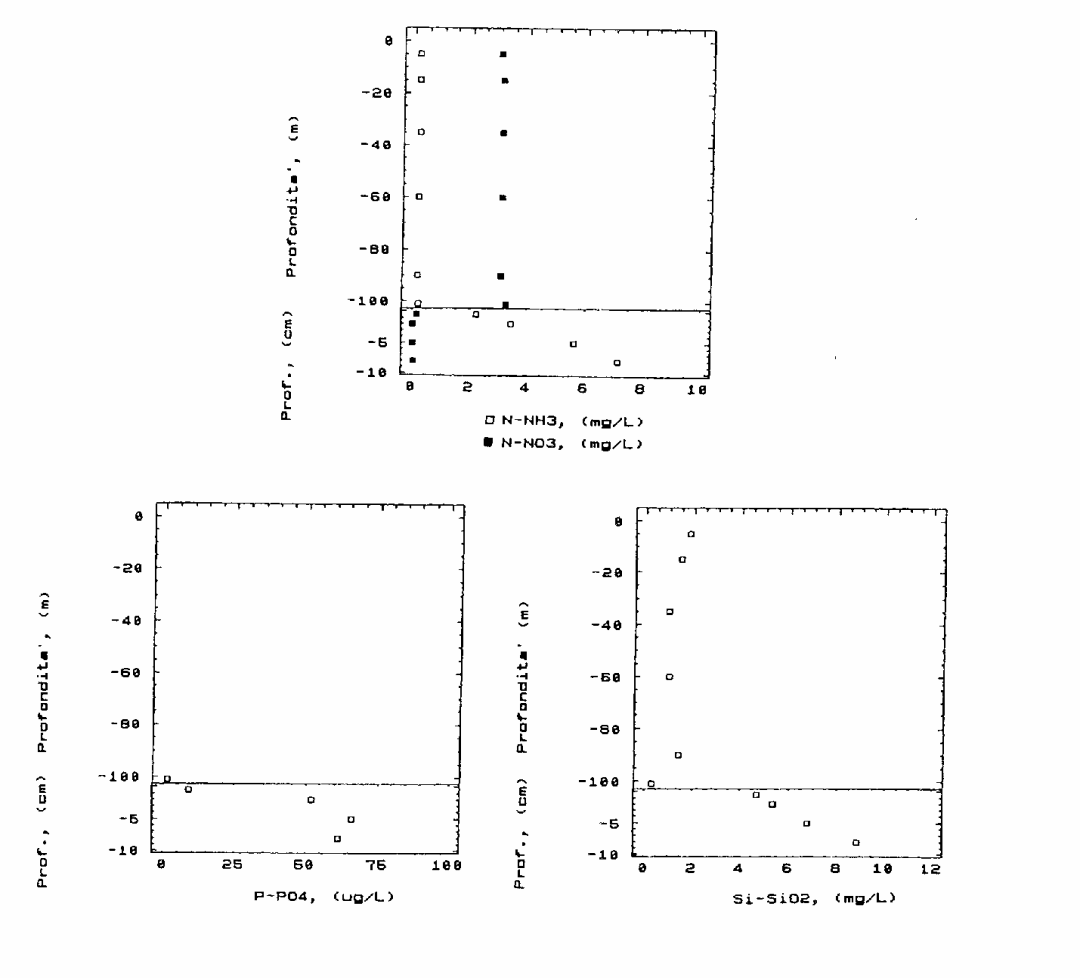


Fig. 3 - Profili di azoto nitrico, azoto ammoniacale, ortofosfato e silice disciolta nella colonna d'acqua e nelle acque interstiziali. Campagna aprile 1992, stazione C.

di sedimenti è notevolmente superiore a quella rilevata nella colonna d'acqua (fino ad un fattore 100). Il profilo di concentrazione in funzione della profondità (quando rilevato) mostra un massimo di concentrazione nelle acque interstiziali estratte dai sedimenti intorno a 5 cm di profondità, tranne che nel dicembre 1990 (stazione A), quando la concentrazione nelle acque interstiziali mostra una netta tendenza a diminuire con la profondità.

La concentrazione di silice disciolta nelle acque interstiziali dei primi centimetri di sedimenti risulta sempre superiore a quella relativa alla colonna d'acqua (da 2 e 10 volte), con netta tendenza all'aumento in funzione della profondità.

I dati delle esperienze con camera bentica relativi alla campagna dell'aprile 1992 (stazione B) sono visualizzati in Figura 4.

I dati relativi a tutte le campagne mostrano che, in generale, per $N\text{-}NH_3$ e $N\text{-}N0_3^-$, si osserva una costante diminuzione della concentrazione nell'acqua interna alla camera bentica (con eccezione per la campagna dell'aprile 1992, stazione C), in apparente contraddizione con i rispettivi valori di gradiente di concentrazione tra acqua interstiziale e colonna sovrastante. Tale fatto è stato spiegato in un precedente lavoro (Ceradini et al., 1990) considerando l'insieme dei possibili processi che coinvolgono l'azoto ammoniacale e nitrico all'interfaccia acqua-sedimenti. Oltre ai fenomeni puramente diffusivi di scambio di azoto nitrico ed ammoniacale tra acqua ipolimnica ed acqua interstiziale, si verificano, ai valori di potenziale redox e pH registrati, i processi di nitrificazione dell'azoto ammoniacale nella colonna d'acqua (Mosello et al., 1986; Klapwijk & Snodgrass, 1982) e di denitrificazione dell'azoto nitrico nei primi centimetri di sedimenti (Wollast, 1978).

Nelle ipotesi già formulate in Ceradini et al. (1990) per il calcolo delle velocità di nitrificazione (V_N) e denitrificazione (V_D), dei flussi diffusionali di azoto nitrico ed ammoniacale (Jd_{N03} e Jd_{NH4}) e del valore dello strato attraverso il quale avviene il fenomeno diffusionale (Δx), sono stati ottenuti i dati riportati in Tabella 2, normalizzati all'unità di volume (V_N) o all'unità di superficie (V_D e flussi diffusionali).

I flussi diffusionali risultano essere sempre negativi (dalla colonna d'acqua al sedimento) per l'azoto nitrico, mentre per l'azoto ammoniacale si ottengono sempre flussi positivi, tranne che nella stazione B e relativamente alla sola campagna del marzo 1990. In generale, anche se il flusso diffusionale dell'azoto ammoniacale è positivo, la velocità di nitrificazione nell'acqua prossima al sedimento risulta maggiore della velocità con la quale la stessa acqua viene rifornita di azoto ammoniacale per diffusione dai sedimenti. Sulla base dei dati raccolti si può quindi concludere che i fenomeni di trasformazione dell'azoto nitrico ed ammoniacale all'interfaccia acqua-sedimenti, si risolvono, a livello macroscopico, in un inglobamento di azoto nei sedimenti stessi: il nitrato per diffusione diretta, l'ammonio a seguito della nitrificazione e conseguente diffusione del nitrato.

Per quanto concerne $P\text{-}PO_4^{3-}$ e $Si\text{-}SiO_2$, si nota un aumento della concentrazione nell'acqua interna alle camere bentiche in funzione del tempo. Il flusso positivo (dai sedimenti verso la colonna d'acqua) osservato per le due specie è sostanzialmente in accordo con il valore del gradiente di concentrazione delle stesse all'interfaccia acqua-sedimenti. I valori dei flussi diffusionali calcolati mediante applicazione della legge di Fick (Ceradini et al., 1990), utilizzando i valori di Δx ottenuti per ogni esperienza (Tabella 2) e quelli ottenuti dalle esperienze con camere bentiche sono sostanzialmente in accordo per $P\text{-}PO_4^{3-}$, con una differenza sui valori medi intorno al 2 %. Solo nell'esperienza del dicembre 1990 (stazione A) i due flussi presentano valori opposti (positivo quello diffusionale e negativo quello misurato con

camera bentica). Tale fatto porta a concludere che in generale l'ortofosfato che fuoriesce dai sedimenti non viene rimosso per precipitazione con gli idrossidi di ferro nelle acque prossime al fondale.

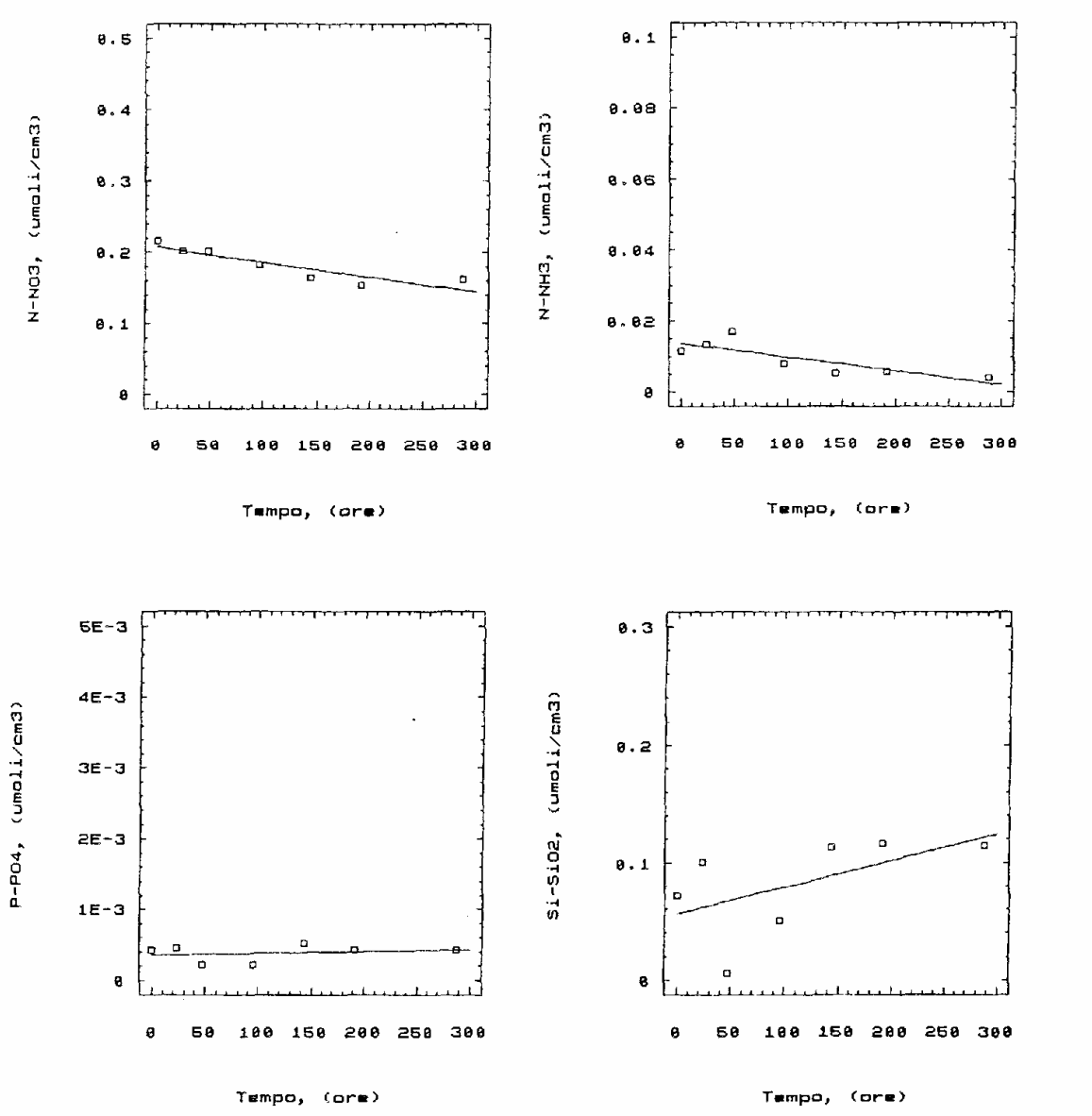


Fig. 4 - Andamenti della concentrazione di azoto nitrico, azoto ammoniacale, ortofosfato e silice disciolta nell'acqua interna alle camere bentiche in funzione del tempo. Campagna aprile 1992, stazione B.

Tab. 2 - Velocità di nitrificazione (V_N), di denitrificazione (V_D), flussi diffusionali di azoto nitrico, ammoniacale, ortofosfato e silice disciolta (Jd_{NO3}, Jd_{NH4}, Jd_{PO4} e Jd_{SiO2}), flussi misurati di ortofosfato e silice disciolta (Jt_{PO4} e Jt_{SiO2}), spessore (Δx) dello strato attraverso il quale avviene il fenomeno diffusivo.

Campagna	Stazione	V_N $\mu moli/(cm^3*s)$	V_D $\mu moli/(cm^2*s)$	Jd_{NH4} $\mu moli/(cm^2*s)$	Jd_{NO3} $\mu moli/(cm^2*s)$	Δx (cm)	Jd_{PO4} $\mu moli/(cm^2*s)$	Jt_{PO4} $\mu moli/(cm^2*s)$	Jd_{SiO2} $\mu moli/(cm^2*s)$	Jt_{SiO2} $\mu moli/(cm^2*s)$
Dicembre 1989	A	$1,72*10^{-7}$	$7,45*10^{-6}$	$+4,24*10^{-6}$	$-7,45*10^{-6}$	0,20	-	-	-	-
Marzo 1990	A	$1,19*10^{-7}$	$5,34*10^{-6}$	$+2,48*10^{-6}$	$-5,34*10^{-6}$	0,26	-	-	-	-
Marzo 1990	B	$2,56*10^{-8}$	$9,92*10^{-7}$	$-1,40*10^{-7}$	$-9,92*10^{-7}$	0,88	-	-	-	-
Dicembre 1990	A	$5,79*10^{-8}$	$2,98*10^{-6}$	$+3,51*10^{-7}$	$-2,98*10^{-6}$	0,43	$+3,04*10^{-8}$	$-1,22*10^{-9}$	-	-
Maggio 1991	C	$1,02*10^{-7}$	$2,15*10^{-6}$	$+3,08*10^{-6}$	$-2,15*10^{-6}$	0,56	$+1,28*10^{-8}$	$+2,07*10^{-8}$	-	-
Aprile 1992	A	$3,32*10^{-8}$	$3,38*10^{-6}$	$+8,83*10^{-7}$	$-3,38*10^{-6}$	0,36	$+4,25*10^{-9}$	$+4,61*10^{-9}$	$+1,46*10^{-7}$	$+1,37*10^{-5}$
Aprile 1992	B	$3,48*10^{-8}$	$2,69*10^{-6}$	$+7,03*10^{-7}$	$-2,69*10^{-6}$	0,48	$+6,64*10^{-9}$	$+2,05*10^{-9}$	$+1,22*10^{-7}$	$+1,83*10^{-6}$
Aprile 1992	C	$1,40*10^{-7}$	$8,57*10^{-6}$	$+5,71*10^{-6}$	$-8,57*10^{-6}$	0,15	$+4,05*10^{-9}$	$+3,31*10^{-8}$	$+2,80*10^{-7}$	$+1,98*10^{-5}$
Media		$8,56*10^{-8}$	$4,19*10^{-6}$	$+2,16*10^{-6}$	$-4,19*10^{-6}$	0,42	$+1,16*10^{-8}$	$+1,18*10^{-8}$	$+1,83*10^{-7}$	$+1,18*10^{-5}$
C.V.(%)		64,7	6,37	96,3	6,37	54,8	95,7	124	46,5	77,5
Min		$2,56*10^{-8}$	$9,92*10^{-7}$	$-1,40*10^{-7}$	$-9,92*10^{-7}$	0,15	$+4,05*10^{-9}$	$-1,22*10^{-9}$	$+1,22*10^{-7}$	$+1,83*10^{-6}$
Max		$1,72*10^{-7}$	$8,57*10^{-6}$	$+5,71*10^{-6}$	$-8,57*10^{-6}$	0,88	$+3,04*10^{-8}$	$+3,31*10^{-8}$	$+2,80*10^{-7}$	$+1,98*10^{-5}$

Per la silice disciolta, i flussi calcolati utilizzando la legge di Fick e quelli ottenuti dalle esperienze con camere bentiche sono dello stesso segno (positivi) ma in netto disaccordo, essendo i primi circa due ordini di grandezza inferiori ai secondi. D'altra parte la silice disciolta, presenta un andamento non lineare col tempo nell'acqua interna alla camera bentica. Questo potrebbe essere in relazione sia alla diminuzione del fattore di concentrazione della silice disciolta in funzione del tempo, sia alla formazione di polimeri e/o precipitati non reattivi al metodo del blu di molibdeno, a causa di fenomeni di invecchiamento.

Il fatto che, in tutti i casi studiati, il flusso misurato con l'utilizzo delle camere bentiche risulti di gran lunga superiore a quello calcolato utilizzando la legge di Fick, indica come il flusso di Si-SiO_2, potrebbe essere influenzato da fattori diversi dalla pura diffusione.

In linea di principio i dati ottenuti sono validi solo se ricondotti alle particolari condizioni chimico-fisiche presenti al tempo delle esperienze (pH, O_2 disciolto, ecc.), ma appaiono sufficienti ad essere utilizzati per la stima dei carichi interni di nutrienti nel lago d'Orla e per una prima quantificazione del ruolo dei processi di nitrificazione e denitrificazione nel ciclo dei composti azotati nelle acque del lago.

4. CONCLUSIONI

L'applicazione di due metodologie complementari (misura diretta dei flussi con camere bentiche ed indiretta attraverso l'applicazione della prima legge di Fick) ha permesso di giungere ad una prima quantificazione di alcuni processi che regolano il ciclo delle sostanze nutrienti nel lago d'Orla, tra i quali la nitrificazione nell'acqua ipolimnica, la denitrificazione nei primi strati di sedimenti ed i flussi bentici di azoto ammoniacale e nitrico, ortofosfato e silice solubile.

Il processo globale di trasformazione dell'azoto (nitrico ed ammoniacale) nelle acque prossime al fondale, si manifesta attraverso la demolizione del nitrato ad azoto molecolare nei primi centimetri di sedimenti.

I flussi bentici di ortofosfato e silice sono positivi, ma per quest'ultima il flusso dai sedimenti appare regolato da processi diversi dalla pura diffusione.

Nessuna correlazione è stata evidenziata tra le grandezze calcolate e parametri quali pH, O_2 disciolto, temperatura, concentrazione di nutrienti, indicando che non esiste un unico fattore dominante la cui variazione determina un aumento od una diminuzione lineare dei parametri calcolati, ma, piuttosto che i fenomeni di nitrificazione e denitrificazione siano influenzati da una numero elevato di fattori, ognuno dei quali non in grado di spiegare da solo la varianza osservata.

I dati ottenuti sono stati utilizzati per la stima dei carichi interni dei nutrienti nel lago d'Orla e per una prima quantificazione del ruolo dei processi di nitrificazione e denitrificazione nel ciclo dei composti azotati nelle acque del lago (Cambiaghi et al., 1993).

BIBLIOGRAFIA

Cambiaghi, M., S. Ceradini, G. Ciceri & W. Martinetti, 1993. The role of sediments in the nitrogen budget of Orta Lake (Northern Italy). In: Giussani & Callieri (Eds), "Proceedings of the 5th International Conference on the Conservation and Management of Lakes - Strategy for Lake Ecosystems Beyond 2000". Stresa (Italy), 17-21 May 1993: 253-256.

Ceradini, S., G. Ciceri, N. Cogliati, W. Martinetti & D. Portaluppi. 1990. Alcuni aspetti del ciclo dell'azoto all'interfaccia acqua-sedimenti del Lago d'Orta. *Atti del IX Congresso Nazionale A.I.O.L.,* S. Margherita Ligure, 20-23 novembre 1990: 445-458.

Klapwijk, A. & J. Snodgrass. 1982. Experimental measurement of sediment nitrification and denitrification in Hamilton Harbour, Canada. *Hydrobiologia,* 91: 207-216.

Mosello, R., C. Bonacina, A. Carello, V. Libera & G. A. Tartari. 1986. Acidification due to in-lake ammonia oxidation: an attempt to quantify the proton production in a highly polluted subalpine Italian lake (Lake Orta). *Mem. Ist. Ital. Idrobiol..,* 44: 47-71.

Wollast, R.. 1978. Oxydo-reduction potential and bacteriological activity in the interstitial waters. *Thalassia Jug.,* 14: 209-212.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 155 a pag. 165

ALCUNE CARATTERISTICHE DEI PROCESSI BIOGEOCHIMICI NEL CANALE DI SICILIA

Giorgio BUDILLON*, Fabio CONVERSANO*, Fabrizio CAMPILI**, Federico CORATO** e Giancarlo SPEZIE*

Istituto di Meteorologia e Oceanografia IUN, Napoli
** Stazione Zoologica "A.Dohrn", Napoli

SUMMARY

At the end of 1990 the POEM Project was extended to the study of the chemical and biological dynamics of the Eastern Mediterranean Basin. The new Project was named POEM-BC (Physical, Biological and Chemical Oceanography of the Eastern Mediterranean). The aim of this extended Project is to estimate the productivity of the Eastern Mediterranean and to determine the temporal and spatial scales that regulate biogeochemical processes.

In the frame of this project, in October 1991, an oceanographic cruise has been conducted in the Sicily Channel by the Istituto di Meteorologia e Oceanografia IUN and the Stazione Zoologica "A. Dohrn" of Naples.

On a station grid covering the whole channel the conventional physical parameters were estimated and the analysis of dissolved oxygen concentration was performed using the polarographic electrode method. On a reduced number of stations, dissolved oxygen concentration was evaluated with the Winkler method and nitrate, phosphate, and silicate concentrations were determined. On selected stations chlorophyll *a* content of the particulate matter was also measured.

We present data on oxygen depletion recorded in the LIW throughout the Sicily Channel, on nutrient concentrations values of these water mass and on the presence, in the centre of the Sicily Channel, of mesoscale structures related to upwelling events.

Preliminary analysis of recent data collected during the POEM-BC A92 Cruise show that the exchange of nitrogen and phosphorous through the Sicily Channel is presumably less unbalanced than it was thought before.

1. INTRODUZIONE

A partire dal 1985 nell'ambito del POEM (Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean) è stata condotta un'osservazione più sistematica del Mediterraneo Orientale (E.Med.) che ha delineato le caratteristiche principali della dinamica fisica del bacino. In un lavoro sintetico (Robinson et al., 1992) il gruppo POEM ha classificato i processi che hanno luogo nell' E.Med. sulla base delle diverse scale spazio-temporali:

- alla scala di bacino, ovvero una grossa cella termoalina;
- alla scala di sottobacino, con unità fisiche identificate come vortici, jets e correnti meandriformi (che, unite, contribuiscono a formare la circolazione generale);

- a livello di mesoscala, cioè secondo le strutture che dipendono dal raggio di deformazione di Rossby.

Il ruolo e le interazioni tra la dinamica fisica e la complessiva dinamica bio-geochimica è l'oggetto di studio dell'estensione del POEM al nuovo progetto denominato POEM-BC che in particolare ha l'obiettivo di determinare la dinamica del ciclo di produttività nel bacino, individuare le scale spazio-temporali più significative dei processi biochimici che la regolano e definire l'effetto dei processi fisici su di essi.

In questo lavoro si commentano i risultati su alcuni processi biogeochimici osservati durante la campagna oceanografica POEM-BC effettuata nell'Ottobre '91 dall'Istituto di Meteorologia e Oceanografia dell' IUN e dalla Stazione Zoologica di Napoli.

Questo studio è stato orientale a fornire una prima stima circa l'entità dei flussi biogeochimici attraverso il Canale di Sicilia partendo dalla determinazione della distribuzione delle relative variabili chimiche e biologiche.

L'integrazione delle informazioni fornite dalle misure di queste variabili, in aggiunta a quelle provenienti dall' analisi dei dati T-S, ha una doppia valenza:

- supporta una descrizione della dinamica fisica, fornendo spesso segnali amplificati rispetto alle variazioni di T ed S, ed è comunque indicativa di processi non distinguibili solo dall'analisi dei parametri fisici (si pensi alla classica analisi della distribuzione di ossigeno rispetto ai tempi di residenza delle acque profonde);
- permette una quantificazione dei flussi e conseguentemente una valutazione dei bilanci, punto chiave per qualsiasi descrizione di dinamica globale, fornendo un ulteriore supporto ai risultati dell'analisi fisica.

2. MATERIALI E METODI

La campagna oceanografica POEM-BC O91 è stata effettuata con la N/O "MINERVA" messa a disposizione dal C.N.R.. Sono state effettuate 98 stazioni di misura come riportato nel reticolo generale di Fig. 1.

Oltre ai parametri fisici convenzionali, sono stati prelevati campioni, generalmente alle quote standard, per l'analisi di ossigeno disciolto, nutrienti (nitrati, ortofosfati, silicati), azoto e fosforo totali e dei pigmenti clorofilliani.

Per il campionamento è stato utilizzato, nella prima parte della campagna, un CTD del tipo NEIL BROWN e successivamente un SEABIRD, per l'acquisizione in continuo dei parametri fisici, corredato di ROSETTE con dodici bottiglie del tipo NISKIN da 10 litri ciascuna, per il campionamento chimico-biologico. I valori di temperatura acquisiti dal CTD sono stati calibrati mediante termometri a rovesciamento digitali SIS mentre i campioni per la taratura della salinità sono stati analizzati con un salinometro da laboratorio AUTOSAL mod.8400.

Per quanto riguarda i parametri chimici sono state adottate le seguenti metodologie:

-l'ossigeno disciolto è stato determinato con la procedura di Winkler (Saggiomo et al., 1990), con determinazione visiva del punto equivalente. La precisione misurata con l'effettuazione di almeno 10 repliche sullo stesso campione è risultata essere di ± 0.67 $\mu mol/dm^3$. Inoltre la soluzione stock di iodato è stata precedentemente intercalibrata per la standardizzazione con altri laboratori, operazione che ha consentito di verificare l'affidabilità della soluzione utilizzata.

La qualità dei dati delle concentrazioni dell'ossigeno disciolto riveste particolare importanza nell'evidenziare alcuni processi rilevanti osservati nel Canale;

- per quanto riguarda i nutrienti (nitrati, ortofosfati, silicati) e la determinazione dell'azoto e fosforo totale, i campioni sono stati prelevati, nel primo caso, in fialette di polietilene da 20 ml a chiusura ermetica mentre nel secondo caso i campioni,

opportunamente trattati con un agente ossidante (potassio persolfato), sono stati messi in autoclave per 30 minuti a 120°C. Poiché l'analisi non è stata effettuata direttamente a bordo, è stato necessario, in entrambi i casi, congelare i campioni a -20°C.

I dati sulle concentrazioni dei sali nutritivi ottenuti successivamente in laboratorio, che avrebbero dovuto integrare le informazioni ricavate dall'analisi dell'ossigeno disciolto, hanno invece posto grossi problemi di attendibilità. La variabilità è risultata elevatissima sia tra stazione e stazione che su diverse quote della stessa stazione, anche quando la struttura della colonna avrebbe suggerito valori simili. Riteniamo che questa variabilità sia da imputare in pari misura al lungo intervallo di tempo trascorso dal prelievo dei campioni all'analisi (circa 6 mesi per cause non dipendenti dagli operatori) che ad una cattiva conservazione dei campioni stessi, imputabile in parte al tipo di contenitori utilizzati.

E' risultato infatti che la salinità della maggior parte dei campioni era spesso diminuita fino a valori di 20 psu, lasciando supporre perdita di sali non facilmente stimabile. I valori ottenuti sono risultati talvolta troppo alti rispetto alle concentrazioni riportate in letteratura per le stesse masse d'acqua, talvolta troppo bassi.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Evidenziarne alcuni aspetti caratteristici della dinamica fisica e chimica facendo riferimento a tre sezioni che meglio rappresentano 1' area in esame (vedi Fig. 1).

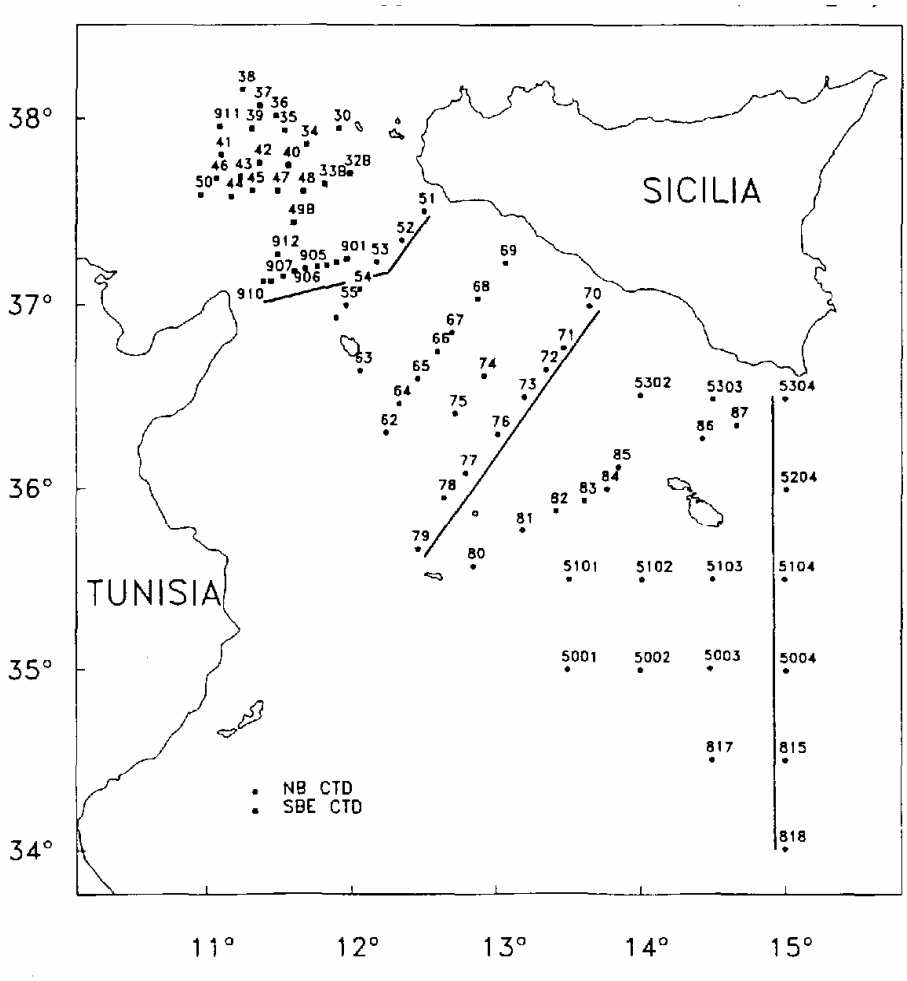


Fig. 1 - POEM-BC O91 Grigliato delle stazioni

3.1. Caratteristiche fisiche

II transetto 1 rappresenta la sezione che va da Capo Bon a Mazara del Vallo.

La sezione è stata investigata con un transetto di 12 stazioni idrologiche eseguite con il CTD dalla superficie al fondo. La sezione è molto indicativa perché taglia, nella parte più stretta del Canale, il flusso in ingresso delle acque atlantiche ed il flusso in uscita delle LIW attraverso la soglia del canyon a nord di Pantelleria che rappresenta il passaggio obbligato dell' acqua levantina verso il bacino occidentale del Mediterraneo. La sezione occupa anche parzialmente (stazioni 51,52,53) lo shelf siciliano con fondali molto bassi.

L'analisi delle caratteristiche delle acque presenti all'epoca delle misure è stata effettuata attraverso i diagrammi T-S. E' evidente la presenza di acqua superficiale locale nell'area della piattaforma siciliana, mentre solo sulle stazioni 905 e 906, centrate sul canyon di Pantelleria, è ben evidente la massiccia presenza di acqua levantina. Il cuore dell'acqua atlantica è presente nelle stazioni 908 e 910 in prossimità delle coste africane, intrappolata nel termoclino ancora ben sviluppato. La zona di separazione tra le due masse d'acqua, caratterizzate dai diversi valori di salinità, viene individuata intorno ai 150 metri di profondità corrispondente approssimativamente alla quota dell'isoalina S=38.

Lungo il secondo transetto, la caratteristica dominante è la presenza molto marcata della LIW in tutte le stazioni; solo nella stazione 77 è ben evidente anche l'AW nello strato superficiale. Questa sezione è localizzata nell' ampio bacino di raccolta delle LIW, prima che queste si incanalano nel canyon di Pantelleria.

La terza sezione, a sud di Capo Passero e lungo il meridiano 15°E, può essere contraddistinta da due situazioni idrologiche diverse: nella sua parte settentrionale, fino alla stazione 5104 a SE di Malta, si nota la presenza di AW tra i 30 e 50 metri di profondità, mentre nella parte meridionale, lo strato superficiale è interessato da acque ioniche rimescolate e da marcata presenza di LIW intorno a 260 metri di profondità.

Le recenti ricerche nel Canale di Sicilia hanno evidenziato la grande difficoltà a valutare i trasporti delle masse d'acqua tra il bacino orientale e quello occidentale del Mediterraneo, sia con i metodi diretti (Grancini & Michelato, 1987; Manzella et al, 1988) sia con i metodi classici (De Maio et al., 1990). Queste difficoltà sorgono da due ordini di considerazioni:

1. la AW entra nel Canale di Sicilia con una struttura a getto collegata ad un fronte termico disposto lungo il bordo delle acque fredde e saline presenti sullo shelf continentale della Sicilia. Questo flusso è associato a meandri ed eddies che sono responsabili di una forte variabilità spaziale e temporale;
2. la LIW esce dallo Stretto di Sicilia soprattutto attraverso la sella a nord di Pantelleria a 430 metri di profondità ed ampia solo una decina di miglia.

A queste condizioni i metodi geostrofici per la valutazione dei trasporti possono fornire valori, non del tutto corretti, diversi da quelli che mediamente sono riportati in letteratura. A questo bisogna aggiungere che le numerose campagne eseguite nel!' ambito del POEM hanno evidenziato l'importanza dei fenomeni di mesoscala sui trasporti dei flussi. Quindi occorre anche considerare la difficoltà di separare la parte del trasporto medio dovuto al forzamento termoalino da quella causata dai fenomeni di mesoscala.

Comunque, nonostante le difficoltà ricordate, il metodo geostrofico, allo stato attuale in mancanza di adeguati punti di misura diretta dei flussi, rappresenta l'unico possibile per una valutazione dei trasporti.

La topografia e le caratteristiche dinamiche dell'area in esame non ci consentono di considerare il fondo marino come superficie di moto nullo, pertanto il livello di riferimento scelto, per il calcolo geostrofico lungo le sezioni considerate, è stato intorno a 150 m,

quota che rappresenta orientativamente l'interfaccia tra la AW e la LIW (Moretti et al 1989)

Sulla base di quanto sopra descritto, i calcoli geostrofici e quindi i trasporti totali, sono stati eseguiti utilizzando gli stessi transetti analizzati precedentemente da un punto di vista idrologico

La sezione 1, riportata in Fig. 1, risulta la più attendibile in quanto taglia trasversalmente il flusso della LIW e si estende dalla Sicilia sino a poche miglia dalle coste africane.

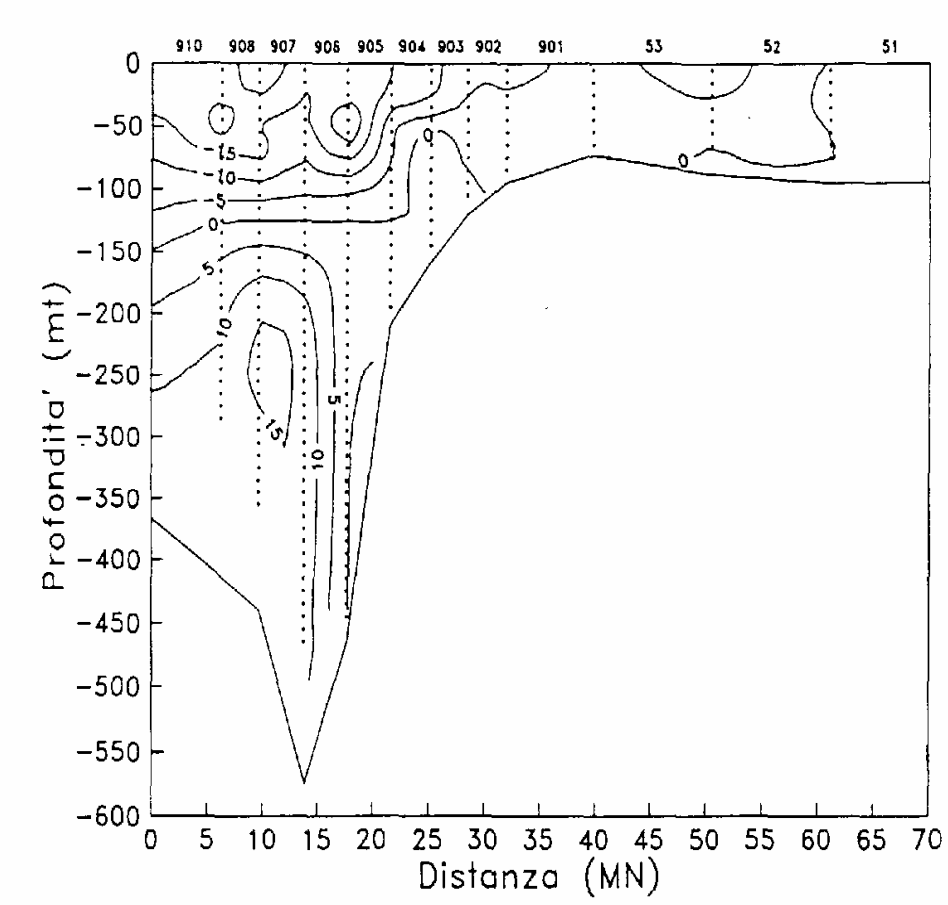


Fig. 2 - Transetto 1, velocità geostrofiche (cm/sec)

La Fig. 2 riporta per questo transetto le linee di uguale velocità (in cm /s) in funzione della distanza tra le stazioni e della relativa profondità. E' molto ben evidente il cuore della AW nel settore tunisino ad una quota compresa tra i 30 e i 50 metri, con velocità intorno ai 19 cm/s, ed il cuore della LIW, centrato a 250 metri di profondità, abbastanza allineato con l'asse del canyon e con velocità intorno a 14 cm/s. (i valori negativi sono per correnti uscenti dal foglio).

Il trasporto totale calcolato con il metodo geostrofico attraverso questa sezione ammonta a circa 0.7 Sv sia per la AW che per la LIW.

Molto interessante è l'analisi della Fig. 3 relativa al transetto 2, posizionato tra Pantelleria e Malta dove appare marcato ed intenso il cuore della AW lungo il getto superficiale a nord di Lampedusa, mentre la LIW è distribuita in un ampio settore con velocità massima intorno ad 8 cm/s. L'intensità dei flussi e l'ampiezza della sezione provocano un trasporto totale di 1.7 Sv in entrambi i sensi.

Il discorso è diametralmente opposto quando consideriamo il transetto 3, lungo il meridiano 15°E. E' una sezione molto limitata, che interessa soltanto una parte della congiungente Sicilia-Africa, però è indicativa dell'area d'interfaccia tra la circolazione dello Ionio e quella del -Canale di Sicilia. La Fig. 4, che rappresenta le velocità geostrofiche, evidenzia la penetrazione della AW nello Ionio nella parte più settentrionale della sezione. Questo aspetto è stato messo in evidenza in altre campagne eseguite nel periodo estivo durante il quale la AW entra nello Ionio, con larghe celle, molto addossata

al settore orientale della Sicilia spingendosi molto a nord verso il Canale di Otranto. Dalla figura si nota anche una debole penetrazione della LIW a 250 metri nella parte più meridionale della sezione

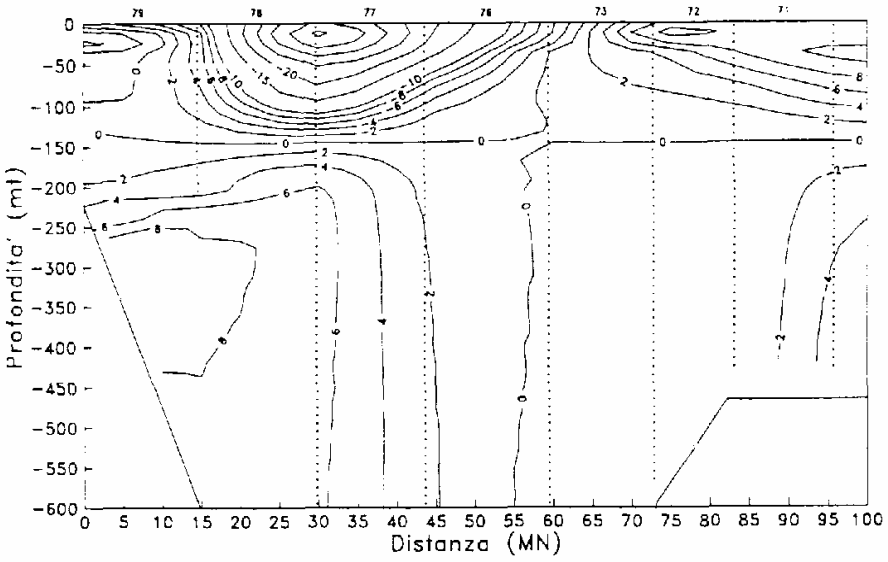


Fig. 3 - Transetto 2, velocità geostrofiche (cm/sec)

3.2. Andamento dei parametri chimici

Se si osservano le sezioni relative all'ossigeno disciolto è possibile notare che, nel procedere dal transetto 3 al transetto 1, ovvero dal lato orientale del Canale verso quello occidentale, vi è una debole ma evidente diminuzione dell'ossigeno disciolto nello strato della LIW da noi considerato nello spessore 150-600 (Figg. 5, 6, 7).

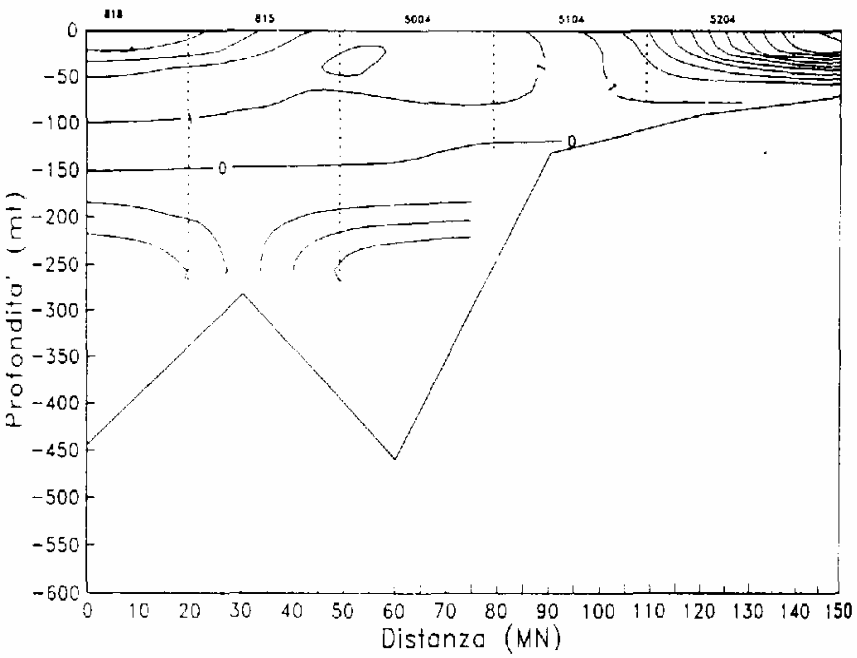


Fig. 4 - Transetto 3, velocità geostrofiche (cm/sec)

Questa diminuzione, che può essere considerata direttamente in quantità assoluta poiché si tratta di concentrazioni ben al di sotto della saturazione, ammonta a circa 7.59 µmol/dm^3 come valore integrato nello strato considerato. Le concentrazioni assolute sono invece di 196.87 µmol/dm^3 all'ingresso e di 189.29 (µmol/dm^3 all'uscita del Canale. Se si considera che in fase di formazione la concentrazione di ossigeno nella LIW dovrebbe aggirarsi intorno a 250 µmol/dm^3 (S=39, t=14.5°C) si osserva che nel passaggio attraverso il Canale viene consumato circa il 15% dell'ossigeno consumato nel precedente percorso nel Mediterraneo orientale. Sebbene si tratti di un dato integrato questo valore potrebbe, se confrontato con le distanze e i valori lungo il percorso precedente, fornire utili indicazioni sul tempo di residenza della LIW nello Stretto di Sicilia. E' comunque indubbio che in questa area avvengono significativi processi di remineralizzazione all'interno della LIW.

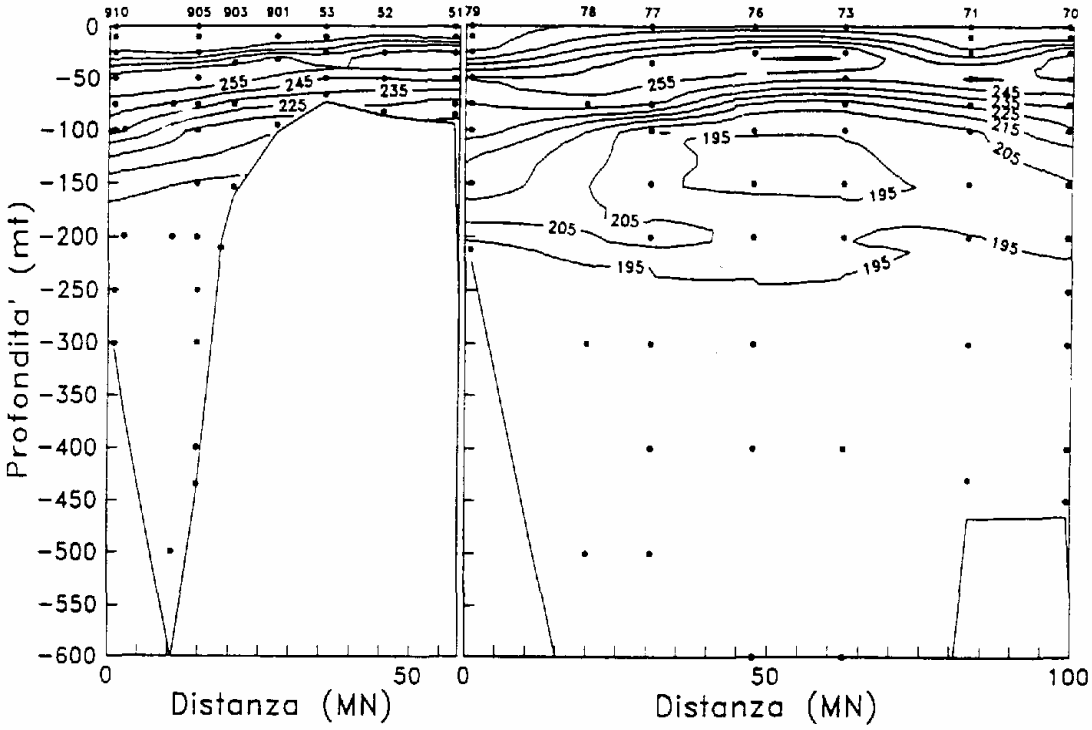


Fig. 5 - Transetto 1, ossigeno disciolto (µmol/dm^3)

Fig. 6 - Transetto 2, ossigeno disciolto (µmol/dm^3)

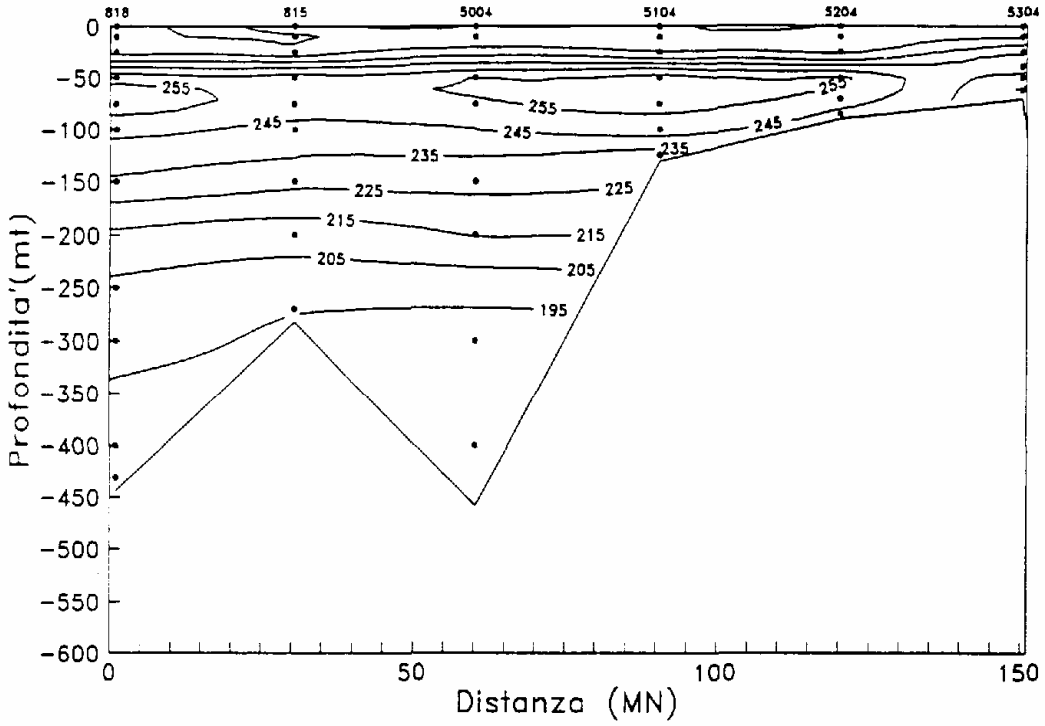


Fig. 7 - Transetto 3, ossigeno disciolto (µmol/dm^3)

Come già precedentemente accennato si sono presentati problemi circa l' analisi dei nutrienti. Pur ritenendo che i gradienti osservati nella concentrazione dei nitrati, che si può considerare la forma dominante di azoto minerale nella LIW, siano sovrastimati, si rileva un significativo aumento dell'azoto minerale nel percorso della LIW nel Canale, osservazione che conferma quanto evidenziato dall'andamento dell'ossigeno. L'esatto opposto si verifica nello strato superficiale, lasciando supporre un'ancora attiva rimozione di NO_3 nella zona fotica. Non è possibile ipotizzare più in dettaglio, data la qualità dei dati, il tipo di trasformazione avvenuta, ovvero se verso il particolato oppure verso forme di azoto diverse attraverso un ciclo più complesso.

Se ci si dovesse fermare a questa prima evidenza si osserverebbe un significativo deficit del bacino orientale relativamente all'azoto. Assumendo che gli strati prescelti rappresentino in buona approssimazione quelli che bilanciano la massa (a meno dell'evaporazione) la differenza delle concentrazioni medie relative al transetto 1, che tra l'altro è l'unico che attraversa l'intera luce del Canale, è notevole.

In realtà già nel corso di quella stessa crociera sono stati analizzati alcuni campioni per il contenuto di azoto nel particolato. In questo caso mentre lo strato superficiale presentava una concentrazione media di circa 0.4 $\mu mol/dm^3$, quello intermedio rivelava alla profondità del massimo di salinità valori intorno a 0.09 $\mu mol/dm^3$. Fanno eccezione le due stazioni al centro dello Stretto che analizzeremo più in dettaglio. Questo rapporto di circa 1:5 già parzialmente compensa la differenza nello scambio di azoto minerale. Inoltre, proprio per meglio quantificare lo scambio, nella crociera POEM-BC A92 svoltasi nella primavera successiva, sono state effettuate su alcune stazioni dei vari transetti misure del contenuto totale di azoto e fosforo. I dati non vengono qui riportati ma, anche considerando la diversa stagione in cui ha avuto luogo la crociera, le concentrazioni ottenute mostrano che non esiste una significativa differenze nel contenuto di azoto totale nelle due masse d'acqua. Quindi, come già osservato nel caso di Gibilterra (Jacques, 1991), un bilancio che tenga conto di tutte le forme di azoto si mostra in pareggio o solo debolmente deficitario.

L'andamento dei silicati mostra invece segno opposto evidenziando una debole diminuzione nel percorso da Est a Ovest, e soprattutto una diminuzione del rapporto con l'azoto.

E' stato ipotizzato da Cruzado (Centre de Studis Avanzatas de Blanes, comunicazione personale) che vi sia un notevole contributo di silicati al Mediterraneo orientale con il trasporto nell'atmosfera delle sabbie dei deserti dell'area medio-orientale dei continenti asiatici ed africani.

Inoltre è di particolare interesse rilevare che la diminuzione della concentrazione di silicati nell'acqua intermedia è di segno esattamente opposto a quanto avviene nello strato superficiale. Pur con la riserva dettata dalla qualità dei dati e quindi nell'impossibilità di effettuare calcoli precisi, questo andamento potrebbe suggerire un trasporto di silicati dallo strato intermedio verso quello superficiale, e quindi una ricircolazione della LIW verso l'interno del bacino attraverso la diffusione nello strato superiore.

3.2. Dinamica interna e riflessi sugli scambi

Un altro processo osservabile nelle distribuzioni è quello indotto dalla presenza di un grosso vortice nella parte centrale dello Stretto di Sicilia.

Dalla distribuzione delle isolinee della salinità e dell'ossigeno disciolto (vedi Fig. 6), è bene evidente la risalita nella parte centrale della sezione della LIW. Evidentemente questa risalita interessa anche la zona fotica, dal momento che le concentrazioni di ossigeno disciolto in quest'ultima raggiungono i massimi osservati in tutta l'area. Si tratta evidentemente di ossigeno di origine biologica. Questo è ulteriormente confermato dalla

quantità di particellato organico, che anche in questo caso rappresenta il massimo per tutta l'area e dalle concentrazioni di clorofilla che si discostano dalla media dei valori di almeno 0.4 $\mu g/dm^3$.

La concentrazione di azoto al fondo nel Mediterraneo Orientale varia tra 5 e 6 $umol/dm^3$. Dalle nostre osservazioni, e tenendo conto dei dati riportati in letteratura, sono state trovate nella LIW concentrazioni di azoto dell' ordine di 4-4.5 $\mu mol/dm^3$, il che significa che nonostante l'acqua intermedia levantina esporti una certa quantità di azoto (dai nostri dati non si è potuto verificare se la quantità di azoto esportato è maggiore di quello importato), rimane comunque da stabilire in che maniera viene esportato e se il pool profondo viene eroso.

Altro punto importante da sottolineare è che, come noto, l'acqua di fondo del bacino di Levante si forma nell'Egeo o nell'Adriatico. In tali ipotesi si potrebbe pensare che l'acqua di fondo del bacino dovrebbe subire un arricchimento perché proveniente dal Nord Adriatico che è arricchito di nutrienti dai fiumi che vi sfociano, Po in particolare.

Nello stesso tempo se è vero, come sembrerebbe, che l'acqua uscente dal Canale di Sicilia non è tanto ricca da consumare le riserve di fondo dello Ionio, si potrebbe ipotizzare che esista un accumulo di nutrienti nello Ionio e comunque in generale nel Mediterraneo Orientale.

L'idea alternativa è che lo scambio diffusivo tra 1'EMDW e la LIW è sufficiente a trasferire nella seconda il contributo proveniente dal Nord Adriatico mantenendo il sistema in un punto stazionario. Solo misure estese a tutto il bacino potranno forse chiarire questo punto.

Il terzo punto rilevante è che comunque esiste un pool di riserva di azoto nel Mediterraneo Orientale mentre la quantità di fosforo è molto più bassa, cioè 5 volte più bassa di quella che normalmente è disponibile negli oceani, e questa è la ragione per cui viene spontaneo ritenere che il fosfato sia il fattore limitante; andando a verificare il rapporto azoto/fosforo esso è circa 20 a 1 invece del tradizionale 16 a 1.

Il vortice osservato nel Canale di Sicilia, probabile conseguenza di un meandro al centro del Canale, costituisce un esempio di dinamica interna. Si osserva chiaramente la risalita di acqua intermedia, che è quella che riempie tutto lo Stretto di Sicilia; inoltre la concentrazione di ossigeno dello strato superficiale, conferma la presenza nella zona di un attiva produzione primaria, che si manifesta anche dai valori di clorofilla *a* e soprattutto dai dati del particolato.

Ovviamente informazioni più dettagliate sulle concentrazioni dei nutrienti ci avrebbero consentito di capire se questo tipo di processo è favorevole ad una maggiore esportazione o invece favorevole ad una conservazione dell' azoto nel bacino, nel senso che si possono ipotizzare due situazioni:

1. che la risalita di azoto alla superficie nel Mediterraneo Orientale favorisca una fissazione dell'azoto nello strato superiore (acqua che fa parte del flusso entrante, acqua Nord Atlantica) e cioè l'azoto ricircola all' interno del bacino;
2. viceversa che l'azoto, risalendo verso l'alto e inducendo la produzione primaria ricade in tempo sufficientemente rapido nello strato intermedio e viene esportato nell'acqua levantina.

In effetti le concentrazioni di particolato nella LIW in corrispondenza del vortice sono cinque volte più grandi di quelle raccolte in corrispondenza del massimo di salinità in altri punti del Canale.

Inoltre viene confermato che l'acqua intermedia nel suo passaggio attraverso lo Stretto di Sicilia perde una significativa parte (circa il 15%) del suo ossigeno a causa della remineralizzazione della sostanza organica; il consumo di ossigeno stimato sulla base del gradiente osservato, dovrebbe consentire una stima della sostanza organica utilizzata.

Se si disponesse dei dati di ossigeno nel resto del bacino si potrebbe determinare l'andamento del consumo durante il percorso della LIW e quindi verificare se l'ossigeno viene consumato in maniera lineare dalla parte orientale del bacino fino allo Stretto di Sicilia, oppure se io Stretto di Sicilia è una zona particolarmente attiva per la remineralizzazione con conseguente drastico consumo di ossigeno. Se cosi fosse questo fenomeno potrebbe essere spiegato sulla base di due differenti dinamiche:

- la produzione primaria è più attiva nello Stretto di Sicilia perché evidentemente ci sono fenomeni di arricchimento subsuperficiale come quelli che abbiamo individuato;
- il tempo di residenza dell'acqua Levantina nello Stretto è più alto e questo fornirebbe un'informazione utile al fine di stimare il tempo di residenza dell'acqua nello Stretto prima della soglia.

Una volta appurato ciò si potrebbero fare anche delle ipotesi sul meccanismo di fuoriuscita dell' acqua, se ad intermittenza oppure continua. Infatti se i tempi di residenza sono abbastanza lunghi il meccanismo di uscita è probabilmente di tipo intermittente.

4. CONCLUSIONI

In sintesi, anche sulla base di misure non complete e calcoli non conclusivi, sono stati evidenziati alcuni processi di un certo rilievo:

1. l'attivo consumo di ossigeno durante il passaggio attraverso lo Stretto di Sicilia;
2. l'esistenza di una struttura di mesoscala che apparentemente causa la risalita di acqua al centro del canale. Questo fatto permette probabilmente un ricambio anche nelle fosse profonde, a differenza di casi simili (ad esempio la fossa di Cariaco in Venezuela) nell'oceano, che non diventano anossiche;
3. l'acqua intermedia che supera la soglia ha una concentrazione di nutrienti più bassa di quella profonda; va chiarito, quindi, se esiste un processo di diluizione delle acque del bacino che vengono arricchite durante il processo di rinnovamento.

Per quanto riguarda poi il flusso netto di azoto e di fosforo attraverso il Canale, i dati sui nutrienti mostrano un saldo significativamente negativo a svantaggio del bacino orientale.

D'altra parte nostri dati recenti raccolti durante la successiva campagna oceanografica POEM-BC A92, rivelano che, se si considerano insieme le forme di azoto e fosforo presenti, il saldo è nullo o solo debolmente negativo.

BIBLIOGRAFIA

De Maio, A., M. Moretti, E. Sansone & G. Spezie. 1990, Seasonal salinity variations of the LIW entering into the South Tyrrhenian Sea. *Il Nuovo Cimento,* Vol. 13c.

Grancini, G.F. & A. Michelato. 1987, Current structure and variability in the Strait of Sicily and adjacent area. *Annales Geophysicae.* Vol. 5b: 75-88.

Saggiomo, V., G. Catalano & M. Ribera d'Alcalà. (1990). Ossigeno disciolto. In: Innamorati, M., I. Ferrari, D. Marino & M. Ribera D'Alcalà. (ed.), Metodi nell'ecologia del plancton marino. *Nova Thalassia,* Vol 11: 91-101.

Jacques, G.. 1989. Le ressources vivantes de la Mediterranee Occidentale. *Journess anmtelles de la societe Zoologique de France:* 17-30.

Manzella, G.M.R., G.P. Gasparini & M. Astraldi. 1988, Water exchange between the eastern and Western Mediterranean trough the Strait of Sicily. *Deep-Sea Res.,* Vol. 35: 1021-1035.

Moretti, M., E. Sansone, G. Spezie & A. De Maio. 1989 Sea leve! variability in the Strait of Sicily following changes in the marine currents. *Boll. Oceanol. Teor. Appl.,* VII: 301-306.

Robinson, A.R., P. Malanotte-Rizzoli, A. Hecht, A. Michelato, W. Roether, A. Theocharis, N. Pinardi, A. Artegiani, A. Bergamasco, J. Bishop, S. Brenner, S Christianidis, M. Gacic, D. Georgopoulus, M. Golnaraghi, M. Hausmann, H.-G. Junghaus, A. Lascaratos, M.A. Latif, W.G. Leslie, C.J. Lozano, T. Oguz, E. Ozsoy, E. Papageorgiou, E. Paschini, Z. Rozentroub, E. Sansone, P. Scarazzato, R. Schlitzer, G.C. Spezie, E. Tziperman, G. Zodiatis, L. Athanassiadou, M. Gerges & M. Osman. 1992, General circolation of the easthern Mediterranean. *Earth Science Reviews,* 32: 285-309.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da. pag. 167 a pag. 176

COMMENTO ALLE TAVOLE SULLE ACQUE DELL'ATLANTE TEMATICO NAZIONALE

Alfredo CAROLLO ed Angelo ROLLA

CNR - Istituto Italiano di Idrobiologia
28048 - Verbania Pallanza (Italia)

SUMMARY

The Tables of the National Thematic Atlas on the spatial distribution of surface waters in Italy are presented and discussed. Table 16 represents, by means of isolines, the geographical distribution of the annual average specific discharge (1/sec-km^2). In Table 17 the annual totals and the regimes of the principal Italian watercourses are reported. The Table also reports the most significant types of the discharge fluctuations in the course of the year, as related to the sources of runoff and to the hydrogeological characteristics of the basins. Finally, the main morphometric and hydrological features of the principal Italian lakes are represented.

1. INTRODUZIONE

Un'iniziativa congiunta del Touring Club Italiano e del Consiglio Nazionale delle Ricerche ha portato alla realizzazione di un Atlante Tematico Nazionale corredato da 126 Tavole riguardanti l'intero territorio Italiano e porzioni dello stesso di particolare interesse.

Siamo stati chiamati a collaborare alla realizzazione delle Tavole riguardanti le acque interne superficiali che compaiono nella Tavola 16, come distribuzione spaziale dei contributi o portate specifiche sul territorio nazionale e nella Tavola 17, come rappresentazione delle principali caratteristiche morfologiche e idrologiche dei più importanti corpi idrici lotici e lentici (Touring Club Italiano e CNR, 1989).

Innanzitutto occorre dare una definizione della risorsa idrica, intesa come quantità d'acqua presente nel suolo e sottosuolo di una determinata zona durante un certo periodo di tempo. Le risorse idriche potenziali sono invece le massime risorse idriche che possono essere messe a disposizione con mezzi artificiali. Costituiscono una parte delle risorse idriche naturali che non possono essere sfruttate integralmente per una serie di vincoli di carattere morfologico, geologico, ecc. Esistono poi le risorse idriche utilizzabili e disponibili tenendo conto di situazioni di carattere socio-economico.

Le acque costituiscono risorse dinamiche, cioè volumi d'acqua in movimento, alimentate da fonti idriche naturali e quindi volumi d'acqua che se deviati

artificialmente, possono essere condotti ad alimentazioni perenni. Queste risorse sono rinnovabili perché entro certi limiti si ricostituiscono naturalmente attraverso i vari processi interessanti lo sviluppo del ciclo dell'acqua.

La definizione di una risorsa dinamica implica la considerazione del concetto di sezione (usualmente di un bacino idrografico), essa quindi può essere definita come il volume d'acqua che attraversa una sezione di un fiume in un certo periodo di tempo, espresso in termini di probabilità. Il riferimento alla probabilità è necessario poiché i volumi d'acqua che interessano una determinata sezione in anni diversi, possono essere differenti. Per ottenere un valore sintetico occorre fare riferimento ad un valore normale, e cioè ad una media pluriennale delle osservazioni.

Fatta questa premessa sulle varie definizioni dei differenti tipi di risorsa, è opportuno che prima di qualsiasi approccio all'utilizzazione dell'acqua si deve conoscere l'entità naturale della stessa che per le acque superficiali presuppone, nei suoi aspetti generali, la conoscenza dei deflussi medi annui.

In Italia opera in modo organico sull'intero territorio nazionale il Servizio Idrografico, organo tecnico del Ministero Lavori Pubblici, Servizio che risulta ripartito in differenti compartimenti, talvolta corrispondenti a bacini idrografici, unità territoriali di base per la valutazione delle risorse.

Le rilevazioni effettuate sono raccolte negli Annali Idrologici e compendiate in particolari pubblicazioni di cui quelle che ci interessano sono le varie edizioni dei "Dati caratteristici dei corsi d'acqua Italiani" (Ministero LLPP, Servizio Idrografico, 1934; 1939; 1955; 1963 e 1980). In esse sono raccolti i dati di deflusso riferiti a vari aspetti di questo parametro idrologico, dai valori medi mensili ed annui, alle portate al colmo e minime, ecc.

2. DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEI DEFLUSSI MEDI ANNUI

Nella realizzazione della Tavola 16 si è ricorso al deflusso medio annuo espresso come contributo (l/sec-km^2), al fine di poter effettuare confronti spaziali, poiché la penata soltanto è funzione, a parità di ogni altro fattore, dell'area del bacino a monte.

Il complesso di stazioni prese in considerazione è di 624, che distribuite in classi, come numero assoluto e come percentuale, sono raccolte nella Tab. 1.

Area (km^2)	N	%
0 - 100	198	31.7
100 - 200	126	20.2
200 - 500	112	17.9
500 - 1000	78	12.5
1000 - 2000	54	8.7
2000 - 5000	33	5.3
> 5000	23	3.7

Tab. 1 - Distribuzione di frequenza effettiva e percentuale, secondo l'area, dei bacini a monte delle sezioni di misura dei deflussi.

Data la variabilità temporale dei deflussi non sempre i periodi di osservazione degli stessi hanno una lunghezza adeguata ed inoltre la collocazione cronologica delle osservazioni è talvolta eterogenea, poiché alcune stazioni hanno iniziato o cessato di operare in anni differenti; talvolta ci si trova di fronte ad una non indifferente difformità di periodi di osservazione. Va inoltre ricordato che si è sorvolato, per ovvie ragioni di dimensione del problema affrontato, sulle diversioni ed adduzioni tra bacini diversi.

La conoscenza integrale delle risorse idriche superficiali naturali del territorio nazionale può essere completamente esauriente se vi fossero stazioni di misura dei deflussi sulle foci a mare esistenti sul perimetro della penisola e delle isole.

Purtroppo la maggior parte delle località di osservazione sono state scelte su tratti di corsi d'acqua ove si presumeva potessero essere messe in esercizio opere di utilizzazione di questa risorsa; per tale motivo circa un terzo del territorio nazionale, soprattutto nei tratti più a valle dei corsi d'acqua, risulta sprovvisto di stazioni di misura. Scelte le stazioni, esse sono state riportate su una carta in scala 1:1.000.000 dell'Italia ed accanto a queste sono stati segnalati i contributi medi annui pluriennali ed attraverso un processo di interpolazione sono state costruite le isolinee delle portate specifiche con intervalli di 5 l/sec-km^2 (la stampa della carta è stata effettuata in scala 1:4.000.000). Deve essere precisato che nella lettura del contributo ci si riferisce alla portata specifica dell'intero bacino a monte della sezione considerata.

Molteplici sono le cause che influenzano i deflussi e possono essere di differente origine:

A. Geografico-morfologica: Collocazione geografica del territorio; pendenza del terreno e delle aste fluviali; densità di drenaggio; ecc.
B. Climatica: In particolar modo l'entità, la distribuzione spaziale e temporale delle precipitazioni; la temperatura dell'aria che può influire sui processi di evapotraspirazione e condiziona la fusione delle nevi e dei ghiacciai; l'umidità dell'aria che condiziona il potere evaporante dell'atmosfera; il vento che accelera i processi evapotraspirativi; ecc.
C. Geologica: In relazione soprattutto alla permeabilità delle rocce, sia congenita che acquisita, da cui dipende l'entità dell'infiltrazione delle acque nel terreno.
D. Biologica: Legata alla vegetazione che influisce sulla penetrazione dell'acqua nel sottosuolo, sull'evapotraspirazione e sullo scorrimento delle acque superficiali.

Se si confrontano le Tavole delle precipitazioni (12) e dei deflussi (16) dell'Atlante Tematico Nazionale si rileva una marcata e ovvia concordanza tra loro. In complesso si trovano adunamenti di valori elevati nelle zone con accentuati rilievi.

Entrando in un maggior dettaglio, nella regione del Friuli-Venezia Giulia i contributi superano gli 80 l/sec-km^2, così nelle Alpi Apuane viene raggiunto il valore di 70, nei bacini alpini più elevati si raggiungono i 50 l/sec-km^2 . I valori più modesti, anche inferiori ai 5 l/sec-km^2, sono riscontrabili nell'Italia sud-orientale e particolarmente in Sicilia, mentre in Sardegna il contributo risulta poco più elevato. Modesto è anche il valore di questo parametro idrologico nella fascia costiera Tirrenica tra Livorno ed il promontorio dell'Argentario.

Nella Pianura Padana il contributo si aggira intorno al valore di 20.

	Precipitazioni		Deflussi	
	$m^3 \cdot 10^9$	%	$m^3 \cdot 10^9$	%
Italia Settentrionale	121.0	40.8	81.8	52.8
Italia Centrale	65.6	22.2	30.1	19.4
Italia Meridionale	72.3	24.4	32.1	20.7
Sicilia	18.8	6.4	4.9	3.2
Sardegna	18.3	6.2	6.1	3.9
Totale	296.0	100.0	155.0	100.0

Tab. 2 - Volumi d'acqua sull'intero territorio nazionale e sulle principali regioni dello stesso.

Sinteticamente il contributo sull'intero territorio nazionale è pari a quasi 20 l/sec-km^2.

Nella Tab. 2 sono riportati, in termini volumetrici e percentuali, le quantità d'acqua per l'intero territorio nazionale e per le principali regioni dello stesso.

In relazione a quanto detto i corsi d'acqua sono stati classificati secondo Pallucchini (in Desio, 1973), in relazione al loro coefficiente di deflusso, nelle seguenti categorie: alpini (coefficiente di deflusso pari o superiore a 0,70), bacini dell'Appennino Settentrionale e Centrale, versanti Ligure, Padano ed Adriatico (0,50-0,60) e bacini dell'Appennino Centrale, versante Tirrenico, dell'Appennino Meridionale e delle Isole (0,30-0,40).

Concludendo quindi la disponibilità teorica è di 155 miliardi di m^3 pari a poco meno di 3000 m^3/anno per abitante. Maione & Burlando (1991) fanno osservare che per difficoltà intrinseche all'utilizzazione le risorse potenziali sono pari a 110 miliardi di m^3. Per le acque sotterranee secondo il Mouton (in Maione & Burlando, 1991) sono disponibili annualmente 12 miliardi di m^3. Infine, comunicazione in verbis di Zanon, la risorsa idrica legata ai ghiacciai è dell'ordine di 600 milioni di m^3.

3. IDROLOGIA DEI PRINCIPALI BACINI IDROGRAFICI

Nella Tav. 17, Acque Superficiali, sono rappresentate le caratteristiche idrologiche dei più importanti bacini idrografici Italiani (Tab. 3), unitamente ai principali tipi di regime dei corsi d'acqua.

Ticino a Bellinzona	Arno a Nave Rosano
Ticino alla Miorina	Arno a Brucianese
Tanaro a Ponte Nava	Arno a San Giovanni alla Vena
Tanaro a Nucetto	Tevere a Santa Lucia
Tanaro a Farigliano	Tevere a Ponte Felcino
Tanaro a San Martino Alfieri	Tevere a Ponte Nuovo
Tanaro ad Alessandria	Tevere a Baschi
Tanaro a Montecastello	Tevere a Orte
Adige a Tel	Tevere a Roma
Adige a Ponte Adige	Volturno ad Amorosi
Adige a Trento	Volturno a Cancello Arnone
Adige a Boara Pisani	Po a Crissolo
Arno a Stia	Po a Meirano
Arno a Pollino	Po a Becca
Arno a Subbiano	Po a Boretto
Arno a Ponte Romito	Po a Pontelagoscuro

Tab. 3 - Elenco dei corsi d'acqua e delle stazioni di misura dei deflussi.

Di ciascun bacino sono forniti diagrammi evidenzianti, da monte a valle, la morfometria attraverso le aree, le altitudini massima, media e minima e l'idrologia con le altezze annue degli afflussi e dei deflussi. L'intervallo tra gli afflussi ed i deflussi costituisce la perdita apparente che, su un lungo periodo di osservazioni , rappresenta in genere l'entità dell'acqua evapotraspirata. Accanto al diagramma precedente è collocato un altro grafico illustrante i regimi della sezione più a valle del corso d'acqua (per il Po tali diagrammi sono stati rappresentati anche per le sezioni più a monte). Quale esempio è riportato nella Fig. 1 il grafico delle caratteristiche morfo-idrologiche del bacino del fiume Tevere.

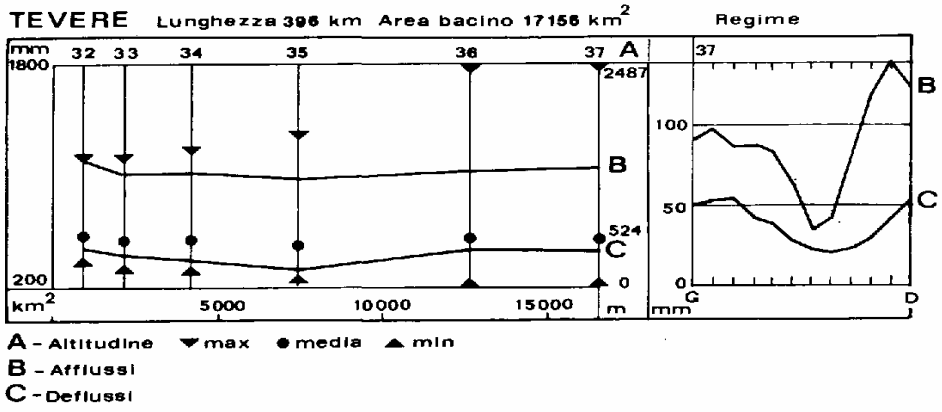


Fig. 1 - Caratteristiche morfologiche e idrologiche del Bacino idrografico del Fiume Tevere.

Anzitutto la differenza tra afflussi e deflussi risulta minore per i bacini settentrionali. Questo sembra dovuto alla minor perdita per evapotraspirazione come nelle porzioni più elevate dei bacini. Vi sono però alcune situazioni del tutto peculiari, particolarmente a monte dei bacini del Ticino, dell'Adige e del Po, ove sono simili e praticamente coincidenti i valori degli afflussi e dei deflussi. Tale situazione potrebbe essere legata sia all'effetto della fusione dei ghiacciai che ad una sottostima delle precipitazioni, di difficile rilevazione alle alte quote per ovvii motivi logistici.

Prima di passare all'esame dei regimi dei principali corsi d'acqua Italiani si vuoi fare riferimento alla tipologia di articolazione dei deflussi nell'anno a seguito delle diverse modalità di alimentazione dei corsi d'acqua e dell'effetto modulante sulle portate, legato alla presenza di serbatoi superficiali e sotterranei.

Per definizione viene considerato un regime glaciale quello relativo ad un bacino con almeno il 20% della superficie coperta da ghiacciai (Tonini, 1966). Quale esempio sono riportati i dati degli afflussi e dei deflussi del Rutor a Promise (Alta Valle d'Aosta). Si ha in questo caso un'indipendenza pressoché completa tra questi due parametri idrologici, con elevatissime portate estive e modestissime invernali (trattandosi di un bacino a quote elevate, le precipitazioni del periodo più freddo dell'anno sono congelate al suolo e sono restituite solo nei mesi più caldi). Sono considerati nivopluviali quei regimi in cui la portata è influenzata dalla fusione del manto nevoso (ad esempio S. Bernardino a Trobaso, immissario del Lago Maggiore). Questo determina in primavera ed all'inizio dell'estate maggiori valori nei deflussi. Sono denominati pluviali quei regimi in cui i deflussi seguono l'andamento delle precipitazioni (ad esempio Sa Picocca a Monte Acuto, Sardegna). I regimi di risorgiva (ad esempio Stella a Casale Sacile) si riferiscono a quei corsi d'acqua alimentati da risorgive, site al limite tra l'alta e la bassa Pianura Padana (Desio A., 1973); in tali corsi d'acqua impossibile è la delimitazione del bacino idrografico.

L'effetto modulante dei deflussi o meglio smussante dei laghi, è esemplificato sulla Tavola 17 dalla rappresentazione delle portate medie e massime dell'Adda immissario ed emissario del Lago di Como.

Ma un effetto moderatore dei deflussi può essere esercitato anche da un grande serbatoio sotterraneo in rocce permeabili (come il Nera a Macchiagrossa) che restituisce più lentamente le acque al deflusso superficiale. Una permeabilità in grande può avere influenza anche in termini di bilancio idrologico, poiché l'infiltrazione delle acque di pioggia nel sottosuolo riduce la perdita per evapotraspirazione. Si veda a tal proposito che con la confluenza del Nera, passaggio nel bacino da rocce poco a più permeabili, si è ridotta la differenza tra afflussi e deflussi alle sezioni del Tevere ad Orte ed a Roma.

La schematica classificazione suddetta però trova un riscontro concreto quando i bacini sono di limitate dimensioni. In presenza di areali contribuenti estesi, l'articolazione nell'anno dei deflussi diviene più regolare e segue in complesso quella delle precipitazioni come è messo ben in evidenza dalla successione dei regimi, da monte a valle, del Po. Tuttavia l'effetto della fusione della neve risulta evidente nei regimi di due importanti corsi d'acqua come il Ticino e l'Adige, sia dal confronto dei deflussi con gli afflussi, che dall'articolazione dei primi nell'anno.

Spesso il divario tra afflussi e deflussi è più elevato nella stagione autunnale, probabilmente perché parte delle precipitazioni di questo periodo dell'anno vanno ad alimentare la porzione sotterranea delle risorse, depauperatesi durante il periodo estivo.

4. PRINCIPALI LAGHI ITALIANI

In una parte della Tavola 17 dell'Atlante Tematico Nazionale sono poste in evidenza le caratteristiche essenziali sia morfometriche che idrologiche dei principali laghi Italiani e dei loro bacini idrografici.

I più importanti corpi lentici Italiani costituiscono un volume d'acqua di circa 140 km^3 che uniformemente distribuito sul territorio nazionale da luogo ad una lama d'acqua di 468 mm, circa il 90% della disponibilità idrica annua e che potrebbe supportare interamente, per circa 3 anni, il deflusso del Po a Pontelagoscuro (1500 m^3/sec). La portata globale in uscita dai grandi laghi è pari a 570 m^3/sec, che rappresenta una lama d'acqua di 60 mm e una disponibilità idrica annua di 19,8 miliardi di m^3, circa il 13% del totale nazionale che, come si è detto antecedentemente, è pari a 155 miliardi di m^3.

Sono stati presi *in* considerazione nella Tavola i corpi lentici più rappresentativi del maggiore distretto lacustre Italiano, quello dei grandi laghi marginali subalpini (da Ovest ad Est: Maggiore, Como, Iseo e Garda) ed il distretto dei laghi vulcanici dell'Italia Centrale (Bolsena e Bracciano). Da ultimo, per la sua estensione (125 km^2), il Trasimeno, il più ampio specchio lacustre dell'Italia peninsulare.

Dapprima è stata esaminata la conformazione planimetrica, allungata per i corpi lentici dell'Italia Settentrionale che occupano porzioni di valli fluviali rimodellate dai ghiacciai, rispetto a quella dell'Italia Peninsulare, di forma subcircolare, la cui origine è legata al vulcanesimo Quaternario (Bolsena e Bracciano) ed a fenomeni epirogenici, ultime manifestazione dell'orogenesi Appenninica, che hanno determinato contropendenze in valli fluviali (Trasimeno).

I laghi sono stati quindi considerati unitamente ai loro bacini imbriferi, raffigurandone inoltre le precipitazioni, particolarmente elevate per l'areale contribuente al Lago Maggiore, quasi il doppio della media Italiana. I corpi lentici dell'Italia Settentrionale presentano un elevato rapporto tra aree del bacino idrografico e del lago, mentre il contrario avviene per i laghi dell'Italia peninsulare.

Per quanto attiene agli aspetti morfometrici, ogni lago è stato assimilato ad una cuvetta teorica a forma di cono rovesciato, la cui base è proporzionale all'estensione della superficie degli specchi liquidi; l'altezza del cono rappresenta la profondità massima, la profondità media è indicata con un tratto orizzontale.

Nel cartodiagramma la sezione del cono con le caratteristiche sopraindicate è collocata a diverse altezze a seconda della quota sul livello del mare della superficie di questi corpi lentici; da questa rappresentazione si deduce che i grandi laghi marginali subalpini hanno la profondità massima al di sotto del livello del mare.

Successivamente sono stati rappresentati i volumi e la portata media annua degli emissari, infine sulla base di questi due parametri idrologici sono stati calcolati e raffigurati i tempi teorici di rinnovo delle acque. Questi ultimi sono particolarmente elevati per i laghi vulcanici, superiori al secolo; tale entità temporale rende immediata

ragione della particolare cura che deve essere posta nella conservazione di questi corpi lentici.

Quale esemplificazione, le caratteristiche morfometriche ed idrologiche del Lago Maggiore sono rappresentate nella Fig. 2.

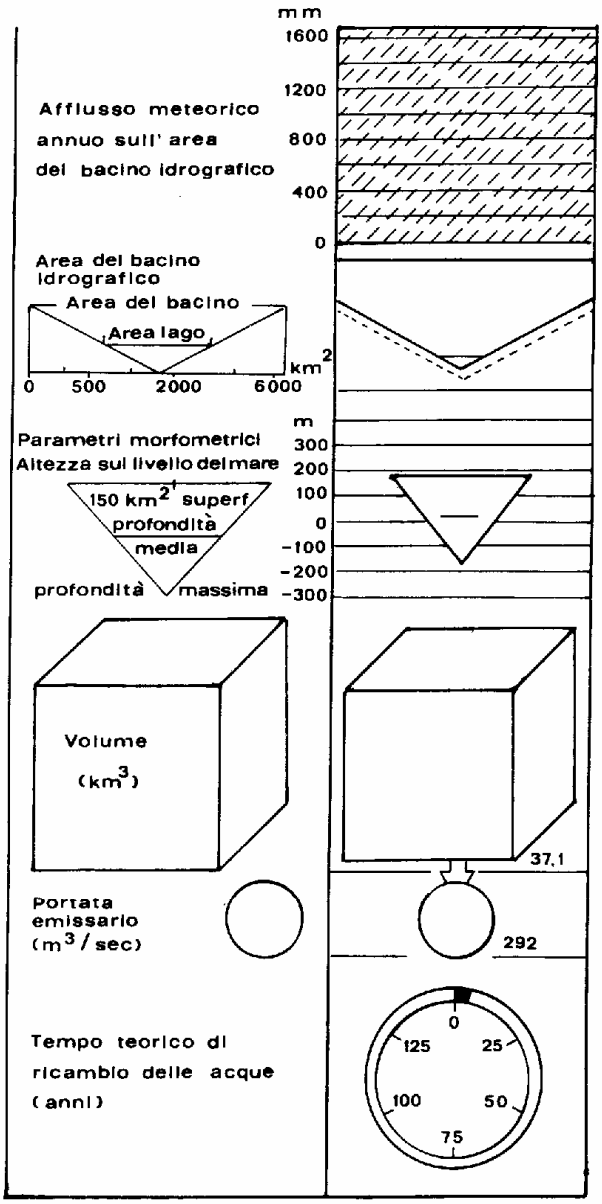


Fig. 2 - Caratteristiche morfologiche ed idrologiche del Lago Maggiore e del suo bacino idrografico.

Anche se rappresentato in modo sintetico, il complesso dei dati morfometrici ed idrologici fa emergere immediatamente l'importanza dei quattro grandi laghi marginali subalpini, importanza che risulta accentuata quando questi corpi idrici vengono considerati nel contesto della rete idrografica Italiana e nella loro collocazione geografica (Tab. 4):

A	B	C	D	E	F	G
Ticino	248	148	59.7	7228	6599	91.3
Adda	313	173	55.3	7979	4508	56.5
Oglio	280	160	57.1	6649	1842	27.7
Sarca - Mincio	194	124	63.9	2859	2350	82.2

A - Corso d'acqua;
B - Lunghezza del corso d'acqua fino alla confluenza col Po (km);
C - Lunghezza del corso d'acqua fino al lago;
D - Percentuale della lunghezza totale;
E - Area totale del bacino fino alla confluenza con il Po (km^2);
F - Area del bacino fino al lago incluso;
G - Percentuale dell'area totale.

Tab. 4 - Caratteristiche idrografiche dei corsi d'acqua in cui sono inseriti i laghi.

Questi laghi infatti sono inseriti nei quattro più lunghi affluenti del Po (ad eccezione del Tanaro) e contribuiscono alla portata di questo fiume (a Pontelagoscuro) per oltre un terzo con i deflussi considerati agli incili degli emissari.

La regione Italiana dei grandi laghi ha un'estensione globale dei suoi areali contribuenti di 15299 km^2 per la zona a monte di questi corpi lentici e di 24715 km^2 se estesa fino alla confluenza con il Po; occorre segnalare che nella porzione meridionale di questo areale, la rete idrografica con i corsi d'acqua ed i laghi interessa tenitori caratterizzati da un'elevata densità di popolazione e da un'intensa attività agricola ed industriale.

BIBLIOGRAFIA

Conferenza Nazionale delle Acque, 1972. I problemi delle acque in Italia. Tipografia Senato. Roma.

Desio, A. 1973. Geologia applicata all'ingegneria. Hoepli, Milano: 1193 pp.

Maione, U. & P. Burlando. 1991. Le risorse idriche in Italia. La disponibilità in atto e la loro utilizzazione. Relazione al Convegno *"Schemi idrici italiani : un programma fino al duemila"*, organizzato dall'ANFIDA e dall'ISI, Roma 11-12 aprile: 29-69.

Ministero LLPP, Servizio Idrografico. 1934, 1939, 1953, 1963, 1980. Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani. Pubblicazione N.17. Poligrafico dello Stato, Roma.

Tonini, D. 1966. Elementi di idrografia e idrologia. Vol. II. Libreria Universitaria, Venezia: 606 pp.

Touring Club Italiano & Consiglio Nazionale delle Ricerche. 1989. Atlante Tematico Nazionale: 800 pp., 126 Tavole.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 177 a pag. 187

MACROZOOBENTOS DI UN LAGO ALPINO D'ALTA QUOTA (LAGO DI PAIONE SUPERIORE, VAL BOGNANCO)

Angela BOGGERO e Anna Maria NOCENTINI

CNR - Istituto Italiano di Idrobiologia, 28048 Pallanza

RIASSUNTO

Nell'ambito delle ricerche condotte dall'Istituto Italiano di Idrobiologia sull'acidificazione dei laghi alpini d'alta quota si è dato inizio ad uno studio multidisciplinare, condotto sui laghi di Paione, di cui si vogliono presentare in questa sede le prime osservazioni sulla fauna macrobentonica. Questi studi fanno capo ad una più ampia ricerca condotta in collaborazione con altri gruppi di studio europei sull'acidificazione dei laghi d'alta quota posti in aree remote.

Nel 1991 si sono cosi avviati i lavori sul Lago di Paione Superiore, situato in Val Bognanco (Val d'Ossola, Piemonte) ad una quota di 2269 m s.l.m.

I campionamenti sono stati effettuati nella zona litorale con metodiche di tipo qualitativo (kick-sampling), con decorrenza mensile, a partire dal periodo di scioglimento dei ghiacci superficiali e per tutta la stagione estiva.

Lo scopo principale del lavoro era ottenere informazioni, fino ad ora mancanti, sulla struttura della comunità macrozoobentonica di questo lago reso suscettibile alle deposizioni acide dalle sue caratteristiche chimiche ed in particolare dalla scarsa capacità tampone.

I risultati ottenuti indicano la presenza di una comunità composta da un numero relativamente basso di entità sistematiche, costituite principalmente da Insetti, soprattutto Diptera Chironomidae, mentre secondi in ordine di importanza risultano essere gli Oligocheti. Inoltre si evidenziano gli effetti negativi dovuti a bassi valori di pH associati a bassi tenori di alcalinità che portano all'assenza di Molluschi e alla preponderanza di gruppi più tolleranti alle oscillazioni dei valori di pH quali: Chironomidae, Limnephilidae, Dytiscidae fra gli Insetti ed Enchytraeidae fra gli Oligocheti.

SUMMARY

This paper presents the first results, relating to the macrobenthic fauna, of a multidisciplinary study on the Paione lakes, which has been carried out in the framework of research on the acidification of high altitude alpine lakes performed by the Istituto Italiano di Idrobiologia. The present study was begun in 1991 on Lake Paione Superiore, located at 2269 m a.s.l. in the Bognanco Valley (Pennine Alps, NW Italy, Piedmont), and is part of a wider research on the acidification of remote high altitude lakes carried out in cooperation with other European research groups.

Samples were taken monthly throughout the Summer, beginning from the ice-melt, along the shoreline, using the kick-sampling qualitative method.

The main aim of the work was to obtain information, hitherto lacking, on the structure of the macrozoobenthic community in the lake, whose chemical characteristics and in particular its low buffering capacity, make it susceptible to acid deposition.

The results confirm that the community is qualitatively poor, consisting of few

entities, predominantly Insecta, especially Diptera Chironomidae, followed by Oligochaeta. Moreover LPS shows some negative effects related to low pH associated with low alkalinity values like the absence of Mollusca and the presence of those groups more tolerant to acidity as: Chironomidae, Limnephilidae and Dytiscidae among Insecta, and Enchytraeidae among Oligochaeta.

1. INTRODUZIONE

I laghi della Val Bognanco sono stati oggetto di approfonditi studi relativi alle loro caratteristiche geografiche, fisiche e biologiche (fito e zooplancton) da parte di Tonolli (1947, 1949, 1954) e Pirocchi (1949).

Questi laghi sono stati nuovamente presi in considerazione a partire dagli anni '70, nell'ambito di ricerche miranti ad acquisire conoscenze sulla chimica dei laghi d'alta quota e delle deposizioni atmosferiche in relazione a problemi di acidificazione in ambiente acquatico (Mosello R., 1980, 1984; Wathne B.M. et al., 1990), sebbene siano stati considerati anche alcuni aspetti biologici (de Bernardi R. et al., 1983; Giussani G. et al, 1986).

Nell'ambito del programma STEP (Science Technology Environment Program) della Comunità europea, nel 1991 è iniziata una ricerca, in cooperazione con vari Istituti, finalizzata a studi sull'acidificazione dei laghi d'alta quota situati in aree remote con particolare riferimento alle loro caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche e alla loro evoluzione attraverso ricerche paleolimnologiche. I laghi di Paione, che, sulla vasta base di dati chimici raccolti precedentemente, risultano particolarmente sensibili all'acidificazione (Mosello R, 1980), sono stati inseriti tra gli ambienti presi in considerazione da questo progetto.

Il presente lavoro è una prima analisi dei risultati ottenuti sul Lago di Paione Superiore relativamente alla fauna macrobentonica litorale, per la quale non esistono a tutt'oggi informazioni. Grazie all'importanza dei macroinvertebrati, anello di congiunzione fra produttori primari e i più alti livelli della rete trofica, questi dati potranno essere utili per verificare possibili alterazioni prodotte all'ecosistema da un aumento dell'inquinamento atmosferico. Infatti diversi studi condotti in Europa e in America del Nord confermano la gravita degli effetti delle deposizioni acide sulla struttura di comunità nei laghi (Raddum G.G. & Fjellheim A., 1984; Okland J. & Okland K.A., 1986; Bradi P.T. & Berg M.B, 1987; Raddum G.G, 1990).

2. AREA DI STUDIO

II Lago di Paione Superiore (LPS) è situato ad una quota di 2269 m s.l.m. in Val Bognanco, vallata laterale della Val d'Ossola, sul versante meridionale delle Alpi Pennine in Piemonte (Fig. 1). La Valle è attraversata dalla faglia denominata "Sempione-Centovalli" e presenta litologia eterogenea. Per una dettagliata descrizione tettonica e geologica della zona vedi Klein J.A. (1978) e Ferri A. (1982). La litologia del bacino imbrifero del LPS è caratterizzata da bande chiare di ortogneiss e gneiss grigio, con feldspati di potassio ed epidoto.

La copertura vegetale all'interno del bacino è limitata a piccole aree di pascolo alpino, mentre frane, macereti e rocce esposte costituiscono la maggior parte della sua superficie.

Le principali caratteristiche geografiche e morfometriche del lago sono presentate in tabella 1, mentre la mappa batimetrica in figura 2.

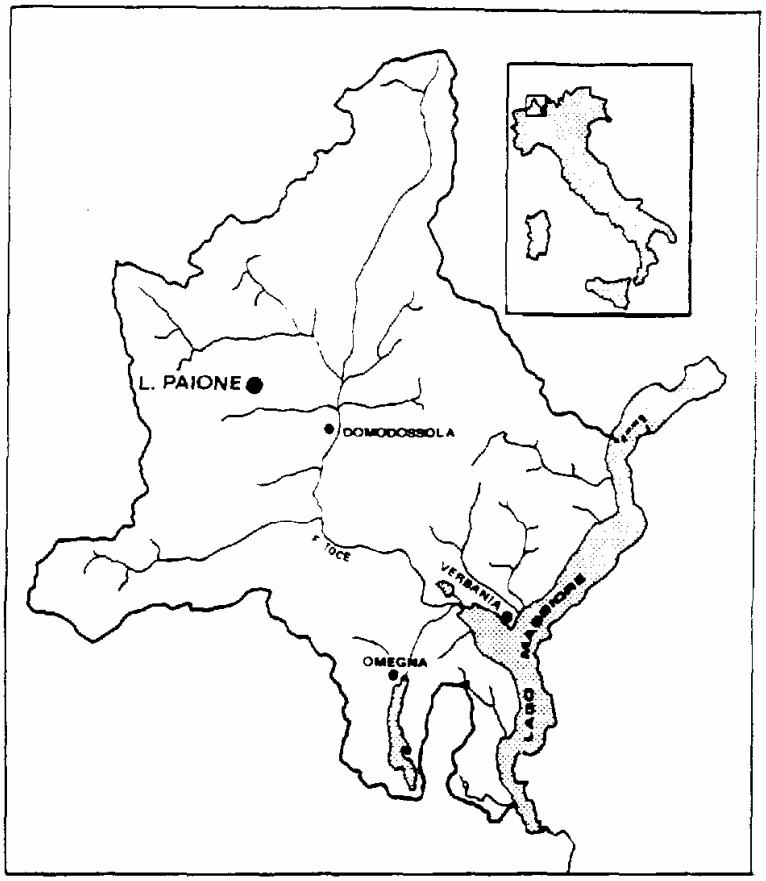


Fig. 1 - Localizzazione dell'area di studio.

Tab. 1 - Principali caratteristiche geografiche e morfometriche del Lago di Paione Superiore.

Lat. NORD (centro lago)	46° 10' 39"
Long. EST (centro lago)	08° 11' 26"
Quota (m s.l.m.)	2269
Sup. lago (km^2)	0,009
Sup. bacino (km^2)	0,5
Prof. max (m)	11,7
Prof. media (m)	5,12
Volume (m^3*10^6)	0,06
Origine	Circo glaciale
Copertura bacino	Acque 2%
	Pascoli 5%
	Roccia 93%
Litologia	Gneiss

3. METODICHE

Campioni di tipo qualitativo per lo studio del macrobentos sono stati raccolti negli anni 1991-1992, con frequenza mensile, durante il periodo libero da ghiacci contemporaneamente ai prelievi per lo studio delle caratteristiche chimiche delle acque. Questi ultimi, presi nella zona di massima profondità del lago, sono stati analizzati seguendo le metodiche descritte in Mosello R. et al. (1992).

Per quanto riguarda la fauna bentonica, sono stati scelti 2 punti di campionamento rappresentativi dell'intero habitat (Fig. 2). Il primo (Stazione A) è formato da materiale pietroso e ghiaioso frammisto a resti di piante terrestri, trasportate dalle acque di un immissario, mentre il secondo (Stazione B) è localizzato su una parete di roccia che presenta piccole aree ricoperte di limo glaciale. Non è stato possibile campionare l'emissario perché questo, nel suo tratto iniziale, si presenta sotterraneo.

I campioni sono stati raccolti lungo la fascia litorale fino ad un massimo di profondità di 50 cm, seguendo la tecnica del kick-sample (Storey A.W. et al., 1991) ed usando un retino a maglie di 225 um di apertura, n materiale è stato poi fissato in etanolo 80% e trasportato in laboratorio dove gli organismi sono stati separati dal sedimento mediante uno stereoscopio.

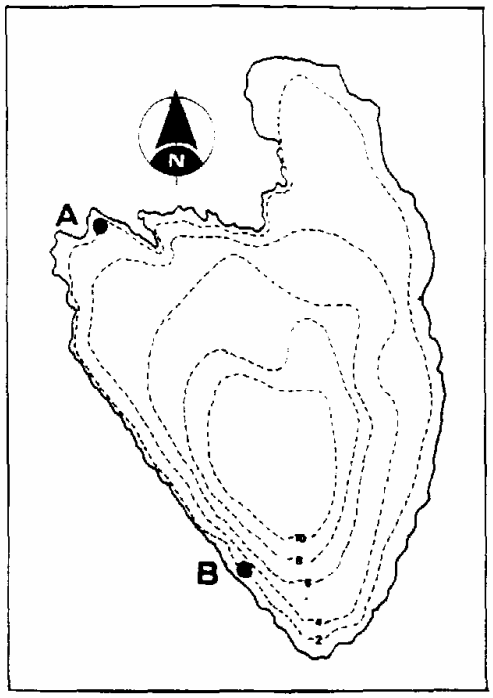


Fig. 2 - Mappa batimetrica del Lago di Paione Superiore con stazioni di campionamento. A=substrato ghiaioso; B=substrato roccioso.

4. RISULTATI

4.1. Caratteristiche chimiche delle acque

L'idrochimica del LPS (Mosello R., 1980; Mosello R. et al., 1992) rispecchia essenzialmente le caratteristiche del suo bacino imbrifero, che presenta una ridotta

superficie, forti pendenze dei versanti, una scarsa solubilità delle rocce che lo costituì scono (principalmente gneiss) e una scarna copertura vegetale. Tali caratteristiche, che giustificano un'influenza diretta e significativa delle deposizioni atmosferiche sull'idrochimica lacustre, rendono anche conto della bassissima concentrazione di soluti delle acque di questo lago. La conducibilità (Tab. 2) mostra infatti valori di 7,7-10 µS/cm a 18° C. Solfati e nitrati costituiscono gli anioni presenti in concentrazione più elevata, mentre i cloruri mostrano valori quasi sempre inferiori a 3 µeq/l. Fra i cationi, calcio e magnesio raggiungono concentrazioni maggiori, mentre sodio, potassio e azoto ammoniacale presentano generalmente tenori inferiori a 10 µeq/l. Anche i composti del fosforo mostrano concentrazioni molto modeste, solitamente inferiori a 3 µg P/l.

Tab. 2 - Caratteristiche chimiche del Lago di Paione Superiore.

Variabili	Unità	Min	Max	Mediana	Media
pH		5,5	6,5	5,7	5,7
Alcalinità	µeq/l	-2	4	1	1
Cond. (18°C)	µS/cm	7,7	10	9,1	9,2
Solfati	µeq/l	34	49	42	42
Nitrati	µeq/l	19	25	23	23
Cloruri	µeq/l	2	7	4	4
Somma anioni	µeq/l	55	76	75	70
Ammonio	µeq/l	1	6	4	3
Calcio	µeq/l	34	56	44	44
Magnesio	µeq/l	6	11	9	8
Sodio	µeq/l	1	12	11	10
Potassio	µeq/l	4	10	7	7
Somma cationi	µeq/l	55	88	73	74
Silice reattiva	mg Si/l	0,35	0,57	0,42	0,45
Fosforo totale	µg P/l	0	7	2	2
Ossigeno	mg/l	8	11,7	10,4	9,9
Temperatura	°C	0,5	14,5	3,2	5,6

Le variazioni stagionali del contenuto di soluti sono comunque molto modeste. Valori maggiori si riscontrano nel lago nella prima frazione di scioglimento del ghiaccio che risulta così più concentrata di inquinanti, mentre tenori inferiori si ritrovano all'inizio dell'estate in relazione all'ultimo periodo di scioglimento del ghiaccio invernale, che produce acque con valori più bassi rispetto alla media della copertura di neve invernale. Un successivo aumento in concentrazione, nel periodo estivo, è correlato ad un ridotto flusso di acqua, che favorisce i processi di dissoluzione delle rocce, e all'evaporazione che coinvolge sia la superficie delle acque che quella del bacino imbrifero.

Il pH varia fra 5,5 e 6, mostrando un unico valore di 6,5 (mese di Settembre), mentre l'alcalinità varia tra -2 (disgelo) e 4 (µeq/l (estate). Per quanto riguarda la temperatura del lago, la cui superficie si presenta gelata per la maggior pane dell'anno (da Ottobre a Giugno o Luglio), questa oscilla fra 0,5 °C, quando il lago è ancora ricoperto dal ghiaccio, a 14,5 °C in piena estate. Nel periodo di campionamento non si è verificata

stratificazione chimica o termica.

4.2. Macrozoobentos

In entrambe le stazioni di raccolta la comunità macrobentonica è composta prevalentemente da Insetti, in particolare Diptera Chironomidae, e da Oligocheti. Meno significativa è risultata essere la presenza numerica degli Acari *e* soprattutto quella dei Turbellari.

La comunità si presenta, nel suo complesso, poco differenziata agli inizi del disgelo (Figg. 3 e 4), mentre è qualitativamente e quantitativamente più ricca nel periodo tardo estivo soprattutto per l'aumento dei Ditteri Chironomidi. Questi ultimi sono particolarmente numerosi, in questo periodo per la comparsa di individui della nuova generazione, a seguito di emergenze verificatesi all'inizio dell'estate. Fra Luglio e Settembre, nella Stazione A, prevalgono nella popolazione i generi *Micropsectra* e *Paratanytarsus* (Chironominae), mentre nella Stazione B sono meglio rappresentati *Zavrelimyia* (Tanypodinae) ed *Heterotrissocladius* (Orthocladiinae). Forme larvali appartenenti ad altri generi di Chironomidi (Tab. 3) sono presenti in minor misura in entrambe le stazioni.

Tab. 3 - Elenco delle entità tassonomiche riscontrate.

INSECTA	**INSECTA**
Diptera	**Trichoptera**
Culicidae	Limnephilidae
Aedes (Ochlerotatus)	*Allogamus*
Limonidae	**Coleoptera**
	Dytiscidae
Chironomidae	*Agabus*
Procladius (Holotanypus)	Hydroporinae
Apsectrotanypus	**OLIGOCHAETA**
Zavrelimyia	Enchytraeidae
Pseudosmittia	Lumbriculidae
Smittia	**TURBELLARIA**
Corynoneura	Rhabdocoela
Heterotrissocladius	**ACARI**
Psectrocladius	Hydracarina
Limnophyes	*Arrenurus membranator*
Pseudokiefferiella	*Lebertia dubia*
Paratanytarsus	*Gnaphiscus setosus*
Micropsectra	*Wettina podagrica*

Caratteristici della comunità ad Insetti delle due stazioni sono soprattutto Trichoptera Limnephilidae *(Allogamus),* più numerosi in estate, e Diptera Limonidae, apparsi in quantità significativa nel Settembre 1992. Diptera Culicidae *(Aedes)* e Coleoptera Dytiscidae *(Agabus)* sono più abbondanti nella stazione A.

Gli Oligocheti, composti quasi esclusivamente da Enchytraeidae, sono stati trovati

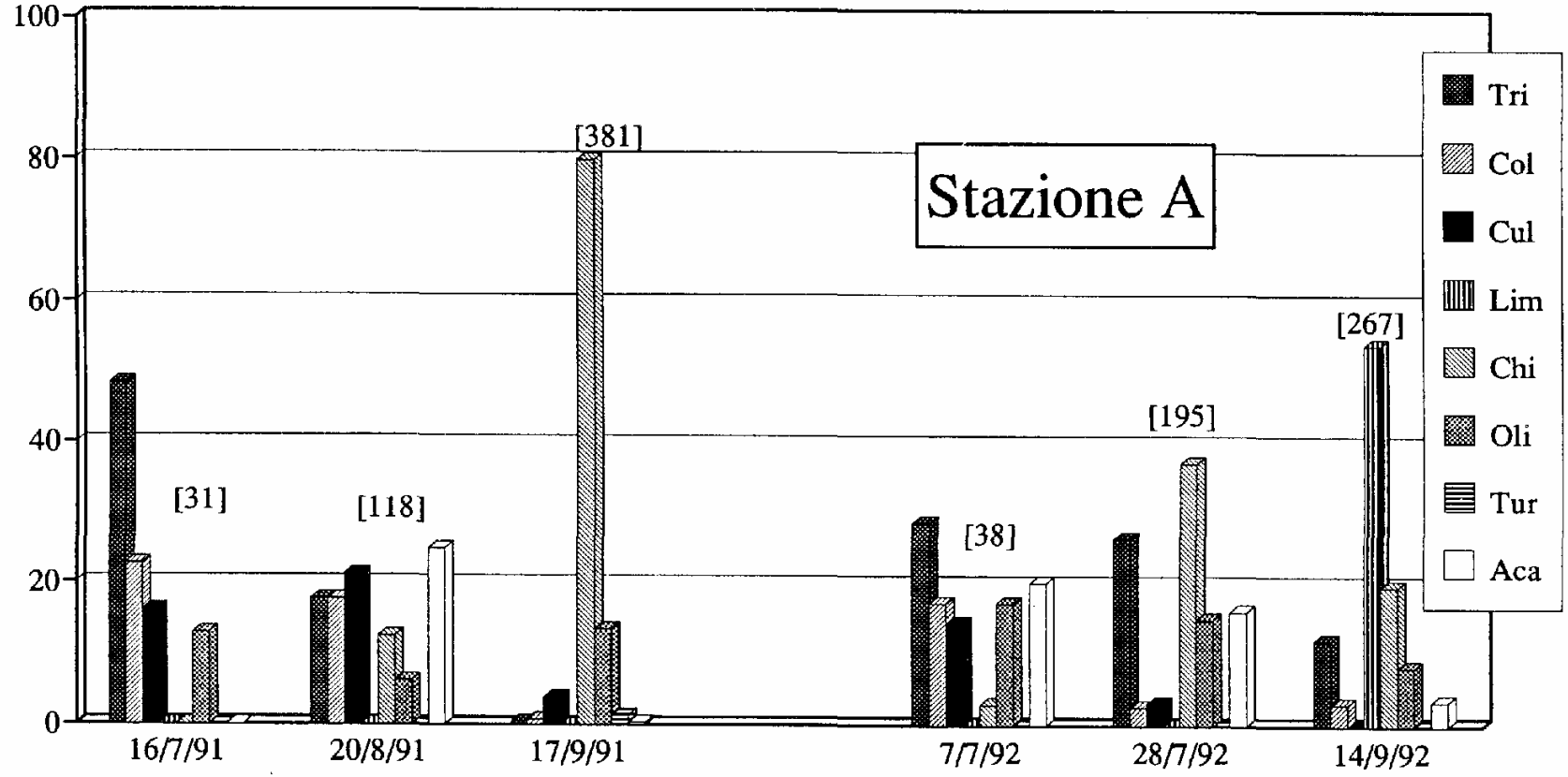


Fig. 3 - Percentuali di presenza delle diverse entità tassonomiche. Tri=Trichoptera, Col=Coleoptera, Cul=Diptera Culicidae, Lim=Diptera Limonidae, Chi=Diptera Chironomidae, Oli=Oligochaeta, Tur=Turbellaria, Aca=Hydracarina. In parentesi quadra numero totale degli individui campionati.

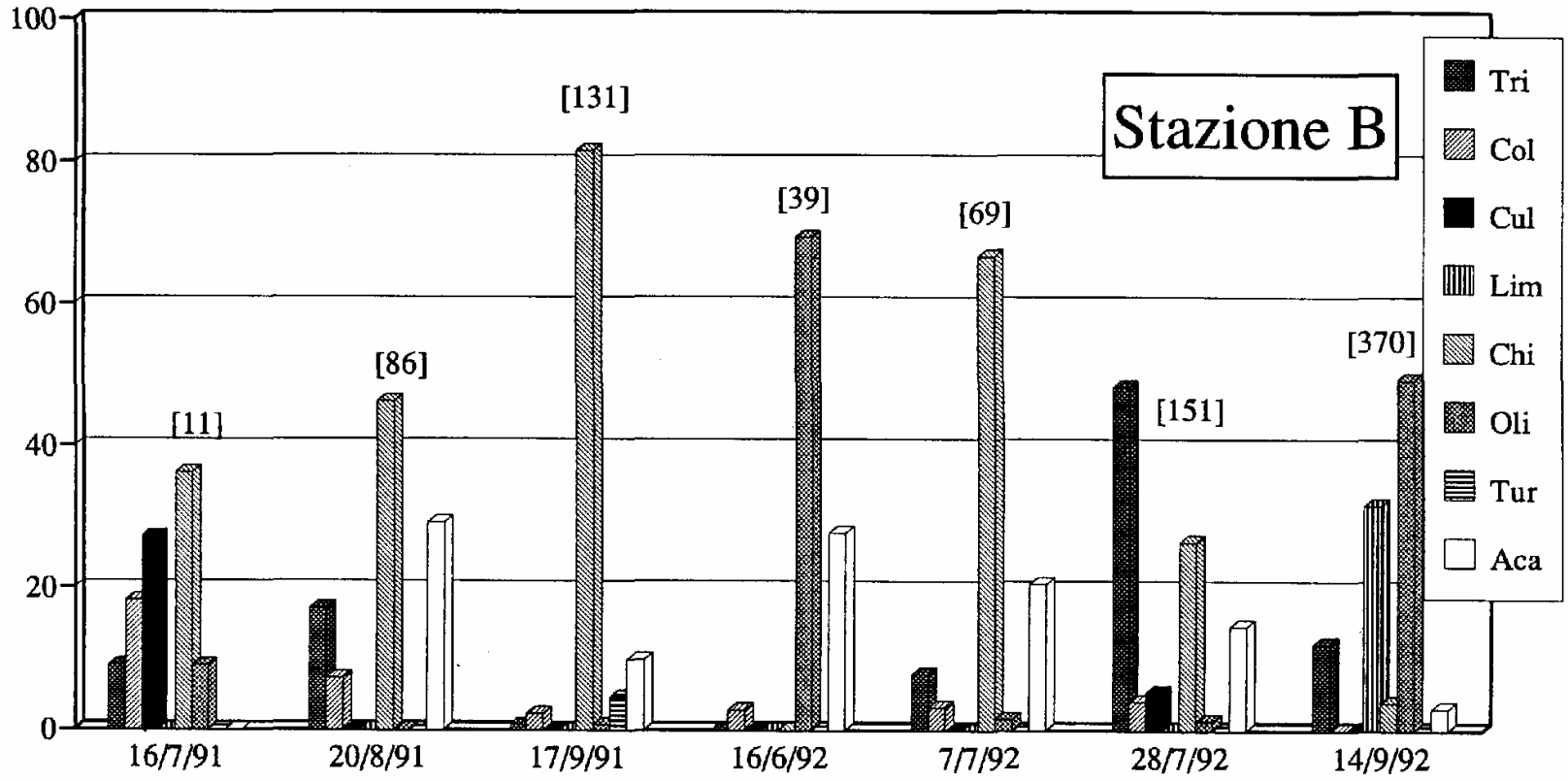


Fig. 4 - Percentuali di presenza delle diverse entità tassonomiche. Tri=Trichoptera, Col=Coleoptera, Cul=Diptera Culicidae, Lim=Diptera Limonidae, Chi=Diptera Chironomidae, Oli=Oligochaeta, Tur=Turbellaria, Aca=Hydracarina. In parentesi quadra numero totale degli individui campionati.

con una certa costanza per tutto il periodo di campionamento, ma risultano in numero più elevato in epoca tardo estiva.

In estate (Giugno-Luglio) aumenta anche l'importanza relativa di altri elementi della comunità, in particolare degli Acari Hydracarina.

5. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Le estreme condizioni fisico-chimiche (ridotto periodo libero da ghiacci, basse temperature, modeste concentrazioni di soluti) e l'oligotrofia delle acque sono la causa principale della presenza nel LPS di una comunità macrozoobentonica relativamente povera da un punto di vista qualitativo.

Gli aspetti strutturali della comunità rispecchiano inoltre, almeno in parte, gli effetti negativi dovuti alle condizioni moderatamente acide delle acque di questo lago con valori di pH variabili nel corso dell'estate. Considerando gli effetti di questo parametro sugli organismi viventi, Wright R.F. e Henriksen A. (1978) individuano in un valore di pH di 5 unità il limite di separazione fra acque acide e non acide. Tuttavia effetti sulla flora e sulla fauna si hanno già quando il pH scende al di sotto di 7, e divengono evidenti a pH 6 (Raddum G.G. & Fjellheim A., 1984; Schindler D.W. et al., 1985; Psenner R., 1989). Su tale base il LPS risulta essere relativamente acido (pH compreso fra 5,5 e 6), ma a causa della sua scarsa capacità tampone, legata a bassi valori di alcalinità, non si può escludere che, in determinati periodi dell'anno e soprattutto al disgelo, quando una notevole massa d'acqua raggiunge le acque del lago, si possa verificare un aumento di acidità, soprattutto in vicinanza delle rive, che influirebbe sulla composizione della fauna bentonica. Quest'ultima sembra essere strettamente influenzata dai valori minimi raggiunti dal pH, piuttosto che dai valori medi annuali (Merilainen J.J. & Hynynen J., 1990). Va soprattutto segnalata la mancanza dei molluschi, normalmente presenti in discrete quantità in laghi oligotrofi, ma più sensibili all'acidificazione (Okland J. & Okland K.A., 1986). Significativa è anche la presenza dominante di entità tassonomiche più tolleranti alle oscillazioni dei valori di pH quali: Chironomidae, Limnephilidae e Dityscidae fra gli Insetti (Mossberg P. & Nyberg P., 1979; Radium G.G. & Fjellheim A., 1984; Kenttamies K. et al., 1985), Enchytraeidae fra gli Oligocheti (Merilainen J.J. & Hynynen J., 1990).

Per quanto riguarda gli Oligocheti, organismi detritivori e quindi strettamente legati al fondo, non si può escludere che l'assenza di alcune famiglie, fra le quali Tubificidae e Naididae, presenti comunemente anche in acque d'alta quota (Bretschko G., 1975; Giani N., 1976; Vedovini A. et al., 1985) possa essere in parte correlata alla presenza di un substrato e di fonti alimentari poco idonee al loro insediamento.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano la CEE per il parziale supporto finanziario alla ricerca (contratto STEP-CT-90-0079-SMA) e il Dr. R. Mosello per aver gentilmente fornito i dati di chimica e per la revisione critica al testo.

BIBLIOGRAFIA

Bradi, P.T. & M.B. Berg. 1987. Macrozoobenthos of three Pennsylvania lakes: responses to acidification. *Hydrobiologia,* 150: 63-74.

Bretschko, G. 1975. Annual benthic biomass distribution in a high-mountain lake (Vorderer Finstertaler See, Tyrol, Austria). *Verh. int. Ver. Limnol.,* 19: 1279-1285.

de Bernardi, R., M. Brogi & I. Origgi. 1983. Dinamica di popolazione e produzione di *Arctodiaptomus alpinus* in due laghi alpini d'alta quota: Laghi Boden, Alta Val Formazza, m 2340 s.l.m. *Atti V Congr. A.I.O.L.,* Stresa: 407-416.

Ferri, A. 1982. *Il lembo del Verosso e i suoi rapporti con le Unità Pennidiche Superiori.* Tesi, Università degli Studi di Milano. Inedita.

Giani, N. 1976. Les Oligochètes aquatiques du Sud-Ovest de la France. *Annls. Limnol.,* 12: 107-125.

Giussani, G., R. de Bernardi, R. Mosello, I. Origgi & T. Ruffoni. 1986. Indagine limnologica sui laghi alpini d'alta quota. *Documenta Ist. ital. IdrobioL, 9:* 415 pp.

Kenttamies, K., S. Haapaniemi, J. Hynynen, P. Joki-Heiskala & J. Kamari. 1985. Biological characteristics of small acidic lakes in southern Finland. *Aqua Fennica,* 15: 21-33.

Klein, J.A. 1978. Post-nappe folding southeast of the *Mischabelruckfahe* (Pennine Alps) and some aspects of the associated metamorphism. *Leidse geol. Mededel.,* 51: 233-312.

Merilainen, J.J. & J. Hynynen. 1990. Benthic invertebrates in relation to acidity in Finnish foresi lakes. In: *"Acidification in Finland",* Kauppi, P., P. Anttila & K. Kenttamies (Eds), Springer Verlag, Berlin Heidelberg: 1029-1049.

Mosello, R. 1980. Appunti di limnologia ossolana. I laghi di Paione (Val Bognanco). *Oscellana,* 10: 209-216.

Mosello, R. 1984. Hydrochemistry of high altitude alpine lakes. *Schweiz. Z. Hydrol.,* 46: 86-99.

Mosello, R., G.A. Tartari, A. Boggero, A. Marchette & A. Pranzo. 1992. Factors influencing the water chemistry of two alpine lakes (Lakes Paione Superiore and Paione Inferiore, South Western Alps). In: *"Acidification of Mountain Lakes: Paleolimnology and Ecology",* Mosello, R. (Ed.) , Contract CEE/CNR STEP-CT90-0079-(SMA), 1991-1193. Progress Report (April 1991-April 1992): 42 pp.

Mossberg, P. & P. Nyberg. 1979. Bottom fauna of small acid foresi lakes. *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm,* 58: 77-87.

Muniz, I.P. 1991. Freshwater acidification: its effects on species and communities of freshwater microbes, plants and animals. *Frac. RoyalSoc. Edinburgh,* 97B:227-254.

Okland, J. & K.A. Okland. 1986. The effects of acid deposition on benthic animals in lakes and streams. *Experientia,* 42: 471-486.

Pirocchi, L. 1949. Signification biogéographique de la distribution de quelques espèces de Diaptomides. *Verh. int. Ver. Limnol.,* 10: 364-370.

Psenner, R. 1989. Mountain lakes: their peculiarities and biological aspects. In: *"Acidification processes in remote mountain lakes",* Johannessen, M., R. Mosello & H. Barth (Eds), Air Pollut. Res. Rep. 20, Guyot, Brussels: 22-35.

Raddum, G.G. 1990. Bollom fauna in the Norwegian mountain lakes. In: *"Acidification processes in remote mountain lakes",* Johannessen, M., R. Mosello & H. Barth (Eds), Air Pollut. Res. Rep. 20, Guyot, Brussels: 59-68.

Raddum, G.G. & A. Fjellheim. 1984. Acidification and early warning organisms in freshwater in western Norway. *Verh. int. Ver. Limnol.,* 22: 1973-1980.

Schindler, D.W., K.H. Mills, D.F. Malley, D.L. Findlay, D.A. Shearer, I.J. Davies, M.A. Turner, J.A. Linsey & D.R. Cruikshank. 1985. Long-term ecosystem stress: the effect of years of experimental acidification on small lake. *Science,* 228:1395-1401.

Slorey, A.W., Edward D.H.D. *&* P. Gazey. 1991. Surber and kick sampling: a comparison for the assessment of macroinvertebrate community structure in streams of southwestern Australia. *Hydrobiologia,* 211: 111-121.

Tonolli, V. 1947. Gli alti laghi della Val Bognanco. Parte I. *Mem. Ist. ital. Idrobiol,* 3: 185-269.

Tonolli, V. 1949. Gli alti laghi della Val Bognanco. Parte II. *Mem. Ist. ital Idrobiol.,* 5: 39-93.

Tonolli, V. 1954. Stabilità e produttività del limnobio alpino. *Mem. Ist. ital. Idrobiol.,* 8: 29-70.
Vedovini, A., P. Légier & F. Vespini. 1985. Les Oligochètes d'une rivière des Alpes du Sud, le Buech. *Annls. Limnol.,* 21: 117-125.
Wathne, B.M., R. Mosello, A. Henriksen & A. Marchette. 1990. Comparison of the chemical characteristics of mountain lakes in Norway and Italy. In: *"Acidification processes in remote mountain lakes",* Johannessen, M., R. Mosello & H. Barth (Eds), Air Pollut. Res. Rep. 20, Guyot, Brussels: 41-58.
Wright, R.F. & A. Henriksen. 1978. Chemistry of small Norwegian lakes, with special reference to acid precipitation. *Limnol. Oceanogr.,* 23: 487-498.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 189 a pag. 200

POPULATION DYNAMICS, BIOMASS AND PRODUCTION OF THE BIVALVE *Spisula subtruncata* (da Costa) IN THE LIGURIAN SEA (ITALY)

Giancarlo ALBERTELLI*, Anabella COVAZZI** and Simonetta FRASCHETTI**

*Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina. Università di Messina.
**Istituto di Scienze Ambientali Marine. Università di Genova.

RIASSUNTO

Una popolazione di *Spisula subtruncata* è stata studiata in due differenti periodi (1983-1984/1991-1992) in corrispondenza di una stazione costiera del Mar Ligure. Questa specie è risultata dominante all'interno della comunità durante il periodo di fine primavera inizio estate ed ha presentato un ciclo vitale di tipo annuale. Il reclutamento in entrambi i periodi è stato individuato all'inizio della primavera ed è continuato sino all'estate. Le dimensioni della popolazione sono variate ampiamente di anno in anno, da 78 (1983-84) a 256 individui m^{-2} (1991-92) in media. I valori di biomassa e produzione hanno raggiunto 0.1 g m^{-2} (in media) e 0.5 g m^{-2} $anno^{-1}$ nel primo periodo (P:$\bar{B}$= 4.9); 0.07 g m^{-2} (in media) e 0.4 g m^{-2} $anno^{-1}$ nel secondo (P:$\bar{B}$ = 6.33). La variabilità del bloom fitoplanctonico potrebbe parzialmente spiegare la variabilità osservata nella popolazione di *Spisula,* anche se appare difficile correlare i parametri considerati alle sue ampie fluttuazioni.

SUMMARY

A population of *Spisula subtruncata* was studied in two different years (1983-1984/1991-1992) on a shallow sandy bottom, in the Ligurian Sea. This species was dominant within the community during the spring-summer period. The life-cycle is normally annual. Recruitment generally occurred in early spring, continuously until summer. Population size varied widely in the two years, from 78 (1983-84) to 256 individuate m^{-2} (1991-92) on average. Biomass and production reached 0.1 g m^{-2} (on average) and 0.5 g m^{-2} yr^{-1} in the first period (P:B = 4.9), and 0.07 g m^{-2} (in average) and 0.4 g m^{-2} yr^{-1} in the second (P:$\bar{B}$ = 6.3). The variability in the phytoplankton blooms could partially explain the fluctuation observed in the *Spisula* population, even though it was difficult to correlate any of the parameters measured to its wide fluctuations.

1. INTRODUCTION

The bivalve *Spisula subtruncata* (da Costa) is a very common species in the European

waters, from the north Atlantic to the Atlantic coast of Marocco, the Mediterranean and the Black Sea. It is known as first class fish food, and due to its high growth rate and numerical dominance on important fish banks it is generally considered a major food source for demersal fishes (Petersen, 1977, Møhlenberg & Kiørboe, 1981) In the Mediterranean Sea, the wealth of available data on this species is due to its very large density, for short periods and to its wide fluctuations in abundance. It is also well its documented due to importance in structuring the macrobenthic community during the spring-summer months as dominant species (Guille, 1971; Massé, 1972, Amouroux, 1974; Bodoy, 1980; Ambrogi, 1982; Ambrogi & Occhipinti Ambrogi, 1985; 1987, Bakalem, 1992; Cocito et al., 1992; Albertelli & Fraschetti, 1992; Albertelli et al., in press). Basically, its life cycle is mostly annual, the recruitment occurs during the spring-summer months, and a few individuals survive until the following summer

The present study investigates the life-cycle, the biomass and production of a population of the bivalve in the Ligurian Sea, comparing two different sampling years.

2. MATER1AL AND METHODS

Location of the sampling station is shown in Fig. 1. Samples were collected monthly using a suction device. The first sampling period was from September 1983 to August 1984. The second was from March 1991 to February 1992. 5 to 10 replicate samples (0.1 m^2 each) were collected each lime. The samples were sieved through a 1 mm mesh sieve and preserved in buffered seawater formalin solution (4%).

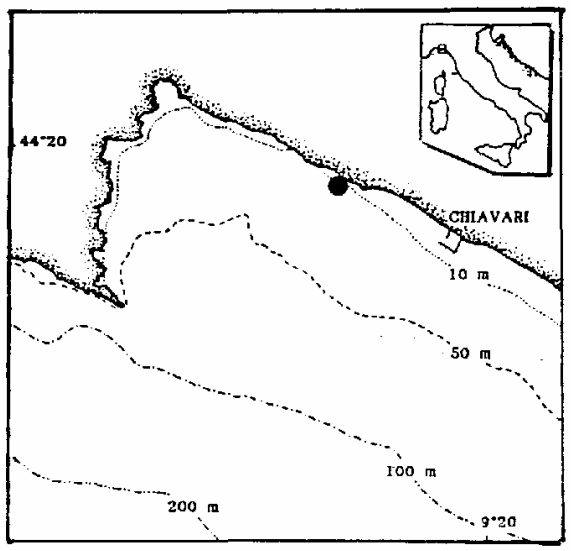


Fig. 1. Sampling area.

During both sampling periods, water temperature and salinity were recorded. Particle size was determined by using dry sieve technique and the sediment organic content, expressed as percentage, was measured as loss for ignition at 450°C for 4 hours.

Shell length (antero-posterior distance) was measured with calipers, or for small bivalves, with a micrometer mounted on the stereo microscope. Length-weight relations were determined for each sampling date. Ash-free dry weight was determined following the method of Crisp (1984).

Considering that the recognition of different cohorts from the histograms was always impossible, secondary production was computed using the Hynes method (average cohort method) (Hamilton, 1969; Benke, 1979) following the formula by Cornet (1986):

$$P = [\sum_{j=1}^{i} (\bar{N}_j - \bar{N}_{j-1}) (\bar{w} \times \bar{w}_{j-1})^{0.5} + \bar{N}_i \bar{w}_i] \, 12/CPI$$

where $\overline{N}_j$ is the average number of individual of class j (Krueger & Martin, 1980), ($\overline{w}$ $\overline{w}_{J+1}$)$^{0\ 5}$ is the geometric mean of ash-free dry weight of two successive size classes, ($\overline{N}$j - $\overline{N}_{j+1}$) is the number of individuate lost from one class to the next and CPI is the cohort production interval in months which was considered 12 in this study. The average cohort method does not require separation of different cohorts and has been applied to the average abundance data for each size-class (for more Information see also Comet, 1986; Ambrogi, 1990).

The empirical Robertson formula (1979) derived from numerous marine invertebrate estimates of production was also used for the estimation of the secondary production:

$$\log P/\overline{B}=066\ (\pm 0.089)-0.726(\pm 0.147)\log L$$

where L is the lifespan in years, in this study L was considered 1.

3. RESULTS

During the two years of observations, the bottom water temperature showed an annual cyclic trend, ranging from 12.5 (February 1992) to 25.5°C (July 1991). Salinity showed a mean of 37.5 ‰.

Granulometrie analysis showed a consistently high sand content (mean of the fraction > 0.063 = 97 %) without any appreciable variation in lime.

The average Total Organic Matter, expressed as percentage, was 1.2 in the period 1983-84 and 1.55 in the period 1991-92.

3.1. Results of the period 1983-1984

Abundance (individuate m^{-2}) was an average of 78 4 and biomass (AFDW mg m^{-2}) was an average of 102.2, fluctuations of which are shown in Fig. 2 After a winter characterized by very low density and biomass, recruitment occurred in April the maximum abundance value resulting in recorded for the sampled period (564 ind. m^{-2}). The highest biomass value was registered in August (464.14 mg m^{-2}). It was caused by the contemporary presence of young individuals just settled and of individuals recruited during the preceding spring (Fig 3)

The size-frequency histograms are illustrated in Fig 3 The class interval was fixed at 0.5 mm. At the beginning of the sampled period, corresponding with the fall-winter season, very few adults were present. The analysis of the histograms suggests a prolonged recruitment period, which began in April and continued until August. This is demostrated by the Constant presence of the smallest size class (1.5-2 mm). In July and August 1984 overlapping cohorts were observed, no individual surviving from the preceding year was found in summer samples The histogram relative to May is difficult to explain: The apparent disappearance of some classes present in April could probably be due to the "patchy" distribution of the bivalve witch made difficult a homogeneus population sampling.

The maximum length observed (in one individual) was 11.5 mm in August.

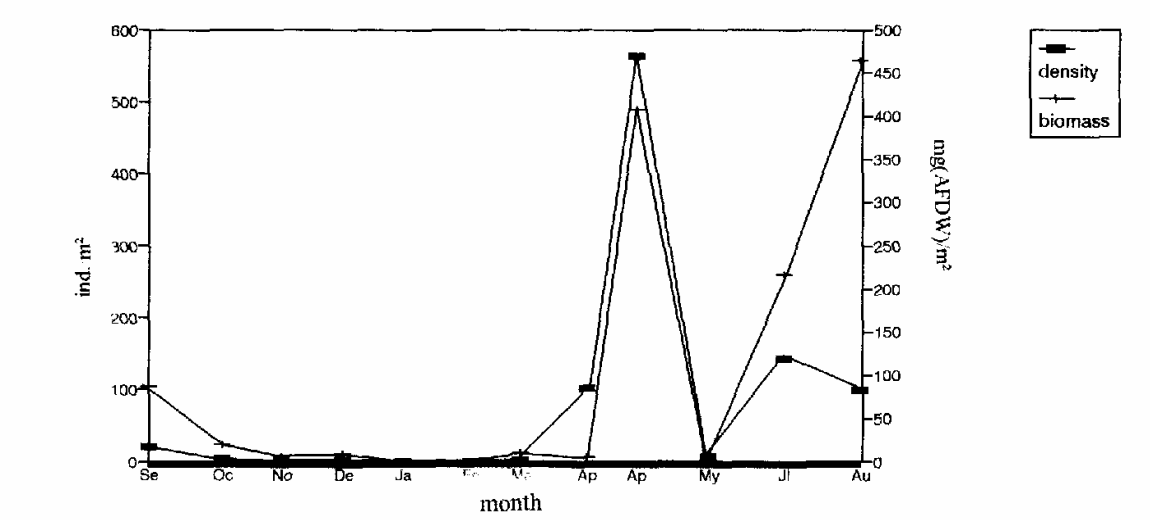


Fig. 2. Abundance (ind. m^{-2}) and biomass (AFDW mg m^{-2}) fluctuations in the period 1983-84.

During this sampling period, production estimate for *S. subtruncata* was 0.5 g m^{-2} yr^{-1}, the mean biomass 0.1 g m^{-2}, and the production:biomass ratio (P: $\bar{B}$) 4.9 (Tab. 1).

Tab. 1. Annual production for period 1983-84 calculated by the Hynes method.

Size class (mm)	N (ind. m²)	N-N (ind./m²)	W (mg)	N*W (mg m²)	Avg.W (mg)	Biom lost (mg m²)	P (mg/m²)
1.5-2.0	9.3		0.05	0.465			
2.0-2.5	5	4.3	0.08	0.4	0.06	0.258	5.418
2.5-3.0	2.7	2.3	0.15	0.405	0.11	0.253	5.313
3.0-3.5	11.03	-8.33	0.3	3.309	0.21	-1.7493	-36.7353
3.5-4.0	17.2	-6.17	0.37	6.364	0.33	-2.0361	-42.7581
4.0-4.5	19.4	-2.2	0.4	7.76	0.38	-0.836	-17.556
4.5-5.0	14.5	4.9	0.55	7.975	0.47	2.303	48.363
5.0-5.5	3.51	10.99	1.05	3.6855	0.76	8.3524	175.4004
5.5-6.0	6.1	-2.59	1.65	10.065	1.32	-3.4188	-71.7948
6.0-6.5	3.41	2.69	1.8	6.138	1.72	4.6268	97.1628
6.5-7.0	3.21	0.2	2.5	8.025	2.12	0.424	8.904
7.0-7.5	3.3	-0.09	2.9	9.57	2.69	-0.2421	-5.0841
7.5-8.0	1.55	1.75	3.4	5.27	3.14	5.495	115.395
8.0-8.5	1.4	0.15	4.5	6.3	3.91	0.5865	12.3165
8.5-9.0	2.31	-0.91	5.5	12.705	4.97	-4.5227	-94.9767
9.0-9.5	1	1.31	6.3	6.3	5.89	7.7159	162.0339
9.5-10.0	1.1	-0.1	7.3	8.03	6.78	-0.678	-14.238
10.0-10.5	1	0.1	8.7	8.7	7.97	0.797	16.737
10.5-11	0.3	0.7	10.4	3.12	9.51	6.657	139.797
11.0-11.5	0.05	0.25	12.9	0.645	11.58	2.895	60.795
11.5-12	0.04	0.01	13.4	0.536	13.15	0.1315	2.7615
12.0-12.5	0	0.05			13.4	0.67	0.67
Total	107.41			115.7675			567.9241

3.2.Results of the period 1991-1992

Abundance (individuate m^{-2}; average= 256.5) and biomass (AFDW mg m^{-2}; average= 0 07) fluctuations are shown in Fig. 4. The high density observed in the first period of the year (March 1991 = 992 ind. m^{-2}; max in May 1991 = 1018 ind. m^{-2}) is consistent with a massive recruitment followed by a high mortality. This caused the disappearance of the population in the following fall-winter season. The biomass value registered its peak in May (123.8 mg m^{-2}), caused by the contemporary presence of young individuals just

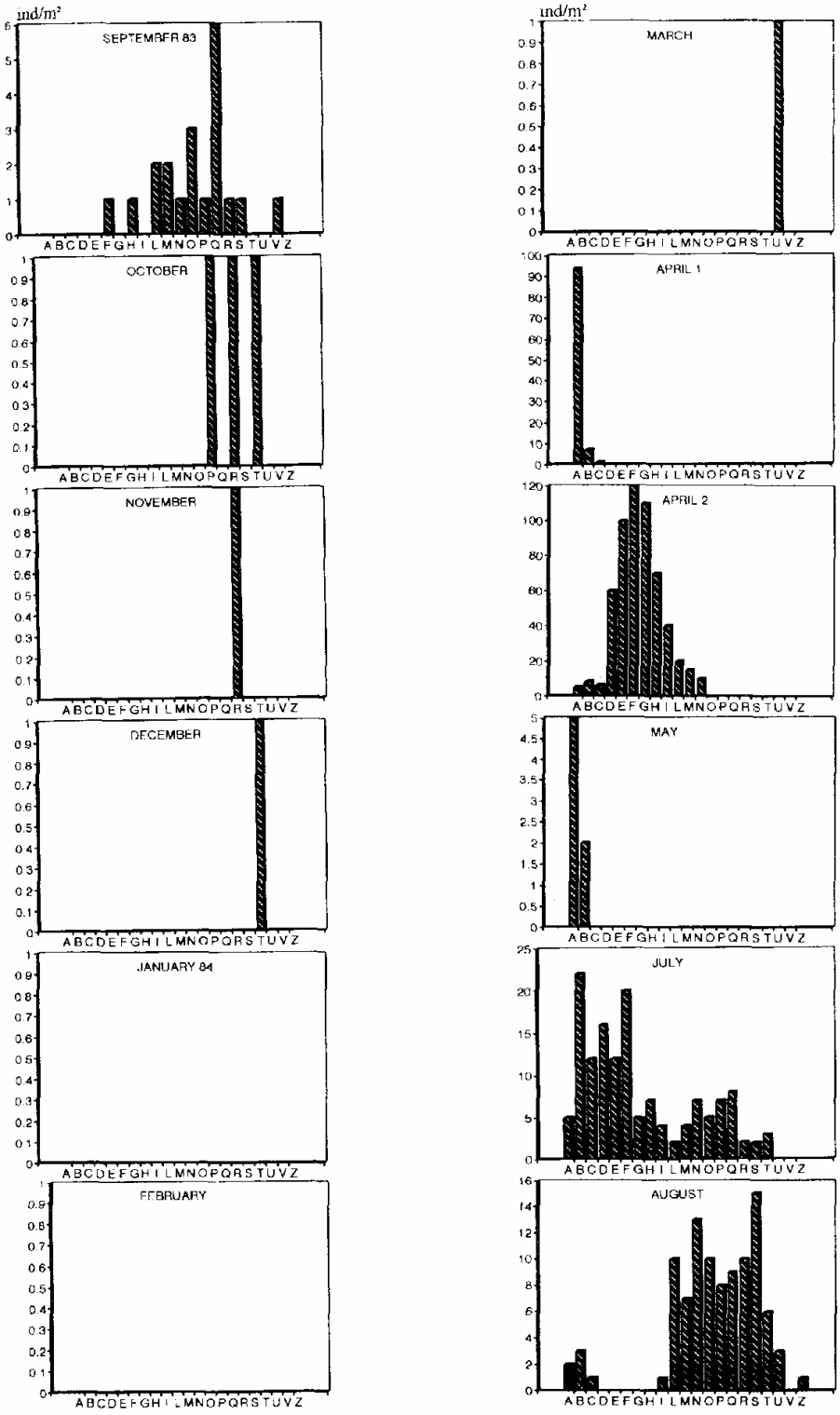


Fig. 3. Size-frequency histograms based on shell length, period 1983-84. The twenty-one dymensional classes have been divided as follow: A=1.5 mm, B=2 mm, C=2.5 mm, D=3 mm, E=3.5 mm, F=4 mm, G=4.5 mm, H=5 mm, I=5.5 mm, L=6 mm, M=6.5 mm, N=7 mm, O=7.5 mm, P=8 mm, Q=8.5 mm, R=9 mm, S=9.5 mm, T=10 mm, U=10.5 mm, V=11 mm, Z=11.5 mm.

settled and of individuals recruited during the preceding months (Fig 4) The biomass shows a more Constant trend, determined by the balance between the high mortality rate of most of the population and the growth of a few survivals.

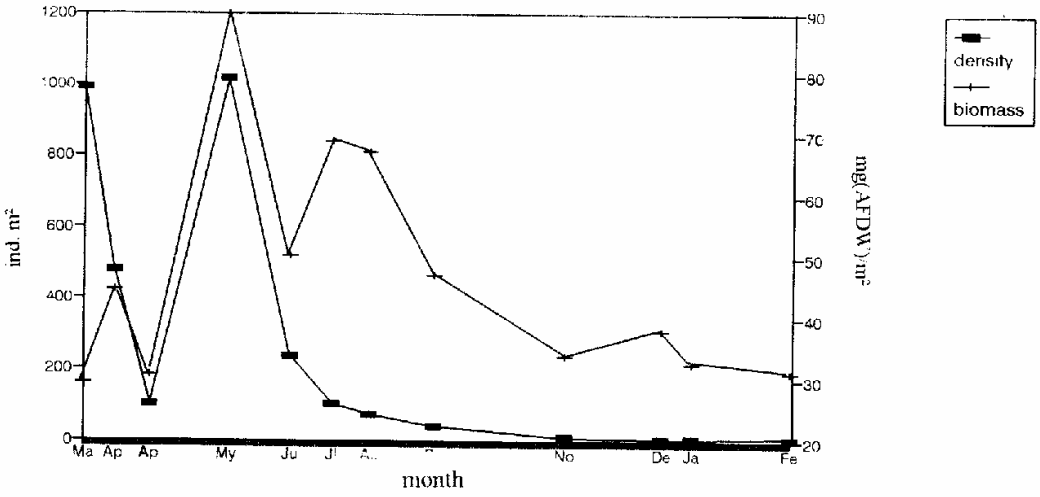


Fig. 4. Abundance (ind. m^{-2}) and biomass (AFDW mg m^{-2}) fluctuations in the period 1991-92.

The size-frequency histograms are illustrated in Fig. 5. Recruitment was observed just at the beginning of the sampled period (spring). The smallest classes were present from March to August, suggesting also in this case a prolonged period of recruitment and the presence of overlapping cohorts. In February 1992, the smallest class appeared again. Only one individual probably surviving from the preceding year was found in late April.

The maximum length recorded (in one individual) was 13 mm, in February.

In this sampling period, the production estimate (average cohort method) for *S. subtruncata* was 0.44 g $m^{-2}yr^{-1}$, the mean biomass 0.07 g m^{-2}, and the production:biomass ratio (P: $\bar{B}$) 6.3 (Tab. 2).

Tab. 2. Annual production for period 1991-92 calculated by the Hynes method.

Size class (mm)	N (ind./m²)	N-N (ind./m²)	W (mg)	N*W (mg/m²)	Avg.W (mg)	Biom.lost (mg/m²)	P (mg/m²)
1.5-2.0	86.1		0.05	4.305			
2.0-2.5	47.44	38.66	0.07	3.3208	0.053	2.04898	40.9796
2.5-3.0	19.43	28.01	0.13	2.5259	0.095	2.66095	53.219
3.0-3.5	13.3	6.13	0.2	2.66	0.16	0.9808	19.616
3.5-4.0	7	6.3	0.36	2.52	0.24	1.512	30.24
4.0-4.5	5.1	1.9	0.38	1.938	0.33	0.627	12.54
4.5-5.0	3.12	1.98	0.63	1.9656	0.44	0.8712	17.424
5.0-5.5	2.73	0.39	1.11	3.0303	0.77	0.3003	6.006
5.5-6.0	3.01	-0.28	1.6	4.816	1.29	-0.3612	-7.224
6.0-6.5	2.18	0.83	1.85	4.033	1.62	1.3446	26.892
6.5-7.0	0.73	1.45	2.7	1.971	2.17	3.1465	62.93
7.0-7.5	1.5	-0.77	2.8	4.2	2.85	-2.1945	-43.89
7.5-8.0	0.86	0.64	3.4	2.924	3.1	1.984	39.68
8.0-8.5	0.9	-0.04	4.6	4.14	3.81	-0.1524	-3.048
8.5-9.0	0.34	0.56	5.1	1.734	4.8	2.688	53.76
9.0-9.5	0.84	-0.5	6.7	5.628	5.7	-2.85	-57
9.5-10.0	0.62	0.22	7.24	4.4888	6.8	1.496	29.92
10.0-10.5	1.12	-0.5	8.61	9.6432	7.8	-3.9	-78
11.0-11.5	0.36	0.76	12.6	4.536	10.3	7.828	156.56
13.0-13.5	0.08	0.28	14.84	1.1872	13.7	3.836	76.72
13.5-14.0	0	0.08			14.84	1.1872	1.1872
Total	196.76			71.5668			438.5118

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

A great deal of data has been already published on the life cycle, life hystory, and energetic budget of the bivalve *Spisula subtruncata.* This is unusual considering that the autoecological aspects of most of species are generally neglected.

Our results confirm the general population dynamic features already stressed in the literature. In fact, massive spring-summer recruitment, massive fall-winter mortality, strong seasonal and interannual fluctuations of density and biomass are confirmed also for this area.

As far as the analysis of data is concerned, from a quantitative point of view, the maximum length recorded, the average density, the average biomass, and the production were always the lowest recorded in the published data (Tab. 3; 4). Many authors have already stressed the importance of the food availability in the water column in determining the benthos abundance and growth (Beukema et al., 1983; Pearson & Rosenberg, 1978). For instance, Møhlenberg & Kiørboe (1981) observed that newly settled specimens can be found in a variety of bottom types. However, specimens larger than few mm in shell length are found only on bottoms with great water movement, coinciding with the maximum in phytoplankton biomass. It is also true that the correspondence between benthos and the water column has not always been evident (Valderhaug & Gray, 1984)

Tab. 3 - Comparison of published data on mean biomass ($\bar{B}$ in g m^{-2}), annual production (P in g m^{-2} yr^{-1}) and P:B ratios for different populations of *Spisula subtruncata* of the western Mediterranean Sea

Area	Biomass	Production	P:B	Reference
Camargue coast	26.8	9.7	0.3	Massé, 1968
Po river Delta - 5m	1.41-15.5	4.92-49	2.7-3.76	Ambrogi & O. Ambrogi, 1987
Po river Delta - 8m	0.33-8.3	0.87-31.9	2.6-7.4	Ambrogi & O. Ambrogi, 1987
Algerie	0.09-6.2	0.56-30.2	4.33-9.96	Bakalem, 1992
Ligurian Sea	0.07-0.5	0.4-0.5	4.9-6.3	Present study *
Ligurian Sea		0.3-0.4		Present study °

* Hynes method
° Robertson formula

From our data, life-span does not seem to exceed one year. The maximum length recorded (13 mm) confirms the hypothesis of slow growth, considering that, in the Øresund, Møhlenberg & Kiørboe (1981) calculated a growth of 12 mm in 6 months, and in the Po river Delta, Ambrogi & Occhipinti Ambrogi (1987) observed the maximum length of 21 mm (1 year life-span).

Due to the annual massive winter mortality the Zoagli *Spisula* population strongly depends on the larval supply of nearby areas, because the population disappears if the spring recruitment fails.

As mentioned above, the biomass and the production values are lower than in other areas (Tab. 3). It has to be considered that the methods utilized are not always the same, so that comparisons are difficult. Moreover, the sampling technique has a great importance in the secondary production evaluation. The 1 mm mesh sieve tends to

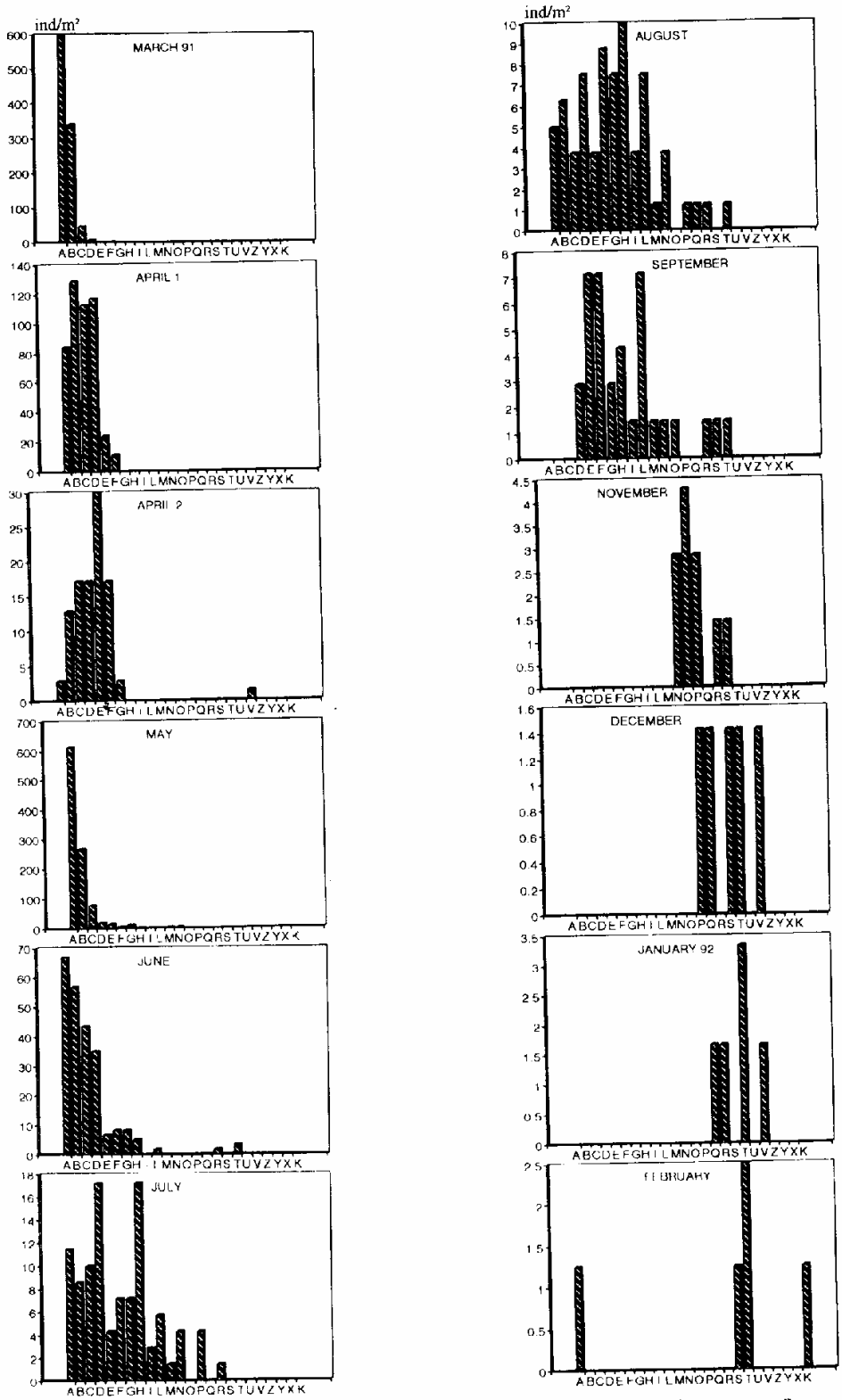


Fig. 5 Size-frequency histograms based on shell length, period 1991-92. The twenty-four dimensional classes have been divided as follow: A=1.5 mm, B=2 mm, C=2.5 mm, D=3 mm, E=3.5 mm, F=4 mm, G=4.5 mm, H=5 mm, I=5.5 mm, L=6 mm, M=6.5 mm, N=7 mm, O=7.5 mm, P=8 mm, Q=8.5 mm, R=9 mm, S=9.5 mm, T=10 mm, U=10.5 mm, V=11 mm, Z=11.5 mm, Y=12 mm, X=12.5 mm, K=13 mm.

understimate the population size. In fact, even if the smallest classes represent very weak biomass values and extremely ephemeral presence, their contribution to the organic matter turnover and their quantitative role in the energetic transfer should be considerable (Cattaneo & Masse, 1983; Moller & Rosenberg, 1983). Anyway, considering that all the cited papers used the 1 mm mesh size, the underestimation probably characterized all the results obtained until now.

Tab. 4. Variability observed in the population dynamic characteristics of *S. subtruncata*.

Population dynamic characteristics		Area	Reference
Life span	1 - 2 years	Western Mediterranean	Massé, 1971; Guille, 1971; Bodoy, 1980; Ambrogi, 1982.
	3 - 4 years	Dogger Bank & W. Mediterranean	Davis, 1923; Massé, 1972; Amouroux, 1974.
Length	15 - 20 mm	W. Mediterranean	Bodoy, 1980
	30 mm	Oresund	Muus, 1973
	12 mm in 6 months	Oresund	Mohlemberg & Kiorboe, 1981
Density	992 ind. m^2 (max density)	Côte catalaine francaise	Guille, 1971; Masse, 1972; Amouroux, 1974.
	8250 ind. m^2 (max density)	Dogger Bank	Davis, 1923
Annual fluctuations	from 425 to 9970 ind. m^2 (recruitment period)	Po river Delta	Ambrogi & O. Ambrogi, 1985
	from 0 to 4474 ind. m^2 * (recruitment period)	Verdon Bay	Cattaneo & Massé, 1983
Interannual fluctuations	2832 ind. m^2 (1981) - 552 ind. m^2 (1982)	Po river Delta	Ambrogi & O. Ambrogi, 1986
(yearly average)	1500 ind. m^2 (July 1964) - 8500 ind. m^2 (July 1965)	Oresund	Muus, 1973
Growth rate	0.159 - 0.327 mg day	Lab. conditions	Mohlemberg & Kiorboe, 1981
	0.244 mg day	Po river Delta	Ambrogi & O. Ambrogi, 1985

*ind. 0.1 m^{-2}, mesh-size 315 μm

The comparison between the two sampled periods shows that the biomass is smaller and the density is larger in the second year. Nevertheless, the production remains relatively Constant in both periods observed. This is probably caused by the different population structure observed in the two sampled periods: 1983-84 is characterized by the contemporary presence of the small and the intermediate size classes, while in the 1991-92 period, the smallest classes were mostly represented. However, the intermediate classes were less abundant. This is also confirmed by the higher P: $\bar{B}$ ratio observed in the second period: a high value of the P:$\bar{B}$ ratio is caused by juvenile dominance of the population (Warwick & George, 1980; Bachelet, 1982, Cornet; 1986).

The high P $\bar{B}$ ratio calculated in this study is comparable with those already published *S. subtruncata* is generally characterized by a high productivity typical of oportunistic species (Barbault, 1981).

On a geographical scale, the variability observed in the populations of *Spisula* suggests that density, biomass, production and productivity are not esclusively linked to a latitudinal gradient, connected to temperature, but mostly to the local conditions which are strongly responsable for the demographic structure (Warwick & George, 1980) Even in a same area, *S. subtruncata* may show different patterns of life cycle depending chiefly on trophic and climatic conditions.

In conclusion a weak production and a high productivity are an adaptative reply to the environmental variability and unpredictability. Its demographic polymorphism is of fundamental important in determining its wide distribution.

Acknowledgements

Financial support was given by the 40% fund MURST "Ecosistemi marini e delle acque interne" (Prof. Della Croce).

REFERENCES

Albertelli, G. & S. Fraschetti. 1992. Observations on the structure of three communities of the Continental shelf in the Ligurian Sea. *Atti IX Congr. Ass. Ital. Oceanol Limnol.,* S. Margherita Ligure, 20-23 November 1990: 351-362.

Albertelli., G., A. Bonomi, A. Covazzi, N. Della Croce & S Fraschetti. In press. Macrobentos y paràrnetros ambientales en fondos arenosos del Mar de Liguria, Italia. *VII Simposio Ibèrico de Estudio del Bentos Marino,* Murcia (Spain), 1-4 October 1991.

Ambrogi, R. 1982. Variazioni stagionali di una popolazione di *Spisula subtruncata* (da Costa) nell'area antistante il Delta del Po. *Boll. Mm. Ist. Biol. Univ. Genova,* 50 (Suppl.): 96-100.

Ambrogi, R. 1990. Secondary production of *Prionospio caspersi* (Annelida: Polichaeta, Spionidae). *Mar. Biol.,* 104: 437-442.

Ambrogi, R. & A. Occhipinti Ambrogi. 1985. The estimation of secondary production of the marine bivalve *Spisula subtruncata* (da Costa) in the area of the Po river delta. *P.S.Z.N: I. Mar. Ecol. ,* 6 (3): 239-250.

Ambrogi, R. & A. Occhipinti Ambrogi. 1986. Fluctuations pluriannuelles d'abundance, biomasse et production de *Spisula subtruncata* (Mollusca, Bivalvia). *Rapp. Comm. int. MerMédit.,* 30 (2): 23.

Ambrogi, R. & A. Occhipinti Ambrogi. 1987. Temporal variations of secondary production in the marine bivalve *Spisula subtruncata* off the Po river delta (Italy). *Estuar. Coast. Shelf Sci.,* 25: 369-379.

Amouroux, J. M. 1974. Elude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. III. Variations spatiales et saisonnières. *VieMilieu, XXIV(2),* B: 321-354.

Bachelet, G. 1982. Quelques problémes liés a l'estimation de la production secondaire.

Cas des bivalves *Macoma balthica* et *Scrobicularia plana. Oceanol. Acta, 5* (4): 421-431.

Bakalem, A. 1992. Estimation des variations spatio-temporelles de la production de *Spisula subtruncata* (da Costa) (Mollusque, Bivalve) de la Baie d'Alger. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.,* 33: 28.

Barbault, R. 1981. *Ecologie des populations et des peuplements.* Masson, Paris: 200 pp.

Benke, A. C. 1979. A modification of the Hynes method for estimating secondary production with particular significance for the multivoltine population. *Limnol. Oceanol,,* 24: 168-171.

Beukema, J. J., G. C. Cadée & H. Hummel. 1983. Differential variability in time and space of numbers in suspension and deposit feeding benthic species in a tidal flat area. *Oceanol. Acta,* N.SP., Proc 17th E M.B.S, Brest, Franca, 27 September-1 October: 21-26.

Bodoy, A. 1980. Croissance et variations de la composition biochirnique du bivalve *Spisula subtruncata* (da Costa) dans le Golfe de Marseille. *Tethys, 9* (4): 345-354.

Cattaneo, M. & H. Masse. 1983. Importance du recrutement de *Spisula subtruncata* (da Costa) sur la structure et les fluctuations d'un peuplement benthique. *Oceanol. Acta,* N.SP., Proc 17th E.M.B.S, Brest, France, 27 September-1 October: 63-67.

Cocito, S., S. Covre, C. Morii & C. N. Bianchi. 1992. Dinamica stagionale di una comunità di sabbie fini ben calibrate nel Mar Ligure Orientale. *Atti IX Congr. Ass. Ital. Oceanol. Limnol.,* S. Margherita Ligure, 20-23 November 1990: 341-350.

Cornet, M 1986. Estimation de la production annuelle de populations *d'Abra alba* (Mollusque bivalve) du plateau Continental Sud-Gascogne. *Oceanol. Acta,* 9 (3): 323-332.

Crisp, D. J. 1984. Energy flow measurements. In *Methods for the study of marine benthos.* Holme N. A. and A. D. Mclntyre eds., 2nd edn., Blackwell Scientific Publications, Oxford, Edinburgh: 197-279.

Davis, H. 1923. Quantitative studies on the fauna of the sea bottom I. Preliminary investigation of the Dogger Bank. *Fishery lnvestigations Lond.,* 11 (8): 1-50.

Guille, A. 1971. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalaine française. VI Densité, biomasses et variations saisonnières de la macrofaune. *Vìe Milieu,* 22 (IB):93-158.

Hamilton, A. L. 1969. On estimating annual production. *Limnol. Oceanogr.,* 14: 771-782.

Krueger, C. C. & F. B. Martin. 1980. Computation of confidence intervals for the size-frequency (Hynes) methods of estimating secondary production. *Limnol. Oceanol.,* 25 (4): 773-777.

Massé, H. 1968. Sur la productivité des peuplements marins benthiques. *Cah. Biol. Mar.,* 9: 363-372.

Masse, H. 1971. Elude quantitative d'un peuplement de sables fins infralittoraux de l'étang de Berre. Evalualion de la production de quelques espèces. *Vie MIlieu,* Suppl. 22: 329-346.

Masse, H. 1972. Quantitative investigations of sandy bottom macrofauna along the Mediterranean north-west coast. *Mar. Biol.,* 15: 209-220.

Møhlenberg F. & T Kiørboe 1981. Growth and energelics in *Spisula subtruncata* (da Costa) and the effect of suspended bottom material. *Ophelia,* 20 (1): 79-90

Moller, P. & R. Rosenberg. 1983. Recruitment, abundance and production of *Mya arenaria* and *Cardium edule* in marine shallow waters, Western Sweden. *Ophelia,* 22: 33-55.

Muus, K. 1973. Settling, growth and mortality of young bivalves in the 0resund. *Ophelia,* 12 (1-2): 76-116.

Pearson, T. H. & R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev.,* 16:229-311.

Petersen, G. H. 1977. The density, biomass and origin of the Bivalves of the Central North Sea. *Meddr. Danm. Fisk.-og Havunders.,* 7: 221-273

Robertson, A. I. 1979. The relationship between annual production:biomass ratios and lifespans for marine macrobenthos. *Oecologia,* (Berl.), 38: 193-202.

Valderhaug, V. A. & J. Gray. 1984. Stable macrofauna community structure despite fluctuating food supply in subtidal soft sediments of Oslofjord, Norway. *Mar. Biol.,* 82: 307-322.

Warwick, R. & C. L. George. 1980 Annual macrofauna production in an *Abra* community. In: *Industrialized embayments and their envirotimental problems: a case study of Swansea Bay.* By M. B. Collins et al., Pergamon Press, Oxford and NewYork: 517-538.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 201 a pag. 208

LIMNOLOGIA DEL NUOVO INVASO DEL CIXERRI NEI PRIMI DUE ANNI DI ESISTENZA

Nicola SECHI*, Paola BUSCARINU° e Antonella LUGLIÉ*

Dipartimento di Botanica ed Ecologia vegetale, Università di Sassari
°Ente Autonomo Flumendosa, Regione Autonoma della Sardegna, Cagliari

SUMMARY

The results of 2 years study on physical, chemical and biological analysis in new Man Made Lake Cixerri (South Sardinia), filled in the 1990, are presented. The new lake shows high levels of mineral nitrogen (971 mg N m^{-3} the first year, 752 mg N m^{-3} the second) and total phosphorus (96 mg P m^{-3} the first year, 66 mg P m^{-3} the second). Chlorophyll *a* concentrations are very high, with 27 mg m^{-3} the first year and 42 mg m^{-3} in the second. The standing crop also shows increasing values: annual averages are respectively 6,5 mg l^{-1} and 20 mg l^{-1}. Further, it has been pointed out a state of growing eutrophy.

1. INTRODUZIONE

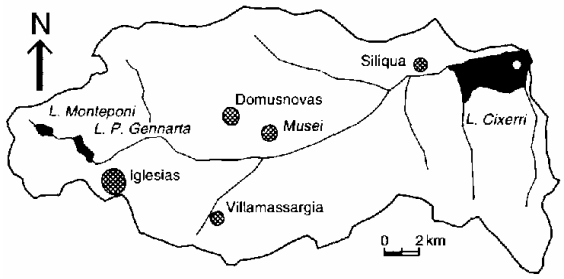


Fig. 1 - Localizzazione del L. Cixerri nel bacino imbrifero e stazione di campionamento

Il Lago Cixerri è un nuovo invaso realizzato nel 1990 lungo il corso del Rio Cixerri con uno sbarramento a gravita (Tab. 1, Fig. 1). Nel bacino imbrifero, esteso 426 Km^2 ed interessato per l'80% da attività agro-pastorali, sono presenti 5 agglomerati urbani (42.000 abitanti), sprovvisti d'impianti di depurazione con la rimozione del fosforo, e diversi insediamenti industriali. La trasformazione in termini di rilascio di fosforo delle attività presenti nel bacino, effettuata prima dell'invaso, aveva quantificato un carico potenziale di circa 25 t a^{-1} di cui 16 t a^{-1} provenienti dalla sola componente urbana. Il lago, in base alla formula di Vollenweider (O.E.C.D., 1980), ha un carico critico di fosforo compreso tra 3 e 6 t a^{-1}. Pertanto, in considerazione della presumibile situazione eutrofica del nuovo lago ed alle ripercussioni

Tab. 1 - Principali caratteristiche morfometriche del L. Cixerri.

Quota s.l.m. al massimo invaso (m)	39,0
Volume massimo nominale (m^3 10^6)	25,4
Superficie massima nominale (m^2 10^6)	4,2
Profondità massima (m)	19,0
Profondità media al massimo invaso (m)	6,1

che ciò avrebbe potuto avere sulle varie utilizzazioni, si avviarono, subito dopo l'inizio delle operazioni d'invaso, delle indagini limnologiche. Lo scopo principale era di seguire le dinamiche sia dei principali parametri chimici e fisici delle acque (con particolare riferimento ai nutrienti vegetali,) sia dei popolamenti fitoplanctonici. Un ulteriore scopo dell'indagine è stato quello di seguire l'evoluzione trofica dell'invaso nei primi anni di formazione al fine di poter effettuare una comparazione con altri laghi di neoformazione (Ostrofsky, 1978; Ostrofsky e Duthie, 1978).

2. METODI

I campionamenti sono iniziati nel giugno '90, due mesi dopo l'inizio delle operazioni d'invaso; i campioni d'acqua sono stati raccolti, con cadenza quindicinale, a 500 m dalla diga, a diversi livelli fino alla massima profondità (0, 1, 2.5, 5, 7.5, 10 metri o fondo). Tra i diversi parametri rilevati vengono riportati in questo contesto i risultati relativi a: temperatura, trasparenza, pH, conducibilità, nitrati (analizzati secondo Rodier, 1971), fosforo totale e reattivo, silice reattiva (Strickland e Parsons, 1968), ammoniaca (Fresenius, Quentin & Schneider, 1988), clorofilla *a* (Golterman, Clymo & Ohnstad, 1978), densità (secondo Utermöhl), biomassa (Findenegg, 1974) e composizione fitoplanctonica.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

In tabella 2 vengono riportati i valori medi annuali dei parametri analizzati, mediati lungo la colonna d'acqua. I volumi d'invaso, a parte i primi mesi di riempimento, oscillano intorno ai 20 10^6 m^3 con i massimi nei periodi invernali e minimi in quelli estivi-autunnali (Fig. 2). Per quel che riguarda la termica (Fig. 2) si rileva che, a causa della ridotta profondità media e della mancanza di ostacoli orografici alla forza del vento, i gradienti termici sono molto limitati, con un massimo di soli 3 °C tra la superficie ed il fondo. I due anni d'indagine presentano valori massimi differenti: 30 °C nell'agosto '90 (solo in

Tab. 2 - Medie annuali dei principali parametri trofici.

		90-91	91-92
Volume	(m^3 10^6)	14,9	21,1
Temperatura	(°C)	19,4	17,8
Trasparenza	(m)	0,6	0,7
Conducibilità	(µS cm^{-1})	774	800
pH		8,2	8,2
N-NO_3	(mg N m^{-3})	878	560
N-NH_3	(mg N m^{-3})	93	192
P-tot.	(mg P m^{-3})	96	66
P-reatt.	(mg P m^{-3})	30	6
Si-reatt.	(mg Si l^{-1})	2,7	2
Clorofilla *a*	(mg m^{-3})	27	42
Densità	(cellule 10^6 l^{-1})	160	239
Biomassa	(mg l^{-1})	6,5	20

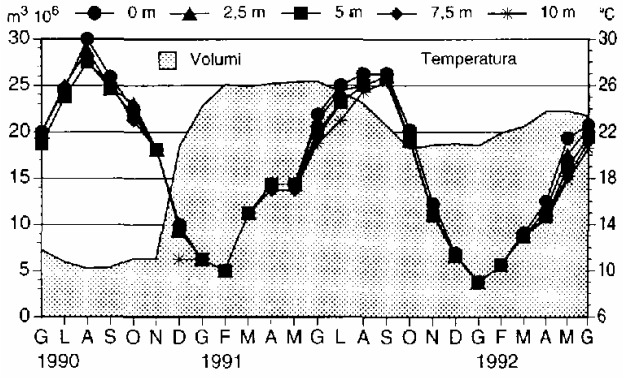


Fig. 2 - Dinamica della temperatura e dei volumi d'invaso

superficie) e 28 °C nel settembre '91 (su tutta la colonna). Le temperature minime, pur con il medesimo valore (9 °C), sono registrate in mesi differenti: a dicembre nel 1991 ed a gennaio e febbraio nel 1992.

I limitati gradienti termici determinano una certa omogeneità dei valori nella colonna d'acqua anche degli altri parametri. Un tale andamento è mostrato dal pH (Fig. 3) i cui valori oscillano prevalentemente tra 8,1 e 8,5 unità e che solo in alcuni casi sono leggermente superiori (settembre '90 e aprile '92) o inferiori (da dicembre '90 ad aprile '91, nel novembre '91 e nel giugno '92); in linea generale, i valori più bassi vengono registrati in inverno, i più alti in primavera.

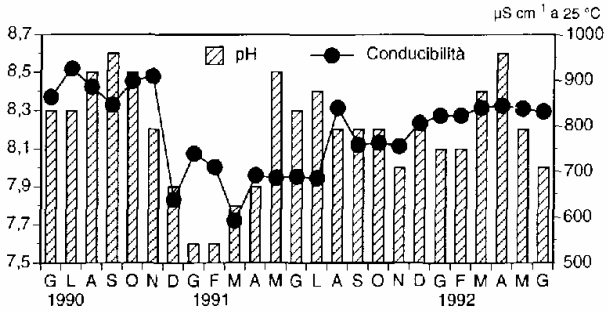


Fig. 3 - Dinamica del pH e della conducibilità

La conducibilità (Fig. 3) registra medie annuali elevate: 774 µS cm^{-1} nel primo anno e 800 (µS cm^{-1} nel secondo. L'andamento del parametro fa supporre che gli alti valori dipendano principalmente dal rilascio di ioni dal terreno sommerso. Infatti il valore più elevato, di 930 µS cm^{-1}, si verifica nel luglio '90 quando il volume lacustre è basso; viceversa il repentino abbassamento dei valori (da 900 a 600), tra novembre e dicembre del '90, è concomitante con l'innalzamento del livello d'invaso. Successivamente i valori aumentano stabilizzandosi dall'agosto '91 intorno agli 840 µS cm^{-1}. Mantengono quest'ordine di grandezza anche quando, con i nuovi afflussi invernali del '92, si poteva attendere una diminuizione analoga a quella dell'anno precedente. Bisogna però evidenziare che i minori afflussi del secondo anno possono avere indotto solo una ridotta diluizione e un conseguente minore abbassamento della conducibilità.

Le dinamiche dei composti azotati sono rappresentate in figura 4. Si può osservare che all'inizio delle indagini le concentrazioni dei nitrati sono contenute, con valori inferiori ai 100 mg N m^{-3} mentre più elevate sono quelle dell'ammoniaca, intorno ai 200-300 mg N m^{-3}. Questa situazione potrebbe essere derivata dall'immediato utilizzo dei nitrati da parte del fitoplancton, già presente nel primo campionamento con densità cellulari molto elevate, superiori a 1,2 10^7 cellule l^{-1}; questo valore evidenzia l'intensità dei livelli produttivi instauratisi in concomitanza o immediatamente dopo la formazione del lago. La maggiore presenza di ammoniaca può dipendere dalla sua liberazione dalla sostanza organica già presente nel territorio sommerso. Successivamente i nitrati seguono un andamento tipico di situazioni eutrofiche: aumento consistente (fino a 2300 mg N m^{-3} nel primo anno ed a

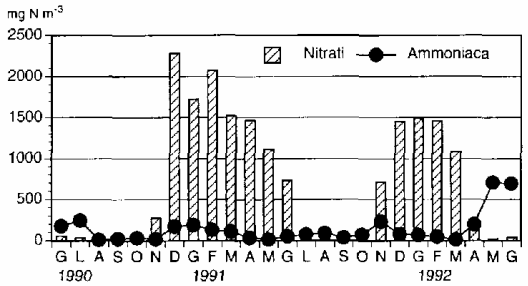


Fig. 4 - Dinamica dei nitrati e dell'ammoniaca

1500 mg N m^{-3} nel secondo) con gli afflussi invernali, flessioni primaverili e scomparsa estiva (Fig. 4). L'ammoniaca presenta un andamento più appiattito e subisce un forte incremento solo negli ultimi due mesi (750 mg N m^{-3}), subito dopo un forte sviluppo algale e forse a questo strettamente legato.

Il fosforo, nella forma totale, presenta valori abbastanza elevati, normalmente superiori ai 40 mg P m^{-3}. Le medie annuali sono notevolmente diverse, con uno scarto

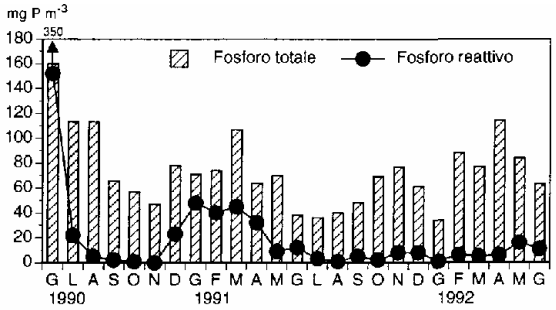


Fig. 5 - Dinamica del fosforo reattivo e totale

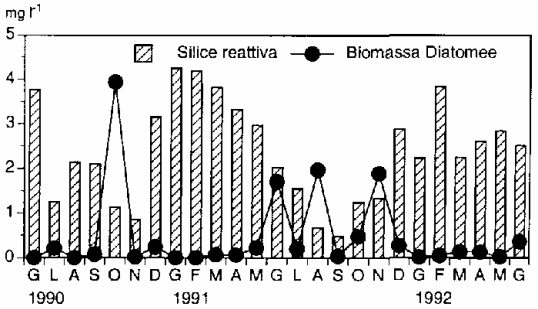


Fig. 6 - Dinamica della silice reattiva e della biomassa delle Diatomee

di 30 mg P m^{-3} (Tab. 2 e Fig. 5). Nel primo anno incidono significativamente i picchi registrati nei primi mesi d'indagine: a giugno con 350 mg P m^{-3} e da luglio ad agosto con 110 mg P m^{-3}. I fosfati reattivi rappresentano un'aliquota consistente del fosforo totale solo nel primo campionamento; successivamente si mantengono sempre intorno ai 5-10 mg P m^{-3}, con qualche valore intorno ai 20 mg P m^{-3}; eccezionalmente nell'inverno '91, con l'ingresso di nuova acqua, vengono superati i 40 mg P m^{-3} (Fig. 5).

I silicati sono abbondanti ed oscillano tra massimi intorno a 4 mg Si l^{-1} nei mesi invernali, in concomitanza con i maggiori afflussi, e minimi intorno a 0,7 mg Si l^{-1} nei mesi di novembre '90 ed aprile-maggio '91 (Fig. 6), a cavallo o subito dopo lo sviluppo delle Diatomeae.

Le acque del L. Cixerri risultano poco trasparenti in tutto il periodo d'indagine e solo in qualche occasione viene superato il metro di visibilità (Fig. 7). L'andamento della trasparenza nei periodi invernali, quando affluiscono acque molto torbide, pare slegato dai contenuti di clorofilla *a* e biomassa. Il legame tra questi parametri è evidente quando la torbidità è determinata primariamente dal fitoplancton.

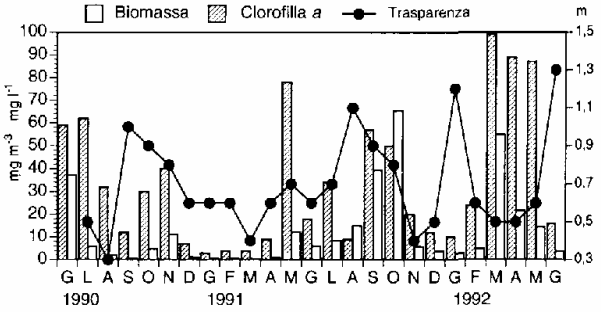


Fig. 7 - Dinamica della clorofilla *a*, della biomassa totale e della trasparenza

Le concentrazioni medie annuali della clorofilla *a* danno un quadro di crescente trofia delle acque; il valore del secondo anno è di ben 15 mg m^{-3} più alto del primo. I picchi maggiori si rilevano nel luglio '90 (65 mg m^{-3}), nel maggio '91 (80 mg m^{-3}) e nel marzo '92 (100 mg m^{-3}) e sono determinati sempre da blooms di Cyanophyceae. Nei mesi primaverili del '92, subito dopo il picco, la clorofilla *a* si mantiene su valori molto più elevati (intorno a 80-90 mg m^{-3}) dello stesso periodo del

'91. Sono da segnalare anche le elevate concentrazioni tra ottobre e novembre '90 (intorno a 30-40 mg m^3), a luglio '91 (circa 35 mg m^3) e tra settembre e ottobre '91 (tra 50 e 60 mg nr^3)(Fig. 7).

Un quadro sostanzialmente simile esprime la biomassa totale (Fig. 7) il cui valore medio annuale nel secondo anno è praticamente triplicato rispetto all'anno precedente. In generale poi la maggior parte dei picchi sono coincidenti con quelli della clorofilla *a.*

Nonostante i valori medi annuali della densità ed i picchi dei singoli anni aumentino, l'andamento di questo parametro non sempre coincide con quelli della clorofilla *a* e della biomassa. In particolare ciò si verifica quando nel fitoplancton si riscontra la presenza, numericamente limitata, di specie di grandi dimensioni, come ad es., *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Schrank.

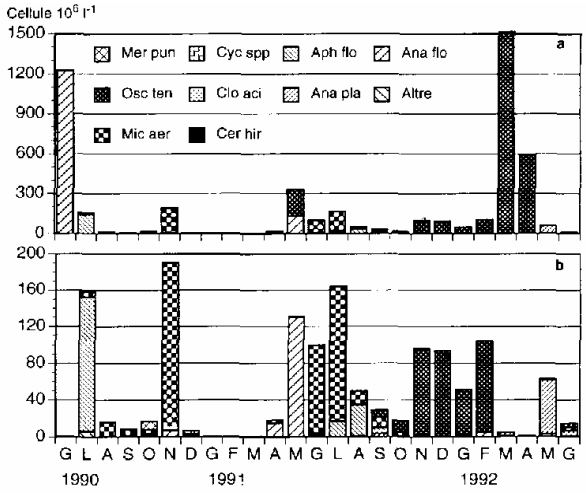


Fig. 8 - Composizione della densità totale

Sono state identificate 42 specie elencate nella tabella 3 insieme alle sigle utilizzate per le rappresentazioni grafiche. Nelle figure 8 e 9 sono rappresentate le dinamiche della densità e della biomassa delle specie più significative; nel grafico inferiore (b), per meglio evidenziare l'andamento anche di specie meno abbondanti, sono omessi i valori di ogni specie superiori a 100 10^6 cellule l^{-1} ed a 5 mg l^{-1}. Le Cyanophyceae, con *Oscillatoria tenuis* Ag., *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Brèb, *Microcystis aeruginosa* Kg. e *Anabaena planctonica* Brunnth, e le Dinophyceae, con *C. hirundinella,* sono le classi che esprimono i valori di biomassa o di densità più alti. In particolare *C. hirundinella* e *O. tenuis* arrivano a sviluppare rispettivamente un picco di circa 64 mg l^{-1} nell'ottobre del '91 e di 53 mg l^{-1} nel marzo '92.I picchi di densità più rilevanti sono sempre espressi dalle Cyanophyceae, con *A. flos-aquae* nel giugno '90 (oltre 1,2 10^9 cellule 1 ') ed *O. tenuis* nel marzo '92 (oltre 1,5 10^9 cellule l^{-1})• Nell'arco del biennio la successione stagionale del fitoplancton, come biomassa, mostra dei cambiamenti, brevemente riportati qui di seguito:

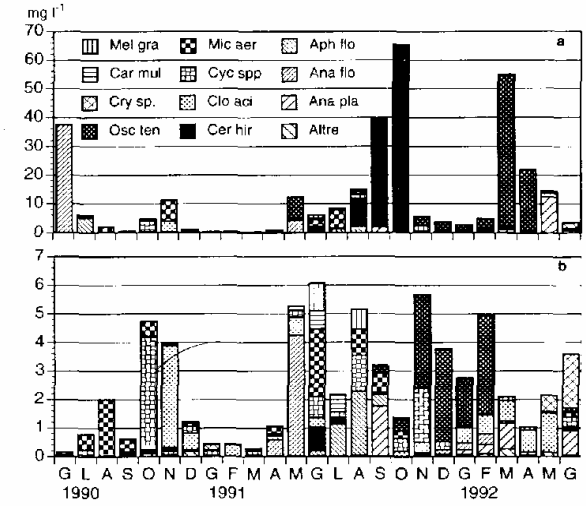


Fig. 9 - Composizione della biomassa totale

- tra giugno e settembre '90 sono dominanti le Cyanophyceae, inizialmente con un picco elevatissimo di *A. flos-aquae* (37 mg l^{-1}), sostituita in luglio da *Aph. flos-aquae*

Tab. 3 - Elenco floristico e codice delle specie riportate nei grafici.

CYANOPHYCEAE			
Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Brèb	Ana flo	*Anabaena planctonica* Brunnth	Ana pla
Aphanocapsa elachista W. et G.S. West	Aph ela	*Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs	Aph flo
Gomphosphaeria sp.	Gom sp.	*Merismopedia punctata* Meyen	Mer pun
Microcystis aeruginosa Kg.	Mic aer	*Microcystis flos-aquae* (Wittr.) Kirchn.	Mic flo
Oscillatoria tenuis Ag.	Osc ten	*Oscillatoria* sp.	Osc sp.
Phormidium mucicola Naumann et Huber-Pestalozzi	Pho muc		
CHLOROPHYCEAE			
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs	Ank fal	*Carteria multifilis* (Fres.) Dill	Car mul
Coelastrum pseudomicroporum Kors.	Coe pse	*Coelastrum* sp.	Coe sp.
Didymocystis sp.	Did sp.	*Oocystis* sp.	Ooc sp.
Monoraphidium sp.	Mon sp.	*Pandorina morum* (Muller) Bory	Pan mor
Pediastrum simplex Meyen	Ped sim	*Pediastrum duplex* Meyen	Ped dup
Scenedesmus sp.	Sce sp.	*Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Brèb sensu Chod.	Sce qua
Sphaerocystis sp.	Sph sp.		
Schroederia sp.	Sch sp.	*Volvox aureus* Ehrbg.	Vol aur
CONJUGATOPHYCEAE			
Closterium aciculare T. West	Clo aci	*Closterium gracile* Brèb ex Ralfs	Clo gra
Closterium sp. Nitzsch ex Ralfs	Clo sp.	*Cosmarium* sp. Corda ex Ralfs	Cos sp.
Staurastrum gracile Ralfs	Sta gra		
DIATOMEAE			
Asterionella formosa Hass.	Ast for	*Cyclotella Meneghiniana* Kg.	Cyc spp
Cyclotella comta (E.) Kg.	Cyc spp	*Cymbella* sp.	Cym sp.
Melosira granulata (E.) Ralfs	Mel gra	*Nitzschia* sp.	Nit sp.
Synedra acus Kg.	Syn acu		
DINOPHYCEAE			
Ceratium hirundinella (O. F. Muller) Schrank	Cer hir		
CRYPTOPHYCEAE			
Cryptomonas sp.	Cry sp.	*Chroomonas acuta* Utermöhl	Chr acu
Rhodomonas sp.	Rho sp.		

(5,1 mg l^{-1}) e in agosto e settembre da *M. aeruginosa* (massimo di 2 mg l^{-1});

- tra ottobre '90 e gennaio '91 si alternano differenti specie, appartenenti a quattro classi algali: in ottobre le Diatomeae con *Cyclotella Meneghiniana* Kg. (4 mg l^{-1}), in novembre le Cyanophyceae con *M. aeruginosa* (8 mg l^{-1}) e le Conjugatophyceae con *Closterium aciculare* T. West (3,5 mg l^{-1}), in dicembre ancora quest'ultima specie (0,7mg l^{-1}) e in gennaio le Cryptophyceae con *Cryptomonas* sp. (inferiore a 0,2 mg l^{-1});
- in febbraio e marzo '91 le Conjugatophyceae, con *C. aciculare,* riprendono la dominanza con valori peraltro molto contenuti;
- tra aprile e luglio '91 si assiste allo sviluppo delle Cyanophyceae, dapprima in aprile con *A. flos-aquae* (0,6 mg l^{-1}), poi in maggio con *O. tenuis* (6 mg l^{-1}) ed infine in giugno e luglio con *M. aeruginosa* (sino a 6,2 mg l^{-1});
- tra agosto ed ottobre '91 si ha la completa dominanza di *C. hirundinella,* con picchi crescenti nei tre mesi e pari rispettivamente a 10, 36 e 64 mg l^{-1};
- da novembre '91 a maggio '92, a differenza del medesimo periodo dell'anno precedente, il fitoplancton è dominato nettamente dalle Cyanophyceae; *O. tenuis,* comparsa dal maggio '91, esprime infatti per oltre cinque mesi valori rilevanti che culminano in marzo con un massimo di 53 mg l^{-1}; *A. planctonica* domina invece nel mese di maggio

esprimendo un picco di 12 mg l^{-1};
- in giugno appaiono dominanti le Cryptophyceae con *Cryptomonas* sp. (2 mg l^{-1}).

4.CONCLUSIONI

L'ipotesi iniziale di un elevato livello trofico del Lago Cixerri, basato sul carico potenziale del fosforo, trova conferma nei dati sperimentali. Le concentrazioni dei nutrienti sono tali da consentire uno sviluppo fitoplanctonico corrispondente ad uno stato eutrofico spinto. Accanto all'aspetto quantitativo anche la qualità del fitoplancton riscontrato è tipica di una condizione di alta trofia. Le specie più importanti, quali *M. aeruginosa, A. flos-aquae, A. planctonica, Aph. flos-aquae, C. hirundinella* ed *O. tenuis,* ritrovate frequentemente in ambienti altamente produttivi (Heinonen, 1980; Hornstrom, 1981; Rosén, 1981), esprimono, nei momenti di fioritura, valori di densità e di biomassa molto elevati. In sostanza, tutti i parametri del fitoplancton (composizione, dinamica, densità, biomassa e contenuto di clorofilla *a)* portano, seguendo le indicazioni di O.E.C.D. (1980, 1982) e di Heinonen (l980), a dare un giudizio di ipertrofia. Bisogna però considerare che i laghi di neoformazione, secondo Baranov (1961), Ostrofsky (1978), Ostrofsky & Duthie (1978), all'inizio della loro vita attraversano delle fasi evolutive prima di stabilizzarsi sul livello realmente corrispondente alla situazione trofica media. La prima fase, di "innalzamento trofico", dovrebbe durare secondo Baranov (1961) uno-due anni dal momento del neoinvaso; a questa fase dovrebbe seguire, prima della stabilizzazione, la fase progressiva di "depressione trofica". I valori medi annuali della densità cellulare, della biomassa e della clorofilla *a,* riscontrati nel L. Cixerri nei due anni (passati rispettivamente da 160 a 239 10^6 cellule l^{-1}, da 6,5 a 20 mg l^{-1} e da 27 a 42 mg m^{-3} rispettivamente) indicherebbero un innalzamento trofico nel secondo anno. Se però si analizzano su base trimestrale i valori di questi parametri e del fosforo, totale e reattivo, a partire dal momento dell'invaso (Fig. 10), si vede che solo nel secondo trimestre, quando sono state avviate le indagini, vengono espressi contemporaneamente valori molto elevati. Fa eccezione l'ultimo trimestre nel quale si riscontrano valori di densità totale e di clorofilla *a* molto più elevate del solito. Questa impennata potrebbe essere inquadrata nell'estrema variabilità delle condizioni trofiche dei laghi artificiali della Sardegna. Per es. nel L. Mulargia, invaso realizzato nel 1956 e per il quale esiste una conoscenza pluriennale dell'evoluzione trofica (Luglié & Sechi, 1992), i contenuti di biomassa e di clorofilla *a*

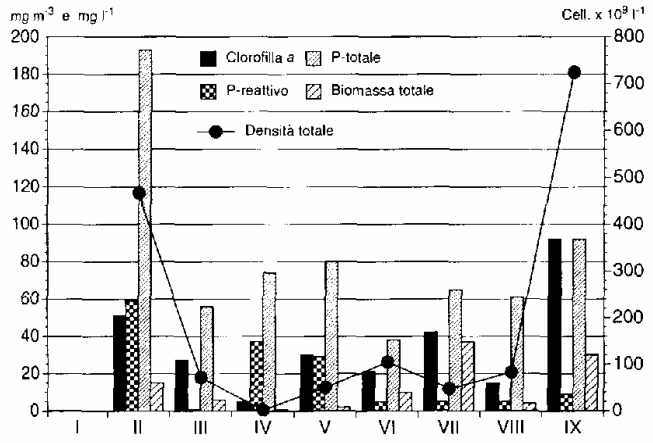


Fig. 10 - Dinamica trimestrale di alcuni parametri a partire dal momento dell'invaso

nell'arco di cinque anni oscillano rispettivamente da un minimo di 2 mg l^{-1} e 6 mg m^{-3} ad un massimo di 9 mg l^{-1} e 18 mg m^{-3}. Si potrebbe pertanto ipotizzare che il L. Cixerri abbia subito una fase di innalzamento trofico di breve durata (tre-cinque mesi) e che subito dopo si sia "stabilizzato" su un livello trofico inferiore ma molto variabile. Queste ipotesi potranno essere validate dagli ulteriori studi ancora in corso sul lago; su un arco di tempo più lungo dovrebbe essere meno difficile inquadrare con maggiore precisione la possibile sequenza evolutiva della trofia del L. Cixerri.

BIBLIOGRAFIA

Baranov, I.V. 1961. Biohydrochemical classification of the reservoirs in the european U.S.S.R. In Tyurin P. V. (ed.): *The Storage lakes of the U.S.S.R. and their importance farfishery:* 139-183. Israel Program for Scientific Traslations, Jerusalem.

Findenegg, I. 1974. Expressions of populations. In Vollenweider R. (ed.): *A Manual of Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments:* 16-17. I.B.P. 12. Blackwell Se. Pub., Oxford.

Fresenius, W., K.E. Quentin & W. Scheneider. 1988. Water Analysis. A practical Guide to physico-chemical and microbiological water examination and quality assurancc. Springer-Verlag, Berlin.

Golterman H.L., R.S. Clymo & M.A.M. Ohnstad. 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. T.B.P. 8. Blackwell Se. Pub., Oxford.

Heinonen, P. 1980. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. *Publication of Water Research Institute* N° 37. National Board of Waters. Finland. Helsinki.

Hörnström, E. 1981. Trophic characterization of lakes by means of qualitative phytoplankton analysis. *Limnologica,* 13: 249-261.

Luglié A. & N. Sechi. 1992. L'evoluzione trofica del Lago Mulargia dal 1985 al 1989. *Atti 9° Congresso A.I.O.L.:* 475-482.

O.E.C.D. 1980. Eutrophication program, Regional Project. Shallow lakes and reservoirs. Compiled by J. Clasen. The Water Research Centre. Medmenhan Laboratory. Marlow Bucks. England.

O.E.C.D. 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. O.E.C.D. Publications, Paris.

Ostrofsky, M.L. 1978. Trophic changes in reservoirs; an hypothesis using phosphorus budget models. *Int. Revue Ges. Hydrobiol,* 63: 481-499.

Ostrofsky, M.L. & H.C. Duthie. 1978. An approach to modelling productivity in reservoirs. *Verh. Internal. Verein. Limnol.,20:* 1562-1567.

Rodier, J. 1971. L'analise chimique et phisico-chimique de l'eau. Dunod, Paris.

Rosén, G. 1981. Phytoplankton indicators and their relations to certain chemical and physical factors. *Limnologica,* 13: 263-290.

Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.,* 167.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 209 a pag. 220

I FONDI A *GRYPHUS VITREUS* (BRACHIOPODA) DELL'ARCIPELAGO TOSCANO (MEDITERRANEO OCCIDENTALE)

Stefano ALIAMI

ENEA-CRAMS.Teresa,CP316, 19100 La Spezia

RIASSUNTO

Nel corso di campagne oceanografiche effettuate negli anni 1985, 1986, 1987 nell'Arcipelago Toscano, è stato rinvenuto il brachiopode *Gryphus vitreus* in 9 stazioni, tra i 120 e i 520 m di profondità, nei pressi delle isole di Montecristo, Capraia e Gorgona. *G.vitreus* è stato trovato prevalentemente in prossimità della rottura di pendenza della scarpata o in aree con elevato idrodinamismo interessate dal passaggio della corrente del Canale di Corsica. Le analisi granulometriche dei sedimenti, condotte parallelamente agli studi biologici, non hanno identificato una composizione granulometrica tipica per i fondi a *G.vitreus.*

La mancanza di uno stock di specie caratteristiche e la presenza non occasionale di specie di altre biocenosi non permette di identificare i fondi a *G.vitreus* come una biocenosi sensu Pérès e Picard, per questo il termine "biocenosi del Detritico Batiale" (DB) proposto da alcuni autori risulta meno adeguato del termine "fondi a *G.vitreus"* proposto da Emig.

La comunità è stata identificata con un metodo fisionomico utilizzando le specie dominanti e frequenti. Alcune delle caratteristiche riscontrate, come ad esempio "l'effetto margine", suggeriscono che questi fondi potrebbero costituire un ecotono. In questo modo viene anche spiegata una delle transizioni tra circalitorale e batiale.

SUMMARY

G. vitreus bottoms in the Tuscan Archipelago (Western Mediterranean).

G. vitreus specimens were collected during the Enea cruises in 1985, 1986, and 1987 at 9 stations East of the island of Capraia, West of the island of Gorgona and near the island of Montecristo, at depths between 120 and 520 m.

Most of the stations are characterized by an increase of the Corsica Current velocity due to the shelf break effect. sedimentological analysis did not identify a grain size typical for se stations.

A "pool of characteristic species" could not be identified but the community included species characteristic of the surrounding biocoenoses. Thus, the term Detritic Bathyal (DB) proposed by some authors based on the Pérès e Picard method seems to be less appropriate than the more general one proposed by Emig, namely *"G.vitreus* bottoms". Dominant and frequent species could be used for a physionomical description of the community.

Some of the characteristics of this type of community such as the "edge effect", suggest that the *G.vitreus* bottoms are an ecotone which could explain one of the transitional situations between the circalittoral and the bathyal zones.

1. INTRODUZIONE

La discussione circa la distribuzione dei fondi a *G.vitreus* ed il significato che il popolamento ad essi associato va ad assumere nella bionomia del benthos profondo mediterraneo, sollevata negli anni 60 (Fredj, 1964; Pérès & Picard, 1958, 1964), è ancora accesa (Logan, 1979; Emig, 1985, 1987; Boullier et al., 1986).

Fondi con *G.vitreus* sono stati segnalati su depositi grossolani o vicino alla cima di canyons sottomarini sul margine della scarpata (Vaissiere & Fredj, 1964; Fredj, 1964).

Studi recenti (Emig, 1987) hanno evidenziato come questi fondi si distribuiscano, lungo le coste provenzali e corse, in 3 fasce orizzontali con diverse densità di *G.vitreus* e situate nei pressi della rottura di pendenza della scarpata continentale.

Tutta l'area situata vicino al margine della scarpata presenta un quadro biocenotico complesso e di difficile interpretazione (Pérès & Picard, 1958; 1964; Carpine, 1970; Reyss, 1974; Falconetti, 1980), infatti, è stata ipotizzata come una transizione tra i sistemi afitale e filale (Carpine, 1970; Pérès, 1982) e Pérès e Picard nella prima stesura del loro manuale (1958) hanno proposto che vada a costituire il piano batilitorale abbandonato nella stesura definitiva. Tale piano sarebbe stato caratterizzato dai popolamenti a *Dendrophyllia cornigera* (coralli gialli) su fondi rocciosi e da quelli a *Cidaris cidaris* e a grandi Brachiopodi *(G.vitreus)* su fondi di ciottoli e sabbia più o meno infangati (Pérès & Picard, 1964; Carpine, 1970).

Reyss (1970; 1974) invece sostiene che il popolamento a *G.vitreus* appartiene ad un margine di contatto batilitorale al quale non è possibile attribuire un preciso rango bionomico: si tratterebbe quindi solo di una zona di transizione.

La scarsità di specie caratteristiche, che non permetterebbe di identificare nei fondi a *G.vitreus* facies di biocenosi tipiche, ha indotto anche Falconetti (1980) a considerarli un semplice miscuglio di fauna appartenente alle vicine biocenosi DC, DL, VP. Tuttavia egli riferisce questo popolamento ad una ipotetica biocenosi misticola batiale che però non riesce bene ad identificare, a suo avviso per i fenomeni di infangamento generale tipici del batiale.

Recentemente il rango di biocenosi è stato attribuito da Emig (1985) il quale evidenzia alcuni dei principali componenti del macrobenthos dei fondi a *G.vitreus* ed un range batimetrico di distribuzione dipendente dalla morfologia del fondo.

Infine Morri et al. (1992) propongono il termine Detritico Batiale (DB) sottolineando così nuovamente le caratteristiche di transizione della biocenosi a *G.vitreus* e conservando una nomenclatura basata su principi mesologici più affine alla tradizione mediterranea.

La scuola francese ha una lunga tradizione di studi sull'argomento (Pérès & Picard, 1958, 1964; Carpine, 1970; Reyss, 1974; Falconetti, 1980; Emig, 1985), al contrario le segnalazioni per quanto riguarda le coste italiane, e quelle tirreniche in particolare, sono più scarse e poco specifiche.

Lo scopo di questo lavoro è fornire un contributo alla conoscenza della distribuzione spaziale dei fondi a *G.vitreus* nell'Arcipelago Toscano ed alcune note bionomiche e faunistiche.

2. MATERIALI E METODI

I campioni sono stati prelevati nel corso di una serie di campagne oceanografi che condotte dall'ENEA nel 1985 con il motopeschereccio Delfino (1985), nel 1986 e 1987 con la nave oceanografica Minerva nel tratto di mare che va da La Spezia alle isole di Montecristo e del Giglio.

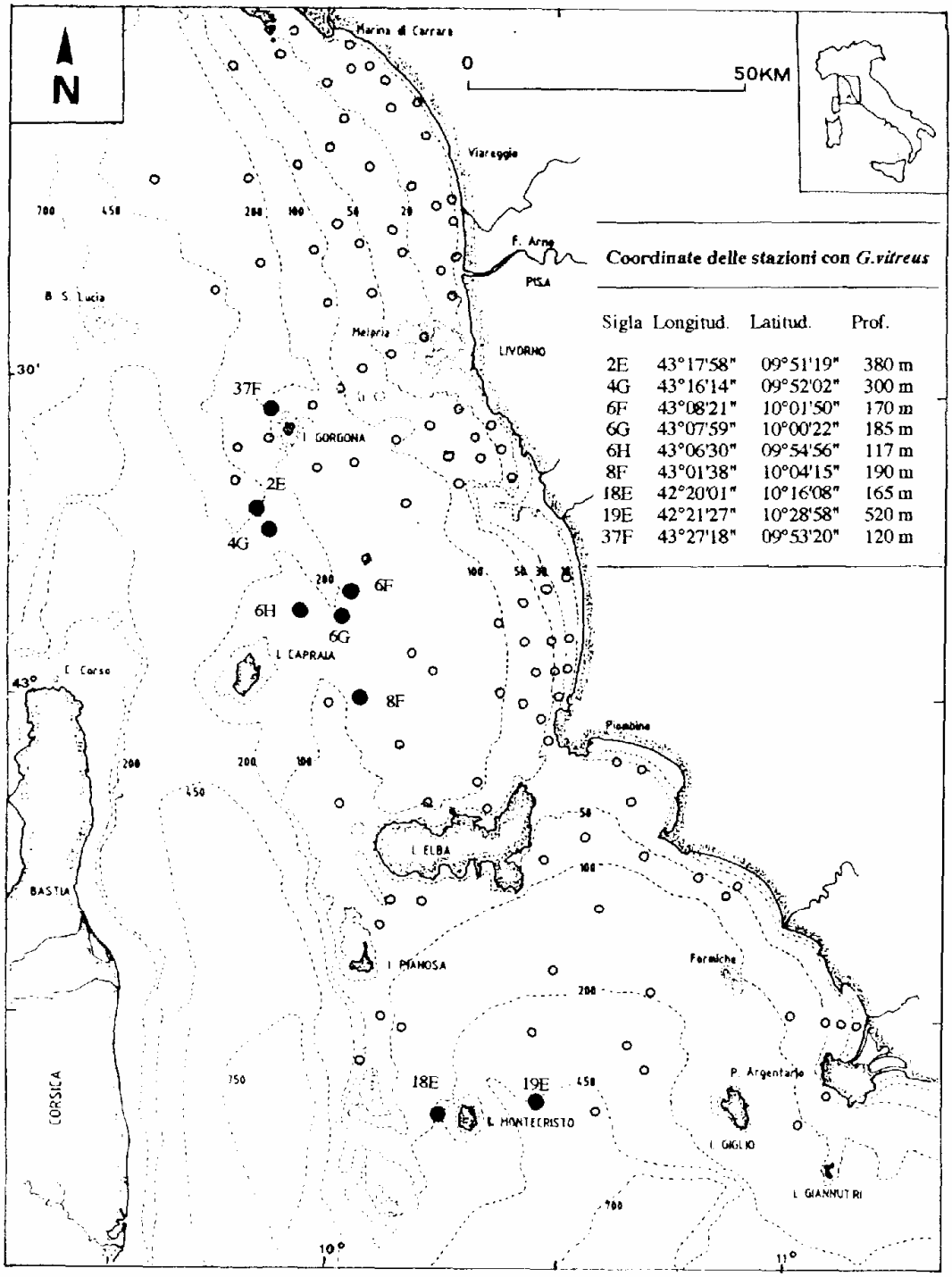


Figura 1: Area di campionamento (i pallini indicano le stazioni di campionamento)
- *G. vitreus* è presente solo nelle stazioni annerite.

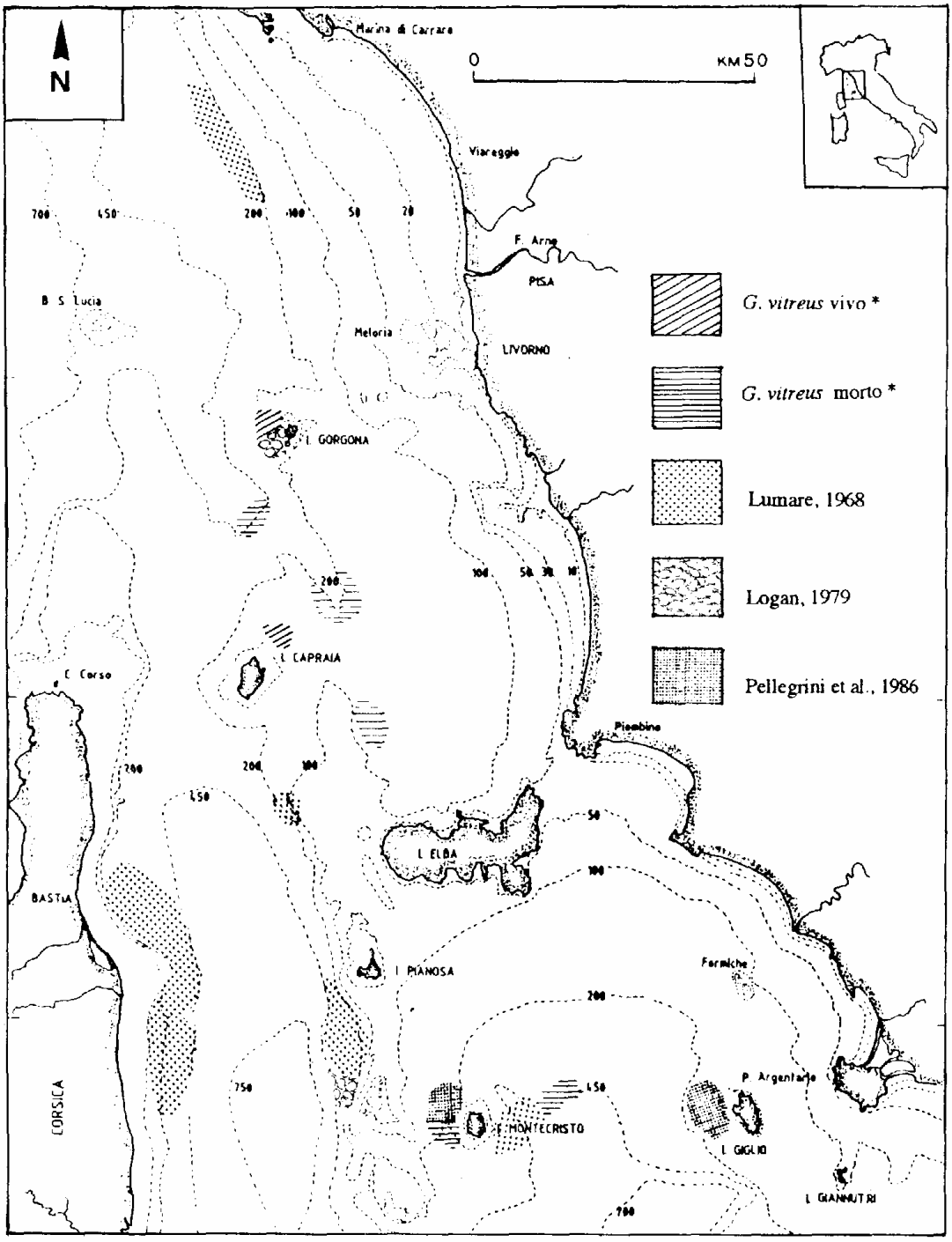


Figura 2: Distribuzione dei fondi a *G. vitreus* in Arcipelago Toscano.
* = risultati del presente lavoro

Sono stati prelevati campioni in 138 stazioni di cui 40 ad una profondità compresa tra i 100 e i 500 metri di profondità (Fig. 1); la maggior parte delle stazioni sono state sottoposte a repliche (da 2 a 5) utilizzando i vari strumenti di campionamento.

Il benthos è stato raccolto per mezzo di draghe e benne Van Veen che in alcuni casi sono state modificate ed appesantite per migliorarne l'efficienza sui fondi grossolani profondi. I campioni ottenuti sono stati setacciati con maglia 1 mm, quindi fissati in formalina tamponata al 10%. In laboratorio si è poi provveduto al "sorting" quali-quantitativo ed alla determinazione tassonomica. Per ciascuna specie sono state calcolate la frequenza e la dominanza medie percentuali.

I sedimenti superficiali sono stati prelevati nelle medesime stazioni del benthos; i risultati sono riportati in Ferretti et al. (1993).

3. RISULTATI

La presenza di *G.vitreus* è stata riscontrata in 9 stazioni (19 osservazioni considerando le repliche) situate tra i 120 e i 520 m di profondità e distribuite lungo la scarpata continentale nei pressi dell'Isola di Montecristo, ad Est dell'isola di Capraia ed ad Òvest dell'isola Gorgona; individui vivi sono stati trovati solo in 3 prelievi e comunque con abbondanze molto basse (massimo 5 esemplari).

In figura 2 accanto ai presenti ritrovamenti di esemplari viventi e morti, sono condensate alcune segnalazioni riportate in letteratura (Lumare, 1968; Logan, 1979; Pellegrini et al., 1986).

Le analisi granulometriche (Ferretti et al., 1993) hanno identificato una composizione tessiturale dei sedimenti caratterizzata dalla presenza contemporanea di elementi grossolani, sabbia e fango con percentuali relative diverse nelle varie stazioni (Rg.3).

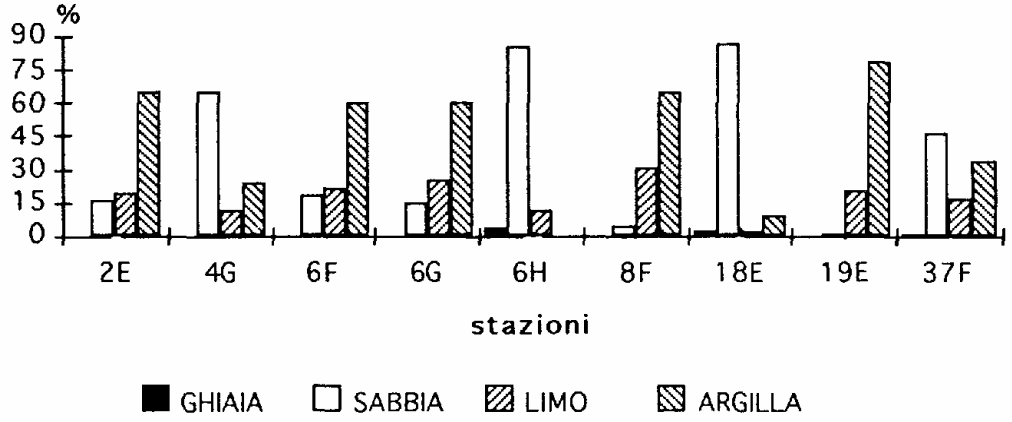


Fig 3: Caratteristiche granulometriche delle stazioni (ghiaia >2mm, sabbia 2-0.63mm, limo 0.63-0.04mm, argilla <0.04mm)

Lo studio delle comunità del benthos ha individuato un totale di 109 specie tra cui 44 specie di Policheti, 21 specie di Crostacei, 13 specie di Molluschi, 12 specie di Briozoi, 8 specie di Echinodermi, 4 specie di Sipunculidi, 3 specie di Poriferi, 1 specie di Cnidari, Pantopodi, Brachiopodi ed Ascidiacei. In generale, le stazioni analizzate (Tabella 1) sono risultate molto più ricche in specie rispetto a quelle appartenenti alle

biocenosi vicine (Morri et al., 1992; Bianchi et al. 1993 a,b); la stazione più ricca è la 6H1 con 31 specie e 52 individui.

Tabella 1: numero di specie (S) e di individui (N) per ogni per stazione.

STAZ.	6H1	6H2	18ET	18ER	18ETo	18E1	18E2	37F	19E	2E1	2E2	4G1	4G2	6F1	6F2	6G1	6G2	8F1	8F2
S	31	12	20	5	10	4	3	18	4	11	8	14	13	9	11	8	8	5	14
N	52	17	33	47	17	4	3	35	4	14	10	35	27	17	14	15	15	8	19

In tabella 2 viene riportato l'elenco delle specie rinvenute, la loro frequenza e dominanza medie percentuali ed alcune note bionomiche. Le specie sono riportate in ordine di dominanza e frequenza decrescenti.

Tabella 2: Lista delle specie, significato bionomico (sigle secondo Bianchi et al. 1993 a,b), valori medi di dominanza (D%) e frequenza (F%) percentuali

			D%	F%
POL	*Nothria conchylega* (Malmgren, 1818)	MIX	12,2	52,6
ECH	*Amphiura filiformis* Muller, 1776	MIN	10,2	68,4
POL	*Auchenoplax crinita* Ehlers, 1887	LIM	6,42	42,1
ECH	*Amphiura chiajei* Forbes, 1843	LIM	4,57	21,1
POL	*Notomastus latericeus* (Sars, 1851)	SM	3,61	42,1
CNI	*Cariophyllia smithii* (Stokes e Broderip, 1828)	MIX	3,47	15,8
POL	*Aponuphys tubicula* (Muller, 1876)	DC	2,93	26,3
MOL	*Nucula sulcata* (Brogn, 1831)	LIM	2,73	15,8
POL	*Ampharete acutifrons* (Grube, 1860)	LIM	2,56	21,1
POL	*Marphisa belli* (Audouine e Milne-Edwards, 1833)	LIM	2,49	5,3
SIP	*Aspidosiphon muelleri* (Diesing, 1851)	LRE	2,06	10,5
MOL	*Nucula aegensis* (Forbes, 1844)	SAB	2,01	21,1
CRO	*Ampelisca* sp.	?	1,94	26,3
CRO	*Cheirocratus assimilis* (Lilljeborg, 1851)	?	1,75	5,3
POL	*Panthalis oerstedi* (Kingberg, 1855)	VB	1,75	5,3
POL	*Nephthys hombergii* (Savigny, 1818)	SAB	1,42	15,8
BRI	*Cellaria fistulosa* auct. (non L.)	SD	1,31	5,3
MOL	*Nuculana fragilis* (Chemnitz, 1784)	MIX	1,31	5,3
CRO	*Calocaris macandraee* Bell, 1848	VB	1,31	5,3
CRO	*Byblis guernei* (Chevreux, 1888)	?	1,31	5,3
CRO	*Enopisa elongata* (Bruzelius, 1959)	?	1,26	21,1
POL	*Aponuphys bilineata* (Bayrd, 1870)	GLA	1,11	5,3
POL	*Filogranula calyculata* (Costa, 1861)	C	1,1	21,1
CRO	*Cirolana* sp.	?	1,06	15,8
POL	*Lumbrineris gracilis* (Ehlers, 1868)	SAB	1,06	15,8
POL	*Paradoneis lyra* (Southern, 1914)	SVMC	1,02	15,8
CRO	*Cyathura carinata* (Kroyer, 1848)	SVMC	0,93	10,5
CRO	*Maera schmidtii* Stephensen, 1915	VB	0,87	10,5
BRA	*Gryphus vitreus* (Born, 1778)	VB	0,85	10,5
SIP	*Onchnesoma steenstrupi* Koren e Danielsen, 1876	VB	0,82	10,5
CRO	*Apseudes spinosus* (Sars, 1858)	MO	0,77	5,3
POL	*Tharyx marioni* (Saint-Joseph, 1894)	MO	0,7	10,5
CRO	*Jassa marmorata* Holmes, 1903	LIM	0,67	10,5

POL	*Phyllodoce maderensis* (Langherans, 1880)	SAB	0,64	15,8
POL	*Chone duneri* Malmgren, 1867	LIM	0,61	10,5
MOL	*Timoclea ovata* (Pennant, 1777)	MIX	0,61	10,5
MOL	*Thyasira alleni* Carrozza, 1981	MO	0,58	10,5
ECH	*Amphilepis norvegica* Ljungman,1866	VB	0,57	10,5
CRO	*Apseudes grossimanus* Norman, 1870	VB	0,57	10,5
CRO	*Tmetonix similis* (Sars, 1891)	LIM	0,52	5,3
POL	*Euclymene orstedi* (Claparede, 1863)	SFBC	0,47	5,3
POL	*Ampharetidae* ind.	?	0,47	5,3
SIP	*Golfingia catharinae* (Grube, 1868)	?	0,46	10,5
POL	*Vermiliopsis infundibulum* (Philippi, 1844)	DC	0,45	10,5
POL	*Monticellina heterochaeta* (Laubier, 1871)	LIM	0,42	10,5
MOL	*Bathyarca philippiana* (Nyst, 1848)	LIM	0,41	10,5
POL	*Nematonereis unicornis* (Grube, 1840)	MIX	0,41	10,5
POL	*Laonice cirrata* Sars, 1851	LIM	0,37	10,5
POL	*Lumbriclymene minor* Arwidsson, 1907	VB	0,37	5,3
POL	*Praxiliella gracilis* (Sars, 1871)	LIM	0,37	5,3
CRO	*Sphyrapus malleolus* Norman e Stebbing, 1886	LIM	0,37	5,3
POL	*Drilonereis filum* (Claparede, 1868)	SM	0,37	5,3
CRO	*Elasmopus* sp.	?	0,37	5,3
CRO	*Goneplax rhomboides* (L., 1758)	VTC	0,37	5,3
POL	*Phylo foetida* (Claparede, 1870)	LIM	0,35	5,3
POL	*Armandia cirrosa* Filippi, 1871	LIM	0,34	10,5
BRI	*Aetea* sp.	SD	0,31	5,3
POL	*Harmothoe* cfr *impar* (Johnston, 1839)	LIM	0,3	10,5
CRO	*Janira maculosa* Leach, 1813	?	0,3	5,3
POL	*Laetmonice filicornis* Kinberg, 1855	VB	0,3	5,3
MOL	*Poromya granulata* (Nyst e Westendorp, 1839)	MIX	0,3	5,3
MOL	*Propeamussium fenestratum* (Forbes, 1844)	?	0,3	5,3
BRI	*Puellina innominata* (Couch, 1844)	SD	0,3	5,3
POL	*Semivermilia cribrata* (Costa, 1861)	SD	0,3	5,3
BRI	*Tessarodoma boreale* (Busk, 1860)	SD	0,3	5,3
BRI	*Escharina hyndmanni* (Johnston, 1947)	SD	0,27	10,5
ECH	*Amphiura cherbonneri* Guille, 1972	VB	0,27	5,3
POL	*Prionospio cirrifera* Wiren, 1833	MO	0,27	5,3
POL	*Chloeia venusta* Quatrefages, 1865	DC	0,26	10,5
MOL	*Dentalium panormum* (Kenu, 1842)	DL	0,25	10,5
POL	*Spiophanes kroyeri reyssi* (Laubier, 1964)	SAB	0,19	5,3
PAN	*Anoplodactilus petiolatus* (Kroyer, 1844)	MIX	0,15	5,3
BRI	*Escharina vulgaris* (Moll, 1803)	SD	0,15	5,3
POL	*Eunice vittata* (Delle Chiaje, 1828)	LRE	0,15	5,3
ECH	*Holoturia forskaali* Delle Chiaje, 1823	?	0,15	5,3
CRO	*Lophogaster typicus* Sars, 1877	DL	0,15	5,3
POL	*Ophiodromus flexuosus* (Delle Chiaje, 1825)	VB	0,15	5,3
ECH	*Ophiopsila aranaea* (Forbes, 1843)	SD	0,15	5,3
ECH	*Ophiotrix fragilis* (Abildgaard, 1789)	LRE	0,15	5,3
BRI	*Palmicellaria elegans* Alder, 1864	SD	0,15	5,3
MOL	*Pitar rudis mediterranea* (Tiberi, 1855)	MIX	0,15	5,3

POR	*Poecillastra compressa* (Bowerbank, 1866)	?	0,15	5,3
POL	*Protula* sp.	SD	0,15	5,3
POL	*Pseudopotamilla reniformis* Bush, 1904	?	0,15	5,3
POL	*Schistomeringos rudolphi* (Delle Chiaje, 1868)	MO	0,15	5,3
BRI	*Schizomavella auriculata* (Hassal, 1842)	SD	0,15	5,3
SIP	*Sipunculus nudus* L., 1776	SAB	0,15	5,3
BRI	*Stomatopora* sp.	SD	0,15	5,3
ECH	*Stylocydaris affinis* (Philippi, 1845)	?	0,15	5,3
POR	*Tethya citrina* (Sarà e Melone, 1965)	?	0,15	5,3
CRO	*Athelecyclus rotundatus* (Olivi, 1792)	?	0,15	5,3
BRI	*Calpensia nobilis* (Esper, 1796)	?	0,15	5,3
POR	*Erylus euastrum* (Schmidt, 1880)	?	0,15	5,3
CRO	*Haploops dellavallei* Chevreux, 1900	DL	0,15	5,3
MOL	*Abra nitida* Muller, 1789	VTC	0,15	5,3
CRO	*Anapagurus brevicarpus* Milne-Edwards, 1892	?	0,1	5,3
CRO	*Gammaropsis sophiae* (Boeck, 1861)	?	0,1	5,3
MOL	*Limatula subauriculata* (Montagu, 1808)	DC	0,1	5,3
POL	*Lumbrineriopsis paradoxa* (Saint-Joseph, 1888)	MO	0,1	5,3
MOL	*Modiolula phaseolina* (Philippi, 1844)	DC	0,1	5,3
POL	*Paralacydonia paradoxa* Fauvel, 1913	MO	0,1	5,3
POL	*Ramphobranchium brevibrachiatum* (Elhers, 1857)	DL	0,1	5,3
POL	*Sabella flabellata* Savigny, 1818	?	0,1	5,3
ASC	*Sydnium* sp.	?	0,1	5,3
POL	*Thelepus cincinnatus* (Fabricius, 1870)	?	0,1	5,3
POL	*Glycera tessellata* Grube, 1863	SD	0,1	5,3
POL	*Goniada maculata* Oersted, 1843	LIM	0,1	5,3
CRO	*Hippomedon massiliensis* Bellan-Santini, 1965	SAB	0,1	5,3

Dominanza e frequenza medie percentuali appaiano essere correlate tra di loro: le specie più dominanti sono anche le più frequenti. Esse, inoltre, non sono caratteristiche di alcuna biocenosi o risultano ad ampia distribuzione (Fig. 4).

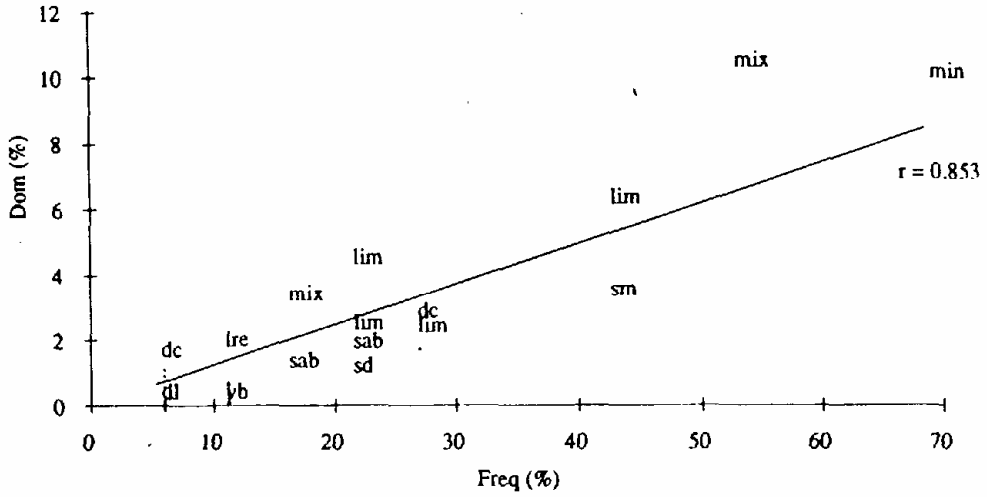


Fig. 4: andamento della dominanza (%) e della frequenza (%) medie e note bionomiche relative alcune specie

Parallelamente è da segnalare un alto numero di specie poco frequenti e scarsamente dominanti tra cui alcune tipiche delle biocenosi limitrofe: in particolare, sono state rinvenute 10 specie caratteristiche della biocenosi dei Fanghi Batiali (VB), 6 di quella del Detritico Costiero (DC) e 4 specie del Detritico del Largo (DL). Sono da segnalare, inoltre, 19 specie legate a sedimenti fangosi (limicole) e ben 13 specie tipiche di substrati duri (Tabella 3).

Tabella 3: Numero di specie caratteristiche (sono considerate solo le biocenosi rappresentate da più di 3 specie) o indicatrici di substrato.

Specie "caratteristiche" di biocenosi	Specie indicatrici di substrato
VB = 10 specie	LIM = 19 specie (incluse VTC)
DC = 6 specie	SD = 13 specie
DL = 4 specie	SAB = 8 specie (incluse SFBC)
	MIN = 8 specie (incluse SVMC)
	MO = 7 specie
	LRE = 9 specie
	SM = 2 specie
	? = 23 specie

4. CONCLUSIONI

La distribuzione spaziale dei fondi a *G.vitreus,* in analogia con quanto dimostrato da Emig (1985) per le coste corse e provenzali, appare legata alle particolari caratteristiche geomorfologiche del fondo ed alle condizioni ambientali che si trovano nei pressi del margine della scarpata.

Le stazioni in cui compare *G.vitreus* presentano infatti, dal punto di vista idrologico, una situazione che merita essere sottolineata: la direzione delle masse d'acqua della zona del Canale di Corsica è prevalentemente diretta verso Nord (Astraldi e Gasparini, 1992); in corrispondenza della rottura di pendenza della scarpata, inoltre, si possono instaurare, secondo Dong Ring Wang & Mooers (1976), vortici locali con variazioni della velocità anche sensibili. La dinamica elevata delle masse d'acqua che si riscontra nelle aree nei pressi della scarpata, crea le condizioni ambientali migliori per lo sviluppo di filtratori epifaunali (d'Hondt,1984). In questa zona si verificano infatti, maggiormente che altrove, le condizioni che soddisfano le esigenze di *G.vitreus:* un idrodinamismo sensibile induce, infatti, bassa sedimentazione ed alto apporto di nutrimento; salinità e temperatura restano costanti nel corso dell'anno (Emig, 1987).

Le caratteristiche tessiturali dei sedimenti, presentando disomogeneità tra le varie stazioni, non permettono di identificare un substrato tipico; è solo possibile individuare una maggior presenza di componenti sabbiose e ghiaiose rispetto alle aree adiacenti (Ferretti et al., 1993). In mancanza di elementi grossolani i brachiopodi, ma anche altri organismi epifaunali di substrato duro (d'Hondt, 1984), possono utilizzare i gusci presenti negli affioramenti delle tanatocenosi conchifere molto diffuse in questo tipo di fondale (Logan, 1979). Quindi la distribuzione dei fondi a *G.vitreus,* non sembra poter essere strettamente dovuta alle caratteristiche sedimentarie, le quali possono essere considerate un fattore secondario legato alle particolari condizioni idrologiche.

Lo scarso numero di individui di *G.vitreus* riscontrati appare solo parzialmente imputabile ai limiti degli strumenti di campionamento utilizzati; infatti Emig (1987) che ha registrato valori simili campionando con un sommergibile individua tre fasce con diverse abbondanze. Nell'Arcipelago Toscano non sono state ritrovate le densità di *G.vitreus* relative alla fascia 2 (la più abbondante, con circa 400-600 individui m^{-2}), ma solo quelle relative alle fascia 1 e 3 (densità da 2 a 8 individui m^{-2}).

Benché i campionamenti siano stati effettuati con scadenze temporali diverse è stato possibile identificare un pool di specie relativamente frequente nel tempo e nello spazio. Queste specie, che sono risultate anche essere quelle maggiormente dominanti, non sono caratteristiche di alcuna biocenosi ma risultano ad ampia distribuzione. Inoltre, la presenza non occasionale di specie di altre biocenosi e la mancanza di uno stock di specie "caratteristiche dei fondi a *G.vitreus"* non permette di identificare questo popolamento come una biocenosi sensu Pérès e Picard.

Le specie dominanti e frequenti permettono, però, di individuare un quadro biocenotico costante: i fondi a *G.vitreus* potrebbero, quindi, essere identificati con un metodo fisionomico basato su queste specie e sulla presenza dei gusci di *G.vitreus.* Il termine "biocenosi del Detritico Batiale" (DB) proposto da Morri et al. (1992) risulta, alla luce di quanto sopra, improprio; appare invece corretto il termine più generale di "fondi a *G.vitreus"* proposto da Emig.

La comunità associata a questi fondi riceve, inoltre, apporti differenti dovuti alle tipiche condizioni idrodinamiche: sulla testata dei canyons, e probabilmente anche in certi ambiti del margine della scarpata si possono trovare strati d'acqua ricchi di particellato organico di provenienza non neritica (Piccazzo e Tucci, 1983) che potrebbero spiegare l'affinità per il batiale riscontrata nella comunità a *G.vitreus* (10 specie VB contro 6 specie DC e 4 specie DL). Inoltre, sono state trovate specie delle biocenosi adiacenti associate a specie strettamente legate a questo particolare ambiente: primo tra tutti, ma non indispensabile, *G.vitreus.* Esiste, poi, un continuum di specie a larga distribuzione (circalitorale o batiale) che risultano dominanti e vanno a costituire l'ossatura della comunità; sia il numero totale delle specie sia l'abbondanza di alcune di esse sono maggiori nei fondi a *G.vitreus* che nelle comunità che lo circondano. Queste caratteristiche si riconducono al cosiddetto "effetto margine" descritto da Odum negli ecotoni (1971).

La fascia di transizione tra circalitorale e batiale si può presentare con vari aspetti. Secondo Carpine (1970) quando i fanghi batiali entrano in contatto con i fanghi circalitorali (VTC specialmente) si osserva un miscuglio tra le due faune che si accompagna ad un impoverimento qualitativo locale dovuto all'eliminazione di animali di entrambi i piani che male si adattano alle nuove condizioni. Se il contatto avviene con frazioni grossolane importanti con moderato idrodinamismo (DL), i fanghi batiali scompaiono quasi completamente e si aggiungono specie misticole. Spesso esse risultano essere anche dominanti. Se l'infangamento è sensibile un maggior numero di specie dei fanghi batiali può invadere la biocenosi di transizione parallelamente all'instaurarsi delle specie generaliste (Albertelli & Cattaneo, 1985).

Accanto alle transizioni riportate in letteratura, il passaggio tra circalitorale e batiale potrebbe presentare in certi casi, come i fondi a *G.vitreus,* delle situazioni diverse. Questi fondi infatti, da un lato possiedono particolari situazioni abiotiche che li differenziano dalle zone adiacenti, dall'altro mostrano una fauna caratterizzata da "effetto margine (Odum, 1971). Potrebbero pertanto creare dei nuclei con caratteristiche di ecotono che si affiancano, in zone particolari, alla normale transizione che caratterizza la maggior parte della zona di contatto tra circalitorale e batiale.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano gli equipaggi delle navi oceanografiche Delfino e Minerva per l'insostituibile attività di campo. S.Fanucci ed E.Cagnoli (La Spezia) che hanno contribuito a parte del sorting dei campioni. C.N.Bianchi e A.M.De Biasi per gli indispensabili consigli e per la revisione critica del testo.

5. BIBLIOGRAFIA

Albertelli, G. & M. Cattaneo. 1985. Macrobenthos dei fondi mobili del Mar Ligure. *Atti VI Congr. Ass. ital. Oceanol: Limnol. :* 87-98.

Astraldi, M. & G.P. Gasparini. 1992. seasonal characteristics of the circulation in the North Mediterranean basin and ir relationships with the atmospheric-climatic conditions. *J. Geophys. Res.* 97, (C6): 9531-9540.

Bianchi, C.N., I. Ceppodomo, S. Àliani, S. De Ranieri, M. Abbiati, F. Dell'Amico & C. Mrri. 1993 a. Benthos dei mari toscani. II: Isola d'Elba-Montecristo (Crociera Enea 1986). In: Arcipelago Toscano: studio oceanografico, sedimentologico, geochimico e biologico. Ferretti O., Immordino F., Damiani V., (eds). Enea, Roma: 291-315.

Bianchi, C.N., I. Ceppodomo, S. Cocito, S. Àliani, R. Cattaneo-Vietti & C. Morri. 1993 b. Benthos dei mari toscani. Ili: La Spezia-Livorno (Crociera Enea 1987). In: Arcipelago Toscano: studio oceanografico, sedimentologico, geochimico e biologico. Ferretti O., Immordino F., Damiani V., (eds). Enea, Roma: 317-337.

Boullier, A., J.H. Delance, C.C. Emig, J.L. d'Hondt, D. Gaspard & B. Laurin. 1986. Les populations de *Gryphus vitreus* (Brachiopodes) en Corse. Implications paléontologiques. *Biostratigr. Paleozoiques* 4: 179-196.

Carpine, C. 1970. Ecologie de l'étage bathyal dans la Mediterranee occidentale. *Mém. Inst. Océanogr., Monaco 2:* 1-146.

Dong Ping Wang & N.K. Mooers. 1976. Coastal-trapped waves in a continuosly stratified ocean. *J. Phys. Océanogr.* 6: 853-863.

Emig, C.C. 1985. Distribution et synécologie des fonds a *Gryphus vitreus* (Brachiopoda) en Corse. *Mar, Rial.* 90: 139-146.

Emig, C.C. 1987. Offshore brachiopods investigated by submersible. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 108: 261-273.

Falconetti, C. 1980. Bionomie benthique des fonds situés a la limite du plateau Continental du Banc du Magaud (Iles d'Hyeres) et de la région de Calvi (Corse). These d'Etat, Univ. Nice: 1-287.

Ferretti, O., Immordino, F. & Damiani, V. 1993. Quadro sintetico dei dati granulometrici e mineralogici dei sedimenti superficiali marini tra La Spezia e l'Argentario (Tirreno Settentrionale).In: Arcipelago Toscano: studio oceanografico, sedimentologico, geochimico e biologico. Ferretti O., Immordino F., Damiani V., (eds). Enea, Roma: 251-260.

Fredj, G. 1964. Contribution a l'étude bionomique de la Méditerranée occidentale (Côte du Var et des Alpes maritimes - Côte occidentales de Corse). Fascicule 2: la région du St.Tropez: du Cap Taillat au Cap de St.Tropez (région Al). *Bull. Inst. Océanogr. Monaco,* 63,(1311) : 1 -55.

Hondt, J.LL. (d'). 1984. Bryozoaries épibiontes sur le Brachiope articulé *Gryphus vitreus* (Born, 1778) en Mer Méditerranée Occidentale (Corse). *Vie et Milieu,* 34, (1): 27-33.

Logan, A. 1979. recent brachiopoda of the Mediterranean sea. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco,* 72, (1434): 1-112.

Lumare, F. 1968. Osservazioni sulle zoocenosi caratteristiche dei fondi da pesca a strascico dall'Arcipelago Toscano a La Spezia. *Prog. Ric. Risor. mar. Fondo mar.* 25: 5-29.

Morri, C., E. Gagnoli & C.N. Bianchi. 1992. Distribuzione delle comunità marine bentiche tra La Spezia e Livorno. *Atti IX Congr. Ass. Ital. Oceanol. Limnol. :* 363-377.

Odum, E. P. 1971. Fundamentals of ecology. W.B. Saunders Company, Philadelphia: 1-546.

Pellegrini, D., P. Belcari, F. Biagi, S. De Ranieri & M. Mori. 1986. Osservazioni preliminari sulle biocenosi bentoniche dei fondi strascicagli del Mar Tirreno settentrionale. *Nova Thalassia.* 8 (3): 649-650.

Pérès, J.M. & J. Picard. 1958. Manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Red. Trav. Stn. Mar. Endoume* 23, (14): 5-122.

Pérès, J.M. & J. Picard. 1964. Noveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Red. Trav. Stn. Mar. Endoume* 47, (31): 1-137.

Pérès, J.M. 1982. Major benthic assemblage. In: *Marine Ecology S* part I: 373-522. Ed. O. Kinne New York: J. Wiley & Sons.

Piccazzo M. & S. Tucci. 1983. Distribuzione e trasporto di materiale particellato sospeso nei canyons di Genova. *Alti V Congr. Ass. ital. Oceanol. Limnol. :* 675-690.

Reyss, D. 1970. Bionomie benthique de deux canyons sous-marine de la Mer Catalane: le rech du Cap et le rech du Lacaze-Dautière. These Sc. Nat. Paris: 1-251.

Reyss, D. 1974. Les canyon sous-marin de la Mer Catalane, le rech du Cap et le rech Lacaze-Duthiers. III. Les peuplements de la macrofaune benthique. *Vie et Milieu,* 23: 101-142.

Vaissière R. & G. Fredj. 1964. Contributions a l'étude bionomique de la Méditerranée occidentale (cote du Var et des Alpes Maritimes - cote occidentale de Corse Fascicule 5: Elude photographique préliminaire de l'étage bathyal dans la région de Saint-Tropez (ensemble A) *Bull. Inst. Océanogr. Monaco,* 64 (1323): 1-70.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 221 a pag, 232

BIOTOPI E BIOCENOSI DELLA DORSALE SOTTOMARINA PIANOSA-SCOGLIO D'AFRICA (ARCIPELAGO TOSCANO)

Cesare CORSELLI*, Salvatore GIACOBBE**
Marcella LEONARDI*** e Daniela BASSO*

* Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano
** Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina, Università di Messina
***Istituto Talassografico C.N.R., Messina

SUMMARY

Quantitative soft bottom samplings have been carried out in Pianosa-Scoglio d'Africa ridge (Tyrrhenian Sea), in order to evaluate mainly sedimentological and biological features. Preliminary data, concerning sediment texture, $CaCO_3$ and total organic carbon content, and benthic community composition are exposed.

Coastal and Shelf-edge Detritic Community have been identified, related to bathymetric, hydrodinamic and sedimentary gradients.

Lastly, some hypotheses on biotope evolution after last transgression have been formulated.

1.INTRODUZIONE

L'approccio multidisciplinare del progetto TSM (Basso, Corselli & Giacobbe 1990), nell'ambito del quale si situa il presente lavoro, scaturisce dall'esigenza di approfondire i rapporti intercorrenti fra i mesoecosistemi marini bentonici (sensu Picard, 1985) e i corrispondenti macroecosistemi. Infatti, se i primi vedono compiere la loro evoluzione in un arco temporale compreso fra le centinaia e le migliaia di anni, il macroecosistema al quale essi appartengono evolve molto più lentamente, in tempi paragonabili a quelli geologici. Si consideri inoltre che le zone climatiche sono peculiarmente caratterizzate da ricorrenti fluttuazioni, che hanno coinvolto drasticamente i macroecosistemi ad esse associati (Picard, 1985; Corselli & Bernocchi, 1990). Risulta quindi evidente la necessità di utilizzare congiuntamente discipline quali la bionomia marina, la paleoecologia e la sedimentologia, nel tentativo di fornire una ricostruzione attendibile dei processi in atto nell'ambiente marino bentonico.

In tale ottica, gli ambienti di piattaforma hanno costituito oggetto privilegiato d'indagine, in quanto direttamente influenzati dalle variazioni eustatiche verificatesi nelle ultime decine di migliaia di anni; come pure per l'azione biogena che in tali aree è di primaria importanza nella modificazione stessa del biotopo.

La dorsale sottomarina che, con direzione N-S, unisce l'isola di Pianosa a Scoglio d'Africa (Fig. 1) presenta a questo riguardo caratteristiche esemplari, rese ancora più evidenti da una favorevole posizione geografica, lontana dall'influenza diretta dell'uomo. Degna di nota è inoltre la netta differenziazione dei suoi versanti, caratterizzati da una topografia ripida e articolata ad Ovest, monotona e poco acclive ad Est, e rispettivamente dominati da sedimenti biodetritici e terrigeni. Ancora da segnalare è la presenza di un rilevante posidonieto nei bassi fondali circostanti Scoglio d'Africa.

Oggetto del presente lavoro è, in particolare, lo studio di un tratto di fondo situato nel versante occidentale della dorsale, i cui limiti corrispondono alle coordinate 42°28.50 e 42°25.50 di Latitudine Nord, 10°02.50 e 10°06.50 di Longitudine Est. Nella zona in esame, che si estende dalla sommità della dorsale fino ad oltre il margine della piattaforma continentale, sono stati campionati quattordici punti stazione, sette dei quali allineati a 42°28.00 Nord (profilo A) e gli altri a 42°26.05 Nord (profilo B).

L'intervallo batimetrico complessivamente coperto dai due profili si estende da 63 m a 198 m (Fig. 1). Dati di dettaglio, relativi a posizione geografica e profondità delle singole stazioni di prelievo, sono riportati in tabella 1.

2. MATERIALI E METODI

Le stazioni in oggetto sono state campionate nel giugno 1990, nel corso della Crociera Oceanografica condotta dalla N/O "Minerva" nell'Arcipelago Toscano. L'ubicazione dei punti di prelievo e il posizionamento nave sono stati effettuati sulla scorta delle informazioni fornite dalla strumentazione di bordo, elaborate da un programma di calcolo appositamente predisposto su computer HP INTEGRAL PC (Basso, Corselli e Giacobbe, 1990).

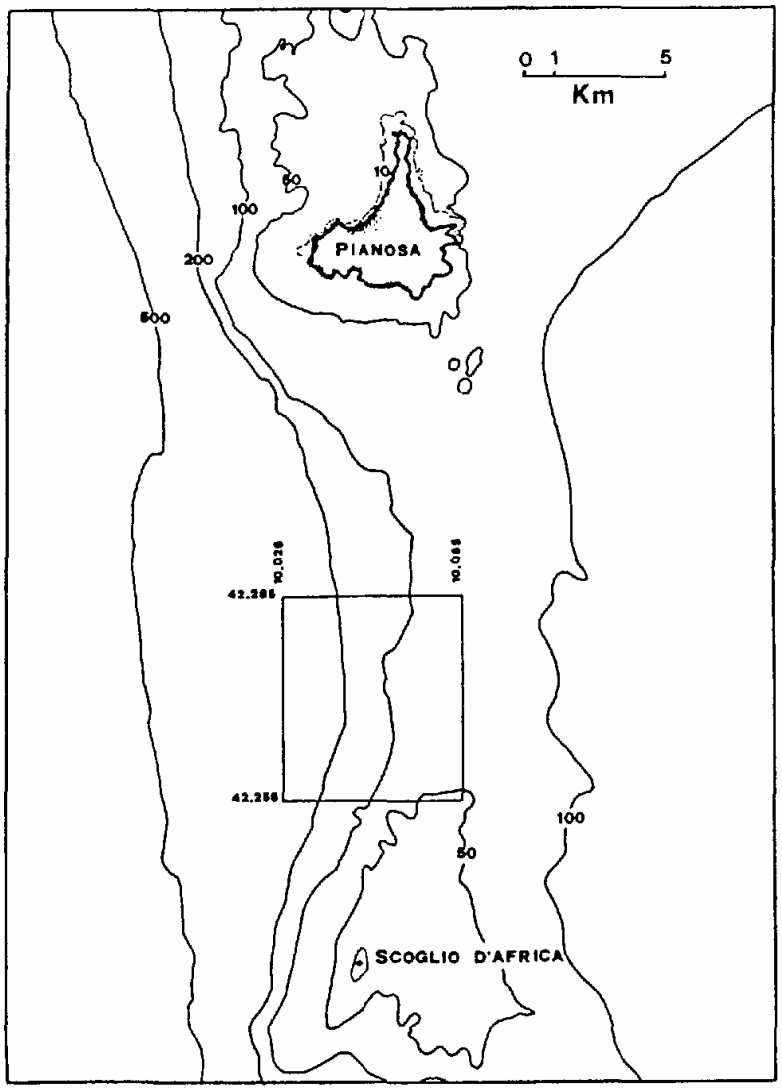
Il campionamento è stato effettuato mediante benna di tipo Van Veen modificata, con capacità di prelievo pari a 0,25 m^2 di superficie e 70 dm^3 di volume massimo. Da ogni campione sono stati estratti subcampioni destinati alle analisi chimiche e tessiturali. Dopo setacciatura su vaglio da 1 mm di luce, si è proceduto alla separazione degli organismi viventi, posti a conservare in alcool 70% o formalina 4%. Sia sulla componente faunistica che floristica sono state determinate le specie e calcolati i relativi valori di abbondanza.

L'analisi tessiturale dei sedimenti è stata condotta mediante setacciatura a secco per la frazione superiore a 63 μm e tramite sedimentazione in colonna per la componente siltoso-argillosa (Buchanan & Kain, 1971).

Per la stima del contenuto in carbonato di calcio è stato utilizzato il metodo proposto da Barnes (1959) che si basa sull'attacco dei carbonati mediante HCl N/l e sulla successiva titolazione con NaOH N/l.

Il contenuto in carbonio organico è stato determinato mediante l'uso di un analizzatore automatico (CHN 2400 Perkin Elmer), utilizzando acetanilide come standard.

Per eliminare la componente inorganica, campioni ponderali di sedimento venivano preventivamente acidificati con vapori di HCl concentrato, secondo la metodica proposta da Hedges & Stem (1984).



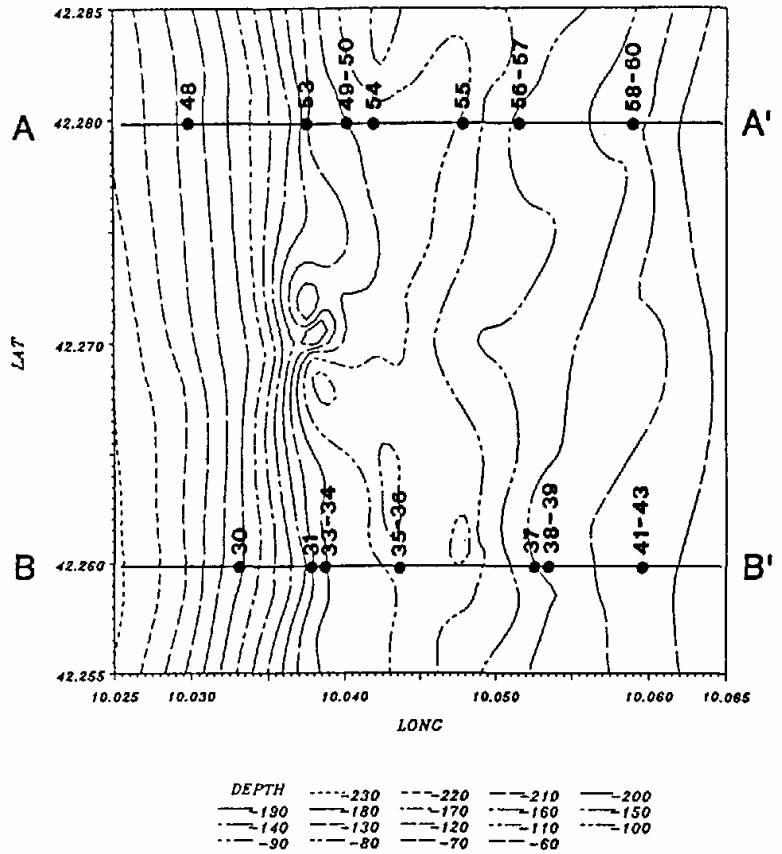


Fig. 1 - Dorsale Pianosa-Scoglio d'Africa:
area indagata e dettaglio relativo all'ubicazione dei punti di prelievo.

PROFILO A-A'				PROFILO B-B'			
Staz.	Lat. N	Long. E	Prof.m	Staz.	Lat. N	Long. E	Prof.m
58-60	42.2800	10.0600	70	41-43	42.2605	10.0600	63
56-57	42.2810	10.0536	87	38-39	42.2610	10.0528	76
55	42.2797	10.0494	98	37	42.2603	10.0524	80
54	42.2806	10.0414	116	35-36	42.2624	10.0425	100
49-50	42.2796	10.0389	120	33-34	42.2614	10.0384	121
53	42.2803	10.0374	139	31	42.2599	10.0379	130
48	42.2807	10.0296	198	30	42.2583	10.0329	181

Tab. 1 - Dorsale Pianosa - Scoglio d'Africa: Coordinate geografiche e profondità delle stazioni campionate

I dati quantitativi relativi a tutte le stazioni indagate sono stati inoltre elaborati utilizzando tecniche di analisi multivariata. In particolare si è calcolato l'indice di similarità di Bray-Curtis, sulla base del dato medio del gruppo (group average). In base a tale coefficiente è stato costruito il relativo dendrogramma, quale rappresentazione del clustering gerarchico agglomerativo. Dalla stessa matrice di similarità si è ricavato l'ordinamento delle stazioni mediante il Multi- Dimensionai Scaling (MDS) non metrico. Tale metodo è infatti in grado di evidenziare il reale gradiente esistente tra i gruppi di stazioni (Field et. al., 1982). Il clustering e il relativo ordinamento con MDS sono stati elaborati separatamente per le variabili biotiche (abbondanza delle specie animali) e quelle abiotiche (la profondità del sito nonché le tre variabili edafiche esaminate: percentuale di peliti, di $CaCO_3$ e di C organico nel sedimento). Per l'analisi multivariata delle variabili abiotiche, i dati sono stati preventivamente standardizzati. Per quanto riguarda le faune, i dati sono stati trasformati sotto radice quadrata, per ridimensionare il "peso" delle specie più abbondanti ed ubiquiste (Clarke & Green, 1988). Essendo l'analisi multivariata di tipo quantitativo non si è potuto tener conto delle abbondanze algali, in quanto espresse in unità di misura diversa (superficie ricoperta in proiezione da ciascuna specie).

3.RISULTATI

Lo studio delle caratteristiche edafiche del sito si è basato sull'analisi della tessitura dei sedimenti e sulla valutazione del contenuto in carbonio organico e in carbonio carbonatico (via carbonato di calcio).

Per quanto riguarda l'aspetto granulometrico, i sedimenti esaminati si configurano come sabbie più o meno fini occasionalmente infangate. Pur nella generale uniformità tessiturale, è comunque possibile evidenziare una certa diversificazione dei due profili esaminati: i sedimenti provenienti dal profilo A sono tutti caratterizzati da una incidenza più o meno significativa della frazione pelitica, che invece nei sedimenti del profilo B si mantiene costantemente al di sotto dell'1 % (Fig. 2). In particolare nel profilo A l'incidenza delle peliti, piuttosto bassa nelle stazioni meno profonde, presenta un notevole incremento dei valori fra i 95 m ed i 110 m (staz. 54), ed un picco secondario a 198 m

(staz. 48). L'accumulo di peliti registrato nella stazione 54, rilevato in corrispondenza di una lente sub-pianeggiante che interrompe il pendio, identifica una sacca di sedimentazione, originata da una locale caduta dell'idrodinamismo. Peraltro il picco secondario della stazione 48 rappresenta il termine di transizione verso i sedimenti pelitici di profondità.

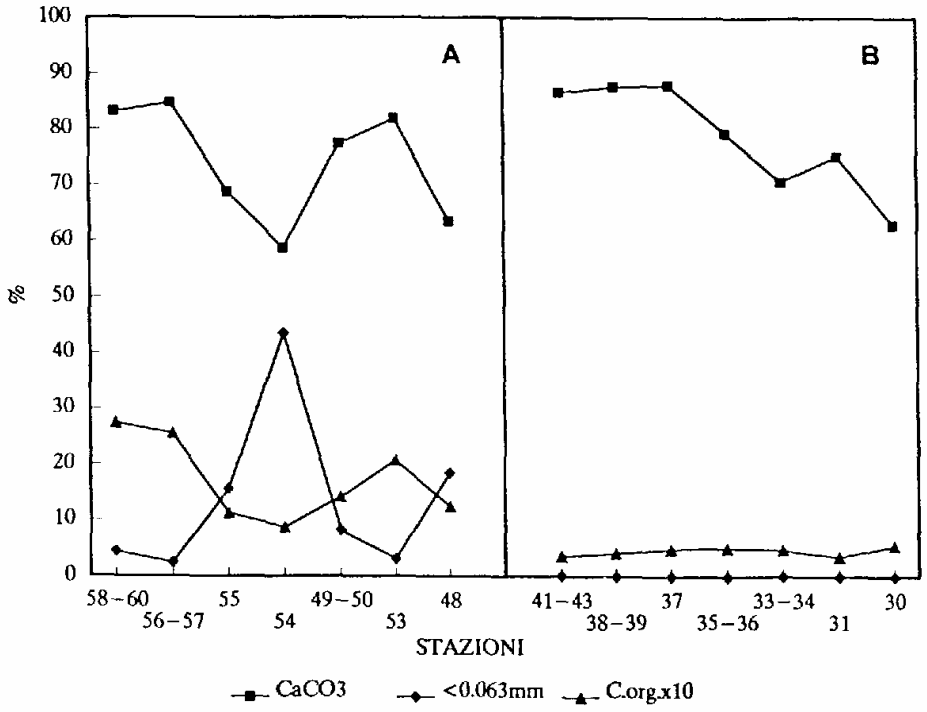


Fig. 2 - Andamento dei tre principali parametri edafici (carbonato di calcio, peliti, carbonio organico) nei due profili campionati (profondità crescenti da sinistra a destra)

I valori di carbonio organico, pur essendo relativamente bassi in tutta l'area, sono da ritenersi tipici di sedimenti di piattaforma. Nel grafico di fig. 2 i valori sono stati moltiplicati per un fattore 10, in modo da renderne più evidente l'andamento. Anche questo parametro evidenzia una differenziazione dei due profili, ciascuno dei quali presenta un diverso range di valori. Questi, nel profilo A vanno da un massimo di 2.74% nella stazione 58-60 ad un minimo di 0.87% nella stazione 54. Nel profilo B invece i valori si mantengono tutti al di sotto di 0.56% (staz. 30), con un minimo assoluto di 0.36% nella stazione 31.

II contenuto in $CaCO_3$ è piuttosto elevato in tutta l'area, con un minimo di 58,66% rilevato nella stazione 54 ed un massimo di 88,04% alla stazione 37. Il picco secondario di 81,90%, rilevato alla stazione 53 è probabilmente dovuto all'accumulo di resti scheletrici carbonatici di età "wurmiana" I dati registrati evidenziano la notevole uniformità mineralogica dei sedimenti esaminati, che risultano nettamente carbonatici. E' da osservare comunque che i valori rilevati nel profilo B risultano mediamente più elevati

di quelli del profilo A.

I parametri edafici e la relativa distribuzione dei valori sono illustrati contestualmente nel grafico di figura 2. Qui si evidenzia immediatamente la differenza fra i due profili esplorati, che si manifesta soprattutto in funzione di un differente regime idrodinamico. Pertanto il profilo B risulta sottoposto a più alti livelli di energia, con un conseguente appiattimento dell'incidenza percentuale di peliti e di carbonio organico. Diversa e più articolata appare la situazione nel profilo A, in cui si evidenziano andamenti paralleli di carbonio organico e carbonati, in opposizione all'andamento delle peliti. In particolare la distribuzione dei due parametri risulta caratterizzata da un massiccio decremento registrato a cavallo della stazione 54, in cui si riscontra un cospicuo infangamento della matrice. Peraltro, in condizioni di scarsa incidenza pelitica (stazz. 58-60, 56-57, 53,48), si registrano più alti valori di carbonio sia organico sia inorganico. Pertanto l'incidenza di carbonio nei sedimenti esaminati non sembra legata tanto alla sedimentazione del particellato pelagico, quanto piuttosto alla produzione bentonica. Del resto, come è ormai noto dalla letteratura, tutto il Tirreno centrale è caratterizzato da acque oligotrofiche (Innamorati et al., 1990), con scarsa produzione di particellato organico.

Il ruolo prevalente della componente bentonica nella produzione organica è del resto testimoniato dalla ricchezza di alghe corallinacee alle quote superficiali. Anche l'elevato contenuto di carbonato di calcio è in relazione all'accumulo di resti di corallinacee, di età "wurmiana" ed attuale.

Le determinazioni faunistiche effettuate sui campioni in oggetto hanno evidenziato una situazione alquanto articolata, in cui zone ad elevata ricchezza specifica succedono ad altre caratterizzate da marcata oligospecificità (Tab. 2). Ricordiamo che, data la particolare ottica dell'indagine, non sono inclusi nell'elenco gli organismi privi di esoscheletro fossilizzabile (ad es. policheti e sipunculidi), per i quali si rimanda a uno specifico Data Report in via di pubblicazione (Corselli et al., c.s.).

In sintesi, una notevole ricchezza specifica ed alti valori di densità caratterizzano la fascia batimetrica compresa fra i 60 m e i 70 m (stazz. 41/43 e 58/60), in cui massima è, fra l'altro, l'incidenza della componente floristica. A quote di poco più profonde infatti, si osserva un significativo calo della ricchezza specifica complessiva, dovuto alla netta flessione nella presenza di rodoficee calcaree (staz. 38/39) ed alla loro successiva scomparsa (stazz. 56/57, 37 e 55). Fino alla quota di 100 m tuttavia, i popolamenti animali evidenziano un buon grado di strutturazione, coerentemente con la natura detritica del biotopo. A questo proposito, una lettura dei dati in chiave bionomica evidenzia l'avvicendamento di popolamenti assimilabili alla Biocenosi del Detritico del Largo, rispetto al Detritico Costiero, più superficiale. Particolare interesse assume in questo contesto l'identificazione, presso la stazione 33/34, di una facies a *Leptometra falangium,* ubicata in corrispondenza del margine della piattaforma (Fig. 3).

Già alla profondità di 100-120 m tuttavia, la connotazione cenotica di tali popolamenti tende ad affievolirsi (stazz. 35/36, 49/50 e 54), fino ad assumere fra i 130 e i 140 m di profondità il carattere di una transizione con i più monotoni popolamenti batiali (stazz. 31, 53 e 54). A profondità ancora maggiori infine (stazz. 31 e 53) il biotopo è caratterizzato unicamente da popolamenti oligospecifici ad *Amphiura chiajei* e *A. filiformis.*

La netta flessione dei valori di densità, col procedere verso le quote maggiori, è messa

	profilo A							profilo B						
	58	56	55	54	49	53	48	41	38	37	35	33	31	30
Abra alba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Abra prismatica	5	-	-	-	-	-	-	2	4	-	-	-	-	-
Acrocnida brachiata	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aequipecten opercularis	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
"Aglaozonia chilosa" stadium	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amphiura chiajei	-	-	-	12	-	-	16	-	-	-	-	-	-	4
Amphiura filiformis	4	-	-	4	-	4	32	-	-	-	-	-	-	8
Andresia partenopea	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Antithamnion tenuissimum	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Arca tetragona	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Astarte fusca	2	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Axius stirhynchus	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bathyarca grenophia	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Beania hirtissima	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Botryocladia boergeseni	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-
Calyptraea chinensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Cardiomya costellata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
Caryophyllia inornata	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caryophyllia smithii	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceramium bertholdi	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Chlamys varia	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clausinella fasciata	9	-	-	-	-	-	-	2	-	4	-	-	-	-
Corbula gibba	1	-	-	-	-	-	-	2	4	4	-	-	-	-
Cryptonemia lomation	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Dentalium panormum	1	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dictyota dichotoma	273	-	-	-	-	-	-	18	4	-	-	-	-	-
Diplodonta rotundata	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ebalia granulosa	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Echinocardium mortenseni	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Echinocyamus pusillus	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ensis ensis	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erato voluta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
Fusinus pulchellus	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Galathea intermedia	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Genocidaris maculata	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gonilia calliglypta	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gouldia minima	5	4	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Gryphus vitreus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Halecium halecium	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Halopetris filicina	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-
Hinia limata	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrozoa ind.	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hyalinoecia tubicola	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Idmonea serpens	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laevicardium crassum	-	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
Leptometra phalangium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-
Limatula subauriculata	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Limea loscombi	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
"Lithothamnium fruticulosum"	-	-	-	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-
Molpadia musculus	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Montacuta substriata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	-	-
Neogoniolithon notarisii	26	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-
Neogoniolithon mamillosum	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neurocaulon foliosum	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
Ophioconis forbesi	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Ophiopsila annulosa	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ophiopsila aranea	1	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ophiura albida	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Ophiura grubei	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Palliolum incomparabile	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paracyathus pulchellus	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Partenope massena	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parvicardium minimum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
Peyssonnellia rosa-marina	-	-	-	-	-	-	-	72	-	-	-	-	-	-
Peyssonnellia rubra	-	-	-	-	-	-	-	490	6	-	-	-	-	-
Peyssonnellia stoechas	4	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phyllophora nervosa	-	-	200	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-
Phymatolithon calcareum	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-
Pitar rude mediterranea	9	2	4	4	2	-	-	2	-	4	12	-	-	-
Plagiocradium papillosum	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plesionika martia	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polycarpa gracilis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
Portlandia philippiana	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	4	-
Propeamussium fenestratum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Psammobia costulata	2	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
Pseudolithophyllum exspansum	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudolithophyllum racemus	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
Radicilingua thysanorhizans	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sipunculus nudus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Spatangus inermis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Spatangus purpureus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Striarca lactea	2	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tellina balaustina	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tellina donacina	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Thyasira flexuosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
Timoclea ovata	53	2	16	8	2	8	-	-	-	4	26	6	8	-
Trachythyone tergestina	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Trophonopsis muricata	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turritella turbona	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xantho pilipes	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 2 - Dorsale Pianosa-Scoglio d' Africa: valori di densità dello zoobenthos (n. individui/m²) e del fitobenthos (copertura in cm²) nei 14 campioni studiati

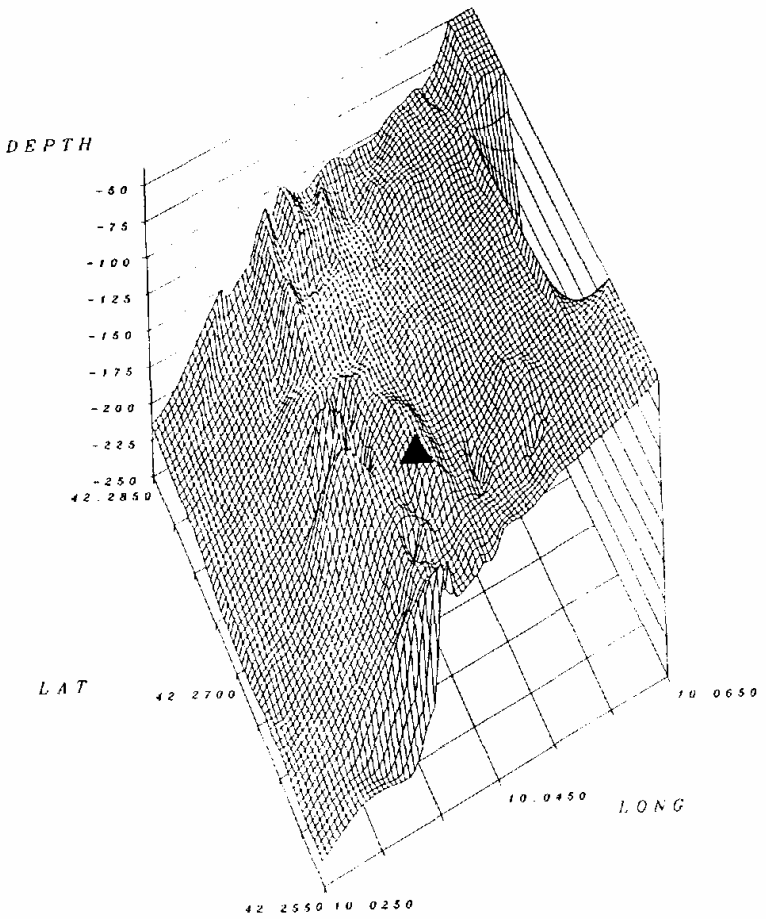


Fig. 3 - Dorsale Pianosa-Scoglio d'Africa: rappresentazione tridimensionale dell'area studiata ed ubicazione della facies a crinoidi ▲

chiaramente in evidenza dal grafico di Fig. 4. Lo stesso grafico illustra la distribuzione dei filtratori e dei detritivori nei due profili campionati. Vi si osserva che i primi, numericamente dominanti, presentano un andamento conforme a quello dei valori di densità complessiva. I detritivori, al contrario, tendono ad aumentare di numero con la profondità, fin verso i 120-130 m, per poi nuovamente decrescere. Un'eccezione è costituita dal campione 55, a maggior componente pelitica, in cui un massimo secondario dei valori di densità corrisponde ad una localizzata flessione dei filtratori.

I risultati dell'analisi multivariata, eseguita sui parametri edafici come pure su quelli biologici sono graficamente rappresentati in Fig. 5.

Per quel che riguarda le variabili abiotiche (Fig. 5a), ad un livello di similarità dell'85% si evidenziano tre raggruppamenti riconducibili a tre situazioni ambientali diverse lungo la direttrice del gradiente batimetrico. Vi si distingue inoltre la stazione 54, che non presenta affinità significativa con alcuna altra. Ad un più elevato livello di similarità

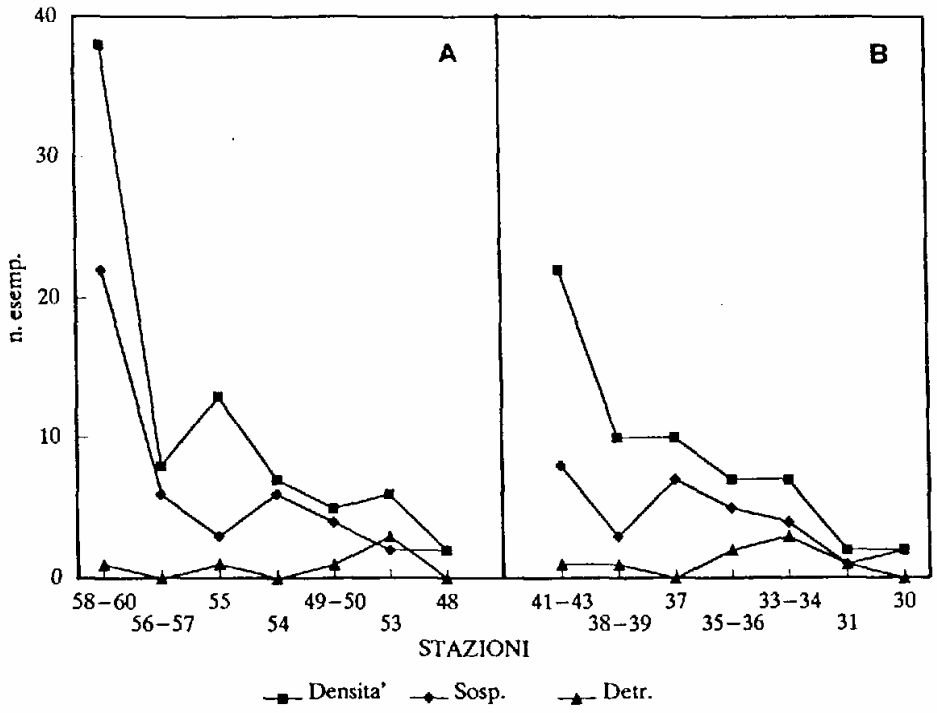
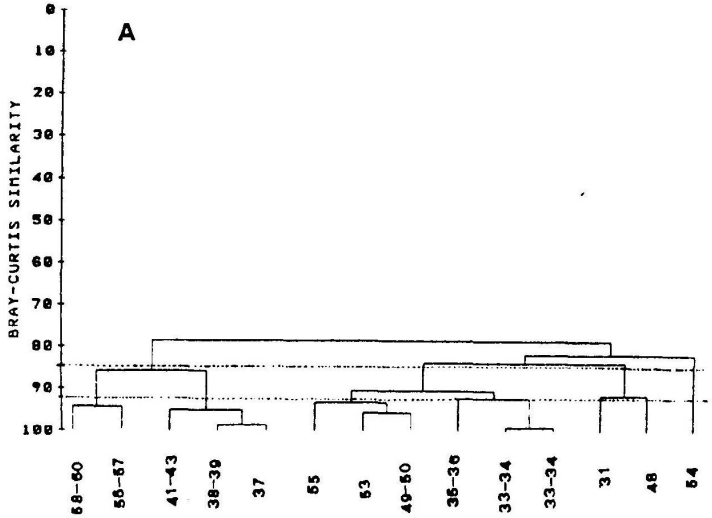


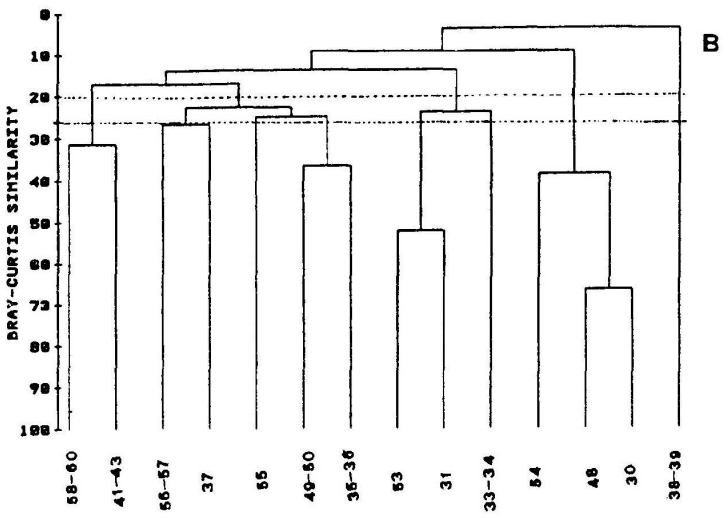
Fig. 4 - Andamento della densità complessiva, espressa come n.individui/m², dei sospensivori e dei filtratori, nei due profili campionati (profondità crescenti da sinistra a destra).

(<92%), le stazioni del profilo A risultano nettamente distinte da quelle del profilo B. Il relativo MDS (3-D, stress = 0,084) evidenzia sia il gradiente batimetrico, che ordina le stazioni da sinistra a destra del grafico, sia la risultante dei fattori edafici, che separa le stazioni in due allineamenti paralleli. E' molto significativo il fatto che tutte le stazioni del profilo B siano posizionate lungo l'allineamento superiore del grafico MDS, mentre tutte le stazioni del profilo A occupino la metà inferiore dello stesso grafico: questo conferma la diversità dei due profili dal punto di vista edafico. Come già discusso, la variabile edafica maggiormente responsabile della discriminazione trai due profili appare essere il diverso grado di infangamento, a sua volta espressione di una diversa situazione idrodinamica.

Per quanto concerne i dati biologici (composizione faunistica), si sono evidenziati quattro raggruppamenti, con similarità maggiore del 20%, riconducibili a situazioni biocenotiche differenti. Questi si sviluppano, in senso antiorario, lungo una direttrice di tranzisizione DC-DL-VP, in coincidenza con la progressione batimetrica (Fig. 5b). In particolare, il primo raggruppamento comprende le stazioni meno profonde (41-43 e 58-60) di entrambi i profili, associate da un livello di similarità del 26%, riconducibili ad una Biocenosi del Detritico Costiero in facies superficiale.

Nel secondo raggruppamento, espressione di una transizione fra popolamenti del Detritico Costiero e del Detritico del Largo, si trovano associate sia le stazioni 37 e 56-57, attribuite ad un Detritico Costiero in facies profonda, sia le stazioni di vera e propria





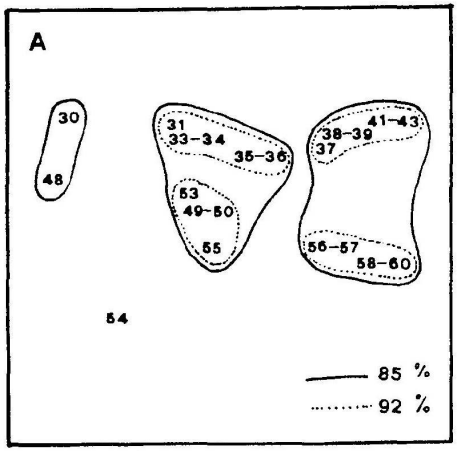
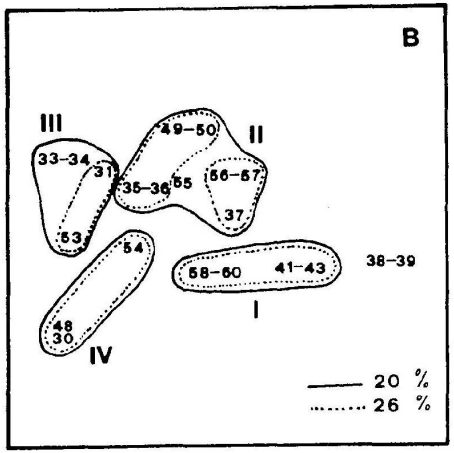


Fig. 5 - Rappresentazione grafica dell'indice di similarità di Bray-Curtis (dendrogrammi ed ordinamento) :
A: parametri edafici (dati standardizzati; stress del grafico MDS=0,086)
B: variabili faunistiche (dati trasformati sotto radice quadrata; stress del grafico MDS=0,084)



transizione (35-36 e 49-50), come pure la stazione 55, dalle caratteristiche intermedie.

Il terzo raggruppamento è interamente riconducibile alla Biocenosi del Detritico del Largo, sebbene sotto diversi aspetti.

Infatti, mentre nelle stazioni 31 e 53 i popolamenti appaiono alquanto impoveriti, la stazione 33 presenta una facies a *Leptometra,* in associazione con *Gryphus vitreus.*

Nel quarto raggruppamento infine restano confinate le stazioni 48 e 54, riconducibili ad una transizione circalitorale-batiale, comunque con scarsa caratterizzazione.

4. CONCLUSIONI

L'ipotesi di studio illustrata nel presente lavoro, si basa sull'interpretazione contestuale dei rapporti intercorrenti fra componente edafica e componente biologica, ai fini di una precisa definizione del biotopo indagato. L'analisi multivariata dei parametri esaminati si è dimostrata, a nostro avviso, un indispensabile strumento di lavoro, essendo in grado di fornire una rappresentazione oggettiva dei risultati, e di costituire quindi una valida verifica delle interpretazioni formulate.

Relativamente a quanto fin qui esposto, lo studio condotto ha consentito di caratterizzare i due profili esaminati in relazione alle affinità e differenze reciproche. Le prime dominate dall'influenza del fattore profondità, le seconde principalmente in funzione del gradiente idrodinamico e secondariamente geomorfologico. In definitiva il biotopo viene variamente condizionato da tali fattori, dando luogo ad una distribuzione delle biocenosi detritiche articolata ma non discontinua. Queste infatti, in relazione all'interferenza dei fattori climatici ed edafici, si presentano sotto diversi aspetti, non sempre facilmente riconducibili alle tipologie codificate dalla letteratura, distribuendosi inoltre senza nette demarcazioni.

L'interpretazione di queste non conformità col modello bionomico proposto da Pérès & Picard (1964), che vede le biocenosi e le facies in esse presenti come entità "discrete", costituisce uno degli intenti primari della ricerca in corso.

Occorre a questo punto sottolineare che lo studio delle tanatocenosi associate ai sedimenti e alle biocenosi qui studiate, è attualmente in corso, e permetterà una analisi complessiva dei processi biologici e fisici che regolano ed hanno regolato l'evoluzione temporale del biotopo.

BIBLIOGRAFIA

Barnes, H. 1959. Apparatus and methods of oceanography. Part one: chemical. Allen and Uniwin eds., London. pp. 341.

Basso, D., C. Corselli & S. Giacobbe. 1990. Processi tafonomici e sedimentari sulla piattaforma continentale del Mediterraneo. Arcipelago Toscano. Rapporto sui risultati delle crociere oceanografiche della N/O "Minerva", giugno-luglio, 1988-Dicembre, 1988. *Dip. Biol. Anim. ed Ecol. Mar. Rapporti, 4. 40 pp.*

Buchanan, J.B. & J.M. Kain. 1971. Measurement of the physical and chemical environment. In *Methods far the study of marine benthos. Holme and Mc Intyre, Oxford and Edinburg. 334 pp.*

Clarke.K.R. & R.H. Green. 1988. Statistical design and analysis for a "biological effects" study. *Mar. Ecol. Prog. Ser. 46: 213-226.*

Corselli, C. & A. Bernocchi. 1990. Paleocommunities of the last glacial from the Sardinia Continental slope: A. Paleoceanography problem. *Atti IV Simposio di Ecologia e Paleoecologia delle Comunità Bentoniche.* Sorrento 1-5 novembre 1988: 575-596.

Corselli, C. & S. Giacobbe. c.s. Processi tafonomici e sedimentali sulla piattaforma continentale del Mediterraneo. Arcipelago Toscano. Rapporto sui risultati delle crociere oceanografiche della N/O "Minerva", luglio, 1990 - Dicembre, 1990. *Dip. Biol. Anim. ed Ecol. Mar. Rapporti.*

Field, J.G., K.R. Clarke & R.M. Warwick. 1982. A practical strategy for Analysing Multispecies Distribution Patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser. 8: 37-52.*

Hedges, J. & J. Stern. 1984. Carbon and nitrogen determinations of carbonate containing solids. *Limn. Oceanogr. 29:* 657-663.

Innamorati, M., L. Lazzara, C. Nuccio, M. De Poi, M. Mannucci, & G. Mori. 1990. Biomassa fitoplanctonica e condizioni idrologiche nell'Alto Tirreno Toscano. Campagna Alto Tirreno Toscano 1 -N/O "Minerva" - 3-9.9.1985. Campagna Alto Tirreno Toscano 2 - N/O "Minerva" - 22-28.11.1986. *Resoconti dei rilevamenti in mare.* Laboratorio di Ecologia, Dipartimento di Biologia Vegetale, Università di Firenze. 95 pp.

Pérès J.M. & J. Picard. 1964. Noveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume. 31* (47): 1-137.

Picard, J. 1985. Réflexions sur les Ecosystèmes Marins Bentiques: Hierarchisation, Dynamique spatio-temporelle. *Tethys. 11* (47): 1-137.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 233 a pag.244

VARIAZIONI DEL LITORALE E UTILIZZO DEL SUOLO: IL TRATTO COSTIERO COMPRESO TRA CAPO VADO E IL PROMONTORIO DEL PRIAMAR (LIGURIA OCCIDENTALE)

Nicola CORRADI*, Pierluigi BRANDOLINI** e Mauro SPOTORNO**

*Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Genova
**Istituto di Geografia, Università di Genova

SUMMARY

This paper presents an analysis of the morphology and the evolution of the coastal area from Capo Vado to the Priamar Promontory (Savona). On the basis of historical cartographical data, combined with archival sources, it has been possible to reconstruct the changes in the coastal line in relation to the increasing antropical activities other a period of four centuries.

It has been identified three successive periods distinguished by the different use of the territory. Each period left a distinct impront of the area. In the first phase between the end of the 16th century and the middle of the 19th century we see agricultural development. The second phase incorporates urban and industrial development of the alluvial plains of the Letimbro, the Quiliano and the Segno rivers. The third phase is characterized by the crisis of the manufacturing activities with the risulting abandonement of industrial areas and the building up of the port area of Vado roadstead.

After a geomorphological analysis of the beach areas, achieved through the direct survey and the photographic interpretation, it has been possible to study the evolution of shoreline in relation to the historical data already found.

1. INTRODUZIONE

II contributo offre un'analisi della morfologia e dell'evoluzione del tratto costiero compreso tra Capo Vado e il Promontorio del Priamar (Savona). Sulla base di dati cartografici storici, integrati da fonti archivistiche, che coprono un arco di circa quattro secoli, è stato possibile ricostruire le modificazioni della fascia costiera in rapporto all'intensa antropizzazione dell'area.

Si possono identificare tre fasi successive distinte dal differente utilizzo del territorio cui corrispondono diversi tipi d'impatto sul litorale: tra la fine del sec. XVI e la metà del XIX si assiste allo sviluppo delle attività agricole; in una seconda fase si verifica lo sviluppo urbano ed industriale nelle piane del Letimbro, del Quiliano e del Segno; la terza fase vede la crisi delle attività manifatturiere, con conseguente dismissione di aree industriali e la realizzazione delle opere portuali nella rada di Vado.

Dopo un inquadramento geomorfologico delle spiagge, ottenuto attraverso il rilevamento diretto e la fotointerpretazione, si è analizzata l'evoluzione della linea di riva in rapporto ai dati storici reperiti.

2. CARATTERI FISICI GENERALI

L'area esaminata è compresa tra i promontori del Priamar e di Capo Vado in corrispondenza dei quali la fronte costiera è alta e rocciosa, mentre lungo l'arco interposto presenta un'ampia falcatura sabbiosa, interrotta dalle foci di alcuni modesti torrenti (Figg. 1 e 6). Oggi la spiaggia, estesa per circa 10 Km, è alimentata quasi esclusivamente dagli apporti dei torrenti Segno, Quiliano e Letimbro, in quanto la costruzione della strada litoranea prima e dei terrapieni a servizio del porto poi, hanno fatto venir meno l'alimentazione di versante di Capo Vado, mentre la nuova diga foranea, e più ancora i suoi recenti prolungamenti, hanno reso del tutto insignificante il già modestissimo apporto per deriva litoranea proveniente da occidente.

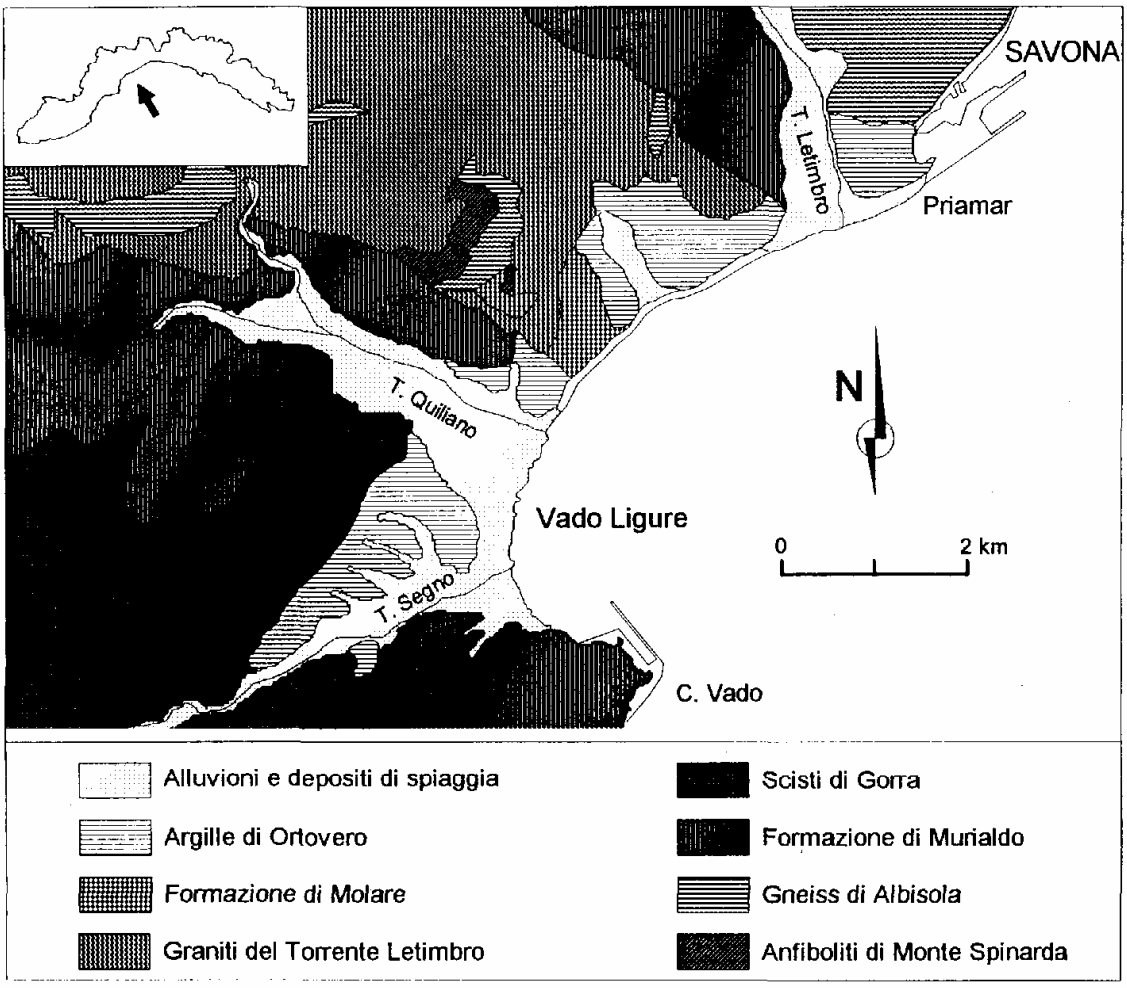


Fig. 1- Schema geologico della fascia costiera tra Savona e Capo Vado.

I bacini del Segno e del Quiliano insistono prevalentemente su scisti filladici o sericitici e solo marginalmente su calcari dolomitici (Calcari di M. Mao), mentre quelli del Quazzola (affluente di sinistra del Quiliano), del Lavanello (affluente di destra del Letimbro) e del Letimbro drenano terreni su basamenti granitici, gneissici ed anfibolitici. Le testate delle valli, incidenti quasi ortogonalmente la catena principale, corrono a quote assai modeste ed hanno costituito agevoli vie di transito per il Piemonte sud-occidentale. Infine, tra i rilievi alpini e la piana litoranea s'interpone una fascia di colline argillose plioceniche (Fig. 1).

Nel paraggio risulta dominante l'azione dei mari di libeccio, con un fetch di 800 Km e regnante quella dei mari di scirocco, con un fetch di 200 Km; un'eccezione è costituita dal tratto di rada posta immediatamente a ridosso di Capo Vado che viceversa risulta in prevalenza interessata da venti spiranti dal I e dal II quadrante.

3. EVOLUZIONE DELLA FASCIA LITORANEA DAL 1500 AD OGGI

Dalla documentazione cartografica ed archivistica disponibile risulta che intorno alla metà del '500 la piana del Letimbro era occupata da colture ortensi e da vigne. Dalla porta sud-occidentale della cinta muraria (detta Bellaria) prendeva avvio una strada litoranea che, attraversata la cintura di orti, superava il T. Letimbro con un ponte a due arcate e quindi proseguiva verso Vado correndo tra due serie quasi ininterrotte di "ville" (il Giustiniani ne contava più di cento), la cui conduzione agraria era contraddistinta da colture promiscue (ortaggi, viti, alberi da frutta ed olivi) a carattere intensivo. La necessità di sfruttare al massimo le modeste aree pianeggianti faceva sì che con ogni probabilità le coltivazioni si spingessero quanto più possibile verso il mare, invadendo aree di retrospiaggia che in più luoghi erano occupate da fornaci per la produzione di mattoni e terraglie (Fig. 2).

La localizzazione di tali attività manifatturiere dipendeva da un lato dalla prossimità delle cave d'argilla, ubicate nelle citate retrostanti colline plioceniche, e dall'altra dalla convenienza ad effettuare via mare il trasporto della maggior parte del prodotto finito. Tra la foce del T. Quiliano e l'abitato di Vado si stendeva una vasta area acquitrinosa detta "fossa della Maddalena".

Nel secolo successivo il paesaggio litoraneo appare immutato, ma tra la fine del '600 e la metà del '700 l'opera di colonizzazione agraria viene pressoché portata a compimento con la costituzione di estese proprietà fondiarie appartenenti a cospicue famiglie genovesi: Gavotti, Spinola, Durazzo e De Mari. Quest'ultima, in particolare, nel corso dei primi decenni del secolo XVIII acquisì il controllo di quasi tutto il litorale compreso tra Capo Vado e la foce del Quiliano, procedendo alla bonifica della preesistente palude ed alla messa a dimora di olivi, gelsi e viti (Figg. 2 e 3).

A partire dagli anni '60 del secolo scorso il rapido incremento demografico e il perdurare degli effetti della positiva congiuntura attraversata dall'olivicoltura nei decenni precedenti, favorirono l'espansione delle superfici coltivate: non di rado oliveti, vigneti ed orti si spinsero sui versanti sino ai 500-600 m di quota. Ne conseguì un maggior trasporto solido da parte dei corsi d'acqua ed una consistente alimentazione degli arenili che, sulla base delle rilevazioni disponibili, si ritiene abbiano raggiunto in quegli anni la massima espansione registrata nel corso degli ultimi secoli.

A partire dalla metà dall'Ottocento, con l'avvento della rivoluzione industriale, la fascia litoranea subì radicali trasformazioni in parte legate alla localizzazione sul litorale dei nuovi insediamenti produttivi ed in parte indotte da processi più generali, ma sempre connessi al grande cambiamento economico e sociale che si andava verificando. Sotto quest'ultimo aspetto, infatti, allo sviluppo industriale si associano l'espansione delle aree urbanizzate, il potenziamento e l'ampliamento della rete delle vie di comunicazione, la regimazione dei corsi d'acqua e, a partire dall'inizio del nostro secolo, l'esodo rurale ed

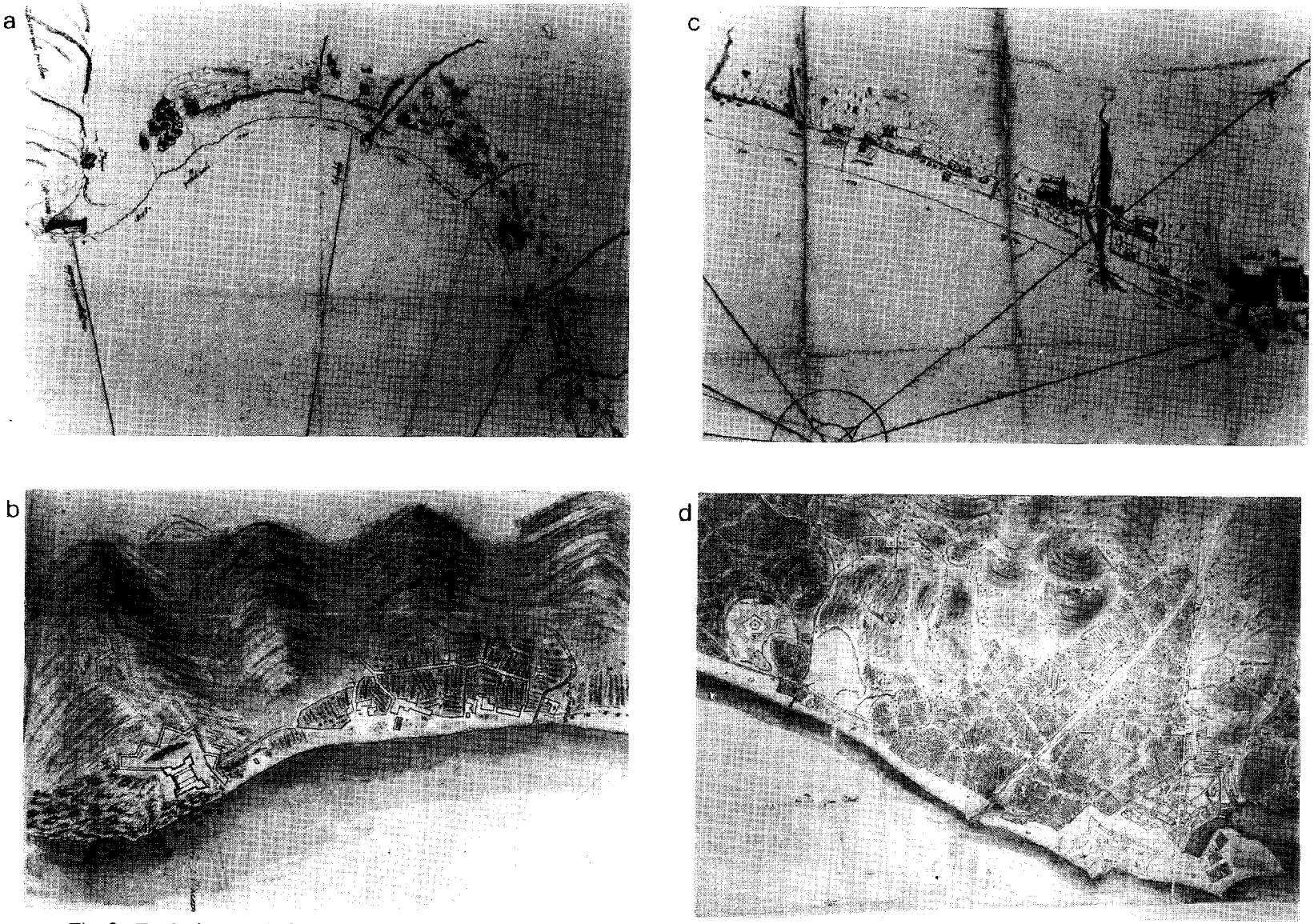


Fig. 2 - Evoluzione della fascia costiera tra Savona e Capo Vado tra il 1500 cd il 1700 secondo le carte del tempo: la fascia costiera compresa tra Capo Vado e la foce del T. Quliano intorno al 1569 (a) e alla metà del '700 (b); la fascia costiera compresa tra il borgo "Fornaci" ed il promontorio del Priamar intorno al 1569 (c) e alla metà del '700 (d) (A.S.G., Fondo cartografico, busta 19 bis, Vado, 16, 1162; A.S.G. Fondo cartografico, busta 16, Savona, 1, 984. Aut. n° 6/92 - 1324.V/9.92).

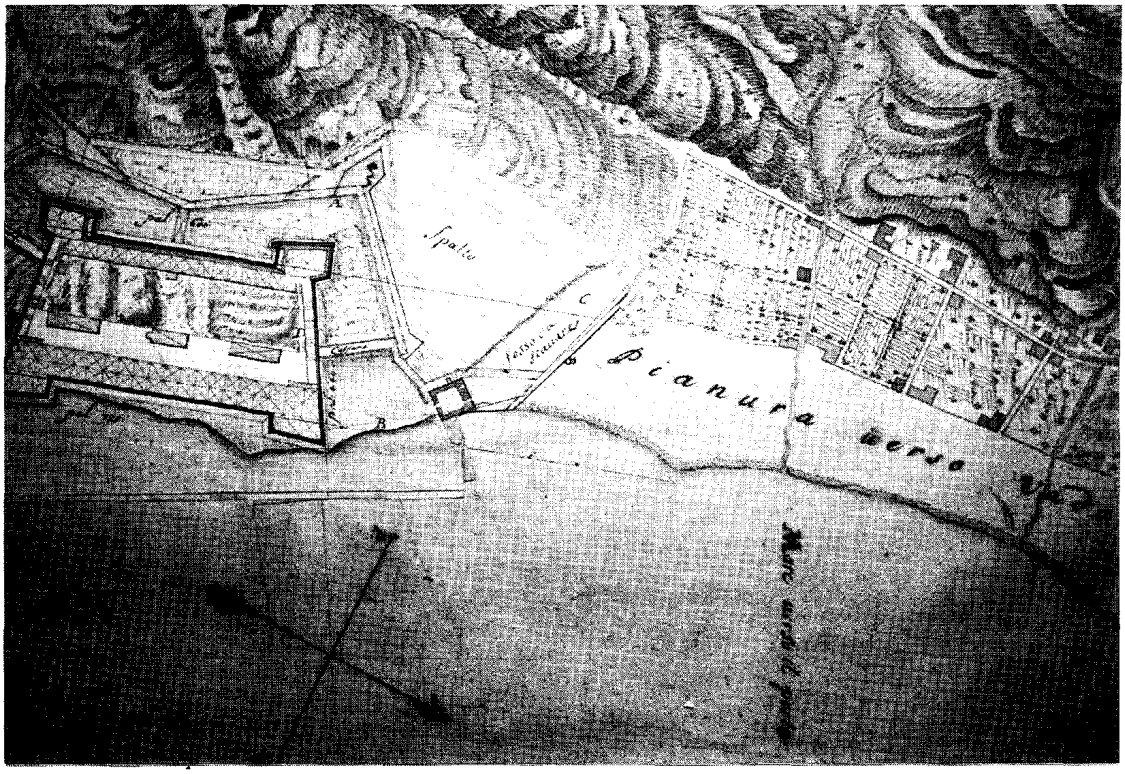


Fig. 3 - Capo Vado alla fine del '700 (A.S.G., Fondo cartografico, busta 19 bis, Vado, 33, 1162; Aut. n° 6/92 - 1324.V/9.92)

agricolo (Spotorno, 1991 e1992). Tutto ciò ha comportato un diminuito apporto solido dei torrenti e nel contempo un crescente prelievo di sabbie dai loro alvei, in particolare nel corso dell'ultimo conflitto bellico, dallo stesso arenile (Fig. 4).

Più immediatamente percepibile è l'impatto sull'ambiente costiero delle nuove realizzazioni industriali. L'ampliamento del porto di Savona, risalente al 1885, unitamente all'apertura delle linee ferroviarie per Genova, Ventimiglia e Torino, favorirono la nascita di nuove attività industriali a filo di costa (siderurgiche e metalmeccaniche), approvvigionate di materie prime e semilavorati mediante appositi pontili. La loro localizzazione fu dapprima esclusivamente periportuale, ma ben presto interessò anche il litorale compreso tra il Priamar ed il T. Letimbro dove peraltro già da tempo si erano insediati alcuni cantieri navali. Gli uni e gli altri comportarono una riduzione della profondità della spiaggia, ma al volgere del secolo questa era occupata in misura crescente da stabilimenti balneari. Nei decenni seguenti le superfici destinate ad attività turistico-balneari si ampliarono dapprima sulle aree resesi disponobili con la chiusura di numerosi cantieri navali (in conseguenza della crisi del naviglio a vela) e in anni più recenti sulle aree dismesse dagli stabilimenti industriali. Oggi esse interessano in modo esclusivo tutta la zona posta tra la Fortezza del Priamar e la foce del Letimbro che, in tal modo, nell'arco di un cinquantennio ha vissuto una seconda radicale trasformazione della sua destinazione d'uso.

A ponente della foce del T. Quiliano il paesaggio litoraneo osservabile alla fine dell'800 era sostanzialmente immutato rispetto ad un secolo e mezzo prima: orti e canneti si spingevano sin sulla spiaggia, ove i pescatori tiravano in secco le barche e stendevano

ad asciugare le reti. In due successive riprese quest'area subì però radicali trasformazioni. La prima si verificò nei primi decenni del '900 allorché le piane del T. Segno e del T. Quiliano furono interessate da un intenso sviluppo industriale legato, a sua volta, alla disponibilità di aree pianeggianti ed alla buona accessibilità nautica della rada che consentiva la movimentazione di rinfuse solide e di prodotti petroliferi mediante specifici pontili anche in assenza di opere di difesa a mare. In questo secolo si moltiplicarono il numero degli approdi e negli anni '60, a ridosso di Capo Vado, venne creato ad opera della FIAT il primo embrione di quello che sarà l'attuale nuovo porto, la cui realizzazione, a partire dagli anni '70, con imponenti opere a mare, terrapieni, diga foranea con molo sopraflutto e darsene, ha condotto all'assetto attuale del litorale.

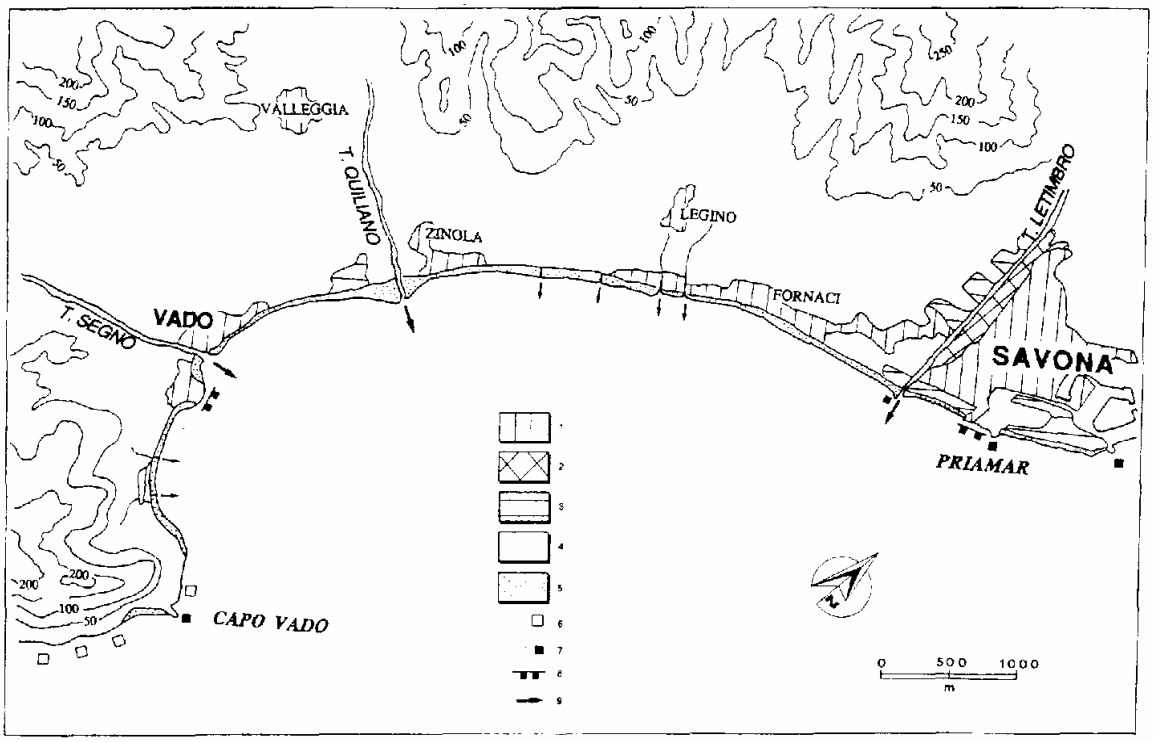


Fig. 4 - Ricostruzione schematica dell'utilizzo del suolo della baia di Vado alla fine del secolo XIX: 1) insediamenti residenziali urbani o comunque accentrati; 2) scalo ferroviario; 3) insediamenti industriali; 4) insediamenti rurali e residenziali sparsi; 5) arenili; 6) costa alta; 7) difese perpendicolari alla costa; 8) difese aderenti alla costa; 9) apporti torrentizi.

4 – VARIAZIONI STORICHE DELLA LINEA DI RIVA E CONDIZIONI ATTUALI DEL LITORALE

Mentre per la zona di Vado non è stato possibile effettuare confronti con rilievi precedenti per il tratto di litorale ad oriente della foce del T. Quiliano si è potuta ricostruire l'evoluzione del litorale in esame nel corso degli ultimi 150 anni utilizzando la documentazione cartografica esistente (Ascari et al., 1937), ed effettuando una campagna di rilevamento lungo tutto il litorale considerato.

Complessivamente si osserva che il litorale ha subito un considerevole arretramento dalla metà del secolo scorso alla metà dell'attuale dovuto alle note cause già citate che hanno determinato arretramenti valutabili in punte massime dell'ordine dei 50 m a levante di Zinola e in minor misura in corrispondenza della foce del T. Letimbro. Successivamente, e fino ai giorni nostri, si osserva una generalizzata progradazione degli arenili che talora eguagliano la linea di riva del secolo scorso nel tratto di litorale ad est dell'abiatato di Zinola o la sopravanzano tra la foce del T. Letimbro e il promontorio del Priamar (Fig. 5).

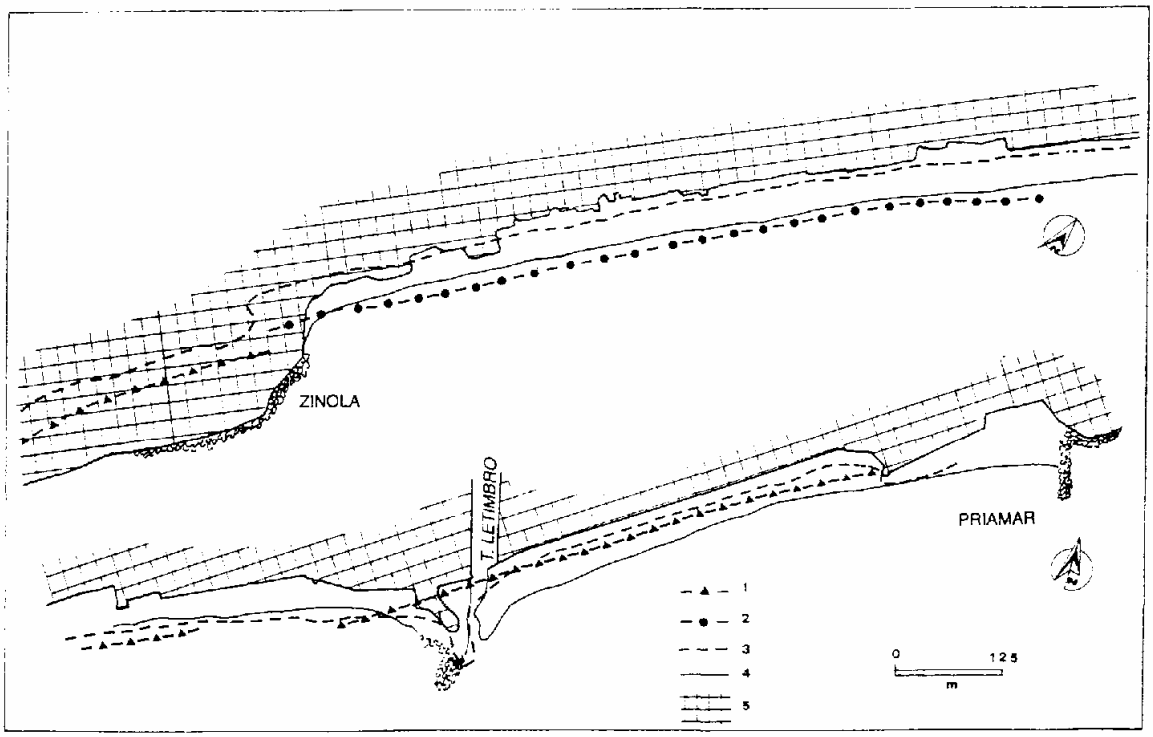


Fig. 5 - Variazioni della linea di riva tra il 1844 ed il 1992 dei tratti di costa siti in prossimità del borgo di Zinola e della foce del Letimbro (Ascari et al., 1937, modificato e aggiornato): 1) 1844; 2) 1876; 3) 1935; 4) 1992; 5) area urbanizzata nel 1992.

L'attuale assetto del litorale (Figg. 6 e 8) è frutto delle discariche aperte negli anni '50 e '60 per creare nuovi spazi fruibili e per ripascere gli arenili, dell'interruzione delle attività estrattive in alveo ed infine della realizzazione di diverse opere a mare di difesa. Il litorale è caratterizzato da una striscia pressoché continua di arenile della lunghezza di circa 4 km, con una ampiezza oscillante da pochi metri a circa 60 m, che si estende dal promontorio del Priamar fino a Zinola, ove è stata realizzata un'ampia colmata a mare. Questo tratto di litorale è occupato per buona parte da stabilimenti balneari con strutture permanenti sull'alta spiaggia. Dalla foce del T. Quiliano fino a circa 200 m ad est della foce del T. Segno compare un altro tratto di arenile di circa 1,2 Km di lunghezza con una ampiezza media di 20-30 m; anche in questa zona sono presenti numerosi stabilimenti balneari intercalati a tratti di spiaggia libera utilizzati per deposito barche e da un piccolo

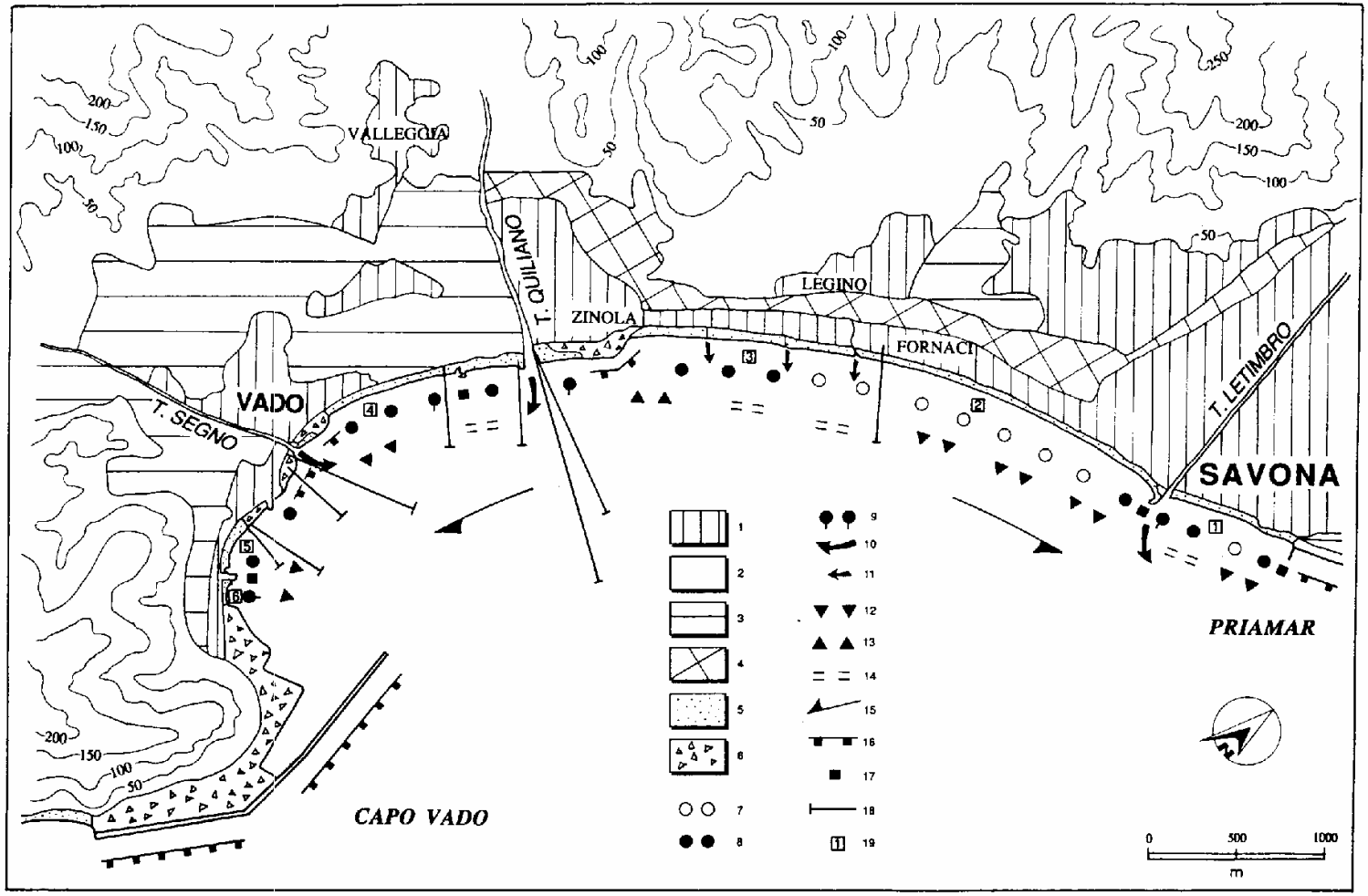


Fig. 6 - Schema geomorfologico e dell'utilizzo del suolo del tratto di fascia costiera compreso tra il Priamar (Savona) e Capo Vado: 1) piana alluvionale occupata da insediamenti residenziali urbani; 2) versanti collinari occupati da insediamenti rurali e residenziali sparsi; 3) piana alluvionale occupata da insediamenti industriali; 4) piana alluvionale occupata da strutture viarie autostradali e ferroviarie; 5) arenili; 6) colmate e terrapieni a mare; 7) spiaggia sabbiosa; 8) spiaggia sabbioso-ghiaiosa; 9) spiaggia sabbioso-ghiaioso-ciottolosa; 10) apporti torrentizi principali; 11) apporti torrentizi minori; 12) arenili in accrescimento; 13) arenili in arretramento; 14) arenili stabili; 15) deriva litoranea; 16) difese aderenti e/o sub-parallele alla costa; 17) difese perpendicolari alla costa; 18) pontili petroliferi; 19) ubicazione sezioni tipo della spiaggia emersa (cfr. Fig. 7).

cantiere navale. Oltre la foce del T. Segno sono presenti due residui lembi di arenile interposti ai terrapieni realizzati per l'espansione delle aree industriali e portuali, occupati pressoché totalmente da deposito barche. In corrispondenza del promontorio di Capo Vado il litorale termina con l'ampio manufatto del nuovo porto, tutt'ora in corso di ultimazione, che ha determinato la formazione di un'ampia spiaggia immediatamente a ponente.

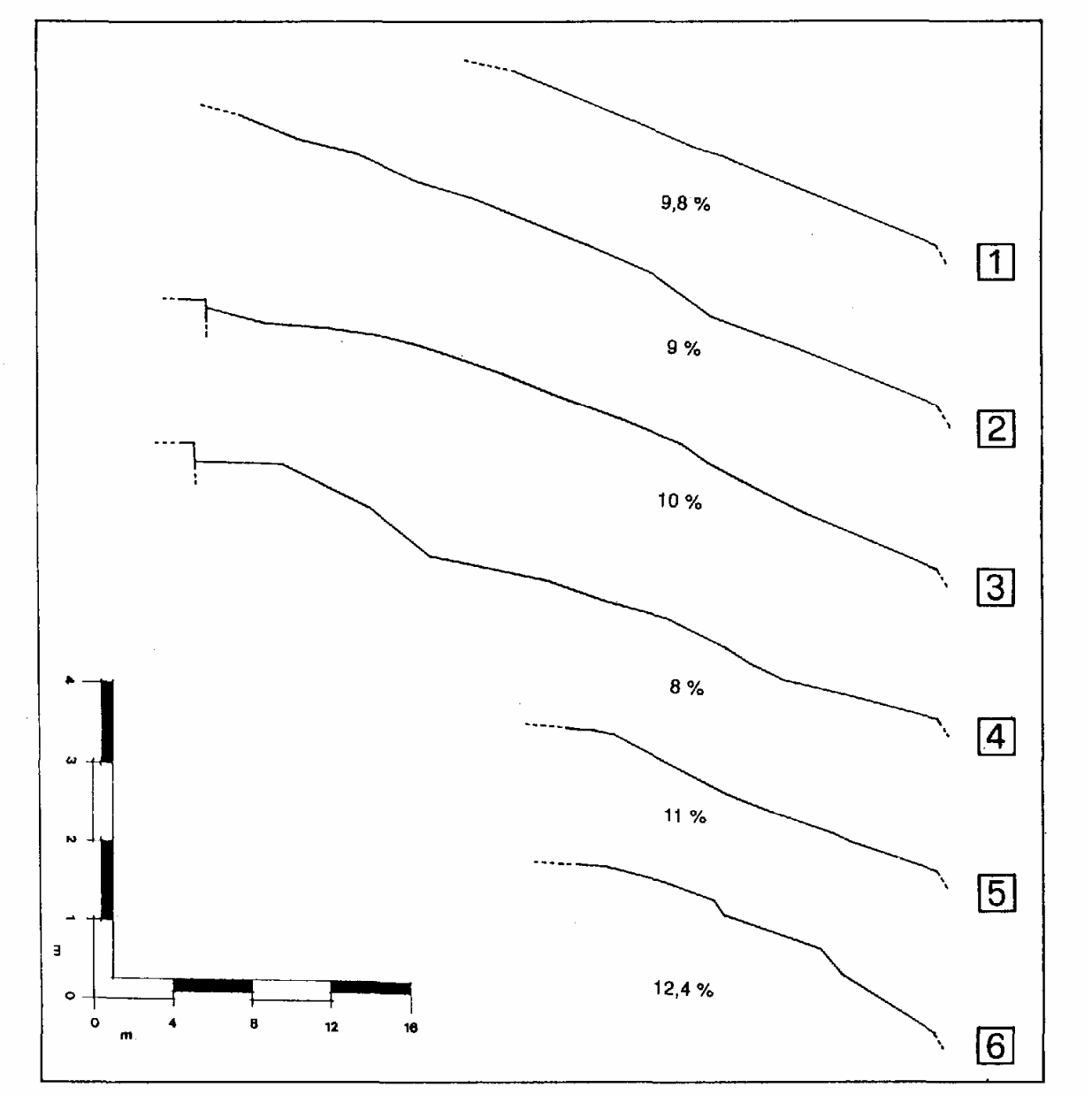


Fig. 7 - Sezioni tipo della spiaggia emersa con indicazione della pendenza media (cfr. Fig. 6).

La campagna di rilievi effettuata nell'ottobre '92 ha fornito un quadro generale delle caratteristiche morfologiche e sedimentologiche degli arenili che possono essere così schematizzate (Figg. 6 e 7):

- settore compreso tra il Priamar e la foce del T. Letimbro caratterizzato da sedimenti prevalentemente sabbioso-ghiaiosi, con pendenza media della battigia di 9.8%, si presenta generalmente stabile ed in avanzamento in corrispondenza del pennello antistante la fortezza del Priamar;
- settore tra la foce del T. Letimbro e località Fornaci con spiaggia prevalentemente sabbiosa, con una pendenza media 9%, interessato da un lieve ma generale avanzamento;
- settore tra le località Fornaci e Zinola, con spiaggia sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa e pendenza media del 10%; presenta una certa stabilità, con tendenza all'erosione in prossimità del terrapieno di Zinola, ove sono state realizzate opere di difesa aderenti;
- settore compreso tra le foci dei torrenti Quiliano e Segno, con spiaggia sabbioso-ghiaiosa, talora anche ciottolosa, con pendenza media del 8%, sostanzialmente stabile in prossimità della foce del T. Quiliano ed in leggero avanzamento nel tratto più prossimo al T. Segno;
- settore tra il T. Segno e Capo Vado, caratterizzato da spiagge con sedimenti ghiaioso-sabbiosi e ciottolosi e pendenze comprese tra 11 e 12.4%, dovute principalmente ai materiali di discarica che presentano un generalizzato avanzamento.

5. CONCLUSIONI

L'area esaminata rappresenta un esempio emblematico di come le attività antropiche possano influenzare l'evoluzione del litorale. Nell'arco degli ultimi quattro secoli si sono identificate tre distinte fasi di utilizzo che hanno determinato significative variazioni dell'assetto e della dinamica costiera: tra la fine del secolo XVI e la metà del XIX si assiste allo sviluppo delle attività agricole, cui ha corrisposto una generale tendenza all'avanzamento della linea di riva; in una seconda fase prende avvio lo sviluppo urbano ed industriale delle piane dei torrenti Letimbro, Quiliano e Segno, cui corrisponde una tendenza inversa alla precedente; segue negli ultimi decenni una nuova fase di accrescimento degli arenili in conseguenza della realizzazione di grandi opere a mare (porto di Vado, colmate di Zinola e Vado) che hanno comportato massicci versamenti di materiali detritici, mentre la realizzazione di opere di difesa del litorale ha ulteriormente contribuito al riequilibrio delle spiagge.

BIBLIOGRAFIA

Ascari, M., L. Baccino & G. Sanguineti. 1937. Le spiagge della riviera ligure. *Ricerche sulle variazioni delle spiagge italiane,* C.N.R., Roma.

Berriolo, G. & G. Sirito. 1985. Assetto costiero. Ricerca preliminare commissionata allo Studio Volta, *Amm.ne Prov.le di Savana,* Savona.

Carobene, L. & A. Brambati. 1975. Metodo per l'analisi morfologica quantitativa delle spiagge. *Boll. Soc. Geol. It.,* 94: 479-493.

Chabrol de Volvic, G. 1824. Statistique des provinces de Savone, d'Oneille, d'Acqui et de partie de la province de Mondovi, formant l'ancien departement de Montenotte, tomo II, Didot, Paris.

Fanucci, F., N. Corradi, M. Firpo, M. Piccazzo & S. Tucci. 1990. Les côtes de la Mer Ligure: morphologie dynamique et évolution. *Littoral,* Comptes rendus du l^{er} symposium international de l'Association européenne EUROCOAST, Marsiglia, 9-13 luglio 1990: 82-86.

Ferro, G. 1961. Le variazioni del litorale della Liguria occidentale (da Capo Noli a Voltri)

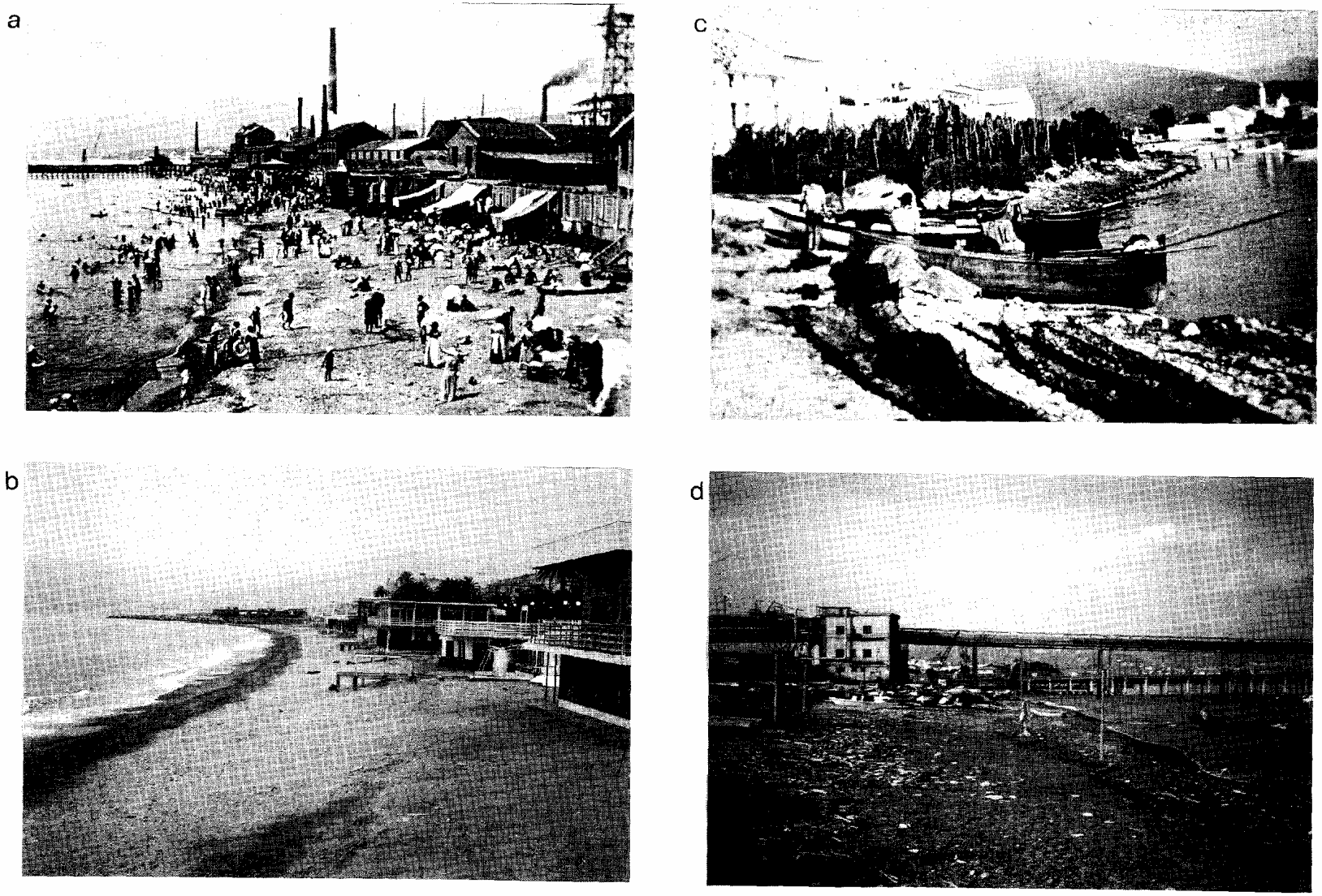


Fig. 8 - Condizioni del litorale tra Capo Vado e Savona: spiaggia tra la foce del T. Segno e Capo Vado alla fine dell'800 (a) e nel 1992 (b); spiaggia tra il T. Letimbro e il promontorio del Priamar alla fine dell'800 (c) e nel 1992 (d) (Foto (a) e (c) Arch. Studio Fotografico Piccardo e Rosso, Savona).

nell'ultimo decennio, *Atti del XVIII Congresso Geografico Italiano,* Trieste:.3-6.
Firpo, M., N. Corradi, G.C. Cortemiglia, F. Fanucci, G. Fierro & M. Piccazzo. 1989. Atlante delle Spiagge italiane: foglio 92-93 Albenga-Savona. CNR Roma, SELCA, Firenze.
Giuliani, M.C. 1980. Ancora sulle ville. *Studi e Ricerche di Geografia,* anno III, 2: 129-137.
Limoncelli, B. & M. Marini. 1969. Indagine sulle risorse paesaggistiche e sulle aree verdi della fascia costiera Ligure. Ricerca geomorfologica. *Istituto di Architettura e Tecnica Urbanistica della Facoltà di Ingegneria della Università di Genova,* C.N.R., Genova.
Marengo, E. 1931. Carte topografiche della Liguria e delle immediate adiacenze conservate nell'Archivio di Stato di Genova, Stab. It. Arti Grafiche, Genova.
Quaini, M. 1973. Per la storia del paesaggio agrario in Liguria. C.C.I.A.A., Savona.
Ruocco, D. 1980. Ville suburbane e residenze di campagna: un oggetto di studio della Geografia, *Studi e Ricerche di Geografia,* anno III, 1: 1-8.
Spotorno, M. 1991. Le trasformazioni agrarie nella Liguria Occidentale nell'ultimo sessantennnio. Studi e Ricerche di Geografia, anno XIV, 1: 32-79.
Spotorno, M. 1992. Le trasformazioni del paesaggio litoraneo della baia di Vado dal secolo XVI ad oggi. *Atti XXVI Congresso Geografico Italiano.*
Tassinari, M. 1985. Il volto di Vado nella prima metà del Settecento. *Vado Ligure. Saggi storici,* Regione Liguria, Savona.
Volta, S., G.B. Mezzano & P. Bianchi. 1952. Proposte per la difesa e la ricostituzione della spiaggia di Savona. *Liguria,* anno XIX, 2, Savona.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassia, 4-6 Novembre 1992 da
pag. 245 a pag. 251

FENOMENI DI REGRESSIONE DELLE SPIAGGE DI MONTEROSSO AL MARE (LIGURIA ORIENTALE) PROVOCATI DA INTERVENTI UMANI

Remo TERRANOVA

Istituto di Geografia, Università di Genova

SUMMARY

The gulf of Monterosso al Mare presents two beaches, one in front of the mediaeval village and one (Fegina) situated in the east.

The beaches are constituted of sandstone, clay, ophiolites, limestone, jasper sand and gravel, which come from the little basins of Pastanelli and Fegina streams and from the landslides of Mesco promontory. The building of a nautical landing-place near the Gigante, of a pier at the foot of St. Cristoforo promontory, and of the more recent large landfill, made with the mucking of the new railway tunnels, are obstrupting the drift towards east, stopping natural feeding. The two beaches are now in erosion, and this havc caused the intervention of public management. In detail the eastern part of Fegina beach is destined to reduce more, so that the bathing establishments, the roads and the houses will be threatened by heavy storms.

1.INTRODUZIONE

Sono stati condotti rilevamenti geomorfologici nel golfo di Monterosso al Mare, lungo la fascia costiera che si estende dalla Punta Mesco, ad ovest, fino alla Punta Corone, ad est, e sono state esaminate le condizioni delle due spiagge antistanti, rispettivamente, al borgo medievale e all'abitato recente di Fegina.

In questa nota vengono presentati i risultati delle indagini effettuate, anche attraverso ricerche storiche, sulle evoluzioni subite dalle due spiagge a causa di interventi antropici, che ne hanno messo in crisi una parte, e vengono esposte alcune previsioni per il futuro delle stesse.

2. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DEL GOLFO DI MONTEROSSO

Il golfo di Monterosso al Mare, con uno sviluppo lineare di 3,5 km, ha forma semiellittica, aperta verso SSE, ed è compreso fra Punta Mesco a ovest, estremità dell'omonimo promontorio, e Punta Molinara ad est, piede del costone roccioso che scende sul mare da M. S. Croce (618 m).

Geologicamente esso è interessato da tre unità litostratigrafiche, che vengono riassunte sinteticamente di seguito (Abbate, 1969).

a) Supergruppo della Val di Vara

È un insieme di formazioni ofiolitiche e sedimentarie, facenti parte delle Liguridi interne, che costituiscono tutto il versante orientale del promontorio del Mesco, ove appaiono esposte magnificamente in una successione geometrica che, a partire dall'abitato, coincide con quella stratigrafica (Fig. 1).

Partendo da Punta Mesco compaiono le Arenarie di M. Gottero, costituite da strati massicci di arenaria quarzoso-feldspatica e micacea, a cemento siliceo, che costituiscono la parte estrema del promontorio, e poggiano sugli Scisti Zonati, costituiti da alternanze di sottili straterelli silloso-marnosi, di colore bruno, e argillitici di colore grigiastro.

Procedendo verso l'interno del golfo affiorano sul versante le argille con calcari palombini, silicei, che si appoggiano sulle serpentiniti massicce, scagliose, verdastre, talora previa intercalazione di qualche limitata lente di oficalciti.

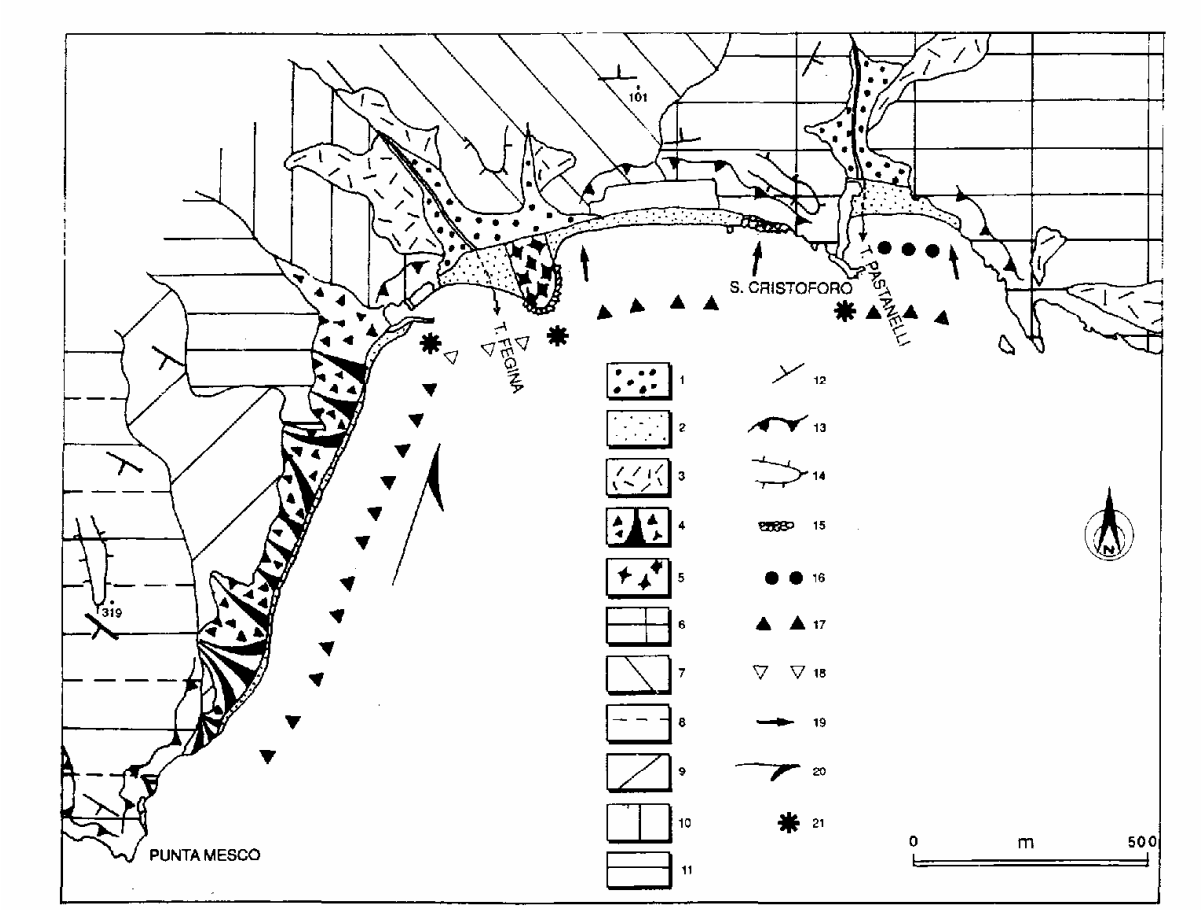


Fig. 1 - Carta geomorfologica del golfo di Monterosso al Mare: 1. depositi alluvionali; 2. spiagge; 3. coltri detritiche; 4. accumuli di frana; 5. riporti; 6. Macigno; 7. Complesso di M. Veri; 8. Arenarie di M. Gottero; 9. Argilloscisti; 10. Gabbri; 11. Serpentiniti; 12. giaciture degli strati; 13. cigli di distacco; 14. orli di terrazzi; 15. scogliere aderenti; 16. scogliere distaccate; 17. arenili in erosione; 18. arenili in accrescimento; 19. aggressioni del mare; 20. deriva litoranea; 21. ostacoli alla deriva litoranea.

Le serpentiniti, ancora presenti sulle pareti soprastanti al porticciolo di Monterosso, lasciano il posto a rocce gabbriche, biancastre per la presenza dei plagioclasi, le quali finiscono in mare in località Fegina, con lo sperone su cui è stato scolpito il Gigante.

Sul contatto tettonico di questo supergruppo con il complesso successivo di M. Veri, affiorante a est, si osservano modesti lembi di diaspri e basalti brecciati.

b) Complesso di M. Veri

Questo complesso, appartenente alle Liguridi esterne, che affiora tra l'asta del T. Fegina e le pareti soprastanti alla stazione ferroviaria, è costituito da argille lamellari con intercalazioni di strati calcarci tipo palombino e sottili straterelli di arenaria fine, quarzoso-micacea, manganesifera, entro i quali compaiono intercalazioni lentiformi di arenaria e brecce ofiolitiche poligeniche, costituite da clasti di serpentiniti, basalti, calcari, diaspri, selci e graniti, ed inoltre blocchi di rocce verdi e di graniti, che sono stati attribuiti a fenomeni franosi sottomarini.

e) Serie toscana

Il settore orientale del Complesso di M. Veri è in contatto tettonico con il Macigno della serie toscana, che costituisce il promontorio di S. Cristoforo: questo divide morfologicamente il centro storico medievale dal tratto di Fegina, di recente urbanizzazione.

Il Macigno è costituito da arenarie grigie al taglio fresco, marroni per alterazione, a grana medio-fine, composte da clasli di quarzo, K-feldspati, plagioclasi, fillosilicati e calcite, alternanti a strati di arginiti e siltili.

Per quanto attiene agli aspetti morfologici del golfo, il settore occidentale, che coincide col versante orientale del promontorio del Mesco, è caratterizzato da ripidissimi versanti, orlati da sottili spiagge ciottolose, i cui materiali derivano soprattutto da movimenti gravitativi che interessano le arenarie e le formazioni argillitiche, mentre presenta tratti a falesia in corrispondenza delle rocce verdi (Terranova, 1984).

Il settore centrale è costituito, procedendo da ovest, dalla spiaggia di Fegina, lunga circa 700 m, che rappresenta l'orlo sul mare della modesta piana alluvionale costiera sulla quale è ubicata buona parte dell'abitato recente di Monterosso, e dalla spiaggia della baia di Monterosso medioevale, lunga circa 200 m, separate dal promontorio roccioso di S. Cristoforo.

Il settore orientale si estende dalla radice della Punta Corone fino alla Punta Molinara ed è costituito dalle arenarie macigno, modellate e scolpite in ardite falesie.

3. MODIFICAZIONI INDOTTE SULLE SPIAGGE DAGLI INTERVENTI ANTROPICI

La spiaggia di Fegina è composta da sabbie, ghiaie e, in minor misura, ciottoli: questi ultimi sono costituiti da serpentiniti, gabbri, basalti, oficalciti, graniti, arenarie, Calcari palombini, selci, brecce ofiolitiche e da minerali o frammenti di minerali appartenenti a tali rocce, quali plagioclasi, pirosseni, quarzi, miche, calcite.

I materiali della spiaggia provengono dalla valle di Fegina, che, insieme alla vallecola contigua, forma un bacino di 3,5 km^2, impostato sulle ofioliti e su rocce sedimentarie, e prendono origine dal versante orientale del promontorio del Mesco, per effetto della deriva litoranea e dalle discariche dei materiali provenienti dalle nuove gallerie del raddoppio della tratta ferroviaria Monterosso-Levanto.

La spiaggia è esposta parzialmente all'ondazione di libeccio, che arriva sulla battigia attenuata a causa dei rallentamenti subiti dalla presenza della Punta Mesco, ove si verificano fenomeni di rifrazione, con effetto di deriva dei materiali verso est: i treni d'onda di scirocco pervengono sulla spiaggia con un'incidenza di circa 30° provocando, invece, movimentazione dei materiali e deriva verso ovest (Cortemiglia & Terranova, 1969).

Essendo prevalente l'energia delle mareggiate di libeccio, ne consegue un trasporto verso est, che in tempi passati faceva addirittura sì che i materiali fini superassero l'estremità del promontorio di S. Cristoforo, alimentando la spiaggia antistante la borgata storica: attualmente, invece, sono ostacolati dal molo di attracco delle imbarcazioni, il quale ha prolungato notevolmente il capo stesso..

Negli anni 1963-70 una grande discarica di materiali ofiolitici, effettuata dalle F.S. sulla spiaggia di Fegina, invece di essere opportunamente utilizzata come materiale di ripascimento, tra l'altro di ottima qualità, è stata raccolta ed accumulata nel tratto di spiaggia posto immediatamente ad est della foce del torrente omonimo, in modo da formare una lingua protesa in mare, lunga 160 m e larga mediamente 90 m, protetta sul perimetro e soprattutto sulla testata da grossi massi rocciosi contro le mareggiate (Figg. 1 e 2).



Fig. 2 - La foto, ripresa da ovest, mette in evidenza: in primo piano il tratto occidentale della spiaggia di Fegina, che sta ampliandosi vistosamente poichè i sedimenti sono trattenuti dalla piazza costruita con i materiali di discarica FF.SS.; in secondo piano il tratto orientale sta regredendo per mancanza di alimentazione da ovest, tanto che sul fondo è stata gettata una scogliera aderente di massi per contrastare lo scalzamento della strada-passeggiata.

E stato in tal modo ricavato, parte sulla spiaggia e parte in mare, un piazzale adibito a campo di calcio, che durante il periodo estivo diventa un grande parcheggio di auto, pulman, campers e roulottes, con l'aggravante che per questi ultimi due mezzi si trasforma in una specie di campeggio d'assalto, con tutto quel che consegue dal punto di vista igienico ed ambientale, per non dire dello scempio paesaggistico che questa opera ha provocato su quella che era un tempo una bellissima baia.

Al di là di queste constatazioni, ben più gravi e preoccupanti sono le conseguenze sulle condizioni di equilibrio della spiaggia di Fegina. La piazza può essere infatti paragonata ad un enorme pennello ortogonale alla linea di costa che impedisce ai

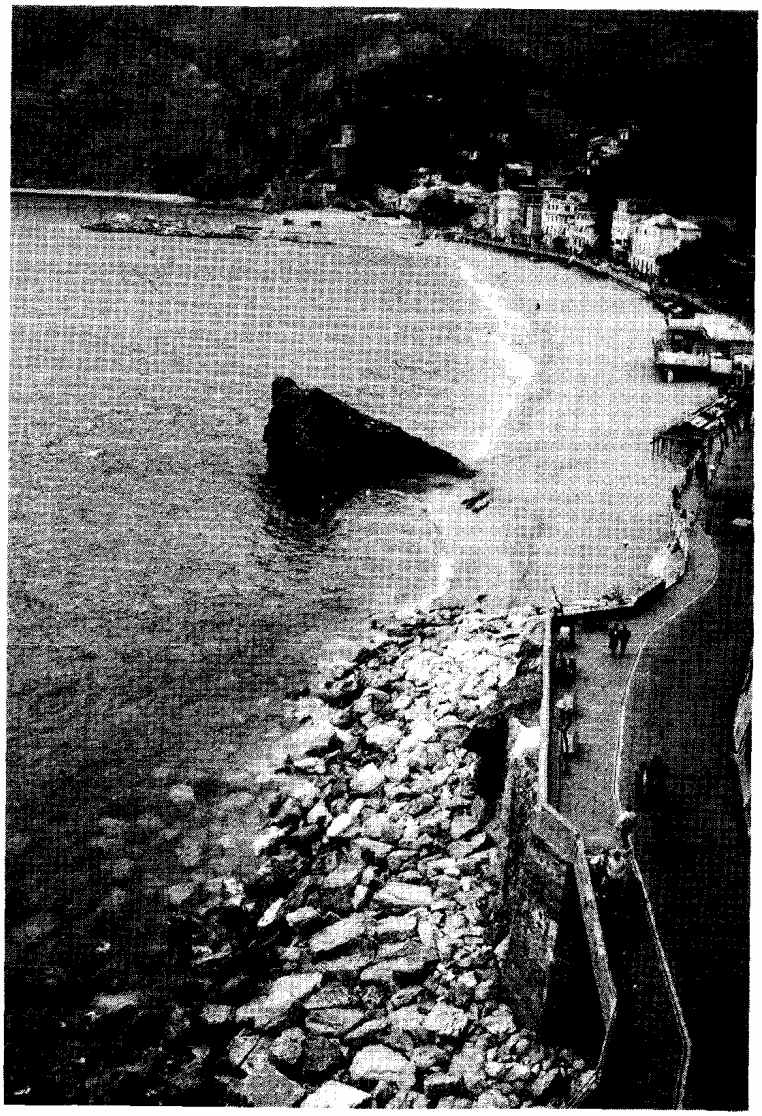


Fig. 3 - La foto, ripresa da est, mostra la scogliera di massi gettati a protezione della strada-passeggiata, laddove prima esisteva l'arenile, in seguito ad un rapido arretramento della linea di battigia a causa della cessata alimentazione da ovest, impedita dalla costruzione della piazza visibile sullo sfondo.

materiali fini, provenienti per deriva dal versante orientale del Mesco (quelli grossolani non possono essere più trasferiti per deriva litoranea a seguito della costruzione dei manufatti dell'approdo del centro velico), e a quelli fini e grossolani, apportati dal T. Fegina, di migrare verso est, interrompendo così l'alimentazione del tratto di spiaggia che si estende fra la *piazza* e il promontorio di S. Cristoforo (Figg. 1 e 2).

Tale tratto di spiaggia, per la mancanza di rifornimenti naturali e per l'inevitabile usura dei materiali, ha iniziato ad assottigliarsi e quindi a diminuire sia in ampiezza sia in spessore: essa ha raggiunto la larghezza minima di 6 m nel tratto immediatamente ad est del piazzale, ove erodono particolarmente le ondazioni di libeccio, e si è ridotta in questi ultimi anni a pochi metri alla sua estremità orientale, a ridosso del promontorio di S. Cristoforo, tanto che, per impedire lo scalzamento da parte delle mareggiate della parete rocciosa sulla quale transita la strada di collegamento col borgo medievale, è stata gettata una scogliera di massi la quale occupa l'area che, anni fa, era sede di una bella spiaggia saldata al suddetto promontorio (Fig. 3).

La controprova di quanto avvenuto è evidente se si esamina l'evoluzione della spiaggia, compresa fra la *piazza* e il costone roccioso del Gigante: essa si è ampliata a dismisura negli ultimi anni in quanto i materiali trasportati dal T. Fegina e quelli provenienti per deriva dal Mesco vengono trattenuti da tale opera aggettante in mare. In tale spiaggia la linea di battigia si è spostata di ben 120 m sul lato aderente alla *piazza,* dando luogo ad una nuova spiaggia ad ampia falce, con un aumento complessivo della superficie dell'arenile di 8200 m^2 in 22 anni, con una media di crescita annua di 373 m^2 (Fig. 4).

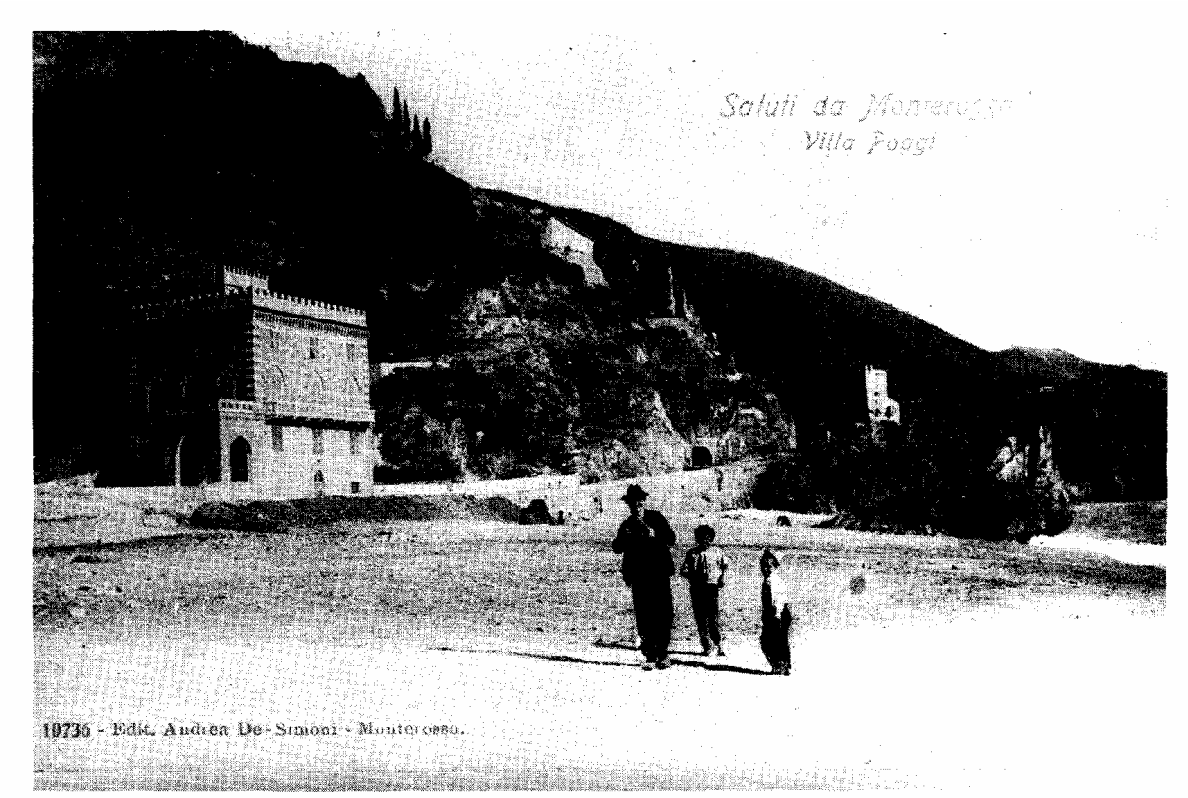


Fig. 4 - La foto del 1920 mostra l'ampia spiaggia del tratto orientale di Fegina, che avvolgeva lo scoglio sulla destra e che oggi è quasi totalmente circondato dal mare. Si noti che la spiaggia, estesa allora fin sotto alla parete rocciosa, sulla quale si erge la torre medievale, è scomparsa in questi ultimi anni.

4. PROSPETTIVE FUTURE

Per il futuro le previsioni sono pessimistiche in quanto il tratto di spiaggia tra la *piazza* e il promontorio di S. Cristo foro, se non vi saranno alimentazioni di materiali, è destinato inesorabilmente ad assottigliarsi, per cui con molta probabilità la scogliera di massi, gettati al piede della parete rocciosa, verrà prolungata verso ovest, con l'intento di proteggere altri tratti della passeggiata-strada; ma probabilmente ancora prima saranno gettati massi di protezione nel tratto immediatamente ad est della piazza, ove si stanno manifestando le maggiori riduzioni dell'ampiezza della spiaggia.

In un futuro non lontanissimo, tutto, o quasi tutto, il tratto di spiaggia antistante la passeggiata a mare, compreso fra la piazza in mare e il promontorio di S. Cristoforo, potrebbe essere sostituito da una lunga scogliera di massi di protezione dalle mareggiate, con una conseguente caduta dei valori ambientali, paesaggistici, turistici ed economici di questa bella baia e quindi dell'intero Monterosso.

La spiaggia antistante il borgo medievale è costituita da sabbie e ghiaie provenienti dal Macigno trasportate dal T. Pastanelli, e da materiali ofiolitici e calcarei arrivati per deriva litoranea dalla spiaggia di Fegina, che un tempo sorpassavano il promontorio di S. Cristoforo.

Oggi tale spiaggia è in arretramento, sia pure in maniera più blanda rispetto a quella di Fegina, poiché sono venuti a mancare i rifornimenti da ovest dopo la costruzione del molo di attracco delle imbarcazioni al piede del promontorio di S. Cristoforo, ed in seguito al fatto che la stessa spiaggia di Fegina, come detto, è in erosione.

La crisi di questa spiaggia è stata segnalata alle autorità competenti, le quali hanno costruito una scogliera parallela al litorale, con due varchi alle estremità, che però non risolve il problema della diminuzione del ripascimento naturale storico di questo arenile.

BIBLIOGRAFIA

Abbate, E. 1969. Geologia delle Cinque Terre e dell'entroterra di Levante (Liguria Orientale). *Mem. Soc. Geol. It. ,* 8: 923-1014.

Cortemiglia, G.C. & R. Terranova. 1969. La geologia marina delle Cinque Terre. *Argomenti,* 5/3: 142-156.

De Stefanis, A., M. Marini, R. Terranova, G. Canepa, M. Carli, G. De Luigi & M. Giorgi. 1978. Due esempi di analisi geomorfologica di dettaglio sui Promontori di Portofino e del Mesco della costa ligure. *Mem. Soc. Geol. It.,* 19: 153-160.

Fanucci, F., G. Fierro, J.P. Rehault & R. Terranova. 1974. Le plateau Continental de la Mer Ligure de Portofino a la Spezia: étude structurale et évolution plioquaternaire. *C.R. Acad. Se. Paris,* t. 279: 1151-1154.

Limoncelli, B. & M. Marini. 1969. Indagine sulle risorse paesaggistiche e sulle aree verdi della fascia costiera ligure - Ricerca geomorfologica, *istituto di Architettura e Tecnica Urbanistica. Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova.*

Terranova, R. 1984. Aspetti geomorfologici e geologico-ambientali delle Cinque Terre: rapporti con le opere umane (Liguria orientale). *Studi e Ricerche di Geografia,* VII/1: 39-90.

Terranova, R. 1987. Atti della Riunione e guida alle Escursioni del Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia. Sestri Levante 22-25 giugno 1987. *Quad. Ist. Geol. Univ. Genova,* 8/5: 109-319.

Terranova, R. 1989. Il paesaggio costiero agrario terrazzato delle Cinque Terre in Liguria. *Studi e Ricerche dì Geografia,* XII/1: 1-58.

Verbas, C. 1978. Le Cinque Terre. *Studi e Ricerche di Geografìa,* fase, unico: 17-114.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L
Alassio, 4-6 Novembre 1992 da
pag. 253 a pag. 263

ZOOPLANKTON STRUCTURE IN AN OXBOW OF THE PO RTVER (LOMBARDY: NORTHERN ITALY)

Raul PRIMICERIO, Anna OCCHIPINTI AMBROGI* e Ireneo FERRARI**

Sezione Ecologia, Dipartimento di Genetica e Microbiologia e Centro Interuniversitario di Ecologia delle Acque Interne, Università di Pavia.
*Present address: Dipartimento Scienze Ambientali, Università di Venezia.
**Istituto di Ecologia, Università di Parma.

RIASSUNTO

E' stata studiata l'evoluzione stagionale dello stato trofico e della struttura zooplanctonica in una lanca del fiume Po ad elevato grado di trofia. I campionamenti per lo studio del plancton e dei principali fattori chimici sono stati eseguiti dal marzo 1989 al luglio 1990 in tre stazioni. La clorofilla-a mostra elevate concentrazioni con picchi oltre i 100 µg/l che si verificano più volte nel periodo da febbraio ad ottobre. Lo zooplancton è costituito prevalentemente da forme di piccole dimensioni, soprattutto da rotiferi (oltre 12000 ind./l in aprile 1989), dal cladocero *Bosmina longirostris* (densità massima 87 ind./l) e da nauplii di ciclopoidi (densità massima 147 ind./l). In estate, quando le macrofite presenti raggiungono il massimo grado di ricoprimento, si osserva una marcata diminuzione dei valori di clorofilla-a e delle densità zooplanctoniche.

SUMMARY

The seasonal evolution of water trophic state and zooplankton structure in an eutrophic oxbow of the Po River was investigated. Samples of water for chemical analyses and zooplankton were collected from March 1989 to July 1990 at three stations. Chlorophyll-a attained very high concentrations (with a number of peaks over 100 µg/1) throughout the entire phytoplankton growing season, from February to October. The zooplankton was dominated by small-bodied forms, mainly represented by rotifers (over 12000 ind./l in April 1989), the cladoceran *Bosmina longirostris* (maximum density 87 ind./l) and cyclopoid nauplii (maximum density 147 ind./l). A significant decrease in both chlorophyll-a content and zooplankton density was observed in summer when the macrophyte cover reached its maximum.

1. INTRODUCTION

This paper summarizes the results of a research on the seasonal succession of zooplankton in an oxbow, locally called Chiappo, located in the middle stretch of the Po River, inside the Ticino Park. Samples were carried out monthly from March 1989 to July 1990 at three fixed stations. The research is a part of a project of investigations on the marginal riverine ecosystems of the Po Plain. Previous investigations on the Chiappo oxbow were carried out since March 1988, with special attention to hydrochemistry (Arlotti & Occhipinti Ambrogi, 1990), phytoplankton production (Occhipinti Ambrogi & Arlotti, 1992), and macrophyte, macrozoobenthos and fish fauna composition and distribution (Arlotti et al., 1991; Caravaggi et al., 1993).

2. THE STUDY SITE

The Chiappo oxbow is a small body of water with a surface less than 1 ha; its main axis (approximately 300 m) is running cast-west and its average depth is about 1 m with significant seasonal changes. It receives a remarkable nutrient load from two tributaries draining waters refluent from a small village and from the neighbouring cultivated land, principally from maize and rice fields. Water flows out of the oxbow at its eastern side into the Po River. Nevertheless, water renewal rate in the oxbow is quite low. The basin is bordered by a *Phragmites australis* belt. From 1988 to 1990 the floating leaves of *Nuphar luteum* have been progressively spreading from the eastern area to the central and western areas.

A rich fish community including tench, carp, perch, pike and other species typical of lentic waters has been observed.

3. MATERIALS AND METHODS

The three fixed stations in the oxbow were located lo the cast, in the centre and to the west and were called "Est" , "Centro" and "Ovest" respectively. Zooplankton samples were collected at each station by filtering 150 1 of water through a 15 l capacity Patalas trap equipped with 50 µm mesh net. In December and January a thick layer of ice covered the pond and zooplankton samples were collected only from the station "Est", after breaking the ice with a pickaxe.

Pluviometric data recorded at a meteorological station located inside the Ticino Park were taken into account. At each sampling date, from both surface and near-bottom layers water temperature and pH were measured and concentrations of dissolved oxygen, dissolved inorganic nitrogen, orthophosphate phosphorus, reactive silica and phytoplankton chlorophyll-a were determined following the methods illustrated by Arlotti & Occhipinti Ambrogi (1990) and Occhipinti Ambrogi & Arlotti (1992).

Zooplankton counting was made on rotifers, cladocerans and copepods, identified at the genus and species level. Diversity index according to Shannon & Weaver (1949) and dominance index according to Simpson (1949) were calculated for rotifer taxocoenosis. A multivariate gradient analysis (Detrended Canonical Correspondence Analysis) was applied lo zooplankton species densities and lo abiotic variables (precipitations, temperature, pH, dissolved oxygen, $N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_2$, N-NO, , $P\text{-}PO_4$ and SiO_2) for different sampling stations and dates. Data were processed using the FORTRAN program "CANOCO"' for statistical analysis (Ter Braak, 1987; Ter Braak & Prentice, 1988).

4. RESULTS

4.1. Hydrochemislry and trophic state

Pluviometric data over the whole sampling period are given in Fig. 1. The variations in dissolved oxygen, $N\text{-}NO_3$, $P\text{-}PO_4$ and phytoplanklon chlorophyll-a contents are indicative of highly eutrophic conditions (Fig. 2, Fig. 3). Very high concentrations of nutrients, with maxima in summer-autumn for nitrates and in spring for reactive phosphorus, can be noted. Chlorophyll-a presented its maximum content (360.5 µg/l) in February and a sharp decrease in summer, coupled with reduced values in the concentration of dissolved oxygen, probably due lo the large cover of macrophytes and related decomposition processes during this season.

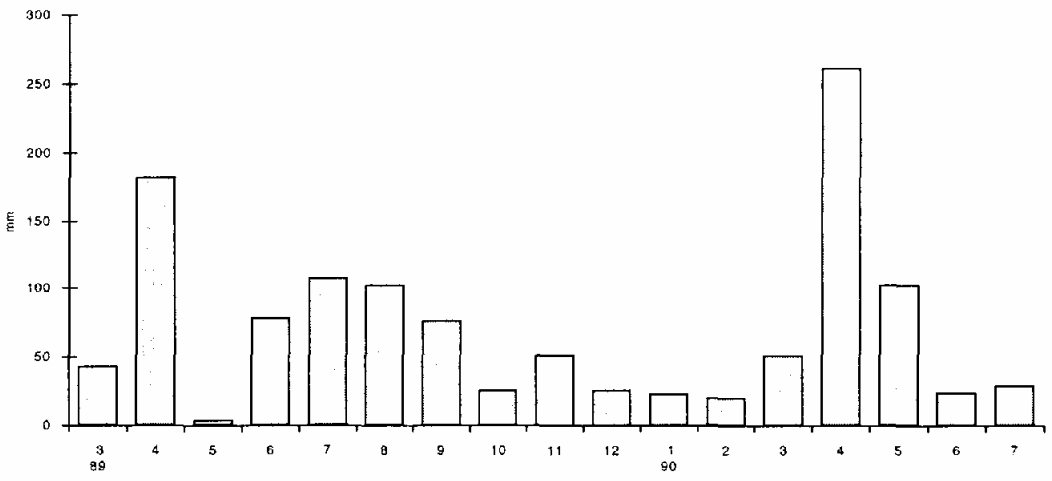


Fig. 1 - Monthly precipitation values recorded near the oxbow over the entire period of research.

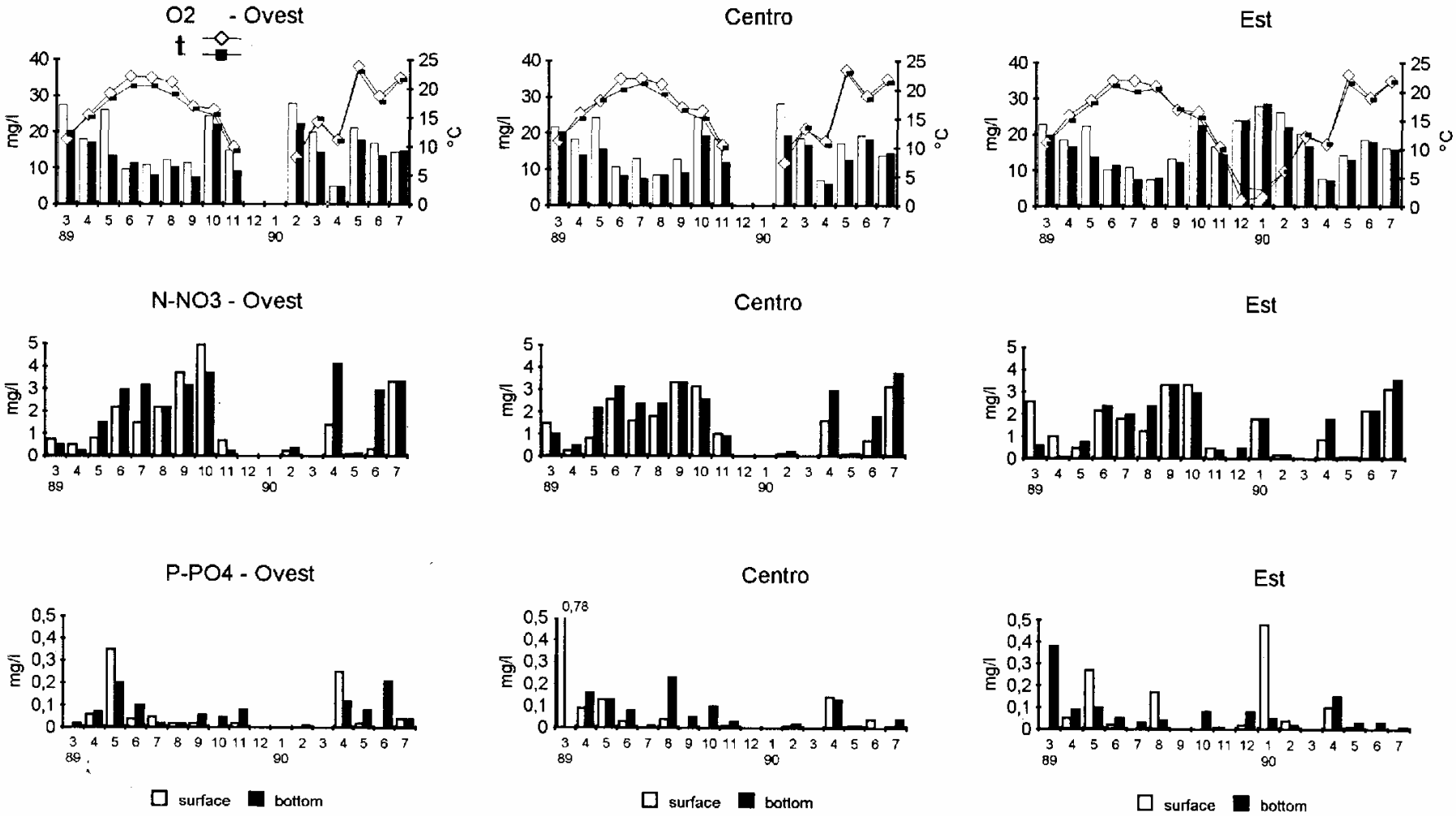


Fig. 2 - Seasonal changes in temperature and dissolved oxygen, nitrate and orthophosphate concentrations at the three sampling stations of the oxbow.

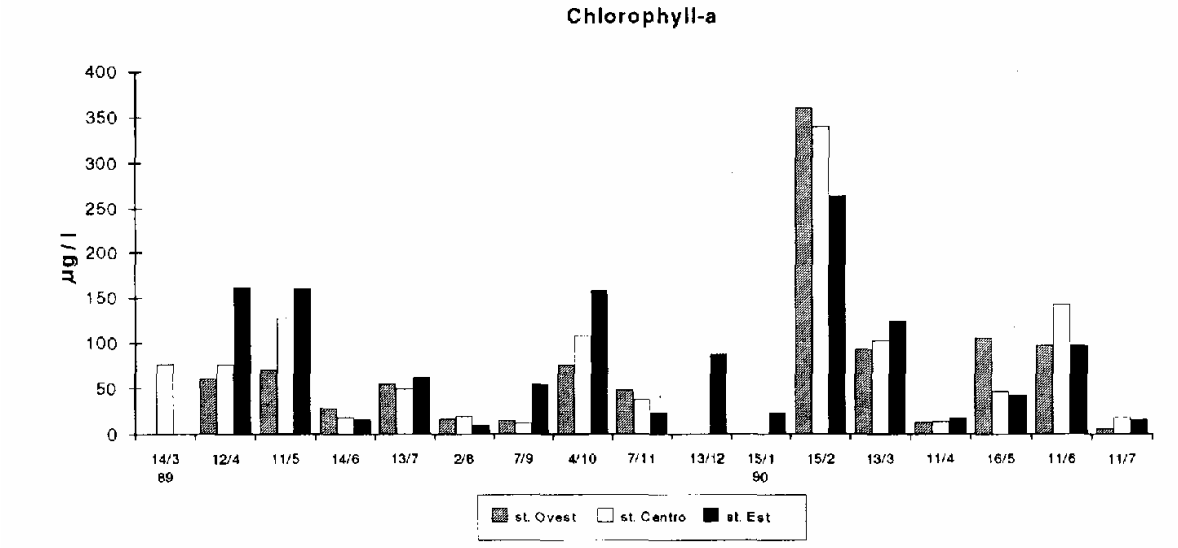


Fig. 3 - Concentration of phytoplankton chlorophyll *a* at the three sampling stations of the oxbow.

4.2 Zooplankton -

At least 39 taxa of rotifers and 4 species of cladocerans were found; all the copepod adults belonged lo the genus *Acanthocyclops* (Tab. 1).

The seasonal trends in zooplankton density were similar in the three stations. The highest values of total density were observed in spring of both years (Fig. 4), with a peak of 12362 ind./l in May 1989 at station "Ovest". A sharp decline in abundance occurred in August 1989, followed by a temporary increase in September. Zooplankton densities of over 1000 ind./l were noted in December 1989 and January 1990 in spite of the ice cover.

Rotifers were the most abundant group. They were almost exclusively represented by microfilter-feeding forms. The density of the raptorial *Asplanchna* was rather low: its maximum value was about 20 ind./l in May. The highest density was reached by *Keratelia cochlearis* (more than 10,000 ind./l in May 1989 and April 1990 at station "Ovest"). The succession of the dominant species was similar at the three stations; as an example, in Fig. 5 the succession observed at station "Est" is shown. *Keratelia cochlearis* dominated the community from autumn lo spring with the only exception of February and March when a cold stenothermal population of *Filinia* reached its maximum density. From late spring to summer the most important species were *Keratelia cochlearis tecta, Brachionus angularis, Polyarthra* and *Synchaeta.*

The cladoccran dominant species was *Bosmina longirostris,* with a maximum density in June 1989 at station "Ovest" (87 ind./l). The other species appeared only sporadically. No cladoceran was found in winter.

ROTIFERA	*L. (M.) bulla* (Gosse)
Bdelloidea	*Lecane (M.) closterocerca* (Schmarda)
Brachionus angularis Gosse	*Lecane (M.)* sp.
B. budapestinensis Daday	*Monommata longiseta* (O.F. Müller)
B. calyciflorus Pallas	*Cephalodella* sp.
B. patulus (O.F. Müller)	*Trichocerca pusilla* (Lauterborn)
B. quadridentatus Hermann	*Trichocerca* sp.
B. urceolaris (O.F. Müller)	*Asplanchna* sp.
Keratella cochlearis (Gosse)	*Polyarthra* sp.
K. cochlearis tecta (Lauterborn)	*Synchaeta* sp.
K. quadrata (O.F. Müller)	*Testudinella patina* (Hermann)
K. tropica (Apstein)	*Testudinella* sp.
Notholca acuminata (Ehrenberg)	*Filinia* gr. *cornuta-brachiata*
N. squamula (O.F. Müller)	*Filinia* gr. *longiseta-terminalis*
Anuraeopsis fissa (Gosse)	
Euchlanis sp.	CLADOCERA
Mytilina sp.	*Bosmina longirostris* (O.F. Müller)
Trichotria pocillum (O.F. Müller)	*Scapholeberis* sp.
Colurella sp.	*Chidorus sphaericus* (O.F. Müller)
Lepadella acuminata (Ehrenberg)	*Alona rectangula* Sars
Lepadella sp.	
Lecane flexilis (Gosse)	COPEPODA
L. luna (O.F. Müller)	*Acanthocyclops* sp.
L. (Monostyla) hamata (Stokes)	

Table 1. - List of the zooplankton taxa found in the oxbow.

Calanoids were never observed; all copepods were cyclopoids. Adult individuals were somewhat rare, maximum density being 4 ind./l in spring 1990. Nauplii were more frequent: their maximum density was 147 ind./l at station "Est".

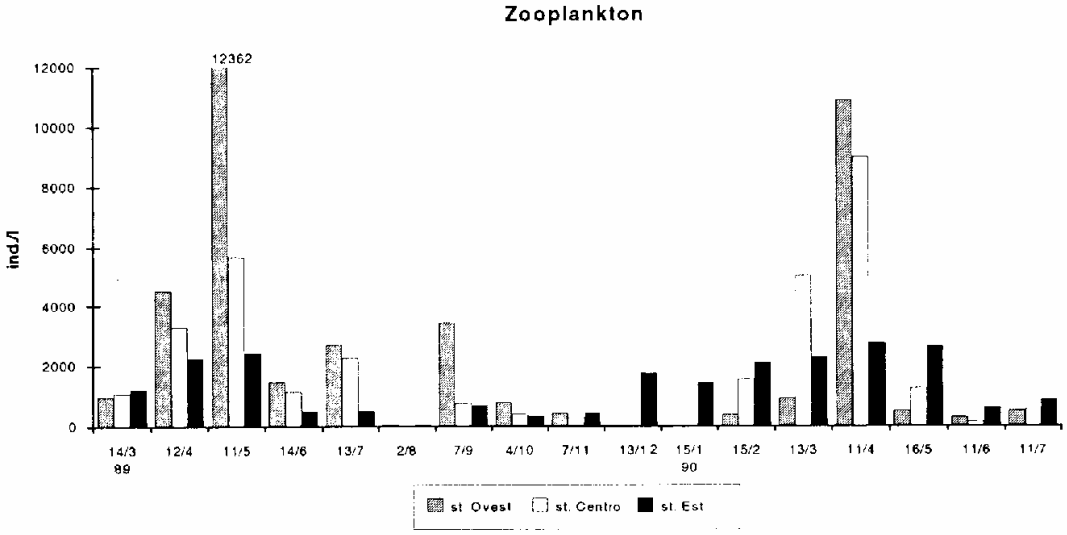


Fig. 4 - Seasonal change in zooplankton abundance at the three sampling stations of the oxbow.

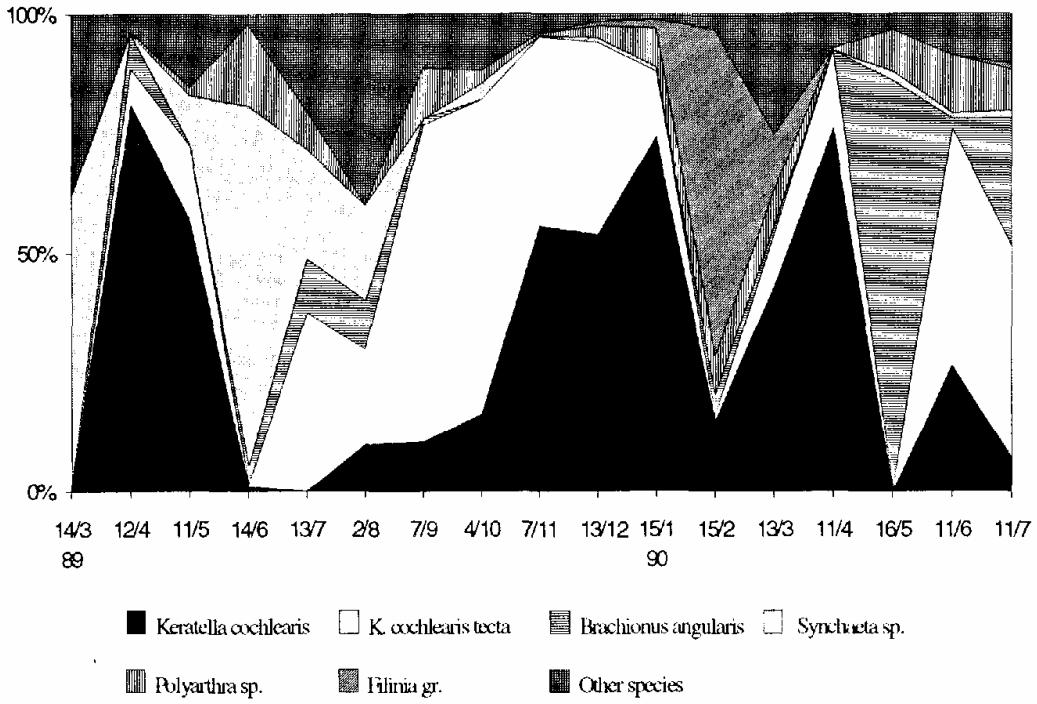


Fig. 5 - Percentage abundance of the rotifer dominant species on the total taxocoenosis at station "Est".

Rotifer diversity was at its maximum in summer; the low values of diversity observed in spring coincided with the strong dominance of *Keratella cochlearis* (Fig. 6).

The multivariate gradient analysis carried out on the pooled data from the three stations (Fig. 7) shows the first axis (45.2% of the variance) mainly associated with the nutrient contents (correlation with N-NO2, r=0.684). The second axis seems to be affected by seasonality (correlation with temperature, r =0.532).

The same multivariate analysis technique carried out separetely on the data from the single stations shows an interesting gradient along the major axis (cast-west). At station "Ovest" the first axis (40.1% of the variance) is strictly correlated with precipitation (r=0.543) and nutrient content (in particular with P-PO4, r=0.620). There is an obvious causal relationship between these factors in that the increase in precipitation enhances the nutrient load entering through the tributary canals. At stations "Centro" and "Est" the effects of precipitations and nutrient concentrations appear to be slighter. At station "Est" the first axis (29.4% of the variance) is highly correlated with temperature (r=0.532).

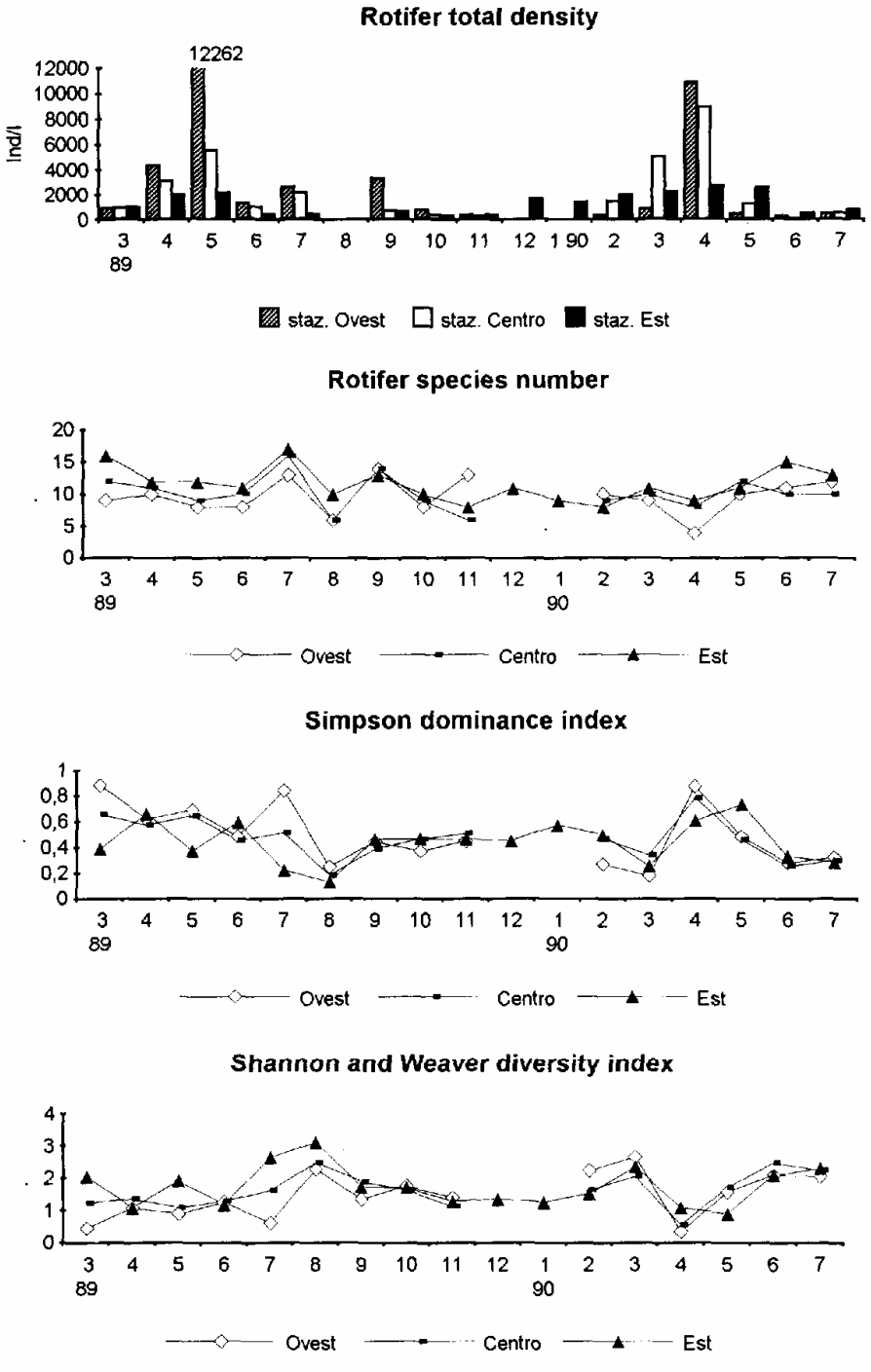


Figure 6 -Structural index applyied to the rotifers species counts at the three sampling stations.

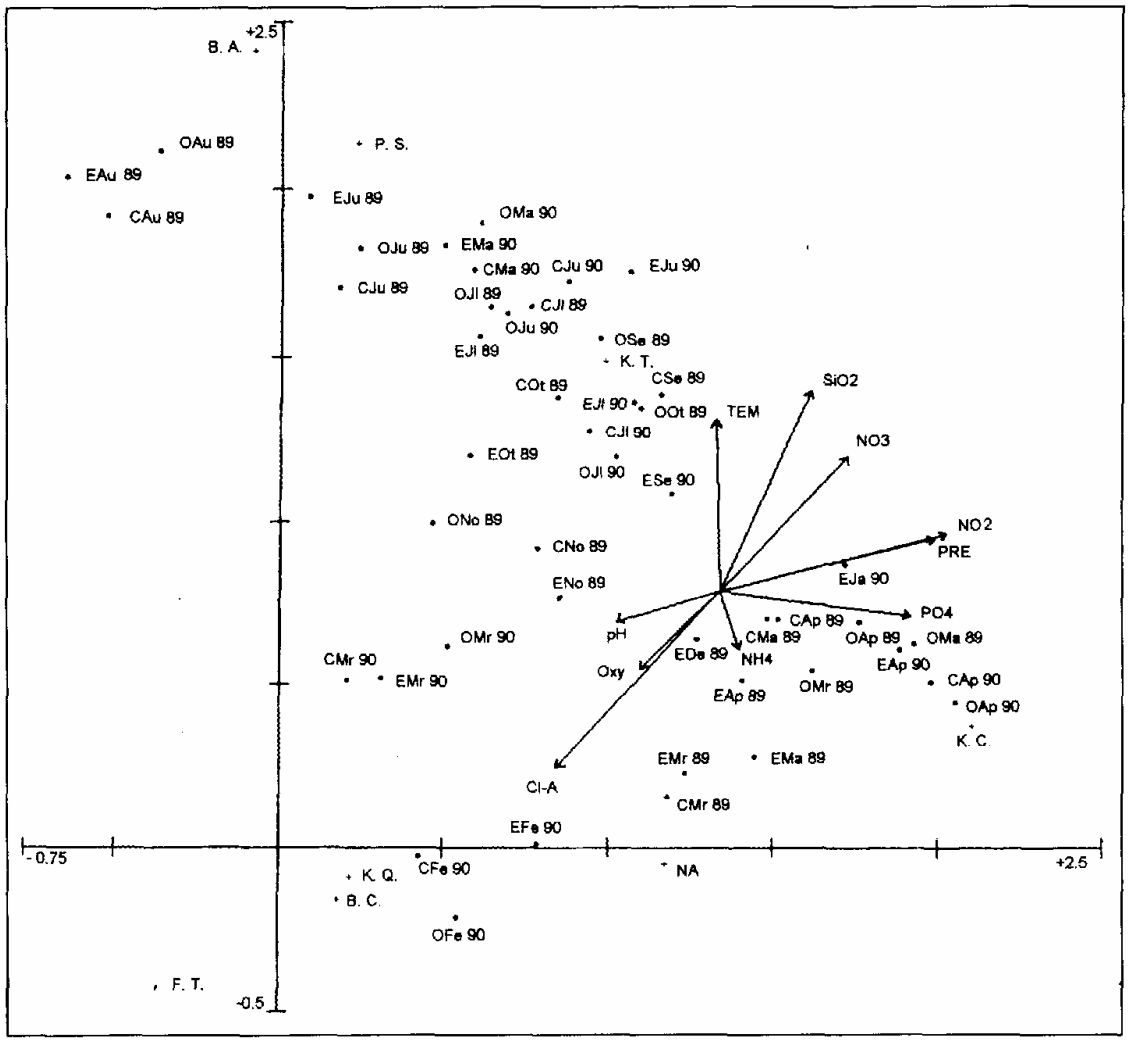


Fig. 7 - Multivariate gradient analysis of the pooled data from the three stations. Abbreviation taxa (marked +): B. A.=*Brachionus angularis*, B. C.=*Brachionus calyciflorus*, K. C.=*Keratella cochlearis*, K. T.=*K. cochlearis tecta*, K. Q.=*K. quadrata*, P. S.=*Polyarthra* sp., F. T.=*Filinia* gr., NA. =Nauplii of cyclopoids. Abbreviation samples (marked): E= Est, C= Centro, O= Ovest - Ja=January Fe=February, Mr=March, Ap=April, Ma=May,Ju=June, Jl=July, Au=August, Se=September, Ot=October, No=November, De=December - 89=1989, 90=1990 (e.g. EAu89= station Est, August 1989). Abbreviation environmental variables (associated to arrows): TEM=water temperature, Oxy=dissolved oxygen, pH=pH, Cl -A-=Chlorophyll *a*, PRE=precipitations, NO2=N-NO2, NO3=N-NO3, NH4=N-NH4, PO4=P-PO4, SiO2=SiO2.

5. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The elevated trophism of the oxbow is witnessed by the high nutrient concentrations and high phytoplankton and macrophyte biomass. Zooplankton is dominated by microfilter feeders: rotifers, small-sized cladocerans and juveniles of copepods. This

community structure is typical of eutrophic, shallow water bodies of the Po Plain, e.g. river side arms, irrigation canals, fish ponds, etc. (Ferrari et al., 1984,1991; Viaroli et al. , 1994). Zooplankton in the Chiappo oxbow shows indeed a peculiar feature, i.e. the complete absence of the macrofiltrator component represented by calanoids and *Daphnia.* Different factors can be involved in determining the simplified trophic structure, firstly the role of size-selective predation by fish or insects in reducing and eliminating the macrofiltrators (Brooks & Dodson, 1965; Carpenter et al., 1985); on the other hand, predators like *Asplanchna* or adult cyclopoids, which could significantily contain the abundance of microfilter feeding forms (Williamson & Gilbert, 1980), have a quite negligible density.

According lo Hillbricht-Ilkowska (1977), the overwhelming dominance of microfiltrators can be related with the sharp prevalence, usually occurring in eutrophic waters, of the detritus chain over the grazing "channel" of energy transfer from primary producers lo consumers. The large macrophyte biomass in the oxbow strengthens this effect, contributing lo produce a food suspension for zooplankton mainly consisting of small bacterial-detritus aggregates, which are effectively ingested and assimilated by microconsumers. In spite of the dominance of small-sized zooplankters, the hypothesis of a significant control of these organisms on phytoplankton biomass in the oxbow does not seem lo be groundless: an inverse relationship between chlorophyll-a content and zooplanklon total density can be observed for the last period of the sampling campaign, from February lo July 1990.

The analysis of seasonal changes in rotifer species densities showed a succession with a winter-spring phase dominated by *Filinia* sp. and *Keratella cochlearis* followed by a spring-summer phase with a clear dominance of other brachionid species, in particular *Keratella cochlearis tecta* and *Brachionus angularis.* The well known successional trend of *Keratella,* from a morph with a long spine to a morph without spine in relation lo the increase in both water temperature and trophic degree (Rutner-Kolisko, 1974), was formerly observed in other shallow waters of the Po Plain (Ferrari et al., 1991). The abrupt drop in zooplankton abundance in August 1990 was closely associated to a significant decrease in chlorophyll-a content; this temporary depression of the plankton compartment may be related with the harsh conditions brought about by decomposition of the large amount of macrophyte biomass.

Acknowledgements

Thanks are due to Mr, E. Ramaioli (Metereological Station of Cura Carpignano, Pavia) for the pluviometric data.

REFERENCES

Arlotti, D. & A. Occhipinti Ambrogi. 1990. Ricerche ecologiche in ecosistemi stagnali lombardi: dinamica chimico-fisica di una lanca di Po. *Riv. Idrobiol., 29:* 563-585.

Arlotti, D, G. Caravaggi, A. Occhipinti Ambrogi, C. Fez/otta & C. Sacchi, 1991. Fattori chimico-fisici e popolamento macrobentonico in una lanca di Po. IRSA (1991) Atti del Convegno "La qualità delle acque del fiume Po negli anni '90", Ferrara 18-20 aprile 1991. *Quad. Ist. Ric. Acque,* 92: SP/ 29.1-SP/29.4.

Brooks, J. L. & S. I. Dodson. 1965. Predation body size and composition of plankton. *Science,* 150: 28-35.

Caravaggi, G., A. Occhipinti & C. Pezzotta. 1993. Dinamica dei popolamenti macrobentonici su diversi substrati vegetali in una lanca di Po. *Mem. Soc. Tic. Sci. Nat.,* 4:205-217.

Carpenter, S. R., J. F. Kitchell & J. R. Hodgson. 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity. *Bioscience,* 35: 634-639.

Ferrari, I., A. De Marchi, P. Menozzi, F. Minzoni & F. Piccoli. 1984. Heleoplankton seasonal succession in an experimental ricefield in Northern Italy. *Verh. Internat. Verein. Limnol,* 22: 1711-1716.

Ferrari, I., A. Farabegoli, A. Pugnetti & E. Stella. 1991. The occurrence of a calanoid Australasian species *Boeckella triarticulata* (Thomson), in fish ponds of Northern Italy. *Verh. Internal. Verein. Limnol.,* 24: 2822-2827.

Hillbricht-Ilkovska, A. 1977. Trophic relations and energy flow in pelagic plankton. *Pol. ecol.Stud.,3,(l):3-98.*

Occhipinti Ambrogi, A. & D. Arlotti. 1992. Stato trofico di un ecosistema stagnale pavese: produzione primaria e nutrienti in soluzione. Atti IX Congresso A.I.O.L., S. Margherita Ligure, novembre 1990: 105-118.

Ruttner-Kolisko, A. 1974. *Plankton rotifers. Biology and taxonomy.* Die Binnengewasser, 26, 1. Stuttgart, 146 pp.

Shannon, C. E. & W. Weaver. 1949. *The Mathematical theory of communication.* Urbana, Univers. of Illinois Press, 117 pp.

Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature,* 163: 688.

Ter Braak, C.J.F. 1987. *CANOCO - a FORTRAN Program far Canonical Community Ordination by [Partial] [Detrended] [Canonical] Correspondence Analysis, Principal Componente Analysis and Redundancy Analysis (Version 2.1).* Agriculture Mathematics Group, Wageningen.

Ter Braak, C.J.F & I.C. Prentice. 1988. A theory of gradient analysis. *Adv. Ecol. Res.,* 18:271-317.

Viaroli, P., C. Bondavalli, G. Giordani, G. Paris & G. Rossetti. 1994. Ricerche idrobiologiche in un bacino artificiale della golena del Po (Isola Gerola, Piacenza). Atti X Congresso A.I.O.L., Alassio, novembre 1992 (in this volume).

Williamson, C. E. & J.J. Gilbert. 1980. Variation among zooplankton predators: the potential of *Asplanchna, Mesocydops,* and *Cyclops* to attack, capture and cat various rotifer prey. In: W. C. Kerfoot (Ed.) *Evolution and Ecology of Zooplankton Communities.* Univ. Press New England: 509-517.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 265 a. pag. 276

RICERCHE IDROBIOLOGICHE IN UN BACINO ARTIFICIALE DELLA GOLENA DEL PO (ISOLA GIAROLA, PIACENZA)

Pierluigi VIAROLI, Castina BONDAVALLI, Gianmarco GIORDANI, Gianmarco PARIS e Giampaolo ROSSETTI

Istituto di Ecologia, Università di Parma, Viale delle Scienze, 43100 Parma

SUMMARY

During the last years sand quarrying along the Po River originated a great number of artificial lakes. One of these new-formed basins (Lake of Isola Giarola) was investigated. Water samples for chemical analyses as well as phytoplankton and zooplankton samples were collected monthly from September 1991 to September 1992. The high trophism was witnessed by particularly high nitrate concentrations; total phosphorus highest concentrations were recorded after river floods. The effects of inflow from the river on lake's hydrochemistry were also indicated by fluctuations in ion concentration: conductivity values, which were usually ranging between 500 and 750 µS cm^{-1}, fell below 350 µS cm^{-1} after floods. Dissolved oxygen concentrations were rather low in deep waters during summer: a considerable oxygen deficit also persisted during the autumn overturn water. Plankton composition was typical of shallow eutrophic waters; it appeared to be highly diversified and strongly structured, in spite of the disturbance represented by floods and resuspension of sediments due to sand quarrying.

1. INTRODUZIONE

Gli ambienti acquatici marginali costituiscono elementi peculiari del paesaggio fluviale. Si tratta di zone umide temporanee e di corpi d'acqua permanenti idonei alla riproduzione di numerose specie ittiche e alla nidificazione dell'avifauna palustre (Heckman, 1984). L'elevata diversità biologica propria di questi ambienti è una risorsa che rischia di essere compromessa dall'eccessiva regimazione dell'alveo fluviale e dall'estendersi ed intensificarsi di azioni di disturbo antropico. Negli ultimi anni un notevole sforzo di ricerca è stato rivolto alle questioni di gestione e conservazione delle /.one umide e dei corpi d'acqua marginali; con particolare attenzione si è indagato sul loro ruolo nella regolazione degli scambi tra il bacino scolante e il corso d'acqua come recettore terminale (Howard-Williams, 1986; Wetzel, 1991; Osborne & Kovacic, 1993).

Gli ambienti marginali del Po conservano frequentemente un rilevante valore naturalistico (Sacchi et al., 1991) ma in generale si connotano per un grave stato di compromissione dovuto all'incidenza ed estensione delle attività umane. I problemi di gestione si presentano quanto mai complessi, anche perché non esiste una solida tradizione di ricerche ecologiche. Ci occupiamo qui di un caso particolare che riguarda i corpi d'acqua che nelle golene del tratto medio del Po sono andati recentemente formandosi su cave di sabbia dismesse e non ritombate. Si tratta per lo più di laghi di dimensioni considerevoli (la profondità massima può raggiungere i 10 m) che sono periodicamente sommersi dalle piene del fiume. Il caso ci sembra significativo perché

investe contemporaneamente problemi di ricerca e problemi dì recupero e ricostruzione di ambienti degradati, per i quali mancano del tutto conoscenze di base che consentano di programmarne la gestione in rapporto alle possibili destinazioni d'uso.

Presentiamo i risultati del primo anno di una ricerca condotta su uno di questi bacini artificiali, il Lago di Isola Giarola (Piacenza). Lo studio, iniziato nel settembre 1991, è tuttora in corso con gli obiettivi di stimare le variazioni di stato trofico del sistema acquatico, fornire un primo quadro di conoscenze sui processi correlati al ciclo dei nutrienti e analizzare la struttura e la successione stagionale dei popolamenti planctonici.

2. MATERIALI E METODI

Il Lago artificiale di Isola Giarola è situato nella golena del Po ai confini tra le provincie di Parma e Piacenza. Il bacino, formato in una cava di sabbia tuttora coltivata nella parte più meridionale, è periodicamente alimentato dalle piene del Po e dalle acque particolarmente inquinate del Cavo Fontana. L'incile del lago è posto alla quota di 29.3 m s.l.m. alla quale corrispondono attualmente una profondità massima di circa 10 m, una superficie di circa 7 ha ed un volume di circa 250000 m^3 (Fig. 1). Il "piano di campagna" si trova ad una quota compresa tra i 32 e i 34 m s.l.m. e può essere completamente sommerso dalle acque del fiume.

Dal settembre 1991 al settembre 1992 sono stati effettuati al lago nove sopralluoghi, durante i quali sono stati raccolti campioni d'acqua per le analisi chimiche a diverse quote batimetriche da una stazione fissa, localizzata in corrispondenza della massima profondità. In questa nota sono illustrate le sequenze temporali dei principali parametri idrochimici relativamente alle quote batimetriche di 2, 4 e 8 m. Sono stati analizzati anche campioni d'acqua prelevati in superficie nel Cavo Fontana e nel Po (Fig. 1). Su ciascun campione sono stati determinati: pH, conducibilità, alcalinità (Rodier, 1984), ossigeno disciolto (APHA, 1975), azoto nitrico (Rodier, 1984), nitroso (APRA, 1975), ammoniacale (Koroleff, 1970), fosforo disciolto e particellato (Valderrama, 1981), solfati (Liberti, 1972), cloruri (Florence & Farrar, 1971), calcio, magnesio e sodio (Philips PU 7450 ICP), potassio (AAS - Perkin Elmer 303) e clorofilla-a (APHA, 1975). Inoltre ad ogni sopralluogo sul lago sono state determinate la temperatura alle diverse profondità con Thermistor Idronaut e la trasparenza con disco di Secchi.

Dalla stazione fissa del lago ad ogni sopralluogo sono stati prelevati anche campioni per l'analisi del fitoplancton e dello zooplancton. Per lo studio del fitoplancton campioni di 100 mi d'acqua, raccolti con bottiglia di Ruttner a varie quote batimetriche e immediatamente fissati con soluzione di Lugol acetico, in laboratorio sono stati integrati in un unico campione su cui si è poi proceduto al conteggio con microscopio invertito secondo Utermöhl (1958). I biovolumi sono stati calcolati approssimando la morfologia delle cellule algali alle forme di solidi geometrici seguendo le raccomandazioni di Rott (1981). Ci limitiamo qui a presentare i risultati dei conteggi del fitoplancton per due date di campionamento, il 25 settembre 1991 e il 24 luglio 1992.

I campioni di zooplancton sono stati raccolti mediante una rete ad apertura di maglia di 50 l4.m trainata sulla verticale dalla profondità massima alla superficie. Immediatamente dopo il prelievo i campioni sono stati fissati con formalina neutra. Il conteggio è stato fatto al microscopio ottico su un numero variabile di subcampioni estratti dal campione originale portato a volume noto con pipetta di Stempel da 1 ml. Si è proceduto alla classificazione, per lo più a livello di specie, per Rotiferi, Cladoceri e Copepodi. Le specie di Copepodi Ciclopoidi sono state classificate solo su individui adulti.

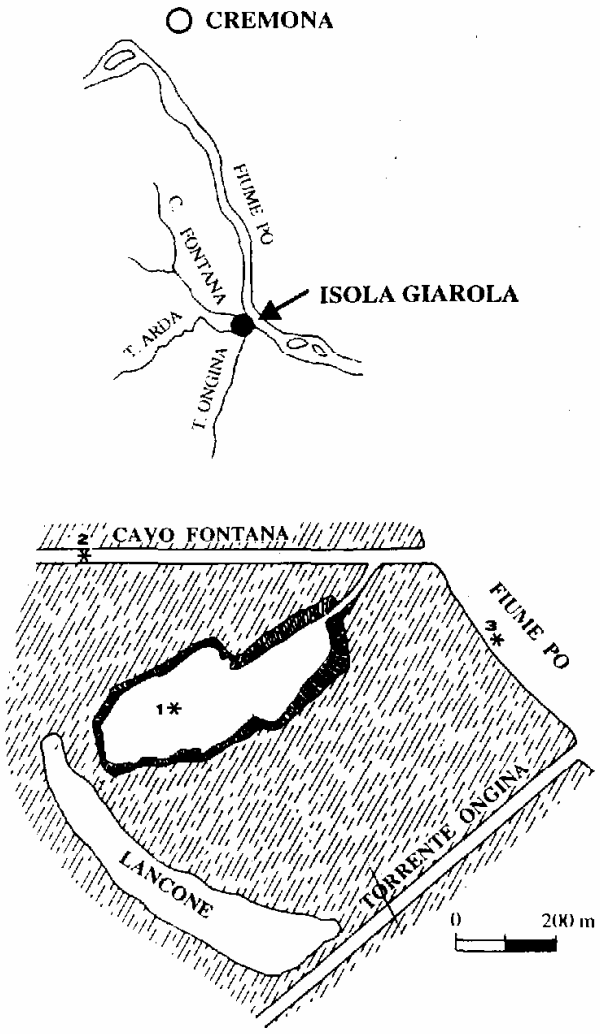


Fig. 1 - Mappa del Lago artificiale di Isola Giarola e dell'area oggetto dell'indagine: sono indicate le stazioni di campionamento.

3. RISULTATI 3.1. Idrochimica

In settembre 1991, si ha una debole stratificazione termica con una differenza di soli 2 °C tra l'acqua di superficie e quella di massima profondità; il deficit di ossigeno è piuttosto accentuato da -4 m al fondo; modeste sono le concentrazioni sia del fosforo disciolto e particellato che della clorofilla-a (Fig. 2). Ai primi di novembre le acque sono in piena circolazione ma il deficit di ossigeno permane sul 50% su tutta la colonna; sono evidenti alcuni effetti del rialzo di portata del fiume, in particolare una netta diminuzione della conducibilità e un significativo aumento del fosforo disciolto e particellato e

dell'azoto ammoniacale. D'inverno è stata osservata inversione termica dovuta probabilmente all'infiltrazione di acque di falda più calde: all'interfaccia acqua-sedimento si instaurano condizioni riducenti con elevate concentrazioni di azoto ammoniacale (Fig. 2).

Nella stagione di crescita delle alghe si sono avuti due distinti picchi di clorofilla-a (20 $\mu g\ l^{-1}$ in marzo e 55 $\mu g\ l^{-1}$ in luglio); il picco estivo è stato riscontrato poche settimane dopo la piena di giugno, in corrispondenza della quale si possono osservare un aumento rilevantissimo di nutrienti (sia azoto che fosforo) e una sensibile caduta della conducibilità. Il contenuto di clorofilla-a resta alto anche agli inizi di settembre 1992; in questa occasione sono molto basse le concentrazioni di fosforo disciolto e nitrati, resta sensibilmente alta quella dell'azoto ammoniacale e il deficit di ossigeno è rilevante su tutta la colonna (Fig. 2).

Le acque del bacino presentano mediamente un'elevata forza ionica, con conducibilità comprese tra 250 e 750 $\mu S\ cm^{-1}$. La composizione media dello spettro ionico dell'acqua del lago non è significativamente diversa da quella dei corsi d'acqua contigui. Tra i cationi prevalgono calcio e magnesio, tra gli anioni bicarbonati e carbonati (Tab. 1).

L'idrochimica del lago risente in larga misura delle variazioni di portata del Po e dei carichi inquinanti veicolati sia dal Po che dal Cavo Fontana (Fig. 3). Nella fase iniziale delle piene del Po, le acque fortemente arricchite del Cavo Fontana non defluiscono al fiume e si riversano nella cuvetta lacustre. Ciò rende conto del vistoso incremento delle concentrazioni di nutrienti che si ha nel lago in corrispondenza di rialzi

Tab. 1 - Composizione dello spettro ionico osservata in novembre 1991, durante la piena circolazione autunnale del lago.

		F. Po	C. Fontana	Lago
Conducibilità	($\mu S\ cm^{-1}$)	361	873	312
pH		7.89	7.86	7.82
Somma anioni	($meq\ L^{-1}$)	3.82	8.29	3.62
Bicarbonato	(%)	62.29	78.85	73.40
Solfato	(%)	14.92	7.96	16.93
Cloruro	(%)	9.60	12.24	6.63
Nitrato	(%)	13.19	0.95	3.04
Somma cationi	($meq\ L^{-1}$)	3.61	9.27	3.05
Calcio	(%)	60.56	49.90	63.60
Magnesio	(%)	23.06	23.08	21.97
Sodio	(%)	13.84	20.71	11.48
Potassio	(%)	1.94	4.96	2.46
Ammonio	(%)	0.60	1.35	0.49

rilevanti della portata del fiume. Ma nel caso di piene eccezionali, come quella dell'autunno 1991, le acque del fiume possono sommergere il lago e determinano, in definitiva, una sensibile diluizione delle acque del bacino lacustre, come è evidenziato dalla netta diminuzione della conducibilità.

Fitoplancton

L'elenco dei taxa e i rispettivi valori di densità e biovolume nei due campioni conteggiati sono riportati in Tab. 2. Nel settembre 1991 il biovolume totale è piuttosto modesto (0.240 $mm^3 l^{-1}$) ed è per più della metà sostenuto da Cloroficee, che sono anche il gruppo con il più alto numero di specie. In luglio, in corrispondenza del massimo stagionale di clorofilla-a, sono molto più alti sia il biovolume (3.645 $mm^3 l^{-1}$) che il

Tab. 2 - Densità (cell l^{-1}) e biovolume ($mm^3 l^{-1}$) dei taxa fitoplanctonici identificati nei campioni raccolti nel settembre 1991 e nel luglio 1992.

25.09.1991		
CRISOFICEE		
Chrysochromulina parva LACKEY	22076	0.0045
Dinobryon cilindricum IMHOF	15257	0.0035
Kephyrion sp.	44152	0.0058
CLOROFICEE		
Closterium sp.	7042	0.0035
Coenococcus sp.	198684	0.0080
Crucigenia sp.	198685	0.0681
Oocystis sp.	118119	0.0205
Pediastrum duplex MEYEN	8800	0.0114
CRIPTOFICEE		
Cryptomonas sp.	28166	0.0425
Rhodomonas sp.	11038	0.0016
DINOFICEE		
Ceratium furcoides (LEVANDER) LANGHANS	200	0.0158
Peridinium sp.	700	0.0287
DIATOMEE		
Cyclotella sp.	11038	0.0042
EUGLENOFICEE		
Euglena sp.	1174	0.0055
Trachelomonas sp.	7042	0.0166
TOTALE	672173	0.2404

24.07.1992		
CIANOFICEE		
Anabaena sp.	212270	0.0240
Oscillatoria planctonica WOL.	43833708	1.8591
Snowella sp.	382086	0.0040
CRISOFICEE		
Stichoglea doederleinii (SCHMIDLE) WILLE	84908	0.0174
CLOROFICEE		
Ankistrodesmus sp.	360859	0.0222
Carteria sp.	318405	0.2001
Closterium sp.	6771	0.0211
Coelastrum sp.	1846747	0.1209
Coenococcus sp.	21227	0.0057
Kirchneriella sp.	551901	0.0074
Mougeotia sp.	13541	0.0176
Oocystis sp.	127362	0.0192
Scenedesmus acutus MEYEN	84908	0.0128
Scenedesmus sp.	148589	0.0195
CRIPTOFICEE		
Cryptomonas sp.	212270	0.2001
Rhodomonas minuta SKUJA	42454	0.0060
Rhodomonas sp.	339632	0.0576
DINOFICEE		
Peridinium sp.	20312	0.1441
DIATOMEE		
Cyclotella sp.	785398	0.3701
Synedra acus KÜTZ.	121872	0.0653
EUGLENOFICEE		
Phacus sp.	13541	0.4505
TOTALE	49528761	3.6446

numero totale di specie. A quest'ultimo contribuiscono ancora principalmente le Cloroficee, mentre il biovolume è rappresentato per oltre il 50% dalla cianoficea *Oscillatoria planctonica.*

Zooplancton

Nello zooplancton (Tab. 3) si possono riconoscere tre distinti comparti trofici: macrofiltratori *(Eudiaptomus* sp., *Diaphanosoma brachyurum* e tre specie del genere *Daphnia: D. ambigua, D. galeata* e *D. hyalina),* microfiltratori *(Bosmina longirostris,* gli stadi giovanili di Copepodi e quasi tutte le specie di Rotiferi) e predatori (due specie di Rotiferi del genere *Asplanchna* e tre di Ciclopoidi: *Cyclops vicinus, Acanthocyclops vernalis* e *Thermocyclops crassus).*

Tab. 3 - Elenco dei taxa zooplanctonici identificati nei campioni raccolti dal settembre 1991 al settembre 1992.

ROTIFERI
Bdelloidei
Brachionus angularis
Brachionus diversicornis
Brachionus falcatus
Keratella tropica
Keratella testudo
Keratella gr. *quadrata*
Keratella cochlearis
Keratella cochlearis tecta
Kellicottia longispina
Notholca squamula
Lepadella sp.
Lecane furcata
Lecane gr. *lunaris*
Lecane closterocerca
Cephalodella sp.
Trichocerca spp.
Ascomorpha sp.
Synchaeta spp.
Polyarthra spp.
Asplanchna priodonta
Asplanchna girodi-brightwelli
Pompholyx sulcata
Filinia longiseta-terminalis
Filinia brachiata
Filinia opoliensis
Hexarthra mira
Conochilus sp.
Collotheca sp.
Rotiferi non identificati

CLADOCERI
Diaphanosoma brachyurum
Bosmina longirostris
Ceriodaphnia sp.
Daphnia ambigua
Daphnia galeata
Daphnia hyalina
Moina micrura
Disparalona rostrata

COPEPODI
Cyclops vicinus
Acanthocyclops vernalis
Thermocyclops crassus
Eudiaptomus sp.
Ergasilidae

In tutte le date di campionamento i Rotiferi costituiscono la componente più importante sia come numero di specie che in termini di densità (Fig. 4 A). Da settembre a dicembre si osserva un trend decrescente dell'abbondanza totale; si ha una lenta ripresa alla fine dell'inverno, seguita da un primo picco di densità a metà maggio (641 ind l^{-1}). A fine luglio si riscontra il massimo stagionale di 1186 ind l^{-1}; nel settembre 1992 si osserva un'ulteriore netta contrazione numerica della taxocenosi, che si riporta ai valori di abbondanza del settembre dell'anno precedente. La caduta di densità di line giugno coincide con le alte portate del Po e l'ingressione di acque fluviali nel bacino. Nel

settembre 1991 soltanto *Filinia opoliensis* (48 ind l^{-1}) e *Polyarthra* spp. (48 ind l^{-1}) presentano densità rilevanti; *Polyarthra* continua a essere dominante fino a marzo, con l'eccezione di febbraio, quando è dominante *Synchaeta* con 46 ind l^{-1}. Da maggio a luglio *Keratella cochlearis* e *Keratella cochlearis teda* sono le forme più importanti della taxocenosi; entrambe le specie sono ai loro massimi stagionali alla fine di luglio (rispettivamente con 441 e 396 ind l^{-1})- In questa data sono al loro massimo anche le densità di *Polyarthra* spp. (145 ind H) e di *Pompholyx silicata* (174 ind l^{-1}). Nel settembre 1992 torna ad essere dominante *Synchaeta* con 61 ind l^{-1}. *Asplanchna priodonta* è presente in tutti i campioni esaminati con un massimo di circa 7 ind l^{-1} a metà maggio; *Asplanchna girodi-brightwelli è* stata rinvenuta, ma con abbondanze trascurabili, soltanto in settembre e luglio.

Nei mesi autunnali e invernali la densità totale dei Cladoceri è caratterizzata da valori molto contenuti; dalla primavera si osserva un trend crescente che culmina col massimo stagionale del settembre 1992 (Fig. 4 B). *Bosmina longirostris* e *Daphnia* spp. sono state rinvenute in tutte le date di campionamento. *Bosmina* è particolarmente abbondante in luglio (26 ind l^{-1}) e nel settembre 1992 (44 ind l^{-1}); *Daphnia ambigua* e *Daphnia goleata* raggiungono le densità più rilevanti (da 2 a 3 ind l^{-1}) in novembre e in giugno (ma *D. galeata* anche nel settembre 1991). Più modesta appare l'incidenza numerica di *D. hyalina. Diaphanosoma brachyurum* e *Moina micrura* compaiono soltanto nei mesi estivi e con densità sempre inferiori a 1 ind l^{-1}. *Ceriodaphnia* sp. e *Disparalona rostrata* sono state trovate occasionalmente con densità trascurabili.

Tra i Copepodi, i naupli e i copepoditi di Ciclopoidi sono le forme dominanti in tutte le date di campionamento, con densità particolarmente elevate da maggio a settembre (Fig. 4 B), quando contribuiscono in larga misura alle alte densità che si osservano in questi mesi. Gli adulti di Ciclopoidi seguono trend di abbondanza nettamente sfasati: *Cyclops vicinus* è al suo massimo in febbraio e marzo, mentre *Acanthocyclops vernalis* raggiunge le più alte densità (sensibilmente superiori a 1 ind l^{-1}) dal giugno al settembre 1992. Il calanoide *Eudiaptomus* sp. mostra un'evidente depressione numerica nei mesi più caldi e due distinti massimi di densità, uno primaverile (da marzo a maggio) e uno tardo estivo-autunnale, sostenuti prevalentemente da forme giovanili. Il massimo stagionale (25 ind l^{-1}, di cui 3 di adulti) è stato osservato in maggio.

4. DISCUSSIONE

L'elevato trofismo del Lago di Isola Giarola risalta principalmente dai dati di giugno (elevatissime concentrazioni di azoto e fosforo) e, in successione, da quelli di luglio relativi alla biomassa fitoplanctonica che è decisamente alta e per di più prevalentemente rappresentata da Cianoficee. Piuttosto marcato è inoltre il deficit di ossigeno delle acque più profonde non solo durante la stratificazione estiva ma anche all'inizio della piena circolazione autunnale. Il carico eutrofizzante è portato dalle acque del Cavo Fontana che sono dirottate verso il lago quando il loro deflusso è ostacolato dall'innalzamento del livello idrometrico del fiume Po. Se questo s'innalza oltre il limite del "piano di campagna", il bacino artificiale può essere completamente sommerso: si ha allora, come si è visto dai dati di giugno, un effetto di diluizione che si esprime in una riduzione sensibile delle concentrazioni ioniche nelle acque del lago.

Nonostante il pesante impatto di queste fonti di disturbo (ma non si deve dimenticare l'effetto perturbante rappresentato dall'estrazione di sabbia) il Lago di Isola Giarola mostra una notevole autonomia di caratteristiche sia idrochimiche che idrobiologiche. A tale riguardo particolarmente significativi appaiono i risultati dello

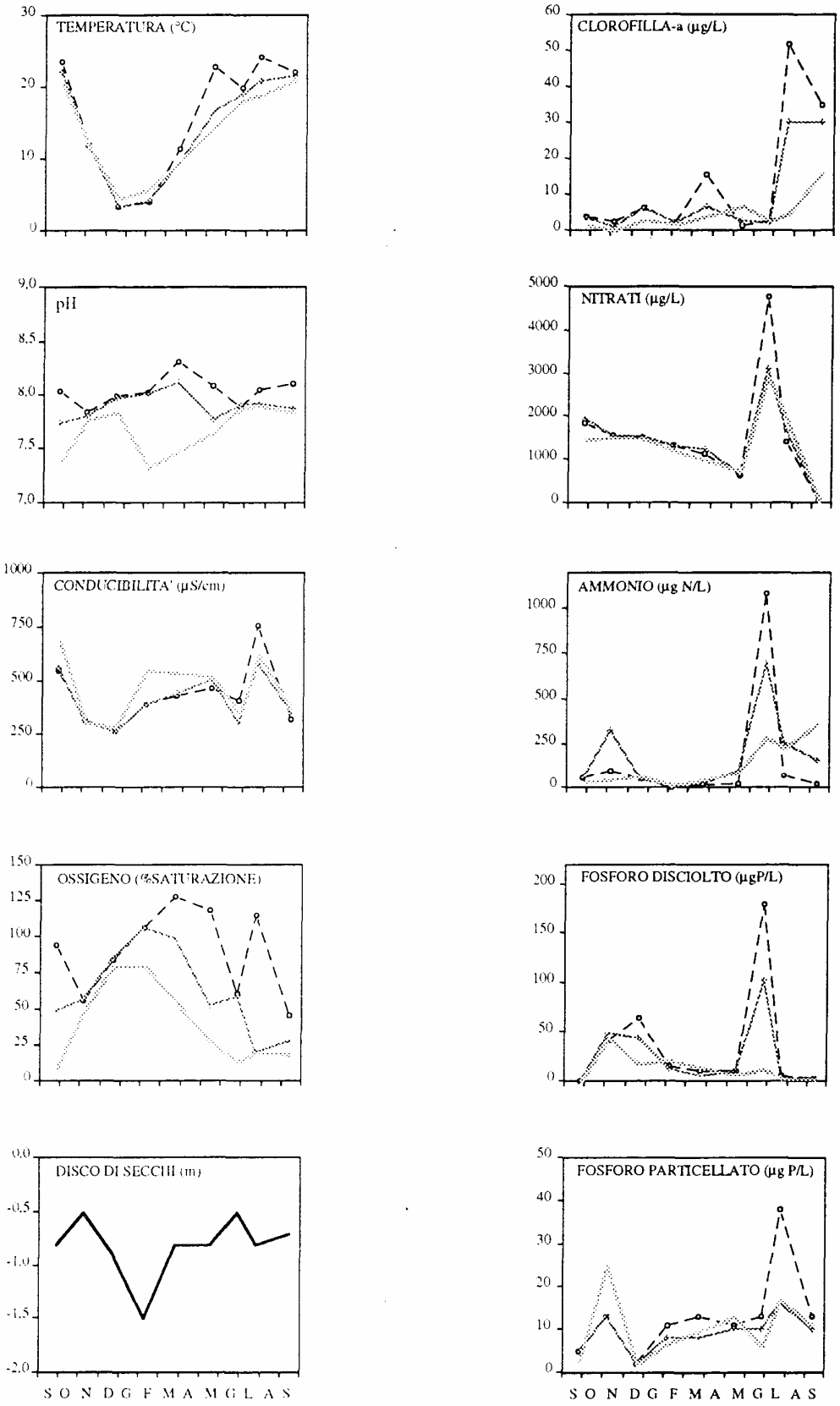


Fig. 2 - Variabili fisiche e chimiche determinate a tre quote batimetriche lungo la colonna di massima profondità del lago artificiale dal settembre 1991 al settembre 1992.

– – – = - 2 m ····· = - 4 m ····· = - 8 m

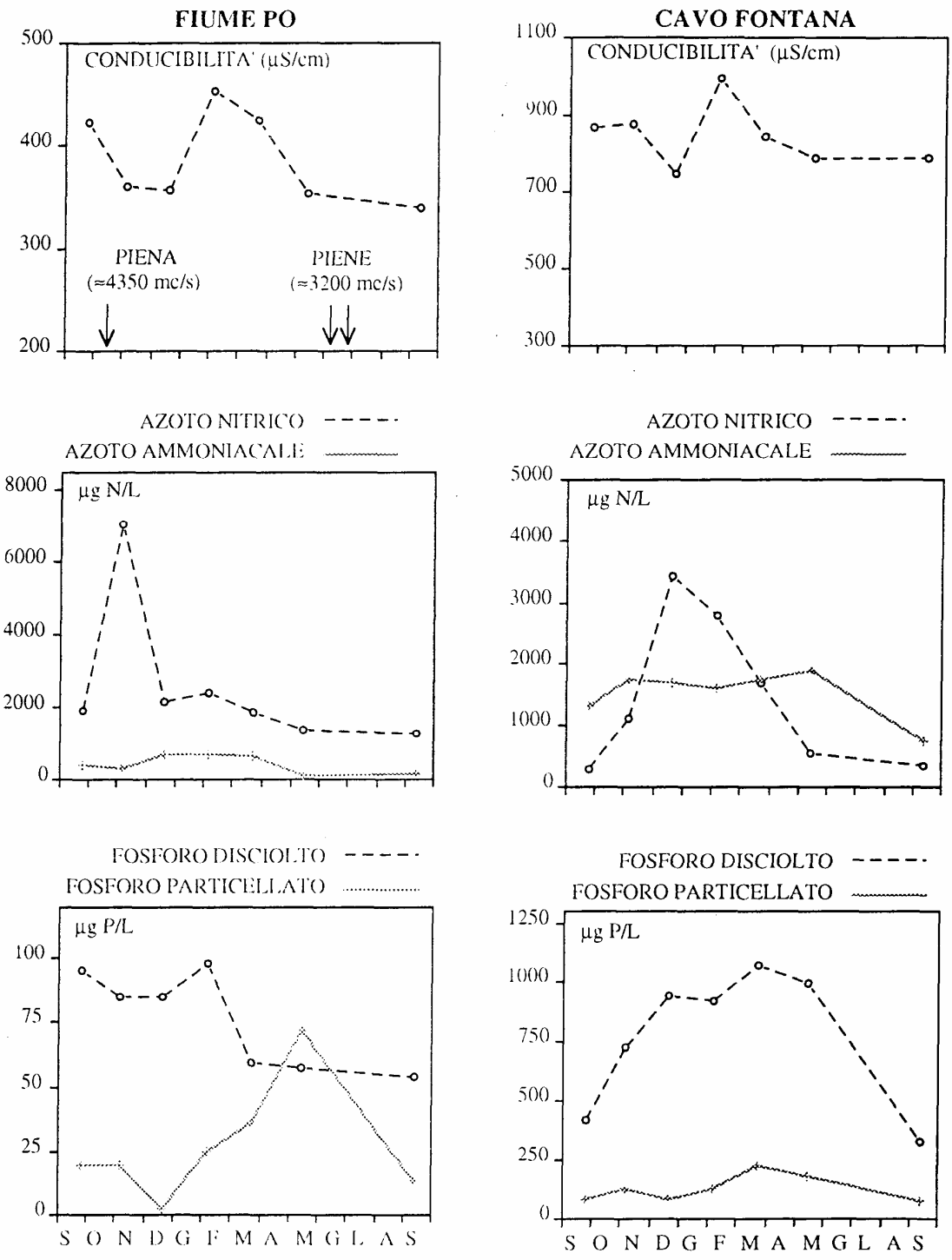


Fig 3 - Variabili fisiche e chimiche determinate nelle stazioni del Po e del Cavo Fontana dal settembre 1991 al settembre 1992.

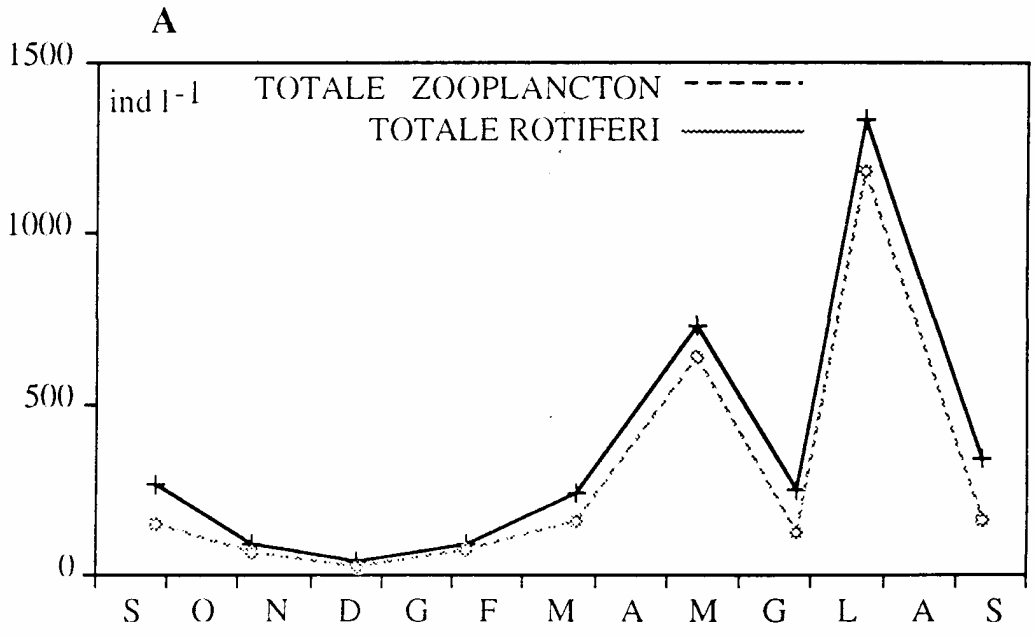


Fig. 4 A - Densità dello zooplancton totale e dei Rotiferi.

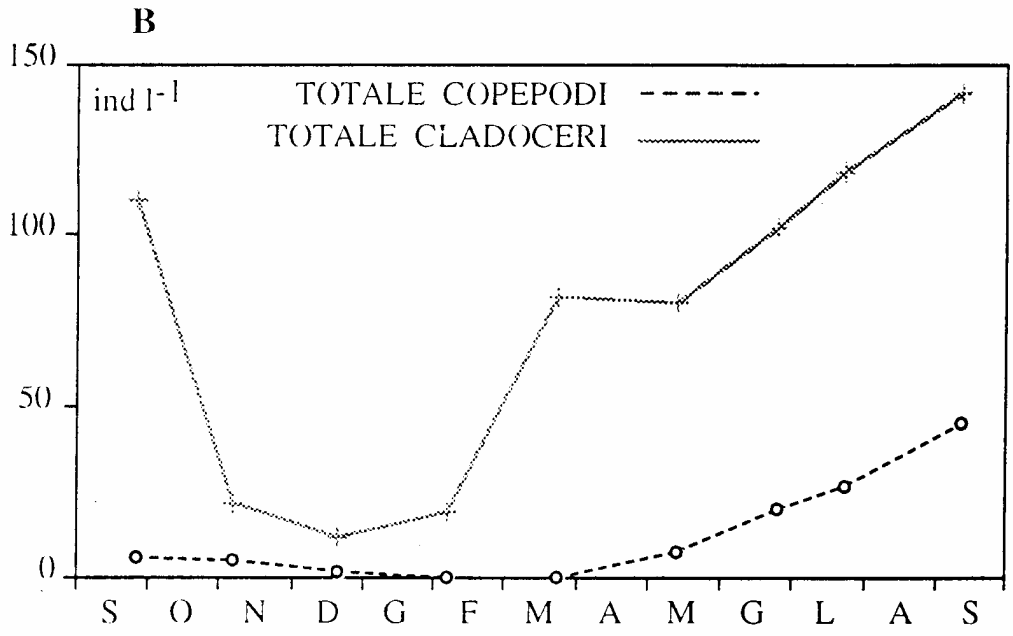


Fig. 4 B - Densità di Copepodi e Cladoceri.

studio sullo zooplancton: la composizione specifica del popolamento è assai simile a quella di altri corpi di acque basse della Pianura Padana, come le risaie nella fase iniziale di sommersione e gli stagni da pesca (Ferrari et al., 1984, 1990, 1991). Le specie più rappresentative dei Rotiferi - che sono la componente numericamente più rilevante - sono le stesse che dominano lo zooplancton estivo nel tratto medio del Po (Ferrari & Mazzoni, 1989). Le variazioni stagionali di composizione e densità dello zooplancton sono certamente rilevanti ma nel complesso disegnano un pattern successionale coerente, attraverso cui la comunità mantiene durante l'intero ciclo annuale un'alta diversità e una complessa struttura trofica. I microfiltratori prevalgono nelle condizioni di eutrofia spinta che si hanno in luglio (ma anche nel settembre 1992). Le popolazioni dominanti di macrofiltratori sono presenti in tutti i campioni: sono al minimo stagionale in luglio ma compaiono con densità piuttosto ragguardevoli in primavera ed autunno, quando probabilmente attraverso il grazing contribuiscono a mantenere su bassi livelli la biomassa fitoplanctonica. In tutti i campioni sono inoltre presenti con densità non trascurabili anche specie di predatori *(Asplanchna* e Ciclopoidi), cui si può verosimilmente attribuire un importante ruolo nel controllo dell'abbondanza delle forme zooplanctoniche di più piccola taglia. Anche nelle fasi in cui più intensa è l'azione dei fattori esterni di destabilizzazione, il plancton tende dunque a mantenere (o comunque a ripristinare rapidamente dopo gli eventi di disturbo) un alto grado di organizzazione per la persistenza e "operatività" delle interazioni tra popolazioni e componenti trofiche della comunità.

La ricerca è stata finanziata dalla "L. Guidoni" S. Coop. a r. 1. di Polesine Parmense (Pr).

Si ringraziano vivamente la Prof. Fiorenza G. Margaritora (Università La Sapienza, Roma) per avere gentilmente controllato la posizione sistematica delle specie del genere *Daphnia,* il Prof. Ireneo Ferrari (Università di Parma) per la revisione del manoscritto e il Sig. Stefano Barborini (Aironi del Po) per la preziosa collaborazione.

5. BIBLIOGRAFIA

A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F. 1975. Standard methods for the examination of water and wastewater. 14th edition, A.P.H.A., Washington. 1114pp.

Ferrari, I., A. De Marchi, P. Menozzi, F. Minzoni & F. Piccoli. 1984. Heleoplankton seasonal succession in an experimental ricefield in Northern Italy. *Verh. Internat. Verein. Limnol. 22:* 1711-1716.

Ferrari, I. & R. Mazzoni. 1989. Zooplankton in the Po River during the summer of 1985. *Toxicological and Environmental Chemistry* 20-21: 39-48.

Ferrari, I., G. Colombo & E. Stella. 1990. Analisi di comunità zooplanctoniche in stagni destinati a pescicoltura in provincia di Modena. *Atti 8° Congresso A.I.O.L.,* Pallanza: 375-381.

Ferrari, I., A. Farabegoli, A. Pugnetti & E. Stella. 1991. The occurrence of a calanoid Australasian species, *Boeckella triarticulata* (Thomson), in fish ponds of Northern Italy. *Verh. Internat. Verein. Limnol,* 24: 2822-2827.

Florence, T. M. & Y. I. Farrar. 1971. Spectrophotometric determination of chloride at parts-per-billion level by mercury (II) thiocyanate method. *Anal. Chim. Acta,* 54: 245-257.

Heckman, C. W. 1984. The ecological importance of wetlands along stream and river and the consequence of their elimination. *Int. J. Ecol. Environ. Sci.,* 10: 11-29.

Howard-Williams, C., 1986. Cycling and retention of nitrogen and phosphorus in wetlands: a theoretical and applied perspective. *Freshwater. Biol,* 15: 391-413.

Koroleff, F. 1970. Direct determination of ammonia in naturai waters as indophenol blue. Information on techniques and methods for seawater analysis. I.C.E.S. Interlaboratory Rep. No. 3: 19-22.

Liberti, A. 1972. Solfati. In: CNR Metodi analitici per le acque. *Quaderni IRSA* 11.

Osborne, L. L. & D. A. Kovacic. 1993. Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. *Freshwater. BioL, 29:* 243-258.

Rodier, J. 1984. L'analyse de l'eau. Dunod, Orleans. 1365 pp.

Rott, E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schweiz, Z. Hydrol.* 43(1): 34-62.

Sacchi, C., A. Occhipinti Ambrogi & R. Sconfietti. 1991. Gli ecosistemi stagnali pavesi: problemi e prospettive. *S. IT. E. Atti,* 12: 469-475.

Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Min. int. Ver. theor. angew. Limnol., 9:* 1-25.

Valderrama, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.,* 10: 109-122.

Wetzel, R.G. 1991. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 24: 6-24.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 277 a pag. 286

STATUS OF SOME *POSIDONIA OCEANICA* MEADOWS ON THE LIGURIAN COASTINFLUENCED BY THE "HAVEN" OIL SPILL

Roberto SANDULLI *, Carlo Nike BIANCHI **, Silvia COCITO **,
Massimo MORGIGNI **. Andrea PEIRANO **, Sergio SGORBIMI **,
Cecilia SILVESTRI ** & Carla MORR1 ***

* CASTALIA Centro Ricerche, via Borzoli 79Ar, I-16161 GENOVA
** ENEA-CRAM S.Teresa, CP 316, I-19100 LA SPEZIA
*** Istituto di Zoologia, Università, via Balbi 5, I-16126 GENOVA

RIASSUNTO

Stato di alcune praterie di *Posidonia oceanica* della costa ligure influenzate dall'incidente alla petroliera "Haven" - Sono state indagate tre praterie di posidonie localizzate nel tratto di costa colpito dallo sversamento di idrocarburi provocato dalla M/C "Haven" (Aprile 1991): Arenzano, Cogoleto e Bergeggi. Una quarta prateria, Monterosso (SP), è stata utilizzata come "bianco". Sono state effettuate ispezioni subacquee sia con R.O.V. sia attraverso osservazioni dirette in immersione, per definire le caratteristiche macrostrutturali delle praterie e del substrato, lungo transetti perpendicolari alla costa. In particolare sono stati rilevati alcuni indici di qualità (copertura, densità, L.A.I.). Le praterie di Arenzano, Cogoleto e Monterosso risentono presumibilmente dei pregressi interventi di sistemazione del litorale. La prateria di Bergeggi, pur risultando nel complesso meno compromessa, subisce l'impatto di una forte attività peschereccia. Solo ad Arenzano è stata osservata a circa 10 m di profondità la presenza di residui petroliferi a livello dei rizomi.

SUMMARY

An investigation on the conditions of some *Posidonia oceanica* meadows on the western coast of Liguria was carried out after the "Haven" oil spill (April 1991). Four seagrass meadows, located in the proximity of Arenzano, Cogoleto, Bergeggi, and Monterosso (the latter used as a "blank" site), were studied. R.O.V. inspections along with direct underwater observations (line-transects) were carried out to evaluate the macrostructural characteristics of the *P.oceanica* meadows. In addition, some quality indices were measured (percent cover, density, L.A.I.). A general degraded condition due to anthropic pressure, presumably preceeding the "Haven" oil spill, was common to all

the meadows studied. The only evidence of the presence of hydrocarbons presence was observed at about 10 m depth in the Arenzano meadow.

1. INTRODUCTION

The present investigation on the status of some Ligurian *Posidonia oceanica* meadows represents part of the monitoring programme aimed at evaluating the environmental impact of the "Haven" oil spill. The choice of this "study subject" was suggested by the prevalent role of *P.oceanica* within the Mediterranean coastal ecosystems (Boudouresque & Meinesz, 19X3; Augier, 1986), and, consequently, by its potentiality as an indicator species of sea "health" (Orth & Moore, 1988).

Our *Posidonia oceanica* monitoring programme started in December 1991 and was composed of three different activities:

1) line-transect surveys (meadow physiognomy);
2) lower limit monitoring through "balisage" technique, according to Meinesz et al. (1981);
3) structural and phenological measurements, and associated community (such as epiphytes and grazing) analysis.

In this paper only line-transects data and some preliminary structural data (both relative to the December 1991 campaign) are reported.

2. STUDY AREA AND METHODS

Four *P .oceanica* meadows were considered in the present study, namely Arenzano, Cogoleto, Bergeggi and Monterosso (Fig. 1). Ali were recently (1985-1988) investigated

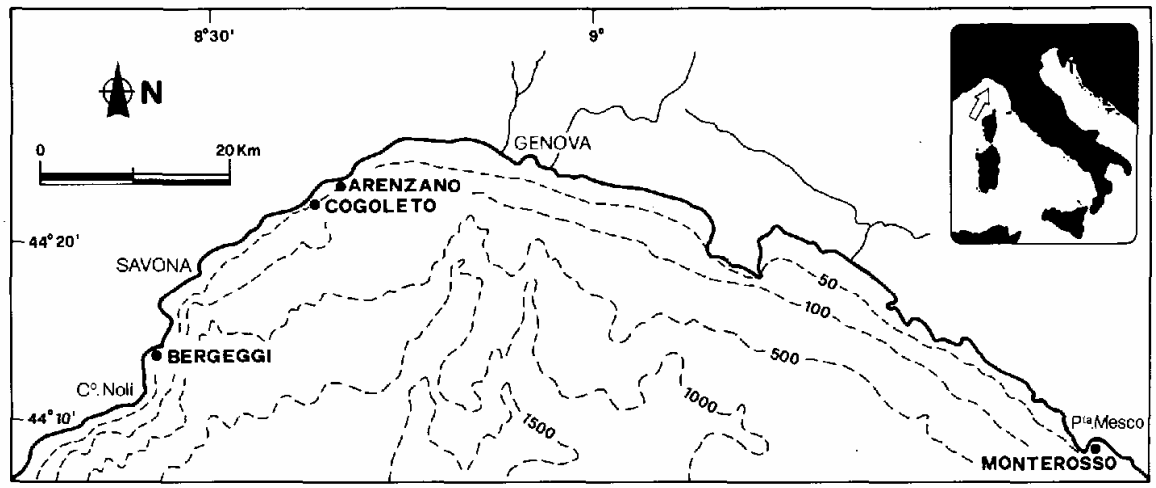


Fig. 1 - Map of the study area with the four sites.

in some detail prior to the "Haven" oil spill (Bianchi & Peirano, 1990).

The former three seagrass meadows are comprised within the geographical area likely to have been affected by the "Haven" oil spill; the Monterosso meadow was taken as the "blank" site, due to its distance from the accident area.

Arenzano and Cogoleto beds are part of a single larger meadow (Wurtz et al., 1988). Previous studies (Drago & Albertelli, 1978a,b), aimed at evaluating possible negative influences of terrigenous discharges on benthic assemblages, stated that *P.oceanica* meadow at Cogoleto was present without any marked interruption at 15 m depth, with only some bare areas and inter-matte channels; in some instances, the buried dead matte gave evidence of rather recent siltation events, with enrichment in organic matter.

According to Vetere et al. (1989), the Bergeggi island meadow, at about 15 nautical miles westward from the accident area, showed irregular cover with some areas of erosion. On the western side of the island, in proximity of the upper limit, the meadow formed a mosaic of dead and live mattes, while between 10 and 19 m depth it was thick and well developed. The lower limit, at 20 m depth, was formed by rows of dead rhizomes with few shoots of *P.oceanica.* Despite such signs of regression (probably due to terrigenous discharges), Vetere et al. (1989) observed a fruiting episode.

From the mapping by Ardizzone & Belluscio (1988), Monterosso meadow showed heterogeneous features. Extremely low cover values were recorded in proximity of the village, where silted areas, with reduction of the seagrass to small scattered patches on sand, were evident.

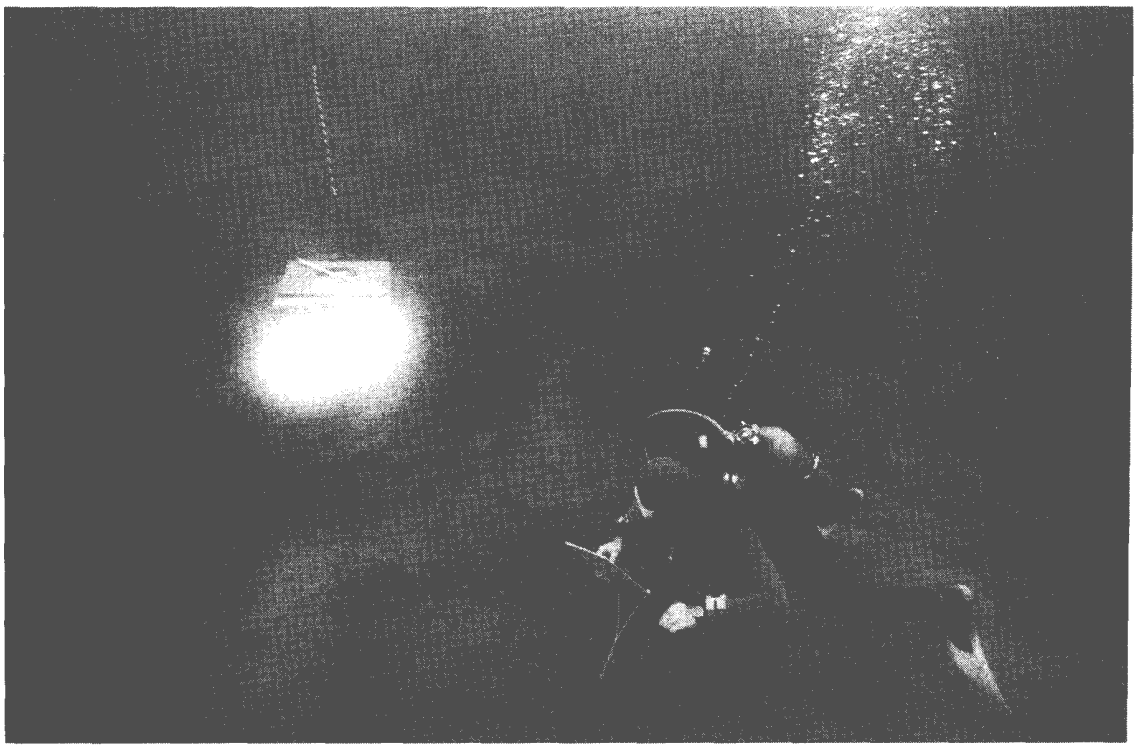


Fig. 2 - Operating with R.O.V. at the lower limit of the *Posidonia* meadow .

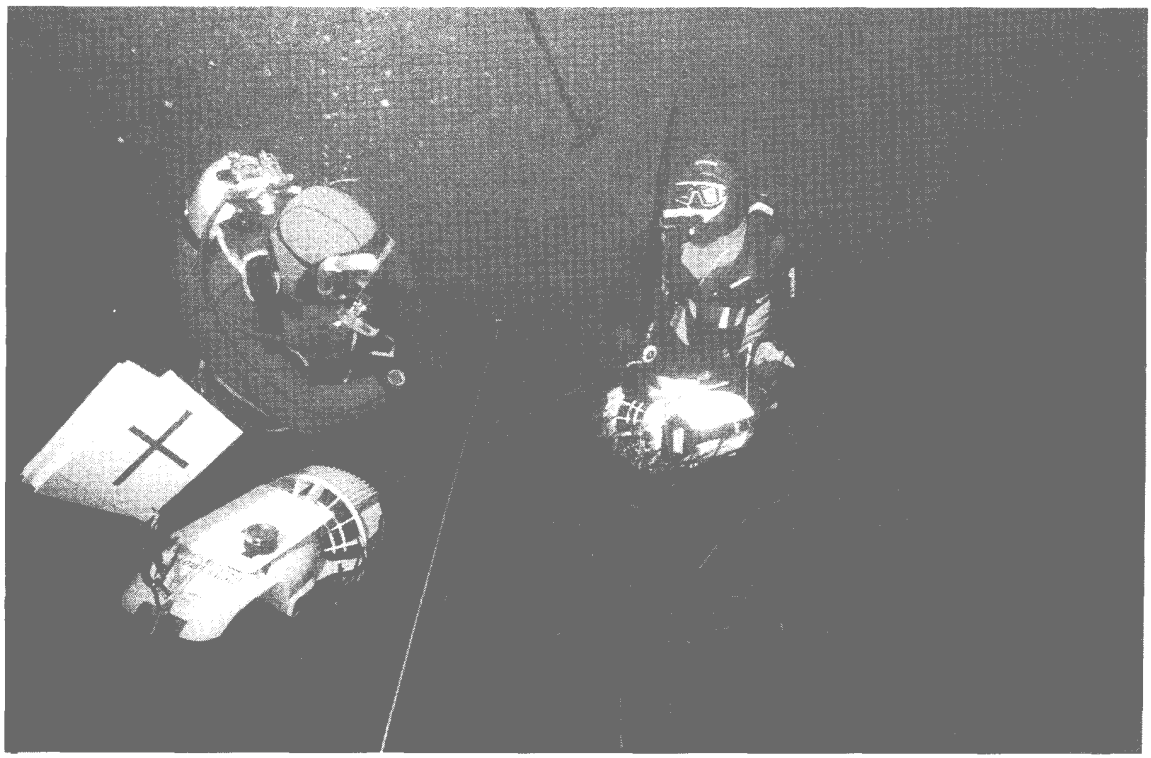


Fig. 3 - SCUBA divers performing line-transect with underwater scooters.

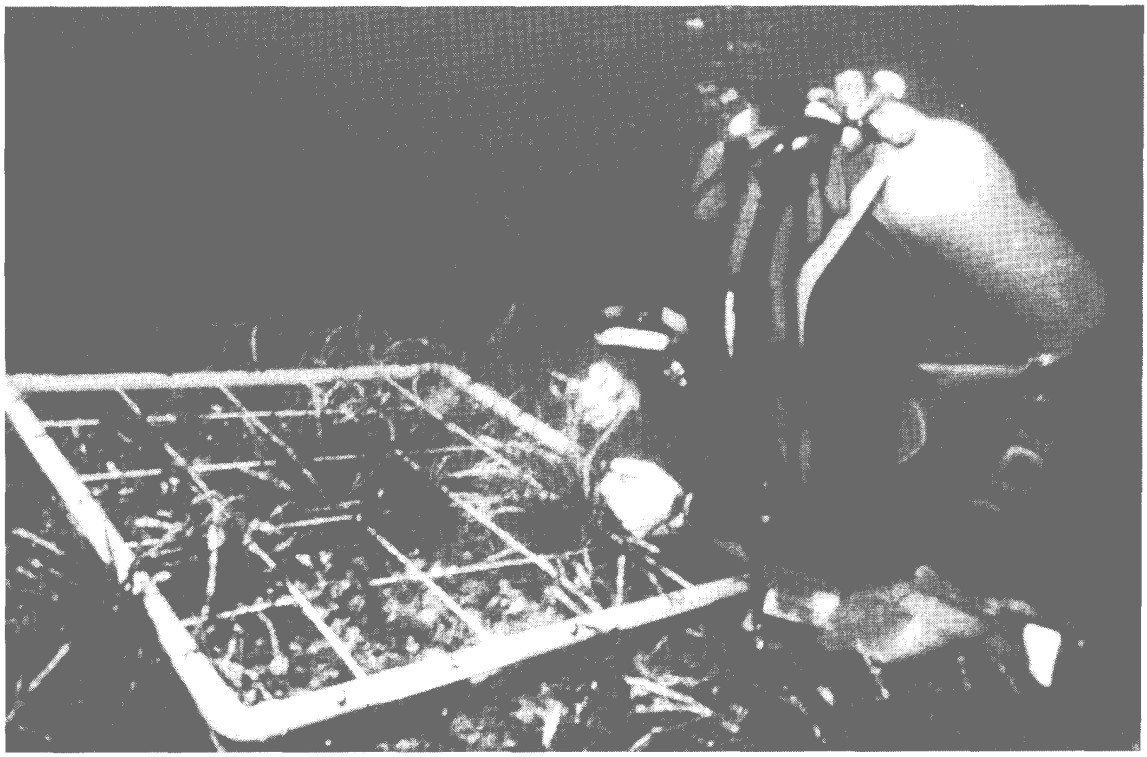


Fig. 4 - Counting *Posidonia* shoots in a quadrat.

Bianchi & Peirano (1990) provided a more complete review of Ligurian *P.oceanica* meadows along with a more recent mapping.

The meadow characteristics surveyed within the "Haven" monitoring programme, included: a) meadow physiognomy; b) nature and depth of the lower limit; c) percent meadow cover; d) shoot density (per m-), and consequently meadow 'stade' according to Giraud (1977); e) Leaf Area Index (L.A.I.) ($m^2 \cdot m^{-2}$), according to Drew (1971).

The preliminary inspection of the 4 meadows (Arenzano, Cogoleto, Bergeggi, and Monterosso) was carried out using a remotely operated vehicle (R.O.V.. Achille M4, Comex) (Fig. *2).* R.O.V. inspections were also used to detect the lower limit and to identify its typology.

Topographical and physiognomical surveys were carried out from the lower limit to the shoreline along a line-transect perpendicular to the coast by SCUBA-diving biologists equipped with underwater scooters (Apollo AVI, Reef Marine) (Fig. 3). Percent cover was visually evaluated and the characteristics of substratum noted.

Structural parameters were surveyed at three different depths (near the upper and the lower limit, and at an intermediate station), using a I m side squared frame subdivided into *25* units of 400 cm^2 each (Fig. 4). Six of these units were randomly chosen for shoot number counts, and that was repeated in 3 non-contiguous replicates.

3. RESULTS

R.O.V. inspection allowed to recognize the lower limit of the four meadows at depths ranging from 18 m to 20 m (Table 1): these figures are significantly lower than those of

Table I - Some structural parameters of the four meadows

SITES Stations	COORDINATES Lat. N	 Long. E	DEPTH (m)	DENSITY (m^{-2})	GIRAUD STADE	L.A.I. ($m \cdot m^{-2}$)
ARENZANO						
Shallow	44° 23.56'	8° 40.56'	3	439	II	2.54
Intermediate	44° 23.37'	8° 40.61'	12	238	IV	1.90
Deep	44° 23.31'	8° 40.63'	17.5	172	IV	0.97
COGOLETO						
Shallow	44° 22.80'	8° 38.02'	8.5	366	III	2.92
Intermediate	44° 23.66'	8° 38.18'	13	213	IV	1.89
Deep	44° 22.64'	8° 30.30'	19.5	171	IV	1.27
BERGEGGI						
Shallow	44° 14.16'	8° 26.10'	8.5	453	II	6.57
Intermediate	44° 14.04'	8° 26.27'	15.5	360	III	3.31
Deep	44° 14.01'	8° 26.33'	19	181	IV	1.22
MONTEROSSO						
Shallow	44° 08.63'	9° 38.64'	5.5	572	II	4.48
Intermediate	44° 08.51'	9° 38.72'	10	233	IV	2.59
Deep	44° 08.42'	9° 38.74'	18	217	IV	1.46

30 in or even more reported for other Ligurian *Posidonia* meadows (Bianchi & Peirano, 1990). Limit typology has always been recognized as more or less "shaded" according to the terminology of Meinesz & Laureili (1978).

Arenzano meadow (Fig. 5) extended with evident discontinuities for about 500 m width; its upper limit was at 6 m depth at about 60 m distance from the coastline. The meadow mainly consisted of a mosaic of dead and vegetated matte, with channels and sandy clearings with ripple-marks. in some areas the matte, up to 60 cm high, showed signs of erosion. Cover values of *P.oceanica* were rather low throughout the extension of the meadow, and density was only occasionally higher than 400 shoots·m^{-2}. The lower limit lay at about 19 m depth; the meadow gradually ended on sand and buried matte. Some conical formations (10 to 15 cm height), presumably composed of a mixture of sand and oil residues, were observed on the bottom at about 10 m depth (Fig. 6a). In some cases, such formations were wrapping the *P.oceanica* rhizomes, the shoots of which appeared markedly depigmented, with reduced leaf thickness (Fig. 6b).

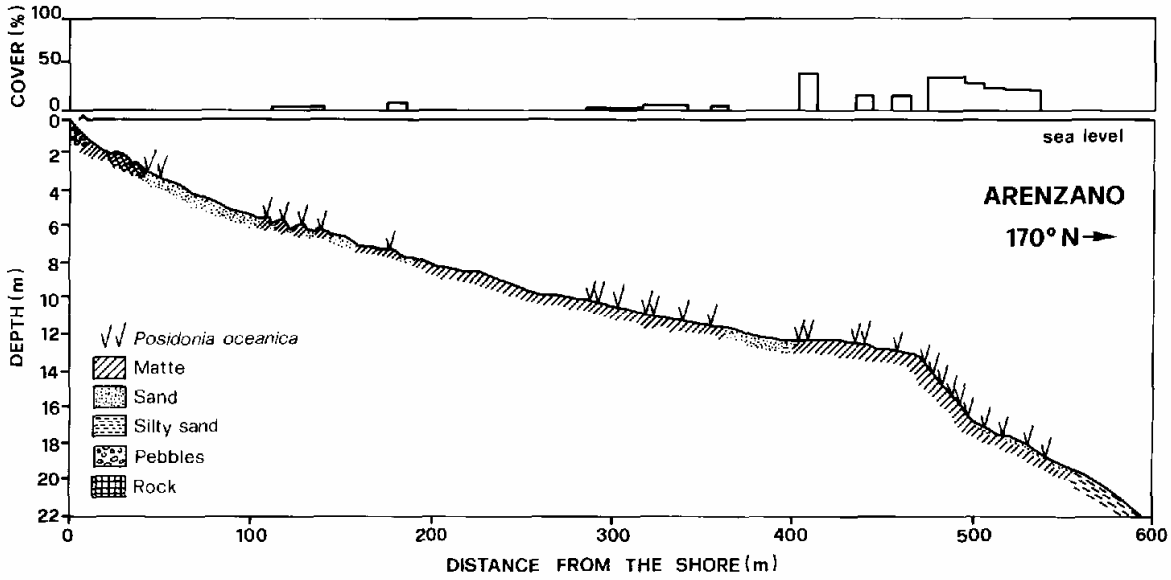


Fig. 5 - Arenzano line-transect.

Cogoleto transect (Fig. 7) showed an almost uninterrupted meadow for about 260 m. The upper limit was at 8.5 m depth at about 300 m distance from the coastline, shading into a dense *Cymodocea nodosa* bed on fine sands. Dead matte, occasionally eroded or covered with sand, and sandy basins with ripple-marks alternated along the transect. Cover was locally higher than 80%, with densities of about 400 shoots·m^{-2} (Table I). The lower limit, at 21 m depth, was shaded, with shoots homogeneously scattered on sand covering dead matte.

Bergeggi physiognomic line-transect (Fig. 8) crossed an uninterrupted meadow between 8 m and 20 m depth, for an overall length of about 380 m. The upper limit, lying

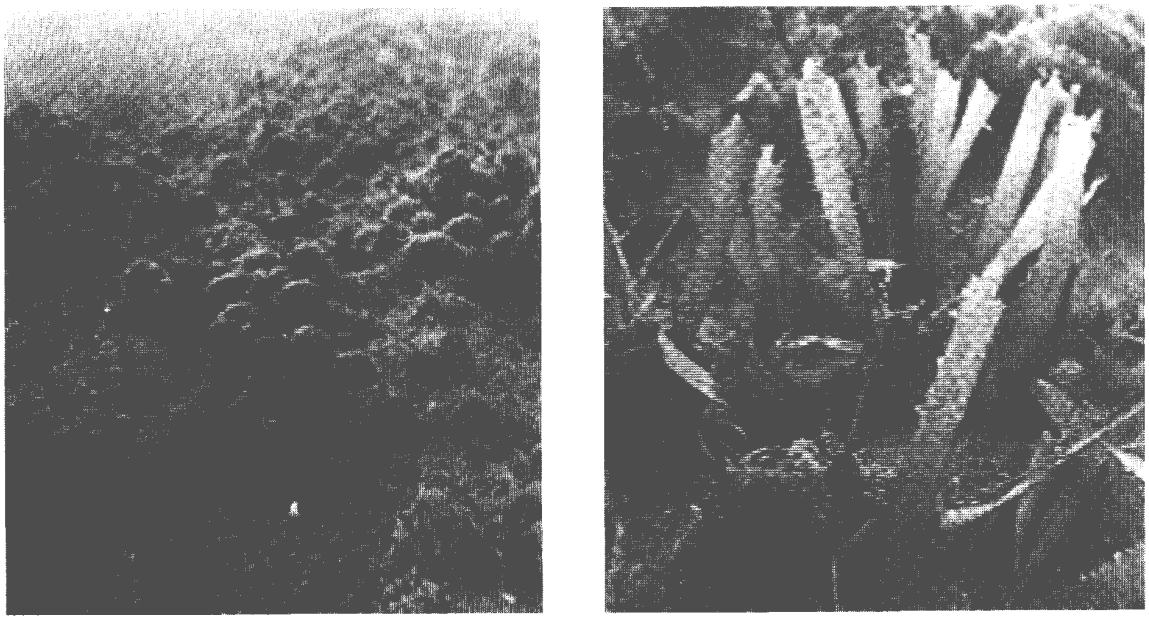


Fig. 6 - Conical formations of oil residues and sand on the sea bottom at Arenzano, 9 m depth (**a**); Depigmented shoots of *P.oceanica* with rhizomes covered by these formations (**b**).

at 160 m from the coastline, was preceded by a sandy bottom and by a small *Cymodocea nodosa* bed. *P.oceanica* was present as patches on eroded matte, occasionally reaching, 1 m height. For a moderately wide tract the plant was continuously and homogeneously distnbuted, with 90% cover and rather high densities (Table I), but intermatte channels were frequent. At the lower limit (20 m depth) *P.oceanica* formed small patches on matte covered by silty sand.

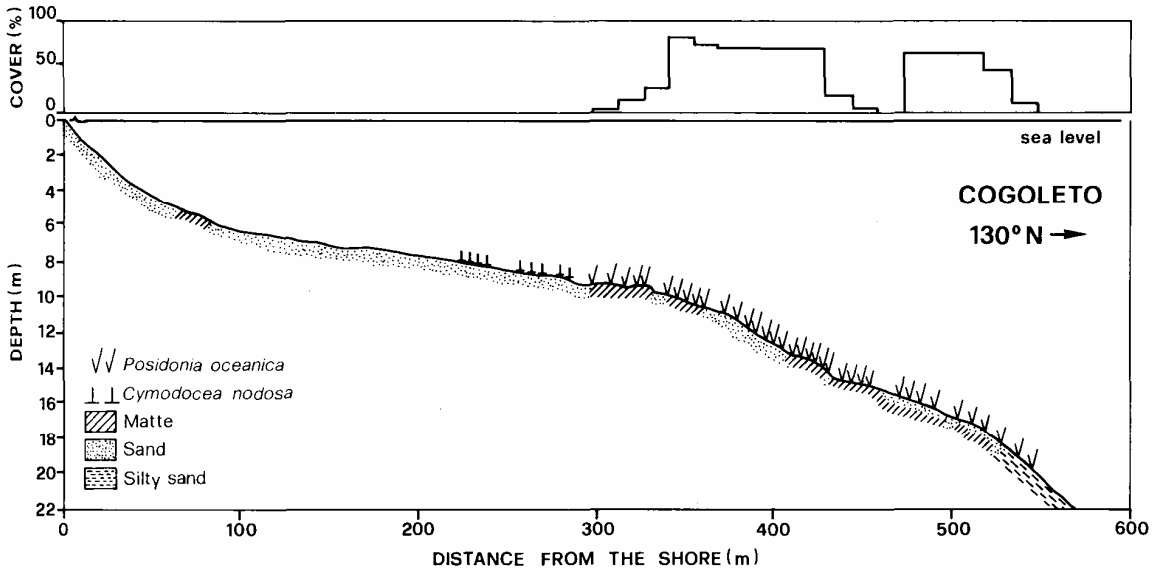


Fig. 7 - Cogoleto line-transect.

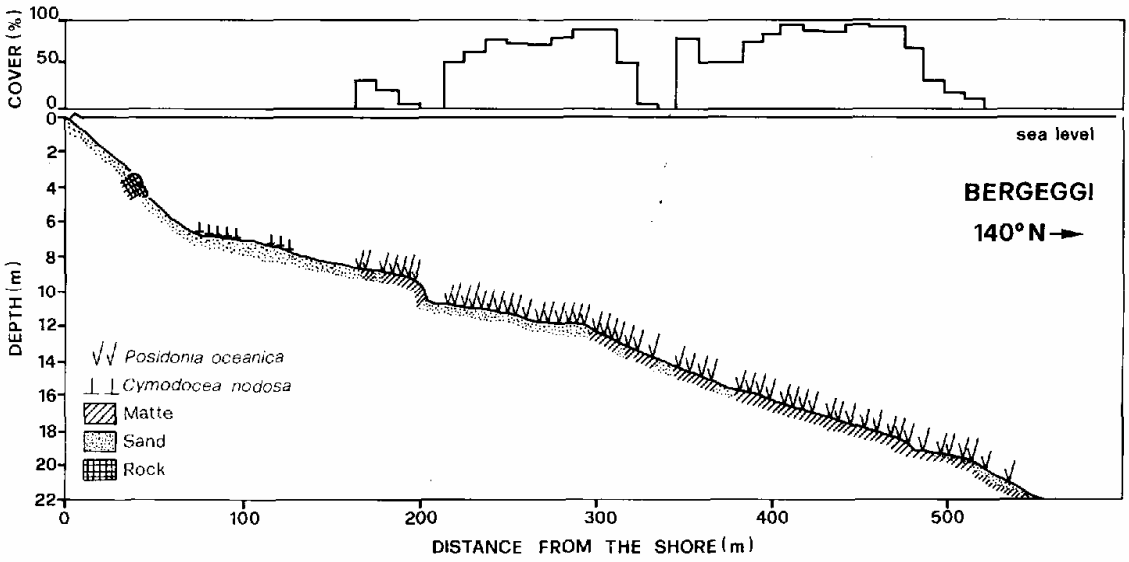


Fig. 8 - Bergeggi line-transect.

Monterosso transect (Fig. 9) showed a meadow of 400 m width, with the upper limit at 6 m depth, at about 40 m distance from the coast In this tract, big blocks (over 1 m height) of bared and eroded matte were present. In some areas, the matte was recolonized by young shoots of P.*oceanica.* At 12 m depth, sandy clearing with ripple-marks and channels alternated with banks covered by sand. Cover values never exceeded 60%. Scarce shoots of *P.oceanica* were present on dead matte, whereas at the lower limit (20 m) density reached values higher than 500 shoots-m^{-2} (Table I). Beyond the lower limit the bottom was composed of silted coarse sand.

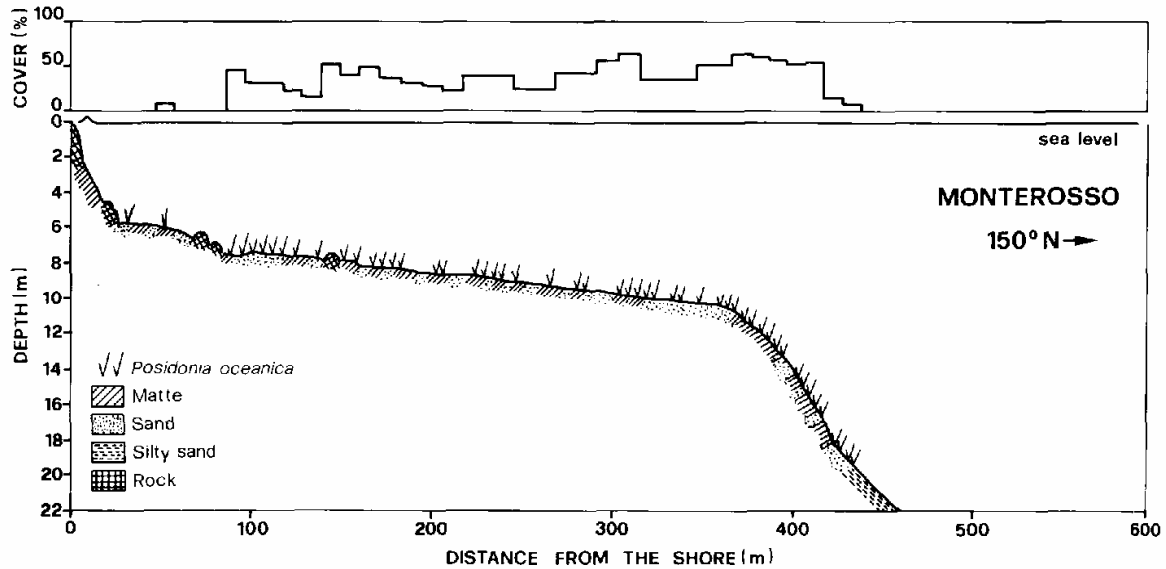


Fig. 9 - Monterosso line-transect.

4. DISCUSSION

R.O.V. and SCUBA-diving surveys showed that all the meadows are in an obvious state of regression, as already observed by Balduzzi et all (1984) east of Genoa town. Similar declining trends were reported for several Ligurian sites by Bianchi & Peirano (1990), and induced by the unruly development of commercial, tourist, and industrial activities along the Ligurian coasts in the last decades. Degradation was more marked in correspondence of higher anthropic impact areas.

Arenzano and, to a small degree, Cogoleto meadows showed a relevant decline, mainly related tn locai urban pressure and to the vicinity of Genoa port and city.

Bergeggi meadow appeared to be the least damaged; the presence of a protected area (Liguria Region terrestrial reserve) in the zone, possibly helps maintaining a relatively "healthy" status of this meadow. Nevertheless, risks of alterations, mainly due to fishery activities, weigh also on this seagrass bed.

The general degraded status of the Ligurian *P.oceanica* meadows was also confirmed by the survey at Monterosso, considered as blank site. This seagrass meadow was regressing mainly because of land reclamation.

The *P.oceanica* meadows of Cogoleto, Bergeggi and Monterosso were in an initial degraded phase (stade I, according to Meinesz & Laurent, 1978); while the Arenzano meadow undoubtedly appeared in a more advanced phase of degradation (stade 2-3 of Meinesz & Laureili, 1978).

On the whole, density and LAI, usually considered as the best indicators of the meadow "heaJth" (Giraud, 1977), showed vcry low values if compared with other Mediterranean areas (e.g. Mazzella et al., 19X9), therefore confirming the poor conditions of the investigated sites.

The only signs of contamination directly related to the presence of oil residues were observed in the Arenzano meadow, at about 10 in depth.

However, to assess the possible "Haven" impact on the *P.oceanica* meadows it will be necessary to monitor for an adequate period of lime the main parameters describing their characteristics. Such a study is presently in progress.

ACKNOWLEDGEMENTS - We wish to thank the Carabinieri Subacquei of Genova-Voltri for their help and assistance during the underwater operations. Thanks are also due to crew of R/V S.Teresa, for help in field activities. and to M. Peebles (London), who revised the english text.

REFERENCES

Ardizzone, G.D. & A. Belluscio. 19X8. L'impiego di un mini-sommergibile comandato a distanza nello studio delle biocenosi bentoniche. *Boll. Mus. Ixt. biol. Univ. Genova,* 52 (1986): 115-124.

Augier, H. 1986. L'herbier a *Posidonia oceanica,* son importance pour le littoral méditerranéen, sa valeur comine indicateur biologique de l'ètat de sante de la mer, son utilisation dans la surveillance du milieu, les bilans écologiques et les études d'impact. *Vie marine. Ami. Fond. océanogr. Ricard, 1:* 85-1 13.

Balduzzi, A., G.Baveslrcllo, S.Belloni, F.Boero, R.Cattaneo, M.Pansini & R.Pronzalo. 1984. Valutazione dello stato di alcune praterie di- *Posidonia* del mare Ligure sottoposte a diverse condizioni di inquinamento. *In:* C.F.Boudouresque, A.Jeudy de Grissac & J.Olivier (Eds.), *International Workshop* on *Posidonia oceanica Beds.* G.I.S. Posidonie, Marseille, 1: 73-78.

Bianchi, C.N. & A. Peirano. 1990. Mappatura delle praterie di *Posidonia oceanica* in Mar Ligure. Regione Liguria. *ENEA - Internai Reparti* 372 pp.

Boudouresque, C.F. & A. Meinesz. 1983. Découverte de l'herbier de posidonie. *Parc national de Port-Cros,* Cahier n° 4: 1-80.

Drago, N. *& G.* Alberelli. 1978a. Elude faunistique et bionomique du littoral de Cogoleto (golfe de Gênes). *Tethyx,* 8 (2): 203-2 12.

Drago, N. & G. Albertelli. 1978b. Aspetti quantitativi del macrobcnthos di Cogoleto (Golfo di Genova). *Atti 2th Congr. Ass. Ir. Ocean. Limno/.:* 1 87-192.

Drew, E.A. 1971. Botany. //;: J.D.Woods & J.N.Lithgoe (Eds.), *Underwater Science. An introduction to experiments by divers.* Academic Press, London: 175-233.

Giraud, G. 1977. Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (L) Delile. *Botanica marina,* 20: 487-491.

Mazzella, L., M.B. Scipione & M.C. Buia. 1989. Spatio-temporal distribution of algal and animal communities in a *Posidonia oceanica* meadow. *P.S.Z.N. I: Marine Ecology,* 10(2): 107-129.

Meinesz, A., M. Cuvelier & R. Laurent. 1981. Méthodes récentes de cartographie et de surveillance des herbiers de Phanérogames marines. Leurs applications sur les côtes françaises de la Mediterranée. *Vie et Milieu,* 31 (1): 27-34.

Meinesz, A. & R. Laurent. 1978. Cartographie et élal de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-Maritimes (France) - Campagne Poseïdon 1976. *Botanica marina,* 21: 513-526.

Orth, R.J. & K.A. Moore. 198H. Submerged aquatic vegetation in the Chesapeake Bay: a barometer of Bay health. *Understanding the estuary: advances in Chesapeake Bay research. Proceeding of a conference.* Chesapeake Res. Consort. Publ., 129: 619-629.

Vetere, M., D. Pessani & Gruppo Biologia Marina S.S.P. 1989. Morfologia e fruttificazioni della prateria di *Posidonia oceanica* di Bergeggi (Liguria). *Oebalia,* 15 (l) n.s.: 351-354.

Wurtz, M., N. Repello & G. Matricardi. 1988. A simple and fasi method to obtain rough density maps of the *Posidonia oceanica* beds. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.,* 31 (2): 316.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 287 a pag. 294

LIMNOLOGIA DEGLI INVASI PATTADA E MONTELEONE (NORD SARDEGNA).

Antonella LUGLIE', Bastianina MANCA e Nicola SECHI

Dipartimento di Botanica ed Ecologia vegetale, Università di Sassari

SUMMARY

The lakes Monteleone and Pattada, two reservoirs of North Sardinia, were investigated from June 1988 to April 1989. Their trophic status and comparisons between the dynamics of some of their limnological parameters were studied. On the basis of mean total phosphorus (about 150 mg P m^{-3} for L. Monteleone and 60 mg P m^{-3} for L. Pattada), mean and maximum chlorophyll a (16 mg m^{-3} and 43 mg m^{-3} for L. Monteleone and 18 mg m^{-3} and 34 mg m^{-3} for L. Pattada) and mean trasparency (1,29 m for L. Monteleone and 1,69 m for L. Pattada) the two lakes can be considered eutrophic. The phytoplankton dynamics in the photic zone, with high mean value of cell density (about 8 x 10^6 cell. l^{-1} for L. Monteleone and 84 x 10^6 cell. l^{-1} for L. Pattada), high biomass (5,6 mg l^{-1} for L. Monteleone and 7,8 mg 1 ' for L. Pattada) and summer blue-green domination, agreed with this trofic level.

1. INTRODUZIONE

Tra il 1987 ed il 1988 è stata svolta un'indagine limnologica sui laghi Monteleone e Pattada (Fig. 1), due laghi artificiali della Sardegna settentrionale. Lo studio è stato finalizzato principalmente alla valutazione dei livelli trofici e della qualità dell'acqua, con specifica attenzione al fitoplancton ed ai maggiori nutrienti vegetali. L'esistenza di alcune caratteristiche simili (Tab. 1), quali l'anno di formazione, i volumi d'invaso, l'estensione dei bacini imbriferi, hanno suggerito inoltre la possibilità di un confronto tra i rispettivi andamenti dei parametri.

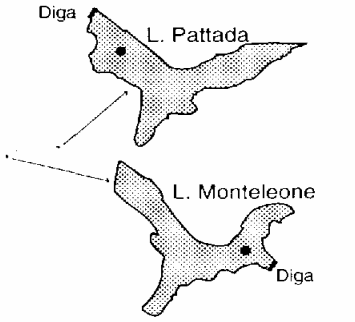


Fig. 1 – Localizzazione dei due laghi e posizione della stazione di campionamento

Tab. 1 - Principali caratteristiche dei due laghi

	Monteleone	Pattada
Anno d'invaso	1984	1984
Bacino imbrifero (km^2)	142,5	159,9
Altezza s.l.m. (m)	226	363
Volume (10^6 m^3)	55,4	65,5
Superficie (km^2)	3,5	4,4
Profondità media (m)	15,8	14,9

Il L. Monteleone è stato realizzato per sbarramento del Fiume Temo nella Sardegna nord-occidentale. Il L. Pattada è stato ottenuto per sbarramento del Riu Mannu di Pattada nella

Sardegna nord-centrale. Le acque dei due laghi servono per l'irrigazione e per l'approvvigionamento potabile. Secondo Sechi (1989), che si è basato sulla stima del carico potenziale dei nutrienti e del carico critico, entrambi gli invasi dovrebbero essere eutrofici.

2. METODI

L'indagine è stata svolta tra il giugno '87 e l'aprile '88, effettuando otto campionamenti a cadenza circa mensile. Le acque sono state raccolte in un'unica stazione in prossimità delle dighe, nella zona di maggior profondità dei laghi; l'intervallo tra i livelli di prelievo lungo il profilo verticale è stato di 2,5 m nei primi 10 m e di 5 m per la rimanente porzione di colonna. In questa sede vengono riportati i risultati relativi alla trasparenza (disco di Secchi), temperatura, pH, ossigeno (metodo di Winkler), azoto nitrico (Rodier, 1971), azoto ammoniacale (Fresenius, Quentin & Schneider, 1988), fosforo reattivo e fosforo totale (Strickland & Parsons, 1968), clorofilla *a* (Golterman, Clymo & Ohnstad, 1978), densità (metodo di Utermöhl), biomassa (Findenegg, 1974) e composizione del fitoplancton.

3. RISULTATI

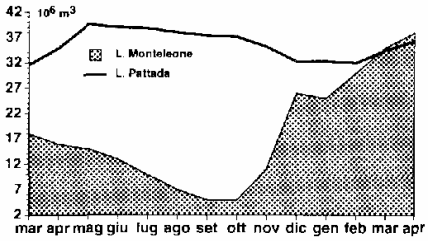


Fig. 2 - Variazione dei volumi d'invaso nei due laghi

Durante il periodo d'indagine i volumi dei due laghi sono stati molto diversi (Fig. 2). Mediamente nel L. Monteleone sono stati presenti 17 x 10^6 m^3 contro una media di 36 x 10" m^{-1} del L. Pattada; i valori medi non sono però sufficienti alla descrizione delle situazioni realmente verificatesi poiché il volume del primo lago (con valori da un minimo di 3 x IO^6 m^1 in settembre ed ottobre ad un massimo di 36 x $1O^6$ m^3 in aprile) ha raggiunto valori comparabili con quelli del secondo (con valori da un minimo di 32 x 10^6 m^3 in dicembre e febbraio ad un massimo di 43 x 10^6 m^3 in giugno) solo negli ultimi mesi dell'indagine, mentre in tutto il periodo precedente le quantità invasate sono state marcatamente inferiori.

Tab. 2 - Valori medi nell'epilimnio (Epi), nell'ipolimnio (Ipo) e massimi nella colonna

	L. Monteleone			L. Pattada		
	Epi	Ipo	Max	Epi	Ipo	Max
Trasparenza (m)	1,2		2	1,7		2,4
Temperatura (°C)	17,6	11,6	27,4	16,2	12,6	22,4
pH	8,2	7,6	9,9	8,1	7,6	9,9
Ossigeno (%)	76	28	129	92	38	162
Nitrati (mg N m^{-3})	251	500	798	179	328	821
Ammoniaca (mg N m^{-3})	109	173	484	104	406	2236
Ortofosfati (mg P m^{-3})	47	102	240	4	40	385
Fosforo totale (mg P m^{-3})	110	175	360	46	79	454
Clorofilla *a* (mg m^{-3})	14	3	60	16	5	48
Densità (cell. x 10^6 l^{-1})	7,9	-	38	76	-	224
Biomassa (mg l^{-1})	5,1	-	10,5	7,4	-	21,4

In tabella 2 vengono riportati i valori dei parametri analizzati. La temperatura, sebbene i valori medi annuali siano stati simili, ha mostrato differenze rilevanti tra i valori massimi, minimi e tra le dinamiche (Fig. 3).

Entrambi i laghi sono stati stratificati nel periodo estivo ma lo spessore dello strato epilimnico del L. Monteleone è stato minore che nel L. Pattada. Anche lo scarto tra i valori superficiali e quelli profondi ha segnalato per il primo un'escursione termica più intensa: ben 11 °C tra le temperature a 2,5 m ed a 5 m nel mese di agosto contro una variazione massima, nel L. Pattada, di 5,5 °C tra i 10 m ed i 15 m, sempre in agosto.

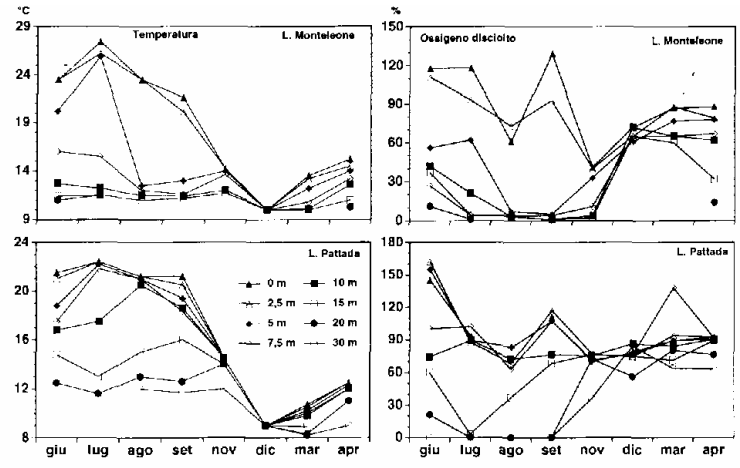


Fig. 3 - Dinamica della temperatura e della saturazione dell'ossigeno

In relazione alla diversa dinamica termica si è assistito a differenze cospicue negli andamenti dei profili verticali degli altri parametri. Nel periodo estivo nel L Monteleone i valori di ogni singola variabile nei primi 2,5 metri sono stati omogenei e nettamente diversi rispetto a quelli delle acque sottostanti, contrariamente a quanto è accaduto nel L. Pattada nel quale il passaggio dallo strato superficiale, che arriva fino a 10 metri, a quello sottostante è stato sfumato. Si sono osservati comunque aspetti comuni tra i due laghi, quali l'intenso deficit ossidativo delle acque profonde nei mesi di stratificazione e le frequenti sovrassaturazioni in superficie (Fig. 3), accompagnate da vistosi aumenti di pH (sino a quasi 10 unità in giugno).

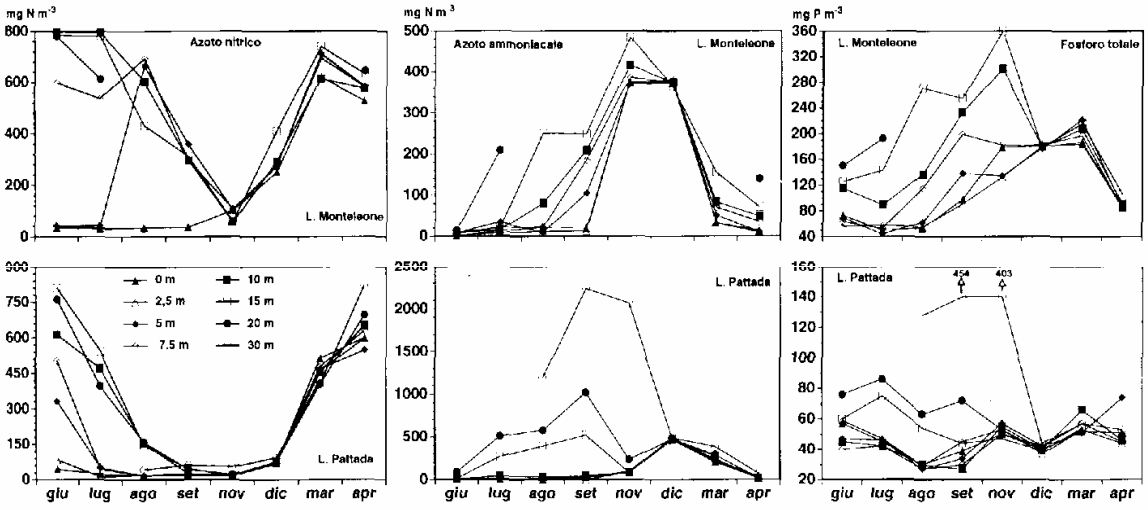


Fig. 4 - Dinamica dell'azoto nitrico, ammoniacale e del fosforo totale

Le concentrazioni dei nitrati sono state rilevanti in entrambi i laghi, con valori in marzo (dopo gli afflussi invernali) superiori ai 600 mg N m^{-3} nel L. Monteleone ed intorno ai 450 mg N m^{-3} nel L. Pattada. In concomitanza con la carenza ipolimnica d'ossigeno è stata rilevata una drastica diminuizione mentre è aumentata l'ammoniaca (Fig. 4). Questa, nel L. Pattada, in prossimità del fondo, ha superato i 2000 mg N m^{-3}

contro un massimo di circa 500 mg N m^{-3} nel L. Monteleone.

Sono state significative nei due laghi anche le concentrazioni del fosforo totale (intorno ai 200 mg P m^{-3} nel L. Monteleone e ai 50 mg P m^{-3} nel L. Pattada) in marzo. La forma reattiva è risultata pressoché assente nell'epilimnio nei mesi estivi ed autunnali; nell'ipolimnio, durante la stagnazione, è stato rilevato un forte incremento tanto che la forma totale è arrivata a 454 mg P m^{-3} nel L. Pattada ed a 360 mg P m ' nel L. Monteleone (Fig. 4).

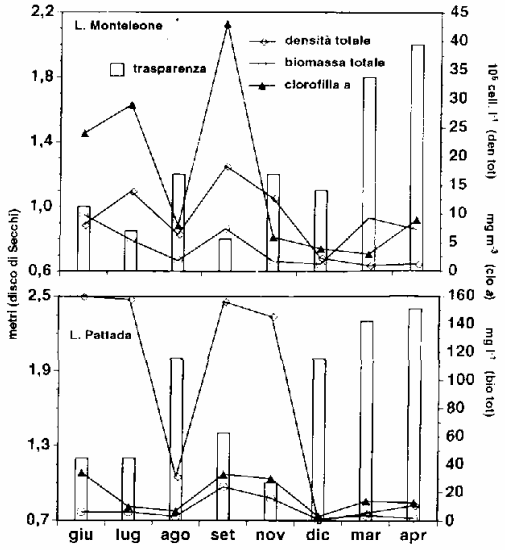


Fig. 5 - Dinamica della trasparenza, clorofilla *a*, densità e biomassa del fitoplancton nella zona fotica

Il fitoplancton ha delineato situazioni differenti e le indicazioni date dai singoli parametri non sempre hanno coinciso anche per lo stesso lago (Fig. 5). I contenuti medi di clorofilla « nella zona fotica (16 mg m^{-3} nel L. Monteleone e di 18 mg l^{-1} nel L. Pattada) sono stati simili mentre hanno differito sensibilmente i valori della biomassa (5,6 mg l^{-1} nel L. Monteleone contro 7,8 mg l^{-1} nel L. Pattada) e, soprattutto, quelli della densità (8 x 10^6 cell. l^{-1} nel L. Monteleone contro 84 x 10^6 cell. l^{-1} nel L. Pattada). In base alla clorofilla *a* ed alla densità la maggior presenza di alghe si è manifestata, in entrambi i bacini, da giugno a novembre (con un'evidente flessione in agosto, soprattutto nel L. Pattada); i massimi della biomassa invece sono stati raggiunti nel L. Monteleone nei mesi primaverili e nel L. Pattada tra settembre e novembre, senza nessun particolare incremento negli ultimi mesi di studio. I massimi di densità e di biomassa sono stati molto più alti nel L. Pattada che nel L. Monteleone; viceversa, in quest'ultimo, i picchi di clorofilla *a* (Fig. 6) sono stati più elevati (60 mg m^{-3} a 0 metri in giugno e 43 mg m^{-3} come media nella zona fotica a settembre contro 48 mg m^{-3} ad 1 metro a settembre e 34 mg m^{-3} come media nella zona fotica a giugno). Nel L. Monteleone il fitoplancton è stato praticamente relegato ai primi 2,5 metri contro una zona estesa 7,5 metri e più del L. Pattada. La ridotta estensione della fascia di presenza del fitoplancton nel primo lago può essere stata una delle cause dei minori valori osservati per la densità e la biomassa.

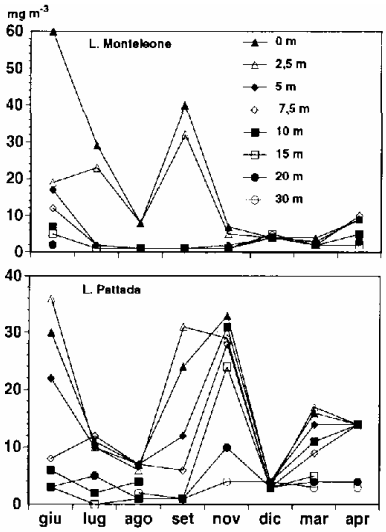


Fig. 6 - Dinamica della clorofilla *a*

Complessivamente, sono state osservate circa sessanta entità algali di cui una quarantina in ogni bacino (Tab. 3). Circa i due terzi degli elementi floristici sono risultati comuni e solo un terzo specifico di un singolo bacino.

Tab. 3 - Elenco floristico delle specie fitoplanctoniche osservate nei laghi Monteleone e Pattada; le sigle (M) e (P) indicano la sola presenza rispettivamente nel Lago Monteleone o Pattada.

CHLOROPHYCEAE
Chlamydomonas sp., *Eudorina* sp. (M), *Volvox* sp. (M), *Ankyra judayi* (G.M. Smith) Fott, *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs (P), *Botryococcus* sp. (M), *Coelastrum astroideum* De-Not., *Coelastrum microporum* Naegeli (P), *Monoraphidium tortile* (W. & G. S. West) Kom-Legn (P), *Monoraphidium* sp. (M), *Oocystis borgei* Snow (P), *Oocystis lacustris* Chod. (P), *Oocystis* sp. (M), *Pediastrum* sp. (M), *Quadrigula lacustris* G. M. Smith (M), *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brèv. (P), *Schroederia antillarum* Kom. (P), *Schroederia robusta* Kors (M), *Sphaerocystis planctonica* (Kors.) Bourr.
CONJUGATOPHYCEAE
Closterium aciculare West T., *Closterium gracile* Brèb. ex Ralfs, *Staurastrum gracile* Ralfs
DIATOMEAE
Cyclotella comta (E.) Kg., *Cyclotella meneghiniana* Kg., *Melosira distans* (E.) Kg., *Melosira granulata* var. *angustissima* Müller, *Achnanthes* sp. (M), *Amphora* sp. (P), *Asterionella formosa* Hass. (P), *Fragilaria* sp., *Meridion* sp. (P), *Navicula* sp., *Nitzschia* sp. (M), *Synedra* sp.
DINOPHYCEAE
Ceratium hirundinella (O. F. Müller) Schrank
CRYPTOPHYCEAE
Chroomonas acuta Utermöhl, *Cryptomonas* spp. , *Rhodomonas* sp.
EUGLENOPHYCEAE
Trachelomonas sp.
CHRYSOPHYCEAE
Mallomonas sp.
CYANOPHYCEAE
Anabaena flos-aquae (Lingb.) Brèb., *Anabaena planctonica* Brunnth, *Anabaena spiroides* Kleb (M), *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Oscillatoria* sp. (P), *Phormidium mucicola* Huberet Naumann, *Aphanocapsa elachista* W. & G.S. West (P), *Aphanothece* sp. (P), *Gomphosphaeria aponina* Kützing, *Microcystis aeruginosa* Kg., *Microcystis flos-aquae* (Wittr.) Kirchn., *Merismopedia* sp. (M)

Sono state diverse soprattutto le specie delle Chlorophyceae: solo quattro elementi su un totale di diciannove sono stati riscontrati in entrambi i laghi. Caratteristica comune è stata la dominanza delle Cyanophyceae nella densità nei mesi estivi ed autunnali (Fig. 7). Le specie che hanno portato all'affermazione del gruppo hanno coinciso solo in parte. Nel L. Monteleone infatti i massimi esponenti di questa classe sono stati *Microcystis aeruginosa* Kg. e *Microcystis flos-aquae* (Wittr.) Kirchn. (riportate come sommatoria ed indicate con la sigla Mic spp) presenti soprattutto da giugno ad agosto ed in novembre, *Gomphosphaeria aponina* Kützing (Gom apo) in giugno, *Anabaena spiroides* Kleb (Ana spi) da luglio a settembre, *Anabaena planctonica* Brunnth. (Ana pia) ed *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs (Aph faq) in settembre; nel L. Pattada invece, a parte *M. aeruginosa* e *M. flos-aquae* da giugno a settembre ed *Aph. flos-aquae* da settembre a novembre, già riportate anche per il precedente lago, hanno avuto un ampio sviluppo *Phormidium mucicola* Huberet Naumann (Pho muc) da giugno a luglio ed *Anabaena flos-aquae* (Lingb.) Brèb. (Ana faq) in giugno. Da dicembre a marzo hanno prevalso nel

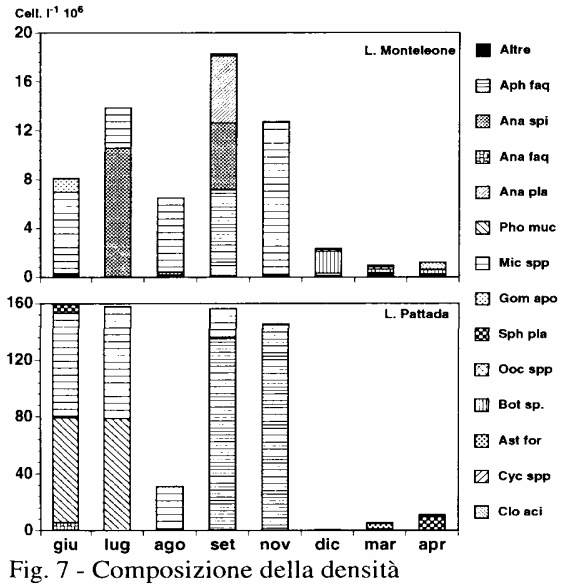


Fig. 7 - Composizione della densità

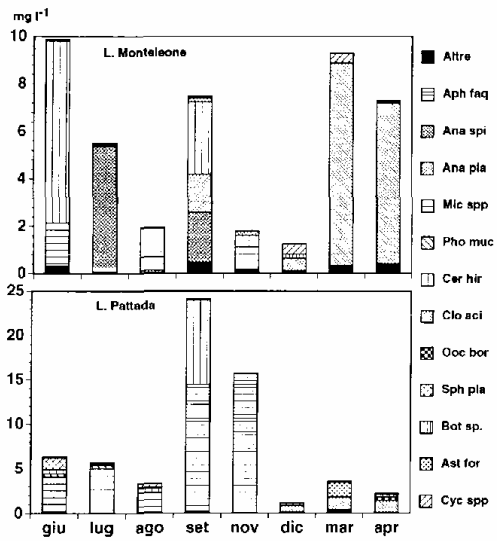


Fig. 8 - Composizione della biomassa

fitoplancton le Chlorophyceae, con *Botryococcus* sp. Kütz (Hot sp.) e *Closterium aciculare* West T. (Clo aci) nel L. Monteleone e *Sphaerocystis planctonica* (Kors.) Bourr. (già abbondante nel giugno dell'anno precedente, Sph pia) nel L. Pattada, e le Diatomeae, con più specie di *Cyclotella* (Cyc spp) nel primo lago ed *Asterionella formosa* Hass. (Ast for) nel secondo. La biomassa ha descritto un quadro diverso (Fig. 8) ed il predominio delle Cyanophyceae è stata di gran lunga minore. Nel L. Monteleone *M. aeruginosa* e *M. flos-aquae* non sono state mai dominanti per la biomassa e nei mesi estivi ed autunnali, accanto ad *A. spiroides* ed *A. planctonica, è* stata importante la presenza di *Ceratium hirundinella* (O. F. Müller) Schrank (Cer hir). Viceversa in primavera la biomassa è stata formata quasi esclusivamente da *C. aciculare,* fatta eccezione per il modesto contributo dato da *Cyclotella* spp. in dicembre e marzo e da *Botryococcus* sp. in dicembre. Nel L. Pattada le due specie di *Microcystis* hanno dominato il fitoplancton anche in termini di biomassa da giugno ad agosto; anche in questo lago *C. hirundinella* ha avuto un ruolo importante (settembre) ma è stato soprattutto *Aph. flos-aquae* a determinare i massimi valori raggiunti a settembre e novembre. Tra dicembre ed aprile il maggior sviluppo delle Chlorophyceae (con *C. aciculare, S. planctonica* ed *Oocystis borgei* Snow, Ooc bor) e delle Diatomeae (con *A. formosa*) è stato confermato anche nell'ambito della biomassa.

4. DISCUSSIONE

Uno degli scopi principali dell'indagine era quello di operare un confronto tra le dinamiche dei principali parametri limnologici dei due laghi, partendo dal presupposto che i bacini presentassero alcune caratteristiche di base simili. Il quadro rilevato ha evidenziato invece situazioni nettamente differenti dovute principalmente alle particolari condizioni climatiche del periodo di studio ed ai processi gestionali attuati nei due invasi. Dal 1987 al 1990 la Sardegna è stata infatti interessata da un'intensa siccità che ha portato da una parte a scarsi afflussi nei laghi artificiali dell'isola e dall'altra ad un'utilizzazione spinta delle risorse idriche disponibili. Entrambi gli aspetti sono stati fondamentali nel determinare i volumi del L. Monteleone nel quale, oltre a non esser stato raggiunto il massimo volume d'invaso, il prelievo delle acque per l'irrigazione è stato tanto consistente da intaccare la riserva idrica normalmente indisponibile, ricorrendo ad operazioni di pompaggio delle acque superficiali. Infatti si sono emunte, con prelievo a gravita, prima le acque ipolimniche e metalimniche e poi, mediante pompaggio, quelle epilimniche. Nel L. Pattada le oscillazioni dei volumi d'invaso sono state invece più

contenute perché il lago non è ancora connesso alla rete irrigua e gli unici prelievi sono stati quelli, limitati, per la potabilizzazione, avvenuti sempre a livello di ipolimnio. Le conseguenze dei diversi procedimenti sono state chiaramente visibili negli andamenti termici ed in quelli di gran parte degli altri parametri chimici e biologici. Per esempio, in agosto, nel L. Monteleone le concentrazioni dei nitrati e degli ortol'osl'ati a 5 metri sono state molto più alte (664 mg N m^{-3} in agosto contro 43 mg N m^{-3} in luglio per i nitrati e 23 mg P m^{-3} in agosto contro 10 mg P m^{-3} in luglio per gli ortofosfati) di quelle dei mesi precedenti. La sottrazione delle acque metalimniche ha infatti portato in agosto a 5 metri la massa d'acqua che nel mese precedente si trovava a profondità maggiori; la forte differenza di temperatura tra i 2,5 ed i 5 metri (11 °C) non ha consentito una rapida uniformazione delle concentrazioni. Il fitoplancton ha subito effetti rilevanti in termini quantitativi perché è stato asportato dallo strato fotico epilimnico riducendo la sua presenza ai soli primi 2,5 metri. È quindi possibile che il quadro limnologico generale ottenuto per questo lago non abbia rispecchiato una situazione corrispondente a condizioni idrologiche normali. Anche in altri bacini sardi sono state rilevate delle alterazioni dovute al prelievo delle acque (Sechi e Luglié, 1993), soprattutto sugli andamenti termici, ma quelle osservate nel L. Monteleone rappresentano un caso limite.

Sono da evidenziare le significative differenze osservate nella composizione specifica del fitoplancton che, nonostante sia stato dominato dagli stessi gruppi algali (Cyanophyccae, Dinophyceae, Diatomeae e Chlorophyceae) è stato caratterizzato da specie dominanti diverse: su un totale di tredici entità importanti per la densità solo due hanno coinciso mentre rispettivamente altre sei ed altre cinque sono state significative solo per il L. Monteleone o per il L. Pattada; per la biomassa su un totale di dodici entità quattro hanno coinciso mentre tre sono state importanti solo per il L. Monteleone e cinque solo per il L. Pattada.

Tab. 4 - Percentuali probabilistiche di stato trofico dei due laghi (P = L. Pattada, M = L. Monteleone).

	Oligotrofia		Mesotrofia		Eutrofia		Ipertrofia	
	P	**M**	**P**	**M**	**P**	**M**	**P**	**M**
Fosforo totale (mg P m^{-3})	2	0	34	6	56	55	8	39
Clorofilla *a* (mg m^{-3})	0	1	10	17	61	63	29	19
Picco clorofilla (mg m^{-3})	0	0	28	16	52	57	20	27
Disco di Secchi (m)	0	0	7	2	44	28	49	70

In ultimo il fitoplancton dei due laghi è stato tipico, qualitativamente oltre che quantitativamente, di ambienti altamente produttivi e complessivamente vicino a quello di altri laghi sardi (Sechi, 1978; Sechi & Cossu, 1979; Sechi & Manca, 1983) e d'Europa (Heinonen, 1980; Hòrnstrom, 1981; Rosen, 1981). In estate in particolare è stato caratterizzato da elevate densità cellulari, coincidenti con il predominio delle Cyanophyccae con specie ritenute tipicamente eutrofiche (quali *M. aeruginosa* e *A. flos-aquae), e* nei mesi autunnali e primaverili da alte biomasse, dovute al maggior sviluppo di specie con grandi volumi cellulari, quali *C. hirundinella* e *C. aciculare.*

È possibile effettuare con i dati disponibili una valutazione preliminare dello stato trofico dei due laghi. In base ai contenuti di fosforo totale, di clorofilla a e di trasparenza, secondo i criteri probabilistici O.E.C.D. (1982), i due laghi possono essere considerati come eutrofici (Tab. 4).

Le dinamiche dell'ossigeno ipolimnico, che in entrambi i laghi è stato deplesso

totalmente, e del pH, che nell'epilimnio ha raggiunto valori alcalini prossimi alle 10 unità, unitamente alla composizione ed abbondanza del fitoplancton, confermano pienamente questa diagnosi.

BIBLIOGRAFIA

Findenegg, I. 1974. Expressions of populations. In: Vollenweider R. (ed.). *A manual of methods for measuring primary production in aquatic environments:* 16-17. I.B.P. 12. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 225 pp.

Fresenius, W., K.E. Quentin & W. Scheneider. 1988. Water Analysis. A practical Guide to physico-chemical and microbiological water examination and quality assurance. Springer-Verlag, Berlin.

Golterman, H.L., R.S. Clymo & M.A.M. Ohnstad. 1978. Method for physical and chemical analysis of fresh waters. I.B.P. 8. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

Heinonen, P. 1980. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. *Publication of the Water Research Institute N° 37.* National Board of Water. Helsinki.

Hörnstrom, E. 1981. Trophic caracterization of lakes by means of qualitative phytoplankton analysis. *Limnologica,* 13: 249-261.

O.E.C.D. 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. O.E.C.D., 1982. Paris.

Rodier, J. 1971. L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau. Dunad. Paris.

Rosén, G. 1981. Phytoplankton indicators and their relations to certain chemical and physical factors. *Limnologica,* 13: 263-290.

Sechi, N. 1978. Struttura e biomassa dei popolamenti fitoplanctonici nel Lago Omodeo (Sardegna centrale). *Giorn. Bot. hai.,* 112: 347-360.

Sechi, N. 1989. L'eutrofizzazione dei laghi artificiali della Sardegna. In: Provincia di Cagliari (ed). *Qualità dell'acqua in Sardegna:* 71-82. Stef. Cagliari.

Sechi, N. & A. Cossu. 1979. Prime valutazioni sui livelli trofici di alcuni bacini artici ciali della Sardegna. *Mem. Ist. Ital IdrobioL,* 37: 259-276.

Sechi, N. & R. Manca. 1983. La comunità fitoplanctonica e lo stato trofico del Lago di Oschiri (Sardegna Settentrionale). *Atti 4° Congresso A.I.O.L.,* Chiavari 1-3 dicembre 1980. 25: 1-9.

Sechi N. & A. Luglié. 1993. Limnological studies on man-made lakes in Sardinia (Italy). In: Guilizzoni, Tartari e Giussani (eds). *Limnology in Italy. Mem. Ist. ital. IdrobioL,* 50: 365-381.

Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.,* 167. Ottawa.

Atti del 10° Congresso A.l.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 295 a pag. 305

ANNUAL DYNAMICS OF MEIOBENTHIC COMMUNITIES IN THE LIGURIAN SEA (NORTHWESTERN MEDITERRANEAN): PRELIMINARY RESULTS

Roberto DANOVARO (°), Jan MEES (*) and Magda VINCX (*)

(°) Istituto di Scienze Ambientali Marine, Università di Genova, Corso Rainusso 14,16038, S. Margherita L., Genova, Italy.

(*) Marine Biology Section, Institute of Zoology, University of Gent, K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000, Gent, Beigium.

RIASSUNTO

La struttura e la dinamica di comunità meiobentoniche di una area sabbiosa subtidale del Mar Ligure, posta alla profondità di 10 metri, sono state studiate tra il Gennaio 1991 ed il Gennaio 1992. La densità della meiofauna era compresa tra 447 e 3421 ind./lOcm^2 (rispettivamente in Aprile e Luglio). I nematodi costituivano il gruppo dominante (in media il 75 % della comunità). I copepodi arpacticoidi costituivano il secondo gruppo per abbondanza (variando tra l'1.7 ed il 55.3 %) seguiti dai turbellari (in media il 5.5 % della meiofauna totale) e policheti (in media l'1.2 % del totale). Diversi parametri ambientali (contenuto in materiale organico, granulometrìa, profondità dello strato anossico, RPD) sono stati posti in relazione alle caratteristiche strutturali della comunità. Viene discussa l'importanza dei fattori ambientali nello strutturare la comunità.

SUMMARY

The dynamics of meiobenthic community were investigated on sandy sediments of the pilot station of Zoagli (Ligurian Sea) between January 1991 and January 1992. Meiofaunal densities ranged between 447 (April) and 3421 (July) ind./10 cm^2. Nematodes were the dominant group comprising on the average 75 % of the total fauna. Harpacticoid copepods were the second most abundant group (from 1.7 to 55.3 %) followed by Turbellaria (on the average 5.5 % of total fauna) and Polychaeta (on average 1.2 % of total fauna). The importance of several environmental parameters (such as total organic matter, grain size and RPD depth) in structuring the meiobenthic community is discussed.

1. INTRODUCTION

The meiofauna is defined as an assemblage of small benthic metazoans having a coherent set of life-history and feeding characteristics which sets them apart as a separate evolutionary unit from larger macrofauna (Warwick, 1987). Meiofauna is also considered as one of the most important components in marine sediments both in terms of abundance and production (Higgins & Thiel, 1988).

Despite this meiofauna received, untill few years ago, little attention in the Mediterranean Sea and very few studies dealt with the distribution of meiobenthos in the continental shelf (see Soyer, 1985 for a review) or deeper areas (Soetaert et al, 1991).

The mediterranean basin is considered a semienclosed, oligotrophic System. However, meiofaunal densities reported for this area are comparable to those recorded in other ocean which are richer in terms of food availability on the sea floor (Soyer, 1985).

Most of the studies suggest that meiofauna populations are related to sediment properties (Higgins & Thiel, 1988). However, biological interactions and particularly the amount of available food seem to play a significant role in the regulation of meiofaunal dynamics. Nevertheless, at the present moment we still don't know exactly which are the regulation mechanisms, the factors affecting meiofaunal distribution and the importance of meiobenthos in the energetics of benthos in the Mediterranean (Gufile & Soyer, 1978).

In the present study, the observations relative to the annual dynamics of meiobenthic communities in a subtidal sandy station of the Ligurian Sea are reported.

2. MATERIALS AND METHODS

Sediment samples were collected on a monthly basis by SCUBA divers between January 1991 and January 1992 in a subtidal sandy station of the Gulf of Marconi (Ligurian Sea, Northwestern Mediterranean, Fig. 1). Salinity and temperature were recorded using an AANDERAA instrument (mod. 2975). Grain size analysis was carried out using dry sieve technique. The depth of the Redox Potential Discontinuity (RPD) was measured on three replicates as depth on which the colour of the sediment core turns from grey-brown to black.

Total organic matter was reported as the difference between the dry weight (60°C, 24h) of the sediment and weight of the residue left after combustion at 450°C (2 h). Meiofaunal sampling was carried out on two replicate cores (10.7 cm^2) after division in 3 vertical sections (0-4, 4-8, 8-12 cm). Samples were fixed with a hot (60°C), 4 % formaldehyde in prefiltered seawater solution (0.4 μm, Nuclepore polycarbonate filters). When sediment was too coarse, a first extraction was based

on decantation. The fine material (or for the fine sediments the whole sample) was sieved trough 1000 and 37 μm mesh sizes. The fraction remaining on the 37 μm sieve was centrifugated three times with Ludox TM (density 1.18 g cm^3) in order to separate the organisms from the sediment grains (Heip et al., 1985). All meiobenthic animals (of the complete core) were counted and classified per taxon under a stereo microscope after staining with Rose Bengal.

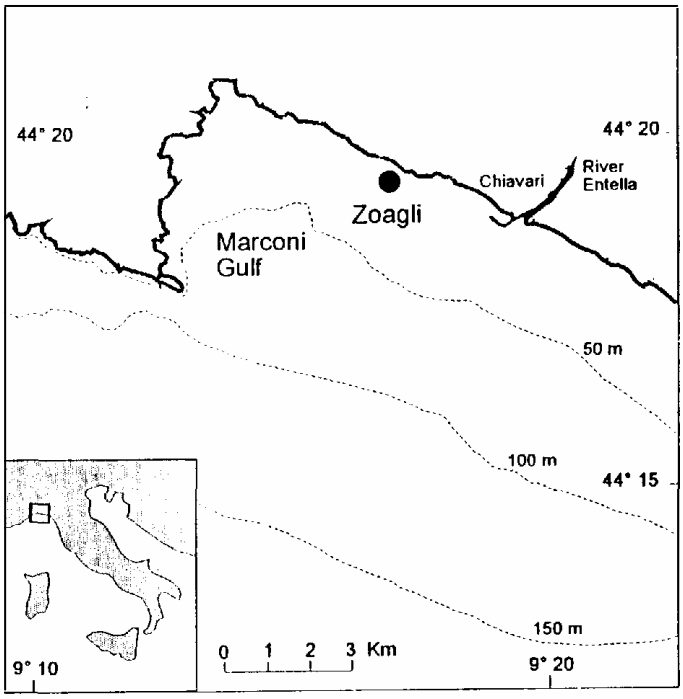


Fig. 1. Sampling area and station location.

3. DATA ANALYSIS

The whole set of data underwent to least-square regression analysis. Bray-Curtis clustering and Two-Ways Indicator Species Analysis (TWINSPAN) was used to classify the meiofaunal taxa with replicates kept separately. Analyses were carried out on transformed and on non transformed data. When not specified, the results of the analyses based on non transformed data are reported. The density values for the 8 cut levels used for the TWINSPAN analysis are 0,3, 7, 15, 45,150, 750,1500.

4. RESULTS AND DISCUSSION

Temperatures recorded during the 13 months investigation showed a typical trend characterized by highest temperatures between July and September in correspondence to water column stratification (Fig. 2). Lowest temperatures were observed in February. As result of the colder air temperature, bottom sediment showed temperature higher than at surface waters in March, November and January.

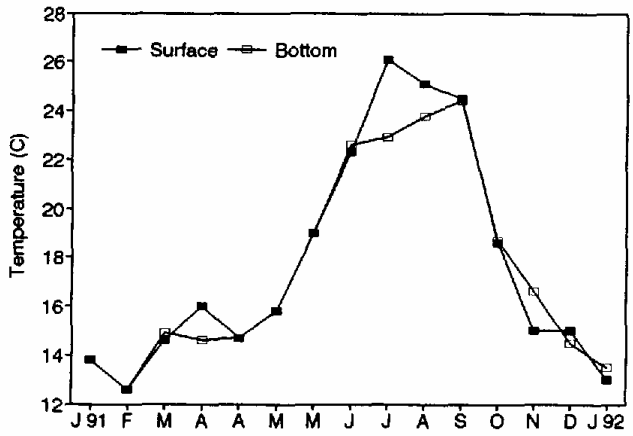


Fig. 2. Seasonal variations of temperature at surface and sediment / water interface.

Large seasonal variations were observed both for rain precipitations and for salinity that showed, as consequence of the heavy rainfall during summer, the lowest values between May and August remaining quite Constant during the rest of the year (Fig. 3).

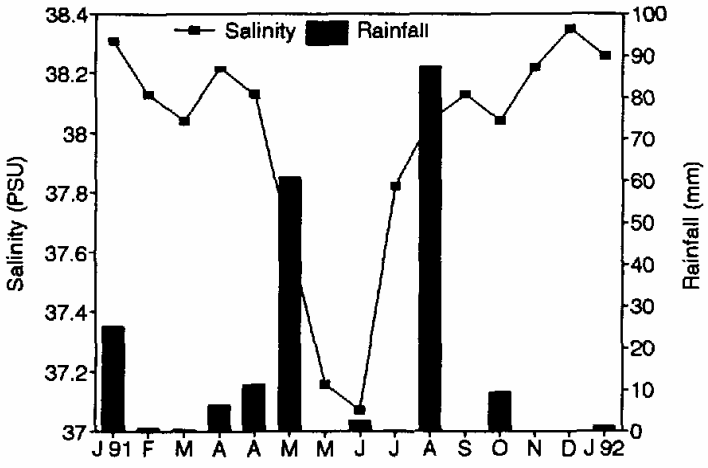


Fig. 3. Seasonal variations of salinity and rain precipitations

During the study period, sediments were always characterized by oxic conditions in the top 12 cm. Anoxic conditions were observed in June (19 cm depth), October (16.0 cm depth) and January (12 cm depth) (Fig. 4).

Granulometric analysis of the sediments in the top 4 cm is shown in Fig. 5. Grain size did not show significant variations during the year with the only exception of May when sediments exibited a coarser composition because sampling was carried out after a sea storm.

Total organic matter content ranged between 0.8 and 2.9 % respectively in June and February 91 and January 92. Generally, lowest concentrations were recorded in summer (Fig. 6).

Seasonal variations of total meiofaunal abundance are shown in Fig. 7 and the relative importance of the different taxa in Fig. 8. The strong seasonality was

characterised by highest densities during warmest months (3463 247 ind./10 cm^2, July) while usually lowest densities were recorded in winter.

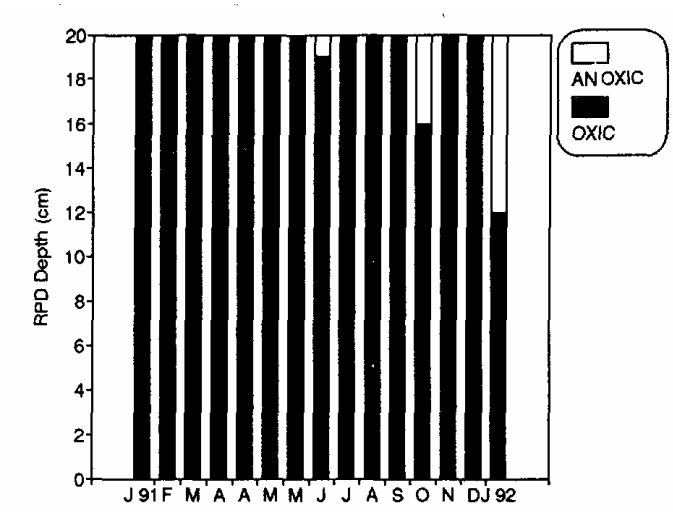


Fig. 4. Seasonal changes of the RPD depth (cm).

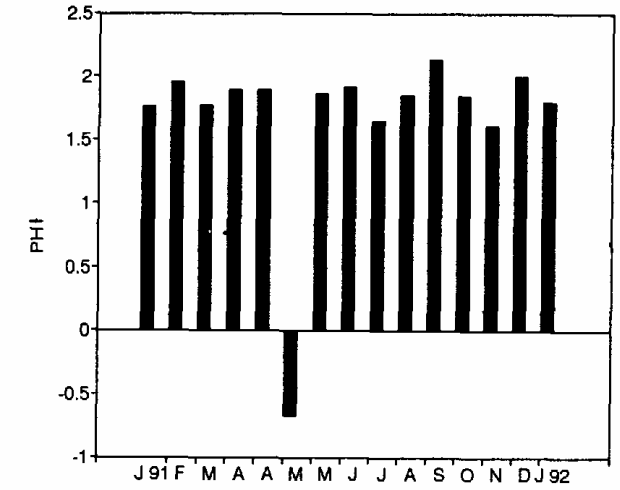


Fig. 5. Seasonal variations of the grain size (Wentworth scale).

The reported densities are in good agreement with those reported for the Mediterranean Sea and with those recorded in adiacent seas (Table 1).

This is surprising since this area is characterized by low macrofaunal density and biomass when compared to other coastal areas (Albertelli et al., 1992).

Being an usual feature of this kind of sediments, Nematoda were the dominant group accounting on average for 75 % of total meiofaunal density (ranging between 30 % in November and 93 % in August, Fig. 9). Copepoda harpacticoida were the second taxa in terms of abundance (ranging between 1.7 % in April and 55.3 % in November, Fig. 9) followed by Turbellaria (ranging between 2 %, in July and 16 %, in November; Fig. 10) and by Polychaeta (on the average 1.2 % of total meiofaunal abundance, Fig. 10).

No clear seasonal dynamics can be detected by the result of the cluster analysis (Fig. 11). However, a particular feature was observed in November and is the result of the temporary copepod recruit. The TWINSPAN analysis allows to identify which taxonomic groups are responsible for the observed dynamics (Fig.12). For instance, the bivalve recruit characterised the spring months: March (cut level 1) and May-June (cut level 2). Generally low densities were typical of cold months and highest nematode densities (cut level 8) characterised the warmest months.

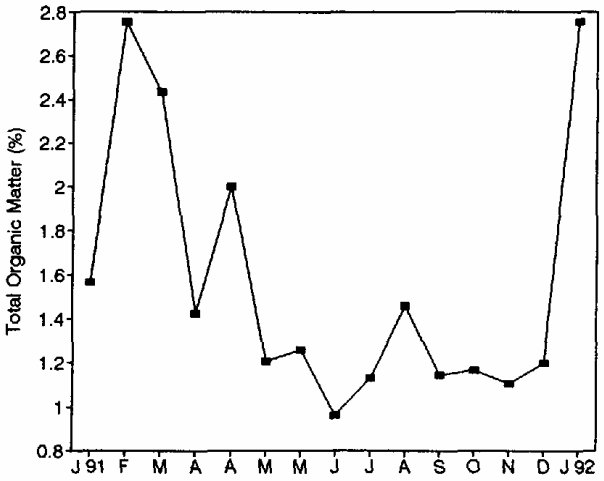


Fig. 6. Seasonal variations of total organic matter (TOM).

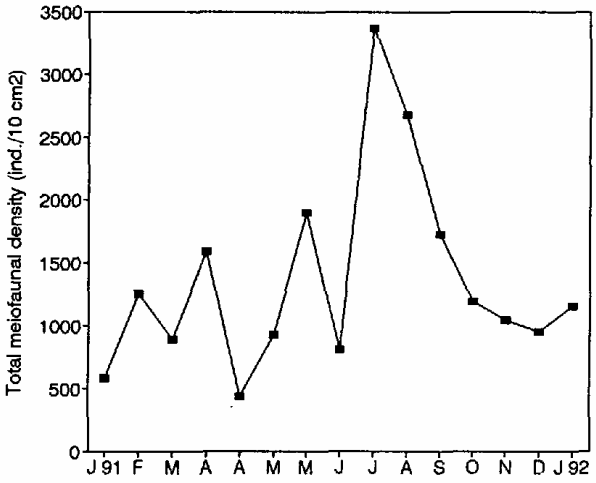


Fig. 7. Seasonal variations of the total abundance of meiofauna in the top 12 cm of the sediments.

Few data are available on the seasonal cycles of abundance of total meiofauna (Soyer, 1971, de Bovée & Soyer, 1974; Hulings, 1974; de Bovée, 1981; Sandulli & De Nicola, 1990). All of them reported strong seasonal fluctuations characterised by low densities in cold months and high peaks in summer. In our study we found a weak relationship between temperature and meiofaunal density. Similar results were observed by Soyer (1971) who found decreasing seasonal variations with increasing depth and consequently reduced temperature variations, and indirectly by Bodiou & Chardy (1973). However, no significant relationships were found when the other environmental factors were considered.

Another factor usually invoked to explain the meiofaunal dynamic is the amount of available food. However, in the present study we did not find any relationship between total organic matter content and meiofaunal densities. Such kind of relationship is usually difficult to establish (Coull, 1970; Tietjen, 1977; de Bovée et al, 1979). Khripounoff et al. (1980) stressed that the quality of sediment organic matter could not be neglected and showed a significant relationship between labile sediment proteins and macrofaunal densities. In the deep-sea sediments of the eastern Mediterranean Sea, Danovaro et al. (1993) found that microbial biomasses were closely related to the amount of labile organic material. In our case, the lack of any relation could be due to the largely refractory composition of the total organic matter.

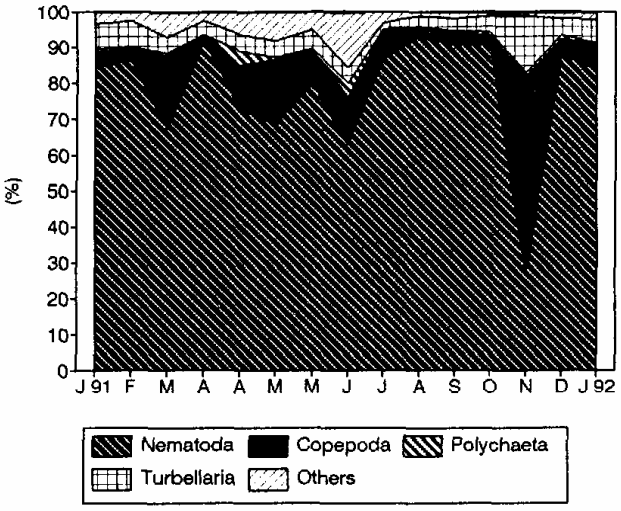


Fig. 8. Seasonal changes in community structure: relative importance of different taxa in terms of abundance.

Area	Depth (m)	Sediment Type	Density (n.x10E5 ind./m2)	Sampling Method	Authors
Banyuls	30	Mud	8.2	Kullemberg	Bougis, 1946
Banyuls	30	Mud	6.7	Kullemberg	Bougis, 1950
Banyuls	15-91	Sand-Mud	0.4-3.5	Kullemberg	Guille & Soyer, 1968
	14-87	Sand-Mud	0.9-6.8	Kullemberg	
Marseille	10	Sand	25	Manual Corer	Vitiello, 1968
Banyuls	10	Sand	5.4	Manual Corer	Soyer, 1971
Banyuls	3-10	Sand	2.5	Manual Corer	
Banyuls	30-70	Mud	2.7-6.1	Kullemberg	
Banyuls	70-130	Mud	0.6-1.3	Kullemberg	
Banyuls	32.5	Mud	29-88	Manual Corer	de Bovée & Soyer, 1974
Banyuls	32.5	Mud	17-88	Manual Corer	de Bovée, 1981
Adriatic Sea	13-17	Sand	2.1-3.6	Kullemberg	Marcotte & Coull, 1974
Adriatic Sea	6-25	Sand	9	Van Veen	Vidakovic, 1983
Tyrrhenian Sea	24	Sand	2-80	Manual Corer	Sandulli & De Nicola, 1980
Ligurian Sea	10	Sand	5-35	Manual Corer	Present Study

Table 1. Total number of meiobenthic organisms (ind./m2) in different shallow subtidal areas of the Mediterranean Sea.

5. CONCLUSIONS

The assessment of the meiofauna's role in the sediments of the Mediterranean Sea is still based on little evidence. These results confirm the quantitative importance of the meiobenthos at shallow depth. Seasonal fluctuations in density were only partially due to changes in temperatures but no relationships were found with other sedimentary parameters such as grain size and the bulk of sediment organic matter. Other factors, such as the amount of labile organic compounds (i.e. organic matter available to benthic consumers) should be probably taken into

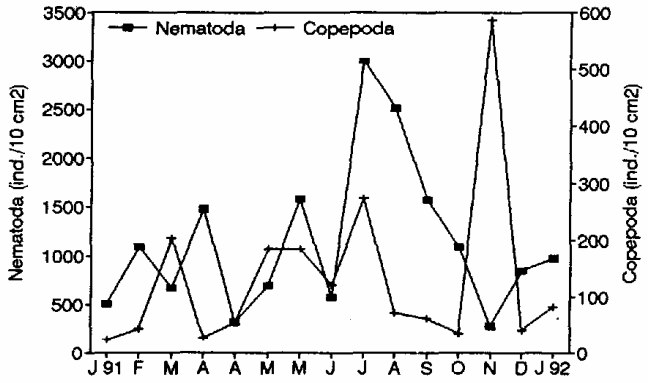


Fig. 9. Seasonal variations of nematoda and copepoda abundance.

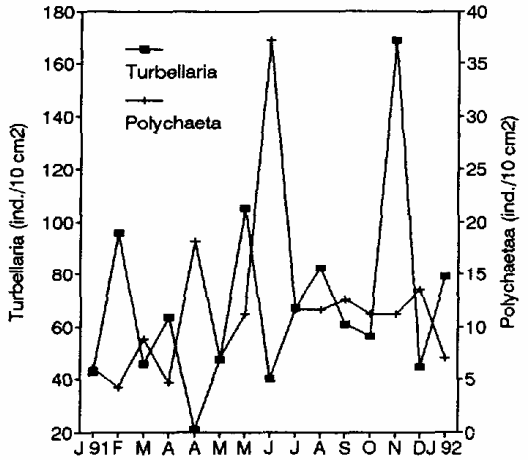


Fig. 10. Seasonal variations of the densities of polychaeta and turbellaria.

consideration for understanding the factors potentially limiting the abundances, trophic strategies and dynamics of meiobenthic communities in the studied area.

Further studies are needed for identifying the factors related to the dynamics of meiofaunal communities.

Acknowledgements

We would like to thank Prof. Mauro Fabiano (Università di Cagliari) and Prof. Giancarlo Albertelli (Università di Messina) for useful criticisms and for providing financial support, Dr. Simonetta Fraschetti (Università di Genova) for help during sampling and suggestion on the manuscript. Roberto Danovaro was financially supported by a grant of the *Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica (M. U.R.S. T.)*

Fig. 11. Results of the Bray-Curtis Cluster analysis on meiobenthic taxa (non transformed data).

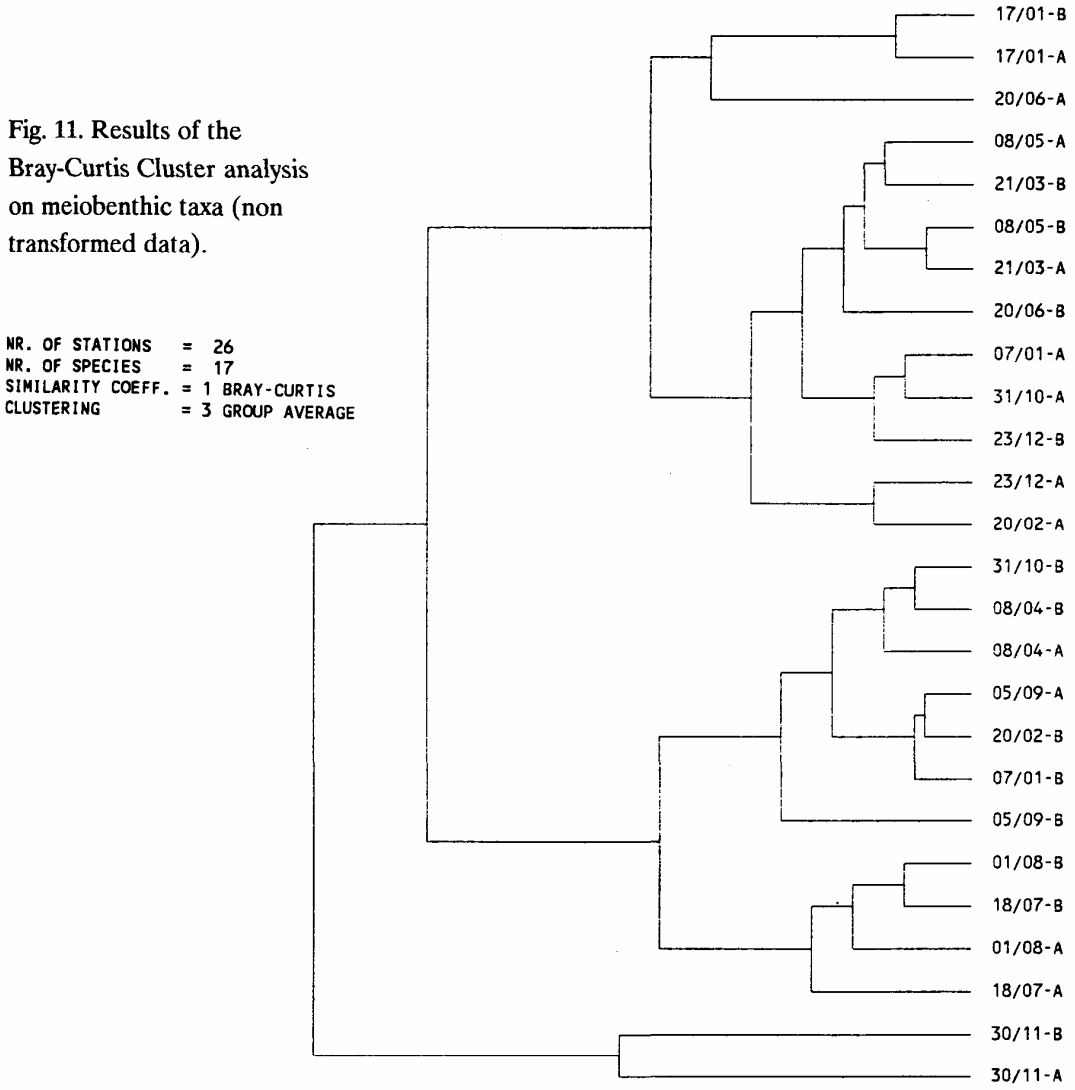
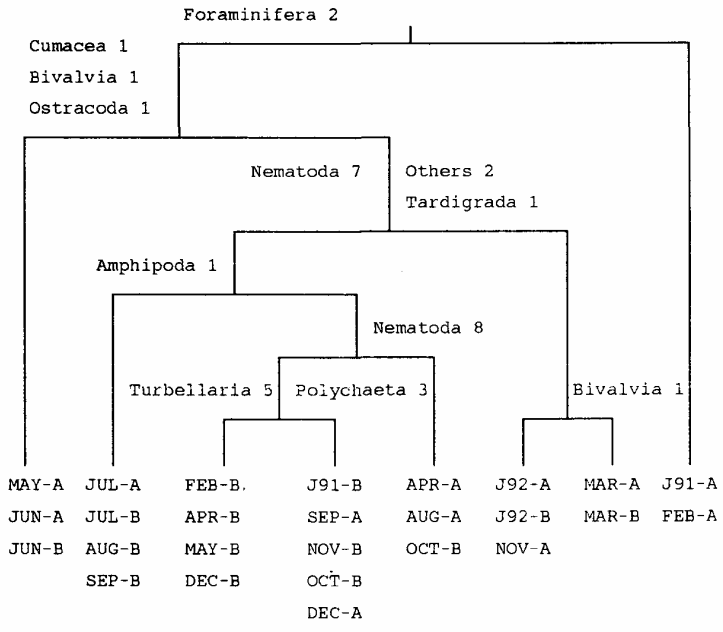


Fig. 12. Results of the TWINSPAN analysis on meiobenthic taxa.



REFERENCES

Albertelli, G., M. Chiantore & S. Fraschetti (1992). A one year study of a sandy bottom community seasonal fluctuations compared to a previous sampling period. *AttiXCongr. A.I.O.L.,* 387-394.

Bodiou, J.Y. & P. Chardy (1973). Analyse en composantes principales du cycle annuel d'un peuplement de copépode harpacticoides des sables infralittoraux de Banyuls-sur-Mer. *Mar. Biol.,* 20: 27.

Bougis, P. (1946). Analyse quantitative de la microflore d'une vase marine à Banyuls-sur-Mer. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci.,* Paris, 222: 1122.

Bougis, P. (1950). Méthode pour l'étude quantitative de la microfauna des fonds marins (Méiobenthos). *Vie et Milieu,* 1: 23.

Bovée, F. de (1981). Ecologie et dynamique des Nematodes d'une vase sublitorale (Banyuls-sur-Mer). *These Doct. Etat, Univ. P. & M. Cune,* Paris.

Bovée, F. de & J. Soyer (1974). Cycle annuel quantitatif du méiobenthos des vases terrigènes cotières. Distribution verticale. *Vie et Milieu,* 24: 147-157.

Bovée, F. de, Celiile D. & J. Soyer (1979). Essay d'analyse en composantes principales des relations entre densités en meiofaune et facteur du milieu dans l'Archipel de Kerguelen, *Mem. Mus. Natn. Hist. Nat.,* C (43): 197.

Coull, B.C. (1970). Shallow water méiobenthos at the Bermuda platform. *Oecologia,* 4: 325.

Danovaro, R., M. Fabiano & N. Della Croce (1993). Labile organic matter and microbial biomasses in deep sea sediments (Eastern Mediterranean Sea). *Deep-Sea Res.,* 40: 953-965.

Guille, A. & J. Soyer (1978). Contribution a l'étude comparée des biomasses du macrobenthos et du méiobenthos des substrats meubles au large de Banyuls-sur-Mer. 3^{r} E. M. B., Arcachon, *Vie et Milieu,* Suppl. 22: 15.

Heip C., M. Vincx & G. Vranken (1985). The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.,* 23: 399-489.

Higgins, R.P. & H. Thiel (1988). Introduction to the study of meiofauna, Smithsonian Inst. Press. London.

Hulings, N.C. (1974). A temporal study of Lebanese sand beach meiofauna. *Cah. Biol Mar.*,15: 319.

Khripounoff, A., D. Desbruyeres & P. Chardy (1980). Le peuplements benthiques de la faille Verna: donnée quantitatives et bilan d'energie en milieu abyssal. *Oceanol. Acta.* 3: 187.

Marcotte, B.M. & B.C. Coull (1974). Pollution diversity and meiobenthic communities in the North Adriatic Bay (Bay of Piran, Yugoslavia). *Vie et Milieu,* 24: 281-300.

Sandulli, R. & M. De Nicola (1990). Pollution effects on the structure of meiofaunal communities in the bay of Naples. *Mar. Poli. Bull.,* 21: 144-153.

Soetaert K., C. Heip & M. Vincx (1991). The meiobenthos along a Mediterranean deep-sea transect off Calci (Corsica) and in an adjacent canyon. *P.S.Z.N.I.: Mar. Ecol.,* 12: 227-242.

Soyer, J. (1971). Bionomie benthique du plateau Continental de la cote catalane francais V. Densité et biomasses du meiobenthos. *Vie et Milieu, 22:* 351-423.

Soyer, J. (1985). Mediterranean Sea Meiobenthos. In: M. Moraitou-Appostolopoulou & V. Kiortsis (Eds.) *Mediterranean Marine Ecosystem,*, NY Plenum Publishing Corporation, 85-108.

Tietjen, J.H. (1977). Population distribution and structure of the free-living Nematodes of Long Island. *Mar. Biol.,* 43: 123-129.

Vidakovic, J. (1983). The influence of raw domestic sewage on density and distribution of meiofauna. *Mar. Poli. Bull.,* 14: 84- 88.

Vitiello, P. (1968). Variation de la densitè du meiobenthos sur une aire restreinte. *Recueil des traveaux Station Marine d'Endoume,* 43: 261-270.

Warwick, R. M. (1987). Meiofauna: their role in marine detrital systems. IN: D.J.M. Moriarty & R.S.V. Pullin (Eds.) *Detritus and microbial ecology in aquaculture.* ICLARM Conference Proceedings, 14: 282-295.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 307 a pag. 325

DISTRIBUZIONE DEL MICROZOOPLANCTON NELLO STRETTO DI MESSINA (ESTATE 1990)

Maria Pia SPARLA e Letterio GUGLIELMO

Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina - Università di Messina

SUMMARY

In the framework of a research program on the plankton populations in frontal areas of the Straits of Messina, we have investigated the microzooplankton communities of this remarkable oceanographic region. Data referred to in this work were collected during the June-July 1990 cruise. Samples were collected, at two depths (20 and 50 m) at 18 stations by 5 liter Niskin bottles. Microzooplankton were mainly caracterized by Tintinnids and nacked ciliates, which were common at ali sampled stations and depths. Of the 73 identified taxa, 62 have been identified to the species level and 11 to the genus level.

Aloricated ciliates represent 47.5 % of the entire population and 52.1% of the Protozoans.Tintinnides constitude 43.7% of the total population and 46.0% of the Protozoans. Acantharians, Radiolarians and Foraminiferans are less common, representing 3.6% of the total. Micrometazoans represent 5.2% of the population. Of the identified species, 10 are found at both depth and are the most frequent.

Statistical analyses using Principal Components and Cluster analyses indicated a strong correlation between Tintinnids and hydrodinamic characteristics of the Straits of Messina, characterized by considerable discontinuities in water mass structures.

The present data represent a preliminary approach to the understanding of the microzooplankton of the Straits from a taxonomic and ecological point of view.

1. INTRODUZIONE

II microzooplancton rappresenta una componente importante della comunità planctonica, ed esso risulta costituito dai più piccoli organismi eterotrofi (20 - 200 µm).

Le conoscenze su questa componente planctonica sono relativamente scarse; questo fatto è in parte imputabile ai problemi di campionamento e conservazione ed in parte alle difficoltà nell'identificazione tassonomica degli organismi, specialmente dei Ciliati non loricati e delle forme cistiche.

Il microzooplancton sembra peraltro avere un ruolo fondamentale nelle catene alimentari marine, ai fini del trasferimento di energia dai primi livelli trofici a quelli successivi. Infatti, i Ciliati rappresenterebbero un anello tra i produttori primari ed un grande numero di organismi zooplanctonici in posizioni più elevate nella piramide trofica (Margalef, 1963).

Negli ultimi decenni sono stati condotti studi sul microzooplancton che includono non solo gli aspetti morfologici e sistematici, ma anche quelli biochimici ed ecologici, al fine di valutare l'importanza che questi organismi assumono nella rete trofica marina (Sorokin, 1978; Capriulo & Carpenter, 1980; Taylor, 1982; Conover, 1982; Fenchel, 1987).

La pressoché totale mancanza di conoscenze sul ruolo ecologico di questa comunità

nelle acque dello Stretto di Messina ci ha indotto ad intraprendere, nell'estate del 1990, uno studio preliminare sulla sua composizione e distribuzione. Questo fa parte di un più ampio programma di ricerca sullo sviluppo delle popolazioni planctoniche in aree frontali e di upwelling.

2. MATERIALI E METODI

I campioni di microzooplancton sono stati raccolti nel corso di una crociera effettuata nell'estate del 1990 nell'area idrografica dello Stretto di Messina conia N/R "Algesiro Matteo". In totale sono state fissate 18 stazioni di cui metà effettuate dal 22 al 23 giugno (staz. 1-9) e metà dal 20 al 21 luglio (staz. 10-18) (Fig. 1 e Tab. 1).

In ogni stazione i campioni d'acqua per l'analisi del microzooplancton sono stati raccolti con bottiglie Niskin da 5 litri, alle quote di 20 m e 50 m. Contemporaneamente sono stati effettuati profili con CTD mod. OCEAN SEVEN 401 della IDRONAUT.

A bordo i campioni venivano raccolti in contenitori da 2 litri e immediatamente concentrati a 250 mi, tramite filtrazione su retino con maglie da 20 µm, prima di essere fissati con formalina tamponata al 3%. In laboratorio la sedimentazione è stata effettuata in cilindri da 100 mi per un periodo di 60h ed il conteggio degli individui secondo il metodo Utermohl (1958), utilizzando un microscopio rovesciato con contrasto di fase Leitz Labovert a 200 e 320 ingrandimenti.

I dati relativi all'analisi tassonomica sono stati trattati con sistemi di analisi multivariata, per definire la distribuzione del popolamento in funzione delle caratteristiche ambientali dell'area esplorata. A tal fine, i dati sono stati espressi sotto forma di tabelle specie/stazione, utilizzando soltanto l'analisi tassonomica relativa al gruppo dei Tintinnidi, che rappresenta in tutti i campioni circa il 45% del popolamento microzooplanctonico.

Stazione	Data	Latitudine N	Longitudine E	Profondità Ecosonda (m)	Profondità campionata (m)	Temperatura (t °C)	Salinità (psu)
1	22-06-90	37°55'00"	15°42'00"	670	20	16.99	38.158
					50	15.23	38.334
2	22-06-90	37°54'30"	15°33'30"	1320	20	16.59	38.251
					50	15.34	38.370
3	22-06-90	37°54'30"	15°23'00"	570	20	17.44	38.222
					50	16.05	38.278
4	22-06-90	38°00'00"	15°28'00"	610	20	16.53	38.212
					50	15.67	38.286
5	22-06-90	37°59'30"	15°33'30"	1100	20	16.67	38.218
					50	16.05	38.232
6	22-06-90	38°00'00"	15°37'00"	560	20	17.39	38.193
					50	15.24	38.463
7	22-06-90	38°05'42'	15°37'30"	220	20	16.65	38.354
					50	14.44	38.637
8	22-06-90	38°05'42"	15°34'18"	780	20	16.16	38.172
					50	15.24	38.363
9	22-06-90	38°06'00"	15°31'18"	330	20	16.86	38.194
					50	14.87	38.500
10	21-07-90	38°10'30"	15°34'18"	250	20	20.02	38.108
					50	19.37	38.542
11	21-07-90	38°09'54"	15°36'00"	400	20	20.57	38.142
					50	17.53	38.466
12	21-07-90	38°09'42"	15°38'12"	260	20	21.59	38.065
					50	16.82	38.300
13	21-07-90	38°14'18"	15°39'36"	155	20	20.86	37.978
					50	14.89	38.323
14	21-07-90	38°15'12"	15°38'06"	120	20	18.25	37.982
					50	14.61	38.486
15	21-07-90	38°14'00"	15°36'00"	170	20	17.12	38.016
					50	14.98	38.140
16	21-07-90	38°16'48"	15°42'00"	230	20	23.37	38.012
					50	15.88	38.100
17	21-07-90	38°17'00"	15°40'00"	180	20	18.52	38.151
					50	16.00	38.094
18	21-07-90	38°17'30"	15°48'00"	260	20	22.38	37.978
					50	16.47	38.062

Tab. 1 - Data, coordinate e profondità all'ecosonda delle stazioni di prelievo del micro-zooplancton. Valori di temperatura e salinità relative alle due quote esaminate

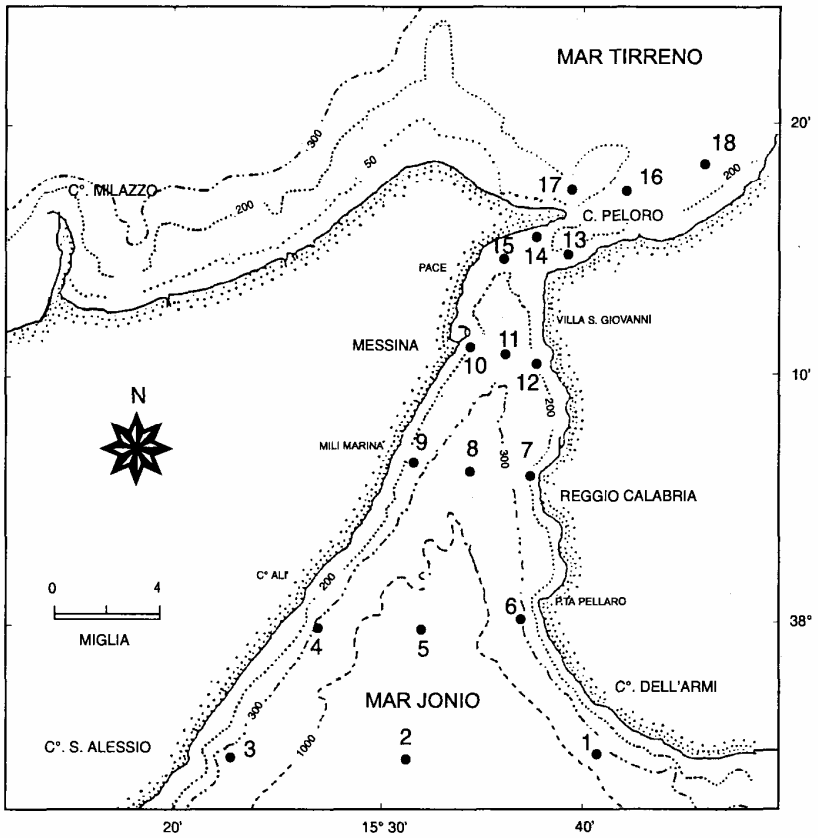


Fig. 1 - Posizione delle stazioni di campionamento

I programmi utilizzati sono STATGRAFICS 4.0 (Statistical Graphics System rel. 4.0 1989; Legendre & Legendre, 1984) per l'analisi delle "Principal Components" con il metodo del "sum of square ranking" e BMDP (Biomedical Computer Programs; Dixon et al., 1981) per la "Cluster Analysis" con il metodo del centroide.

3. AREA DI STUDIO

La forma dello Stretto di Messina, come osservò Mazzarelli (1909), è ad imbuto con l'apertura verso il Mar Ionio e l'estremità verso il Tirreno. Mentre la profondità del primo aumenta raggiungendo già all'altezza di Capo dell'Armi l'isobata dei 1500 m, nel Tirreno il pendio si abbassa più dolcemente e raggiunge ad ovest di Capo Milazzo l'isobata dei 1000 m. Si può notare pertanto come il fondo dello Stretto abbia la configurazione di un monte la cui sommità è in corrispondenza della sella Ganzirri - P.ta Pezzo (profondità minima 72 m dalla superficie).

Com'è noto, lo Stretto di Messina è sede di intensi fenomeni idrodinamici che ne costituiscono la principale caratteristica. Esso è interessato sia da correnti stazionarie che di marea. Le prime sono rappresentate da un flusso superficiale di acque tirreniche con direzione N/S e da acque joniche profonde con direzione opposta; tali correnti possono raggiungere una velocità massima di 50 cm/s in corrispondenza della sella. Le correnti di marea vengono invece originate dalle fasi opposte delle maree nei due bacini e possono raggiungere, nei periodi di sizigie, i 200 cm/s sulla sella sia durante la corrente "montante" (alta marea ionica) che durante quella "scendente" (alta marea tirrenica) (Fig. 2). Esse si

sovrappongono a quelle stazionarie generando in vicinanza della costa fenomeni secondari, ampiamente descritti da Mazzarelli (1936), che interessano la massa d'acqua sia orizzontalmente (tagli, refoli e scale di mare) con vere e proprie onde di discontinuità (Alpers & Salusti, 1983) in punti particolari quali Ganzirri, Torre Faro e Punta Pezzo, sia verticalmente in senso ciclonico (vortici) o anticiclonico (macchie d'olio) in tre precisi siti dello Stretto fuori Capo Peloro, tra Capo S. Raineri e l'imboccatura del Porto di Messina e nei pressi di Punta Pezzo (Vercelli, 1925; Mazzarelli, 1936). Più in particolare, in fase di corrente "scendente", le acque tirreniche più leggere scorrono su quelle joniche fino a che l'intera parte centrale dello Stretto viene ampiamente interessata da queste acque fluenti verso sud (Bossolasco & Bagnino, 1959; Faganelli, 1961). All'opposto, con il predominio della corrente "montante", acque via via più dense interessano il centro del bacino affondando in quelle tirreniche una volta oltrepassata la sella (Vercelli, 1925; Vercelli & Picotti, 1926). Il fenomeno è apprezzabile maggiormente in regime di eterotermia estiva, quando le acque superficiali tirreniche sono più calde (Aliverti, 1963; Massi et al, 1979; Brandolini et al., 1980).

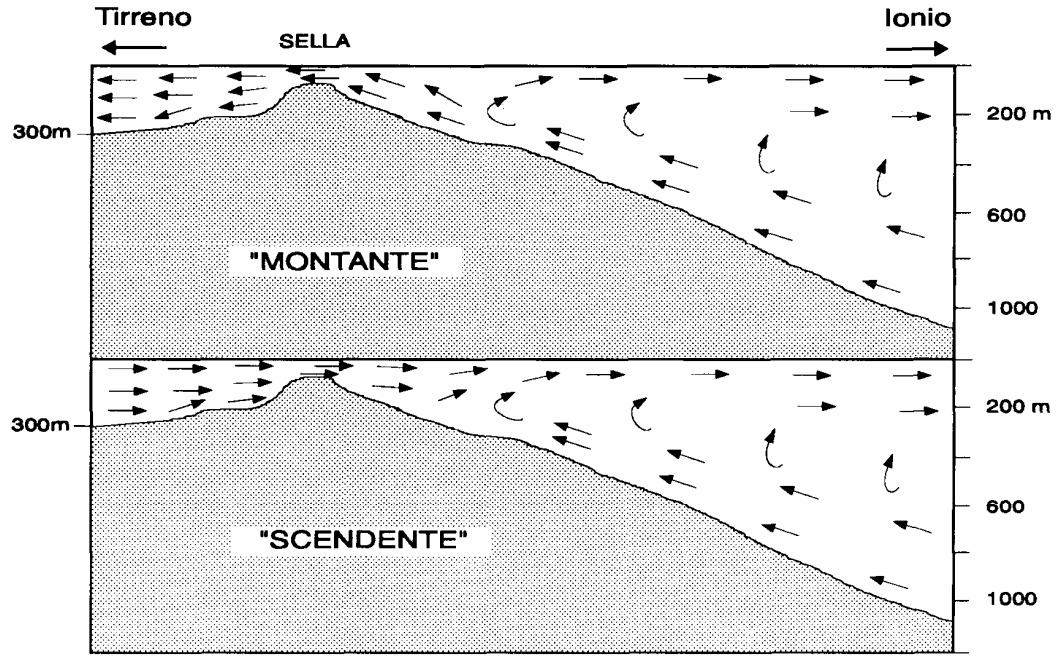


Fig. 2 - Sezione mostrante le correnti dello Stretto di Messina (da Brandolini et al., 1980)

A completare questo quadro ecologico subentrano, specialmente in estate, le diverse condizioni fisico-chimiche delle acque trasportate dalle due correnti principali di marea. A parte le differenze tipiche tra il bacino tirrenico e quello jonico, dove le acque sono notoriamente più salate e più fredde, e quindi più dense, si notano nello Stretto di Messina salti termici estivi notevoli, dovuti alla rimonta di masse d'acqua di origine profonda. Questi fenomeni di "upwelling" determinano la presenza, in molte parti dello Stretto, di acque molto più fredde di quelle riscontrabili alle medesime quote in altri siti dei due bacini jonico e tirrenico. L'intenso dinamismo delle acque impedisce così l'instaurarsi del termoclino essenzialmente nell'area dello Stretto, inducendo in tal modo particolari condizioni ecologiche (Di Geronimo & Fredj, 1987).

Facendo riferimento alla grande circolazione del Mediterraneo è stato accertato che

acqua di origine atlantica interesserebbe gli strati più superficiali dello Stretto di Messina attraverso il ramo che passa dal Basso Tirreno lambendo le Isole Eolie. Allo stesso modo acque intermedie di origine orientale (300-600 m) entrerebbero dall'imboccatura sud dello Ionio da dove interesserebbero lo Stretto portandosi a quote più superficiali in vicinanza della soglia (Cortese & De Domenico, 1990). Ciò è stato messo in evidenza anche da studi sullo zooplancton e sulla fauna mesopelagica (Guglielmo, 1976; Genovese et al., 1985; Cavallaro, 1987).

Si formano in tal modo, specialmente nella zona centrale dello Stretto, le cosidette "acque miste" con caratteristiche intermedie tra quelle joniche e quelle tirreniche (terminologia utilizzata in base al bacino di provenienza, De Domenico, 1987).

4. RISULTATI

Come si può osservare in Fig. 3, i Ciliati non loricati ed i Tintinnidi rappresentano quasi interamente il popolamento microzooplanctonico, rispettivamente con 47.5% e 43.7% del totale. Poco numerosi sono apparsi Radiolari, Acantari e Foraminiferi, contribuendo per il 3.6%, mentre gli stadi larvali di Metazoi contribuiscono all'intero popolamento con una percentuale pari al 5.2%.

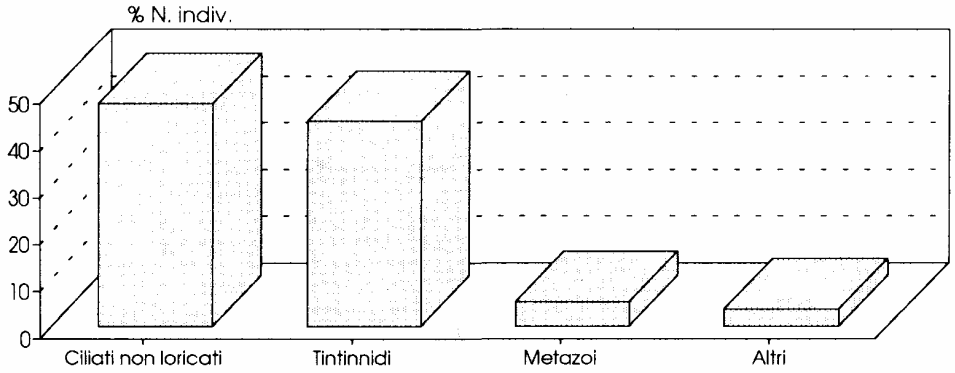


Fig. 3 - Composizione percentuale della comunità microzooplanctonica.

4.1. Distribuzione degli organismi microzooplanctonici

In Fig. 4 è stato riportato l'andamento spaziale della densità totale (somma dei valori relativi alle 2 quote esaminate) dei principali gruppi microzooplanctonici. Per quanto riguarda i Ciliati non loricati il valore più alto di densità è stato riscontrato nella staz. 1 (560 ind/l), in prossimità di Capo dell'Armi; si ha quindi un andamento quasi scalare sino alla staz. 8 (170 ind/l), situata al centro dello Stretto lungo l'asse Reggio Calabria - Mili Marina. Segue un gruppo di quattro stazioni (9-12) in cui i valori subiscono un nuovo incremento; tra queste, la staz. 11 presenta il massimo di densità totale (340 ind/l). Nelle rimanenti stazioni si ha un netto calo dei valori con punte minime nelle stazioni 16 (17.5 ind/l) e 17 (22.5 ind/l). Margalef (1969) riscontra che nel mese di luglio i Ciliati raggiungono nel Mediterraneo Occidentale una densità di circa 100-500 ind/l.

L'andamento spaziale dei Tintiidi è caratterizzato da valori di densità totale più costanti dalla staz. 1 alla staz. 10 (X = 246.2 ind/l). Nella staz. 11 si ha un discreto incremento della densità totale (346.5 ind/l) che si riporta subito sui valori medi nella stazione successiva (225 ind/l). Dalla staz. 13 in poi si verifica un progressivo decremento dei valori sino a raggiungere un minimo di 107.5 ind/l nella stazione 15, per riportarsi sui valori medi nelle rimanenti stazioni di quest'ultimo gruppo (X = 134.4 ind/l).

I restanti organismi (Micrometazoi ed Altri Protisti) presentano un andamento spaziale più disomogeneo. I valori di densità totale per i Micrometazoi vanno da un minimo di 2.5 ind/l (staz. 10) ad un massimo di 47 ind/l (staz. 14). In generale presentano un andamento altalenante con ampi scarti nei valori di densità dalla stazione 1 alla stazione 11 e con punte più alte nelle stazioni 3, 5, 8, 12, 14 e 15 (X = 39.5 ind/l). Anche gli Altri Protisti rispecchiano un simile andamento con punte più alte nelle stazioni 1 (52.5 ind/l), 5 (32.5 ind/l) e 13 (55 ind/l).

Per quanto riguarda la distribuzione verticale è stato osservato che, in ambedue le quote di campionamento (20 m, 50 m), la componente a Ciliati non loricati mostra un numero di individui notevolmente superiore per le stazioni dell'area jonica (Fig. 5a e Fig. 5b).

I più alti valori sono stati registrati sempre nelle stazioni poste all'imboccatura sud dello Stretto e con un progressivo impoverimento procedendo verso il Tirreno. Alla quota più superficiale delle stazioni 1-12 i valori di densità sono compresi tra 65 ind/l (staz. 8) e 317.5 ind/l (staz. 1), mentre per quella più profonda tra 87.5 ind/l (staz. 9) e 242.5 ind/l (staz. 1). I minimi sono stati registrati nel bacino tirrenico con valori di 12.5 ind/l e 10 ind/l, alla quota di 20 m, rispettivamente nelle staziz. 16 e 17. Per quanto riguarda lo strato più profondo le densità più basse si sono avute nelle stazioni 15 e 16, rispettivamente con 2.5 ind/l e 5 ind/l.

4.2 Tintinnidi

In tutte le stazioni esaminate non sono state evidenziate sostanziali differenze di densità fra le due quote esaminate, anche se risulta evidente un lieve aumento dei valori alle quote più superficiali. Come per i Ciliati non loricati, una netta divisione può essere fatta fra il gruppo di stazioni poste nella parte più meridionale dello Stretto, a sud di Messina (staz. 1-12), e quello più settentrionale (staz. 13-18), con valori nettamente superiori nella prima zona.

Alla profondità di 20 m il gruppo costituito dai Tintinnidi rappresenta il 44.8 % del popolamento microzooplanctonico, con valori di densità compresi tra un minimo di 47.5 ind/l (staz. 15) ed un massimo di 234 ind/l (staz. 11).

Alla profondità di 50 m i Tintinnidi rappresentano il 41.8 % dell'intero popolamento, con un andamento dei valori di densità molto simile a quello della quota più superficiale. Il minimo è stato registrato nella stazione 18 (52.5 ind/l) ed il massimo nella stazione 3 (145 ind/l).

I massimi registrati in queste stazioni sono da accreditare alla presenza del genere *Stenosemella.* Nel complesso sono state determinate 62 specie e 25 generi, di cui più di 20 sono distribuite a tutte le quote e in quasi tutte le stazioni. Tra queste le più frequenti sono: *Stenosemella nivalis, S. ventricosa, Helicostomella subulata, Craterella armilla, Tintinnopsis sp.* e *Dictyocista mitra* (Tab. 2 e Tab. 3).

Le stazioni che mostrano una maggiore variabilità specifica sono in buona parte quelle più vicine alla costa. La specie più abbondante in assoluto in quasi tutte le stazioni è *Stenosemella nivalis,* seguita da *S. ventricosa* e *Dictyocista mitra.*

Stenosemella nivalis è presente a tutte le quote ed in proporzioni maggiori alla quota di 20 m. Secondo Krsinic (1980) è tipica delle baie, dove è molto abbondante nel periodo freddo dell'anno. Anche nel nostro caso le concentrazioni maggiori sono state generalmente riscontrate in vicinanza della costa, anche se la specie è presente in tutta l'area.

Posta (1963) nota che *Stenosemella ventricosa* è abbastanza frequente nella Baia di Villefrance, presentando popolamenti molto abbondanti in primavera. E' presente in quantità considerevoli da marzo a metà maggio, con un intervallo di temperatura compreso tra 13 e 19 °C. Secondo lo stesso Autore la sua concentrazione diminuisce bruscamente quando la temperatura dell'acqua supera i 20 °C. Travers & Travers (1971) la inseriscono nel gruppo delle specie più comuni nel Golfo di Marsiglia, dove è presente durante tutto l'anno, soprattutto da marzo a maggio, quando si registrano le concentrazioni massime di

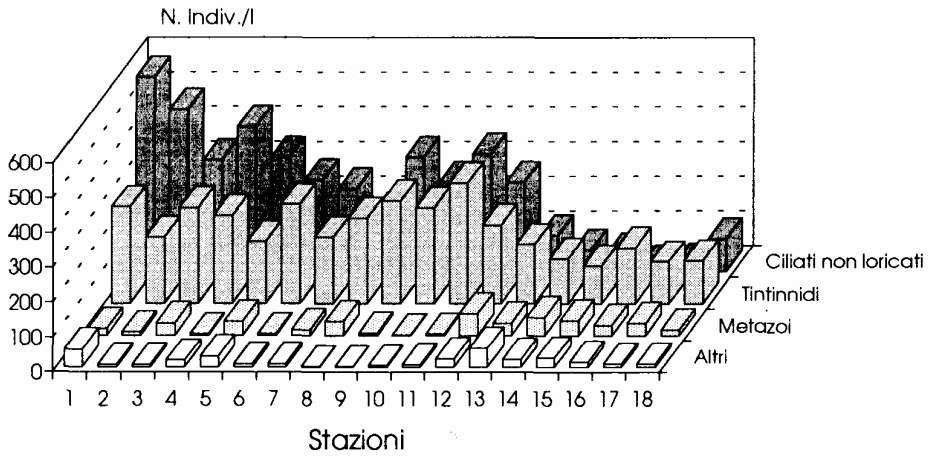


Fig. 4 - Densità totale del popolamento microzooplanctonico nelle diverse stazioni

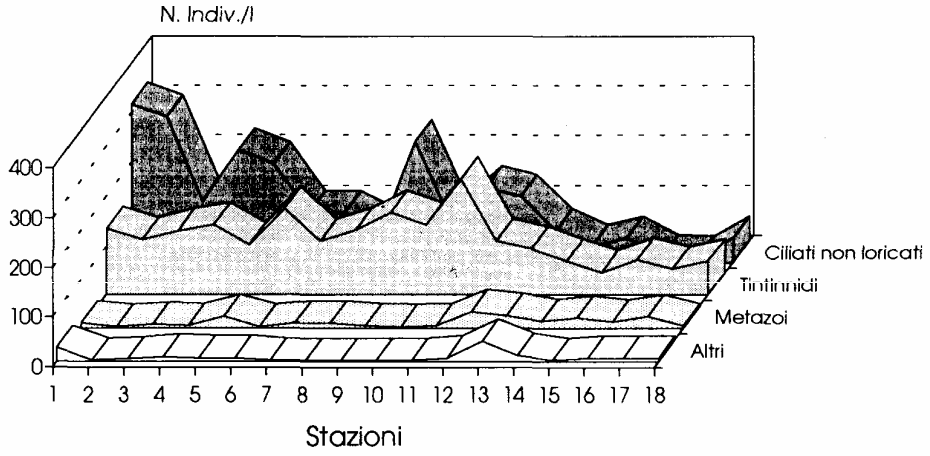


Fig. 5a - Distribuzione degli organismi microzooplanctonici nelle stazioni 1-18, alla quota di 20 m.

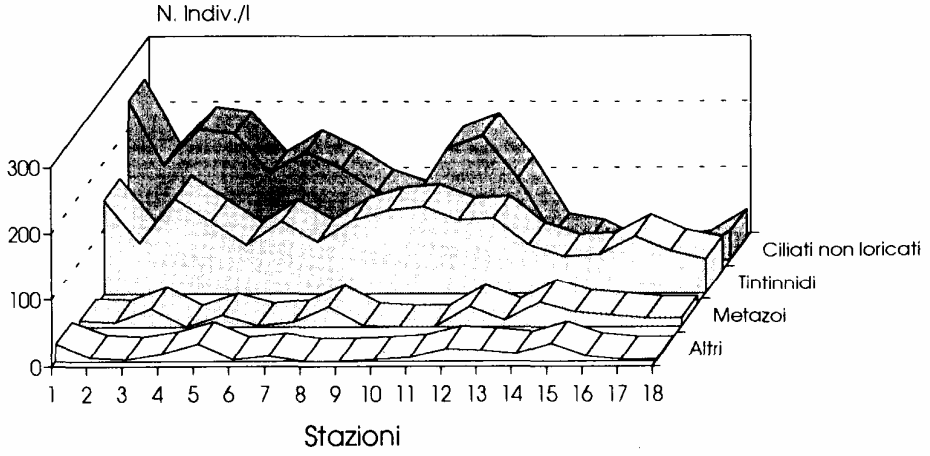


Fig. 5b - Distribuzione degli organismi microzooplanctonici nelle stazioni 1-18, alla quota di 50 m.

Tab. 2 - Valori di abbondanza (N° ind/l) degli organismi microzooplanctonici alla quota di 20 m.

Stazione (20 m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PROTOZOA																		
FORAMINIFERIDA	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	5.0	2.5	0.0	5.0	7.5	5.0
ACANTARIA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	10.0	0.0	2.5	0.0	0.0
RADIOLARIA	27.5	0.0	5.0	10.0	7.5	5.0	2.5	2.5	2.5	0.0	2.5	5.0	30.0	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5
CILIATA																		
Specie indeterminate	307.5	157.5	115.0	195.0	190.0	87.5	80.0	60.0	210.0	67.5	120.0	105.0	57.5	27.5	45.0	12.5	7.5	42.5
OLIGOTROCHIDA																		
Strombidium sp.	10.0	135.0	7.5	30.0	7.5	12.5	20.0	5.0	32.5	20.0	30.0	27.5	7.5	5.0	5.0	0.0	2.5	7.5
TINTINNIDA																		
Tintinnopsis acuminata	2.5	5.0	2.5	2.5	0.0	2.5	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
Tintinnopsis beroidea	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	7.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	2.5	0.0	2.5
Tintinnopsis campanula	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis compressa	2.5	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	5.0	2.5	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis cylindrica	0.0	0.0	7.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis lobiancoi	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis levigata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
Tintinnopsis minuta	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis nana	2.5	5.0	5.0	0.0	0.0	10.0	7.5	5.0	10.0	2.5	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis radix	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis sp.	2.5	2.5	12.5	17.5	7.5	2.5	0.0	7.5	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Codonella aspera	2.5	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	5.0	2.5	2.5	0.0	0.0	5.0	0.0
Codonella galea	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
Codonella nationalis	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Codonella sp.	2.5	7.5	0.0	2.5	5.0	2.5	5.0	2.5	7.5	5.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
Codonellopsis ecaudata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5
Codonellopsis contracta	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Codonellopsis sp.	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cantharella brevis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stenosemella nivalis	22.5	10.0	0.0	2.5	10.0	2.5	0.0	17.5	17.5	32.5	27.5	17.5	2.5	5.0	0.0	7.5	10.0	5.0
Stenosemella ventricosa	0.0	0.0	5.0	10.0	5.0	30.0	2.5	7.5	27.5	0.0	20.0	12.5	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	17.5
Stenosemella sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Coxliella fasciata	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Coxiella pelagica	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	2.5	0.0	5.0	5.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Coxiella longa	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Coxiella sp.	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Climacocyclis scalaria	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Helicostomella longa	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Helicostomella obtusa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Helicostomella subulata	5.0	7.5	2.5	2.5	2.5	5.0	0.0	0.0	12.5	2.5	7.5	0.0	2.5	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0
Helicostomella sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Favella composita	2.5	2.5	0.0	0.0	7.5	0.0	5.0	7.5	2.5	5.0	2.5	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0
Favella campanula	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Favella serrata	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
Favella sp.	5.0	0.0	5.0	2.5	0.0	17.5	2.5	0.0	0.0	2.5	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Craterella armilla	0.0	0.0	10.0	0.0	2.5	0.0	7.5	20.0	7.5	5.0	17.5	5.0	5.0	2.5	5.0	0.0	0.0	5.0
Craterella minuta	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	22.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Craterella torulata	15.0	0.0	2.5	7.5	0.0	7.5	0.0	0.0	2.5	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	2.5	0.0
Craterella sp.	0.0	0.0	5.0	5.0	0.0	5.0	10.0	2.5	0.0	15.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Acanthostomella obtusa	0.0	0.0	0.0	2.5	10.0	0.0	2.5	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Acanthostomella minutissim	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	5.0	2.5	0.0	0.0	2.5	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Acanthostomella sp.	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0
Protorhabdonella curta	2.5	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	5.0	2.5	0.0	0.0
Protorhabdonella sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rhabdonella cuspidata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rhabdonella spiralis	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	5.0	0.0	5.0	5.0	0.0	2.5	2.5
Rhabdonella sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Parundella aculeata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5
Parundella sp.	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tab. 2 - Continua

Stazione (20 m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Xystonella treforti	0.0	2.5	5.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	5.0	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5
Xystonella sp.	5.0	0.0	0.0	0.0	7.5	7.5	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
Xystonellopsis spicata	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	2.5	0.0	0.0
Xystonellopsis sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Propectella claparedei	0.0	5.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	5.0	0.0	2.5
Propectella sp.	10.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	5.0	12.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Amplectella sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
Undella hyalina	2.5	0.0	10.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	0.0	0.0	7.5	5.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5
Undella sp.	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0
Undellopsis pacifica	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	5.0	2.5	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Undellopsis sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
Dictyocysta mitra	12.5	12.5	17.5	5.0	5.0	7.5	7.5	10.0	15.0	10.0	0.0	5.0	0.0	2.5	5.0	0.0	2.5	0.0
Dictyocysta elegans	5.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	5.0	0.0	7.5	0.0	12.5	0.0	0.0	5.0	0.0	2.5
Dictyocysta lepida	0.0	2.5	5.0	5.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dictyocysta entzi	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dictyocysta mulleri	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dictyocysta sp.	7.5	0.0	0.0	0.0	2.5	10.0	0.0	0.0	0.0	7.5	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dadayella ganymedes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	5.0	5.0	7.5	5.0	0.0	7.5	2.5	0.0
Dadayella pachitoecus	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dadayella sp.	2.5	12.5	0.0	12.5	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stentrupiella gracilis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
Stentrupiella stenstrupii	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	5.0	0.0	7.5	5.0	0.0	5.0	5.0	5.0
Amphorella amphora	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
Amphorella sp.	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
Eutintinnus apertus	0.0	0.0	10.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Eutintinnus elegans	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Eutintinnus tubulosus	2.5	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	10.0	0.0	7.5	7.5	7.5	0.0	5.0
Eutintinnus maculatus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
Eutintinnus macilentus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
Eutintinnus sp.	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	5.0	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Salpingella acuminata	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Salpingella dercutata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
Salpingella minutissima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
Salpingella attenuata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
Salpingella rotundata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Salpingella sp.	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5
METAZOA																		
CRUSTACEA																		
Larve di Cladoceri	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nauplii di Copepodi	5.0	2.5	5.0	2.5	20.0	0.0	7.5	7.5	5.0	0.0	5.0	17.5	15.0	11.5	12.5	7.5	17.5	0.0
Copepoditi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MOLLUSCA																		
Larve di Bivalvi	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Larve di Gasteropodi	2.5	0.0	2.5	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
ECHINODERMATA																		
Echinopluteus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTALE	490.0	410.0	265.0	382.5	330.0	285.0	222.5	210.0	417.5	235.0	391.5	272.5	220.0	126.5	112.5	102.5	90.0	127.5
CILIATI	317.5	292.5	122.5	225.0	197.5	100.0	100.0	65.0	242.5	87.5	150.0	132.5	65.0	32.5	50.0	12.5	10.0	50.0
TINTINNIDI	135.0	112.5	130.0	142.5	102.5	175.0	110.0	132.5	167.5	142.5	234.0	110.0	95.0	70.0	47.5	72.5	55.0	70.0
METAZOA	10.0	2.5	7.5	5.0	22.5	2.5	10.0	10.0	5.0	2.5	5.0	22.5	20.0	11.5	12.5	10.0	17.5	0.0
ALTRI	27.5	2.5	5.0	10.0	7.5	7.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	7.5	40.0	12.5	2.5	7.5	7.5	7.5

Tab. 3 - Valori di abbondanza (N° ind/l) degli organismi microzooplanctonici alla quota di 50 m.

Stazione (50 m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PROTOZOA																		
FORAMINIFERIDA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	2.5
ACANTARIA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	10.0	2.5	2.5	5.0	2.5	0.0
RADIOLARIA	25.0	5.0	2.5	10.0	25.0	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	5.0	7.5	5.0	7.5	20.0	0.0	0.0	0.0
CILIATA																		
Specie indeterminate	217.5	125.0	180.0	140.0	105.0	127.5	135.0	77.5	67.5	140.0	180.0	112.5	27.5	22.5	0.0	5.0	12.5	32.5
OLIGOTROCHIDA																		
Strombidium sp.	25.0	20.0	20.0	52.5	27.5	37.5	5.0	27.5	20.0	30.0	10.0	12.5	12.5	7.5	2.5	0.0	0.0	12.5
TINTINNIDA																		
Tintinnopsis acuminata	0.0	2.5	0.0	5.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis beroidea	2.5	7.5	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	5.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis campanula	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis compressa	2.5	0.0	5.0	2.5	0.0	5.0	2.5	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis cylindrica	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis lobiancoi	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis levigata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
Tintinnopsis minuta	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis nana	10.0	0.0	2.5	0.0	0.0	5.0	0.0	2.5	5.0	0.0	5.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
Tintinnopsis radix	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tintinnopsis sp.	5.0	2.5	30.0	2.5	0.0	7.5	0.0	5.0	0.0	17.5	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
Codonella aspera	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	5.0	0.0	0.0	5.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Codonella galea	2.5	0.0	0.0	2.5	5.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Codonella nationalis	5.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Codonella sp.	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	12.5	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Codonellopsis ecaudata	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	2.5
Codonellopsis contracta	2.5	5.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
Codonellopsis sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Canthariella brevis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0
Stenosemella nivalis	20.0	15.0	2.5	17.5	7.5	17.5	0.0	5.0	5.0	12.5	5.0	20.0	7.5	5.0	7.5	0.0	7.5	7.5
Stenosemella ventricosa	2.5	0.0	17.5	0.0	0.0	2.5	12.5	10.0	7.5	0.0	2.5	0.0	5.0	2.5	2.5	0.0	17.5	0.0
Stenosemella sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Coxliella fasciata	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Coxliella pelagica	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	5.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Coxliella longa	7.5	7.5	5.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Coxliella sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	2.5	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Climacocyclis scalaria	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Helicostomella longa	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Helicostomella obtusa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
Helicostomella subulata	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	15.0	5.0	2.5	0.0	2.5	5.0	0.0	2.5	5.0	0.0
Helicostomella sp.	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Favella composita	0.0	0.0	12.5	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	7.5	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
Favella campanula	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Favella serrata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
Favella sp.	22.5	5.0	2.5	7.5	10.0	2.5	2.5	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
Craterella armilla	2.5	0.0	5.0	2.5	5.0	0.0	5.0	5.0	0.0	0.0	2.5	0.0	5.0	5.0	2.5	7.5	2.5	0.0
Craterella minuta	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Craterella torulata	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	12.5	5.0	0.0	2.5	0.0	0.0	5.0	0.0
Craterella sp.	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	2.5	2.5	12.5	12.5	5.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Acanthostomella obtusa	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5
Acanthostomella minutissim	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
Acanthostomella sp.	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Protorhabdonella curta	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
Protorhabdonella sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rhabdonella cuspidata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rhabdonella spiralis	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	5.0	5.0	7.5	5.0	0.0	0.0	2.5	0.0
Rhabdonella sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Parundella aculeata	2.5	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
Parundella sp.	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5

Tab. 3 - Continua

Stazione (50 m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Xystonella treforti	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	5.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
Xystonella sp.	0.0	0.0	5.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	12.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Xystonellopsis spicata	2.5	2.5	0.0	2.5	2.5	5.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
Xystonellopsis sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
Propectella claparedei	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
Propectella sp.	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Amplectella sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Undella hyalina	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5
Undella sp.	7.5	5.0	7.5	0.0	5.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	5.0	2.5	0.0	2.5
Undellopsis pacifica	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Undellopsis sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
Dictyocysta mitra	5.0	0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	5.0	7.5	7.5	2.5	0.0	5.0	0.0	2.5	0.0	7.5	0.0	0.0
Dictyocysta elegans	0.0	2.5	5.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	5.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0
Dictyocysta lepida	0.0	0.0	10.0	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	5.0	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	2.5
Dictyocysta entzi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5
Dictyocysta mulleri	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dictyocysta sp.	7.5	0.0	2.5	0.0	0.0	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dadayella ganymedes	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	2.5	7.5	7.5	0.0	0.0	5.0	2.5	0.0	2.5
Dadayella pachitoecus	2.5	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
Dadayella sp.	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stentrupiella gracilis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stentrupiella stenstrupii	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0
Amphorella amphora	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Amphorella sp.	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
Eutintinnus apertus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Eutintinnus elegans	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Eutintinnus tubulosus	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	12.5	10.0	0.0	5.0	10.0	0.0	7.5
Eutintinnus maculatus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	5.0	0.0	5.0	0.0
Eutintinnus macilentus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0
Eutintinnus sp.	0.0	5.0	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Salpingella acuminata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Salpingella dercutata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
Salpingella minutissima	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	5.0	5.0	0.0	0.0	2.5	5.0
Salpingella attenuata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
Salpingella rotundata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0
Salpingella sp.	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
METAZOA																		
CRUSTACEA																		
Larve di Cladocero	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nauplii di Copepodi	5.0	5.0	27.5	0.0	17.5	0.0	2.5	27.5	0.0	0.0	0.0	20.0	5.0	35.0	17.5	17.5	7.5	10.0
Copepoditi	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0
MOLLUSCA																		
Larve di Bivalvi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Larve di Gasteropodi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ECHINODERMATA																		
Echinopluteus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTALE	420.0	235.0	375.0	312.5	250.0	280.0	235.0	247.5	217.5	305.0	307.5	277.5	135.0	132.5	107.5	117.5	90.0	110.0
CILIATI	242.5	145.0	200.0	192.5	132.5	165.0	140.0	105.0	87.5	170.0	190.0	125.0	40.0	30.0	2.5	5.0	12.5	45.0
TINTINNIDI	142.5	77.5	145.0	110.0	75.0	110.0	80.0	112.5	127.5	132.5	112.5	115.0	75.0	57.5	60.0	87.5	65.0	52.5
METAZOA	10.0	7.5	27.5	0.0	17.5	2.5	7.5	30.0	2.5	0.0	0.0	20.0	5.0	35.0	20.0	17.5	10.0	10.0
ALTRI	25.0	5.0	2.5	10.0	25.0	2.5	7.5	0.0	0.0	2.5	5.0	17.5	15.0	10.0	25.0	7.5	2.5	2.5

circa 400 ind/l. Anche nell'Adriatico orientale è molto comune; Krsinic (1980) la definisce specie tipicamente costiera lungo il litorale centro-meridionale jugoslavo dove è presente dalla fine dell'autunno a maggio, con massimi in gennaio e febbraio, quando la temperatura raggiunge i 13 °C. Viceversa, nel Golfo di Quarnero è presente solamente in autunno ed estate, con temperature da 19 a 24 °C; lo stesso autore nota però che quest'area non è paragonabile ad altre, a causa delle particolari condizioni idrodinamiche e per fattori non ancora definibili.

5. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La distribuzione spaziale dei due gruppi più rappresentativi del microzooplancton sembra mostrare un andamento strettamente legato alle condizioni idrodinamiche dello Stretto di Messina.

Nel bacino jonico, all'imboccatura sud dello Stretto (staz. 1-5), i Ciliati non loricati presentano una densità molto più alta rispetto ai Tintinnidi (Ciliati X = 206.7 ind/l, Tintinnidi X = 117.3 ind/l); questa differenza è evidente in ambedue le quote esaminate. La situazione diventa più equilibrata già a partire dalla staz. 6 e sino alla stazione 12, in particolar modo nell'area più meridionale dello Stretto interessata da evidenti fenomeni di rimonta di acque profonde che presentano caratteristiche proprie di "acque miste" (staz. 2 a 30 m, staz. 7 a 50 m e staz. 8 a 20 m). Dalla staz. 13 in poi sono i Tintinnidi che cominciano a prevalere sui Ciliati non loricati con più alte differenze di densità nelle stazioni poste all'uscita settentrionale dello Stretto, in acque con caratteristiche superficiali e subsuperficiali tirreniche. Questo andamento può essere messo in relazione alla più ampia distribuzione batimetrica delle specie appartenenti ai Tintinnidi, per cui si assiste ad un progressivo aumento del numero di specie procedendo dallo Ionio verso il Tirreno, dovuto all'apporto di specie profonde a quote più superficiali, per processi di upwelling. Questo stesso fenomeno è già stato messo in evidenza per lo zooplancton (Guglielmo, 1976).

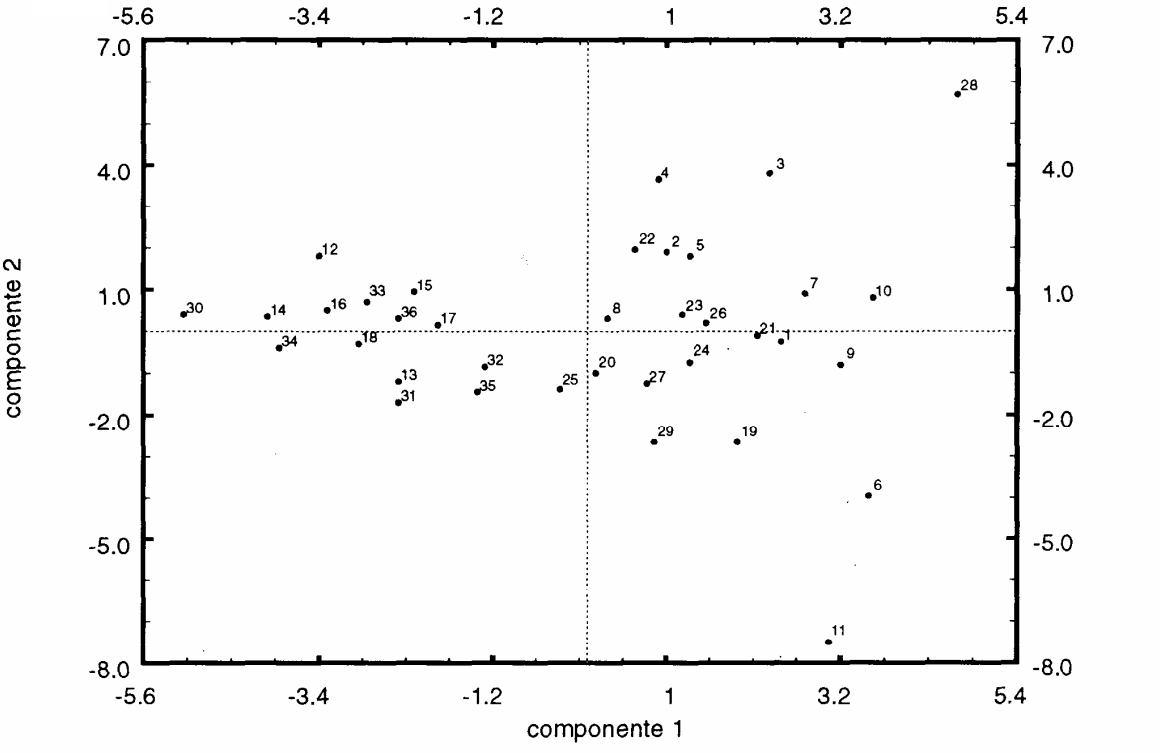


Fig. 6 - Plot delle prime due componenti principali relativo alle stazioni 1-18. I numeri da 1 a 18 corrispondono alla quota 20 m; i numeri da 19 a 36 corrispondono alla quota 50 m.

Il taxa dei Tintinnidi sembra essersi rivelato un mezzo efficace per la lettura del complesso sistema idrodinamico dello Stretto di Messina. I dati tassonomici, trattati con sistemi di analisi multivariata, hanno permesso di verificarne il comportamento. Dalla Fig. 6 si evince che, in generale, le stazioni 1-10 sono abbastanza ravvicinate nello spazio rappresentando in questo caso l'area jonica, mentre le stazioni 12-18 occupano lo spazio opposto definendo l'area tirrenica.

Una situazione particolare viene a realizzarsi per la stazione 11 (20 m) e la stazione 10 (50 m), che si separano in maniera diversa rispetto a tutte le altre. Tale evidenza potrebbe essere spiegata con le particolari caratteristiche idrodinamiche dell'area in cui sono state collocate le due stazioni. Infatti esse vengono a trovarsi in prossimità di Capo S. Raineri, particolare zona ampiamente riconosciuta per fenomeni di upwelling con formazione di vortici e macchie d'olio (Mazzarelli, 1936). La stazione 6, allocata lungo le coste calabre in vicinanza di P.ta Pellaro, è certamente influenzata da un ramo di corrente tirrenica che scorre superficialmente lungo la costa, fenomeno già messo in evidenza in quest'area (De Domenico et al., 1976).

Se andiamo ad analizzare il dendrogramma ottenuto dalla Cluster Analysis (Fig. 7), si evince che i clusters che si separano in maniera netta sono tre. Un primo cluster mostra il raggruppamento di una parte delle stazioni poste nel bacino jonico, di cui alcune con ambedue le quote di campionamento a 20 m e 50 m (staz. 1, 6 e 11), altre con la sola quota a 50 m (staz. 2, 4 e 5) e la sola stazione 10 con la quota 20 m. Un secondo cluster individua stazioni che possiamo definire con "caratteristiche intermedie", di cui alcune con le due quote di campionamento (staz. 3, 7, 8 e 9), le stazioni 2, 4 e 5 con la quota 20 m e la stazione 10 con la quota 50 m. Infine un terzo cluster viene definito dalle stazioni 12-18 che presentano, alle due profondità campionate, caratteristiche proprie dell'acqua tirrenica.

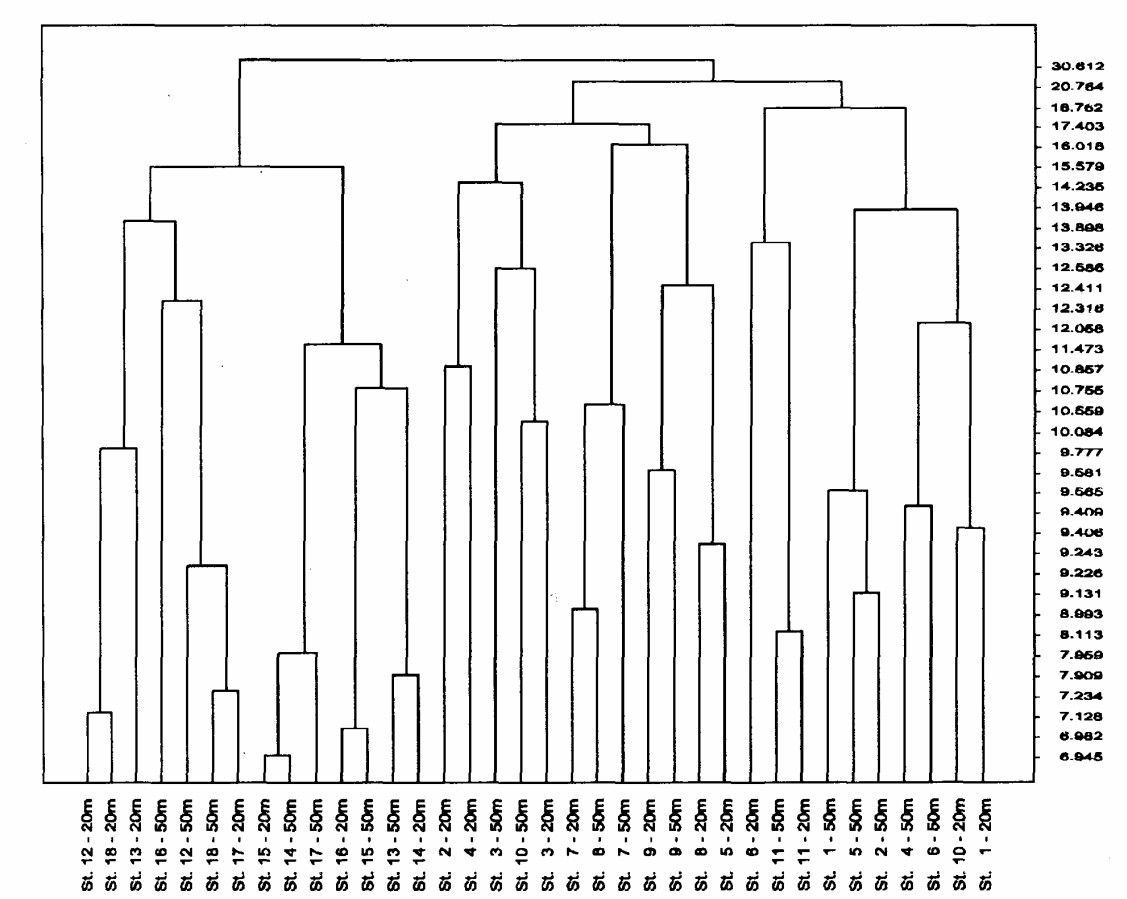


Fig. 7 - Dendrogramma delle stazioni 1 - 18.

Quest'ultima descrizione non fa altro che confermare la complessità del regime idrodinamico dello Stretto di Messina. Infatti i tre clusters individuano non solo stazioni differenti, ma più spesso quote differenti o stesse quote di stazioni diverse. Ciò mette in evidenza come nello stesso momento possono coesistere situazioni differenti anche in stazioni spazialmente vicine e che idrologicamente si manifestano con una diversa struttura verticale della colonna d'acqua. Da un punto di vista ecologico, quindi, comunità differenti provenienti da acque di diversa origine possono interessare nello stesso momento lo Stretto di Messina e non è raro che comunità simili possano ritrovarsi anche in zone fra di loro distanti.

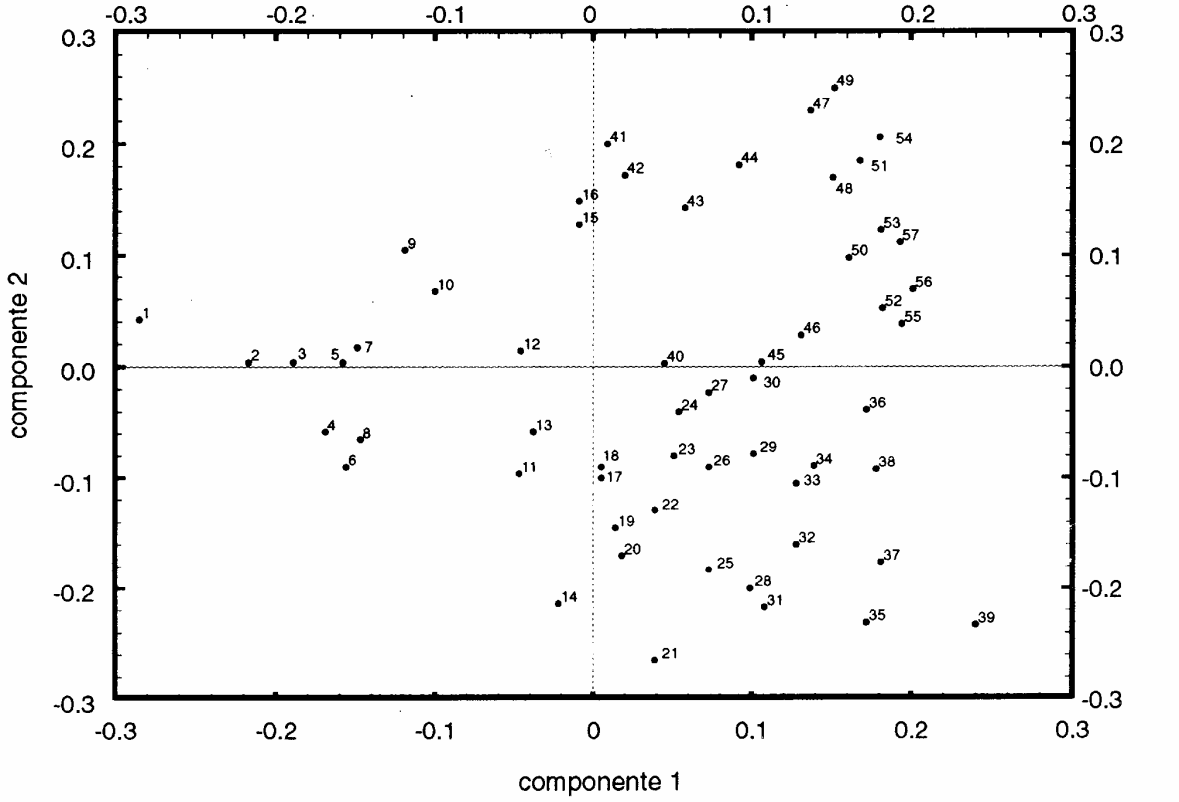


Fig. 8 - Plot delle prime due componenti principali relativo alle stazioni 1-18, comprendente le specie censite

1= *Eutintinnus tubulosus* 2= *Eutintinnus maculatus* 3= *Salpingella rotundata*
4= *Rhabdonella spiralis* 5= *Salpingella attenuata* 6= *Steenstrupiella steentrupii*
7= *Eutintinnus macilentus* 8= *Dadayella ganymedes* 9= *Proplectella claparadei*
10= *Salpingella sp.* 11= *Codonellopsis ecaudata* 12=*Acanthostomella minutissima*
13= *Dictyocysta entzi* 14= *Salpingella minutissima* 15= *Undella hyalina*
16= *Acanthostomella sp.* 17= *Craterella minuta* 18= *Tintinnopsis beroidea*
19= *Craterella armilla* 20= *Dictyocysta elegans* 21= *Xystonellopsis sp.*
22= *Undella sp.* 23= *Coxliella longa* 24= *Dadayella pachitoecus*
25= *Parundella aculeata* 26= *Undellopsis sp.* 27= *Favella composita*
28= *Stenosemella ventricosa* 29= *Stenosemella nivalis* 30= *Proplectella sp.*
31= *Codonellopsis contracta* 32= *Craterella torulata* 33= *Coxliella pelagica*
34= *Helicostomella subulata* 35= *Dictyocysta sp.* 36= *Undellopsais pacifica*
37= *Favella sp.* 38= *Codella sp.* 39= *Tintinnopsis nana*
40= *Codonella galea* 41= *Protorhabdonella curta* 42= *Codonella aspera*
43= *Dadayella sp.* 44= *Acanthostomella obtusa* 45= *Xystonellopsis spicata*
46= *Eutintinnus sp.* 47= *Xystonella treforti* 48= *Dictyocysta lepida*
49= *Coxliella fasciata* 50= *Tintinnopsis acuminata* 51= *Tintinnopsis sp.*
52= *Xystonella sp.* 53= *Dictyocysta mitra* 54= *Tintinnopsis cylindrica*
55= *Craterella sp.* 56= *Tintinnopsis compressa* 57= *Coxliella sp.*

Dall'analisi delle componenti principali (Fig. 8) si evince che specie quali *Stenosemella nivalis, S. ventricosa, Craterella, armilla, Helicostemella subulata, Dadayella pachytoecus, Coxiliella longa,* ed altre ancora, formano un particolare addensamento per valori positivi rispetto alla prima componente e negativi rispetto alla seconda. Di contro, buona parte delle specie appartenenti al genere *Eutintinnus* e *Salpingella* si separano nella porzione opposta del piano individuato dalle due componenti. Ciò ci porta a definire in maniera abbastanza più precisa le diverse caratteristiche ecologiche dei gruppi di specie. Insieme a generi che presentano un'ampia distribuzione e sono più comuni nelle acque neritiche *(Tintinnopsis, Stenesemella, Codonellopsis),* sono state riscontrate specie di *Coxiliella (C. fasciata, C. longa, C. pelagica)* e *Acanthostomella (A. minutissima, A. obtusa)* che sembrano prediligere acque molto fredde (Marshall, 1969).

La distribuzione geografica dei Tintinnidi oceanici sembra essere strettamente correlata alla temperatura, fattore principale nel controllo della successione delle specie. A questo proposito Posta (1963) suggerisce che gli scambi di abbondanza dei Tintinnidi nel corso dell'anno a Villefranche erano chiaramente correlati alle varazioni stagionali della temperatura. La bassa percentuale di larve di Metazoi nei nostri campioni conferma la natura pelagica delle acque dello Stretto di Messina, tenendo presente anche che essi sono stati ritrovati in numero superiore al 50% in due crociere estive nel Mar Tirreno (Fonda Umani & Monti, 1993).

Da un confronto con i dati di letteratura tra il bacino orientale e quello occidentale del Mediterraneo (Kimor & Berdugo, 1967; Kimor & Wood, 1975; Kimor, 1983) è stata messa in evidenza la presenza di specie quali *Codonella aspera, C. galea, Rhabdonella spiralis, Salpingella acuminata, S. attenuata* e *Dictyocista elegans,* all'interno dell'area di studio, che potrebbe assumere un importante significato nella spiegazione di alcuni fenomeni idrodinamici dello Stretto, quali ad esempio il passaggio di acque orientali nel bacino occidentale del Mediterraneo, attraverso lo Stretto di Messina.

Il già noto fenomeno della rimonta di ingenti masse di acqua di origine profonda, messo in evidenza anche da studi sullo spiaggiamento di fauna mesopelagica e micronectonica (Guglielmo, 1969; Genovese et al., 1971; Guglielmo et al., 1973), è stato ulteriormente confermato anche in questo studio dal ritrovamento di specie di Tintinnidi caratteristiche di acque profonde. Un esempio ci viene dato da tutte le specie appartenenti al genere *Eutintinnus* ed in modo particolare da *E. tubulosus,* considerata da molti autori specie di acque fredde presente ad elevate profondità. Lo stesso fenomeno è stato osservato per *Dadayella ganimedes* e *D. pachytoecus,* anche quest'ultima tipica di acque profonde. Il problema da definire è con quali meccanismi specie che normalmente hanno un habitat profondo riescano a sopravvivere in acque più superficiali, dopo essere state bruscamente trasportate in seno alle acque di rimonta. E' certo, in ogni caso, che le basse temperature dell'acqua che si possono registrare nel corso di tutto l'anno negli strati più superficiali dello Stretto di Messina, potrebbero favorire l'insediamento e lo sviluppo di specie di acque fredde.

Tenuto conto della totale mancanza di ricerche sul microzooplancton dello Stretto di Messina e della scarsità di informazioni su tale componente per buona parte del Mediterraneo, i risultati preliminari ottenuti in questo studio segnano un primo approccio per comprendere il ruolo ecologico giocato da questa comunità planctonica in un'area del tutto peculiare per le sue caratteristiche idrodinamiche.

RINGRAZIAMENTI

Un sentito ringraziamento è dovuto alla Prof.ssa Serena Fonda-Umani per la revisione critica del manoscritto.

PROTOZOA

TINTINNIDA

Tintinnopsis acuminata	Daday, 1887
Tintinnopsis beroidea	Stein, 1867
Tintinnopsis campanula	(Ehrenberg) Daday, 1887
Tintinnopsis compressa	(Stein) Laackmann, 1913
Tintinnopsis cylindrica	Daday, 1887
Tintinnopsis levigata	Kofoid & Campbell, 1929
Tintinnopsis lobiancoi	Daday, 1887
Tintinnopsis minuta	Wailes, 1925
Tintinnopsis nana	Lohmann, 1908
Tintinnopsis radix	(Imhof) Brandt, 1907
Codonella aspera	Kofoid & Campbell, 1929
Codonella galea	Haeckel, 1873
Codonella nationalis	Brandt, 1906
Codonellopsis ecaudata	(Brandt) Kofoid & Campbell, 1929
Codonellopsis contracta	Kofoid & Campbell, 1929
Canthariella brevis	Jorgensen, 1924
Stenosemella nivalis	(Meunier) Kofoid & Campbell, 1910
Stenosemella ventricosa	(Claparede & Laackmann) Jorgensen, 1924
Coxliella fasciata	(Kofoid) Brandt, 1907
Coxliella longa	(Brandt) Laackmann, 1909
Coxliella pelagica	Kofoid & Campbell, 1929
Climacocylis scalaria	(Brandt) Jorgensen, 1924
Helicostomella longa	Brandt, 1906
Helicostomella obtusa	Brandt, 1906
Helicostomella subulata	(Ehrenberg) Jorgensen, 1924
Favella campanula	(Schimdt) Jorgensen, 1924
Favella composita	Jorgensen, 1924
Favella serrata	(Mobius) Jorgensen, 1899
Craterella armilla	Kofoid & Campbell, 1929
Craterella minuta	Brandt, 1907
Craterella torulata	Jorgensen, 1924
Acanthostomella minutissima	Kofoid & Campbell, 1929
Acanthostomella obtusa	Kofoid & Campbell, 1929
Protorhabdonella curta	(Cleve) Jorgensen, 1901
Rhabdonella cuspidata	(Zacharias) Brandt, 1906
Rhabdonella spiralis	(Fol) Brandt, 1907
Parundella aculeata	(Jorgensen) Kofoid & Campbell, 1924
Xystonella treforti	(Daday) Laackmann, 1909
Xystonellopsis spicata	(Brandt) Jorgensen, 1924
Proplectella claparedii	(Entz, ser.) Kofoid & Campbell, 1887
Undella hyalina	Daday, 1887
Undellopsis pacifica	Kofoid & Campbell, 1929
Dictyocysta elegans	Ehrenberg, 1854
Dictyocysta entzi	Jorgensen, 1924
Dictyocysta lepida	Ehrenberg, 1854

Dictyocysta mitra	Kaeckel, 1873
Dictyocysta mulleri	(Imhof) Jorgensen, 1924
Dadayella ganymedes	(Entz sen.) Kofoid & Campbell, 1884
Dadayella pachitoecus	(Jorg.) Kofoid & Campbell, 1924
Steenstrupiella gracilis	(Jorgensen), 1924
Steenstrupiella stenstrupii	(Clap. & Lac) Kofoid & Campbell, 1858
Amphorella amphora	(Clap. & Lac.) Daday, 1858
Eutintinnus apertus	Kofoid & Campbell, 1939
Eutintinnus elegans	(Jorgensen) Kofoid & Campbell, 1924
Eutintinnus maculatus	Brandt, 1906
Eutintinnus macilentus	(Jorgensen) Kofoid & Campbell, 1924
Eutintinnus tubulosus	(Ostenfeld) Kofoid & Campbell, 1899
Salpingella acuminata	(Clap. & Lach.) Jorgensen,1924
Salpingella attenuata	Jorgensen, 1924
Salpingella decurtata	Jorgensen, 1924
Salpingella minutissima	Kofoid & Campbell, 1929
Salpingella rotundata	Kofoid & Campbell, 1929

BIBLIOGRAFIA

Alpers, W. & E. Salusti. 1983. Scylla and Charybdis observed from space. *J. Geophys. Res.,* 88: 1800-1808.

Bossolasco, M. & I. Dagnino. 1959. La diffusione delle acque joniche nel Tirreno attraverso lo Stretto di Messina. *Geofisica pura e applicata,* 44: 168-178.

Brandolini, M., L. Franzini & E. Salusti. 1980. On tides in the Strait of Messina. *Nuovo Cimento,* 6: 671-695.

Capriulo, G.M. & E.J. Carpenter. 1980. Grazing by 35 to 202 µm microzooplancton in Long Island Sound. *Mar. Biol.,* 56: 319-326.

Cavallaro, G. 1987. I pesci Mictofidi dello Stretto di Messina. *Doc. et Trav. IGAL* Paris, 11: 249-251.

Conover, R.J. 1982. Interrelation between microzooplancton and other plankton organism. *Ann. Inst. Oceanogr.,* Paris, 58(S): 31-46.

Cortese, G. & E. De Domenico. 1990. Some considerations on the levantine intermediate water distribution in the Straits of Messina. *Boll. Oceanol. Teor. Appl.,* 8: 197-207.

De Domenico, E. 1987. Caratteristiche fisiche e chimiche delle acque nello Stretto di Messina. *Doc. et Trav. IGAL* Paris, 11: 225-235.

De Domenico, E., G. Gangemi & L. Guglielmo. 1976. Primi risultati sulle ricerche oceanografiche effettuate nella zona sud-orientale dello Stretto di Messina. *Arch. Oceanogr. Limnol,* 18: 467-484.

Di Geronimo, I. & G. Fredj. 1987. Les fonds a *Errina aspera* et *Pachylasma giganteum. Doc. et Trav. IGAL* Paris, 11: 243-247.

Dixon, W.J., M.B. Brown, L. Engelman, J.W. Frane, M.A. Mili & R.I. Je 1981. BMDP Statistical software 1981. University Calif. Press, Berkeley: 725 pp.

Faganelli, A. (1961). Primi risultati relativi alla concentrazione di sali nutritivi nelle acque del Mare Mediterraneo centrale e mari adiacenti. *Arch. Oceanogr. Limnol.,* 12: 118-208.

Fenchel, T. 1987. Ecology of Protozoa: The biology of free-living phagotrophic protists. *Springer Verlag,* Berlin, 197 pp.

Fonda Umani, S. & L. Milani. 1990. Metodiche nell'ecologia del Plancton marino: Microzooplancton. *Nova Thalassia,* 11: 251-262.

Fonda Umani, S. & M. Monti. 1993. Distribuzione dei popolamenti microzooplanctonici nell'arcipelago toscano. Progetto Mare. Ricerca sullo stato biologico, chimico e fisico dell'Alto Tirreno Toscano. Regione Toscana, Università di Firenze (Ed.): 157-258.

Genovese, S., A. Berdar & L. Guglielmo. 1971. Spiaggiamenti di fauna abissale nello Stretto di Messina. *Atti Soc. Peloritana,* 17: 331-370.

Genovese, S., Guglielmo, L., lanora, A. & B. Scotto di Carlo. 1985. Osservazioni biologiche con il mesoscafo "Forel" nello Stretto di Messina. *Arch. Oceanogr. Limnol.,* 20: 1-30.

Guglielmo, L. 1969. Spiaggiamenti di Eufausiacei lungo la costa messinese dello Stretto dal dicembre 1968 al dicembre 1969. *Atti Soc. Peloritana,* 24: 71-77.

Guglielmo, L. 1976. Distribuzione dei Chetognati nell'area idrografica dello Stretto di Messina. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli,* 40: 34-72.

Guglielmo, L., G. Costanze & A. Berdar. 1973. Ulteriore contributo alla conoscenza dei crostacei spiaggiati lungo il litorale messinese dello Stretto. *Atti Soc. Peloritana,* 19: 129-156.

Kimor, B. 1983. Distinctive featurs of the plankton of the eastern Mediterranean. *Ann. Inst. Oceanogr.,* Paris, 59: 97-106.

Kimor, B. & V. Berdugo. 1967. Cruise to the eastern Mediterranean, C-03, Plankton reports. *Bali Sea Fish. Res.* Stn Israel, 45: 6-31.

Kimor, B. & E.J.F. Wood. 1975. A plankton study in the Eastern Mediterranean sea. *Mar. Biol.,* 29: 321-333.

Kofoid, C.A. & A.S. Campbell. 1929. A conspectus of the marine and fresh - water Ciliata belonging to the suborder Tintinnoinea, with description of new species principally from the Agassiz expedition to the eastern tropical Pacific, 1904-1905. *Univ. Calif. Pubbl. Zool,* 34: 403 pp.

Kofoid, C.A. & A.S. Campbell. 1939. The Ciliata: the Tintinnoinea. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harv. Coll,* 84: 473 pp.

Krsinic, F. 1980. Qualitative and quantitative investigations of the Tintinnids along the eastern coast of the Adriatic. *Acta Adriat.,* 21: 19-104.

Legendre, L. & L. Legendre. 1984. Ecologie numérique. 2. La structure des données ecologiques. Masson, Paris: 335 pp.

Margalef, R. 1963. Rôle des Ciliates dans le cycle de la vie pélagique en Méditerranée. *Rapp. Comm. int. mer Medit.,* 17: 511-512.

Margalef, R. 1969. Small scale distribution of phytoplankton in western Mediterranean of the end of juli. *Pubi Stat. Zool. Napoli,* 37: 40-61.

Marshall, S.M. 1969. *Fich. Ident. Zooplancton:* 117-127.

Massi, M. E. Salusti & C. Stocchino. 1979. On the currents in the Strait of Messina. *Nuovo Cimento,* 5: 543-548.

Mazzarelli, Giuseppe 1909. Gli animali abissali e le correnti sottomarine dello Stretto di Messina. *Riv. mens. Pesca Idrobiol,* 11: 177-218.

Mazzarelli, Gustavo 1936. Vortici ed altri fenomeni delle acque dello Stretto di Messina. *Mem. Biol. Mar. Oceanogr., 4:* 1-12.

Posta, A. 1963. Relation entre l'évolution de quelques Tintinnides de la Rade de Villefranche et la température de l'eau. *Cah. Biol. Mar.,* 4: 201-210.

Sorokin, Yu.I. 1978. Description of primary production and eterotrophic microplankton in the Peruvian upwelling region. *Oceanology,* 18: 62-71.

Taylor, G.T. 1982. The role of pelagic heterotrophic protozoa in nutrient cycling: a review. *Ann. Inst. Oceanogr.,* Paris, 58(S): 227-241.

Travers, A. & M. Travers. 1971. Catalougue des Tintinnides (Ciliés Oligotriches) récoltés dans le Golfe de Marseille de 1962 a 1964. *Tethys,* 2: 639-646.

Tregouboff, G. & M. Rose. 1957. Manuel de Planctonologie Méditerranée. *C.N.R.S. Paris,* I, 587pp., II, 207 tav.

Utermohl, H. 1958. Zur vervollkammung der quantitativen phytoplankton-methodik. *Mitt. int. Verein Theor. augew. LimnoL,* 9: 1-38.

Vercelli, F. 1925. Crociere per lo studio dei fenomeni dello Stretto di Messina. Parte I. Il regime delle correnti e delle maree nello Stretto di Messina. *Commissione internazionale del Mediterraneo* Venezia: 1-209.

Vercelli, F. & M. Picotti, 1926. Crociere per lo studio dei fenomeni dello Stretto di Messina, II. Il regime fisico-chimico delle acque nello Stretto di Messina. *Commissione internazionale del Mediterraneo* Venezia: 1-161.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 327 a pag. 331

VARIAZIONI DELLA CONCENTRAZIONE DI CLOROFILLA-a IN RELAZIONE ALLA PROFONDITÀ' IN *PETROSIA FICIFORMIS* (PORIFERA, DEMOSPONGIAE) CON CIANOBATTERI SIMBIONTI

Giorgio BAVESTRELLO, Maurizio PANSINI, Roberto PRONZATO, Riccardo CATTANEO-VIETTI & Michele SARA'

Istituto di Zoologia,Università di Genova

SUMMARY

An analysis of the quantitative variations of the cianobacterial population symbiotic in the sponge *Petrosia ficiformis* has been performed. The data, obtained by means of chlorophyll-a determinations on extracts of the sponge tissue, show significant variations related both with depth and seasonal cycle. In January and June the chl-a concentrations are similar in shallow-water specimens (about 40 µg/cm^2 of sponge surface) and under 40 m depth (about 5 µg /cm^2). The specimens collected at intermediate depths, on the contrary, significantly differ in the two samplings. The symbiothic cianobacteria variations are also related to the sponge feeding requirements.

1. INTRODUZIONE

Molte specie di demosponge marine e di acqua dolce contengono popolazioni di microorganismi fotoautotrofi associati (Simpson, 1984; Riitzler, 1990). Queste associazioni endosimbiotiche sono generalmente considerate molto importanti per il metabolismo dell'ospite: è noto infatti il trasferimento di ingenti quantitativi di prodotti della fotosintesi, in particolare di glicerolo, dai simbionti alla spugna (Wilkinson, 1979; 1980; 1983). Tale trasferimento consente ad alcune spugne dotate di simbionti fotoautotrofi di proliferare, raggiungendo notevoli dimensioni, anche in acque particolarmente oligotrofiche, come ad esempio quelle della Great Barrier Reef (Wilkinson, 1987).

Anche la taglia degli esemplari può, talvolta, essere condizionata dalla presenza dei simbionti. Frost & Williamson (1980) hanno dimostrato che la crescita della spugna d'acqua dolce *Spongilla lacustris* è condizionata dall'illuminazione come accade pure per alcune spugne marine (Sarà & Vacelet, 1973; Wilkinson & Vacelet, 1979; Gaino et al., 1976).

Le relazioni tra spugne e simbionti fotoautotrofi sono state ampiamente studiate da un punto di vista ultrastrutturale (Rutzler, 1990), ma pochi dati quantitativi sono stati raccolti sulle popolazioni dei simbionti nell'ottica delle problematiche classiche legate allo studio del fitoplancton, come, ad esempio, variazioni stagionali o batimetriche. Alcuni dosaggi di clorofilla-a sono stati effettuati da Wilkinson (1987) in spugne marine, mentre dati sulle concentrazioni di clorofilla-a (chl-a) e sulla stima numerica delle popolazioni di

zooxantelle sono stati ricavati da alcune spugne dulcacquicole (Gilbert & Allen, 1973, Frost & Elias, 1990). La valutazione del contenuto di chl-a in *S. lacustris* (Gilbert & Allen, 1973) ha suggerito, infine, la possibilità di variazioni temporali nelle popolazioni di simbionti.

Lo scopo della presente ricerca è quello di valutare quantitativamente le variazioni delle popolazioni di cianobatteri simbionti, tramite il dosaggio della chl-a, nella comune demospongia mediterranea *Petrosia ficiformis* al variare della stagione e della profondità.

2. MATERIALI E METODI

Le analisi sulle concentrazioni di chl-a sono state effettuate su cianobatteri del tipo *Aphanocapsa feldmanni* , che generalmente vivono in associazione con *P. ficiformis.* Essi sono presenti sia a livello intra- che intercellulare ed occupano una sottile lamina superficiale della spugna, spessa circa 1-1.5 mm (Sarà & Scalera Liaci, 1964), detta simbiocortex.

Allo scopo di verificare le variazioni quantitative delle popolazioni di simbionti, 5 esemplari sono stati raccolti in 5 stazioni disposte su un transetto tra 10 e 50 m di profondità lungo la falesia rocciosa del Promontorio di Portofino. Le raccolte sono state effettuate in immersione nel giugno 1992 e nel gennaio 1993, per un totale di 50 esemplari esaminati.

Le determinazioni sono state condotte su campioni di tessuto fresco mediante analisi spettrofotometrica di estratti acetonici (Gilbert & Allen, 1973). Dato che i simbionti sono concentrati esclusivamente alla superficie della spugna le analisi sono state condotte su campioni cilindrici di tessuto contenenti 0.63 cm^2 di superficie e 5 mm del sottostante coanosoma. Per ogni esemplare sono state effettuate 5 repliche ed i risultati sono stati riferiti ad un cm^2 di superficie.

La significatività statistica delle differenze evidenziate è stata valutata mediante il t-test.

3. RISULTATI

In entrambi i periodi stagionali, l'andamento della concentrazione di chl-a/cm^2 nel simbiocortex di *P. ficiformis* mostra un evidente decremento a partire dalla superficie fino alle stazioni più profonde (Fig. 1), passando gradatamente da circa 40 µg/cm^2 fino a 5 µg /cm^2. Nell'ambito dello stesso periodo stagionale, i valori della concentrazione della chl-a/cm^2 misurati alle diverse profondità, sono significativamente diversi tra loro ($p < 0.05$), se si escludono quelli misurati nella fascia batimetrica intermedia (20-30 m di profondità). Proprio a questo livello, tuttavia, le concentrazioni di chl-a/cm^2 appaiono significativamente diverse tra loro nei due periodi stagionali ($p < 0.05$), mostrando un evidente decremento invernale. Nella stazione superficiale e in quelle più profonde, invece, i valori praticamente si sovrappongono.

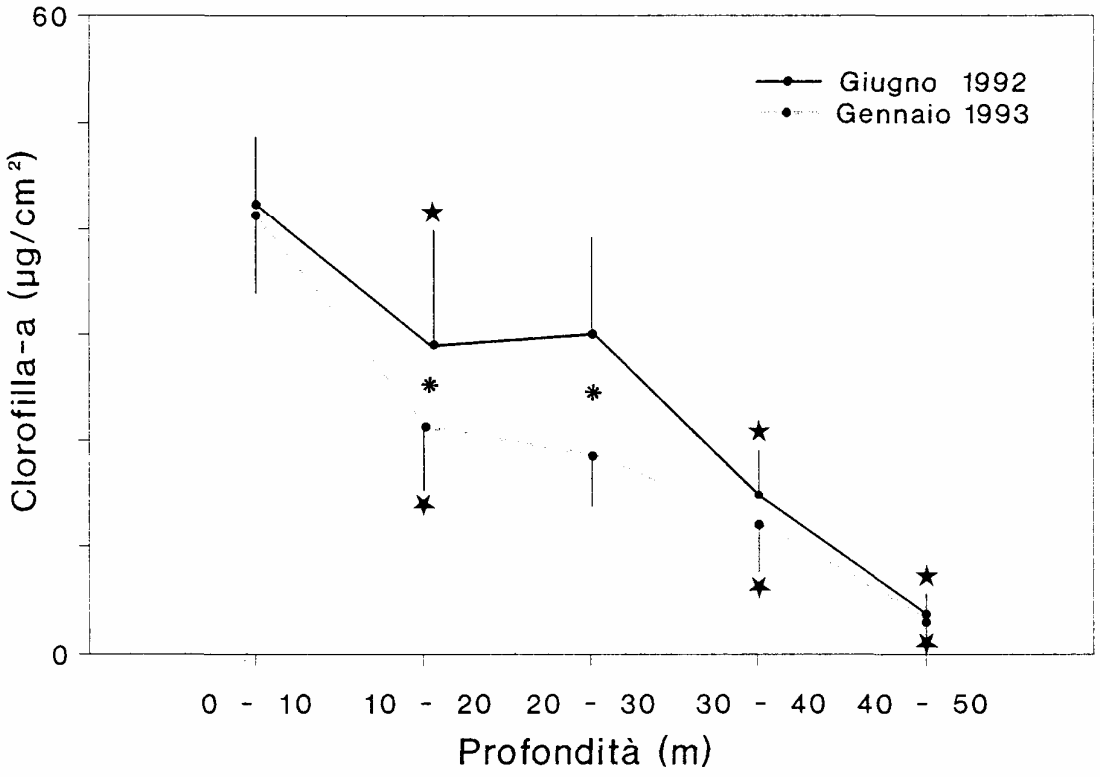


Fig. 1 . Concentrazioni medie di clorofilla-a nelle spugne provenienti dalle diverse profondità nei mesi di giugno e gennaio. Barra = ± deviazione standard. Stella = valore significativamente diverso ($p<0.05$) rispetto al precedente; asterisco = valori significativamente diversi ($p<0.05$) tra le due serie di dati.

4. DISCUSSIONE

L'analisi della concentrazione di chl-a nel simbiocortex di *P. ficiformis* permette di avere una stima della variazione quantitativa delle popolazioni simbiotiche autotrofe sia dal punto di vista stagionale che batimetrico. Negli esemplari raccolti a 50 m di profondità, indipendentemente dalla stagione, il numero di cianobatteri è circa 1/10 rispetto a quelli di superficie. Negli esemplari raccolti tra 20 e 30 m il numero di cianobatteri è simile nella stazione superficiale ed in quelle più profonde, tuttavia in questo caso si registra una riduzione di circa 1/3 nel periodo invernale. E' molto difficile paragonare i livelli di chl-a riscontrati in *P. ficiformis* con quelli delle specie "autotrofe" (Gilbert & Allen, 1973; Wilkinson, 1983.) in quanto queste ultime contengono simbionti in tutto lo spessore del coanosoma, mentre in *P. ficiformis* essi sono concentrati solo nel simbiocortex. Comunque, rapportando il quantitativo totale di chl-a contenuta in un esemplare superficiale di *P. ficiformis* al peso in g dell'esemplare stesso, si ottengono valori da uno a due ordini di grandezza inferiori a quelli riportati per le spugne "autotrofe" sia marine che dulcacquicole. Tale fatto suggerisce che, per questa specie, l'apporto nutrizionale esogeno sia prevalente rispetto a quello endogeno. Le variazioni

descritte sia a livello stagionale che batimetrico, tuttavia, fanno pensare che questa simbiosi non sia legata solo a fattori d' ordine trofico, ma che possano intervenire anche fenomeni diversi quali, ad esempio, la protezione della spugna dalla radiazione luminosa (Sarà & Vacelet, 1973) oppure legami più fini a livello metabolico (Arillo et al., 1993). Le differenze stagionali riscontrate esclusivamente nella fascia intermedia suggeriscono che in superficie la quantità di radiazione luminosa sia tale da sostenere, sia in estate che in inverno, la massima densità possibile delle popolazioni cianobatteriche, mentre oltre i 30 m la quantità di radiazione è così bassa da limitarne comunque lo sviluppo. Solo alle profondità intermedie la radiazione luminosa varia in un intervallo tale da influenzare la densità delle popolazioni di cianobatteri simbionti. La differenza nelle concentrazioni di chl-a al variare dei parametri ambientali legati alla profondità ed al ciclo stagionale, con le conseguenti variazioni nei rapporti reciproci dei due partners della simbiosi, potrebbe essere compensata da diversi fattori. Innanzitutto potrebbero intervenire adattamenti morfologici del cianobatterio, come l'aumento delle spire del tilacoide in funzione della riduzione di luce, come dimostrato da Gaino et al. (1976) trasportando in grotta oscura esemplari di *Chondrilla nucula.* Oppure potrebbero intervenire meccanismi fisiologici e metabolici compensatori simili a quelli descritti da Arillo et al. (1993) negli esemplari di *Petrosia* viventi a diverse profondità o nel medesimo esemplare lungo il corso dell'anno. La riduzione dell'apporto nutrizionale da parte degli organismi simbionti potrebbe essere alla base delle evidenti differenze che *P. ficiformis* mostra nel fenotipo con l'aumentare della profondità, come la riduzione delle dimensioni individuali e la variazione di forma da massiva ad allungata e sinuosa. Sfortunatamente l'interpretazione dei fattori che influenzano la crescita dei poriferi è resa problematica dall'ampia plasticità fenotipica che caratterizza questi organismi. Essa è il risultato di numerosi cause sia interne che ambientali tra le quali giocano un ruolo di primo piano i fattori legati alle condizioni idrodinamiche (Fry, 1979; Bavestrello & Sarà, 1992), oltre, naturalmente, agli aspetti trofici.

BIBLIOGRAFIA

Arillo, A., G. Bavestrello, B. Burlando *&* M. Sarà. 1993. Metabolic integration between symbiotic cyanobacteria and sponges: a possible mechanism. *Marine Biology* (in stampa).

Bavestrello, G. & M. Sarà. 1992. Morphological and genetic differences in ecologically distinct populations of *Petrosia* (Porifera, Demospongiae). *Biol. J. Linn. Soc.,* 47: 49-60.

Frost, T.M. & J.E. Elias. 1990. Balance of autotrophy and heterotrophy in three fresh-water sponges with algal symbionts. In: K. Riitzler, V.V. Macintyre & K.P. Smith (ed.) *New perspectives in sponge biology:* 478-484 Smithsonian Institution Press, Washington, D.C, London.

Frost, T.M. & C.E. Williamson. 1980. In situ determination of the effect of symbiotic algae on the growth of the fresh-watersponge *Spongilla lacustris. Ecology,* 61: 1361-1370.

Fry, W.G. 1979. Taxonomy, the individual and the sponge. In: G. Larwood & B.R. Rosen (ed.) *Biology and systematics of colonial organisms:* 49-80. Academic

Press, London, New York.
Gaino, E., M. Pansini & R. Pranzato. 1976. Osservazioni sull'associazione di una cianoficea crococcale e la demospongia *Chondrilla nucula. Arch. Oceanogr. Limnol.,* 18: 545-552.
Gilbert, J.J. & L.H. Allen. 1973. Chlorophyll and primary productivity of some green fresh-water sponges. *Int. Revue ges. Hydrobiol,* 58: 633-658.
Rützler, K. 1990. Associations between Caribbean Sponges and photosynthetic organisms. In: K. Rützler, V.V. Macintyre & K.P. Smith (ed.) *New perspectives in sponge biology:* 455-467. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C, London.
Sarà, M. & L. Scalera-Liaci. 1964. Associazione tra la cianoficea *Aphanocapsa feldmanni* ed alcune demosponge marine. *Boll.* Zool., 31: 55-65.
Sarà M. & J. Vacelet. 1973. Ecologie des demosponges. In: P.P. Grasse (ed.) *Traité de Zoologie* Tome 3, (1): 462- 576. Masson, Paris.
Simpson T.L. 1984. The celi biology of sponges. 662 pp. Springer- Verlag, New York.
Wilkinson, C.R. 1979. Nutrient translocation from sybiotic cianobacteria to coral reef sponges. In: C. Levi & N. Boury- Esnault (ed.) *Biologie des Spongiaires.* Coloq. Internat. C.N.R.S., Paris 291: 378-380.
Wilkinson, C.R. 1980. Cyanobacteria symbiotic in marine sponges. In: W. Schwemmler & H.E.A. Schenk (Ed.) *Endocytobiology, endosymbiosis and cell biology:* 553-563. W. de Gruyter, New York.
Wilkinson, C.R. 1983. Net primary productivity in coral reef sponges. *Science,* 219: 410-412.
Wilkinson, C.R. 1987. Interocean differences in size and nutrition of coral reef sponge population. *Science,* 236: 1654-1657.
Wilkinson, C.R & J. Vacelet. 1979. Transplantation of marine sponges in different conditions of light and current. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 7: 91-104.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 333 a pag. 344

VARIAZIONI STAGIONALI DEL RAPPORTO N/P NEL GOLFO DI TRIESTE

Nicoletta BURBA*, Marina CABRINI*, Paola DEL NEGRO*,
Serena FONDA UMANI** e Luisella MILANI.

*laboratorio di Biologia Marina - Trieste
** Dipartimento di Biologia dell'Università di Trieste

SUMMARY

During 1991 a monitoring program was carried out in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). In 28 stations physico-chemical parameters were seasonally detected.

A spatio-temporal variability of nutrients concentration and consequentially of N/P ratio was observed. The N/P ratio was particularly influenced by riverine inputs and urban wastes.

1. INTRODUZIONE

La velocità con cui la biomassa algale si accresce dipende dalla concentrazione dei sali nutritivi disciolti, in particolare i sali di azoto e fosforo, ed essenzialmente dal loro rapporto. In acque oceaniche, dove N e P sono scarsi, il loro rapporto atomico è uguale a 16, mentre nelle acque costiere del Mediterraneo i valori sono nettamente superiori (N/P=39) per la produzione di N da parte delle praterie a Posidonia (Frontier et Pichod-Viale, 1991). Le acque costiere, che ricevono in modo discontinuo ma più direttamente gli apporti dei sali nutritivi da terra e nelle quali il recupero dai sedimenti è facilitato dalla minor profondità, presentano un rapporto variabile.

Le acque del Golfo di Trieste, caratterizzato da valori di biomassa planctonica generalmente alti (Cataletto et al., 1993), presentano rapporti N/P più elevati rispetto a quelli riscontrati in altre regioni Nord Adriatiche, comunque superiori a 16 (De Gobbis e Gilmartin, 1990). In quest'area, infatti, il P inorganico totale si mantiene sempre piuttosto basso, maggiori variazioni sono evidenziate nella concentrazione di N inorganico, particolarmente nella forma più ossidata NO_3 (Bregant et al., 1981; Fonda Umani, 1991).

Nel presente lavoro la differente disponibilità dei sali di N e P e in particolare i valori del loro rapporto vengono utilizzati per caratterizzare le acque superficiali del Golfo di Trieste in relazione agli apporti di acque dolci fluviali e di scarico.

2. MATERIALI E METODI

Durante il 1991 nei mesi di marzo, giugno, settembre e dicembre sono state condotte analisi sulle acque del Golfo di Trieste, da Punta Sottile alla foce del Tagliamento. Lungo otto transetti (A, B, C, D, E, F, G, H) perpendicolari alla linea di costa (Fig. 1) sono state distribuite 24 stazioni alla distanza di 500 m, 1000 m e 3000 m da riva. Ulteriori quattro stazioni sono state posizionate in prossimità di mitilicolture a 200 m dalla costa. Ogni stazione è stata indicata da una lettera maiuscola, caratterizzante il transetto, seguita da un numero, rappresentante la distanza dalla costa (0-200 m, 1-500 m, 2-1000 m, 3-3000 m).

In ogni stazione sono stati rilevati, utilizzando una sonda multiparametrica IDRONAUT mod. 401, i seguenti parametri: temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH e clorofilla *a.* Dai dati di temperatura, salinità e pressione è stata quindi calcolata la densità (UNESCO-1983).

Contemporaneamente sono stati prelevati campioni d'acqua superficiale per l'analisi di nitriti, nitrati, ammonio ed ortofosfati eseguita secondo il metodo di Grasshoff et al. (1983) e la loro concentrazione è stata espressa in $\mu moli.dm^{-3}$. Sommando le concentrazioni di nitriti, nitrati ed ammonio sono stati ottenuti i valori di N inorganico totale disciolto (N tot) mentre il P inorganico totale disciolto (P tot) corrisponde alla concentrazione dell'ortofosfato. Su tali valori è stato calcolato il rapporto N/P.

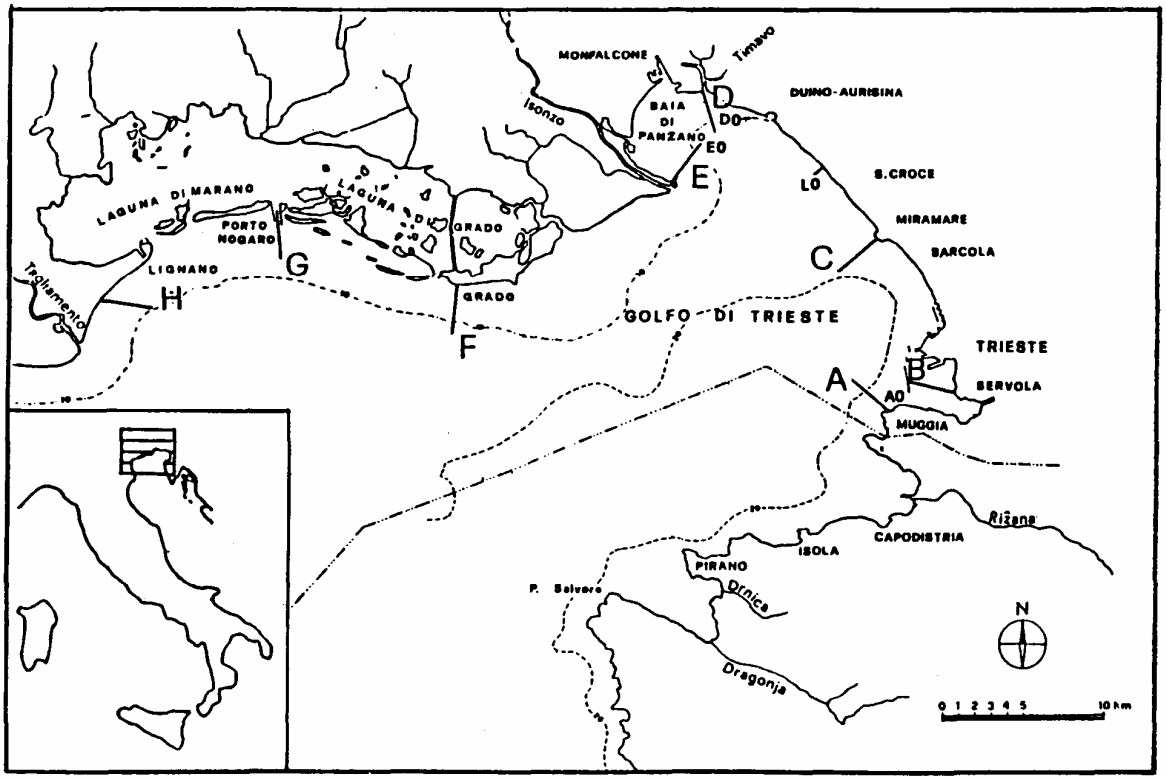


Fig. 1 - Localizzazione delle stazioni nel Golfo di Trieste.

Tutti i dati ottenuti sono stati raccolti in quattro matrici (variabili/stazioni) relative ai periodi di campionamento (marzo, giugno, settembre e dicembre). Su di esse è stata eseguita una normalizzazione delle variabili considerate (temperatura, salinità, densità, pH, ossigeno disciolto, clorofilla a, N tot e P tot) e sono state calcolate le matrici di distanza tra le stazioni mediante l'opzione della distanza della corda. Sono state quindi eseguite quattro classificazioni, una per campionamento, delle 28 stazioni utilizzando l'algoritmo del legame completo e sono stati calcolati i coefficienti di correlazione tra le seguenti variabili: temperatura, salinità, densità, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NH_4$, $P\text{-}PO_4$ ed il rapporto N/P. Le elaborazioni sono state eseguite utilizzando i programmi di Burba et al. (1992).

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

La classificazione secondo il dendrogramma (Fig. 2) individua, nel campionamento di marzo, quattro gruppi di stazioni (a, b, e, d). Il gruppo a è costituito dalle stazioni A0, E0, D1 mentre il gruppo b da tutte le stazioni dei transetti A e C ed inoltre da D0, B2 e B3. D gruppo e è formato dalle stazioni dei transetti E, H, F , ad eccezione della F3, e dalle stazioni Bl, D3 ed L0; il gruppo d, infine, dalle stazioni D2, F3 e da tutte le stazioni del transetto G. Suddividendo le stazioni nei quattro gruppi individuati dal dendrogramma in base ai valori di N tot e di P tot (Fig. 3) si osserva che il gruppo a risulta costituito da stazioni caratterizzate dal valore medio del rapporto N/P più basso (22.3) mentre il gruppo d presenta il valore medio più elevato (586.5). I gruppi b, e sono caratterizzati da valori medi di 56.6 e 219.4 rispettivamente. E' interessante notare l'esistenza di un gradiente nei valori medi del rapporto N/P proseguendo dal gruppo a al gruppo d.

I quattro gruppi di stazioni corrispondono ad aree geograficamente distinte: quella più orientale, in cui gli apporti di acque dolci sono determinati per lo più da scarichi urbani, con rapporti N/P relativamente bassi (gruppi a, b) e quella nord occidentale, con la Baia di Panzane, in cui si riversano i fiumi Isonzo e Timavo, e gli apporti delle lagune di Grado e Marano, caratterizzata da rapporti N/P più elevati (gruppi e, d). Questi alti valori sono dovuti ad elevate concentrazioni di $N\text{-}NO_3$ (84,2 $\mu moli.dm^{-3}$ in D2) determinati prevalentemente da apporti fluviali: in queste zone si registrano infatti anche valori bassi di salinità (24.4 PSU in G1 e 29.0 PSU in E1). Le abbondanti precipitazioni primaverili hanno contribuito, in generale, ad aumentare le portate fluviali e, di conseguenza, i valori dei nutrienti disciolti.

Analizzando i coefficienti di correlazione tra i diversi parametri (Tab. 1) si può notare che sia $N\text{-}NO_3$ sia il rapporto N/P sono correlati negativamente con salinità e densità.

n basso valore medio del rapporto N/P nel gruppo a è determinato da una concentrazione particolarmente alta di $P\text{-}PO_4$ che raggiunge il valore massimo nella stazione D1 (1.2 $\mu moli.dm^{-3}$). Poiché l'area orientale è meno influenzata dagli apporti fluviali, l'incremento di $P\text{-}PO_4$ sembra legato prevalentemente agli scarichi urbani.

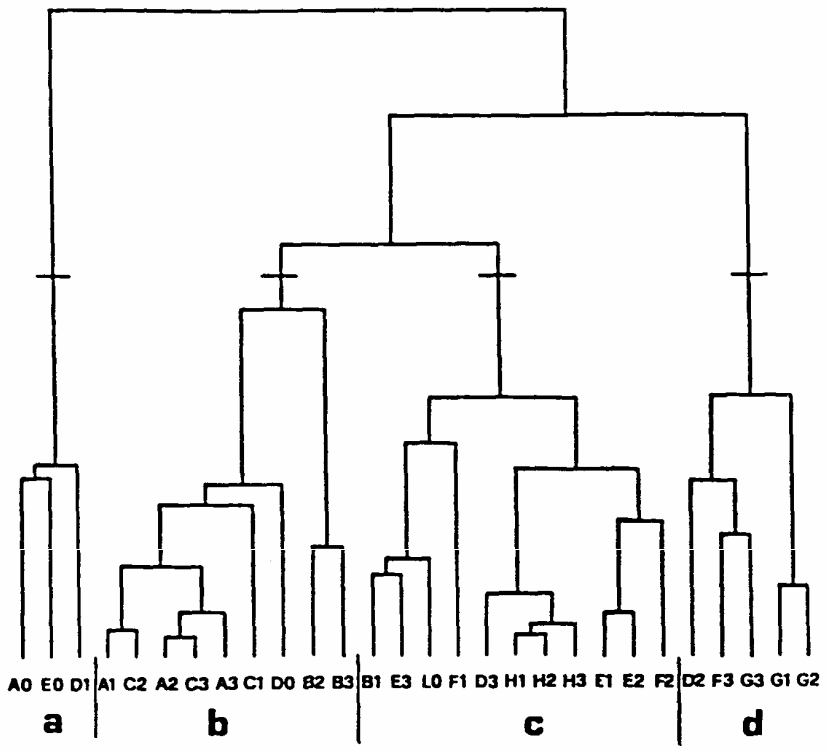


Fig. 2 - Classificazione delle 28 stazioni relativa a marzo 1991.

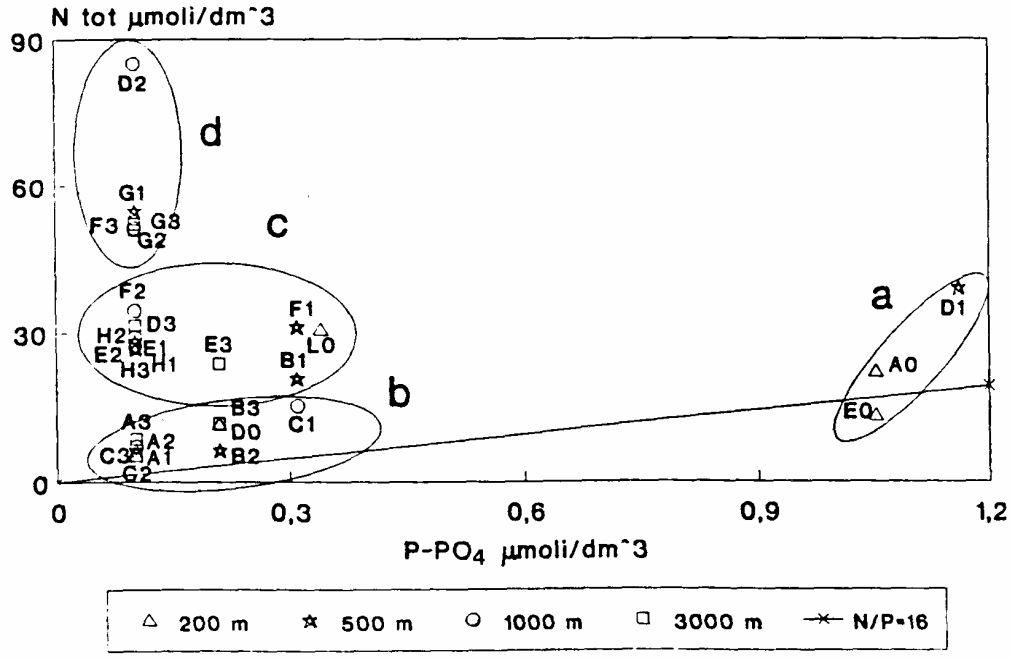


Fig. 3 - Distribuzione delle 28 stazioni in base ai valori di N totale e di $P\text{-}PO_4$. Vengono evidenziati i gruppi (a, b, c, d) individuati dal dendrogramma di Fig. 2.

In generale si osserva che, in primavera, il rapporto N/P è molto influenzato da N tot infatti N/P è correlato positivamente, con alta significatività, con $N\text{-}NO_3$ ed in misura minore con $N\text{-}NO_2$ (Tab. 1).

Anche in giugno il dendrogramma (Fig. 4) evidenzia 4 gruppi di stazioni (**a, b, c, d).** Il gruppo a comprende le stazioni A0, A2, C2, D3, L0 e quelle dei transetti B, F, H e G ad eccezione della stazione G1, II gruppo **b** è costituito dalle stazioni D0, E0, G1 e da quelle del transetto D esclusa la D3, il gruppo **c** da tutte le stazioni del transetto E ed infine il gruppo **d** dalle stazioni Al, C1 e C3. Dalla suddivisione in base ai valori di N tot e P tot (Fig. 5) si può notare che il gruppo **d** è caratterizzato dal valore medio del rapporto N/P più basso (22.0) mentre il gruppo **c** è caratterizzato dal valore medio più elevato (491.6). I gruppi **a** e **b** presentano valori medi relativamente alti (131.8 e 146.2 rispettivamente).

Le abbondanti precipitazioni verificatesi in questo periodo hanno notevolmente abbassato la salinità, che presenta il valore minimo assoluto (9,51 PSU in D1) causando un aumento di $N\text{-}NO_3$ e quindi elevati valori del rapporto N/P in molte stazioni, soprattutto nella Baia di Panzane (gruppo e).

Esiste infatti una correlazione positiva tra il rapporto N/P e $N\text{-}NO_3$ ed una correlazione inversa tra $N\text{-}NO_3$, salinità e quindi densità (Tab. 1).

In settembre la classificazione delle stazioni (Fig. 6) evidenzia due gruppi (**a**, **b**). Il gruppo **a** è costituto dalle stazioni A0, Bl, D0, El, E3 ed H1 mentre il gruppo **b** da tutte le altre. Il gruppo **a** ha un valore medio del rapporto N/P di 21.9, il gruppo **b** di 64.2 (Fig 7).

In generale, in questo periodo, le concentrazioni di $N\text{-}NO_3$ sono inferiori a quelle di marzo e giugno, variando infatti da 0.2 a 15.8 $\mu moli.dm^{-3}$ rispettivamente nelle stazioni L0 ed E3 e le concentrazioni di $P\text{-}PO_4$ sono particolarmente basse. I valori del rapporto N/P sono di conseguenza inferiori a quelli dei periodi precedenti.

Si osserva comunque una correlazione inversa del rapporto N/P con $P\text{-}PO_4$, mentre è sempre significativa la correlazione inversa tra $N\text{-}NO_3$, salinità e densità (Tab.l).

Geograficamente non si individuano aree differenziate ma tutto il Golfo risulta omogeneo, presumibilmente per gli scarsi apporti di acque dolci del periodo precedente il campionamento.

In dicembre si identificano (Fig. 8) cinque gruppi di stazioni (**a, b, c, d, e**). Il gruppo **a** è costituito dalle stazioni A0, Al, E0, L0 e dai transetti B, F e D, eccetto la stazione D1. Il gruppo **b** comprende la stazione D1 ed il transetto H; il gruppo **c** i transetti C ed A esclusa la stazione Al. Il gruppo **d** è caratterizzato dal transetto E ed il gruppo **e** dal transetto G. In Fig. 9 e 10 si riportano le stazioni suddivise nei cinque gruppi del dendrogramma in relazione ai valori di N tot e di $P\text{-}PO_4$.

Il gruppo **a** è caratterizzato da un valore medio di N/P corrispondente a 31.5 mentre il gruppo **b** presenta un valore medio di 170.8. Il gruppo **c** ed il gruppo **d** hanno valori medi di N/P molto bassi (0.3 e 0.7 rispettivamente). Il gruppo **e**, infine, presenta un valore medio di 165.5.

MARZO - 1991

	Temp.	Sal.	Dens.	N-NO2	N-NO3	N-NH4	P-PO4	N/P
Temperatura	1,0000	**-0,7206**	**-0,7406**	**0,6118**	**0,5177**	0,0827	0,0950	0,4342
Salinità		1,0000	**0,9996**	-0,2922	**-0,6177**	-0,1276	-0,0457	**-0,5151**
Densità			1,0000	-0,3091	**-0,6208**	-0,1271	-0,0481	**-0,5180**
N-NO2				1,0000	0,4096	0,2199	-0,2088	**0,4900**
N-NO3					1,0000	0,1393	-0,0753	**0,8960**
N-NH4						1,0000	**-0,5606**	0,3166
P-PO4							1,0000	-0,4222
N/P								1,0000

GIUGNO - 1991

	Temp.	Sal.	Dens.	N-NO2	N-NO3	N-NH4	P-PO4	N/P
Temperatura	1,0000	-0,2738	-0,3299	**0,5377**	0,1821	-0,1034	-0,3521	0,3104
Salinità		1,0000	**0,9983**	-0,1148	**-0,5033**	0,3179	0,2491	-0,3408
Densità			1,0000	-0,1458	**-0,5049**	0,3182	0,2670	-0,3538
N-NO2				1,0000	0,0465	-0,2678	-0,2566	0,2202
N-NO3					1,0000	0,3100	-0,0629	**0,5929**
N-NH4						1,0000	0,3087	0,1502
P-PO4							1,0000	-0,3514
N/P								1,0000

SETTEMBRE -1991

	Temp.	Sal.	Dens.	N-NO2	N-NO3	N-NH4	P-PO4	N/P
Temperatura	1,0000	**-0,6086**	**-0,7036**	-0,2108	0,2385	-0,2212	0,1314	0,0208
Salinità		1,0000	**0,9921**	-0,0864	**-0,6005**	-0,2345	-0,2523	-0,0619
Densità			1,0000	-0,0441	**-0,5754**	-0,1752	-0,2467	-0,0584
N-NO2				1,0000	0,4227	0,1713	0,1536	0,0519
N-NO3					1,0000	0,2825	0,2817	0,1106
N-NH4						1,0000	0,3297	-0,0825
P-PO4							1,0000	**-0,5820**
N/P								1,0000

DICEMBRE - 1991

	Temp.	Sal.	Dens.	N-NO2	N-NO3	N-NH4	P-PO4	N/P
Temperatura	1,0000	**0,7610**	**0,7121**	-0,0411	**-0,5704**	-0,2684	-0,0285	**-0,6996**
Salinità		1,0000	**0,9974**	0,1499	**-0,7975**	-0,3411	-0,0721	**-0,6216**
Densità			1,0000	0,1614	**-0,8020**	-0,3415	-0,0746	**-0,5954**
N-NO2				1,0000	0,0806	0,2032	-0,1295	0,0293
N-NO3					1,0000	0,1385	-0,1850	**0,5897**
N-NH4						1,0000	-0,0951	0,2594
P-PO4							1,0000	-0,4216
N/P								1,0000

Gradi di libertà= 26 Livello di significatività= 0.01 R= 0.4737

Tab. 1 - Coefficienti di correlazione tra le singole variabili. In grassetto vengono riportati i valori significativi.

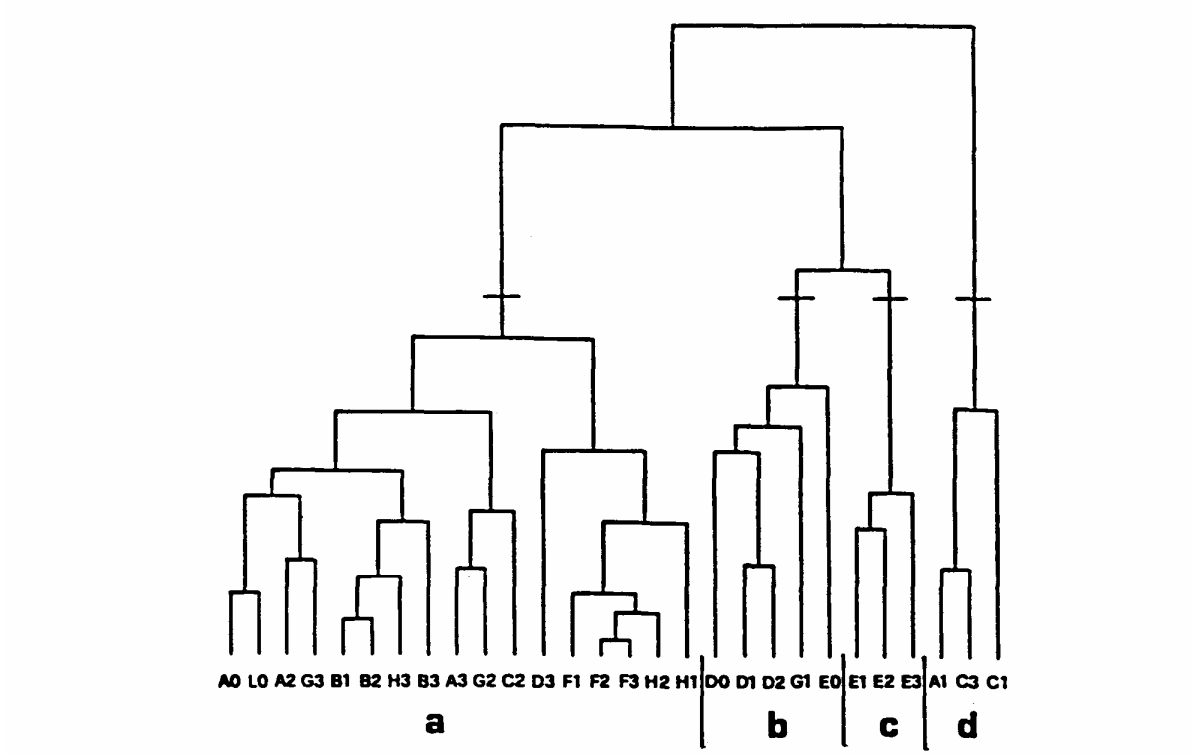


Fig. 4 - Classificazione delle 28 stazioni relativa a giugno 1991.

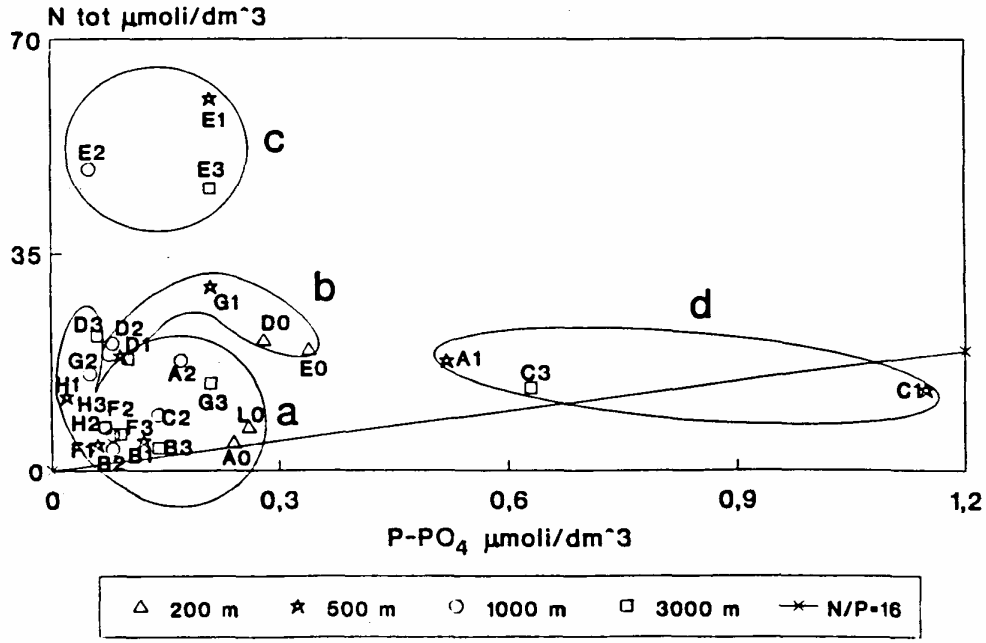


Fig. 5 - Distribuzione delle 28 stazioni in base ai valori di N totale e di P-PO_4. Vengono evidenziati i gruppi (a, b, c, d) individuati dal dendrogramma di Fig. 4.

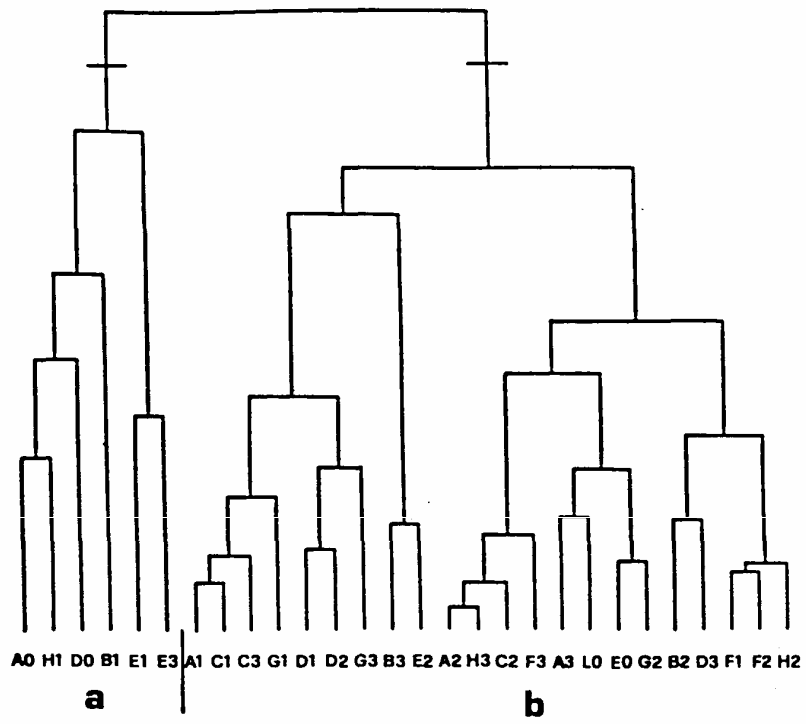


Fig. 6 - Classificazione delle 28 stazioni relativa a settembre 1991.

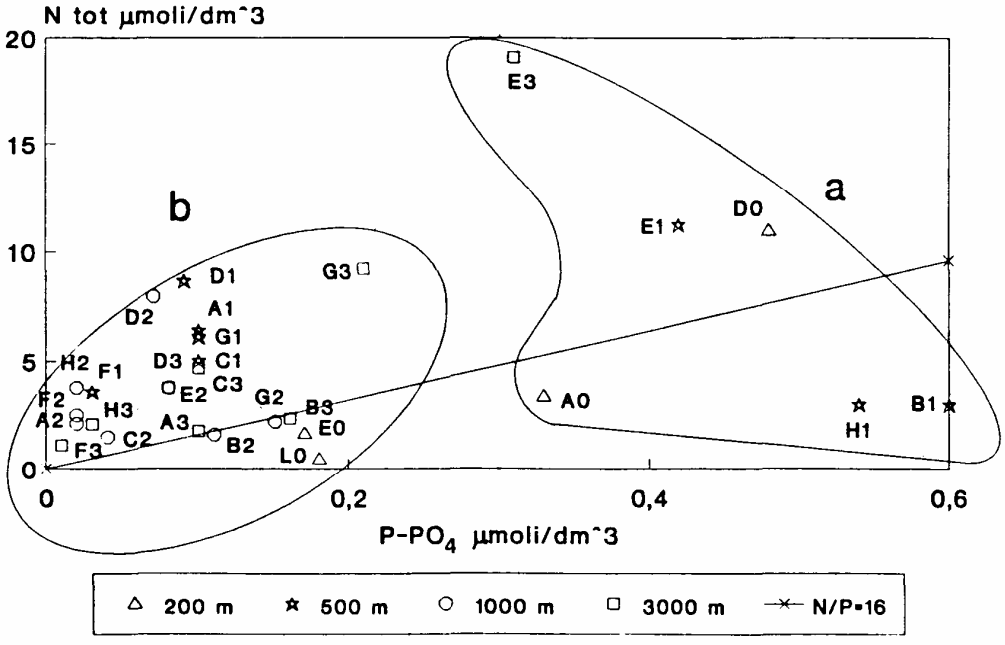


Fig. 7 - Distribuzione delle 28 stazioni in base ai valori di N totale e di $P\text{-}PO_4$. Vengono evidenziati i gruppi (a, b) individuati dal dendrogramma di Fig. 6.

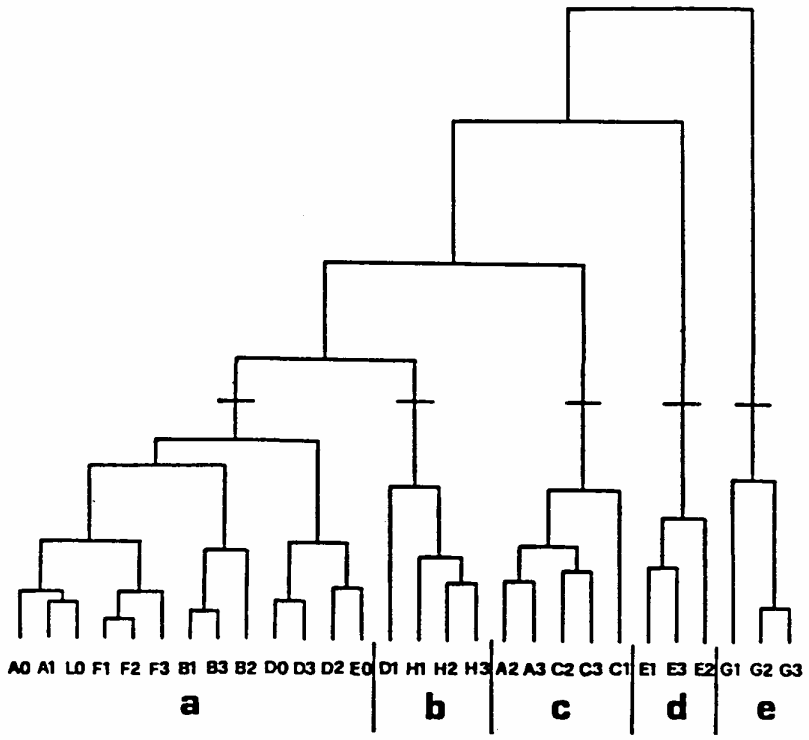


Fig. 8 - Classificazione delle 28 stazioni relativa a dicembre 1991.

Si osserva (Tab. 1) una correlazione inversa tra il rapporto N/P, temperatura, salinità e densità, mentre la correlazione è diretta con $N\text{-}NO_3$. Anche in questo periodo è confermata una correlazione inversa tra $N\text{-}NO_3$, salinità e densità.

D valore medio molto basso del rapporto N/P riscontrato nei gruppi **c**, **d** è dovuto a concentrazioni di $P\text{-}PO_4$ particolarmente alte, soprattutto se confrontate con i valori riportati per la stessa area in anni precedenti (Majori et al., 1980; Bregant et al., 1981 e FondaUmani, 1991). Il prelievo puntiforme e la non ripetibilità dell'analisi fa ritenere non significativo il risultato ottenuto, nonostante individui un'area, la Baia di Panzano, dove per tutto l'anno si registrano valori elevati di nutrienti. Tale baia è infatti direttamente influenzata dalle acque dell'Isonzo e del Timavo, che raccolgono gli scarichi urbani ed industriali delle zone limitrofe.

Nei gruppi **b**, **e** si osserva un incremento del rapporto N/P dovuto a valori piuttosto alti di nitrati derivanti dall'apporto di acque dolci. Le stazioni di questo gruppo, appartenenti al transetto G, sono caratterizzate da bassi valori di salinità (25.0 PSU in G1).

4. CONCLUSIONI

Dall'analisi dei risultati appare evidente che l'incremento di N tot in superficie è dovuto agli apporti di acque dolci. I valori più elevati di $N\text{-}NO_3$ si rilevano infatti sempre

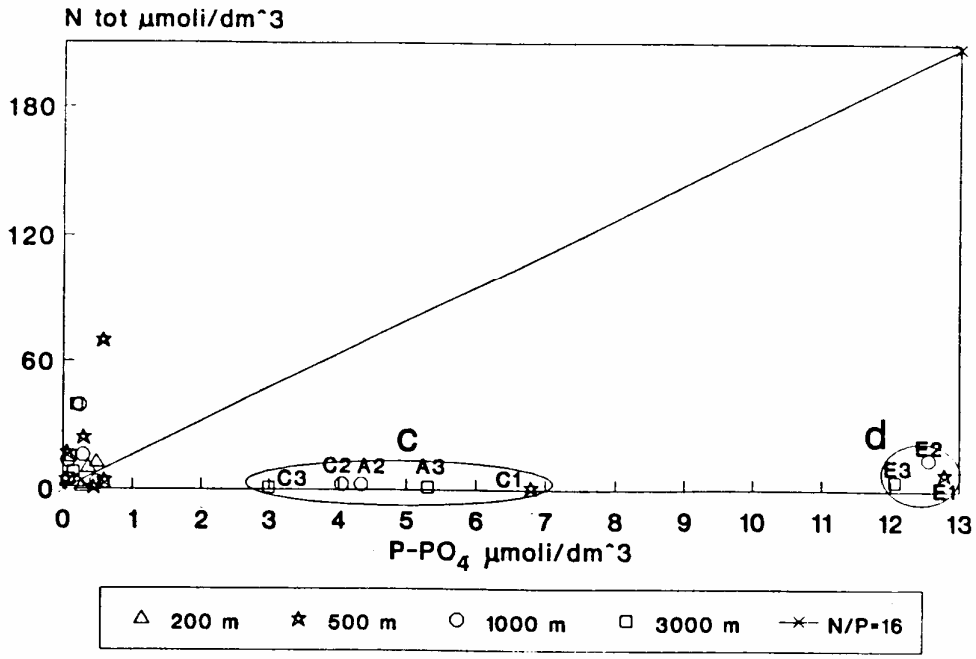


Fig. 9

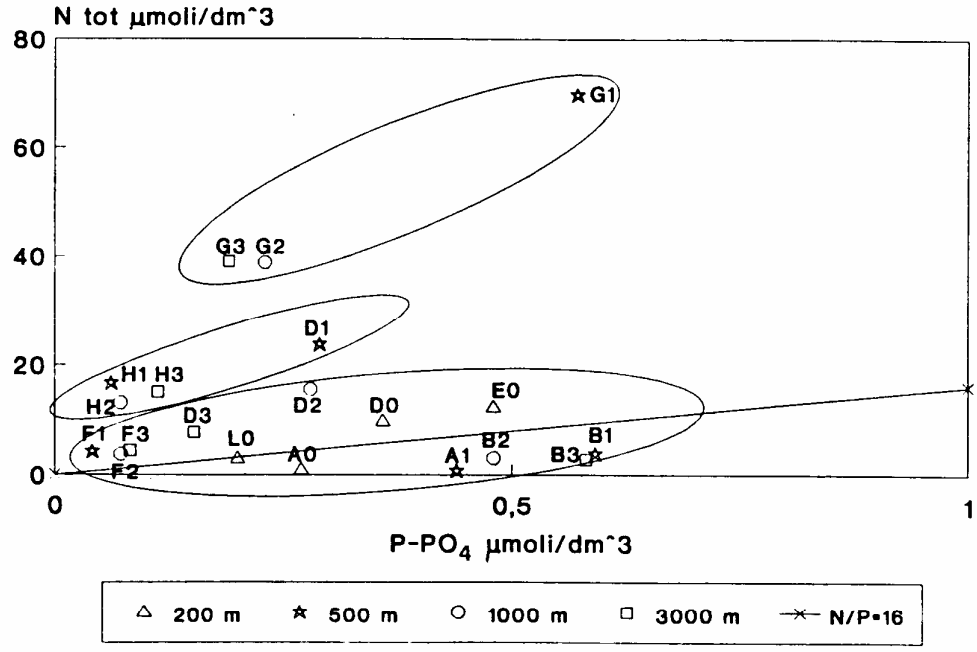


Fig. 10

Fig. 9 e 10 - Distribuzione delle 28 stazioni in base ai valori di N totale e di P-PO_4. Vengono evidenziati i gruppi (a, b, c, d, e) individuati dal dendrogramma di Fig. 8.

nelle aree maggiormente influenzate dai fiumi e dalle lagune, particolarmente nella Baia di Panzane in cui è presente anche una prateria a Cymodocea. Poiché gli apporti di $N\text{-}NO_3$ in queste zone sono prevalentemente di origine agricola, l'abbassamento del loro tenore in settembre è probabilmente dovuto all'interruzione estiva della fertilizzazione dei terreni, nonché alla diminuita piovosità.

Le concentrazioni di $P\text{-}PO_4$ si mantengono basse per gran parte dell'anno, ad eccezione delle stazioni dei transetti E, A e C durante il campionamento invernale. Dall'ubicazione dei transetti appare evidente come gli apporti di $P\text{-}PO_4$ siano legati soltanto agli scarichi urbani e non ai carichi fluviali.

La variabilità delle concentrazioni di N tot e di $P\text{-}PO_4$ influenzano, come si è detto, il rapporto N/P che, in linea generale, è superiore a 16 e si mantiene più elevato in primavera ed estate a causa delle abbondanti precipitazioni che incrementano la concentrazione soprattutto di $N\text{-}NO_3$. Di conseguenza le stazioni non influenzate dagli apporti fluviali presentano i valori più bassi del rapporto N/P dovuti alla scarsità di $N\text{-}NO_3$ e, d'inverno, agli alti valori di P-PO non utilizzato dalla componente vegetale per fotolimitazione.

La variabilità del rapporto N/P permette di caratterizzare differenti aree nel Golfo di Trieste, alcune influenzate dagli apporti fluviali veicolanti elevate concentrazioni di $N\text{-}NO_3$, nelle quali il rapporto N/P è sempre di molto superiore a 16, ed altre legate a scarichi urbani responsabili di arricchimenti in $P\text{-}PO_4$, nelle quali il rapporto si mantiene più basso e nel periodo invernale è notevolmente inferiore a 16.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare il signor Fabio Aizza per le analisi dei nutrienti ed il dott. Sergio Predonzani per la revisione critica dei dati.

BIBLIOGRAFIA

Bregant, D., G. Catalano & F. Moro. 1981. La distribuzione dei nutrienti nel Golfo di Trieste. *Convegno delle Unità Operative afferenti ai Sottoprogetti Risorse Biologiche e Inquinamento Marino,* Roma 10-11 Novembre 1981: 859-873.

Burba, N., E. Feoli, M. Malaroda & V. Zuccarello. 1992. Un Sistema Informativo per la Vegetazione. Software per l'archiviazione della vegetazione italiana e per l'elaborazione di tabelle. Manuale di utilizzo dei programmi. Gorizia, *Collana quaderni* C.E.T.A., 2: 78 pp.

Cataletto, B., M. Cabrini, S. Fonda Umani, L. Milani & M.C. Pavesi. 1993. Variazioni del contenuto in C della biomassa fito-, microzoo- e mesozoo-planctonica nel Golfo di Trieste. *Biologia Marina,* suppl. al Notiziario S.I.B.M., 1: 141-144.

De Gobbis, D. & M. Gilmartin. 1990. Nitrogen, phosphorus, and biogenic silicon budgets for the northern Adriatic Sea. *Oceanologica Acta,* 13, 1: 31-45.

Fonda Umani, S. 1991. General features of the planktonic System in the Gulf of Trieste and their variations in the last decade. In: Jellyfish blooms in the Mediterranean. *MAP Technical Reports Series* 47 , UNEP: 82-101.

Frontier, S. & D. Pichod-Viale. 1991. Ecosystèmes: structure, fonctionnement, évolution. Masson, Paris: 392 pp.

Grasshoff, K., M. Ehrhardt & K. Kremling. 1983. Methods of seawater analysis. Verlag Chemie. Weinheim (Germany): 419 pp.

Majori, L., G. Nedoclan, F. Daris, G.B. Modonutti & C. Campello. 1980. Physico-chemical investigations: observations about coastal sea-water pollution in the Gulf of trieste. *V^es Journées Etud. Pollution,* Cagliari, C.I.E.S.M.: 585-594.

UNESCO. 1983. Algorithms for computation of foundamental properties of seawater. Endorsed by UNESCO/SCOR/ICES/IAPSO Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards and SCOR Working Group 51. UNESCO *Technical Papers in Marine Science,* 44, 1-53.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 345 a pag. 354

INDAGINI SU PRODUZIONE PRIMARIA E BIOMASSA PLANCTONICA IN ADRIATICO SETTENTRIONALE

Annamaria ZOPPINI, Alessandra GUZZINI, Romano PAGNOTTA e Alberto PUDDU

Istituto di Ricerca Sulle Acque - CNR, Roma

SUMMARY

Water quality of Northern Adriatic is strongly influenced by the Po river contribution. This influence is very effective along the coast, expecially at south of the river mouth.

Ali the existing data on primary production of the area regard the open sea and refers to years previous 1980. In this paper are presented the results of nine surveys conducted from May 1991 to July 1992, in three stations at 1.5 , 6 and 15 nautical miles from the coast at north of Ancona, where the influence of the Po river discharge is still evident both on salinity and on nutrients concentration.

Standing crop shows a coastal to open waters gradient: chlorophyll and ATP mean concentrations were respectively 1.99, 1.18, and 0.46 mg m^{-3} and 0.37, 0.28, and 0.13 mg m^{-3} at the three stations. Mean primary production surface rates, measured by the ^{14}C method with samples incubated on deck, were respectively 6.96, 5.47 and 1.26 mgC m^{-3} h^{-1} and 52.0, 65.6 and 38.1 as mgC m^{-3} h^{-1} in the water column. On the basis of the irradiation values, measured during the test as photosynthetic active radiation, was possible to estimate the annual production rate equal to 332, 353 and 144 gC m^{-2} yr^{-1} for the above three stations. Even the assimilation rates, expressed as the mgC synthesized per mg of chlorophyll a and per Einstein in a time unit (h), show the highest mean value (3.6) at the coastal station and the lowest (1.7) at the offshore station.

The above results evidentiate the importance of the coastal ecosystem, where a still high trophic load can support a high productivity, in respect to the total balance of the Adriatic Sea.

1.INTRODUZIONE

Il bacino settentrionale dell'Adriatico rappresenta una delle regioni più produttive del Mediterraneo in conseguenza della sua particolare morfologia (bacino poco profondo, semichiuso) e dell'elevato carico trofico che riceve attraverso i fiumi che vi sfociano, tra cui il principale per dimensioni di bacino e portata è il Po. La circolazione anticiclonica che caratterizza il bacino Adriatico convoglia le acque di origine fluviale in direzione sud-est lungo la fascia costiera occidentale. Tali masse d'acqua, meno dense, sono separate da

un sistema frontale di acque a salinità elevata. Queste condizioni determinano instabilità della colonna d'acqua con marcati gradienti di biomassa e produzione primaria.

Le misure di produzione primaria, espressione della velocità di sintesi del carbonio organico da parte degli organismi autotrofì, rappresentano un importante contributo al fine delle conoscenze sul ciclo del carbonio di un sistema eutrofico. Le prime indagini al riguardo in Adriatico risalgono ai primi anni '60. Buljan (1964), sulla base delle conoscenze idrografiche, ha stimato per primo la produttività dell'intero bacino suddividendolo in diverse regioni biotiche, tra le quali quella a produttività più elevata racchiude il bacino settentrionale e parte di quello centrale comprendendo una fascia costiera che si estende dal promontorio del Cenerò fino a quello del Gargano. A seguito delle ricerche effettuate negli anni successivi il quadro attuale di conoscenze su produzione primaria e biomassa in Adriatico settentrionale può essere sintetizzato nel modo seguente.

Per la produzione primaria le informazioni disponibili derivano da ricerche comunque antecedenti il 1980 e condotte prevalentemente in acque internazionali (oltre 12 miglia dalla costa). Gilmartin & Revelante (1983), riportando i risultati di campagne effettuate tra il 1972 e il 1975, forniscono valori di produzione primaria superficiale compresi tra 3 e 14 mgC m^{-3} h^{-1} per le aree costiere dell'Adriatico nord-occidentale influenzate dal Po, intorno a 6 mgC m^{-3} h^{-1} per quelle a nord della foce, intorno a 2 mgC m^{-3} h^{-1} nel golfo di Trieste e tra 0,6 e 1,7 mgC m^{-3} h^{-1} in mare aperto. Gli stessi Autori attribuiscono inoltre una produzione annua di carbonio compresa tra 55 e 80 gC m^{-2} a^{-1} alle aree costiere orientali del bacino settentrionale, tra 100 e 120 gC m^{-2} a^{-1} alle zone della costa occidentale antistanti il delta del Po, e un intervallo di valori ancora più ampio, compreso tra 80 e 150 gC m^{-2} a^{-1} *a* particolari aree lagunari. Franco (1967) riporta valori superficiali di produzione primaria misurata in stazioni antistanti il golfo di Venezia, dalla costa fino a circa 15 miglia di distanza, distribuiti tra 0,02 e 7,38 mgC m^{-3} h^{-1} con un valore medio pari a 1,7 mgC m^{-3} h^{-1} e, in campagne successive (Franco, 1983), valori tra 30 e 40 mgC m^{-3} h^{-1} per una stazione a circa 10 miglia dalla foce del Po, tra 5 e 10 mgC m^{-3} h^{-1} più al largo (circa 20 miglia) e tra 1 e 2 mgC m^{-3} h^{-1} in mare aperto. Fonda Umani et al., 1990, in una rassegna di dati bibliografici, riporta per il settore occidentale dell'Adriatico settentrionale valori massimi di produzione primaria superiori a 30 mgC m^{-3} h^{-1} e per il settore orientale valori sempre inferiori ai 10 mgC m^{-3} h^{-1}.

Per quanto riguarda la biomassa, espressa come concentrazione di clorofilla a, ancora Gilmartin & Revelante (1983) riportano, da informazioni bibliografiche, un intervallo di valori per tutto il bacino settentrionale compreso tra 0,5 e 32 mg m^{-3}, e, da loro misure effettuate tra il '72 e il '75, concentrazioni medie superficiali comprese tra 0,9 e 5,1 mg m^{-3} nella zona influenzata dal Po, intorno a 2 mg m^{-3} a nord del Po, intorno a 1 mg m^{-3} nel golfo di Trieste e tra 0,3 e 0,6 mg m^{-3} al centro del bacino. Franco (1969) riporta per la stazione di fronte al golfo di Venezia a 15 miglia dalla costa una concentrazione media di clorofilla a pari a 1,2 mg m^{-3} in superfìcie e, nelle tre zone poste a 10, 20 miglia ed oltre dal Po, concentrazioni in superficie rispettivamente di circa 30, 1,5 e 0,2 mg m^{-3}. Fonda Umani et al. (1990) riportano per l'Adriatico settentrionale concentrazioni medie nella colonna d'acqua intorno ai 3 mg m^{-3} lungo la costa occidentale, in prossimità della foce del Po, concentrazioni intorno a 0.9 mg m^{-3} lungo la costa orientale, influenzata da acque più oligotrofiche provenienti dai bacini centrale e

meridionale, e valori intermedi nelle zone di mare aperto del bacino settentrionale. Dalle numerose campagne effettuate dai ricercatori della Regione Emilia Romagna nell'ultimo decennio (Vollenweider et al., 1992) risulta un andamento decrescente della concentrazione di clorofilla *a* lungo le coste romagnole, in direzione nord-sud, con valori medi superficiali che vanno dai circa 15 mg nr^3 di fronte a Porto Garibaldi ai circa 6 mg m^{-3} di fronte a Cattolica.

Gilmartin & Revelante, 1983, riportano inoltre valori del rapporto di assimilazione (unità di carbonio per unità di clorofilla a) inferiori a 2 per le acque oligotrofiche del settore orientale dell'Adriatico settentrionale e valori intorno a 4 per l'area nord occidentale al largo del Po. In quest'ultima area in molte occasioni il rapporto di assimilazione ha raggiunto anche valori più elevati, compresi tra 8 e 10.

Il presente contributo, parte di una indagine più ampia che ha per obiettivo la maggiore comprensione dei fenomeni eutrofici avvenuti in Adriatico in questi ultimi anni, si propone di fornire informazioni aggiornate sulla biomassa e sulla produzione di carbonio organico in tre stazioni costiere situate a Nord di Ancona, limite meridionale della fascia costiera dell'Adriatico settentrionale, dove è ancora avvertibile l'influenza degli apporti del Po.

2. MATERIALI E METODI

L'indagine è stata condotta in collaborazione con l'IRPEM - CNR di Ancona utilizzando per i campionamenti la motonave "S. Lo Bianco". Le stazioni sono situate lungo un transetto perpendicolare alla costa, posto di fronte all'abitato di Senigallia a 1,5, 6 e 15 miglia di distanza dalla costa, in corrispondenza delle batimetriche di 10, 20 e 50 metri (Fig. 1). I dati riportati si riferiscono a 9 campionamenti effettuati a maggio, giugno, luglio, settembre, ottobre, novembre 1991 e febbraio, maggio, luglio 1992. I prelievi sono stati effettuati con un recipiente di plastica in superficie e con bottiglie Niskin a tre metri di profondità e sul fondo. La produzione primaria (PP) è stata misurata utilizzando la tecnica del ^{14}C (APHA, AWWA, WPCF 1989) su campioni prelevati nella zona eufotica della colonna d'acqua a quote ottiche corrispondenti al 100, 50, 25 e 10% della penetrazione della luce. Misure giornaliere di irradianza sono state effettuate come PAR (Photosinthetically Active Radiation) tramite un radiometro LI-COR (LI-1000) collegato ad un sensore terrestre (LI-190SA), mentre per le misure nella colonna d'acqua è stato utilizzato un sensore sferico subacqueo (LI-193 SA). Immediatamente dopo il prelievo 120 mi di campione sono stati incubati per 4 ore in bottiglie chiare e scure con 10 μCi di $NaH^{14}CO_3$, in bagno termostatato con circolazione di acqua superficiale ed alla stessa energia luminosa delle quote di provenienza ottenuta mediante schermatura con pannelli di nichel perforati (Stork-Veco). La misura della clorofilla *a* (Chl), sottratta dei feopigmenti, è stata effettuata su estratto acetonico utilizzando un fluorimetro Turner 10-005R (APHA, AWWA, WPCF, 1989). L'adenosintrifosfato (ATP) è stata estratto a freddo in dimetilsolfossido (Zoppini, 1990).

Sui campioni raccolti sono state effettuate anche misure di parametri fisici e chimici, i cui risultati vengono solo parzialmente illustrati nel seguito.

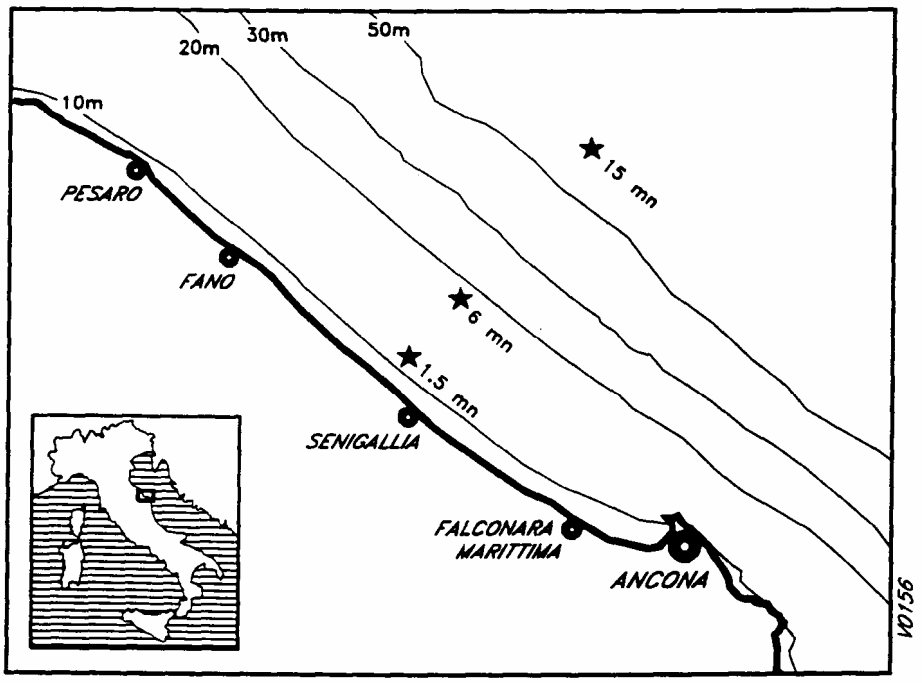


Fig.1 - Localizzazione delle stazioni di campionamento.

3. RISULTATI

I valori medi di salinità permettono di caratterizzare l'area studiata. La stazione più vicina alla costa ha mostrato un valore medio superficiale di salinità pari a 33,4±3,3 psu, con un minimo di 28,3 psu, verificatosi in due occasioni nell'arco dell'indagine. La stazione a 6 miglia ha un valore medio in superficie pari a 35,1±1,7 psu con un minimo pari a 31,1 psu mentre nella stazione a 15 miglia la media è pari a 37,2±1,0 psu e un minimo di 35,4 psu. Poiché si esclude un sensibile effetto dei corsi d'acqua locali già alla distanza di 1,5 miglia dalla costa, si può ritenere che le diminuzione della salinità siano dovute alla diffusione dell'acqua dolce proveniente dal delta del Po. Ai valori più bassi di salinità corrispondono anche valori più elevati dei nutrienti. La concentrazione di azoto inorganico totale (TIN-N) in superfice mostra un gradiente decrescente passando dalla costa verso il largo, con valori medi pari a 13,5±20,3; 3,4±4,4 e 0,8±0,75 µg at l^{-1} rispettivamente alla distanza di 1,5, 6 e 15 miglia, cosi come quella di fosforo ortofosfato (PO_4-P), con valori medi rispettivamente pari a 0,08±0,11, 0,05±0,05 e 0,02±0,02 µg at l^{-1}. Le concentrazioni di nutrienti riscontrate nelle stazioni a 6 e 15 miglia sono quelle tipiche delle regioni adriatiche settentrionali, mentre i valori della stazione a 1,5 miglia corrispondono a quelli riportati in letteratura per le aree immediatamente a largo del delta del Po (Gilmartin e Revelante, 1983).

In tab. 1 sono mostrati i valori medi di clorofilla *a* e ATP misurati nelle tre stazioni. Le concentrazioni si mantengono sostanzialmente costanti alle diverse quote. La stazione a 1,5 miglia mostra valori più elevati per entrambi i parametri che, mediando tra le diverse quote, corrispondono a 1,99±1,29 mg m^{-3} per la Chl e 0,37±0,24 mg m^{-3} per l'ATP. Le

concentrazioni diminuiscono verso il largo, con valori medi corrispondenti a 1,18±0,6 e 0,46±0,25 mg m^{-3} per la Chl e 0,28±0,16 e 0,13±0,09 mg m^{-3} per l'ATP rispettivamente a 6 e a 15 miglia. Da questi valori emerge il diverso grado di trofia delle tre stazioni. Per quanto riguarda le concentrazioni di clorofilla le tre stazioni rispecchiano la situazione conosciuta per la zona che risente dell'influenza del Po, per l'area costiera settentrionale a nord del Po e per le acque del largo. Per quanto riguarda l'ATP non è possibile un analogo confronto con dati di letteratura. I valori ottenuti nella stazione a 1,5 miglia sono tipici di acque costiere (Pagnotta et al. 1983) e si riducono nelle altre due stazioni verso il largo dove mostrano valori inferiori a 0,25 mg m^{-3}, tipici di acque marine costiere non influenzate da apporti antropici (Holm Hansen & Booth, 1966).

distanza (miglia)	prof. (m)	Chl (mg m^{-3})	cv (%)	ATP (mg m^{-3})	cv (%)
1,5	0	1,92	72	0,40	47
	3	2,00	65	0,36	44
	10	2,26	65	0,37	64
6	0	1,25	41	0,25	47
	3	1,11	42	0,29	59
	18	1,18	63	0,32	71
15	0	0,51	57	0,14	80
	3	0,46	59	0,17	65
	50	0,51	41	0,10	59

Tab.1. Concentrazioni medie di clorofilla (Chl) e adenosintrifosfato (ATP) nelle stazioni di prelievo a diverse profondità; cv: coefficiente di variazione.

La clorofilla mostra le concentrazioni più elevate in due occasioni, maggio 1991 (a 1,5 miglia, valore superficiale 4,6 mg m^{-3}) e novembre 1991 (stessa stazione, in superficie 3,6 mg m^{-3}), che hanno come elemento comune la salinità molto ridotta (28 psu).

L'analisi della regressione lineare tra la concentrazioni di Chi e la salinità dei campioni (fig.2) ha mostrato un coefficiente di regressione che risulta elevato ($r = - 0,60$; $p = 0,01$) per le 93 coppie di valori considerate. L'equazione che interpola i dati sperimentali è la seguente

$$Chl = 10,99 - 0,27\ Sal \qquad (ds\ stime = 0,82)$$

Anche per quanto riguarda l'andamento dell'ATP vi è una elevata correlazione inversa con la salinità ($r = - 0,61$; $p = 0,01$; $n = 91$), rappresentata dall'equazione

$$ATP = 2,15 - 0,05\ Sal \qquad (ds\ stime = 0,16)$$

Il rapporto tra ATP e Chi, utilizzato per valutare la composizione della biomassa totale, presenta valori medi di 0,22±0,14, 0,32±0,23 e 0,34±0,28 rispettivamente a 1,5, 6 e 15 miglia che rientrano nell'intervallo di valori 0,22÷0,36 riportato da Brezonik et al. (1975) per le comunità planctoniche marine.

In tab.2 sono riportati i valori medi di produzione primaria per unità di volume relativi allo strato superficiale (superficie e -3m) e i corrispondenti valori del rapporto di assimilazione che fornisce una valutazione della capacità produttiva delle comunità fitoplanctoniche.

distanza (miglia)	PP (mgC m^{-3} h^{-1})	cv (%)	AR (mgC $mgCHL^{-1}$)	cv (%)	AR/E (mgC $mgCHL^{-1}$ E^{-1})	cv (%)
1,5	7,19	66	4,41	65	3,62	57
6	5,57	56	4,91	57	3,24	77
15	1,33	69	2,92	54	1,73	88

Tab.2. Valori medi di produzione primaria per unità di volume (PP), del rapporto di assimilazione assoluto (AR) e per unità di energia radiante (AR/E) nello strato superficiale nelle stazioni di prelievo; cv: coefficiente di variazione.

Il confronto con i valori noti per l'Adriatico conferma le caratteristiche della zona, ove la velocità di incorporazione del carbonio da parte degli organismi autotrofi è su valori analoghi a quelli più elevati riportati per aree in cui è sensibile l'influenza del Po. Solo nella stazione più al largo i valori medi di produzione primaria diminuiscono, rimanendo dello stesso ordine di grandezza di quelli conosciuti per le zone di mare aperto del bacino settentrionale. La velocità di incorporazione del carbonio dipende direttamente dalla quantità di biomassa algale presente. L'analisi della regressione lineare tra PP e Chl, mostrata graficamente in fig.3, presenta infatti un coefficiente di regressione ($r = 0,69$; $p = 0,01$) che risulta elevato per le 72 coppie di valori considerate. L'equazione che interpola i dati sperimentali è la seguente

$$PP = 0,96 + 2,76\ Chl \qquad (ds\ stime = 2,71)$$

II rapporto di assimilazione, espresso come unità di carbonio per unità di clorofilla (AR), mostra valori più elevati in corrispondenza delle due stazioni più costiere, e in particolare di quella a 6 miglia. Ciò indica come in questa zona le condizioni fisico chimiche ambientali siano tali da favorire l'attività fotosintetica delle comunità planctoniche presenti. Un confronto con i dati bibliografici mostra comunque come i valori emersi in questa indagine siano nelle tre stazioni prossimi all'intervallo 3÷5 ritenuto da Revelante & Gilmartin (1976) corrispondente a situazioni di mesotrofia.

L'irraggiamento superficiale, espresso in Einstein per unità di superficie e di tempo (E m^{-2} h^{-1}), è risultato essere un parametro estremamente variabile, sia tra le diverse campagne che tra le successive incubazioni effettuate durante la stessa giornata, in quanto fortemente influenzato dalle condizioni metereologiche oltre che dalla stagionalità. Considerando i valori estremi si è infatti passati da un irraggiamento medio giornaliero di

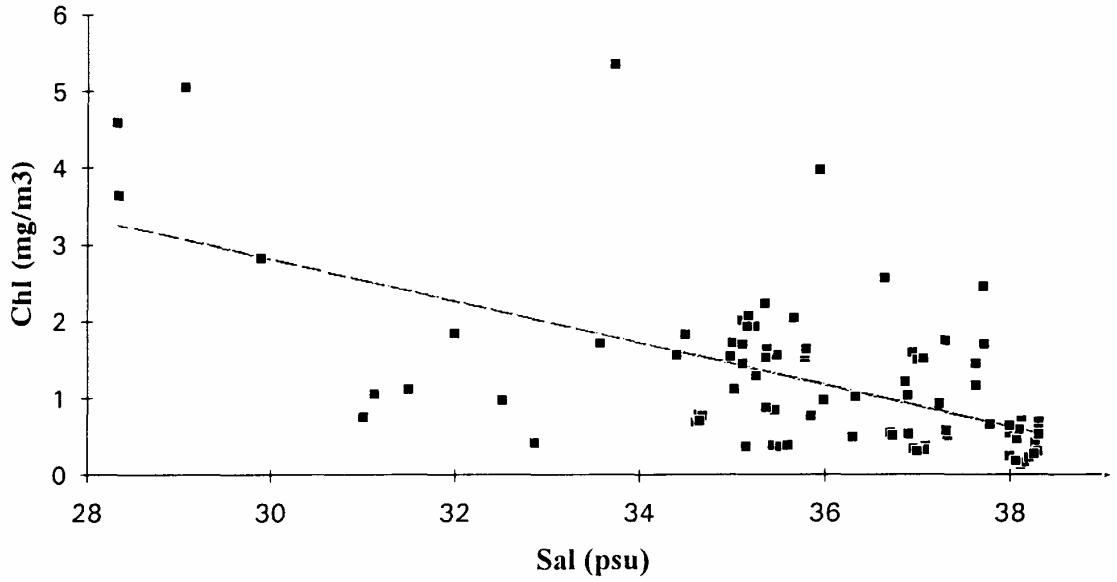


Fig.2 - Andamento della concentrazione di clorofilla *a* (Chl) in funzione della salinità (Sal).

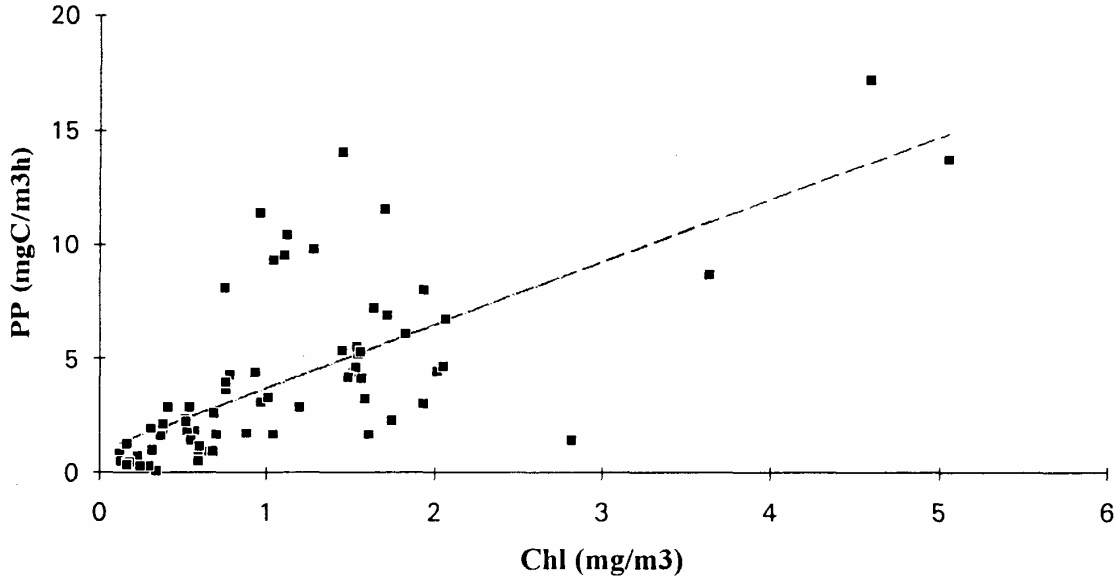


Fig.3 - Andamento della produzione primaria (PP) in funzione della concentrazione di clorofilla *a* (Chl).

0,5 E m^{-2} h-1, misurato il 27 novembre 1991, ai 3,2 E m^{-2} h^{-1} misurati il 5 settembre dello stesso anno, e, nella stessa giornata (11 giugno 1991), dai 0,4 E m^{-2} h^{-1} misurati nella prima incubazione (a 1,5 miglia dalla costa, tra le ore 11.$\frac{00}{}$ e le ore 15.$\frac{00}{}$) ai 4,7 E m^{-2} h^{-1} nell'ultima incubazione (15 miglia dalla costa, tra le ore 15.$\frac{45}{}$ e le ore 19.$\frac{45}{}$). L'analisi della regressione lineare tra efficienza fotosintetica e irraggiamento durante le incubazioni, calcolata per i campioni prelevati alle quote ottiche corrispondenti al 100 e al 50% di penetrazione dalla luce, da coefficienti di correlazione pari a 0,43, 0,55 e 0,31 rispettivamente a 1,5, 6 e 15 miglia con 18 coppie di valori. Tali coefficienti, confrontati con il livello di significatività p = 0,05 che corrisponde a 0,47 per le 18 coppie di valori considerate per ogni stazione, indicano una scarsa corrispondenza tra i due parametri mostrando l'esistenza di una correlazione positiva solo per la stazione a 6 miglia.

Per confrontare i diversi valori del rapporto di assimilazione in modo da escludere l'effetto delle variazioni naturali nell'irraggiamento, il valore di AR è stato normalizzato rispetto alla quantità di energia incidente per unità di superficie e di tempo. E' stato così possibile calcolare le unità di carbonio incorporate per unità di clorofilla e di energia (AR/E) che, nei valori medi per i campioni raccolti nello strato superficiale, è riportato anch'esso in tab.2. In questo caso la stazione più vicina alla costa mostra un valore di AR/E circa doppio rispetto a quello della stazione a 15 miglia, mentre nella stazione a 6 miglia l'AR/E assume un valore solo di poco inferiore rispetto a quello costiero. I valori particolarmente elevati del c.v. mostrano per questo parametro una variabilità ancora più elevata cui possono concorrere differenze nella struttura delle comunità fitoplanctoniche e nelle caratteristiche fisico-chimiche dell'ambiente, pur non potendosi escludere una difficoltà delle comunità algali a rispondere rapidamente alle brusche variazioni di energia luminosa che si verificano in natura, con una conseguente modificazione dell'attività fisiologica.

In tab.3 sono riportati i valori di PP per unità di superficie, ottenuti integrando le misure effettuate sulla colonna d'acqua alle diverse quote ottiche espressi sia per ora che per anno. La conversione della produzione oraria in produzione annua è stata effettuata operando una ponderazione sulla base dei valori medi di energia radiante elaborati da una serie storica ventennale di rilevazioni effettuate nella stessa zona dall'Aereonautica Militare (1989).

distanza (miglia)	PP (mgC m^{-2} h^{-1})	cv (%)	PP (gC m^{-2} a^{-1})
1,5	52,0	67	332
6	65,6	57	353
15	38,1	47	144

Tab.3 Valori medi di produzione primaria oraria ed annuale per unità di superficie (PP) nelle stazioni di prelievo; cv: coefficiente di variazione.

Il confronto tra questi valori e i dati conosciuti per l'Adriatico evidenziano ancora di più l'importanza della fascia costiera esaminata nella produzione complessiva del bacino. Già

a 15 miglia dalla costa il valore di PP è confrontabile con quelli riportati da Gilmartin & Revelante (1983) per le aree più produttive del bacino settentrionale, mentre nelle due stazioni più costiere la velocità di incorporazione del carbonio è ancora più elevata, superiore anche a quella riportata dagli stessi Autori per zone particolarmente eutrofizzate, quale ad esempio la Kastela Bay, sulla costa slava dell'Adriatico centrale (250gC/m2/anno).

4. CONCLUSIONI

Le aree costiere occidentali dell'Adriatico Settentrionale hanno subito negli anni un grado crescente di compromissione.

I dati di produzione primaria conosciuti in letteratura per l'Adriatico settentrionale risalgono a periodi antecedenti gli anni '80 e sono relativi alle stazioni poste in acque internazionali e quindi relativamente lontane dalla costa.

Le osservazioni effettuate nel corso di questa indagine mettono in evidenza l'importanza della fascia costiera in una zona che, pur essendo a notevole distanza dalla foce del Po, ne risente ancora l'influenza sia in termini di salinità che di carico trofico. Ciò determina valori di produzione primaria considerevolmente elevati, che sono il risultato oltre che di un'alta concentrazione di biomassa autotrofica, anche di elevati valori di efficienza fotosintetica. Quest'ultimo fenomeno è favorito dalle particolari condizioni fisico-chimiche dell'ambiente la cui azione può esplicarsi sul fitoplancton sia a livello metabolico che favorendo lo sviluppo di popolazioni particolarmente adattate.

Questi elementi evidenziano ancora una volta l'importanza della fascia costiera e l'effetto del Po nel determinare la produzione complessiva del sistema Adriatico.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano i Signori F.Bacciu, F.Duranti, L.Loreti e S.Tatti per la collaborazione tecnica fornita. Si ringrazia inoltre l'Ist.di Ricerche sulla Pesca Marittima, CNR, e in particolare il dott. A.Artegiani, il Coni.te Spadini e l'equipaggio della motonave "S. Lo Bianco", per l'ospitalità e la collaborazione nella raccolta dei campioni.

BIBLIOGRAFIA

Aeronautica Militare. 1989. Soleggiamento e radiazione globale in Italia. Centro Nazionale Meteorologia e Climatologia Aeronautica, Roma.

APHA, AWWA, WPCF. 1989. Standards methods for the examination of water and wastewater. Clesceri L.S., Greenberg A.E. & R.R. Trussell Eds., APHA, Whashington DC, 17.

Brezonik, P.L., Browne, F.X. & J.L. Fox. 1975. Application of ATP to plankton biomass and bioassay study. *Wat. Res., 9:* 155-162.

Buljan, M. 1964. An estimate of productivity of the Adriatic Sea made on the basis of its hydrographic properties. *Acta Adriat.,* 11: 34-45.

Fonda Umani, S., Franco P., Ghirardelli E. & A. Malej. 1990. Outline of oceanography and the plankton of the Adriatic sea. *Proc. 25th Europ. Mar. Biol. Symp. Univ. Ferrara: 25-43.*

Franco, P. 1967. Condizioni idrologiche e produttività primaria nel golfo di Venezia. *Arch. Oceanogr.Limnol.* ,15: 69-83.

Franco, P. 1969. Report on primary productivity in the gulf of Venice: north Adriatic sea. *Nato Subcommittee on Oceanographic Research,* Techn. Rep. 47: 35-49.

Franco, P. 1983. Distribuzione verticale della produttività primaria e struttura della colonna d'acqua nell'Adriatico Settentrionale. *Atti V Congresso A.LO.L. Stresa, 19-22Maggio 1982:* 515-523.

Gilmartin, M. & N. Revelante. 1983. The phytoplankton of the Adriatic Sea: standing crop and primary production. *Thal. Jugosl.,* 19/1-4: 173-188.

Holm Hansen, O. & C.R. Booth. 1966. Adenosin triphosphate content of marine *bacteria Limnol.Ocean.,* 12: 319-324

Pagnotta, R., Puddu, A. & G. Chiaudani. 1983. Biomasse autotrofe ed eterotrofe. In *L'esperimento Tevere. Influenza di un fiume sull'ecosistema marino prospiciente la sua foce,* Ist. Ricerca sulle Acque, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Quad.66, 17-26.

Revelante, N. & M. Gilmartin. 1976. The effect of Po river discharge on phytoplankton dynamics in the northern Adriatic Sea. *Mar. Biol.,* 34: 259-271.

Vollenweider, R.A., Rinaldi, A. & G. Montanari. 1992. Eutrophication, structure and dinamycs of a marine coastal System: results of a ten-year monitoring along the Emilia-Romagna coast (Northwest Adriatic Sea). In *Marine Coastal Eutrophication,* Vollenweider R.A., Marchetti R. & Viviani R. Eds., Elsevier, Amsterdam: 63-106.

Zoppini, A. 1990. Adenosinotrifosfato cellulare (ATP).In *Metodi nell'Ecologia del Plancton Marino* Innamorati M., Ferrari I., Marino D. & M. Ribera D'Alcalà eds., *Nova Thal.,* 11:225-230.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 355 a pag. 366

CHEMICAL AND MICROSCOPIC STUDY OF PARTICULATE PROTEINS IN LIGURIAN COASTAL WATERS

Mauro FABIANO* , Cristina MISIC** and Roberto DANOVARO**

Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia, Università di Cagliari
** Istituto di Scienze Ambientali Marine, Università di Genova

RIASSUNTO

Nel periodo compreso tra Marzo 1985 e Marzo 1986 è stato condotto un campionamento nella stazione pilota di Chiavari (Mar Ligure), per definire la composizione qualitativa e quantitativa della sostanza organica particellata (POM).

L'analisi chimica ha permesso di determinare le concentrazioni di clorofilla-a (CHL-a) e proteine (PPRT) della POM, mentre l'analisi microscopica è stata utilizzata per studiare le variazioni dimensionali e morfologiche delle particelle durante l'anno di campionamento.

I dati relativi alle concentrazioni di clorofilla-a indicano una fioritura fitoplanctonica nel tardo inverno (2.09 ,µg/l). Le concentrazioni di proteine particellate non mostrano un andamento ben definito, e variano tra 39.1 µg/l (Settembre) e 147.1 µg/1 (Maggio). I massimi dei valori di biomassa fitoplanctonica risultano precedere i massimi valori di proteine particellate, con intervalli di tempo compresi tra due settimane in primavera e un mese in estate.

La suddivisione in classi dimensionali e l'analisi morfologica, condotta utilizzando un Coulter Counter e la colorazione con Hg Blue bromofenolo, hanno messo in evidenza un ciclo annuale ben definito. Questo andamento è caratterizzato da un alto numero di piccole particelle in primavera, dovuto alla fioritura fitoplanctonica, e da un numero limitato di grandi particelle in estate ed autunno. Le proteine particellate sono prevalentemente associate alle particelle di piccole dimensioni.

SUMMARY

A study was conducted in a pilot station offshore Chiavari (Ligurian Sea), between March 1985 and March 1986, to investigate the qualitative and quantitative composition of particulate organic matter (POM).

The chemical analysis allowed the determination of the chlorophyll- a (CHL-a) and protein content (PPRT) of POM, whereas size and morphological analyses were employed to study the dimensional variations of particles during the sampling year.

Data referring to CHL-a concentrations showed a phytoplanktonic bloom in late winter (2.09 ,µg/l). Particulate proteins did not show a well defined trend. PPRT concentrations ranged between 39.1 µg/l (September) and 147.1 µg/l (May). By comparing CHL-a and PPRT concentrations, peak phytoplankton biomass values resulted to be followed by peaks of particulate proteins with a time lag of two weeks in spring and one month in summer.

Class size and morphological analysis, carried out using a Coulter Counter and Hg blue bromophenol staining, showed a well defined annual cycle. This trend is characterized by a high number of small size particles in spring, due to phytoplanktonic bloom, and by a low number of large sized particles in summer and autumn. Particulate proteins were mostly associated to small sized particles.

1. INTRODUCTION

Particulate organic matter is an important food source for heterotrophic metabolism (Jacques, 1988; Fowler et al., 1991).

In the Mediterranean Sea, several studies have been carried out on the chemical composition of the particulate matter by analysing organic carbon and nitrogen contents (Copin Montegut & Copin Montegut, 1983; Faganelli et al., 1988; Fabiano et al., 1988a and 1988b; Buscail et al, 1990; Fabiano & Povero, 1992). Other studies analysed the main chemical classes of organic compounds (Fabiano et al., 1985; Tanoue, 1985, Posedel & Faganelli, 1991; Fichez, 1991). Particulate proteins are one of the main components of the suspended particulate matter (Packard & Dortch, 1975), with a well defined annual trend in surface waters (Fabiano et al., 1992).

However, because of their fragile nature and due to methodological difficulties, few studies analysed the size and morjphology of the particulate matter (Kane, 1967; Johannes, 1967; Nemoto & Ishikawa, 1969; Gordon, 1970; Flos, 1984). These studies could be interesting in order to investigate POM nature and origin, defined as particles of size not exceeding 200 µm.

Since the '60s, histological stains bave been used for the qualitative and semi-quantitative analysis of the particulate organic matter in marine ecosystems. Kane (1967) used stains for the microscopic analysis of organic aggregates and phytoplankton in the Ligurian Sea. Johannes (1967), Nemoto & Ishikawa (1969) and Gordon (1970) used histological staining to better understand the ecological significance of these particles (defined as "organic aggregates").

In this study, the suspended organic matter of Ligurian Sea was studied over an annual cycle, both chemically and microscopically, in order to characterize its origin, structure and nutritive significance in the food web.

2. MATERIALS AND METHODS

Surface water samples were collected fortnightly between March 1985 and March 1986 at the "pilot station" off Chiavari (44° 18' 2N - 9° 18' 2E, 30 m depth) using a 5 1 Niskin bottle.

Salinity was measured using a Plessey salinometer. Meteorological data were kindly supplied by the "Osservatorio meteorologico-sismico di Chiavari". Water temperature was measured using a thermometer (accurancy + - 0.1 C).

Particulate Pigment (CHL-a). Surface water samples (2 1) were prefiltered on a 200 µm mesh net to remove any detritus and large zooplanktonic organisms. Samples were filtered on Millipore AA filters (0,45 µg pore size). Chlorophyll-a extraction and determination were performed according to the method reported by Strickland & Parsons (1972). SCOR-UNESCO formulas were used for the calculations.

Particulate Proteins (PPRT). One litre of surface water was prefiltered as described above and filtered on Whatman GF/C filters previously calcinated in furnace muffle (450 C, 2h). Proteins were determined following the method suggested by Hartree (1972), using albumine as standard. The Coefficient of Variation (C.V.) due to analytical procedures is 6.6 %.

Class Size Analysis. For the dimensional size spectrum of the suspended particles, a Coulter Counter Carlo Èrba Mod. D was utilized. Blanks were prepared filtering sea water on 0,45 µm filters. The equipment discriminated ten size classes: 2.71-3.31 µg, 3.31-5.40 µg, 5.40-7.60 , µg, 7.60-10.70 µg, 10.70-15.11 µg, 15.11-21.42 µg, 21.42-30.02 µg, 30.02-43.10 µg, 43.10-60.02 µg and 60.02-140.00 µg.

Morphological Analysis. Immediately after sampling, 100 mi surface water was filtered using Millipore filters (25 mm in diameter, 0.45 µg pore size). However, variations in particle size due to breaking during transport and filtration procedures, should be taken into account (Alldredge & Silver, 1988). After filtration, the filters were rinsed with 10 ml of distilled water and stained using

mercuric bromophenol blue method (Mazia et al., 1953). After staining, filters were dried at 60 C for 20 minutes before being cleared in cedarwood oil and mounted for examination under the microscope. This method was selected because it was easily performed on Millipore filters and because staining intensity was proportional to protein coment (Fisher, 1980). All microscopie observations were routinely made at 800x magnification using a Zeiss standard universal microscope. For practical reasons, only particles whose greatest dimension exceeded 5 m were studied. Organic particles were divided in six classes: transparent (not stained), violet, lilac, lilac-violet, orange, black. At least 100 particles per sample were counted and measured. Particle volume was calculated considering the elipsoid of revolution around the main axis of the observed particle.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The water column showed a period of thermal stratification between June and November. In the surface water, temperature ranged between 13.0 C and 25.4 C. Salinity ranged between 38.00 PSU (summer-autumn) and 36.00 PSU (spring), with an irregular trend in winter and spring. The salinity trend can be related to rain falls, which were particulary abundant between March and May 1985 and in January 1986 in correspondence with lowest salinity. The river Entella (about 2 miles far from the sampling station) had a strong impact on this relationship.

Algal biomass, expressed as chlorophyll-a concentration, regularly increased between March-April 1985 and February- March 1986, with minimum values in June, October and November (0.21, 0.46 and 0.45 µg/l respectively). Phytoplankton bloom was observed at the beginning of March 1986 (Chl-a = 2.09 µg/l, Figure 1). The observed concentration falls in the range (0.30 and 1.80, µg/l) found in the same area by Fabiano (1984) and Fabiano et al. (1985). During the summer-autumn period, a connection between Chl-a maximum values and sea conditions was observed. Peak Chl-a concentrations were recorded after the periods of rough sea. Input of allochthonous particulate matter by coastal erosion and resuspension of previously sedimented material may explain these results (Aloisi et al, 1979).

Particulate proteins, ranging between 147.1 µg/l (May) and 39.1 µg/l (September, Figure 1), did not show a well defined trend. PPRT annual average concentration (81,6 µg/l) was slightly lower than the one observed by Fabiano et al. (1985) in the same area (105,2 µg/l*).* By comparing Chl-a and PPRT concentrations, maximum phytoplankton biomass values were generally found to be followed by peaks of particulate proteins with a time lag of two weeks in May and a one month delay in summer. This time lag was also observed during algal culture experiments (Pusceddu et al., 1993). During zooplanktonic grazing, which temporarily followed the phytoplanktonic blooms, the low CHL-a/PPRT ratio suggests the presence of a

higher microheterotrophic component and/or increasing detritai fraction (Dortch & Packard, 1989).

To characterize the structure and origin of the suspended matter, the water samples were analysed using a Coulter Counter and microscopic measurements after staining for proteins.

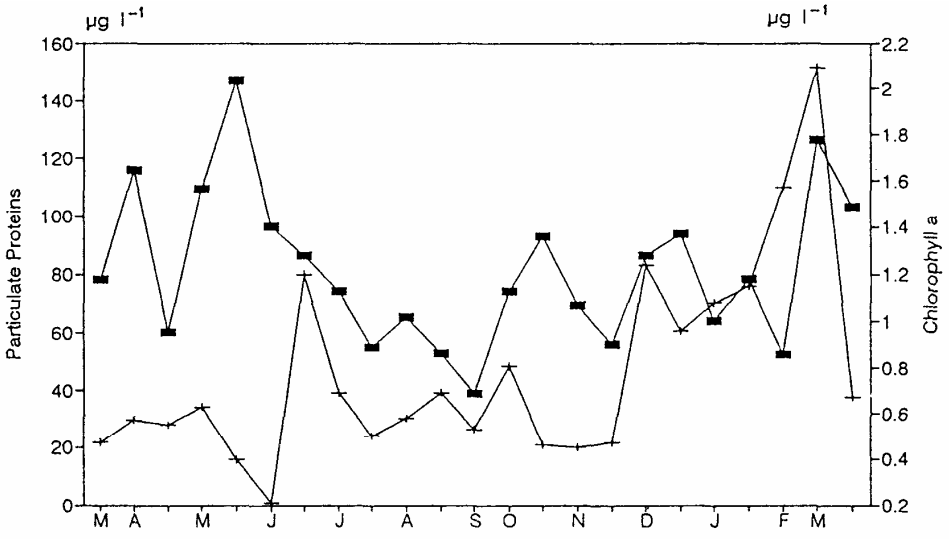


Fig. 1 Seasonal variations of clorophyll-a (CHL-a, plus) and particulate proteins (PRT, filled squares) in the study area.

The seasonal cycle of the total number of particles (TPN) and related volume (TPV), observed using the Coulter Counter, are reported in Table 1. TPN (Table 1 B) ranged between 3 x 10^3 /l (September) and 88 x 10^3 /l (April). TPV (Table 1 A) showed a similar trend, ranging between 0.2 x 10^6 ,μm^3/l, (September) and 2.7 x 10^6 μm^3/l (April). TPN and TPV were significantly correlated to salinity ($n = 12$, $P < 0.05$, $r = -0.44$; $n = 12$, $P < 0.05$, $r = 0.45$ respectively).

The average volume of the single particle (TPV/TPN) during the sampling period is shown in Figure 2. This trend shows that the average particle volume increases in late spring and autumn, while decreasing for the rest of the year. Zooplanktonic grazing may be the reason for the formation of larger particles composed of organic detritus, faecal pellets and little organisms. Other authors have pointed out that "thermal stability" may have a significant impact on particle aggregation processes (Riley, 1963). In our case, the increase in average volume during May and June is probably due to biological phenomena (grazing), while thermal stability and the relatively cairn weather in summer may have favoured the production of larger particles.

DATE	2.71 3.81	3.81 5.40	5.40 7.60	7.60 10.70	10.70 15.11	15.11 21.42	21.42 30.02	30.02 43.10	43.10 60.02	60.02 140.00	TOTAL
A											
21.03	90376.0	103412.0	101318.0	95033.0	72301.0	108872.0	41664.0	6092.0	43401.0	153256.0	815725.0
4.04	1472116.0	108542.0	96981.0	107704.0	95799.0	118902.0	89646.0	51905.0	17223.0	52430.0	2211248.0
22.04	337994.0	332297.0	502665.0	874396.0	385617.0	160457.0	56605.0	42645.0	0.0	0.0	2692676.0
15.05	121851.0	133217.0	104450.0	111382.0	68168.0	60457.0	61899.0	9260.0	77846.0	100826.0	849356.0
30.05	88518.0	77211.0	68624.0	60637.0	48976.0	54360.0	40554.0	42645.0	26178.0	52430.0	560133.0
17.06	55645.0	41983.0	41160.0	42590.0	33013.0	34055.0	16051.0	12184.0	8956.0	0.0	285637.0
26.06	41245.0	38893.0	34897.0	49981.0	36597.0	25030.0	27748.0	6092.0	0.0	52430.0	312913.0
15.07	70722.0	41592.0	29975.0	33789.0	30322.0	30732.0	26723.0	12184.0	0.0	52430.0	328469.0
30.07	104941.0	100322.0	60157.0	65820.0	53281.0	34939.0	7513.0	18276.0	17223.0	0.0	462472.0
13.08	163226.0	92968.0	24710.0	29535.0	32830.0	33780.0	51227.0	27537.0	8956.0	0.0	464769.0
28.08	59675.0	41262.0	27784.0	23165.0	26328.0	22866.0	17076.0	21444.0	0.0	0.0	239600.0
10.09	35265.0	20900.0	12734.0	14910.0	28341.0	50945.0	37395.0	6092.0	0.0	0.0	206582.0
1.10	75273.0	98233.0	108407.0	95513.0	72387.0	96250.0	66595.0	85290.0	8956.0	0.0	706904.0
17.10	62436.0	45635.0	25777.0	25695.0	35704.0	38994.0	25613.0	21444.0	0.0	0.0	281298.0
15.11	117847.0	193437.0	118250.0	129302.0	97327.0	82561.0	55495.0	54829.0	68890.0	0.0	917938.0
26.11	149973.0	49349.0	29459.0	32253.0	30860.0	27317.0	17076.0	21444.0	0.0	0.0	357731.0
10.12	200745.0	270978.0	189868.0	159828.0	112128.0	146341.0	128748.0	36553.0	34445.0	100826.0	1380460.0
20.12	87215.0	86055.0	74440.0	82746.0	40720.0	32530.0	12807.0	6092.0	17223.0	0.0	439828.0
13.01	198617.0	219504.0	138865.0	78426.0	37491.0	27957.0	22454.0	18276.0	0.0	52430.0	794020.0
28.01	60812.0	74096.0	63289.0	64538.0	28524.0	47378.0	8538.0	15352.0	0.0	0.0	362527.0
13.02	65633.0	60599.0	46391.0	38685.0	17093.0	16768.0	5379.0	9260.0	0.0	52430.0	312238.0
25.02	101493.0	106955.0	124686.0	99095.0	70504.0	54238.0	24589.0	24369.0	0.0	0.0	505929.0
11.03	80866.0	96095.0	85418.0	111831.0	66015.0	63018.0	38420.0	48737.0	26178.0	52430.0	669008.0
26.03	188082.0	180929.0	160202.0	150612.0	60816.0	78140.0	46958.0	42645.0	68890.0	52430.0	1029704.0
B											
21.03	5203.0	2116.5	736.0	247.5	67.2	35.7	4.9	0.3	0.6	0.4	8412.0
4.04	84750.5	2221.5	704.5	280.5	89.0	39.0	10.5	2.1	0.3	0.1	88098.0
22.04	19458.5	6801.0	3651.5	2277.3	358.3	52.6	6.6	1.8	0.0	0.0	32607.5
15.05	7015.0	2726.5	758.8	290.1	63.3	19.8	7.3	0.4	1.1	0.3	10882.5
30.05	5096.0	1580.3	498.5	157.9	45.5	17.8	4.8	1.8	0.4	0.1	7403.0
17.06	3203.5	859.3	299.0	110.9	30.7	11.2	1.9	0.5	0.1	0.0	4517.0
26.06	2374.5	796.0	253.5	130.2	34.0	8.2	3.3	0.3	0.0	0.1	3600.0
15.07	4071.5	851.3	217.8	88.0	28.2	10.1	3.1	0.5	0.0	0.1	5270.5
30.07	6041.5	2053.3	437.0	171.4	49.5	11.5	0.9	0.8	0.3	0.0	8766.0
13.08	9397.0	1902.8	179.5	76.9	30.5	11.1	6.0	1.1	0.1	0.0	11605.0
28.08	3435.5	844.5	201.8	60.3	24.5	7.5	2.0	0.9	0.0	0.0	4577.0
10.09	2030.3	427.8	92.5	38.8	26.3	16.7	4.4	0.3	0.0	0.0	2637.0
1.10	4333.5	2010.5	787.5	248.8	67.3	31.6	7.8	3.5	0.1	0.0	7490.5
17.10	3594.5	934.0	187.3	66.9	33.2	12.8	3.0	0.9	0.0	0.0	4832.5
15.11	6784.5	3959.0	859.0	336.8	90.4	27.1	6.5	2.3	1.0	0.0	12066.5
26.11	8634.0	1010.0	214.0	84.0	28.7	9.0	2.0	0.9	0.0	0.0	9982.5
10.12	11557.0	5546.0	1379.3	416.3	104.2	48.0	15.8	1.5	0.5	0.3	19068.7
20.12	5021.0	1761.3	540.8	215.5	37.8	10.7	1.5	0.3	0.3	0.0	7589.0
13.01	11434.5	4492.5	1008.8	204.3	34.8	9.2	2.6	0.8	0.0	0.1	17187.5
28.01	3501.0	1516.5	459.8	168.1	26.5	15.5	1.0	0.6	0.0	0.0	5689.0
13.02	3778.5	1240.3	337.0	100.8	15.9	5.5	0.6	0.4	0.0	0.1	5479.0
25.02	5843.0	2189.0	905.8	258.1	65.5	17.8	2.9	1.0	0.0	0.0	9283.0
11.03	4655.5	1966.8	620.5	291.3	61.3	20.7	4.5	2.0	0.4	0.1	7623.0
26.03	10828.0	3703.0	1163.8	392.3	56.5	25.6	5.5	1.8	1.0	0.1	16177.5

Table 1 Total volume ($\bar{\mu}^3$/l; A) and total number (n/l ; B) of different size particles measured using the Coulter Counter.

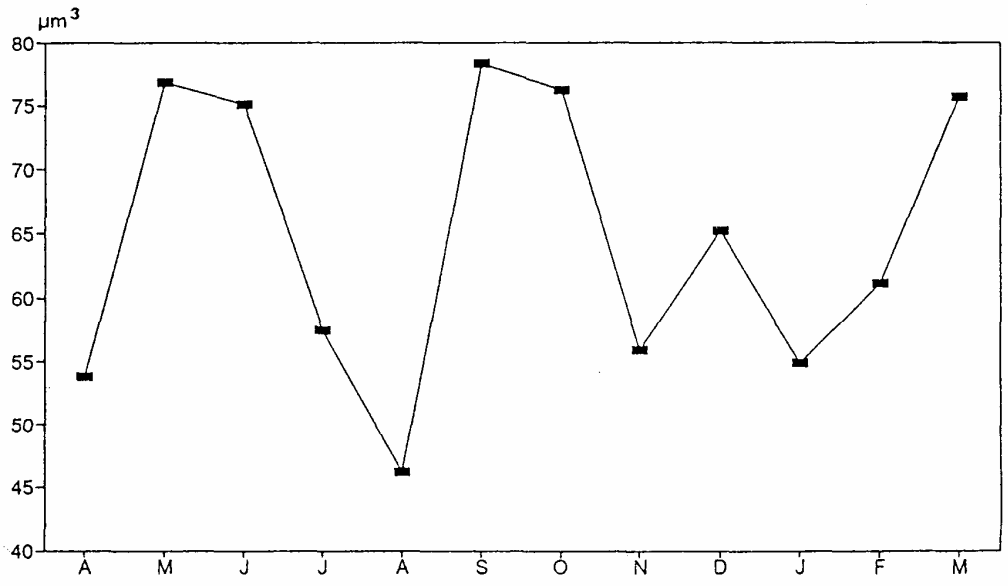


Fig. 2 Seasonal cycle of average particle volume detected with Coulter Counter.

Particle size development during the year was studied comparing TPN vs volumetric classes in the 4 seasons: spring (February-May), summer (June-September), autumn (October- November), winter (December-January), as shown in Figure 3. The relationship between seston distribution frequency and size has been observed by several authors (Fisher, 1977; Flos, 1984).

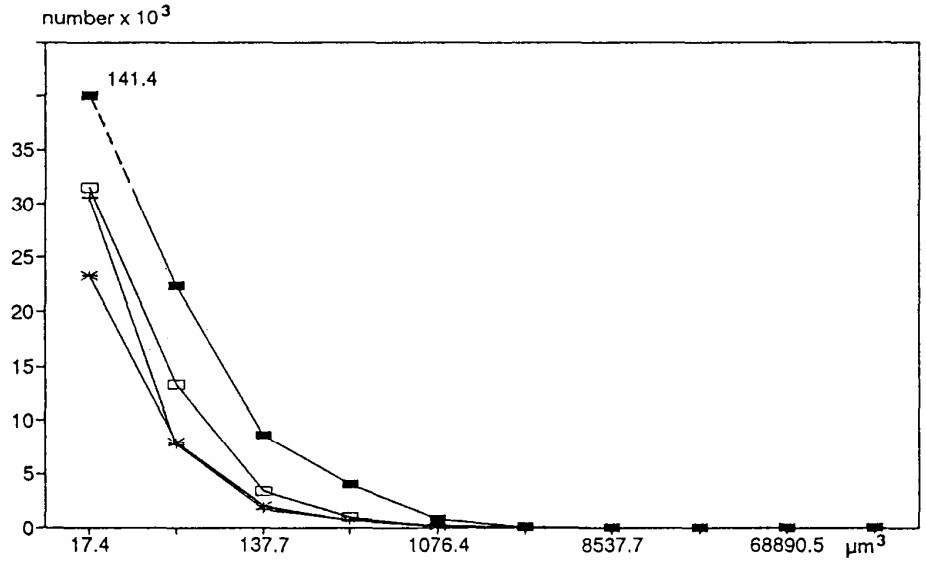


Fig. 3 Particles size vs particles abundance in the four seasons (spring: filled square, summer: plus, autumn: asterisk, winter: empty square).

Bader (1970), postulated the so called "theory of the iperbolic function" trying to better understand this relationship. This assumption was confirmed by our results, since particle number was inversely correlated to particle size. By analysing the contribution from the different size classes, we found that, in April, small sized particles (2.71-3.81 µm diameter), accounted for 66 % of TPV. During late spring, the contribution of particles with diameter ranging between 3.81 and 15.11 µm increased, among them the class of particles 7.60-10.70 µm accounted for 32%. Finally, the decline observed in May showed the dominance of particles larger than 15.11 µm.

The total number of particles treated with hystochemical stains (TNPS) reaches a peak value in May (218 x 10/1), and a minimum in summer (8 x 10^3/l, April. Table 2). Generally, the values observed for TNPs are in agreement with literature data and are of the same order of those reported by Kane (1967) in the Ligurian Sea. However, much higher values were observed by Nemoto & Ishikawa (1969), in the China Sea (183.6 and 484,8 x10^4/l).

DATE	TNPS	TSPS	TVPS	COLOUR CLASSES (n/l)					
	n/l	µm /l	µm /l	transparent	lilac	lilac-violet	violet	orange	black
4.04	7860	123102.1	2137965.0	1824.8	1122.9	0.0	0.0	1824.8	3088.0
22.04	164759	383572.6	593088.0	8377.6	51661.9	6981.3	41888.0	6981.3	48869.3
15.05	178722	39067.5	8094446.5	0.0	80983.5	4188.8	92153.6	1396.3	0.0
30.05	217818	26763.2	2040668.8	0.0	102502.4	31320.2	46980.3	22778.3	14236.4
17.06	33790	85284.5	181603.2	310.0	3720.0	9299.9	1240.0	17669.8	1550.0
26.06	47938	130505.3	318188.2	0.0	10168.8	4358.0	14042.6	2905.4	16463.7
15.07	86569	206831.8	320925.6	3519.0	29560.0	8445.7	11964.8	8445.7	24633.3
30.07	40143	157982.7	702021.6	3521.3	6690.4	7394.7	6338.3	2464.9	13733.0
13.08	50731	131334.7	335807.7	1449.5	2898.9	6281.0	8696.7	483.2	30921.8
28.08	85870	180752.3	532364.3	9460.3	0.0	0.0	24742.3	2910.9	48756.9
10.09	29880	51998.9	77864.2	1675.5	837.8	558.5	9494.6	279.3	17034.5
10.10	60505	124915.1	334504.5	2937.1	6461.7	2349.7	17035.4	4112.0	27609.0
17.10	102626	214856.8	377618.9	4848.5	1616.2	3232.3	46060.3	7272.7	39595.7
15.11	125354	313848.5	902504.6	0.0	7521.2	5014.1	99029.4	11281.8	2507.1
26.11	83078	151462.8	227541.2	0.0	18849.6	4886.9	2094.4	6283.2	50963.7
10.12	71908	161291.8	274314.7	698.1	18151.5	3490.7	20245.9	5585.1	23736.5
20.12	74002	119164.4	181805.8	9075.7	12566.4	5585.1	6283.2	12566.4	27925.3
13.01	96342	128592.7	173073.5	4188.8	12566.4	2094.4	20944.0	10472.0	46076.8
28.01	149401	292499.7	481755.3	18151.5	26529.1	18151.5	19547.7	15358.9	51661.9
13.02	91016	78640.5	241874.8	44058.7	7174.0	3913.1	5869.7	4565.3	25435.2
11.03	101772	168098.9	250882.8	5634.5	17959.8	1056.5	22185.7	7395.2	47540.7
26.03	76795	175536.5	498382.2	21097.4	6751.2	1687.8	10126.8	9282.9	27848.6

Table 2 Number (TNPS), surface (TSPS) and volume (TVPS) of particles measured microscopically and number of particles for each color class (trasparent, lilac, lilac-violet, vaiolet, orange and black).

Comparing particulate protein concentrations with the number of protein containing particles, a similar seasonal trend was observed.

Table 2 reports the seasonal variations in total particle surface stained and measured microscopically (TSPS). Wide variations were observed during the sampling year, and ranged between 384 x 10^3 /.μm^2/l (April) and 27 x 10^3 /.μm^2/l (May). Particle surface and PPRT concentrations showed the same trend between July and March, whereas high PPRT concentrations were observed in May associated with low values of total particle surface.

The total volume of the particles stained (TVPS, Table 2) was significantly correlated with PPRT concentrations (n = 12; P 0.05; r = 0.43), both parameters showing peak values in May (8.1 x $10^6 \mu m^3$/l). During the rest of the year, TVPS was quite Constant with minimum value in September (0.08 x $10^6 \mu m^3$/l). The class 1 μm^3 was dominant throughout the year.

To compare the Coulter Counter results with those obtained by microscopic measurements, particles were divided into 6 class sizes (5.40-15.11 µm, 15.11-21.42 µm, 21.42-30.02 µm, 30.02-43.10 µm, 43.10-60.02 µm e 60.02-140.00 µm). Large similarities between microscopic observations and Coulter Counter measurements were observed between the smallest classes, whereas differences were reported for larger particles. At the same time, the comparison between the two methods pointed out that, in absolute number, the results are not interchangeable.

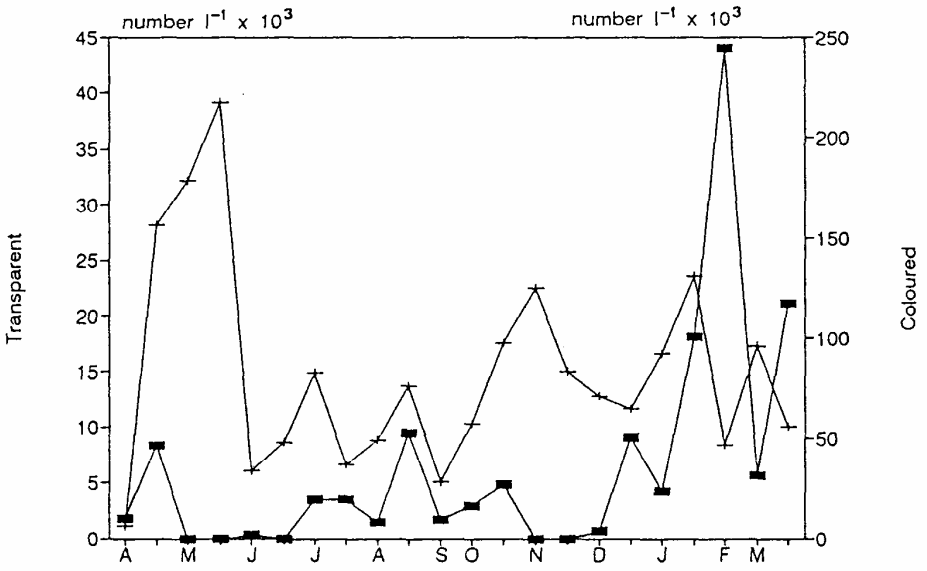


Fig. 4 Seasonal variations of total number of microscopic coloured (filled square) and transparent (plus) particles.

Fisher (1980) observed that protein content was closely related to their dimension and that stain intensity was proportional to protein content. In this study we observed that stain intensity from violet to black and particle size were inversely correlated. On the basis of this result the authors suggest that the proteins in the seston were associated to the small sized particles. On the other hand, it is well known that during degradation processes, bacterial colonization and particle breaking are associated to protein enrichment (Newell, 1965).

Microscopic aggregates were divided in stained and transparent particles. The number of stained particles was always higher than transparent particles which mostly reach their peak value in spring (Figure 4). Particulate carbohydrates (data by Fabiano et al, 1992) were closely related to transparent particles ($n = 9$; $P < 0.01$; $r = 0.79$) which do not contain proteins. This result suggests that transparent particles are likely to be mostly composed of carbohydrates. Riley (1963) also speculated that transparent particles are newly formed and not colonized by bacteria which may be considered responsible for the protein enrichment of the organic particles.

4. CONCLUSIONS

To sum up the results, we may conclude that it is possible to identify a seasonal cycle in both the qualitative as well as quantitative features of particles. The structure of the particulate organic matter showed a well defined cycle characterized by large, glucidic particles at the beginning of spring. This pool was replaced by a high number of particles of small size and proteic nature in spring, during bloom, when large quantities of material were released as algal excretion and decomposition products.

Several factors affect the development of particle size in late spring and autumn. In the first period, an increase in average volume was observed, probably due to grazing. Then, in summer, this value fell to its minimum, perhaps due to adverse sea conditions. A new increase in volume was observed in early autumn, affected by physical factors like thermal stability and the relatively cairn weather. Then, in winter, the size values slowly carne back to those observed at the beginning of spring.

This discussion is just a tentative exploration of the nature and structure of suspended particulate matter in relation to the factors that are likely to be involved in its seasonal cycle. The results of this paper indicate that the greatest fraction of the particulate organic matter, represented by organic detritus, has to be considered as an "ecologically active and complex System", whose structure certainly has many ecological implications.

BIBLIOGRAPHY

Alldredge, A.L. & M.W. Silver. 1988. Characteristics, dynamics and significance of marine snow. *Prog. Oceanogr.,* 20: 41-82.

Aloisi, J.C., C. Millot, A. Monaco & H. Pauc. 1979. Dynamique des resuspension et mécanismes sédimentologiques sur le plateau continental du Golf du Lion. *Compt, rend. Acad. Se., Parìs,* 289: 879-882.

Bader, H. 1970. The hyperbolic distribution of particle sizes. *J. Geophys. Res.,* 75: 2822-2830.

Buscail, T., R. Pocklington, R. Daumas & L. Guidi. 1990. Fluxes and budget of organic matter in the benthic layer on the northwestern Mediterranean margin. *Cont.ShelfRes.,* 10: 811-840.

Copin Montegut, C. & G. Copin Montegut. 1983. Stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus in marine particulate matter. *Deep-Sea Res.,* 30/1: 31-46.

Dortch, Q. & T.T. Packard. 1989. Difference in biomass structure between oligotrophic and eutrophic marine ecosystems. *Deep -Sea Res.,* 36/2: 223-240.

Fabiano, M. 1984. Production of the Ligurian coastal waters. I. Hydrology, nutrients and pigments. *Atti Acc. Lig. Sc. Lett.,* 41: 17 pp.

Fabiano, M., F. Baffi, P. Povero & R. Frache. 1988a. Particulate organic matter and heavy metals in ligurian open sea. *Chem. Ecol,* 3: 313-323.

Fabiano, M., F. Baffi, P. Povero & R. Frache. 1988b. Particulate matter of the Genoa Gulf (Summer 1983). *Boll Oceanol. Teor. Appl,* 4/1: 35-41.

Fabiano, M. & P. Povero. 1992. Particulate carbon and nitrogen in Ligurian coastal waters (October 1985). *Boll Oceanol. Teor Appl,* 10/1: 65-71.

Fabiano, M., P. Povero & D. Medica. 1992. Carbohydrates, proteins and chlorophylls in the particulate organic matter of the surface coastal water of ligurian sea. *Boll Ocean. Teor. Appl,* 10/1: 41-51.

Fabiano, M., M. Zavatarelli & S. Palmero. 1985. Observations sur la matiere organique particulaire (proteines, glucides, lipides, chlorophylle) en Mer Ligure. *Tethys, lì/2:* 133-140.

Faganelli, J., A. Malej, J. Pezdic & V. Malacic. 1988. C:N:P ratios and stable C isotopie ratios as indicatore of sources of organic matter in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic). *Oceanol Acta,* 11/4: 377-382.

Ficher, R. 1991. Suspended particulate organic matter in a Mediterranean submarine cave sediments. *Mar. Biol,* 108: 167-174.

Fisher, J.K. 1977. Distribution of suspended particles in the equatorial region of Eastern Pacific Ocean. *Pol Arch. Hydrobiol,* 24/suppl.: 103-108.

Fisher, J.K. 1980. Volume concentration of nanoseston as a measure of protein content in suspensions of Oceanie surface waters. *Pol Arch. Hydrob.,* 27/1: 1-10.

Flos, J. 1984. Variability of Coulter Counter data and their relationship with other oceanographical parameters. *Mar. Ecol. PSZN.*

Fowler, S.W., L.F. Small & J. La Rosa. 1991. Seasonal particulate carbon flux in the coastal northwestern Mediterranean sea and the role of zooplankton fecal matter. *Oceanol. Acta,* 14/1: 77-85.

Gordon, D.C. Jr. 1970. A microscopie study of organic particles in the North Atlantic *Ocean. Deep-Sea Res.,* 17: 175-185.

Hartree, E.F. 1972. Determination of protein: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response *Anal. Biochem.,* 48: 422-427.

Jacques, G. 1988. Flux de carbon en milieu pelagique de Mediterranean occidentale lors de la floraison printaniere. *Oceanol. Acta,* 143-148.

Johannes, R.E. 1967. Ecology of organic aggregates in the vicinity of a coral reef. *Limnol Oceanogr.,* 12: 189-195.

Kane, J.E. 1967. Organic aggregates in surface waters of the Ligurian Sea. *Limnol. Oceanogr.,* 12: 287-290.

Mazia, D, P.A. Brewer & M. Alfert. 1953. The cytochemical staining and measurement of protein with mercurie bromophenol blue. *Biol. Bull, mar. biol. lab., Woods Hole,* 104: 57-67.

Nemoto, T. & K. Ishikawa. 1969. Organic particulate and aggregate matters stained by histological reagents in the East China Sea. *Ocean. Soc. Japan* 25: 281-290.

Newell, R. 1965. The role of detritus in the nutrition of two marine deposit feeders, the prosobranch *Hydrobia ulvae* and the bivalve *Macoma baltica. Proc. zool. Soc. Lond.,* 144: 25-45.

Packard, T.T. & Q. Dortch. 1975. Particulate protein-nitrogen in North Atlantic surface waters. *Mar. Biol,* 33: 347- 354.

Posedel, N. & J. Faganelli. 1991. Nature and sedimentation of suspended particulate matter during density stratification in shallow coastal waters (Gulf of Trieste, northern Adriatic). *Mar. Ecol. Prog. Ser.,* 77: 135-145.

Pusceddu, A., R. Danovaro & M. Fabiano. 1993. Variations in the biochemical composition of *Tetraselmis suecica* during growth and decomposition preliminary observations. *XXIII Congr. Soc. It. Biol. Mar.* (Ravenna), 8-12 Giugno 1992, Suppl. al Notiziario S.I.B.M.: 55-58.

Riley, G.A. 1963. Organic aggregates in seawater and the dynamics of their formation and utilization. *Limnol Oceanogr.,* 8: 372-381.

Strickland, J.D.H. & R.T. Parsons. 1972. A practical handbook of sea water analysis. *Bull Fish. Res. Board. Con.,* 167: 185 pp.

Tanoue, E. 1985. Distribution and chemical composition of POM in the Pacific sector of the Antarctic Ocean. *Trans. Tokyo Univ. Fish.,* 5: 85-95.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 367 a pag. 374

DATI PRELIMINARI SULLE VARIAZIONI DEI CARATTERI GRANULOMETRICI DELL'AREA DI SCARICO DEI MATERIALI DRAGATI DAL PORTO DI LIVORNO

Massimo GABELLINI*, David PELLEGRINI*, Michele GIANI*,
Federico SPAGNOLI** e Stefano ZANOLI***

* Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare, Roma
** Istituto per la Geologia Marina-CNR, Bologna
***Dipartimento di Scienze dei Materiali e della Terra, Università di Ancona

SUMMARY

A survey in the disposal site of the material dredged in the Livorno harbour was carried out to study the sediment texture variations caused by the dumping operations.

During March 1992 nineteen sediment cores were collected; superficial and deeper part of the cores were sampled and grain size analysis were performed in all of them.

The grain size distribution in the studied area shows a prevalent dispersion of coarser fractions to the northward and westward directions. The accumulation of the dredged material (thicker more than 20 cm in the central zone) is disposed in a wider zone than officially admitted. Moreover, the finer fractions seem to settled in the northern part of the dumping area, probably following the flow of the main regional currents.

1. INTRODUZIONE

L'interrimento dei bacini portuali e la conseguente necessità di procedere al loro dragaggio al fine di non comprometterne la navigabilità e, più in generale, l'economia sono problematiche verso le quali si avverte ora, più che nel passato, una maggiore attenzione da parte delle Amministrazioni interessate.

Considerato che la quasi totalità dei sedimenti escavati nei porti, in Italia, viene scaricata in mare, è essenziale valutarne le possibili conseguenze sull'ambiente marino.

L'impatto ambientale legato alle interazioni del materiale dragato con le componenti abiotiche e biotiche dell'area di scarico può essere dovuto a fattori fisici (aumento della torbidità, variazione della morfologia del fondale, cambiamento dei caratteri tessiturali dei sedimenti), a fattori chimici (legati alla mobilizzazione di sostanze

inorganiche e/o organiche), a fattori biologici (causati dalla presenza di organismi nel materiale di scarico). La conoscenza delle caratteristiche biogeochimiche del materiale prima di essere escavato ed i processi a cui sarà sottoposto una volta scaricato in mare sono di fondamentale importanza per una corretta valutazione dell'impatto ambientale.

Nel contesto di tale problematica, la presente nota preliminare tratterà l'aspetto legato alle variazioni dei caratteri tessiturali del sedimento di fondo a seguito dello sversamento dei materiali dragati dal porto di Livorno.

Nell'area destinata ad ospitare i sedimenti provenienti dal porto di Livorno, al termine dello scarico dei primi 100.000 mc di materiale (su un totale di 507.000 mc autorizzati), è stata effettuata una campagna di prelievi di sedimenti volta ad acquisire informazioni sulla dispersione del materiale scaricato.

2. MATERIALI E METODI

Nel marzo del 1992, a due mesi circa dal termine delle attività di sversamento, sono state prelevate 19 carote di sedimento in altrettante stazioni ad una profondità compresa tra 24 e 47 m e ad una distanza massima di 2 miglia nautiche dal centro del sito (Fig. 1). Il campionamento è stato eseguito tramite l'uso di un carotiere a gravità acqua-sedi mento. Il posizionamento è stato rilevato mediante Loran.

Ogni carota è stata sezionata ed i campioni ricavati sono stati lavati ripetutamente con acqua ossigenata per eliminare la sostanza organica e quindi si è proceduto, mediante setacciatura in umido, alla separazione della frazione superiore a 63 micron. Quest'ultima, una volta essiccata, è stata sottoposta a setacciatura con setacci ASTM ad intervallo di 1/2 phi utilizzando la scala granulometrica di Wentworth (1922); la frazione inferiore a 63 micron è stata analizzata con sedigrafo a raggi X.

3. INQUADRAMENTO DELL[1] AREA

L' area di studio è collocata nella parte interna della piattaforma continentale del Tirreno settentrionale, oggetto di numerosi studi che hanno messo in evidenza i rapporti tra morfologia, processi deposizionali e tettonica dell'area (Fanucci et al. 1980, Barbetsea et al. 1982, Fanucci & Nicolich 1986, Fanucci et al. 1987). Particolare attenzione è stata posta all'esame della coltre sedimentaria plio-quaternaria.

Geograficamente, l'area è ubicata a SO della foce dell'Arno e immediatamente a NE delle Secche della Meloria. La morfologia dei fondali è sostanzialmente regolare e caratterizzata da debole pendenza, complicata a Sud dalla presenza delle Secche.

La circolazione nell'area in esame è costituita da una corrente generalmente diretta verso Nord e maggiormente attiva nel periodo invernale (Astraldi et al., 1992).

Sotto l'aspetto sedimentologico Immordino & Setti (1993) individuano per quest'area, sulla base di campioni raccolti durante una campagna oceanografica effettuata

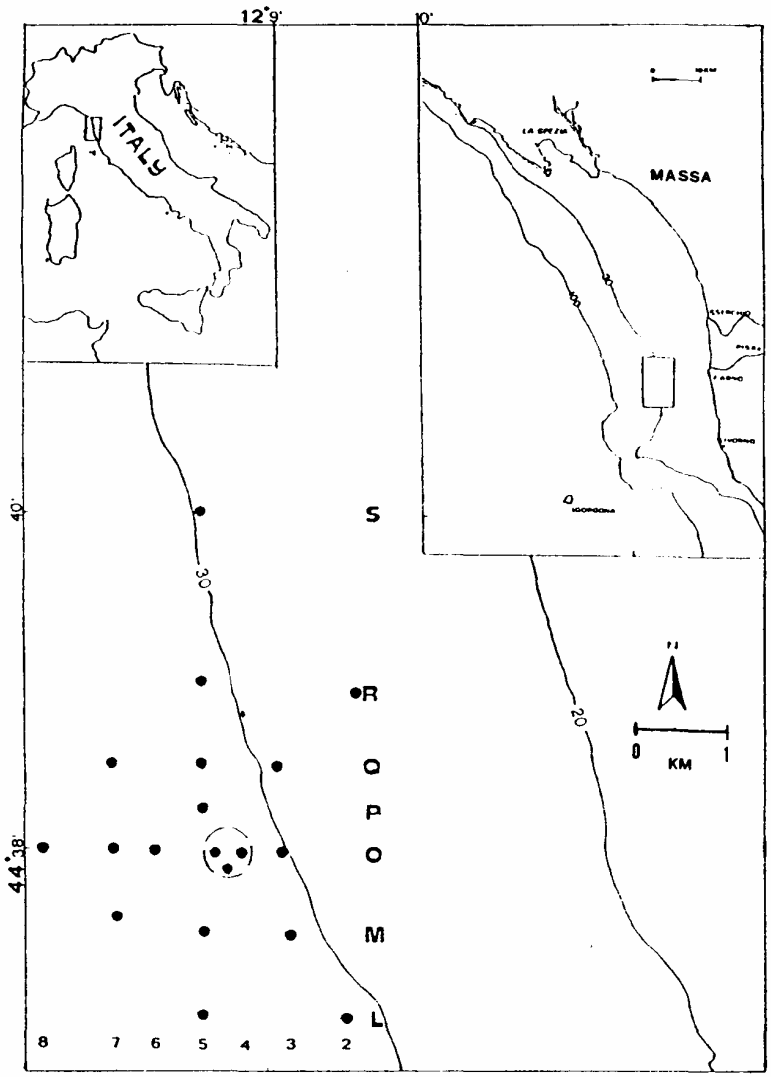


Figura 1. Area di studio e stazioni di campionamento. L'area circolare tratteggiata indica il sito previsto di discarica

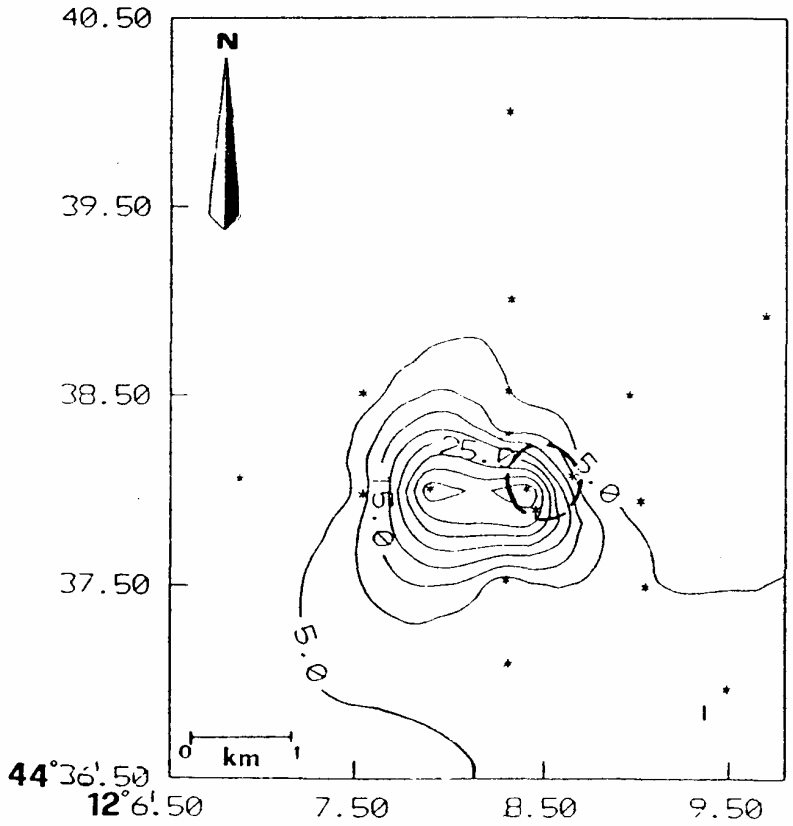


Figura 2. Distribuzione delle percentuali di sabbia

5.00 Isolinee delle percentuali di sabbia

* - Ubicazione delle stazioni di campionamento

( ) - Area prevista di discarica

nel 1987, una facies siltoso-argillosa caratterizzata da sedimenti fini con classamento molto scarso. Poco più a Sud della zona in esame è ubicato il dominio delle sabbie biodetritiche: tale facies, costituita da sabbie grossolane con una notevole componente biodetritica, diminuisce verso il largo, ed è legata all'attività delle Secche della Meloria.

4. RISULTATI

I risultati delle analisi granulometriche sono riportati nelle tabelle 1 e 2.

Considerato che il presente lavoro intendeva porre in evidenza l'estensione e l'eventuale distribuzione, dopo lo scarico, di tali materiali su di un'area caratterizzata da sedimenti molto fini, è stata data particolare importanza alla variazione del contenuto in sabbia in tutti i sedimenti superficiali (Tab. 1). Analisi più approfondite sono state effettuate sui sedimenti di 12 carote nelle quali sono stati studiati, anche nei termini più fini, i campioni superficiali ed i livelli inferiori (Tab. 2) allo scopo di quantificare lo spessore di sedimenti portuali riportati (nei quali è stata riscontrata una considerevole presenza della frazione sabbiosa) e, per individuare le zone non alterate dallo scarico.

Dall'esame della composizione granulometrica dei campioni superficiali (Tab. 1) emerge l'elevato contenuto in sabbia nei sedimenti prossimi al sito di discarica (O4/5, O5 e O6). Tale incremento decresce nettamente passando alle stazioni più vicine fino quasi ad esaurirsi nelle stazioni più esterne (Fig. 2).

Considerando la facies siltoso-argillosa come la composizione granulometrica naturale dell'area (Immordino & Setti, 1993), appare lievemente anomala anche la percentuale di sabbia nel campione superficiale della stazione L2 caratterizzato da un aumento contenuto di tale frazione.

Esaminando i risultati delle analisi eseguite su due carote raccolte in altrettante stazioni coinvolte dallo scarico (O5 e O6), si osserva un brusco decremento della sabbia nei livelli 8-11 e 16-19 cm nella carota O6 con un incremento sia della componente siltosa che argillosa (Fig. 3). Al contrario, nella stazione O5 la percentuale di sabbia lungo la carota si mantiene elevata fino al fondo (16-19 cm).

La percentuale di sabbia nel livello superficiale della carote L2 si dimezza nella sezione sottostante (8-11 cm). Anche nelle stazioni M5 e Q5 si rileva una diminuzione pressoché simile della componente sabbiosa al passaggio dallo strato superficiale a quello inferiore (8-11 cm).

La composizione del campione S5 presenta una considerevole percentuale di argilla al top della carota ed una scarsa presenza della frazione siltosa; sia il silt che l'argilla tendono, negli strati inferiori, ad una definizione tessiturale tipica dei sedimenti dell'area, con un leggero aumento della frazione sabbiosa (Tab.2).

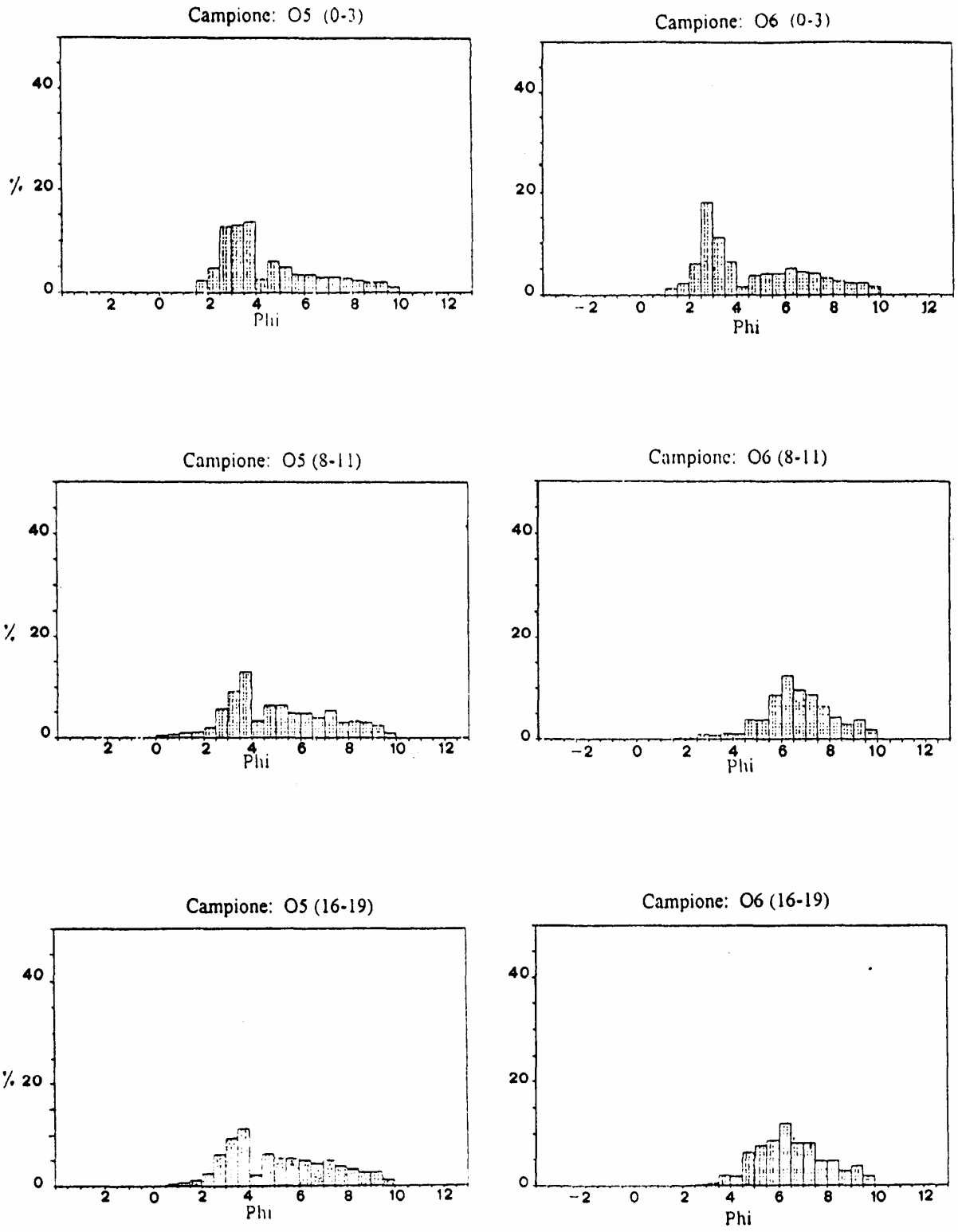


Figura 3. Istogrammi relativi alla composizione granulometrica di sezioni delle carote O5 e O6

Tabella 1. Percentuali di sabbia e pelite nei sedimenti superficiali (0-3 cm)

Campione	Profondità m	Sabbia %	Pelite %
L2	31	9	91
L5	39	5.3	94.7
M3	32	5.3	94.7
M5	37	5.3	94.7
M7	43		
O3	29	2.8	97.2
O4	32	5.6	94.4
O4/5	34	41.5	58.5
O5	34	46.7	53.3
O6	37	45.1	54.9
O7	41	5.5	94.5
O8	47	0.8	99.2
P5	34	6.2	93.8
Q3	29	3.5	96.5
Q5	32	5	95
Q7	39	1.5	98.5
R2	24	3.7	96.3
R5	31	5.1	94.9
S5	30	1.1	98.9

Tabella 2. Composizione granulometrica dei sedimenti superficiali e profondi

Campione	Lung. carot. cm	Sezione cm	Peso gr	Sabbia %	Silt %	Argilla %
L2	27	0÷3	60.5	9	64.4	26.6
		8÷11	46.1	4.4	62.2	33.4
L5	30	0÷3	36.8	5.3	56.3	38.4
M5	26	0÷3	41.7	5.3	62	32.7
		8÷11	53.7	2	58.8	39.2
O3	19	0÷3	43.7	2.8	52	45.2
O5	19	0÷3	34.4	46.7	30.6	22.7
		8÷11	42.4	33.1	37.8	29.1
		16÷19	41.4	32	37.4	30.6
O6	19	0÷3	33.6	45.1	30.7	24.2
		8÷11	40.6	3.7	54.4	41.9
		16÷19	37.2	3.3	58	38.7
O7	30	0÷3	43.1	5.5	57.5	37
O8	32	0÷3	37.9	0.8	56.8	42.4
P5	20	0÷3	40.2	6.2	58.2	35.6
Q5	20	0÷3	40.6	5	58.9	36.1
		8÷11	29.9	2.2	60.3	37.5
R5	20	0÷3	41.4	5.1	62	32.9
S5	23	0÷3	33.9	1.1	23.7	75.2
		8÷11	51.8	1.7	66.3	32
		16÷19	21.1	6.8	63.2	30

5. DISCUSSIONE

La distribuzione della frazione sabbiosa nei sedimenti superficiali (Fig. 2) indica che l'aumento cospicuo di tale componente non interessa solo il sito di discarica ma anche l'area immediatamente ad Ovest. Questo è probabilmente dovuto alle indicazioni date a coloro che hanno operato lo scarico in mare di sversare anche più al largo del punto indicato, considerata l'elevata quantità di materiale e le ridotte dimensioni del sito. Inoltre, la distribuzione mostra un trend orientato in dirczione N-S che probabilmente è da attribuire alla attività delle correnti principali (Astraldi et. al., 1992).

E' da notare che il ricoprimento, come mostra chiaramente la carota O5, giunge almeno fino a 20 cm di profondità.

Se consideriamo come valori naturali, cioè non interessati dallo scarico, le granulometrie dei campioni superficiali O3, Q3 e R2 e delle sezioni profonde (8-11 cm) dei campioni M5 e Q5, è osservabile un incremento della percentuale di sabbia nello strato superficiale delle stazioni M3, M5, O7, P5, Q5 e R5 anche se tale aumento non è attribuibile, per tutti i campioni, allo scarico effettuato.

Difatti, se tale ipotesi è verosimile per le stazioni a Nord ed a Ovest del sito di discarica per le ragioni sopra riportate, altrettanto non si può dire per le stazioni a Sud dove la vicinanza delle Secche della Meloria condiziona in parte la sedimentazione nell'area.

Infine, l'elevata percentuale di argilla nel campione superficiale S5 può essere ricondotta ad un trasporto verso Nord dei materiali più fini ad opera delle correnti; questa ipotesi è suggerita sia dal ripristino delle condizioni "naturali" (silt argillosi) nei livelli sottostanti , sia dalla scarsa influenza dell'Arno, durante tutta la stagione invernale, nell'area in esame (Astraldi et al., 1992).

6. CONCLUSIONI

Dai risultati preliminari delle ricerche effettuate si possono trarre le seguenti principali conclusioni.

- La frazione di sedimento di escavo portuale, a granulometria maggiore rispetto a quella dell'area di scarico, si è accumulata per uno strato di spessore variabile (in alcuni punti maggiore di 20 cm) in una zona ampia più del doppio di quella indicata. Detto ampliamento è orientato secondo 2 principali direttrici: una verso Ovest (probabilmente legata alle modalità di scarico), l'altra disposta preferenzialmente secondo la direzione N-S dovuta alle correnti.

- La dispersione dei materiali più fini tende a distribuirsi verso Nord, probabilmente seguendo il trasporto delle correnti che avviene in tale direzione durante la stagione invernale.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano M. Magagnoli e A. Mengoli per la loro preziosa collaborazione. Un particolare ringraziamento a P. V. Curzi per i suoi utili consigli e per la disponibilità dimostrata.

BIBLIOGRAFIA

Astraldi, M., G. Gasparini & G. Manzella. 1992. Condizioni generali di temperatura e salinità nel tratto di mare prospiciente il porto di Livorno. *Rapporto finale per la caratterizzazione del sito di discarica dei fanghi di escavo del porto Livorno in relazione allo svesamento dei primi 100.000 me di materiale.*

Barbetsea, E., F. Fanucci, M. Firpo, L. Mirabile & M. Piccazzo. 1982. Il Plio-Quaternario del Mar Ligure: 1) potenza e modalità di accumulo della coltre sedimentaria. *Quaderni Ist. Geol. Univ. Genova,* Anno 3, 1, 3-20.

Fanucci, F., M, Firpo *&* D. Tedeschi. 1980. Caratteri ed evoluzione della sedimentazione recente sulla piattaforma continentale toscana tra Livorno e l'Isola d'Elba. *Atti del Convegno Scientifico Nazionale sui Placers Marini.* Trieste 25-26 Giugno 1980.

Fanucci, F & R. Nicolich. 1986. Il Mar Ligure: nuove acquisizioni sulla natura, genesi ed evoluzione di un " Bacino Marginale ". *Mem. Soc. Geol. lt.,* 27, 97-100.

Fanucci, F., N. Corradi, G. Pierre, M. Firpo, M. Piccazzo, A. Ramella & S. Tucci. 1987. Sismostratigrafia e neotettonica del Mar Ligure. *Quaderni Ist. Geol. Univ. Genova,* Anno 8, 3.

Immordino, F. & M. Setti. 1993. Caratterizzazione granulometrica e mineralogica dei sedimenti superficiali marini dell'Alto Tirreno tra La Spezia e Livorno. *Serie Studi Ambientali* ENEA Arcipelago Toscano, 51-64.

Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Jour. Geol.,* 30,377-392.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 375 a pag. 387

LAZIO SHELF EXPERIMENT (CROCIERA HOP1, AGOSTO 1991): DISTRIBUZIONE DELLE MASSE D'ACQUA E CENNI SULLA CIRCOLAZIONE.

Tom S. HOPKINS[1], Massimo BATTILOTTI[2], Massimo DE LAURO[3], Marina MONASSI[4], Maurizio RIBERA D'ALCALA'[5], Vincenzo SAGGIOMO[5], Maria Adelaide TRAMONTANO[2] e Alberto ZANGAGLIA[2].

[1] Dept. MEAS, North Carolina StateUniversity.
[2] SOPROMAR, Fiumicino (Roma).
[3] CNR - Geomare Sud, Napoli.
[4] Centro Pilota Difesa Mare - Min.Mar.Mercantile, Fiumicino (Roma).
[5] Stazione Zoologica A.Dohrn, Napoli.

SUMMARY

A hydrographic cruise was conducted on the Lazio Shelf region of the Tyrrhenian Sea during the second week of August 1991 with objective of providing data sufficient to evaluate the eutrophic impact of the Tevere River effluent. The present work presents the highlights, based on preliminary data analyses, of the circulation and water-mass characteristics.

The cruise data revealed a different set of physical conditions than that perceived to be the normal summer situation; LE. the low-salinity plume tended slightly offshore to the south, and the nearshore zone was cooler than the offshore waters by 1-4 °C. The hydrographic also indicated a clear, but complicated, dynamical division between the regions north and south of the Tevere mouth. The northern portion was dominated by the high salinity Tyrrhenian Surface Water mass that extended inshore to approximately the 100 m isobath and was, apparently, the eastern extension of a large cyclonic circulation situated offshore in the north-central Tyrrhenian. Thus, the circulation was onshore and northward over the northern sector of the sampled area causing a significant convergence and uplifting of the underlying Levantine Intermediate Water.

A ridge of high sea level formed the southern boundary of the cyclone and extended across the shelf towards the Tevere mouth effecting the dynamic division between the north and the south sectors. The southern side of the sea-level ridge was less defined than to the north, but was sufficiently than steep to drive, geostrophically, an offshore flow. It was in this area of weak onshore flow that the Tevere effluent collected and formed a large plume extending south and along the shelf break to the Island of Ponza. An isostatic adjustment of the lower-density plume waters caused and uplifting of the isopycnals underneath it such that LIW was again brought nearer the surface and the corresponding increases in internal potential energy provided additional dynamic stability to the plume feature.

The nearshore zone, because of its depth, tended to be dynamically uncoupled from the dynamics dominating offshore and displayed a week upwelling circulation which brought the cooler thermocline waters to the surface at the shore. Very light northwesterly winds prevailed, which tended to assist the upwelling in the area just south

of the Tevere mouth where the Tevere mouth where the waters were moving offshore due the sea-level ridge.

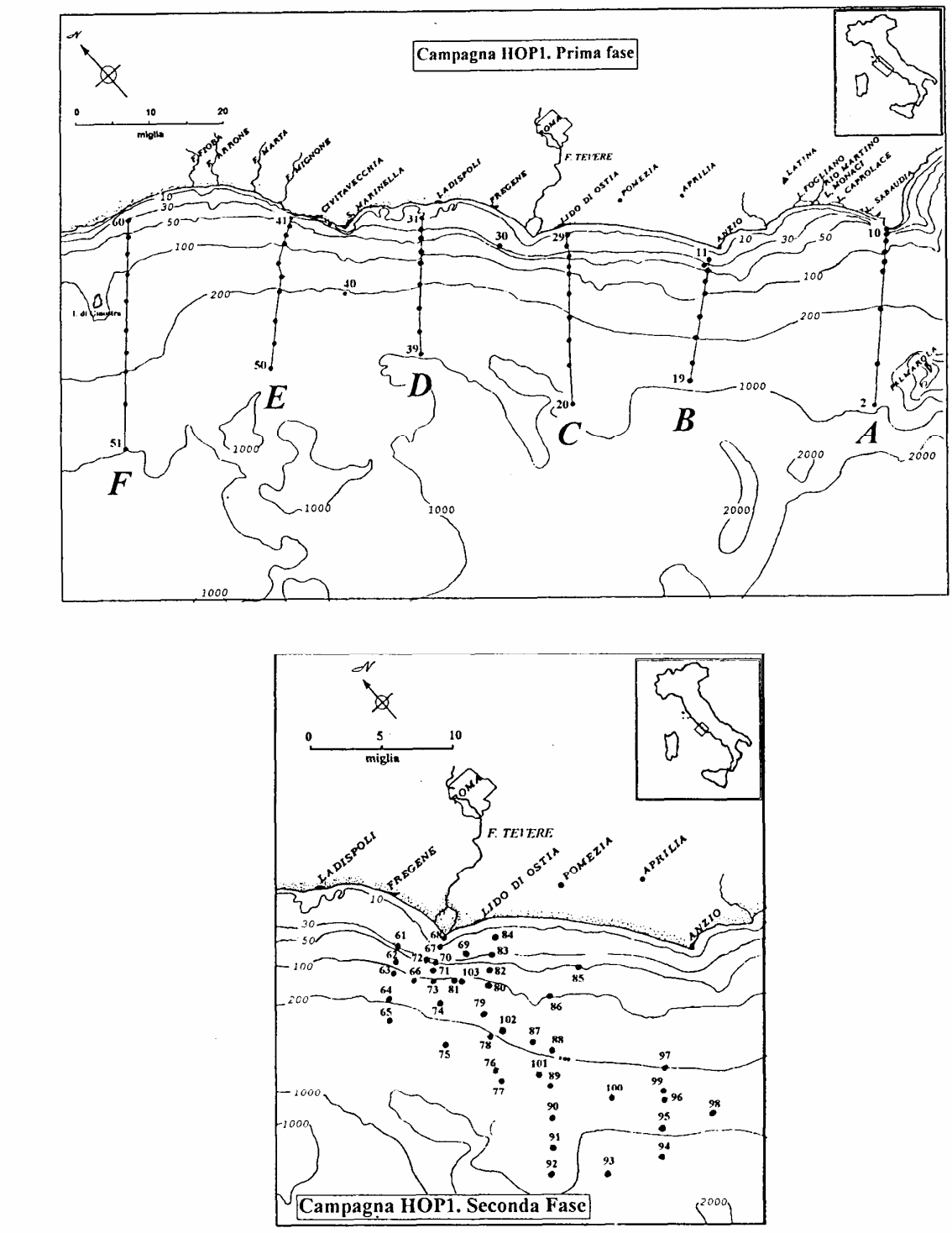


Fig. 1. Ubicazione delle stazioni relative alla prima e seconda fase.

1. INTRODUZIONE

In questa presentazione vengono illustrati i risultati della campagna oceanografica condotta sulla N/O Thetis nell'agosto del '91 nell'ambito delle attività coordinate dal Centro Pilota di Difesa del Mare di Fiumicino del Ministero della Marina Mercantile. L'area coperta si estende nella direzione NO-SE dall'Isola di Giannutri all'Isola di Palmarola ed è delimitata ad Ovest dalla batimetrica degli 1000 m (Fig. 1). Il campionamento è stato suddiviso in due parti. La prima ha interessato l'intera area mentre la seconda è stata finalizzata all'individuazione e circoscrizione del pennacchio *(plume)* del Tevere. Nella prima fase sono stati effettuati campionamenti su 60 stazioni distribuite su 6 transetti costa-largo, compresi tra l'isobata dei 20 m e quella degli 800 m (Fig. 1a). Nella seconda fase il numero di stazioni campionate è stato pari a 43, distribuite lungo sezioni all'incirca perpendicolari all'asse della *plume* del Tevere così come era apparsa dalla prima fase (Fig. 1b).

La campagna aveva quali obiettivi immediati la conoscenza della distribuzione stagionale delle masse d'acqua sulla piattaforma continentale laziale in relazione alla circolazione, ed una caratterizzazione dal punto di vista biogeochimico delle stesse masse d'acque. Essa ha inoltre avuto lo scopo di acquisire informazioni per l'implementazione di un modello barotropico tridimensionale e per la formulazione di un modello sul trasferimento e la deposizione del particolato organico generato dal metabolismo delle sostanze nutritive provenienti dalle zone di confine dell'area in esame, segnatamente quella del Tevere.

Nel Mar Tirreno la circolazione relativa alla zona settentrionale è dominata da una grossa struttura ciclonica, come risulta evidente dalla analisi geostrofica dei dati idrografici (Krivosheya e Ovchinnikov, 1973) e dai modelli numerici (Artale el al., 1992). La posizione e l'intensità del vortice variano stagionalmente a causa della evoluzione sia del campo del vento (Artale et al., 1992) che della forte stagionalità del flusso di uscita delle masse d'acqua dal Canale di Corsica verso il Mar Ligure (Astraldi e Gasparini, 1992).

Sul bacino non insistono grossi corsi d'acqua. Il Tevere è il fiume principale ed ha una portata media annua di circa 236 m^3/sec, con massimi nella portata in Marzo ed Aprile (IRSA, 1983). La *plume* si distribuisce e si mescola con le acque costiere secondo le forzanti del vento e della circolazione generale. In mancanza di queste forzanti, la *plume* si dispone entro la fascia costiera a settentrione della foce in risposta al bilanciamento dinamico fra la pressione idrostatica e la forza di Coriolis. Forti venti meridionali, pertanto, rafforzerebbero tale tendenza, restringendo maggiormente la *plume* lungo la fascia costiera, mentre forti venti da settentrione ed in particolare da Nord-Est ne forzerebbero la direzione verso Sud e verso il largo secondo la classica dinamica di Ekman. Nonostante la non enorme portata del fiume, i nutrienti presenti nella *plume* inducono una produzione primaria superficiale che, durante la stagione estiva, raggiunge livelli pari a 10 volte quelli delle acque al largo (Zoppini A. et al., 1988).

2. MATERIALI E METODI

Per il campionamento è stata utilizzata una *Rosette* della GENERAL OCEANICS con dodici bottiglie NISKDSf da 10 litri, corredata di una sonda multiparametrica SEABIRD modello 911 munita di sensori per la misura di pressione, temperatura, conducibilità, ossigeno, fluorescenza indotta e trasmissione percentuale della luce. Il trasmissometro (cammino ottico 0.25 m) ed il fluorimetro sono prodotti dalla SEA-TECH. Il campionatore era inoltre dotato di un altimetro DATA-SONIC per limitare al minimo la

distanza dal fondo durante le calate. La profilazione continua dei parametri misurabili con i sensori interfacciati alla sonda è stata effettuata sia in discesa che in risalita. Durante quest'ultima sono stati effettuati i campionamenti con le bottiglie, generalmente alle quote oceanografiche standard, per l'analisi di altri paramentri idrografici ed un più ridotto numero di campioni (almeno uno per calata) per l'analisi della salinità con salinometro AUTOSAL 8400 e per l'analisi dell'ossigeno disciolto con metodo volumetrico a scopo di controllo ed eventualmente ricalibrazione dei sensori. Per il controllo del sensore di temperatura sono state effettuate misure indipendenti (almeno due quote per ogni stazione) con termometri a rovesciamento digitali SIS. Per un guasto tecnico al verricello idrologico della nave si è dovuti ricorrere ad un altro dotato di soli 600 m di cavo. I profili verticali raggiungono pertanto una profondità massima di circa 540 m.

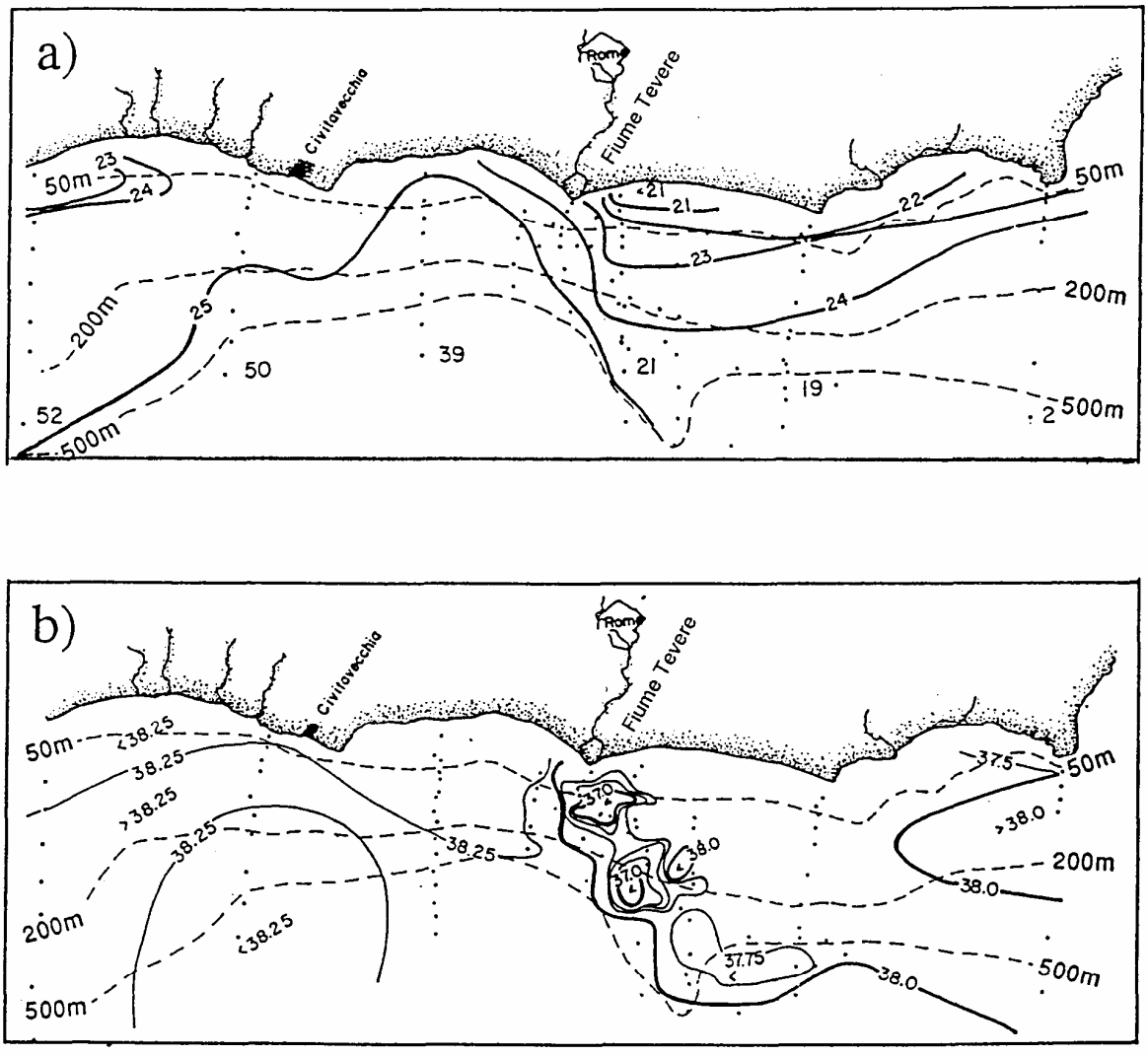


Fig. 2. Andamento superficiale della temperatura (a) e della salinità (b) misurati dal CTD (1-2 m di profondità).

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Masse d'acqua

II quadro oceanografico rilevato nell'Agosto del 1991 è risultato diverso da quello generalmente riportato in letteratura (Artale et al., 1993). Le acque della *plume* appaiono infatti distribuite leggermente verso il largo ed in direzione Sud (Fig. 2b), contrariamente al normale andamento lungo la costa in direzione Nord-Ovest.

All'interno della *plume* sono stati inoltre rilevati dei nuclei secondari di circolazione anticiclonica (Fig. 2b) che possono essere attribuiti a "pulsazioni" della portata del fiume alla foce probabilmente dovute a cicliche variazioni del livello del mare. Né il numero delle celle né la quantità d'acqua in esse intrappolata porterebbe a suggerire che l'uscita delle acque sia controllato unicamente dalla componente semidiurna della marea, che nel Tirreno è quella dominante (Defant, 1961). Una più precisa valutazione sui meccanismi idrodinamici che determinano tali pulsazioni può venire solo da osservazioni quantitative sia del livello medio del mare che della portata del fiume. E' inoltre interessante sottolineare che poiché queste celle contengono una porzione relativamente poco mescolata di acqua di origine fluviale, esse dovrebbero fornire un ambiente favorevole alla crescita planctonica per la presenza di una maggiore stabilità (minore densità dell'acqua dolce) e di una maggiore disponibilità di nutrienti. In realtà, soprattutto per le celle più vicine alla foce del Tevere, ciò non è stato osservato (Povero et al., questo volume). Dal che potrebbe dedursi che è necessario un certo tempo perché il popolamento fitoplanctonico marino tragga vantaggio da queste più favorevoli condizioni (Dugdale e Hopkins, 1978).

Nella zona costiera (entro la batimetrica dei 30 m) sono state rilevate temperature di 1-4°C inferiori alle acque del largo per lo strato superficiale. La zona con acque relativamente più fredde era localizzata al largo del Lido di Ostia (Fig. 2a), con una temperatura superficiale inferiore ai 21°C gradi. Il dato è stato poi confermato dalle immagini satellitari (AVHRR) che, per lo stesso periodo, mostrano chiaramente una zona di acque superficiali più fredde lungo la costa del Lazio (Bohm E., North Caroline State University, comunicazione personale). Il flusso delle acque superficiali verso Sud ed il largo evidenziato dalle stesse immagini *è* coerente con l'andamento osservato per la direzione della *plume* (Fig. 2b), anche se la struttura a piccola scala non *è* facilmente visibile dalle immagini da satellite a causa del riscaldamento delle acque superficiali.

La struttura delle masse d'acqua presenti sulla piattaforma continentale è notevolmente variabile in relazione al "runoff" costiero ed all'ingresso delle acque del Tirreno Centrale. La struttura verticale osservata al largo segue l'andamento descritto da Hopkins (1988) nel quale lo strato superficiale riflette la trasformazione stagionale dello strato rimescolato invernale (Tyrrhenian Intermediate Water, TTW). Questa trasformazione avviene a seguito di processi locali (riscaldamento ed aumento della salinità) che generano una massa d'acqua superficiale (Tyrrhenian Surface Water, TSW), con caratteristiche diverse dalla TIW originale, ed al trasporto avvettivo di acqua di origine atlantica (Tyrrhenian Atlantic Water, TAW). Sottostante alla TIW, fra i 200 ed i 600 m, lo strato è generalmente costituito dall'acqua intermedia (Levantine Intermediate Water, LIW). Nel Tirreno le proprietà T-S di questa massa d'acqua ed la profondità del suo "core" variano in relazione alla circolazione locale ed al suo tempo di residenza nel bacino. Nella tabella che segue vengono riportati i valori generalmente più attendibili delle masse d'acqua citate insieme alle relative profondità del "core", sebbene dalle proprietà TS rilevate durante la campagna non è stata riscontrata una distribuzione strettamente uniforme alla schematizzazione riportata in tabella.

Acqua	T (°C)	S (psu)	Prof.(m)
TSW	25.0	38.30	0
TAW	15.5	38.02	30
TIW	14.2	38.15	80
LIW	13.8	38.64	440

Tab. 1

In Fig. 3 vengono illustrati i profili TS delle stazioni 4, 23, 46 poste lungo la batimetrica dei 200 m e ubicate rispettivamente nella zona meridionale, centrale e settentrionale della *plume.* A Nord della *plume,* tra Fiumicino e Civitavecchia, è stata inoltre osservata una forte intrusione verso costa di acque più calde (>25 °C) e più salate (>38.25 psu) provenienti dal largo. Questa intrusione è stata sufficientemente profonda da determinare una convergenza sulla piattaforma continentale (v. nel seguito) che ha provocato una risalita ("upwelling") della LIW ed il conseguente arrichimento di nutrienti fino 100 m di profondità (Povero et al., questo volume).

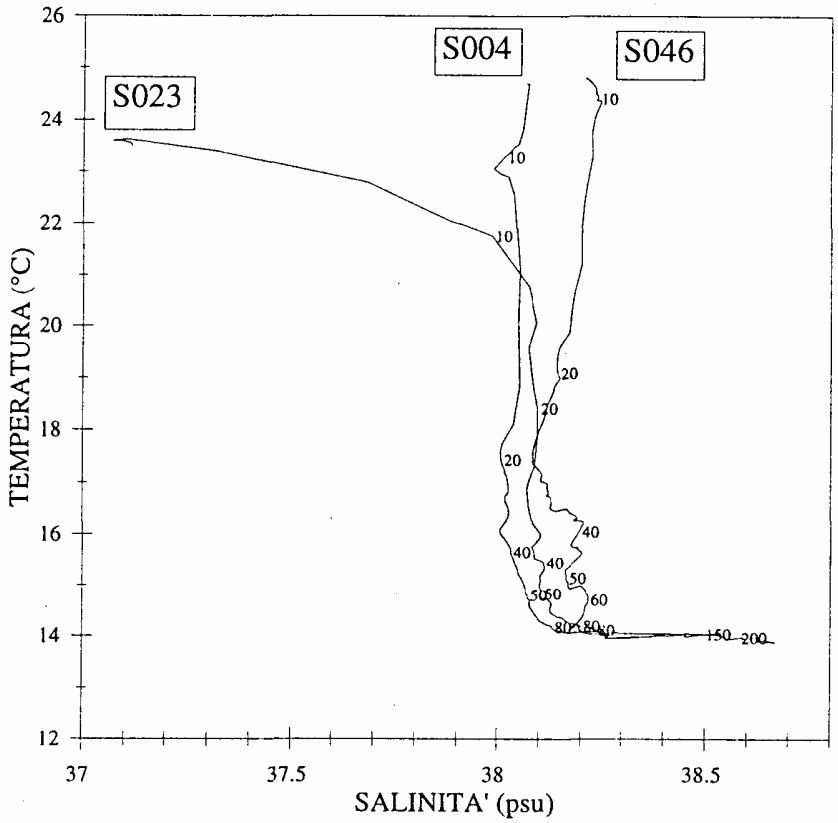


Fig. 3. Diagrammi TS relative alle stazioni 4, 23 e 46 ubicate, rispetto alla foce del Tevere, rispettivamente nella zona meridionale, centrale e settentrionale.

L'analisi del contenuto di acqua dolce e di LIW nello strato sovrastante la LIW (Fig. 4a,b), fornisce evidenza addizionale delle due differenti strutture nelle masse d'acqua a Sud ed a Nord della foce del Tevere. La quantità di acqua dolce è stata determinata usando come salinità di riferimento dell'acqua superficiale 38.3 psu (v. Tab. 1), per cui l'acqua dolce accumulata (FW) per ogni quota risulta essere $FW = (S_{rif}-S)/S_{rif}$.

Integrando questo rapporto su tutto lo strato si ottiene la quantità di acqua dolce nello strato misurata in cm. L'integrazione è stata condotta fino alla profondità in cui l'acqua ha un valore di temperatura pari a 14.1 °C, ovvero quella attribuibile alla TIW, che dall'insieme dai dati è risultato il valore più attendibile. Va comunque rilevato che in questo modo si include anche il contributo di TAW e di TIW stimabili rispettivamente in circa 20 e 30 cm.

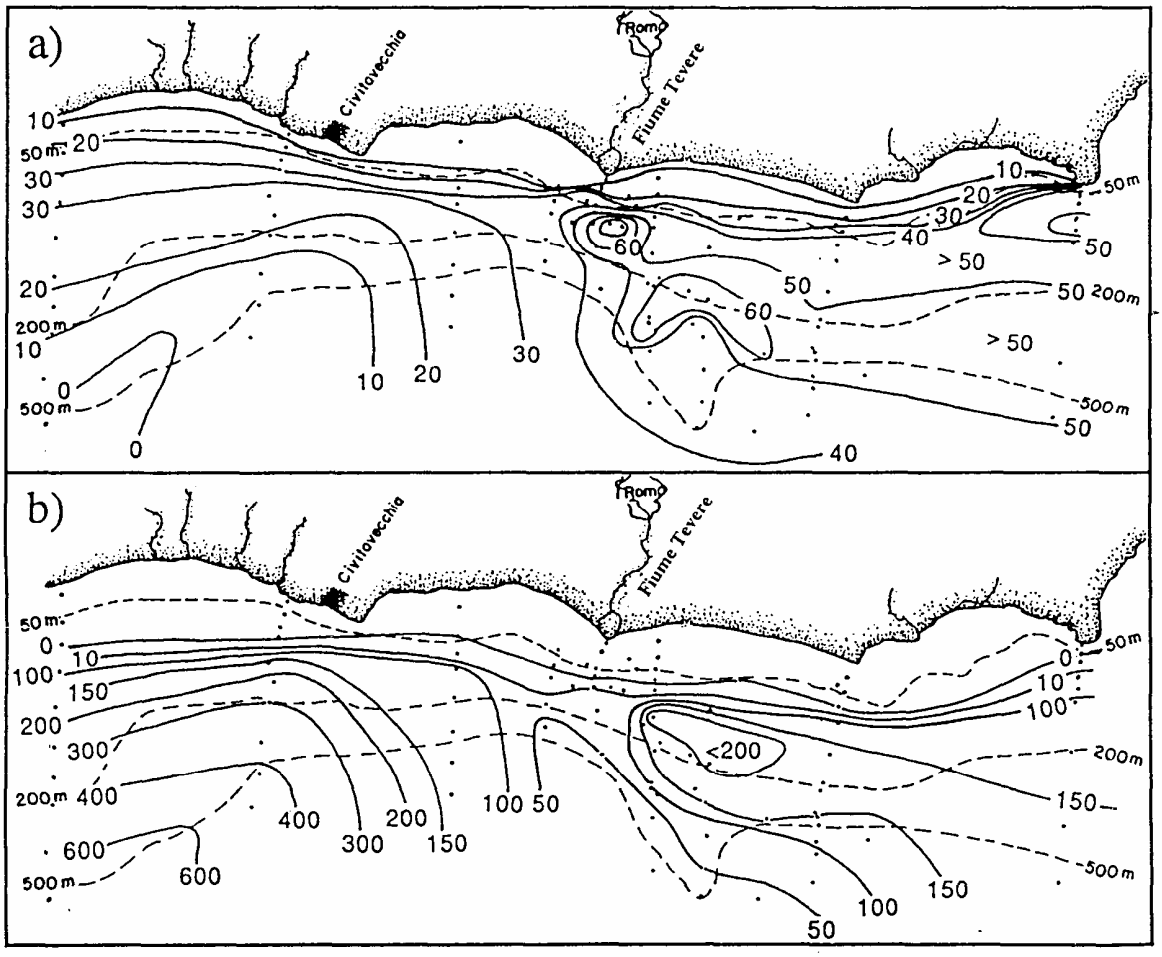


Fig. 4. Andamenti orizzontali (in cm) del contenuto di acqua di origine fluviale (a) e di Acqua Intermedia Levantina (b).

La Fig. 4a mostra nella zona settentrionale una significativa intrusione di TSW proveniente dal largo che interessa la fascia costiera fino all'isobata dei 50 m. Nell'area meridionale l'influenza delle acque del Tevere è visibile fino ad una distanza corrispondente all'isobata dei 500 m. La *plume è* contraddistinta da due grosse accumuli di acqua più dolce che presentano una distribuzione leggermente differente da quella suggerita dalle sole isolinee superficiali.

La quantità di LIW (38.65 psu) è stata determinata con tecnica analoga a quella sopra riportata per la FW (Fig. 4b). In questo caso è stata considerata come tipo d'acqua di partenza la TIW (S=38.1 psu) ed utilizzata la relazione LIW (cm) = $(S-S_{TIW})/(S_{LIW}-S_{TIW})$. Lo strato integrato è quello compreso dai 120 m fino alla temperatura di 14.1 °C che, come detto, è stata considerata quella corrispondente all'interfaccia tra la TSW e la TIW.

In Fig. 4b vengono evidenziate due zone ad alto contenuto di LIW, che suggeriscono due fenomeni di sollevamento delle isopicne ("upwelling"). Quello nell'area settentrionale è causato dalla vicinanza del centro del ciclone, dove la la dinamica richiede un innalzamento del picnoclino all'altezza della piattaforma continentale. L'altra zona a valori alti è situata sotto l'accumulo di acqua dolce della *plume.* Quest'ultima fenomenologia può considerarsi un tipico caso di dinamica estuariale, con richiamo di acqua più densa sotto quella meno densa dove è presente la *plume,* per raggiungere un bilanciamento idrostatico. L'esistenza di questo flusso di acque più dense impartisce una considerevole stabilità alla distribuzione della *plume.* In altre parole esso rappresenta la conversione in energia potenziale dell'energia cinetica che verrebbe generata in mancanza di una compensazione dell'eccesso di volume di acqua dolce immesso dal fiume.

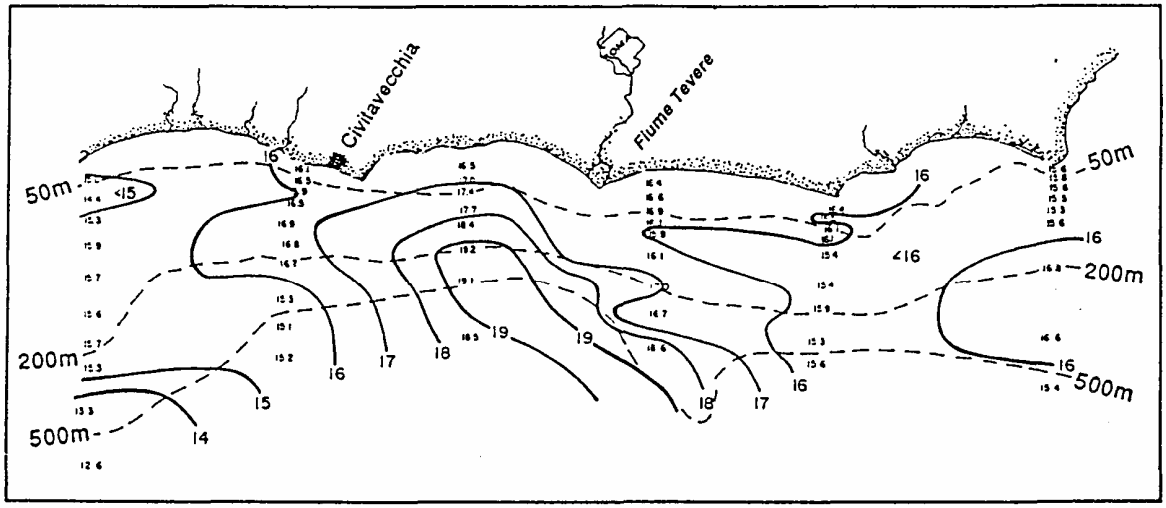


Fig. 5. Andamento superficiale delle altezze steriche (cm) relativo alla prima fase.

Il grado di compensazione risulta evidente anche dalla distribuzione delle altezze steriche che non riproduce una forma tipica di una *plume* (Fig. 5). La stabilità di questa situazione è inoltre confermata dai risultati ottenuti ricampionando la stessa area nella seconda parte della campagna. All'interno dell'isobata dei 100 m vi è uno spessore insufficiente per compensare la differenza di pressione per cui, la mancanza di continuità della *plume* fino alla foce, può essere spiegata anche con l'assenza di un qualunque meccanismo stabilizzante che prevenga la rapida dispersione osservata.

3.2. Circolazione

Gli andamenti osservati nell'estate 1991 suggeriscono che la circolazione osservata durante la crociera di Agosto è stata indotta da quella Tirrenica di larga scala. I dati anemometrici rilevati dalla stazione meteorologica dell'Aeroporto di Fiumicino, indicano infatti la presenza di un sensibile vento proveniente da NW durante la prima settimana di Luglio (Fig. 6a). Lo stress del vento calcolato sulla base dei dati anemometrici è sufficiente in durata ed ampiezza per forzare la *plume* verso meridione in assenza di contrapposte forzanti (Tab. 2). La. salinità superficiale, come risulta dalla campagna di monitoraggio del 16 Luglio 1991 effettuata dalla SO.PRO.MAR., mostrava infatti la presenza di acque relativamente più dolci (<38 psu) di quelle circostanti a Sud della foce del fiume.

Comunque, durante le ultime tre settimane di Luglio, l'intensità media del vento ed il relativo trasporto di Ekman sono stati troppo deboli per sostenere una circolazione verso Sud-Est (Fig. 6, Tab. 2), pertanto la causa della tendenza verso meridione dell'asse della *plume* è da ricercare presumibilmente nella circolazione su larga scala.

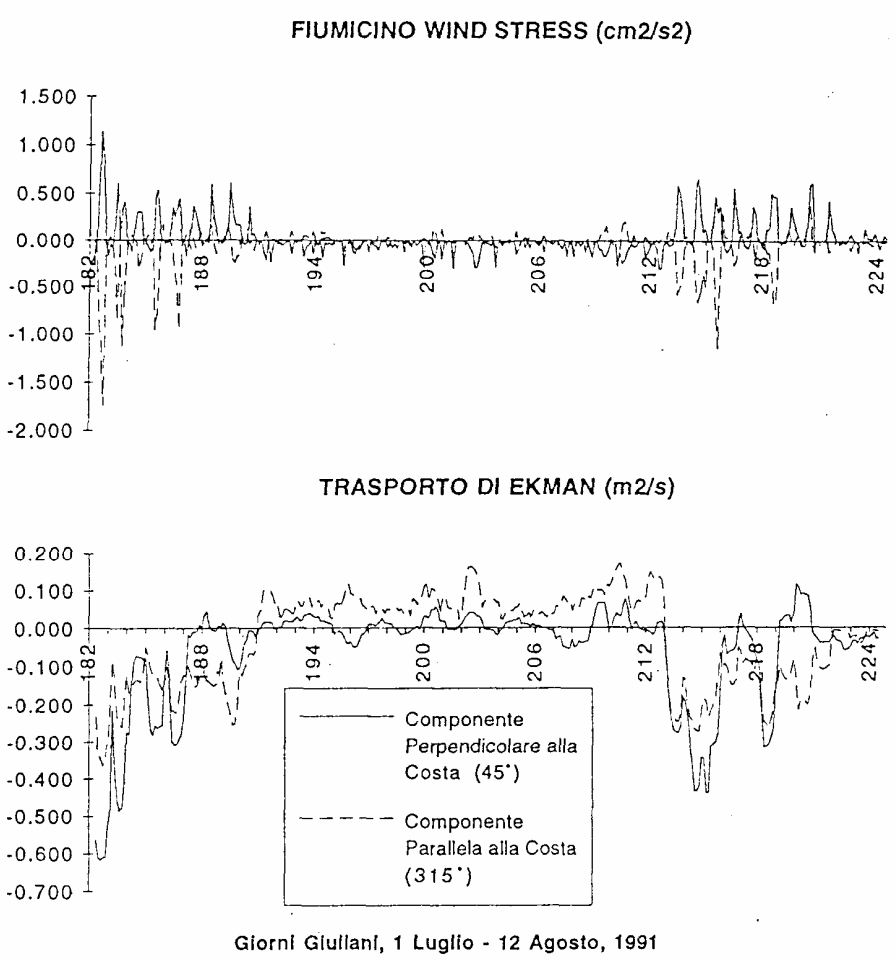


Fig. 6. Wind stress e trasporto di Ekman calcolati dai dati anemometrici della stazione meteorologica dell'Areoporto di Fiumicino. L'intervallo di campionamento è di 3 ore. Al trasporto di Ekman è stata applicata la media mobile relativa a 5 campioni.

Periodo	W^x	W^y	T^x	T^y	M^x	M^y
1-5 Luglio	1.13	-1.98	0.14	-0.23	-0.25	-0.15
11-31 Luglio	-1.65	0.08	-0.06	0.01	0.01	0.07
1-6 Agosto	1.50	-1.88	0.15	-0.18	-0.20	-0.17
6-12 Agosto	1.00	-0.63	0.08	-0.04	-.04	-0.09

Tab. 2. W(m/s) = intensità del vento, T(cm^2/s^2) = stress del vento, M(m^2/s)=trasporto di Ekman. L'apice x,y indicano rispettivamente la componente perpendicolare (45°) e parallela (315°) alla costa.

Le immagini satellitari relative alla fine di Luglio mostrano che la cella ciclonica del Tirreno Settentrionale, individuata in base a temperature superficiali più basse, si estendeva verso Nord-Est in direzione della costa tra Civitavecchia e Monte Argentario.

La distribuzione evidenziata dalle immagini satellitari relative al 26 Luglio suggerisce che la parte orientale della cella ciclonica si è estesa fino al tratto di costa compreso fra il litorale di Fiumicino e l'Isola di Giannutri. Non è stato ancora dimostrato che questa cella sia mantenuta dal solo "forcing" del vento, anche se è stato provato che nel versante occidentale la componente rotazionale del campo del vento indotta dallo Stretto di Bonifacio forza una circolazione ciclonica. I venti misurati dalla stazione meteorologica dell'Areoporto di Fiumicino relativi all'ultima decade di Luglio non avevano comunque una intensità tale da sostenere una cella ciclonica di tale estensione.

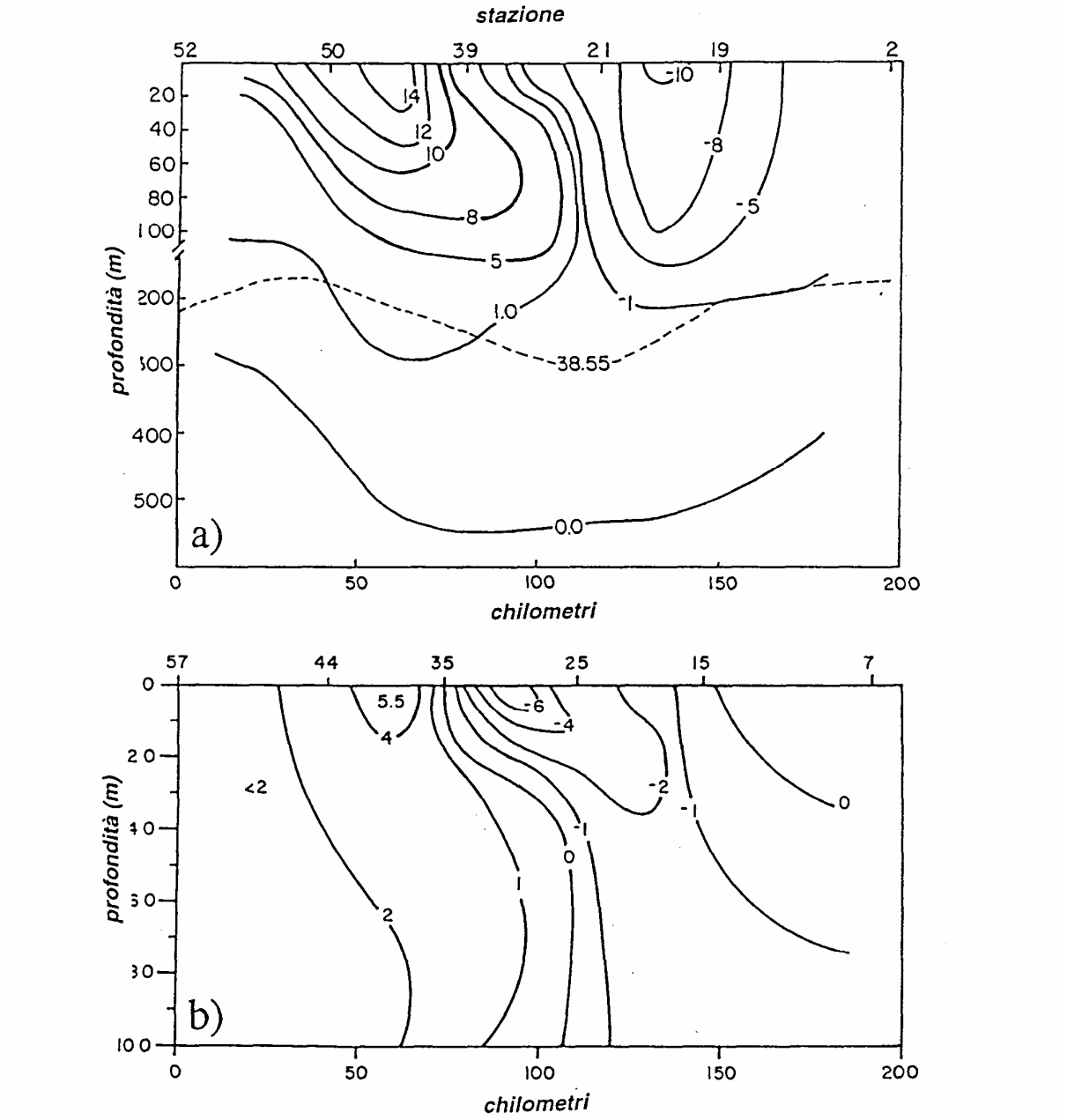


Fig. 7. Campo delle velocità geostrofiche calcolate lungo la batimetrica degli 800 m (a) e dei 100 m (b). La linea trattegiata indica la isoalina relativa al limite superiore dell'Acqua Intermedia Levantina.

Inoltre la circolazione della cella nella zona settentrionale è evidente dagli andamenti delle velocità geostrofiche relative all'ultimo transetto (Fig. 8a) in cui si riscontra un forte flusso settentrionale al di sopra della scarpata continentale fra le stazioni 52 e 54. La intrusione della cella ciclonica del Tirreno Settentrionale appare pertanto influenzare non solo la circolazione nella zona settentrionale, ma anche indirettamente la circolazione nel settore meridionale (Fig. 8b).

Infatti mentre la cella ciclonica determina un flusso verso nord, nella zona perimetrale stessa si evidenzia una zona di alte altezze steriche, una vera e propria cresta, che determina un flusso verso meridione bloccando e orientando la *plume* in direzione Sud. La Fig. 5 illustra la disposizione del "ridge" e le Figg. 7a,b mostrano che il flusso diretto verso il largo sull'isobata degli 800 m è spostato più verso meridione relativamente allo stesso flusso rilevato sull'isobata dei 100 m. A Sud-Est di questa struttura il livello delle altezze steriche diminuisce verso la *plume* fino a raggiungere una zona relativamente uniforme caratterizzata da una circolazione più debole e variabile rispetto alla circolazione a Nord-Ovest della cresta dovuta alla cella ciclonica.

Dai dati disponibili e dalle immagini satellitari si rileva un ulteriore importante aspetto relativo alla risalita, nello strato superficiale, di acque fredde in corrispondenza di alcuni tratti della fascia costiera delimitata dalla batimetrica di circa 30 metri. Conseguentemente, la risalita di acque profonde lungo la fascia costiera è spiegabile sulla base della dinamica dell' "upwelling" costiero, che implica un flusso in prossimità del fondo con direzione verso costa. Il fenomeno di risalita è subordinato alla presenza di una corrente parallela alla costa diretta verso sud-est, in modo che il trasporto di Ekman associato al fondo abbia una direzione verso la costa. Questa situazione non è stata osservata nel campo delle velocità geostrofiche calcolato dai dati osservati durante la campagna dell'Agosto '91. Nella zona costiera a Sud del Tevere si è osservato un forte gradiente di velocità baroclino fra lo strato superficiale ed il fondo, tale che il flusso predominante vicino al fondo è risultato verso Nord, mentre in superficie appariva orientato verso Sud (Fig. 8b). Queste condizioni evidenziano una struttura più complessa rispetto al modello tradizionale di "upwelling" costiero rilevabile dal semplice affioramento verso superficie del termoclino posto alla base dello strato superficiale (Hopkins e Swoboda, 1986). I venti deboli dal Nord-Ovest che hanno caratterizzato il periodo in esame, possono aver contribuito alla circolazione osservata e al sollevamento del termoclino, ma questa circostanza non può essere considerata la forzante principale alla evoluzione della circolazione su larga scala.

In conclusione, alla luce del complesso delle osservazioni acquisite si può affermare che:

- l'intrusione della cella ciclonica del Tirreno Settentrionale sulla piattaforma continentale, e la contemporanea assenza di forti venti provenienti da Sud, hanno spinto la *plume* del Tevere nella zona meridionale estendendola verso il largo.
- Conseguentemente si è determinata in alcuni punti della zona settentrionale una risalita di acque intermedie, più fredde.
- Infine, in alcuni tratti della fascia costiera, si è evidenziato un affioramento verso la superficie del termoclino posto alla base dello strato superficiale a causa di una complessa struttura verticale caratterizzata da una corrente geostrofica superficiale verso Sud opposta alla corrente geostrofica riscontrata nello strato in prossimità del fondo.

Questa dinamica ha indotto anche processi di tipo chimico e biologico che vengono parzialmente descritti da Povero et al. in questo stesso volume

La distribuzione delle altezze steriche e la conseguente ampiezza del flusso geostrofico è stata calcolata dai dati di densità mediante il metodo di Hopkins (Hopkins, 1989). Come illustrato nei lavori citati le altezze steriche rappresentano l'innalzamento del livello del mare dovuto all'aggiustamento idrostatico nel campo del flusso geostrofico, esse quindi non tengono conto delle variazioni del livello del mare di più alta frequenza (>0(f)) che non hanno ancora indotto un aggiustamento isostatico nel campo di massa. Le velocità geostrofiche lungo la batimetrica dei 800 m e 100 m (Fig. 7a,b) indicano l'esistenza di un flusso verso costa che rotea verso settentrione nella zona di mare più al largo della piattaforma continentale.

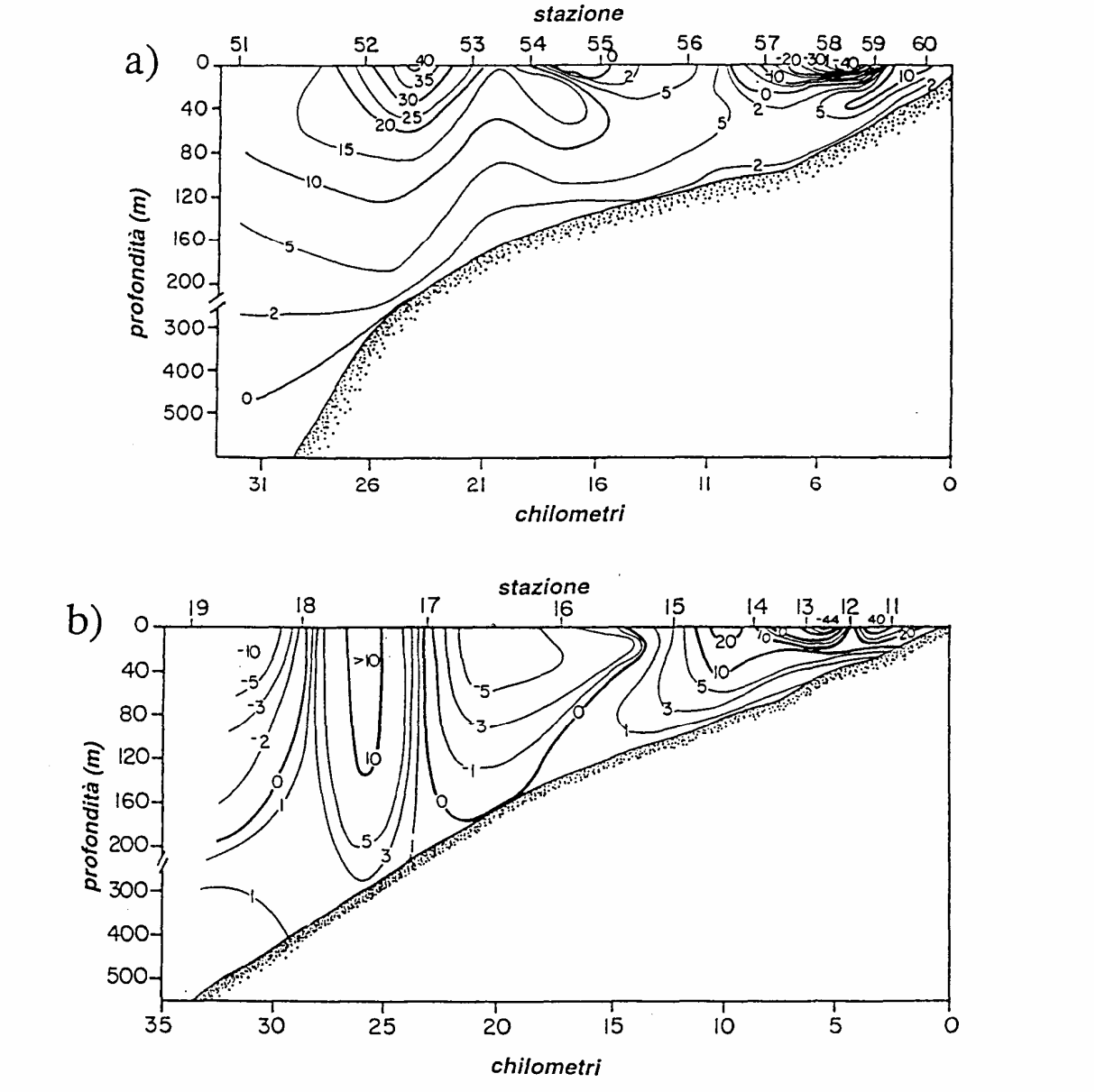


Fig. 8. Componente lungo-costa della velocità geostrofica (cm/sec) del transetto settentrionale (a) e del transetto ubicato nella zona meridionale relativo alle stazioni 11-19 (b).

BIBLIOGRAFIA

Artale V., M. Astraldi, G. Buffoni & G.P. Gasparini. 1993, The seasonal variability of the gyre scale circulation in the Northern Tyrrhenian Sea. *J. Geoph. Res. (sottoposto per pubblicazione).*

Astraldi M. & G.P. Gasparini. 1992, Seasonal characteristics of the circulation in the north Mediterranean basin and their relationship with the atmospheric-climatic conditions. *J. Geophys. Res.,* 97C: 9531-9540.

Defant A. 1961, phisical oceanography. *Pergamon Press, London,* Voi. 1: XVI-720pp.

Dugdale R.C. & T.S. Hopkins. 1978, Predicting the structure and dynamics of a pollution-driven marine ecosystem embedded in an oligotrophic sea. *Thalassia Jugoslavia,* Voi. 14: 107-126.

Hopkins T.S. 1988, Recent observations on in the intermediate and deep water circulation in the Southern Tyrrhenian Sea. *Oceanologica Acta,* Special Issue n.9: 41-50.

Hopkins T.S. 1989, the effect of thermohaline variability on the exchange through Mediterranean straits. *SACLANTCEN Memorandum,* SM-222:20-21.

Hopkins T.S. & A. Swoboda. 1986, The nearshore circulation off Long Island, August 1978. *Continental Shelf Research,* 5: 431-473.

Povero P., M. Battilotti, M. De Lauro, M. Fabiano, Hopkins T.S., M. Menassi, M. Ribera d'Alcala', V. Saggiomo, M.A. Tramontano &• A. Zangaglia. (in stampa). LAZIO SHELF EXPERIMENT (Crociera HOP1, agosto 1991): analisi preliminare della distribuzione di nutrienti, biomassa fitoplanctonica, sostanze organiche particellate. *Questo volume.*

IRSA. 1983, L'esperimento Tevere. Influenza di un fiume sull' ecosistema marino prospiciente la sua foce. *Quad. Ist. Ric. Acque,* 66.

Krivosheya V. & I.M. Ovchinnikov. 1973, Pecularities in the geostrophic circulation of the waters of the Tyrrhenian Sea. *Oceanology,* 13: 822-827.

Zoppini A.R., G. Pagnotta & A. Puddu. 1989, Produzione primaria e biomasse planctoniche alla foce del Tevere (primavera-estate 1987 e 1988). *Nova Thalassia,* 10(sup. 1): 213-217

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 389 a pag. 401

ANALISI DEGLI EFFETTI PRODOTTI SULLA FASCIA COSTIERA DALLE MODIFICAZIONI DELLE STRUTTURE PORTUALI DI LERICI (Mar Ligure)

*Ornella FERRETTI, *Francesco IMMORDINO e **Roberto MELONI

*ENEA Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia
**CNR ISDGM Stazione Oceanografica, La Spezia

SUMMARY

The aim of this work is to study the impact of the Lerici harbour new pier on the dose coastal area.

During the summer '89 and the winter '90 surficial sediment samples were collected to determine the textural characters and statistic parameters; bathimetric profiles were executed and compared with historical data.

Results show an isobaths backward movement with sedimentary material loosing that nevertheless does not cause rilevant erosional processes on the dose beaches.

On the basis of granulometric data, some zones with different characters were distinguished:
- the harbour zone, characterized by fine sediments and low sorting values;
- a zone around the isobath of l0m, with fine sediments, corrisponding to low energy area;
- a zone between the isobaths of 3 and 7 m, with fine sands and silty sediments;
- a zone near the coast (between the isobaths of 2 and 3 m) characterized by sand sediments, high sorting values and variable skewness. This characters are attributed to the different waves actions, the shore defences and the artificial beach supplies.

The experimental and historical data could be useful for a numerical computation model to predicting beach evolution due to natural conditions or construction of coastal protections.

1. INTRODUZIONE

L'ENEA ha svolto un'indagine sulla baia di Lerici volta alla valutazione dell'impatto ambientale provocato dal prolungamento del molo posto a protezione dell'abitato. Questo contributo ha lo scopo di rilevare le possibili variazioni indotte da tale prolungamento sull'andamento dei fondali e dei litorali limitrofi. A tal fine è stato programmato uno studio batimetrico e sedimentologico dell'area strettamente portuale e dell'intera baia.

I parametri sperimentali così ottenuti saranno utilizzati, in una seconda fase di modellizzazione, al fine di prevedere gli effetti del programmato prolungamento del molo.

2. CARATTERI GENERALI DELL'AREA

L'area presenta una morfologia di tipo "costa alta" (Anselmi et al., 1980) con affioramenti rocciosi agli estremi ed una serie di piccole spiagge altamente antropizzate, interrotte da impianti turistici (stabilimenti balneari, alberghi) e massicciate di protezione; sono presenti, inoltre due strutture portuali: il porto di Lerici ed il porticciolo di S. Terenzo.

Nella zona il materiale sedimentario che alimenta il litorale proviene dal disfacimento della falesia (Federici e Raggi, 1975) e dagli apporti terrigeni del Fiume Magra. La componente sabbiosa di questo fiume interessa la baia lericina, mentre il materiale in sospensione si distribuisce più al largo, oltrepassando l'isola del Tino, e alimentando la zona delle Cinque Terre (Anselmi et al., 1983) (Fig. 1).

I venti di massima intensità e di massima frequenza nella zona (Aiello et al., 1976) sono, nella stagione invernale, quelli del primo settore (tramontana e grecale), mentre nella stagione estiva i più frequenti ed intensi provengono dal quadrante opposto.

Il porto di Lerici ed il litorale fra Lerici e S. Terenzo sono riparati dai venti del primo quadrante che tendono a spianare la superficie marina sopratutto nella zona litoranea. I venti del terzo quadrante investono invece tutta l'area e avendo un fetch di notevole ampiezza provocano moto ondoso ad alta energia; risulta quindi la traversia dominante del paraggio ed in particolare la zona di S. Terenzo è maggiormente esposta.

Misure correntometri che sono state eseguite a largo di Viareggio, la velocità misurata è di circa 10.9 cm/s (Astraldi & Gasparini, 1986). Sono state eseguite, nell'area in esame, misure di corrente di tipo Langrangiano alla profondità di 5m indicano una velocità di circa 5 cm/s. La circolazione risulta quindi debole ed il trasporto dei sedimenti avviene essenzialmente durante le fasi di mare agitato ed è causato dall'azione del moto ondoso ed è in massima parte trasversale.

3. CAMPIONAMENTO E METODI DI STUDIO

Sono stati eseguiti 10 profili batimertici nell'area compresa fra S. Terenzo e ed il molo del porto di Lerici (Fig. 2a): i primi 5 profili sono al di fuori dell'area strettamente portuale e si spingono fino alla batimetrica dei 10 m; i successivi sono interni all'area portuale.

I profili sono stati eseguiti con ecoscandaglio e con posizionamento mediante "Motorola": i dati così ottenuti sono stati elaborati al computer per ottenere i profili trasversali e le carte batimetriche.

E' stato eseguito un campionamento di sedimenti superficiali mediante benna su transetti perpendicolari alla costa, alle batimetriche di 2, 5, 7, 10 m (fig. 2b).

Per le analisi granulometriche, i sedimenti sono stati sottoposti ai trattamenti di routine con lavaggio per l'eliminazione dei sali, setacciatura ad umido con rete da 63 µm e successivamente analisi al Sedigrafo per la frazione <63 µm e setacciatura a secco con setacci di 1/2 phi per la frazione >63 µm.

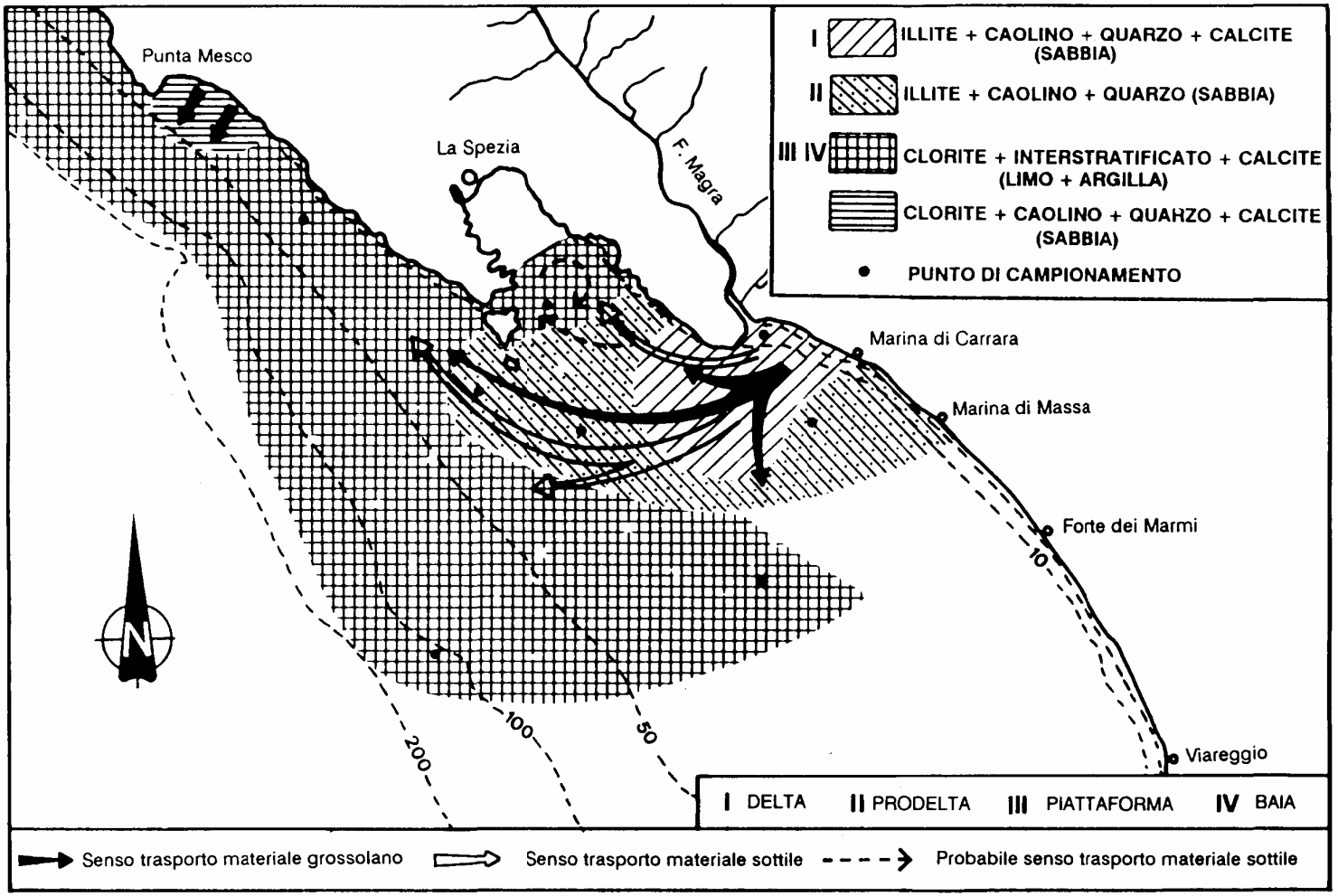


Fig. 1 - Sintesi dei dati mineralogici e granulometrici (da Anselmi et al., 1983)

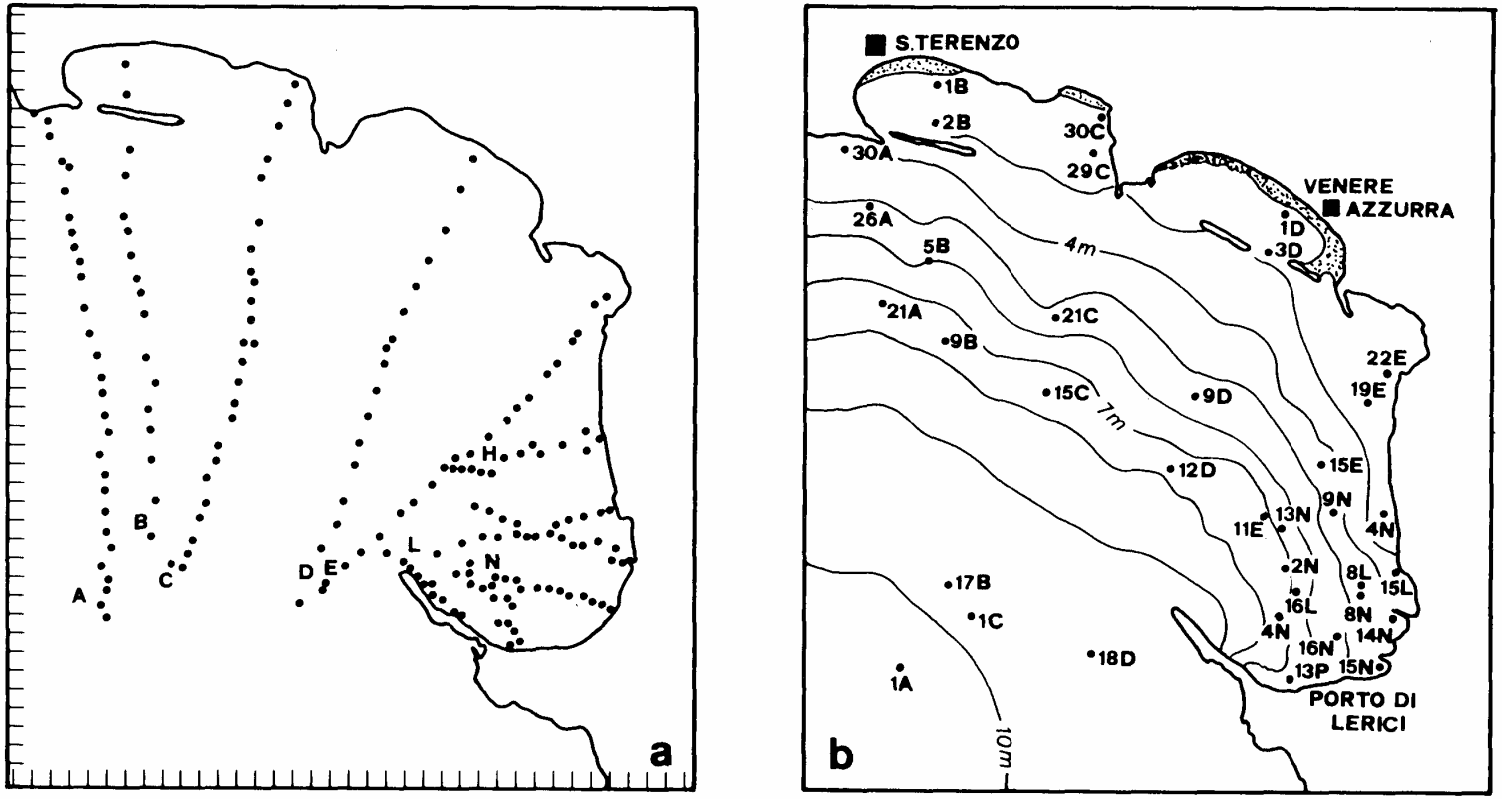


Fig. 2 - a) Rilievi batimetrici
b) Mappa di campionamento dei sedimenti superficiali

4. RISULTATI

3.2 Analisi tessitura!} dei sedimenti

I profili dei transetti sono riportati nella figura 3. Per i transetti E, H, L, N, è stato effettuato un confronto fra la situazione attuale (estate 1989) e quella relativa all'anno 1969 (rilevamenti dell'Istituto Idrografico della Marina, scalai:25.000) (Figg. 4 e 5) da cui si nota una ridistribuzione del materiale verso batimetrie più profonde ed un approfondimento dei profili stessi.

Il confronto fra i dati batimetrici attuali e quelli dell'intera area in esame desunti dal rilevamento in scala 1:25.000 (Foglio 215, Carta Nautica, 1987) dell'Istituto Idrografico della Marina permette di osservare un generale arretramento (Fig. 6) nel periodo compreso fra il 1987 e 1989.

4.1 Rilevamenti batimetrici

Le granulometrie dei sedimenti della zona esterna al porto risultano regolari con diminuzione delle dimensioni procedendo dalla costa verso il largo e distribuzione a fasce omogenee lungo le stesse batimetrie (Figg. 7 e 8).

Dall'esame degli istogrammi dei sedimenti interni all'area strettamente portuale si può osservare che generalmente le distribuzioni sono irregolari bimodali con code nelle frazioni fini. Questo indica che l'area portuale costituisce una "zona d'ombra" con la possibilità di deposito di tali frazioni; inoltre la presenza di curve bimodali evidenzia apporti più grossolani (probabilmente artificiali) che si sommano a sedimenti fini.

Sulla base dei dati granulometrici sono stati calcolati i parametri statistici (Folk & Ward, 1957): Mz, Ds, Sk, Kg. Dall'esame delle loro distribuzioni si può osservare quanto segue (fig. 9a, b, e):

- la zona interna al porto è caratterizzata da granulometrie fini, valori di Sk positivo, scarso grado di classamento; tutto questo indica una situazione di deposizione con debole energia;
- una seconda zona si rinviene intorno alla batimetrica dei 10 m con granulometrie prevalentemente fini, scarso classamento e Sk positivo che caratterizza una zona iniziale di deposizione non influenzata dal moto ondoso;
- la zona intermedia, fra le batimetriche dei 3 e 7 m, è caratterizzata da granulometrie regolarmente decrescenti; da segnalare la presenza di un'area ristretta a Sk molto negativo che probabilmente indica sottrazione di materiale, in accordo con quanto già osservato nelle analisi dei profili batimetrici;
- l'area strettamente costiera (batimetriche dei 2 e 3 m) presenta granulometrie sabbiose con valori prevalentemente elevati di classamento e valori di Sk variabili. Tale variabilità è giustificata dall'azione del moto ondoso di differente forza a seconda dell'orientazione del litorale, dall'azione dei moli protettori e ancora da eventuali interventi di ripascimento artificiale.

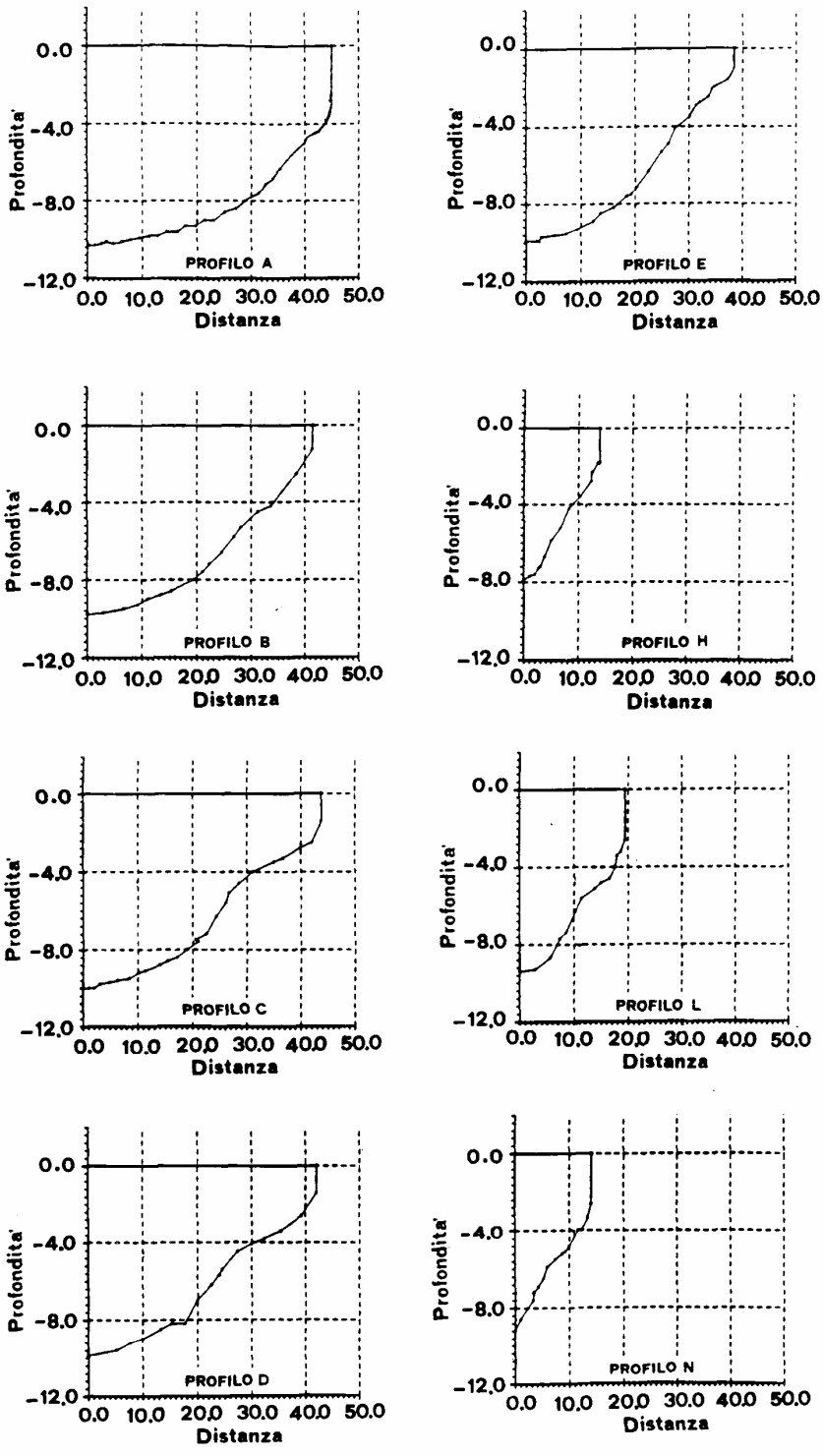


Fig. 3 - Profili verticali

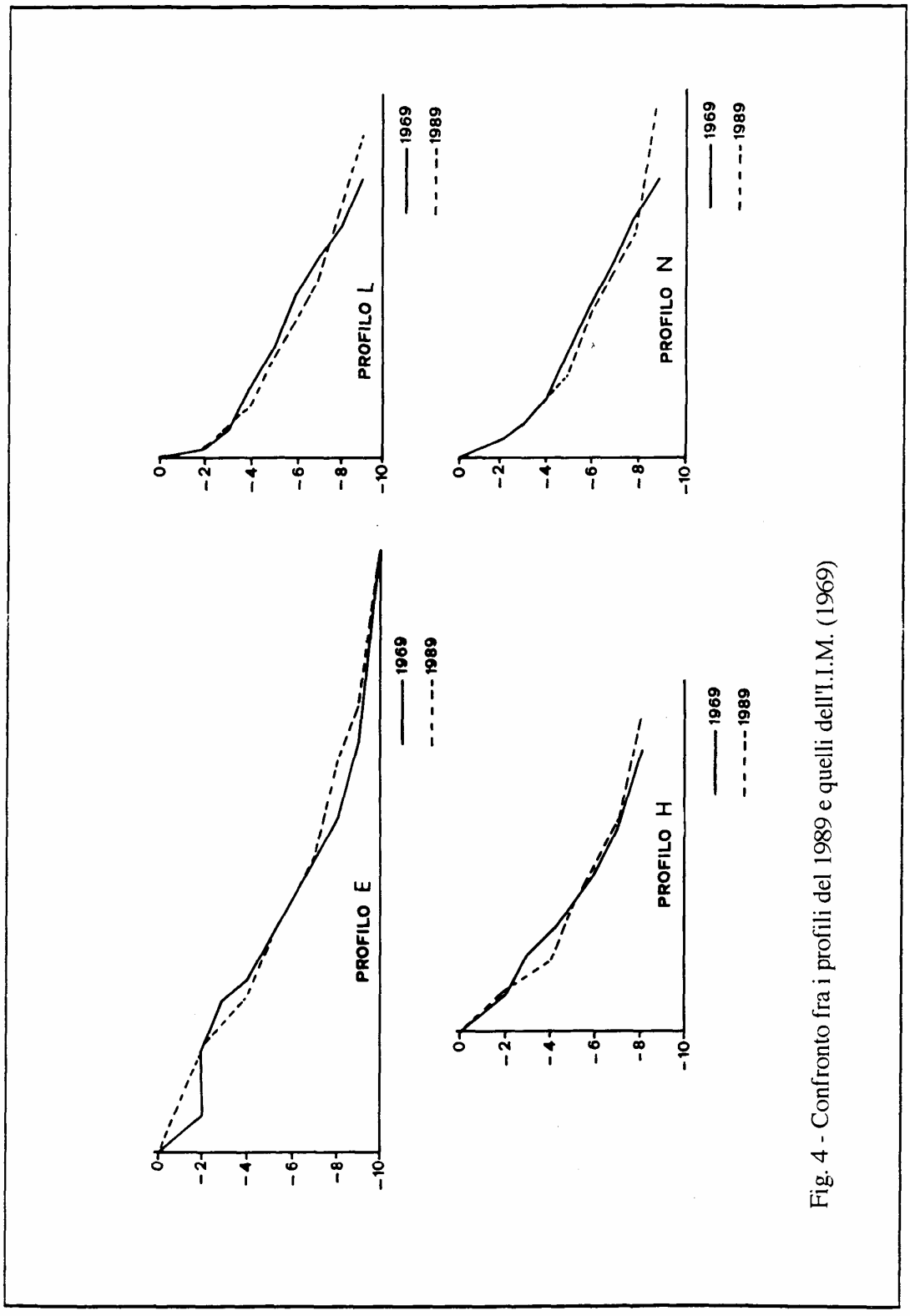


Fig. 4 - Confronto fra i profili del 1989 e quelli dell'I.I.M. (1969)

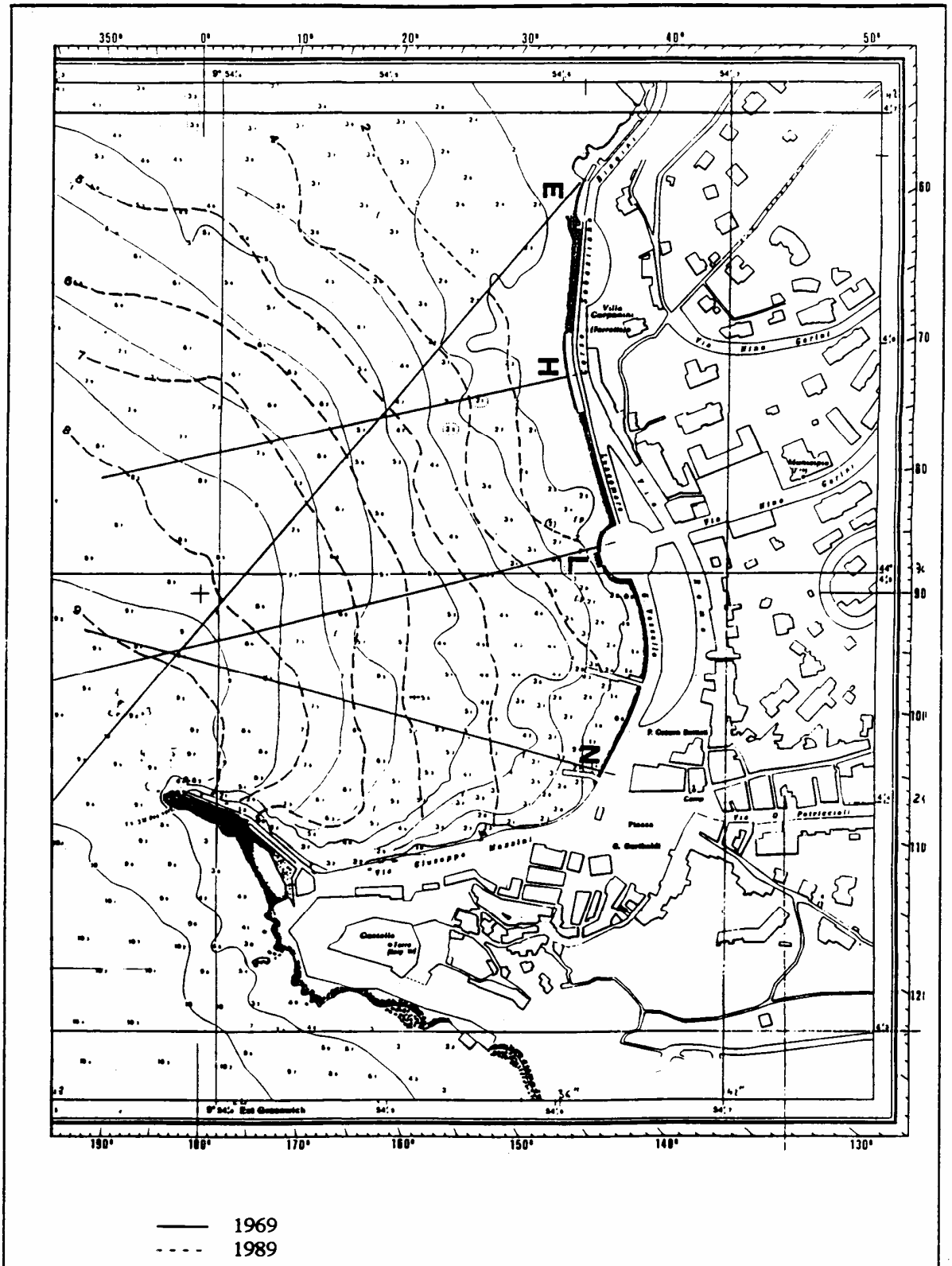


Fig. 5 - Porto di Lerici: confronto fra le batimetriche del 1969 e 1989

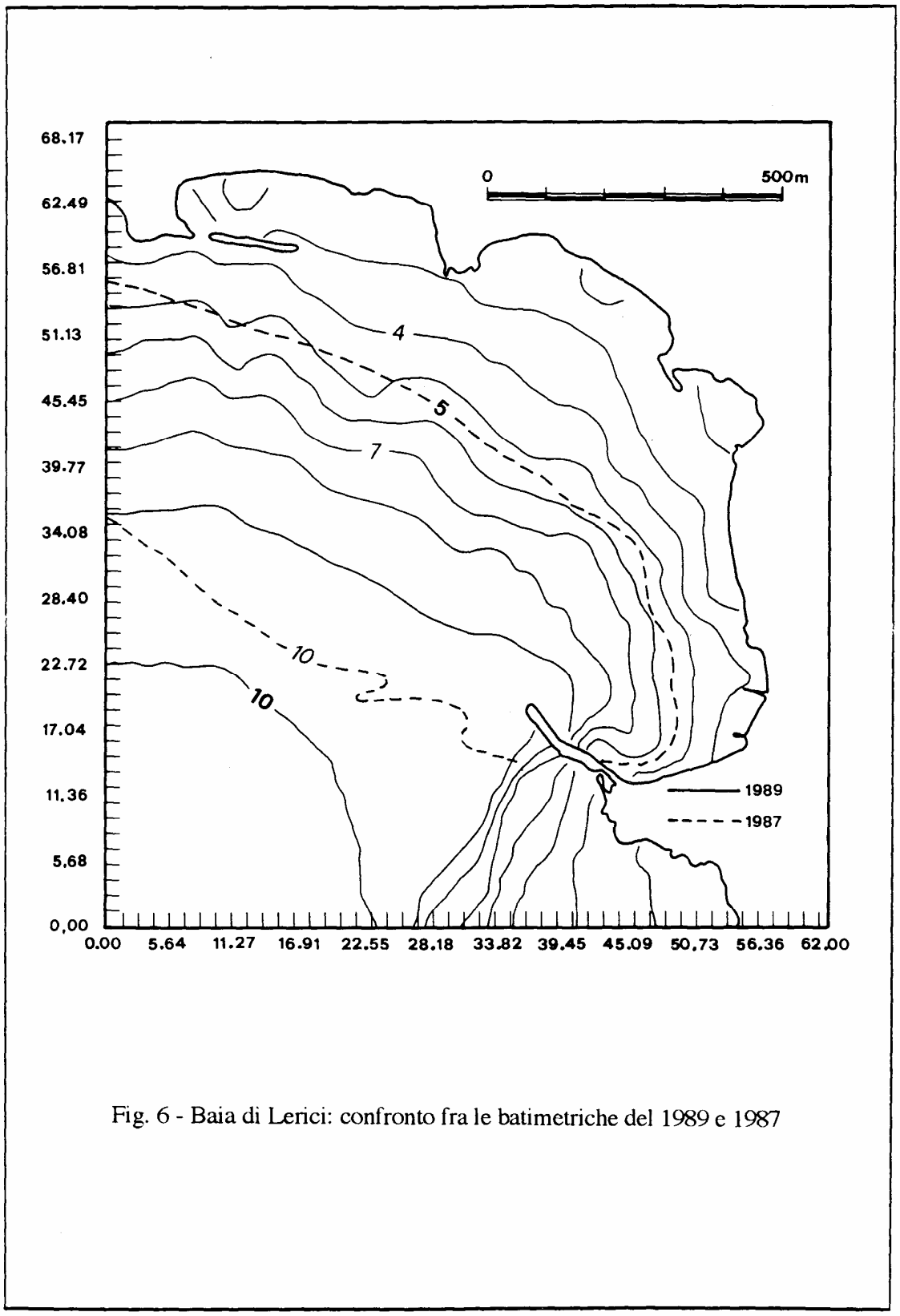


Fig. 6 - Baia di Lerici: confronto fra le batimetriche del 1989 e 1987

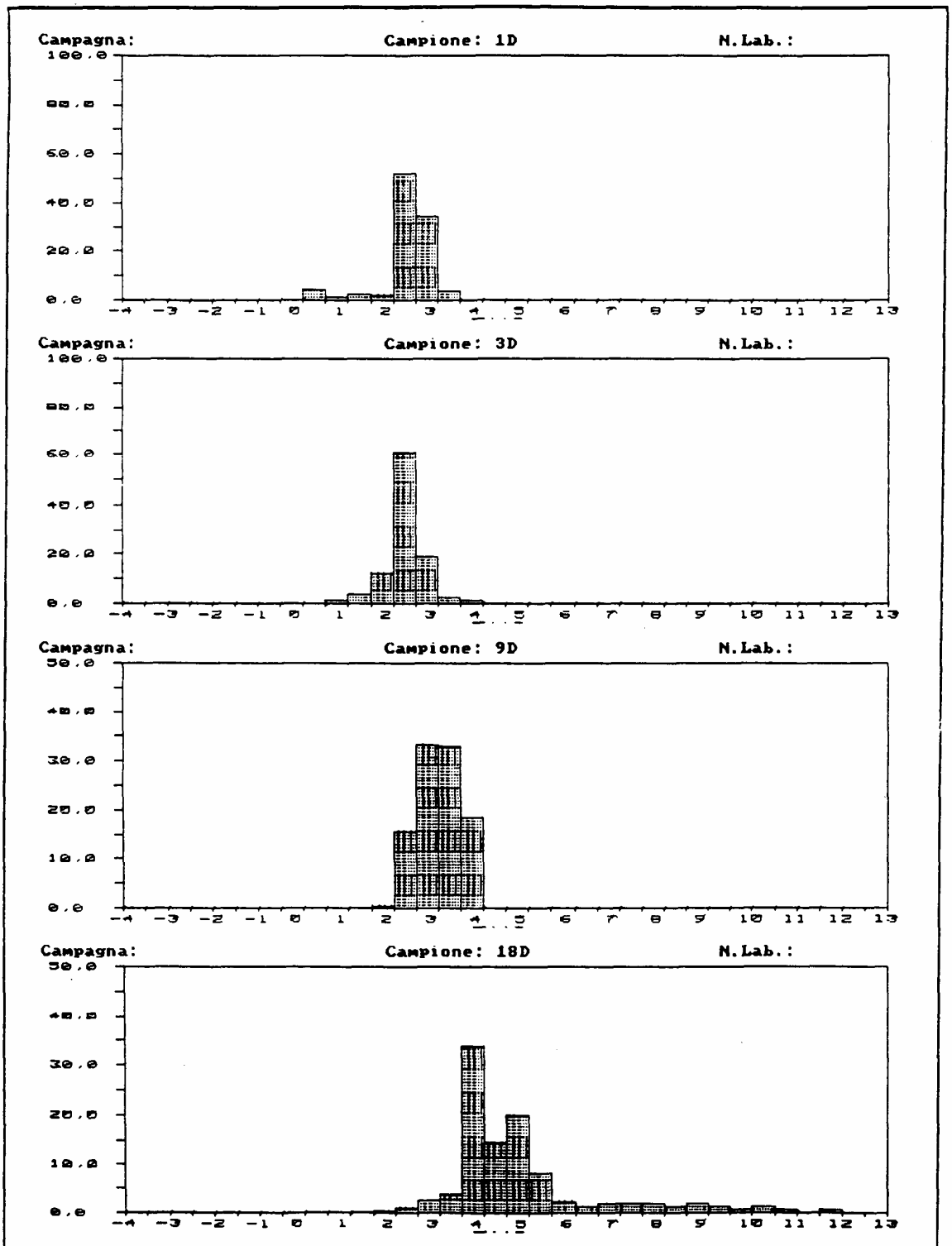


Fig. 7 - Istogrammi di frequenza caratteristici della zona esterna all'area portuale

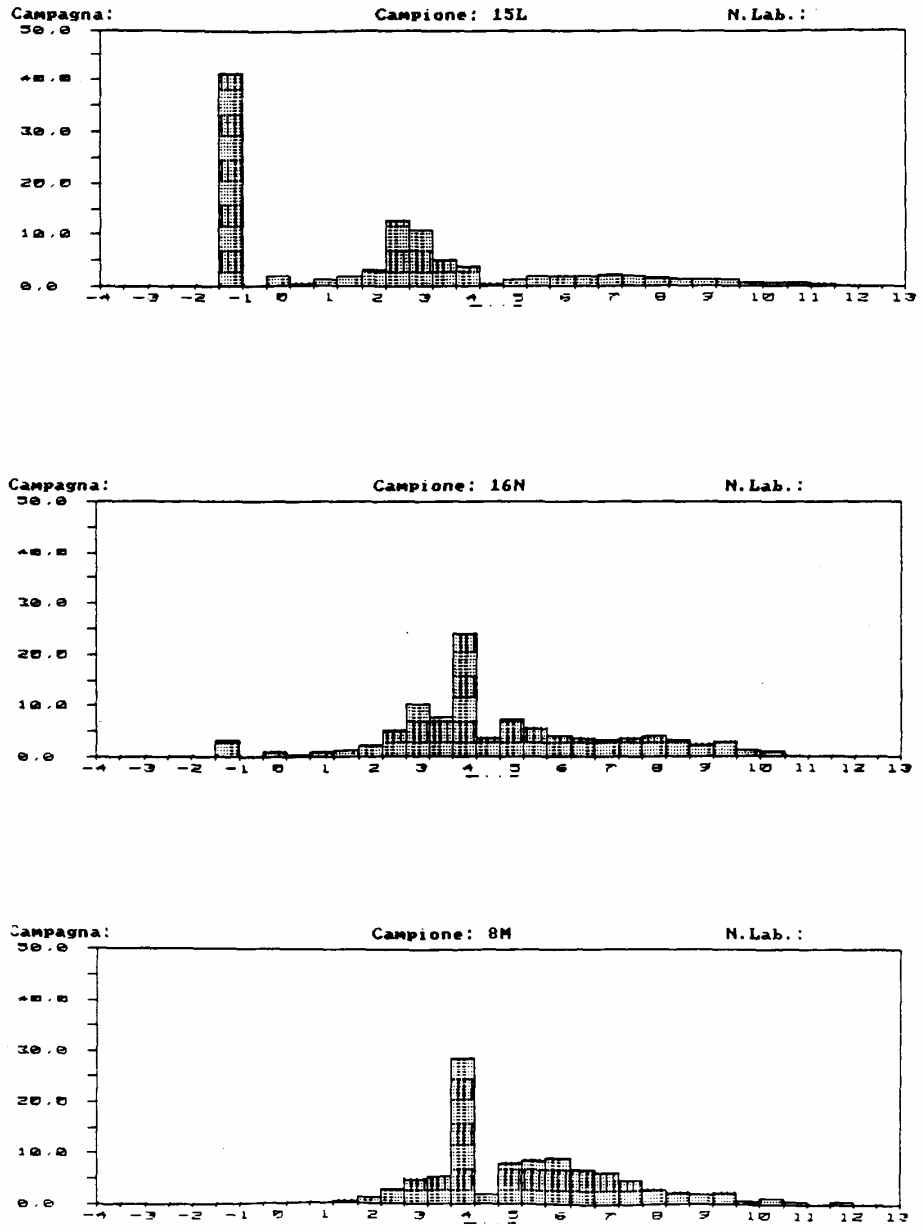


Fig. 8 - Istogrammi di frequenza caratteristici della zona portuale

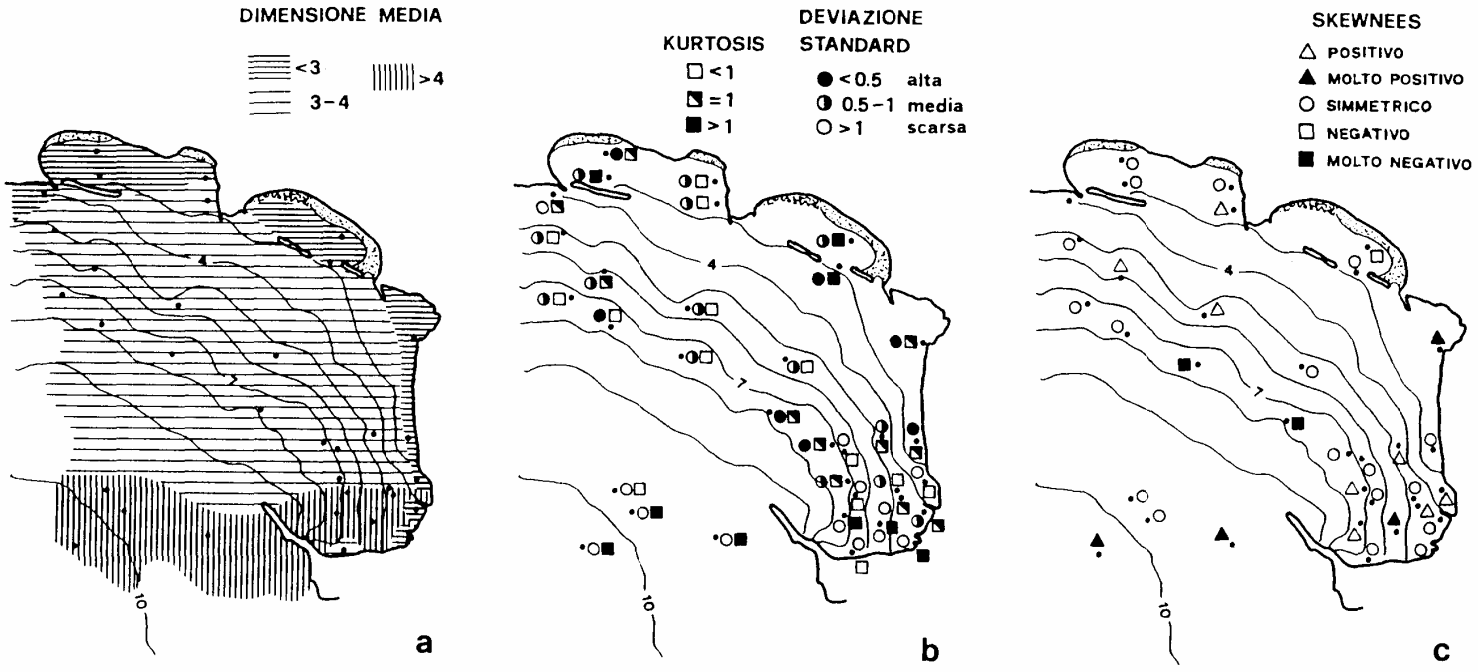


Fig. 9 - Distribuzione areale dei parametri statistici:
a) dimensione media (Mz)
b) deviazione standard (Ds) e Kurtosis (Kg)
c) skewnees (Sk)

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dall'esame dei rilevamenti batimetrici del 1969, 1987 e del 1989 è risultato un arretramento generalizzato delle isobate con conseguente aumento della profondità dei fondali. Fra le cause più importanti, la diminuzione di apporti sedimentari da parte del fiume Magra e l'antropizzazione spinta dell'area costiera di Lerici che ha bloccato la naturale alimentazione dalla falesia ai litorali.

Inoltre per la zona interna al porto si può ipotizzare che l'approfondimento dei fondali sia anche provocato sia dall'azione continua del passaggio di natanti, che mettono in sospensione i materiali del fondo con conseguente ridistribuzione, sia dai dragaggi effettuati per permettere una navigazione più facile, in special modo nelle aree in vicinanza dei distributori di carburante e degli ormeggi dei pescherecci a pescaggio elevato.

I dati indicano un'alternanza di tratti in erosione o stabilità nell'area più strettamente costiera; la costruzione, quindi, del primo tratto di prolungamento del molo non sembra aver provocato rilevanti effetti negativi sui litorali.

Nel caso di un generale ripascimento dei litorali, l'attuale assetto portuale potrebbe considerarsi vantaggioso in quanto renderebbe l'area della baia di Lerici maggiormente protetta dall'azione del moto ondoso. Sarebbe opportuno, prima di una qualunque azione di ripascimento, verificare la presenza, nella spiaggia sottomarina, di depositi sabbiosi con dimensioni granulometriche compatibili con quelle delle spiagge dell'area e quindi più adatti all'alimentazione degli stessi.

La seconda fase di studio, che si attuerà attraverso un approccio modellistico, permetterà di verificare gli effetti generali del previsto prolungamento del molo portuale ed in particolare la sua azione, in relazione ad interventi di ripascimento.

BIBLIOGRAFIA

Aiello, E., C. Bartolini, C. Caputo, L. D'Alessandro, F. Fanucci, G. Fierro, M. Gnaccolini, G. B. La Monica, E. Lupia Palmieri, M. Piccazzo & E. Pranzini. 1976.Il trasporto litoranee lungo la costa tra la foce del Fiume Magra e i Monti dell'Uccellina. *Boll. Soc. Geol IL,* 94: 1519-1571.

Anselmi, B., F. Benvegnù, A. Brondi & O. Ferretti. 1980, Classificazione geomorfologica delle coste italiane come base per l'impostazione di studi sulla contaminazione marina. *Atti del III Convegno AIOL,* Sorrento 1978.

Anselmi, B., A. Brondi, O. Ferretti & S, Feliciti. 1983. Studio granulometrico e mineralogico dei sedimenti della piattaforma costiera fra Punta Mesco e Viareggio. *Atti del IV Convegno AIOL,* Chiavari, 1980.

Astraldi, M. & G.P. Gasparini. 1986. La circolazione costiera nel Mar Ligure orientale. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova , 52* suppl.: 317-331.

Federici, R. & G. Raggi. 1975. Una nuova interpretazione della tettonica dei Monti della Spezia. *Boll. Soc. Geol. It,* 94: 945-960, 2 ff., 1 tav.

Folk R.L. & W.C. Ward. 1957. Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petr.,* v. 27: 3-27.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 403 a pag. 412

RITMI NICTEMERALI IN AMBIENTI LENTICI PADANI A DIVERSO GRADO DI TROFIA

Renato SCONFIETTI e Silvia AIRO'

Dipartimento di Genetica e Microbiologia
Sezione di Ecologia - Piazza Botta, 10 1-27100 Pavia
Centro Interuniversitario di Ecologia delle Acque Interne

SUMMARY

DIAL RHYTHMS AS INDICATORS OF DIFFERENT TROPHIC STAGES IN LENTIC WATERS.

The dynamics of some ecological factors have been investigated in three ox-bow ponds in northern Italy, on the right side of the River Ticino near Pavia. The different trophic stages of each biotope cause different patterns of the dial rhythms for dissolved oxygen, pH, algal chlorophyll *a.* In particular, in the dystrophic pond "lanca del Rottone", were the carnivorous hydrophyte *Utricularia vulgaris* L. prevails and nitrates lack, the bottom is almost anoxic; near the surface the photosynthesis, that produces up to 150% of oxygen saturation at 10 a.m., is inhibited by very high values of solar radiation. The dissolved oxygen becomes limiting also at the surface at the end of night.

1. INTRODUZIONE

A partire da circa un decennio fa il nostro gruppo di ricerca ha eseguito numerosi studi sulle variazioni nictemerali dei fattori ecologici in biotopi lentici. Con questo lavoro si intende completare una serie di ricerche volte a definire un aspetto particolare del metabolismo globale, legato da un lato alla dinamica generale dei piccoli sistemi lentici, dall'altro al diverso grado di trofìa dei biotopi considerati.

Gli ambienti lentici presentano molti tratti comuni (canneti, vegetazione acquatica in genere rigogliosa, profondità limitata) che li rendono molto simili nell'aspetto fisionomico generale. Al di là di questa apparente omogeneità, stagni anche topograficamente vicini e con origine analoga sono, in realtà, eterogenei dal punto di vista del trofismo e delle componenti biotiche magari meno appariscenti, ma non per questo meno caratterizzanti (Cazzalini & Sconfietti, 1993). Per mettere in evidenza le differenti dinamiche a livello del metabolismo globale, si è pensato, quindi, di rilevare i ritmi nictemerali dei principali fattori ecologici all'inizio dell'estate, che costituisce la fase più significativa e potenzialmente critica per l'attività biologica.

2. GLI AMBIENTI STUDIATI

Lungo il tratto pavese del fiume Ticino, ricco di zone umide, sono stati presi in considerazione tre stagni in sponda destra: la "Lanca dei Roverini" (Fig. 1-A), posta a circa 14 km a monte di Pavia nel comune di Zerbolò; la "Lanca del Rottone" (Fig. 1-B) e la "Lanca del Topo" (Fig. I-C), situate nei pressi della città di Pavia. Una nostra ricerca (Airò & Sconfietti, 1993) ha delineato il diverso livello trofico di questi biotopi, simili per origine ma diversi per età e localizzazione topografica: la lanca del Topo, formatasi oltre due secoli fa per rettificazione artificiale di un ampio meandro, conserva una ricca diversità idrofitica e mostra i primi sintomi di una naturale eutrofìa; la lanca del Rottone, isolata per taglio naturale di meandro, è distrofa, quasi ovunque impaludata, e manca di spazi liberi da maggio ad ottobre, soffocati dall'espansione dell'idrofila carnivora *Utricularia vulgaris* L.; la lanca dei Roverini, di forma allungata e dotata sia di un immissario, non sempre attivo, che di un emissario, presenta una ricca vegetazione tipica di acque lentiche e, in parte, anche correnti. In un passato non molto remoto quest'ultimo biotopo era un ramo attivo del Ticino e a tutt'oggi mantiene caratteristiche di oligotrofia.

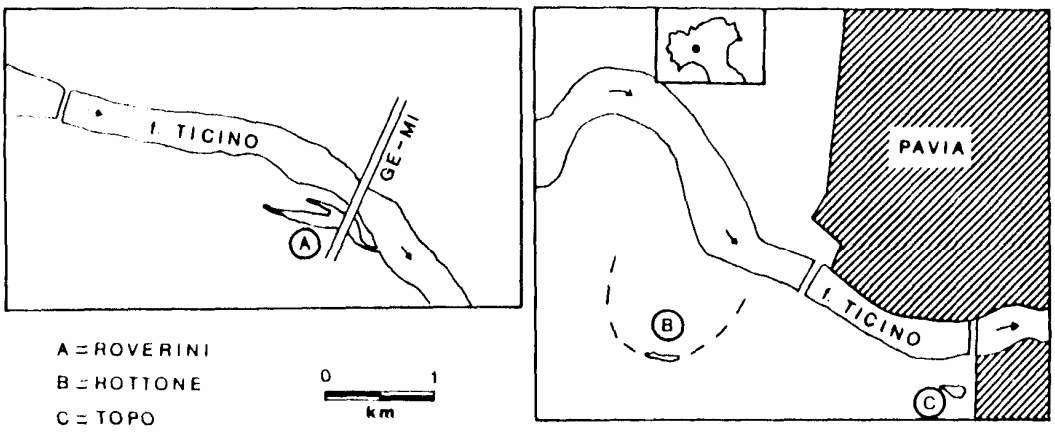


Fig. 1 - Localizzazione dei biotopi studiati.

3. MATERIALI E METODI

Per i principali fattori ecologici sono stati seguiti ritmi nictemerali in una stazione scelta come rappresentativa per ciascun biotopo: quasi contemporaneamente (sfasamento di mezz'ora per il trasferimento in automobile) alla lanca del Topo e a quella del Rottone il 21/22 giugno 1991; la settimana seguente, il 28/29, alla lanca dei Roverini.

In nostri lavori precedenti (Maganza et al., 1985; Sconfietti et al., 1993) ci eravamo adeguati allo schema classico ricorrente in letteratura, che prevede l'inizio delle osservazioni alle ore 8 o 10 del mattino e la conclusione alla stessa ora del giorno successivo. Tale inizio, indubbiamente comodo dal punto di vista operativo, non rispetta, però, la periodicità intrinseca del fenomeno studiato,in quanto il ciclo nictemerale viene ottenuto riunendo due fasi incomplete di cicli consecutivi. Questo artifizio presuppone una rigida replicabilità dei fenomeni circadiani, soggetti invece a variazioni anche a brevissimo termine. Si è pensato, quindi, di iniziare i prelievi alle ore 4 solari, quando con il sorgere del sole riprende l'attività fotosintetica. In questo modo è possibile cogliere la

fase iniziale del ciclo nictemerale e seguirla fino alla sua conclusione logica, quando, cioè, comincia il ciclo successivo.

I ritmi sono stati rilevati in acqua libera dalla vegetazione alla lanca del Topo e alla lanca dei Roverini; al Rottone, le misure sono state necessariamente eseguite all'interno dell'estesa massa di *Utricularia.* In quest'ultimo stagno si sono aggiunte, allo scopo di considerare separatamente il metabolismo algale e quello idrolitico, le misurazioni in due microambienti sperimentali costituiti da vaschette galleggianti di plexiglass da 10 litri, contenenti l'una solo acqua, l'altra *Utricularia* ad elevata densità. Lo stesso metodo era stato da noi sperimentato con successo (Sconfietti & Airò, 1992).

La temperatura (Conductivitymeter AMEL 131), l'ossigeno disciolto (IDRONAUT-OXYLIQUID Mod. 22, controllato periodicamente con il metodo di Winkler) ed il pH (pHmeter AMEL 333) sono stati misurati, in superficie ed in prossimità del fondo, con cadenza bioraria. Le stesse misurazioni sono state eseguite all'interno delle vaschette sperimentali. Per inconvenienti tecnici degli strumenti, in alcuni casi non è stato possibile rilevare alcune misurazioni di pH.

Per quanto riguarda i nutrienti, campionati solo sottosuperficialmente, le analisi sono state limitate ai composti azotati e agli ortofosfati, per i quali è stata adottata una cadenza basata sulla ritmicità circadiana del ciclo biologico: ore 6, 8, 14, 20 e ore 4 del giorno dopo.

Accanto a questi parametri chimici si è deciso di seguire anche il ritmo delle concentrazioni di clorofilla *a* fitoplanctonica, parametro più strettamente biologico, in genere ben correlato alle variazioni dei nutrienti. Anche per la clorofilla sono stati scelti intervalli non convenzionali, ma che dovrebbero individuare meglio le variazioni nictemerali. Sono stati, quindi, eseguiti campionamenti frequenti durante il dì (ore 6-8-12-14-16-20 solari), mentre si è fatto un solo prelievo nella fase di buio, al termine della notte (ore 4 solari); il prelievo delle ore 6 è stato ripetuto il giorno seguente.

Per le analisi dei nutrienti, sono stati utilizzati i metodi suggeriti dal manuale HACH (1987), riconducibile nelle sue linee essenziali agli Standard Methods (1965). Per quanto riguarda le concentrazioni di clorofilla *a,* si è optato per un'analisi spettrofotometrica dopo estrazione con acetone dei pigmenti clorofilliani; il metodo usato, riportato per esteso da Cantonali (1992), è sostanzialmente quello descritto da Strickland & Parsons (1972), integrato in alcuni passaggi secondo Golterman et al. (1978) e Talling (1971).

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

E' superfluo - per la sua evidenza e, da un certo punto di vista, banalità - soffermarsi sull'andamento giornaliero della temperatura. Bisogna, tuttavia, sottolineare che alla lanca dei Roverini i valori dell'aria sono più elevati rispetto agli altri due ritmi, in quanto i campionamenti sono stati eseguiti dopo una settimana, mentre l'acqua è relativamente fresca e mostra un ritmo meno accentuato, in conseguenza della vicinanza al fiume dal quale viene alimentata quasi direttamente attraverso il subalveo. I ritmi nictemerali di ossigeno disciolto e di pH seguono la dinamica della fotosintesi e della respirazione. Al Topo questo andamento è appena accennato per quanto riguarda l'ossigeno (la saturazione oscilla intorno al 100%) ed evidente per il pH (Fig. 2).

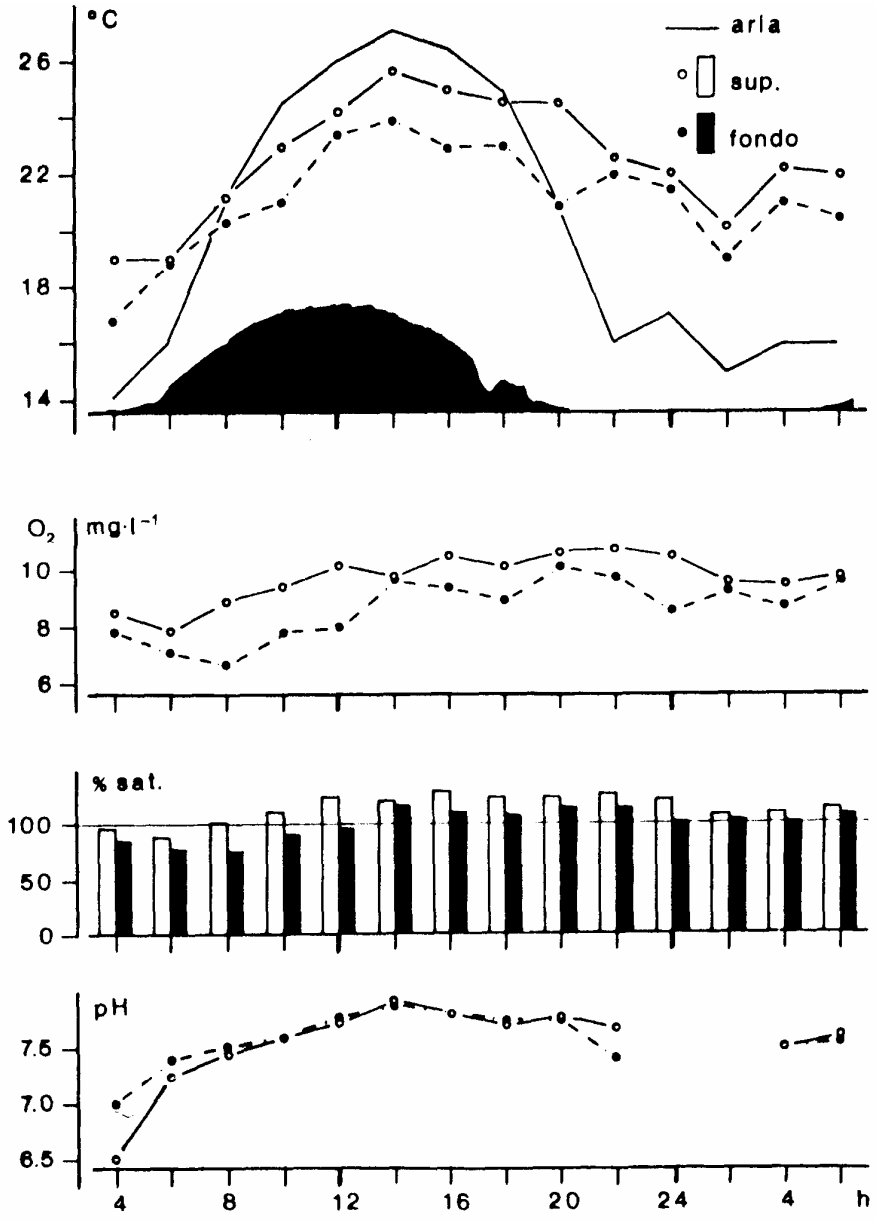


Fig. 2 - Andamento nictemerale di temperatura, ossigeno disciolto e pH nella lanca del Topo. La parte annerita indica la radiazione globale espressa in unità arbitrarie.

Al Rottone, invece, il fenomeno si manifesta in maniera più accentuata (Fig. 3): in 4 ore, infatti, si registra un aumento netto di ben 12 mg/l di ossigeno, con valori di saturazione che passano da 0 a circa 150% a causa della notevole biomassa, in gran parte fotosintetizzante, di *Utricularia vulgaris* in rapporto alle ridotte dimensioni dello specchio d'acqua. Poiché *Utricularia* è un'idrofita flottante, risulta maggiormente sensibile al fenomeno dell'inibizione luminosa.

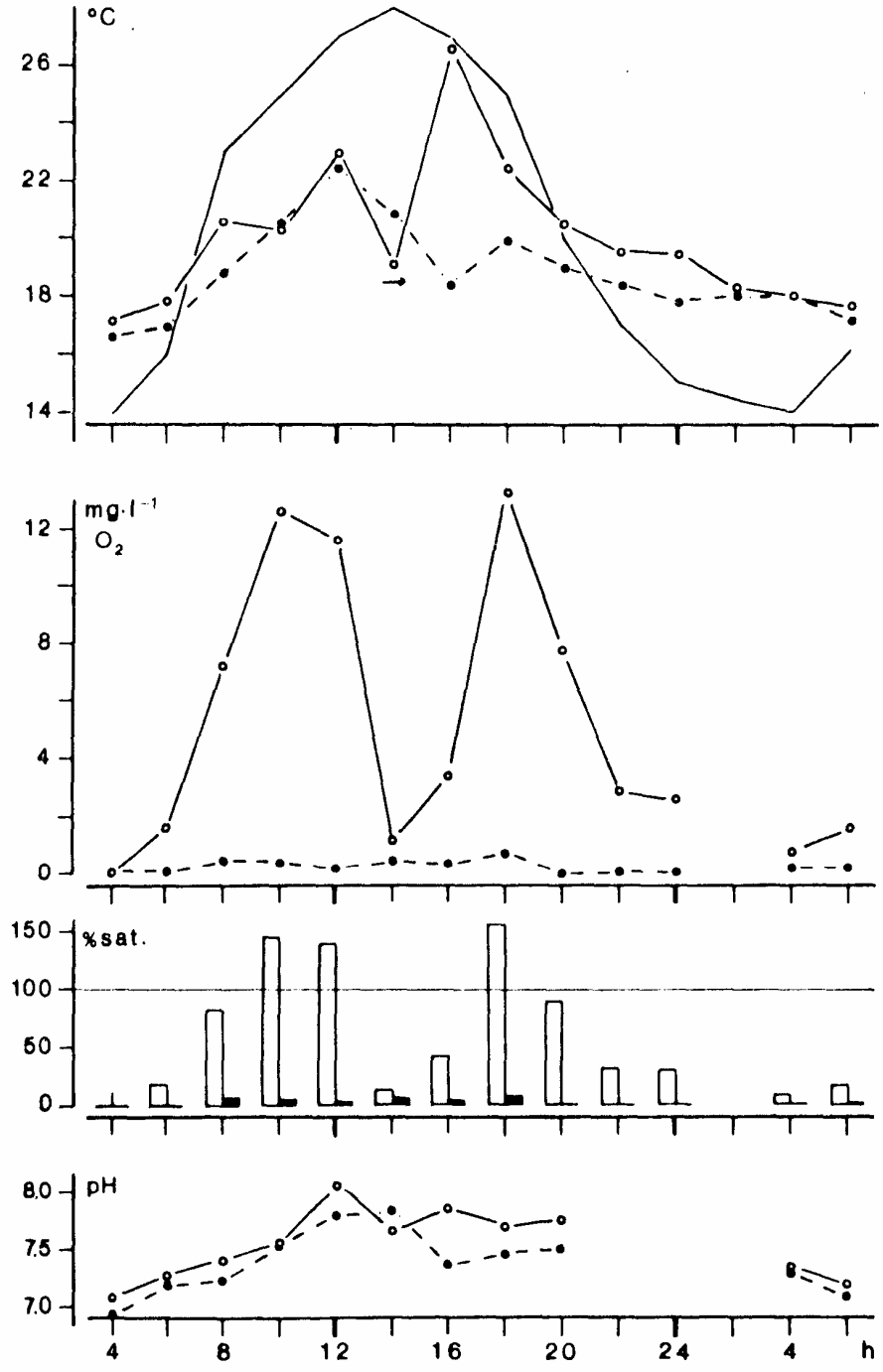


Fig. 3 - Andamento nictemerale di temperatura, ossigeno disciolto e pH nella lanca del Rottone. Per la radiazione globale si veda fig. 2.
Nel grafico di temperatura la freccia indica un periodo di forte ventosità.

A questo proposito, nelle prime ore di luce la produzione fotosintetica aumenta parallelamente alla radiazione luminosa, fino a raggiungere una soglia di saturazione; poi la fotosintesi, inibita, si arresta, in quanto la pianta si trova in condizioni di stress

fisiologico (ore 14 solari: ossigeno disciolto 1,2 mg/l e saturazione 13%). Quando l'intensità luminosa si attenua, anche in funzione dell'ombreggiamento causato dalla bordura, *Utricularia* riprende la sua piena attività, come dimostrano i 13 mg/l di ossigeno (157% di saturazione) registrati alle 18, molto simili a quelli registrati alle ore 10; nella vaschetta sperimentale con *Utricularia* si nota solo una stabilizzazione dei valori di ossigeno a partire già dalle ore 10, con sovrasaturazioni più rilevanti rispetto all'acqua ambiente a causa dell'isolamento dal fondo, fortemente riducente (Fig. 4). Lo stesso motivo e, soprattutto, l'assenza di *Utricularia* determinano condizioni meno critiche nella vaschetta con sola acqua, dove peraltro anche durante il dì si rimane in condizioni di sottosaturazione.

Diversamente si comporta la lanca dei Roverini, nella quale il continuo ricambio da parte delle acque sorgive iposature impedisce una efficace ossigenazione per via fisica: qui la saturazione di ossigeno oscilla intorno al valori del 50%, senza mostrare alcun ritmo (Fig. 5). Andamenti irregolari si osservano sul fondo, dove il pH supera il valore 8. Questo fatto si spiega considerando che, nel punto di campionamento, la profondità dello stagno era di circa 2,5 m; le piante, quindi, non raggiungono la superficie e mancano idrofite sia galleggianti che a foglie flottanti.

Trattandosi, nel complesso, di ambienti con trofismo relativamente contenuto, le concentrazioni dei nutrienti sono poco rilevanti e i ritmi poco accentuati; bisogna, comunque, ricordare che questi ritmi sono stati seguiti in estate, quando la circolazione dei nutrienti è massima. Da rilevare, in particolare, la quasi totale assenza di nitrati al Rottone - che spiega, in parte, la prevalenza della carnivora *Utricularia* - con accumulo relativo di ammoniaca (fino a 1,5 mg/l di azoto), che si contrappone alla situazione riscontrata alla lanca dei Roverini (tab. 1).

Di particolare interesse è l'andamento nictemerale delle concentrazioni di clorofilla, che mostra marcate differenze tra gli stagni (Fig. 6).

Ai Roverini le clorofille sono scarse, intorno ai 2 mg/m^3, e praticamente non mostrano alcuna ciclicità, mantenendosi al limite di sensibilità dell'analisi spettrofotometrica. Nelle altre due lanche si osservano ritmi differenti, in relazione alle diverse caratteristiche dei biotopi. Nella lanca del Topo i valori di clorofilla, elevati alle 6 del mattino in risposta alle prime ore di luce, diminuiscono progressivamente fino alle 20, per riprendere ad aumentare verso l'alba. Tenendo conto della limitata profondità dei prelievi (35 cm) e della completa esposizione alla luce solare diretta, è ragionevole supporre una migrazione verso il basso della componente fitoplanctonica.

	$P\text{-}PO_4^{=}$	$N\text{-}NH_4^{+}$	$N\text{-}NO_2^{-}$	$N\text{-}NO_3^{-}$
L. del Topo	0,000-0,160	0,000-0,902	0,017-0,026	0,036-0,153
L. del Rottone	0,006-0,130	0,000-1,475	0,014-0,016	0,000-0,027
L. dei Roverini	0,032-0,170	0,000-0,119	0,015-0,022	0,208-0,467

Tab. 1 - Valori minimi e massimi espressi in mg/l delle concentrazioni di ortofosfati, azoto ammoniacale, nitroso e nitrico registrate durante i ritmi nictemerali nelle lanche in studio.

Al Rottone, più in ombra, il crollo dell'ossigeno registrato per *Utricularia vulgaris* non ha un riscontro sulla clorofilla *a* fitoplanctonica, sottratta alla luce troppo intensa dalla stessa idrofita.

Al Rottone, più in ombra, il crollo dell'ossigeno registrato per *Utricularia vulgaris* non ha un riscontro sulla clorofilla *a* fitoplanctonica, sottratta alla luce troppo intensa dalla stessa idrofita.

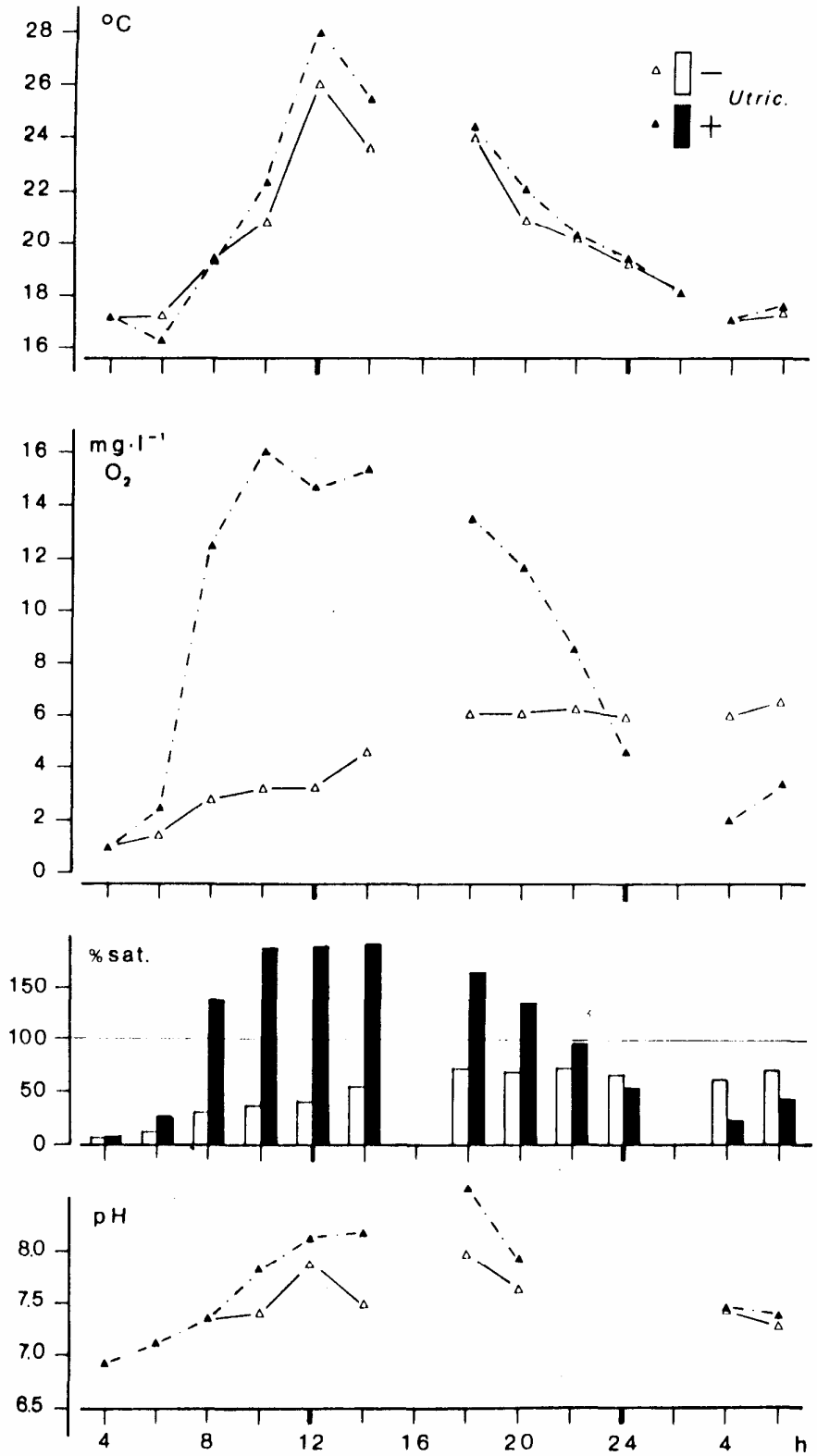


Fig. 4 - Andamento nictemerale di temperatura, ossigeno disciolto e pH in ambienti semi-sperimentali collocati nella lanca del Rottone.

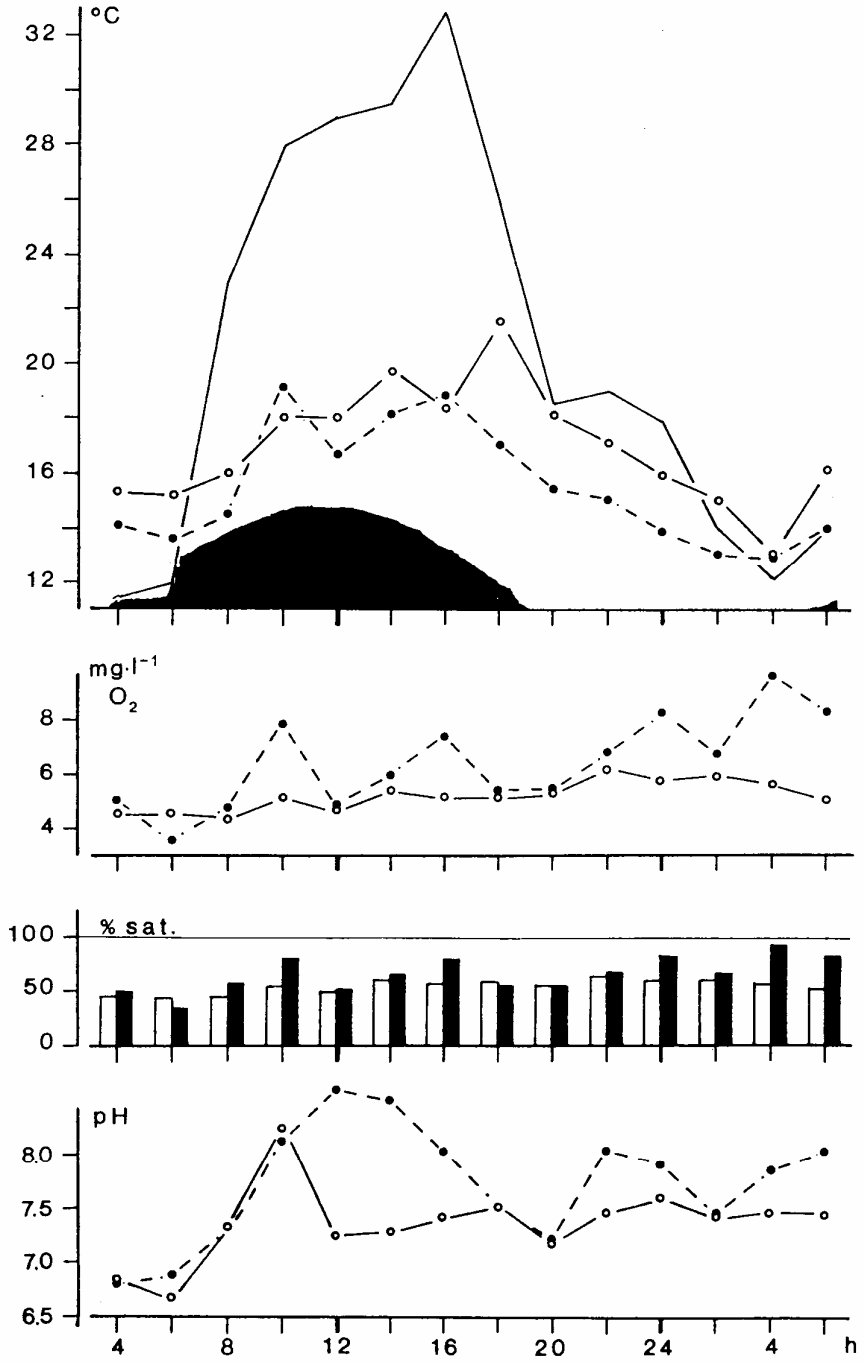


Fig. 5 - Andamento nictemerale di temperatura, ossigeno disciolto e pH nella lanca dei Roverini. La parte annerita indica la radiazione globale espressa in unità arbitrarie.

5. CONCLUSIONI

Ancora una volta la misurazione dei ritmi nictemerali nelle acque stagnanti dimostra la sua efficacia nell'esprimere sinteticamente le dinamiche metaboliche, peculiari per ciascun

biotopo. Allo stesso tempo, le ricerche di questi anni hanno dimostrato che, al di là dei molti tratti comuni nella fisionomia generale, gli stagni rivelano una spiccata eterogeneità dal punto di vista biologico ed ecologico (Sacchi et. al., 1993).

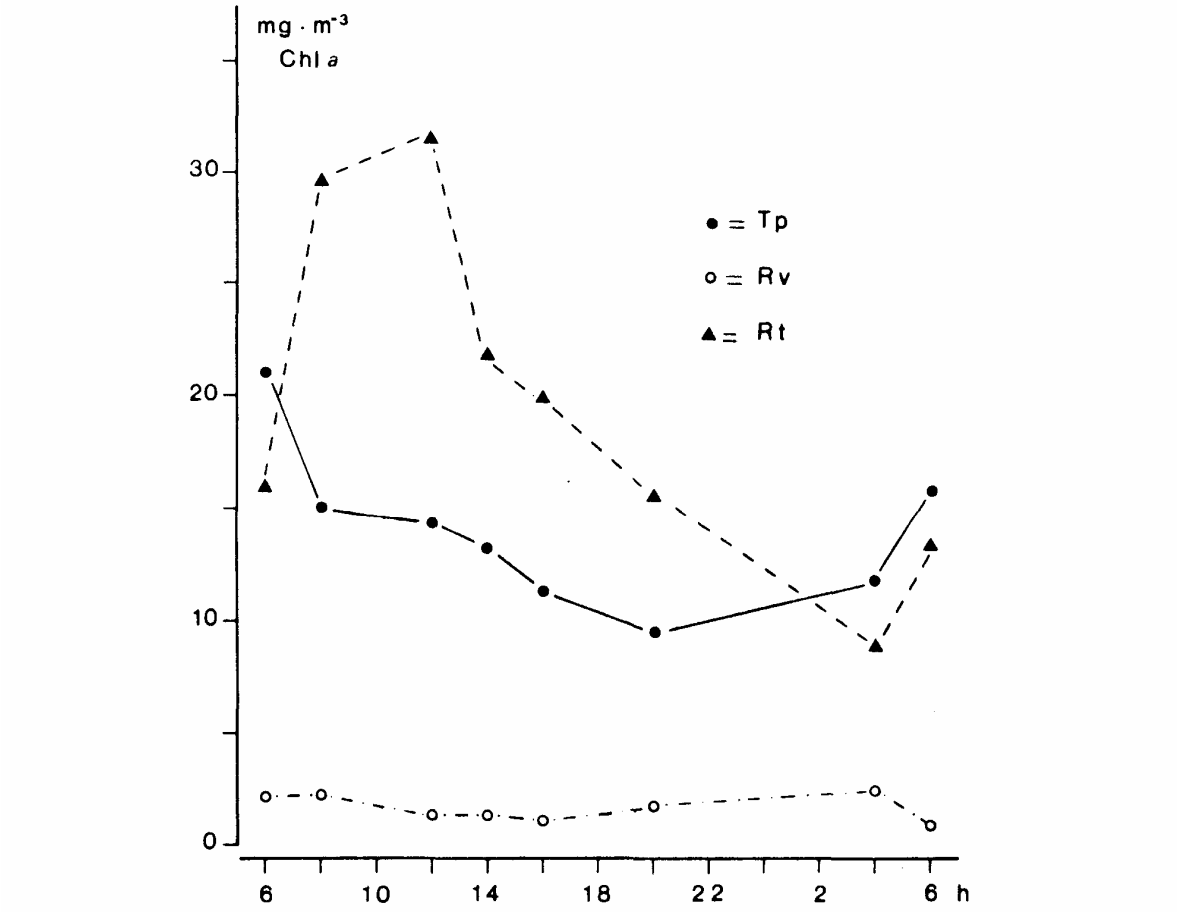


Fig. 6 - Ritmo nictemerale di clorofilla *a* nei tre biotopi.
Tp = Lanca del Topo; Rt = lanca del Rottone; Rv = Lanca dei Roverini.

Contrariamente a quanto ci si potrebbe aspettare, essi non sono affatto monotoni né confrontati l'uno con l'altro, come si riscontra anche dai dati emersi da questa ricerca, né visti nella loro evoluzione temporale.

A tale proposito, in soli tre anni di osservazioni abbiamo verificato nello stesso stagno, la lanca del Topo, prima i sintomi, poi le manifestazioni dirette di una evoluzione endogena del trofismo verso livelli più elevati, visibili sia nella dinamica del metabolismo sia, per esempio, nella dinamica delle comunità zooplanctoniche (Cantonali & Sconfietti; in stampa; Cazzalini & Sconfietti, cit.).

L'ambiente stagnale, quindi, si presta in modo soddisfacente ad essere utilizzato come una sorta di laboratorio naturale - all'interno del quale le variabili non possono comunque essere controllate, ma almeno circoscritte con buona approssimazione e registrate con

sufficiente attendibilità - in cui misurare, valutare ed interpretare le interazioni reali tra le componenti biologiche e quelle fisico-chimiche.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano tutti quanti hanno attivamente collaborato allo svolgimento del lavoro sul campo.

BIBLIOGRAFIA

Airò, S. & R. Sconfietti, 1993. Lanche del basso Ticino a confronto. I. Evoluzione del trofismo. *Mem. Soc. Tic. Se. Nat.,* 4: 165-174.

A.P.H.A., A.W.W., W.P.C.F.. 1965. Standard methods for the examination of water and wastwater, including bottom, sediments and sludge. Inc. New York 12th. ed. Ed. American Public Haelth Association. 769 pp.

Cantonati, M. 1992. Ricerche sul plancton di un ambiente laterale di Ticino: clorofille e "standing crop". *Atti Soc. Ital. Sci. Nat. Museo civ. Stor. Nat.* Milano, 132 (1991),. 19: 241-254.

Cantonati, M. & R. Sconfietti. In stampa. Short term evolution of the zooplankton community in a lateral fluvial ecosystem. *Aqua,* Gruppo Intern. Coimbra, Granada.

Cazzalini, O. & R. Sconfietti. 1993. Lanche del basso Ticino a confronto. II. Ecologia e dinamica dei popolamenti zooplanctonici. *Mem. Soc. Tic. Se. Nat., 4:* 175-184.

Golterman, H.L., R.S. Clymo & M.A.M. Ohnstad. 1978. Methods of physical and chemical analysis of fresh waters. IPB Handbook n° 8, second edition. Blackwell Scientific Publications. 214 pp.

Hach Company. 1987. Mach water analysis handbook. Mach Company-World HDQrs. 435 pp.

Maganza, M., R. Sconfietti & E. Varsi. 1985. Ritmi nictemerali di fattori ambientali in un ecosistema stagnale. *Riv. Idrobiol,* 24, 1-2: 19-40.

Sacchi, C.F., R. Sconfietti & A. Occhipinti. 1993. Ambienti fluviali marginali: lanche del Pavese. *S.IT.E. Atti, Acqua-Aria,* 7: 738-741.

Sconfietti, R., S. Airò, M. Cantonati, S. Cattani & P. Rossini. 1993. Ricerche sul trofismo di ecosistemi stagnali lombardi: cicli stagionali e nictemerali in una lanca del Ticino. *Atti X Convegno Gruppo di Ecologia di Base "G. Gadio",* Padova, 1990: 283-308.

Sconfietti, R. & S. Airò. 1992. Misure sperimentali di produzione primaria in uno stagno mesotrofo sulla base delle variazioni nictemerali di ossigeno disciolto. *Atti IX Convegno A.I.O.L.,* Santa Margherita: 81-92.

Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Bd. Canada, Ottawa, Bull. 167 (II ed.). 310 pp.

Talling, J.F. 1971. Photosynthetic pigments. General outline of spectrophotometric methods. In: Vollenweider R.A. (ED.), A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP Handbook n° 12. Blackwell Scientific Publications: 22-24.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 413 a pag. 419

CONSIDERAZIONI SUL RINVENIMENTO DI *CAULERPA PROLIFERA* (FORSSKÅL) LAMOROUX SUI FONDALI DEL GOLFO TIGULLIO (MAR LIGURE)

Leonardo TUNESI e Marino VACCHI

ICRAM - Via Lorenzo Respighi, 5 -1-00197 Roma

SUMMARY

At the end of the 50's the sub-tropical alga *Caulerpa prolifera* became very abundant in the Tigullio Gulf (Eastern Ligurian Sea). This area represented the northern spot of its geographic distribution in the western Mediterranean.

The results of following studies on littoral benthos pointed out the lack of this species in vegetai assemblages in the area.

In 1991, *C. prolifera* was found in a small localized area. The surface of the vegetation was measured in May 1991 and in July 1992. On the latter occasion, the density of primary and secondary blades and the average length of the primary blades, were also evaluated. The results showed a spatial increase of *C. prolifera* (from 12 m^2 to 100 m^2) and a low density of blades.

The finding of one faunistic element (the opisthobranch *Lobiger serradifalci)* of *C. prolifera'*s assemblage in the Tigullio Gulf supports some bioclimatological hypothesis on the presence of the alga in the area.

1. INTRODUZIONE

La famiglia delle Caulerpacee, appartenente alla classe Cloroficee, è monotipica accogliendo il solo genere *Caulerpa;* questo gruppo sistematico comprende circa sessanta specie, tutte ad affinità tropicale e subtropicale (Meinesz, 1972), 6 delle quali sono segnalate in Mediterraneo (Meinesz & Hesse, 1991).

La specie più comune nelle acque italiane è *Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamoroux, ad affinità subtropicale, presente oltre che in Mediterraneo anche in Oceano Atlantico ed in aree tropicali, quali quelle caraibiche (Feldmann, 1937); negli ultimi anni ad essa si è affiancata *Caulerpa taxifolia* (Vahl.) C. Agardh (Relini & Torchia, 1992), la cui comparsa ha implicato molteplici problematiche (Tunesi, 1993).

Il tallo di *C. prolifera* è costituito da uno stolone dal quale si dipartono inferiormente delle appendici (rizoidi), e delle formazioni espanse simili a foglie

(filloidi); le fronde uniassiali e gli stoloni hanno una struttura a sifone, percorsa da numerose trabecole inserite sulla parte interna della membrana e costituenti un reticolo. Questa specie è localizzata in una zona superficiale del Piano Infralitorale, in tratti riparati su fondali costituiti da silt o sabbia fine (Pérès, 1967).

Nelle acque costiere del Mar Ligure, che costituiscono il limite Nord della distribuzione di questa specie termofila nel bacino occidentale del Mediterraneo, *C. prolifera* presenta uno sviluppo marcatamente stagionale con la scomparsa dei filloidi al sopraggiungere dell'inverno e la persistenza degli stoloni infossati nel sedimento (Meinesz, 1972). Le condizioni sfavorevoli che l'alga incontra in quest'area influiscono anche sulle sue capacità riproduttive: osservazioni condotte nelle acque francesi hanno permesso di rilevare che le emissioni di gameti, che avvengono dall'inizio di giugno alla prima metà di ottobre, portano costantemente a riproduzioni sessuate imperfette (Meinesz, 1979a) obbligando questa specie a riprodursi solo per via vegetativa.

L'analisi dei dati disponibili sulla distribuzione di *C. prolifera* nelle acque costiere del bacino Nord-occidentale del Mediterraneo mostra che la sua presenza risulta abbastanza comune lungo le coste tirreniche, sino all'Isola d'Elba (Bianchi et al., 1993) e nelle acque di Livorno (Cinelli, comunicazione personale) mentre, per quanto riguarda il versante occidentale, lungo le coste francesi essa è stata segnalata in stazioni abbastanza localizzate, che però coprono l'arco compreso tra il confine italiano e le foci del Rodano (Meinesz, 1972).

Per quanto riguarda le acque costiere italiane del Mar Ligure, va rilevato che studi condotti alla fine degli anni '50 segnalavano quest'alga nel Golfo Tigullio (Riviera ligure di levante). In particolare Tortonese (1962) rilevava la presenza di densi popolamenti di *C. prolifera* che coprivano "ampie estensioni di fondo a melma fine contigue a quelle di fanerogame marine ... , prosperando in particolare nell'intervallo di profondità compreso tra -10 e -20 metri".

A questa situazione è seguito un radicale mutamento dei popolamenti vegetali, caratterizzato dalla scomparsa di *C. prolifera;* il fenomeno è testimoniato dal mancato rinvenimento di questa specie nei numerosi rilevamenti condotti negli anni '70 ed '80 nelle acque del Golfo Tigullio: sui tratti a "mattes" morte di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, *C. prolifera* risultava sostituita da un'altra alga verde, anch'essa appartenente all'ordine *Caulerpales, Udotea petiolata* (Morri et al, 1986).

Il rinvenimento di *C. prolifera* nel 1991 su di un tratto di fondale del Golfo Tigullio ha permesso di condurre alcune osservazioni sulle superfici interessate da questo popolamento e su alcune sue caratteristiche.

2. MATERIALI E METODI

Immersioni subacquee con sistema A.R.A., effettuate nel mese di aprile del 1991, hanno permesso di verificare la presenza C. *prolifera* nel Golfo Tigullio, segnalata da un subacqueo locale, e di rilevare la posizione, la profondità e le superfici interessate da questa specie. L'anno successivo, sono state condotte ulteriori osservazioni allo

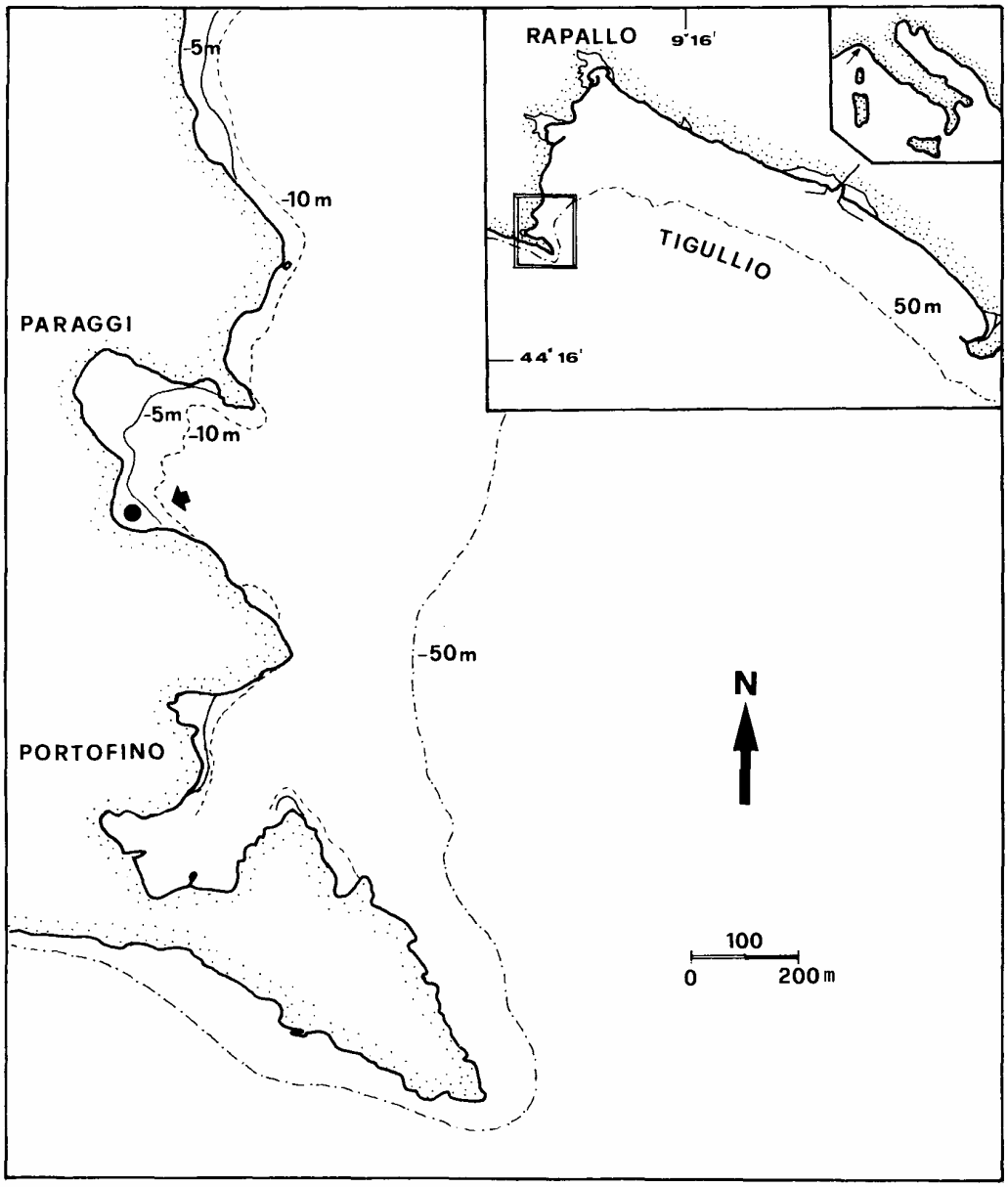


Figura 1 - Ubicazione del sito di rinvenimento di *Caulerpa prolifera* nel Golfo Tigullio; la stazione è indicata dal pallino.

scopo di raccogliere informazioni su alcune caratteristiche del popolamento in oggetto e di registrare eventuali differenze nella sua estensione.

Data la ridotta superficie interessata da questa specie, il rilevamento dei parametri relativi al popolamento è stato condotto direttamente in immersione, allo scopo di evitare anche il minimo impatto determinato dal prelievo di campioni. In particolare, in due diverse stazioni, sono stati rilevati il numero fronde primarie e secondarie per metro quadrato ed inoltre, per ognuna di queste due categorie, è stato conteggiato il numero di fronde in cattivo stato.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Immersioni effettuate nel mese di aprile del 1991 hanno permesso di rilevare la presenza di *C. prolifera* su di un tratto di fondale del Golfo Tigullio, nella baia a Sud del Seno di Paraggi (Figura 1); in quest'area *Caulerpa* cresce su un fondo costituito da "mattes" morta di posidonia. L'insediamento nel 1991 interessava una superfice di circa 12 metri quadrati, nell'intervallo di profondità 3-3,2 metri; esso iniziava (partendo dalle acque più superficiali), sostituendosi ad un popolamento composto da *Udotea petiolata* (Turra) Bòrg. e *Padina pavonica* (L.) Thivy, per arrestarsi, al suo limite inferiore, con la comparsa della parte vitale della prateria di posidonia.

Immersioni condotte nel mese di Luglio del 1992, nel medesimo sito, hanno permesso di rilevare un notevole incremento delle superfici interessate da *C. prolifera;* infatti, anche se presente con densità delle fronde molto variabili in funzione dei tratti, quest'alga nel complesso copriva circa 100 m2, comparendo già alla profondità di 2,5 m. Nell'area limitrofa, sempre su mattes morta, era presente un popolamento algale caratterizzato da *Acetabularia* sp., *U. pedalata* e *P. pavonica.*

In questa occasione è stata rilevata la densità delle fronde primarie e secondarie di *C. prolifera* per m^2 in due diverse stazioni, ubicate nelle aree ove il popolamento appariva più fitto (Stazione A) e più rado (Stazione B). La stima di questi parametri ha permesso di osservare che la densità delle fronde nel sito di studio è abbastanza modesta se paragonata a quella rilevata in una stazione posta a -3 metri di profondità nelle acque francesi di Port Crouton - Juan Les Pins (Meinesz, 1979b) (Tab. I).

Tabella I: Densità delle fronde primarie e secondarie di *Caulerpa prolifera* per m^2, rilevate in due stazioni a diversa profondità e collocazione rispetto alla parte vitale della limitrofa prateria di *Posidonia oceanica* (Stazione A, sita ad in metro di distanza dalla prateria; Stazione B, a circa 7 metri dalla prateria, verso la battigia); per confronto sono forniti i valori rilevati da Meinesz (1979b) a Port Crouton - Juan Les Pins il 10.7.1975, per una superficie di 500 cm^2.

PARAMETRO	Stazione A (-3,2 m) S= 1 m^2	Stazione B (-2,7 m) S= 1 m^2	Port Crouton (-3 m) S= 500 cm^2
N° Fronde Primarie	568	270	*274*
N° Fronde Primarie in cattivo stato	12	8	*65*
N° Fronde Secondarie	360	92	*146*
N° Fronde Secondarie in cattivo stato	-	-	*8*

La lunghezza media delle fronde primarie non prolifere, valutata su un campione di 100 misure, è risultata di 52,5 mm (SD= 12,8 mm), quindi maggiore di quella rilevata per lo stesso mese dell'anno nella citata stazione francese (31,48 mm con SD= 8,36).

Nel corso delle osservazioni è stato rinvenuto un esemplare del mollusco opistobranco *Lobiger serradifalci* (Calcara), elemento faunistico caratteristico del popolamento a *Caulerpa prolifera,* la cui presenza non risulta ancora segnalata per le acque liguri.

4. CONSIDERAZIONI

Il rinvenimento di *Caulerpa prolifera* nel Golfo del Tigullio costituisce l'occasione per effettuare alcune considerazioni sull'evoluzione della presenza di questa specie termofila in un'area, quella del Promontorio di Portofino, di notevole interesse naturalistico (Diviacco et al., 1992).

Tortonese (1962), nel segnalare questa specie nelle acque del Tigullio alla fine degli anni '50 e nel descriverne il successo nel colonizzare ampie superfìci, prima interessate da *P. oceanica,* suggerisce alcune possibili cause del fenomeno, quali "... rilevanti inquinamenti... elevato tenore di sostanze azotate ...", segnalando un aumento della pressione antropica in quel periodo nell'area in oggetto.

Diversi studi (Punk, 1927; Ollivier, 1929) permettono di rilevare che questa specie termofila, la cui temperatura ottimale per svolgere l'attività fotosintetica è di 24 °C (Gattuso, 1989), è particolarmente sensibile alle basse temperature invernali. A questo proposito Meinesz (1972), che ha studiato il fenomeno lungo le coste francesi disponendo di serie storiche di dati di temperatura, ha ipotizzato che proprio questo parametro costituisca il fattore limitante la distribuzione geografica di *C. prolifera* nelle acque del Mar Ligure, che costituisce il limite Nord dell'area distributiva dell'alga nel bacino occidentale del Mediterraneo.

E' quindi ipotizzabile che il succedersi di inverni freddi quali quelli riscontrati lungo le coste mediterranee francesi verso la fine degli anni '60 (Augier & Robert, 1981) abbia portato, alla scomparsa di *C. prolifera* anche dalla maggior parte dei fondali del Golfo Tigullio, limitandone la sopravvivenza solo in un sito particolarmente protetto dalle escursioni termiche.

La continuità nella presenza di questa specie sui fondali in oggetto sarebbe supportato dal rinvenimento di elementi faunistici caratteristici del popolamento a *Caulerpa,* quali l'opistobranco *Lobiger serradifalci,* che si nutre esclusivamente proprio di quest'alga. L'attuale estrema localizzazione del popolamento sarebbe motivata dal fatto che nelle acque del Mar Ligure *C. prolifera* si riproduce essenzialmente per via vegetativa (Meinesz, 1979a).

In base ad ulteriori segnalazioni dell'alga, pervenuteci per siti molto localizzati nelle acque della Liguria, è ipotizzabile che variazioni periodiche delle temperature minime invernali nelle acque costiere (legate a cicli pluriennnali), permettano a *Caulerpa,* partendo da stazioni particolarmente protette, di colonizzare più ampi tratti

di fondale. Riveste quindi un notevole interesse la possibilità di seguire l'evoluzione di queste popolazioni in modo da approfondire la conoscenza delle loro caratteristiche ecologiche in condizioni particolari quali quelle presenti in un'area limite della loro distribuzione; a questo scopo va evidenziata l'importanza di disporre di serie storiche di dati relativi all'evoluzione dei principali parametri ambientali.

Si propone, per il significato biogeografico che riveste *C. prolifera* nelle acque del Golfo Tigullio, che questa specie sia oggetto di forme di tutela nell'ambito delle iniziative previste nella realizzazione dell'area marina protetta del promontorio di Portofmo.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori rivolgono un particolare ringraziamento al Sig. Francesco Castagnaro per aver indicato la presenza di *Caulerpa prolifera* nel sito studiato ed al Dr. Riccardo Cattaneo-Vietti per l'identificazione dell'esemplare di *Lobiger serradifalci* e per le preziose informazioni fornite sulla biologia di questo opistobranco.

BIBLIOGRAFIA

Augier, H. & P. Robert. 1981. Sur la présence de *Caulerpa prolifera* (Forsskal) Lamoroux (Algue *Bryopsidophyceae)* dans les Iles d'Hyères et sur sa signification bioclimatique et ecologique. *Trav. sci. Pare nailon. Port-Cros,* 7: 119-128.

Bianchi, C.N., I. Ceppodomo, I. Niccolai, S. Aliani, S. De Ranieri, M. Abbiati, F. Dell'amico & C. Morri. 1993. Benthos dei mari toscani. II: Isola d'Elba - Montecristo (Crociera ENEA 1986). In: "Arcipelago Toscano - Studio oceanografico, sedimentologico, geochimico e biologico", A cura di Ferretti, Immordino e Damiani, ENEA, Roma: 291-315.

Diviacco, G., L. Marini & L. Tunesi. 1992. Parco marino di Portofmo: criteri metodologici per la stesura della proposta di zonazione. *Oebalia,* suppl. 17: 503-507.

Feldmann, J. 1937. Végétation marine de la Mediterranee. La côte des Albères. *Rev. Alg.,* 10: 339 pp.

Funk, G. 1927. Die Algenvegetation des Golfs von Neapel nach neueren ökologischen Untersuchungen. *Puh. Stat. zool. Napoli, 7* (Suppl.): 507 pp.

Gattuso, J.P. 1989. Effect of temperature on the photosynthesis-irradiance curves of two caulerpales algae grown in aquaria. *Bull. Institut océanogr., Monaco,* n° special 5: 173-180.

Meinesz, A. 1972. Repartition de *Caulerpa prolifera* (Forskål) Lamoroux sur les côtes continentales francaises de la Mediterranee. *Téthys,* 4 /4: 843-858.

Meinesz, A. 1979a. Contribution a l'étude de *Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamoroux (Chlorophycée, Caulerpale). II- La reproduction sexuée sur les côtes occidentales de la Méditerranée. *Botanica Marina,* 22/2: 117-121.

Meinesz, A. 1979b. Contribution a l'étude de *Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamoroux (Chlorophycée, Caulerpale). I- Morphogénè et croissance dans une station des côtes continentales de la Mediterranee. *Botanica Marina,* 22/1: 27-39.

Meinesz, A. & B. Hesse. 1991. Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Mediterranee nord-occidentale. *Oceanologica Acta,* 14/4: 415-426.

Morri, C., C.N. Bianchi, V. Damiani, A. Peirano, G. Romeo & L. Tunesi. 1986. L'ambiente marino tra Punta della Chiappa e Sestri Levante (Mar Ligure): profilo ecotipologico e proposta di carta bionomica. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova,* 52suppl.: 213-231.

Ollivier, G. 1929. Etude de la flore marine de la Côte d'Azur. *Ann. Inst. océanogr. Monaco,* 7/3: 173 pp.

Pérès, J.M. 1967. The mediterranean benthos. *Océanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 5:* 449-533.

Relini, M. & G. Torchia. 1992. Prima segnalazione di *Caulerpa taxifolia* in acque italiane. *Doriana, sappi. Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova,* 6: 1-4.

Tortonese, E. 1962. Recenti ricerche sul benthos in ambienti litorali del mare Ligure. *Pubbl. stai. zool. Napoli,* 32 suppl.: 99-116.

Tunesi, L. 1993. Problemi connessi alla presenza di *Caulerpa taxifolia* (Vahl.) C. Agardh sui fondali del mar Ligure. *Quaderno ICRAM:* in stampa.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 421 a pag. 430

STUDI SUL TRATTO DI MARE ANTISTANTE LO STABILIMENTO INDUSTRIALE ENICHEM DI PORTO TORRES. QUINDICI ANNI D'INDAGINI.

Andrea Cossu e Bastianina Manca

Dipartimento di Botanica ed Ecologia Vegetale, Università di Sassari

SUMMARY

The creation of the vertical-face breakwater, near the industrial area in Porto Torres completed in 1992. This compromises the water circulation. During the summer there have been fitoplanctonic bloom; the colour of the water has become whitish green and less clear. Because of this a research has begun in order to evaluate the nature and the importance of the phenomenon that causes fitoplanctonic foams and deposits down in the end of the heat exchargers of the sea water in the oil industry.

The work has began since 1991. Among three collection points, two inside of the breakwater, and one outside of the slip, samples are collected once or sometimes twice a month for $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NH_3$, $P\text{-}PO_4$, $P\text{-}PO_4$ tot, $Si\text{-}SiO_2$, and phytoplanctonic chlorophyll *a* analysis; moreover in situ, temperature, oxygen, salinity, pH and Secchi disk measure.

Since 1991 the results have shown an worsening of the sea environment conditions for the reduction of the transparence, the high values of chlorophyll a and oxygen during summer time. The concentration of algal nutrients is high in the winter and low in the summer because of the phytoplancton activity.

The aim of present work is to compare the data with the old ones acquired in the last fifteen years.

1. INTRODUZIONE

Nel 1977 si avvia un'indagine chimico-fisica e biologica sul tratto di mare del porto industriale influenzato dagli scarichi dello stabilimento al fine di valutare gli effetti delle acque industriali del depuratore, in fase di realizzazione (Barone et al. 1985; Giaccone et al, 1980). I risultati evidenziano vari gradi di compromissione di un ampio tratto di mare come conseguenza dello scarico in mare del materiale di dragaggio del nascente porto industriale. La cartografia dei popolamenti bentonici mostra quattro zone a caratterizzazione chimico-fisica e biologica differenti. L'indagine mira anche

alla valutazione dell'impatto ambientale come conseguenza dell'utilizzazione del territorio a terra e a mare sia come sito di un'industria petrolchimica sia come sede di un'infrastruttura portuale di recente costruzione.

Nel 1984 si attiva l'impianto consortile di depurazione. Nel 1987 gli studi sono ripresi in collaborazione con l'allora l'Istituto di Botanica dell'Università di Sassari. Dopo tre anni di funzionamento del depuratore si vuole verificare l'efficacia delle opere di risanamento valutando sia la qualità dell'acqua, sia i popolamenti bentonici in diverse aree. Gli studi mettono in evidenza un miglioramento di alcune zone in particolare del tratto di mare situato a nord-est del porto industriale definito nella precedente indagine particolarmente compromesso (Giaccone et al. 1988). I risultati suggeriscono tuttavia una certa cautela nella progettazione o realizzazione di opere che in qualche modo possano limitare il ricambio in un'area, sicuramente in fase di ripresa, ma che ancora risente degli effetti eutrofici causati dal refluo depurato con trattamento biologico e scarico in riva.

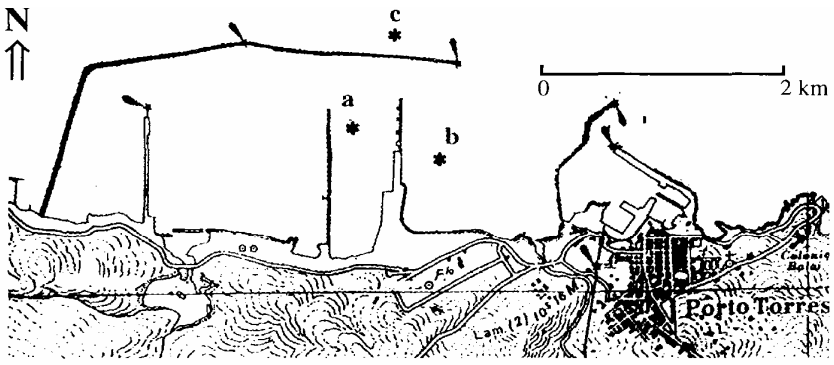


Fig. 1 Area del porto industriale di Porto Torres. Ubicazione delle stazioni: st. a, in prossimità del pontile liquidi; st. b, tra il molo C.A.S.I e il molo del porto civico; st. c, esterna alla diga foranea.

Nel 1992 vengono ultimati i lavori di costruzione della diga foranea che chiude il lato Ovest del tratto di mare (fig. 1); ciò altera la naturale circolazione delle acque e già durante l'estate del 1991, non appena la diga, ancora in fase di costruzione, chiude la darsena, si verificano fioriture fitoplanctoniche che rendono il tratto di mare di colore verde-biancastro, riducendo la trasparenza a pochi centimetri di profondità. Nella darsena si attinge e si scarica l'acqua di mare per lo scambio termico del complesso e inoltre si scarica l'acqua dolce trattata nel depuratore consortile. Imponenti schiume e maleodoranti depositi di fitoplancton si manifestano a valle degli scambiatori di calore degli stabilimenti petrolchimici. Lo studio viene ripreso all'inizio del novembre del 1991 onde valutare la natura e l'entità del fenomeno.

Il presente lavoro si propone di esporre dei risultati delle recenti indagini, ed inoltre di comparare i dati attuali con i pregressi in rapporto al mutato assetto a terra e a mare che questo territorio ha subito in questi ultimi quindici anni.

2. METODI

Sulla base delle precedenti esperienze e della localizzazione delle stazioni delle cam-

pagne del 1978 e del 1987, sono fissati tre punti di prelievo (fig. 1); la stazione a, ubicata all'interno della darsena portuale, in prossimità del pontile liquidi; una seconda (stazione b), tra il molo del porto civico e il pontile C.A.S.I., una terza (stazione e) come punto di controllo, in una zona non influenzata da scarichi industriali, esterna alla diga foranea.

Il periodo d'indagine va dal novembre del '91 al settembre del '92. Le acque destinate alle analisi sono prelevate a cadenza mensile e talvolta quindicinale con una bottiglia di Niskin ogni 2,5 m di profondità. Si valuta la composizione qualitativa e quantitativa dei popolamenti fitoplanctonici, le quantità di $N\text{-}N0_3$, $N\text{-}N0_2$, $N\text{-}NH_3$, $P\text{-}P0_4$, $P\text{-}P0_4$ tot., silice reattiva, clorofilla *a* fitoplanctonica (Strikland-Parsons, 1972). Si utilizza inoltre una sonda multiparametrica per rilevare i profili di temperatura; ossigeno disciolto, sia come come percentuale di saturazione sia come concentrazione; salinità; pH; torbidità; la trasparenza dell'acqua si misura con il disco di Secchi; nella stazione esterna si analizza soltanto il campione di superficie e quando le condizioni meteo-marine lo rendono possibile, viene impiegata la sonda multi parametrica. Sono in corso inoltre misure di composizione, densità e biomassa del fitoplancton che saranno oggetto di un successivo lavoro.

3. RISULTATI

Vengono riportate le variazioni della temperatura in funzione della profondità e del tempo della stazione interna (fig.2). L'area in bianco al centro della figura indica il periodo di non funzionamento della sonda (da febbraio ad aprile). L'andamento del parametro evidenzia il passaggio da una situazione di omeotermia in inverno ad una stratificazione estiva intorno a tre metri di profondità come altresì una meno marcata intorno a quindici metri.

La trasparenza (fig. 3a) mostra per la stazione a e b valori sempre molto contenuti con una media annuale inferiore ai 4 m e minimo di un metro di profondità a giugno; la stazione b presenta valori leggermente più elevati. La stazione e esterna mostra valori sempre più elevati e per quasi tutto l'anno è visibile nitida-

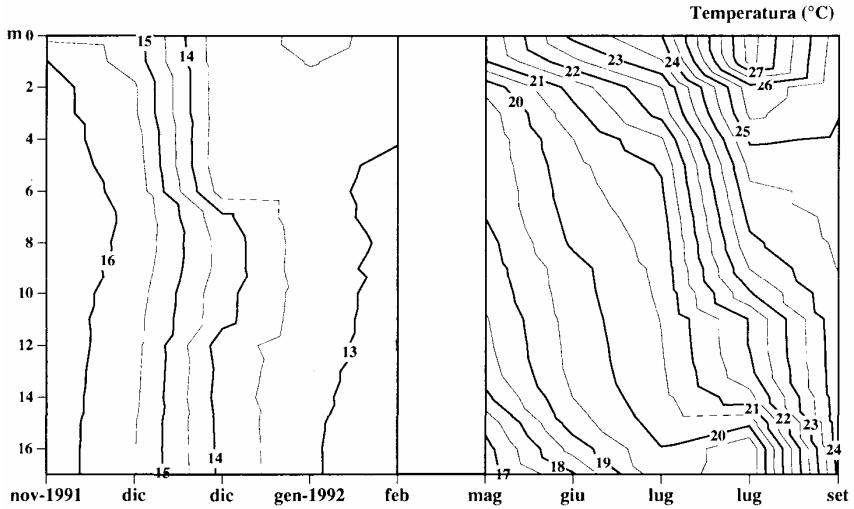


Fig. 2 - Andamento della temperatura nella stazione a

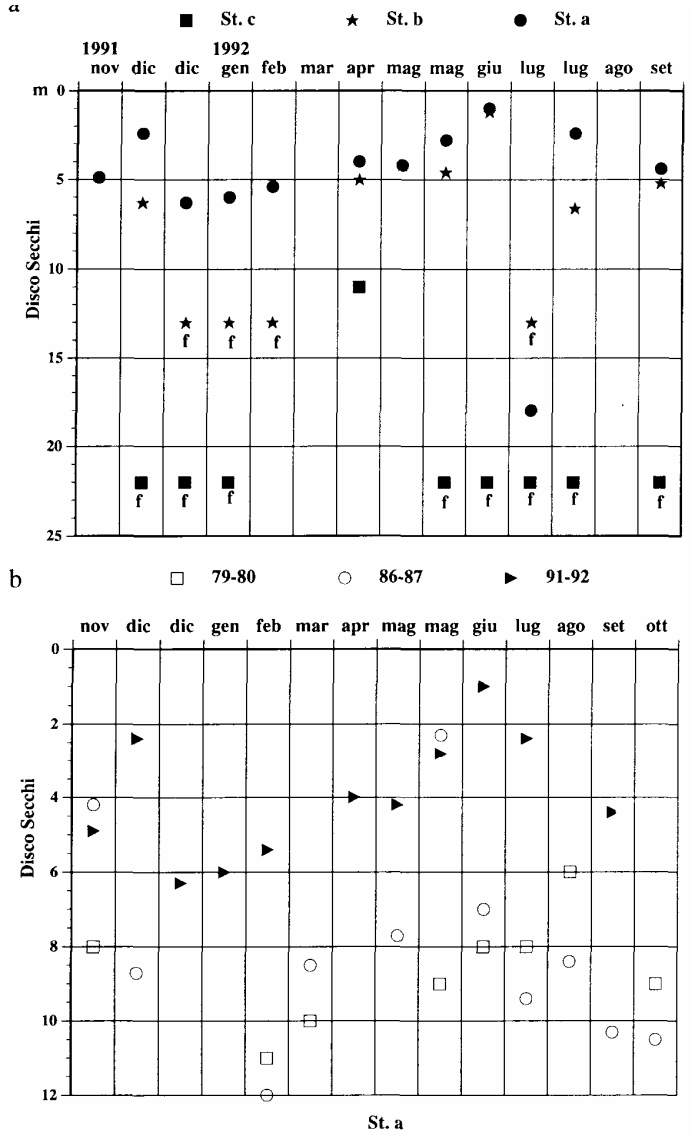


Fig. 3 (a) - Valori di trasparenza nelle tre stazioni nella campagna 91-92; f, fondo; (b) confronto tra le diverse campagne di capionamento nella stazione a

mente il fondale. Il confronto delle tre campagne nella stazione a evidenzia altresì una forte diminuzione della trasparenza nel 1991-92 (fig. 3b).

L'ossigeno (fig. 4) presenta nella stazione a valori sempre superiori a 100% di saturazione su tutta la colonna d'acqua; quelli più elevati sono in superficie dove si raggiungono i massimi con oltre 150% nel periodo invernale; non si evidenziano significative differenze negli strati più superficiali tra le stazioni a e b.

L'evoluzione temporale della colonna d'acqua della stazione a, relativamente al $P\text{-}PO_4$ (fig. 5), evidenzia come le concentrazioni del nutriente algale risultino significative solo durante il periodo invernale. Il massimo si raggiunge negli strati superficiali nel campionamento di novembre, con valori di oltre 2,5 µg $P\text{-}PO_4$ l^{-1}. Successivamente esso diminuisce fino a gennaio dove raggiunge valori al limite della sensibilità del metodo (<0,5 µg $P\text{-}PO_4$ l^{-1}).

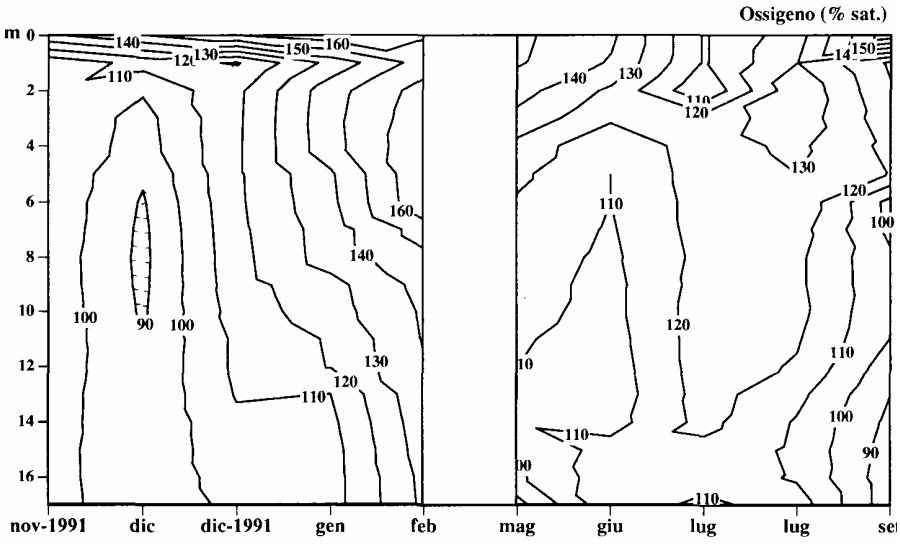


Fig. 4 - Andamento dell'ossigeno (percentuale di saturazione) nella stazione a

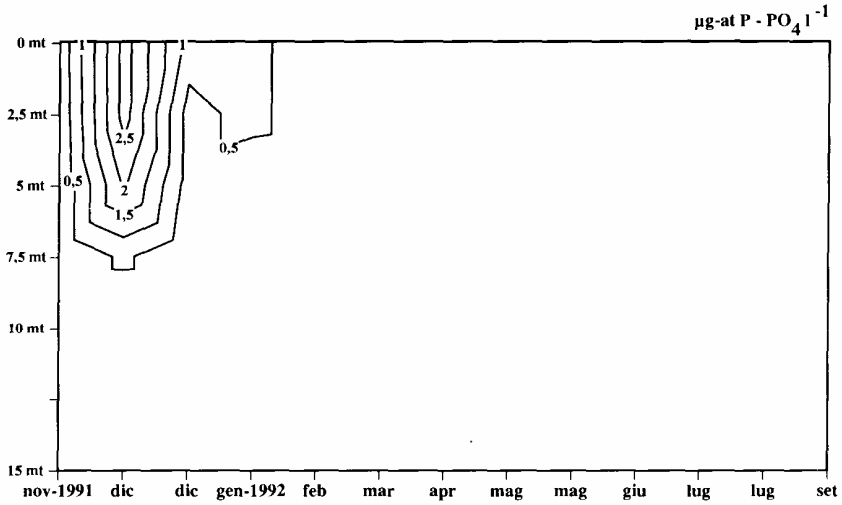


Fig. 5 - Andamento del P-PO_4 nella stazione a

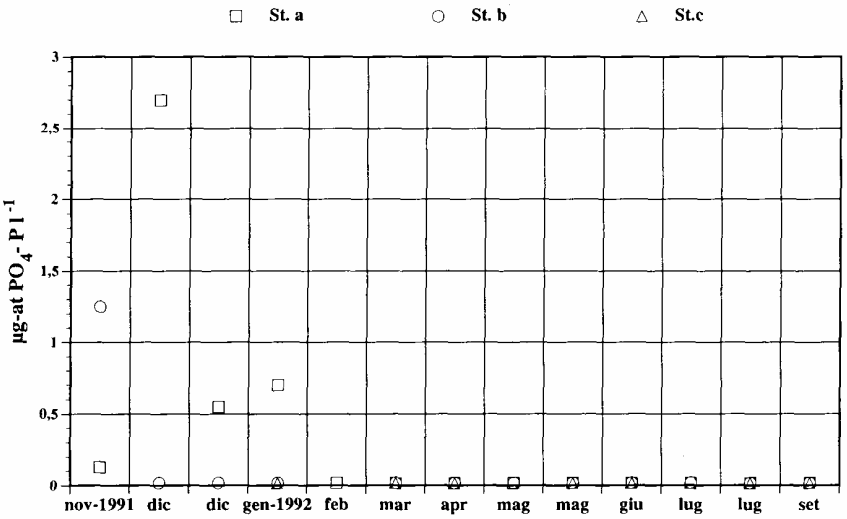


Fig. 6 Valori di P-PO_4 nelle tre stazioni nella campagna 91-92. (Media 0 - 2,5 m)

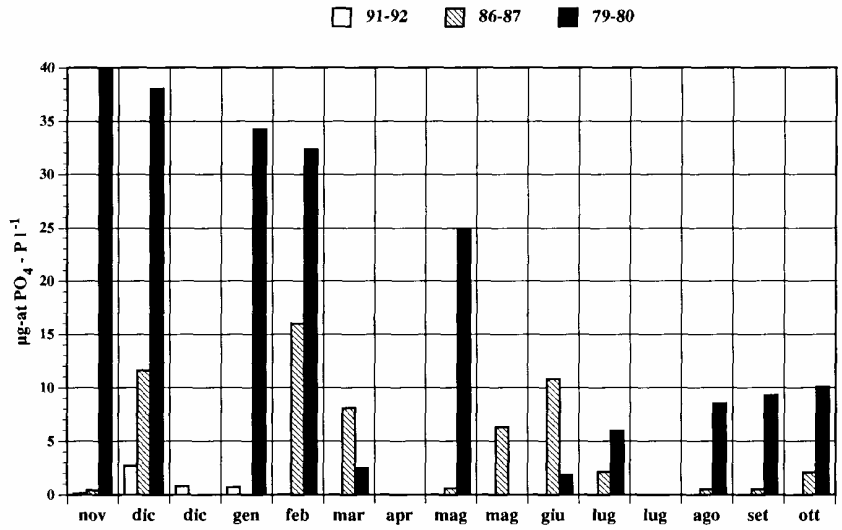


Fig. 7 - Confronto del P-PO_4 tra le diverse campagne nella stazione a

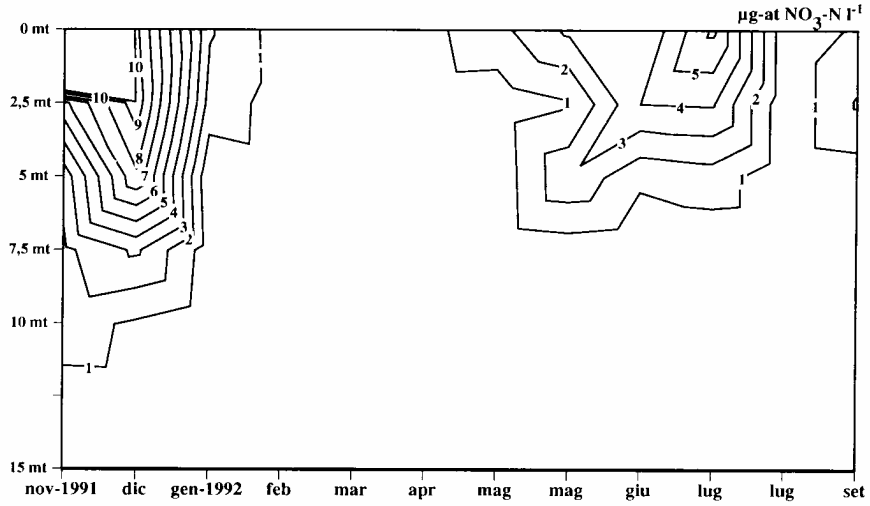


Fig. 8 - Andamento del N-NO_3 nella stazione a

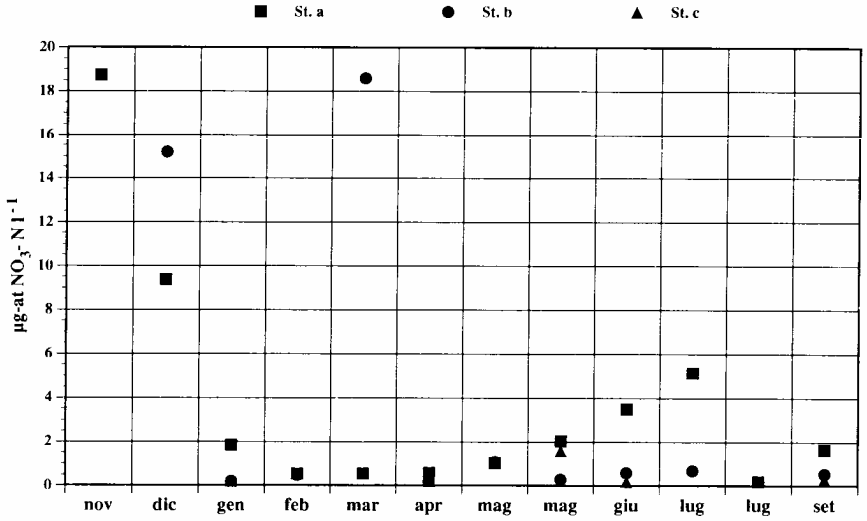


Fig. 9 - Valori di N-NO_3 nelle tre stazioni (campagna 91-92; media 0 - 2,5 m)

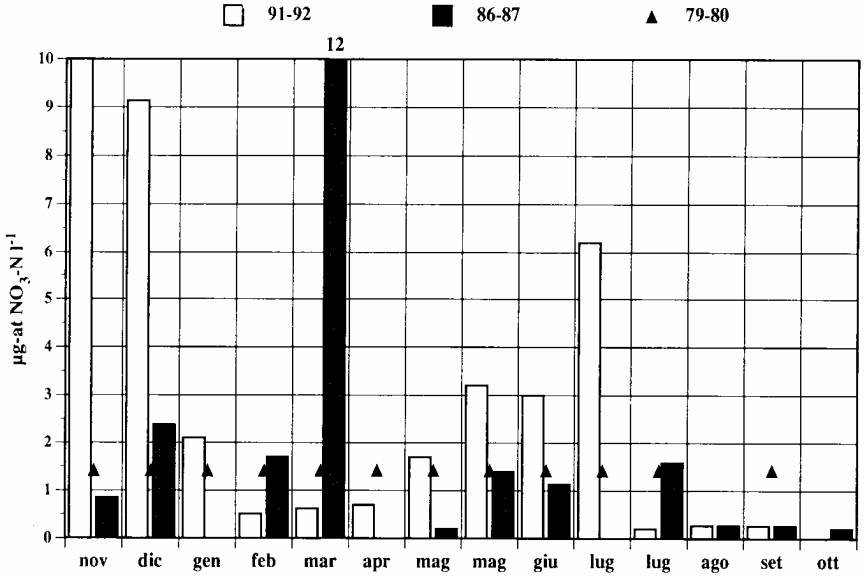


Fig. 10 - Confronto delle concentrazioni di N-NO_3 tra le diverse campagne nella stazione a

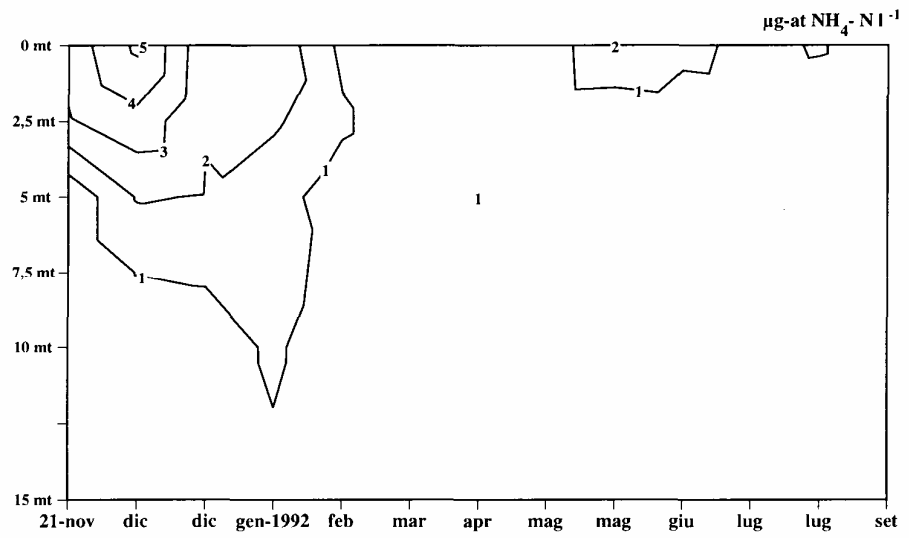


Fig. 11 - Andamento del N-NH_4^+ nella stazione a

Tale situazione si protrae per il restante periodo dell'anno. La stazione a (fig. 6) presenta valori invernali superficiali superiori alle altre due stazioni. Significativa appare la diminuzione progressiva del nutriente dal '80 ad oggi nella st. a (fig. 7); le concentrazioni registrate in quell'anno infatti risultavano molto elevate, con valori massimi invernali di oltre 40 µg P-PO_4 l^{-1} , una diminuzione consistente si registra anche nella campagna 86-87 dove il valore massimo nello stesso periodo dell'anno è stato di 15 µg P-PO_4 l^{-1}. Il fenomeno è da porre in relazione alla cessata movimentazione della fosforite, materia prima dello stabilimento.

L'andamento temporale dell' azoto nitrico ed ammoniacale nella stazione a (figg. 8 e 11) presenta delle analogie; infatti i due parametri mostrano il massimo della concentrazione nel periodo invernale nel mese di dicembre rispettivamente con oltre 30 µg N-NO_3 l^{-1} e oltre 5 µg N-NH_4^+ l^{-1} negli strati più superficiali; si registra poi una graduale diminuzione fino al mese di febbraio con valori inferiori rispettivamente a 1 µg N-NO_3 l^{-1} e

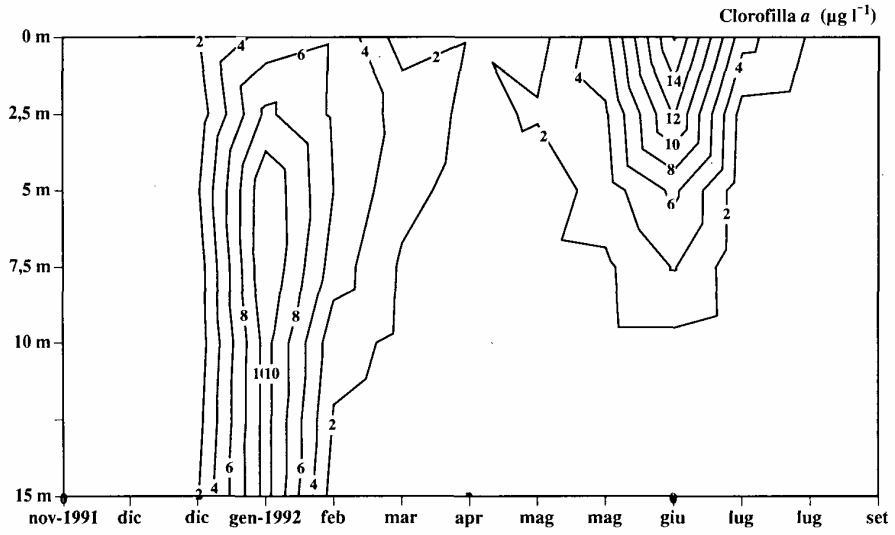


Fig. 12 - Andamento della clorofilla *a* fitoplanctonica nella stazione a

oltre 1 µg $N\text{-}NH_4^+$ l^{-1}; a partire da maggio l'azoto nitrico tende nuovamente ad aumentare fino a 6 µg $N\text{-}NO_3$ l^{-1}alla fine del mese di giugno. Tale aumento è presente ma molto meno consistente per l'azoto ammoniacale. La stazione a registra i valori più elevati di $N\text{-}NH_4^+$ ma solo nel periodo invernale. Come per il fosforo ortofosforico nella st. a anche per l'azoto ammoniacale si evidenzia la diminuzione progressiva del nutriente dal '80 ad oggi; opposta invece è la tendenza dell'azoto nitrico (figg. 9 e 10) che risulta, nell'ultima campagna, in netto aumento.

La clorofilla *a* fitoplanctonica (fig. 12) nella stazione a mostra valori elevati da dicembre a febbraio, superiori a 10 µg l^{-1}su quasi tutta la colonna d'acqua e da maggio a luglio (15 µg l^{-1}), solo nei primi 5 m. Questa stazione registra altresì i valori più elevati rispetto alle altre; appena dosabile è sempre nella stazione e esterna alla diga (fig. 13).

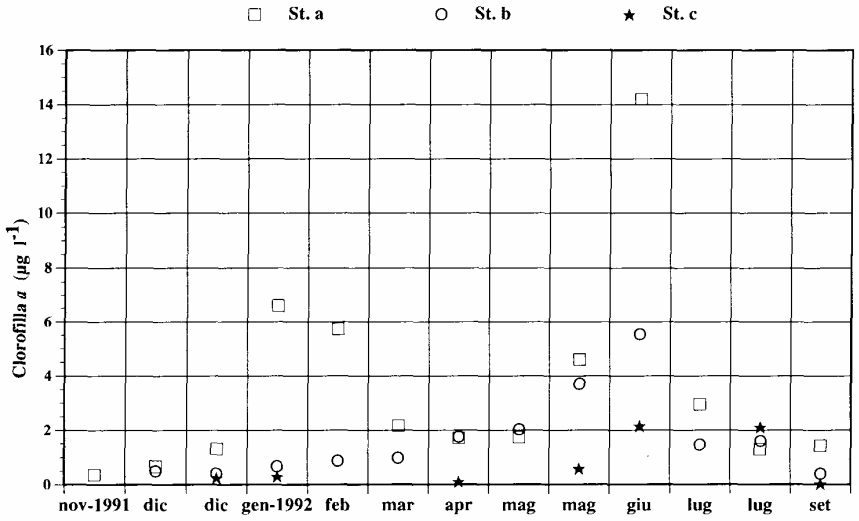


Fig. 13 - Valori di clorofilla *a* fitoplanctonica delle tre stazioni (campagna 91-92; media 0 - 2,5 m)

Le tre campagne (fig. 14) evidenziano una tendenza della darsena portuale ad un significativo aumento della concentrazione della clorofilla a, infatti quasi tutti i valori mensili del periodo '91-'92 sono superiori a quelli degli stessi mesi delle precedenti campagne.

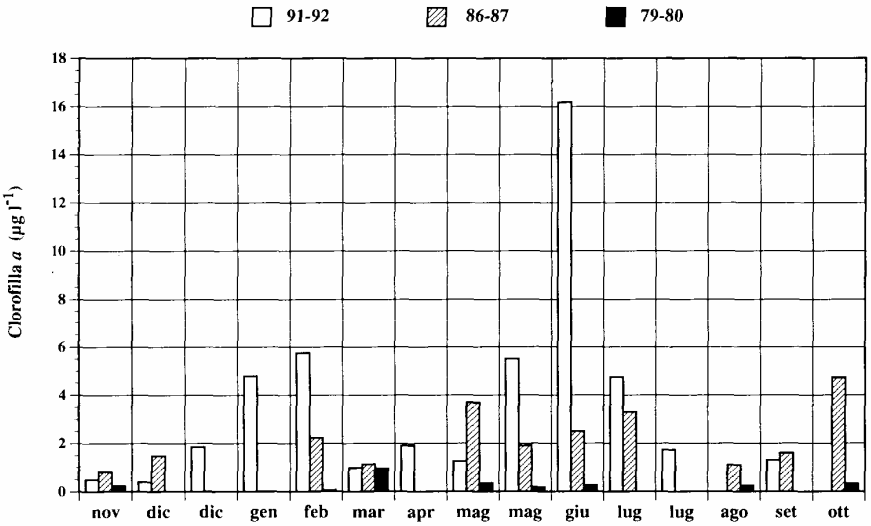


Fig. 14 - Confronto della clorofilla *a* fitoplanctonica tra le diverse campagne nella stazione a

4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La prima evidente deduzione che si può trarre dall'analisi dei dati è che la chiusura del lato ovest con il radicamento a terra della diga foranea ha causato un complessivo peggioramento delle condizioni ecologiche del sito. Il diminuito ricambio idrico conseguente al confinamento del tratto di mare determina un consistente impatto dei nutrienti algali, soprattutto della frazione dell'azoto. Nell'area si manifesta una notevole proliferazione fitoplanctonica segnalata dagli alti valori della clorofilla *a* registrati nella stazioni a e, anche se in minor misura nella stazione b; i valori della stazione esterna alla diga (st. e) sono sempre bassi. Benché il tenore degli ortofosfati sia diminuito nel tempo, è aumentato decisamente quello dei nitrati. Il temuto effetto eutrofizzante già annunciato nella campagna del 86-87 si è puntualmente verificato. La situazione allora descritta all'interno della darsena era non ottimale e risentiva dei nutrienti derivanti dal refluo depurato. La creazione di un ambiente chiuso ha determinato l'instaurarsi di un reattore biologico in cui il tempo di residenza delle acque è considerevolmente aumentato abbassando la soglia di innesco dei fenomeni legati all'eutrofizzazione. I blooms algali si verificano improvvisi; da una analisi preliminare dei dati relativi alla concentrazione e alla biomassa del fitoplancton, si evidenzia una grande dinamicità dei popolamenti. Si registrano infatti fioriture improvvise che raggiungono in qualche caso, densità di 20-25 milioni di cellule per litro in pochi giorni. Tali blooms sembrano legati alle condizioni meteomarine e si verificano in calma di vento. Quando questo si leva con una certa intensità, essi scompaiono rapidamente, poiché le correnti superficiali creano un adeguato ricambio nell'area portuale. I canali sottomarini, pur presenti nel radicamento a terra della diga foranea, non sembrano sufficienti a garantire un efficiente ricambio in condizioni di stasi meteorologiche con blande correnti superficiali pur presenti nell'area (Canò e Stocchino, 1966; ENEL-CRIS, 1988).

Un miglioramento dell'area potrebbe derivare dall'intercettazione del refluo del depuratore e scarico mediante una condotta di diffusione opportunamente ubicata al di fuori della diga foranea; restano tuttavia degli aspetti che andrebbero approfonditi quali la dinamica delle masse d'acqua in ingresso e in uscita dall'area in oggetto, il carico interno dei nutrienti legati al sedimento, l'influenza del vicino Rio Mannu, non che la valutazione dell'impatto derivante dal riscaldamento e rimescolamento generato dalle cospicue masse d'acqua (40.000 m^3 h^{-1}) utilizzate per gli scambiatori di calore degli impianti.

BIBLIOGRAFIA

Barone, R., R. Delorenzo, D. Drago, G. Giaccone & P. N. Muscetta. 1985. Metodi per la valutazione dell'impatto ambientale a mare: La cartografia biocenotica. *Ingegneria Ambientale* 14(10): 563-572.

Cano', M. & C. Stocchino. 1966. Sulla circolazione delle correnti nel Golfo dell'Asinara e nelle Bocche di Bonifacio. *Atti dell'Ass. Geofìsica Ital.* VI.

ENEL-CRIS. 1988. IV Campagna di idrografia marina di Fiume Santo nella zona del Golfo dell'Asinara indicata dal PEN, per il raddoppio dell'impianto termoelettrico. Relazione.

Giaccone, G., R. Barone, R. Delorenzo & P. N. Muscetta. 1980. Effet des polluants pétrolchimiques sur les végétaux marms de Porto Torres (Sardaigne, Italie): Méthodologie d'analyse et d'interprétation des données. *CIESM - V° Journées d'études sur les pollutions marines en Méditerranée.* Cagliari 9-13 octobre 1980: 87-94.

Giaccone, G., A. Cossu, R. Delorenzo, D. Drago & P. N. Muscetta. 1988. Studio di impatto ambientale nerll'area portuale antistante lo stabilimento industriale EniChem di Porto Torres. *Boll Soc. Sarda Sci. Nat.,* 26:43-67.

Strickland, J. D. H & T. R. Parsons : 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. *Fischeries Research of Canada* - Bulletin 167 Secon Edition. 322 pp.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 431 a pag. 440

ALCUNE OSSERVAZIONI SU DIVERSI TIPI DI MUCO PRESENTI NEL GOLFO DI TRIESTE (NORD ADRIATICO)

Chiara WELKER

Laboratorio di Biologia Marina - Strada Costiera 336 - 34010 Trieste

SUMMARY

Simple and complex polysaccharides are liberated by a large number of taxonomically diverse algae. A variety of complex structural polysaccharides produced by green, brown and red seaweeds are released through the cell membranes to form the cell wall matrix. This substances may be considered extracellular products, and may account for part of the large quantities of polysaccharide materials released by seaweeds into the aquatic environment under various conditions.

The aim of this work is to investigate the specific variability in natural mucous populations present in the Gulf of Trieste, identify corrispondence with similar phenomena in other seas (e.g. Tirrenian Sea) and identify the chemical nature of polysaccharides present in mucous aggregates.

Three different mucous forms were collected in the Gulf of Trieste in Summer 1992.

The first is a "planktonic form", well known like "marine snow", the second is a "metaphytic form" present on algae and marine Phanerogames and the third is a "benthic form" present on artificial surfaces.

The "planktonic form" is caracterized by the presence of planktonic organisms like centric and pennate diatoms, coccolitophorideae and dinoflagellates.

The "metaphytic form" and the "benthic form" are instead formed by macroalgae *(Chlorophyta* and *Phaeophyta)* but diatoms and other microalgae are present and contribute to enrich the mucous aggregates.

Although, using histochemical techniques, the presence of anionic molecules were detected in all three mucous forms.

1. INTRODUZIONE

La composizione dei vari tipi di muco presenti in natura è estremamente variabile.

Il muco può essere definito come attributo ubiquitario in tutto il mondo algale (Boney, 1981), ma anche protozoi ciliati, flagellati (Guillard & Wangersky, 1958) ed altri microrganismi sono in grado di produrre essudati.

La funzione di tali essudati può essere sia strutturale (Percival & McDowell,1967), sia di protezione (Chamberlain, 1976), sia indotta da stress fisiologici (Lewin, 1955; Myklestad & Haug, 1972).

Le secrezioni di natura citoplasmatica (Daniel, 1983; Welker et al., 1992) sono legate a diversi sistemi, organali ed apparati. Tali secrezioni possono dare origine a delle componenti strutturali ben distinte o rimanere a livello di componente di matrice.

Si hanno così caratteristiche strutture morfologiche, quali peduncoli e cuscinetti per l'adesione al substrato e guaine per la formazione di colonie, mentre secrezioni mucose di matrice si trovano legate a fenomeni di locomozione (Hopkins, 1967), di veicolazione di sostanze, di riproduzione e attivazione di gameti (Claes, 1971) e spore (Boney, 1981).

In buona parte il muco è costituito da molecole polisaccaridiche cariche o neutre e tale natura può essere evidenziata mediante coloranti istochimici elettivi.

Lo scopo del presente lavoro è quello di caratterizzare i diversi tipi di muco, presenti in natura nel Golfo di Trieste, in relazione alla forma ("dispersa", "metafitica", "bentonica") e alle eventuali corrispondenze specifiche con analoghi fenomeni presenti in altri mari del bacino Mediterraneo (es. Tirreno, 1991, Sartoni & Sonni, 1991) e di investigare sulla natura istochimica delle diverse componenti.

2. MATERIALI E METODI

II materiale esaminato è stato raccolto, mediante immersioni con A.R.A., nel mese di giugno 1992 nel Golfo di Trieste, in due stazioni poste a 200 metri da riva, a profondità comprese tra i -5 ed i -15 metri (Fig. 1).

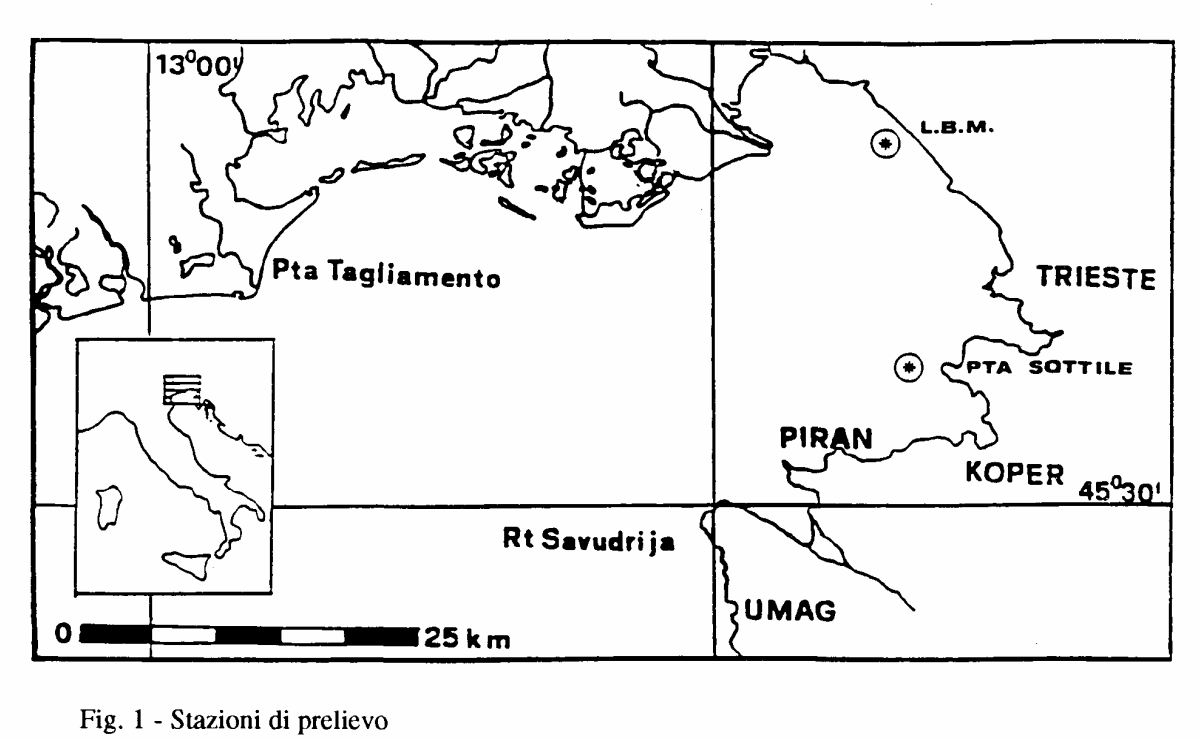


Fig. 1 - Stazioni di prelievo

La forma "dispersa" (neve marina) è stata prelevata mediante siringa (in plastica) da 5 ml, ed è stata rilevata la densità degli aggregati mediante un reticolo graduato costituito da quattro quadrati di 15x 15 cm.

Il muco bentonico, le macroalghe e le foglie di *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers. sono state raccolte direttamente.

Il materiale è stato quindi fissato in una soluzione di acqua di mare e formalina al 4%, tamponata con esametilentetramina.

Per le caratterizzazioni istochimiche elettive sono stati utilizzati i seguenti coloranti:

- Ruthenium Red (Blanquett, 1976);
- Alcian Blue 8GX (Barka & Anderson, 1963).

I campioni sono stati osservati e fotografati utilizzando un Microscopio Ottico Leitz Diaplan dotato di macchina fotografica Wild Photoautomat.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

L'osservazione diretta in mare, in immersione, ha permesso di evidenziare tre diversi aspetti del muco presente in natura nel Golfo di Trieste.

Nella colonna d'acqua è stata osservata una forma "dispersa" (3.1.), quindi libera, nota come neve marina e presente in tutti i mari ed oceani. La comparsa di tali formazioni è un fenomeno ben conosciuto, infatti la produzione di muco da parte di diatomee è del tutto naturale, si verifica ogni estate e viene segnalata costantemente, in dimensioni e densità variabili, sia dagli studiosi che dai pescatori.

Passando al fondo è stata notata una forma ancorata, "metafilica" (3.2.) (sensu Round, 1981) su varie macroalghe ma soprattutto su fanerogame marine ed ancora una forma ancorata, "bentonica" (3.3.) (Sartoni & Sonni, 1991) rilevata sui moduli di una struttura artificiale sommersa.

3.1. Forma "dispersa"

La forma "dispersa" rinvenuta, è costituita da piccoli filamenti della lunghezza di circa 5-7 cm e del diametro di 0.3-0.5 cm, di colore biancastro, scala Seguy (1936) n. 235, distribuiti uniformemente nella colonna d'acqua dai -5 m al fondo (-15 m) e con densità abbastanza variabile di circa 30-40 fiocchi su una superficie rilevata di 15x15 cm (Fig.2).

Tali filamenti, all'osservazione microscopica appaiono caratterizzati floristicamente dalla presenza di:

a) diatomee centriche del genere *Chaetoceros* Ehr., con la predominanza delle specie *C. lauderi* Cleve e *C. decipiens* Cleve (Fig. 3) e *Leptocylindrus* Cleve, con la predominanza della specie *L. danicus* Cleve;

b) diatomee pennate del genere *Nitzschia* Hassall e da *Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reimann & Lewin;

e) dinoficee, tra cui il genere *Prorocentrum* Ehr., con le specie *P. micans* Ehr. e *P. minimum* (Pav.) Schill;

d) coccolitoforidee, cianoficee, exuvie di copepodi e larve di Policheti, a diversi stadi di sviluppo, si trovano inglobati all'interno della massa mucillaginosa.

Gli organismi osservati appaiono con cloroplasti e contenuto citoplasmatico intatti e così pure le componenti diatomologiche mostrano una normale silicificazione del frustulo.



Fig. 2 - Filamenti mucillaginosi nella colonna d'acqua

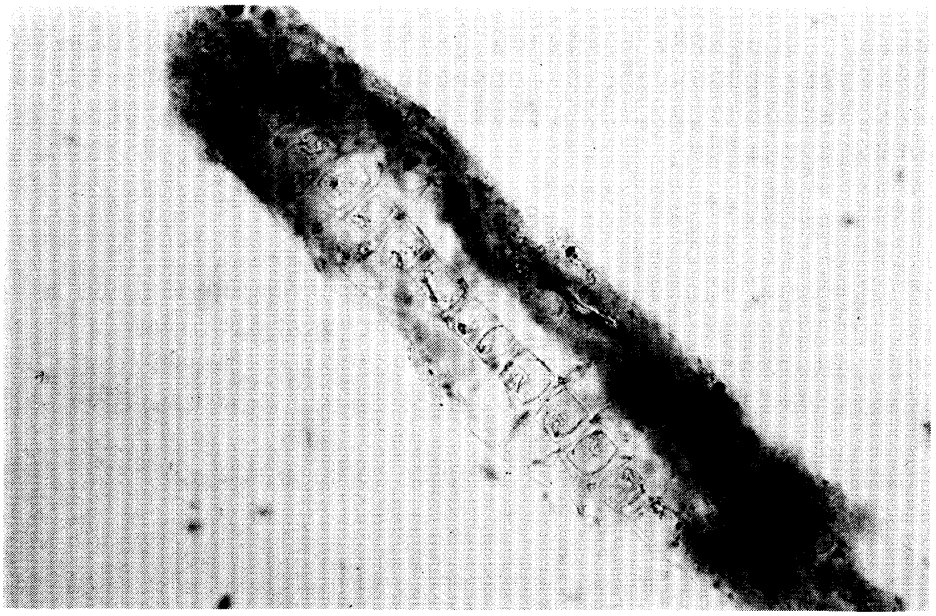


Fig. 3 - *Chaetoceros decipiens* Cleve inglobato nella matrice mucillaginosa (x 500)

3.2 Forma "metafitica"

Di tutt'altra natura appare invece la forma "metafitica" ben evidente su macroalghe (ad es. *Gracilaria verrucosa* (Hud.) Papenfuss) ma soprattutto su fanerogame marine (ad es. *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers.) (Fig. 4) dove si presenta ben adesa alla porzione distale della pagina adassiale della foglia. Tali formazioni metafitiche di colore giallognolo, scala Seguy (1936) n. 262, vanno a costituire una sorta di feltro particolarmente sviluppato dato da una struttura fibrillare reticolata.

L'analisi microscopica rivela che il feltro mucoso è costituito propriamente dal groviglio di una alga verde del genere *Cladophora* Kütz. in condizioni di clorosi avanzata, le cellule infatti sono in parte depigmentate, più o meno deteriorate oltre che a

loro volta massicciamente epifitate da diatomee del genere *Cocconeis* (Ehr.) (Fig. 5) come anche da forme filamentose e coloniali di cianoficee, diatomee come *Licmophora* Agardh e *Navicula* Bory. Frammenti di macroalghe contribuiscono a dare consistenza a tale denso reticolo mucoso.

Questo eterogeneo popolamento algale si addensa ulteriormente sia per la presenza di particellato inorganico sospeso che si accumula, nel groviglio, per l'azione di filtraggio esercitata dai filamenti algali, che per la presenza di macrofauna e meiofauna inglobata all'interno (es. Nematodi).



Fig. 4 - Formazioni "metafitiche" su *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers.

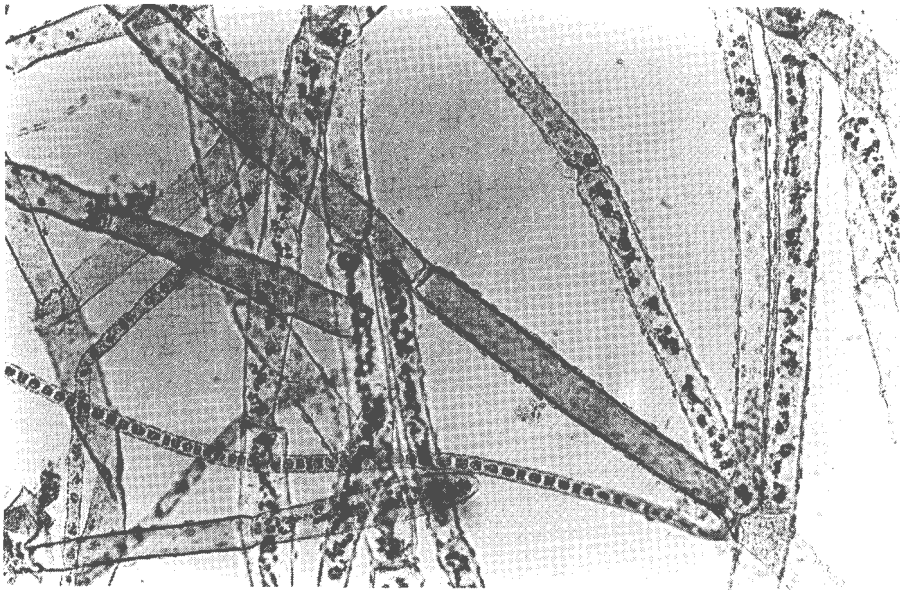


Fig. 5 - *Cladophora* sp. Kützing (*Chlorophyta*) in condizioni di clorosi avanzata (x 312.5)

3.3. Forma "bentonica"

Le abbondanti formazioni mucillaginose bentoniche presenti sulla barriera artificiale posta nelle vicinanze del Laboratorio di Biologia Marina, sembrano essere molto simili a quelle riscontrate lungo le coste toscane nell'estate 1991 (Sartoni & Sonni, 1991).

Per inciso ricordiamo che tale struttura sommersa, costituita da moduli di cemento è stata posizionata di recente, a partire dall'estate 1989, per cui la colonizzazione è alle prime fasi di copertura (Falace & Bressan, 1990; Falace & Bressan, in press).

Nel mese di giugno le pareti orizzontali di questa struttura erano ricoperte da un fitto tappeto mucoso alto 10-15 cm. e di colore bruno grigiastro, scala Seguy (1936) n. 703. Le pareti verticali invece erano colonizzate per lo più da animali e solo piccole frange mucose ricadevano a livello degli spigoli.

Ad un esame diretto tali formazioni apparivano colonizzate da macrofauna (es. Nematodi) e ricoperte da una notevole quantità di sedimento, frammenti di macroalghe ed aghi di pino (Fig. 6).

Analogamente ai popolamenti mucillaginosi metafitici (sensu Round, 1981) del Tirreno, il groviglio è generato da una macroalga bruna dell'Ordine delle *Ectocarpales (Phaeophyta)* molto simile ad *Acinetospora crinita* (Carm.) Sauvageau rinvenuta da Sartoni & Sonni (1991) lungo le coste toscane nell'estate 1991.

L'esame microscopico della componente strutturale permette di rilevare come le cellule algali siano normalmente pigmentale, con contenuto citoplasmatico e con organi riproduttivi evidenti, distinti in sporocisti pluriloculari e monoloculari, sia sessili che peduncolate (Fig. 7).

Diatomee e cianoficee, oltre a notevole quantità di particellato, contribuiscono, anche in questo caso, a dare consistenza all'insieme mucoso.

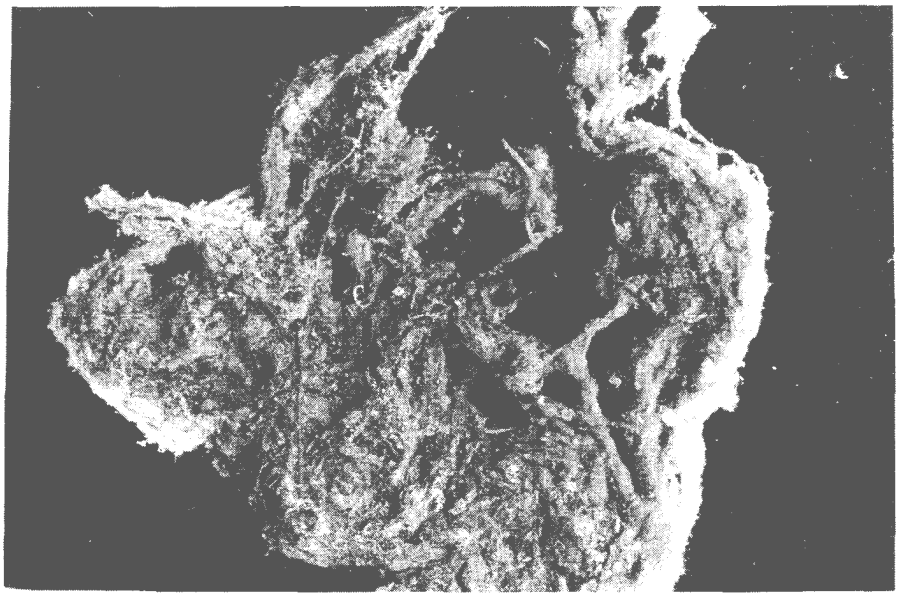


Fig. 6 - Formazioni mucillaginose bentoniche

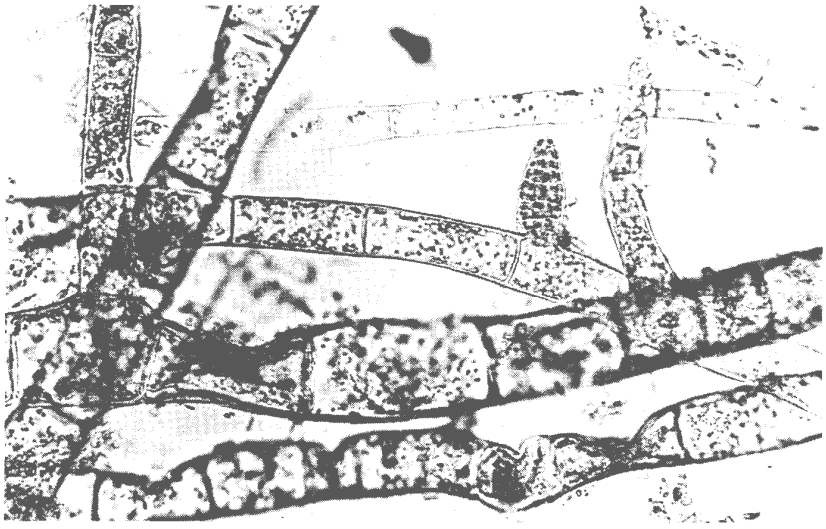


Fig. 7 - Alga bruna dell'Ordine delle *Ectocarpales* (*Phaeophyta*) (x 312.5)

3.4. Caratterizzazioni istochimiche

Al fine di cogliere una possibile somiglianza a livello di componente mucosa tra queste tre forme, tanto diverse per origine e struttura, si è cercato di caratterizzare la natura istochimica delle relative macromolecole mediante colorazioni elettive specifiche.

L'impiego di coloranti altamente selettivi, ha permesso di mettere in luce come tutti i campioni presentino polisaccaridi anionici.

Nella forma "dispersa" (3.1.), non si nota la formazione di alcuna struttura morfologica evidente, ma la secrezione polisaccaridica rimane in questo caso una indistinta componente di matrice di natura fibrillare.

Al contrario, sia nella forma "metafitica" (3.2.) che in quella "bentonica" (3.3.), tali macromolecole entrano a far parte di una vera e propria struttura, la parete cellulare, e possono essere in tal modo considerati polisaccaridi strutturali (Fig. 8).

Della stessa natura appaiono anche le macromolecole polisaccaridiche rinvenute nelle guaine delle cianoficee filamentose e nelle strutture di sostegno e di adesione delle diatomee coloniali che contribuiscono a dare consistenza al denso reticolo mucoso.

Tali diverse strategie di produzione e liberazione dei polisaccaridi sono legate alle caratteristiche proprie della specie al gale (Percival & McDowell, 1967) ed alle condizioni ambientali (Lewin, 1955).

La quantità di materiale rilasciato nell'ambiente dalle microalghe può rappresentare una frazione considerevole della sostanza organica prodotta (Lewin, 1956).

Infatti alcune alghe sono in grado di rilasciare tali sostanze già durante la fase attiva di crescita (es. *Chlamydomonas* sp.), mentre altre producono polisaccaridi extracellulari solamente quando entrano nella fase stazionaria (es. *Isochrysis* sp., *Dunaliella tertiolecta,* Guillard & Wangersky, 1958).

Le macroalghe producono una grande varietà di polisaccaridi complessi che vengono però rilasciati attraverso le cellule per formare poi la matrice della parete cellulare (Percival & McDowell, 1967). In questo caso i polisaccaridi secreti possono essere definiti come una componente strutturale propria dell'alga poiché legata ad un tessuto o localizzata negli spazi intercellulari (Parker & Diboll, 1966).

Tali polisaccaridi costituiscono parte integrante della parete cellulare ma la liberazione di tali sostanze è particolarmente stimolata da condizioni di stress, di senescenza o quando l'alga è in via di decomposizione (Watt, 1969; Guillard & Hellebust, 1971; Mann, 1973) (Fig. 9). Tali sostanze debbono essere così considerate dei prodotti extracellulari che per motivi fisiologici legati a fattori di membrana, vanno a costituire una parte del materiale polisaccaridico rilasciato nell'ambiente.

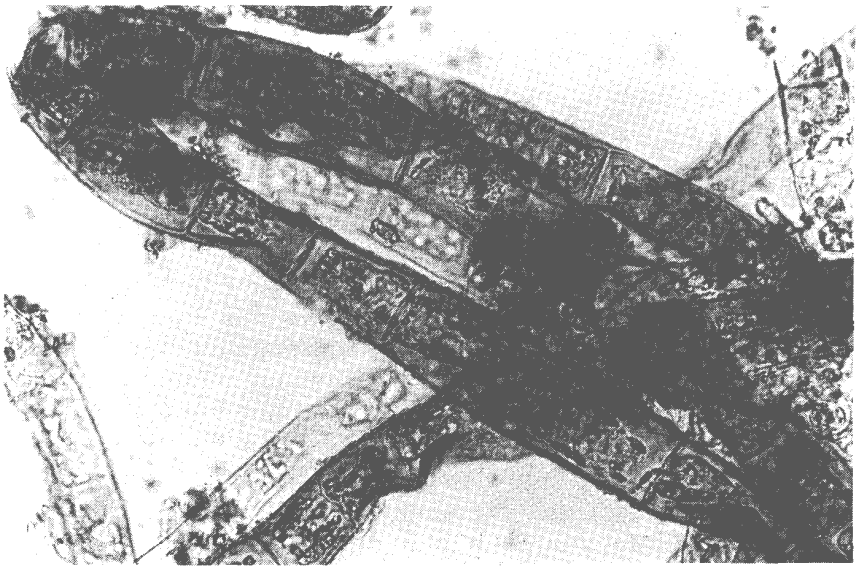


Fig. 8 - Caratterizzazione istochimica (Ruthenium Red) dei polisaccaridi strutturali della forma bentonica (*Ectocarpales*, *Phaeophyta*) (x 312.5)

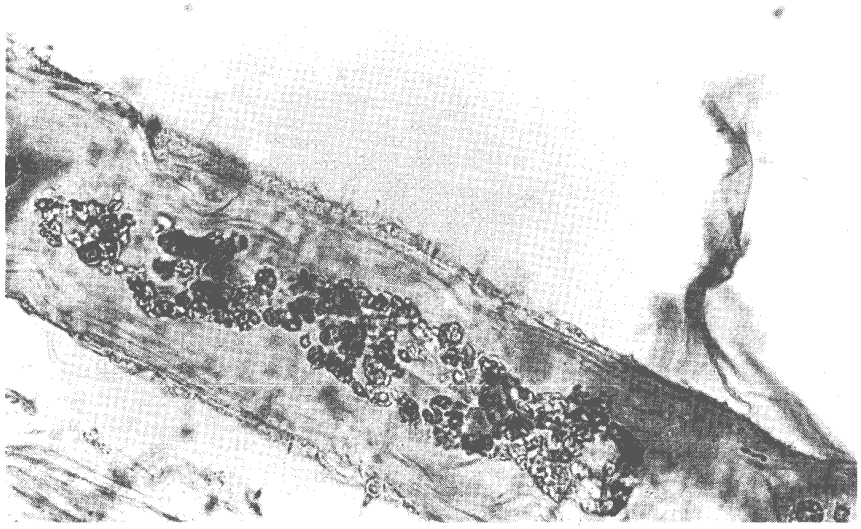


Fig. 9 - Caratterizzazione istochimica (Alcian Blue 8GX) dei polisaccaridi strutturali di *Cladophora* sp. Kützing (*Chlorophyta*), in condizioni di senescenza (x 500)

4. CONCLUSIONI

In conclusione, si può affermare che tutti i popolamenti mucillaginosi rinvenuti nel Golfo di Trieste possono costituire un microcosmo per diversi organismi sia vegetali che animali che progressivamente si aggregano provvedendo ad aumentare la stessa massa mucillaginosa iniziale.

In relazione alla forma "dispersa" tale fenomeno di aggregazione può essere sicuramente imputato alle caratteristiche proprie dei filamenti che spostandosi, per i movimenti della massa d'acqua, entrano in contatto con particellato e vario materiale organico e sono sottoposti all'effetto spugna imputabile alla matrice gelatinosa.

Al contrario, le formazioni mucillaginose "metafitiche", svolgono una azione di filtraggio esercitata dal denso reticolo dei filamenti algali e costituiscono un ambiente favorevole alla vita ed allo sviluppo di stadi iniziali di meiofauna e macrofauna.

Anche se non si conosce molto delle formazioni mucillaginose "bentoniche" che si sviluppano avvolgendo, più o meno completamente, organismi sessili, è stata individuata una parziale corrispondenza a livello tassonomico fra il muco bentonico del Golfo di Trieste ed i popolamenti metafitici rinvenuti lungo le coste toscane ed in altre località tirreniche.

In tutti i casi comunque si è potuto notare che alla base delle formazioni rivenute vi è una componente mucopolisaccaridica di natura acida, che rimane come secrezione di matrice nella forma dispersa, mentre entra a far parte di vere e proprie strutture morfologiche nelle forme ancorate.

Per quanto riguarda il Golfo di Trieste saranno necessarie ulteriori indagini in merito alla proliferazione delle formazioni mucillaginose bentoniche, soprattutto perché non ancora segnalate su substrati naturali. Sarà necessaria una attenta analisi dei diversi stadi di sviluppo delle alghe pluricellulari bentoniche responsabili e delle condizioni ambientali che possono influire sulla comparsa ed il successivo sviluppo di tali aggregati.

Infine, confronti con settori biogeografici diversi, ma vicini, permetteranno una miglior comprensione e controllo del fenomeno che recentemente ha creato numerosi problemi all'esercizio della pesca lungo le coste toscane e tirreniche.

RINGRAZIAMENTI

L'autore desidera ringraziare il prof. G. Bressan per l'aiuto e la lettura critica del lavoro, la prof. S. Fonda Umani per la lettura critica del lavoro, la prof. L. Talarico per i suggerimenti ed il sig. A. Doz per l'assistenza fotografica.

BIBLIOGRAFIA

Barka, T. & P.J. Anderson. 1963. Histochemistry, Hoeber Medicai Division, Harper and Row, Pubbl. New York.

Blanquet, P.R. 1976. Ultrahistochemical study on ruthenium red surface staining. Part II. Nature and affinity of the electron dense marker. *Histochemistry,* 47: 175-189.

Boney, A.D.1981. Mucilage: the ubiquitous algal attribute. *Br. phycol. J.,* 16: 115-132.

Chamberlain, A.H.L. 1976. Algal settlement and secretion of adhesive materials.-In • *Proceeding of the 3rd International biodegradation symposium.* Ed. by J.M. Sharpley & A.M. Kaplan. Applied Science Publ., London: 417-432.

Claes, H. 1971. Autolyse der Zellwand bei den Gameten von *Chlamydomonas reinhardii. Arch. Mikrobiol,* 78: 180-188.

Daniel, G.F.. 1983. The Importance of Diatoms as Marine Fouling Organisms. *Ph.D. Thesis,* Portsmouth Polytechnic.

Falace, A. & G. Bressan. 1990. Dinamica della colonizzazione algale di una barriera artificiale sommersa nel Golfo di Trieste: macrofouling. *Hydrores,* 7 (8): 5-27.

Falace, A. & G. Bressan. In press. Some observations on periphyton colonization of artificial substrates in the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea). In *Proceeding of the 5th International Conference on Aquatic habitat enhancement.* 3-7 november 1991, Long Beach. *Bull. Marine Science* .

Guillard, R.R.L. & P.J. Wrangesky. 1958. The production of extracellular carbohydrates by some marine flagellates. *Limnol. & Oceanogr.,* 3: 449-454.

Guillard, R.R.L. & J.A. Hellebust. 1971. Growth and the production of extracellular substances by two strains of *Phaeocystis poucheti. J. Phycol., 1:* 330-338.

Hopkins J.T. 1967. The diatoms trail. *J. Quekett Microscop. Club,* 30: 209-217.

Lewin, J.C. 1955. The capsule ofthe diatom *Navicula pelliculosa. J. Gen. Microbiol.,* 13: 162-169.

Lewin, J.C. 1956. Extracellular polysaccharides of green algae. *Con. J. Microbiol.,* 2: 665-672.

Mann, K.H. 1973. Seaweeds: their productivity and strategy for growth. *Science,* 182/4116:975-981.

Myklestad, S. & A. Haug. 1972. Production of carbohydrates by the marine diatom *Chaetoceros affinis* var. *willei* (Gran) Hustedt. I. Effect of the concentration of nutrients in the culture medium. /. *exp. mar. Biol. Ecol.,* 9: 125-136.

Parker, B.C. & A.G. Diboll. 1966. Alcian stains for histochemical localization of acid and sulfated polysaccharides in algae. *Phy colo già,* 6: 37-46.

Percival, E. & R.H. McDowell. 1967. Chemistry and enzymology of marine algal polysaccharides. Accademie Press, London & New York.

Round, F.E. 1981. The ecology of algae. University Press, Cambridge.

Sartoni, G. & C. Sonni. 1991. *Tribonema marinum* J. Feldmann e *Acinetospora crinita* (Carmichael) Sauvegeau nelle formazioni mucillaginose bentoniche osservate sulle coste toscane nell'estate 1991. *Inforni. Eoi. hai,* 1/23: 23-30.

Seguy, E. 1936. Code universel des couleurs (720 couleurs). Ed. P. Lechevalier, Paris.

Watt, W.D. 1966. Release of dissolved organic material from the cells of phytoplankton populations. *Proc. R. soc. B.,* 164: 521-551.

Welker, C., Dellavalle G. & G. Bressan. 1992. Light microscope histochemistry of Diatoms in the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.,* 33: 365.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 441 a pag. 450

ALCUNE OSSERVAZIONI SULLA FORMAZIONE DI FILAMENTI MUCOSI IN CONDIZIONI CONTROLLATE

Marina MONTI, Chiara WELKER, Giuseppe DELLA VALLE e Licia CASARETTO

Laboratorio di Biologia Marina - Strada Costiera, 336 - 34010 Trieste

SUMMARY

In May 1992 surface and bottom (16 m) sea water samples were collected in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). The samples (20 litres) were placed in plastic tanks and stored at temperature and light controlled. After ten days a formation of some mucous filamento in bottom water samples occurred. The filaments were observed under light, scanning and transmission microscopes. At fixed intervals subsamples of water were taken for phytoplankton, clorophyll a, and nutrient analyses. Mucus analysis revealed a succession of species in the formation of mucilaginous filaments. Several *Chaetoceros* species were included in the first small aggregates, then pennate diatoms (species *Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reimann & Lewin) formed larger mucous filaments. Differences in nutrient and phytoplankton values between surface and bottom water were detected while SiO_2 followed a similar trend in ali the different tanks. Two hypothesis are discussed. The former considers that mucous formation, in the bottom water, is related to high diatom concentration, supported by high $P\text{-}PO_4$ values. The latter considers two populations of *C.closterium,* separated by a strong picnocline at the sampling time. The mucous formation, in this case, could be attributed to a different reaction, by the two populations, to the same controlled increase of light intensity and temperature.

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni l'Alto Adriatico è stato interessato dalla presenza di imponenti quantità di aggregati mucillaginosi. Tali aggregati sembrano essere della stessa natura di quelli segnalati anche nel secolo scorso nelle acque dello stesso mare (Fonda Umani et al., 1989). Ciò nonostante non si hanno ancora sufficienti elementi per poter spiegare in modo esauriente le cause e la dinamica di formazione di masse imponenti di materiale mucillaginoso.

Gli studi finora condotti si riferiscono soprattutto all'analisi della composizione tassonomica degli aggregati mucillaginosi raccolti in mare (Fanuko et al., 1989; Marchetti et al., 1989; Revelante & Gilmartin, 1990; Stachowitsch et al., 1990; Andreoli et al, 1992; De Angelis & De Angelis, 1992; Honsell & Talarico, 1992; Guerrera et al., 1992; Monti et al., 1992b; Pettine et al., 1992). Le analisi qualitative effettuate hanno presentato sempre notevoli difficoltà perché i fattori che possono influenzare e modificare l'originale natura degli aggregati sono molteplici, quali, ad esempio, la zona di formazione, l'area e le modalità di prelievo, il tempo trascorso in mare, le condizioni meteo-marine etc. Sappiamo inoltre che gli ammassi mucosi costituiscono un

microhabitat estremamente favorevole per differenti comunità di batteri, microalghe e flagellati eterotrofi (Silver et al., 1978; Caron et al, 1982; Alldredge & Youngbluth, 1985; Alldredge et al., 1986; Herndl & Peduzzi, 1988; Lochte, 1991; Volterra et al., 1992), che possono svilupparsi in un secondo tempo e modificarne in tal modo la composizione originaria.

I nutrienti rivestono un ruolo particolarmente importante nella iperproduzione di essudati. Più Autori (Myklestad & Haug, 1972; Myklestad et al., 1989) riportano la diretta correlazione tra tale comportamento e gli squilibri nella disponibilità dei nutrienti. Sembra infatti che in carenza di uno degli elementi nutritivi di base, come il fosforo (Myklestad et al., 1989) o l'azoto (Rinaldi et al., 1990) le diatomee, impedite nella funzione riproduttiva e quindi nella formazione di nuova biomassa, producano polisaccaridi. La carenza di fosfati inibisce o, quantomeno, rallenta la divisione cellulare (Pirson et al., 1952) e favorisce un'accumulo di carboidrati all'interno delle cellule (Kuhl, 1968).

Negli ultimi anni condizioni climatiche particolari hanno influito sulla distribuzione dei nutrienti presenti nell'Alto Adriatico (Degobbis, 1989; Marchetti, 1990; Fanuko & Turk, 1990).

Alcuni dei fattori secondari, che disturbano la reale natura degli aggregati, possono essere eliminati solo lavorando in laboratorio, in condizioni controllate. Studi in merito hanno permesso di comprendere la natura fisica dell'aggregazione della "neve marina" e dei macrofiocchi (Kranck & Milligan, 1980), ma ancora molti dubbi sussistono sull'origine e sull'evoluzione degli aggregati in relazione alla componente biotica (Herndl, 1988; Casaretto et al., 1992; Monti et al., 1992a).

Proprio per cercare di comprendere quali siano le cause e gli organismi implicati nella produzione di grandi masse di muco, sono state condotte alcune esperienze in laboratorio.

2. MATERIALI E METODI

Campioni d'acqua sono stati raccolti il 15 maggio 1992 in una stazione posta a circa un miglio al largo del Laboratorio di Biologia Marina di Trieste (Fig. 1).

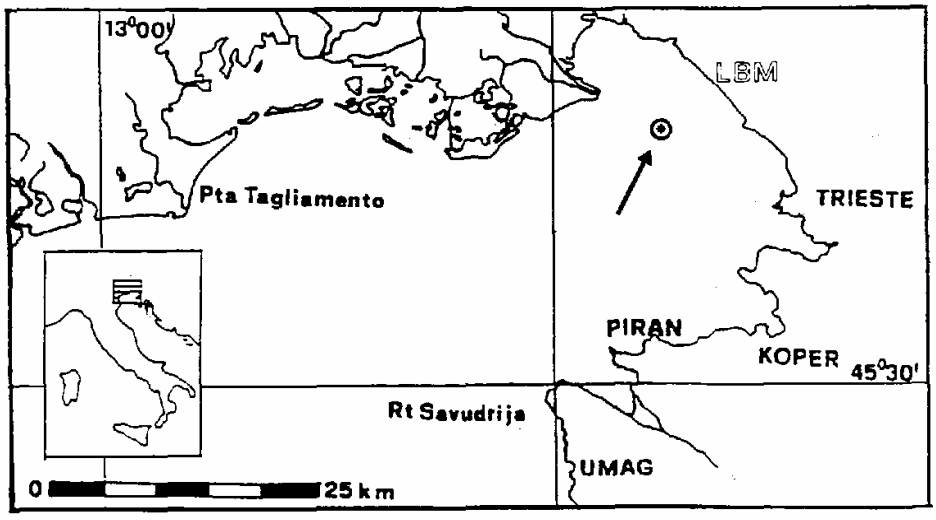


Fig. 1 - Stazione di prelievo

I prelievi sono stati effettuati alla quota superficiale ed al fondo (16 m), mediante l'utilizzo di una bottiglia Niskin da 5 litri. Contemporaneamente sono stati rilevati i dati di temperatura, salinità, ossigeno disciolto e pH con una sonda multiparametrica Idronaut mod. 401.

I campioni d'acqua, trasferiti in vaschette di plastica della capienza di 20 litri, sono stati posti in condizioni controllate di luce e temperatura (rapporto luce:buio di 16:8; temperatura di 20 °C).

A scadenza fissa sono stati prelevati dei subcampioni d'acqua per caratterizzare quali-quantitativamente il fitoplancton e per l'analisi dei nutrienti. Campioni d'acqua per l'analisi della clorofilla a sono stati raccolti il giorno del campionamento in mare (15 maggio 92) e l'ultimo giorno dell'esperimento (15 giugno 92). Sono stati inoltre registrati giornalmente i valori di temperatura, salinità, ossigeno disciolto e pH con l'utilizzo di una sonda da laboratorio (WTW mod. OXI196, WTW mod. LF 196, ORION mod. SA 250 equip. con elettrodo RHOSS).

Le concentrazioni dei nutrienti ($P\text{-}PO_4$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NH_3$) e $SI\text{-}SIO_2$ sono state misurate ogni tre giorni. Le analisi sono state effettuate mediante colorimetria con un analizzatore a flusso continuo Alliance mod. Integral, secondo le procedure analitiche di Strickland & Parson (1972).

Le analisi della clorofilla § sono state condotte spettrofotometricamente secondo il metodo Panella & Magazzù (1978). Per l'analisi del fitoplancton sono stati prelevati 30 cc di acqua ogni tre giorni. Il materiale è stato immediatamente fissato con formalina al 4 % tamponata con tetraborato di sodio ed analizzato al microscopio rovesciato secondo il metodo di Utermóhl (1931).

L'analisi dei campioni di muco, formati nelle vaschette, è stata solo di tipo qualitativo, i filamenti sono stati osservati al microscopio ottico rovesciato, al microscopio ad epifluorescenza, al microscopio elettronico a scansione (SEM) e a quello a trasmissione (TEM).

II materiale per il SEM è stato filtrato su filtri Nuclepore 0.8 µm, disidratato in una serie graduale di etanolo ed analizzato con un microscopio elettronico Philips 201 dopo metallizzazione con Oro-Palladio.

I campioni per il TEM sono stati trattati con un agente ossidante (comunicazione personale della Dr.ssa A.M. Schmid), posti su retini, in rame ricoperti con formvar, da 300 mesh ed osservati al microscopio elettronico Philips 201.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Nutrienti, SiO2 e clorofilla

L'analisi dei nutrienti da noi effettuate durante l'esperimento, ha messo in luce come l'andamento del $P\text{-}PO_4$ presenti delle fluttuazioni. I valori presenti nell'acqua di superficie sono pari a 0.01 µM dm^{-3} all'inizio dell'esperimento, 2.34 (µM dm^{-3} dopo sei giorni, 3.98 µM dm^{-3} dopo tredici giorni, fino a raggiungere un massimo di 7.56 (µM dm^{-3} alla fine dell'esperimento (Fig. 2). Nell'acqua di fondo si passa da un valore iniziale di 0.18 µM dm^{-3} al valore di 4.01 (µM dm^{-3}, raggiunto al terzo giorno. Nei giorni seguenti i valori sono rimasti sempre al di sotto di 1.5 µM dm^{-3} (Fig. 2). In coincidenza con la formazione dei grumi e del filamento (21 - 25 maggio), la concentrazione del $P\text{-}PO_4$ cala quasi a zero, per risalire il 4 giugno, dopo circa una settimana dalla formazione del filamento (Fig. 2).

Le fluttuazioni dei valori di P-PO_4 sono in concordanza di fase con quelle di N-NO_2, N-NO_3 ed N-NH_3 nell'acqua superficiale, mentre sono in discordanza di fase solo con N-NO3 nell'acqua di fondo (Fig. 2). Nell'acqua di superficie la silice raggiunge il massimo assoluto il 21 maggio (5.04 µM dm^{-3}), mentre nell'acqua di fondo i valori sono inferiori, con un massimo di 2.71 µM dm^{-3} sempre il 21 maggio. Dopo la formazione del filamento si sono registrati i valori minimi (Fig. 2).

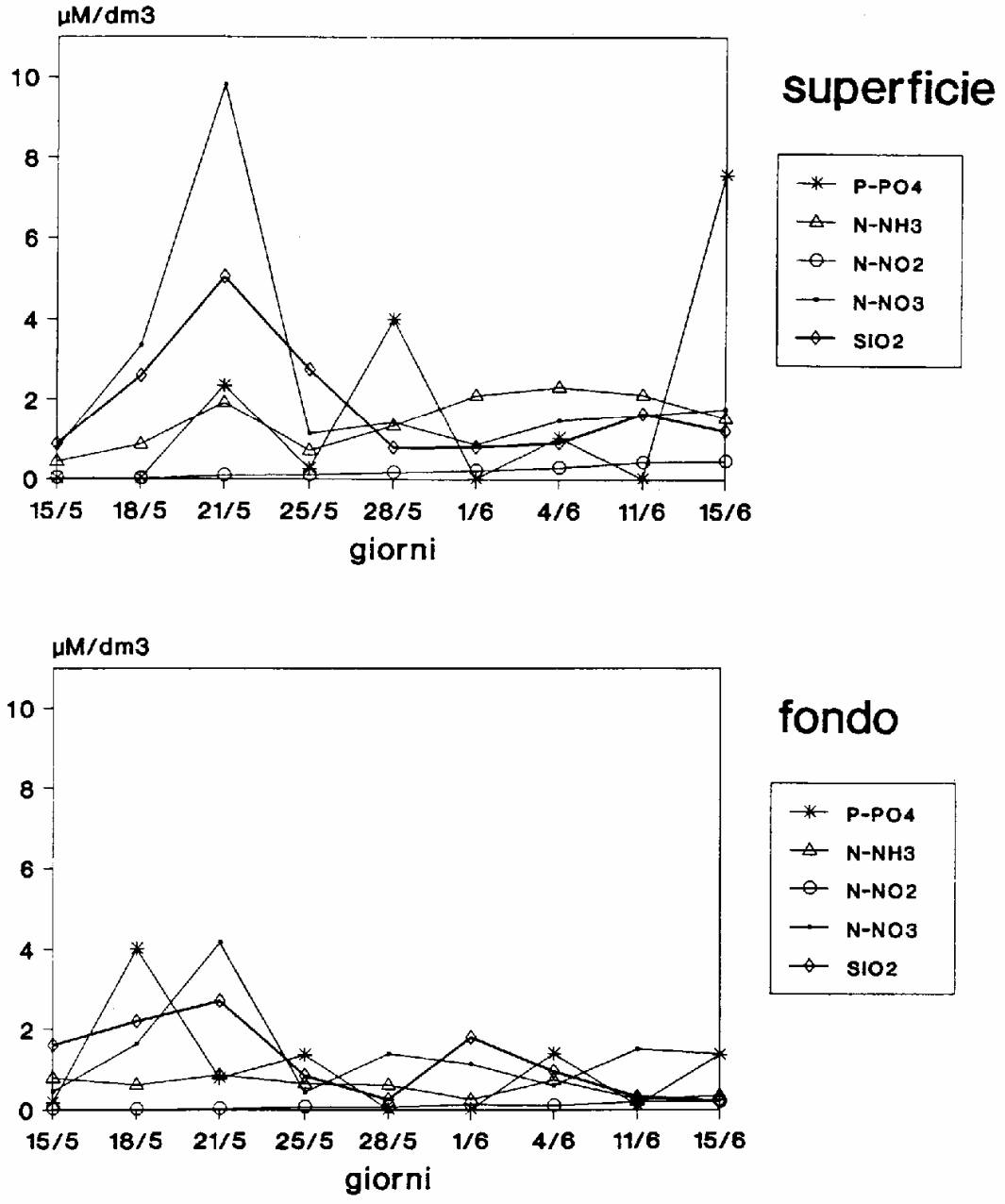


Fig. 2 Andamento di P-PO_4, N-NH_3, N-NO_2, N-NO_3 e Si-SiO_2

Il rapporto N/P, ottenuto dalla sommatoria di azoto nitrico + azoto nitroso + azoto ammoniacale / ortofosfato, nell'acqua di fondo presenta dei valori molto variabili e non concordanti con quelli calcolati per l'acqua di superficie (Tab. 1).

		$P\text{-}PO_4$	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NO_2$	$N\text{-}NH_3$	$Si\text{-}SiO_2$	N/P
		$\mu M\ dm^{-3}$	$\mu M\ dm^{-3}$	$\mu M\ dm^{-3}$	$\mu M\ dm^{-3}$	$\mu M\ dm^{-3}$	
15.05.92	superficie	0.01	0.77	0.03	0.44	0.87	124
	fondo	0.18	0.45	0.02	0.79	1.60	7
18.05.92	superficie	0.01	3.35	0.01	0.86	2.60	422
	fondo	4.01	1.63	0.01	0.61	2.21	0.56
21.05.92	superficie	2.34	9.81	0.09	1.92	5.04	5.05
	fondo	0.79	4.16	0.03	0.86	2.71	6.39
25.05.92	superficie	0.25	1.13	0.11	0.71	2.74	7.80
	fondo	1.35	0.43	0.07	0.65	0.84	0.85
28.05.92	superficie	3.98	1.41	0.16	1.33	0.79	0.73
	fondo	0.01	1.38	0.08	0.61	0.26	207
01.06.92	superficie	0.01	0.86	0.21	2.10	0.80	317
	fondo	0.01	1.13	0.13	0.26	1.80	152
04.06.92	superficie	1.03	1.47	0.29	2.31	0.91	3.95
	fondo	1.38	0.60	0.11	0.73	0.95	1.04
11.06.92	superficie	0.01	1.60	0.42	2.11	1.63	413
	fondo	0.11	1.50	0.20	0.25	0.32	17.7
15.06.92	superficie	7.56	1.75	0.45	1.52	1.21	0.49
	fondo	1.35	1.37	0.19	0.35	0.21	1.41

Tab. 1 - Valori dei nutrienti, $Si\text{-}SiO_2$ e del rapporto N/P nell'acqua prelevata dalle vasche a scadenza fissa.

La clorofilla a, è stata misurata il giorno del campionamento e l'ultimo giorno dell'esperimento. Le concentrazioni nell'acqua di superficie ed in quella di fondo sono risultate simili ed, in entrambi i casi, si è registrato un sensibile aumento. I valori variano da 0.34 mg m^{-3} del 15 maggio a 1.24 mg m^{-3} per la superficie e 1.13 mg m^{-3} per il fondo il 15 giugno.

3.2. Fitoplancton

L'analisi qualitativa dei campioni d'acqua, raccolti all'interno delle vaschette ogni tre giorni, ha portato alla determinazione di diatomee centriche, con alcune specie del il genere *Cyclotella,* e di diatomee pennate, con alcune specie dei generi *Nitzschia, Navicula, Cylindrotheca, Thalassiotrix* e *Thalassionema..* Sempre presenti inoltre le dinoficee, con il genere *Gymnodinium* e la specie *Prorocentrum micans* Ehrenberg. Sia

nell'acqua di superficie che in quella di fondo sono sempre risultati ben rappresentati i microflagellati e la composizione specifica non ha evidenziato sostanziali differenze.

L'analisi quantitativa ha evidenziato valori che non superano mai 400000 cell dm^{-3}. La superficie ha presentato concentrazioni mediamente più elevate rispetto all'acqua di fondo, con una prevalenza delle dinoficee sulle diatomee. Nell'acqua di superficie le dinoficee variano da 22434 cell dm^{-3} il 18 maggio fino a valori prossimi allo zero il 4 giugno. Nelle due settimane seguenti si è quindi verificato un aumento fino ad una concentrazione finale di 22972 cell dm^{-3}. Le diatomee variano da un massimo di 9000 cell dm^{-3} il 21 maggio fino a valori prossimi allo zero nell'ultimo periodo di esperimento. Nell'acua di fondo le dinoficee mostrano un graduale aumento (da 8590 cell dm^{-3} il 15 maggio a 70600 cell dm^{-3} l'11 giugno), mentre le diatomee hanno mostrato un massimo assoluto il 21 maggio con 251770 cell dm^{-3}, per rimanere poi sempre al di sotto di 50000 cell dm^{-3}. I popolamenti fitoplanctonici a diatomee sono inoltre risultati concordi all'andamento della silice.

I microflagellati mostrano, nell'acqua di superficie, un andamento in accordo con le diatomee (valore massimo di 252160 cell dm^{-3} il 21 maggio) mentre nell'acqua di fondo raggiungono la massima concentrazione, con 401050 cell dm^{-3} dopo la formazione dei filamenti mucosi.

3.3. Filamenti mucosi

Dopo dieci giorni dall'inizio dell'esperimento dei piccoli agglomerati mucosi sono comparsi nelle vasche contenenti acqua di fondo. L'analisi al microscopio ottico di tali grumi ha permesso di rilevare l'esclusiva presenza di diatomee centriche con la dominanza del genere *Chaetoceros* ed in misura minore del genere *Cyclotella.*

Un ulteriore approfondimento è stato condotto con l'utilizzo del SEM. Si è cosi notata la presenza di due diverse specie del genere *Chaetoceros* ed è stata possibile la determinazione della specie *Cyclotella bodanica* Eulenst.

Dopo due giorni dalla comparsa degli agglomerati, nelle stesse vasche, si sono sviluppati dei filamenti mucosi. Tali filamenti si sono distribuiti dalla superficie dell'acqua fino al fondo delle vasche, aderendo in parte alle pareti di queste in modo da formare una apparente ragnatela (Fig. 3). Piccole porzioni di filamenti sono state prelevate ed analizzate al microscopio ottico. Tali analisi hanno evidenziato una notevole abbondanza di diatomee pennate, pur rimanendo ancora ben rappresentate le diatomee centriche.

L'osservazione al microscopio ad epifluorescenza ha evidenziato inoltre la vitalità di tutte la cellule e la loro attività fotosintetica. Un ulteriore studio al SEM dei filamenti ha permesso l'identificazione dei generi *Cylindrotheca, Amphiprora e Thalassionema,* mentre le diatomee centriche erano rappresentate ancora da catene del genere *Chaetoceros.* Le catene apparivano, in questo caso, spezzate, formate da cellule e sete molto rovinate. Per una corretta indagine tassonomica è stato utilizzato il TEM ed è stata quindi classificata la diatonica *Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reimann & Lewin. Per la classificazione sono state evidenziate le strie ondulate, irregolari ed oblique, le fibulae e la punteggiatura lungo il canale del rafe.

I filamenti sono stati prelevati ed analizzati periodicamente per seguire l'evoluzione degli organismi inglobati. I popolamenti fitoplanctonici presenti al loro interno hanno evidenziato un graduale cambiamento in composizione. Si è infatti notata la sempre maggiore presenza di diatomee pennate, appartenenti ai generi *Nitzschia, Cylindrotheca,*

Amphiprora e *Thalassionema*, mentre le diatomee centriche, appartenenti al genere *Chaetoceros,* diminuivano gradualmente fino a scomparire del tutto negli ultimi prelievi.

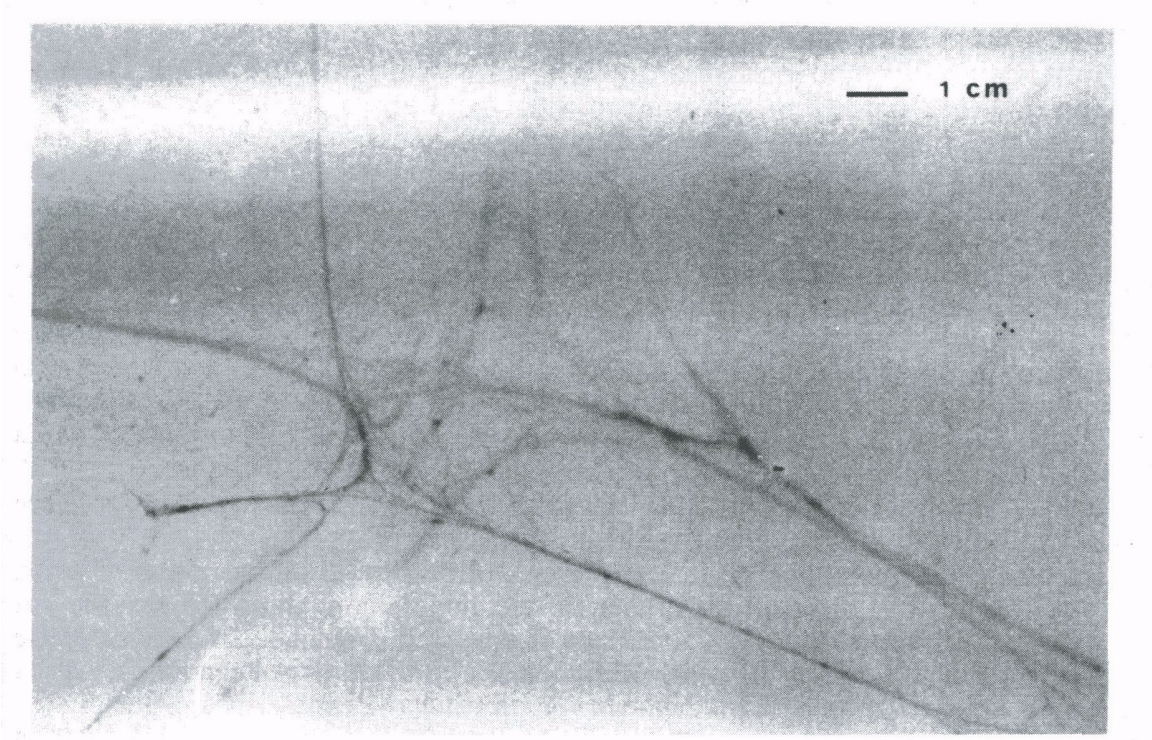


Fig. 3 - Filamenti mucosi formati nell'acqua di fondo posta a condizioni controllate di luce e temperatura.

3.4. Parametri chimico-fisici

Poco si conosce sugli effetti della temperatura sulla produzione di composti algali esogeni, ma si sa che rapidi cambiamenti delle condizioni ambientali, inclusa la temperatura, spesso portano al rilascio di alte concentrazioni di materiale extracellulare (Jones & Stewart, 1969; Sieburth, 1969).

La temperatura, al momento del camponamento, era di 16.2 °C in superficie e di 13.3 °C al fondo. La colonna presentava un netto termoclino tra 2 e 7 metri. Una volta posta nelle vasche l'acqua si è mantenuta ad una temperatura costante di 20 °C.

Anche i valori di salinità indicavano una stratificazione al momento del campionamento, con dei valori che passavano da 36.2 PSU in superficie a 37.4 PSU al fondo. Una volta posta nelle vaschette la salinità ha avuto un costante aumento fino ad arrivare a 44 PSU per l'acqua di superficie e 40 PSU in quella di fondo. L'aumento dei valori di salinità all'interno delle vasche è probabilmente da imputare al fenomeno di evaporazione al quale sono state soggette. Parallelamente sono state anche rilevate delle piccole variazioni nel valore del pH (min 8.09, max 8.20).

L'ossigeno ha presentato un andamento simile nelle diverse vasche, con una diminuzione nel periodo dal 18 (5-5.8 mgO_2 ml^{-1}) al 21 maggio (4.2-4.3 mgO_2 ml^{-1}), si è mantenuto più o meno costante nei giorni corrispondenti alla formazione dei filamenti (4.6-4.7 mgO_2 ml^{-1}) per risalire il 28 maggio (5.2-5.4 mgO_2 ml^{-1}), dopo la loro formazione.

4. CONCLUSIONI

L'esperienza da noi condotta ha portato alla formazione di filamenti mucosi nella vasca contenente acqua di fondo.

Tali filamenti hanno presentato un'evoluzione sia nella fisionomia che nella composizione. Ai piccoli aggregati mucosi, presenti nella fase iniziale, è seguita la formazione di filamenti con struttura ben definita, spesso simile ad una ragnatela. Parallelamente a tale evoluzione morfologica, anche i popolamenti fitoplanctonici rilevati all'interno delle formazioni hanno evidenzialo un graduale cambiamento. Si è passati infatti da un popolamento costituito quasi esclusivamente da diatomee centriche, formanti gli agglomerati, ad uno formato da diatomee pennate che, con la dominanza della specie *C. closterium,* costituivano il filamento finale.

L'analisi qualitativa dei popolamenti fitoplanctonici presenti nell'acqua di superficie ed in quella di fondo non ha evidenziato sostanziali diversità. I valori quantitativi sono risultati tra loro paragonabili fino ai giorni precedenti la formazione dei filamenti, quando, nell'acqua di fondo, si è notato un sensibile aumento di diatomee, dato soprattutto dalla specie *C. closterium.* Tale aumento è probabilmente legato all'alta concentrazione di fosforo presente il 18 maggio solo nell'acqua di fondo, e questa disponibilità avrebbe quindi stimolato il tasso di divisione cellulare di questa specie.

E' altrimenti possibile pensare che lo "shock" termico e luminoso, da noi imposto, abbia provocato una risposta differente in due popolazioni di *C. closterium,* una sviluppatesi nell'acqua di superficie ed una in quella di fondo, separate in ambiente naturale da una netta stratificazione termoalina, e che, una volta poste ad uguali condizioni di luce e temperatura, abbiano reagito in maniera diversa.

Dopo essersi riprodotte, e a causa della carenza di fosforo, di azoto e di silice, le diatomee possono aver quindi formato i filamenti rilasciando materiale polisaccaridico precedentemente accumulato. Tale ipotesi è supportata anche dai valori del rapporto N/P. Nell'acqua di fondo si è infatti notato un brusco aumento del valore di tale rapporto proprio nei giorni corrispondenti alla formazione dei filamenti. Si è passati infatti da una situazione di N-limitazione ad una di P-limitazione. Anche nell'acqua di superficie, pur se sfasato di tre giorni, si è verificato lo stesso fenomeno, ma in questo caso la mancata formazione del filamento mucoso sarebbe da imputare alla scarsa presenza di *C. closterium.*

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare i Proff. S. Fonda Umani e G. Bressan per gli utili suggerimenti e per la lettura critica del lavoro. Il Sig. F. Aizza per le analisi chimiche dei nutrienti e della clorofilla.

BIBLIOGRAFIA

Alldredge, A.L. & M.J. Youngbluth. 1985. The significance of macroscopic aggregates (marine snow) as sites for heterotrophic bacterial production in the mesopelagic zone of the subtropical Atlantic. *Deep-Sea Res.,* 32(12): 1445-1456.

Alldredge, A.L., J.J. Cole & D.A. Caron. 1986. Production of heterotrophic bacteria inhabiting macroscopic organic aggregates (marine snow) from surface waters. *Limnol. Oceanogr.,* 31(1): 68-78.

Andreoli, C., I. Moro, R.L. Scarabei & C. Tolomio. 1992. Observations sur le phytoplancton de l'Adriatique du Nord en presence de macroaggrégats mucilagineux (Août 1991). *Rapp. Comm. Int. Mer Medii.,* 33: 366.

Caron, D.A., P.G. Davis, L.P. Madin & J.McN. Sieburth. 1982. Heterotrophic bacteria and bacterivorous protozoa in Oceanie macroaggregates. *Science,* 218:795-797.

Casaretto, L., G. Dellavallc, C. Welker & M. Monti. 1992. Mucous filaments development under controlied conditions: ultrastructure observations. *Rapp. Comm. int. Mer Médit., 33: 368.*

De Angelis, G. & C.M. De Angelis. 1992. Composizione del fitoplancton in concomitanza con la presenza di mucillagini in una stazione fissa del litorale marchigiano. *Biologia Marina, suppl. al notiziario S.I.B.M.,* 1: 19-22.

Degobbis, D. 1989. Increased eutrophication of the Northern Adriatic Sea - second act. *Mar. Poli. Bull.,* 20: 452-457.

Fanuko, N., J. Rode & K. Draslar. 1989. Microflora from the Adriatic mucous aggregations. *Biol. Vestn.,* 4: 27-34.

Fanuko, N. & V. Turk. 1990. The oceanologic proprieties of the seawater in the Gulf of Trieste before and during the "mare sporco" phenomenon (summer 1988). *Boll. Oceanol. Teor. Appl.* ,8:3-11.

Fonda Umani, S., E. Ghirardelli & M. Specchi. 1989. Gli episodi di "mare sporco" nell'Adriatico dal 1729 ai giorni nostri. *Regione Autonoma Friuli-Venezia-Giulia, Trieste:* 178 pp.

Guerrera, E., A.L. Serafino, R. Lecce & M. Giani. 1992. Osservazioni sugli aggregati gelatinosi presenti nell'Adriatico settentrionale e nel Tirreno centrale nel 1991. *Biologia Marina, suppl. al notiziario S.I.B.M.,* 1: 47-48.

Herndl, G.J. 1988. Ecology of amorphous aggregations (marine snow) in the Northern Adriatic Sea. II. Microbial density and activity in marine snow and its implication to overall pelagic processes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.,* 48: 265-275.

Herndl, G.J. & P. Peduzzi. 1988. The ecology of amorphous aggregations (marine snow) in the Northern Adriatic Sea. I. General considerations. *Mar. Ecol., 9:* 79-90.

Honsell, G. & L. Talarico. 1992. Ultrastructure of gelatinous aggregates in the Northern Adriatic Sea. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.,* 33: 369.

Jones, K. & W.D.P. Stewart. 1969. Nitrogen turnover in marine and brackish habitats. IH. The production of extracellular nitrogen by *Calotrix scopulorum. J. mar. biol. Ass. U.K.,* 49: 475-488.

Kranck, K. & T. Milligan. 1980. Macroflocs: production of marine snow in the laboratory. *Mar. Ecol. Prog. Ser.,* 3: 19-24.

Kuhl, A. 1968. Phosphate metabolism of green algae. In, Jackson, D.F. (ed.) Algae, Man and the environment, Syracuse University Press, Syracuse: 37-52.

Locthe, K. 1991. Protozoa as makers and breakers of marine aggregates. In, Protozoa and their role in marine process. NATO ASI '88. Plymouth P.

Marchetti, R. 1990. Algal blooms and gel production in the Adriatic Sea. In, Barth, H. & L. Fegan (eds.) Eutrophication-related phenomena in the Adriatic sea and in other Mediterrancan costai zones., *Wat. Poli. Res. Rep.,* 16: 21-42, CEE EUR 12978.

Marchetti, R., M. Iacomini, G. Torri & B. Focher. 1989. Caratterizzazione preliminare degli essudati di origine fitoplanctonica raccolti in Adriatico nell'estate 1989. *Acqua-Aria,* 8: 883-887.

Monti, M., L. Casaretto, G. Dellavalle & C. Welker. 1992a. Mucous filaments development under controlled conditions: some detected organisms. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.,* 33: 371.

Monti, M., G. Dellavalle, C. Wclker, L. Casaretto & B. Cataletto. 1992b. Analisi qualitativa degli aggregati mucillaginosi in una stazione del Golfo di Trieste (Luglio 1992). *Biologia Marina, suppl. al notiziario S.I.B.M.,* 1: 27-29.

Myklestad, S. & A. Haug. 1972. Production of carbohydrates by the marine diatom *Chaetoceros affinis* var. *willei* (Gran) Hustedt. I. Effect of the concentration of nutrients in the culture medium. *J. exp. mar. Biol. Ecol., 9:* 125-136.

Myklestad, S., O. Holm-Hanscn, K.M. Varum & B.E. Volcani. 1989. Rate of release of extracellular amino acids and carbohydrates from the marine diatom *Chaetoceros affinis. J. Plankton Res.,* 11: 763-773.

Panella, S. & G. Magazzù. 1978. Analisi dei pigmenti fitoplanctonici. In, Metodi per lo studio del plancton e della produzione primaria. Edizioni GM: 19-33.

Pettine, M., A. Puddu, C. Tolti, A. Zoppini, A. Artesiani & R. Pagnotta. 1992. Caratterizzazione chimica e biologica di aggregati mucillaginosi raccolti in Adriatico settentrionale (Luglio 1991). *Biologia Marina, suppl. al notiziario S.I.B.M., 1:* 39-42.

Pirson, A., C. Tichy & G. Wilhelmi. 1952. Stoffwechsel und mineralsalzernahrung einzelliger Grunalgen. I. Vergleichende Untersuchungen an Mangelkulturen von Ankistrodesmus. *Planta,* 40: 199-253.

Revelante, N. & M. Gilmartin. 1990. The phytoplankton composition and population enrichment in gelatinous "macroaggregates" in the Northern Adriatic during the Summer of 1989. *Rapp. Comm. ini. Mer Médit.,* 32: 200.

Rinaldi, A., G. Montanari, A. Ghetti, C.R. Ferrari & N. Penna. 1990. Presenza di materiale mucillaginoso nell'Adriatico Nord-Occidentale negli anni 1988 e 1989. *Acqua Aria,* 7/8: 561-567.

Sieburth, J.McN. 1969. Studies on algal substances in the sea. III. The production of extracellular organic matter by littoral marine algae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 3: 290-309.

Silver, M.W., A.L. Shanks & J.D. Treni. 1978. Marine snow: microplankton habitat and source of small scale patchiness in pelagic populations. *Science,* 201: 371-373.

Stachowilsch, M., N. Fanuko N. & M. Richter. 1990. Mucous aggregates in the Adriatic sea: an overview of stages and accurences. P.S.Z.N.I. *Mar. Ecol.,* 11: 327-350.

Strickland, J.D.H. & T.R. Parson (eds). 1972. A practical handbook of seawater analysis. /. *Fish. Res. Bd. Can.* 167, 2nd edit.: 310 pp.

Utermöhl, H. 1931. Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons (mit besonders Berucksichtigung des Ullraplanktons). *Vehr. int. Ver. theor. Angew. Limnol.,* 5(2): 567-596.

Volterra, L., F.A. Aulicino, L. Bonadonna, M. De Maltia, I. Di Girolamo, R. Liberti & L. Mancini. 1992. Microbiological analyses of Adriatic sea mucilages. In, Vollenweider, R.A., R. Marchetti & R. Viviani (eds) *Marine Coastal Eutrophication,* Elsevier, Amsterdam: 551-556.

Atti del IO ° Congresso Al O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 451 a pag. 460

ALTERAZIONE DEGLI ECOSISTEMI COSTIERI MARINI NEL PARCO NATURALE DELLA MAREMMA

Giovanna MORI, Mario INNAMORATI, Luca MASSI, Caterina NUCCIO, Francesco LAVISTA e Lisa NIDIACI

Dipartimento di Biologia Vegetale, Laboratorio di Ecologia, Università di Firenze

SUMMARY

In 1975-76 the seasonal variations of phytoplankton biomass and its composition were studied along the coast of the Parco Naturale della Maremma (Grosseto), which is influenced by the mouth of the Ombrone river. The results indicated that the area was not involved in any process of environmental pollution and biomass annual cycles were those generally reported for temperate seas. The study was performed again in 1989-90, showing a striking change in the trophic and biological situation, especially near the mouth of the river. The phytoplankton composition and its temporal variations were completely modified, following the heavy impact from the Ombrone river, whose nutritional load is often similar to that of eutrophicated areas.

1. INTRODUZIONE

Lo scopo di questo lavoro è quello di definire lo stato del tratto di mare antistante il Parco Naturale della Maremma e di confrontare la situazione attuale con quella descritta nel 1975-76, come risultato di un anno di ricerca svolto dal nostro laboratorio in vista dell'istituzione del parco marino.

Il tratto di costa antistante il Parco si presenta infatti particolarmente ricco di ambienti che vanno da quelli di foce, con fondali limosi e sabbiosi (zone paludose del delta dell'Ombrone), a quelli di arenile della spiaggia di Collelungo, a quelli di scoglio con prateria di Posidonia antistanti la falesia che va da Cala di Forno a Talamone. La zona di foce in particolare costituisce un ecosistema interessante ma estremamente delicato perché soggetto facilmente a modificazioni e alterazioni causate dagli apporti fluviali. L'Ombrone riceve infatti sia le acque reflue dell'agricoltura che provengono dalle provincie di Siena e Grosseto, sia le acque luride di un canale collettore di Grosseto e quindi rappresenta una reale fonte di inquinamento per il tratto di mare antistante e a nord della foce. La forza di Coriolis dirige infatti le correnti costiere verso nord e devia il pennacchio del fiume verso la zona settentrionale del Parco, interessando solo sporadicamente, in conseguenza dei venti di NO, la zona più a sud

della foce. La situazione messa in luce con la precedente ricerca (Arrigoni et al., 1976, Lenzi Grillini & Lazzara, 1978, 1980) era quella di un tratto di mare in buonissimo stato di conservazione; sia la fauna che il fitobenthos e il fitoplancton presentavano cicli biologici "da manuale" (Arrigoni et al., 1976). In particolare il fitoplancton presentava un ciclo regolarissimo e una precisa stagionalità (Fig. 1), tipica delle zone temperate. Va sottolineato che quantità e composizione della biomassa fitoplanctonica erano molto simili lungo tutto il tratto di costa studiato, compresa la foce, che si distingueva solo per le sue caratteristiche idrologiche. La concentrazione media di clorofilla era 0.59, con un picco di 3.4 mg/m^3 durante la fioritura primaverile (in febbraio), mentre la densità fitoplanctonica media era di 56.000 $cell/dm^3$, con 830.000 $cell/dm^3$ durante la fioritura. Anche la composizione del popolamento era quella classica descritta per i nostri mari. Nel periodo di fioritura, il popolamento era dominato dalle Diatomee, soprattutto con le specie *Skeletonema costatum* e *Thalassiosira cfr. decipiens,* mentre in estate dominavano le Dinoficee. Altre classi (Primnesioficee, Crisoficee, Cianoficee e Prasinoficee) erano irrilevanti. Come vedremo, la normale successione è, nella situazione attuale, completamente stravolta.

2. MATERIALI E METODI

La ricerca è stata svolta per circa 3 anni, dal marzo 1989 al gennaio 1992, con campionamenti mensili in 5 stazioni lungo la costa, a 500 m dalla riva (Fig. 1). In mare sono state effettuate misure di temperatura, ossigeno disciolto, pH e luce sottomarina, mediante batisonda e fotobatisonda Idronaut mod. Ocean Seven 401.

Sui campioni sono state eseguite le filtrazioni (filtri GF/F in fibra di vetro) e successive analisi per la determinazione dei nutrienti fitoplanctonici (nitriti, nitrati, silicati, fosforo inorganico disciolto e fosforo totale) con i metodi riportati da Strickland & Parsons (1972), e della clorofilla con il metodo spettrofotometrico SCOR-UNESCO (1980) riportato da Strickland & Parsons (1972) e modificato da Lazzara et al. (1990). Le concentrazioni delle clorofille e dei feopigmenti sono state calcolate rispettivamente con le equazioni di Jeffrey & Humphrey (1975) e Lorenzen (1967). Un campione da 250 mi è stato fissato con soluzione di Lugol all'I % per il conteggio e riconoscimento al microscopio, secondo il metodo Uthermol (Hasle, 1978).

I dati qui riportati si riferiscono al periodo compreso tra marzo 1989 e settembre 1990. Data la gran quantità di dati, l'esame del periodo successivo (ottobre '90-gennaio '92) è ancora in corso.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

II dato più saliente che emerge dalla ricerca è il pesante influsso esercitato dall'Ombrone sulla costa settentrionale del Parco, che definisce due zone molto diverse, non solo dal punto di vista idrologico e delle caratteristiche termo-aline, ma anche, e soprattutto, dal punto di vista dello stato trofico e biologico. Nella zona di

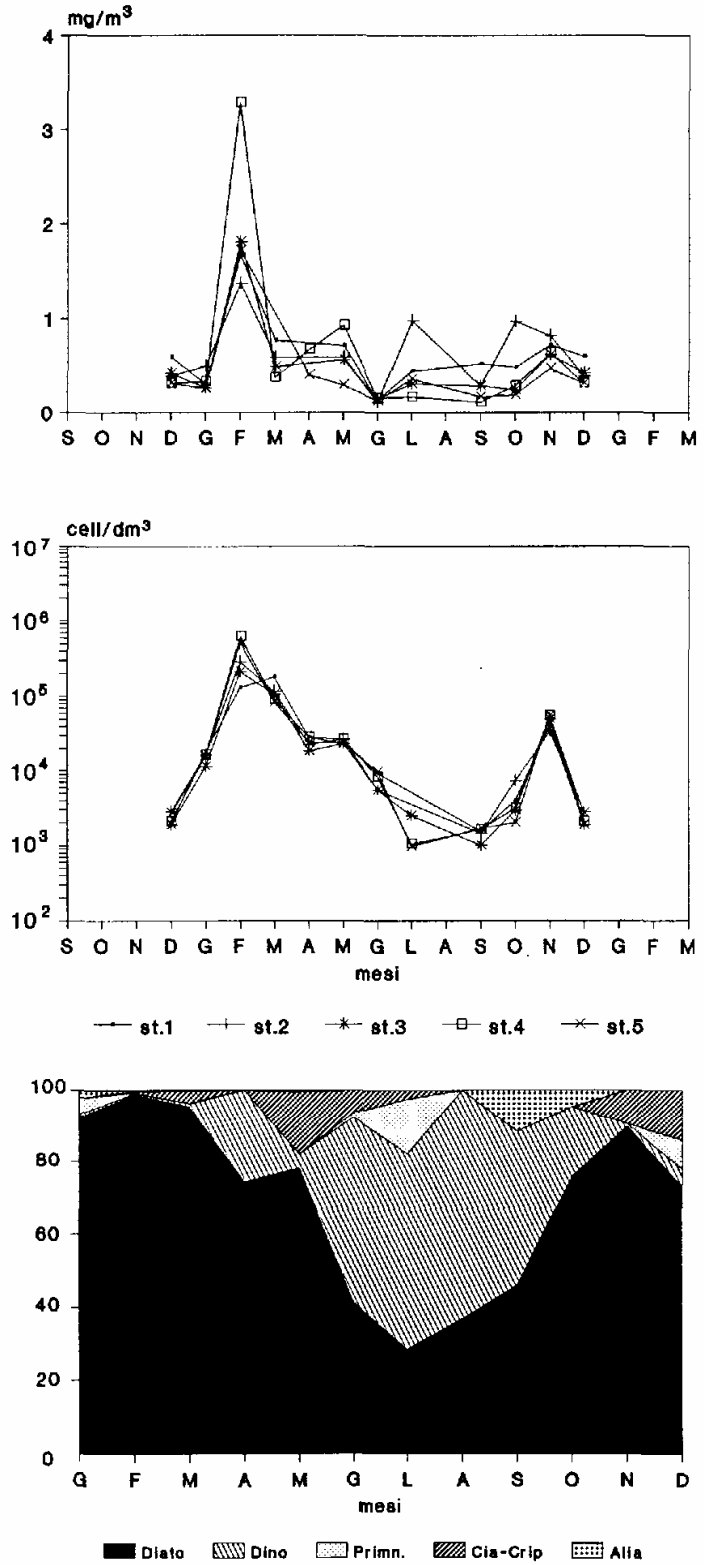


Fig. 1 - Variazione temporale di: a) clorofilla (mg/m^3); b) densità fitoplanctonica (cell/dm^3); c) densità relativa delle classi fitoplanctoniche nel 1975-76.

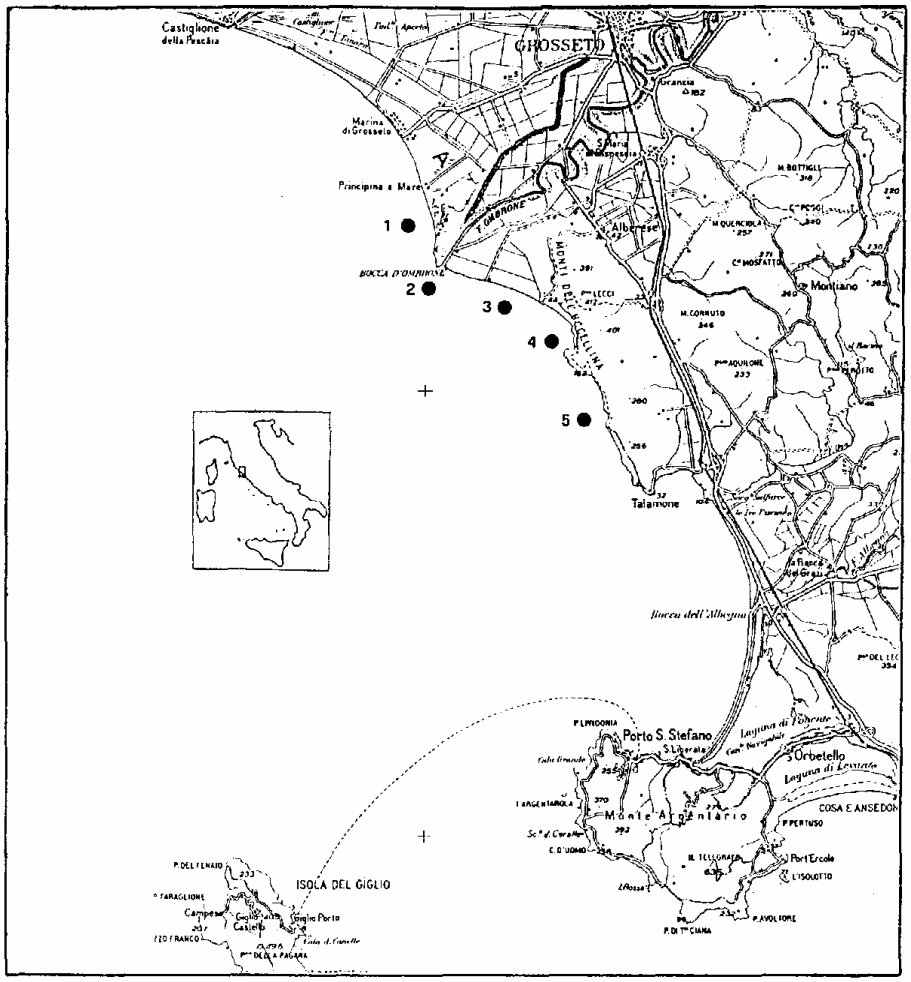


Figura 2 - Zona e stazioni di campionamento.

foce (st. 1 e 2), si ha un forte gradiente alino (Fig. 3) determinato dalla stratificazione dell'acqua dolce superficiale, sotto la quale l'acqua marina spesso forma un cuneo salino che risale il fiume anche per diversi km dalla foce. La presenza di correnti marine prevalentemente orientale verso nord, spingono il pennacchio del fiume verso la st. 1, con caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche più simili a quelle della stazione di Bocca d'Ombrone, mentre le 3 stazioni meridionali sono, da un punto di vista idrologico tipicamente marine, con salinità oscillante intorno a 38.1 psu e variazioni che dipendono solo dalla situazione stagionale. L'apporto di acqua dolce fluviale si riflette anche sull'andamento dell'ossigeno disciolto (Fig. 4), che alle st. 1 e 2 presenta, soprattutto in superficie, variazioni più ampie rispetto ad un valore medio di 7.47 ppm. Il minimo di 4.87 misurato alla st. 2 nel luglio '90 è in relazione ad un grave episodio di anossia verificatosi nell'Ombrone in seguito alla sua scarsissima portata e che ha avuto pesanti conseguenze sulla sua fauna ittica.

L'influenza del fiume sulla zona è però maggiormente messo in evidenza dagli

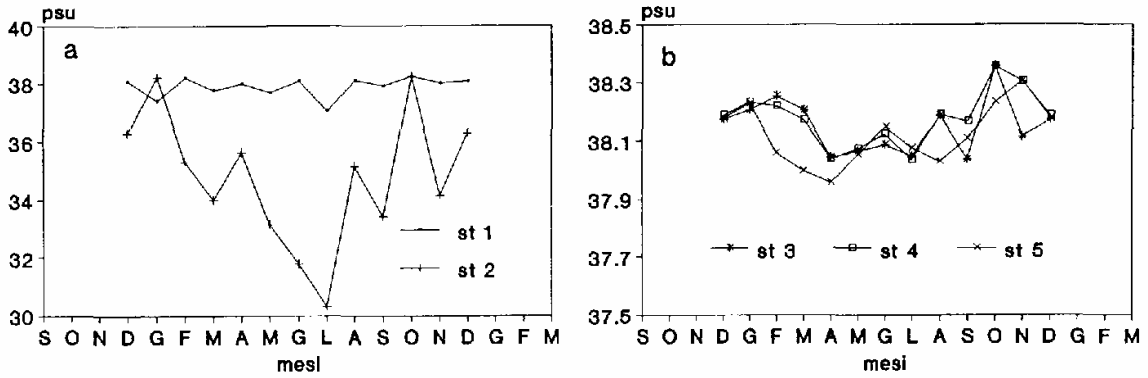


Fig. 3 - Variazione temporale della salinità (psu) alle stazioni indicate (medie della colonna d'acqua).

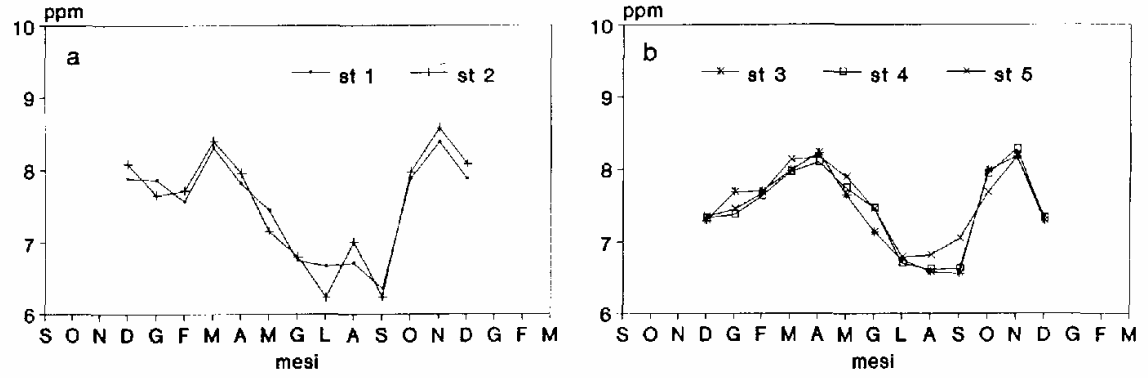


Fig. 4 - Variazione temporale dell'ossigeno disciolto (ppm) (medie della colonna d'acqua).

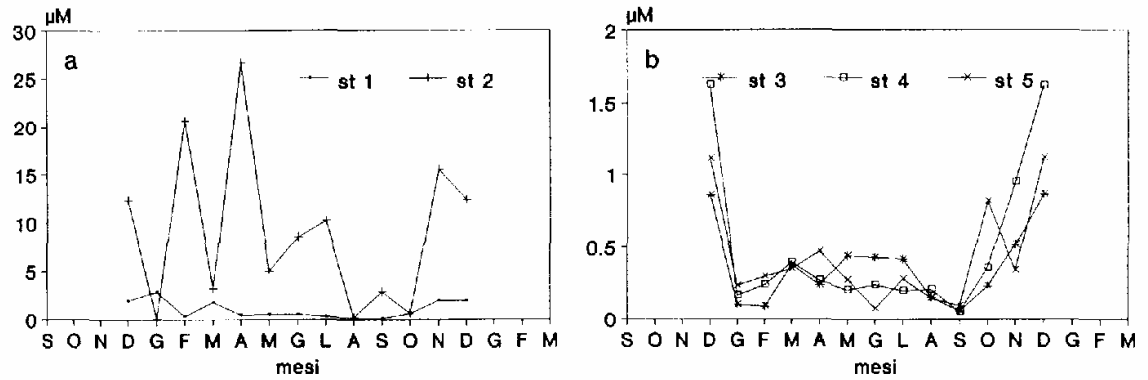


Fig. 5 - Variazione temporale dei nitrati (µ M) (medie della colonna d'acqua).

apporti nutritizi. A Bocca d'Ombrane si hanno infatti concentrazioni fino a 30 volte più elevate che nelle stazioni meridionali; questo stravolge il normale ciclo stagionale marino, soprattutto in superficie, dove è più evidente l'apporto fluviale. Per quanto concerne i nitrati, la concenti-azione media in superficie è circa 16 µM, con picchi fino a 35-40 e addirittura 65 µM (Fig. 5 a). L'influenza del fiume è rilevabile anche a 2.5 m. L'andamento stagionale alle stazioni 3, 4 e 5 (Fig. 5 b) è invece un po' più regolare. Pur con qualche differenza fra le stazioni e nella colonna d'acqua, le concentrazioni medie rientrano nell'intervallo generalmente rilevate in altre zone costiere, non soggette a particolari apporti da terra.

Gli andamenti dei nitriti e degli ortofosfati confermano la situazione già delineata dai nitrati.

La biomassa fitoplanctonica mette in evidenza in modo ancora più netto quali siano stati i cambiamenti verificatisi nella zona, sia per quanto riguarda la quantità che la composizione del popolamento (Figg. 6 a, b, e). In generale in tutta la zona il ciclo non presenta la netta stagionalità che caratterizzava la situazione rilevata nel 1975-76, e l'andamento risulta particolarmente stravolto nella zona interessata dalla foce, dove si assiste a numerose fioriture estive, infatti la clorofilla (Fig. 6 a), nel luglio '90 arriva a 68.8 mg/m^3, e in genere le concentrazioni sono sempre piuttosto elevate (media 3.23 mg/m^3) in tutto il periodo. Nella zona più meridionale invece la media è intorno a 0.39 mg/m^3. Nel ciclo di queste 3 stazioni si osserva la fioritura primaverile (in marzo-aprile, con un valore massimo di 1.5 mg/m^3) ma nel 1990 sono evidenti delle fioriture estive di una certa consistenza confrontabili, nel caso delle st. 3 e 5, con quelle primaverili.

Per quanto concerne la densità fitoplanctonica, nelle 3 stazioni meridionali è stata rilevata una media di 50.000 cell/dm^3, e 300.000 cell/dm^3 durante le fioriture, senza nette differenze tra i diversi strati, se non in alcuni casi in superficie (Fig. 5 b). In tutte e tre le stazioni sono evidenti delle cospicue fioriture estive, sia nel 1989 che nel 1990. Bocca d'Ombrane conferma la generale maggiore ricchezza fitoplanctonica, soprattutto in superficie, con una media di 1.000.000 di cell/dm^3, 20 volte più elevata che nelle altre stazioni. Anche in questo caso sono evidenti due intense fioriture estive, sia nel luglio '89 che nel luglio '90, quest'ultima soprattutto di notevole intensità, con 25.000.000 di cell/dm^3, in corrispondenza dei 68.8 mg/m^3 di clorofilla. La densità media a 2.5 m è invece notevolmente più bassa, essendo intorno a 160.000 cell/dm^3. La stazione 1 presenta un ciclo estremamente irregolare e numerose oscillazioni in tutto il periodo.

La caratteristica essenziale del popolamento è la presenza costante e prevalente delle Criptoficee e di un gruppo da noi denominato Alia, nel quale sono comprese Crisoficee, Cloroficee, Euglenoficee, Fitoflagellati e cellule nanoplanctoniche non identificate (Fig. 6 e). Altro aspetto peculiare è la scarsità se non addirittura l'assenza, delle Diatomee, che sono state osservate in modo più evidente nei periodi di fioritura primaverile e durante le fioriture estive verificatesi in tutte le stazioni. Le Dinoflagellate, sempre piuttosto scarse, sono presenti soprattutto in estate nelle 3 stazioni meridionali.

La diversità evidenzia valori oscillanti intorno a 3.5 bit/cellula. Valori decisamente

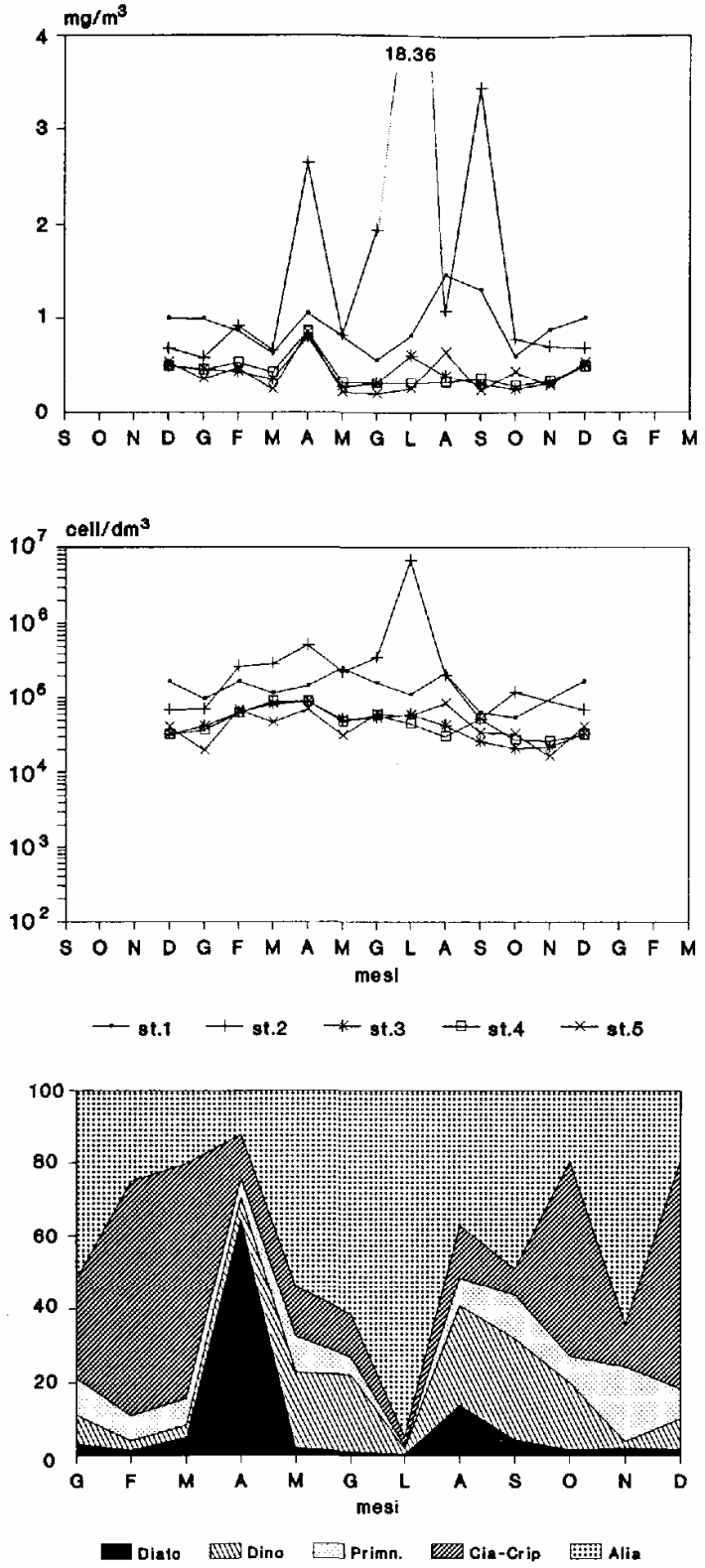


Fig. 6 - Variazione temporale di: a) clorofilla (mg/m^3); b) densità fitoplanctonica (cell/dm^3); c) densità relativa delle classi fitoplanctoniche nel 1989-90.

più bassi sono dovuti alle abbondanti fioriture della st. 2, fino a 0.5 bit/cellula nel luglio '90 a causa della fioritura di una forma nanoplanctonica non identificata, e 0.8 bit/cellula per la fioritura di *Thalassiosira sp.*

Anche le distribuzioni di frequenza differenziano le tre stazioni a sud da quelle più settentrionali. In particolare in tutto il 1989 le st. 1 e 2 presentano curve con maggiore pendenza, quindi con diversità più bassa, soprattutto in superficie dove, in alcuni casi, si rileva uno stadio iniziale della successione (fioritura di *Thalassiosira sp.* in aprile '89 (Fig. 7 a) e dominanza di Cloroficee in luglio '90). Alle stazioni 3, 4 e 5 è quasi sempre evidente uno stadio maturo, corrispondente al 2° (Fig. 7 b), con evoluzione verso lo stadio 3 in autunno-inverno. In generale dunque abbiamo un popolamento diversificato anche in periodi, quali quelli di fioritura, in cui ci si aspetterebbe una maggiore monospecificità.

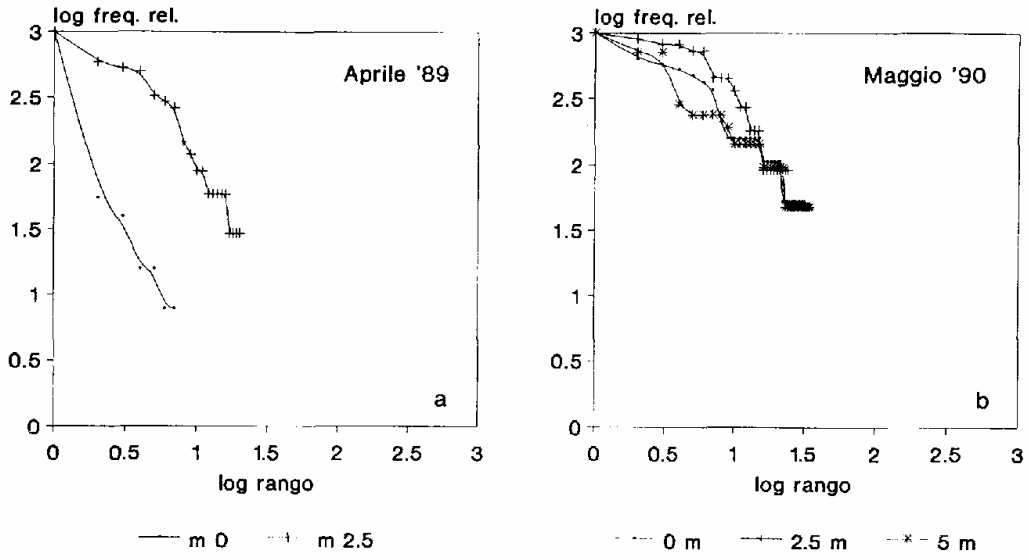


Fig. 7 - Distribuzione della frequenza relativa delle specie fitoplanctoniche alle stazioni 2 (a) e 3 (b).

La *Thalassiosira sp., è* tra le specie più rappresentate delle Diatomee, fino a 1.300.000 cell/dm^3 alla stazione 2 durante la fioritura di aprile '89, ed è invece molto meno presente nelle stazioni 3, 4 e 5. Vanno inoltre segnalate la *Rhizosolenia fragilissima,* la *Nìtzschia sp. gr. Pseudonitzschia* e l'*Asterionella glacialis.* Le forme più frequenti di Dinoficee sono alcune forme non identificate di Gymnodiniacee e Peridiniacee. Le Criptoficee sono presenti in tutte le stazioni con 3 o 4 specie che sono le stesse forme generalmente ritrovate nell'Alto Tirreno, in primavera, anche in acque meno costiere.

Riassumendo l'intera situazione e confrontandola con quanto emerso dalla ricerca precedente, risulta evidente l'alterazione verificatasi nel tratto di mare per quanto riguarda lo stato trofico e biologico. L'andamento temporale di nutrienti e biomassa mette in evidenza una generale irregolarità, molto marcata alle stazioni 1 e 2 dove l'apporto nutritizione, conseguentemente, la biomassa, riflettono il carico e la portata

del fiume. Anche il ciclo delle 3 stazioni più a sud si discosta, per quanto parzialmente, da quelli del mare aperto, in parte a causa della vicinanza della costa per quanto concerne i nutrienti, e per cause non chiare, al momento, per quanto riguarda la composizione del popolamento fitoplanctonico, del tutto simile a quello delle stazioni 1 e 2.

Nella situazione descritta nel 1975-76 invece, pur evidenziandosi la zona di foce per le sue caratteristiche idrologiche, non emergeva alcuna differenza fra le stazioni per quanto riguarda la biomassa. Inoltre il ciclo annuale della clorofilla e, ancor più, delle cellule, mostravano una regolarità e una stagionalità (Fig. 2 a, b, e) quasi sorprendenti per una zona così costiera (Lenzi Grillini & Lazzara, 1980), regolarità ora del tutto perduta. In quel periodo non furono rilevate le concentrazioni di nutrienti ma la regolarità della biomassa anche alla stazione 2, fa supporre che l'Ombrone non costituisse una fonte di inquinamento per il tratto di mare interessato, come del resto già concluso da Lenzi Grillini & Lazzara (1978, 1980). Nel 1975-76, il popolamento fitoplanctonico era costituito prevalentemente da Diatomee mentre ora è risultato rappresentato da quelle classi pressoché assenti prima.

Alle modificazioni chiaramente provocate dal maggior impatto dell'Ombrone si sovrappone però, come già accennato, un'alterazione più generale, non causata da questo fiume perché estesa anche a sud della foce, e che è a carico della composizione del popolamento fitoplanctonico.

Le cause delle variazioni dei popolamenti presentano in genere una grande variabilità legata a fattori locali che sono tuttavia, negli ultimi decenni, sempre connesse con gli apporti nutritizi di sistemi fluviali più o meno grandi, come dimostrano altre zone costiere del Mediterraneo (costa catalana, Margalef 1963, Herrera & Margalef 1963, Margalef & Herrera 1964, Margalef & Ballester 1967, Margalef & Castellvì 1967, - Banyuls, Jacques 1969 - Golfo di Marsiglia, Travers 1975). Per le stazioni a sud l'apporto dei fiumi Osa e Albegna potrebbe essere chiamato in causa, ma non possiamo escludere particolari situazioni climatiche, specie per il 1989, (mare calmo, siccità) che in effetti hanno caratterizzato il periodo qui descritto e che possono in qualche modo aver favorito alcune specie rispetto ad altre.

Ricerca svolta con fondi MURST 40% e Convenzione Università di Firenze-Parco Naturale della Maremma.

BIBLIOGRAFIA

Arrigoni, P. V., R. Gelimi, M. Innamorati, C. Lenzi Grillini, A. Lovari, P. Piussi, G. Sanesi & G. Sartoni. 1976. Relazione al Consorzio per l'istituzione del Parco della Maremma. *Inforni. Bot. Ital.,* 8: 283-324.

Hasle, G. 1978. Settling. The inverted microscope method. In: Sournia A., *Phytoplankton manual.* UNESCO, Page Brothers Norwich.

Herrera, J. & R. Margalef, 1963. Hidrografia y fitoplancton de la costa comprendida entre Castellon y la desembocadura del Ebro, de julio de 1960 a junio de 1961. *Inv. Pesq. ,* 24: 33-112.

Jacques, G. 1969. Aspects quantitatifs du phytoplancton de Banyuls-sur-Mer (Golfe du Lion) II. Cycle des Flagellés nanoplanctoniques (juin 1965 - juin 1967). *Vie et Milieu B,* 19: 17-33.

Jeffrey, S. W. & G. F. Humphrey, 1975. New spectrophotometric equation for determining chlorophyll a, b, c_1 and c_2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen,* 167: 374-388.

Lazzara, L., F. Bianchi, M. Falcucci, V. Hull, M. Modigh & Ribera d'Alcalà M., 1990. Pigmenti clorofilliani. In: Metodi nell'ecologia del plancton marino. *Nova Thalassia* 11: 207-223.

Lenzi Grillini, C. & L. Lazzara, 1977. Il fitoplancton delle acque costiere del Parco Naturale della Maremma. *Inf. Bot. Ital.,* 9: 150-155.

Lenzi Grillini, C. & L. Lazzara. 1978. Ciclo annuale del fitoplancton nelle acque costiere del Parco Naturale della Maremma. I. Variazioni quantitative. *Giorn. Bot. Ital.,* 112 (3): 157-173.

Lenzi Grillini, C. & L. Lazzara, 1980. Ciclo annuale del fitoplancton nelle acque costiere del Parco Naturale della Maremma. II. Flora e variazioni delle comunità. *Giorn. Bot. Ital.,* 114 (5): 199-215.

Lorenzen, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equation. *Limnol. Oceanogr.,* 12 (2): 343-346.

Margalef, R. 1963. Succession in marine populations. *Adv. Front. Plani Sci.,* 2: 137-188.

Margalef, R. & J. Herrera. 1964. Hydrografia y fitoplancton de las costas comprendidas entre Castellon y la desembocadura del Ebro, de julio de 1961 a julio de 1962. *Inv. Pesq. 22:* 9-109.

Margalef, R. & A. Ballester. 1967. Fitoplancton y produccion primaria de la costa catalana, de junio de 1965 a junio de 1966. *Inv. Pesq.* 31(1): 165-182.

Margalef, R. & J. Castellvì. 1967. Fitoplancton y produccion primaria de la costa catalana, de julio de 1966 a julio de 1967. *Inv. Pesq.* 31 (3): 491-502.

SCOR-UNESCO, 1980. Technical papers in marine science, 35 Unesco, Paris. 1-20.

Strickland, J. D. & T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of sewater analysis. *Fish. Res. Bd. Canada,* Bull. 167, 2nd Ed., Ottawa

Travers M. 1975. Diversità du microplankton du Golf de Marseille en 1964. *Mar. Biol.* 8: 137-168.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L
Atassia, 4-6 Novembre 1992
da pag. 461 a pag. 476

VARIAZIONI STAGIONALI DELLA COMPOSIZIONE BIOCHIMICA DEL BIVALVE *TAPES PHILIPPINARUM* IN DUE LAGUNE DEL DELTA DEL PO.

Vincenzo FESTA*, Marco BRIANT** e Romano AMBROGI*.

*ENEL - Centro Ricerca Ambiente e Materiali, via Rabattino 54, Milano
** Via Valgadori 7, - Pontoglio (BS)

SUMMARY

The data on the biochemical composition of two populations of the bivalve *Tapes philippinantm* are described for two coastal lagoons of the Po River Delta complex.

The objective of the study is to compare the annual cycle in the two sites, one of which is located near a thermo-electric power plant.

Monthly samples have been taken from February, 1990 to March, 1992 in fìxed stations near the lagoon openings to the Adriatic Sea. The parameters measured in the laboratory were: total lipids, triacylglycerols, phospholipids, cholesterol, total carbohydrates, d-glucose, glycogen, proteins.

The biochemical cycle is rather similar to that described for other bivalves in temperate regions. Some differences in the pattern between the two populations could be related to the reproductive cycle. The clams in the Sacca del Canarin showed a longer period of reproductive activity compared with those in the Sacca degli Scardovari, the latter showed better defmed peaks of lipid content and sharper decreases. The analysis of variance revealed a statistically significant difference in total lipid content and protein content of the two populations throughout the two years of study.

The average lipid concentration in the Sacca del Canarin was 43,07 $mg \bullet g^{-1}$ of liophilized weight, whereas in the Sacca degli Scardovari the average was 38,12 $mg \bullet g^{-1}$. The average protein content values were 491 and 466 mg g^{-1} respectively .

1. INTRODUZIONE

Lo scopo della ricerca consiste in una comparazione dello stato fisiologico di organismi di grande importanza ecologica ed anche economica, in due lagune del Delta del Po: la Sacca del Canarin e la Sacca degli Scardovari (Fig. 1).

In questo lavoro vengono riportati i dati riguardanti la composizione

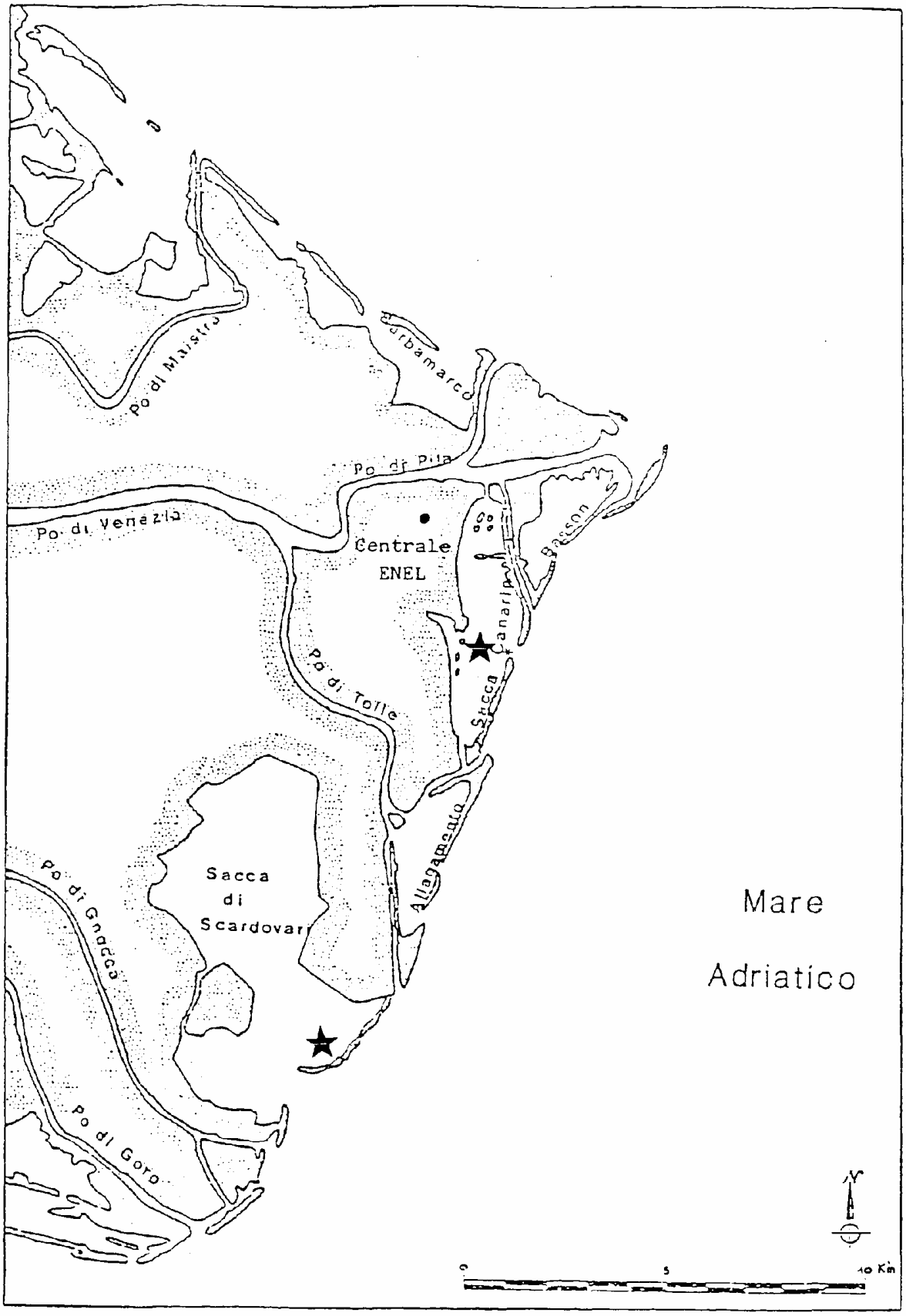


Fig. 1 : Planimetria del Delta del Po .

★ Ubicazione delle stazioni di prelievo di *Tapes philippinarum*

biochimica di due popolazioni del bivalve *Tapes philippinarum* (Adams e Reeve) recentemente stabilitesi nelle due lagune. In particolare, l'interesse per le variazioni biochimiche nelle vongole della Sacca del Canarin, deriva dal fatto che la laguna può essere interessata da immissioni di acque reflue di sistemi di raffreddamento della Centrale Termoelettrica di Porto Tolle (Rovigo). *T. philippinarum* è una specie di origine nipponica con ampia distribuzione indo-pacifica dal Pakistan alle Isole Curili e successive introduzioni nelle Isole Hawai, sulle coste pacifiche Nord-americane e recentemente sulle coste europee e mediterranee.

L'introduzione di *T. philippinarum* in Italia è avvenuta nel marzo 1983 dapprima in Laguna di Venezia, nell'ambito di ricerche intraprese dal Consorzio per lo Sviluppo della Pesca e dell'Acquicoltura del Veneto (Co.S.P.A.V.), e successivamente in altri ambienti vallivi veneti fra cui la Sacca degli Scardovari. I promettenti risultati ottenuti da queste prime prove di allevamento e l'interesse dimostrato da più parti per questa nuova zoocoltura, hanno determinato, a partire dal 1985, il diffondersi di semine (nell'ordine di vari milioni di individui) nella maggior parte delle lagune alto-adriatiche e in molte altre lagune, stagni, laghi ed aree costiere italiane (Cesari e Pellizzato, 1985, Regione Veneto-ESAV,1990).

Introdotta a fini di allevamento e/o diffusasi naturalmente, *T. philippinarum* è ormai presente in un vastissimo areale e, sin dalla sua prima comparsa sui nostri mercati, è stata accolta positivamente sia dagli operatori del settore che dai consumatori. Nell'area del Delta del Po questa specie ha mostrato un fenomenale aumento nella produzione: da una raccolta di vongole di circa 9 tonnellate nel 1985 si è passati alle 6500 tonnellate del 1989 (Rossi et al., 1990).

Per notizie sull'ecologia delle lagune del Delta si rimanda agli Atti di due Convegni tenutisi, rispettivamente, a Parma in data 11 e 12 Aprile 1985 e ad Albarella (Rovigo) il 16-18 Settembre 1990 (Ambrogi, 1985; AA.VV., 1991).

Notizie sulla composizione biochimica della specie *T. philippinarum* si possono trovare in Adachi (1979), Beninger (1984), Beninger e Lucas (1984), Beninger e Stephan(1985).

2. MATERIALI E METODI

2.1. Campionamento

II campionamento veniva effettuato mensilmente (generalmente la seconda settimana del mese) dal Feb.'90 al Mar.'92. Il campionamento del mese di luglio '91 non fu effettuato per problemi di natura tecnica,Le stazioni (una per ogni sacca) erano fisse e poste sul confine sacca-mare in direzione della bocca di ingresso a mare ad una profondita' di 1 m rispetto al medio mare su substrato sabbioso. Venivano prelevati mediamente 20 esemplari di *Tapes philippinarum* per ogni sito, da questi venivano subcampionati 6 esemplari aventi le dimensioni delle valve mediamente pari a 5 ± 0,2 cm.

2.2.Estrazione

I bivalvi all'atto del campionamento venivano immersi in azoto liquido per evitare consumi di zuccheri semplici o di frazioni lipidiche, tipici negli organismi sottoposti a stress. In laboratorio si separavano le valve dalle parti molli e quest'ultime venivano sottoposte a liofilizzazione (-40°C).

II tessuto liofilizzato veniva polverizzato grossolanamente ed un' aliquota pesata veniva sottoposta ad estrazione in accordo con Folch et al. (1957), aggiungendo una quantità di acqua distillata pari all 80% del peso secco del tessuto sottoposto ad estrazione, ciò' per standardizzare la polarità del solvente per tutti i campioni.

Il residuo delipidizzato rimasto sul filtro veniva raccolto per la determinazione del d-glucosio e dei carboidrati totali nonché del glicogeno. Tutte le analisi sottoriportate sono state eseguite in triplicato.

2.3. Determinazione dei lipidi totali, colesterolo, trigliceridi e fosfolipidi

L' analisi dei lipidi totali e delle relative componenti lipidiche veniva effettuata evaporando le aliquote di estratto lipidico purificato (0,20 ml) sotto vuoto ed in corrente di azoto.

I lipidi totali venivano determinati in accordo con Barnes e Blackstock (1973), utilizzando il metodo spettrofotometrico alla sulfofosfovanillina (Zöllner e Kirsch, 1962).

II colesterolo totale veniva determinato in accordo con Beutler e Michal (1976) e Official Methods of Analysis of AOAC (1970), utilizzando il kit per l'analisi colorimetrica del colesterolo totale prodotto dalla ditta Boehringer Mannheim. Tale determinazione si basa su un insieme di reazioni enzimatiche che portano alla formazione di un complesso colorato, la lutidina, che e' stechiometricamente equivalente al colesterolo totale presente.

I trigliceridi venivano determinati in accordo con Wahlefeld (1974), utilizzando il kit per l'analisi enzimatica dei trigliceridi prodotto dalla ditta Boehringer Mannheim. Tale analisi si basa sulla determinazione dei trigliceridi dopo idrolisi enzimatica. Le reazioni enzimatiche portano alla formazione del piruvato il quale reagisce con il NADH in presenza di LDH. La differenza di concentrazione, letta allo spettrofotometro UV (λ: 340 nm), del NADH prima e dopo la reazione con il piruvato, permette il calcolo dei trigliceridi presenti nella frazione lipidica.

I fosfolipidi venivano determinati in accordo con Takayama et al. (1977), utilizzando il kit per la determinazione enzimatica-colorimetrica dei fosfolipidi prodotto dalla ditta Boehringer Mannheim. Tale analisi si basa su specifiche reazioni enzimatiche, che portano alla formazione di un complesso colorato, il 4-(p-benzochinone-monoimino)-fenazone la cui concentrazione viene letta per via spettrofotometrica.

2.4. Determinazione del d-glucosio, glicogeno e carboidrati totali

II tessuto residuo delipidizzato, raccolto sul filtro Whatman CF-F veniva trattato sotto vuoto per favorire l'evaporazione del solvente residuo e quindi pesato

per suddividerlo in due parti.

La prima aliquota veniva trattata con acqua distillata e portata a 70 °C per circa 30 minuti al fine di estrarre gli zuccheri semplici e determinare sul filtrato (dopo filtrazione) il d-glucosio. 11 residuo veniva trattato con acido tricloroacetico al 10% (w/w) a 100 °C per circa 30 minuti al fine di solubilizzare il glicogeno contenuto (demolendolo in zuccheri semplici).

La seconda aliquota veniva direttamente trattata con acido tricloroacetico (10 % w/w), a caldo (100 °C per 30 minuti) per la determinazione dei carboidrati totali.

Le estrazioni degli zuccheri venivano effettuate in accordo con Giese(1967).

Tutte e tre le determinazioni venivano effettuate su una opportuna aliquota di estratto (1 ml per il d-glucosio e 0,1 mi per il glicogeno ed i carboidrati totali) utilizzando il metodo messo a punto da Dubois et al.(1955).

Il d-glucosio veniva determinato previa deproteinizzazione dei campioni utilizzando il reattivo di Carrez.

La determinazione dei carboidrati, glicogeno e del d-glucosio si basa sulla reazione tra il d-glucosio ed il reattivo fenolo-acido solforico che porta alla formazione di un complesso, il 5-idrossi-metilfurfurolo, colorato e stabile la cui concentrazione e' determinabile spettrofotometricamente.

2.5. Determinazione del carbonio totale, proteine e rapporto C/N

La determinazione del carbonio totale, dell'azoto e del relativo rapporto C/N venne effettuata utilizzando il metodo dell'analisi elementare CHN (Analizzatore per analisi elementare della ditta Leco)

II calcolo delle proteine presenti nel campione sottoposto ad analisi venne effettuato moltiplicando il valore medio dell' azoto, determinato al CHN, per il fattore di conversione azoto-proteine pari a 6,25. Tale fattore di conversione e' il risultato sperimentale ottenuto da una miscela di proteine (Giese, 1967).

2.6. Fattori di conversione energetica

Sono stati utilizzati i seguenti fattori di conversione:

-Proteine =4,3 cal/mg (Beukema e De Bruin, 1979)
-Carboidrati =4,1 cal/mg (Craig et al., 1978)
- Lipidi = 7,88 cal/mg (Beninger e Lucas, 1984).

2.7.Trattamento statistico dei dati biochimici

Per il trattamento statistico dei dati, ci si e' avvalsi di un' analisi della varianza a due fattori con un disegno a blocchi randomizzati completi, senza operare trasformazioni. La significatività e' stata calcolata mediante l'intervallo di confidenza del 95%.

Il metodo consente di separare la variabilità associata alla data di prelievo da quella associata al sito. Per il calcolo e' stato utilizzato il programma Statgraphics della Statistical Graphics Corporation.

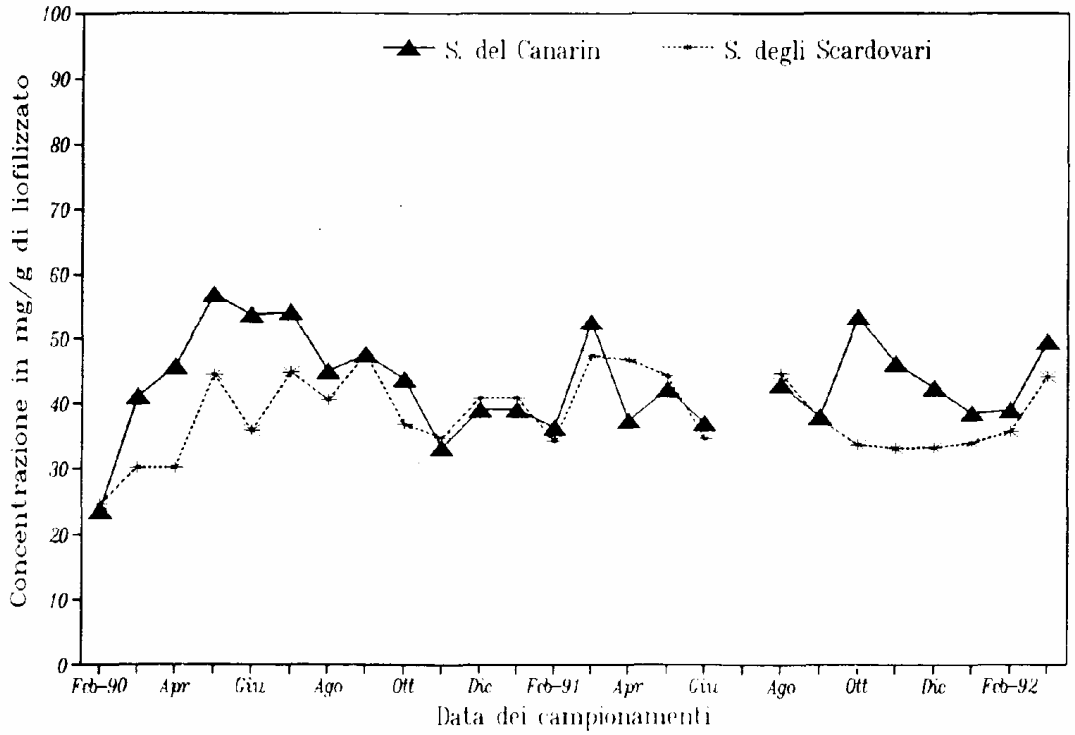


Fig.. 2 – Andamento dei Lipidi Totali (Dal Feb-90 al Mar-92) .

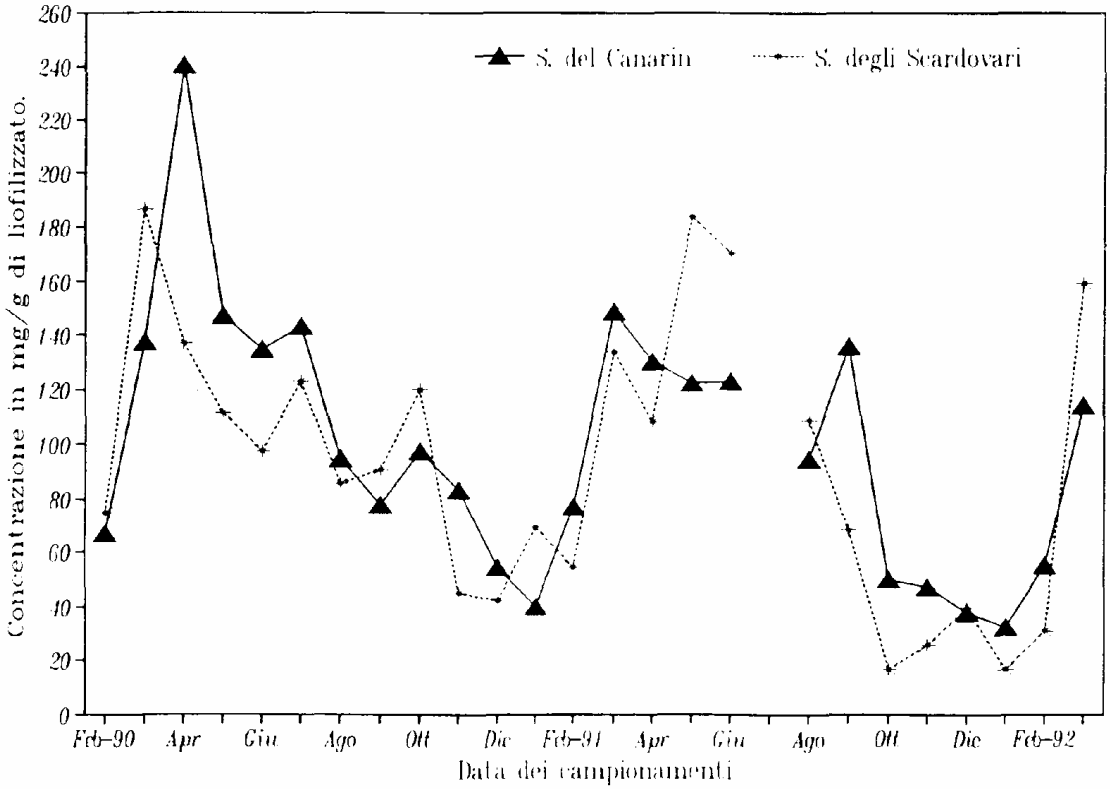


Fig. 3 – Andamento del Glicogeno (Dal Feb-90 al Mar-92) .

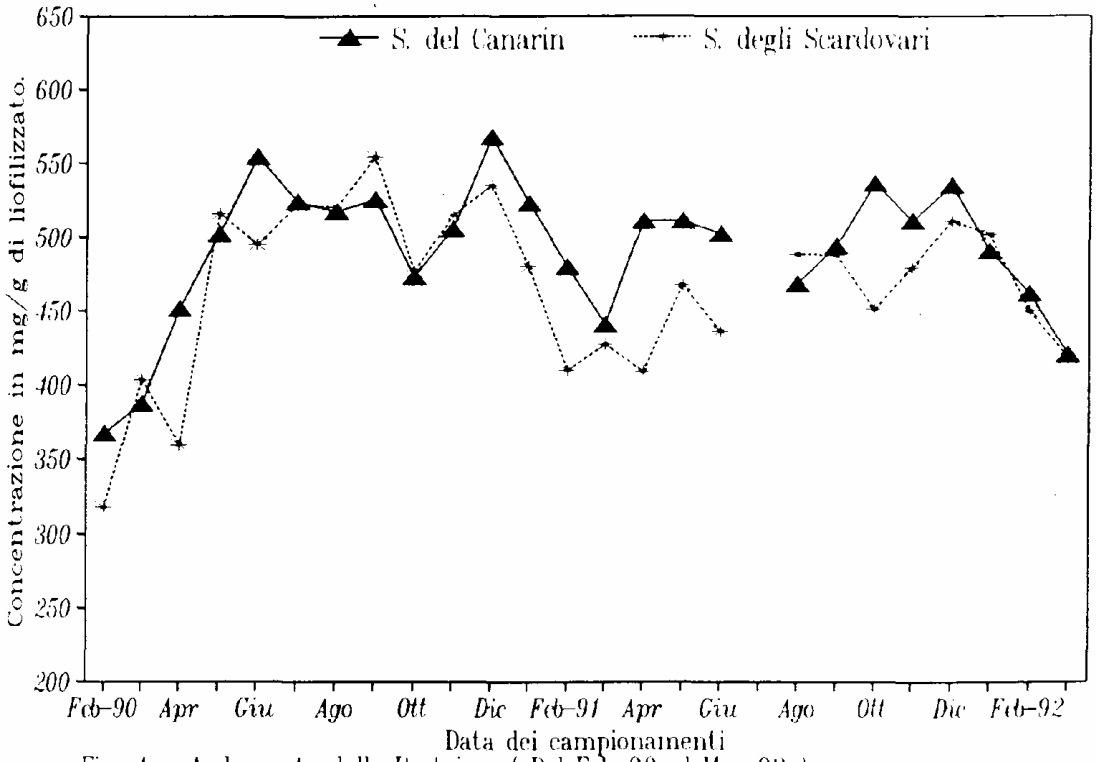


Fig. 4 - Andamento delle Proteine (Dal Feb-90 al Mar-92).

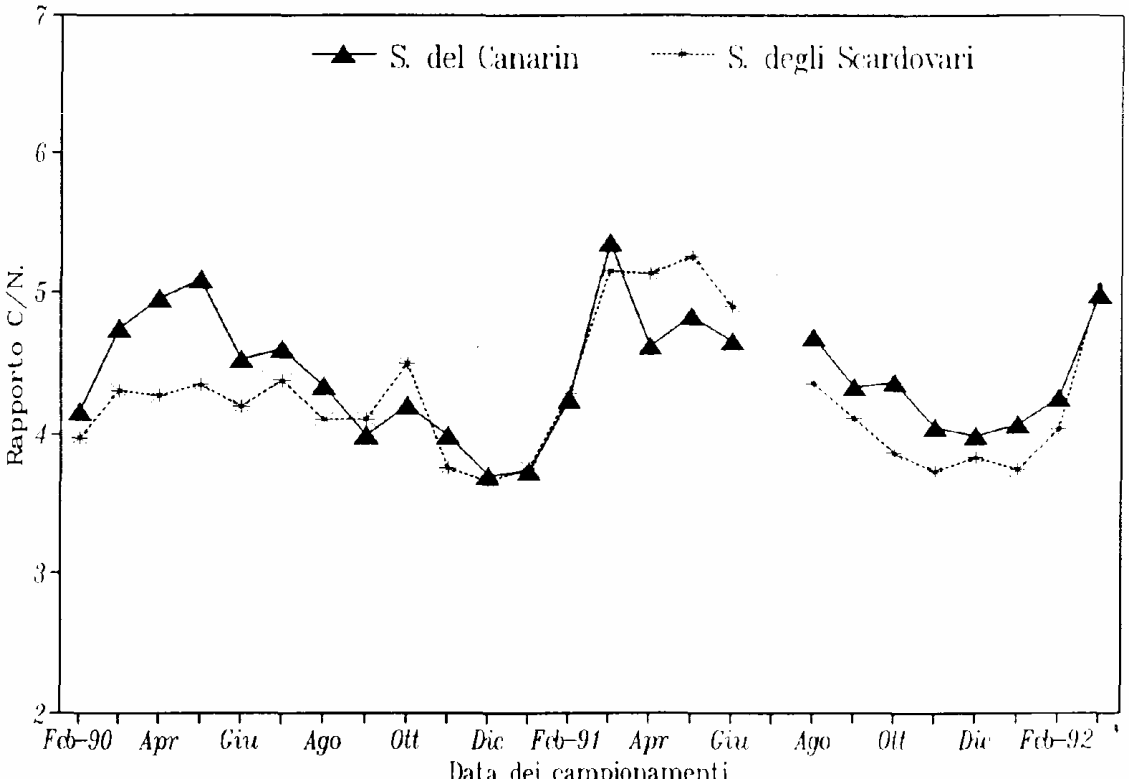


Fig. 5 - Andamento del Rapporto C/N (Dal Feb-90 al Mar-92).

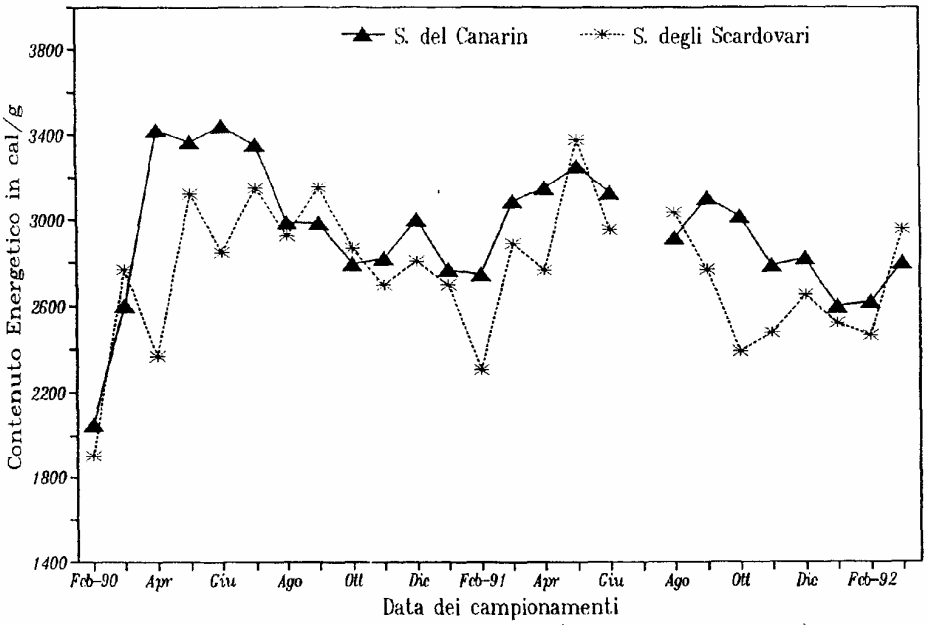


Fig. 6 - Andamento del Contenuto Energetico (Dal Feb-90 al Mar-92).

Componenti Biochimiche	Confronto tra siti (Feb-90/Gen-91)	Confronto tra siti (Feb-91/Mar-92)	Confronto tra siti (Gen-90/Mar-92)	Confronto tra annate Sacca del Canarin .	Confronto tra annate Sacca degli Scardovari
Lipidi totali	0,0151 S	0,0693 NS	0,0020 SS	0,9663 NS	0,6010 NS
Colesterolo	0,0860 NS	0,8496 NS	0,1157 NS	0,2828 NS	0,6360 NS
Trigliceridi	0,0277 S	0,3365 NS	0,0566 NS	0,4859 NS	0,1696 NS
Fosfolipidi	0,1450 NS	0,0686 NS	0,0165 S	0,4862 NS	0,4636 NS
d-glucosio	0,0445 S	0,9239 NS	0,1347 NS	0,0070 SS	0,0019 SS
Glicogeno	0,3631 NS	0,7137 NS	0,3465 NS	0,2304 NS	0,4709 NS
Carboidrati totali	0,2368 NS	0,7022 NS	0,2307 NS	0,8850 NS	0,7393 NS
Proteine	0,1451 NS	0,0093 SS	0,0029 SS	0,5705 NS	0,5533 NS

Tab. 1 : Riassunto dei tests statistici effettuati. Valori di significativita' del test di F calcolato con l'analisi della varianza.

NS = Non Significativo P > 0,05
S = Significativo 0,01 < P < 0,05
SS = Altamente Significativo 0,001 < P < 0,01

3. RISULTATI

3.1 Composizione biochimica

I risultati delle principali analisi biochimiche sono riportati nelle figure 2 ÷5 .

Le vongole della Sacca del Canarin, per gran parte del periodo considerato, mostrano un maggior contenuto in lipidi totali rispetto a quelle della Sacca degli Scardovari (Fig. 2), con una differenza massima di + 19,86 $mg \cdot g^{-1}$ nel mese di ottobre 1991. In entrambe le popolazioni il tenore in lipidi aumenta nei mesi primaverili, mostra fluttuazioni irregolari nel periodo estivo per poi diminuire nella fase autunnale ed invernale.

Glicogeno (Fig. 3) e proteine (Fig. 4) presentano andamenti analoghi, anche se leggermente sfasati, rispetto a quanto visto per i lipidi totali.

L'andamento del rapporto C/N (Fig. 5) è molto simile in entrambe le popolazioni per tutto il periodo considerato e segue con buona approssimazione l'andamento dei lipidi totali, dei carboidrati e delle proteine.

II contenuto energetico del tessuto liofilizzato (Fig. 6), calcolato dalle analisi quantitative dei componenti biochimici e convertito in cal/mg tramite l'utilizzo dei fattori di conversione, mostra valori relativamente simili nelle due stazioni per quasi tutto il periodo d'analisi, con quattro evidenti eccezioni (in aprile e giugno 1990 ed in febbraio e ottobre 1991), quando il contenuto energetico è decisamente maggiore per le vongole della Sacca del Canarin.

3.2. Analisi statistica

In una prima serie di analisi sono state messe a confronto le medie di ogni componente biochimico, calcolate sui valori misurati dapprima nelle singole annate di campionamento (Feb.'90-Gen.'91; Feb.'91- Mar.'92) e poi in tutto il periodo considerato (Feb.'90-Mar.'92), fra le due stazioni.

Nella seconda serie di analisi, in ognuna delle due stazioni, sono state confrontate le medie annuali di un dato componente biochimico (periodo Feb.'90-Gen.'91 contro periodo Feb.'91-Mar.'92).

Dalla tabella riassuntiva n° 1, si osserva che esiste una differenza molto significativa per quanto riguarda il contenuto medio di lipidi totali e proteine e significativa per i fosfolipidi, in favore delle vongole della Sacca del Canarin, se si considera tutto il periodo di analisi. La concentrazione media dei lipidi delle vongole nella Sacca del Canarin è stata di 43,07 mg g^{-1} di tessuto liofilizzato (dev. standard 7,47) mentre a Scardovari il valore medio e' stato di 38,12 mg g^{-1} (d.s. 6,06). Per quanto riguarda le proteine i valori medi risultano essere di 490,95 (d.s. 47,62) e di 465,72 (d.s. 55,99) mg g^{-1} rispettivamente. Infine i fosfolipidi hanno medie di 14,34 (s.d. 4,43) e 13,09 (s.d. 4,16) mg g^{-1}. In particolare il maggior contenuto in lipidi totali delle vongole della Sacca del Canarin appare attribuibile ad un loro più alto tenore lipidico (soprattutto in trigliceridi) rispetto a quello delle vongole della Sacca degli Scardovari nella prima annata di campionamenti; mentre il maggior tenore proteico sembra dovuto soprattutto alla differenza molto significativa misurata nell'annata successiva.

Inoltre, con l'eccezione del d-glucosio, in nessuna delle due popolazioni sono state rilevate differenze significative confrontando all'interno dello stesso sito il contenuto medio dei vari componenti biochimici determinati nelle due annate di campionamento.

4. DISCUSSIONE

Prima di affrontare la discussione sulle ipotesi delle cause che determinano le variazioni della composizione biochimica del bivalve osservato, ci sembra opportuno premettere alcune notizie sul ciclo riproduttivo (Sbrenna e Campioni comunicazione personale), nel periodo gennaio-dicembre 1991, sullo stesso materiale.

Le osservazioni morfologiche effettuate mensilmente sulle gonadi di *Tapes philippinarum,* durante l'anno 1991-92, hanno permesso di suddividere il ciclo di maturazione gonadica del bivalve in 5 fasi: riposo, attività, maturità, emissione e riassorbimento dei gameti.

Nei mesi invernali gli esemplari di *Tapes* provenienti da entrambe le sacche si trovano in una fase di inattività (riposo) tanto che è quasi impossibile individuarne il sesso. Nei mesi di Aprile e Maggio le varie fasi del ciclo maturativo hanno durata diversa nelle due sacche: gli esemplari della Sacca del Canarin iniziano più precocemente la gametogenesi e raggiungono prima la fase di maturità, caratterizzata da follicoli gonadici ripieni di gameti. Negli esemplari raccolti nella Sacca degli Scardovari il completamento della fase maturativa è osservabile solamente durante il mese di Giugno. Anche nel secondo semestre di campionamenti la successione degli eventi riproduttivi è leggermente sfasata nelle popolazioni delle due sacche: nella Sacca degli Scardovari la gonade mostra due eventi maturativi in rapida successione che culminano con l'emissione dei gameti rispettivamente in Luglio ed Ottobre; nella Sacca del Canarin, invece, durante i mesi estivi, la maggior parte della popolazione appare costantemente in uno stadio di maturità gonadica, caratterizzato da follicoli ripieni di gameti e con emissioni parziali e continue. Nel campionamento di Ottobre si osserva ancora una presenza di gameti maturi in circa meta' degli esemplari esaminati provenienti dalla Sacca del Canarin.

In Dicembre, infine, tutti gli esemplari esaminati nelle due Sacche si trovavano nuovamente in fase di riposo gonadico.

Durante il ciclo biologico di *Tapes philippinarum,* nel periodo da noi considerato, si possono osservare notevoli variazioni per tutti i maggiori costituenti biochimici dei tessuti corporei. Vari studi hanno suggerito l'importanza, a livello quantitativo e qualitativo, dei lipidi nell'economia dei bivalvi marini adulti, sia per la formazione dei gameti (Walne, 1970; Holland, 1978; Taylor e Venn, 1979), sia come riserva energetica in condizioni di stress nutrizionali imposti o naturali (Walne, 1970; Beukema e De Bruin, 1977; Beninger e Lucas, 1984). In entrambe le popolazioni le variazioni dei valori assoluti dei lipidi (Fig.2), da noi osservate, potrebbero corrispondere ad un modello di variazione già notato in altri bivalvi marini (Establier, 1969, Ariseli, 1972; Ando et al., 1976; Beukema e De Bruin, 1977; Taylor e Venn, 1979; Ansell et al., 1980). In tutti i casi citati i livelli massimi di lipidi corrispondono a periodi di maturazione gonadica prima dell'emissione dei gameti, riflettendo il

fatto che i lipidi sono uno dei maggiori componenti degli oociti dei Bivalvi (Holland, 1978; Gabbott, 1983).

Le concentrazioni di lipidi aumentano, in entrambe le popolazioni, nei mesi primaverili, parallelamente all'aumentare della temperatura dell'acqua, e nello stesso modo diminuiscono nei mesi autunnali. Seguendo queste variazioni in rapporto al ciclo riproduttivo, limitatamente al 1991, l'incremento primaverile del contenuto lipidico potrebbe aver rappresentato l'innesco della fase di maturazione delle gonadi. Le fluttuazioni del contenuto lipidico nei mesi estivi possono essere messe in relazione al notevole consumo energetico associato alla riproduzione e all'emissione dei gameti.

Il glicogeno è un importante costituente di riserva negli invertebrati, specialmente nei Bivalvi (Giese, 1966, 1969; Bayne e Newell, 1983; Gabbott, 1983; Gade, 1983; Akberali e Trueman, 1985). Il contenuto in glicogeno nei bivalvi marini può cambiare drasticamente nelle varie stagioni (Hummel et al., 1988). Il glicogeno può essere usato per superare lunghi periodi di carenza di cibo, come in inverno, o per mitigare periodi più brevi di stress, come periodi di anossia o di prolungata emersione. Inoltre, durante la gametogenesi, il glicogeno può essere ridistribuito dal soma verso le gonadi e costituire riserve nei follicoli e gameti, perciò può essere perso durante l'emissione dei gameti (Gabbott, 1983). Di conseguenza ci si aspetta che i valori minimi del contenuto in glicogeno si misurino alla fine dell'inverno o del periodo riproduttivo. Oltre a questi cambiamenti naturali più o meno graduali del contenuto in glicogeno, possono verificarsi variazioni repentine indotte da improvvisi cambiamenti ambientali, naturali o artificiali, come le temperature estreme, condizioni di anaerobiosi, e da inquinanti. Diversi Autori hanno misurato nei Bivalvi livelli massimi di glicogeno immediatamente prima e durante la maturazione dei gameti (Ansell, 1972, 1974, 1975; Shaffee, 1978; Williams, 1969; Ansell et al., 1980). L'aumento del contenuto in glicogeno sembra essere correlato a periodi di massima abbondanza fitoplanctonica, anche per i Bivalvi che vivono in profondità (Ansell e Trevaillion, 1967; Ansell, 1972).

Le variazioni dei valori assoluti del glicogeno osservate nelle due popolazioni di *Tapex philippinarum* nel periodo di tempo da noi considerato (Fig.3) tendono ad avvalorare la funzione del glicogeno come riserva energetica sia in periodi di stress nutrizionale (specialmente nel periodo invernale) sia durante la produzione dei gameti. La separazione temporale tra le variazioni delle concentrazioni di glicogeno e di lipidi, osservate in entrambe le popolazioni nella primavera 1990, potrebbe confermare l'ipotesi che le riserve di glicogeno possano essere convertite in lipidi dei gameti prima dell'emissione. In ogni modo bisogna tener presente che i glucidi sono i più variabili tra tutte le principali componenti biochimiche, in dipendenza dello stato metabolico degli organismi (Bodoy, 1980) per cui, a seconda del momento in cui si eseguiva il campionamento delle *Tapes,* i glucidi potevano già in parte esser stati convertiti in lipidi, oppure già consumati per diminuizione di disponibilità alimentari.

Gli alti valori proteici osservati durante il periodo di maturazione gonadica, in entrambe le popolazioni,(Fig.4) rifletterebbero il fatto che le proteine sono il principale componente organico degli oociti dei Bivalvi (Holland, 1978). Le proteine possono servire anche come riserva energetica nei bivalvi adulti, particolarmente durante la gametogenesi. Lipidi e glicogeno sono mobilizzati per formare gli oociti, mentre le proteine degli oociti vengono sintetizzate de novo (Holland, 1978). Così le proteine somatiche diventano il substrato energetico predominante durante la gametogenesi. Il

ruolo delle proteine somatiche come riserva di energia può anche estendersi in situazioni di stress nutrizionale e di deficit energetico al di fuori del periodo riproduttivo, come osservato in *Tapes philippinarum* in condizioni di sfinimento invernale, dove le proteine contribuivano al 74% dell'energia di mantenimento (Beninger e Lucas, 1984). L'aumento primaverile dei valori proteici, da noi osservato, dovrebbe coincidere col periodo di sviluppo delle gonadi.

Il rapporto C/N nei tessuti (Fig.5) mostra un chiaro modello stagionale in entrambe le popolazioni, riflettendo l'accumulo ed il consumo delle riserve metaboliche in funzione delle necessità fisiologiche degli animali. In particolare la massima differenza nei valori del rapporto C/N raggiunta nel maggio 1990 tra le vongole della Sacca del Canarin (5.09) rispetto alle vongole della Sacca degli Scardovari (4.35), rispecchierebbe un maggior successo nella fase di accumulo di riserve energetiche ai fini della riproduzione. Considerando il contenuto energetico (Fig.6), le vongole raggiungono il loro massimo valore energetico immediatamente prima dei periodi di emissione dei gameti.

5. CONCLUSIONI

II ciclo biochimico delle popolazioni di *Tapes philippinarum,* studiate durante il periodo compreso tra febbraio 1990 e marzo 1992 nei due ambienti del Delta del Po, uno dei quali caratterizzato dalla presenza di una centrale termoelettrica, presenta un andamento analogo a quello riportato dai vari Autori per i Bivalvi in generale e nell'unico studio a noi noto su *Tapes philippinarum* (Beninger e Lucas, 1984). I cambiamenti stagionali del contenuto calorico, dei lipidi totali, dei glucidi e delle proteine osservati nelle *Tapes* studiate sono infatti del tutto comparabili a quelli descritti precedentemente per specie appartenenti alla stessa famiglia Veneridae. In proposito si possono notare tre fasi principali che caratterizzano il ciclo biochimico:

1) una fase di tipo anabolico che inizia in entrambi i gruppi di animali tra febbraio e marzo; tale fase, nel 1990, si distingue a sua volta in due sottofasi a seconda del tipo di riserve metaboliche accumulate:

1a - caratterizzata da accumulo di trigliceridi, carboidrati e proteine;

1b - caratterizzata dall'aumento prevalente dei lipidi a spese dei carboidrati (tra aprile e maggio);

2) un periodo di deplezione delle riserve, precedentemente accumulate, in coincidenza ai mesi estivi, in cui vengono attivati i meccanismi finalizzati prevalentemente alla riproduzione;

3) un periodo autunnale (pre-invernale) di ripristino delle scorte nutrizionali (soprattutto proteine) che successivamente verranno rimosse ed utilizzate durante i mesi invernali.

Il confronto dei dati relativi alle composizioni delle due popolazioni di vongole ha dimostrato qualche differenza quantitativa e di andamento stagionale degli accumuli delle riserve metaboliche durante il periodo di fine inverno-inizio primavera. In particolare nel 1990 l'accumulo di glicogeno nelle vongole della Sacca del Canarin presenta un incremento netto e raggiunge (in aprile) valori del 75,4% superiori rispetto a quelli misurati negli animali raccolti nella Sacca degli Scardovari, in cui il

picco massimo viene raggiunto prima (in marzo) rispetto agli animali della Sacca del Canarin. Inoltre, sempre nel 1990, nei dati di Scardovari, il valore massimo, seguito dalla caduta dei valori, è anticipato rispetto alla salita dei lipidi. Negli animali della Sacca del Canarin la caduta del glicogeno si associa, invece, alla contemporanea salita dei lipidi. Come nel caso del glicogeno l'accumulo dei lipidi raggiunge (in aprile 1990) livelli del 51,3% in più rispetto ai lipidi degli animali prelevati nella Sacca degli Scardovari. In letteratura è stato sottolineato che la capacità di accumulo durante il periodo di ripresa primaverile rappresenta un aspetto determinante per la sopravvivenza e la riproduzione. Questo aspetto e' messo in rilievo dalle osservazioni istologiche compiute nell'anno successivo che hanno sottolineato il leggero sfasamento della successione degli eventi riproduttivi nelle popolazioni delle due Sacche, sia nel periodo primaverile, quando le vongole della Sacca del Canarin iniziano più' precocemente la gametogenesi e raggiungono prima la fase di maturità, sia in estate quando le stesse vongole prolungano la fase di maturità e la successiva fase di riassorbimento. Le differenze di rilievo sono osservabili nel periodo primaverile (1990) e nell'ottobre 1991, quando il contenuto lipidico e proteico delle vongole della Sacca del Canarin raggiungono, rispettivamente, valori del 59,2% e del 19,06% in più rispetto ai valori misurati negli animali della Sacca degli Scardovari.

L'analisi dei dati relativi ai lipidi totali ed alle proteine durante tutto il periodo considerato, mediante l'applicazione di un test statistico a blocchi randomizzati completi, in cui si separano gli effetti della stagione, ha evidenziato che le differenze delle proteine, dei lipidi ed in particolare dei fosfolipidi, sono significative tra le popolazioni delle due Sacche.

Il confronto tra i due ambienti studiati ha fornito dati simili circa l'andamento del ciclo biochimico, anche se questi dati preliminari suggeriscono che la crescita ed il ciclo vitale possano essere favorevolmente influenzati nelle vongole della Sacca del Canarin, grazie ad una migliore sincronia tra disponibilità e fabbisogni alimentari. Tuttavia occorre sottolineare che ulteriori studi di monitoraggio comparato dei parametri ambientali, degli indici di condizione ed il contemporaneo rilevamento degli indici di maturazione gonadica, potranno fornire maggiori elementi di interpretazione delle variazioni biochimiche riscontrate nei bivalvi raccolti nei due siti.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. 1991. Atti Convegno Ecologia del Delta del Po. Albarella 16-18 Settembre 1990. *Relazione ENEL-CRTN E4/91/02/MI.*

Adachi, K. 1979. Seasonal changes of the protein level in the adductor muscle of the clam, *Tapes philippinanim* (Adams and Reeve) with reference to the reproductive seasons. *Comp. Biochem. Physiol.,* 64A : 85-89.

Akberali, H.B. & E.R. Trueman. 1985. Effects of environmental stress on marine bivalve molluscs. *Adv. Mar. Biol.,* 22 :. 101-198.

Ambrogi, R. (ed.), 1985. Ecologia del Delta del Po. *Nova Thalassia, 7 suppl.2, 454 pp.*

Ando, T.,M. Moueza & H.S.Ceccaldi. 1976. Variations des lipides et des sterols chez *Donax trunculus* L. (Mollusque Lamellibranche) durant les mois d'automne et

d'hiver.*C.R. Séances Soc. Biol. Paris,* 170 : 149-153.
Ansell, A.D. 1972. Distribution, growth and seasonal changes in biochemical composition for the bivalve *Donax villatus* (Da Costa) from Kames Bay, Millport. *J. Exp.Mar. Biol. Ecoi,* 10 : 137-150.
Ansell, A.D. 1974. Seasonal changes in biochemical composition of the bivalve *Abra abra* from the Clyde Sea area. *Mar. Biol.,* 25 : 13-20.
Ansell, A.D. 1975. Seasonal changes in biochemical composition of the bivalve *Astarte montagui* in the Clyde Sea area. *Mar. Biol.,* 29 : 235-243.
Ansell, A.D.,L. Frenkiel & M. Moueza. 1980. Seasonal changes in tissue weight and biochemical composition for the bivalve *Donax trunculus* L on the Algerian coast. *J. Exp. Mar. Biol. Ecoi,* 45 : 105-116.
Ansell, A.D. & A. Trevaillion. 1967. Studies on *Tellina tennis* Da Costa. II. Seasonal growth and biochemical cycle. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 1 : 220-235.
Barnes, H. & J. Blackstock. 1973. Estimation of lipids in marine animals and tissues: detailed investigation of the sulphophosphovanillin method for "total" lipids. *J. Exp. Biol. Ecol.,* 12,: 103-118.
Bayne, B.L. & R.C. Newell. 1983. Physiological energetics of marine molluscs. *In: K.M. Wilbur, A.S.M. Saleuddin (Eds.). The Mollusco. Vol.4, Physiology Pari 1. Academic Press, New York :* 407-515.
Beninger, P.G. 1984. Seasonal variations of the major lipid classes in relation to the reproductive activity of two species of clams reared in a common habitat: *Tapes decussates L.* (Jeffreys, 1863) and *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 79 : 79-90.
Beninger, P.G. & A. Lucas. 1984. Seasonal variations in condition, reproductive activity, and gross biochemical composition of two species of adult clam reared in a common habitat: *Tapes decussatus* L. (Jeffreys) and *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 79 : 19-38.
Beninger, P.G. & G. Stephan. 1985. Seasonal variations in the fatty acid of the triacylglycerols and phospholipids of two populations of adult clam *(Tapes decussatus* L and *Tapes philippinarum)* reared in a common habitat. *Comp. Biochem. Physiol.,* 81B (3) : 591-601.
Beukema, J.J. & W. De Bruin. 1977. Seasonal changes in dry weight and chemical composition of the soft part of the tellinid Bivalve *Macoma balthica* in the Dutch Wadden Sea: *Neth. J. Sea Res.,* 11 : 42-55.
Beukema, J.J & W. De Bruin. 1979. Calorific values of the soft parts of the tellinid bivalve *Macoma balthica L.* as determined by two methods. *.J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 37 : 19-30.
Beutler, H.O. & G. Michal. *1976.Getreide,* Mehl und Brot., 30 : 116-118.
Bodoy, A. 1980. Croissance et variations de la composition biochimique du Bivalve *Spisula subtruncata* (Da Costa) dans le golfe de Marseille. *Tethys,* 9 (4) : 345-354.
Cesari, P. & M. Pellizzato. 1985. Molluschi pervenuti in laguna di Venezia per apporti antropici volontari o casuali. Acclimatazione di *Saccostrea commercialis* (Iredale & Roughely, 1933) e di *Tapes semidecussatus* (Adams & Reeve, 1850). *Boll. Malac.,* 21 (10-12) : 237-274.
Craig, J.F., M.J. Kenley & S.F-. Talling. 1978. Comparative estimations of the energy

content of fish tissue from bomb calorimetry, wet oxidation and proximate analysis. *Freshwater Biol,* 8 : 585-590.

Dubois, M., K.A. Gilles J.K. Hamilton, P.A. Rebers, & F. Smith. 1955. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Analytical Chem.,* 28 : 350-356.

Establier, R. 1969. Variation estacional de la composicion quimica de la chirla *Venus gallina* L. *Invest. Pesq.,33* : 7-13.

Folch, J., M. Lees & G.H.Sloane-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.,* 226 : 497-509.

Gabbott, PA. 1983. Development and seasonal metabolic activities in marine molluscs. *In: P.P. W. Hochachka, Ed., The Mollusco, Vol.2. Environmental biochemistry and physiology. Acade mie Press, New York :* 165-217.

Gade, G. 1983. Energy metabolism of arthropods and molluscs during environmental and functional anaerobiosis. *J. Exp. Zool,* 228 : 415-429.

Giese, A,C. 1966. Lipids in the economy of marine invertebrates. *Physiol. Rev.,* 46 : 244-298.

Giese, A.C. 1967. Some methods for study of the biochemical constitution of marine invertebrates. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., 5* :159-186.

Giese, A.C. 1969. A new approach to the biochemical composition of the mollusc body. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu.Rev., 1* : 175-229.

Holland, D.L. 1978. Lipid reserves and energy metabolism in the larvae of benthic marine invertebrates. *In: Biochemical and biophysical perspectives in marine biology. Vol.4 edited by D.C. Malins & J.R. Sargent, Academic Press, Landon :* 85-123.

Hummel, H., L. De Wolf & A.W. Fortuin. 1988. The annual cycle of glycogen in estuarine benthic animals. *Hydrobiol Bull,* 22 : 199-202.

Official Methods of Analysis of AOAC, I Uh ed., Washington 1970.

Regione Veneto-ESAV. 1990.: *Tapes philippinamm.* Biologia e sperimentazione. *Grafiche Zoppelli, Treviso,* 299 pp.

Rossi, R., L. Carnacina & F. Paesanti. 1990. Fishing in the area of the Delta Po: present situation and management problems. *Symposium on the ecology of the Po River Delta. Albarello (Rovigo) September 16-18, 1990, Atti, vol.2.*

Shaffee, M.S. 1978. Variations in biochemical composition of the green mussel *Perna viridis* L. of Ennore estuary, Madras. *Bull. Nat. Inst. Oceanogr. India,* 2 : 101-104.

Takayama, M., S. Itch, T. Nagasaki & I. Tanimuru. 1977. *Clinica Chimica Acta,* 79 : 93-98.

Taylor, A.C. & T.J. Venn. 1979. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of the queen scallop *Chlamys opercularis,* from the Clyde Sea area. *J.Mar. Biol. Assoc. U.K.,* 59 : 605-621.

Wahlefeld, A.W. 1974. *In H.U. Bergmeyer: Methoden der enzymatischen Analyse 3 Ih ed., volli, Ver lag Chemie, Weinheim,* 1878 pp.

Walne, P.R. 1970. The seasonal variation of meat and glycogen content of seven populations of oysters *Ostrea edulis* L. and a review of the literature. *Fish.lnvest., Ser. II,* 26 (3) 35 pp.

Williams, C.S. 1969. The effect of *Mytilicola intestinalis* on the biochemical

composition of mussels. *JMar. Biol.Assoc. U.K.,* 49 : 161-173.
Zöllner, N. & K.K. Kirsch. 1962. Über die quantitative Bestimmung von Lipoiden (Micromethode) mittels der vie len natürlichen Lipoiden (allen bekannten Plasmalipoiden) gemeinsa men Sulphophosphovanillin-Reaktion. *Z. Ges. Exp. Med, Bd 35,* : 545-561.

Atti del 10° Congresso A.LO.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 477 a pag. 486

RICERCHE SULLA CICLOMORFOSI DEL CLADOCERO *BOSMINA LONGIROSTRIS* (O.F. MÜLLER)

Renato SCONFIETTI, Marzia CARIBONI e Marco CANTONATI

Dipartimento di Genetica e Microbiologia
Sezione di Ecologia - Piazza Botta, 10 1-27100 Pavia
Centro Interuniversitario di Ecologia delle Acque Interne

RIASSUNTO

In uno stagno di meandro nei dintorni di Pavia è stato eseguita un'indagine biometrica su *Bosmina longirostris* nel periodo 1990/91. Sono stati considerati due genotipi, "long" e "short", riconoscibili a livello fenotipico rispettivamente per la presenza o l'assenza di suture sul mucrone. Pur essendo i "long" più piccoli degli "short", le loro appendici sono più lunghe. I nostri risultati hanno messo in evidenza variazioni ciclomorfotiche nel genotipo "long", più frequente; a carico soprattutto delle antennule e dei mucroni. A partire dall'autunno, la taglia di queste appendici aumenta progressivamente fino al 150% dei mesi invernali. Dalla primavera la taglia torna a diminuire, indipendentemente dalla taglia globale individuale.

La scomparsa del genotipo "short" in autunno e la presenza di individui "long" con caratteri fenotipici particolarmente marcati coincide con la relativa importanza del Copepode predatore *Mesocyclops leuckarti* in ottobre e novembre, che eliminerebbe le prede più facilmente catturabili. Se questa ipotesi si rivelasse corretta, la supposta ciclicità della ciclomorfosi dipenderebbe solo dalla dinamica del predatore.

SUMMARY

RESEARCHES ON THE CYCLOMORPHOSIS OF THE CLADOCERAN *BOSMINA LONGIROSTRIS* (O.F. MÜLLER).

Cyclomorphosis in the species group *Bosmina longirostris* has been studied for the period 1990/91 in an ox-bow pond near Pavia (Lombardy, Northern Italy). The species group is formed by two genotypes - "long" and "short" - phenotypically distinguishable thanks to presence or absence of sutures on the mucrones. The "long" are constantly smaller than the "short", but their appendices are longer in absolute size. Our results point out cyclomorphotic variations for the, genotype "long", which is more frequent, involving above all the antennules and the

mucrones. Starting from autumn, the size of these appendices progressively increases to reach 150% in the winter months. On the contrary, the size of mucrones and antennules decreases in spring-summer. It has been shown that these variations are indipendent from individual sizes. The predation hypothesis for cyclomorphosis seems to apply to our situation too In our case, the predator might be the Copepod *Mesocyclops leuckarti,* which becomes relatively important in the zooplankton community in October and November. In this period the more catchable "short" are removed and the "long" are selected. Thus, only "long" individuals with long appendices overwinter.

On the other side, for antennules and mucrones the overwintering dimensional classes are sharply distinct from those present in the summer. These suggest a succession of genetically distinct cohorts through a continuum, that is seasonal or somehow linked to the long reproductive cycle in summer. It is therefore possible to suppose that predation and proper cyclomorphosis may concur in producing the complex biometrical pattern emerging from our data.

1. PREMESSA

II fenomeno della ciclomorfosi interessa per lo più Rotiferi e Cladoceri e costituisce uno dei tanti enigmi, tuttora non risolto nonostante la vasta letteratura (Jacobs, 1987), che continuano ad affascinare l'ecologo. Il fattore stagionale, per molto tempo accettato come determinante, non sembra avere influenza diretta sulla dinamica della ciclomorfosi; la cui interpretazione causale andrebbe piuttosto ricercata in rapporti di tipo sinecologico. Diversi Autori hanno proposto interpretazioni valide di volta in volta per situazioni particolari, ma che solo raramente assumono caratteri di generalità. In taluni casi, sembra decisivo il ruolo del predatore, che interverrebbe sulla popolazione delle prede indirizzando la popolazione sui genotipi più difficili da catturare (Zaret & Kerfoot, 1975; Kerfoot, 1975; Black, 1980; Havel, 1987). In questo senso, la stagionalità sincronizzerebbe solamente la dinamica del predatore. Studi a questo proposito, di solito eseguiti su popolazioni planctoniche lacustri, sono noti anche per il piccolo Cladocero *Bosmina longirostris* (O. F. Müller), da noi ritrovato con una certa frequenza ed abbondanza in un ecosistema stagnale vicino a Pavia. Si tratta di una piccola lanca di meandro meso-eutrofa (lanca del Topo, Airò & Sconfietti, 1993) per la quale disponiamo di dati personali dal 1988 al 1991. Ciò ha stimolato lo studio biometrico della popolazione di *Bosmina,* per indagare sulla eventuale comparsa di ciclomorfosi anche in ambienti lentici di ridotta estensione; a questo proposito Stella (1984) sostiene che una caratteristica del plancton degli stagni è proprio l'assenza di ciclomorfosi in gruppi, quali Cladoceri e Rotiferi, che frequentemente la presentano.

2. IL PROBLEMA

B. longirostris è un piccolo Cladocero limnetico e praticamente cosmopolita. La notevole plasticità delle sue appendici, vale a dire antennule e mucroni, aveva portato all'identificazione di due forme tipiche (Kerfoot, 1975): la forma "long", cui appartengono individui di taglia ridotta con appendici, però, relativamente allungate; la forma "short", con individui più grandi, ma con appendici corte. Fra queste due si accettava una terza forma "intermediate", che dal punto di vista biometrico si ritrovava, appunto, ad avere caratteri intermedi difficilmente attribuibili all'uno o all'altro gruppo. Successivamente Kerfoot & Peterson (1980) separano in modo più netto le forme "long" e "short", al punto da ritenerle specie differenti, pur senza assegnare nuovi nomi specifici; gli intermedi biometrici esprimono la sovrapposizione parziale delle distribuzioni gaussiane relative alle taglie individuali dei due genotipi. Dal punto di vista morfologico, la presenza di una o più incisure sul mucrone è caratteristica del gruppo "long" (Fig. 1); gli individui "short" hanno il mucrone liscio. Questo carattere consente, in modo inequivocabile, di attribuire ciascun individuo, compresi gli "intermediate", ai gruppi "long" o "short".

La presenza di una o dell'altra specie sarebbe influenzata dal tipo di predatore presente o, comunque, dalle modalità di predazione.

Scopo del presente lavoro è di indagare la dinamica degli equilibri tra le due specie del gruppo *B. longirostris* e verificare la presenza o meno di fenomeni ciclomorfotici in un ambiente di estensione ridotta.

3. MATERIALI E METODI

Dal novembre 1988 all'ottobre 1991 si dispone di raccolte mensili eseguite, nella stessa stazione, con retino a traino con maglie da 100 um. All'interno dei tre anni di osservazione è stato considerato il periodo agosto 1990-ottobre 1991, durante il quale la specie in oggetto è presente con regolarità e con un buon numero di individui.

Alla camera chiara del microscopio ottico sono stati rilevati una serie di parametri biometrici (Fig. 1): l'asse maggiore antero-posteriore dell'animale L1, utilizzato come parametro principale di taglia individuale, l'asse minore dorso-ventrale L2, perpendicolare al primo, per verificare la "globosità" della forma (100 L2/L1); la lunghezza effettiva dell'antennula, A1, ed il segmento A2, utilizzato per esprimere il grado di curvatura della antennula (100 A2/A1); la lunghezza del mucrone, M, ottenuta congiungendo l'estremità distale dell'appendice al proseguimento ideale del profilo del carapace.

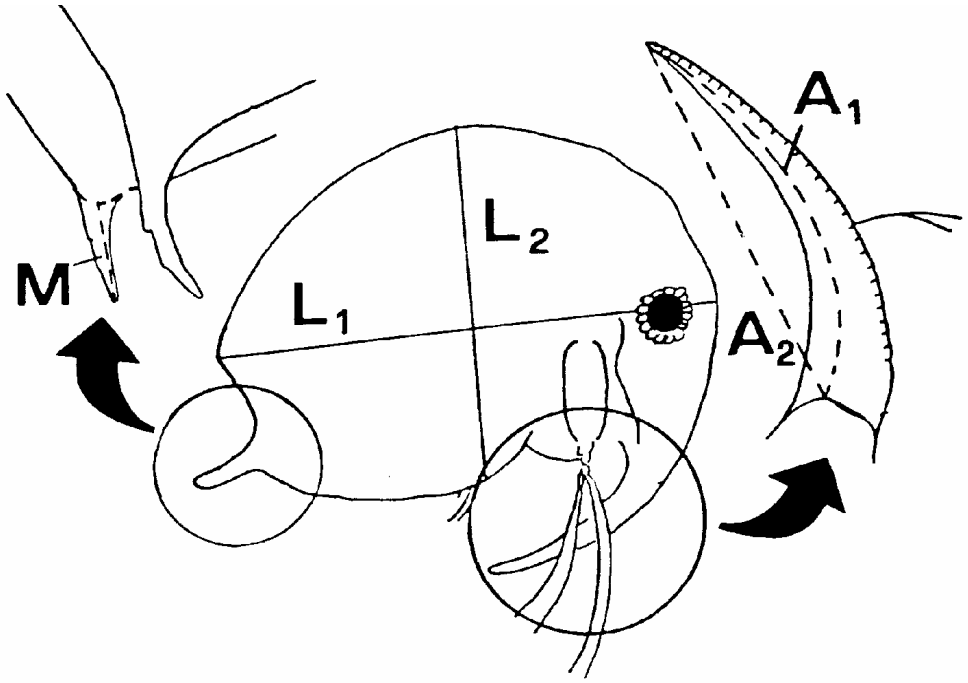


Fig. 1 - Misure biometriche rilevate su individui di *Bosmina longirostris*. L1= asse antero-posteriore; L2 = asse dorso-ventrale; M = mucrone; A1 e A2 =parametri di lunghezza e curvatura dell'antennula. Nel dettaglio relativo al mucrone sono riconoscibili le incisure caratterizzanti il gruppo "long".

Il coefficiente di variazione (C.V.= 100 ds/x), calcolato sulla base di venti misure eseguite in tempi diversi su tre rappresentanti tipici di forme "long", "short" e "intermediate", è inferiore al 2.5% in tutti i parametri tranne M, per il quale arriva a 8.5%. La maggior variabilità, comunque accettabile, di questa misura è dovuta ad una certa soggettività nell'approssimazione del profilo del carapace.

4. RISULTATI

II primo dato ecologico di un certo interesse è la scomparsa degli individui "short" nel periodo invernale, da novembre a marzo. Nei rimanenti mesi sono evidenti le maggiori dimensioni medie degli "short", a cui si associano, però, antennule leggermente più corte rispetto ai "long" (Fig. 2); una situazione analoga si ritrova anche per i mucroni, di cui si omette il grafico. La presenza discontinua del genotipo "short" permette di avanzare considerazioni critiche su base biometrica per il solo genotipo "long".

La dinamica della taglia media individuale è per lo più legata alla riproduzione, che porta ad avere molti piccoli individui, di nuova generazione, nei mesi estivi. La globosità del corpo è piuttosto stabile, intorno ad un valore medio del 72% sia per gli "short" che per i "long"; diversamente, gli altri due rapporti considerati, che mettono in relazione la lunghezza delle appendici rispetto alla lunghezza dell'individuo, mostrano un andamento approssimativamente a campana, con

massimi invernali e minimi estivi (Fig. 3). Al riguardo, qualche analogia si ritrova per il rapporto A2/A1, che indica la presenza di antennule meno ricurve durante l'inverno.

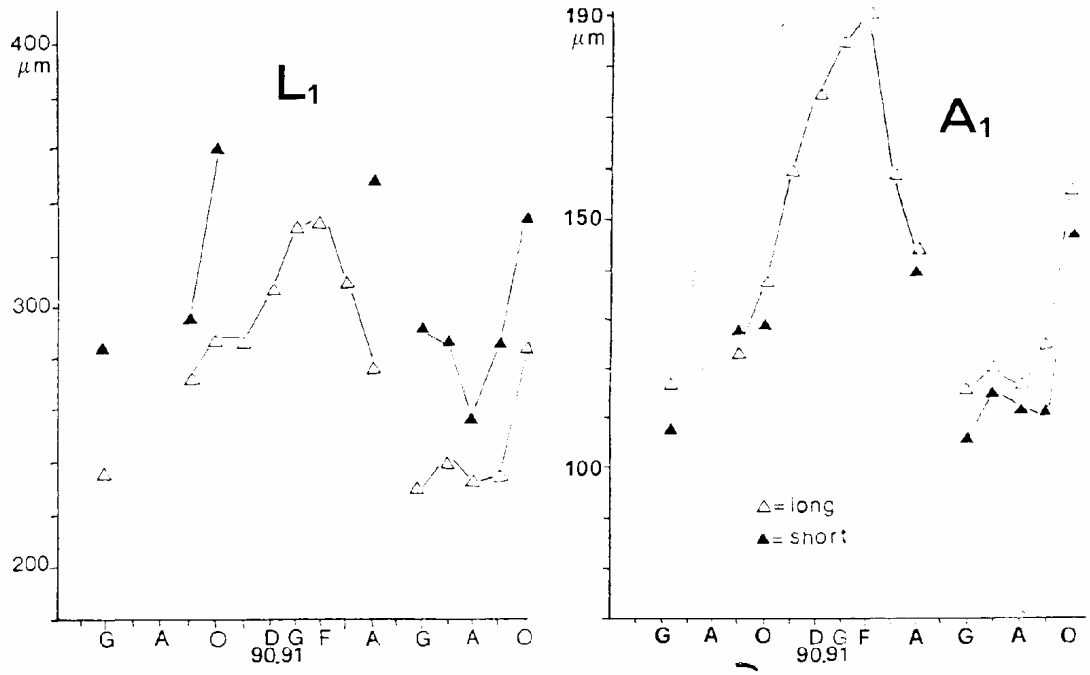


Fig. 2 - Taglia corporea (L1) e dimensioni medie delle antennule (A1).

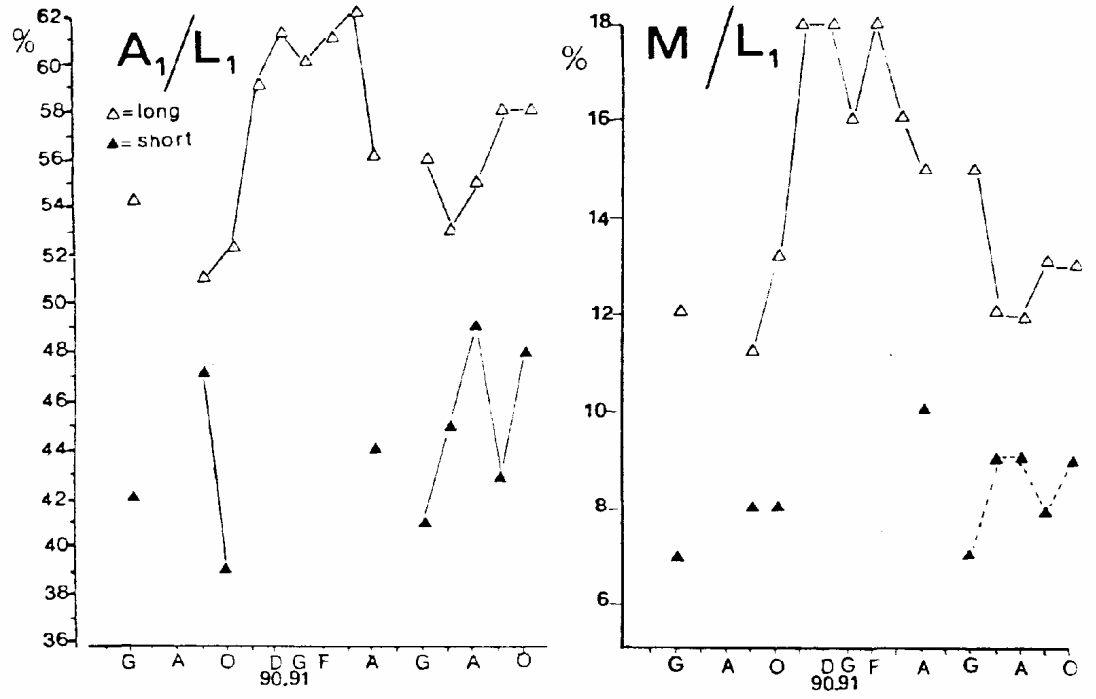


Fig. 3 - Variazioni mensili delle lunghezze relative di antennule (A1) e mucroni (M) rispetto all'asse antero-posteriore (L1).

Si è evidenziata, quindi, una variazione ciclica della morfologia del carapace a carico delle appendici, cioè antennule e mucroni, che può essere ricondotta, nella sua logica immediata, al complesso fenomeno della ciclomorfosi.

5. DISCUSSIONE

Le variazioni dei valori medi relativi alle misure lineari rilevate mostrano un certo parallelismo con i rapporti percentuali: in entrambi i casi vi sono massimi invernali e minimi estivi. Di per sé, questo parallelismo non esclude una crescita di tipo allometrico: le antennule e i mucroni potrebbero avere, cioè, tassi di crescita più rapidi rispetto alle rimanenti parti del corpo e diventare, quindi, proporzionalmente sempre più lunghi rispetto al corpo stesso. Tuttavia, se consideriamo la classe di lunghezza intorno alla taglia media di R. longirostris riportata dalla letteratura (350 µm circa), si può arrivare ad escludere l'allometria, in quanto sia le antennule che i mucroni aumentano del 50% le loro dimensioni medie invernali rispetto al settembre precedente (fig. 4). D'altra parte, secondo Kerfoot (1975), antennule e mucroni cessano di crescere abbastanza precocemente rispetto alla taglia complessiva corporea.

L'allungamento progressivo delle appendici, quindi, potrebbe essere effettivamente legato a coorti diverse, che si succedono tra settembre e dicembre. In marzo ed aprile ricompaiono individui con appendici più corte, simili a quelle di settembre.

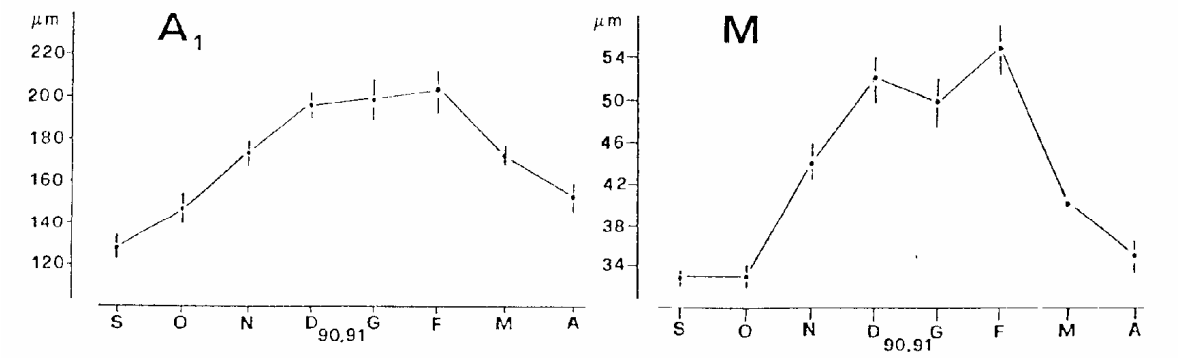


Fig. 4 - Valori medi e deviazioni standard di antennule (A1) e mucroni (M) della classe dimensionale 340-360 µm.

L'allungamento delle appendici in *B. longirostris* viene spiegato da Kerfoot (1975), in un lago da lui studiato, con l'azione predatrice di un Copepode Calanoide, *Epischura nevadensis* (Lillj). Quando questo Copepode è abbondante, si ritrovano Bosmine con antennule e mucroni lunghi; ricompaiono appendici più corte quando *Epischura* è assente. Ciò viene messo in relazione con la tattica predatrice del Copepode, che risulta meno efficace non tanto su individui grandi o piccoli, quanto su individui con lunghe appendici che sporgono dal corpo.

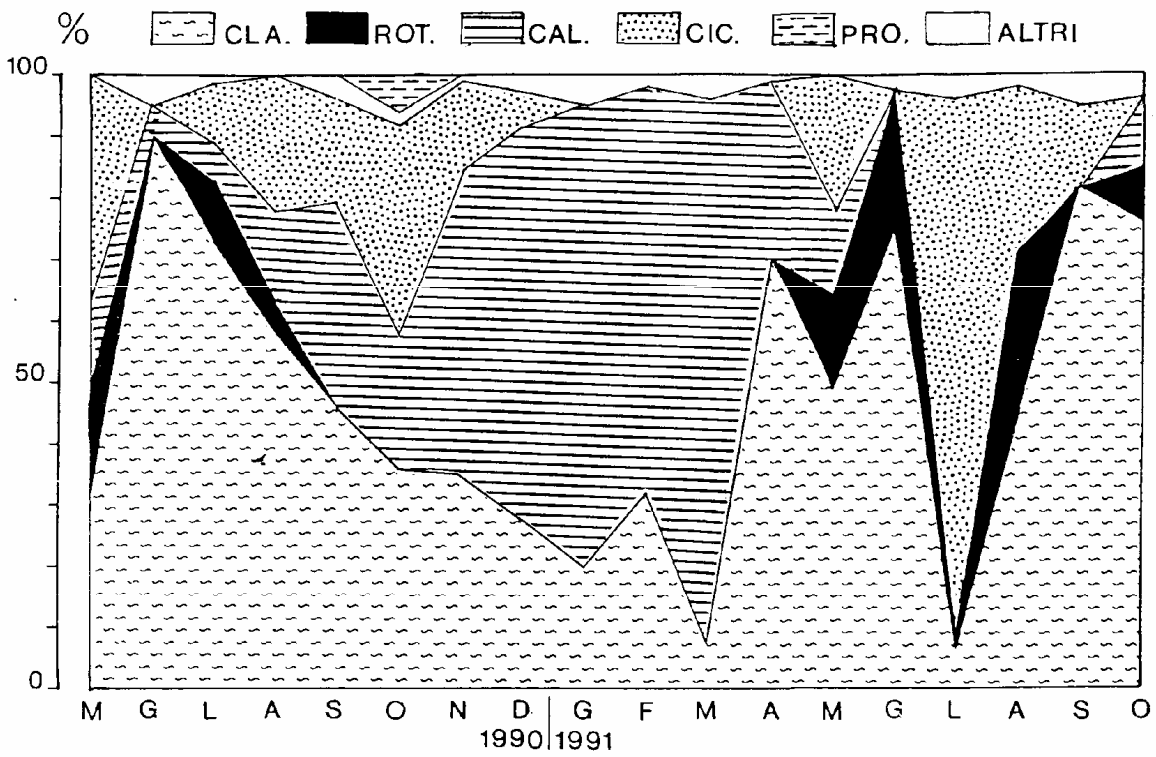


Fig. 5 - Composizione percentuale della comunità zooplanctonica da cui provengono i campioni analizzati di *Bosmina longirostris*.

Anche i risultati emersi dalla nostra ricerca possono essere interpretati alla luce di questa ipotesi, ammettendo come predatore decisivo un altro Copepode, *Mesocyclops lenc*karti (Claus). Da agosto a novembre del 1990 *Mesocyclops* è relativamente abbondante nella comunità zooplanctonica (Fig. 5); in particolare, ad ottobre la probabilità di predazione sulla componente a Cladoceri è molto elevata. Gli effetti dell'attività predatoria trovano buon riscontro nella struttura di popolazione di *Bosmina* (Fig. 6), dalla quale si nota, tra settembre e novembre, la drastica riduzione e la successiva scomparsa degli individui "short", in concomitanza con l'abbondanza relativa di *Mesocyclops*. Nello stesso periodo si aveva la comparsa, nei "long", di individui con lunghezza media delle appendici progressivamente maggiore.

Il Copepode sarebbe, quindi, responsabile dapprima della scomparsa degli "short", più maneggevoli durante l'atto predatorio, anche se di taglia superiore, a causa delle appendici corte; successivamente della selezione progressiva sui "long", fra i quali gli individui con caratteri più accentuati, cioè antennule e mucroni lunghi, hanno maggiore probabilità di sfuggire alla predazione, La persistenza di questo aspetto sulla popolazione di Bosmina durante l'intero inverno, quando Mesocyclops è praticamente scomparso, è unicamente dovuta alla mancanza di riproduzione, per cui solo gli individui selezionati nell'autunno hanno la possibilità di svernare. Quando riprende la riproduzione, in primavera, ricompaiono genotipi "short" (Fig. 6) e, fra i "long", individui con appendici più corte.

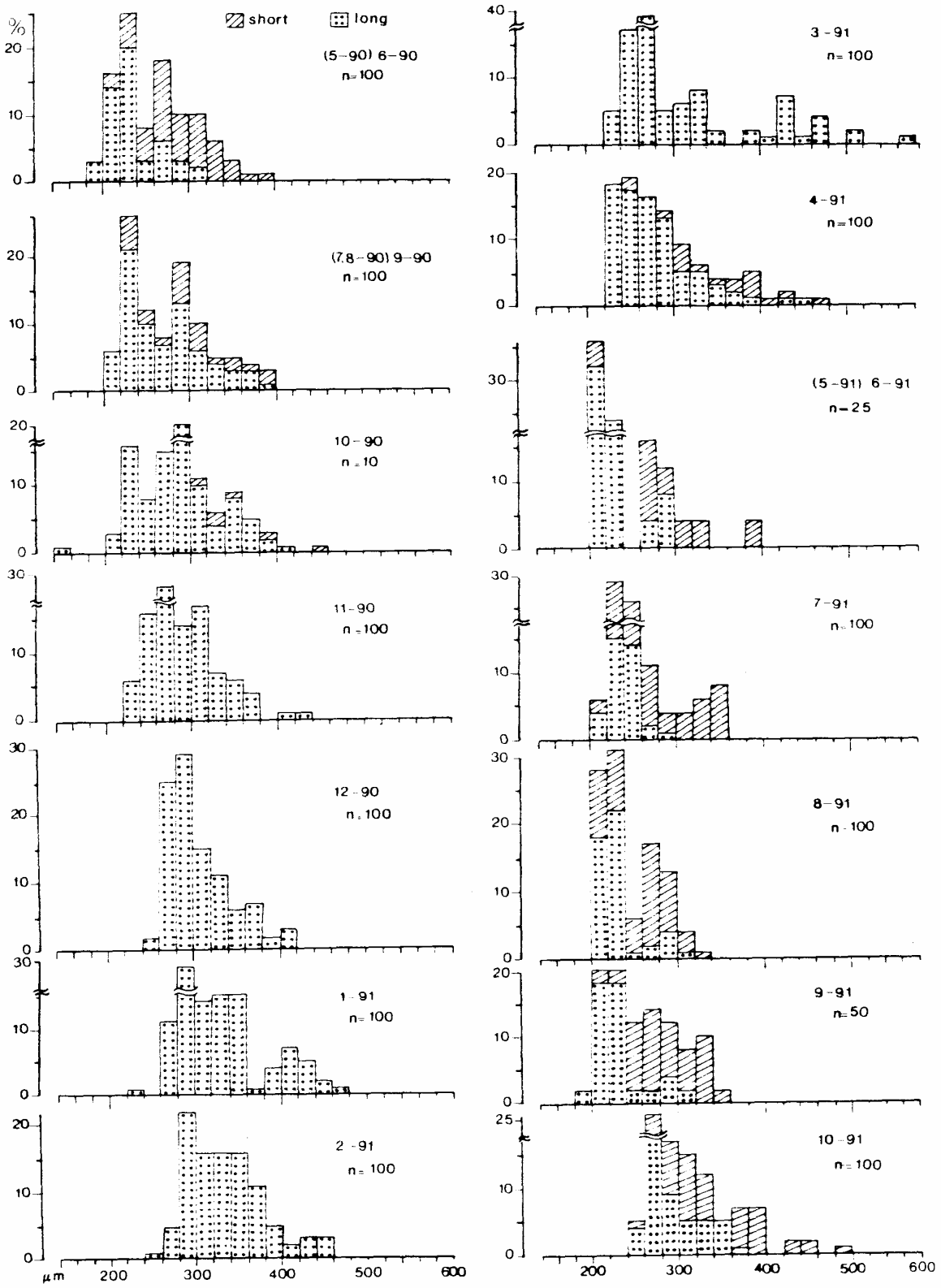


Fig. 6 - Dinamica della struttura di popolazione di *Bosmina longirostris* riferita alla lunghezza L1.

Il fatto che Kerfoot abbia osservato l'allungamento delle appendici in primavera, mentre nel nostro caso si è verificato in autunno, dipende non da fattori intrinseci a *Bosmina,* sincronizzati in qualche modo dall'ambiente fisico circostante, ma dalla diversa dinamica del predatore specifico.

6. CONCLUSIONI

L'evidenza delle variazioni biometriche sostiene l'idea che anche in piccoli ambienti stagnali si possa osservare la ciclomorfosi in elementi dello zooplancton.

L'ipotesi proposta da Kerfoot per la ciclomorfosi di *Bosmina* si adatta abbastanza bene al nostro caso: il Copepode predatore elimina prima i genotipi "short", che hanno appendici corte, poi seleziona i "long", all'interno dei quali vengono risparmiati quelli con mucroni e antennule molto evidenti. Le antennule sembra che diventino non solo più lunghe, ma che diminuiscano anche la loro curvatura, aumentando l'effetto difensivo delle appendici nei confronti della predazione.

Se la predazione, dunque, fosse l'unica responsabile delle variazioni biometriche, non avrebbe più senso mantenere il termine di "ciclomorfosi", che prevede, appunto, la ciclicità del fenomeno. Specialmente in piccoli ambienti, le dinamiche a livello specifico possono cambiare drasticamente da un anno all'altro, come già osservato da noi nello stagno in questione.

Del resto, se la predazione intervenisse solamente a "scremare" un pool genico sempre ugualmente eterogeneo, dovremmo forse aspettarci una variabilità più o meno costante delle appendici, all'interno della quale vengono esaltate le classi di frequenza premiate dalla selezione; invece, del range complessivo di variabilità sono rappresentate di volta in volta solo una parte limitata delle classi di frequenza, quasi ad indicare una successione di coorti geneticamente differenziate lungo un continuo stagionale o legato, in qualche modo, al ciclo riproduttivo. Anche ammettendo che taluni genotipi non scompaiano del tutto, ma persistano latenti nel patrimonio genetico della popolazione, resta da capire come mai di mese in mese scompaiano del tutto alcune classi di frequenza e ne compaiano altre, soprattutto al riguardo delle appendici. Tornando alla Fig. 4, è interessante notare la limitata sovrapposizione delle variazioni individuali per antennule e mucroni, che lascerebbero ipotizzare una effettiva successione di genotipi differenti.

Non è da escludere che, nell'indurre variazioni morfologiche a carattere difensivo legate a particolari genotipi, possano intervenire anche sostanze organiche prodotte dallo stesso predatore, come noto da tempo per altri casi (Jacobs, 1987).

Si può, forse, ammettere che ciclomorfosi in senso stretto e predazione selettiva possano concorrere a delineare il complesso quadro biometrico emerso dalla nostra indagine, come già ipotizzato da Black (1980) per situazioni lacustri.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano l'amica Laura Padovani per il valido aiuto fornito nella stesura del testo.

BIBLIOGRAFIA

Airò, S. & R. Sconfietti. 1993 Lanche del basso Ticino a confronto. I. Evoluzione del trofismo. *Atti XI Convegno Gruppo Ecologia di Base "G. Gadio",* Lugano, 1992. *Mem. Soc. Tic. Se. Nat.* .

Black, R.W. 1980. The nature and causes of cyclomorphosis in a species of the *Bosmina longirostris* complex. *Ecology,* 61 (5): 1122-1132.

Havel, J.E. 1987. Predator induced Defenses: A Review. in W.C. Kerfoot & A. Sih (Eds), Predation, University Press of New England: 263-278.

Jacobs, J. 1987. Cyclomorphosis in *Daphnia. Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 45: 325-352.

Kerfoot, W.C. 1975. The divergence of adjacent populations. *Ecology,* 56: 1298-1313.

Kerfoot, W.C. & C. Peterson. 1980. Predatory copepods and *Bosmina.* replacement cycles and further influences of predation upon prey reproduction. *Ecology,* 61 (2). 417-431.

Stella E. 1984. Fondamenti di Limnologia. Edizioni dell'Ateneo. 300 pp.

Zaret, T.M. & W.C. Kerfoot. 1975. Fish predation on *Bosmina longirostris.* body-size selection versus visibility selection. *Ecology,* 56: 232-237.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 487 a pag. 501

1

RICOSTRUZIONE DEI PALEOAMBIENTI ATTRAVERSO LE TECAMEBE IN ALCUNI LAGHI SUBALPINI (ORTA, VARESE E CANDIA)

Alessandro ASIOLI* e Franco S. MEDIOLI**

*Istituto di Geologia, Paleontologia e Geografia, Università di Parma, Italia
** Centre for Marine Geology, Dalhousie University, Halifax, Canada

SUMMARY

A study of Thecamoebians was carried out on three sediment cores collected in three Northern Italian lakes (Orla, Varese, Candia). The distinction of morphotypes within three species of Thecamoebians allows to understand the peculiar habitats of some of those morphotypes, in particular for the ones belonging to the species *Difflugia proteiformis.* In fact, *D. proteiformis* m. *proteiformis* show evidences to be well adapted to environments rich in organic matter and sulphides and *D. proteiformis* m. *rapa* appears to have a strong tollerance to polluted waters such as the Orta lake ones. Although several questions about the ecology of Thecamoebians are still unresolved, these Protozoa can be used as a good tool for paleoenvironmental reconstructions and environmental detections.

1. PREMESSA

Lo studio delle Tecamebe è relativamente recente; sebbene già segnalate nel secolo scorso, esse hanno avuto un notevole impulso solo negli ultimi quarant'anni, principalmente in Gran Bretagna, Germania e Canada; tuttavia la letteratura su questi organismi è nettamente più scarsa rispetto a quella dei Foraminiferi. Poiché è stato riconosciuto che questi Protozoi mostrano una buona sensibilità a variazioni ambientali, recentemente sono state utilizzati come bioindicatori in ricostruzioni paleoambientali nel Quaternario (Medioli & Scott, 1983, Patterson et al., 1985, Honig & Scott, 1987). In Italia i lavori sulle Tecamebe risalgono alla fine del secolo scorso e sono di carattere estremamente generale; tra i lavori recenti, a carattere paleoambientale, si segnala soltanto quello di Medioli et al. (1985), riguardante alcuni campioni di una carota prelevata nel Lago di Garda.

Nel presente studio sono state prese in considerazione le Tecamebe presenti in tre carote (Orta 1, Varese 1 e Candia 1) prelevate rispettivamente nel Lago d'Orta, nel Lago di Varese e nel Lago di Candia. Anche se si tratta del primo studio fatto sulle Tecamebe di questi laghi, si è cercato di non limitarsi ad una semplice descrizione delle specie rinvenute, ma è stato seguito in dettaglio l'andamento dei morfotipi delle specie che hanno mostrato una notevole variabilità morfologica, fenomeno che accade

frequentemente anche nei Foraminiferi, sia planctonici che bentonici. Poiché riteniamo che i diversi morfotipi osservati in una specie rappresentino l'adattamento della specie stessa a determinate situazioni ambientali, sono stati distinti alcuni morfotipi, allo scopo di verificare se ciascuno di essi fosse realmente legato a particolari caratteristiche ambientali.

Per quanto riguarda la posizione tassonomica delle Tecamebe e le loro caratteristiche principali si rimanda ai lavori di Medioli & Scott (1983) e Medioli & Scott (1988).

La presente ricerca ha un duplice scopo: 1) ottenere una ricostruzione dei paleoambienti che si sono succeduti nei tre laghi e 2) acquisire ulteriori informazioni sull'ecologia delle Tecamebe mediante lo studio sia delle specie sia dei morfotipi.

2. INQUADRAMENTO DELLE AREE DI STUDIO

II Lago d'Orta (Fig. 1) è compreso nel bacino idrografico del Lago Maggiore; di forma allungata in senso meridiano si trova a 290 m s.l.m. e ha l'emissario, Torrente Niguglia, che fuoriesce all'estremità settentrionale del lago a causa della chiusura morenica a Sud. La conca del lago è suddivisa in tre bacini: quello meridionale, profondo poco più di 30 m, che termina verso Nord al traverso che congiunge la penisola di Orla con la Punta Casario; quello centrale che è limitato a Nord da una soglia sommersa all'altezza di Punta di Crabbia ed ha profondità poco superiore a 100 m; infine il bacino settentrionale in cui si raggiungono le massime profondità (143 m). L'inquinamento del lago a partire dal 1927 circa, è stato ampiamente studiato e documentato negli ultimi decenni (Calderoni & Mosello, 1990). In quest'ambito sarà sufficiente ricordare i drammatici effetti sullo zoo e fitoplancton (Monti, 1930) causati dalle acque reflue inquinate da solfati di rame e ammonio della fabbrica Bemberg. Il carico di rame della Bemberg si ridusse significativamente nel 1958; tuttavia aumentarono gli apporti di Cu, Zn, Ni e Cr, derivati dalle aziende elettrogalvaniche sorte numerose sulle sponde del lago peggiorando ulteriormente la qualità delle acque (forte aumento del contenuto medio di azoto ammoniacale, accumulo di azoto nitrico, persistente acidità delle acque con valori di pH compresi tra 3.9 e 4.5) in conseguenza della nitrificazione. Per quanto riguarda l'aspetto biologico, nel 1985-86 i valori di produzione primaria raggiunsero quelli tipici di laghi mesotrofici. Anche la popolazione zooplanctonica, che prima del 1926 era tipica di un lago oligotrofico, scomparve poco dopo l'inizio dell'inquinamento e ricomparve negli anni seguenti in comunità piccole e squilibrate, situazione tuttora perdurante (Bonacina, 1990), anche se notevolmente migliorata.

Nel bacino idrografico del Lago Maggiore è compreso, oltre al Lago d'Orta, anche il Lago di Varese (Fig. 1), il cui emissario, Torrente Bardelle, si getta nel Lago Maggiore. Il Lago di Varese ha profondità massima di 26 m ed è in comunicazione con il Lago di Comabbio attraverso il Canale artificiale Brabbia. Le acque del Lago di Varese sono generalmente stratificate da maggio a novembre, periodo in cui l'ipolimnio è sottoposto a forte deossigenazione. Negli anni '50 si ebbe nel bacino idrografico del Lago di Varese una forte espansione demografica e conseguente aumento dell'attività industriale. Il continuo defluire degli scarichi fognari domestici e industriali, direttamente nel lago senza alcun trattamento, finì col compromettere seriamente le acque del lago causando

estese fioriture algali, favorite dagli elevatissimi contenuti in fosforo e in sali di azoto. Ciò ebbe drastici effetti sia sulla popolazione zooplanctonica sia sulla popolazione bentonica che in parte scomparve e in parte si rifugiò a minori profondità, poiché le condizioni di ossigenazione dell'ipolimnio erano diventate proibitive. Il lago, eutrofico prima dell'inizio dell'inquinamento, divenne quindi ipertrofico (Ruggiu et al., 1981).

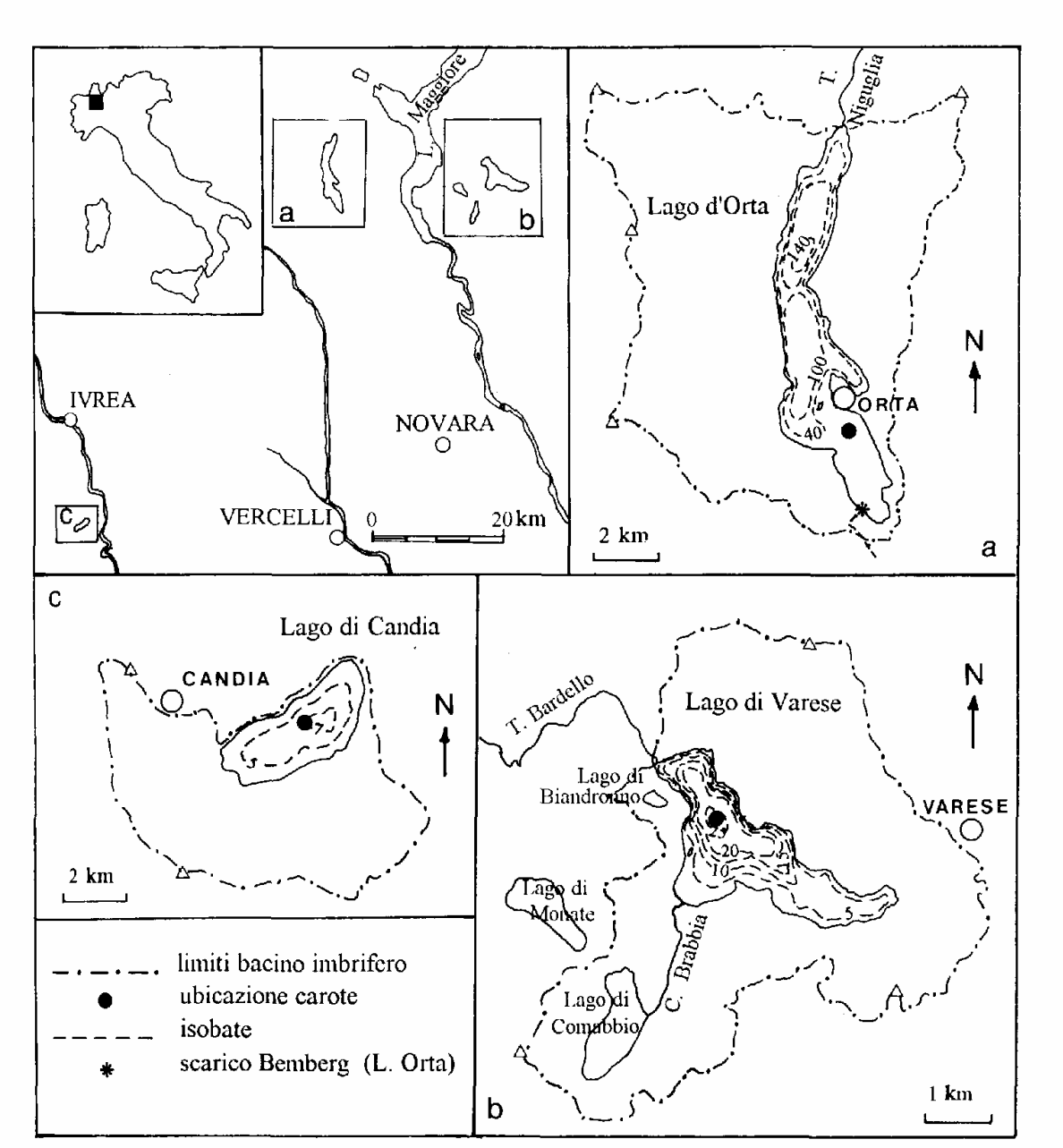


Fig. 1 - Mappa dei laghi d'Orta (a), Varese (b) e Candia (c), con isobate e ubicazione dei siti di prelievo delle carote Orta 1, Varese 1 e Candia 1.

Il Lago di Candia, infine, è compreso nel bacino idrografico del Fiume Dora Baltea posto a 226 m s.l.m. ed ha profondità massima di circa 7 m (Fig. 1). Il suo emissario è Rio Traversare che si getta nella Dora Baltea. E' un piccolo lago eutrofico, ricco di vegetazione acquatica litorale e densamente popolato da organismi fitoplanctonici e zooplanctonici (Giussani & Galanti, 1992; Guilizzoni et al., 1989); è ricoperto dal ghiaccio nei mesi di gennaio e febbraio ed ha concentrazioni molto basse di ossigeno nell'ipolimnio (0.5 - 3.0 µg/l).

3. MATERIALI E METODI

Le carote sono state prelevate nel luglio 1990 con un carotiere pneumatico Mackereth; in seguito sono state congelate a -23 °C per permettere il taglio e l'osservazione delle strutture sedimentarie. Sono stati poi prelevati subcampioni di cm 1.5 di spessore quando il sedimento si presentava omogeneo (Orla 1 e Candia 1); in presenza di laminazioni (Varese 1) il campionamento è stato eseguito rispettando lo spessore delle lamine. Il sedimento prelevato è stato riposto in alcool etilico (95%), quindi lavato con un setaccio con maglia di 45µm e immerso nuovamente in etanolo. I residui di lavaggio sono stati esaminati sotto un microscopio sterescopico e sono stati conteggiati almeno 300 individui per ciascun residuo. Le teche si presentavano per la maggior parte pulite e integre, tuttavia non sono state prese in considerazione le forme riempite di argilla, ritenute rimaneggiate.

4. RISULTATI

4.1. Lago d'Orta

La litologia della carota è suddivisibile in due parti: una inferiore (cm 86.5-11), data da argilla siltosa marrone, e una superiore, con passaggio rapido, data da argilla siltosa nera (cm 11-0). La curva cumulativa (Fig. 2) rappresenta l'andamento delle associazioni a Tecamebe nel tempo. All'interno di alcune specie sono stati distinti alcuni morfotipi e precisamente:

1) in *Difflugia oblunga* sono presenti forme di taglia diversa, che sono state separate in due distinti morfotipi: *D. oblonga* m. *magna* e *D. oblonga* m. *parva.* Lo stesso procedimento è stato applicato per *Difflugia tricuspis,* distinta in *D. tricuspis* m. *magna* e *D. tricuspis* m. *parva*

2) D. proteiformis ha mostrato una notevole variabilità morfologica. Si è resa necessaria, quindi, la seguente divisione; *D. proteiformis* m. *proteiformis* (teca cilindrica stretta e allungata), D. *proteiformis* m. *crossa* (teca meno allungata e più globosa), *D. proteiformis* m. *rapa* (teca molto piccola e globosa) e *D. proteiformis* m. *bicornis* (simile al m. *crassa* ma provvista di due spine).

Sulla base della distribuzione non solo delle specie, ma anche dei morfotipi, è possibile suddividere la carota in tre zone:

zona III (86.5-64.5 cm): le specie più abbondanti sono: *Pontigulasia compressa, Difflugia globulus* e *D. oblonga,* all'interno della quale il morfotipo *magna* è relativamente più frequente. *D. tricuspis* e *D. proteiformis* mostrano minori frequenze

rispetto alle specie precedenti: nella prima è prevalente il m. *magna,* mentre la seconda è data dal solo m. *crossa.* Infine, *Lesquereusia* mostra frequenze simili a *D. tricuspis,* mentre sporadica è la presenza di *Nebella* e *Centropyxis.*

zona II (62.5-12.5 cm): qui si assiste all'aumento relativo di *D. oblonga* m. *parva,* di *D. proteiformis* m. *crassa* e di *D. viscidula,* mentre diminuisce notevolmente la frequenza di *D. globulus. Lesquereusia* presenta frequenze bassissime. *D. oblonga* m. *magna* diminuisce nella parte bassa, tuttavia mostra un aumento di frequenza tra 32.5 e 20.5 cm in concomitanza ad un lievissimo aumento di *D. globulus* mentre *P. compressa* non mostra sostanziali variazioni. A 12.5 cm si ha l'improvvisa espansione di *D. proteiformis* m. *proteiformis* accompagnata da un aumento di *D. oblonga* m. *parva.* Nei livelli corrispondenti a 12.5 e 16.5 cm sono stati rinvenuti Foraminiferi planctonici e rarissimi bentonici.

zona I (8.5-0 cm): progressiva e drastica riduzione del numero delle specie. A 8.5 cm si ha un'associazione data, per il 70%, da *D. oblonga* m. *parva, D. proteiformis* m. *crassa* e *D. viscidula,* seguite in misura nettamente inferiore da *Difflugia capreolata, D. globulus* e *P. compressa.* A 5 cm il 90% dell'associazione è costituita da *D. proteiformis* m. *crassa* e da *D. viscidula,* infine il livello corrispondente a 1.5 cm è dato solo da *D. proteiformis* m. *rapa* (80%) e *D. viscidula* (20%).

4.2. Lago di Varese

La colonna litologica (Fig. 2) è suddivisibile, in prima istanza, in due parti: una parte inferiore (97-23 cm), costituita da argilla siltosa marrone, e una superiore (23-0 cm) data un'alternanza di lamine costituite da argilla siltosa nera e calcite. La parte inferiore mostra alcune variazioni di colore: tre zone date da argilla siltosa marrone chiaro (97-84 cm, 78-60 cm e 44-33 cm) che passano gradualmente ad argilla siltosa marrone scuro (84-78 cm, 60-44 cm e 33-23 cm).

Per quanto riguarda le Tecamebe, la curva cumulativa (Fig. 2) può essere suddivisa in quattro zone:

zonaD (90-62 cm): l'associazione è costituita principalmente dal genere *Centropyxis* (circa il 50% dell'intera fauna), da *D. tricuspis* e *D. proteiformis* seguite da *D. oblonga.* All'interno del genere *Centropyxis* risultano particolarmente abbondanti *C. aculeata* e *C. ecornis,* seguite da *C. constricta. D. tricuspis* è data quasi esclusivamente dal m. *parva; D. oblonga è* invece rappresentata da m. *maglia.* Infine *D. proteiformis* è costituita dal m. *proteiformis* e dal m. *rapa.* Nella voce "altre specie" sono qui incluse specie con individui in numero troppo basso per essere rappresentate singolarmente.

zona C (55-33 cm): aumento relativo di *D. tricuspis* m. *parva,* scomparsa di *C. ecornis* e lieve aumento di *C. aculeata.* Le altre specie non mostrano variazioni di rilievo.

zona B (33-25 cm): forte aumento di *D. proteiformis* m. *proteiformis,* scomparsa di C. *conscricta* e *C. oopyxis,* riduzione di *D. oblonga* m. *magna.* Praticamente il 90% dell'associazione è rappresentato da tre specie *(D. proteiformis, C. aculeata* e *D. tricuspis)*

zona A (22-0 cm): Tecamebe assenti.

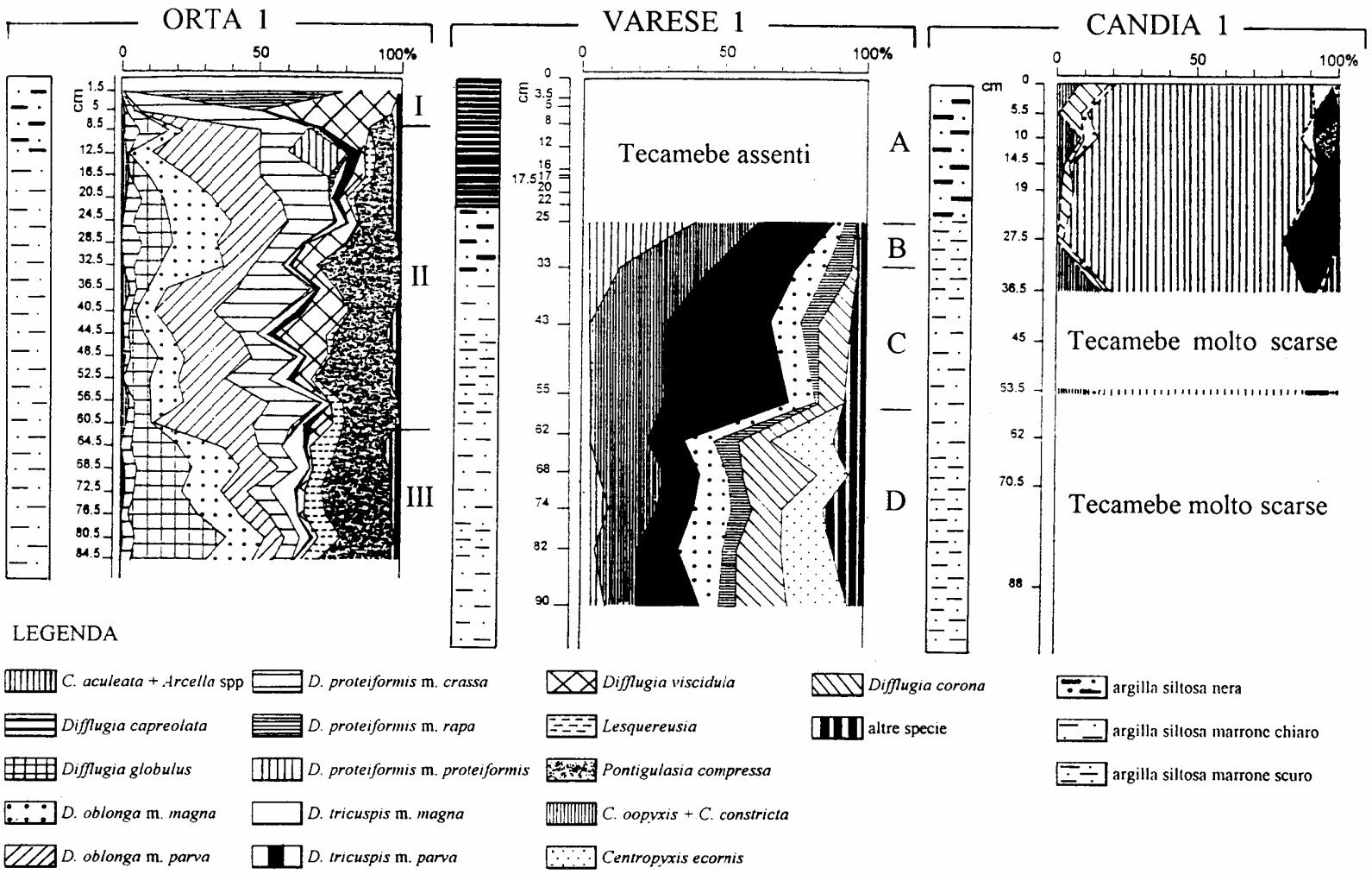


Fig. 2 - Colonna litologica e curva cumulativa di Orta 1, Varese 1 e Candia 1 (dato il basso numero di individui trovati in quest'ultima carota sono stati rappresentati statisticamente i livelli che contenevano almeno 50 esemplari).

4.3. Lago di Candia

La litologia (Fig. 2) è data da argilla in cui sono visibili le seguenti variazioni del colore: argilla marrone dalla base a circa 65 cm, argilla grigio chiara, da 65 a 44 cm circa, che passa gradualmente ad argilla nera.

Questa carota è caratterizzata dall'estrema scarsezza di Tecamebe (il numero di individui presenti nei residui varia da un minimo di 15 ad un massimo di 115). In linea generale si può dire che la distribuzione è piuttosto omogenea. La fauna è dominata da *D. proteiformis* m. *proteiformis* che però mostra una notevolissima fragilità della teca.

Da rilevare infine la presenza, seppur scarsa, di *Difflugia corona* praticamente assente nei laghi d'Orta e Varese. Altre specie (tra cui *D. oblonga, D. tricuspis* e *P. compressa* e genere *Centropysis)* accompagnano *D. proteiformis* m. *proteiformis* e *D. corona,* ma con basse frequenze .

5. DISCUSSIONE

Le tre zone distinte in Orta 1 dovrebbero, almeno in teoria, corrispondere ad altrettanti eventi verificatisi nel tempo. Per interpretare tali eventi prendiamo in considerazione le specie più frequenti e quelle di cui si possiedono alcune informazioni ecologiche, desunte principalmente dagli studi condotti dalla scuola canadese in laghi nord-americani, non avendo a disposizione informazioni sulle Tecamebe attualmente viventi nei tre laghi qui studiati.

Collins et al. (1990) ritengono *D. globulus* specie indicatrice di climi freddi. Nello stesso lavoro, in una serie di campioni presi in laghi a diverse latitudini (dalla Florida all'isola di Baffin) essi hanno riscontrato che per alcune specie esiste una relazione tra le dimensioni e la latitudine, suggerendo che il fenomeno sia controllato dalle condizioni climatiche (principalmente la temperatura). Alle alte latitudini si verificherebbe una limitazione della frequenza delle riproduzioni che porterebbe come risultato la presenza di individui con maggiori dimensioni. Un fenomeno simile è stato ipotizzato anche per i Foraminiferi bentonici (Brasier, 1984 e DeLaca et al., 1980 in Hallock et al., 1991). Se questa ipotesi è generalizzabile e applicabile ad altre Tecamebe, la diminuzione della taglia di *D. oblonga* (Fig. 3) e il calo di frequenza di *D. globulus* possono suggerire un relativo miglioramento delle condizioni climatiche. Tuttavia non si esclude che altri fattori possano concorrere nella variazione della taglia nelle Tecamebe, quali la disponibilità di cibo (la correlazione negativa tra la disponibilità di cibo e la taglia degli individui è stata segnalata da Bradshaw (1961) per il Foraminifero *A. beccarli* e da Hallock, et al. (1991).

Le datazioni con ^{210}Pb (Alvisi et al., 1993) indicano che i primi 13 cm circa comprendono gli ultimi 70 anni circa e che alla profondità di 5 cm si trova il 1963, individuato dal picco di ^{241}Am. Il 1926 si trova a circa 13 cm e immediatamente dopo tale data si verificò la scomparsa del fitoplancton, del benthos ed un accumulo, sul fondo del lago, di sostanza organica (Guilizzoni & Lami, 1988), tutto questo confermato anche dal cambiamento di colore notato nella litologia. L'aumento improvviso di *D. proteiformis m. proteiformis* a cm 12.5 suggerisce che tale morfotipo sia particolarmente adattato ad ambienti con accumuli di sostanza organica.

La profondità corrispondente al 1963 (5 cm circa) coincide con il forte sviluppo di *D. proteiformis* m. *rapa* e *D. viscidula* (Fig. 3). Dato che all'inizio del 1960 si ebbe un forte aumento di azoto ammoniacale, accumulo di azoto nitrico, pH e ossigeno molto bassi, alti contenuti in rame sul fondo, si può pertanto avanzare l'ipotesi secondo cui *D. proteiformis* m. *rapa* e *D. viscidula* siano particolarmente resistenti all'inquinamento (quantomeno al tipo di inquinamento verificatosi nel Lago d'Orta), che è risultato fatale sia per gli altri morfotipi di *D. proteiformis* sia per le altre Tecamebe.

D. tricuspis è considerata un buon indicatore di condizioni eutrofiche quando compare con alte percentuali (Medioli & Scott, 1983; Medioli et al., 1987; Collins et al., 1990). *D. tricuspis* non presenta mai alte percentuali in questa carota e ciò può essere giustificato dal fatto che il lago d'Orta, prima dell'inizio dell'inquinamento, era un lago oligotrofico.

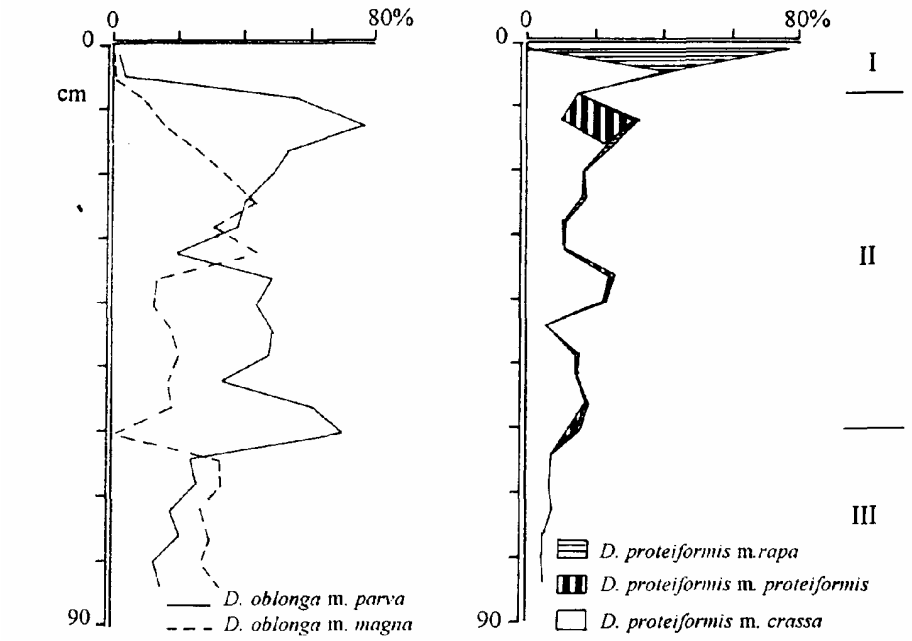


Fig. 3-a) curve di frequenza dei morfotipi *magna* e *parva* relativi alla specie *Difflugia oblonga* in Orta 1. L'andamento opposto dei due morfotipi suggerisce per ciascuno di essi un adattamento a diverse situazioni ambientali (variazioni di temperatura? disponibilità di cibo?) b) curva di frequenza della specie *Difflugia proteiformis* (non è incluso il morfotipo *bicornis* sempre rarissimo). All'interno sono evidenziate le frequenze dei tre morfotipi *crassa, proteiformis* e *rapa.* Mentre a livello di specie si nota un lieve aumento di frequenza dalla zona III alla zona II seguito da un forte aumento nella zona I, i morfotipi *proteiformis* e *rapa* sono abbondanti in corrispondenza di eventi ben precisi (vedi testo).

Per quanto riguarda il rinvenimento dei Foraminiferi planctonici si esclude una possibile autoctonia, dal momento che sono protozoi marini. Il ritrovamento di questi Foraminiferi è limitato ad un breve intervallo (20.5-12.5 cm), che coincide con un aumento del tasso di sedimentazione da 0.4 a 0.8 gr/cm^2/anno (Alvisi et al., 1993). Poiché tale periodo è immediatamente anteriore al 1926 (data dell'inizio dell'attività della

fabbrica Bemberg), si ritiene che sia l'aumento del tasso di sedimentazione sia la presenza dei Foraminiferi siano legati alla costruzione della fabbrica stessa.

Da analisi palinologiche condotte da Alvisi (1993) emerge che: 1) tra 77 e 43 cm si ha un aumento dei taxa che indicano azione antropica nell'area ed in particolare un periodo agricolo con coltivazione di cereali con massimo a 50 cm circa, preceduto da un aumento dei detritici (principalmente quarzo) che suggeriscono disboscamento, per messa a coltura dei terreni, e/o maggiore piovosità; 2) tra 43 e 19 cm si ha una nuova espansione del bosco (noce) a scarsa densità conseguente all'abbandono delle coltivazioni; 3) l'intervallo tra 19-0 cm testimonia un disturbo antropico prolungato che conduce a diversificazione vegetazionale nel paesaggio. Il disboscamento e/o l'aumento di piovosità favorirono comunque l'erosione dei versanti promuovendo il trasporto di nutrienti nel lago.

Alla luce di quanto esposto si può concludere che la carota comprende tre intervalli così interpretati: zona III con temperature delle acque relativamente più basse (abbondante presenza di *D. globulus* e scarsa presenza dei morfotipi *parva),* zona II con probabile miglioramento delle condizioni climatiche accompagnato, forse, anche da una maggiore disponibilità di cibo; zona I con profondo e drastico cambiamento nell'associazione, conseguente al forte inquinamento cui è stato sottoposto il lago dal 1927 e di cui si hanno i primi sintomi già alla fine della zona II con l'aumento di *D. proteiformis* m. *proteiformis.*

Diversa rispetto a quella in Orta 1 è invece la fauna a Tecamebe presente in Varese 1; infatti qui predominano *D. tricuspis* e *Centropyxis,* piuttosto scarse, particolarmente la seconda, nel Lago d'Orta. Una fauna simile è stata riscontrata anche nel Lago Superiore di Mantova (Parenti, 1992): questo lago, definito come eutrofico, contiene principalmente specie appartenenti al genere *Centropyxis* e *D. tricuspis.*

Il limite tra le zone D e C (limite che coincide con il passaggio di argilla siltosa marrone chiaro ad argilla siltosa marrone scuro, vedi Fig. 1) è stato posto in coincidenza della scomparsa di C. ecorms e dell'aumento relativo di D. trictispis: quest'ultimo evento suggerirebbe, in prima istanza, un aumento del grado di trofia del lago, tuttavia va tenuto presente che a cm 55 si assiste in realtà ad un calo nel numero delle Tecamebe (in tutto il residuo vi sono 126 esemplari), nondimeno *D. tricuspis* m. *parva,* pur costante nel numero di individui, mostra una maggiore resistenza rispetto alle altre specie.

La zona B corrisponde all'intervallo di argilla siltosa nera non laminata, visibile tra cm 33 e 25. Lami (1986) descrive, in una carota (FC) di cm 90 di lunghezza prelevata nella parte più profonda del lago, tre intervalli litologici riportati in Fig. 4: un intervallo inferiore, dello spessore di 60 cm, dato da argilla grigia e attribuito al periodo antecedente il 1945-50, quando il lago era già eutrofico (indicativa in tal senso è la presenza di solfo-batteri fotosintetici strettamente anaerobi lungo tutta la carota, Guilizzoni et al.,1986); un successivo intervallo di argilla scura non laminata di 10 cm di spessore ricca in sostanza organica e solfuri di ferro, corrispondente al periodo 1945-60 ed infine un terzo intervallo, corrispondente ai primi 20 centimetri della carota, di argilla laminata. Quest'ultimo evento è interpretato come la conseguenza della sparizione del benthos, iniziata nel 1960 circa, nella parte più profonda del lago (Bonomi, 1962) e alla comparsa di condizioni meromittiche (Bonomi, 1964). La mancanza di bioturbazione è uno dei fattori che ha quindi permesso la conservazione delle lamine.

Varese 1 ha un andamento della litologia molto ben comparabile con quello descritto in letteratura; non avendo a disposizione datazioni è stata fatta una correlazione litologica tra le carote FC e Varese 1 (Fig. 4) da cui risulta che: 1) se si ritiene che il cm 33 di Varese 1 corrisponda agli anni 1945-50 circa, la parte inferiore della carota è da attribuirsi al periodo antecedente, in cui il lago era considerato naturalmente eutrofico e la fauna rinvenuta risulta quindi comparabile con quella trovata da Parenti (1992) nel Lago Superiore di Mantova; 2) l'aumento relativo di *D. proteiformis* m. *proteiformis* tra cm 33 e 23 fa pensare che tale morfotipo sia particolarmente adatto ad ambienti con sostanza organica e/o con condizioni riducenti; 3) la mancanza di Tecamebe nella zona A, cioè nell' intervallo di argille laminate, può essere addebitata alle proibitive condizioni idrochimiche dell'ipolimnio.

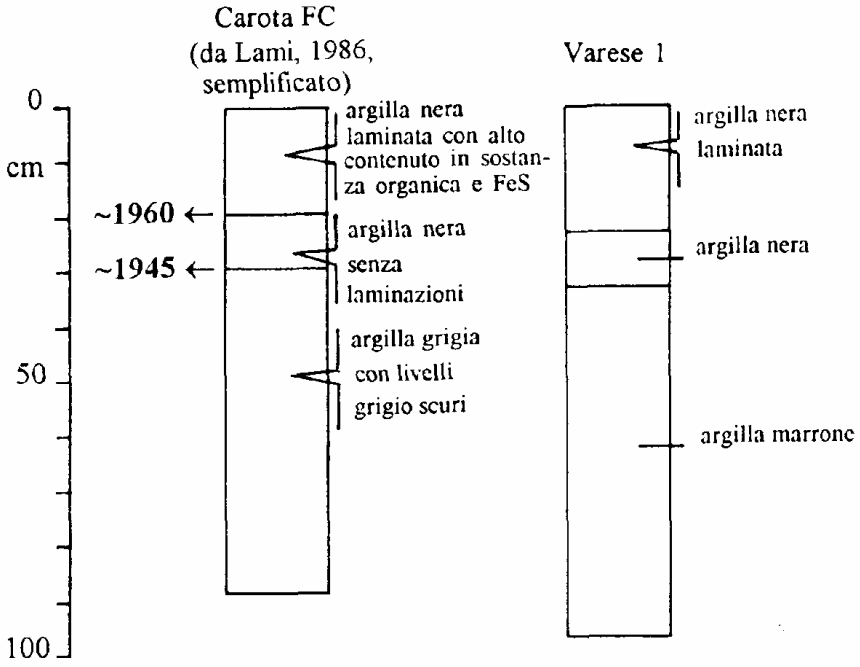


Fig. 4 - Correlazione litologica tra Carota FC e Varese 1.

E' da rilevare che anche nella zona B (Fig. 2) si assiste ad un calo delle Tecamebe (a cm 33 e 25 sono stati trovati rispettivamente 96 e 116 esemplari) che può essere spiegato col fatto che l'ipolimnio era già in condizioni critiche al momento della deposizione dell'argilla siltosa nera non laminata. Tali condizioni erano probabilmente difficoltose per la vita delle Tecamebe, ma non proibitive come nell'intervallo successivo (zona A).

In questa carota sono state fatte analisi della composizione mineralogica (Alvisi, 1993). Le zone più scure sono interpretate come intervalli di tempo caratterizzati da un clima relativamente più freddo e più umido poiché si rileva maggior contenuto di sostanza organica, maggior contenuto della frazione detritica, rapporto Ca/Mg più basso rispetto alle zone più chiare e maggior quantità di Fe_{tot} e P_{tot}. Secondo Alvisi (1993) questi dati indicano una maggiore conservazione di sostanza organica, spiegabile con periodi prolungati di stagnazione delle acque, situazione che può verificarsi in inverno in presenza di coperture di ghiaccio. Pertanto è possibile che tali intervalli rappresentino dei

periodi con inverni relativamente più freddi e più lunghi e probabilmente anche più umidi dal momento che i dati segnalano una maggior frazione alloctona derivata dal maggior apporto dei torrenti tributari in periodi più piovosi. La distinzione di questi intervalli trova un parziale riscontro nell'andamento delle Tecamebe. Infatti, l'intervallo cm 84-78 non denuncia sostanziali variazioni nell'associazione rispetto alle parti sotto e sovrastanti. Diversa è la situazione per l'intervallo 60-44 cm, in cui, come detto, si ha la scomparsa di C. *ecornis* e l'aumento di *D. tricuspis* m. *parva.* Dal momento che a 55 cm si riscontra anche una diminuzione nel numero delle Tecamebe, è evidente che devono essere sopraggiunte sensibili variazioni nelle condizioni del lago. Tuttavia, data la scarsezza di informazioni sull'ecologia delle specie, non si hanno elementi per confermare, attraverso le sole Tecamebe, se a questo intervallo corrisponda o meno un clima più freddo e più umido.

La microfauna a Tecamebe osservata nella carota Candia 1 è a sua volta profondamente diversa da quella rinvenuta negli altri due laghi. Guilizzoni e Lami (com. pers.), in una carota in corso di studio presa nella parte più profonda del lago, trovano che nella parte superiore della carota (ultimi 30 centimetri) si ha un aumento della sostanza organica (da 20% al 45% circa del peso secco), dei prodotti di degradazione della clorofilla, che indicano aumento della produttività primaria, e di $CaCO_3$ (sempre conseguente all'aumento di produttività). Guilizzoni et al. (1989) rivelano inoltre la presenza di okenone (pigmento caratteristico di un solfobatterio fotosintetico) sia nei sedimenti recenti sia nelle acque del lago e ciò indica la presenza di H_2S e di condizioni anaerobiche. Dal quadro sopra esposto risulta che in questo lago eutrofico è prevalsa negli ultimi decenni (30-40 anni rappresentati dall'intervallo cm 0-30 circa) la produzione autoctona (C/N<10) con alto contenuto di sostanza organica nel sedimento e frequente instaurarsi di condizioni anaerobiche (Guilizzoni e Lami, com. pers.).

La netta dominanza, in Candia 1, di D. *proteiformis* m. *proteiformis,* pur nel quadro di una fauna numericamente scarsa, suggerisce nuovamente che questo morfotipo sia più adatto a condizioni ambientali di questo tipo e quindi più competitivo rispetto alle altre specie.

Non si hanno qui elementi per spiegare la notevole fragilità della teca. Questo fenomeno, pur non osservato nella fauna dei laghi d'Orta e Varese, è stato segnalato da Medioli et al. (1985) in campioni presi nel Lago di Garda. Medioli et al. (1985) ipotizzarono una relazione tra fragilità del guscio e alcalinità delle acque. Questa ipotesi non sembra essere qui confermata, dal momento che solo *D. proteiformis* m. *proteiformis* si mostrava fragile e che le Tecamebe del Lago di Varese, caratterizzato da acque alcaline, non hanno mai presentato alcuna fragilità.

Per quanto riguarda infine *D. tricuspis,* essa è presente in Candia 1 con un numero molto basso di individui (sempre <10), diversamente da quanto ci si potrebbe aspettare, dal momento che il Lago di Candia è eutrofico. Non è pertanto da escludere che per *D. tricuspis* lo stato di eutrofia di un lago non sia sufficiente a garantirne un abbondante sviluppo. *D. oblonga* e *P. compressa* propongono un analogo problema: infatti in letteratura (Collins et al., 1990) queste specie sono ritenute "ubiquitarie"; in particolare *D. oblonga* sembra essere meno frequente in laghi oligotrofici. Dalle carote studiate non emerge tuttavia il suddetto comportamento, dal momento che *D. oblonga* mostra le più alte frequenze nel Lago d'Orta quando esso era oligotrofico e *P. compressa* risulta piuttosto rara o assente in laghi eutrofici.

6. CONCLUSIONI

Le associazioni a Tecamebe studiate nelle tre carote risultano profondamente diverse tra loro e confermano ulteriormente le notevoli differenze tra i laghi in esame (caratteristiche morfometriche, fisiografiche, stato trofico, chimismo dell'acqua e produttività). Infatti nel Lago d'Orla, escludendo la zona I che rispecchia una situazione anomala, si ha un'associazione con *D. obionga, D. globulus, D proteiformis* e *P. compressa;* nel Lago di Varese il genere *Centropyxis e D. tricitspis,* scarsissime nel Lago d'Orta, occupano una parte rilevante (50-80%) dell'intera associazione ed infine nel Lago di Candia si ha un'associazione dominata da *D. proteiformis.* Questa diversificazione ci permette di confermare la sensibilità delle Tecamebe ad ambienti diversi.

Rimangono tuttavia aperti alcuni problemi soprattutto per quanto riguarda l'ecologia di alcune specie importanti (es. *D. tricuspis, D. oblonga, P. compressa),* poiché le poche informazioni circa il loro habitat non hanno ottenuto conferma in questo studio; questo fatto è sicuramente imputabile allo scarso numero di ricerche condotte su queste biocenosi invita, per gli studi futuri, a non tralasciare indagini a questo riguardo poiché, avendo a disposizioni informazioni complete sugli ambienti di vita delle specie, lo studio delle associazioni fornisce utili indicazioni sull'evoluzione dei paleoambienti lacustri.

E' da sottolineare infine come l'utilizzo dei morfotipi che una specie presenta al suo interno (morfotipi separati in base a differenze morfologiche di nessun valore tassonomico, come per esempio la taglia) possa essere importante al fine di individuare variazioni ambientali. In questo caso la distinzione, all'interno di *D. proteiformis,* dei morfotipi *proteiformis, crossa, rapa* e *bicornis* ha permesso di individuare in *D. proteiformis* m. *proteiformis* un morfotipo particolarmente adattato ad ambienti con scarsa ossigenazione e ricchi in sostanza organica e solfuri e in *D. proteiformis* m. *rapa* un morfotipo particolarmente resistente ad ambienti fortemente inquinati da lungo tempo come il Lago d'Orta. Pertanto, dato il risultato positivo raggiunto in questo senso, riteniamo che non sia utile allungare a dismisura il numero di specie nuove nelle Tecamebe, ma di considerare e valorizzare la variabilità morfologica presente nelle specie stesse, poiché anche i morfotipi, e non solo le specie, possono risultare particolarmente utili in ricostruzioni paleoambientali.

Ringraziamenti

Si ringraziano P. Guilizzoni e A. Lami dell'Istituto Italiano di Idrobiologia del C.N.R. di Pallanza per le utili discussioni, A.M. Borsetti, M. Frignani e L. Langone dell'Istituto per la Geologia Marina del C.N.R. di Bologna per la revisione critica del manoscritto e il Sig. P. Ferrieri del Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università di Bologna per le fotografie al SEM.

Questa ricerca è stata fatta con il contributo M.P. 60% del 1992 (resp. Prof. G. Pelosio, Università di Parma).

Contributo n. 940 dell'Istituto per la Geologia Marina del C.N.R. di Bologna.

BIBLIOGRAFIA

Alvisi, F. 1993. Ricostruzione paleoambientale dei laghi sudalpini Orta, Mergozzo, Varese e Canna attraverso un'analisi multidisciplinare dei sedimenti olocenici e attuali. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Bologna.

Alvisi, F., P. Appleby, A. Asioli, M. Frignani, F. Oldfield, M. Ravaioli & L. Vigliotti. In stampa. Recent environmental changes as recorded by sediment of Lake Orta (Northern Italy). *Atti IV Workshop del P. S. "Clima, Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno" (Lecce,* 11-14 novembre 1991).

Bonacina, C. 1990. Lo zooplancton del Lago d'Orta. *Docum. Ist. Ital. Idrobiol.,* 28: 101-108.

Bonomi, G. 1962. La dinamica produttiva delle principali popolazioni macrobentiche del Lago di Varese. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.,* 15: 207-254.

Bonomi, G. 1964. Un nuovo aspetto dell'evoluzione del Lago di Varese: la comparsa di situazioni meromittiche. *Meni. Ist. Ital. Idrobiol.,* 17: 231-246.

Bradshaw, J.S. 1961. Laboratory experiments on the ecology of Foraminifera. *Cush. Found. Por. Res. Contr.,12:* 87-106.

Brasier, M.D. 1984. *Discospiritia* and the pattern of evolution in foraminiferid architecture. In: *"Benthos '83: Second International Symposium on Benthic Foraminifera":* 79-90, Pau e Bordeaux, Aprii.

Calderoni, A. & R. Mosello. 1990. Evoluzione delle caratteristiche chimiche del Lago d'Orta nel quadriennio febbraio 1984 - febbraio 1988. *Docum. Ist. Ital. Idrobiol.,* 28: 71-87.

Collins, E.S., F.M. McCarthy, F.S. Medioli, D.B. Scott & C.A. Honig. 1990. Biogeographic distribution of modern thecamoebians in a transect along the Eastern North American Coast. In: Hemleben, C., M.A. Kaminski, W. Kuhnt, & D.B. Scott, (eds.): *"Paleoecology, Biostratigraphy, Paleoceanography and Taxonomy of agglutinated Foraminifera",* NATO ASI series, ser. e: Mathematical and Physical Sciences, 327: 783-791.

DeLaca, T.E., J.H. Lipps & R.R. Hessler. 1980. The morphology and ecology of a new large agglutinated Antarctic foraminifer (Textularina: Notodendrodidae nov.). *Zool. J. Linn. Soc.,* 69: 205-224.

Giussani, G. & G. Galanti. 1992. Experience in eutrophication recovery by biomanipulation. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.,* 50: 397-416.

Guilizzoni, P. & A. Lami. 1988. Sub-fossil pigments as a guide to the phytoplankton history of the acidified Lake Orta (N. Italy). *Verh. Internat Verein. Limnol,* 23: 874-879.

Guilizzoni, P., A. Lami & M. Manca. 1989. Sull'uso di alcuni carotenoidi in ricerche sul plancton e in paleolimnologia. *Atti S.I. T.E.,* 7: 303-308.

Guilizzoni, P., A. Lami, D. Ruggiu & G. Bonomi. 1986. Stratigraphy of specificai algal and bacterial carotenoids in the sediments of Lake Varese (N. Italy). *Hydrobiologia,* 143:321-325.

Hallock, P., R. Rottger & K. Wetmore. 1991. Hypotheses on form and function in Foraminifera. In: Lee, JJ. & O.R. Anderson, (eds.): *"Biohgy of Foraminifera".* 41-72, Academic Press.

Honig, C.A. & D.B. Scott. 1987. Postglacial stratigraphy and sea-level change in southwetsern New Brunswick. *Can. Journ. Earth Sci.,* 24: 354-364.

Lami, A. 1986. Paleolimnology of the eutrophic Lake Varese (Northern Italy). 3. Stratigraphy of organic mattar, carbonates and nutrients in severa! sediment cores. *Mem. Ist. Ital Idrobiol.,* 44: 27 - 46.

Medioli, F.S., F. Petrucci *&* D.B. Scott. 1985. Sulla presenza di Tecamebe in campioni carotati sul fondo del Lago di Garda (missione Piccard, sett. 1981). *Civiltà Gardesana, v.* 3 "L'ambiente Lago": 83-103.

Medioli, F.S. & D.B. Scott. 1983. Holocene Arcellacea (Thecamoebians) from Eastern Canada. *Cush. Found. Por. Res.,* Spec. Pubi. n. 21:1-63.

Medioli, F.S. & D.B. Scott. 1988. Lacustrine thecamoebians (mainly Arcellaceans) as potential tools for palaeolimnological interpretations. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 62: 361-386.

Medioli, F.S., D.B. Scott, & B.H. Abbott. 1987. A case study of Protozoan intraclonal variability: Taxonomic implications. *Journ For. Res.,* 17: 28-47.

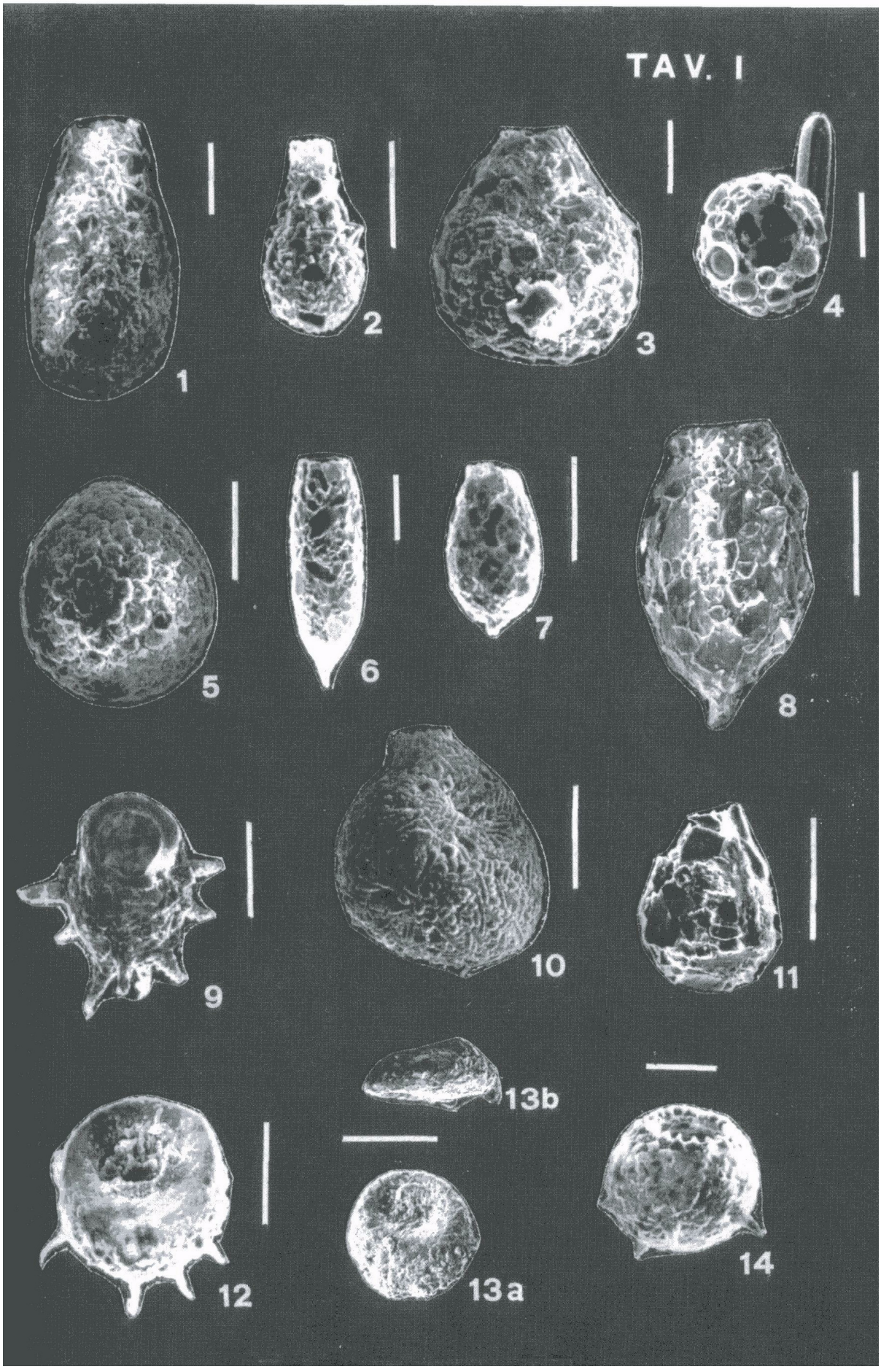
Monti, R 1930. La graduale estinzione della vita nel Lago d'Orta. *Rend. R. Ist. Ital. Lomb. Sc. Lett., 63:* 32-22.

Parenti, G. 1992. Le Tecamebe nei sedimenti nel Lago Superiore di Mantova. Tesi di laurea. Università degli Studi di Parma.

Patterson, R.T., K.D. MacKinnon, D.B. Scott & F.S. Medioli. 1985. Arcellaceans. (Thecamoebians) in small lakes of New Brunswick and Nova Scotia: modern distribution and Holocene stratigraphic changes. *Journ. For. Res.,* 15: 114-137.

Ruggiu, D., C. Saraceni & R. Mosello. 1981. Fitoplancton, produzione primaria e caratteristiche chimiche di un lago fortemente eutrofizzato: il Lago di Varese. *Mem. Ist. Ital. Ital. Idrobiol,* 39: 47-64.

Tavola I. Fig. 1 - *Difflugia oblonga* (Ehrcnbcrg) m. *magna* veduta laterale (Orta 1, cm 84.5-86.5). Fig. 2 - *Difflugia oblonga* (Ehrenberg) m. *parva* veduta laterale (Orta 1, cm 84.5-86.5). Fig. 3 - *Pontigulasia compressa* (Carter) veduta laterale (Orta 1. cm 84.5-86.5). Fig. 4 - *Difflugia globulus* (Ehrenberg) veduta aperturale (Orta 1, cm 84.5-86.5). Fig. 5 - *Difflugia tricuspis* Carter con teca autogena: veduta laterale (Orta 1, cm 84.5-86.5). Fig. 6 - *Difflugia proteiformis* Lamarck m. *proteiformis* veduta laterale (Orta 1, cm 12.5-14.5). Fig. 7 - *Difflugia proteiformis* Lamarck m. *rapa:* veduta laterale (Orta 1, cm 20.5-22.5). Fig. 8 - *Difflugia proteiformis* Lamarck m. *rapa:* veduta laterale (Orta 1, cm 1.5-3.5). Fig. 9 - *Centropyxis constricta* (Ehrenberg) con spine: veduta aperturale (Orta 1, cm 56.5-58.5). Fig. 10 - *Lesquereusia* (Schlumbcrger) veduta laterale (Orta 1. cm 84.5-86.5). Fig. 11 - *Difflugia viscidula* Penard veduta laterale (Orta 1, cm 1.5-3.5). Fig. 12 - *Centropyxis aculeata* (Ehrenberg): lato ventrale (Orta 1, cm 44.5-46.5). Fig. 13 - *Centropyxis ecornis* (Ehrenberg). a = lato ventrale, b= profilo (Varese 1, cm 62-64). Fig. 14 - *Difflugia corona* Wallich veduta laterale (Candia 1, cm 0-3). (barra=100µ; in Fig. 8, 11, 13a e l3b barra =50µ)


TAV. I
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13b
13a
14

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 503 a pag. 511

LA "PICCOLA PESCA" NEL COMPARTIMENTO DI SAVONA: TIPOLOGIA DEGLI ATTREZZI E COMPOSIZIONE DELLE CATTURE

Marino VACCHI, Mario LA MESA e Alessandro GIANNI'

ICRAM - Via L. Respighi, 5 - 00197 - Roma, Italy

SUMMARY

In the Savona Fishing District (Ligurian Sea, Italy), data on the artisanal fishery were obtained from march 1990 to february 1991 during a study devoted to the improvement of the knowledge of local fishing activities exploiting demersal resources in order to find a better time-areal allocation of the trawlers' closed season established by the national law.

The artisanal fishery was monitored in the principal landing sites of the District: Varazze, Savona, Noli, Finale Ligure, Loano, Alassio and Andora. Catch and effort of the fleets were recorded for a period of one week each month. Data were obtained by visual inspection and interviewing the fishermen.

Loano appeared to be the more active sites for this fishery. Everywhere, trammel nets were the fishing gear more frequently used, mainly inshore. Gillnets were used at a longer distance from the coast. Both beach and boat seines were used, mainly in the Noli site (where there is no harbour and boats lands on the beach).

The highest total catches were from seines during the wintertime. In the other seasons, catches from trammel and gillnets increased and seines were less frequently used.

Trammel catches were mainly cephalopods *(Sepia officinalis* and *Octopus vulgaris)* and sparids as well as centhracanthid fishes. The Mediterranean hake *(Merluccius merluccius)* was the first catch for gillnets, while seines captured mainly *Boops boops* and several *Spicara* species.

1. INTRODUZIONE

II tratto di mare corrispondente al Compartimento Marittimo di Savona è oggetto negli ultimi tempi di una serie di ricerche nei diversi settori dell'oceanografia e della biologia marina, in relazione al disatro della Haven dell'11 aprile 1991.

In questa sede vengono presentati alcuni dati raccolti in questo Compartimento nel periodo immediatamente precedente l'incidente stesso nell'ambito di uno studio ICRAM sulle locali attività di pesca demersale al fine di ottenere informazioni utili ad una più idonea definizione dei tempi e delle modalità di applicazione del fermo temporaneo di pesca previsto dalla vigente legislazione nazionale. Beninteso, tale fermo non si applica alle attività della piccola pesca oggetto del presente lavoro, ma è ben noto che gli effetti del fermo della pesca a strascico possono ricadere positivamente anche sulle piccole

attività artigianali (Garcia & Demetropoulos, 1986). Lo studio ha fornito dunque lo spunto per ottenere un quadro complessivo della piccola pesca del Compartimento di Savona.

I dati raccolti nel Compartimento di Savona nel corso di questa ricerca costituiscono l'informazione più aggiornata sulle attività di pesca artigianale prima del disastro "Haven". Peraltro, per tale area sono disponibili poche informazioni riguardanti la piccola pesca (Cingolani et al., 1986).

2. MATERIALI E METODI

I dati sulla piccola pesca nel Compartimento di Savona sono stati ottenuti da osservazioni mensili svolte sulle sette località ove quest'attività viene svolta in modo quantitativamente più rilevante (numero di imbarcazioni addette) e costante nel corso delle varie stagioni. L'inchiesta è stata svolta, tra Marzo 1990 e Febbraio 1991 (eccetto Settembre 1990, periodo di "fermo di pesca"), secondo il metodo campionario "Catch Assessment Survey" (Caddy & Bazigos, 1988; PECHART, 1982). Da una stima basata su una ricognizione preliminare nel settore ("frame survey") tali località risultavano dunque essere (da levante verso ponente) Varazze, Savona, Noli, Finale Ligure, Loano, Alassio e Andora.

In ognuna di queste località venivano effettuati, con cadenza mensile, rilevamenti per un numero di giorni tanto maggiore, quanto più elevato era il numero delle imbarcazioni attive nel sito stesso. In ogni caso, l'intera attività di campionamento mensile era completata nell'arco di una settimana, da due gruppi di rilevatori. I rilevamenti venivano effettuati direttamente in banchina, al rientro delle imbarcazioni di cui veniva così rilevata l'attività (allo scopo di ottenere successivamente una stima della attività media giornaliera nel Compartimento). Di un campione casuale di tali imbarcazioni veniva poi registrato il tipo di attrezzo utilizzato e rilevati dettagli sullo stesso (materiale, lunghezza, ecc.) e sui tempi e sulle aree di pesca. Venivano quindi annotate le caratteristiche qualitative e quantitative del pescato. Dai dati ottenuti dal campione sono state poi estrapolate stime, valide per la totalità del Compartimento, sulle frequenze di utilizzo di un determinato attrezzo, sulla tipologia del pescato (complessiva e per attrezzo) e sui rendimenti degli attrezzi da pesca più frequentemente utilizzati nel Compartimento.

1. RISULTATI E DISCUSSIONE

Nel corso del "frame survey" sono state conteggiate 242 imbarcazioni attive o in temporanea inattività presenti in 18 centri di pesca. Nei sette siti di sbarco selezionati sono presenti l' 86,4 % di tali imbarcazioni.

All'incirca, nel complesso dei siti studiati sono giornalmente attive tra le 65 e le 15 imbarcazioni dedite alla piccola pesca. Dal grafico in Figura 1 si evince che nel periodo primaverile ed estivo (marzo-agosto) è attivo un numero maggiore di imbarcazioni che non nel periodo autunnale-invernale (ottobre-febbraio). Questa diminuzione dell'attività complessiva (di circa il 50%) potrebbe essere imputabile a fenomeni stagionali concernenti

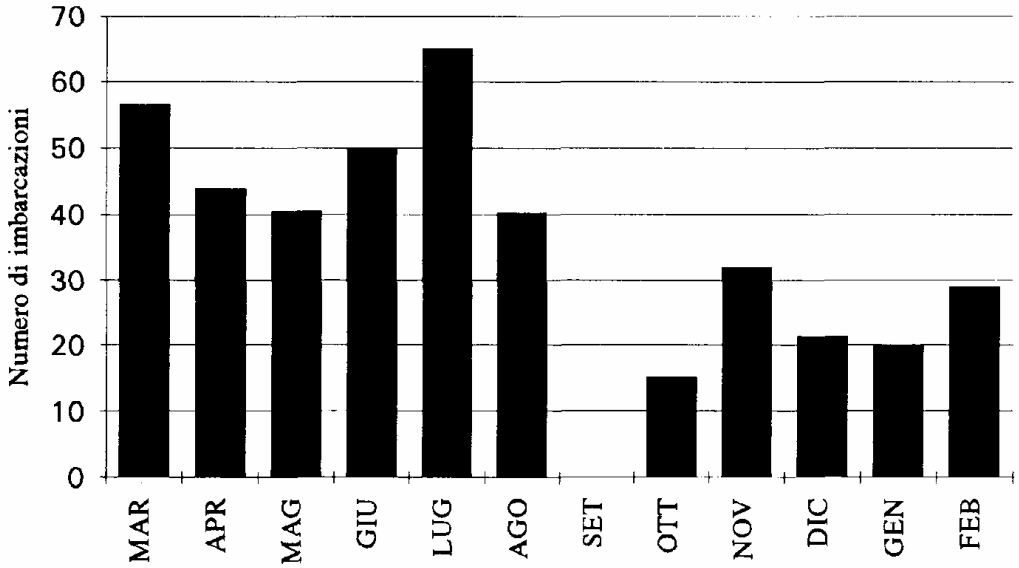


Fig. 1 - Stima del totale delle imbarcazioni giornalmente attive nei siti studiati

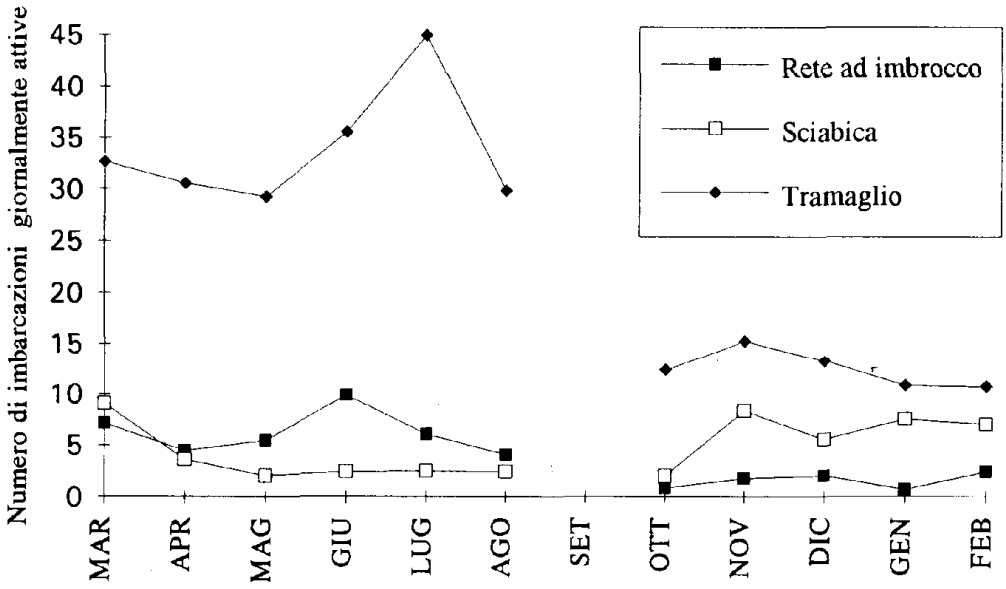


Fig. 2 - Uso degli attrezzi principali della piccola pesca savonese

la disponibilità del pescato, l'ampiezza del mercato ricevente il prodotto (ovviamente maggiore durante la stagione turistica) ma non sono da sottovalutare differenze nelle condizioni meteomarine. Questo è tanto più plausibile in quanto ci si interessa all'attività di imbarcazioni di stazza modesta (inferiori a 3 Tonnellate di Stazza Lorda).

Considerando i vari attrezzi da pesca, tre sono quelli più in uso nel Compartimento: tramaglio, rete monopanno ad imbrocco ("rete barracuda") e sciabica, quest'ultima operante sia da terra che da natante. Tali attrezzi sono utilizzati dal 90-95% circa delle imbarcazioni. Tra la frazione minoritaria sono stati anche registrati palamito, bolentino, nasse.

Nel corso dell'anno il tramaglio è costantemente l'attrezzo più utilizzato (dal 75 al 45% delle imbarcazioni) ed ha i suoi massimi di frequenza d'uso nei mesi primaverili ed estivi (Fig. 2). In linea generale lo stesso è vero per la rete monopanno ad imbrocco, che però è utilizzata con frequenza molto minore (10-5%). Come già riportato da Zolezzi (1941), per la sciabica si nota al contrario un aumento della frequenza d'uso nei mesi autunnali ed invernali (Fig. 2). In tali mesi la percentuale di utilizzo di questo attrezzo da parte delle imbarcazioni dedite alla piccola pesca può raggiungere il 40 %.

Oltre a fenomeni di stagionalità (legati alle peculiarità dell'attrezzo) sono state notate tendenze probabilmente dovute a tradizioni locali. Così a Loano, che pure è il sito ove la piccola pesca ha la maggiore presenza, la sciabica non è mai stata rilevata. D'altra parte, nell'arenile di Noli la sciabica è frequentemente utilizzata nei mesi autunnali ed invernali, mentre la rete ad imbrocco non è mai adoperata. Sciabica e rete ad imbrocco coesistono (ferma restando la prevalenza del tramaglio) con un uso abbastanza frequente ad Andora, Varazze e Savona.

Il pescato del tramaglio è caratterizzato da un numero molto elevato di specie. Per questo attrezzo in totale sono state registrate 81 specie di cui 69 pesci, 4 crostacei ed 8 molluschi. Più selettivi sono risultati la rete "barracuda" e la sciabica, rispettivamente con 39 e 30 specie di pesci, 4 e 3 specie di molluschi.

I quantitativi di pescato dalla sciabica sono quelli ponderalmente più rilevanti con catture medie giornaliere che vanno da un minimo intorno ai 15 Kg, fino a un massimo dell'ordine di 120 Kg (per singola imbarcazione) (Fig. 3). Come ci si poteva attendere dall'andamento delle frequenze d'uso dell'attrezzo, le catture più cospicue si registrano nei mesi autunnali ed invernali. Si tratta in realtà di specie di scarsa rilevanza economica come *Boops boops* e varie specie del genere *Spicara (S. flexuosa, S. maena* e *S. smaris)* (Tab. 1). Queste quattro specie rendono conto molto efficacemente del totale delle catture dell'attrezzo che dunque si qualifica come un attrezzo ad elevata specificità di "bersaglio"; la composizione specifica percentuale delle specie più importanti è riportata in Tab. 3.

Rete ad imbrocco e tramaglio catturano quantitativi maggiori nei mesi primaverili ed estivi. Per la rete ad imbrocco (Fig. 4), che presenta massimi di cattura sui 30 Kg/giorno per imbarcazione, le catture sono sostanzialmente a carico di *B. boops* e *Merluccius merluccius* (vedi Tab. 1) che descrivono piuttosto bene l'andamento generale del totale catturato da questo attrezzo; la composizione specifica percentuale delle specie più importanti è riportata in Tab. 4.

Al contrario per il tramaglio (Fig. 5), che presenta massimi di resa dell'ordine di 12 Kg/giorno per imbarcazione, la tipologia delle specie catturate è quanto mai diversificata (sia come numero di specie che come andamento stagionale delle catture). Difatti le

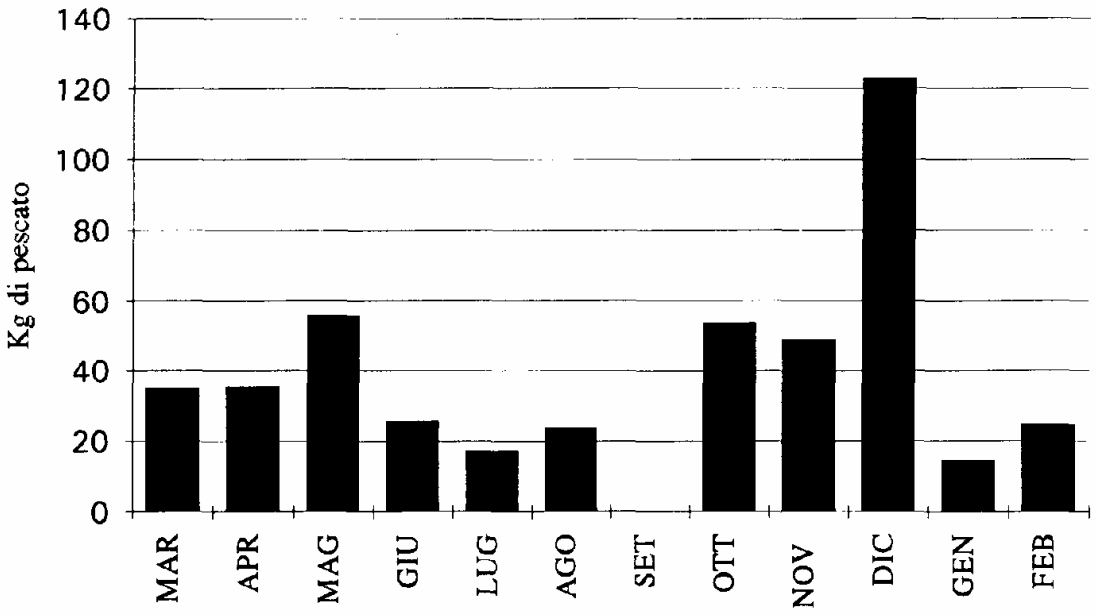


Fig. 3 - Catture medie giornaliere per imbarcazione con sciabica

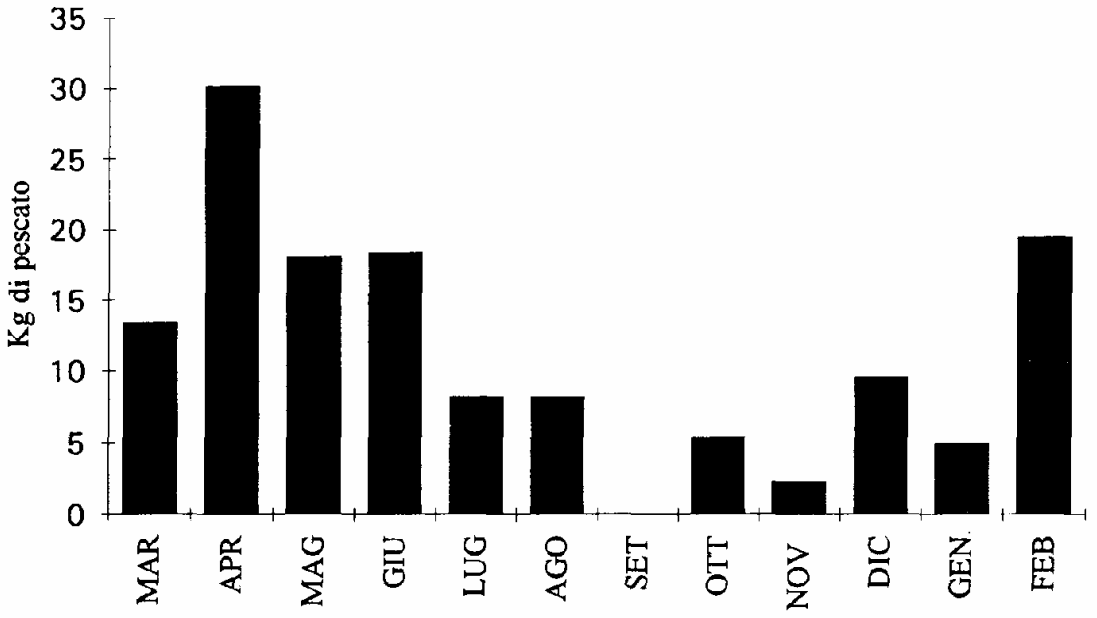


Fig. 4 - Catture medie giornaliere per imbarcazione con rete ad imbrocco

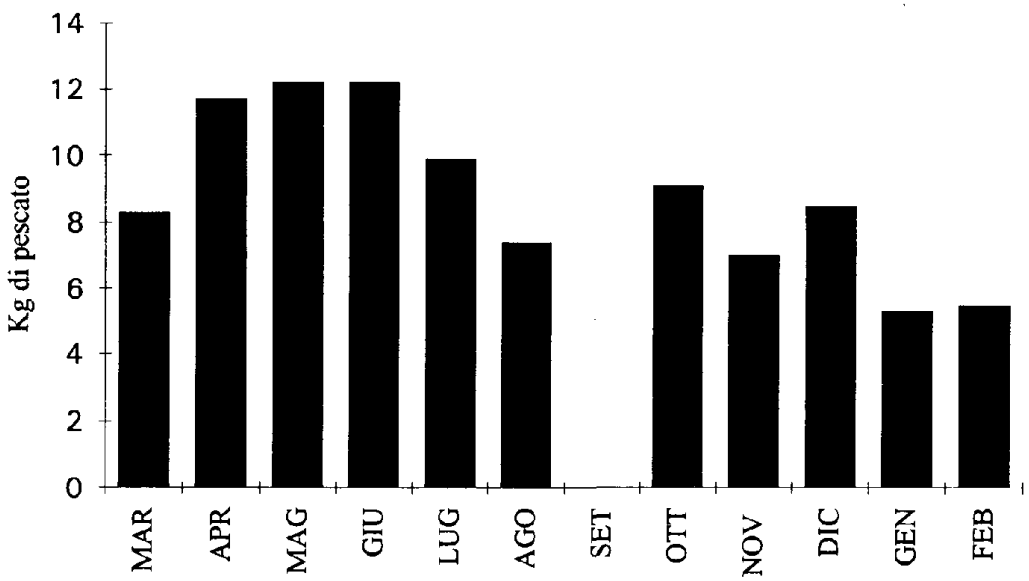


Fig. 5 - Catture medie giornaliere per imbarcazione con tramaglio

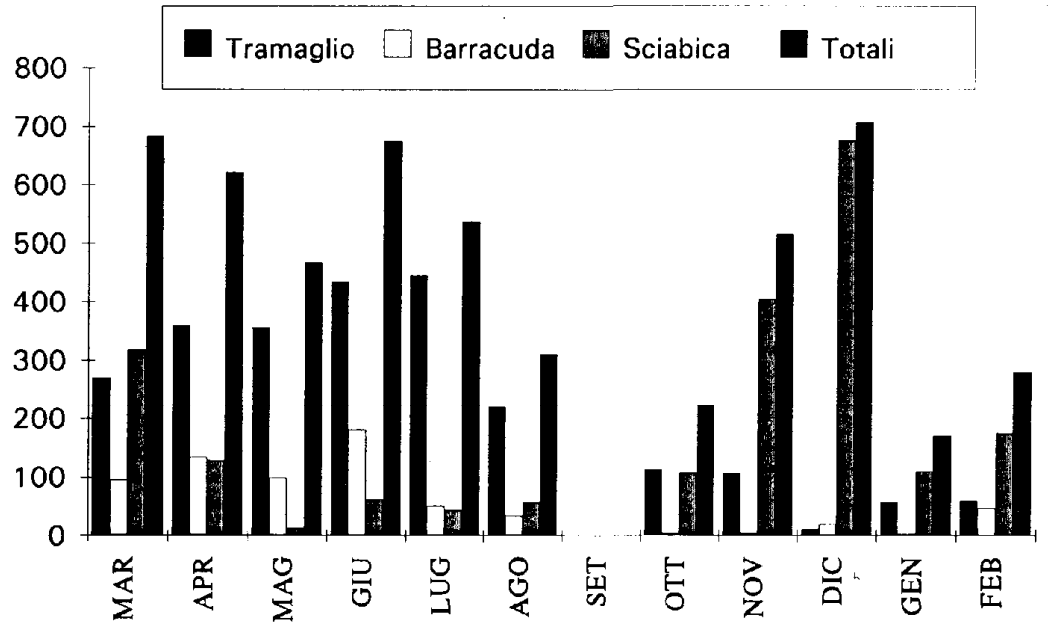


Fig. 6 - Rendimenti giornalieri della piccola pesca

	Tramaglio				Rete ad imbrocco		Sciabica	
	a	b	d	e	a	b	a	c
Mar	2,5	0,6	1,1	1,1	0,9	3,3	6,1	25,6
Apr	3,2	0,5	0,8	2,5	3,1	6,8	0,9	22,9
Mag	2,1	-	0,4	1	2,5	5,6	9,7	38,7
Giu	1	-	0,6	1,2	-	3,4	1,7	15
Lug	0,7	0,1	0,7	0,2	-	0,8	3,7	6,2
Ago	0,3	-	0,5	0,1	0,5	1,7	6,7	3,3
Ott	0,3	-	0,5	0,5	-	-	13,7	32,5
Nov	0,6	0,3	1,3	0,5	-	-	15	19,4
Dic	1,6	0,5	0,7	0,4	4,5	1,7	4,2	102,8
Gen	0,8	-	0,9	1,1	1,1	1,2	2,8	7,5
Feb	1,1	1,1	0,9	1	6,5	3	7,8	11,2

Tab. 1 - Catture medie giornaliere (in kg) per imbarcazione di alcune specie maggiormente pescate dalla piccola pesca savonese. Legenda : a = *Boops boops*; b = *Merluccius merluccius*; c = *Spicara spp.*; d = *Octopus vulgaris*; e = *Sepia officinalis*.

Specie	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB
B.boops	30,3	35,4	28,2	9,5	12,3	12,2	3,9	19,5	41,5	30,9	18,9
D.annularis	1,3	4,9	2,8	7	3,6	4,4	8,7	2,3	2,6	0,4	1,1
L.mormyrus	0,3	0,7	0,5	7	0,7	4	1,3	1,2	-	-	0,9
M.merluccius	8,5	3,3	-	0,3	2,7	-	0,1	8	12,9	-	17,4
M.barbatus	0,3	0,1	-	-	1	0,4	3,5	-	6,5	0,1	-
M.surmuletus	1,1	-	3,9	0,8	1,5	3	5,4	-	2,2	1,5	-
P.erythrinus	-	-	-	0,3	0,2	0,5	0,9	0,6	1,1	-	-
S.maena	1,6	1,3	8,9	3,5	14,1	43,7	1	5,4	1,2	14,7	2,7
S.salpa	6,3	3,2	3,8	14,1	4,3	5,5	48,8	1,2	0,7	-	4,6
T.trachurus	-	0,2	2	-	2,1	-	0,4	0,8	-	-	-
U.scaber	1,6	3,2	10	7,5	19,7	15,1	8,6	4,5	2,2	-	0,5
O.vulgaris	23,8	13,3	14,9	10,4	27,2	9,2	7,4	40,9	16,4	26,2	21,9
S.officinalis	24,9	34,2	22,8	39,1	8,1	1,2	8,1	14,2	11,6	26,2	32
Altre specie	-	0,2	2,2	0,5	2,5	0,8	1,9	1,4	1,1	-	-

Tab. 2 - Composizione specifica delle catture con tramaglio (percentuale in peso)

Specie	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB
B.boops	18,2	28,2	18,8	21,3	23,4	39,6	27,0	29,3	10,7	19,0	35,1
E.encrasicolus	-	-	-	-	-	-	3,7	-	-	20,6	-
L.aurata	-	13,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.surmuletus	0,4	0,5	0,2	0,2	2,3	-	-	1,1	-	1,5	-
O.melanura	0,1	-	-	-	5	-	-	1,4	-	-	-
S. pilchardus	-	-	-	37,5	-	-	3,7	10,2	2,8	4,8	-
S.salpa	0,2	1,3	-	-	-	-	-	0,5	0,4	-	-
S.japonicus	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-
S.flexuosa	10,5	17,2	19,3	19,4	17,5	8,7	-	-	-	23	10,3
S.maena	28,2	18,2	-	-	10	10,8	-	3,5	0,8	14,9	22,6
S.smaris	38,6	16,7	31,4	21,2	40,9	38,5	63,9	46,9	84,2	12,9	17,5
T.draco	1	-	0,3	0,3	-	-	0,1	-	-	-	1,2
O.vulgaris	0,4	-	-	-	-	-	-	-	0,5	2,8	2,9
Altre specie	2,4	4,6	-	0,1	0,9	2,4	1,6	7,1	0,6	0,5	10,4

Tab. 3 - Composizione specifica delle catture con sciabica (percentuale in peso)

Specie	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB
A.rochei	-	-	13,1	-	-	-	-	-	-	-	-
B.boops	17,2	42,3	28,7	-	-	5,3	-	-	72	22	43
D.annularis	0,1	-	-	-	4,8	5,3	24,9	-	-	-	-
D.vulgaris	-	-	-	-	-	25,4					
L.amia	-	-	-	-	-	-	-	21,7	-	-	-
L.mormyrus	-	-	-	-	28,1	23,1	-	-	-	-	-
L.aurata	-	-	-	-	-	-	9,6	65,3	-	-	-
M.merluccius	49,3	32,9	14,8	43,8	12,2	17,5	-	-	28	24	18
M.surmuletus	0,4	-	4,6	10,5	3	-	-	13	-	-	-
O.melanura	-	-	13,9	-	-	-	-	-	-	-	-
P.erythrinus	0,4	15,4	-	-	-	-	19,2	-	-	6	0,7
S.aurita	-	-	-	0,8	19,3	6,5	0,4	-	-	24	21,3
S.salpa	-	-	-	-	-	-	23,9	-	-	-	-
S.japonicus	-	3,7	7,4	1,7	-	-	-	-	-	24	-
S.flexuosa	19,2	-	-	3,4	11,9	-	-	-	-	-	5,2
T.trachurus	-	5,6	-	6,6	15,6	-	-	-	-	-	-
O.vulgaris	6,1	-	-	9,4	-	-	5,7	-	-	-	-
S.officinalis	5,1	-	-	11,1	-	-	2,9	-	-	-	2,6
Altre specie	2,4	0.1	17,5	12,7	5,1	16,9	13,4	-	-	-	9,2

Tab. 4 - Composizione specifica delle catture con rete ad imbrocco (percentuale in peso)

quattro maggiori catture del tramaglio, cioè *B. boops, M. merluccius. Sepia officinalis* e *Octopus vulgaris* (vedi Tab. 1), non sono buoni descrittori dell'andamento complessivo delle catture. Il tramaglio si caratterizza dunque, nei siti studiati, come un attrezzo altamente multispecifico con ampio spettro di specie bersaglio tra cui anche un certo numero di buona rilevanza commerciale il cui andamento stagionale è evidenziato in Tab. 2.

Dai dati ottenuti, sono state desunte stime del rendimento giornaliero sul totale dei siti analizzati, per ciascun attrezzo (Fig. 6). Globalmente la piccola pesca produce dai 200 ai 700 Kg circa di pescato giornaliero. L'andamento stagionale dei rendimenti è ovviamente concorde con quanto osservato per le frequenze d'uso e dei quantitativi catturati dai vari attrezzi. Il rendimento del tramaglio (ed in minor misura della rete ad imbrocco) è maggiore nei mesi primaverili ed estivi, mentre quello della sciabica nei mesi autunnali ed invernali. Ciò è probabilmente in relazione al fatto che le attività di pesca con la sciabica sia da natante che, ovviamente, da terra, si svolgono prevalentemente in stretta prossimità della costa, risultando quindi relativamente poco influenzate da condizioni meteomarine avverse.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano il doti. Gianni Diviacco ed i sigg. Tommaso Luciano e Enrico Tarulli dell'ICRAM, ed il dott. Federico Rebora della Cooperativa di Ricerca CBM, per la preziosa attività di rilevamento svolta sul campo.

BIBLIOGRAFIA

Caddy, J.F. & G.P. Bazigos. 1988. Guide pratique pour le contrôle statistique des pêcheries lorsque la main-d'oeuvre est limitée. *FAQ Doc. Tech. Pèches,(257):* 82 pp.

Cingolani, N., S.R. Coppola & J. Mortera. 1986. Studio di fattibilità per un sistema di rilevazione campionaria delle statistiche della pesca Parte II - Statistiche sulle catture e sullo sforzo di pesca. *Quaderni dell'Istituto Ricerche Pesca Marittima,* 5 (1 Supplemento, I e II parte): XXVIII + 754 pp.

Garcia, S. & A. Demetropoulos. 1986. L'aménagement de la péche a Chypre. *FAO Doc. Tech. Pêches,* (250): 43 pp.

PECHART, 1982. Les enquêtes sur la pêche artisanale sénégalaise au Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye. *Arch. Ceni. Rech. Océanogr. Dakar - Thiaroye,* 112: 28 pp.

Zolezzi, G. 1941. Su alcuni sistemi di pesca in uso in Liguria. *Boll. Pesca Pise. Idrobiol,* 19 (1): 35-71.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 513 a pag. 523

MUCILLAGGINI E STATO TROFICO DELLE ACQUE NEL MAR TIRRENO*

Mario INNAMORATI °, Antonio MELLEY °, Cristina CASTELLI ° e
Manuela BALZI °°

°Lab. Ecologia, Dip. Biologia Vegetale, Università di Firenze
°° Lab. Radiobiologia, Dip. Fisiopatologia Clinica, Università di Firenze

SUMMARY

CTD measures, nutrients, chlorophyll, C14 production and microscopic analysis were carried out in the waters of several tyrrhenian stations, where pelagic and bentonic mucilages are sampled. Previous results are confirmed: the mucilages are a natural phenomenon, not induced by anthropic pollution, nor a consequence of eutrophication. Autoradiographies show that they are excretions of cells photosintates, mainly produced by pelagic and thycopelagic diatoms but also from filamentous macroalgae.

Cells inside mucilages show a higher absolute C14 production than cells free in the water, but a lower production relative to chlorophyll or to number of cells. In the mucous aggregates a great bacterial activity develops a higher rate of oxigen consumption.

Also the relative specific composition of phytoplankton coenosis inside is quite different from the outside ones. When sampled in summer the former are of winter-spring type, therefore "older" than the latter which are of the normal summer type. This suggests that in the spring lime the cells produce the mucopolysaccaridic secretion which envelops the same producers which by aggregation form the visible mucilages.

Since 1991, the year of appearance and of maximum extent of mucilages in Tyrrhenian Sea, the N/P ratio is changed from the normal value of circa 5 to the circa 50. It is neverthless difficoult to give a causal meaning to the high N/P ratio because 50 has been the normal value in the Adriatic Sea before, during and after the 1989 mucilages occurrence.

The mucilages show the spatially and temporally discontinuous distributions of a biologically generated phenomenon. On the contrary the N/P ratio and all chemical and physical factors are quite continuous. Therefore it is advisable to search the causes of mucilages between biological pathogenic factors.

1.INTRODUZIONE

Per quanto riguarda il Mare Adriatico, la presenza delle mucillaggini, o mare

* La ricerca è stata finanziata dal MURST 40%, dalla Regione Toscana, dalla Provincia di Grosseto.

sporco, è stata riportata su giornali di informazione e su riviste scientifiche dal 1729 ai nostri giorni (Regione etc., 1989). La comparsa è stata episodica, aperiodica, ma ha interessato grandissime estensioni del mare ed ha sempre causato danni alle reti da pesca ostruendole e costringendo anche ad abbandonarle.

Per il Mar Tirreno invece le prime segnalazioni scritte sono solamente del 1991 e 1992 (Innamorati, 1991; AA.VV., 1992). E' così convinzione dei più che non vi siano mai state prima. Invece debbono essere esistite da sempre, perché i pescatori hanno un vocabolo per designarle: "brommo" in Toscana, "sbroma" in Campania, "sbromu" in Sicilia e "sbrommu" in Sardegna. Deriva dal greco "bromos", fetore, puzzo (Franceschini, 1992). Anche se lo utilizzano un pò per tutto ciò che imbratta le reti, tuttavia le sostanze che chiamano "brommo", alias mucillaggini, sono state da noi raccolte insieme a loro dalle loro reti, ed essi hanno confermato di conoscerle da sempre, perché tutti gli anni le ritrovano nelle reti in primavera- estate: quando più, quando meno e quando quasi niente. Per lo più sono avvertibili soltanto come una maggiore viscidità della rete quando la si salpa (Chiocca, com. pers.; Gentile, com. pers.) ed hanno un caratteristico odore fetido. Comunque tutti concordano che una quantità così rilevante come nel 1991 non era stata mai vista.

Tuttavia i primi campioni di materiale identificato poi come mucillaggine sono stati prelevati alle Formiche di Grosseto nel 1990 (Innamorati, 1992).

Da quanto precede e dalle indagini da noi condotte nel 1991 (Innamorati, 1992; Innamorati et al., 1993) *è* risultato che:

- le mucillaggini sono un fenomeno naturale per quanto probabilmente patologico, ma non indotto dall'inquinamento prodotto dall'uomo;
- non sono un fenomeno collegato ai processi di eutrofia o di eutrofizzazione, cronici nell'Adriatico Settentrionale: nè tantomeno legato alle caratteristiche fisiografiche e idrodinamiche di quel bacino e dei suoi afflussi fluviali;
- sono prodotte da una ipersecrezione di fotosintati da parte delle cellule fitoplanctoniche, specialmente diatomee nella zona pelagica, ma anche da macroalghe filamentose, in quella bentonica;
- le unità di cellula produttrice e di mucillaggine prodotta, che la include, si aggregano per adesione ad altre unità formando prima dei microaggregati e via via i macroaggregati che si distinguono in varie forme (Stachowitsch et al., 1990);
- la struttura della fitocenosi (densità specifica relativa), interna agli aggregati è differente da quella esterna degli organismi liberi nell'acqua: la prima contiene un popolamento più vecchio di tipo inverno-primaverile a dominanza di diatomee e la seconda è più giovane e di tipo nettamente estivo, suggerendo che le mucillaggini siano state prodotte nella fase della successione precedente a quella estiva in cui sono stati campionati gli aggregati;
- il rapporto tra nutrienti azotati e fosfati disciolti nell'acqua, è cambiato dalla tipica azotocarenza tirrenica oligotrofica ($N/P \approx 5$) degli anni precedenti, ad una fosforocarenza di tipo Adriatico NW ($N/P \approx 50$), tendenza dovuta prevalentemente ad un aumento dell'azoto ed una lieve diminuzione del fosforo. Però il fatto che in Adriatico nei decenni passati si sia sempre avuto un altissimo rapporto N/P senza produzione di mucillaggini, non permette di concludere per un suo effetto causale.

In relazione alle modalità di formazione le nostre osservazioni non possono

escludere che le mucillaggini ed il popolamento che includono possa anche essersi originato in estate da specie, libere nelle acque e non dominanti, che si sono aggregate e riprodotte nel loro interno dando origine ad una composizione specifica relativa differente da quella esterna.

Si è voluto quindi indagare: la relazione tra l'evoluzione stagionale della struttura dei popolamenti fitoplanctonici nell'acqua e nelle mucillaggini per esaminare se al momento della formazione di queste fossero simili; in quale senso la variazione dei rapporti di composizione dei nutrienti nell'acqua è collegata con la produzione delle mucillaggini; infine se la produzione ed escrezione dei fotosintati mucopolissacaridici, precedentemente da noi dimostrata nelle mucillaggini fosse collegata con il blocco della riproduzione cellulare.

2. MATERIALI E METODI

La campagna è iniziata nel dicembre 1991 nelle acque dell'Arcipelago Toscano ed è proseguita con rilevamenti ripetuti ogni 10-15 giorni fino all'estate 1992, durante la quale sono stati effettuati i prelievi di mucillaggini nelle acque prospicenti le isole di Procida (mucillaggini pelagiche, prelevate mediante reti lasciate in posto dalle 18 alle 6), Montecristo e Formiche di Grosseto (mucillaggini bentoniche, campionate manualmente in immersione con ARA).

Le uscite periodiche sono state effettuate in due stazioni, l'una davanti al promontorio dell'Argentario (st.l - Capo d'Uomo), l'altra circa 4 miglia al largo dell'Isola del Giglio (st.2), situata sull'isobata dei 200 metri sulla congiungente con l'Isola di Montecristo.

Sono state effettuate calate di batisonda Idronaut (temperatura, conducibilità, salinità, densità, ossigeno disciolto, pH, Eh). L'acqua per le analisi dei nutrienti, della clorofilla, della densità e composizione fitoplanctonica è stata campionata mediante bottiglie Niskin ed analizzata come segue: nutrienti ($N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NH_4$; $P\text{-}PO_4$, P_{tot}) secondo Strickland & Parsons (1972); clorofeopigmenti secondo il metodo Lorenzen (1967) e Jeffrey & Humphrey (1975); composizione e densità specifica del fitoplancton secondo Hasle, 1978; fotosintesi e secrezione dei fotosintati mediante incubazione con C14 secondo Riemann et al. (1991), procedendo, poi, sia a conteggio della radioattività che ad effettuazione di preparati microscopici con colorazione PAS e Alcyan blu (Me Manus & Mowry, 1965) ed autoradiografia (Becciolini & Balzi, 1992).

3. RISULTATI

Sono stati raccolti vari campioni di materiale mucillagginoso, durante l'anno, che testimoniano il perdurare del fenomeno, anche se in modo molto meno vistoso rispetto al 1991, per quanto sempre più rilevante che nel 1990. Questa continuità, unita alla variazione di intensità, ci ha fatto pensare (Innamorati, 1992) che il fenomeno si sia potuto ripetere, per vari anni precedenti al '90, a livelli tali da poter passare inosservato in un primo tempo, e da non messere comunque riconosciuto come mucillaggini dai

fitobentonisti subacquei, in mancanza di un'analisi mirata.

I fatti nuovi più interessanti riguardano le differenze tra le condizioni all'interno e all'esterno delle mucillaggini rispetto: alla fotosintesi; al rapporto di composizione dei nutrienti nell'acqua; alla composizione dei popolamenti fitoplanctonici oltreché al rapporto N/P e alla sua variazione rispetto agli anni precedenti

.

3.1 Distribuzione spaziale e temporale

Le mucillaggini vengono da noi distinte in bentoniche, pelagiche e neustoniche a seconda che siano rispettivamente: adagiate o attaccate al fondo o su organismi bentonici; galleggianti nella colonna d'acqua; fluttuanti alla superficie. Tutte sono prodotte dal fitoplancton o dalle alghe filamentose che includono.

II fenomeno delle mucillaggini, che così larga diffusione ha avuto durante l'estate 1991, nel 1992 si è presentato con intensità diversa, pur mostrando, sostanzialmente, le stesse caratteristiche di composizione biologica e di distribuzione spaziale e temporale. Gli affioramenti neustonici nel Tirreno sono stati rarissimi.

Durante il 1992 si è riconfermato quanto osservato negli anni precedenti e cioè che, pur perdurando l'omogeneità delle caratteristiche fisiche e chimiche delle acque, influenzate unicamente da variazioni stagionali delle condizioni termo-aline e nutritizie, la distribuzione spaziale delle mucillaggini si è presentata del tutto discontinua: a chiazze le bentoniche, a banchi le pelagiche; sotto forma di aggregati micro e macroscopici, composti di particelle che intorbidano le acque, od ammassi di alcuni o svariati metri.

Un banco pelagico in genere non permane a lungo nello stesso luogo perché viene trasportato dalle correnti o si disaggrega, in conseguenza del mare mosso. Le cellule che si sono rivestite della loro secrezione mucillagginosa, cominciano ad aggregarsi formando i microaggregati pelagici durante l'estate e aumentano via via di numero, intorbidano le acque ed aderiscono alla reti da posta, rendendole soltanto viscide i primi giorni poi intasandole sempre di più e infine diminuiscono fino a scomparire e rendere l'acqua nuovamente limpida.

Coloro che hanno svolto osservazioni dirette (Diviacco, 1992; Cinelli, 1992; Sartoni & Sonni, 1992) ed i nostri subacquei che si sono occupati del campionamento (Buzzichelli, com. pers.; Papi, com., pers.; Castelli, com. pers.) sono concordi sul fatto che anche gli aggregati bentonici sono distribuiti a chiazze, nonostante che l'acqua e il substrato siano omogenei rispetto alla natura geologica, sedimentologica e biologica ed alle caratteristiche idrologiche e nutritizie, chimiche e fisiche. Le osservazioni nostre e degli Autori citati concordano sul fatto che la distribuzione discontinua è particolarmente evidente nella fase iniziale di invasione, come è il caso delle vegetazioni pioniere, mentre in altri luoghi ove il fenomeno è più avanzato, o l'anno successivo nello stesso luogo, l'invasione tende ad invadere una chiazza molto più grande e compatta. In seguito le mucillaggini possono scomparire del tutto, lasciando il fondale depauperato, con i resti degli organismi bentonici che ne erano stati ricoperti.

La distribuzione spaziale e temporale delle mucillaggini a causa della sua peculiare discontinuità non si presenta correlata con le condizioni ambientali chimiche e fisiche e non sembra, quindi, che queste possano essere la causa della loro origine.

3.2. I popolamenti fitoplanctonici

Le analisi compiute hanno consentito di controllare, durante i primi 7 mesi dell'anno, l'evoluzione della densità specifica delle popolazioni algali nelle due diverse stazioni. Sul dettaglio dei risultati verrà riferito in altra sede. In tutti i campioni esaminati risulta evidente che il popolamento all'interno delle mucillaggini è sempre differente da quello dell'acqua circostante.

Già nell'estate del 1991, avevamo evidenziato (Innamorati et al., 1993) come la composizione del popolamento fitoplanctonico all'interno delle mucillaggini, sia bentoniche che pelagiche, fosse nettamente diversa da quella riscontrata nelle acque circostanti: mentre all'interno si aveva una cenosi fortemente dominata dalle Bacillarioficee, appartenenti soprattutto al genere *Nitzschia (N. delicatissima, N. closterium),* nell'acqua circostante ve ne era una di tipo misto, caratterizzata dalla presenza costante di Dinoficee *(Gymnodinium),* Primnesioficee *(Emiliania huxleyi)* e vari altri tipi cellulari di piccole dimensioni (3-8 µm), spesso muniti di flagelli. Queste differenze tra popolamenti interni ed esterni si sono regolarmente ripresentate in tutti i campioni del 1992 (Fig. 1).

Il confronto fra le mucillaggini pelagiche (Isola di Procida 1991 e 1992) e le bentoniche, ha rivelato l'esistenza di una certa congruenza tra questi popolamenti e le loro condizioni ambientali. Infatti, nei primi dominano specie ad habitus pelagico *(Leptocylindrus* e *Chaetoceros,* oltre a *Nitzschia),* mentre negli altri, pur predominando sempre *Nitzschia,* vi sono presenti in buona quantità i generi bentonici *Licmophora, Amphora, Grammatophora, ecc..*

Durante la campagna del 1992, abbiamo avuto conferma di questi risultati, potendo, inoltre, acquisire anche dati in maggiore quantità ed iniziare a seguire il fenomeno non appena questo si è presentato.

Innanzi tutto, è interessante notare come i generi maggiormente presenti nei campioni raccolti a distanza di un anno, in periodi diversi ed in luoghi non sempre coincidenti (1991, Capo d'Uomo d'Argentario, Formiche di Grosseto, Isola di Montecristo nell'agosto e Isola di Procida nel settembre; 1992: Punta Ala e Isola del Giglio in maggio, Formiche di Grosseto a luglio, Isola di Montecristo ad agosto ed Isola di Procida a settembre), siano sempre stati gli stessi: ^[^ [Bacillarioficee dei generi *Nitzschia, Leptocylindrus, Grammatophora, Licmophora, Amphora, Tabellaria.* Questa costante uniformità, ancora maggiore se si confrontano i campioni di mucillaggine di uguale habitat, pelagiche e bentoniche del '91 rispettivamente con pelagiche e bentoniche del '92, sembrerebbe indicare una autonomia ed imperturbabilità del "microcosmo" mucillagginoso, rispetto alle variazioni circostanti.

Se poi si prende in considerazione la densità cellulare dei popolamenti interni ed esterni, si vede come i valori riscontrati si differenzino, in genere, di due ordini di grandezza:

- le cellule fitoplanctoniche che sono libere nell'acqua raggiungono raramente concentrazioni di oltre 10^5 cell/dm^3, mantenendosi, per quasi tutto l'anno, su valori di alcune decine di migliaia;
- al contrario, i popolamenti interni alle mucillaggini evidenziano una notevole densità

cellulare, trattandosi di svariati milioni di cell/dm^3, riuscendo ad arrivare fino ad alcune centinaia di milioni (6 10^8 cell/dm^3 il 17 settembre 1992 presso l'Isola di Procida: mucillaggini pelagiche).

Questo fatto coincide ancora una volta, con quanto osservato durante il 1991, sia per l'entità dei valori massimi che per le differenze tra i due tipi di popolamento: si può notare come (Fig.l), in entrambi gli anni, si siano trovate le maggiori densità cellulari negli aggregati mucillagginosi pelagici campionati nel mare dell'Isola di Procida.

Ultimo aspetto che risulta interessante, nel caso della composizione specifica, è quello relativo alla costante presenza delle macroalghe filamentose nei popolamenti di mucillaggine bentonica. Questo ritrovamento, che era stato già fatto nel 1990 e nel 1991 (Innamorati et al., 1992), era stato considerato come uno dei fatti più salienti rispetto a quanto si era scritto sulla composizione specifica delle mucillaggini adriatiche, le uniche fino ad allora osservate. I filamenti sono stati riconosciuti (Sartoni & Sonni, 1992) appartenere ai generi *Tribonema* ed *Acinetospora,* e costituiscono un fitto intreccio che è immerso nella secrezione mucosa insieme alle cellule fitoplanctoniche.

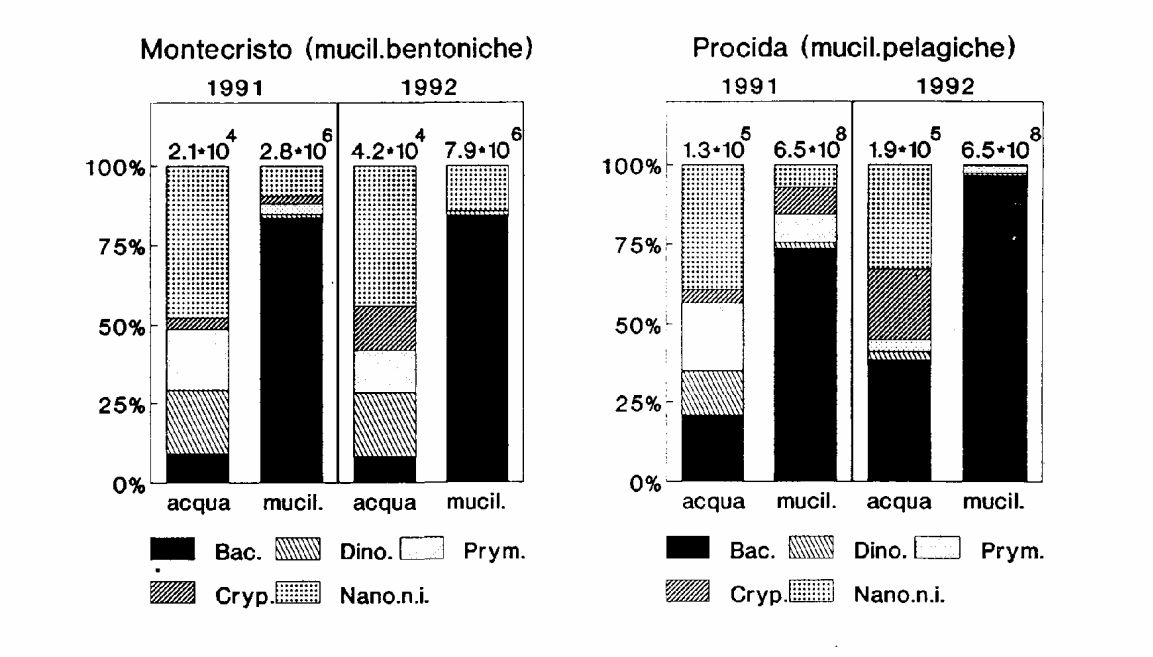


Fig.1 - Densità relativa delle classi fitoplanctoniche nel popolamento medio della colonna d'acqua ed interno agli aggregati mucillagginosi a Procida e a Montecristo, nell'estate del 1991 e del 1992. Sono stati inseriti anche i valori della densità cellulare totale (cell/dm^3).

3.3. Produzione primaria

La stima della produzione all'interno delle mucillaggini presenta notevoli difficoltà. Il campionamento comporta una grande variabilità a causa della differenza di densità della sostanza campionata e della variabilità del volume d'acqua che viene preso insieme. Ciò nonostante la misura fornisce l'ordine di grandezza della differenza tra le

condizioni interne alle mucillaggini e quelle della colonna d'acqua circostante. La Tab. 1 conferma quanto già dimostrato con i preparati autoradiografici (Innamorati et al., 1992), cioè che un certo numero di cellule nelle mucillaggini sono ancora fotosinteticamente attive, ma chiarisce che la biomassa attiva nelle mucillaggini è molto minore di quella libera nell'acqua. Ciò è dimostrato dalla fotosintesi per unità di clorofilla, o di cellula, e dallo scarso numero di cellule radioattive nelle autoradiografie e ci porta a considerare che il popolamento interno sia sostanzialmente vecchio.

TAB I - Biomassa, produzione, produttività e contenuto in clorofilla delle cellule libere nell'acqua e interne alle mucillaggini. Campagna 1992 (chl = clorofeopigmenti).

CARATTERISTICHE DELLE CENOSI		FORMICHE		MONTECRISTO		PROCIDA	
		acqua	muci.	acqua	muci.	acqua	muci.
clorofilla	mg/m^3	0.075	33.87	0.047	11.09	0.182	510
cellule	$cell/dm^3$	$1 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^8$
chl/cellula	pg/cell	0.72	1.30	0.59	1.42	0.96	0.79
feofitina/clorofilla	%	≈ 0	56	≈ 0	18	≈ 0	32
C assimilato	mg/m^3 h	0.46	48.3	0.13	14.3	0.79	173
n°assimilazione: C/chl	1/h	6.13	1.43	2.82	1.29	4.30	0.34
C/cellula	pg/cell h	4.40	1.86	1.66	1.80	4.20	0.27

Inoltre, se si osservano gli aggregati al microscopio, si nota un fittissimo popolamento batterico, infatti l'attività batterica di degradazione è molto intensa (Fig.2) e le mucillaggini pelagiche dopo poco tempo dal campionamento emanano un caratteristico fetore.

Le autoradiografie riconfermano quanto già dimostrato, che la sostanza mucillagginosa che include le cellule deriva dalla loro fotosintesi, che è pur sempre attiva anche durante l'estate. Le cellule secernono i prodotti della fotosintesi, questi circondano la parete cellulare in una sorta di guaina, di cui sono ben note le funzioni antibiotiche e meccaniche di difesa, di movimento per scivolamento su di essa (organismi epifitici, epipsammici ed epilitici) e di galleggiamento, come accade normalmente per molte specie algali, in particolare Diatomee.

3.4.Lo stato trofico

Gli aggregati di mucillaggine mantengono al loro interno una vasta flora algale,

che deve trovare il nutrimento necessario al proprio sostentamento ed alla produzione della mucillaggine di cui si circonda.

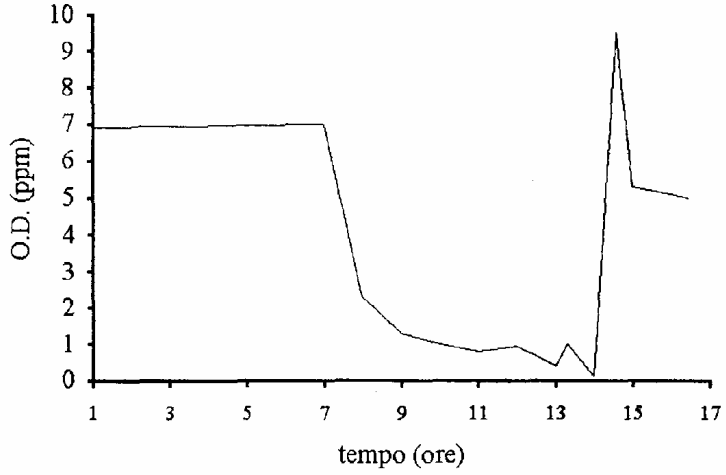


Fig. 2 - Andamento temporale della concentrazione (ppm) di ossigeno disciolto (O.D.) all'interno degli aggregati di mucillaggine pelagica campionati a Procida nel Settembre 1991. Prima di 7 ed a 14 ore l'ossigenazione è artificiale.

La concentrazione di sostanze nutritive nelle acque oligotrofiche del Tirreno consente il sostentamento di una piccola densità di biomassa fitoplanctonica e, quando si osserva un arricchimento nutritizio, la risposta proliferativa non si fa attendere, ma non raggiunge mai i livelli dei popolamenti mucillagginosi.

La fertilizzazione delle acque superficiali (0-50 m) verificatasi a febbraio, è coincisa con un periodo a forte instabilità termoalina della colonna d'acqua, lungo la quale sembrano formarsi corpi lenticolari di acque a diversa densità. Allo stato attuale della elaborazione dei dati, non è stato determinato se tale apporto nutritivo, evidenziato soprattutto sottocosta (st.l), sia dovuto alla risalita delle acque intermedie di origine levantina o ad apporti di provenienza tellurica per dilavamento o per immissioni antropiche in mare.

Nell'acqua il rapporto N/P (N come NO_3+NO_2, P come PO_4) relativo al periodo gennaio-luglio 1992, è decisamente superiore a 16; N = 37 P nella st. 2; N = 46 P nella st. 1. Ciò conferma la situazione già riscontrata con due campagne svolte nell'Arcipelago Toscano nel maggio e nel settembre 1991 (Innamorati et al., 1992), di fosforocarenza (Fig.3).

Questo costituisce una novità per il bacino dell'Alto Tirreno, nel quale il rapporto N/P, nel decennio 1979-89 (Innamorati & Giovanardi, 1992), è stato sempre molto al di sotto di 16 (N = 4.26 P, come media annuale per lo strato O-50 m), indicando chiaramente una carenza di azoto. Anche nel 1990 la situazione era rimasta immutata (N = 8.19 P), mentre già l'anno successivo il rapporto si era invertito (N = 35.75 P nel maggio e N = 43.07 P nel settembre).

La fosforocarenza è invece, dagli anni '60, una condizione cronica dell'Adriatico Settentrionale (N = 30÷50 P) dove è collegata all'eutrofizzazione antropogenica, non può quindi essere considerata causa comune delle mucillaggini che si sono avute anche in

epoca preindustriale - mare sporco. Inoltre le acque tirreniche sono tuttora e da sempre oligotrofiche e l'attuale P-carenza non può certo essere legata ad eutrofizzazione come non può esserlo la presenza di mucillaggini a Montecristo, che non è certo influenzata da attività antropiche.

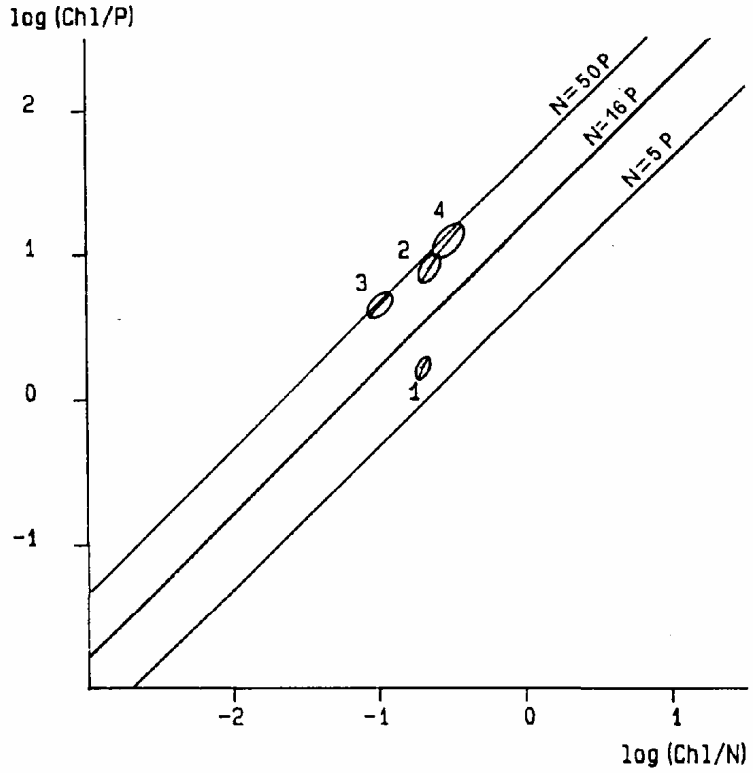


Fig. 3 - Ellissi di confidenza (0.05 P) delle medie della distribuzione dei log (Chl/P) = f (log(Chl/N)) delle campagne effettuate nel giugno 1990 (1), maggio 1991 (2), settembre 1991 (3) e gennaio-luglio 1992 (4) nelle acque dell'Alto Tirreno.

4. CONCLUSIONI

Questi risultati hanno permesso in primo luogo di riconfermare, in base ad un maggiore numero di dati su più stazioni e profondità, quelli già ottenuti nel 1991 e resi noti (Innamorati 1992, Innamorati et al. 1993), che una frazione delle cellule incluse nella mucillaggine sono, in estate, ancora attive produttrici di questa e che la densità e la struttura dei popolamenti intemi sono di tipo primaverile a predominanza di diatonmee e quelli liberi nell'acqua sono tipici di una cenosi estiva.

La serie temporale di campionamenti non ha permesso di chiarire se il popolamento primaverile possa essere considerato lo stesso di quello incluso nelle mucillaggini, perché nelle due stazioni non si è avuta comparsa di mucillaggini come sperato. Tuttavia anche se la biomassa e la produzione nelle mucillaggini sono

elevatissime rispetto all'esterno, se si considerano gli indici di produttività, si nota che all'esterno le singole cellule, o l'unità di biomassa, sono molto più attive di alcuni ordini di grandezza. La qualcosa, unita alla maggiore proporzione di feofitina rispetto ai clorofeopigmenti, illustra che la fitocenosi nelle mucillaggini è vecchia e rafforza l'idea di una sua origine in una fase precedente a quella estiva. L'inefficienza può essere certo anche collegata alla elevata attività batterica interna.

Infine appare chiaro che nelle acque tirreniche nel 1991 e 1992 il rapporto N/P è aumentato da circa 5 a circa 50 rispetto ai valori da noi rilevati tutti gli anni e per più stagioni dal 1982 al 1990. Il senso di tale aumento è quello di un incremento dell'azoto di quasi 4 volte ed una diminuzione del P di quasi 2 volte. Non altrettanto chiaro risulta il significato di tale variazione che si presenta collegata alla presenza delle mucillaggini, ma non certamente come causa e difficile è dire se come effetto.

La distribuzione spaziale e temporale, sia nelle mucillaggini pelagiche che bentoniche, riconferma la caratteristica discontinuità che contrasta con quella continua dei fattori ambientali fisici e chimici nell'acqua e ripropone, insieme con l'intensa attività batterica che contengono, la ricerca verso cause di tipo biologico, che la iperproduzione mucopolisaccaridica ripropone come patogene.

Un'ultima considerazione la ripropone, per la prospettiva, l'etimo di "brommo", che è sostanza maleodorante come lo è il Br. Questo è stato chiamato così scientificamente non solo per essere tale, ma perché "brommo" venivano chiamate nelle saline marine le acque madri dalle quali il Br viene estratto, che sono appunto piene di "brommo": al punto che dovremo anche indagare la relazione tra Br e "brommo".

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la collaborazione la SOPROMAR, la Squadriglia della VIII Legione della Guardia di Finanza di stanza a Porto Santo Stefano e il pescatore Salvatore Gentile di Procida che ci hanno messo a disposizione rispettivamente il motoscafo Altair, il guarda coste Arcioni, ed un gozzo da pesca.

Tutti si ringraziano per la prontezza e la professionalità degli equipaggi.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. 1992. La crisi del mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali. *Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica,* quad. 9: 88 pp.

Becciolini, A. & M. Balzi. 1992. I parametri di cinetica cellulare e la determinazione della "labelling index" nei tessuti umani: *E.Bombardieri et al., Clas International,* Brescia: 35-56.

Cinelli, F. 1992. Il "caso" Argentarola. In: La crisi del Mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali. *Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica,* quad. 9:33-36.

Diviacco, G. 1992. Aggregati gelatinosi in Mar Tirreno durante l'estate 1991: indagini sulla presenza e sull'evoluzione del fenomeno. In: La crisi del

Mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali. *Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica,* quad. 9: 19-31.

Franceschini, F. 1992. Conclusioni. In: La crisi del Mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali. *Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica,* quad. 9: 85-88.

Hasle, G.R. 1978. Settling. The inverted microscope method. In: Sournia A., *Phytoplankton Manual,* UNESCO.

Innamorati, M. 1991. Primi risultati ottenuti dai sopralluoghi in mare per il rilevamento della presenza delle cosidette mucillaggini nell'Alto Tirreno Toscano. Università di Firenze: 1-37.

Innamorati, M. 1992. Mucillaggini e fitoplancton. In: La crisi del Mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali, *Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica,* quad. 9: 61-80.

Innamorati, M. & F. Giovanardi. 1992. Interrelationship between phytoplankton biomass and nutrients in the eutrophicated areas of the North-Western Adriatic Sea. *Science of the Total Environment. Suppl. 1992, Elsevier Science Publ. B.V.,* Amsterdam: 235-250.

Innamorati, M., L. Lazzara, C. Nuccio, G. Mori, L. Massi & V. Chierici. 1990. Il fitoplancton dell'Alto Tirreno: condizioni trofiche e produttive. *Atti 9° Congr. AIOL,* S. Margherita Ligure: 199-205.

Innamorati, M., E. Raddi, S. Buzzichelli, A. Melley & M. Balzi. 1993. Le mucillaggini nel Mar Tirreno. Biologia Marina Suppl. Notiz. S.I.B.M. 1, 23/26, *Atti XXIII° Congr. SIBM,* Ravenna: (6/92) 8-12.

Jeffrey, S.W. & G.F. Humphrey. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll *a, b, e* and *c2* in algae, phytoplankton and higher plants. *Biochem. Physiol. Plant.* 167: 191-194.

Lorenzen, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equation. *Limnol. Oceanogr.* 12 (2): 343-346.

McManus, J.F.A. & R.W. Mowry. 1965. Staining methods. Histologic and Histochemical. *Hoeber Medical Division, Harper & Row Publ.,* New York: 63-64.

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia. 1989. Gli episodi di "mare sporco" nell'Adriatico dal 1729 ai giorni nostri. A cura di Fonda Umani S., E. Ghirardelli, M. Specchi. *Uff. Stampa e Pubbliche relazioni della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia,* Trieste. I-VIII: 1-178.

Riemann, B. & L. Moller Jensen. 1991. Measurement of primary production by means of acidification and bubbling method. *J. Plankton Res.* 13: 853-862.

Sartoni, G. & C. Sonni. 1992. *Trybonema marinum* J. Feldmann e *Acinetospora crinita* (Carmichael) Sauvageou nelle formazioni mucillagginose bentoniche osservato sulle coste toscane nell'estate 1991. In: La crisi del Mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali. *Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica,* Quaderno 9: 37-46.

Stachowitsch, M., N. Fanuko & M. Richter. 1990. Mucus aggregates in the Adriatic Sea: an overview of stages and occurrences. *Mar. Ecol.* 11 (4): 327-350.

Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analyses. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 167: 49-90.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 525 a pag. 527

SEDIMENT DIAGENESIS AND ITS EFFECT ON NUTRIENT CYCLING IN NW ADRIATIC SEA

Paola GIORDANI*, Douglas E. HAMMOND**, William M. BERELSON**,
Roberto POLETTI***, Ernesto RABBI**** e Federico LUCCHINI*****

* Istituto per la Geologia Marina del C.N.R., Bologna
** Department of Geological Sciences, University of Southern California
Los Angeles, U.S.A.
*** Centro Studi e Ricerche di Biologia Marina, Cesenatico
**** Dipartimento di Discipline Geografiche e Geologico-Ambientali,
Università di Bologna
***** Dipartimento di Mineralogia, Università di Bologna

RIASSUNTO

Il contributo dei sedimenti al bilancio trofico nelle acque dell'Adriatico nord-occidentale è stato valutato da misure sperimentali di flussi all'interfaccia acqua-sedimento delle specie ioniche degli elementi nutritivi (nitrati, ammoniaca, fosfati, silice reattiva, alcalinità). Tali misure sono state eseguite mediante l'uso di camere bentiche nel corso di due campagne estive eseguite nel 1982 e nel 1988. Le concentrazioni delle stesse specie sono state determinate nelle acque interstiziali di carote prelevate nelle stazioni di misura per studiare la stechiometria delle reazioni diagenetiche. a tale scopo è stato applicato un modello di trasporto per diffusione, assumendo che la sostanza organica di origine marina conservi il rapporto C/N di Redfield nel corso delle reazioni di degradazione e che il numero di ossidazione del carbonio nella stessa sia zero. Le deviazioni dei risultati ottenuti dai dati sperimentali rispetto ai calcoli teorici possono essere attribuiti a processi intermedi di interazione solido-soluzione e/o ad una diversa composizione della sostanza organica.

The contribution of sediment diagenetic efficiency in releasing nutrients to the overlying water has to be assessed in order to estimate their budget, which is a crucial point for a shallow marine System yearly subjected to dystrophic problems, like the North Western Adriatic sea.

From an earlier study, mainly based on measurements of experimental benthic flux and pore water concentration gradients of nutrients (C, N, P and Si) and 222 Rn (Hammond et al., 1984; Giordani & Hammond, 1985), higher fluxes resulted at sites characterized by finer grained sediments, on the sediment belt paralleling the coast from the Po river delta southward.

In the course of a further investigation (Giordani et al., 1992) measurements were carried out at six stations selected as representative of different sedimentological regimes.

Pore waters from five cores were analized for ammonia, nitrate, phosphate, silica, iron, calcium concentrations and alkalinity; solid phase organic carbon, total nitrogen, sulfur and biogenic silica contents were determined according to the methods reported in

Giordani et al. (1992).

Two cores out of the five examined seemed to nicely match limit conditions typical of the System: the former was from station 6, in the nothern section, just below the Po river outflow, characterized by high sediment accumulation rate, very low oxygen penetration depth, little or no bioturbation. The latter was from station 2, offshore of Cesenatico, below highly productive waters, showing moderate sediment accumulation rate, deeper oxygen penetration and higher bioturbation.

The relative fluxes of alkalinity, oxygen, TCO_2 and ammonia measured using chambers and the solid phase sulfur burial fluxes were used to assess the carbon and oxygen budgets at the two stations and the relative contribution of each reaction involving carbon oxidation. According to these calculations, about 80 % of TCO_2 production in the northern station and 95 % in the southern station could be ascribed to organic matter oxidation by oxygen as the final electron ecceptor, whilst sulphate reduction and ammonia production contribute to a greater extent in the northern site.

Plots of relative changes in pore water composition from bottom water were used to estimate the stoichiometry of diagenetic reactions using a diffusion transport model. The assumptions were: I) degrading organic matter of marine origin has the Redfield C/N rado of about 7; 2) the oxidation state of reactive organic carbon is zero.

Stoichiometry of suboxic reactions involving sulfate and iron reduction, which normally occur in coastal marine sediments (Jorgensen, 1982), inplies Alk/TCO_2 ratios which are about 25 % higher than those calculated from our experimental data. This can be tentatively explained by the simultaneous occurrence of other reactions, like the exchange for iron of clay adsorbed Mg^{2+} and subsequent pyrite precipitation or oxidation of sulfides by oxygen from irrigation by burrowing organisms. These reactions are however difficult to prove, because of the too low precision of the available analytical methods.

A third possibility is that the oxidation state of carbon in part of degrading organic matter is higher than 0 (Westrich and Berner, 1984).

Flux and pore water data were finally used to estimate the C/N ratios in degrading material, which turned out to be 4 - 8 at different sites, below the oxygen penetration depth. The occurrence of denitrification could explain the 50 % higher values resulting from flux measurements, in the bottom waters.

As a conclusive remark, sediment accumulation rate, together with macrophaunal irrigation, turn out to clearly affect burial efficiency and pore water chemistry even though experimental fluxes result very similar at the different sites.

More data on a seasonal time scale and wider study area are now in progress within a EEC/STEP project involving the C.N.R./I.G.M. Institute and a Dutch group from NIOZ (Netherland Institute of Sea Research - Texel). The investigations are being carried out by the use of different benthic chambers and by another instrument hearing electrodes for measuring in-situ oxygen profiles. Both benthic chambers and oxygen profiler are welded to benthic landers, which have been built for deployments in the deep ocean. Preliminary results have been summarized (Giordani et al.,1992) and will be discussed in forthcoming papers.

REFERENCES

Giordani, P. & D.E. Hammond. 1985. Techniques for measuring benthic fluxes of 222 Rn and nutrients in coastal waters. *CNR/IGM Techn. Rep.* n.20, 3: 3pp.

Giordani, P., D.E. Hammond, W.M. Berelson, G. Montanari, R. Poletti, A. Milandri, M. Frignani, L. Langone, M. Ravaioli, G. Rovatti & E. Rabbi. 1992. Benthic fluxes and nutrient budgets for sediments in the Northern Adriatic sea: burial an recycling efficiencies. *Sci. Tot. Environ. Suppl.:* 251-275.

Giordani, P., W. Helder, T. Tahey & De P.J.A. Wilde. 1992. Benthic respiration in the Adriatic Sea and its effects on nutrient exchange at the sediment-water interface *Rapp. Verb. CIESM,* 33: 345.

Hammond, D.E., P. Giordani, G. Montanari, A. Rinaldi, R. Poletti, G. Rovatti, M. Astorri & M. Ravaioli. 1984. Benthic flux measurements in NW Adriatic coastal waters. *Mem. Soc. Geol. It.,* 27: 461-467.

Jorgensen, B.B. 1982. Mineralization of organic matter in the sea bed - the role of sulfate reduction. *Nature,* 296, 643-645.

Westrich, J.T. & R.A. Berner. 1984. The role of sedimentary organic matter in bacterial sulfate reduction: the G model tested. *Limnol. Oceanogr.* 29: 236-249.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 529 a pag. 542

A ONE-YEAR STUDY OF A SANDY BOTTOM COMMUN1TY: SEASONAL FLUCTUATIONS COMPARED TO A PREVIOUS SAMPLING PERIOD

Giancarlo ALBERTELLI*, Mariachiara CHIANTORE** and Simonetta FRASCHETTI**

*Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina, Università di Messina
**Istituto di Scienze Ambientali Marine, Università di Genova

RIASSUNTO

Una comunità macrobentonica di fondo mobile (10 metri, Zoagli, Italia) è stata campionata mensilmente dal Marzo 1990 al Febbraio 1991 con l'utilizzo di una sorbona. Sono state analizzate la tessitura del sedimento, la sostanza organica totale, la clorofilla-a (colonna d'acqua e sedimento). Le variazioni strutturali della comunità macrobentonica sono state valutate applicando tecniche di analisi univariata e multivariata. I risultati ottenuti sono stati confrontati con un precedente studio (1983/84). La differenza più importante sembra essere determinata dalla diversa densità del bivalve sospensivoro *Spisula subtruncata* (da Costa), il cui reclutamento non è stato osservato nel secondo periodo di studio, probabilmente a causa di un limitato bloom fitoplanctonico.

SUMMARY

A sandy-bottom community (10 meters depth, Zoagli, Italy) was sampled monthly between March 1990 and February 1991, using a suction device. The sediment texture, the total sediment organic matter and the chl-a content (water column and sediment) were also considered. The structural variations of the macrofaunal community were reported. Univariate and multivariate statistical techniques were applied. Results were compared with a previous sampling-period (1983/84). The main difference is related to the different abundance of the suspension-feeder bivalve *Spisula subtruncata* (da Costa), whose recruitment did not take place in the second year of observation, the failure being related to a poor planktonic development.

1 INTRODUCTION

It is already well known that sandy bottom macrobenthic communities are characterized by wide seasonal fluctuations both in number of species and of individuals (Atkins, 1983; Persson, 1983; Nichols, 1985, Blomquist & Bonsdorff, 1986; López-

Jamar et al., 1986; Ambrogi et al., 1990). Recently, these fluctuations have been studied in terms of population dynamics, mainly of the dominant species (Buchanan et al., 1978) whose recruitment is often the most important biological Factor affecting the community structure and its persistence in time (Cattaneo & Massé, 1983; Albertelli et al., present volume).

Our purpose is to analyse data from two different years of study to evaluate which differences, if any, exist in the community structure, particularly in terms of the relative importance of the different species in determining annual and seasonal fluctuations.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1. Sampling

The selected station, 10 meters deep, is an inshore site characterized by well-sorted fine sand (Albertelli et al., present volume).

The first sampling period was from September 1983 to August 1984. The second one from March 1990 to February 1991.

Samples were collected using a suction device; five to ten replicate samples (0.1 m^2 each) were collected each time (the results were all reported per square meter). Samples were washed through a 1 mm mesh size.

Particle size was determined by using dry sieve technique and the sediment organic content, expressed as percentage, was measured as ignition loss at 450°C for 4 hours. For details relative to chlorophyll-a analysis see Albertelli & Fabiano (1990) and Tufano (1991).

2.2. Data analysis

Diversity of the community was measured using H' (Shannon & Weaver, 1963) index; evenness J was expressed as Pielou index (Pielou, 1966).

The Bray Curtis similarity measure (Bray & Curtis, 1957) was calculated from transformed data $y_{ji} = \log (x_{ji} + 1)$, in order to balance contribution of rare vs abundant species. The contribute of rare species (< 3%) was not taken into account since they are considered less informative in determining regular patterns.

Classification was performed on all similarity matrices using the Average Linkage clustering technique. Ordination techniques (MDS: Multidimensional scaling) were applied to map the results derived from the classification. The contribution of individual species to the similarity measure was also performed. R-mode analysis was used in order to define the species contribution to average similarity within site-group and between site-groups derived from cluster analysis.

Classification, ordination and R-mode analysis were performed using the programme PRIMER of the Plymouth Marine Laboratory.

3. RESULTS

3.1. Environmental data

The environmental data are summarized in table

Tab. 1. Environmental data relative to the two sampling periods.

ENVIRONMENTAL PARAMETRES	1990 - 1991		1983 - 1984	
	min	max	min	max
Temperature (°C):	13 (Feb 1991)	25 (Aug 1990)		
Secchi disk (m):	6 (Feb 1991)	12 (Jul 1990)	6 (Apr-Jun 1984)	11 (Aug 1984)
Sediment composition O> 0.063 mm	99.7 %		98 %	
Total suspended matter (mg/l)	2.75 (Jan 1991)	13.45 (Nov 1990)	0.53 (Jul 1984)	9.98 (Apr 1984)
Sediment organic matter (% DW):	1.00 (Mar 1990)	3.1 (Oct 1990)	=	=
Chlorophyll-a water column (ug/l)	0.21 (Dec 1990)	2.07 (Feb 1991)	0.35 (Oct 1983)	1.15 (Apr 1984)
Chlorophyll-a sediment (0-2 cm) (ug/gDW)	0.208 (May 1990)	1.403 (Feb 1991)	=	=

3.2. Data obtained during the period 1983/84

191 species and 4986 individuate were collected in total. Polychaetes were the best represented taxon, both in species (47.6%) and number of individuate (42.2%), followed by crustaceans (26.7%; 20.9%), molluscs (17.8%; 27.2%) and echinoderms (2.1%; 7.3%) (tab.2).

Tab. 2. Individual and species number of the different taxa expressed as annual average and as percentage

TAXA	N° ind/m^2		Tot N° sp		N° ind %		N° sp %	
	83/84	90/91	83/84	90/91	83/84	90/91	83/84	90/91
Polychaetes	175.4	100.9	21.7	19.4	42.2	41.9	47.6	39.9
Crustaceans	86.8	85.6	12.7	15.9	20.9	35.5	26.7	32.7
Molluscs	113.1	28.3	8.0	7.6	27.2	11.8	17.8	19.0
Echinoderms	30.5	14.8	2.3	2.1	7.3	6.1	2.1	3.3
Others	9.8	11.2	2.4	2.7	2.3	4.7	5.8	5.2

The temporal variations in total abundance of the different taxa are shown in fig. 1. Strong seasonal fluctuations were found: number of individuate per square meter varied from 83 to 1535 (annual average = 415 ind/m^2; spring-summer average = 669; fall-winter average = 161).

The seasonal variations in species richness were quite similar to those of abundances (fig. 1).

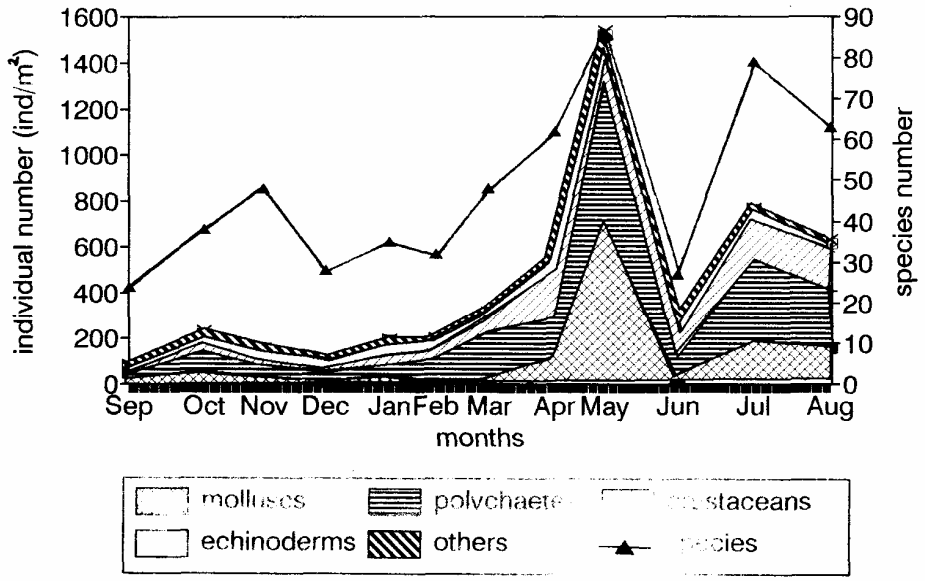


Fig.1. Cumulative abundance (ind/m^2) and species number fluctuations in the period 1983/84.

Shannon-Weaver index ranged from 3.73 (April) to 4.82 (November), while evenness ranged between 0.60 (May) and 0.88 (December) (fig 2)

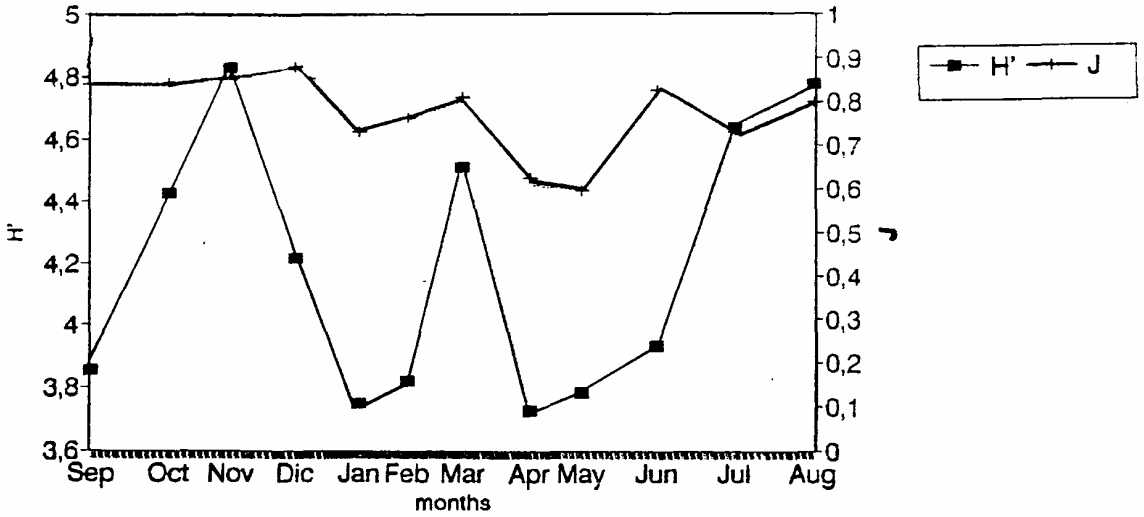


Fig. 2. Shannon-Weaver diversity (H') and Pielou evenness (J) fluctuations in the period 1983/84.

The results of classification analysis are shown as dendrogram in fig. 3. The dimensions of the new matrix of transformed data without the rare species was 35x12. The dendrogram separated two different groups: one represented by the months of April, May, July and August (72% similarity level), the other one which is represented by two "sub-groups": one represented by October, November and March (73% similarity level),

the other one by January and February (78% similarity level). The months of June and September, both characterized by very low densities and species richness, were isolated from all the other months.

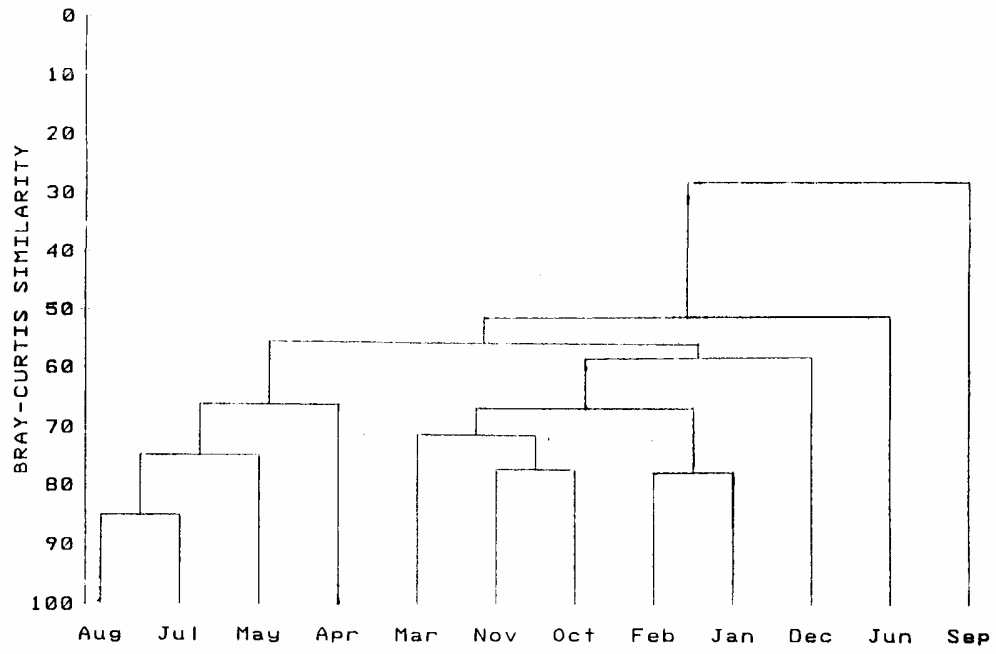


Fig. 3. Samples similarity dendrogram relative to the period 1983/84.

The areal presentation derived from MDS (fig. 4) confirmed both the separation, at 55% Bray-Curtis similarity level (two dimensional stress = 0.106), between the summer and the winter structure and the isolation of June and September (the latter not represented in the plot).

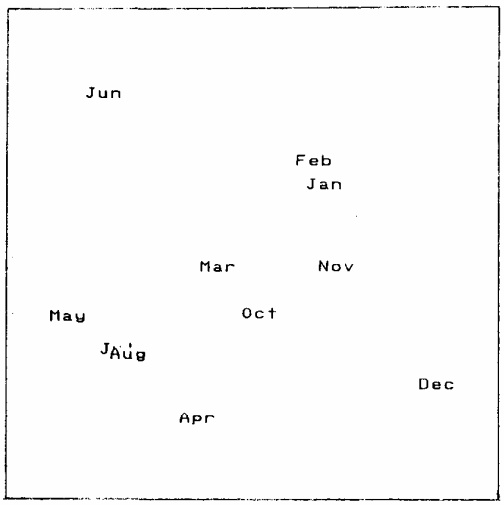


Fig. 4. Non-metric multi-dimensional scaling (MDS) plot in two dimensions relative to the period 1983/84.

R-mode analysis of the data matrix showed the relative importance of the different species in determining the seasonal pattern (tab.3).

3.3. Data obtained during the period 1990/91

153 species and 2167 individuate were collected in total. Polychaetes were the best represented taxon, both in species (39.9%) and individual numbers (41.9%), followed by crustaceans (32.7%; 35.5%), molluscs (19.0%; 11.8%) and echinoderms (3.3%; 6.1%) (tab.2).

The temporal variations in total individual number of the different taxa are shown in fig. 5. Seasonal fluctuations were found: number of individuate per square meter varied from 106 to 337 (annual average = 241 ind/m^2; spring-summer average = 267; fall-winter average = 208).

The seasonal variations in species number were quite similar to those of abundances (fig. 5).

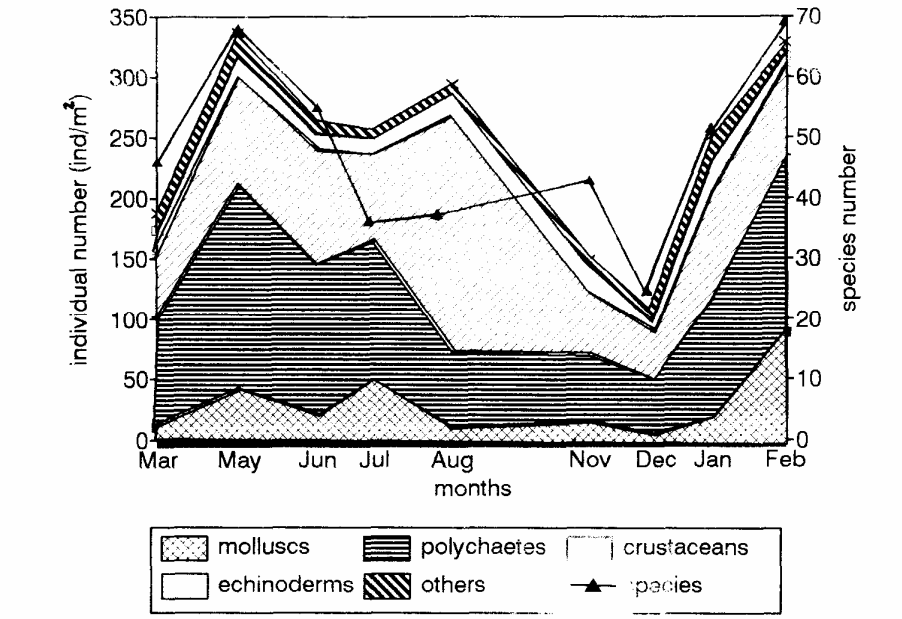


Fig. 5. Cumulative abundance (ind/m^2) and species number fluctuations in the period 1990/91.

Shannon-Weaver index ranged from 3.90 (August) to 5.24 (May), while evenness ranged between 0.75 (August) and 0.92 (March) (fig. 6).

The results of classification analysis are shown as dendrogram in fig. 7. The dimensions of the new matrix of transformed data without the rare species was 35x12. The dendrogram separated two different groups: one represented by the months of March, May, June and July (64% similarity level), the other one which is represented by November, January and February (66% similarity level). The months of August and December, both characterized by lower densities and species richness, were isolated from all the other months.

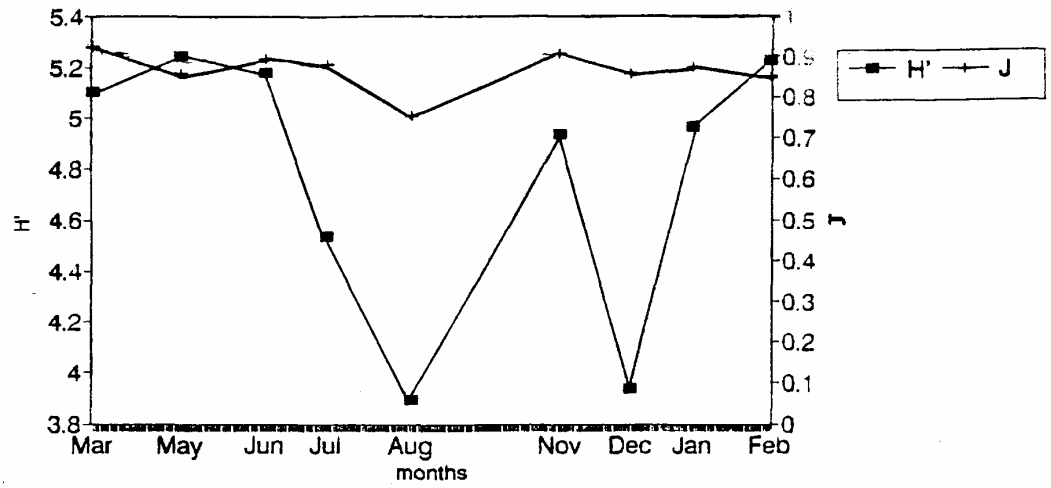


Fig. 6. Shannon-Weaver diversity (H') and Pielou evenness (J) fluctuations in the period 1990/91.

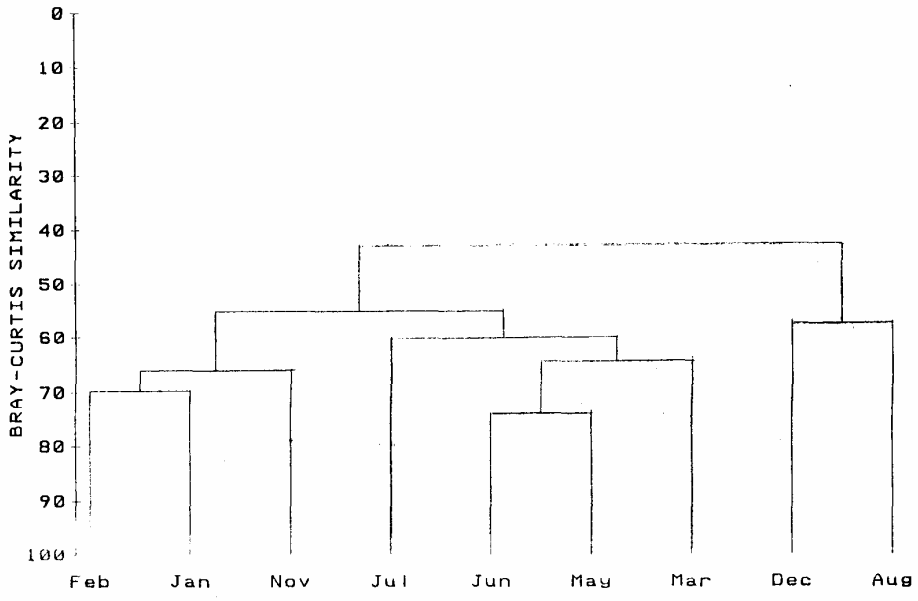


Fig. 7. Samples similarity dendrogram relative to the period 1990/91

The areal presentation derived from MDS (fig. 8) confirmed both the separation, at 57% Bray-Curtis similarity level (two dimensional stress = 0.049), between the summer and the winter structure and the separation of August and December.

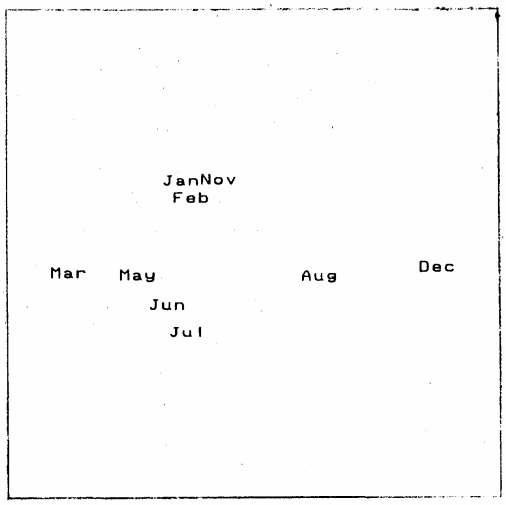


Fig. 8. Non-metric multi-dimensional scaling (MDS) plot in two dimensions relative to the period 1990/91.

R-mode analysis of the data matrix showed the relative importance of the different species in determining the seasonal pattern (tab. 3).

Tab. 3. Average seasonal abundances of discriminating species in the two sampling periods and percent contribution to average dissimilarity between seasons and different sampling periods.

DISCRIMINATING SPECIES	1983-84			1990-91			Comparison		
	average abundance winter	summer	dissimilarity percent %	average abundance winter	summer	dissimilarity percent %	average abundance 1983-84	1990-91	dissimilarity percent %
1 *Spisula subtruncata*	1.00	227.00	9.93	1.43	13.88	5.18	91.40	8.55	4.03
2 *Owenia fusiformis*	0.00	37.00	6.66						
3 *Mysidacea*				21.00	2.25	6.54	1.40	10.33	3.04
4 *Chone cf filicaudata*				0.00	14.00	6.44			
5 *Spio decoratus*	1.67	9.75	4.30	0.00	8.54	5.42			
6 *Lembos spiniventris*	0.00	32.75	5.26						
7 *Acrocnida brachiata*	29.50	14.75	4.24				23.60	11.57	2.99
8 *Urothoe poseidonis*							10.60	0.41	3.75
9 *Montacuta ferruginosa*							11.30	0.56	3.54
10 *Lumbrineris impatiens*							13.80	1.59	3.54
11 *Paradoneis armata*							77.20	15.42	3.31
12 *Siphonoecetes dellavallei*							1.40	7.50	3.09
13 *Caulleriella caputesocis*				1.43	12.46	4.64	0.10	7.73	3.00
14 *Lembos spiniventris*	0.00	32.75	5.26						

3.4. Comparison between data obtained during the two sampling periods

243 species and 7153 individuals were collected in total. Only 38% of the total species were present in both sampling periods, but they accounted for 88% of the total individual number (6312 individuals over 7153). More than 60% of the collected species had only a sporadic appearance (most of them appeared with only one individual throughout the whole study period), except the polychaete *Owenia fusiformis* Delle Chiaje, whose top density in 1983/84 was 74 ind/m^2 but disappeared completely in the second sampling period. The species composition, not withstanding the presence of many rare species, could he considered relatively Constant, while the average abundance of many common species varied widely between the two sampling periods (tab. 3).

Tab. 2 compares the average abundance and species number of the different taxa. While the species number remained rather Constant, the total number of individuals changed. This is particularly true for polychaetes, molluscs and echinoderms, whose top densities were subjected to a strong decrease in the second sampling period.

As it is shown in figures 2 and 6, diversity and evenness varied in the same range in the two periods. The fall in diversity values in spring 1984 appeared to be almost entirely due to a loss of evenness during the period of high larval settlement, when *Spisula subtruncata* exhibited an ephemeral high dominance. The lack of recruitment in spring 1990 maintained the values rather Constant throughout the year.

The results of classification performed on the data matrix from the two years evidenced a marked separation between the two sampling periods. In fact two different big clusters (average similarity 49%) are evident in the dendrogram (fig. 9)

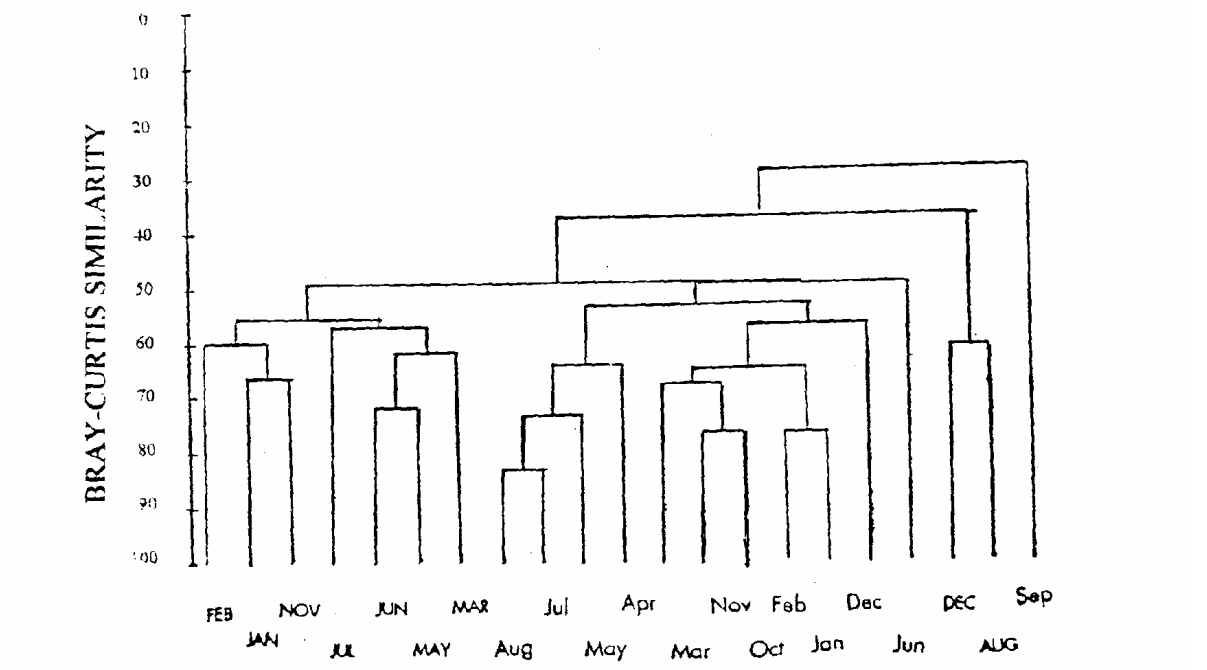


Fig. 9. Samples similarity dendrogram relative to the two sampling periods. Capital letters: 1990/91 samplings.

The first one may be divided into two "sub- groups" (53% similarity level): one represented by April, May, July and August 1984 (spring-summer sub-group) and the other one represented by October, November, December 1983, January, February and March 1984. The second cluster is divided into two "sub-groups" (55% similarity level): a spring-summer one (March, May, June, July 1990) and a winter one (November, January and February 1990). As seen before September 1983, June 1984, August and December 1990 appeared quite apart from the other sampling months.

The areal presentation derived from MDS (fig. 10, two dimensional stress = 0.174) confirmed both the separation between the two sampling periods and the isolation of the months characterized by lower densities and species richness. Seasonality inside the two periods was also evidenced.

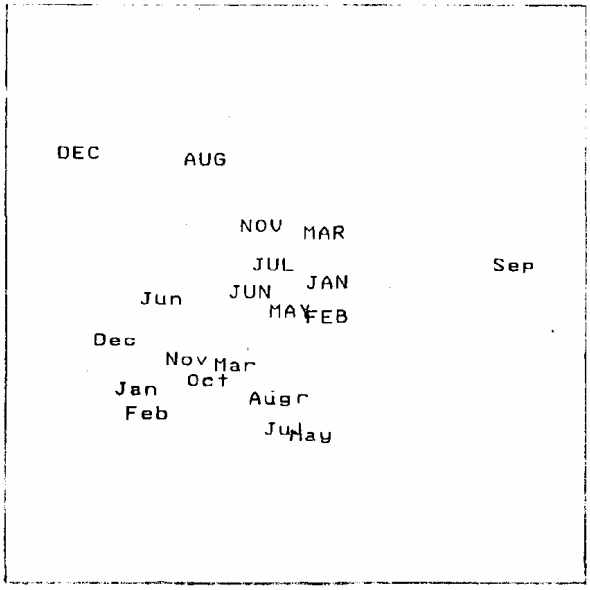


Fig. 10. Non-metric multi-dimensional scaling (MDS) relative to the two sampling periods. Capital letters: 1990/91 samplings.

R-mode analysis of the data matrix evidenced that the bivalves *Spisula subtruncata* and *Montacuta ferruginosa,* the polychaetes *Lumbrineris impatiens, Paradoneis armata* and *Caulleriella caputesocis,* the amphiuroid *Acrocnida brachiata,* the amphipods *Siphonoecetes dellavallei* and *Urothoe poseidonis* and Mysidacea are responsible of the 50% average dissimilarity between the two sampling periods (tab. 3).

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In spite of previous quite static ideas on sublittoral benthos, seasonal and interannual variations have been often observed in terms of species and individual numbers and in biomass values: "abundant" and "scarce" years can be experienced (Mills, 1969; Eagle, 1975; Boesch et al., 1976; Buchanan et al., 1978; Dörjes et al., 1986; Kroncke, 1990).

The studied community structure showed a general conservative pattern in species composition and in percentage abundance of different taxa, both in terms of number of individuate and of number of species (tab. 2). On the contrary, the average number of individuate of the community on the whole and of the main taxa (polychaetes, molluscs and echinoderms) (tab. 2) were quite different between the two study periods. The community species composition remained relatively persistent, while recruitment of the most abundant, but also most fluctuating, short-lived species could be successful or not. *S. subtruncata* was the species mostly responsible of wide seasonal and interannual variations. When its recruitment was successful the community was characterized by a marked seasonal pattern (as in 1983/84): a spring-summer peak followed by much lower densities caused by high mortality rates of the recruits. In the other case the faunal composition was conserved, but weak or no increase in abundance was observed. Seasonality was also much less marked, while higher values of diversity and evenness indexes were found, as there was not a high ranked species responsible of a great proportion of the whole community. This was the case of the period 1990/91. After a successful recruitment, the species was subjected to high mortality rates: a very low percentage of settled individuate reached the adult and reproductive stage. Weak or no "Storage effect" can occur (Warner & Chesson, 1985), since adult life is short, and adults survive for no more than one recruitment period. New spats will derive from larvae coming from other reproductive areas: failed recruitment will not preclude a following successful one. This is our case: in fact spring 1991 density of *S. subtruncata* was even much higher than that of 1984 (992 ind/m^2 vs 564 ind/m^2) although winter adult density was almost zero (Albertelli et al., present volume).

The search for a possible controlling factor is does necessary. Spring-summer environmental conditions (higher temperature, lower wave action, but probably most of all food availability) seem to be most responsible in favouring *Spisula* recruitment. In fact pelagic larvae of this bivalve are present in the water column through the whole year (Cattaneo et al., 1983), but settle only at the onset of the spring. This suspension feeder bivalve is characterized by high energy demand and high particle-selectivity (Møhlenberg & Kiørboe, 1981, Kiørboe & Møhlenberg, 1981). Interannual variability in chlorophyll-a content in the water column could be related to different result in larval settlement (Christensen & Kanneworff, 1986). Early spring of 1984 showed a slow but constant increase in chlorophyll-a content of the water column starting from December 1983. Such phytoplanktonic bloom was enough to allow settling of *S. subtruncata* in May 1984 (fig. 11). Chlorophyll content measured in the second study period showed lower values in spring months as well as the larval settlement was much less successful. On the contrary, in February 1991 a typical phytoplanktonic bloom took place (fig. 12) leading to massive recruitment, even bigger than 1984 one (Albertelli et al., present volume).

Thus our community structure cannot be defined as "static stability" (Webster et al, 1974) as it does not resist being displaced from a point of equilibrium, showing wide fluctuations in individual and species numbers as well as in diversity and evenness values. On the contrary our community shows a sort of "dynamic stability", defined as "the ability of a perturbed population or community to revert to the same equilibrium point or limit cycle" (Gray et al., 1985 in: Ambrogi et al., 1990). Such ability is performed in recovering from fall-winter defaunation through a massive spring recruitment.

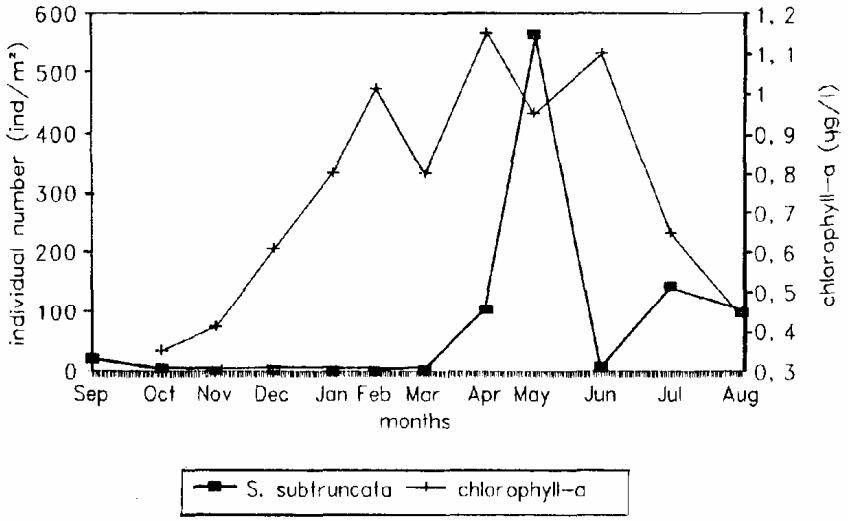


Fig. 11. *S. subtruncata* abundance fluctuations (ind/m^2) and water column chlorophyll-a content (µg/l) in the period 1983/84.

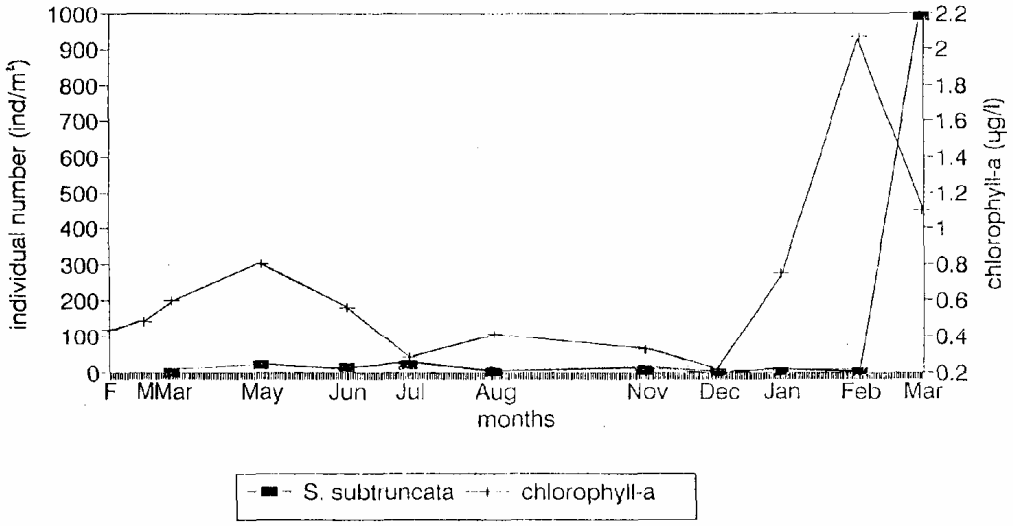


Fig. 12. *S. subtruncata* abundance fluctuations (ind/m^2) and water column chlorophyll-a content (µg/l) in the period 1990/91. F and M refer to water samples collected in February and at the beginning of March.

Moreover it is performed in recovering from interannual strong decrease in abundance values, occurred because of missed recruiment. Quantitatively the community could be considered quite resilient, as it is able "to absorb changes and still persist" (Holling, 1973); qualitatively it may be considered persistent (Connel & Sousa, 1983; Sarà, 1985), as the species composition remains rather Constant throughout the study periods.

REFERENCES

Albertelli, G. & M. Fabiano. 1990. Caratteristiche trofiche di una stazione costiera in Mar Ligure. *Atti VIII Cong. Ass. Ital. Ocean. Limnol.,* Pallanza 1-3 June 1988: 59-66.

Albertelli, G., C. Covazzi & S. Fraschetti. Present volume. Population dynamics, biomass and production of the bivalve *Spisula subtruncata* in the Ligurian Sea (Italy). *Atti X Cong. Ass. Ital. Ocean. Limnol.,* Alassio 4-6 November 1992.

Ambrogi, R., D. Bedulli & G. Zurlini. 1990. Spatial and temporal patterns in structure of macrobenthic assenblages. A three-year study in the northern Adriatic Sea in front of the Po river delta. *P.S.Z.N.I. Marine Ecology,* 11, (1): 25-41.

Atkins, S. M. 1983. Contrasts in benthic community structure off the North Yorkshire coast *Ocean. Acta,* N Sp.: 7-10.

Blomquist, E. A. & E. Bonsdorff. 1986. Spatial and temporal variations of benthic macrofauna in a sand bottom area on Aland, northern Baltic Sea. *Ophelia,* Suppl. 4: 27-36.

Boesch, D. F., M. L. Wass & R W. Virstein. 1976. The dynamics of estuarine benthic communities. In: Wiley M. (ed.) *Estuarine processes* Vol. I. Academic Press, New York: 177-196.

Bray, J. R. & J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities in Southern Wisconsin. *Ecol. Mono.,* 27: 325- 349.

Buchanan, J. B., M. Shaeder & P. F. Kingston. 1978. Sources of variability in the benthic macrofauna off the south Northumberland Coast, 1971-1976., *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 58: 191-209.

Cattaneo, M. & H. Masse. 1983. Importance du recrutement de *Spisula subtruncata* (Da Costa) sur la structure et les fluctuations d'un peuplement benthique. *Ocean. Acta,* Actes XVII Symposium Européen de Biologie Marine, Brest, N. Sp.: 63-67.

Cattaneo, M., H. Masse, R. Piante & J. P. Reys. 1983. Microrepartition des post-larves de *Spisula subtruncata* lors du recrutement sur le fond *Rapp. Comm. Int. Mér Medit.,* 28,3:241-243.

Christensen, H. & E. Kanneworff. 1986. Sedimentation of phytoplankton during a spring bloom in the Oresund. *Ophelia,* 26: 109-122.

Connell, J. H. & W. P. Sousa. 1983. On the evidence needed to judge ecological stability or persistence. *Am. Nat.,* 121, 6: 789-823.

Eagle, R. A. 1975. Natural fluctuations in a soft-bottom benthic community. *J. Mar. Biol. Assoc. U.* £., 55: 865-878.

Gray J. S., V. Vanderhung & K. I. Ugland, 1985. The stability of a benthic community of soft sediment. In: P. E. Gibbs (Ed.), *Proceedings of the 19th European Marine Biology Symposium.* Plymouth, Devon, U. K., 16-21 September 1984: 245-253.

Holling, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Anna. Rev. Ecol. Syst.,* 4: 1-23.

Kiørboe, T. & F. Møhlenberg. 1981. Particle selection in suspension-feeding bivalves. *Mar. Ecol. Prog. Ser., 5:* 291-296.

Kroncke, I. 1990. Macrofauna standing stock of the Dogger Bank. A comparison: II. 1951-52 versus 1985-1987 are changes in the community of the northeastern part of the Dogger Bank due to environmental changes? *Neth. Jour. of Sea Res.,* 25 (1/2):

189-198.
Lopez-Jamar, E., G González & J. Mejuto. 1986. Temporal changes of community structure and biomass in two subtidal macroinfaunal assemblages in La Coruna Bay, NW Spain. *Hydrobiologia,* 142: 137-150.
Mills, E. L. 1969. The community concept in marine zoology, with comments on continua and instability in some marine communities: a review. *J. Fish. Res. Bd. Can*, 26: 1415-1428.
Møhlenberg, F. & T. Kiørboe. 1981. Growth and energetics in *Spisula subtruncata* (Da Costa) and the effect of suspended bottom material. *Ophelia, 20(1).* 79-90.
Nichols, F. H. 1985. Abundance fluctuations among benthic invertebrates in two Pacific estuaries. *Estuaries,* 8, N2A: 136-144.
Persson, L. 1983. Temporal and spatial variation in coastal macrobenthic community structure, Hano Bay (Southern Baltic) *.J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 68: 277-293.
Pielou, E C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections., *J. theor. Biol.,* 13: 131-144
Sarà, M 1985. Persistence and changes in marine benthic communities. *NovaThalassia,* 7, Suppl 3: 7-30.
Shannon, C. E. & W. Weaver. 1963 The mathematical theory of communication. *University-of Illinois Press.*, Urbana: 111 pp.
Tufano, M. 1991 II rapporto isotopico $^{13}C/ ^{12}C$ ($\delta^{13}C$) nello studio dell'ecosistema bentonico costiero (Mar Ligure). *Doctoral Thesis,* Genoa: 102 pp.
Warner, R. R. & P. L. Chesson. 1985. Coexistence mediated by recruitment fluctuations a field guide to the Storage effect. *Am. Nat.,* 125, 6: 769-787.
Webster, J. R., J. B. Waide & B. C. Patten. 1974. Nutrient recycling and the stability of the ecosystem. In: J B. Gentry & M. H. Smith (Eds.), *Mineral cycling in Southeaster ecosystem,* ERDA Symp. Ser. Springfield V A. : 1-27.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 543 a pag. 554

DINAMICA ED EVOLUZIONE DEL LITORALE CAMPANO-LAZIALE: 5 -VARIAZIONI DELLA LINEA DI RIVA DALL'EPOCA ROMANA AD OGGI NEL TRATTO COMPRESO TRA FOCE VOLTURNO E TORRE S. LIMATO – MONDRAGONE

Ennio COCCO*, Luigi CRIMACO** e Maria Antonietta de MAGISTRIS*

* Dipartimento di Scienze della Terra, Università Federico II, Napoli
** Coop. New Archaeology, Napoli

RIASSUNTO

La ricostruzione della linea di riva dell'epoca romana basata sul ritrovamento di numerose evidenze archeologiche e l'analisi della cartografia storica del periodo compreso tra il 1500 ed il 1700 e di quella via via più recente fino ai nostri giorni, hanno permesso di delineare un quadro abbastanza esaudente delle tendenze evolutive del tratto costiero in esame.

Il litorale risulta caratterizzato da una costante progradazione con valori decrescenti da 100 m a 10 m per secolo procedendo dalla zona di foce del F. Volturno verso nord ovest fino all'antica città romana di Sinuessa, ubicata nei pressi di Torre S. Limato (Mondragone).

Solo negli ultimi decenni si assiste, in corrispondenza della cuspide di foce del F. Volturno, molto protesa in mare alla fine del secolo scorso, ad accentuati fenomeni erosivi, con arretramenti di parecchie centinaia di metri. La causa di ciò è da attribuire al diminuito apporto solido fluviale - causato dalle ben note opere antropiche (sbarramenti dei corsi d'acqua, prelievo di inerti in alveo, etc.) - congiuntamente ad una esasperata urbanizzazione ed alla realizzazione di opere di difesa improvvisate e puntuali.

SUMMARY

The reconstruction of the Roman Age shoreline on the base of very numerous archaeological evidences, the analysis of the historical cartography of the period included between 1500 and 1700 b.C. and the comparison with recent maps up to the present, let give us an enough exhaustive picture of the evolutionary trend of the studied littoral.

The considered area is characterized by Constant progradation with decreasing values from 100 m to 10 m per century proceeding from the Volturno River mouth towards the ancient town of Sinuessa near S. Limato tower north of Mondragone.

During the last decades in correspondence of the Volturno River mouth, too much

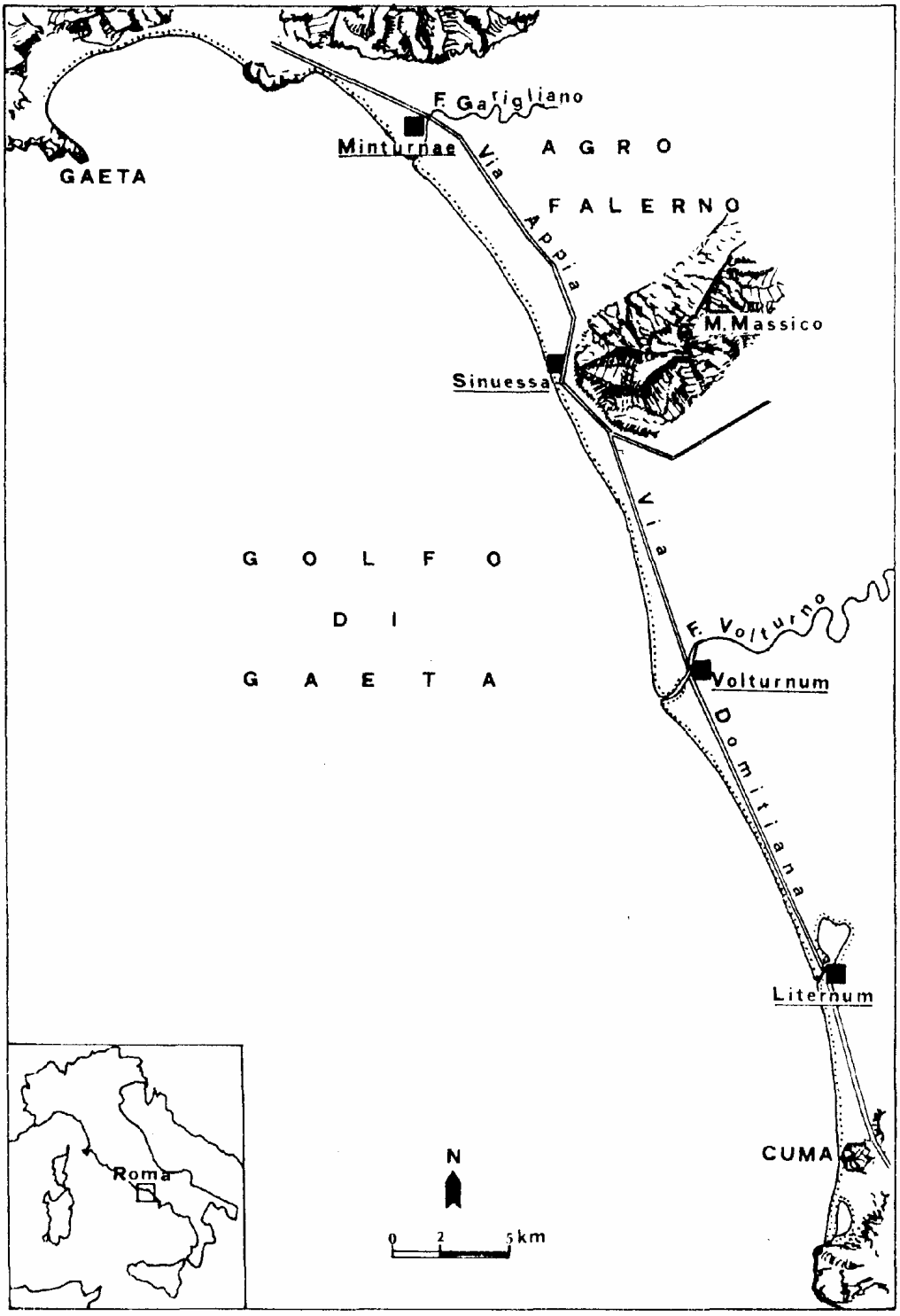


Fig. 1 - L'area in esame con l'ubicazione delle antiche città romane.

outstretched to the sea at the end of last century, very intense erosional phenomena are occurring, because of the reduced fluvial solid discharge induced by human activities (building of dams, removal of sand and gravel from river beds).

1. PREMESSA

Le indagini svolte fino ad oggi lungo la fascia costiera campano-laziale hanno condotto ad una conoscenza abbastanza approfondita dei caratteri geomorfologici, sedimentologici e dinamici del litorale (Cocco et al., 1980/1992).

In particolare l'analisi delle variazioni della linea di riva nel corso degli ultimi due secoli, effettuata in base a confronti cartografici e/o aerofotografici, ha messo in evidenza una progradazione generalizzata del delta del F. Volturno con valori decrescenti procedendo dalla foce verso le ali, congiuntamente ad un foltissimo arretramento della cuspide di foce a partire dal 1954.

Il recente ritrovamento, nell'area compresa tra Castelvolturno e Mondragone, di numerosi e probanti evidenze archeologiche di età romana (specialmente ville marittime), ha rappresentato uno stimolo a delineare un quadro più articolato delle tappe evolutive di questo tratto di litorale.

2. VARIAZIONI DELLA LINEA DI RIVA E TENDENZE EVOLUTIVE

2.1. La linea di riva in epoca romana

Le numerose evidenze archeologiche di età romana presenti lungo la fascia litoranea in esame, consentono di avanzare ipotesi circa l'ambiente dell'epoca e di posizionare la probabile linea di riva.

Nel 296 a.C. furono fondate le colonie di Minturnae e Sinuessa a presidio della costa ed a difesa della via Appia dalle incursioni sannitiche. La prima a breve distanza dalla foce del Garigliano a controllo del passaggio, la seconda a guardia della stretta zona che, tra l'estrema propaggine del M. Massico e la costa, consentiva di penetrare nella Piana del F. Volturno (Fig. 1).

Nel 194 a.C. furono fondate le colonie marittime di Volturnum, presso la foce del fiume omonimo e di Liternum, più a sud nei pressi di Lago Patria.

Nel 94 d.C. infine fu costruita la via Domitiana che, ricalcando un antico tracciato litoraneo, permise di collegare più rapidamente Sinuessa con Pozzuoli (Puteoli), passando per Volturnum e Liternum.

Il paesaggio che si può ricostruire prevede per l'area compresa tra il F. Garigliano e Sinuessa, così come tra Volturnum e Liternum, la presenza di vaste zone acquitrinose e palustri presso la costa, come è testimoniato dall'assenza di strutture archeologiche in queste aree e dello stesso tracciato della antica via Appia (v. Fig. 1). D'altra parte le zone paludose ebbero un ruolo importante, tutt'altro che improduttivo, nelle forme economiche di sfruttamento del territorio soprattutto verso la fine del II sec. d.C. quando nacque il sistema delle aziende agricole a conduzione schiavistica.

Nell'area di Sinuessa si svilupparono ben presto case coloniche e ville rurali in



Fig. 2 - Veduta aerea obliqua della fattoria S. Limato (nel cerchietto) edificata sui ruderi di una villa marittima romana nei pressi del sito archeologico di Sinuessa (frecce).

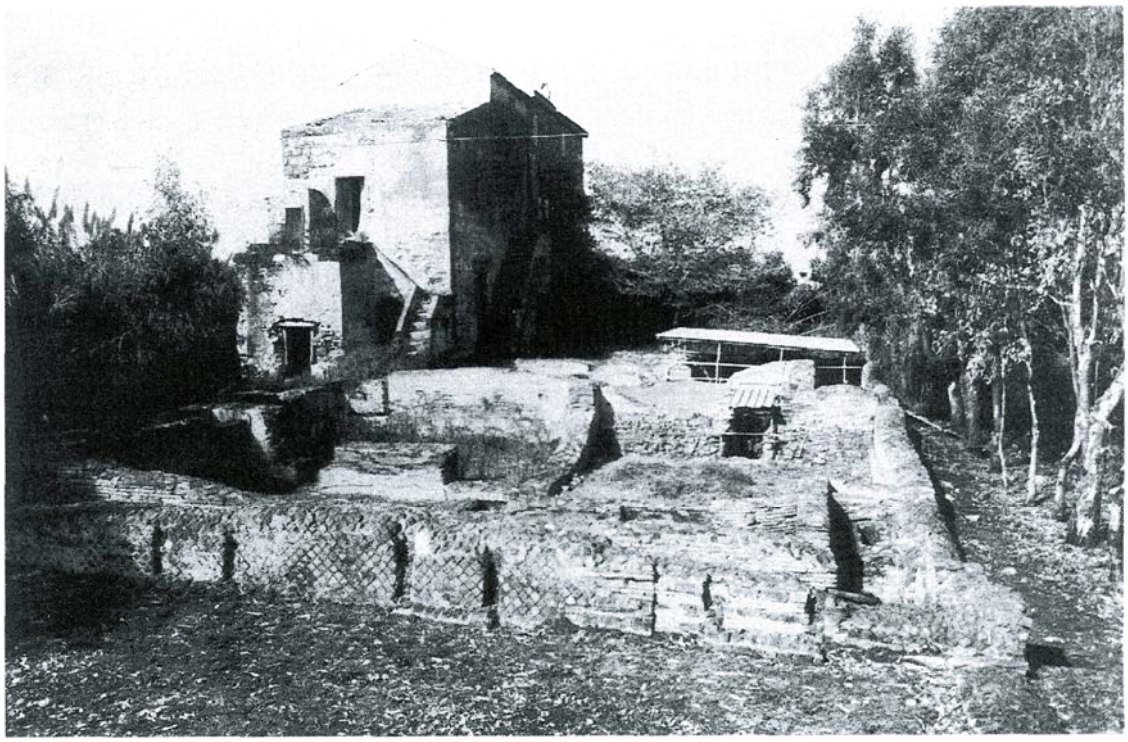


Fig. 3 - Fattoria S. Limato con i ruderi della villa marittima. Da notare, in primo piano, il rivestimento in "opus reticulatum".



Fig. 4 - Veduta aerea obliqua di un edificio termale (cerchietto) e delle antiche vie Appia e Domitiana (frecce) nei pressi delle Aquae Sinuessanae.

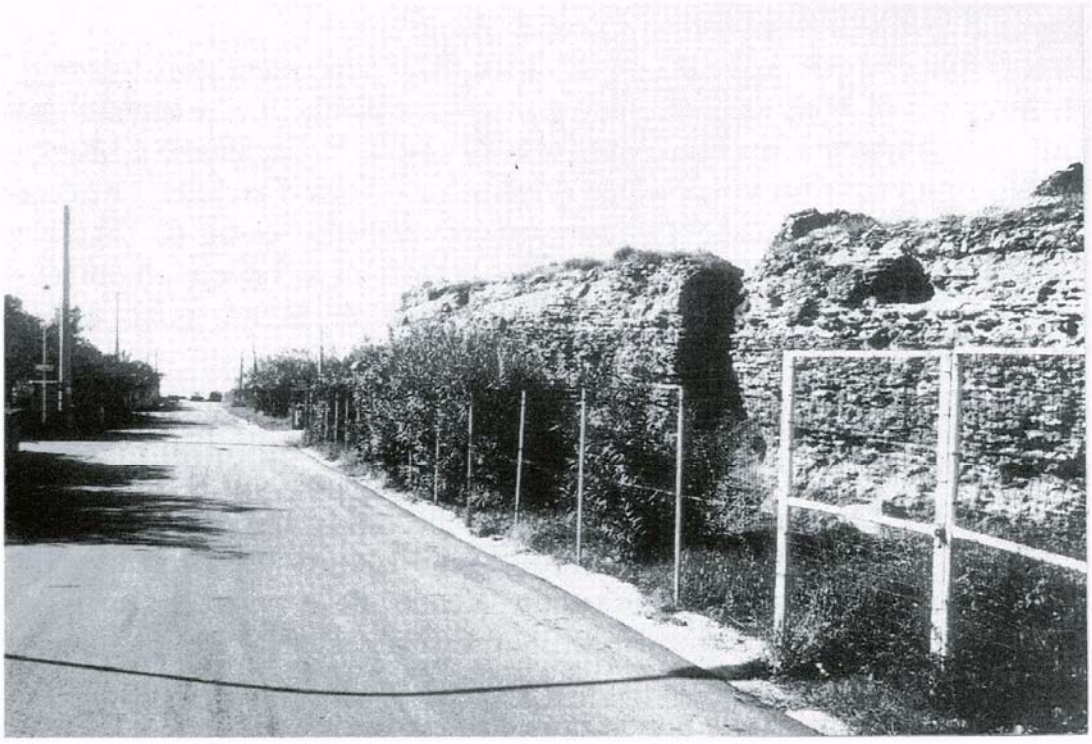


Fig. 5 - Ruderi di un edificio termale nei pressi delle Aquae Sinuessanae.

relazione soprattutto alla produzione vinicola d'alta qualità - presso i confini del fertile Agro Falerno - e quindi, tra il I sec. a.C. e il I sec. d.C., ville marittime e residenziali dell'aristocrazia romana attirata dal clima mite e dalle sorgenti termali (Aquae Sinuessanae) (Figg. 2, 3,4 e 5).

Nel tratto settentrionale dell'area in esame, l'antica linea di riva può essere posizionata, in prima approssimazione, in corrispondenza del perimetro urbano (lato mare) dell'antica Sinuessa e dei ruderi di numerose ville marittime, tra cui quella di S. Limato, siti tutti a poche centinaia di metri dall'attuale riva. Nel tratto meridionale essa viene fatta coincidere con i ruderi di altre ville marittime presenti a sud di Mondragone e quindi con i resti dell'antica via Domitiana che si rinvengono in posizione via via più arretrata procedendo verso sud est, fino a oltre 2 Km nell'entroterra, in corrispondenza della città di Volturnum (v. Fig. 8).

Da ricordare che davanti al litorale di Sinuessa sono segnalate strutture archeologiche sommerse di dubbia interpretazione (Pagano, 1990) e che è molto radicata, nella popolazione locale, la convinzione dell'esistenza di un ulteriore insediamento sinuessano, forse anche dotato di strutture portuali, sprofondato in mare. Indagini in corso di svolgimento, d'intesa con la Soprintendenza Archeologica delle province di Napoli e Casetta, sembrerebbero confermare la presenza di resti sommersi. Lo sviluppo futuro delle ricerche potrà consentire di delineare una più esatta configurazione della fascia costiera.

2.2. La linea di riva nel periodo 1500-1800 a.D.

Nessun dato sulla configurazione della costa è disponibile per il periodo compreso tra la decadenza di Sinuessa (V-VI sec. d.C.) ed il Medio Evo.

La linea di riva risalente alla metà del XVI sec. d.C. può essere posizionata grazie alla presenza delle torri di avvistamento e difesa costiera a pianta quadrangolare edificate tra il 1532 e il 1563 durante il viceregno spagnolo: presso il F. Garigliano è ubicata la torre omonima (costruita sui resti di una torre celebrativa - Torre Pandolfa - risalente al 915 d.C.), lungo il rivo di Cascano (successivamente indicato come S. Emaro e poi S. Limato) - nell'area dell'antica Sinuessa - si trova la torre di S. Limato ed infine, presso le località omonime, la torre alla marina della Rocca di Mondragone e la torre di Castelvolturno.

La difesa dei territori costieri rappresentò un problema strategico fin dall'epoca romana al tempo della guerra contro i pirati, come è riferito da Plutarco nella Vita di Pompeo (Cisternino, 1977). Risalgono infatti a tale periodo le prime costruzioni difensive costiere; il loro maggior sviluppo si ebbe però al tempo degli Svevi ed Angioini (1100-1400 a.D.) che provvidero tutto il regno di Napoli di un sistema permanente di difesa dalle incursioni saracene riarmando alcune delle vecchie torri romane e realizzandone altre di nuova costruzione. Successivamente sia per la diminuzione di incursioni marittime sia per l'incuria dei vari governi che si succedettero, questo sistema difensivo venne abbandonato e le popolazioni costiere furono costrette a difendersi come meglio potevano in caso di pericolo.

Durante il viceregno spagnolo, la lotta per il predominio in Europa fra Carlo V e Francesco I, che portò all'alleanza del monarca francese con i Turchi, fu determinante per la ripresa della difesa delle coste. Furono così in parte consolidate torri già presenti e

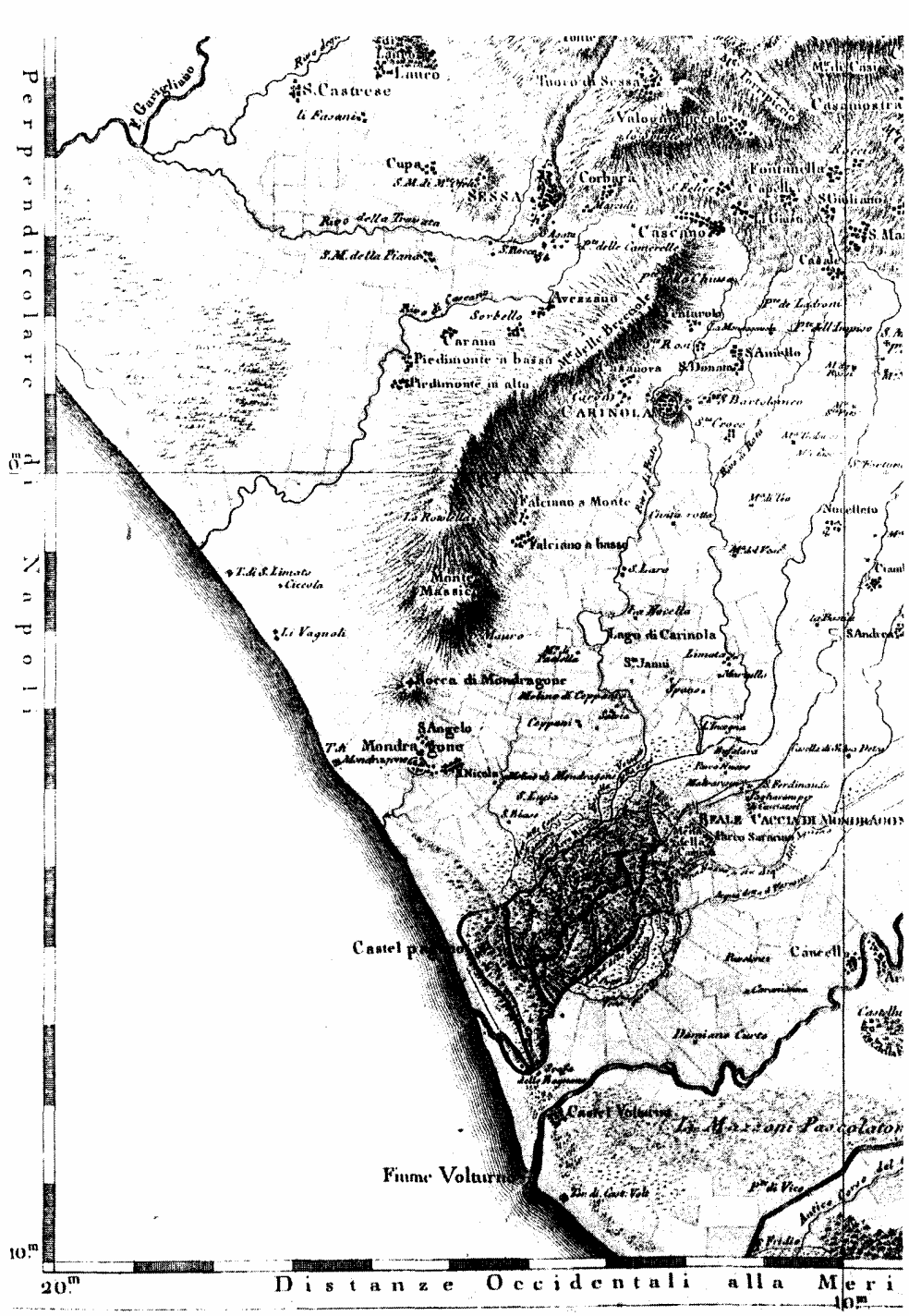


Fig. 6 - Atlante del Regno d'Italia di Rizzi Zannoni (1809). Foglio n. 10, in scala 1:114.000. Da notare le vaste zone acquitrinose tra il F. Garigliano e Torre S. Limato e a nord del F. Volturno (Reale Caccia di Mondragone).

costruite delle nuove (Pasanisi, 1926). Di questo periodo sono le torri su citate che coprivano il tratto costiero della provincia della "Terra de lavore" (antica denominazione della Campania).

L'ubicazione di queste torri è testimoniata da numerosi documenti cartografici dell'epoca (Atlantino di Napoli: Cartaro, 1613; Atlante d'Italia: Magini, 1620).

Una successiva rappresentazione settecentesca a cura di Camillo Pellegrino (Carte de l'ancienne Campania Felice) è degna di menzione per il fatto di riportare i tracciati delle antiche vie di comunicazione - Appia e Domitiana - nonché la stessa località di Sinuessa ubicata nella esatta posizione nella quale sarebbe stata ritrovata, sepolta, ai primi di questo secolo (Sinuessa invero è riportata anche nella Carta di Pirro Ligorio del 1557).

Facendo coincidere la riva con la linea che congiunge le torri presenti nell'area in studio, si può ipotizzare, rispetto all'epoca romana, una progradazione della costa compresa tra poche decine di metri, nell'area di Sinuessa, e oltre 600 m, nell'area di Foce Volturno (tasso di progradazione massimo 0,5 m per anno) (v. Fig. 8).

2.3. La linea di riva dal 1800 ad oggi

Con l'avvento della cartografia scientifica, che trova nell'Atlante Geografico del Rizzi Zannoni (1809) la sua migliore rappresentazione, furono utilizzate per la prima volta osservazioni geodetiche e calcoli matematici per determinare le coordinate dei vari punti. Nell'Atlante l'area in esame ha un contorno simile all'attuale e sono ancora presenti le torri costiere prima citate, ad una distanza dalla riva di poco superiore a 100 m (Fig. 6). La velocità di progradazione è pari a 0,4 m per anno.

Quasi coeva è la "Carta Topografica e Idrografica dei contorni di Napoli" alla scala 1:25.000 a cura del Reale Ufficio Topografico; il primo foglio, che riportava l'area compresa tra Foce Volturno e Mondragone, fu continuamente sospeso fino ad oltre la metà del secolo "attendendosi che siano completate le opere di bonificazione a sud di Mondragone" (Valerio, 1983). La carta mostra in grandissima ricchezza di dettaglio tutte le particolarità fisiche e antropiche del territorio.

I quindici fogli della Carta Topografica, terminati soltanto dopo l'unità d'Italia, furono sostituiti alla fine del 1800 dai rilievi al 25.000 e al 50.000 dell'Istituto Geografico Militare.

Proprio in riferimento a questi ultimi è stato possibile utilizzare la Carta Topografica in scala 1:50.000 "proveniente da riduzioni delle antiche levate al 20.000 dell'ex Ufficio Topografico di Napoli" risalente al 1895, reperita presso l'I.G.M. e le tavolette al 25.000 levata 1907 e quelle con gli aggiornamenti 1936, esistenti in originale presso la biblioteca del nostro dipartimento (Fig. 7). Di un certo interesse in tali carte la presenza tra il F. Volturno e Mondragone di una stretta laguna costiera ("braccio di mare") passante verso nord ad un esteso cordone dunare con quote comprese tra 9 m e 12 m, entrambi oggi inesistenti a causa della intensa antropizzazione. Inoltre la cuspide di foce del F. Volturno si protende in mare per oltre 2,5 Km rispetto all'antica Volturnum. A nord di Mondragone la costa non presenta apprezzabili modificazioni. Nel periodo 1809-1907 si verifica la maggiore progradazione della cuspide deltizia, con velocità decrescente da 15 m ad 1 m per anno, procedendo dalla zona di foce verso le ali (Fig. 8).

Per gli ultimi decenni ci si è avvalsi delle tavolette I.G.M. del 1954-57 e del loro aggiornamento aerofotogrammetrico eseguito nel 1984 a cura della Regione Campania.

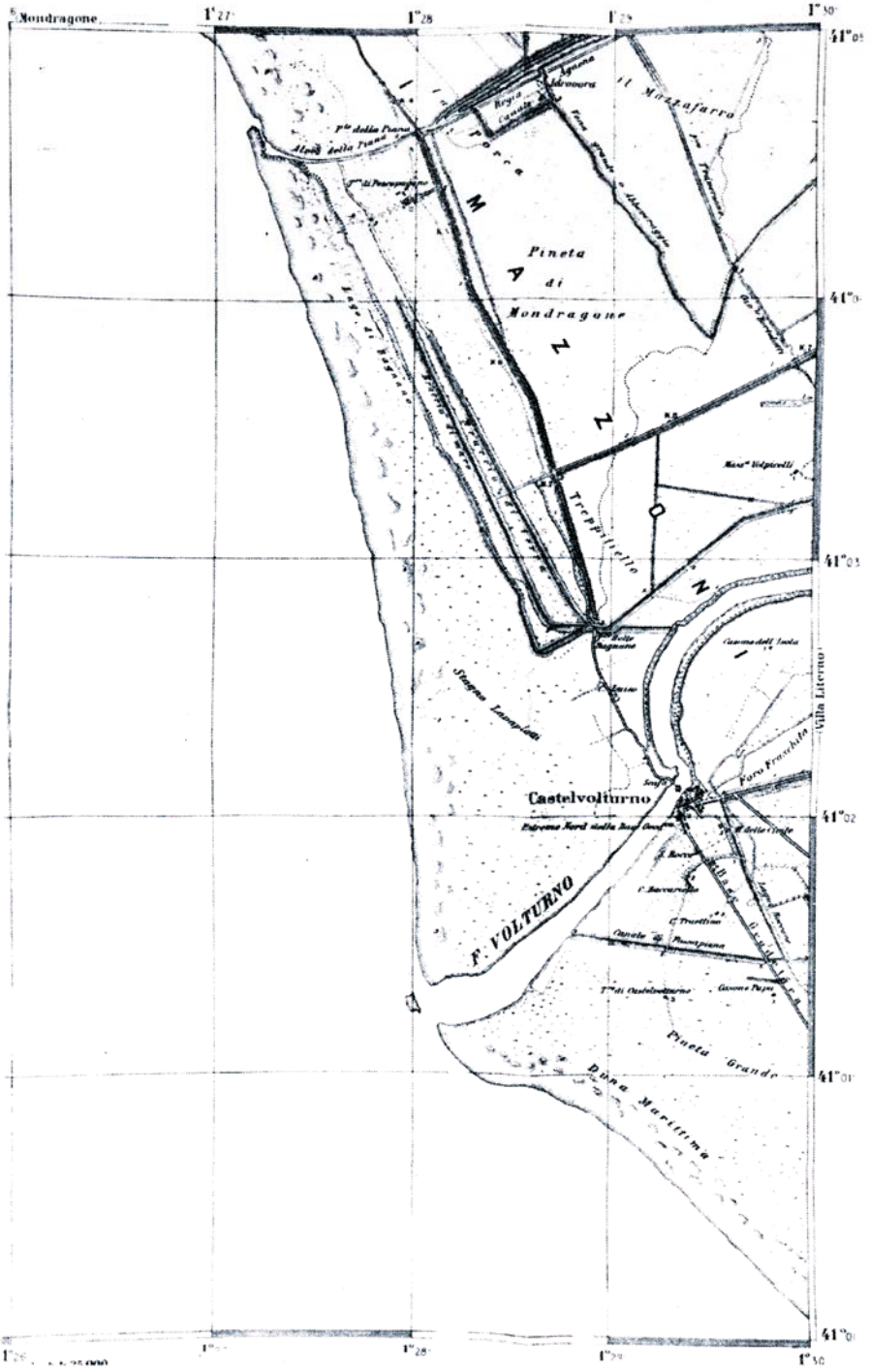


Fig. 7 - Tavoletta topografica IGM, in scala 1:25.000, raffigurante l'area compresa tra Foce Volturno e Canale Agnena (Rilievo del 1907 con aggiornamenti del 1936).

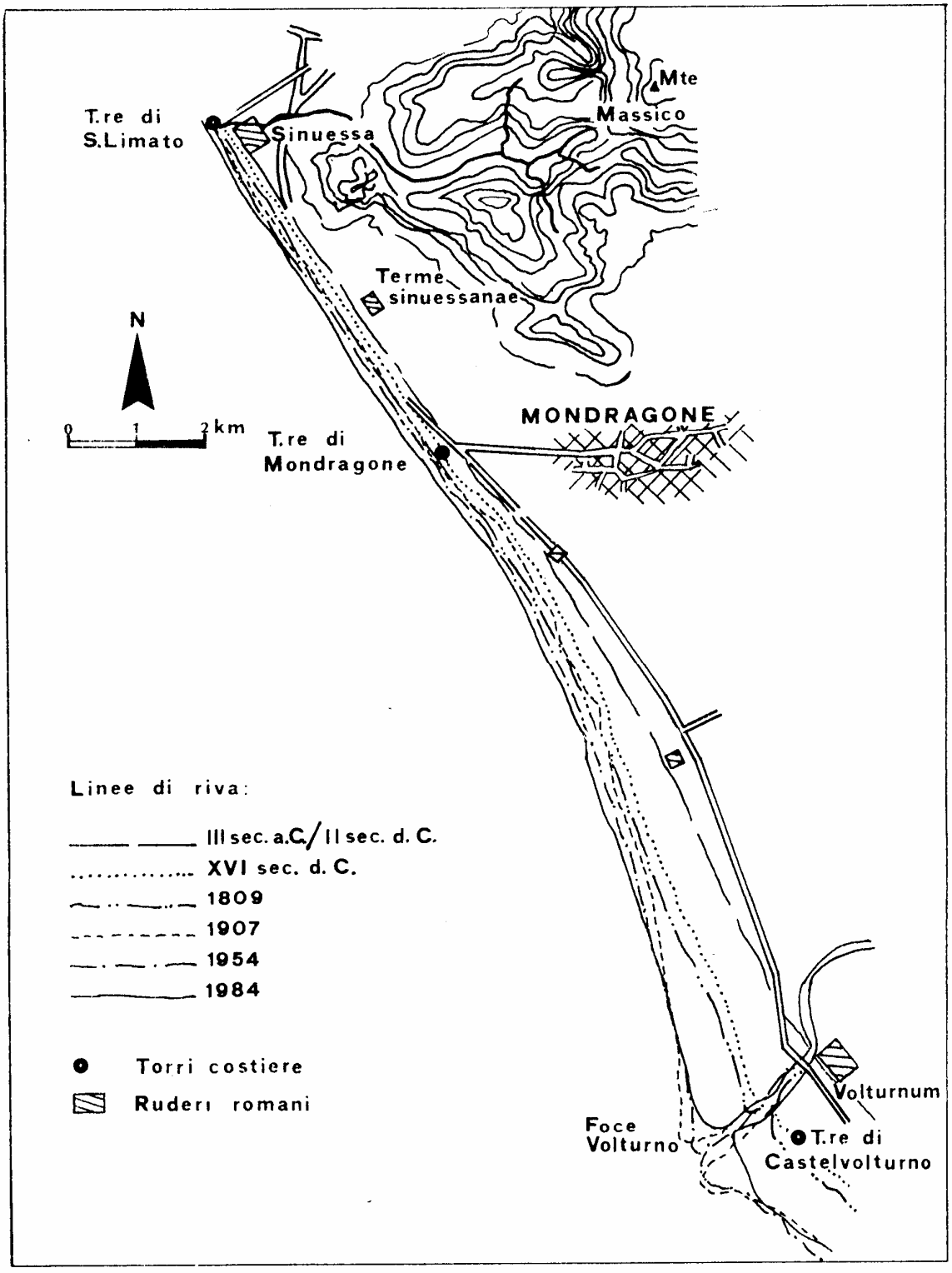


Fig. 8 - Variazioni della linea di riva dall'epoca romana ai nostri giorni. Spiegazione nel testo.

Dal loro confronto risulta che la costa continua ad avanzare con valori compresi tra 1,5 m e 2,5 m per anno, fatta eccezione per la cuspide deltizia del F. Volturno, soggetta ad un veloce processo di rettificazione con arretramenti di molte centinaia di metri, specialmente nell'area in sinistra (Fig. 8).

3. CONCLUSIONI

L'analisi delle variazioni della linea di riva dall'epoca romana ai nostri giorni, ha consentito di delineare in modo esaustivo il quadro della tendenza evolutiva del settore costiero compreso tra Torre S. Limato e Foce Volturno (Fig. 8).

L'area in esame risulta caratterizzata da una costante progradazione con valori decrescenti da 100 m a 10 m per secolo, procedendo da sud est verso nord ovest. La più alta velocità di avanzamento (15 m per anno) si registra nel periodo 1809-1907; negli ultimi decenni si assiste ad un processo di rettificazione della cuspide di foce del F. Volturno, in relazione alla diminuzione dell'apporto solido fluviale conseguente agli interventi antropici operati nel bacino idrografico (costruzione di traverse, asportazione di inerti in alveo), congiuntamente ad una eccessiva urbanizzazione ed alla realizzazione di opere di difesa improvvisate e puntuali.

Ricerca eseguita con i fondi M.U.R.S.T. 40% e 60%.

BIBLIOGRAFIA

Arthur, P. 1991. Romans in northern Campania: settlement and land-use around the Massico and the Garigliano basin; *British School at Rome* n. 1

Cisternino, R. 1977. Torri e torrieri del Regno di Napoli (1521-1806). *Ist. Ital. Dei Castelli.*

Cocco, E., G. Castaldo, M. A. de Magistris, T. De Pippo & G. D'Iorio. 1980. Dinamica ed evoluzione del litorale campano- laziale: 1. Il tratto a Sud del F. Volturno. *Atti 4° Congr. AIOL,* Chiavari: 58/1-58/11.

Cocco, E., L. Crimaco & M.A. de Magistris. 1992. Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: 5. Variazioni della linea di riva dall'epoca romana ad oggi nel tratto compreso tra foce Volturno e torre S. Limato (Mondragone). *Atti Conf. Scient. annuale sulle attività di ricerca del Dipartimento di Scienze della Terra. Università "Federico II"* Napoli 12-13/2/92: 115-117.

Cocco, E., M.A. de Magistris, C. Bentivoglio, Y. Iacono & M. Serpico. In corso di stampa. Processi erosivi, opere di difesa e riequilibrio dei litorali in Campania. *Atti Convegno "Interventi di difesa e di recupero dei litorali: lo stato dell'arte in Italia"* Cecina 12-13/11/92.

Cocco, E., M.A. de Magistris, T. De Pippo, M.T. Efaicchio & A. Valente. 1989. Coastal dynamics along the shores of the Campania and Lucania (Southern Italy). *VI Simposio Coastal Zone (Charleston, South Caroline)* Vol. 3: 2794-2807.

Cocco, E., M.A. de Magistris, T. De Pippo & A. Perna 1982. Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: 2. Il tratto a nord del F. Volturno *Atti 5° Congr. AIOL*., Stresa: 305-321.

Cocco, E., M. A. de Magistris, T. De Pippo & A. Perna. 1984. Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: 3 II complesso di foce del F. Volturno. *Atti 6° Congr. AIOL,* Livorno: 279-288 .

Cocco, E., & T. De Pippo 1988. Evoluzione e dinamica delle spiagge campano-lucane. *Meni. Soc. Geol. It.*, 41: 195-204.

Cocco, E., T. De Pippo & I. Giulivo. 1986. Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: 4. Il settore costiero compreso tra Minturno e Baia Domizia (F. Garigliano). *Meni. Soc. Geol. It* 35: 805-809.

Cocco, E., T. De Pippo & P. Massari. 1988. L'uso delle sabbie fluorescenti per la valutazione del drift litoranee lungo il litorale domitio (Golfo di Gaeta). *Mem. Soc. Geol. It.* 41: 869-876.

Crimaco, L. 1992. L'organizzazione del territorio tra le colonie di Sinuessa e Volturnum; in AA.VV.: *Il trasporto commerciale marittimo nell'antichità,* Genova: 81-84. Mazzetti, E. 1972. Cartografia generale del Mezzogiorno e della Sicilia. *E.S.I.*

Pagano, M. 1990. Sinuessa - storia ed archeologia di una colonia romana. *Edizioni Duomo.*

Pasanisi, O. 1926. La costruzione generale delle torri marittime ordinata dalla R. Corte di Napoli nel sec. XVI. In: *Studi di storia napoletana in onore di Michelangelo Schipa* - Napoli.

Rizzi Zannoni, G.A. 1809. Atlante geografico del Regno di Napoli.

Valerio, V. 1983. La carta dei contorni di Napoli degli anni 1817-1819 ed il Reale Officio Topografico del Regno di Napoli. In: (a cura di G. Alisio e V. Valerio) *Cartografia napoletana dal 1781 al 1889.* Ed. Prismi.

Atti del 10 ° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 555 a pag. 562

VARIABILITÀ INTERANNUALE DI UNA COMUNITÀ SABULICOLA DEL MAR LIGURE ORIENTALE

Anna Maria DE BIASI

ENEA - CRAM S.Teresa - CP 316, 19100 La Spezia

RIASSUNTO

Fra i concetti dell'ecologia quello di stabilità è senz'altro uno dei più complessi e di difficile definizione. Una delle distinzioni più comuni e maggiormente accettate,nate nel tentativo di definire questo concetto, viene fatta fra resistenza e resilienza.

Nel presente lavoro viene affrontato il problema della stabilità di una comunità marina sabulicola del Mar Ligure Orientale durante tre anni di studio.

Alla luce dei risultati ottenuti la comunità, può essere definita persistente, cioè in grado di conservare nel tempo una stessa struttura e caratterizzata da una organizzazione "mista". Con questa definizione si vuole sottolineare che la comunità ruota attorno a due compartimenti fondamentali, quello rappresentato da un gruppo di sei specie dominanti e permanenti nei tre anni (componente resistente) e quello costituito da specie occasionali a rapido turn-over (componente resiliente), la cui cooperazione ed integrazione è responsabile dell'organizzazione osservata.

SUMMARY

Year lo year variability in a fine sand community in the Eastern Ligurian sea. There has been considerable discussion, in recent literature, about the stability concept. It has frequently been used by various authors suggesting different conclusions, and in particular the distinction has been stressed between resistence and resilience.

The aim of this work is to investigate the degree of stability of a fine sand community in the Eastern Ligurian Sea, over three years of studies. This community shows how the same dominant species are observed year by year, indicating that the ecological organisation is in a stable state, to which the System returns after each seasonal change. The results indicate that the stable state observed in the studies is a consequence of a combination a group of six numerically dominant species (the resistence component) which is supposed to play a major role in determining the community structure and a second group of high turn-over species which represents the resilience component of the ecosystem.

1. INTRODUZIONE

Fra i concetti dell'ecologia quello di stabilità è senz'altro uno dei più complessi e di difficile definizione. Persino la terminologia adottata è spesso confusa ed oggetto di

accese discussioni.

Esiste un'infinità di studi teorici e pratici nati con lo scopo di dare una definizione di comunità stabile e allo stesso tempo di chiarire ed uniformare la terminologia in uso.

Data l'ampia e disparata produzione bibliografica risulta anche difficile sintetizzare e delineare i passaggi attraverso i quali si è modificato ed evoluto questo concetto.

Negli anni cinquanta e sessanta secondo la "saggezza tradizionale" (Begon et al., 1989) un aumento della complessità, all'interno della comunità, doveva essere accompagnato da un aumento della stabilità (Mac Arthur, 1955; Hutchinson, 1959).

Di fatto studi più recenti ed in particolare l'uso di modelli matematici non sempre ha comportato prove a sostegno di questa interpretazione.

Dalla "saggezza tradizionale" ad oggi il concetto di stabilità è stato interpretato ed usato focalizzando, di volta in volta, aspetti differenti.

Una delle distinzioni più comuni e maggiormente accettate, nate nel tentativo di definire questo concetto, viene fatta fra resistenza e resilienza.

La prima, detta anche inerzia (Murdoch, 1970; Orians, 1974) designa la capacità di mantenere lo stato di equilibrio qualora la comunità sia sottoposta a perturbazione.

La seconda, quella che Gray et al. (1985) definiscono "adjustment stability", indica la capacità di ripristinare l'equilibrio alterato dalla perturbazione.

Resilienza e resistenza sono riconducibili a due diverse strategie adottate dalle comunità in relazione alle condizioni ambientali in cui si trovano.

Un ambiente con poche probabilità di eventi catastrofici e scarsamente stressato è idoneo allo sviluppo di una comunità resistente con organismi a vita lunga e con contenute fluttuazioni nei loro rapporti quali - quantitativi.

Al contrario, laddove esista un'elevata probabilità di eventi di disturbo avrà successo una comunità resiliente ad elevato turn - over e a bassa biomassa composta da organismi di piccola taglia, a vita breve e ad elevato potenziale riproduttivo necessario a far fronte alle frequenti ed imprevedibili morie.

Alla luce di queste considerazioni è stato effettuato uno studio sulla dinamica di una comunità bentica sabulicola rinvenuta nell'area marina antistante l'estuario del fiume Magra allo scopo di affrontare, in particolare, gli aspetti relativi alla stabilità ed ampliare, con uno studio interannuale, le conoscenze emerse da precedenti indagini di dinamica stagionale (Cocito et al. 1990).

Il presente lavoro, che si avvale di dati di 3 anni consecutivi, affronta l'aspetto della resistenza nel tentativo di verificare se, al di là delle variazioni stagionali, la comunità è in grado di ripristinare, di anno in anno, una simile organizzazione strutturale.

Ci si propone anche di valutare se e come le due strategie - resilienza e resistenza - concorrono nel determinare la stabilità di una comunità aperta come appunto quella studiata.

2. MATERIALI E METODI

I campionamenti sono stati effettuati durante la stagione estiva degli anni 1988, 1989, 1990 nell'area marina antistante la foce del fiume Magra ad una profondità di circa 5m.

La scelta del periodo estivo è dovuta al fatto che come testimoniano dati pregressi, durante questa stagione la comunità presenta il più elevato grado di strutturazione e mostra picchi di abbondanza (De Biasi, 1991).

II materiale è stato prelevato utilizzando una draga rettangolare del tipo double - sided anchor dredge e successivamente setacciato su maglia 2mm.

I valori di abbondanza sono stati codificati secondo la scala geometrica di base 2 proposta da Preston (Gray, 1981).

3. RISULTATI

L'indagine oggetto di questo lavoro ha portato all'identificazione di 27 specie di macrozoobenthos (Tabella 1) per un totale di 533 individui.

Tabella 1 - Lista delle specie rinvenute e loro abbondanze (codificate) nei tre anni di studio

Policheti	*Diopatra neapolitana* (Delle Chiaje)	4	0	1
	Lumbrineris impatiens (Claparède)	0	1	0
	Nephthys hombergii (Savigny)	1	2	2
	Owenia fusiformis Delle Chiaje	1	1	0
	Stylarioides sp.	1	0	0
Gasteropodi	*Hinia incrassata* (Strom)	0	2	0
	Nassarius mutabilis (L.)	3	6	2
Bivalvi	*Abra alba* (W. Woo)	0	4	0
	Acanthocardia tuberculata (L)	6	5	5
	Corbula gibba (Olivi)	4	2	0
	Donax semistriatus Poli	3	1	0
	Dosinia lupinus (L)	0	1	0
	Mactra stultorum (L.)	6	5	1
	Montacuta ferruginosa (Montagu)	0	1	0
	Pandora inaequivalvis (L.)	1	0	0
	Solen marginatus Pennant	0	0	1
	Spisula subtruncata (Da Costa)	6	9	4
	Venerupis aurea (Glemlin in Linneo)	0	0	3
Crostacei	*Ampelisca brevicornis* (A. Costa)	7	3	2
	Apseudes latreilii (Milne-Edwards)	3	0	0
	Diogenes pugilator (Roux)	5	7	3
	Leucothoe occulta Krapp-Schickel	4	0	0
	Leucothoe serraticarpa Dalla Valle	0	1	0
	Liocarcinus vernalis (Risso)	0	2	1
	Urothoe pulchella (A. Costa)	3	0	0
Echinodermi	*Astropecten jonstoni* (Delle Chiaje)	0	0	1
	Echinocardium cordatum (Pennant)	1	0	0

Il taxon maggiormente rappresentato è quello dei Bivalvi con 11 specie seguito nell'ordine da Crostacei (7), Policheti (5) ed Echinodermi (2).

La quasi totalità delle specie rinvenute abitano le Sabbie Fini Ben Classate. Si conferma così (Morri et al., 1990) l'esistenza di una tipica biocenosi SFBC nello specchio marino antistante la foce del fiume Magra.

Nella figura 1 vengono riportati, codificati secondo la scala proposta da Preston, i valori delle abbondanze di alcune delle specie rinvenute.

Gli areogrammi sono stati costruiti riportando le 6 specie dominanti *(Spisula subtruncata, Mactra stultorum, Acanthocardia tubercolata, Diogenes pugilator, Ampelisca brevicornis, Nassarius mutabilis)* e raggruppando quelle scarsamente rappresentate sotto la voce altri.

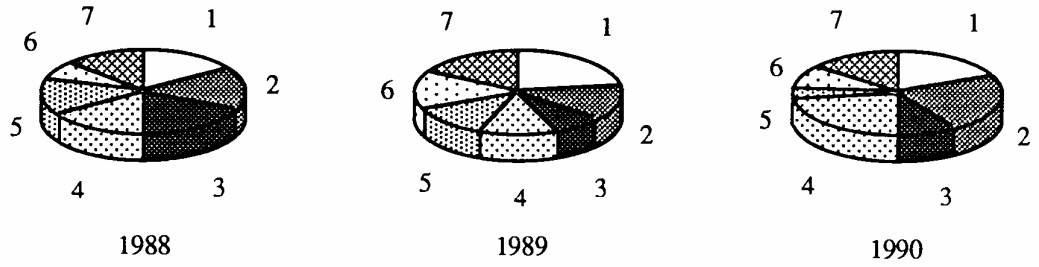


Fig 1 - Valori di abbondanza codificati secondo la scala geometrica proposta da Preston.
1 = *Spisula subtruncata*; 2 = *Diogenes pugilator;* 3 = *Nassarius incrassatus*; 4 = *Mactra stultorum*; 5 = *Acanthocardia tuberculata*, 6 = *Ampelisca brevicornis*; 7 = altri

Questa suddivisione permette di focalizzare che le 6 specie dominanti in termini di abbondanza sono anche persistenti nei tre anni. Esse rappresentano l'ossatura di sostegno della comunità.

Le stesse specie, pur numericamente ridotte, permangono anche nel 1990, anno in cui la comunità registra un generale impoverimento evidenziando un calo sia nelle abbondanze sia nel numero di specie.

In figura 2 vengono riportati gli andamenti delle abbondanze di queste specie nell'arco di 3 anni. In particolare merita sottolineare che *Spisula subtruncata, Diogenes pugilator, Nassarius incrassatus* mostrano una dinamica molto simile aumentando nel 1989 e calando nuovamente nell'anno successivo.

Dall'osservazione delle variazioni subite dall'intero quadro faunistico, nell'arco dei tre anni, si evidenzia, nell'estate 1989, un significativo aumento del bivalve *Spisula subtruncata* affiancato dalla comparsa di 5 nuove specie *(Montacuta ferruginosa, Abra alba, Hinia incrassata, Leucothoe serraticarpa, Lumbrineris impatiens)* destinate a scomparire l'anno successivo in concomitanza al calo di *Spisula.*

Infine nel panorama faunistico della comunità si individua un pool di specie caratterizzate da bassi valori di abbondanza la cui presenza appare del tutto occasionale.

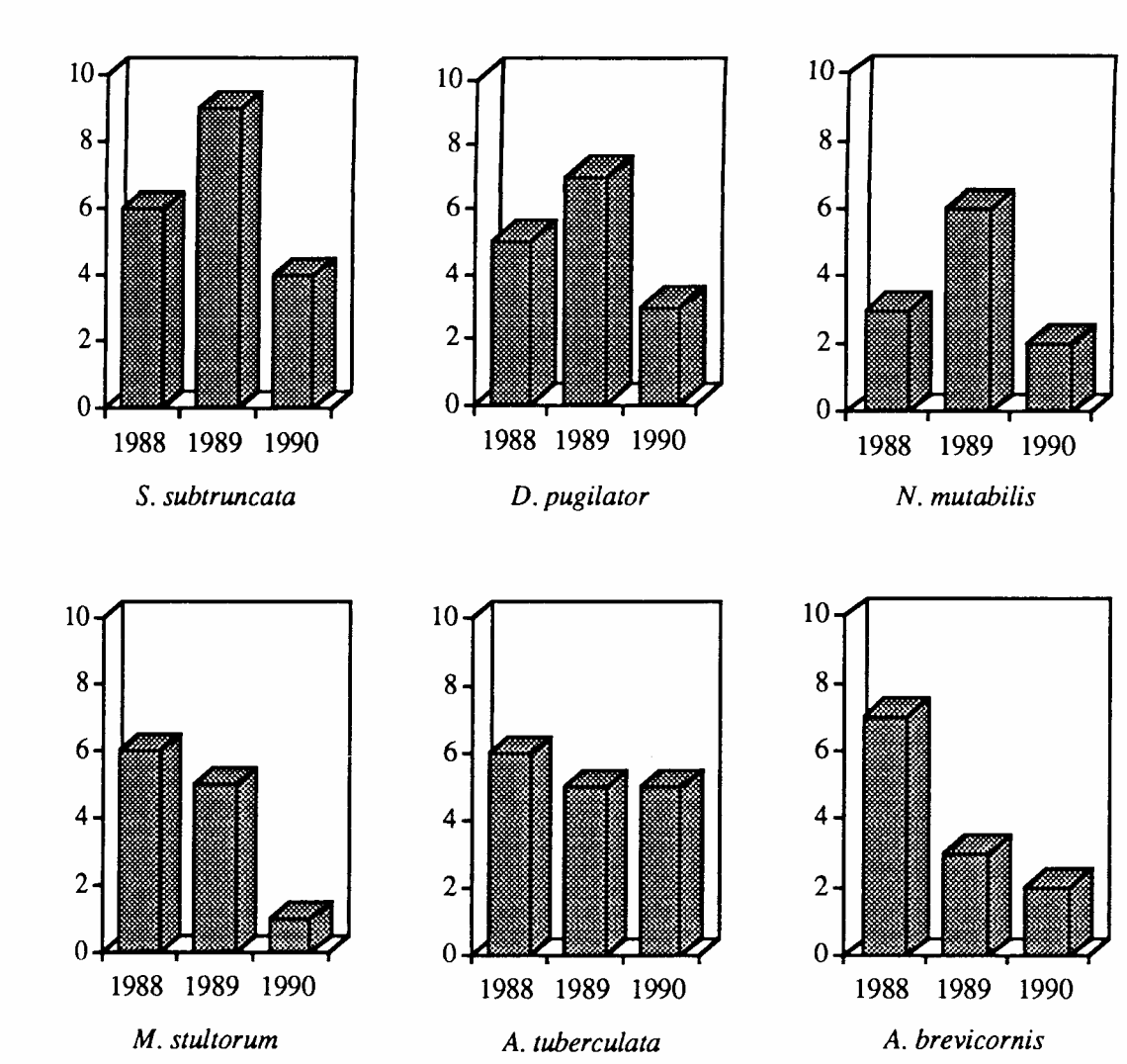


Fig 2 - Andamento dei valori di abbondanza codificati delle sei specie dominanti durante i tre anni di studio.

4. CONCLUSIONI

La struttura della comunità studiata appare ruotare attorno a tre gruppi di specie:
- 6 specie che nei tre anni permangono come specie dominanti,
-5 specie a rapido turn-over, la cui presenza appare strettamente legata al comportamento/dinamica di *Spisula,*
- un pool di specie occasionali il cui ruolo è poco chiaramente identificabile.

L'organizzazione osservata e le variazioni interannuali ad essa connesse, trovano, nella seguente ipotesi, una possibile chiave interpretativa.

Innanzi tutto la dinamica osservata appare essere il risultato di due ruoli chiave rivestiti da *Spisula subtruncata,* denominabili rispettivamente *effetto tampone ed effetto corteggio.*

Come noto, in una comunità aperta (Pérès, 1971) come quella in studio, caratteristicamente attraversata da flussi energetici intensi e variabili, la mancanza di un effetto stabilizzante comporterebbe rimaneggiamenti notevoli e stocastici a qualsiasi livello strutturale della comunità stessa, rimaneggiamenti che, nei casi più drastici, potrebbero addirittura comprometterne l'identità.

L'effetto tampone è interpretabile come un tentativo di arginare e contenere eventuali stravolgimenti strutturali di una comunità conseguenti all'ingresso di energie di disturbo.

Nel presente caso il ruolo di tampone viene rivestito dal bivalve *Spisula subtruncata.* che come filtratore, trasferisce materia ed energia dal plancton al benthos (Sarà, 1985) contribuendo ai processi di canalizzazione delle risorse facendo si che la loro dispersione non si manifesti unicamente come aumento dell'entropia del sistema.

L'esistenza di un pool di specie dominanti che permangono nei tre anni con contenute variazioni dei valori delle abbondanze, è interpretabile come conseguenza di un tale effetto. Queste specie vanno a costituire il nucleo centrale intorno al quale si organizza, e si struttura il resto della comunità.

L'effetto corteggio è, invece, conseguenza delle modificazioni che *Spisula* induce a livello del substrato tramite la liberazione di cataboliti (fecal pellets) (Pérès, 1971).

Concordemente a studi precedenti (Cocito et al., 1990), questo bivalve determinerebbe condizioni tali da favorire l'instaurarsi di un peculiare corteggio faunistico caratterizzato dalla dominanza di specie a strategia detritivora.

E' evidente che le modificazioni indotte a livello del substrato avranno ampiezza, e quindi effetti, commisurati all'abbondanza di *Spisula.* L'effetto corteggio si manifesta maggiormente nell'estate del 1989 cioè in concomitanza del boom di questo bivalve. Durante quest'anno si assiste alla temporanea comparsa di un pool di 5 specie prevalentemente detritivore destinate a sparire l'anno successivo quando la stessa *Spisula* subisce un forte decremento numerico.

La struttura della comunità sembra quindi dipendere principalmente dal successo del reclutamento di *Spisula subtruncata.* Il boom di una specie caratteristicamente r-stratega e come tale in grado di sfruttare opportunamente la risorse presenti, potrebbe comportare, per esclusione competitiva di altre specie (Paine, 1966), un calo di equitabilità e ricchezza specifica. In realtà *Spisula* se da una parte sfrutta le risorse, dall'altra le diversifica, rendendole disponibili ad altre specie la cui comparsa è responsabile di un incremento locale della diversità (De Biasi, 1991).

È verosimile che le stesse specie corteggio contribuiscano ad amplificare e rafforzare l'effetto tampone: le loro ampie fluttuazioni assorbono e minimizzano le oscillazioni a carico dell'intero ecosistema.

Si può quindi ipotizzare che all'interno della comunità studiata esistano fondamentalmente due compartimenti che interagiscono e collaborano nel determinare e mantenere l'organizzazione della comunità.

Il primo, costituito dalle specie dominanti e permanenti nei tre anni, rappresenta il nucleo organizzativo di base. Questa componente costante permette alla comunità di conservare (resistenza) di anno in anno la propria identità.

Il secondo è rappresentato dalle specie corteggio ed in minor misura dalle specie occasionali. Questa componente (resilienza) a rapido tura over amplifica l'effetto tampone esercitato da *Spisula* contribuendo a stabilizzare la componente resistente della comunità.

Una tale organizzazione che può essere definita "mista" s'inquadra perfettamente nel contesto di una comunità aperta come quella studiata.

Essa infatti non è soggetta ad eventi imprevedibili e pertanto tali da giustificare una strategia esclusivamente resiliente, d'altra parte gli input energetici hanno un'intensità ed una variabilità tale da non poter essere controllati con una strategia unicamente resistente.

Resilienza e resistenza, pertanto, concorrono, cooperano e si integrano nel mantenimento della comunità (Fig. 3).

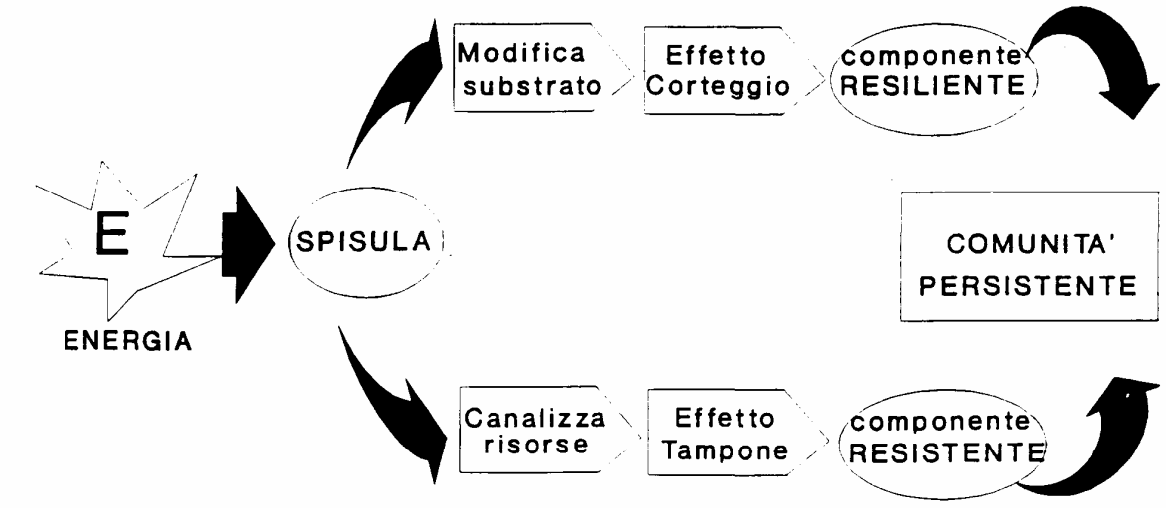


Fig 3 - Schema del meccanismo dinamico ipotizzato per la comunità studiata (spiegazione nel testo).

Se, infine, non si fa riferimento al tipo di risposta che può far seguito ad una perturbazione, la comunità studiata può essere definita persistente secondo il criterio proposto da Connell & Scusa (1983) cioè in grado di conservare una struttura organizzativa di base riconoscibile nel tempo.

E' chiaro che le conclusioni riportate sono da considerarsi solo una possibile chiave interpretativa di quanto osservato. Studi ulteriori più dettagliati permetteranno di corroborare o smentire queste interpretazioni consentendo, inoltre, di verificare se una tale dinamica è più strettamente legata al comportamento di *Spisula o* risulti piuttosto, come emerso in studi simili (Ambrogi et al., 1990), conseguenza della "disturbance" *(sensu* Sousa, 1984) identificabile con le fluttuazioni stagionali dei fattori ambientali.

In questa sede si è tentato comunque di sottolineare come la dinamica di una comunità aperta non dipenda solo da fattori ecologici ed ambientali, ma anche dall'abbondanza dei nuovi individui che ne entrano a far parte (Lewin, 1986).

RINGRAZIAMENTI

I dati relativi ai campionamenti del 1988 sono stati gentilmente forniti da S. Covre.

Si ringraziano C.N. Bianchi per gli indispensabili consigli scientifici e la revisione del testo e V. Damiani per avermi introdotta nel gruppo di lavoro del Centro ENEA CRAM di La Spezia.

BIBLIOGRAFIA

Ambrogi, R., D. Bedulli & G. Zurlini. 1990. Spatial and temporal patterns in structure of macrobenthic assemblage. A three-year study in the Northern Adriatic Sea in front of the Po river delta. *P.S.Z.N. Mar. Ecol,* 11(1): 25-41.

Begon, M., J. Harper & C.R Townsend. 1989. Stabilità delle comunità e struttura delle comunità. In: Ecologia. Zanichelli, Bologna: 735-755.

Cocito, S., S. Covre, C. Moni & C.N. Bianchi. 1990. Dinamica stagionale di una comunità di Sabbie Fini Ben Calibrate nel Mar Ligure Orientale. *Atti IX Cong. A.I.O.L.* S. Margherita Ligure, 20-23 Novembre 1990: 341-350.

Connell, J.H., W.P. Sousa. 1983. On the evidence needed to judge evological stability orpersistence. *Am. Nat.,* 121 (6): 789-824.

De Biasi, A.M.1991. Zonazione del benthos nell'estuario del fiume Magra: variazioni compositive e strutturali a diversi livelli tassonomici. Università degli Studi di Pisa. Tesi di laurea in Scienze Biologiche: 1-155.

Gray, J.S. 1981. The ecology of marine sediments. Cambridge University Press, Cambridge: 1-185.

Gray, J.S., V. Valderhaug & K.I. Ugland. 1985. The stability of a benthic community of soft sediment. In: 19 th European Marine Biology Symposium. Gibbs (ed). Cambridge University Press: 245-253.

Hutchinson, G.E. 1959. Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? *Am. Nat.,* 93: 145-159.

Lewin, R. 1986. Supply-side ecology. *Science,* 234: 25-27.

Mac Arthur, R.H. 1955. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecology ,* 36: 533-536.

Morri, C., A. Castelli, G. Diviacco, M. Mori & C.N. Bianchi. 1990. Zonazione di comunità bentiche lungo l'estuario della Magra. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem.,* 97: 311-327.

Murdoch, W.W. 1970. Population regulation and population inertia. *Ecology,* 40: 580-588.

Orians, G.H. 1974. Diversity, stability and maturity in natural ecosystems. In: Unifying concepts in ecology. Dobben and Lowe-McConnell (eds): 139-150.

Paine, R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. *Am. Nat.,* 100: 65-75.

Pérès, J.M. 1971. Considerations sur la dynamique des communautés bentiques. *Thal. Jug., 1* (1): 247-277.

Sarà, M. 1985. Persistence and changes in marine benthic communities. *Nova Thalassia, 1* (7): 7-30.

Sousa, W.P. 1984. The role of the disturbance in natural communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.,* 15: 353-391.

Atti dell 10^0 Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 563 a pag. 573

PHYTOBENTHIC COMMUNITDCS IN THE CIRCALITTORAL SOFT BOTTOMS OF THE TYRRHENIAN SEA (MEDITERRANEAN)

Daniela BASSO

Dip.to di Scienze della Terra, Università di Milano

RIASSUNTO

Nel corso delle crociere oceanografiche svolte negli anni 1988-89 è stata realizzata una fitta rete di campionamento dei fondi mobili dell'Arcipelago Toscano e Ponziano (progetto TSM). Scopo di questo lavoro è lo studio della distribuzione del macrofitobenthos (ad esclusione delle Corallinaceae) nelle diverse biocenosi e facies riconosciute; in particolare, nell'ambito del Detritico Costiero si è cercato di interpretare le associazioni vegetali in funzione della variabilità dei principali fattori edafici.

In 33 campioni ottenuti con benna sono state riconosciute 93 specie algali macrobentoniche; in base alle rispettive dominanze si è proceduto ad una analisi multivariata su base quantitativa (MDS). Sono stati così individuati alcuni aspetti e facies del Detritico Costiero. I "fondi a *Peyssonnelia* libere calcificate" sembrano richiedere un idrodinamismo più intenso rispetto a quelli "a *Peyssonnelia* libere non calcificate", che appaiono invece più tolleranti rispetto ad una maggiore velocità di sedimentazione. In alcuni casi, la presenza di concrezioni a corallinacee consente lo sviluppo di specie sciafile di substrato duro, determinando una forte affinità delle associazioni per il coralligeno.

1. INTRODUCTION

The TSM project (Taphonomy and Sedimentology of the Mediterranean shelf; Basso et al., 1990) is devoted to the study of the relationship between soft bottom benthic assemblages and the biogenic remains which can undergo fossilization. This research is grounded on the need to face old specific problems (biological, sedimentological and palaeontological) by a multidisciplinary approach, in order to avoid the fragmentation of the data into many sealed sectors and the final lost of the environmental signature.

Benthic macro-algal communities colonizing Mediterranean circalittoral soft bottoms are still poorly studied, though they can constitute an important fraction of the biocoenosis. Macroalgae can be responsible of important changes in the quality of available substrato for a large number of invertebrates, for which they represent food or simply a shelter.

Modern studies on phytobenthic communities are grounded on direct underwater

sampling by SCUBA diving. In the Western Mediterranean, the zone of development of circalittoral soft bottoms, above the depth of disappearance of macroalgal communities, ranges approximately between 40 and 90 m, depending on local combination of climatic and edaphic factors. Thus the Coastal Detritic community (=DC; Pérès, 1982) usually develops beyond the directly explorable bottoms, and this fact has limited the improvement of knowledge of its algal fraction. Actually, papers dealing with DC flora are usually based on indirect sampling, namely dredging or grabbing, and results are consequently qualitative (e.g. Augier & Boudouresque, 1978).

A statistical study of DC algal community based on a quantitative approach was needed, in order to better define the macroalgae distribution and their contribution to the differentiation of the biocoenosis.

2. INVESTIGATED AREA AND METHODS

Grab samples have been collected during 1988-1990 cruises in Arcipelago Toscano and 1989 cruises in Arcipelago Ponziano by the R/V Minerva (TSM project).

Two cruises have been devoted each year to each archipelago, during early summer and late autumn respectively, in order to minimize problems connected with seasonality. During the 1988 summer cruise to A. Toscano only few grab samples were collected, as the aim of the work was an initial dredge survey of the area. This is the reason why also 1990 summer cruise to A. Toscano is considered here. No site was sampled in both seasons.

A modified Van Veen grab, 50 1 volume, 2500 cm^2 sampling surface has been used for almost ali samples. In some instances a Van Veen grab 25 1 volume, 1250 cm^2 sampling, has been used, and a variable number of replicates has been obtained.

In a bathymetric interval ranging from 27 to 250 m, 314 grab samples have been collected, but only 40 of them (about 13%) showed living macroalgae (corallinaceans are not considered here). For statistical analysis, only samples with more than one taxon, recognizable at species level, have been retained. The final list of 33 stations is reported in Table 1.

Ali algal samples have been put in 4% formalin solution with sea water. Their abundance has been quantified as cm^2 of covered surface; these data have been transformed as R*i* (= covering percentage of / species; Boudouresque, 1970), with the assumption that the sampled surface corresponds to the opening of the grab jaws.

2.1 Statistical treatment of data

Original R*i* data have been double-square root transformed, and species with p <3% in each sample have been removed; this procedure is necessary to simplify the interpretation of data structure, by eliminating species scarcely contributing to similarity between samples and by limitating the contribution of most abundant, ubiquitous species (Field et al., 1982).

This data base has been used for jerarchical agglomerative clustering based on the Bray-Curtis similarity (Fig. 1). On the basis of the same similarity matrix, samples have

been ordinated by MDS (non-metric MultiDimensional Scaling) (Fig.2).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The study of the 33 grab samples with more than one algal species has led to the identification of 93 taxa (Table 2). The stress for the MDS graphic (3-D) is 0.1075. This stress value corresponds to a quite good representation of the data.

3.1 Statistical groups

At the 15% level of Bray-Curtis similarity, four super-groups separate (A to D, Figs.1 and 2). At the 35% level of B-C similarity, these four super-groups are furtherly divided, and seven Statistical groups can be identified.

Cluster A encompasses 4 stations, all characterized by decimetric algal concretions (rhodoids/rhodoliths). On the basis of the sediment texture, the molluscan fauna and the calcareous flora (presence of *Pseudolithophyllum racemus,* exclusive SGCF species) station 31 shows the strongest affinity for the SGCF biocoenosis (typical of soft substrates when bottom currents are present; Pérès, 1982). The similarity of this station

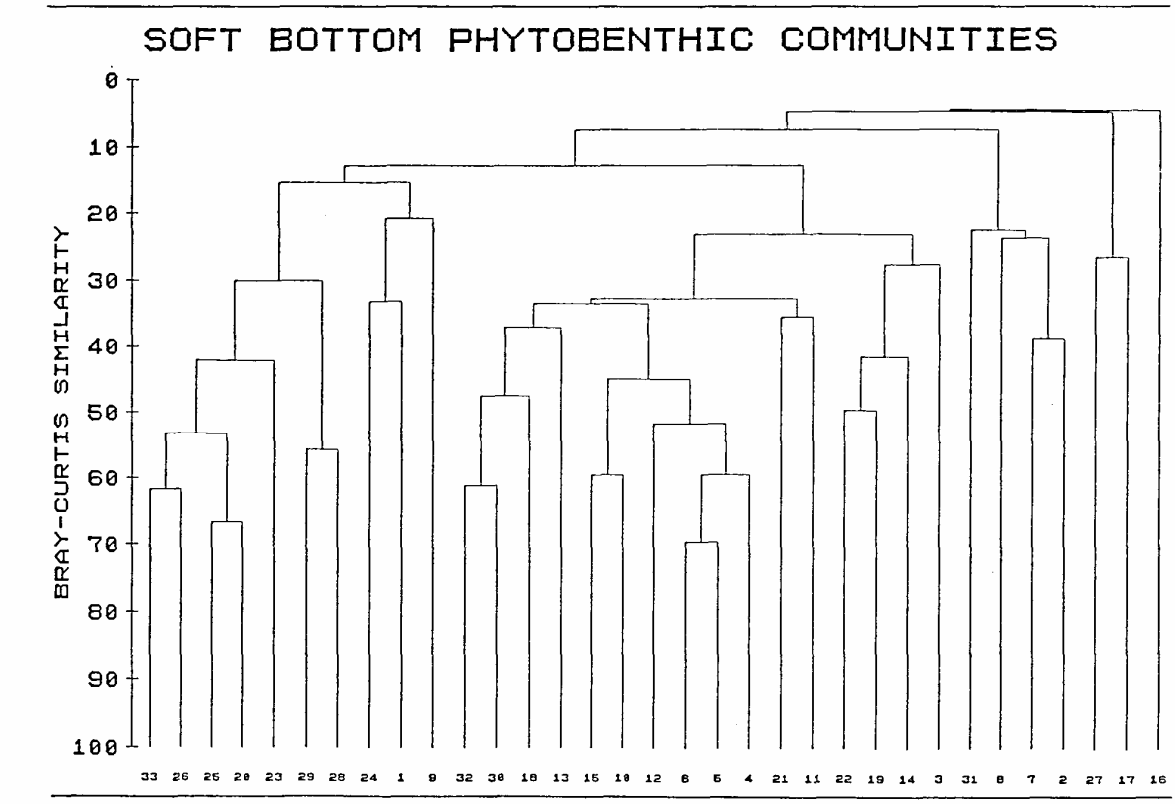
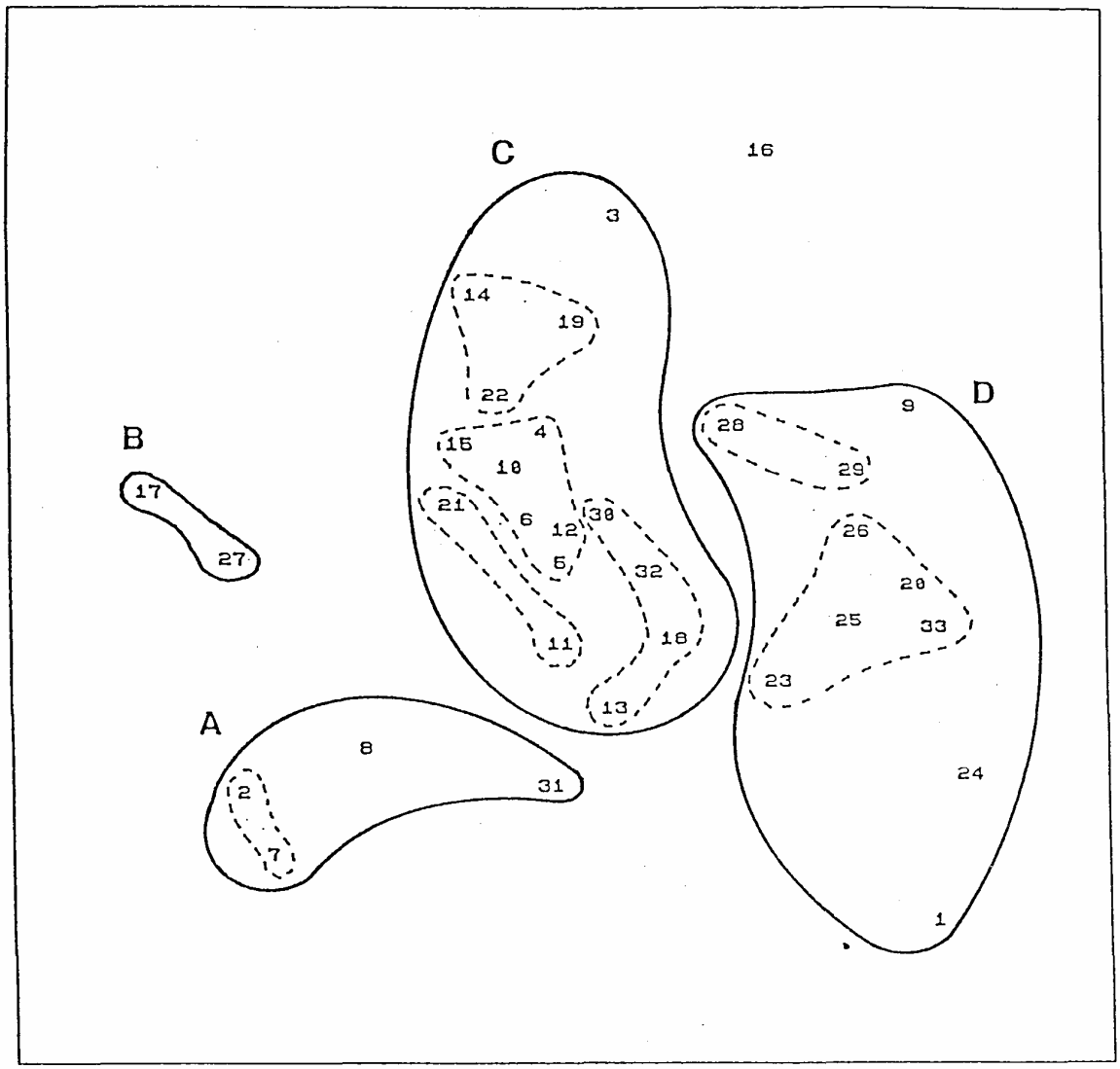


Fig.1. Dendrogram based on Bray-Curtis similarities. Data have been double-square root transformed, p>3%.

with others in super-group A is due to the presence of *Peyssonnelia stoechas,* colonizing the surface of some rhodoliths; the same species is responsible for the similarity between the two stations of group 7, inside cluster A (see Table 3); however,



clusters at 15% level of Bray-Curtis similarity

clusters at 35% level of Bray-Curtis similarity

GROUP	STATIONS
1	20,23,25,26,33
2	28,29
3	13,18,30,32
4	4-6,10,12,15
5	11,21
6	14,19,22
7	2,7

Fig.2. MDS (Multi-Dimensional Scaling). Clusters A-D are defined at 15%; groups 1-7 are defined at 35% level of B-C similarity in the dendrogram of fig.1. Stress (3-D) = 0.1075

Table 1. Description of the studied stations. ELB=Elba Is., MCR=Montecristo Is., SAP=submarine relief between Scoglio d'Africa and Pianosa Is., CPP=Channel between Palmarola Is. and Ponza Is., PAL=Palmarola Is., PON=Ponza Is.

n	name	depth (m)	lat.	long.	loc.
1	min88aube11	42	42.4913	10.2652	ELB
2	min90ebe24	86	42.1862	10.1904	MCR
3	min90ebe38-39	76	42.2614	10.0528	SAP
4	min90ebe41-43	63	42.2602	10.0595	SAP
5	min90ebe44-45	60	42.2620	10.0686	SAP
6	min90ebe46-47	56	42.2441	10.0663	SAP
7	min90ebe55	98	42.2797	10.0494	SAP
8	min90ebe58-60	70	42.2800	10.0600	SAP
9	min90ebe70	47	42.4422	10.2022	ELB
10	min89ebe19	75	40.5419	12.5234	CPP
11	min89ebe32-41	77	40.5332	12.5375	CPP
12	min89ebe42	68	40.5444	12.5385	CPP
13	min89ebe43	65	40.5442	12.5385	CPP
14	min89ebe44	63	40.5441	12.5397	CPP
15	min89ebe96	84	40.5648	12.5805	PON
16	min89ebe108-111	79	40.5431	12.4956	PAL
17	min89ebe127-128	43	40.5477	12.5171	CPP
18	min89ebe134-136	61	40.5382	12.5436	CPP
19	min89ebe144-146	67	40.5387	12.5314	CPP
20	min89ebe158	46	40.5494	12.5208	PAL
21	min89ebe176	68	40.5451	12.5301	CPP
22	min89ebe177	65	40.5458	12.5278	CPP
23	min89ebe197	36	40.5430	12.5526	PAL
24	min89ebe206	72	40.5265	12.5544	PON
25	min89abe42bis	64	40.5531	12.5956	PON
26	min89abe49bis	54	40.5519	12.5904	PON
27	min89abe60	68	40.5535	12.5248	PAL
28	min89abe96	30	40.5675	12.5040	PAL
29	min89abe97	27	40.5663	12.5042	PAL
30	min89abe103	69	40.5621	12.4944	PAL
31	min89abe104	51	40.5564	12.4982	PAL
32	min89abe105	60	40.5537	12.4938	PAL
33	min89abe113	44	40.5773	12.5027	PAL

AVERAGE SIMILARITY WITHIN GROUPS

(up to at least 90% of total similarity)

GROUP 1	%
Udotea petiolata	35.28
Vidalia volubilis	29.80
Rytiphloea tinctoria	27.88
	92.96

GROUP 2	%
Udotea petiolata	98.53

GROUP 3	%
Peyssonnelia squamaria	20.74
Peyssonnelia crispata	15.67
Aglaozonia chilosa	12.58
Udotea petiolata	10.62
Vidalia volubilis	8.71
Peyssonnelia bornetii	6.66
Dasyopsis plana	4.38
Peyssonnelia rubra	4.23
Peyssonnelia rosa-marina	3.79
Phyllophora nervosa	2.06
Palmophyllum crassum	2.00
	91.43

GROUP 4	%
Peyssonnelia rubra	39.44
Halopteris filicina	15.16
Peyssonnelia harveyana	13.66
Peyssonnelia rosa-marina	9.76
Peyssonnelia bornetii	8.21
Dictyota dichotoma	3.69
Peyssonnelia crispata	3.35
	93.27

GROUP 5	%
Peyssonnelia bornetii	53.34
Botryocladia boergeseni.	32.41
Dasyopsis plana	11.00
	96.75

GROUP 6	%
Peyssonnelia rubra	41.59
Aglaozonia parvula	27.71
Peyssonnelia rosa-marina	10.29
Dictyota dichotoma intricata	9.62
Palmophyllum crassum	6.47
	95.68

GROUP 7	%
Peyssonnelia stoechas	99.99

Table 3. Species contribution to the average similarity within groups, defined in the dendrogram at the 35% level of Bray-Curtis similarity.

1=Acetabularia acetabulum	PhIC
2=Aglaothamnion tenuissimum	SC
3="Aglaozonia chilosa" stadium	SC
4="Aglaozonia melanoidea" stadium	SSBf
5="Aglaozonia parvula" stadium	PhI
6=Antithamnion cladodermum	CC
7=Antithamnion plumula var. bebii	SC
8=Antithamnion tenuissimum	CCT
9=Apoglossum ruscifolium	SIC
10=Audouinella daviesii	ISR
11=Botryocladia boergesenii	SC
12=Botryocladia botryoides	SSBc
13=Carpomitra costata	SRh
14=Caulerpa prolifera	PhIM
15=Centroceras cinnabarinum	
16=Ceramium bertholdi	CC
17=Ceramium codii	SC
18=Chondria dasyphylla	PhIC
19=Chondria tenuissima	PhIC
20=Chroodactylon ornatum	
21=Cladophora prolifera	AS
22=Codium bursa	PhIC
23=Contarinia squamariae	SC
24=Cruoria cruoriaeformis	CCT
25=Cryptonemia lomation	SC
26=Cryptonemia tunaeformis	SM
27=Dasya rigidula	
28=Dasyopsis cervicornis	
29=Dasyopsis plana	CCT
30=Dasyopsis spinella	CCT
31=Dictyopteris membranacea	SI
32=Dictyota dichotoma var. dichotoma	PhIC
33=Dictyota dichotoma var. intricata	PhIC
34=Dictyota linearis	SC
35=Dilophus fasciola	PhIC
36=Dilophus fasciola var. repens	PhIB
37=Erythroglossum sandrianum	SC
38=Fosliella farinosa	SC
39=Pneophyllum zonale	SIC
40=Gloiocladia furcata	CCT
41=Griffithsia schousboei	SCIT
42=Gymnogongrus crenulatus	SSBf
43=Halimeda tuna	AS
44=Halodictyon mirabile	SCI
45=Halopteris filicina	SCIT
46=Haraldia lenormandii	SI
47="Hymenoclonium serpens" stadium	SC
48=Hypoglossum woodwardii	SIC
49=Kallymenia microphylla	SC
50=Kallymenia reniformis	SC
51=Kallymenia spathulata	SM
52=Laurencia obtusa	PhI
53=Laurencia microcladia	PhIT
54=Laurencia pelagosae	SRh
55=Lithoderma adriaticum	PhI
56=Lomentaria clavellosa	SI
57=Lomentaria linearis	CC
58=Lomentaria verticillata	SCI
59=Lophosiphonia scopulorum	
60=Mesogloia vermiculata	SCI
61=Neurocaulon foliosum	SC
62=Palmophyllum crassum	SIC
63=Peyssonnelia bornetii	SC
64=Peyssonnelia crispata	SC
65=Peyssonnelia dubyi	ISR
66=Peyssonnelia harveyana	SC
67=Peyssonnelia orientalis	SC
68=Peyssonnelia rosa-marina rosa-marina	SM
69=Peyssonnelia rosa-marina saxicola	
70=Peyssonnelia rubra	SC
71=Peyssonnelia squamaria	SCIT
72=Peyssonnelia stoechas	
73=Phyllophora nervosa	SI
74=Polysiphonia elongata	CC
75=Polysiphonia flocculosa	
76=Polysiphonia subulifera	CC
77=Pseudochlorodesmis furcellata	SIC
78=Radicilingua thysanorhizans	SC
79=Rhodymenia ardissonei	SIC
80=Rytiphloea tinctoria	PhIT
81=Spermothamnion johannis	CC
82=Sphaerococcus rhizophylloides	SM
83=Sphacelaria cirrosa	PhI
84=Sphacelaria furcigera	SSBc
85=Sphacelaria plumula	CCT
86=Sphondylothamnion multifidum	CC
87=Spyridia filamentosa	PhIT
88=Stylonema alsidii	ISR
89=Udotea petiolata	AS
90=Ulvella setchelli	
91=Valonia macrophysa	SC
92=Vidalia volubilis	AS
93=Zanardinia prototypus	SC

Table 2. List of the species. The ecological group of attribution is indicated

group 7, with mean depth of 92 m, represents a very deep facies of DC, dose to the transition with the shelf-edge detritic biocoenosis (=DL; Pérès, 1982).

Cluster B encompasses two DC stations sharing only one species, *P. crispata.* In both stations several species of corallinaceans are present, thus no interpretation concerning this group can be done in absence of data on the calcareous flora.

Cluster C divides in four groups at a 35% level of Bray-Curtis similarity (groups 3 to 6). Stations of group 3 are located at a mean depth of 64 m. Two species of *Peyssonnelia, P. squamaria* and *P. crispata,* contribute to over 36% of the average similarity within this group (Table 3). *P.crispata* has an important hypobasal calcification accounting for its rigidity. Moreover, *P.rosa-marina* f. *rosa-marina,* the only completely calcified peyssonneliacean known to live in Mediterranean circalittoral soft bottoms, reaches in this group of stations the highest average abundance (Basso, in press). On the basis of these observations, this group is dose to the facies of "free calcareous *Peyssonnelia".* However, in station 30, and partially, in station 32, several rhodoids (living corallinaceans) were recovered. The presence of these algal concretions together with abundant calcareous *Peyssonnelia* is not usual, nor typical of the true facies.

Group 4 encompasses six stations with mean depth of 68 m. Peyssonneliaceans still account for over 74% of total average similarity of stations within the group; however, calcified *Peyssonnelia* contribute for only 13.11%, while non-calcified peyssonneliaceans, mainly *P.rubra,* contribute for over 61%. Thus this group can represent the facies of "free non-calcified *Peyssonnelia"* of the DC (Bourcier, 1981).

Two stations with a mean depth of 72 m are placed in group 5. Calcified peyssonneliaceans are absent. Living corallinaceans are rare in station 21 and absent in station 11 ; however, in the latter, several rhodoliths are present, whose dead surface is colonized by abundant thalli of *Palmophyllum crassum.* The main contributors to the total average similarity within the group are *P.bornetii,* present in both stations with weak abundance, *Botryocladia boergeseni,* often growing in the centimetric cavities of rhodoliths, and *Dasyopsis plana,* typically epiphytic on peyssonneliaceans and on calcareous algae. *P. stoechas,* present in this group, also was recovered living on largest algal concretions. According to the sediment texture and the molluscan fauna, station 11 has some affinities for the "coralligenous" and for the SGCF biocoenoses; this seems reasonable, owing to the presence of rhodoliths and the possible existence of bottom currents in the channel between Ponza and Palmarola Islands.

Group 6 is composed of three stations, with a mean depth of 65 m. *P. rubra* contributes to over 41% of average similarity within group, but its mean abundance is much lower than in group 4. *Aglaozonia parvula* accounts for about 28% of average similarity within group 6; several little thalli of this species were found adhering to largest bioclasts. The same was observed for *P. crassum.* Stations in this group appear to belong to an undifferenced DC community (Pérès & Picard, 1964).

Cluster D is divided into groups 1 and 2 at the 35% level of Bray-Curtis similarity. The green alga *Udotea petiolata* is the major contributor to the total similarity within cluster D and within groups 1 and 2. Actually, in both these groups the presence of *Posidonia* remains (rotting leaves and rhizomes) was recorded. In group 1 the mean depth is 49 m, and most stations show evidence of sedimentary instability, due to the

seasonal input from the neighbouring *Posidonia* meadows. Sometimes (station 26) this condition evolves to a more stable one, owing to the linking power of the rhizoids of *U.petiolata, Rytiphloea tinctoria* and *Vidalia volubilis* (Basso, in press). On the other hand, in group 2 (mean depth 28 m) only *U.petiolata* is present, growing on dead *Posidonia* rhizomes, and no tendence to fixation of the bottom is apparent. Moreover, stations 1 and 24, on the basis of the molluscan fauna and of the mixed sediment with important mud fraction (<0.063 mm; Basso et al., 1990) can be attributed to a DC/DE transition.

The MDS ordination of the seven groups (Fig.2) shows that the depth gradient is directed from the right side of the picture (cluster D) to the left, group 7 being the deepest. Actually cluster D lies at the boundary with the infralittoral zone, as the strong influence of Posidonietum and the shallow depth suggest.

3.2 Ecological groups

The characterization of the seven statistical groups based on the ecological groups (Boudouresque, 1984) is resumed in Table 4. The shallowest stations (groups 1 and 2), at the boundary with the infralittoral zone, correspond to the highest percentage of AS and PhIT species. Thus, the position of cluster D in the MDS (Fig.2) reflects a

Group mean depth (m)	Group no	Ecological groups (%) CCT	AS	SQ	SIQT	SIC	SStB	PhI	PhIT	PhIQ
28	2		98							
49	1		65						28	
64	3	4	19	39	21	2	4			
65	6			42		6	10	28		10
68	4			65	15		10		4	
72	5	10		80						
92	7									

Table 4. The statistical groups described by ecological groups:
PhI = Photophilous, infralittoral;
PhIT = Photophilous, infralittoral, thermophilous;
PhIQ = Photophilous, infralittoral quite environment;
SIC = Sciaphilous, infral. and circalittoral;
SQ = Sciaphilous, relatively quite environment;
SIQT = Sciaphil. infral., relat. quite environment, tolerant;
AS = Antisciaphilous;
CCT = Coralligenous concretion.
SStB = Sciaphilous, soft bottoms.

decreasing intensity of light from right to left, along the depth gradient.

Coastal detritic community (DC) corresponds to the phytocoenosis of the *Lithothamnio-Lithophylletum soluti* defmed by Giaccone (1965). Owing to recent changes in algal nomenclature, this phytocoenosis should be called *Phymatolitho-Lithothamnietum corallioides.* Despite the large variability of physionomy of DC bottoms, these are thought to belong to the same phytocoenosis and biocoenosis (Augier & Boudouresque, 1978; Augier, 1982;Pérès, 1982).

Group 3, with the highest affinity for the DC facies of "free calcareous *Peyssonnelia",* is charachterized by 19% of AS species, and 66% of species belonging to several schiaphilous ecological groups, mainly SC and SCIT. Within group 3 also CCT and AS species are represented. CCT species are also present in group 5; in both these stations, the presence of algal concretions (rhodoids/rhodoliths) explains the development of species normally confined to hard substrates. Group 4 and 6 seem to differe mainly for the photophilous species; they amount to 38% in group 6 and are only 4% in group 4, at about the same mean depth. Group 5 and 7, somewhat aligned across the lower left quarter of the MDS (Fig.2) are put together by the presence of rhodoids/rhodoliths; actually the MDS shows a gradient from the DC concretioning in group 5 to the DC/DL concretions of group 7. On the opposite direction, the position of DC/DL stations 1 and 24 seems to suggest a gradient of increasing muddy input from cluster C to lower right cluster D.

4. CONCLUSIONS

As already suggested (Blanc, 1968), DC bottoms show two possible evolutionary trends: the concretioning and the drowning; the alternative pathways being conditioned by the sedimentary rate. In the studied soft bottoms of Tyrrhenian Sea, MDS ordination seems to confirm this doublé tendency.

Quantitative data allowed to breakdown DC bottoms of the investigated area into particular aspects or facies. The position of "free calcified *Peyssonnelia"* bottoms (statistical group 3) is at the boundary with groups of stations (cluster D) submitted to higher light intensity and sedimentary rate, and among which further differentiation seems to be due to a variable stability of the bottoni under different levels of hydrodinamic. Besides, the same group 3 is dose to some current winnowed bottoms with DC/SGCF affinity. The "free non-calcified *Peyssonnelia"* bottoms are well separated, and their position in the MDS plot seems to suggest a minor demand of current winnowing events.

The presence of living and/or dead coralline algal concretions is a major factor in controlling the distribution of some soft-bodied algal species typical of hard-bottoms. On the basis of preliminary observations the same is true for molluscan fauna (Basso, 1993). Results of the present investigation will allow a future integration with macro-zoobenthic communities data resulting from the TSM project cruises (Basso et al., 1990) in a interdisciplinary approach. A better interpretation of the distribution of corallinacean red algae coming from the same samples, for which studies are still in progress (Basso, 1992), will be also possible from the utilization of this work.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks are due to Prof. C. Corselli for critical reading of the manuscript. I am indebted with Prof. F.Cinelli, I. Papi, S.Lenzini, G.Pardi and L.Benedetti Cecchi for suggestions and helpful discussions, and for giving access to their literature on macrophytobenthos. Funds MURST 40% to C.Corselli.

REFERENCES

Augier, H. 1982. Inventaire et classification des biocenoses marines benthiques de la Méditerranée. Comité européen pour la sauvegarde de la nature et des ressources naturelles. Conseil de l'Europe, Strasbourg, 59 pp.

Augier, H. & C.F. Boudouresque. 1978. Végétation marine de l'Ile de Port-Cros (Pare National) XVI: contribution a l'étude de l'épiflore du Détritique Côtier. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros,* 4:101-125.

Basso, D. 1992. Le rodoficee calcaree dei fondi mobili circalitorali del Mar Tirreno: le "redoliti" attuali in una prospettiva paleoecologica. Univ. Studi Milano, unpubl. Ph.D thesis.

Basso, D. 1993. Considerazioni sulla distribuzione di *Acmaea virginea* (O.F. Mueller, 1776) (Gastropoda, Acmaeidae) in tanatocenosi tirreniche. *Boll.Mal,* 22 (5-12):177-186.

Basso, D. in press. The calcareous alga *Peyssonnelia rosa- marina* f. *rosa-marina* Boudouresque & Denizot, 1973 (Rhodophyceae, Peyssonneliaceae) in circalittoral soft bottom of Tyrrhenian Sea. *Quad. Civ. Staz. Idrobiol. Milano,* 17.

Basso, D., C. Corselli & S. Giacobbe. 1990. Processi tafonomici e sedimentari sulla piattaforma continentale del Mediterraneo. Arcipelago Toscano. *Rapporti,* 4, Dip.to di Biol. Anim. ed Ecol.Mar., Messina.

Blanc, J.J. 1968. Sedimentary geology of the Mediterranean sea. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann.Rev.,* 6:377-454.

Boudouresque, C.F. 1970. Recherches de bionomie analytique, structurale et experimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). These Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille Luminy, France, 624 pp.

Boudouresque, C.F. 1984. Groupes ecologiques d'algues marines et phytocoenoses benthiques en Méditerranée nord-occidentale: une revue. *Giorn. Bot. ital,* 118, suppl.2:l-29.

Bourcier, M. 1981. Nouvelles localisations de quelques facies des fonds détritiques côtiers dans le Pare National de Port-Cros (France, Méditerranée). *Rapp. Comm. int. Mer Medit.* 27(2): 121-122.

Field, J.G., K.R. Clarke & R.M. Warwick. 1982. A Practical Strategy for Analysing Multispecies Distribution Patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.,* 8:37-52.

Giaccone, G. 1965. Le fitocenosi marine nel settore rosso di Capo Zafferano (Palermo). *Lav. Ist. hot. Giard. Col. Palermo,* 22:1-69.

Pérès, J.M. 1982. Structure and dynamics of assemblages in the benthal. In *Marine Ecology,* O.Kinne Ed., Wiley & Sons, v. 5, part 1:119-185.

Pérès, J.M. & J. Picard. 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Red. Trav. Stn. mar. Endoume,* 31,47:137 pp.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 575 a pag. 585

DISTRIBUZIONE DEI MINERALI ARGILLOSI NEI SEDIMENTI DELLA PIATTAFORMA CONTINENTALE COMPRESA TRA CAPO MORTOLA ED ALASSIO (LIGURIA OCCIDENTALE)

Nicola CORRADI*, Massimo SETTI**, Sergio TUCCI* e Marco FERRARI*

*Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Genova
**Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pavia

SUMMARY

The morphological and sedimentary features of the Continental shelf stretching from Capo Mortola to Alassio are illustrated.

The results of seismic survey carried out with high resolution profiles, allowed the identification of different phases of the continental shelf evolution and of the thickness of holocene deposits, which, in particular, is greater in the western part of each pelitic sedimentary body, in accordance with the drift current from cast to west.

The textural analysis of the sediments has allowed the reconstruction of the map of distribution: this has shown a regularity in the sedimentation process, with the sandy fraction located only in two areas in the immediate coastal belt in front of F. Roia and T. Merula mouths, and the pelitic fraction progressively increasing towards the deeper side.

As far as the mineralogic features of the sediments are concerned, these are rather variable in their composition with differences in the percentage of single minerals contents, especially in the coastal areas and in front of the rivers mouths.

Generally quartz, which is always abundant, is especially concentrated in the eastern area and in front of the Impero, Merula and Centa mouths, feldspar and calcite are abundant in the whole shelf, but their percentage increase in the western part of the area. The chlorite and mica content are rather uniform, but increases in the outer shelf; the kaolinite distribution is rather uniform too, and is especially concentrated in the eastern shelf.

1. INTRODUZIONE

E' stata condotta una ricerca sui sedimenti di fondo nel tratto di mare compreso tra Capo Mortola e Capo Mele. L'indagine aveva come obiettivo la ricostruzione dei processi di trasporto e di sedimentazione attraverso studi mineralogici e sedimentelogici dei campioni prelevati nell'area esanimata.

La campionatura è stata effettuata durante la campagna oceanografica svolta nel Dicembre 1991 con la N\O Bannock.

Sono stati prelevati 31 campioni di sedimenti di piattaforma utilizzando una benna Shipeck, su transetti perpendicolari alla costa ed a profondità variabile da 30 m ad oltre 1000 m (Fig. 1).

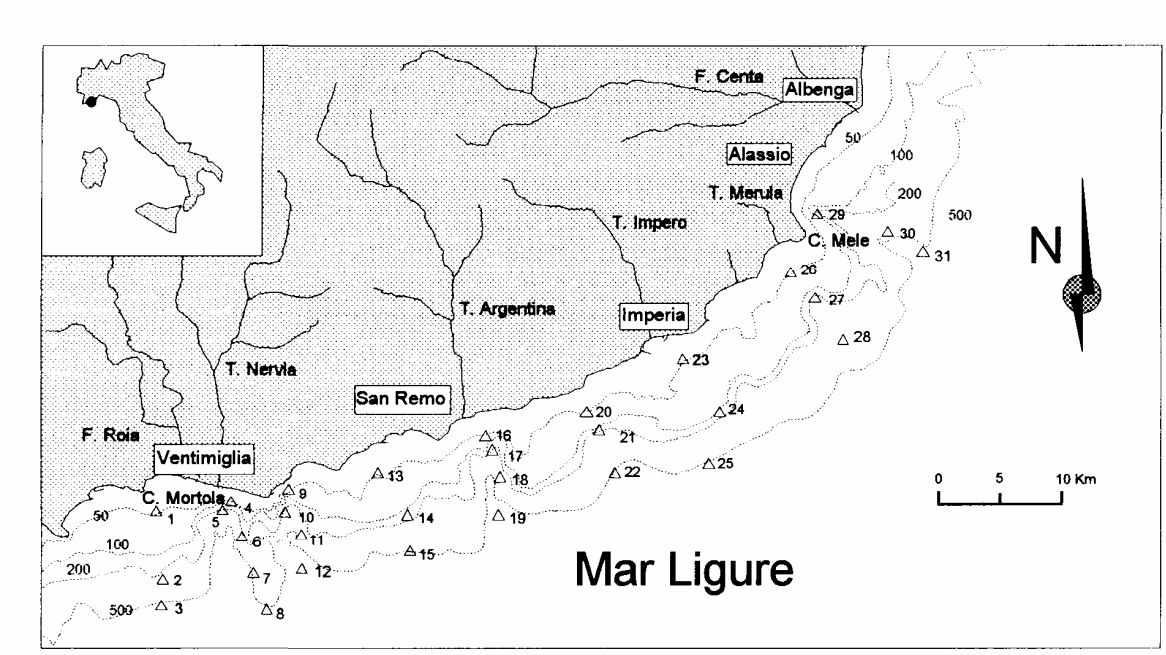


Fig. 1 - Ubicazione dei campioni.

2. GENERALITÀ' DELL'AREA ESAMINATA

La costa ligure, nel tratto compreso tra Capo Mortola ed Alassio, è costituita da una costa alta orlata in genere da "pocket beach" di estensioni variabili ed alimentate da materiali che franano dal rilievo e dagli apporti dei corsi d'acqua. Solo in corrispondenza dei fiumi e torrenti di maggiore entità, come Roia, Argentina, Merula e Centa, o di situazioni ben localizzate (Alassio), si possono trovare spiagge di maggiori dimensioni. Le piane costiere, collegate ai maggiori corsi d'acqua, hanno uno sviluppo ridotto in rapporto alla estensione dei rispettivi bacini idrografici con l'eccezione della piana d'Albenga; ovviamente i loro apporti influenzano la sedimentazione sulla piattaforma continentale.

Numerose sono le litologie affioranti nell'area che, per effetto del trasporto solido fluviale, dell'erosione marina e per franamenti naturali, costituiscono la natura degli apporti sedimentali.

Da ovest a est i principali affioramenti sono costituiti da flisch arenacei e calcarei a Capo Mortola, flisch arenacei a Ventimiglia, scisti argillosi, argilloso arenacei e arenarie a San Remo, calcari e arenarie immediatamente ad est di San Remo, calcari e flysch

arenacei nel tratto compreso tra Imperia e Capo Mele, mentre ad ovest di Albenga affiorano arenarie quarzoso micacee, calcari e quarziti.

I corsi d'acqua che sfociano nella zona in esame hanno bacini idrografici che si sviluppano attraversando numerose litologie affioranti e sono i principali responsabili degli apporti sedimentali. I fiumi Roia e Centa sono i corsi d'acqua più importanti; essi si estendono rispettivamente su superfici di 680 km^2 e di 427 km^2. H F. Roia, analogamente al Nervia (137 km^2), Argentina (208 km^2), Impero (94 km^2) e Merula (66 km^2), attraversa essenzialmente litologie appartenenti ai Flysch ad Helmintoidi s.l. della riviera ligure di ponente: questi terreni risultano costituiti principalmente da calcari, calcari marnosi, arenarie e, in minor misura, arginiti. Inoltre si segnala la presenza di affioramenti pliocenici (argille e conglomerati poligenici) piuttosto diffusi nella parte terminale del F. Roia e del T. Nervia mentre lembi minori, rappresentati essenzialmente da conglomerati poligenici, affiorano nei T. Argentina ed Impero.

H F. Centa, la cui foce è situata a levante dell'area investigata, influenza con i suoi apporti la sedimentazione della piattaforma continentale situata a ponente a causa della direzione delle correnti costiere dirette da est verso ovest. Il l bacino idrografico, le cui dimensioni sono rilevanti per l'area hi esame, si differenzia per litologia da quelli esaminati hi precedenza: nella parte nord-orientale affiorano le serie calcareo-dolomitiche triassico-liassiche, mentre nel settore nord-occidentale il bacino è occupato da terreni flyschoidi costituiti prevalentemente da calcari marnosi, arenarie e quarziti. Analogamente a quanto visto per il F. Roia, nella parte terminale dell'asta fluviale, costituita da una estesa piana alluvionale, affiorano argille e conglomerati pliocenici.

La piattaforma continentale presenta una discreta variabilità morfologica, dettata principalmente dallo stile tettonico e dalla eterogeneità degli apporti sedimentali: essa è di limitata estensione ed il suo massimo sviluppo si nota hi corrispondenza della zona di Imperia dove il ciglio si situa a circa 7 Km dalla costa. La scarpata continentale è particolarmente ripida e marcata da una attività neotettonica nella quale sono state riconosciute faglie dirette e orientale secondo lo sviluppo della scarpata stessa, secondo uno stile evolutivo proprio dei margini alpini: questo stile strutturale è dovuto alla presenza di gradoni serrati e a piccoli horst e graben fortemente asimmetrici.

La piattaforma è da comprendersi tra quelle di costruzione sedimentaria, originatasi per effetto della subsidenza e delle oscillazioni glacioeustatiche del livello marino; il tratto esaminato, hi genere, presenta un settore interno roccioso, sul quale si appoggiano direttamente i sedimenti olocenici, ed uno esterno di costruzione sedimentaria plio-quaternaria; tali sedimenti colmano anche le depressioni del substrato. Talvolta, come a Capo Mele, si riscontra una piattaforma prevalentemente rocciosa, con una debole o nulla copertura sedimentaria, per lo più presente nel prisma di accumulo frontale. I maggiori spessori della sedimentazione olocenica (fino a 20 m) sono individuabili in corrispondenza degli sbocchi dei principali corsi d'acqua ed anche hi corrispondenza di coste alte e franose o hi zone dove le correnti costiere, dirette da Est verso ovest, possono aver accumulato notevoli quantità di sedimenti (Corradi et al., 1980).

La carta batimetrico-morfologica della zona (Corradi et al., 1984) mostra numerosi canyons le cui testate interrompono bruscamente l'andamento della piattaforma: due hi corrispondenza del F. Roia e del T. Nervia, uno hi corrispondenza del T. Argentina e l'ultimo ad est del promontorio di Capo Mele. Le brusche variazioni delle linee

batimetriche evidenziano, inoltre, la presenza di linee di drenaggio percorse da correnti di fondo che costituiscono un efficace veicolo di trasferimento di sedimenti, anche per effetto di correnti di torbida, su bacini del margine o sulla piana batiale.

3. METODOLOGIE ANALITICHE

3.1. Analisi tessiturali

Le analisi tessiturali sono state effettuate utilizzando i setacci per le frazioni superiori a 63 µm e il Coulter Counter per quelle inferiori.

I risultati delle analisi granulometriche hanno condotto alla classificazione dei sedimenti campionati che possono essere generalmente definiti come delle peliti con alto tenore in silt; la frazione siltosa (compresa tra 63-2 µm) è spesso superiore al 70%. La frazione ghiaiosa è assenterò,molto scarsa (<1%); la sabbia è spesso presente, anche se subordinata al silt, ad eccezione del transetto prospiciente Capo Mortola (campioni 1, 2 e 3) in cui è assente; in genere tende a diminuire con la distanza dalla costa, mentre contemporaneamente aumenta la frazione siltosa, come ad esempio nei transetti costituiti dai campioni : 9, 10, 11, 12 / 23, 24, 25 / 26, 27, 28.

E' stata elaborata una carta della distribuzione delle frazioni granulometriche, distinguendo in classi comprese tra la sabbia ed il silt-argilloso (Fig. 2).

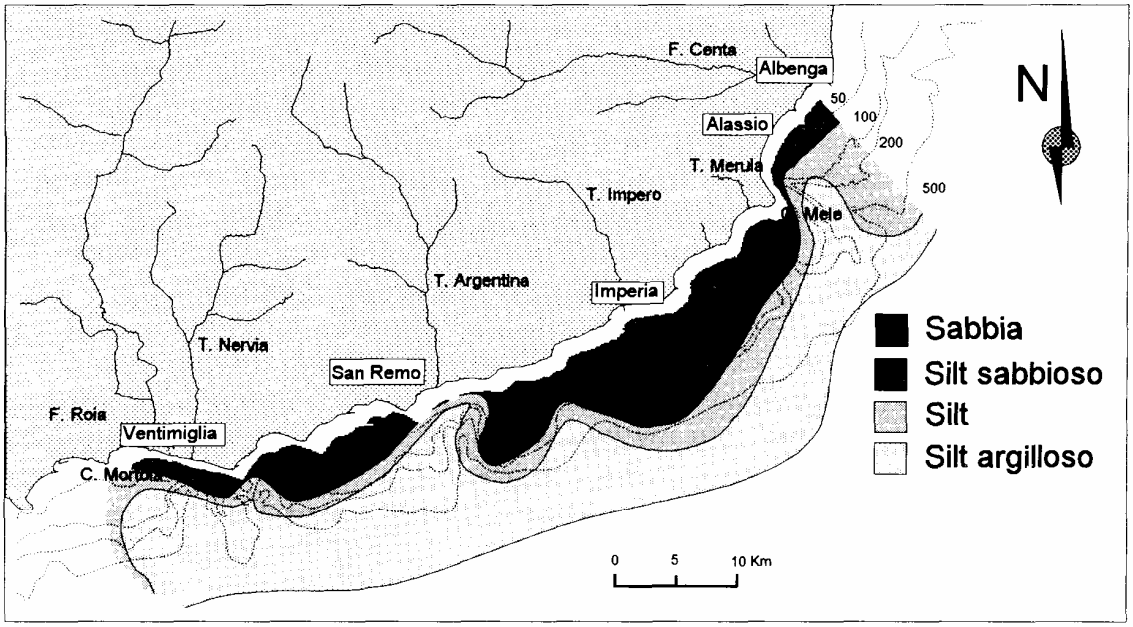


Fig. 2 - Distribuzione granulometrica dei sedimenti.

L'elaborazione delle analisi tessiturali ha consentito di individuare due zone caratterizzate da granulometrie grossolane, presso Ventimiglia e Capo Mele; in

particolare la prima corrisponde alle foci del F. Roia e del T. Nervia, che possono essere ritenuti responsabili dell'abbondante apporto sedimentario che si distribuisce gradualmente verso il largo con granulometrie decrescenti. La seconda zona, a ponente di Capo Mele, è caratterizzata da un andamento verso ovest della fascia di sedimenti granulometricamente maggiori; tale andamento è verosimilmente attribuibile all'azione delle correnti marine che presentano lo stesso verso. L'apporto sedimentario potrebbe derivare principalmente dal T. Merula, dall'erosione marina su questo tratto di costa particolarmente ripida e dagli apporti del F. Centa che si spostano con andamento costiero verso ovest.

Infine è osservabile la netta influenza dei canyon sottomarini sulla distribuzione dei sedimenti più fini, in particolare per quelli in corrispondenza di San Remo e di Capo Mele.

3.2. Analisi mineralogiche

Le analisi mineralogiche sono state eseguite mediante la diffrattometria a raggi X, metodo delle polveri, sul campione tout-venant. E' stato utilizzato un diffrattometro Philips PW 1800 corredato di un calcolatore (Microvax 2000) sul quale risiede un software (APD1700) dedicato alla gestione dello strumento e all'elaborazione dei diffrattogrammi X.

Sono state scelte le seguenti condizioni strumentali:
- range di scansione 1°-40° 2θ
- velocità di scansione 1° 2 θ / min;
- radiazione CuKα;
- potenza 50 kV 30 mA.

Per la diagnosi dei minerali argillosi sono state eseguite le procedure standard indicare da Veniale et al. (1987).

Le analisi mineralogiche hanno mostrato che i sedimenti analizzati sono costituiti prevalentemente da calcite, quarzo, feldspati e subordinatamente da cloriti, miche, kaolinite; risultano particolarmente scarsi, o anche assenti, serpentino, anfibolo e Mg-calcite.

Sono state realizzate carte della distribuzione dei minerali ricavate dai valori di concentrazione di ciascuna specie minerale riscontrate nei campioni analizzati; dall'interpretazione di queste è possibile ricavare alcune indicazioni.
- Calcite (Fig. 3): generalmente ben rappresentata con tenori mediamente variabili tra il 20-40 %: vi è un generale aumento verso ovest e sotto costa. I maggiori contenuti sono stati rilevati nei campioni antistanti la foce del F. Roia, il cui vasto bacino idrografico attraversa estese formazioni calcaree; lungo tutta la fascia costiera sono inoltre sempre ben rappresentate litologie calcaree e calcareo marnose, quindi il contenuto di calcite, relativamente abbondante, risulta giustificato.
- Dolomite: decisamente più scarsa rispetto alla calcite, normalmente presente con contenuti inferiori al 6-7%, sembra ricalcare l'andamento della distribuzione della calcite, ovvero un relativo aumento verso ovest.

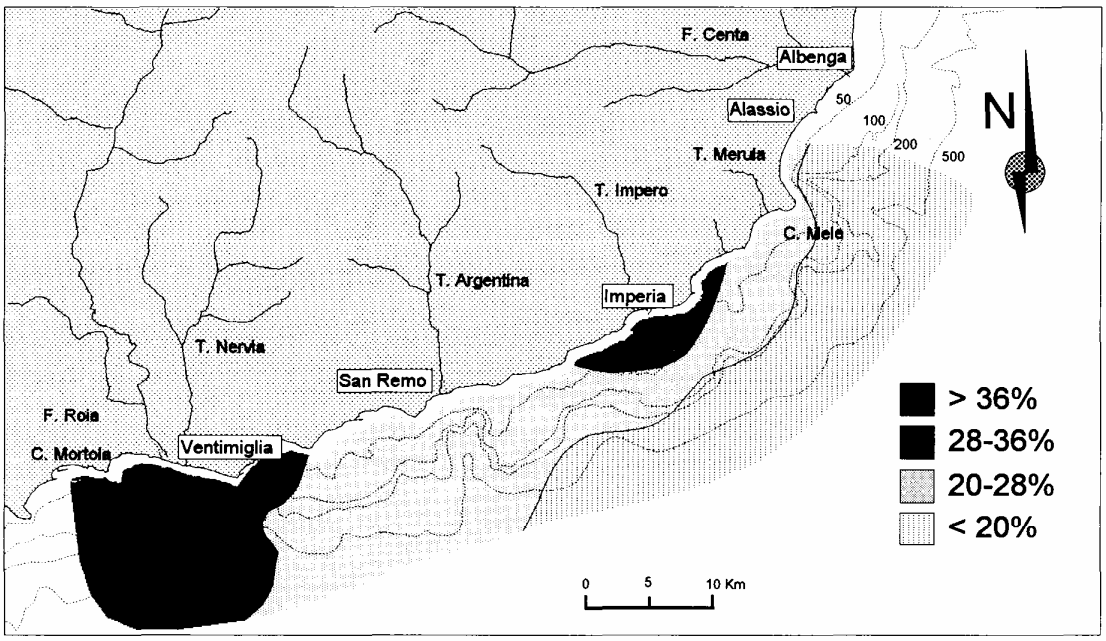


Fig. 3 - Distribuzione della calcite nei sedimenti superficiali.

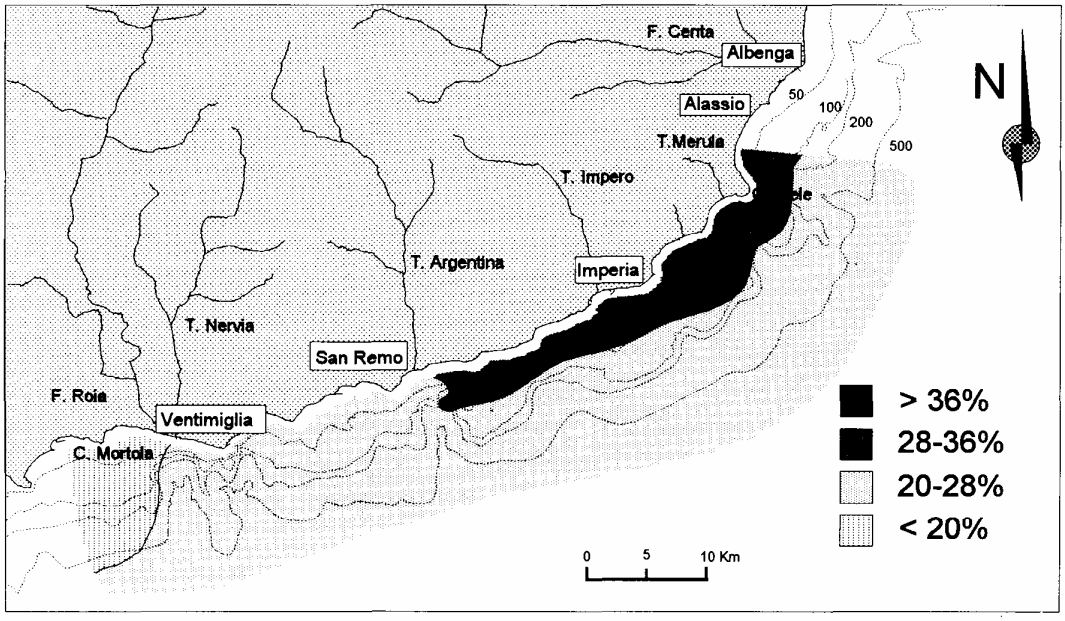


Fig. 4 - Distribuzione del quarzo nei sedimenti superficiali.

- Quarzo (Fig. 4): i contenuti medi oscillano tra il 20-30%; in generale si osserva una progressiva diminuzione dei contenuti verso i campioni più distali ed un incremento verso l'estremità orientale dell'area; quest'ultimo andamento è in contrapposizione con quello della calcite. In particolare le maggiori concentrazioni si riscontrano nella zona di Imperia dove è già stata individuata un'area relativamente estesa di sedimenti ricchi nella frazione sabbiosa. A tale proposito si è ipotizzato che quest'area sia particolarmente influenzata dagli apporti dei T. Impero e Merula nonché dal F Centa; l'ipotesi risulta confermata dall'abbondanza del quarzo in quest'area, proveniente dagli estesi affioramenti di arenarie; in particolare nel bacino del fiume Centa sono noti affioramenti di quarziti.
- Feldspati (Fig. 5): sono stati diagnosticati sia i K-feldspati che i Na-Ca-feldspati; generalmente la somma delle loro percentuali non supera il 20-25%. I campioni relativamente più ricchi in feldspati sono assegnabili all'area prospiciente San Remo, ove sono presenti estesi affioramenti di flysch arenacei. Si assiste in generale ad una graduale e progressiva diminuzione verso il largo.

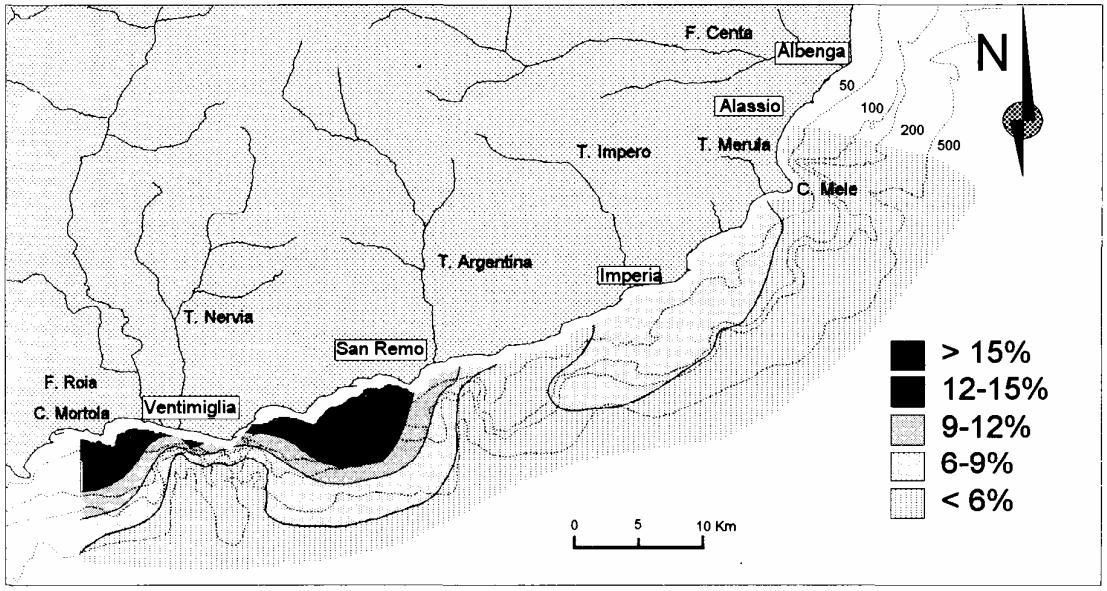


Fig. 5 - Distribuzione dei feldspati nei sedimenti superficiali

- Clorite (Fig. 6): la carta della distribuzione di questo minerale evidenzia generalmente un progressivo aumento verso i campioni più distali e questo è particolarmente evidente nella parte centrale dell'area indagata; le concentrazioni massime tuttavia non superano il 10-15%. La clorite potrebbe rappresentare un prodotto detritico derivante dalle arginiti e dalle arenarie.
- Mica (Fig. 7): presenta un andamento della distribuzione abbastanza regolare lungo tutta l'area, con una tendenza all'aumento verso il largo. I contenuti generalmente oscillano tra il 5 e il 10%. Questo minerale detritico potrebbe derivare principalmente da litologie arenacee.

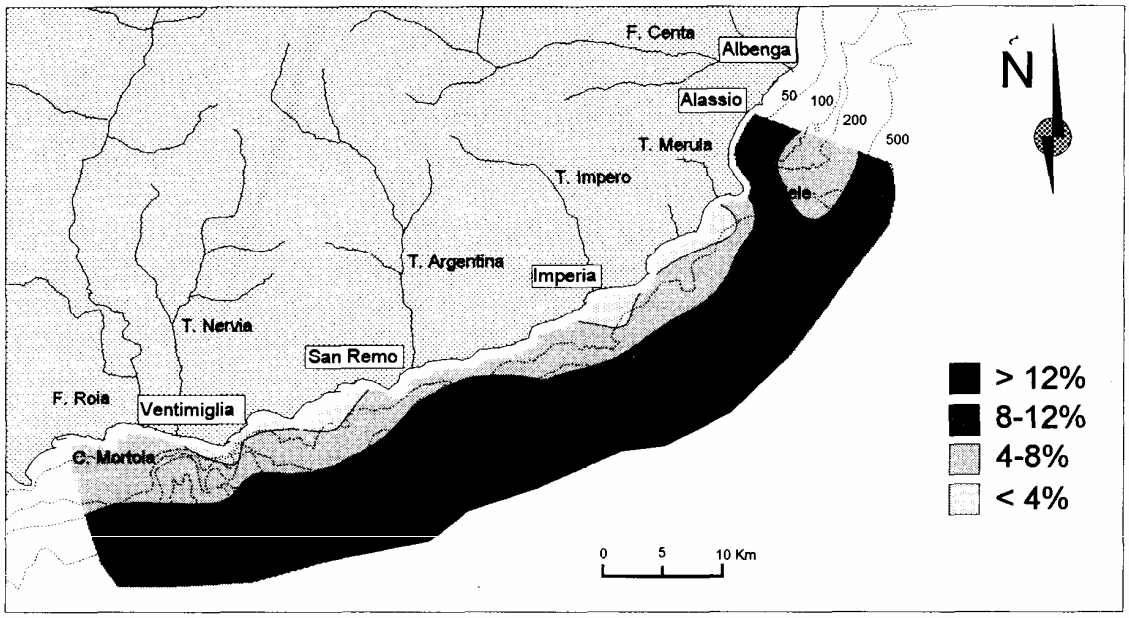


Fig. 6 - Distribuzione delle cloriti nei sedimenti superficiali.

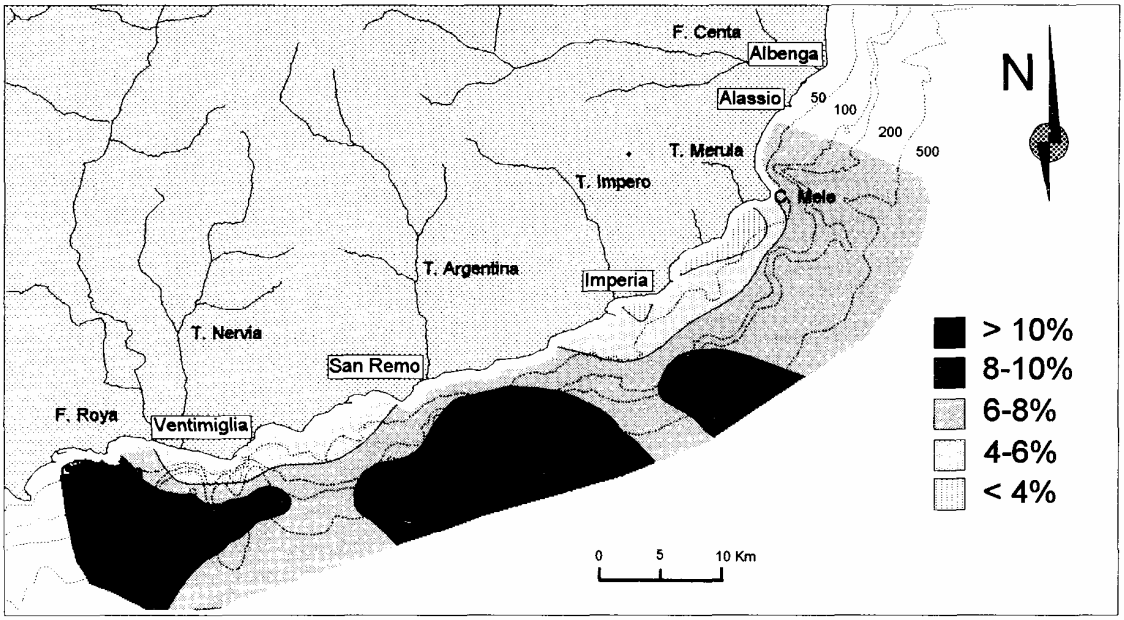


Fig. 7 - Distribuzione delle miche nei sedimenti superficiali.

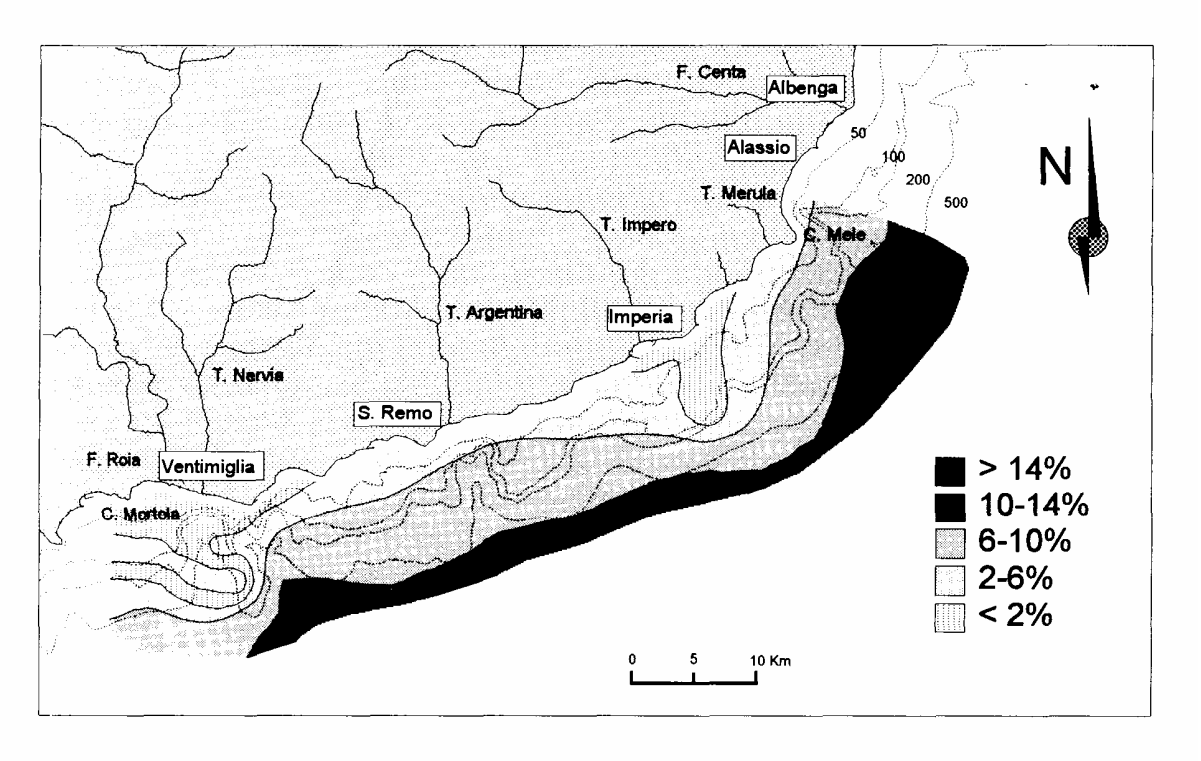


Fig. 8 - Distribuzione della kaolinite nei sedimenti superficiali

- Kaolinite (Fig. 8): presenta anch'essa una distribuzione abbastanza uniforme lungo tutta la zona, con progressivo aumento verso le aree più distali. I contenuti sono mediamente tra 5 e 10%, con un lieve aumento nella zona tra Imperia e Capo Mele.

Serpentino, anfibolo e Mg-calcite, quest'ultima di probabile origine organogena, presentano scarsi contenuti; la discussione sulle ipotesi di provenienza e sulle distribuzioni risulta particolarmente difficile per questi minerali, dato che le variazioni dei contenuti non sono significative.

4. CONCLUSIONI

Il complesso delle analisi tessiturali e mineralogiche ha messo in evidenza la regolarità dei meccanismi di sedimentazione lungo la piattaforma e scarpata continentale del settore di piattaforma ligure indagato.

Le analisi tessiturali segnalano una generale diminuzione delle granulometrie verso il largo ed una deviazione verso ovest sia delle isopache dei sedimenti che delle curve di distribuzione dei sedimenti, in accordo con la direzione delle correnti marine dirette da est verso ovest. Le granulometrie relativamente più grossolane (sabbie), sono localizzate in due ristrette zone (Ventimiglia e Capo Mele), dovute agli apporti del F. Roia e del T. Merula e dei materiali franati dalla costa nella seconda. E' stata inoltre rilevata la marcata azione di drenaggio dei canyons sui sedimenti ed in particolare su quelli fini.

Le analisi mineralogiche hanno consentito di ricostruire la distribuzione dei principali minerali: in generale si osserva una marcata variabilità nei contenuti dei singoli minerali nella fascia più prossima alla costa, notevolmente influenzata dalle litologie affioranti nei bacini idrografici dei corsi d'acqua e lungo la fascia costiera.

In generale il quarzo, sempre abbondante, è maggiormente presente nella parte orientale dell'area ed è dovuto agli apporti dei principali corsi d'acqua: Impero, Merula e Centa. I feldspati e la calcite sono abbondanti lungo tutta la piattaforma ma con concentrazioni che crescono nella parte più occidentale (Capo Mortola - San Remo). Invece la distribuzione della clorite e della mica presenta una discreta regolarità ed un generale progressivo aumento nei campioni più distali; tale andamento indica che questi minerali hanno subito un maggior trasporto. La kaolinite presenta un andamento analogo, ma con le maggiori concentrazioni nell'estrema area orientale, che mette in evidenza l'influenza degli apporti del F. Centa.

BIBLIOGRAFIA

Angrisano, G. & A.G. Segre. 1969. La carta batimetrica del Mediterraneo nord occidentale. LI. 1501. *Istituto Idrografico della Marina di Genova,* F.C. 1030/2: 24 pp.

Boni, A., P. Boni, G.F. Peloso & F. Gervasoni. 1980. Dati sulla neotettonica di parte dei Fogli S. Remo 102, Imperia 103 e Albenga-Savona 92-93. *Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Parte II, Pubbl. 356 P.F. Geodinamica, Sottoprogetto Neotettonica C.N.R,* Roma: 1245-1282.

Boni, A. & M. Vanossi. 1972. Carta geologica dei terreni compresi tra il Brianzonese Ligure s.l. ed il Flysh ad Helmintoidi s.s. *Atti Ist. Geol. Univ. di Pavia,* 23 pp.

Corradi, N., G.C. Cortemiglia, G. Fierro, F. Fanucci, M. Firpo, & M. Piccazzo. 1989. L'Atlante delle spiagge italiane: foglio 103 Imperia. *C.N.R.,* Roma.

Corradi, N., F. Fanucci, G. Fierro, M. Firpo, M. Piccazzo & L. Mirabile. 1984. La piattaforma continentale Ligure: caratteri, struttura ed evoluzione. *Rapporto Tecnico Finale del Progetto Finalizzato "Oceanografia e Fondi Marini" del C.N.R.*,Roma: 34 pp.

Corradi, N., F. Fanucci, G. Fierro. M. Firpo, M. Piccazzo, A. Ramella & S. Tucci. 1987. Importance de canyons sous marins dans la dynamique sedimentaire de la mer Ligure. *Quaderni dell'Istituto di Geologia dell'Università di Genova* 8.4: 1-32.

Corradi, N., F. Fanucci, G. Gallo & M. Piccazzo. 1980. La sedimentazione olocenica della piattaforma continentale ligure (Portofono - Capo Mortola). *Istituto Idrografico della Marina di Genova,* F.C. 1097: 14 pp.

Fanucci, F., N. Corradi, G.C. Cortemiglia, M. Ferrari, M. Firpo, M. Piccazzo & S. Tucci. 1990. L'Atlante delle spiagge italiane: foglio 102 San Remo. *C.N.R.,* Roma.

Fanucci, F., N. Corradi, M. Firpo, M. Piccazzo & S. Tucci. 1990. Les côtes de la Mer Ligure: morphologie, dynamique et évolution. *Littoral 1990, Comptes rendus du ler symposium international de l'Association européenne EUROCOAST,* Marsiglia 9-13 luglio 1990: 82-86.

Fanucci, F., G Fierro & J.P. Rehault. 1974. Evoluzione quaternaria della piattaforma continentale ligure. *Mem. Soc. Geol. It.,* 13/2: 233-240.

Ferretti, O., F. Immordino, L. Giorgi & M. Setti. 1990. Studio sedimentologico dell'area costiera del Fiume Centa. Risultati Preliminari. *Atti del 9° Congresso A.I.O.L.,* S. Margherita Ligure, 20-23 novembre 1990: 275-285.

Ferretti, O., F. Immordino, M. Setti & S. Tucci. 1991. Clay minerals in the marine sediments and suspended matter (Liguria Sea). *Proc. 7ih EUROCLAY conf. Dresden '91, Greifswald:* 343-345.

Ferretti, O., I. Niccolai, S. Tucci, M. Setti & F. Immordino. 1992. Transport and distribution of sediments along the Ligurian coast. *Hydrobiologia,* 235/236: 17-32.

Firpo, M., N. Corradi, **G.C.** Cortemiglia, F. Fanucci, G. Fierro & M. Piccazzo. 1989. L'Atlante delle spiagge italiane: foglio 92- 93 Albenga-Savona. *C.N.R.,* Roma.

Piccazzo, M. & M. Firpo. 1993. Morfologia ed evoluzione della costa ligure di ponente attraverso la lettura dell'Atlante delle Spiagge italiane. *Atti del 1° Convegno "Salvaguardia Ecologica della Riviera di Ponente",* Rotary Club Sanremo Hambury, San Remo 9-10 maggio 1992: 93-105.

Tucci, S., M. Piccazzo, M. Firpo & N. Corradi. 1992. Interazioni tra morfologia e dinamica sedimentaria: alcuni casi in Liguria. *Atti Colloquio Internazionale Ecologia e protezione del litorale mediterraneo, Commissione RAMOGE,* Principato di Monaco 23-24 ottobre 1992: 159-163.

Veniale, F., M. Setti & M. Tortelli. 1987. Influenza delle procedure sui preparati di "polveri" per analisi diffrattometrica a RX. *ENEA, "Procedure di Analisi di Materiali Argillosi", Collana Studi Ambientali:* 135-179.

Atti del 11° Congresso A.I.O.L.
Sorrento 26-28 Ottobre 1994
da pag. 587 a pag. 602

IL DELTA SOMMERSO DEL FIUME CENTA (ALBENGA): CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E STRATIGRAFICHE

Marco FIRPO, Mauro PICCAZZO, Maria Cristina BONCI,
Roberta IVALDI e Flavio POGGI

Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Genova, Italia.

RIASSUNTO

Vengono analizzate le recenti variazioni morfologiche e stratigrafiche del delta del F. Centa (Liguria occidentale): i dati storici raccolti, unitamente alle osservazioni dirette, evidenziano una crisi erosiva del sistema a cui è collegata l'attuale regressione del litorale. Da un'analisi di dettaglio è emerso che nell'ultimo secolo la linea di riva è arretrata a ponente della foce di oltre 200 m, mentre a levante l'arretramento è limitato a circa 100 m; anche il confronto fra dati batimetrici (1882-1991) conferma la crisi erosiva in atto.

Dall'analisi tessiturale e microfaunistica dei sedimenti della carota K4, prelevata nella porzione di prodelta ad una profondità di 50 m, è stato possibile evidenziare tre intervalli:

- 400/200 cm dal top: netta prevalenza delle sabbie (> 50 %) con forme dominanti di foraminiferi tipicamente infralitorali, epifite o infaunali con preferenza per fondali detritico-sabbiosi;
- 200/30 cm dal top: aumento del tenore in silt, accompagnato dal mutamento dell'associazione di microfauna bentonica dominante, che risulta essere quella tipica del piano infralitorale o circalitorale superiore, con fondale fango-limoso e condizioni ambientali difficili;
- 30/0 cm dal top: si evidenzia una tendenza a tornare verso condizioni sedimento-logico-microfaunistiche simili a quelle presenti nel primo intervallo.

Il passaggio a 2 m è improvviso per quanto riguarda la tessitura dei sedimenti, mentre la fauna si adatta alla nuova situazione del fondo con maggior lentezza.

SUMMARY

Recent morphologic and stratigraphic changes of the Centa River delta (Western Liguria) are analysed: both historical data and direct observation display that the delta System is undergoing erosion. This is the cause for the present littoral regression. A detailed analysis has shown that, from the mouth westwards, the shoreline has moved more than 200 m backwards during the latest century, while, in the east-side, the retreat does not reach 100 m; also the comparison between bathimetric data (1882-1991) confirms the shoreline retreat.

The submarine delta is characterized by a particular kind of environment. The textural and microfaunal analysis carried out on the sediments of the K4 core, sampled in the prodelta zone at a depth of 50 m, outlines some distinctive features of this environment, especially the ones related with the sea bottom. Although the whole tested samples show

peculiarities typical of the infralittoral - upper circalittoral environment, it is possible to divide the core up into the following three intervals:

- 400-200 cm from the top: sediments are clearly sandy (sand > 50 %) with prevailing typically infralittoral foraminifera taxa, epiphite or infaunal with preference for detrital-sandy substrata.

- 200-30 cm from the top: increase of the silt rate immediately followed by a change in the dominant benthic microfauna community that appears to be typical of the infralittoral-high circalittoral environment with silty-clayey substratum and harsh environmental conditions (high sedimentation rates, poorly oxigenated waters, salinity and temperature fluctuations).

- 30-0 cm from the top: there's a clear trend to get back to sedimentary-microfaunal features similar to the ones which characterize the first interval.

The textural change, which occurs at a depth of 2 m from the top, is sudden, while the microfaunal community needs a longer time to adjust itself to the new sea-bottom conditions.

1. MORFOLOGIA

Il bacino del F. Centa, tra i più importanti della Liguria occidentale, può essere distinto in due sottobacini principali, quelli del T. Lerrone e del T. Neva, dalla cui confluenza, a 3 km da costa, ha origine il F. Centa propriamente detto (Fig. 1); complessivamente viene drenata un'area di 427 km^2.



Fig. 1 - Veduta aerea della parte terminale del F. Centa.

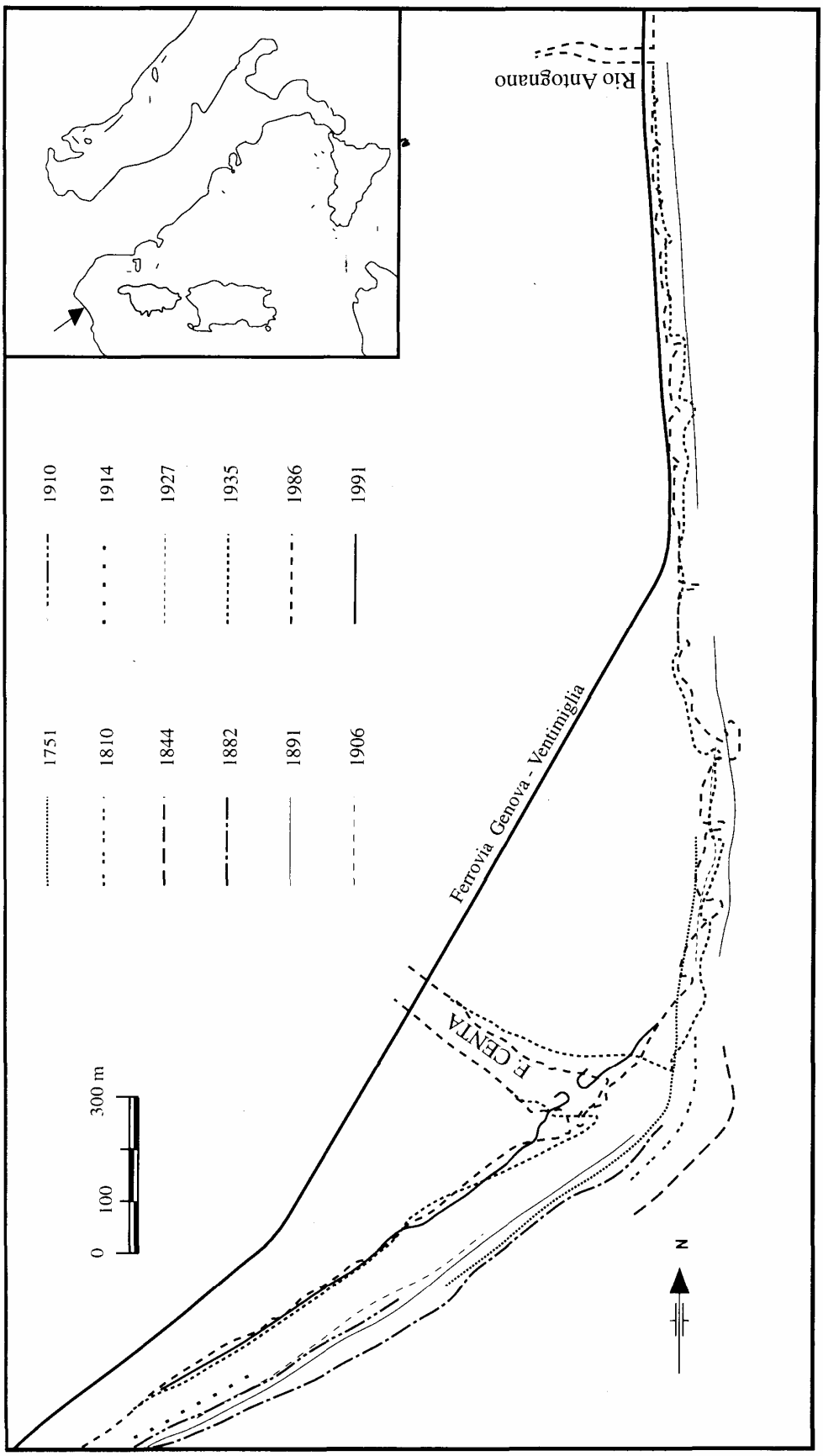


Fig. 2 - Variazioni storiche della linea di riva.

Dal punto di vista geologico la bassa valle è caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari, essenzialmente di tipo alluvionale, che ricoprono quelli pliocenici che, a loro volta, poggiano trasgressivamente su un substrato più antico, in precedenza sottoposto a diverse fasi deformative legate all'orogenesi alpina. Si tratta di terreni appartenenti alla zona Prepiemontese, corrispondente al settore più esterno del dominio Piemontese s.l.: solo marginalmente affiorano litotipi di pertinenza Piemontese-Ligure.

Secondo la classificazione di Galloway (1975) la morfologia di un delta può essere distinta in base a tre fattori fisici: il trasporto solido, l'azione del moto ondoso e l'ampiezza dell'escursione di marea; il delta del F. Centa, nel diagramma proposto dall'Autore, si situa nell'area "a moto ondoso dominante" in cui la sedimentazione ha una non trascurabile importanza.

I primi dati storici attendibili sulla morfologia dell'area risalgono al I secolo a.C. quando il Centa scorreva più a settentrione dell'allora città di *Albingaunum.* La linea di costa era più all'interno di alcune centinaia di metri, sino a più di un chilometro nella parte

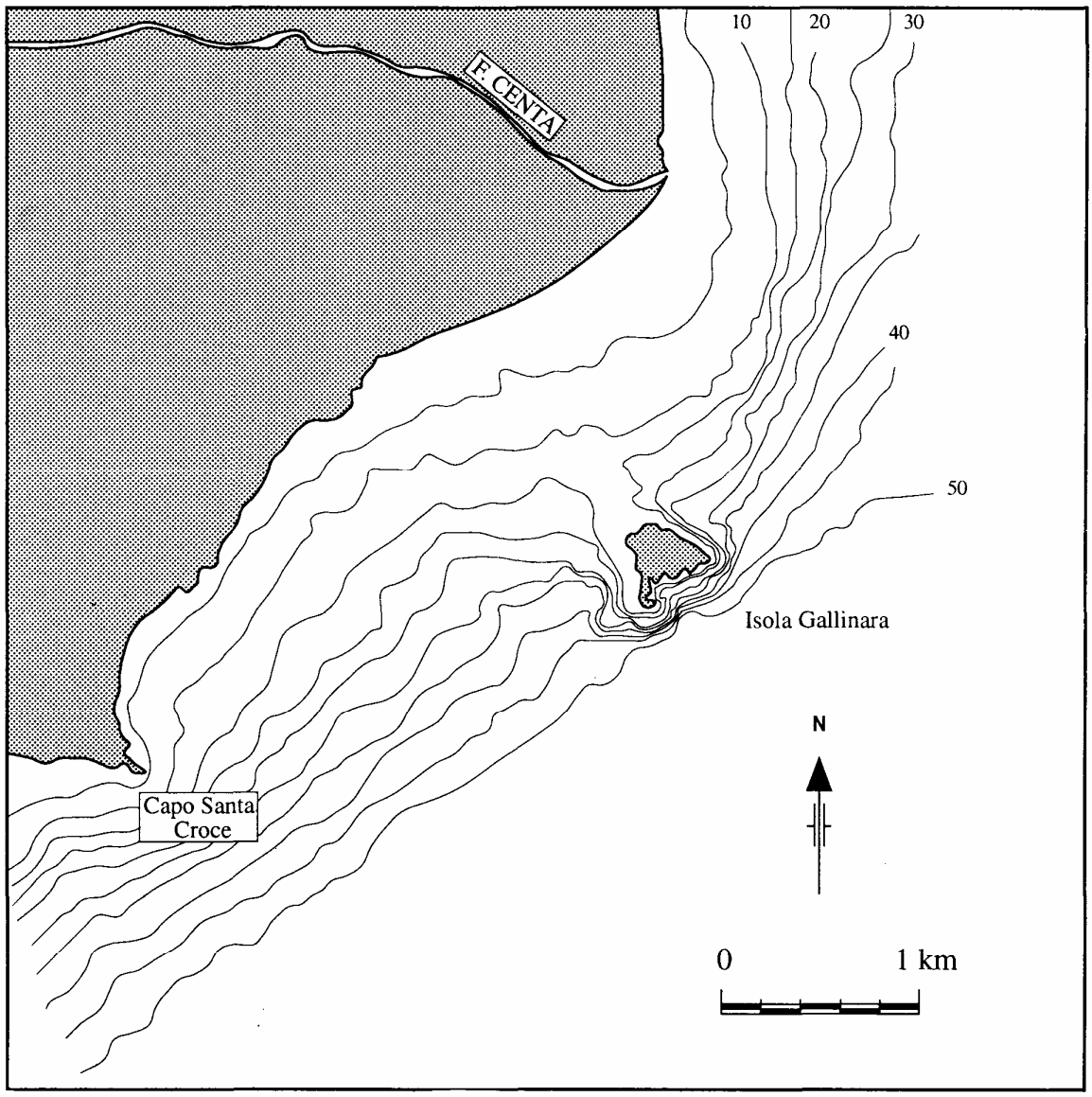


Fig. 3 - Curve batimetriche relative al 1882.

occidentale. Il fiume ha mantenuto il tracciato a levante di Albenga fino al XIII secolo; è poi seguito un periodo caratterizzato da ingenti piene e dal divagare dell'asta fluviale con la presenza di uno o due corsi principali. La documentazione storica della fine del XVII secolo attesta la presenza di due rami, situazione che si è protratta fino all'inizio del secolo successivo. Solo dopo la metà del '700 l'assetto idrografico ha assunto caratteristiche analoghe a quelle attuali, con una zona di paludi costiere completamente bonificate all'inizio del nostro secolo e con il corso, nella parte terminale, leggermente curvato verso levante, secondo la direzione di trasporto prevalente dei sedimenti. L'antropizzazione ha poi condizionato l'evoluzione di tutto il litorale, ed in particolare del delta emerso, visto che la piana è occupata in parte dall'abitato di Albenga ed in parte da insediamenti agricoli ed industriali (Fig. 1); attualmente il delta presenta comunque una caratteristica forma arcuata dipendente dalla dinamica del paraggio.

La linea di riva ha, in parallelo, subito notevoli variazioni ed è stato possibile delinearne un quadro evolutivo di dettaglio dal 1751 al 1991 (Fig. 2) sulla base di

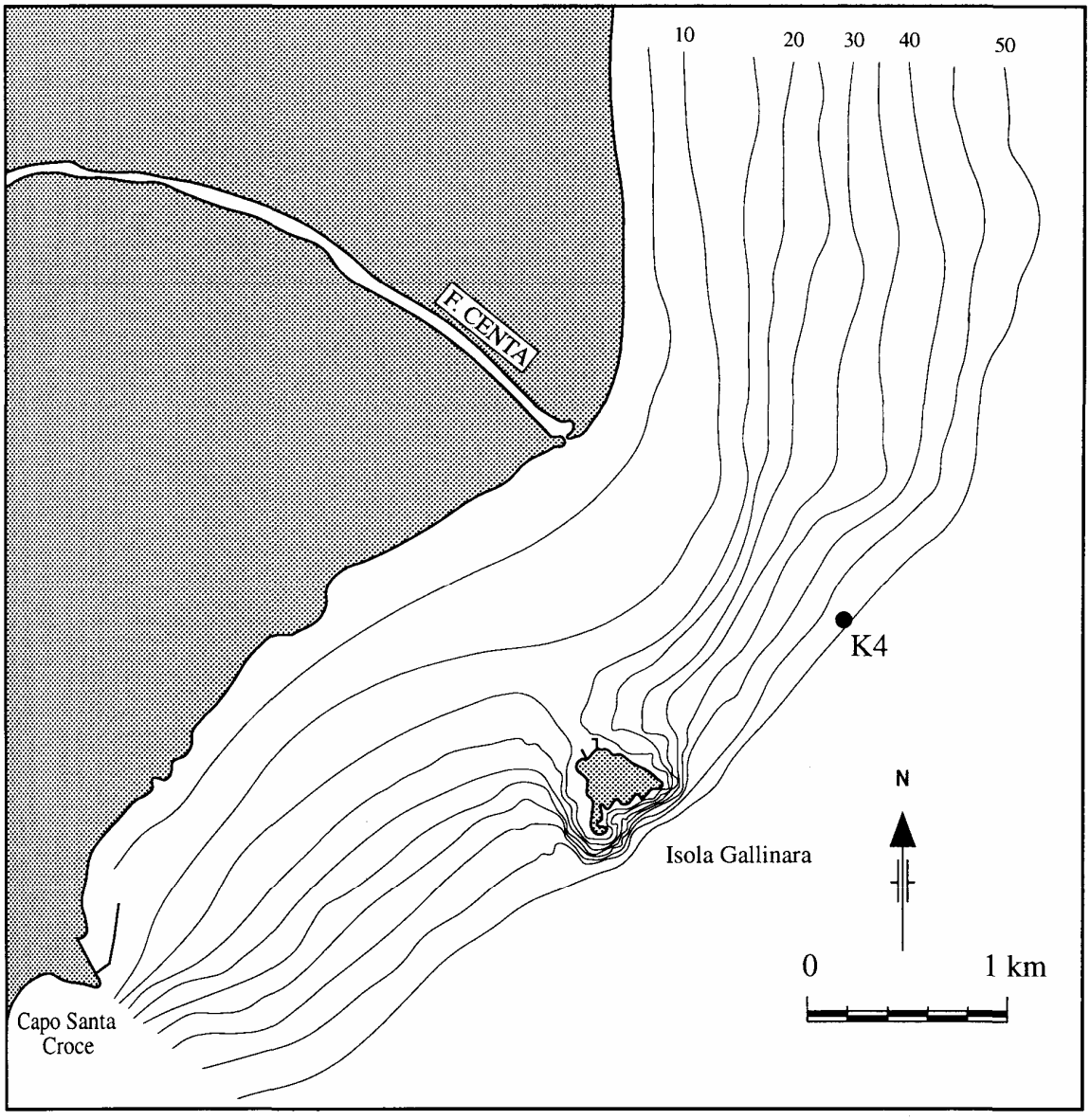


Fig. 4 - Curve batimetriche risalenti al 1991.

cartografie storiche (Ascari at al., 1937), grafici di scandagliamento dell'Istituto Idrografico della Marina di Genova e rilievi recenti: dal confronto di tutti questi dati è emerso come la costa ed il delta siano avanzati fino al secolo scorso, raggiungendo il massimo protendimento nel 1844, a cui è seguita una progressiva erosione fino all'attuale posizione, con un rallentamento dopo il 1935, forse diretta conseguenza delle opere di difesa. Nell'area deltizia è stata calcolata una regressione del litorale di oltre 200 m negli ultimi 150 anni mentre la costa, a ponente della foce, è arretrata di circa 80-120 m dal 1882 al 1935. L'arretramento nella zona a levante, dove è presente il tracciato ferroviario, inizia successivamente al 1893: la spiaggia, facendo riferimento alle planimetrie del progetto della linea ferroviaria del 1885, aveva una profondità variabile tra i 70 ed i 120 m e si può rilevare che in circa un secolo è stata erosa completamente.

Inoltre, mettendo a confronto i dati relativi a batimetrie risalenti alla fine del secolo scorso (Fig. 3) e al 1992 (Fig. 4), sono state prese in considerazione le variazioni subite dalla porzione di delta sommerso: in questo intervallo di tempo la sua morfologia non ha subito importanti mutamenti se non un approfondimento delle isobate lungo costa e lo spostamento della fronte deltizia e del prodelta verso Capo S. Croce, dovuto alla tendenza degli apporti solidi a migrare verso occidente.

L'andamento complessivo delle isobate non è praticamente variato, restando parallelo alla linea di costa, con una pronunciata convessità verso mare. La presenza dell'Isola Gallinara è stata determinante nel condizionare morfologicamente tutta l'area deltizia rallentando il processo erosivo in atto.

Un profilo sismico perpendicolare all'attuale delta sommerso, nella porzione di prodelta (Fig. 5), ne evidenzia la tipica morfologia progradante su una piattaforma. I sedimenti olocenici ricoprono la superficie di erosione derivata dalla trasgressione versiliana. È visibile inoltre, nella parte centrale del profilo, sotto gli accumuli olocenici, una porzione erosa che dovrebbe indicare la linea di riva presente all'inizio della trasgressione versiliana. Il substrato produce un effetto soglia per i sedimenti trattenuti in un piccolo bacino visibile nella porzione distale del profilo.

2. ANALISI TESSITURALI

Durante una campagna di prelievi nella zona del delta sommerso sono stati effettuati campionamenti di fondo utilizzando un vibrocarotatore MIC-VEGA-KABELTEKNIC. Tra questi è stata scelta la carota K4, di lughezza superiore ai 4 m, prelevata sull'isobata dei 50 m in posizione frontale rispetto all'attuale foce del F. Centa (Fig. 4), in quanto presentava, ad un primo esame macroscopico, una notevole variabilità tessiturale.

La carota è stata campionata in 17 punti ad intervalli non regolari, scelti in modo da mettere in evidenza le variazioni granulometriche; il sedimento prelevato è stato analizzato sia da un punto di vista tessiturale sia micropaleontologico.

Dall'osservazione del diagramma riportato in figura 6 la carota K4 può essere suddivisa in tre intervalli con caratteristiche tessiturali molto diverse fra loro:

- intervallo I (400-200 cm): si ha una netta prevalenza della sabbia, con tenori quasi ovunque superiori al 50 %. I sedimenti risultano essere poco o molto poco classati, con curve di frequenza a forte asimmetria positiva, a testimonianza dell'esistenza di un'importante coda di materiale fine;
- intervallo II (200-30 cm): si verifica un deciso aumento, dell'ordine del 20-30 %, della percentuale di silt, accompagnato dalla crescita del tenore in argilla e dalla diminuzione repentina della sabbia. I sedimenti risultano essere sempre molto poco classati, con curve di frequenza mesocurtiche e simmetriche;
- intervallo III (30-0 cm): si ha un nuovo aumento del contenuto in sabbia e in argilla a spese del silt. In questo modo i tenori delle tre classi tessiturali si uniformano ed il

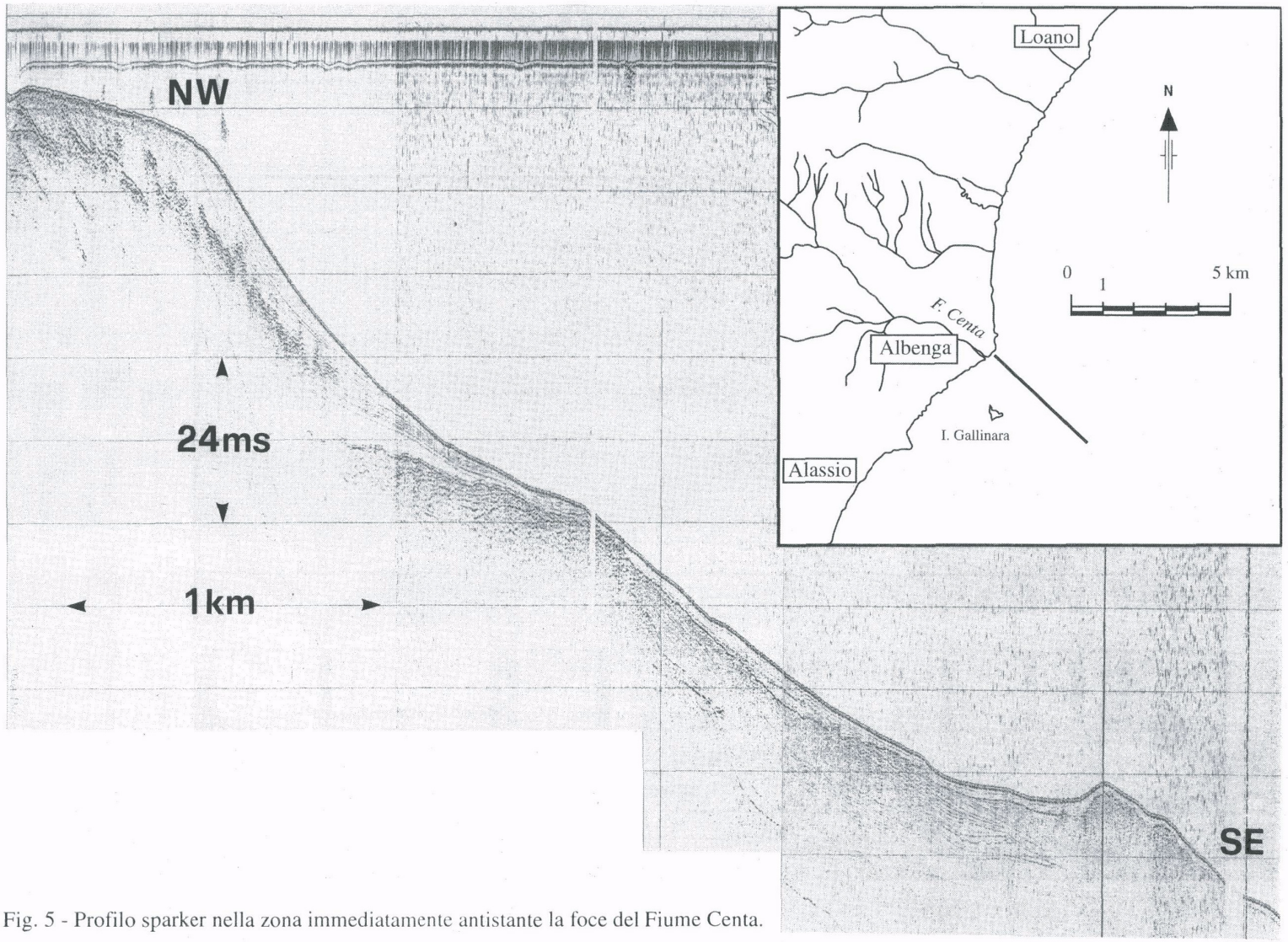


Fig. 5 - Profilo sparker nella zona immediatamente antistante la foce del Fiume Centa.

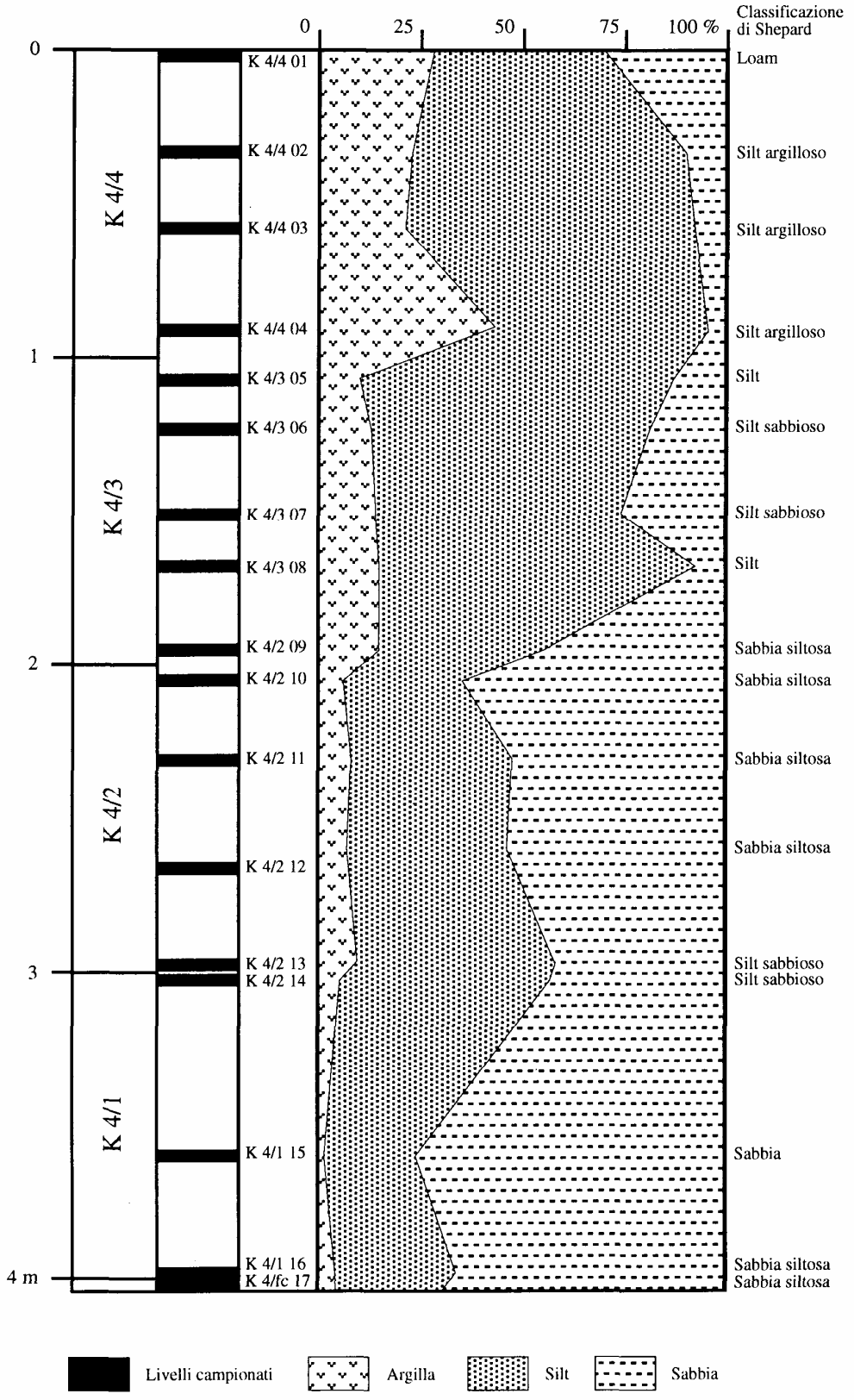


Fig. 6 - Granulometria della carota K4.

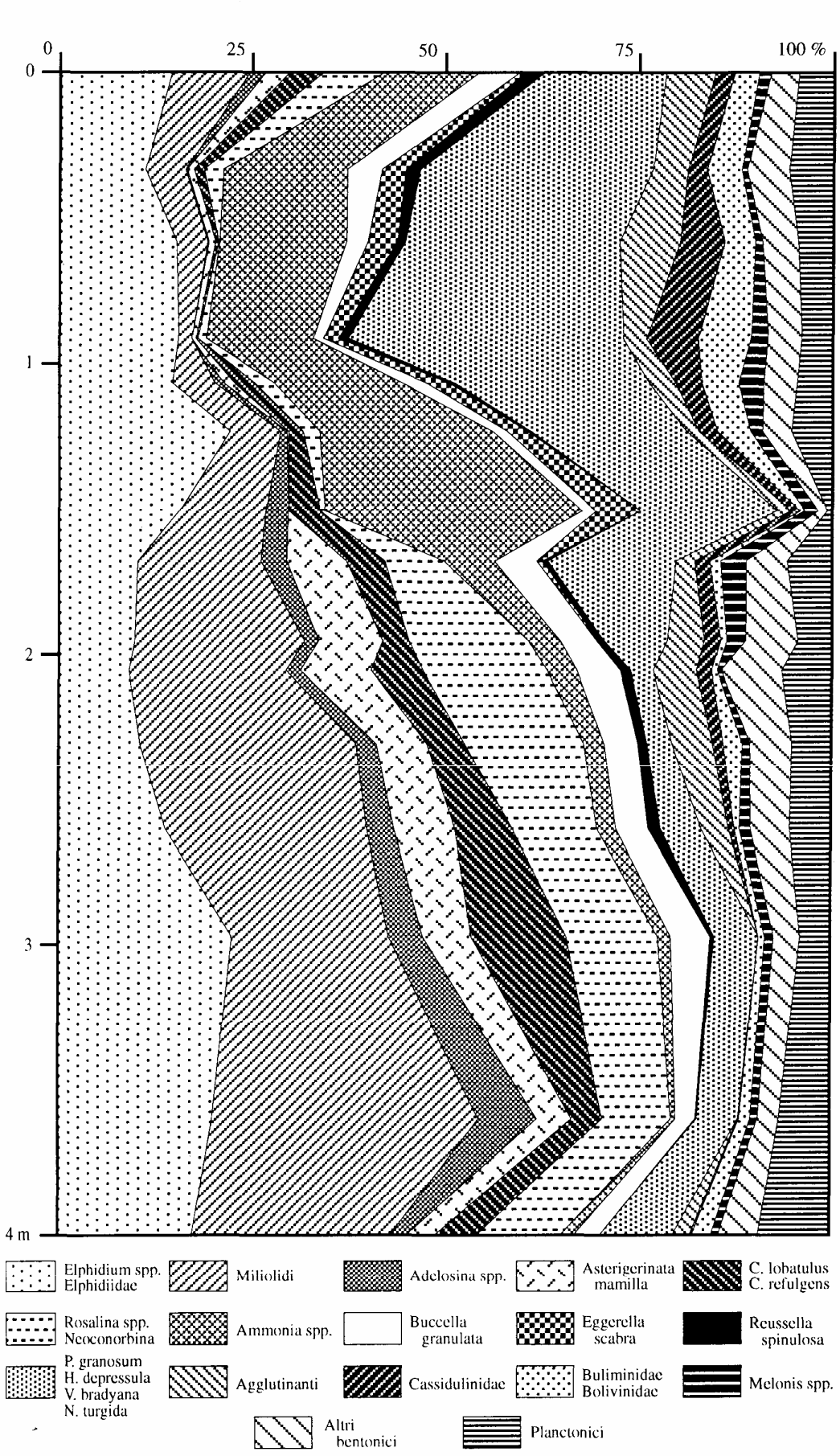


Fig. 7 - Distribuzione dei Foraminiferi nella carota K4.

sedimento può essere classificato come "loam" (Shepard, 1954), sottintendendo, quindi, una classazione pressoché nulla.

3. LA MICROFAUNA A FORAMINIFERI

L'associazione a foraminiferi è stata studiata sia dal punto di vista qualitativo sia da quello quantitativo.

L'analisi qualitativa sulla frazione superiore a 75 µm ha portato all'individuazione di 209 taxa appartenenti a 93 generi, con una nettissima dominanza delle forme bentoniche, la cui percentuale varia da un minimo di 93,5 ad un massimo di 99,4.

L'analisi quantitativa è stata eseguita sulla frazione superiore a 125 µm, contando un minimo di 300 esemplari tra bentonici e planctonici, con l'unica eccezione del campione 7, dove, su tutto il residuo, sono stati individuati solo 172 esemplari. I risultati dei conteggi, tradotti in percentuale, sono stati riportati su una curva cumulativa (Fig. 7) raggruppando i planctonici per evidenziare il rapporto P/P+B. Per quanto riguarda i bentonici sono state conteggiate insieme le specie che forniscono le medesime indicazioni ambientiali e, sotto l'indicazione "altri bentonici", sono stati riuniti tutti i taxa a presenza assolutamente sporadica e non significativi nella caratterizzazione dell'associazione.

3.1. Foraminiferi planctonici

Il plancton è sempre scarsamente rappresentato: la frequenza rispetto ai foraminiferi totali oscilla, in media, tra il 4 ed il 5 % (Fig. 7).

Le specie più comuni sono *Globigerina bulloides* e *Globigerinoides ruber,* caratterizzate dalle frequenze più elevate in tutti i campioni, fatta eccezione per quelli sommitali (1 e 2), dove i planctonici più diffusi sono *Globorotalia truncatulinoides* e *Globorotalia inflata,* presenti anche negli altri livelli, seppure con frequenze più basse. L'associazione è completata da rari esemplari di *Globigerinella calida, Globigerina* sp., *Globigerinoides sacculifer, Globigerinoides trilobus, Globorotalia* sp., *Turborotalita quinqueloba, Orbulina universa.*

Nel complesso si nota una tendenza, più spiccata verso il top della carota, alla prevalenza degli elementi caldi *(Globigerinoides ruber)* e temperato-caldi *(Globorotalia truncatulinoides* e *Globorotalia infiala)* sugli elementi freddi *(Globigerina bulloides).* Non è stato, però, possibile costruire una curva paleoclimatica significativa, dato che i valori di frequenza dei markers climatici sono, comunque, sempre troppo bassi.

3.2. Foraminiferi bentonici

L'analisi delle associazioni a foraminiferi bentonici ha permesso di individuare, dal basso verso l'alto, i seguenti tre intervalli (Fig. 7):

- intervallo I (campioni 16-8).

L'associazione è caratterizzata dalla dominanza di Miliolidi (fino al 41,98 %) ed *Elphidium* spp., seguiti da Discorbidae *(Rosalina* spp. e *Neoconorbina* spp.), Cibicididae *(Cibicides lobatulus* e *C. refulgens), Asterigerinata mamilla, Buccella granulata* e il complesso *Protoelphidium granosum-Haynesina depressula-Valvulineria bradyana-Nonionella turgida.*

Reussella spinulosa, Melonis spp., Buliminidae, Bolivinidae e Cassidulinidae sono presenti solo come elementi accessori a frequenze generalmente inferiori a 2,5 %. Il genere *Ammonta* (in prevalenza rappresentato da *A. beccarli* e subordinatamante da *A. infiala)* registra una presenza piuttosto ridotta nella prima metà dell'intervallo, con una tendenza regolare all'aumento nella metà superiore. Gli Agglutinanti, estremamente sporadici fino al campione 13, raggiungono un massimo (5,54 %) in corrispondenza del campione 10.

Nei livelli basali si può osservare una tendenza all'aumento dei Miliolidi con, in particolare, un massimo al campione 15 (7,59 %) del gruppo delle Adelosine (sul grafico distinte dagli altri Miliolidi). Nei livelli sommi tali, invece, si registra un trend decrescente dei gruppi dominanti, ad eccezione di *Protoelphidium granosum-Haynesina depressula-Valvulineria bradyana-Nonionella turgida,* che, all'opposto, aumentano in modo consistente, raggiungendo una frequenza (16,1 %) molto vicina a quella dei Miliolidi;

- intervallo II (campioni 7-2).

L'associazione subisce un rapido cambiamento con un drastico calo delle frequenze di buona parte degli elementi dominanti nell'intervallo precedente: Discorbidae, Cibicididae, *Asterigerinata marnilla* e *Baccella granulata* si riducono, alcuni, come *A. mamìlla,* fino alla scomparsa; anche i Miliolidi diminuiscono notevolmente (fortissima la riduzione delle Adelosine) per arrivare nel campione 4 alla frequenza più bassa registrata in tutta la carota (1,62 %).

Al contrario *Protoelphidium granosum-Haynesina depressula-Valvulineria bradyana-Nonionella turgida* sono in piena espansione e diventano il gruppo dominante seguiti, in questa tendenza, *da Ammonta* e, in una certa misura, anche da *Elphidium* spp.

Cassidulinidae, Buliminidae, Bolivinidae e gli Agglutinanti registrano anch'essi un certo aumento, anche se molto più contenuto, e diventano elementi caratterizzanti, sia pure secondari. Tra gli Agglutinanti va segnalata la comparsa, con frequenze che arrivano anche al 5,85 % (campione 7) di *Eggerella scabra,* assente nell'intervallo precedente. Per quanto riguarda *Reussella spinulosa* e *Melonis* spp. non si notano variazioni significative.

Tutto l'intervallo è caratterizzato da una rilevante riduzione della diversità specifica, particolarmente accentuata nella fase iniziale dove, come già accennato, si ha anche un netto impoverimento quantitativo;

- intervallo III (campione 1).

Gli ultimi 30 cm al top della carota sono caratterizzati da una tendenza generale a ripristinare la situazione dell'intervallo I.

Protoelphidium granosum-Haynesina depressula-Valvulineria bradyana-Nonionella turgida, pur essendo sempre gli elementi dominanti, sono in diminuzione, mentre ritornano ad aumentare le specie che caratterizzano l'intervallo I. In particolare i Miliolidi arrivano a superare in frequenza *Ammonia,* ricollocandosi tra gli elementi dominanti.

Anche per Cassidulinidae, Bolivinidae, Buliminidae, ed *Eggerella scabra* con più evidenza, si registra una tendenza alla riduzione della frequenza.

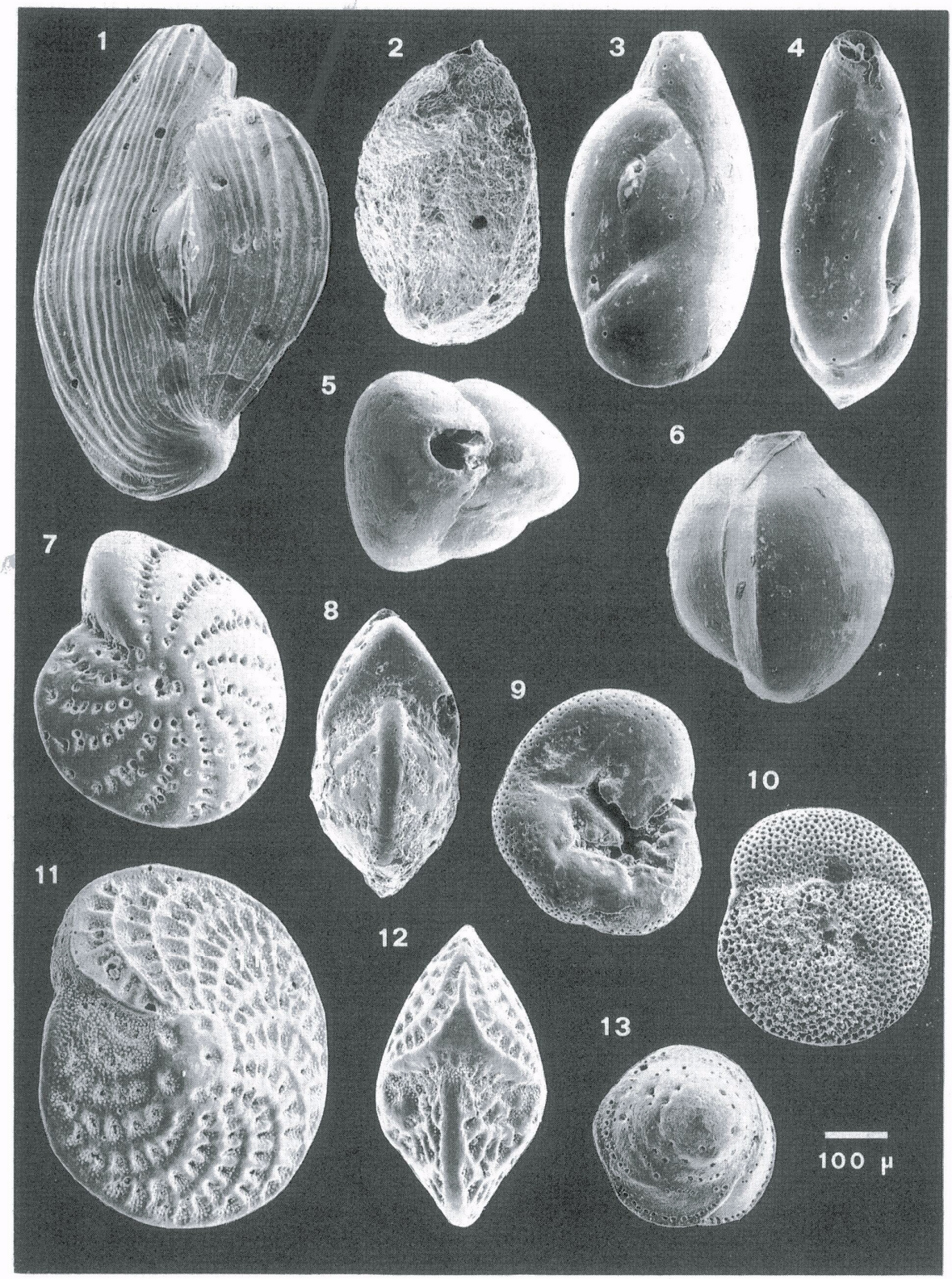
3.3. Osservazioni paleoecologiche

L'intervallo I può rappresentare un ambiente infralitorale con fondali sabbiosi o coperti da popolamenti vegetali, acque limpide e ben ossigenate. Gli elementi dominanti, infatti, sono per la maggior parte specie tipicamente infralitorali, sia epifite (Langer, 1988) mobili (*Quinqueloculina, Triloculina, Elphidium crispum, E. macellum. E. aculeatum*) o fisse a mobilità temporanea (*Rosalina, Asterigerinata*) o incrostanti fisse (*Cibicides*), sia infaunali a prevalente preferenza per fondali sabbiosi (vari Miliolidi agglutinanti, *Elphidium* "non carenati").

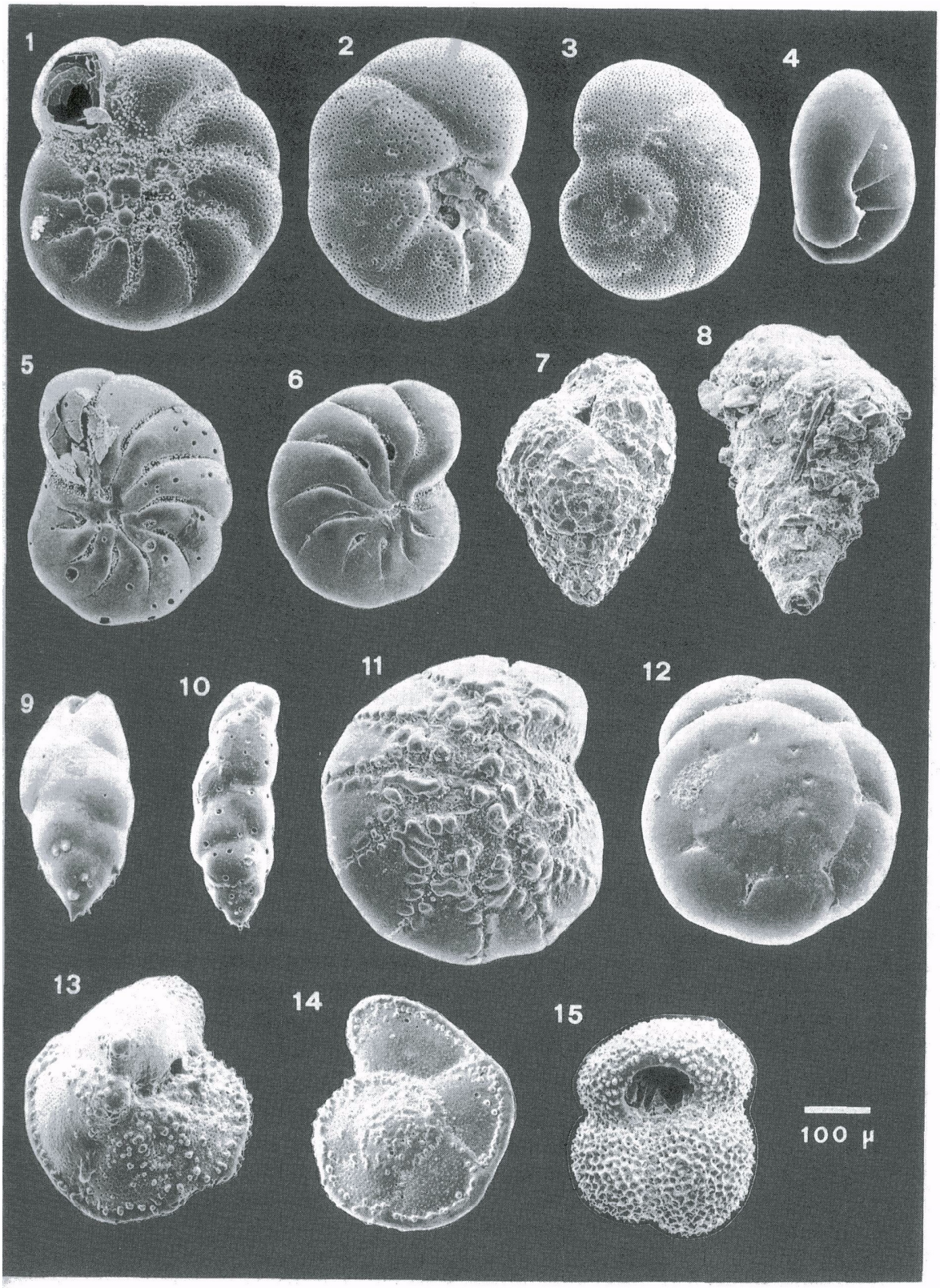
Attualmente un'associazione di questo tipo nel Mediterraneo occidentale (Blanc-Vernet, 1988) è tipica di biotopi dell'infralitorale: popolamenti vegetali tipo "praterie a Posidonie" o zone, ad essi contigue, a fondale detritico-sabbioso e soggette al moto ondoso.

La maggiore frequenza di specie del genere *Adelosina* potrebbe far preferire, per la parte bassa dell'intervallo, l'ipotesi del fondale detritico prima citato, dato che il suddetto genere sembra particolarmente abbondante, soprattutto con le forme costulate, in un ambiente di questo tipo (Blanc-Vernet, 1969 e 1988).

L'intervallo II è, invece, riferibile ad un ambiente infralitorale-circalitorale superiore con fondale fango-limoso. Rispetto all'intervallo I, quindi, la differenza sta non tanto in



Tav. 1 - Foraminiferi bentonici; taxa tipici di fondali detritico-sabbiosi o a copertura vegetale: 1) *Adelosina dagornae*. 2) *Quinqueloculina berthelotiana*. 3-4) *Adelosina dubia*: 3. vista laterale, 4. profilo. 5) *Triloculina trigonula*: vista aperturale. 6) *Triloculina gibba*. 7-8) *Elphidium punctatum*: 7. vista laterale, 8. vista aperturale. 9) *Rosalina bradyi*. 10) *Rosalina obtusa*. 11-12)*Elphidium crispum*: 11. vista laterale, 12. vista aperturale. 13) *Asterigerinata mamilla*.



Tav. 2 - Foraminiferi bentonici; taxa tipici di fondali fango-limosi: 1) *Protoelphidium granosum.* 2-3)*Valvulineria bradyana*: 2. lato ombelicale, 3. lato spirale. 4) *Nonionella turgida.* 5-6) *Haynesina depressula.* 7) *Eggerella scabra.* 8) *Textularia* sp.. 9) *Bulimina aculeata.* 10) *Bulimina elongata.* 11) *Ammonia beccarii.* 12) *Ammonia inflata.*
Foraminiferi planctonici: 13-14)*Globorotalia truncatulinoides excelsa*: 13. lato ombelicale, 14. lato spirale. 15) *Globigerinoides ruber.*

una significativa variazione batimetrica, quanto nel tipo di fondale. Nell'associazione, infatti, si riducono drasticamente o scompaiono le forme dei popolamenti vegetali e dei fondali detritico-sabbiosi, mentre aumentano notevolmente le specie attualmente caratteristiche dei Fanghi Terrigeni Costieri o del Detritico Infangato, come *Nonionella turgida, Valvulineria bradyana, Protoelphidium granosum.*

Anche l'aumento di frequenza di Buliminidae, Bolivinidae e Cassidulinidae è, in questo caso, conseguenza non tanto di maggiore profondità (le percentuali sono ancora troppo basse), quanto, trattandosi di forme nettamente vasicole, del passaggio ad un fondale fangoso o comunque a prevalente componente fine. Parallelamente è interessante notare la comparsa e il relativo sviluppo di *Eggerella scabra,* agglutinante di bassa profondità su sabbie fini e fango.

Inoltre tra gli *Ephidium,* in genere frequenti sia nell'infralitorale sia nel circalitorale superiore, si nota un aumento di *E. cuvilleri,* specie più spiccatamente vasicola e tollerante di diminuzioni della salinità, a fronte di una diminuzione di *E. crispum,* epifita a mobilità permanente (Langer, 1988).

Per quanto riguarda la forte espansione di *Ammonta* bisogna ricordare che si tratta di una forma infaunale di bassa profondità, piuttosto indifferente al tipo di fondale (Vénec-Peyré, 1984); tali caratteristiche sono tipiche, soprattutto, di *A. beccarli,* ben nota per la sua capacità di adattarsi con successo a condizioni non ideali, come forti correnti, elevata torbidità ed intensa sedimentazione (Vénec-Peyré, 1983 e 1984). Vénec-Peyré (1984), per esempio, la segnala come dominante in associazioni di sedimenti mobili (fanghi sabbiosi e detritico-fangosi). La frequenza elevata di *Ammonia* nell'intervallo II potrebbe, quindi, essere il segno di condizioni ambientali più difficili e instabili legate a cambiamenti nella sedimentazione: aumento dell'apporto fine e maggiore torbidità delle acque. La presenza costante, anche se non rilevante, di *A. tepida* può essere segno di una certa tendenza alla diminuzione della salinità (Vénec-Peyré, 1983). Infine si può notare che la già citata riduzione della diversità specifica, che caratterizza questo intervallo, si inserisce abbastanza bene nel quadro di un ambiente a condizioni nel complesso meno favorevoli alla microfauna a foraminiferi.

Nell'intervallo III si osserva, infine, una tendenza al ripristino dell'ambiente dell'intervallo I: le forme vasicole dominanti nell'intervallo II regrediscono, mentre sono in aumento le forme epifite e di fondali detrico-sabbiosi.

Le curve relative all'andamento delle associazioni a foraminiferi bentonici nella carota K4 registrano variazioni legate al tipo di fondale più che alla batimetria, in quanto si rimane sempre nell'ambito dell'infralitorale-circalitorale superiore. Si è, infatti, evidenziato il passaggio da un'associazione tipica di fondali detritico-sabbiosi con o senza copertura vegetale, con acque limpide e ben ossigenate, ad un'altra caratteristica di fondale fango-limoso in acque più torbide e probabilmente un po' meno ossigenate. Verso il top della carota si nota, infine, la tendenza a tornare a condizioni di fondale simili a quelle che caratterizzano la metà più profonda.

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I protendimenti deltizi in Mediterraneo rappresentano equilibri estremamente delicati e sensibili alle più piccole variazioni di apporti terrigeni e regimi meteomarini, fattori a loro volta dipendenti da piovosità e regime dei venti; essi constituiscono quindi importanti archivi dai quali ricavare utili informazioni sulle modificazioni recenti del clima e dell'ambiente: la piattaforma continentale ligure è ricca di tali depositi e quello del F. Centa è risultato uno dei più importanti e significativi.

La raccolta ed il confronto dei dati provenienti da varie discipline (storia, geomorfologia, geologia, paleontologia per citare le più importanti) hanno permesso di ricostruire alcune modificazioni nel tratto terminale del fiume così schematizzabili:

- la posizione della foce ha migrato verso sud, accompagnata dalla parte sommersa del delta; residui di un antico deposito fluviale sulla piattaforma sono visibili nei profili sismici a nord dell'attuale posizione, in corrispondenza del Rio Antognano;

- la linea di riva ha subito in epoca storica notevoli variazioni, ricostruite con dettaglio per gli ultimi 150 anni;

- il variare nel tempo degli apporti fluviali ha inciso profondamente sulle biocenosi: infatti il confronto nella carota K4 tra il diagramma di distribuzione dei foraminiferi bentonici e quello relativo alle tessiture del sedimento (Figg. 6 e 7) mette in evidenza numerose analogie.

Vi è inoltre da sottolineare la non perfetta coincidenza tra gli intervalli in cui è stata suddivisa la carota per quanto concerne la tessitura del sedimento e la microfauna a foraminiferi presente. Ciò sembra essere imputabile ad un più lento adattamento della microfauna alle variate condizioni sedimentologiche: il cambiamento di tessitura del fondale, evidenziatesi in maniera brusca nel campione 8 (i tenori delle sabbie passano dal 44,9 al 7,8 %), non è accompagnato da un'analoga variazione della microfauna che, solo nel campione successivo, si adatta alle mutate condizioni ambientali.

Questi fatti confermano l'opinione che nel settore di piattaforma studiato la granulometria del sedimento e l'andamento della sedimentazione costituiscono i fattori che hanno influenzato non solo la morfologia, ma anche la composizione e l'evoluzione delle associazioni a foraminiferi bentonici.

BIBLIOGRAFIA

Ascari, M., L. Baccino & G. Sanguineti. 1937. Le spiagge della riviera ligure. Variazioni storiche della linea di battigia della riviera ligure di ponente. *C.N.R. Com. per la Geogr.- Com. per l'Ing.:* 52-60.

Blanc-Vernet, L. 1969. Contribution a l'étude des Foraminifères de Méditerranée. *Recueil des travaux de la Station marine d'Endoûme,* F. 64, b. 48, 315 pp.

Blanc-Vernet, L. 1988. Répartition bathymétrique des foraminifères benthiques sur la plate-forme continentale. *Geologie Méditerranéenne,* Tome XV, n° 1: 5-12.

Boni, A., P. Boni, G.F. Peloso & S. Gervasoni. 1980. Dati sulla neotettonica di parte dei fogli S. Remo (102), Imperia (103) ed Albenga-Savona (92-93). *Contr. Prelim. Carta Neotett. Italia,* Parte II, Pubbl. 356: 1245-1282.

Boni, A. & M. Vanossi. 1972. Carta geologica dei terreni compresi tra il Brianzonese ligure s.l. ed il Flysch ad Helmintoidi s.s. *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia,* 23, tav. 24.

Boni, P., G.F. Peloso & P.L Vercesi. 1984. Il bacino pliocenico di Albenga (Liguria occidentale). *Rena. Soc. Geol. It.,* 7: 11-12.

Boni, P., G.F. Peloso & P.L. Vercesi. 1984. Nuovi dati e considerazioni sulla stratigrafia del bacino pliocenico di Albenga (Alpi Marittime). *Mem. Soc. Geol. It.,* 28: 385-396.

Boni, P., G.F. Peloso & P.L. Vercesi. 1988. Considerazioni morfotettoniche su alcune divagazioni fluviali nella piana di Albenga (Alpi Marittime). *Rend. Soc. Geol. It.,* 11:333-338.

Coccioni, R., M. Bellagamba, R. Di Leo, D. Savelli & M. Tramontana. 1992. Latest Pleistocene-Holocene paleoclimatic record and sea-level changes in the central Adriatic Sea: Foraminifera evidence from Gore A 85-10. *Il Quaternario,* 5 (2): 147-162.

Dallagiovanna, G. & M. Vanossi. 1982. La struttura tettonica dell'Unità di Arnasco - Castelbianco (Prepiemontese delle Alpi Marittime). *Rend. Soc. Geol. It.,5:* 119-122.

Fanucci, F. 1986. Évolution stratigraphique de la région du Golfe de Gênes depuis l'Éocène supérieur. *Mem. Soc. Geol. It.,* 36: 19-30.

Fanucci, F., M. Firpo, M. Piccazzo & L. Mirabile. 1984. Le Plioquaternaire de la Mer Ligure: épaisseurs et conditions d'accumulation. *Marine Geology*, 55: 291-303.

Fanucci, F., M. Firpo & A. Ramella. 1987. Genesi ed evoluzione di piane costiere del Mediterraneo: esempi di piccole piane della Liguria. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 10: 193-203.

Firpo, M., N. Corradi, G.C. Cortemiglia, F. Fanucci, G. Fierro & M. Piccazzo. 1990. Atlante delle spiagge italiane, Foglio 92-93 Albenga-Savona. CNR - ROMA. Tipografia SELCA, Firenze.

Galloway, W.E. 1975. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: Deltas, models for exploration (M.L. Broussard ed.). Houston Geological Society, Houston: 87-98.

Lamboglia, N. ,1981. Albenga romana e medioevale. *Collana Itinerari Liguri*, Istituto Internazionale di Studi Liguri, n. 1.

Langer, M. 1988. Recent epiphitic foraminifera from Vulcano (Mediterranean Sea). *Revue de Paleobiologie*, Vol. Spéc. n° 2, Benthos '86: 827-832.

McManus, J. 1988. Grain size determination and interpretation. In: Techniques in sedimentology. (M. Tucker ed.). Blackwell Scientific Publications: 63-86.

Piccazzo, M., M. Firpo, R. Ivaldi & D. Arobba. In corso di stampa. Il delta del Fiume Centa (Liguria occidentale): un esempio di modificazione recente del clima e del paesaggio. Atti Convegno AIQUA: Una nuova geologia per l'ambiente, Genova 29-30 giugno 1993.

Rehault, J.P. (inedito). Evolution tectonique et sédimentaire du Bassin Ligure (Mediterranee Occidentale). *Thèse de Doct. Sc. Nat.*, Univ. Paris, 1981.

Rehault, J.P., G. Boillot & A. Mauffret. 1984. The Western Mediterranean Basin geological evolution. *Marine Geology*, 55: 447-478.

Rovereto, G. 1939. Liguria geologica. Mem. Soc. Geol. It., Vol. II.

Sasso, A. 1827. Saggio geologico sopra il Bacino Terziario di Albenga. *Giorn. Lig. Sc., Lett. Arti*, Genova.

Shepard, F.P. 1954. Nomenclature based on sand silt clay ratios. *Journ. Sed. Petr.*, 24: 151-158.

Vénec-Peyré, M.T. 1983. Étude de la distribution des Foraminifères vivants dans la Baie de Banyuls-sur-Mer. *Revue A.F.T.P., Pétrole et Technique*, 301: 22-44.

Vénec-Peyré, M.T. 1984. Les Foraminifères et le milieu: étude de trois écosistèmes. In: Benthos '83 (H. J. Oertli ed.) ELF Aquitaine, Pau: 573-581.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 603 a pag. 617

PRIMI LINEAMENTI DI BIONOMIA BENTICA DELL'ISOLA GALLINARIA (MAR LIGURE)

Andrea BALDUZZI*, Carlo Nike BIANCHI**, Riccardo CATTANEO-VIETTI* Carlo CERRANO*, Silvia COCITO**, Sergio COTTA***, Francesco DEGL'INNOCENTI****, Giovanni DIVIACCO*****, Massimo MORGIGNI**, Carla MORRI*, Maurizio PANSINI*, Luca SALVATORI*****, Lorenzo SENES******, Sergio SGORBINI** e Leonardo TUNESI*****

*Istituto di Zoologia, Università, via Balbi 5, I-16126 Genova
** ENEA-CRAM S.Teresa, CP316, I-19100 La Spezia
*** Octopus, piazza Corvetto 1, I-16122 GENOVA
**** CNR-ISDGM Staz. Oceanogr., Forte S.Teresa, I-19036 Lerici (SP)
*****ICRAM, via L.Respighi 5, I-00197 Roma
****** Acquario di Genova, Ponte Spinola, I-16123 Genova

RIASSUNTO

La distribuzione del benthos sui fondali dell'isola Gallinaria (parco regionale ligure e riserva marina proposta) è stata indagata tramite rilevamenti in immersione subacquea e osservazioni con veicoli filoguidati (ROV) tra O e circa 45 m di profondità. I lati occidentale e nord-orientale dell'isola sono caratterizzati da brevi falesie con popolamenti algidi, cui verso i 10-15 m di profondità seguono praterie di fanerogame o fondi molli. Il lato sud-orientale presenta maggiore varietà di situazioni ambientali e ricchezza di popolamenti biologici. La falesia rocciosa giunge sino a 35 m di profondità, ed ospita vari popolamenti algali cui segue un coralligeno dominato da grandi poriferi *(Axinella polypoides, Cacospongia scalaris,* ecc.). I fondi biodetritici sottostanti presentano una componente a briozoi *(Turbicellepora avicularis)* ed uno strato elevato a gorgonacei *(Eunicella verrucosa* e *Leptogorgia sarmentosa).* La zonazione del futuro parco marino dovrà prevedere una particolare tutela per quest'ultimo lato, dove si trovano emergenze naturalistiche tra le più significative dell'intera riviera di ponente, e dove la nautica da diporto, se non regolamentata, può costituire una grave minaccia alla loro integrità.

SUMMARY

First data on the benthic communities around the Gallinaria island (Ligurian Sea, NW Mediterranean). - The distribution of the benthic communities around this island, a proposed marine park, was studied from the surface to the depth of 45 m by SCUBA divine and ROV observations. The western and north-eastern sides of the island are

characterized by low cliffs with algae-dominated communities. Soft bottoms or sea grass beds extend at the cliff base. Communities of the south-eastern side of the island show a wider ecological variety and biological richness. On this side the cliff reaches a depth of 35 m, where thrives a coralligenous community with large sponges such as *Axinella polypoides* and *Cacospongia scalaris.* Biodetritic bottoms, rich in bryozoans *(Turbicellepora avicularis),* gorgonians *(Eunicella verrucosa* and *Leptogorgia sarmentosa)* and/or sponges *(Cliona viridis),* extend mainly on the south-eastern side of the island, starting at the base of the cliff. A planning of the future marine park should take into special account the latter side, where some of the most outstanding examples of the Mediterranean sea life are flourishing. Boating is one of the major causes of disturbance to the bottom-dwelling biota, because of the continuous anchor action which has a devastating effect on *Posidonia oceanica* meadows and rocky bottom communities.

1. INTRODUZIONE

L'isola Gallinaria, parco regionale ligure, rientra nell'elenco dei siti previsti dalla legge n. 394/91 per l'istituzione di aree protette marine. Una delle prime ricerche che dovrebbero essere condotte nell'ambito dell'individuazione e della definizione delle aree protette marine è lo studio della struttura e della distribuzione delle comunità bentiche costiere, sia per una loro valutazione qualitativa sia per verificare la presenza di un eventuale impatto di tipo antropico (Zattera et al., 1986). Nel caso della Gallinaria, tuttavia, le comunità biologiche marine non sono mai state oggetto di uno studio particolareggiato che ne definisse le caratteristiche fondamentali (Belluscio et al, 1992).

Il tratto di costa di fronte al quale si affaccia l'isola Gallinaria (tra il Capo S. Croce e la punta di Vadino), pur trovandosi tra i due importanti centri urbani di Alassio ed Albenga, presenta caratteristiche di limitata urbanizzazione e l'influenza del fiume Centa e delle acque reflue urbane appare, ancora oggi, relativa.

La costa dell'isola si presenta alta e scoscesa. La sua composizione geologica (quarziti grigio chiare intercalate a peliti e conglomerati poligenici), e la direzione degli strati sono le stesse dell'antistante Capo S. Croce, da cui l'isola si è probabilmente separata a causa di un'ingressione marina quaternaria e dell'erosione provocata dal trasporto di materiale sabbioso, proveniente dal vicino fiume Centa (Orsino, 1975). La forma dell'isola è approssimativamente triangolare, col vertice sud prolungato in uno stretto promontorio piegato verso est (Punta Falconata). Un porticciolo, costruito negli anni '60, si apre all'estremità settentrionale dell'isola. L'altro vertice del triangolo, all'estremo est, prende il nome di Punta Sciusciaù.

2. METODI

Le osservazioni ed i campionamenti sono stati condotti in diversi periodi dell'anno tra il 1988 ed il 1992, utilizzando, come mezzi nautici, il battello da ricerca "S.Teresa" e le motobarche "Bianca Maria", "Chicca", "Dora", e "Negiò II". Due campagne principali

sono state effettuate nel settembre 1991 e nel giugno 1992.

Le metodiche impiegate comprendono: i) rilevamenti subacquei quantitativi; ii) rilevamenti subacquei qualitativi; iii) osservazioni subacquee; iv) osservazioni con telecamera filoguidata. In tutti i casi sono state seguite rotte prefissate (generalmente perpendicolari alla costa) tra la superficie ed i 15 - 45 m di profondità, a seconda dei casi e della morfologia del fondale (Fig. 1).

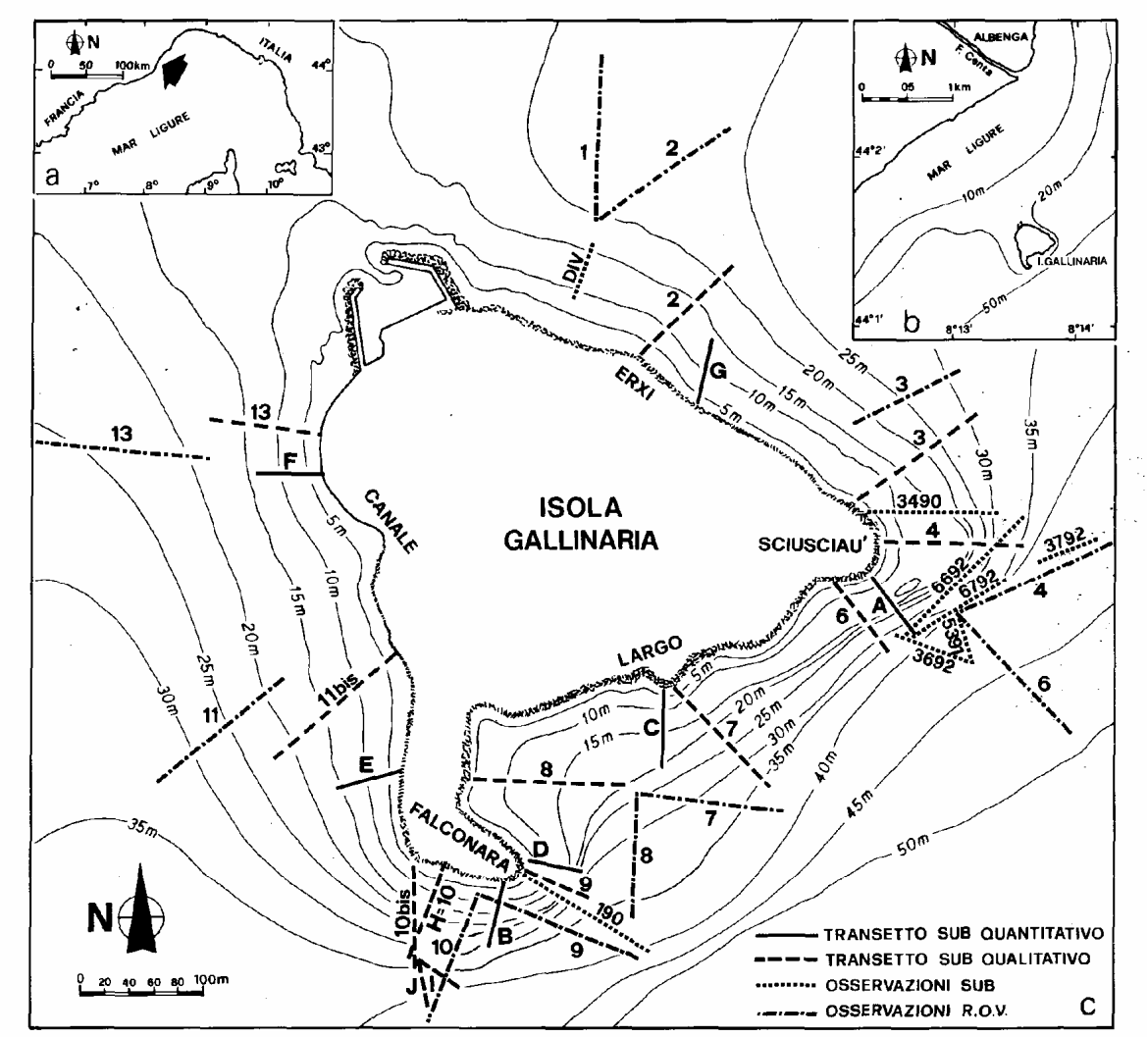


Fig. 1 - Posizione geografica dell'isola Gallinaria (a) e sua ubicazione rispetto alla costa ligure (b). Batimetria e piano dei rilevamenti (c): sono riportati i nomi dei transetti utilizzati nel testo.

I rilevamenti subacquei sono stati effettuati secondo i criteri esposti in Bianchi et al. (1991), limitando i campionamenti alle specie non identificabili in sito. La valutazione

quantitativa è stata effettuata secondo tre diverse tecniche: 1) conteggio degli esemplari all'interno di una fascia larga 1 m, grazie ad un bastone tenuto perpendicolarmente alla cima; 2) computo della frequenza delle diverse specie all'interno di una cornice quadrata di 1 m di lato, suddivisa tramite sagole in 25 subunità di lato 20 cm; 3) stima del ricoprimento su fotografie di superfici standard effettuate con fotocamere subacquee Nikonos e complesso macro (28 e 35 mm).

Per i rilevamenti con telecamera filoguidata, è stato utilizzato il ROV Achille M4 della Comex, lungo transetti costa-largo, secondo le indicazioni di Ardizzone (1992).

Infine, per la mappatura delle praterie sommerse sui fondali circostanti l'isola ci si è avvalsi anche di preesistenti registrazioni al sonar laterale (Bianchi & Peirano, 1990).

In questa sede ci si limiterà a riportare i primi risultati relativi ai popolamenti presenti ed alla loro distribuzione sui fondali dell'isola, sintetizzando le osservazioni condotte nelle varie campagne in cinque transetti schematici. Gli aspetti quantitativi saranno approfonditi in un lavoro successivo. I popolamenti sono stati identificati su base essenzialmente fisionomica; per la loro definizione e denominazione ci si è basati, quando possibile, su diversi recenti lavori di bionomia del benthos mediterraneo (Giaccone, 1973; Augier, 1982; Ballestreros, 1982; Meinesz et al., 1983; Boudouresque, 1984; Ros et al., 1985; Gili & Ros, 1985; Garcia-Carrascosa, 1987).

3. RISULTATI

Per comodità espositiva, i risultati ottenuti con le diverse tecniche vengono riportati separatamente per i tre lati dell'isola: occidentale, nord-orientale e sud-orientale.

3.1. Lato occidentale

I rilevamenti sono stati sintetizzati nel transetto schematico "Canale" (Fig. 2).

Su questo lato la pendenza del fondale è modesta, e la roccia in posto si arresta a 5-8 m di profondità. Al di sotto si estende un lieve pendio ricoperto, nella prima parte, da massi e ciottoli, e successivamente da sabbia. Solo procedendo a sud, verso P. Falconara, il pendio si fa più ripido e roccioso, mentre l'angolo nord-ovest, dove è inserito il porticciolo, si prolunga in una vasta piana sabbiosa - parzialmente coperta da un mosaico di 'matte' morta e di chiazze di *Posidonia oceanica* (Fig. 4) - che collega l'isola alla terraferma (piana di Albenga) senza mai scendere oltre i 15 m di profondità.

La breve parete rocciosa presenta una topografia molto irregolare: di conseguenza anche le associazioni biologiche di fondo roccioso hanno una distribuzione discontinua e in gran parte sovrapposta. La cintura mesolitorale a *Lithophyllum lichenoides* (RMI/*Ll*) è poco sviluppata, così come il popolamento algale fotofilo di modo battuto a *Cystoseira strida* (AFB/*Cs*), anche se la sua presenza denota condizioni idrodinamiche abbastanza sostenute. Sul resto della parete rocciosa s'instaura un mosaico di diversi popolamenti algali infralitorali (AI), sia fotofili di modo semibattuto (a *Corallina elongata,* AFSB/*Ce*; a *Cystoseira compressa,* AFSB/*Cc*) o calmo (a *Halopteris scoparia* e *Padina pavonica,* AFC/*Hs*), sia emifotofili (a *Codium bursa,* AEF/*Cb*), nonché a rodoficee calcaree incrostanti ed echinoidi (RCIE, con *Paracentrotus lividus, Arbacia lixula, Crambe*

crambe, Reptadeonella violacea). Nei tratti più ombreggiati (paretine verticali ed anfratti) vi s'aggiungono popolamenti algali sciafili infralitorali ad *Halimeda tuna* (ASI/*Ht* o ad *Udotea paiolata* (ASI/*Up*;), con la presenza di altre forme sciafile (*Codium adhaerens, Chondrosia reniformis, Phorbas tenacior, Sertella septentrionalis, Rhynchozoon pseudodigitatum*).

Al di sotto della parete, sul fondo a massi e ciottoli, tale mosaico di associazioni sfuma gradualmente in un popolamento algale emifotofilo caratterizzato da *Cystoseira spinosa* nello strato elevato (AEF/*Cs*), con la presenza di numerose altre specie tra cui l'idrozoo *Eudendrium glomeratum* ed il madreporario *Cladocora cacspitosa* (AEF/*Cc*).

Attorno ai 13-15 m di profondità, nella parte più settentrionale di questo lato, si trovano larghe chiazze di *Posidonia oceanica* in discrete condizioni vegetative, anche se la densità dei fasci non raggiunge valori elevati e qua e là si osservano segni lasciati da ancore. Tra i 15 e i 17 m il fondale è costituito da 'matte' morta di posidonia, sulla quale si sviluppano popolamenti algali a *Padina pavonica* ed *Acetabularia acetabulum* (MMP) o a *Dictyopteris membranacea (AEF/Dm)* o a *Dasycladus vermicularis* (AFT/*Dv*), quest'ultimo ad affinità termofila. Il margine inferiore della 'matte' si presenta fortemente eroso, il che denota condizioni di rilevante idrodinamismo anche a livello del fondo.

Nella sabbia organogena grossolana che si estende all'esterno ed a sud della 'matte' di posidonia si sviluppa un popolamento di fondi detritici costieri dominato da *Lithophyllum racemus (facies* a praline, DC/P), anch'esso indicatore di intenso idrodinamismo. Attorno a 25 m di profondità, lo strato elevato è caratterizzato dal gorgonaceo *Eunicella singularis (DC/Es).*

3.2. Lato nord-orientale

I rilevamenti sono stati sintetizzati nel transetto schematico "Erxi" (Fig. 2).

Anche questo lato, tra il porticciolo e la Punta Sciusciaù, è caratterizzato da una modesta pendenza del fondale e dalla scarsa profondità raggiunta dalla roccia in posto (4-5 m). La falesia si continua in un declivio non troppo pronunciato, inizialmente costituito da grossi massi e ciottoli, per poi passare gradualmente a sabbia, sabbia fangosa e fango, con radi massi affioranti.

L'idrodinamismo è decisamente inferiore rispetto agli altri due lati, e maggiore è infatti la quantità di sedimento fine depositato sui fondali: questo lato in effetti è rivolto verso la foce del fiume Centa, che dista circa 2 km dall'isola, ed è quello che maggiormente ne risente l'influsso (Ferretti et al., 1992).

La cintura a *Lithophyllum lichenoides* (RMI/*Ll*) è estremamente ridotta, e manca la frangia a *Cystoseira stricta,* sostituita da un popolamento algale fotofilo di modo semibattuto a *Cystoseira compressa* (AFSB/*Cc*). Il primo metro di profondità, costituito da roccia suborizzontale, è dominato da un popolamento a *Corallina elongata* (AFSB/*Ce*), con importante sottostrato a *Balanus perforatus,* mentre nei successivi 2-3 m, in cui l'inclinazione della roccia aumenta, prevale l'RClE, con *Paracentrotus lividus, Lithophyllum incrustans, Crambe crambe, Reptadeonella violacea, Hemimycale columella* e *Balanophyllia europaea.*

L'ultimo tratto di fondale roccioso è di nuovo suborizzontale; su di esso, e sui piccoli massi che coprono il tratto successivo (fino a circa 10 m di profondità) si osserva un

popolamento fotofilo di modo calmo con *Padina pavonica, Halopteris scoparia* e *Dictyota dichotoma (AFC/Hs).* Tra 10 e 17 m il fondo è costituito da resti di 'matte' morte di posidonia abbondantemente ricoperti di sedimento, colonizzati da un popolamento algale in cui, ad elementi tipici della 'matte' come *Acetabularia acetabulum* (MMP), si aggiungono elementi emifotofili come *Dictyopteris membranacea (AEF/Dm)* o *Cystoseira spinosa* (AEF/*Cs*) ed elementi termofili come *Penicillus capitatus* (AFT/*Pc*). Nella parte più settentrionale di questo lato si sviluppa, attorno a 12 m di profondità, un prato di *Cymodocea nodosa.*

Oltre i 17 m si estende un fondale biodetritico decisamente infangato con ciottoli sparsi, su cui crescono colonie di *Leptogorgia sarmentosa (*DI/*Ls),* mescolato ad elementi dei fanghi terrigeni costieri (FTC). Su questo lato dell'isola sono

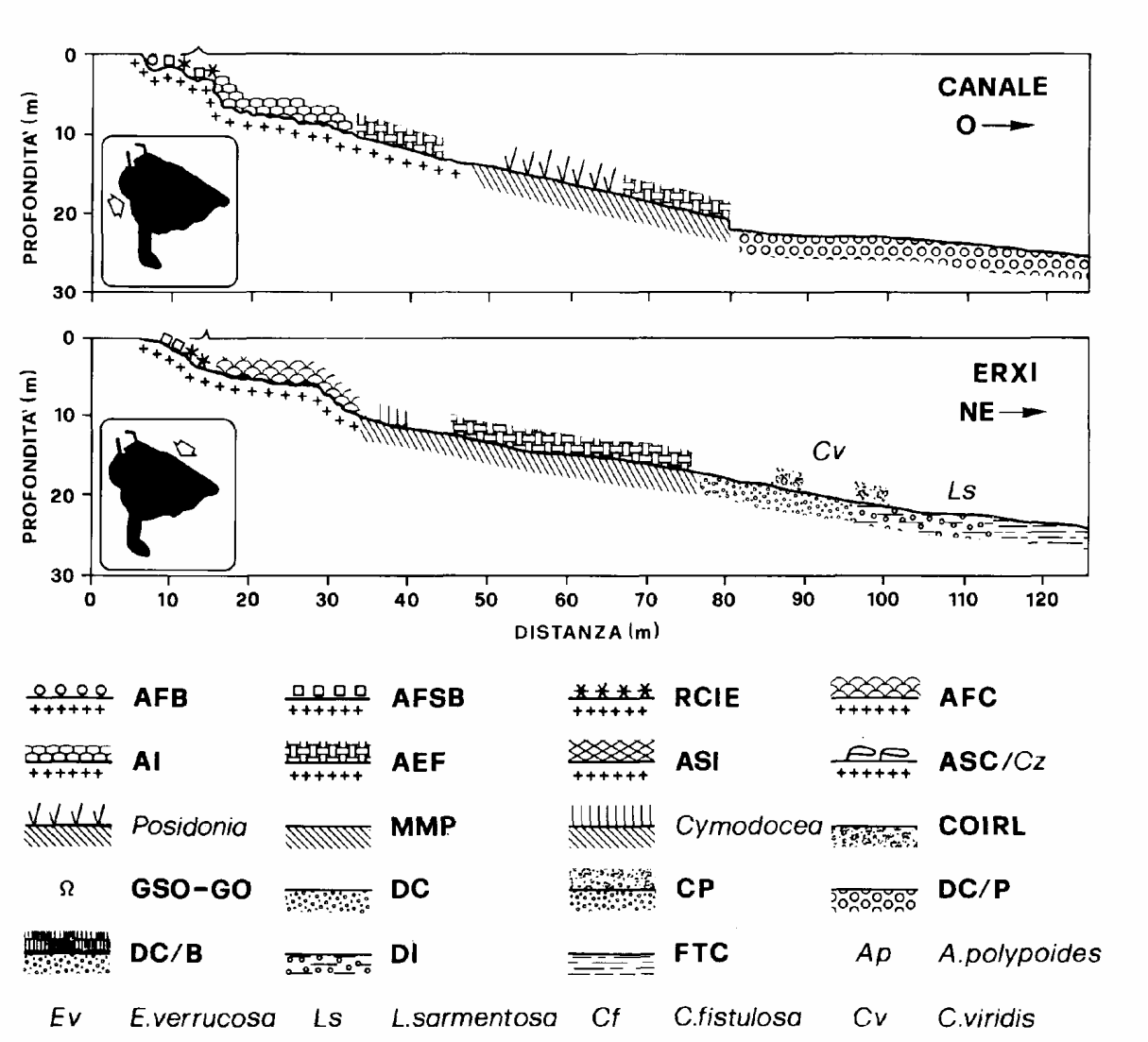


Fig. 2 - Profili bionomici dei lati occidentale (transetto "Canale") e nord-orientale (transetto "Erxi"). Per le sigle della legenda vedi testo ed appendice II.

particolarmente frequenti grossi esemplari di *Cliona viridis* che ai livelli più superficiali perforano la roccia, i massi e i ciottoli (spésso cementandoli tra loro), mentre sul fondale detritico-fangoso si sviluppano in forma massiva, dando origine ad un popolamento assimilabile ad un coralligeno di piattaforma (CP/*Cv*).

3.3. Lato sud-orientale

Le osservazioni sono state sintetizzate in tre transetti schematici: "Falconara", "Largo", "Sciusciaù" (Fig. 3).

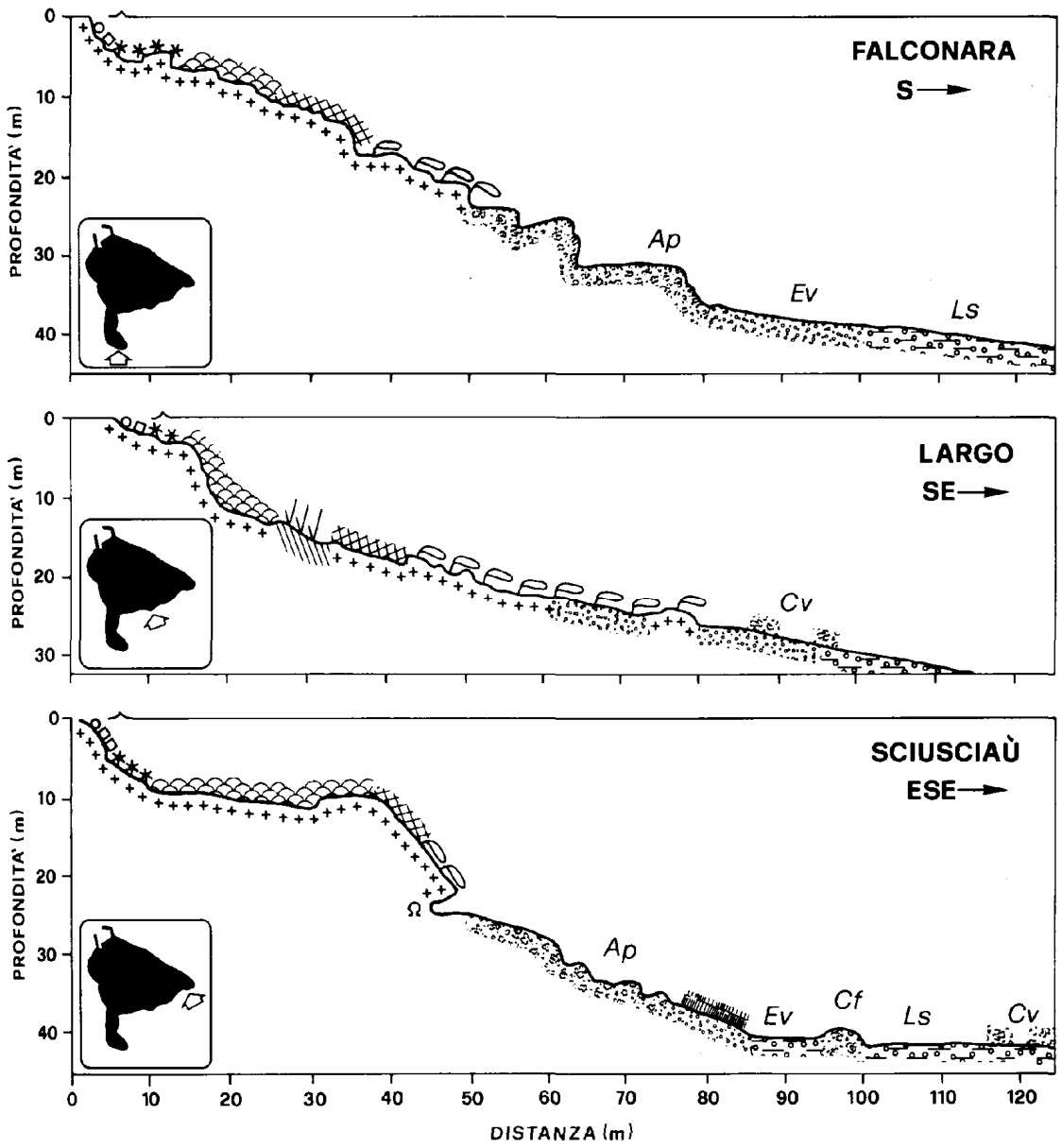


Fig. 3 - Profili bionomici del lato sud-orientale. Stessa legenda di Fig. 2.

La pendenza generale del fondale è piuttosto accentuata, soprattutto sulle due punte. Il profilo sommerso di P. Sciusciaù è caratterizzato da un ampio terrazzo suborizzontale tra 6-8 e 12 m, che separa due ripide pareti rocciose; più in profondità si ha un ampio tratto roccioso a minore pendenza, cui segue un fondale sabbioso-detritico con alcuni affioramenti rocciosi. Il profilo di P. Falconara presenta invece un'alternanza più regolare di gradini rocciosi (affioramenti di strato o massi franati) e di conche riempite di clasti grossolani.

Si tratta della parte dell'isola più esposta al mare aperto, ed in tutti e tre i transetti le prime fasce batimetriche sono interessate da associazioni legate al forte regime idrodinamico: al di sotto della cintura mesolitorale a *Lithophyllum lichenoides* (RMI/*Ll*), si sviluppa un ampio popolamento a *Cystoseira stricta* (AFB/*Cs*), particolarmente esteso sulle punte, e successivamente un popolamento a *Corallina elongata* (AFSB/*Ce*). Al di sotto di questo, o talora formando chiazze frammiste ad esso, dove le condizioni idrodinamiche lo permettono (generalmente attorno a 3-7 m di profondità, ma anche più in superficie lontano dalle punte), prevale un popolamento (RCIE) dominato da rodoficee calcaree incrostanti (*Lithophyllum incrustans*) ed echinoidi (*Arbacia lixula, Paracentrotus lividus*), cui si aggiungono poriferi (*Crambe crambe, Hemimycale columella*) e briozoi (*Reptadeonella violacea, Schizoporella longirostris*).

A partire da circa 6-8 m sulle punte (3-4 m nel transetto "Largo") inizia a prevalere un popolamento algale fotofilo di modo calmo ad *Halopteris scoparia, Padina pavonia* e *Dictyota dichotoma* (*AFC/Hs*), che può alternarsi a chiazze, a seconda dell'orientamento ed esposizione del substrato, con l'RCIE.

Verso il limite inferiore dell'AFC/*Hs* (12-15 m) si aggiungono, spesso a mosaico, una facies a *Cladocora caespitosa* (che localmente si spinge fino a 25 m) ed un popolamento algale sciafilo infralitorale (ASI), in cui sono presenti *Halimeda tuna, Udotea petiolata* e *Codium bursa* e cui si aggiungono paretine di *Parazoanthus axinellae*. Nel transetto "Largo" si rileva, attorno ai 15-17 m, l'estrema propaggine orientale di una 'matte' di *Posidonia oceanica,* solo parzialmente vitale, che occupa una fascia abbastanza ristretta della parte orientale della baia compresa tra il corpo centrale dell'isola e P. Falconara. Al di sotto di questo livello si sviluppa, nei tre transetti, un popolamento algale sciafilo ad affinità circalitorale dominato da *Cystoseira zosteroides* (ASC/*Cz*), nel quale si osserva anche un'importante componente animale costituita da poriferi *(Agelas oroides, Axinella verrucosa, Acanthella acuta, Crambe crambe),* briozoi (*Myriapora truncata, Sertella septentrionalis, Pentapora fascialis)* e tunicati (*Halocynthia papillosa*). In questa zona, sia a P. Sciusciaù sia sul lato orientale di P. Falconara, si trovano delle cavità, lunghe anche diversi metri, che ospitano facies a poriferi *(Phorbas tenacior, Oscarella lobularis, Petrosia fìciformis, Chondrosia reniformis),* madreporari *(Leptopsammia pruvoti, Madracis pharensis, Hoplangia durotrix)* e briozoi *(Rhynchozoon* sp.2, *Rhynchozoon pseudodigitatum),* riconducibili ai popolamenti di grotta semioscura (GSO) ed oscura (GO).

Mentre nel transetto "Largo" l'ASC/*Cz* sfuma direttamente nei fondi detritici (22-25 m), sulle due punte si trovano, al di sotto di esso, altri popolamenti di substrato duro, riconducibili al coralligeno dell'orizzonte inferiore della roccia litorale (COIRL). Particolare sviluppo ha, sia a P. Falconara sia a P. Sciusciaù, una facies caratterizzata da numerosi grossi esemplari di *Axinella polypoides* e di *Cacospongia scalaris*

(COIRL/*Ap*), accompagnati da altre specie di poriferi (*Axinella damicornis, Axinella vaceleti, Dictyonella incisa, Dysidea fragilis*), cnidari (*Parazoanthus axinellae, Paramuricea macrospina)* briozoi (*Pentapora fascialis, Smittina cervicornis, Rhynchozoon* spp.). Essa può essere preceduta da una facies priva dello strato elevato ad *Axinella polypoides* e *Cacospongia scalaris* (COIRL/0).

Il fondale sabbioso che si estende a partire da circa 35 m di profondità (25 m nel transetto "Largo") è costituito, fino ad oltre 40 m, da sabbia biogena grossolana su cui si sviluppa un popolamento dei fondi detritici costieri con predominanza del briozoo eretto *Turbicellepora avicularis* (DC/B) e con, talvolta, una facies elevata a *Eunicella verrucosa* (DC/*Ev*). Più in profondità aumenta la frazione fine del sedimento, e vi si instaura un popolamento dei fondi detritici infangati a *Leptogorgia sarmentosa* (DI/*Ls*). Sugli affioramenti rocciosi isolati nel sedimento a P. Sciusciaù si installa una particolare *facies* coralligena, dominata dal briozoo *Cellaria fistulosa* (COIRL/*Cf*), mentre il sedimento biodetritico di tutta la zona è interessato da fenomeni di bioconcrezione e dallo sviluppo di grandi esemplari massivi del porifero *Cliona viridis* che costituiscono una forma "larvata" di coralligeno di piattaforma (CP/Cv).

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I tre lati dell'isola Gallinaria presentano una diversa tipologia dei fondali (Fig. 4): differenze si riscontrano, di conseguenza, nella distribuzione dei popolamenti bentici.

II lato occidentale, che guarda verso la costa alassina, è caratterizzato da brevi falesie con mosaici di popolamenti algali. Queste terminano verso 5-7 m su fondali subpianeggianti che giungono fin verso i 12-15 m e che sono in parte ricoperti da praterie di *Posidonia oceanica,* generalmente in mediocri condizioni di sviluppo.

Il lato nord-orientale è simile al precedente, ma la scogliera sommersa è nel complesso meno acclive, e la prateria di posidonia è praticamente scomparsa, lasciando ampie distese di 'matte' morta, su cui si possono rinvenire brevi prati di *Cymodocea nodosa.*

Infine, il versante sud-orientale, tra P.ta Falconare e P.ta Sciusciaù, è quello che presenta la maggiore varietà di situazioni ambientali e ricchezza di popolamenti biologici. La falesia rocciosa, che localmente raggiunge i 35 m di profondità, ospita un vasto insieme di popolamenti algali più o meno marcatamente fotofili, cui segue un coralligeno dominato da grandi poriferi massivi e/o eretti (*Axinella polypoides, Cacospongia scalaris,* ecc.), mentre i gorgonari sono rappresentati solo da *Paramuricea macrospina.* Questo coralligeno, per l'aspetto compositivo e fisionomico, si discosta molto da quello, meglio noto, di altre zone liguri (Rossi, 1965; Morri et al., 19X6; Cattaneo-Vietti et al, 19XK). Si conferma l'assenza a Gallinaria di *Corallium rubrum,* nonostante vi siano indicazioni storiche sulla sua presenza (Marchetti, 1965). Non è stato possibile inoltre confermare la presenza di *Gerardia savaglia,* segnalata in passato da subacquei locali. Di simile interesse faunistico è peraltro la presenza di una popolazione di *Eunicella verrucosa* sui fondi biodetritici sottostanti.

Alla luce di queste prime osservazioni non è ovviamente possibile trarre conclusioni definitive, ma possono essere effettuate alcune considerazioni nell'ottica di una migliore

salvaguardia dei fondali dell'isola Gailinaria.

L'isola presenta ancor oggi un ambiente marino in buone condizioni, grazie alla sua posizione, lontana da importanti fonti inquinanti, ed all'assenza di insediamenti abitativi.

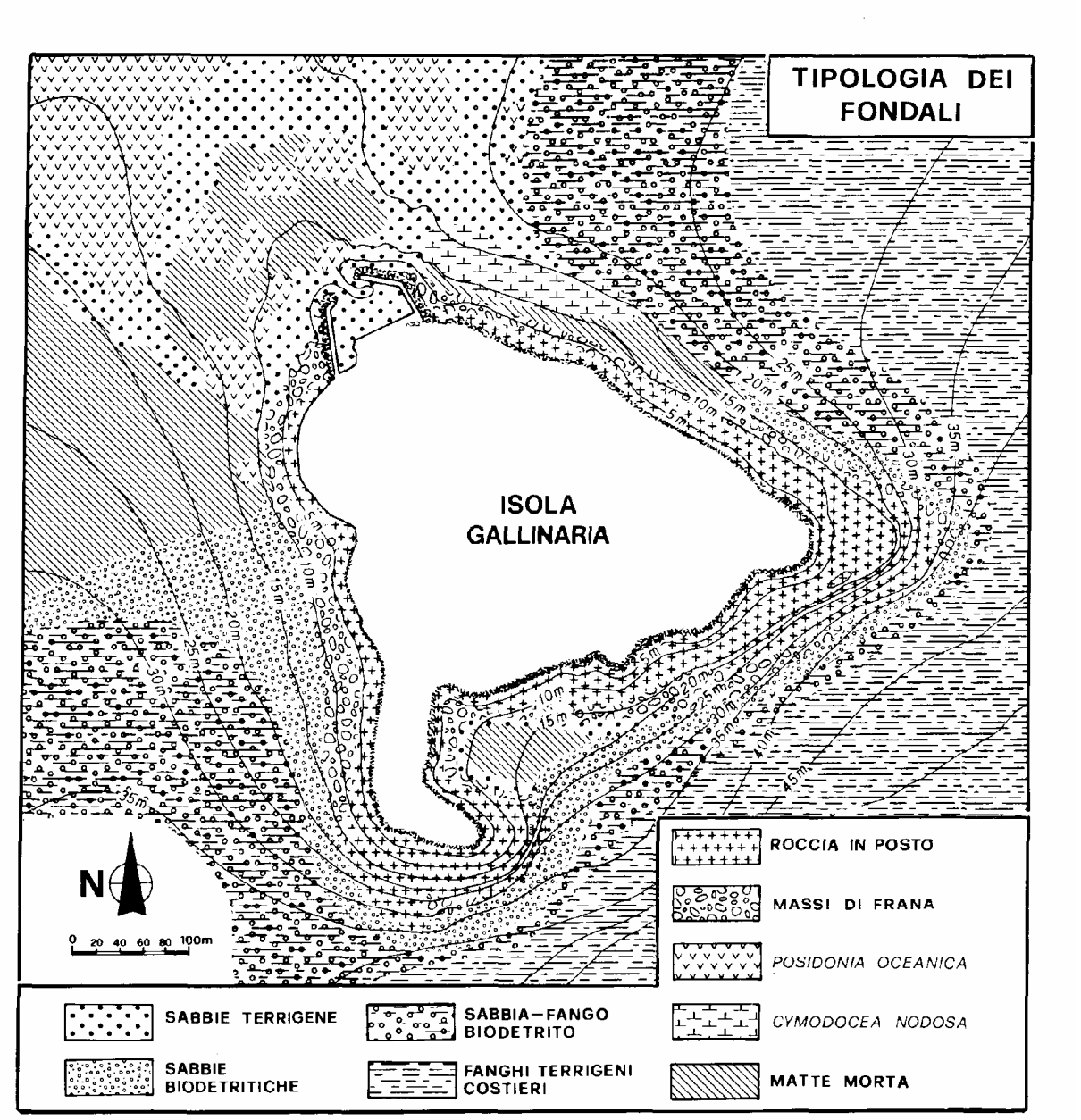


Fig. 4 - Carta schematica dei fondali circostanti l'isola Gallinaria.

Nonostante il collettore fognario di Alassio sbocchi al largo di Capo S. Croce, infatti, il regime delle correnti e la profondità di scarico fanno sì che le acque che circondano la Gailinaria continuino ad essere tra le più limpide della riviera ligure. L'influenza del fiume

Centa, pur sensibile, si limita infatti ad un lieve deposito di sedimento fine sui fondali nord-orientali.

Tale condizione è testimoniata dalla persistenza di un popolamento mesolitorale praticamente integro, ormai difficile da ritrovarsi lungo le coste antropizzate della Riviera Ligure, e dalla presenza di popolamenti infra- e circalitorali ancor oggi relativamente ben conservati, anche se non può essere sottaciuto il degrado generalizzato delle praterie di posidonie, peraltro comune a tutte le coste liguri (Bianchi & Peirano, 1990).

I fondali del lato sud-orientale di Gallinaria - ed in particolare le due punte di Sciusciaù e Falconara - sono quelli in cui sono presenti emergenze naturalistiche tra le più significative dell'intera riviera di ponente: la zonazione del futuro parco marino dovrà privilegiare quest'ultima zona per le azioni di tutela.

I fondali dell'intera isola, comunque, ospitano diverse specie interessanti dal punto di vista floro-faunistico, che possono considerarsi rare nel Mar Ligure. Tra i vegetali ricordiamo *Dasycladus vermicularis, Galaxaura oblongata* e *Penicillus capitatus,* specie termofile di notevole interesse biogeografico (Bianchi & Morri, 1993), e tra gli invertebrati, i poriferi *Axinella vaceleti* e *Crambe tailliezi,* gli cnidari *Paramuricea matrospina* e *Phyllangia mouchezii,* il crostaceo *Calcinus tubularis* e l'asteroide *Chaetaster longipes.*

La fortunata situazione ambientale dell'isola si deve, oltre che alla relativa distanza dalla costa, anche al suo mancato sviluppo edilizio ed al vigente regime di divieti legati alla proprietà (divieto di sbarco) e alla presenza di ordigni bellici sui fondali (divieto d'immersione).

Ciò non toglie che nel periodo estivo si assista ad un'alta concentrazione di natanti intorno all'isola. Il danno meccanico causato dagli ancoraggi della nautica da diporto sulle praterie di posidonie è stato ampiamente documentato sulle vicine coste francesi (Robert, 19X3; Porcher & Jeudy de Grissac, 1985): esso costituisce, secondo Doumenge (1992), una delle maggiori fonti di preoccupazione per la tutela dei fondali costieri. Nel tratto di costa tra Finale Ligure e Santo Stefano al Mare (circa 30 miglia nautiche) sono disponibili quasi 4000 posti barca (Unione Camere di Commercio Liguri, 1992), ed è verosimile ipotizzare almeno 2 presenze barca/anno alla Gallinaria, che rappresenta una delle mete preferite dalla piccola nautica. Si può stimare che l'effetto degli ancoraggi interessi non meno di 10000 m^2 di fondale all'anno. Poiché la superficie utile per l'ormeggio intorno all'isola si può stimare in meno di 10 ettari (Fig. 4), l'impatto degli ancoraggi viene ad assumere una rilevante importanza ecologica: le immersioni effettuate alla fine dell'estate, infatti, hanno permesso di osservare numerose ancore abbandonate sul fondo e l'abbattimento di diversi organismi dello strato elevato del coralligeno. Sarebbero pertanto auspicabili provvedimenti che vietino l'ancoraggio almeno sulle praterie di posidonia e sui fondi rocciosi, le cui comunità sono particolarmente sensibili a questo tipo di danno meccanico.

RINGRAZIAMENTI

Le attività in mare sono state rese possibili dalla fattiva collaborazione della Capitaneria di Porto di Savona e dell'Ufficio Circondariale Marittimo di Alassio, mentre i

Carabinieri Sommozzatori del Centro di Genova-Veltri hanno garantito la sicurezza delle immersioni e fornito assistenza. Il Circolo Nautico "Al Mare" di Alassio ha fornito un valido supporto all'organizzazione delle campagne in mare, e la società proprietaria dell'isola, nelle persone del Presidente Luigi Cantarella, del socio Domenico Sommariva e del guardiano Giuseppe Tomatis, ci ha in vari modi agevolato. Un grazie particolare, infine, al comandante Ottavio Vingiano ed al motorista Ezio Frediani del battello da ricerca "S.Teresa", a Massimo Boyer e Paola Bearzi della motobarca "Bianca Maria", ed a tutti coloro che hanno gentilmente messo a nostra disposizione le loro imbarcazioni: Antonio Cattaneo, Arturo Gandolfo, Antonio Volta.

BIBLIOGRAFIA

Ardizzone, G. 1992. Cartografia bentonica con sistemi video controllati a distanza. *In:* A.Paolella (a cura di), *Pianificazione e progettazione delle riserve marine. Parte I: Contributi.* Ministero Marina Mercantile e Consorzio Pelagos, Roma: 44-56.

Augier, H. (a cura di). 1982. *Inventory and classification of marine benthic biocenoses of the Mediterranean.* Council of Europe, Strasbourg. Nature and environment series, 25: 1-57.

Ballestreros, E. 1982. Primer intento de tipificación de la vegetación marina y litoral sobre substrato rocoso de la Costa Brava. *Oecol. aquat.,* 6: 163-173.

Belluscio, A., R. Maj & S. Vannucchi (a cura di). 1992. Isola Gallinara. *In:* A. Palella (a cura di), *Pianificazione e progettazione delle riserve marine. Parte II: Schede.* Ministero Marina Mercantile e Consorzio Pelagos, Roma: 1-5.

Bianchi, C.N., S. Cocito, C. Morri & S. Sgorbini. 1991. Rilevamento bionomico subacqueo. *In:* M. Abbiati (a cura di), *Lezioni del corso formativo per ricercatore scientifico subacqueo.* I.S.S.D., Pisa: 67- 83.

Bianchi, C.N. & C. Morri. 1993. Range extensions of warm-water species in the northern Mediterranean: evidence for climatic fluctuations? *Porcupine Newsletter, 5* (7): 156-159.

Bianchi, C.N. & A. Peirano. 1990. Mappatura delle praterie di *Posidonia oceanica* in Mar Ligure. ENEA-CREA S. Teresa, Rapporto tecnico interno: 1-372.

Boudouresque, C.F. 1984. Groupes écologiques d'algues marines et phytocénoses benthiques en Méditerranée nord-occidentale: une revue. *G. hot. ital.,* 118 suppl. 2: 7-42.

Cattaneo-Vietti, R., A.P. Sirigu & A. Tommei. 1988. *Mare di Liguria.* Centro Studi Unione Camere Commercio Liguri, Genova (2ª edizione): 1-162.

Doumenge, F. 1992. Option pour rendre le tourisme compatible avec la protection de l'environinent marin. In: *Parchi marini del Mediterraneo: problemi e prospettive.* Atti del 2° Convegno Internazionale. I.CI.MAR., San Teodoro (Nuoro): 51-64.

Ferretti, O., F. Immordino, L. Giorgi & M. Setti. 1992. Studio sedimentologico nell'area costiera del fiume Centa (Mar Ligure): risultati preliminari. *In:* G.Albertelli, W.Ambrosetti, M.Piccazzo & T.Ruffoni Riva (a cura di), *Atti del 9° Congresso della Associazione italiana di Oceanologia e Limnologia,* Genova: 275-285.

Garcia-Carrascosa, A.M. 1987. El bentos de los alrededores de las islas Columbretes. Elementos para su cartografia bionómica. *In:* M.L.A. Alonso, J.L. Carretero & A.M. Garcia-Carrascosa (a cura di), *Islas Columbretes: contribución al estudio de su medio natural.* Generalitat Valenciana, València: 477-507.

Giaccone, G. 1973. Elementi di botanica marina. I: bionomia bentonica e vegetazione sommersa del Mediterraneo. *Pubb. Ist. Bot. Univ. Trieste,* serie didattica: 1-41.

Gili, J.M. & J.D. Ros. 1985. Study and cartography of the benthic communities of Medes islands (NE Spain). *PSZNI: Marine Ecology,* 6 (3): 219-238.

Marchetti, R. 1965. Ricerche sul corallo rosso della costa ligure e toscana. 1 - Distribuzione geografica. *Istituto Lombardo (Rena, Se.),* B 99: 255-278.

Meinesz, A., C.F.Boudouresque, C. Falconetti, J.M. Astier, D. Bay, J.J. Blanc, M. Bourcier, F. Cinelli, S. Cirik, G. Cristiani, I. Di Geronimo, G. Giaccone, J.G. Harmelin, L. Laubier, A.Z.Lovric, R. Molinier, J. Soyer & C.Vamvakas. 1983. Normalisation des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Mediterranee. *Ann. Inst. océanogr.,* Paris, 59 (2): 155-172.

Morri, C., C.N. Bianchi, V. Damiani, A. Peirano, G. Romeo & L. Tunesi. 1986. L'ambiente marino tra Punta della Chiappa e Sestri Levante (Mar Ligure): profilo ecotipologico e proposta di carta bionómica. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova,* 52 (suppl.): 213-231.

Orsino, F. 1975. Flora e vegetazione delle isole Gallinara e Bergeggi (Liguria Occidentale). *Webbia,* 29: 595-644.

Porcher, M. & A. Jeudy De Grissac. 1985. Inventaire des mouillages forains autour de l'île de Porquerolles (Var, France). *Posidonia Newsletter,* 1 (1): 23-30.

Robert, P. 1983. Dégradation de l'herbier de posidonies dans la zone de mouillage organisé de la baie de Port-Cros. *Trav. sci. Pare nati. Port-Cros,* 9: 195-197.

Ros, J.D., J. Romero, E. Ballestreros & J.M. Gili. 1985. Diving in blue water: the benthos. *In:* R. Margalef (a cura di), *Key environments. Western Mediterranean.* Pergamon Press, Oxford: 233-295.

Rossi, L. 1965. Il coralligeno di Punta Mesco (La Spezia). *Ann. Mus. civ. St. nat. "G.Doria",* Genova, 75 (1964-65): 144-180.

Unione Camere Di Commercio Liguri. 1992. *Porti turistici ed approdi in Liguria.* Cecchinelli Graphital, Genova: 1-157.

Zattera, A., G. Zurlini & E. Politano. 1986. - Metodologia di approccio all'istituzione di aree marine protette. *Acqua aria, 6:* 557-563.

APPENDICE I: ELENCO DELLE SPECIE CITATE

RODOFITE
Corallina elongata Ellis & Solander
Galaxaura oblongata (Ellis & Solander) Lamouroux
Lithophyllum lichenoides Philippi
Lithophyllum racemus (Lamarck) Foslie
Litophyllum incrustans Philippi
CROMOFITE FEOFICEE
Cystoseira compressa (Esper) Gerloff & Nizamuddin
Cystoseira spinosa Sauvageau
Cystoseira stricta (Montagne) Sauvageau
Cystoseira zosteroides (Turner) C.Agardh
Dictyopteris membranacea (Stackhouse) Batters
Dictyota dichotoma (Hudson) Lamouroux
Halopteris scoparia (L.) Sauvageau
Padina pavonica (L.) Thivy
CLOROFITE ULVOFICEE
Acetabularia acetabulum (L.) Silva
Codium adhaerens (Cabrera) C.Agardh
Codium bursa (L.) Kützing
Dasycladus vermicularis (Scopoli) Krassar
Halimeda tuna (Ellis & Solander) Lamouroux
Penicillus capitatus Lamarck
Udotea petiolata (Turra) Börgesen
SPERMATOFITE
Cymodocea nodosa (Ucria) Ascherson
Posidonia oceanica (L.) Delile

PORIFERI
Acanthella acuta Schmidt
Agelas oroides (Schmidt)
Axinella damicornis (Esper)
Axinella polypoides Schmidt
Axinella vaceleti Pansini
Axinella verrucosa (Esper)
Cacospongia scalaris Schmidt
Chondrosia reniformis Nardo
Cliona viridis (Schmidt)
Crambe crambe (Schmidt)
Crambe taillieri Vacelet & Boury-Esnault
Dictyonella incisa (Schmidt)
Dysidea fragilis (Montague)
Hemimycale columella (Bowerbank)
Oscarella lobularis (Schmidt)
Petrosia ficiformis (Poiret)
Phorbas tenacior (Topsent)
CNIDARI
Balanophyllia europaea (Risso)
Cladocora caespitosa (L.)
Corallium rubrum (L.) (*)
Eudendrium glomeratum Picard
Eunicella singularis (Esper)
Eunicella verrucosa (Pallas)
Gerardia savaglia (Bertoloni) (*)
Hoplangia durotrix Gosse
Leptogorgia sarmentosa (Esper)
Leptopsammia pruvoti Lacaze-Duthiers
Madracis pharensis (Heller)
Paramuricea macrospina (Koch)
Parazoanthus axinellae (Schmidt)
Phyllangia mouchezii (Lacaze-Duthiers)
ARTROPODI CROSTACEI
Balanus perforatus Bruguière
Calcinus tubularis (L.)
BRIOZOI
Cellaria fistulosa (L.)
Myriapora truncata (Pallas)
Pentapora fascialis (Pallas)
Reptadeonella violacea Johnston
Rhynchozoon pseudodigitatum Zabala & Maluquer
Rhynchozoon sp.2, *sensu* Hayward
Schizoporella longirostris (Hincks)
Sertella septentrionalis (Harmer)
Smittina cervicornis (Pallas)
Turbicellepora avicularis (Hincks)
ECHINODERMI
Arbacia lixula (L.)
Chaetaster longipes (Retzius)
Paracentrotus lividus Lamarck
CORDATI TUNICATI
Halocynthia papillosa (L.)

(*) specie già segnalate, ma non ritrovate nel presente studio.

APPENDICE II: POPOLAMENTI INDIVIDUATI

• Fondi duri (primari o secondari)

•• Mesolitorale
RMI: popolamento della roccia mesolitorale inferiore
RMI/*Ll*: cuscinetti di *Lithophyllum lichenoides*

•• Infralitorale
AI: mosaico di popolamenti algali infralitorali

••• Fotofilo

•••• Serie evolutiva idrodinamica/batimetrica
AFB: popolamento algale fotofilo di modo battuto
AFB/*Cs*: frangia a *Cystoseira stricta*
AFSB: popolamento algale fotofilo di modo semi-battuto
AFSB/*Cc*: frangia a *Cystoseira compressa*
AFSB/*Ce*: fascia a *Corallina elongata*
AFC: popolamento algale fotofilo di modo calmo
AFC/*Hs*: facies a *Halopteris scoparia* (e *Padina pavonica*)

•••• Aspetti particolari
RCIE: popolamento a Rodoficee Calcaree Incrostanti ed Echinoidi
AFT: popolamento algale fotofilo e termofilo
AFT/*Dv*: con *Dasycladus vermicularis*
AFT/*Pc*: con *Penicillus capitatus*

••• Emifotofilo
AEF: popolamento algale emifotofilo
AEF/*Cb*: con *Codium bursa*
AEF/*Cc*: con *Cladocora caespitosa*
AEF/*Cs*: con *Cystoseira spinosa*
AEF/*Dm*: con *Dyctiopteris membranacea*

••• Sciafilo
ASI: popolamento algale sciafilo infralitorale
ASI/*Ht*: facies a *Halimeda tuna*
ASI/*Up*: facies a *Udotea petiolata*

•• Circalitorale
ASC: popolamento algale (emi)sciafilo ad affinità circalitorale
ASC/*Cz*: facies a *Cystoseira zosteroides*
COIRL: coralligeno dell'orizzonte inferiore della roccia litorale
COIRL/0: senza strato elevato
COIRL/*Ap*: con strato elevato a *Axinella polypoides*
COIRL/*Cf*: con strato elevato a *Cellaria fistulosa*
CP: coralligeno di piattaforma
CP/*Cv*: facies ("larvata") a *Cliona viridis*
GSO: popolamento di grotta semioscura
GO: popolamento di grotta oscura

• Praterie di fanerogame
Posidonia: prateria di *Posidonia oceanica*
Cymodocea: prateria di *Cymodocea nodosa*
MMP: popolamento della matte morta di *Posidonia*

• Fondi molli

•••• Serie evolutiva di infangamento (dei biodetriti)
DC: popolamento dei fondi (bio)detritici costieri
DC/B: facies a briozoi (*Turbicellepora avicularis*)
DC/*Es*: con strato elevato a *Eunicella singularis*
DC/*Ev*: con strato elevato a *Eunicella verrucosa*
DC/P: facies a praline
DI: popolamento dei fondi (bio)detritici infangati
DI/*Ls*: con strato elevato a *Leptogorgia sarmentosa*
FTC: popolamento dei fanghi terrigeni costieri

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 619 a pag. 631

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE E CONTENUTO DI MERCURIO, PIOMBO E CROMO NEI SEDIMENTI DELLA ZONA DI DISCARICA DEI MATERIALI DRAGATI NEL PORTO DI RAVENNA

Michele GIANI*, Massimo GABELLINE, Stefano MISEROCCHI** e David PELLEGRINI*

* Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare, Roma
** Istituto per la Geologia Marina-CNR, Bologna

SUMMARY

A preliminary survey was carried out in order to evaluate the effect of the dumping of Ravenna harbour dredge materials in the disposal site of the Northern Adriatic sea.

The textural characteristics and trace metals concentrations in the sediments of Ravenna dumping site indicate a gradient in the offshore direction depending on the sedimentological features of the zone. No evidence of dredged materials was detected.

Lead and mercury concentrations in sediments show spatial and vertical variations in agreement with precedent studies, chromium concentrations are 2-3 times higher than most other studies in the area.

1. INTRODUZIONE

Il volume di sedimenti dragati annualmente nei porti italiani si aggira intorno ai cinque milioni di metri cubi (Pellegrini et al., 1992b), volume considerevolmente minore di quello di vari altri paesi europei (ad esempio: Belgio, Olanda, Germania, Gran Bretagna) nei quali il volume di materiali dragati ammonta a diverse decine di milioni di metri cubi. Queste maggiori movimentazioni di materiali derivano prevalentemente dal fatto che in tali paesi molti centri portuali e canali navigabili si trovano alla foce di corsi fluviali con elevate portate solide.

In Italia la destinazione prevalente dei materiali dragati è lo scarico a mare. Una consistente attività di dragaggio deriva dai lavori di mantenimento dei porti e dei canali navigabili dell'Adriatico. In tale bacino tra il 1986 ed il 1990 sono state rilasciate autorizzazioni per lo scarico a mare di circa 9,5 -1O^6 m^3 di sedimenti dragati, dei quali circa l'82% era destinato ad essere sversato in mare entro la batimetrica dei 25 metri.

Nel 1989 sono iniziate le operazioni di dragaggio di alcune aree del porto canale di Ravenna che prevedevano lo scarico di 350.000 m^3 di sedimenti in una zona di circa 24 km^2, compresa tra le batimetriche di 16 e 22 metri, ubicata 6 miglia a NE di Porto Corsini. Nel 1991, dopo lo scarico di 86.000 m^3 di sedimenti, è stato avviato uno studio per valutare eventuali variazioni delle caratteristiche dei sedimenti superficiali causate dagli sversamenti nell'area di discarica. Altri studi sono stati condotti nella stessa

area per valutare la biodisponibilità dei metalli in traccia presi in esame mediante estrazioni sequenziali successive (Giani et al., 1992) ed i livelli di contaminazione di alcuni organismi marini bentonici (Pellegrini et al., 1992 a, e).

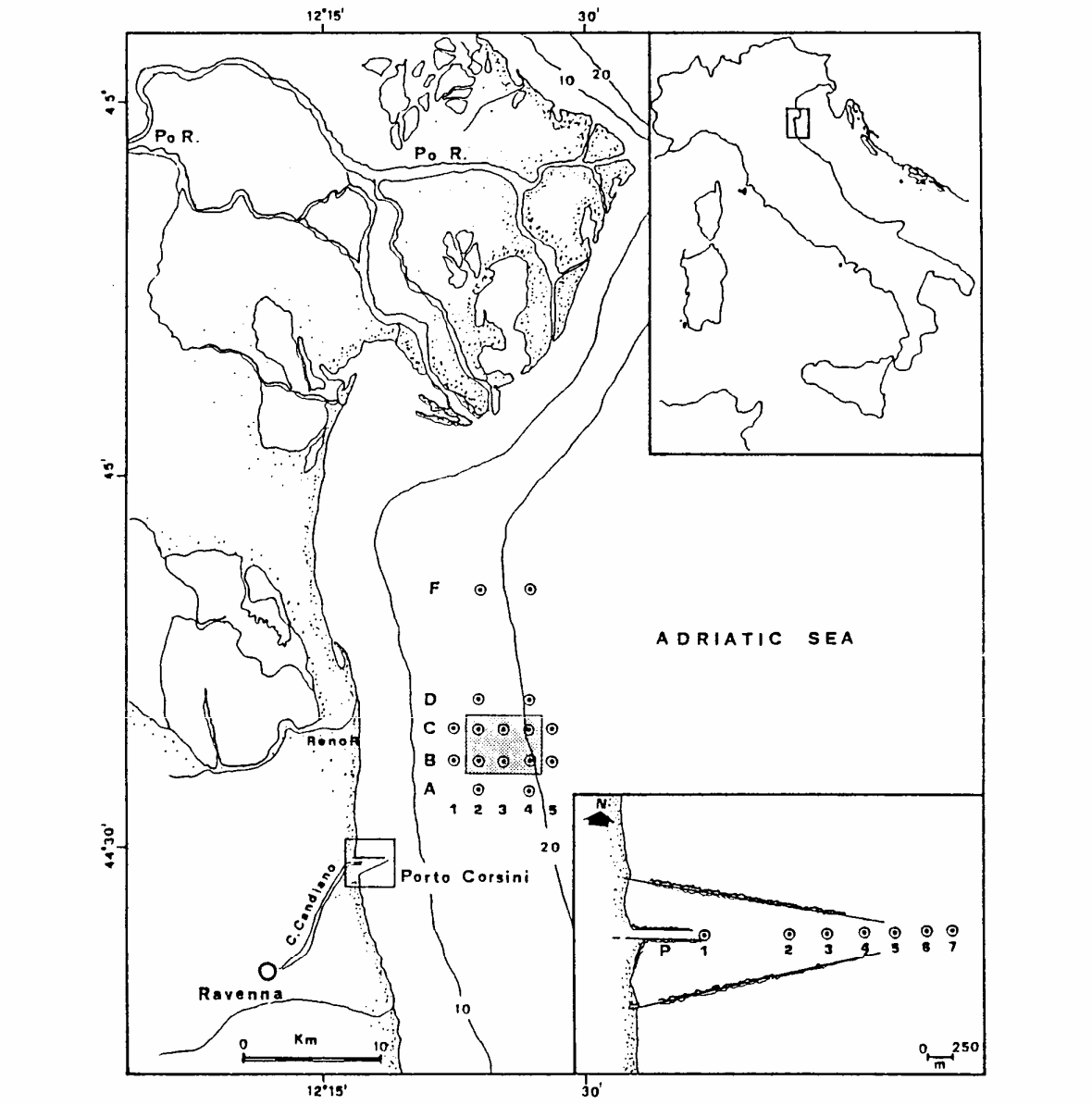


Fig. 1. Ubicazione dei siti di campionamento nell'area di discarica (rettangolo grigio), nella zona circostante ed all'ingresso del porto di Ravenna, tra le due dighe foranee (riquadro in basso).

2. MATERIALI E METODI

A protezione dell'imboccatura del porto-canale di Ravenna (canale Candiano) si trovano due dighe foranee. È in tale area, nella quale doveva essere dragata la maggior parte di sedimenti, che sono stati condotti i campionamenti in sette siti tra l'imboccatura del canale e le estremità delle dighe foranee (fig. 1). Al momento in cui sono state effettuate le operazioni di campionamento (marzo 1991) nell'area di discarica erano stati sversati circa 49.000 m^3 di materiali dragati nelle zone interne al canale Candiano e

circa 36.500 m^3 (dei 300.000 previsti) nella zona compresa tra l'inizio del canale e l'imboccatura delle dighe foranee.

Per valutare eventuali fenomeni di dispersione sul fondo sono stati scelti sei siti di campionamento all'interno dell'area autorizzata alla discarica ed 8 siti nell'area circostante la discarica ubicati secondo il reticolo riportato nella figura 1. Altri due siti di campionamento sono stati ubicati circa 5 miglia più a nord in una zona non influenzata dal trasporto di materiali sversati nell'area di discarica e maggiormente soggetta alla deposizione di sedimenti di origine padana.

Il campionamento dei sedimenti è stato eseguito con carotiere a gravità utilizzando dei liner in plexiglas precedentemente decontaminati. Le carote sono state congelate a bordo e conservate a -20°C.

I sedimenti superficiali sono stati prelevati sezionando uno strato superficiale delle carote dello spessore di 2 cm. Su tre carote, campionate nel giugno 1991, sono stati effettuati prelievi di sezioni dello spessore di 2 cm, ad intervalli di 10 cm, fino ad una profondità massima di 80 cm.

Per le analisi granulometriche la frazione dimensionale maggiore di 63 μm è stata sottoposta a setacciatura su setacci da 0 a 4| o, con un intervallo di 0,5 ϕ mentre la frazione inferiore a 63 μm è stata analizzata mediante sedigrafo a raggi X.

La digestione dei campioni di sedimento destinati alle analisi chimiche è stata condotta secondo il metodo di Agemian & Chau (1975), modificato. Una quantità pari a circa 0,4 g di sedimento umido è stata sottoposta ad un attacco con 3 cm^3 di HNO_3 (65%), 2 cm^3 di HC1 (30%), 2 cm^3 di $HC1O_4$ (70%), 2 cm^3 di HF (40%) in contenitori di teflon sotto pressione, utilizzando un sistema di mineralizzazione a microonde (Milestone MLS 1200). Tutti i reagenti utilizzati erano di grado Suprapur (Merck). Il cromo ed il piombo sono stati determinati mediante atomizzazione elettrotermica in foraetto di grafite utilizzando uno spettrofotometro ad assorbimento atomico Varian SpectrAA 30. Il mercurio è stato determinato con il metodo dei vapori freddi dopo riduzione con cloruro stannoso.

Ogni campione è stato mineralizzato in doppio e su ogni soluzione mineralizzata sono state effettuate almeno due misure. L'accuratezza della metodica rispetto al materiale certificato di riferimento utilizzato (BCSS-1, NRC Canada) è stata di 95,9 % per Cr, 99,2% per Hg, 97,1% per Pb. I coefficienti di variazione medi per le singole misure sono risultati: 8% per Hg, 6% per Cr, 7,5% per Pb.

II contenuto in acqua è stato determinato per via gravimetrica lasciando i campioni ad essiccare a 105 °C per 48 ore. Le concentrazioni dei metalli sono state riferite sempre al peso secco.

La sostanza organica è stata determinata per via gravimetrica lasciando i campioni 16 ore in muffola a 375°C (Ball, 1964).

3. RISULTATI

3.1. Caratteristiche granulometriche

I sedimenti dell'area di studio sono costituiti da silt argilloso ed argilla siltosa (fig. 2), mentre le sabbie fini costituiscono una frazione minima del totale (mediamente inferiore

al 2%). La frazione argillosa aumenta nella direzione costa-largo (fig. 3) mentre la frazione siltosa presenta un gradiente opposto.

I sedimenti della zona portuale sono eterogenei (fig. 2) con granulometrie che vanno dall'argilla siltosa nella parte più interna (stazione P1) al silt argilloso (stazioni P2, P3, P6 e P7) con una zona intermedia di sabbia siltosa, in corrispondenza dell'imboccatura delle dighe (stazioni P4 e P5). La frazione sabbiosa ricade prevalentemente nelle classi comprese tra 3 e 4 |o (sabbie molto fini). La granulometria varia nettamente in funzione della profondità con valori maggiori di sabbia in superficie ed un incremento del silt e dell'argilla negli strati sottostanti.

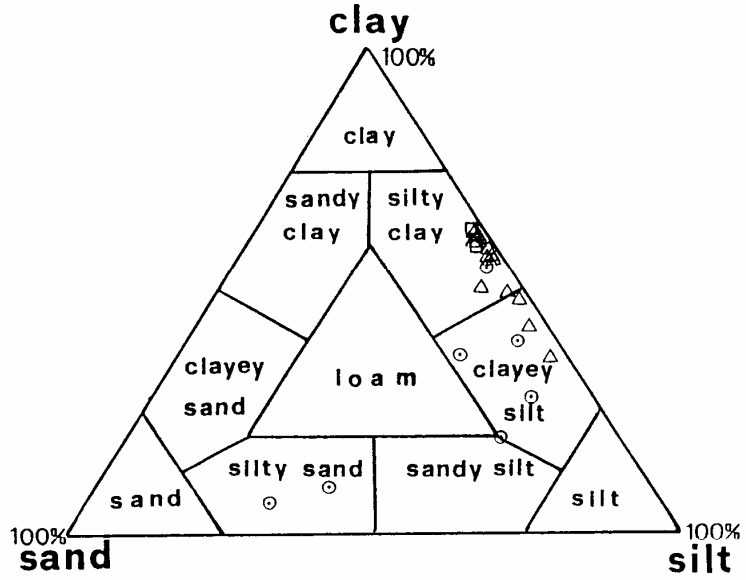


Fig. 2. Classificazione granulometrica dei sedimenti secondo Shepard (triangolo=area di discarica e zona circostante; quadrato= stazioni F2 e F4; cerchio = zona portuale).

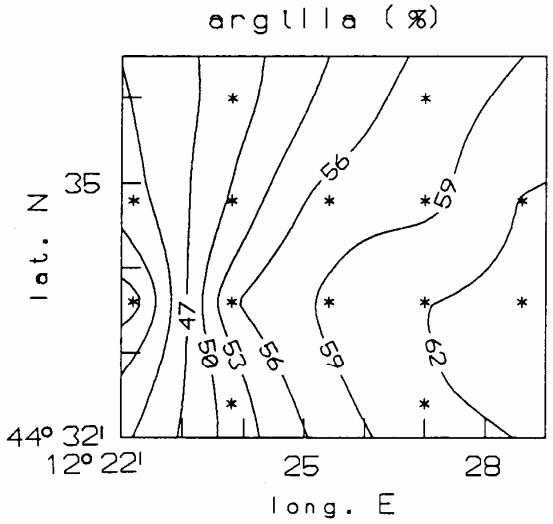


Fig. 3. Distribuzione superficiale dell'argilla nella zona di discarica e nell'area circostante.

3.2. Mercurio

La concentrazione media di mercurio nei sedimenti superficiali dell'area di scarico e nella zona circostante è di 0,30 ±0,11 mg kg^{-1}. Il valore minimo si riscontra nelle stazioni più vicine alla costa B1 e C1 (0,13 mg kg^{-1}) mentre il valore massimo corrisponde alla stazione F4 vicina al Po (0,51 mg kg^{-1}). La distribuzione superficiale del mercurio (fig. 4a) evidenzia un aumento delle concentrazioni dalla costa verso il largo. Il valore più elevato corrisponde alla stazione a nord dell'area di discarica dove vi è una maggior deposizione di sedimenti argillosi di origine padana. I profili della concentrazione di mercurio nelle carote B2 e B5 (fig. 5a) indicano una diminuzione dagli strati superficiali verso quelli più profondi.

I sedimenti della zona portuale studiata presentano concentrazioni elevate di mercurio nella stazione più interna (1,93 mg kg^{-1} nella stazione P1, da 0,89 a 2,43 mg kg^{-1} nella carota della stazione P2) decrescendo verso l'uscita del porto con valori minimi in corrispondenza ai campioni di sabbia siltosa. I valori nelle carote sono molto variabili (fig. 6a) anche a causa dell'eterogeneità nella composizione granulometrica verticale evidenziata in altre carote portuali.

3.3. Piombo

La concentrazione media nell'area di discarica e nella zona circostante risulta pari a 33,09 + 6,27 mg kg^{-1}. Il valore minimo corrisponde alla stazione C1 (24,50 mg kg^{-1}) mentre il valore massimo alla stazione F2 (57,20 mg kg^{-1}). La distribuzione superficiale indica un gradiente positivo dalla costa verso il largo, come indicato dalle isoplete (fig. 4b). Nella distribuzione verticale lungo le carote si evidenzia una marcata diminuzione con l'aumentare della profondità nelle carote B2 e B5 (fig. 5b).

Nei sedimenti portuali le concentrazioni superficiali risultano variabili con valori massimi prossimi a quelli dell'area di discarica, pure il profilo verticale nella carota P3 indica una notevole variabilità delle concentrazioni (fig. 6b).

3.4. Cromo

La concentrazione media di cromo nell'area di discarica e nella zona circostante è pari a 135,1 ± 14,0 mg kg-^{1}. Il valore minimo corrisponde alla stazione B2 (122,8 mg kg^{-1}) mentre il valore massimo (171,2 mg kg^{-1}) corrisponde alla stazione vicina al Po (F4). Come avviene per gli altri due metalli le concentrazioni aumentano verso il largo (fig. 4c). I profili verticali non seguono un andamento uguale nelle varie stazioni, nella stazione B2 i valori negli strati superficiali sono inferiori a quelli degli strati più profondi contrariamente alla carota B5 (fig. 5e).

Le concentrazioni di cromo nei sedimenti superficiali del porto risultano inferiori a quelle nei sedimenti dell'area di discarica. Nel profilo verticale della carota portuale si riscontra una maggiore variabilità delle concentrazioni (fig. 6c).

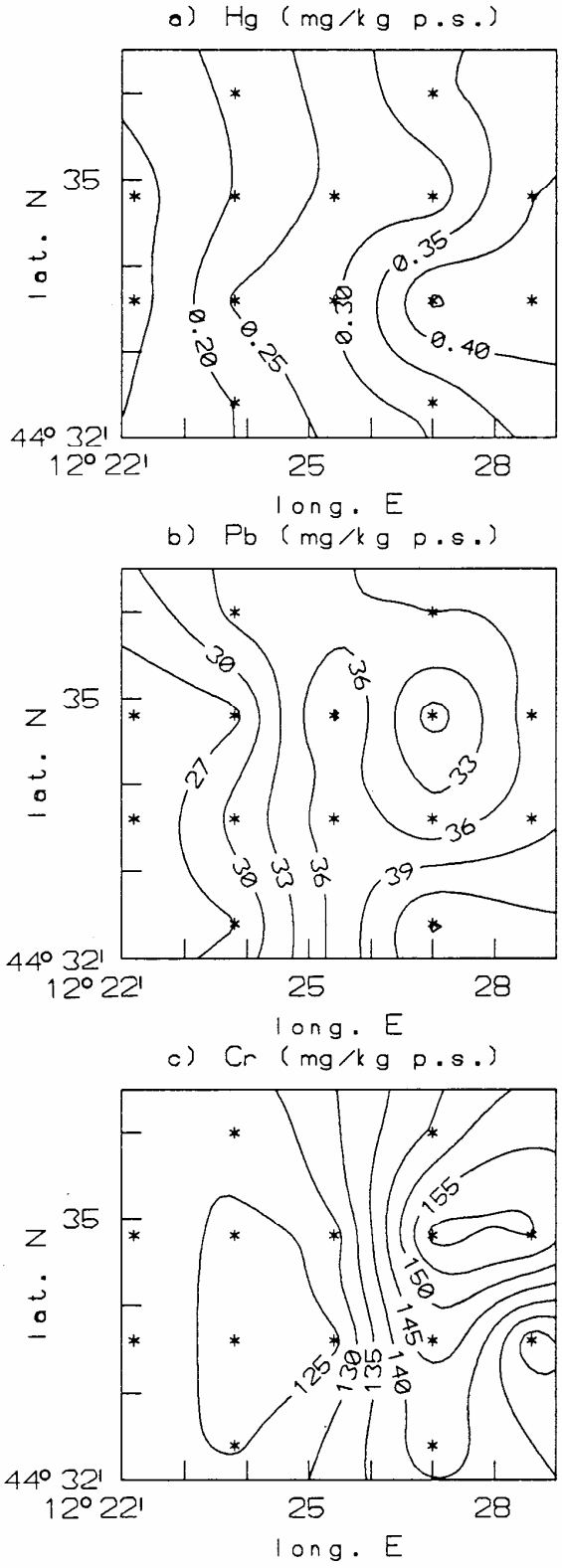


Fig. 4 - Distribuzione superficiale del mercurio (a), del piombo (b) e del cromo (c) nell'area di discarica e nella zona circostante.

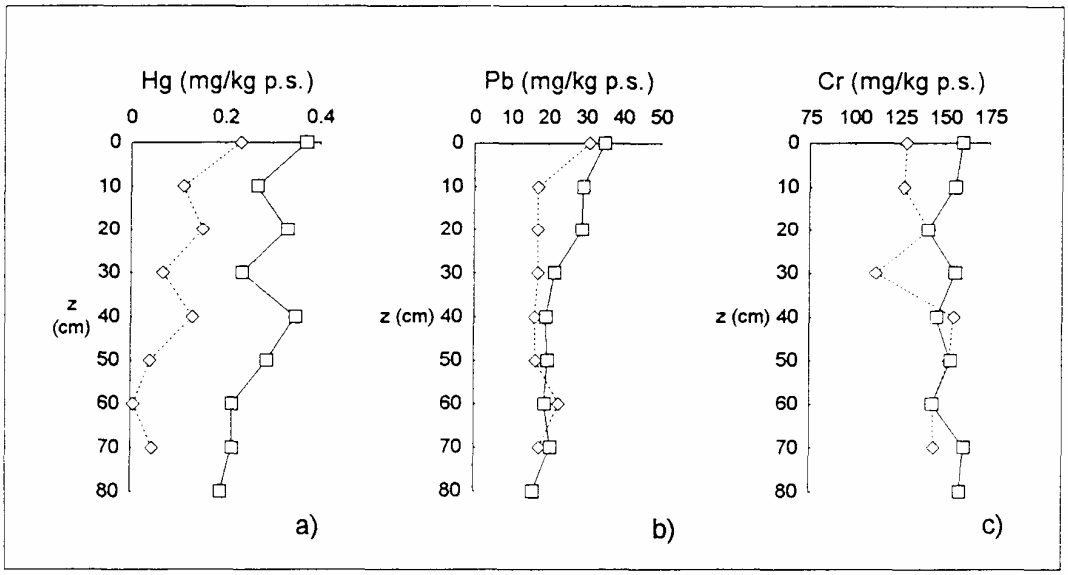


Fig. 5 - Distribuzione superficiale di mercurio (a), piombo (b) e cromo (c) in funzione della profondità (z) nella carota B2 (linea tratteggiata) e B5 (linea continua).

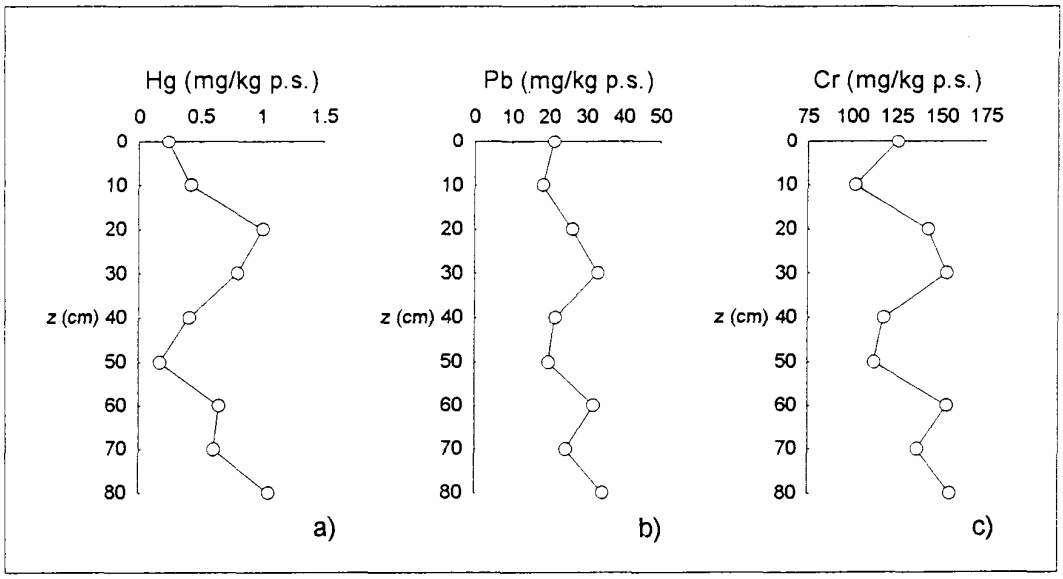


Fig. 6 - Distribuzione superficiale di mercurio (a), piombo (b) e cromo (c) in funzione della profondità (z) in una carota portuale (P3).

4. DISCUSSIONE

Nella zona di discarica i sedimenti sono costituiti da silt argilloso e da argille siltose con un contenuto di argilla che aumenta in funzione della batimetria ($r = 0,882$, $p<0.001$).

Un unico campione (A2) presenta una percentuale di sabbia (sabbie molto fini) pari a 5,9, valore superiore a quello medio per la zona ($1,9 \pm 1,3$), mentre le altre variabili studiate non mostrano variazioni significative.

Le caratteristiche granulometriche dell'area di discarica e della zona circostante sono in accordo con la distribuzione areale descritta in precedenti lavori (Angeloni et al., 1979, Bortoluzzi et al., 1984, Brambati et al., 1983, Colantoni et al., 1978).

Nei sedimenti della zona portuale risulta prevalente la frazione sabbiosa e siltosa sia sulla base dei risultati del presente studio (fig. 2) che sulla base di dati pregressi relativi alle zone più interne. I campioni portuali presentano una notevole variabilità sia in superficie (fig. 2) che negli strati sottostanti con frazioni sabbiose e siltose maggiori che nei campioni prelevati nell'area di discarica.

In generale, le concentrazioni di Hg, Pb e Cr aumentano dalla costa verso il largo; nell'area di discarica non si evidenziano aumenti puntuali di particolare rilevanza; i valori più elevati corrispondono alle stazioni più vicine al delta del Po. Normalizzando la concentrazione del mercurio per il contenuto di argilla si riscontra ancora un gradiente costa largo che potrebbe derivare da una sedimentazione di materiale particellato, arricchito in modo differenziale a seconda dell'origine (fiumi Reno, Po, fiumi a nord del Po).

L'aumento delle concentrazioni di vari metalli in traccia (tra cui Hg, Pb, Cr) dalla costa verso il largo nella zona a sud del delta padano era già stato evidenziato anche in precedenti studi (Frignani et al., 1978; Frascari et al., 1988). Le concentrazioni dei metalli presi in considerazione risultano comparabili ai dati relativi ai sedimenti superficiali della parte occidentale dell'Adriatico settentrionale riportati da altri autori per il mercurio (Frignani et al., 1978; Guerzoni et al., 1984, Ferrara e Maserti, 1992) e per il piombo (Donazzolo et al., 1984; Guerzoni et al., 1984; Giordani et al., 1989, Giordani et al., 1992). I valori di cromo risultano invece più elevati di quelli riportati da Frignani et al. (1978) per la stessa area e da Guerzoni et al. (1984) e (Donazzolo et al., 1984) per altre aree dell'Adriatico nord-occidentale. Valori prossimi a quelli del presente studio sono stati trovati in alcune carote prelevate al largo di Cesenatico utilizzando la fluorescenza di raggi X (Giordani et al., 1992), mentre valori più elevati sono stati trovati alla foce dell'Adige da Juracic et al.(1986). Concentrazioni dello stesso ordine di grandezza dei nostri risultati sono stati trovati anche nel mar Tirreno (Cosma et al. 1980, Leoni et al., 1991) e nel mar Ligure (Cosma et al., 1979; Cosma et al. 1982, Cosma et al., 1983) dove le concentrazioni variano tra 100 e 300 mg kg^{-1}, con punte, nella fascia costiera, in prossimità dei fiumi, spesso più elevate di 500 mg kg^{-1}.

La differenza tra i valori trovati nel presente studio e quelli di vari altri studi precedenti deriverebbe dal differente metodo di digestione dèi campione solido. Dai risultati di una serie di estrazioni selettive fatte sugli stessi campioni (Giani et al., 1992) il cromo risulta quasi totalmente legato alla frazione residuale e quindi probabilmente associato alla matrice cristallina, il che conferma la necessità di utilizzare una digestione forte con acido fluoridrico sotto pressione per migliorare l'efficienza della solubilizzazione, come indicato anche da Loring & Rantala (1988). L'attacco a caldo con HNO_3 8 N, utilizzato nei lavori precedenti, ha generalmente una bassa efficienza di estrazione rispetto al cromo totale (inferiore al 40-42%, secondo Donazzolo et al., 1981 e Guerzoni et al., 1987).

I profili verticali nelle carote indicano un arricchimento negli strati superficiali del mercurio e del piombo mentre il cromo non mostra tale andamento. I profili per il piombo risultano simili a quelli trovati nella stessa area (Guerzoni et al., 1987) ed in una zona costiera dell'Adriatico centro-orientale (Prohic & Juracic, 1989). L'arricchimento

del piombo in superficie può essere dovuto sia ad un incremento degli apporti alloctoni (apporti fluviali ed atmosferici) connessi con un aumento della contaminazione di origine antropica sia ad una mobilizzazione nella diagenesi primaria (Ridgway & Price, 1987). Il profilo verticale del mercurio indica un arricchimento in superficie come evidenziato in altri studi (Selli et al., 1977; Guerzoni et al., 1987).

Le concentrazioni medie (in mg kg^{-1}) nelle sezioni, comprese tra 40 e 80 cm, delle carote B2 e B5 sono risultate essere, rispettivamente, pari a 0,072±0,003 e 0,252±0,04 per il mercurio, 18,3±3,4 e 18,9±2,0 per il piombo, 141,1±6,2 e 153,2±7,8 per il cromo. Anche in profondità, come in superficie, le concentrazioni dei metalli presi in esame sono maggiori al largo soprattutto per quanto concerne il mercurio. Poiché le sezioni considerate dovrebbero corrispondere ad un periodo preindustriale sulla base della velocità di accumulo dei sedimenti per l'area di 0,24 cm/anno (Frignarli e Langone, 1991) le concentrazioni trovate potrebbero essere prese come valori massimi di background. Si otterrebbe così un buon accordo con i valori proposti da Guerzoni e coll. (1987) per il piombo e per il mercurio della carota B2 mentre nella carota B5 il valore risulterebbe circa doppio. Si potrebbe pertanto ipotizzare che anche in epoca preindustriale nella stazione più al largo vi sia stato un maggiore accumulo di particellato fine, che risulta arricchito di molti metalli in traccia ed in particolare di mercurio (Donazzolo et al., 1984).

Gli elevati valori di mercurio trovati nei sedimenti della zona portuale (carota P2) sono indice di una contaminazione di mercurio che deriva presumibilmente dall'inquinamento generale del canale Candiano e delle piallasse circostanti causato dagli scarichi degli impianti petrolchimici presenti nella zona (Anconelli et al., 1980, Miserocchi et al., 1990).

Nei sedimenti portuali sono mediamente presenti concentrazioni più elevate di Hg mentre i valori relativi a Pb e Cr sono comparabili o inferiori a quelli della zona di discarica.

L'applicazione della cluster analysis di tipo Q, basata sui coefficienti di distanza, alla matrice dei dati formata da tutti i campioni ha messo in evidenza un diverso raggruppamento dei campioni prelevati nel porto da quelli costieri. Conseguentemente sono state indagate le correlazioni tra variabili in funzione delle stazioni, separatamente per l'area portuale e per la zona costiera, applicando la cluster analysis di tipo R (coefficiente di correlazione di Pearson).

Nella zona costiera il mercurio risulta significativamente correlato alla frazione argillosa ($r = 0,868$, $p < 0,001$), il piombo con la sostanza organica ($r = 0,77$), il cromo mostra una correlazione positiva con la sostanza organica ($r = 0,654$, $p<0.01$).

Il dendrogramma ottenuto mediante cluster analysis di tipo R, applicata sulla matrice formata da 9 parametri analizzati nelle 16 stazioni della zona costiera, basandosi sui coefficienti di correlazione, evidenzia le correlazioni esistenti tra i parametri analizzati (fig. 7a).

Nella zona portuale il piombo ed il cromo risultano correlati in modo significativo con le frazioni più fini: in particolare il piombo con l'argilla ($r = 0,984$, $p < 0,01$). I raggruppamenti ottenuti mediante cluster analysis in funzione dei parametri analizzati nei campioni portuali (fig. 7b) oltre alle correlazioni già descritte, indicano un associazione tra il mercurio e la sostanza organica e tra il cromo e la frazione siltosa compresa tra 16 e 4 μm.

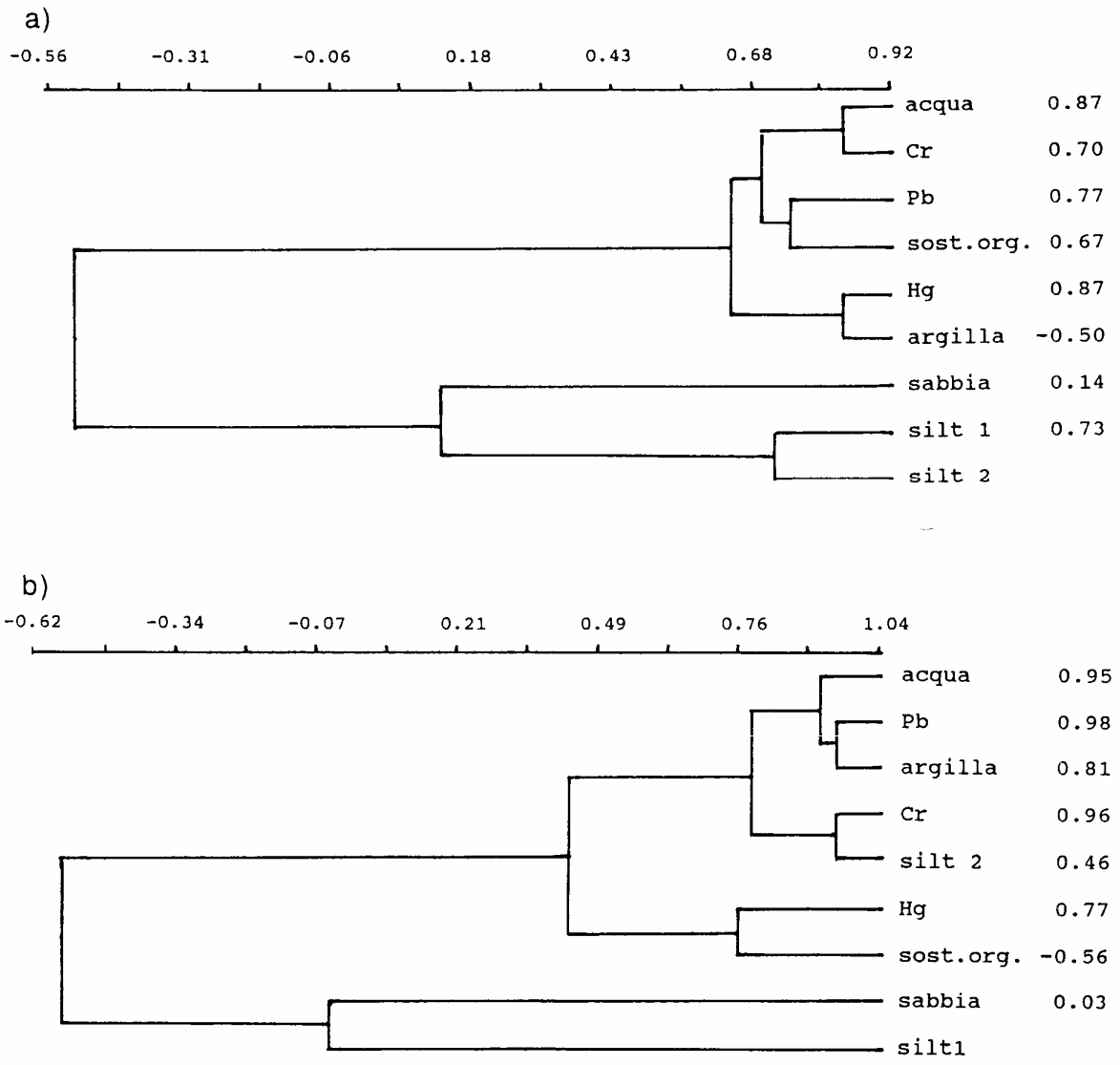


Fig. 7 - Cluster analysis, di tipo R, basata sui coefficienti di correlazione. Dendrogramma relativo ai campioni della zona costiera (a) e della zona portuale (b). I valori riportati lungo l'asse orizzontale indicano i livelli di similarità, silt 1 = frazione compresa tra 16 e 63 μm; silt 2 = frazione compresa tra 16 e 4 μm .

5. CONCLUSIONI

Non si evidenziano anomalie nella composizione tessiturale né nelle concentrazioni di mercurio, piombo e cromo nell'area di discarica rispetto all'area circostante. La distribuzione di tali metalli sembra regolata principalmente dai processi di deposizione che determinano le caratteristiche sedimentologiche dell'area.

Le concentrazioni di cromo risultano da due a tre volte più elevate delle concentrazioni trovate in precedenti lavori in cui veniva utilizzata una digestione acida meno efficace.

Si evidenzia l'importanza della determinazione delle concentrazioni totali dei metalli per poter comparare i risultati. Anche se le concentrazioni totali non sono un indice della biodisponibilità dell'elemento, permettono di ricostruire in modo univoco la distribuzione degli elementi nei sedimenti marini.

Le tracce di contaminazione da mercurio dei sedimenti portuali più prossimi all'entrata del porto-canale, indicano che una particolare attenzione va posta nelle operazioni di dragaggio e di scarico a mare dei sedimenti dell'area portuale, in considerazione, anche, ad una distribuzione del mercurio non uniforme né in superficie né verticalmente.

Questi risultati preliminari forniscono utili indicazioni per impostare ricerche successive che permettano di comprendere le dinamiche che regolano i processi di sedimentazione nell'area di discarica. Ulteriori studi sono necessari per poter valutare l'eventuale dispersione dei sedimenti nell'area e nella zona circostante, dopo lo scarico di altre quantità di sedimenti portuali.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano A. Mengoli e M. Magagnoli dell'I.G.M. e G.Natale e P. Coppolelli dell'ICRAM per la loro preziosa collaborazione. Un particolare ringraziamento è dovuto a F.Frascari per gli utili commenti e suggerimenti.

Il presente studio è stato realizzato grazie ad un finanziamento del Ministero dell'Ambiente.

BIBLIOGRAFIA

Agemian, H & A.S.Y. Chau. 1975. An atomic absorption method for the determination of 20 elements in lake sediments after digestion. *Anal. Chim. Acta,* 80: 61- 66.

Anconelli, M.T., C. Baldrati & W. Vandini. 1980. Studio composito sull'inquinamento da mercurio ed altri oligoelementi nelle valli ravennati (piallasse), *Acqua Aria,* 10: 1323-1331.

Angeloni, A.S., L. Angiolini, G. Bortoluzzi, F. Frascari, M. Frignarli, N. Ghedini, P. Giordani, S. Guerzoni, M. Mengoli & G. Rovatti. 1979. Il ruolo dei sedimenti nell'eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia Romagna: caratterizzazione chimica e sedimentologica dei fondali. In: *Atti del convegno "Eutrofizzazione in Italia",* Roma 3-4 ottobre 1978, CNR, AC/2/50: 79-100.

Ball, D.F. 1964. Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non calcareous soils. *Journ. Soil. Sci.,* 15: 84-92.

Bortoluzzi, G., F. Frascari, M. Frignarli, P. Giordani, S. Guerzoni, G. Rovatti & C.Turci. 1984. Influenza del Po e dei fiumi minori sul contenuto di sostanze nutrienti nei sedimenti marini dell'Emilia Romagna. *Mem. Soc. Geol. It*., 77: 483-497.

Brambati, A., M. Ciabatti, G.P. Fanzutti, F. Marabini & R. Marocco. 1983. A new sedimentological textural map of the Northern and Central Adriatic sea. *Boll. Oceanol. Teor. Appl,* 1: 261-271.

Colantoni, P., P. Curzi. & P. Gallignani. 1978. Caratteristiche generali del fondo e del sottofondo della piattaforma continentale tra Ancona e la foce del fiume Reno. In: P. Colantoni and P. Gallignani (Editors), *Ricerche sulla piattaforma continentale dell'Alto Adriatico.* CNR. Quad. n.l, dicembre 1978.

Cosma, B., M. Drago, M. Piccazzo, G. Scarponi & S. lucci. 1979. Heavy metals in Ligurian Sea sediments: distribution of Cr, Cu, Ni, and Mn in surficial sediments. *Mar. Chem.,* 8: 125-142.

Cosma, B., M. Drago, M. Piccazzo & S. Tucci. 1980. Heavy metals in high Tyrrhenian sea sediments: distribution of Cr, Cu, Ni and Mn in superficial sediments. *Atti Soc. Tose. Sc. Nat. Mem.* ,87:145-161.

Cosma, B., R. Frache, F. Baffi & A. Dadone. 1982. Trace Metals in sediments from Ligurian coast, Italy. *Mar. Poll. Bull,* 13: 127-132.

Cosma, B., V. Contardi, G. Zanicchi, R. Capelli. 1983. Heavy metals in superficial sediments from the Ligurian Sea, Italy. *Chem. Ecol.,* 1: 331-344.

Davis, J.C. 1986. Statistics and data analysis in geology. J. Wiley, 646 pp.

Donazzolo, R., O. Hieke Merlin, L. Menegazzo Vitturi, A. Orio, B. Pavoni, G. Perin, & S. Rabitti. 1981. Heavy metal contamination in surface sediments from the Gulf of Venice, Italy. *Mar. Poli. Bull.* ,12:417-425.

Donazzolo, R., O. Hieke Merlin, L. Menegazzo Vitturi, & B. Pavoni. 1984. Heavy metal content and lithological properties of recent sediments in the Northern Adriatic Sea. 1984. *Mar. Poli. Bull.,* 15: 93-101.

Ferrara, R. & B.E. Maserti. 1992. Mercury concentration in the water, particulate matter, plankton and sediments of the Adriatic Sea. *Mar. Chem.,* 38: 237-249.

Frascari, F., M. Frignani, S. Guerzoni & M. Ravaioli. 1988. Sediment and pollution in the Northern Adriatic sea. *Annals of the New York Academy of Sciences,* 534: 1000-1020.

Frignani, M., F. Frascari, G. Quarantotto, & R. Poletti. 1978. Trace heavy metals in Adriatic sea sediments off the italian coast from Pesaro to Po delta. *Gior. Geol.,* XLIII: 21-45.

Frignani, M. & P. Giordani. 1983. Metalli pesanti in sedimenti antichi e recenti dei mari italiani. *Atti del V congresso AIOL.* 525-534.

Frignani, M. & L. Langone. 1991. Accumulation rates and ^{137}Cs distribution insediments off the Po river delta and the Emilia-Romagna coast (northwestern Adriatic Sea, Italy). *Cont. Shelf Res.,* 11: 525-542.

Giani, M., M. Gabellini, D. Pellegrini, E. Beccaloni & R. Giordano. 1992. Trace metals in sediments of a dumping site in an italian coastal area of the Northern Adriatic. In: Proceeding of the XII International Symposium "Chemistry of the Mediterranean", Rovinj: 36-42.

Giordani, P., S. Guerzoni, & G. Rovatti. 1989. Metalli pesanti e nutrienti nei sedimenti del mare Adriatico. *Boll. Oceanol. Teor. Appl.* 167-176.

Giordani, P., A. Asioli, A.M. Borsetti, M. Frignarli & F. Lucchini. 1992. Geochemical and biostratigraphic records of historical environmental stresses in sediments of north-western adriatic. *Atti del IX congresso AIOL:* 35-44.

Guerzoni, S., M. Frignani, P. Giordani & F. Frascari. 1984. Heavy metals in sediments from different environments of a Northern Adriatic Sea Area, Italy. *Environ. Geol. Water Sci.,* 6: 111-119.

Guerzoni, S., G. Rovatti, E. Molinari & G. Rampazzo. 1987. Total and "selective" extraction methods for trace metals in marine sediment. Reference sample (MES-1, NBS 1646). *Chem. Ecol.,* 3:39-48.

Juracic, M., L. Menegazzo Vitturi, S. Rabitti, & G. Rampazzo, 1986. Suspended matter properties and its role in pollutant transfer from the river to the sea. Case study: Adige river - Adriatic sea. *Sci. Total Environ.,* 55: 243-249.

Leoni, L., F. Sartori, V. Damiani, O. Ferretti, & M. Viel. 1991. Trace element distributions in surficial sediments of the Northern Tyrrhenian Sea: contribution to heavy-metal pollution assessment *Environ. Geol. Water Sci,* 17: 103-116.

Loring, D.H. & R.T.T. Rantala. 1988. An intercalibration excercise for trace metals in marine sediments. Mar. *Chem.,* 24: 13-28.

Miserocchi, S., F. Frascari, S. Guerzoni & L. Langone. 1990. Inquinamento da mercurio ed altri metalli pesanti (Pb, Cu, Zn) nei sedimenti delle valli ravennati (piallasse della Baiona). *Acqua Aria,* 4: 361-370.

Pellegrini, D., P. Coppolelli, M.G. Natale & A.M. Cicero. 1992a. Risultati preliminari sul contenuto di mercurio, piombo e cromo in organismi marini della in relazione al dragaggio del porto di Ravenna. *Biologia Marina, suppl. al Notiziario S.LB.M., 1:* 217-218.

Pellegrini, D., M. Gabellini, M. Giani & C. Barbera. 1992b. L'impatto ambientale nelle attività di dragaggio portuale. *VIA,* VI(21): 37-41.

Pellegrini, D., M. Giani & P. Coppolelli. 1992c. Mercury and chromium in organisms of the coastal marine area between Po delta and Ravenna harbour. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.,* 33: 81.

Prohic, E. & M. Juracic. 1989. Heavy metals in sediments. Problems concerning determination of the anthropogenic influence. Study in the Krka river estuary, eastern Adriatic coast, Yugoslavia. *Environ. Geol. Water Sci.,* 13: 145-151.

Ridgway, I.M. & N.B. Price. 1987. Geochemical associations and post-depositional mobility of heavy metals in coastal sediments: Loch Etive, Scotland. *Mar. Chem.,* 21:229-248.

Selli, R., M. Frignani & P. Giordani. 1977. Inquinamento dei sedimenti marini. In: *Atti del convengno "Aspetti scientifici dell'inquinamento dei mari italiani",* Accademia nazionale dei Lincei, Roma: 169-192.

Atti del 11° Congresso A.I.O.L
Sorrento 26-28 Ottobre 1994
da pag. 633 a pag. 642

SEDIMENTOLOGIA ED EVOLUZIONE OLOCENICA DELLA LAGUNA COSTIERA PRESENTE UN TEMPO ALLA FOCE DEL TEVERE

Piero BELLOTTI

Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Roma "La Sapienza"

RIASSUNTO

Al momento della bonifica del delta del Tevere, avviata nel 1884, erano presenti ai lati del fiume due bacini palustri che rappresentavano l'ultima fase evolutiva di un'ampia laguna originatasi almeno 13000 anni B.P. La sua evoluzione è avvenuta in tre fasi distinte ed è stata guidata da due fattori:
a) risalita glacioeustatica del livello del mare;
b) posizione della foce tiberina rispetto alla barriera costiera.

Nella prima fase (13000-6000 anni B.P.) la foce del Tevere era interna alla laguna e il livello del mare si sollevava in modo discontinuo e con tassi medi via via decrescenti. I sedimenti fluviali non erano in grado di compensare l'incremento volumetrico della laguna indotto dal sollevamento marino cosicché tutto il sistema barriera-laguna, migrava verso terra.

Nella seconda fase, iniziata circa 6000 anni B.P. e sicuramente terminata anteredentemente a 2000 anni B.P., il livello del mare era pressoché stabile e il Tevere, sfociando ancora nella laguna, apportava in quel bacino una sufficiente quantità di materiale da consentire la progradazione della sua foce. Si creò quindi un corpo deltizio lagunare che, raggiunta la barriera costiera, divise in due bacini l'originaria laguna.

L'ultima fase, sicuramente attiva negli ultimi 2000 anni, è stata caratterizzata dalla stabilità del livello marino e dalla foce del Tevere posta in mare. I due bacini, ormai privi di apporti sedimentari continui, si trasformarono via via in paludi salmastre che oggi sono scomparse perché impianti idrovori drenano le acque che le alimentavano.

SUMMARY

In the 1884 two salt marshes which were present in the upper Tiber delta plain were reclaimed. These basins marked the last evolutional phase of a wide lagoon existing in proximity of the Tiber river mouth, since 13,000 years ago.

The sedimentary processes and the holocenic evolution of the lagoon have been recognised by: surface and subsurface data, radiometric age, archaeological and historical information.

It's possibile to subdivide the evolution of the lagoon in three stages controlled by two main factors:

a) the sea level glacioeustatic rise,

b) the Tiber river mouth location, respect to the beach barrier.

In the first time (13000 / 6000 years B.P.) the Tiber River flowed into the lagoon and the sea level rise was characterised by decreasing average rates. In this period, the rise in sea level was probably punctuated by rapid episodic rises. Sediment supply was not enough to compensate the sea level rise and that determined a retrograding trend of the barrier-lagoon System.

The second stage began, about 6000 years ago and ended at least 2000 years B.P. This phase developed during the sea level still stand like the following one. The Tiber River, while flowed into the lagoon, builted a prograding lagoon delta body. When the latter jointed to beach barrier, the lagoon split in two minor basins.

In the last stage, the Tiber River was flowing directly into the Tyrrhenian sea and both basins were connected to the sea by means of one or more inlets. Under this condition the sedimentary supply of the basins was ephymeral and mainly related to the Tiber River floods.

1. INTRODUZIONE

Gli studi sui caratteri sedimentologici del delta del Tevere, sito a circa 20 km a occidente di Roma (Fig. 1), sono stati sviluppati nell'ultimo decennio attraverso perforazioni, rilievi sismici, analisi microfaunistiche, tessiturali e datazioni con radiocarbonio. Essi hanno consentito di ricostruire tridimensionalmente l'intero corpo deltizio nonché l'evoluzione dell'area costiera romana dalla fine dell'ultima glaciazione. Abbondanti resti archeologici e testimonianze storiche concorrono a tale ricostruzione per gli ultimi 2500 anni circa unitamente alla fotointerpretazione di immagini aeree,le più vecchie delle quali risalgono ai primi anni del '900.

I dati di dettaglio sono riportati in alcuni recenti lavori (tra cui Bellotti et al., 1986; Belluomini et al., 1986; Bellotti et al., 1989) ai quali si rimanda per una maggiore documentazione.

Nel periodo storico (dall'antica Roma alla fine del XIX secolo) un elemento caratteristico di questo territorio è stata la presenza di alcuni stagni costieri; essi hanno avuto una origine comune ed una evoluzione legata agli eventi eustatici e sedimentari avvenuti nell'area durante l'Olocene.

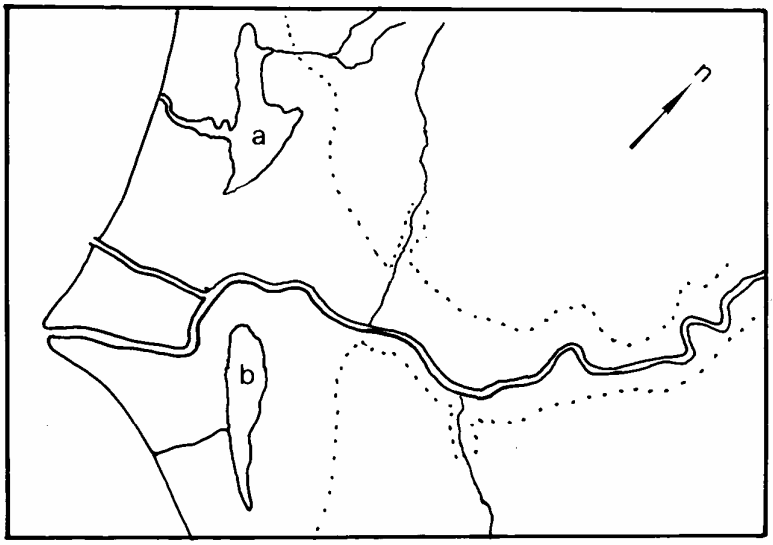


Fig. 1 - Ubicazione dell'area. Con a) e b) sono indicati rispettivamente gli Stagni di Maccarese e di Ostia come erano catografati poco prima della bonifica.

2. VARIAZIONI RELATIVE DEL LIVELLO MARINO

L'area deltizia del Tevere, come buona parte del margine tirrenico laziale, non ha mostrato negli ultimi 20000 anni un significativo tasso di subsidenza (Marani et al., 1986;

Bellotti et al., 1989) a meno di non considerare fenomeni limitati nel tempo e nello spazio. Le variazioni relative del livello marino, avvenute in tal periodo nell'area esaminata, devono pertanto essere attribuite pressoché esclusivamente alla risalita eustatica successiva all'ultimo massimo glaciale, esse sono parte di un ciclo eustatico ad alta frequenza (Fischer, 1964) legato ai parametri dell'orbita terrestre (Hays J.D. et al., 1976; Mitchum & Van Wagoner, 1991).

Le oscillazioni del livello del mare non avvengono con tasso costante e in molti casi possono essere descritte, a grandi linee, con funzioni sinusoidali. Le curve relative risultano tuttavia molto complesse per il sovrapporsi di cicli a frequenza diversa. È stato, inoltre, messo in evidenza che i sollevamenti eustatici relativi alle deglaciazioni non sono eventi continui ma caratterizzati da rapide fasi di sollevamento seguite da momenti di relativa stasi (Frazier, 1974; Thomas & Bentley, 1978; Anderson & Thomas, 1991) hanno presentato curve della risalita olocenica del livello del mare che mostrano in tal periodo un sollevamento marino di tipo episodico. Questo sembra legato a particolari meccanismi di deglaciazione e caratterizzato da impulsi di sollevamento di 3-5 cm/anno aventi durata di qualche secolo. Un simile sollevamento episodico comporta inevitabilmente una successione di eventi sedimentari ripetuti nel tempo che possono essere registrati, con buona definizione, in zone costiere a bassa subsidenza, da sequenze di facies *coarsening upward* (di spessore metrico) limitate da superfici di trasgressione. Queste ultime sono relative ai tratti più acclivi della curva di risalita, mentre, al tratto di curva meno acclive corrisponde la formazione della sequenza *coarsening upward* (Mitchum & Van Wagoner, 1991).

3. EVOLUZIONE DEL BACINO COSTIERO

Gli stagni costieri presenti nell'area deltizia alla fine del secolo scorso erano ciò che rimaneva di un'ampia laguna già esistente 13000 anni B.P. alle foci del Tevere.

La sua evoluzione è stata guidata da due fattori essenziali:

a) la risalita glacioeustatica del livello del mare,

b) la migrazione della foce del Tevere rispetto alla barriera costiera.

Il primo fattore, in assenza di un significativo tasso di subsidenza, ha determinato lo spazio disponibile per l'accumulo dei sedimenti. Il secondo ha influito sui meccanismi

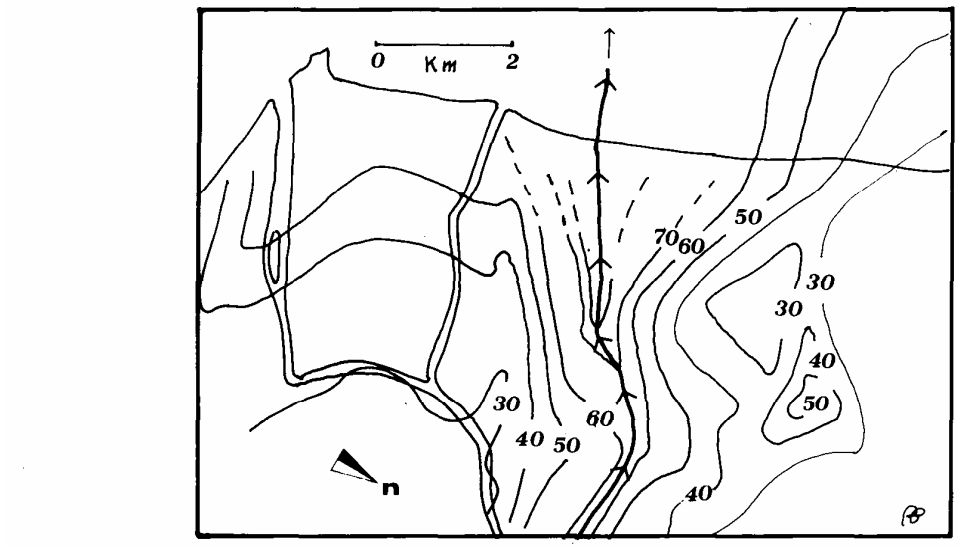


Fig. 2 - Andamento del corso del F. Tevere (tratto con frecce) nel pleniglaciale. Profondità espresse in metri dall'attuale livello marino.

di rifornimento (in acqua dolce e sedimento) del bacino considerato. La combinazione di questi due fattori ha determinato l'evoluzione della laguna attraverso tre fasi distinte caratterizzate da un diverso aspetto morfologico del bacino costiero, da differenti processi sedimentari e dalla diversa tipologia dei depositi.

Durante il basso stazionamento glaciale, il Tevere percorreva una valle, oggi sepolta, il cui andamento è stato in parte ricostruito (Fig.2). Nelle prime fasi di risalita il mare invase parte della valle producendo una profonda "ria".

Tale situazione non va comunque assimilata ad un estuario *sensu* Cameron & Pritchard (1963) in quanto, nell'esistente contesto microtidale, l'input sedimentario tiberino, nonché la rielaborazione durante le prime fasi trasgressive dei sedimenti che il Tevere aveva deposto alla foce nel periodo glaciale, consentirono ben presto la formazione di una barriera sabbiosa tra la foce e il mare aperto.

3.1. Prima fase

Si è sviluppata da almeno 13000 a 5000-6000 anni B.P. (non si hanno dati precedenti ai 13000 anni) ed è caratterizzata da due scenari morfologicamente distinti (Fig. 3).

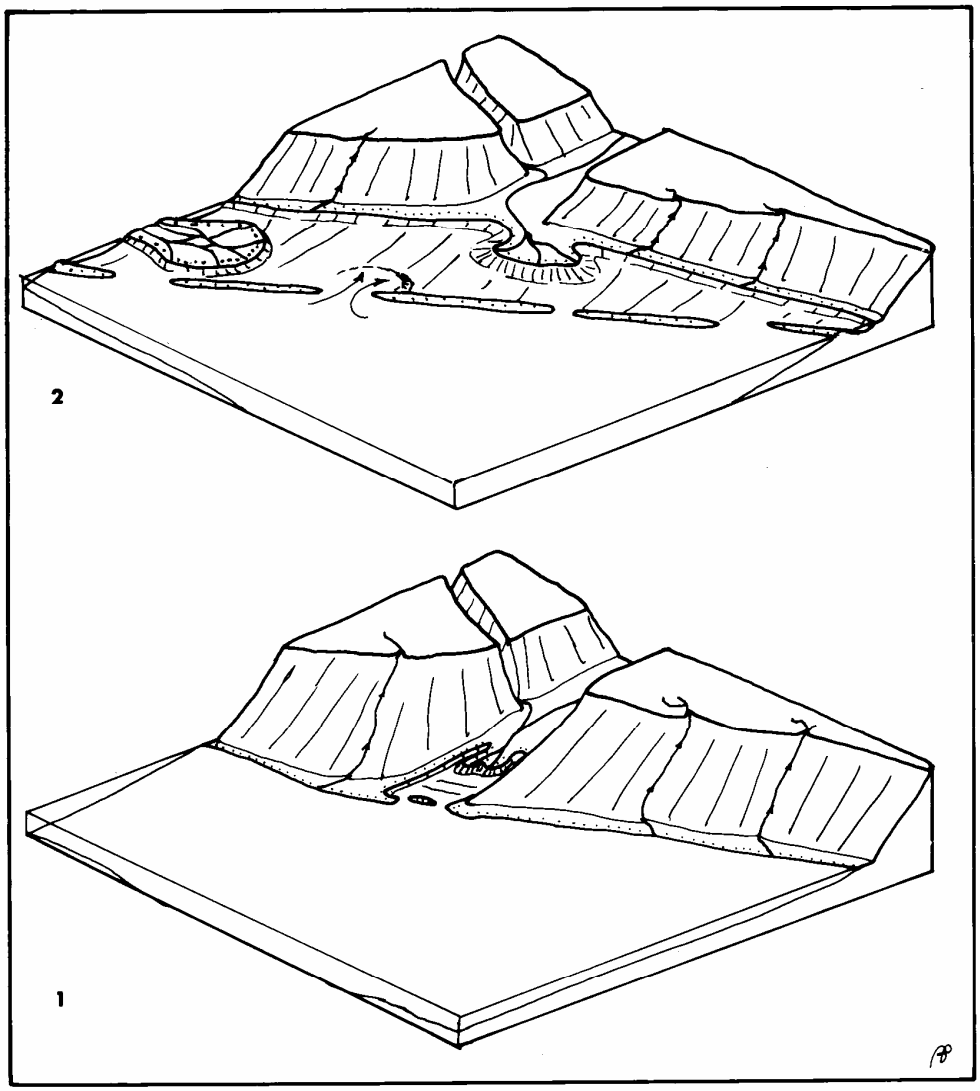


Fig. 3 - Scenari paleogeografici della prima fase dell'evoluzione del bacino lagunare alla foce del F. Tevere. I numeri 1 e 2 si riferiscono rispettivamente a circa 12000 e 9000 anni B.P.

Lo scenario più antico mostra una laguna allungata, normalmente alla linea di costa secondo l'asse della paleovalle fluviale. Essa comunicava con il mare aperto attraverso varchi presenti nella sottile barriera costiera e al suo interno sfociava il Tevere, che costruiva un delta lagunare e rappresentava il principale input sedimentario. La risalita del livello del mare, non compensata dagli apporti del Tevere, costringeva il sistema barriera-laguna-foce ad una progressiva migrazione verso terra. Circa 10000 anni B.P. il livello marino raggiunse -30 m dall'attuale livello annegando completamente la paleovalle del Tevere e ridisegnando la morfologia costiera.

Il secondo scenario morfologico, successivo a 10000 anni B.P., è caratterizzato da una laguna estesa in direzione trasversale rispetto alla valle del Tevere e più simile della precedente ad una "restrict lagoon" sensu Kjerfve (1986). Il principale input sedimentario rimase quello del Tevere, che apportava alla laguna sabbie fini e peliti costruendo corpi lenticolari deltizio-lagunari.

Apporti non trascurabili tuttavia derivavano da un piccolo corso d'acqua intrecciato, attivo tra 10000 e 7500 anni B.P., e capace di mettere in posto un corpo deltizio tabulare sabbioso-ghiaioso. Ulteriori sabbie pervenivano, all'interno della laguna, dal mare; queste costituivano limitati corpi lenticolari attribuibili a depositi di washover comuni in barriere che, a causa di uno scarso rifornimento sedimentario durante il sollevamento del livello marino, non hanno la possibilità di svilupparsi arealmente in modo notevole. Questo secondo scenario rimase pressoché inalterato fino a 5000 anni B.P., nonostante il sollevamento del livello marino abbia indotto una sensibile retrogradazione del sistema barriera-laguna-foce tiberina.

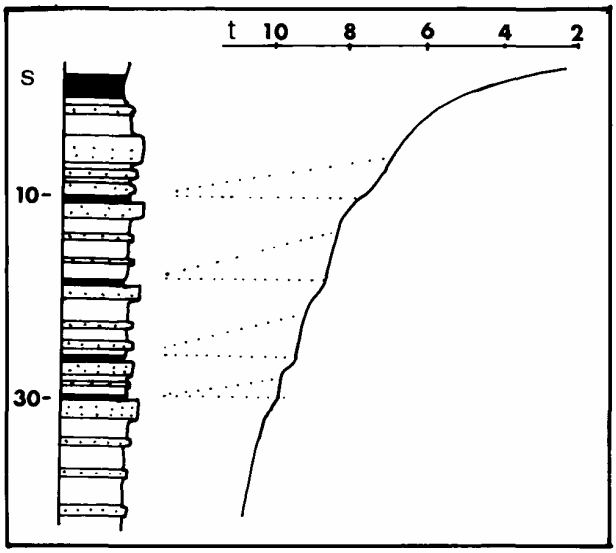


Fig. 4 - Relazione tra successione dei sedimenti lagunari e risalita episodica del livello marino. L'andamento generale della curva è calcolato su dati radiometrici; i singoli flessi sono indicativi. Ai tratti più acclivi corrispoderebbero le superfici di trasgressione che separano le sequenze pelite-torba; queste si sarebbero sviluppate durante gli intervalli corrispondenti ai tratti di curva meno acclivi.

Non trascurabile in questa prima fase era la sedimentazione organica rappresentata da livelli torbosi che a varie quote si rinvengono nella successione verticale dei depositi lagunari. Tale successione è comunemente costituita da ritmi con alla base peliti salmastre e alla sommità torbe e testimonianze di ambienti più dulcicoli. Si può supporre che i processi sedimentari responsabili di questo assetto dei sedimenti siano legati al meccanismo di risalita del livello del mare. Durante l'impulso di sollevamento i sedimenti che giungevano dal continente non erano sufficienti a compensare l'innalzamento del

livello dell'acqua, e la laguna diventava più profonda aumentando lo spazio disponibile per la deposizione del sedimento e il contenuto in acque marine. Al cessare dell'impulso tale spazio iniziava ad essere riempito e la laguna tendeva ad assumere via via un carattere palustre e una minore salinità finché un nuovo impulso non ripristinava le condizioni precedenti. La Fig. 4 mostra uno schema della relazione tra successione verticale dei sedimenti e curva di risalita episodica del livello marino.

Ogni ritmo pelite-torba, normalmente con spessore di ordine metrico, sarebbe il prodotto di un ciclo *shallowing upward* limitato da superfici di trasgressione che evidenziano un brusco passaggio da un ambiente poco profondo ad uno a maggiore profondità. La durata del singolo ciclo, misurata sulla base di dati radiometrici, è dell'ordine del millennio. Non si è tuttavia in grado di stabilire la durata dell'impulso di risalita, durante il quale si formava la superficie di trasgressione, né quella della fase di stasi in cui si depositava la maggior parte dei sedimenti di ogni singolo ritmo.

3.2. Seconda fase

La seconda fase ha iniziato il suo sviluppo tra 5000 e 6000 anni B.P. ed era con

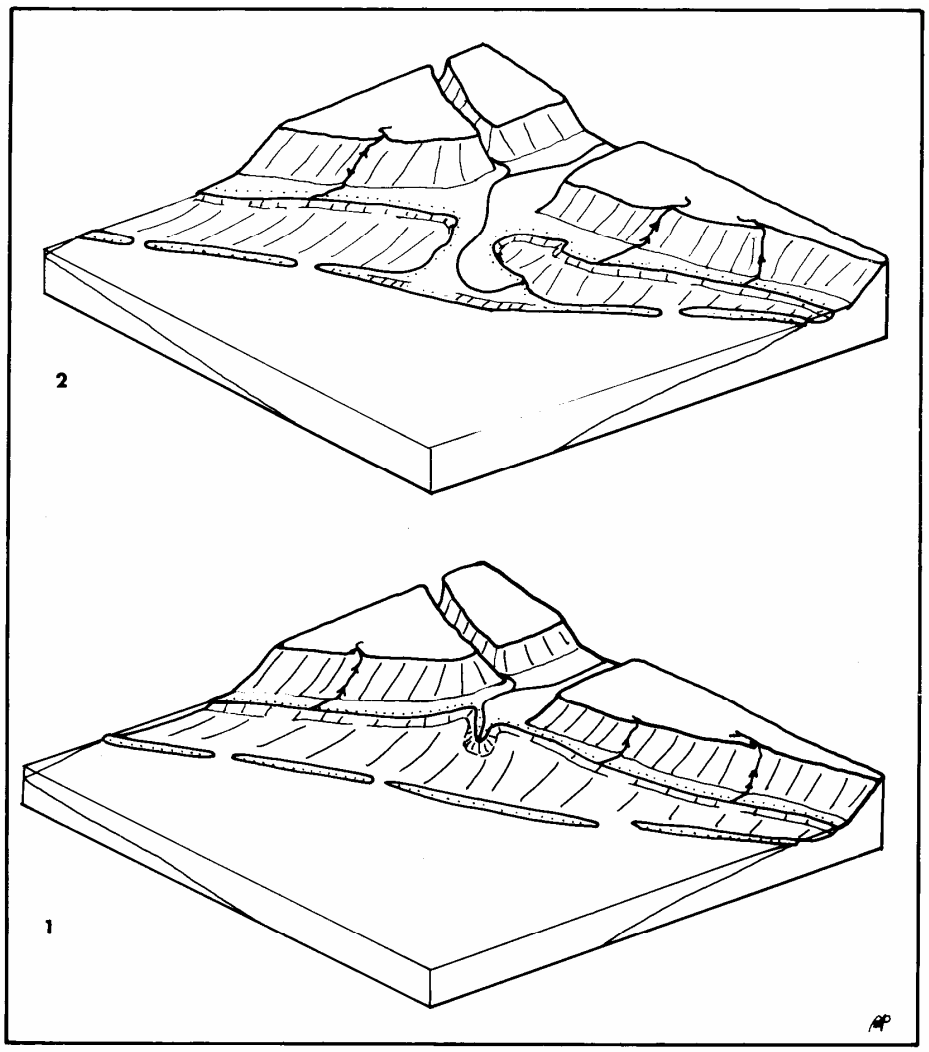


Fig. 5 - Scenari della seconda fase evolutiva del bacino alla foce del F. Tevere relativi a circa 5000 anni B.P. (1) e ad un momento non meglio definito antecedente al I secolo d.C. (2).

certezza terminata 2000 anni B.P. Essa, pertanto, si è sviluppata con il livello del mare ormai pressoché stabile allorché il sistema barriera laguna aveva raggiunto il punto più interno nella sua migrazione verso terra.

Anche questa seconda fase mostra diversi scenari evolutivi (Fig. 5). Quello iniziale è caratterizzato da una laguna allungata parallelamente alla costa, al cui interno la foce del Tevere rappresenta il solo input sedimentario significativo. Con la stabilizzazione del livello marino ed il trascurabile tasso di subsidenza, lo spazio disponibile nella laguna per la deposizione di nuovo sedimento non subì alcun incremento e la laguna cominciò a trasformarsi in una palude salmastra. Testimonianza di questo evento è lo strato di torba che, con spessore massimo di 4 m, si estende 2-5 m sotto il piano di campagna dell'attuale piana deltizia interna. Esso è datato 4700-5200 anni B.P.

I sedimenti del Tevere, non avendo spazio sufficiente per aggradare come nella precedente fase, innescarono la progradazione della foce tiberina all'interno della laguna. Si formò così un corpo deltizio sabbioso stretto ed allungato che una volta congiuntosi con la barriera, divise la laguna in due bacini completamente separati. Sembra logico supporre che la barriera costiera abbia rappresentato un ostacolo all'istaurarsi di una foce marina e che il Tevere, per un certo periodo, abbia continuato a sfociare in uno dei due bacini.

Questo scenario sembra confermato dall'osservazione di una foto aerea dell'inizio del secolo, in essa Pascolini (1957) individuò un vecchio alveo fluviale diretto verso il bacino meridionale (Stagno di Ostia). Le acque fluviali avrebbero, pertanto, abbandonato parte del carico alla foce nello stagno defluendo successivamente in mare attraverso l'apertura nella barriera. La presenza di uno strato sabbioso, subito al di sotto dei più recenti sedimenti dello Stagno di Ostia (de Angelis D'Ossat, 1938), strato peraltro assente nel bacino settentrionale (Stagno di Maccarese), potrebbe rappresentare una ulteriore conferma di questa ipotesi. Le testimonianze storiche di Dioniso D'Alicarnasso, Plutarco e Strabone lascerebbero intendere che questa situazione fosse ancora presente nel periodo repubblicano romano (Bertacchi, 1960) durante il quale lo Stagno sarebbe stato usato come darsena sia dalla flotta militare che da quella mercantile con possibilità di far proseguire le merci via fiume fino a Roma. L'ipotesi di Bertacchi, pur essendo in contrasto con le comuni ricostruzioni archeologiche, non appare geologicamente infondata e ulteriori ricerche mirate sono necessarie per cercare di risolvere questo interessante problema archeologico.

Sembra tuttavia che nel I secolo d.C., all'atto della costruzione dei porti di Claudio e di Traiano, il Tevere non presentasse più alcuna foce naturale nella laguna.

3.3. Terza fase

Non è definibile con certezza quando questa fase, caratterizzata dalla foce marina del Tevere, abbia avuto inizio; essa però era già attiva nel I secolo e si è sviluppata fino alla fine del XIX secolo (Fig. 6). Rispetto alle fasi precedenti, essa è stata caratterizzata da due bacini che hanno subito nel tempo una lenta riduzione della loro estensione.

Rispetto alle fasi precedenti gli input sedimentari risultano decisamente ridotti. Scomparsa l'immissione diretta dei sedimenti tiberini, ormai fluenti in mare, nei bacini venivano immesse peliti e sabbie dalle occasionali inondazioni del Tevere, dal ruscellamento e da piccoli ed effimeri corsi d'acqua provenienti dalle alture circostanti la piana deltizia. Limitate quantità di sabbie fini venivano immesse nei bacini dai venti occidentali che le prelevavano dalle spiagge e dai cordoni costieri.

Entrambi i bacini erano separati dal mare da una barriera sabbiosa che all'inizio di questa fase era larga qualche decina o centinaia di metri, e che, a causa della progradazione del delta marino, aumentò la sua ampiezza fino a superare localmente i tre chilometri nel XIX secolo. Tuttavia entrambi i bacini mantennero sempre almeno un collegamento diretto con il mare tanto da essere parzialmente usati, in alcuni periodi storici, come saline.

Nel 1884 inizia la bonifica che mette fine all'esistenza dei bacini quando questi

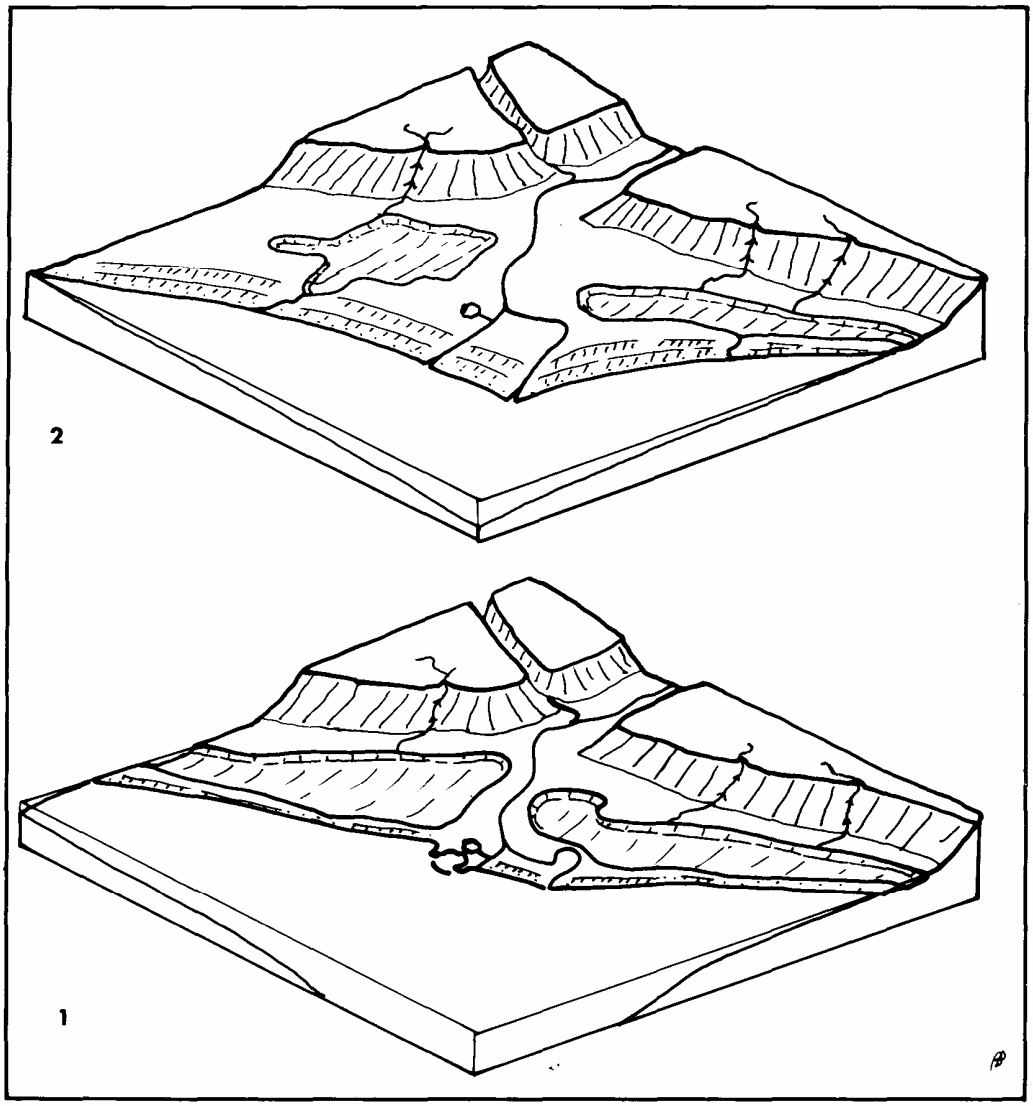


Fig. 6 - Scenari della terza fase evolutiva relativi al I (1) e al XIX secolo (2).

non erano più profondi di un paio di metri ed occupavano un'area variabile da 8.9 a 19.4 Km^2 (Stagno di Maccarese) e da 6.8 a 9.9 Km^2 (Stagno di Ostia). I rispettivi volumi d'acqua erano compresi tra 2.9 e 8.7 e tra 4.1 e 7.4 milioni di m^3 (Amenduini, 1884).

La bonifica ha interamente prosciugato l'area degli stagni senza modificare sostanzialmente la topografia locale. Le acque meteoriche che insistono sull'area del bacino sono oggi canalizzate, sollevate da impianti idrovori e fatte defluire in mare attraverso canali impostati sulle aperture della barriera presenti nella terza fase. Pertanto gli stagni più che scomparsi si possono considerare latenti tanto che essi sono parzialmente ricomparsi nel 1944 quando, per cause belliche, furono messi fuori uso gli impianti idrovori.

4. CONCLUSIONI

L'evoluzione della laguna costiera presente durante l'Olocene alle foci del Tevere è

Tab.1- Schema riassuntivo delle caratteristiche delle tre fasi evolutive.
I termini "stato di accrezione", "deficit" e "surplus" sono usati nell'accezione di Nichols, 1989

		FASE 1	FASE 2	FASE 3
PERIODO		**da 13000 a circa 6000 anni B.P.**	**da 6000 a circa 2000 anni B.P.**	**da 2000 a 100 anni B.P.**
Livello marino		in sollevamento discontinuo	pressochè stabile	stabile
Ubicazione della foce		interna alla laguna	interna alla laguna	in mare
Numero dei bacini		1	da 1 a 2	2
Ricettività del bacino		elevata	in diminuzione	scarsa
Input sedimentario (Tipo)		medio (fluviale+marino)	elevato (fluviale)	scarso (fluviale+eolico)
Stato di accrezione		deficit	surplus	moderato surplus
Evoluzione delle facies	di barriera costiera	retrogradante e aggradante	pressochè nulla	progradante
	di laguna-palude	retrogradante e aggradante	aggradante	limitatamente aggradante
	di delta lagunare	retrogradante e aggradante	progradante	
	di delta			progradante

stata determinata dalla combinazione di due fattori:
a) la risalita glacioeustatica del livello marino;
b) la migrazione della foce del Tevere rispetto alla barriera costiera.

Tre fasi evolutive, schematizzate nella tabella 1, possono essere distinte; esse differiscono tra loro essenzialmente per la diversa paleogeografia, per il diverso input sedimentario nella laguna e per l'evoluzione delle facies. L'intervento antropico, pressoché inlnfluente nelle prime due fasi, è stato sensibile nella terza, dapprima con significative modifiche dei bacini per l'estrazione del sale ed infine con il loro totale prosciugamento.

BIBLIOGRAFIA

Amenduini, G. 1984. Sulle opere di bonificazione della plaga litoranea dell'Agro Romano che comprende le paludi e gli stagni di Ostia, Porto Maccarese e delle terre vallive di Stracciacappa, Baccano, Pantano e Lago dei Tartari. *Relazione del Progetto Generale 15-7-1880.* Min. LL. PP. 36 pp.

Anderson, J.B. & M. A. Thomas. 1991. Marine ice-sheet decoupling as a mechanism for rapid, episodic sea-level change: the record of such events and their influence on sedimentation. *Sedim. Geol,* 70: 87-104.

Bellotti, P., P. Tortora & P. Valeri. 1986. Il delta del Tevere: facies deposizionali e ipotesi evolutiva. *Mem. Soc. Geol. It.* 35: 797-803.

Bellotti, P., M.G. Carboni, S. Milli, P. Tortora & P. Valeri. 1989. La piana deltizia del Fiume Tevere: analisi di facies ed ipotesi evolutiva dall'ultimo low-stand glaciale all'attuale. *Giorn. di Geol.,*51/1*:* 71-91.

Belluomini, G., P. luzzolini, L. Manfra, R. Mortari & M. Zalaffi. 1986. Evoluzione recente del delta del Tevere. *Geol. Rom.,* 25: 213-234.

Bertacchi, L. 1960. Elementi per una revisione della topografia ostiense. *Rend. Acc. Naz. Linc.,* 8/XV: 8-32.

Cameron, W.M. & D.W. Pritchard. 1963. Estuaries. In *The Sea,* M. Hill Ed.: 306-324.

de Angelis D'Ossat, G. 1938. Geo-pedogenesi delle terre sul delta del Tevere. *Recherches sur le Sol,* 6/2: 138-168.

Fischer, A.G. 1964. The Lofer cyclotems of the Alpine Triassic. *Bull. Kans. State Geol. Surv.,* 169: 107-149.

Frazier, D.E. 1974. Depositional Episodes: Their relationship to the Quaternary Stratigraphic Framework in the Nord-west Portion of the Gulf Basin. *Tex. Univ. Bur. Econom. Geol.,* 74/1: 29 pp.

Hays, J.D., J. Imbrie & N.J. Shackelton. 1976. Variations in the Earth's orbit: pacemaker of the ice-ages. *Science*, 194: 1121-1132.

Kjerfve, B. 1986. Comparative oceanogrphy of coastal lagoons. In: D.A. Wolfe Ed., Estuarine variability. *Academic Press.,* 63-81.

Marani, M., M. Taviani, F. Trincardi, A. Argnani, A.M.Borsetti & N. Zitellini. 1986. Pleistocene progradation and postglacial events of the NE Tyrrhenian continental shelf between the Tiber River delta and Capo Circeo. *Mem. Soc. Geol. It.,* 36: 67-89.

Mitchum, R.M. & C. Van Wagoner. 1991. High frequency sequences and their stacking patterns: sequence Stratigraphic evidence of high frequency eustatic cycles. *Sedim. Geol.,* 70: 131-160.

Nichols, M.M. 1989. Sediment accumulation rates and relative sea-level rise in lagoons. *Mar. Geol.,* 88: 201-219.

Pascolini, G. 1957. Antichissimo corso del Tevere. Roma.

Thomas, R.H. & C.R. Benthley. 1978. A model for Holocene retreat of West Antarctic Ice Sheet. *Quat.Res.,* 2: 150-170.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 643 a pag. 653

REMOVAL OF N-NO_3, P-PO_4 AND Si-$Si(OH)_4$ FROM THE UPPER LAYER AS A RESULT OF PRIMARY PRODUCTION INDUCED BY PACK-ICE MELTING (ROSS SEA, ANTARCTICA)

Giulio CATALANO[1], Paolo POVERO[2] and Fabio BENEDETTI[3]

1. C.N.R., Istituto Talassografico di Trieste, 34123 Trieste (Italia).
2. Istituto di Scienze Ambientali Marine, Università di Genova, 16038 S. Margherita Ligure, Genova (Italia).
3. Dipartimento di Scienze Chimiche, Università di Trieste, 34127 Trieste (Italia).

RIASSUNTO

Viene proposta una stima dell'N-NO_3, del P-PO_4 e del Si-$Si(OH)_4$ rimossi per produzione primaria nello strato superiore del mare in una serie di stazioni costiere comprese fra l'Evans Cove ed il Campbell Ice Tongue a Baia Terra Nova (Mare di Ross, Antartide). In base al diagramma T/S viene stabilito che lo scioglimento del ghiaccio marino rappresenta la principale causa di formazione di uno strato superiore stabile che si differenzia soprattutto per la minore salinità (S<33.9 PSU). Dopo aver determinato la profondità dello strato mescolato superiore sulla base del criterio del massimo gradiente di densità ed aver confrontato questa profondità con quella relativa all'iso-alina di 33.9 PSU, si assume come profondità dello strato superiore (UL) la minore delle due. Utilizzando la differenza fra la concentrazione di nutrienti teoricamente calcolata in base alla retta di diluizione rispetto alla salinità di 33.9 PSU e quella realmente trovata, si può ricavare una stima delle quantità di nutrienti rimosse dall'UL per la produzione primaria associata allo scioglimento del pack-ice. In una stazione dove il fenomeno dello scioglimento del ghiaccio è stato particolarmente rilevante, con un abbassamento della salinità da 33.9 a 32.65 PSU, ed avente una profondità dell'UL di 18m, le quantità stimate di N, P e Si rimossi sono risultate essere, rispettivamente, di 0.16, 0.012 e 0.42 moli/m^2. Poiché questa stima presuppone un contributo nullo di nutrienti da parte del ghiaccio marino, essa rappresenta un'approssimazione per difetto della nuova produzione nelle stazioni esaminate.

SUMMARY

An estimate of $N\text{-}NO_2$, $P\text{-}PO_4$ and $Si\text{-}Si(OH)_4$ removed from the upper layer by primary production, in a series of coastal stations at Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica) between Evans Cove and the Campbell Ice Tongue, is presented. From the T/S diagram it can be established that the melting of sea ice is mainly responsible for the formation of a stable upper layer characterized by lower salinity (S<33.9 PSU). The depth of the upper mixed layer is determined on the basis of the maximum density gradient criterion and compared with that of the 33.9 PSU iso-haline; the shallower one is then taken as the depth of the "upper layer" (UL). An estimate of the amounts of nutrients removed from the UL by the primary production associated with the melting of pack-ice can be calculated from the difference between the theoretical concentrations of nutrients, calculated from dilution curves starting from 33.9 PSU salinity, and the experimental values. At a station where the ice melting was massive, the upper layer measuring 18 m and with salinity dropping from 33.9 to 32.65 PSU, it was estimated that 0.16, 0.012 and 0.42 mol/m^2 of N, P and Si, respectively, had been removed from the UL. Since this estimate assumes no contribution of nutrients from the sea-ice, it represents a lower limit for the "new production" in the stations examined.

1. INTRODUCTION

It is well established that marginal ice zones (MIZ) are characterized by high primary production. While irradiation and availability of nutrients are essential for a high primary production, the melting of sea ice has also attributed a major role in determining favourable conditions for the ice-edge phytoplankton bloom (Nelson et al., 1987; 1989). In this respect, the melting of sea ice has two important consequences: the stratification, due to the formation of low salinity water, enhances vertical statibility within the euphotic zone, while the release of the epontic organisms can act as a "inoculum" for a further bloom.

Mitchell & Holm-Hansen (1991), in particular, have proposed vertical stability and depth of the mixed upper layer as essential factors in a light-dependent model of primary production in the MIZ. From considerations on the stability of the water column they "isolated" a mixed upper layer which becomes the potential site for the high primary production described by their model. In this hypothesis the vertical mixing is strongly reduced; thus the variations of chemical parameters related to the process of primary production can be used for estimating biological assimilation.

2. METHODS

During the 1989-90 Italian Antarctic Expedition a series of coastal stations were set up at Terra Nova Bay (Ross Sea) between Evans Cove and the Campbell Ice Tongue (Fig. 1). The sampling was carried out between the 1 1th January and the 4th February 1990. The goal was to study the influence of some local features, such as the sea-ice melting, the morphology of the coast and the presence of the Italian base at Terra Nova Bay, on biologically important chemical species (nutrients, dissolved oxygen, total inorganic carbon) and on abiological parameters (temperature and salinity). Analytical methods and a complete list of the parameters measured have been reported previously (Catalano et al., 1991; Fabiano et al., 1991).

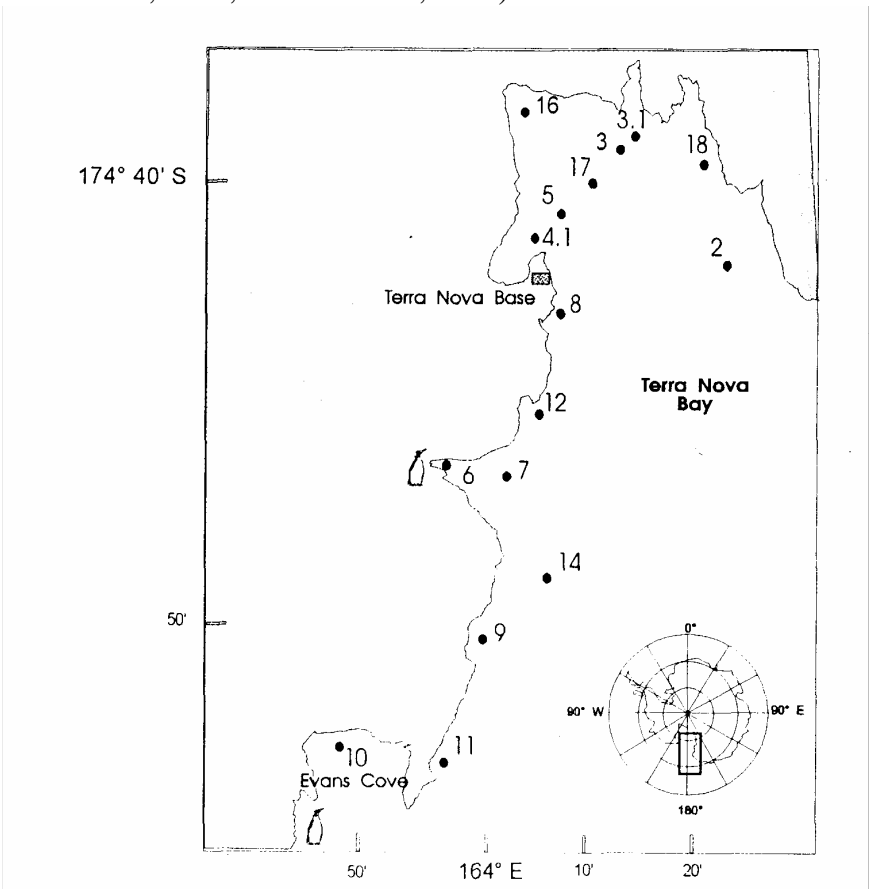


Fig. 1 . Study area and locations of stations.

A vertical CTD profile was carried out in each station in order to obtain a continuous thermo-haline description of the water column; this was then followed by a discrete depth sampling of sea water with a cast of Niskin bottles on a wire. Each bottle was fitted with a reversing thermometer. In addition to the chemical parameters already mentioned, salinity was also determined, with a salinometer, on all the samples. The salinity values thus obtained were used, together with temperature readings, to calibrate

the CTD probe and to complement the chemical parameters measured at discrete depths. These data were found more accurate than those measured with the CTD probe, particularly in several stations where environmental conditions made it difficult to reposition exactly the vessel between the successive casts of the probe and of the Niskin bottles.

A twofold criterion was adopted in order to determine the depth of the upper layer "isolated" as a consequence of the pack-ice melting: this was, on one hand, related to the depth of the picnocline and, on the other, to the depth of the 33.9 iso-haline. From the T/S plot (fig. 2) this value was shown to represent the upper limit of salinity for the less salted water produced by the ice melting.

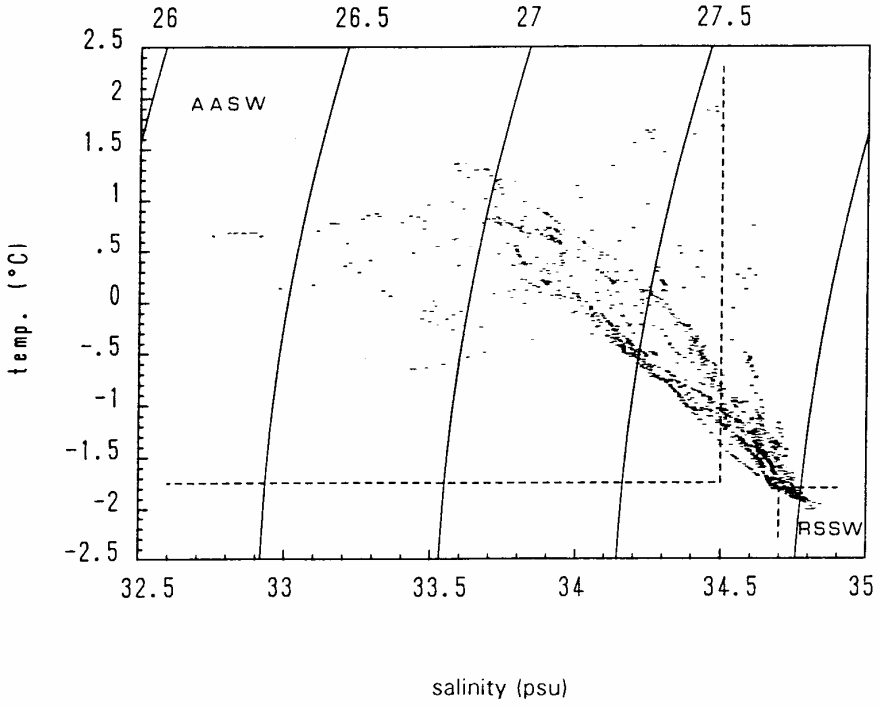


Fig. 2. T/S plot.

The theoretical dilution curve described by Clarke & Ackley (1984) and by Cota et al. (1990) is taken as a reference for estimating the non-conservative behaviour of nutrients during the phase corresponding to the massive sea-ice melting, when the salt contribution from the ice is minimal. In this hypothesis it is possible to assume that, for the sea water interested by the ice melting, the theoretical dilution of each component is directly proportional to the decrease of salinity. The difference between the experimental concentrations of nutrients and those obtained from the theoretical dilution curves yields an estimate of the amounts of nutrients removed: since no contribution of nutrients from the melting of sea-ice is assumed in this approach, the removals thus calculated actually represent a lower limit.

The first stage of melting, involving the congelation-underwater ice, is not considered important for the description of the phoenomenon: the melting of this type of ice is not accompanied by an appreciable haline stratification and thus the stabilization of the water column required for a massive new production is missing during this phase.

3. RESULTS

The T/S diagram obtained from the vertical profiles carried out at each station is reported in Fig. 2. From earlier studies (Jacobs et al., 1970; 1979 - Biggs & Amos, 1973 - Catalano et al., 1992) it can be deduced that the main hydrological process, on the whole water column, along the coastal zone of Terra Nova Bay, is the stratification between RSSW (T<-1.8C, S>34.7 PSU) and AASW (T> -1.75 C, S>4.5 PSU).

Within the AASW domain a dilution effect, due to the melting of sea ice, can be further observed between -0.5 and +0.5 C and between 33.9 and 32.6 PSU, respectively. The critical salinity value of 33.9 PSU is also confirmed by the trend of nutrients relative to salinity, which shows a discontinuity at around this value, clearly indicating a different behaviour of the upper layer influenced by the ice melting. The salinity of 33.9 PSU can thus be taken as the boundary between AASW influenced by the melting of ice-pack or ice-floes, and AASW unaffected by this phoenomenon.

It is in general possible also to define a vertical stability index from the intensity (E) of the picnocline. (E) at heach depth is defined according to equation **1**, from which the depth (Z) at which (E) is maximum can also be obtained (γt represents the anomaly of density).

$$E_{(Z)}=[\gamma t_{(Z+DZ/2)} - \gamma t_{(Z-DZ/2)}]/DZ \qquad (1)$$

Both criteria (depth corresponding to the 33.9 PSU iso-haline and depth corresponding to E_{max}, calculated for DZ=4 m) have been applied to the profiles of each station and the results are reported in Table 1. The two columns (Z_1 and Z_2), corresponding to the depths of the layer with salinity lower than 33.9 PSU, refer to the salinity measured on the samples with a salinometer and to the continuous CTD profile, respectively; the third column Z_E is the depth corresponding to E_{max}. The same results are graphically presented in Fig. 3. The smallest of the three values thus obtained for each station has then been taken as the depth of the upper layer (Z_{UL} characterized by the intake of ice-melting water. This conservative choice follows from the necessity to strictly limit the analysis to those samples corresponding to AASW diluted by ice-melting, excluding unaffected AASW.

Table 1. Depth (dbar) of the upper layer. Z_1 and Z_2 from salinity measurements (S<33.9 PSU); Z_E from the maximum picnocline; Z_{UL}: minimum value.

Station #	Z_1(33.9)	Z_2 (33.9)	Z_E	Z_{UL}
10	0	0	3	0
11	0	0	14	0
9	4	5	6	4
14	7	11	33	7
6	6	5	17	5
7	14	14	16	14
12	11	13	13	11
8	15	12	13	12
4.1	14	8	7	7
5	10	10	10	10
16	0	0	9	0
17	7	7	6	6
3	20	12	43	12
3.1	26	23	27	23
18	17	12	6	6
2	18	20	20	18

Z1: calculated with salinity measured in the laboratory.
Z2: calculated with salinity from CTD profiles.

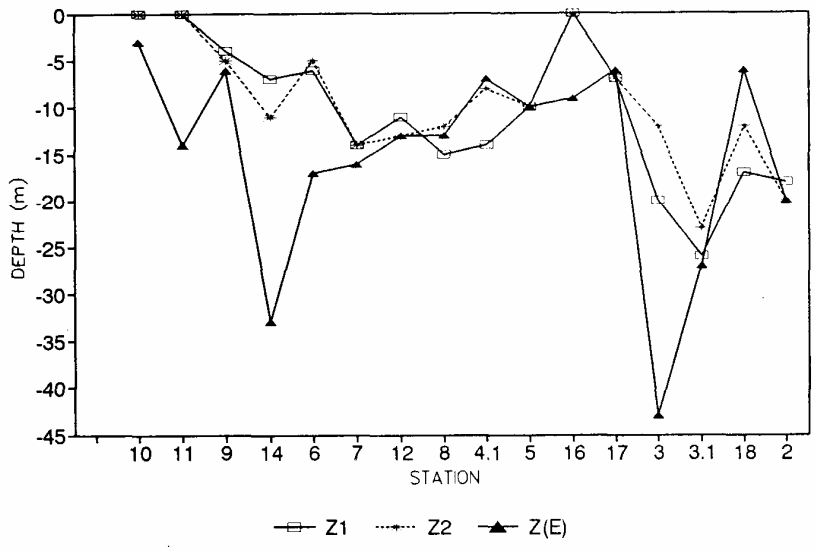


Fig. 3.Depth of Z_1, Z_2 and Z_E of each station.

A linear dependence of N-NC>3, P-PC>4 and Si-Si(OH)4 from salinity is found for

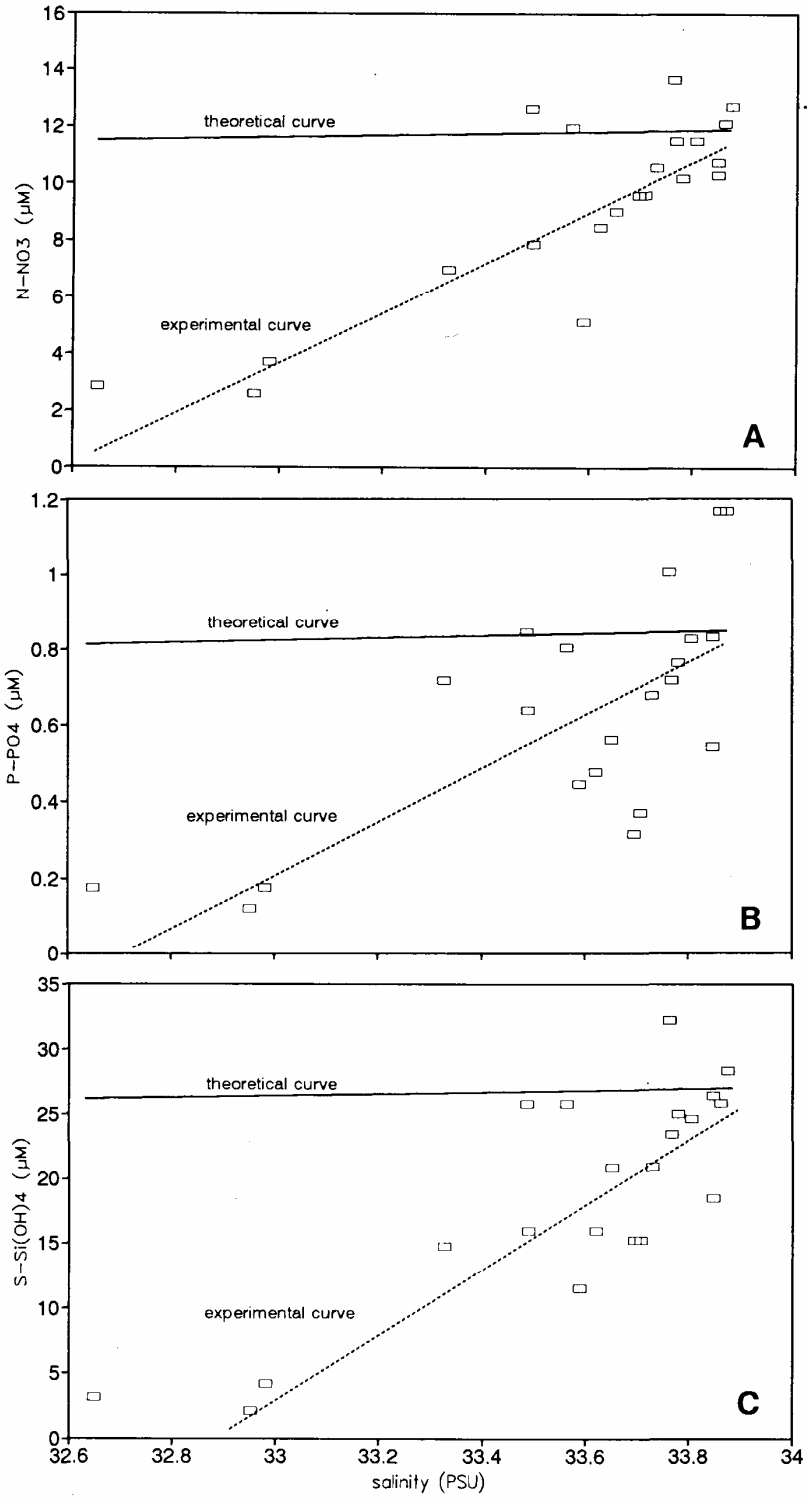


Fig. 4. Diagram of N-NO_3 (A), P-PO_4 (B) and Si-$Si(OH)_4$ (C) vs salinity.

the samples belonging to the UL thus defined, described by the following regressions:

$N\text{-}NO_3 = -290+9*S$	Df=30	R^2=77.8%
$P\text{-}PO_4 = -23+0.7*S$	Df=29	R^2=62.5%
$Si\text{-}Si(OH)_4 = -829+25*S$	Df=30	R^2=73.5%

The theoretical dilution curves for the same samples, calculated in the salinity range 33.9 to 32.5 PSU, have been calculated and are reported in Fig. 4.

In order to obtain, for each station, an estimate of the total amounts of nutrients removed, expressed as mol/m^2, the differences between the values measured at each depth, within the UL, and those calculated from the dilution curves have been integrated for the depth of the UL. Results are in Table 2 and, for $N\text{-}NO_3$ only, in Fig. 5.

Table 2. Estimate of nutrients removal (mol/m^2) integrated for the depth of the UL.

Station #	Z	NO_3	PO_4	SiO_4
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
9	4	0.007	0.0008	0.011
14	7	0.004	0.0007	0.025
6	5	0.008	0.0003	0.008
7	14	0.028	0.0063	0.144
12	11	-0.001	-0.0018	0.006
8	12	0.002	-0.0007	0.031
4.1	7	-0.012	-0.0008	-0.035
5	10	0.075	-0.008	0.189
16	0	0	0	0
17	6	-0.008	-0.0002	0.004
3	12	0.029	0.0041	0.115
3.1	23	0.087	0.0043	0.251
18	6	-0.004	-0.0001	0.003
2	18	0.156	0.0122	0.424

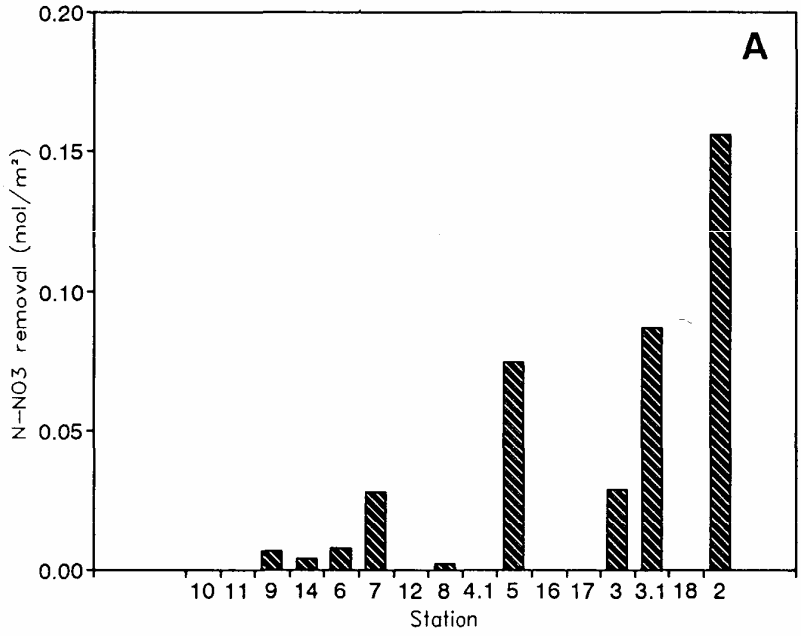


Fig. 5 Estimate of $N\text{-}NO_3$ removal integrated for the depth of UL presented in the order in which the stations are geographically alligned.

4. CONCLUSIONS

Approximately 50% of the stations considered do not show evidence for a significant removal of nutrients from the upper layer. Where removal has taken place, however, a well defined relation with either the spatial or the temporal variable can not be established (Fig. 5). The highest removal of dissolved nutrients per square meter is found at stations 2, 3.1 and 5 located in the Gerlache Inlet; medium to low removal is also found near Adelie Cove (stations 6, 7, 9 and 14) and at station 3 near Gerlache Inlet. The presence of the Italian Base at Terra Nova Bay does not appear to have any significant effect.

In the absence of direct uptake measurements, indirect support for the identification of primary production as the main cause of the removal observed, comes from the comparison between N/P/Si ratios calculated from removal in the UL and those found experimentally for the deeper layer (Table 3): the dose similarity between the ratios obtained for the biologically productive zone, corresponding to the upper layer, and for the deeper regeneration zone, supports the hypothesis. It is also possible to suggest that the observed removal of nutrients from the upper layer can represent an estimate of the new production (Jennings et al., 1984).

Table 3. N/P/Si ratios

	N/P	Si/P
Removals from the upper layer[1]	11.6	34.3
Experimental regressions in the UL	12.7	36.0
Experimental regressions in the deeper layer	11.9	35.9
From other studies:		
El-Sayed and Taguchi (1981)	12.9	29.4
Jennings et al. (1984)	11	24.8
Le Jehan and Treguer (1985)	12	48 - 9.6

1. Sum of the removals calculated in the UL. Negative values have been neglected.

Finally, it should be noted that Si/P ratios differ from those previously reported by other authors (Table 3). The values found by El-Sayed & Taguchi (1981.) and by Jennings (Jennings et al., 1984) were obtained in the Weddell Sea, while the Ross Sea, according to Nelson et al. (1987) and Ledford-Hoffman et al. (1986), is a zone of production and accumulation of biogenic silica. This is entirely consistent with the higher Si/P ratios found.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank the crew of the launch "Malippo", G. Mameli, A. Padda, P. Chiocca, S. Frongia and, in particular, L. Coluccia for their assistance in the work at sea, and M. Ionio, of the CNR, Istituto Talassografico di Trieste, for the analytical work in the laboratory at Terra Nova Bay. We are also indebted to Prof. L. Guglielmo, co-ordinator of the Oceanography Programme, and to Dr. M. Zucchelli, head of the Italian Antarctic Project, for the logistic support at Baia Terra Nova Station.

BIBLIOGRAPHY

Biggs, D.C. & A.F. Amos. 1983. Oceanographic data from the south-western Ross Sea, January 1982: STO and nutrient chemistry programs. *Tech. Rep.* 83-3-T, Dept. Oceanogr. Texas A&M University, 167 pp.

Catalano, G., F. Benedetti & M. Iodo. 1991. Coastal oceanography from Cape Russel to Campbell Ice Tongue (Terra Nova Bay). Dissolved oxygen, nutrients, pH, total alkalinity and total inorganic carbon distribution. *Nat. Se. Com. Ant., Ocean. Camp. 1989-90, Data Rep.,* 1: 25-32.

Catalano, G., F. Benedetti & A. Boldrin. 1992. Le condizioni idrologiche a Baia Terra Nova: ossigeno disciolto, nutrienti ed alcuni elementi maggiori nell'estate australe 1987-88. *Atti IX Cong. AIOL, S. Margherita Lig.* 20-23 Nov. 1990, 593-604.

Clarke, D.B. & S.F. Ackley. 1984. Sea ice structure and biological activity in the Antarctic marginal ice zone. *J. Geophys. Res.,* 89: 2087-2095.

Cota, G.F., J.L. Anning, L.R. Harris, W.G. Harrison & R.E.H. Smith. 1990. Impact of ice algae on inorganic nutrients in seawater and sea ice in Barrow strait, NWT, Canada, during Spring. *Can. J. Aquat. Sci.,* 47: 1402-1415.

El-Sayed, S.Z. & S. Taguchi. 1981. Primary production and standing crop of phytoplankton along the ice-edge in the Weddell Sea. *Deep-Sea Res.,* 28: 1017-1032.

Fabiano, M., P. Povero, G. Catalano & F. Benedetti. 1991. Hydrological data collected during the biological, chemical and geological sampling in Terra Nova Bay. *Nat. Sc. Com. Ant., Ocean. Camp. 1989-90, DalaRep.,* 1: 35-71.

Jacobs, S.S., A.F. Amos & P.M. Bruchhausen. 1970. Ross Sea oceanography and Antarctic Bottom Water formation. *Deep-Sea Res.,* 17: 935-962.

Jacobs, S.S., A.L. Gordon & J.L. Ardai. 1979. Circulation and melting beneath the Ross Ice Shelf. *Science,* 203: 439-443.

Jennigs, J.C. Jr., L.I. Gordon & D.M. Nelson. 1984. Nutrient depletion indicates high primary productivity in the Weddell Sea. *Nature,* 309: 51-54.

Ledford-Hofman, P.A., D.J. DeMaster & C.A. Nittrouer. 1986. Biogenic-silica accumulation in the Ross Sea and the importance of Antarctic continental-shelf deposits in the marine silica budget. *Geochim. Cosmochim. Acta,* 50: 2099-2110.

Le Jehan, S. & P. Treguer. 1985. The distribution of inorganic nitrogen, phosphorus, silicon and dissolved organic matter in surface and deep waters of the Southern Ocean. In: *Antarctic Nutrient Cycles and Food Web.* Springer-Verlag 1985.

Mitchell, B.G. & O. Holm-Hansen. 1991. Observations and modeling of the Antarctic phytoplankton crop in relation to mixing depth. *Deep-Sea Res.,* 38: 981-1007.

Nelson, D.M., W.O. Smith Jr., L.I. Gordon & B.A. Huber. 1987. Spring distribution of density, nutrients and phytoplankton biomass in the ice edge zone of the Weddell-Scotia Sea. *J. Geophys. Res.,* 92: 7181-7190.

Nelson, D.M., W.O. Smith, Jr., R.D. Muench, L.I. Gordon, C.W. Sullivan & D.M. Husby. 1989. Particulate matter and nutrient distributions in the ice-edge zone of the Weddell Sea: relationship to hydrography during late summer. *Deep-Sea Res.,* 36: 191-209.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 655 a pag. 665

RELAZIONI TRA PARTICELLATO, BIOMASSA E POPOLAMENTI FITOPLANCTONICI NEL MARE DI ROSS DURANTE LA FIORITURA ESTIVA (*)

Luigi LAZZARA e Caterina NUCCIO

Dipartimento di Biologia Vegetale, Università di Firenze

SUMMARY

A wide portion of the Western Ross Sea between 62° and 75° S has been investigated from December 1989 to February 1990 (R/V "Cariboo") so as to obtain a description of remarkably different situations (Innamorati et al., 1992a). The specific aim of this work" is the characterization of the temporal evolution of phytoplankton by means of changes in the relationships between different biomass indicators such as chlorophyll *a,* phaeopigments, red *in vivo* fluorescence, particles and cellular density integrated by microscopic observation of phytoplankton and particle size spectra analysis. The chlorophyll *a* concentration, the cellular density and the red *in vivo* fluorescence exhibit high levels of correlation (r from 0.90 to 0.97) between them, while the relationships involving either phaeopigments or particle density have much lower correlation coefficients (r from 0.58 to 0.89) for the whole data set. Just separating two distinct subpopulations we obtain an increase of correlation (r reaching 0.95). The first group is made only of surface samples (0-50m, stations 11 to 22) which can be considered in an early phase of the phytoplankton bloom and the second one, which includes all samples deeper than 50m and the whole water column for stations 8-10 and 23-27, corresponds to a late or senescent phase of a bloom. In fact the first group is characterized by lower average ratios of phaeopigments/chlorophyll (0.28 instead of 0.88) and phaeopigments/particles, by lower specific diversity (down to 0.98 bits/cell, with dominance of *Nitzschia sp. gr. Nitzschiella)* and by a smaller diameter of particles (4 µm instead of 11-16 µm), the second group is characterized by opposite features and by a taxonomic composition similar to that observed in the sympagic microflora (mainly *Nitzschia spp. gr. Fragilariopsis)* and at Terra Nova Bay (the same *Nitzschia* and *Phaeocystis panchetii).*
The different taxonomic composition of the two groups and the observation of a new bloom at the end of January over the Ross Sea Continental slope, gives consistency to the hypothesis of a second phytoplanktonic bloom occurring in the late summer, even offshore.

(*) Ricerca realizzata con i finanziamenti del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide.

1. INTRODUZIONE

La distribuzione spaziale e temporale della biomassa fitoplanctonica nel Mare di Ross è stata oggetto negli ultimi anni di un crescente interesse e di vari studi (Wilson et al., 1986; Innamorati et al., 1990; Smith et al., 1990; Innamorati et al., 1992a). Questi hanno, tra l'altro, ulteriormente evidenziato quanto è già noto per tutto l'Oceano Antartico, cioè l'ampia eterogeneità spaziale della biomassa dei produttori primari.

Un aspetto che invece rimane non sufficientemente chiarito è quello dell'evoluzione temporale dei popolamenti fitoplanctonici durante la stagione estiva, sia per la scarsità di dati disponibili in serie temporale sia per il fatto che viene generalmente sottovalutata la sovrapposizione dell'evoluzione temporale sulle distribuzioni spaziali, esaminate mediante campagne oceanografiche condotte su vaste aree e quindi su un'ampia scala temporale.

Dalle serie temporali effettuate si evidenziano brusche variazioni della biomassa in periodo tardo estivo (Iwanami et al., 1986) ed è stata anche ipotizzata la possibilità di una doppia fioritura nelle acque costiere del Mare di Ross occidentale (Innamorati et al., 1992b).

In relazione quindi allo studio dell'evoluzione temporale del fitoplancton antartico sono state esaminate le caratteristiche fisiologiche dei popolamenti, che determinano l'eterogeneità della composizione della biomassa, sia in pigmenti che in specie e natura del particellato, in un'ampia zona del Mare di Ross occidentale in cui i rilevamenti sono avvenuti in due periodi successivi della stagione estiva.

2. METODI

Durante la seconda spedizione oceanografica italiana in Antartide è stata svolta una campagna nel periodo dicembre ‘89-febbraio ‘90 (R/V Cariboo), tra 62° e 75°S nel settore Pacifico dell'Oceano Antartico e nel Mare di Ross occidentale (Innamorati et al., 1991). Sono state campionate 27 stazioni (Fig. 1) a 10 quote di profondità tra la superficie e 200 metri con bottiglie Niskin e prelevati 79 campioni di acqua superficiale pompata a bordo con nave in movimento lungo tutta la rotta. Per ogni campione prelevato, sono stati analizzati: la clorofilla a e i feopigmenti mediante spettrofluorimetria su estratto acetonico (Holm-Hansen, 1965), la fluorescenza della clorofilla *a in vivo* (spettrofluorimetro Perkin Eliner LS5b, ex 430nm, em 680nm, DX 1 Orini) su campioni mantenuti in penembra fino al momento della misura ed alla temperatura costante dell'acqua di superficie, la densità del particellato sospeso e la sua distribuzione dimensionale tra 2.8 e 85 µm diametro sfera equivalente (d.s.e.) (Coulter Counter Multisizer), e la densità e composizione specifica dei popolamenti fitoplanctonici mediante il metodo Utermöhl (Hasle, 1978). Lo studio delle relazioni tra clorofilla, feopigmenti, fluorescenza *in vivo,* densità cellulare ed in particelle è stato condotto tra le trasformate logaritmiche, calcolandone le regressioni ortogonali, data la distribuzione aleatoria di entrambe le variabili.

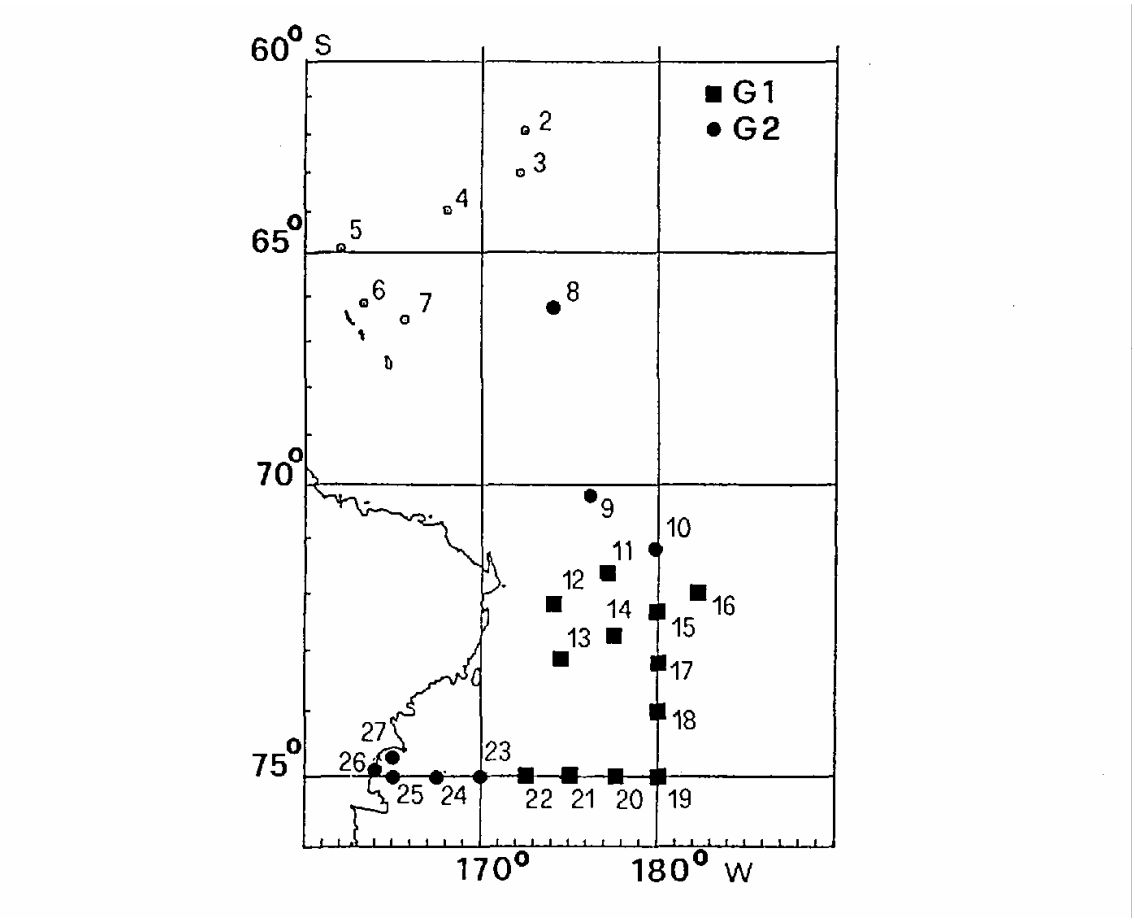


Fig. 1 - Ubicazione delle stazioni di campionamento e loro attribuzione al primo gruppo (G1) o al secondo (G2), sulla base dei campioni superficiali (0-50m).

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Un dettagliato esame delle relazioni esistenti (Tab. 1) tra i cinque indicatori di biomassa prescelti, mette in evidenza due tipi di relazione: tra clorofilla, fluorescenza *in vivo* e densità cellulare si osservano relazioni lineari ed univoche (Fig. 2a, b) con un elevato grado di correlazione (r compresi tra 0.85 e 0.95, Tab. 1); quando tra le variabili considerate ci sono i feopigmenti e le particelle si osservano (Tab 1), per l'insieme dei punti, coefficienti di correlazione inferiori (da 0.58 a 0.89), ma la separazione in due sottoinsiemi comporta correlazioni molto più elevate per ciascuno di questi (da 0.85 a 0.95).

Le relazioni nelle quali appare più netta la separazione tra due popolazioni di punti sono quelle tra feopigmenti e clorofilla (Fig. 3a) e tra feopigmenti e particelle (Fig. 3b). Le due distinte rette di regressione si presentano con pendenze vicine all'unità, ma con

regressione Log y = a + b Log x		n	r	a	b
fluorescenza *in vivo*	Tot	181	0.926	-0.08	1.37
vs	G1	72	0.975	-0.03	1.29
clorofilla *a*	G2	109	0.903	-0.13	1.34
fluorescenza *in vivo* vs cellule	Tot	105	0.936	-1.94	0.77
clorofilla *a* vs cellule	Tot	96	0.897	-1.29	0.54
feopigmenti	Tot	195	0.853	-0.305	0.81
vs	G1	72	0.949	-0.569	0.82
clorofilla *a*	G2	123	0.950	-0.116	0.87
feopigmenti	Tot	195	0.579	-3.89	0.89
vs	G1	72	0.849	-4.95	1.03
particelle	G2	123	0.885	-5.09	1.31
fluorescenza *in vivo*	Tot	194	0.889	-6.48	1.57
vs	G1	84	0.926	-6.42	1.50
particelle	G2	110	0.900	-8.15	2.11
clorofilla *a*	Tot	195	0.854	-4.59	1.14
vs	G1	72	0.908	-4.85	1.13
particelle	G2	123	0.906	-5.74	1.51
feopigmenti	Tot	96	0.687	-1.42	0.48
vs	G1	40	0.833	-1.92	0.56
cellule	G2	56	0.841	-1.11	0.44
feopigmenti vs fluorescenza	Tot	181	0.778	0.505	1.81
particelle vs cellule	Tot	96	0.815	-6.83	2.29

Tabella 1 - Regressioni ortogonali tra i cinque indicatori di biomassa.

diverse intercette con le ordinate, ad indicare rapporti diversi tra le grandezze lineari. Nel caso della relazione feopigmenti-clorofilla si distingue infatti un gruppo (G2) con un elevato rapporto (feopigmenti/clorofilla = 0.88) da un gruppo (G1) con rapporto più basso (0.28) ed analogamente per il rapporto feopigmenti/particelle si passa dai ca. 0.105 pg/particella del G2 ai ca. 0.012 del G1.

I gruppi di punti così individuati corrispondono inoltre a campioni spazialmente contigui (Fig. 1): il cosiddetto Gì è costituito solo dai campioni superficiall (0-50 m) delle stazioni da 11 a 22, mentre G2 sono i campioni profondi delle stesse stazioni e dell'intera colonna per le stazioni 8-10 e 25-27. La stazione 23 presenta una situazione intermedia in quanto solo i campioni dei primi 5 m appartengono al primo gruppo.

La differenziazione dei due gruppi è possibile oltre che per la loro distribuzione spaziale e per le diverse relazioni tra indicatori di biomassa, anche sulla base delle condizioni

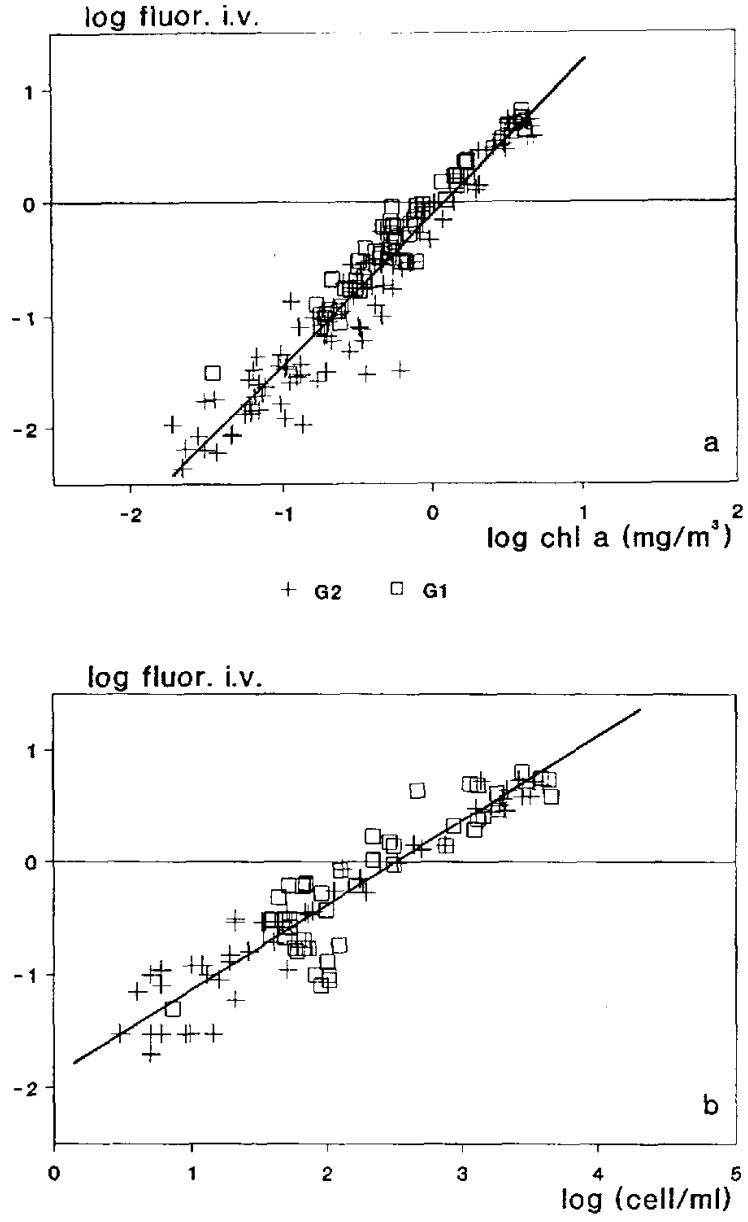


Fig. 2 - Regressioni ortogonali per i due gruppi di campioni (G1 e G2) : a) fluorescenza *in vivo* e clorofilla *a* (mg/m^3); b) fluorescenza *in vivo* e densità fitoplanctonica (cell/ml).

ambientali, della composizione e struttura dei popolamenti fitoplanctonici e della distribuzione dimensionale del particellato.

Le stazioni 22 e 25 situate nel transetto E-W a 75°S (Fig. 1), vengono tra loro confrontate in quanto rappresentative delle situazioni rispettive del G1 e del G2.

Le differenze nella struttura verticale delle due colonne d' acqua (Fig. 4) sono

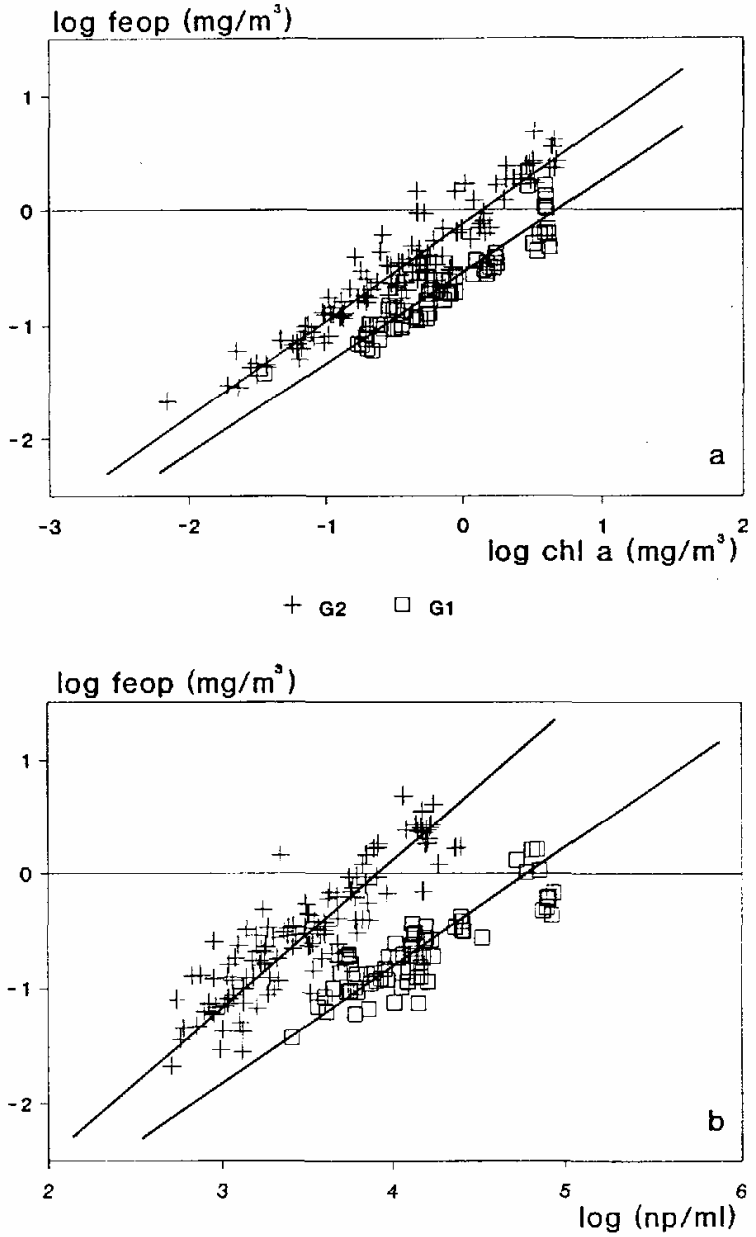


Fig. 3 - Regressioni ortogonali per i due gruppi di campioni (G1 e G2) : a) feopigmenti (mg/m^3) e clorofilla *a* (mg/m^3); b) feopigmenti e densità in particene (numero particelle/ml).

notevoli. La stratificazione della stazione 22 (Fig. 4a), più marcata e profonda fino a 50m, è dovuta ad un forte riscaldamento dello strato superficiale nel quale si è realizzata una notevole crescita della biomassa fitoplanctonica (Fig. 4b), come indicano gli elevati valori di clorofilla, cellule, fluorescenza, particene e le basse percentuali di feopigmenti.

La stazione 25 (Fig. 4c, d) è più prossima alla costa continentale e influenzata dallo

scioglimento del pack, come risulta dal forte calo della salinità (33.2 PSSU), ma la sua stratificazione superficiale è meno profonda (ca. 20 m) e, al di sopra del picnoclino coincidente qui con l'aloclino, sostiene una biomassa fitoplanctonica con concentrazioni anche maggiori della stazione 22. Il particellato presenta nella st. 25 maggiori dimensioni medie e distribuzione verticale più omogenea rispetto alla st. 22, probabilmente per una azione più prolungata dei processi di aggregazione e sedimentazione.

La distribuzione dimensionale del volume di particellato (Fig. 5a, b) si differenzia nei primi 50 m, in modo ancor più netto con d.s.e. modali di 4-5 urti nella st. 22 e di 11- 16 µm nella 25. In acque antartiche sono stati spesso osservati d.s.e. prevalenti di 16 µm (Sheldon et al., 1972) in condizioni di scarsa biomassa, e intorno a 3 e 14 µm nel Mare di Weddell (Boldrin & Rabitti, 1992).

Il fitoplancton presenta, nelle stazioni del G1 della scarpata continentale, densità relativamente basse (fino a circa 0.3 x 10" cell/dnr) con scarsa presenza di Diatomee e un aumento progressivo di *Phaeocystis panchetti* procedendo da nord verso sud. Lungo il transetto E-W le densità superficiali salgono notevolmente, particolarmente alle staz. 22 e 23, per il forte aumento di Diatomee: alla stazione 22 le alte densità tra O e 25 m sono dovute a *Nitzschia sp. gr. Nitzschiella* che arriva al 90% del totale e abbassa quindi notevolmente la diversità specifica (fino a 0.89 bit/cellula), mentre a 50 in prevale *Phaeocystis pouchetii.*

Nella stazione 25, la densità fitoplanctonica (fino a oltre 3 x 10^6 di cell/dm^3) è dovuta a *Nitzschia spp. gr. Fragilariopsis,* di cui la *N. cuna* è senz'altro la più abbondante, e a *N. sp. gr. Pseudonitzschia.* Si ha cioè un popolamento dominante più differenziato (2.1 bit/cellula) e con specie di maggiori dimensioni.

L'analisi dei popolamenti fitoplanctonici sembra indicare che nelle stazioni G1 si abbia una situazione precedente ad una fase di fioritura che è già in atto alla stazione 22, dove lo strato superficiale si è fortemente stabilizzato nel tempo, favorendo il notevole sviluppo della specie dominante.

Le caratteristiche finora evidenziate per i due gruppi sembrano identificare il G1 con una fase di sviluppo del popolamento precedente a quella del G2, nel modello di fioritura antartica con un solo massimo. I caratteri delineati per i campioni del gruppo G1 e specialmente per la stazione 22, caratteri quali: la scarsa presenza percentuale di feopigmenti, le piccole dimensioni di cellule e particelle (4-5 µm), la loro maggiore densità superficiale e la minima diversità specifica, portano a considerare questa situazione come espressione di una fase giovanile della fioritura, se non precedente.

Nel secondo gruppo (G2) invece, i feopigmenti percentualmente elevati, le diverse dimensioni e distribuzione delle particelle, la composizione tassonomica e la maggiore diversità specifica sembrano indicare una situazione decisamente più matura, certamente senescente.

A conferma di una tale interpretazione si può osservare che in corrispondenza delle stazioni del G1 sulla scarpata continentale, tra 71° e 73 °S si è verificato nella seconda metà di gennaio una fioritura, dove in precedenza era stata rilevata una scarsa biomassa, come risulta evidente dalle misure di fluorescenza effettuate in continuo durante la rotta di ritorno (Guglielmo et al., 1993). Anche le densità cellulari sono notevolmente più alte

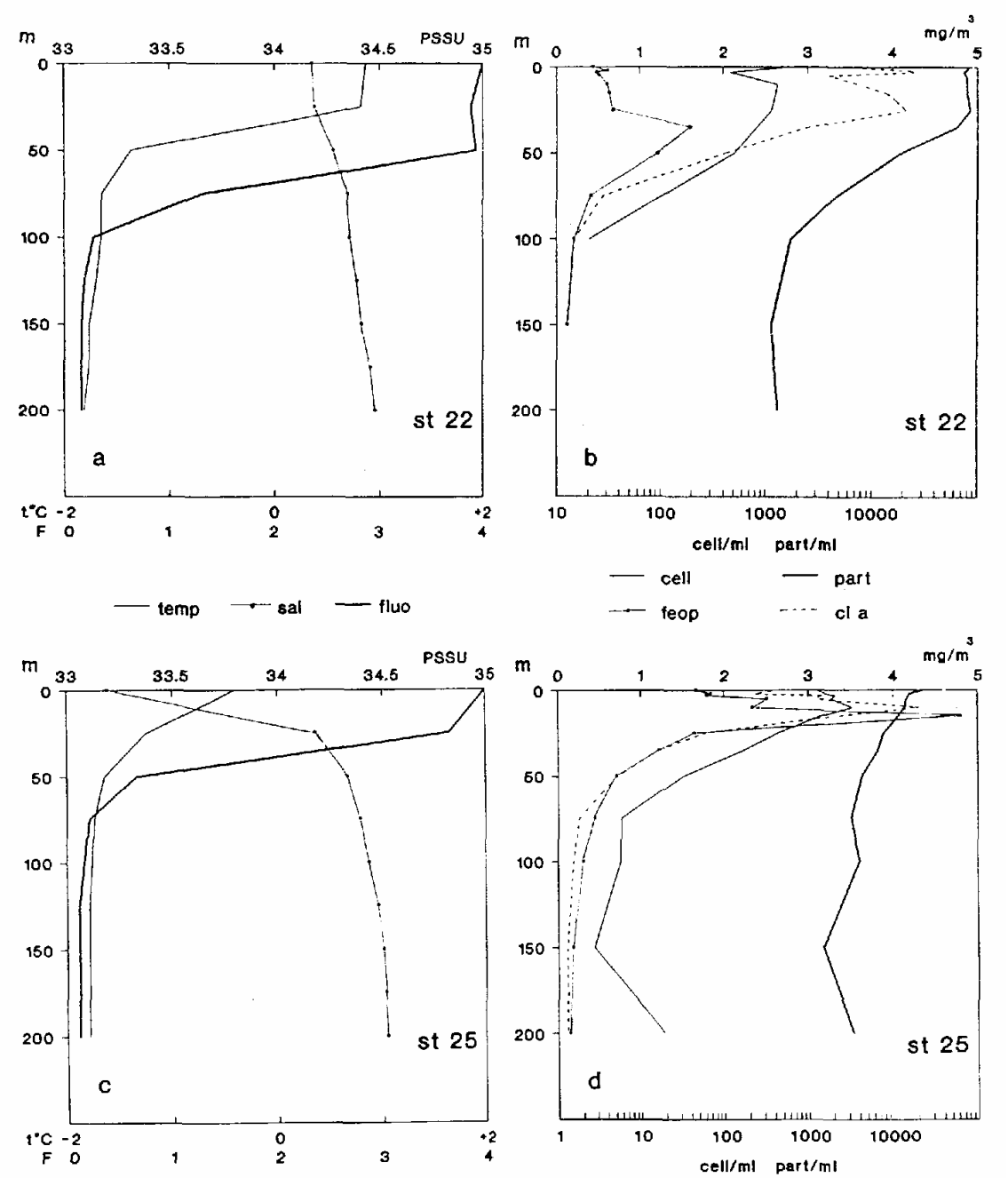


Fig. 4 - Profili verticali di : temperatura (°C), salinità (PSSU), fluorescenza *in vivo,* clorofilla *a* (mg/m^3), feopigmenti (mg/m^3), densità fitoplanctonica (cell/ml) e particellato sospeso (n.ro part./ml) per la stazione 22 (a, b) e per la stazione 25 (e, d).

(fino a 2 * 10^6 cell/dm^3) di quelle rilevate nella seconda metà di dicembre, per la fioritura di *Nitzschia sp. gr. Nitzschiella* e un incremento di *Phaeocystis pouchetii.*

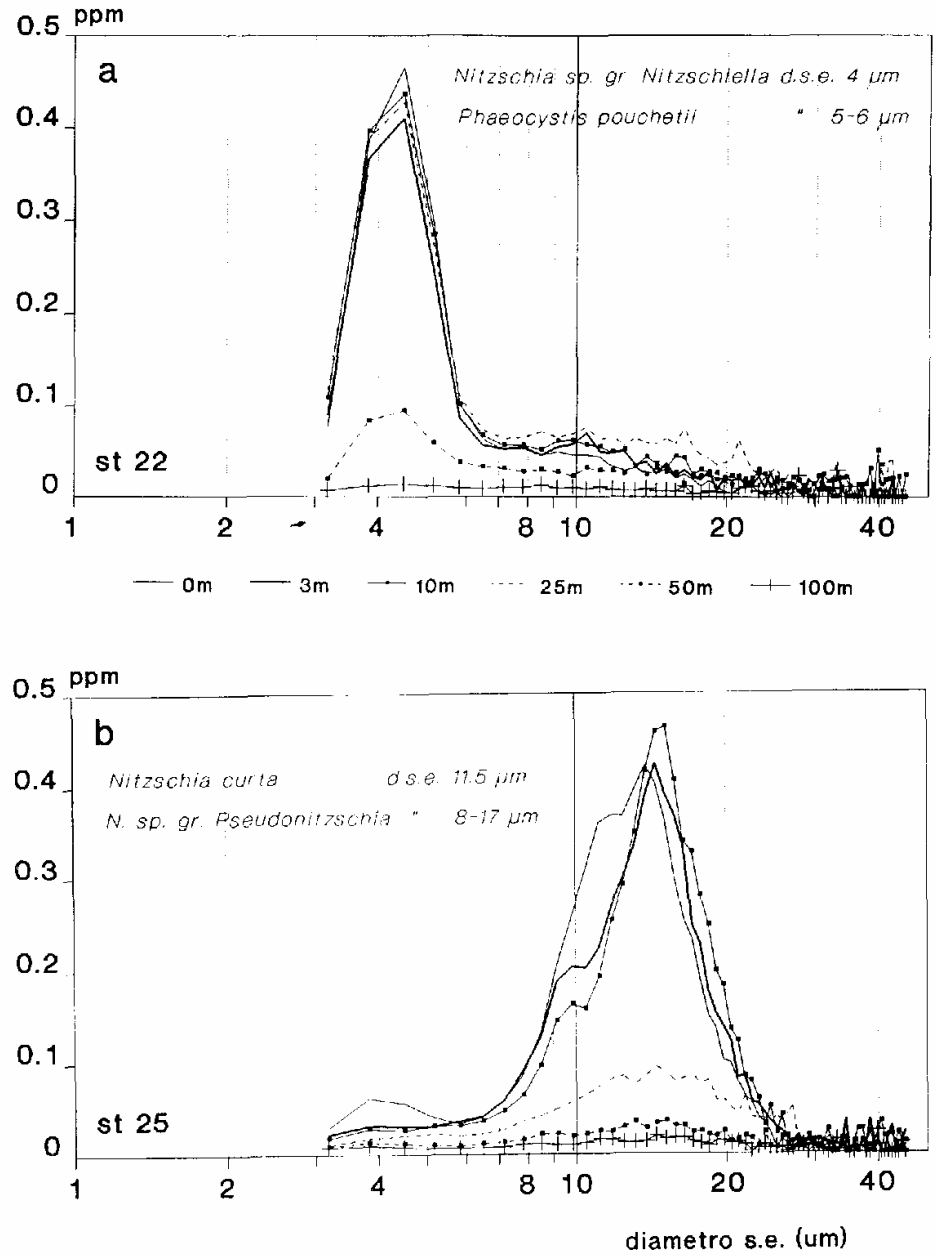


Fig. 5 - Spettri dimensionali del volume di particellato sospeso (ppm volume/volume) per le stazioni 22 (a) e 25 (b). Sono indicate per ciascuna stazione le specie dominanti.

Relativamente alla situazione considerata senescente delle stazioni 25-27, va osservato che, sia da un punto di vista ambientale che biologico, questa risulta assai simile a quella rilevata in Baia Terra Nova (Innamorati et al., 1992b) con una serie temporale di misure

(24/12/89 - 8/2/90). Anche qui i popolamenti fitoplanctonici sono prevalentemente in una fase di calo della biomassa ed i rapporti feopigmenti/clorofilla superano in media l'unità (Innamorati et al., 1993).

Si può ipotizzare quindi che nella zona più costiera (st. 25-27 e Baia Terra Nova) la fioritura osservata tra la fine di dicembre e l'inizio di gennaio, caratterizzata dalle *Nitzschia spp. gr. Fragilariopsis* che compongono quasi totalmente anche il popolamento simpagico, sia la fase finale della prima fioritura che appare allo scioglimento dei ghiacci. La diversa composizione della fioritura rilevata alla st. 22 e nella zona più al largo in gennaio, con copresenza di *Phaeocystis panchetti* e *Nitzschia sp. gr. Nitzschiella* differenza osservata anche da Smith et al. (1990), e il maggior tempo trascorso in questa zona dallo scioglimento dei ghiacci, può far supporre che, come in altre zone costiere, anche al largo si possa realizzare una seconda fioritura tardo estiva.

Infine va sottolineato che nel Mare di Ross, il particellato presenta generalmente indici di correlazione assai elevati con tutti gli indicatori di biomassa utilizzati (cellule, fluorescenza, clorofilla e feopigmenti), rivelando così la natura e/o l'origine prevalentemente fitoplanctonica delle particelle sospese. Ad una conclusione analoga si è giunti anche dall'analisi dei dati bio-ottici (Innamorati et al., 1992a), quali i profili verticali di PAR e gli spettri di irradianza sottomarina.

BIBLIOGRAFIA

Boldrin, A. & S. Rabitti. 1990. Oceanografia biologica del Mare di Weddell orientale (EPOS Leg 3). *Atti del IX Congr. Ass. Ital. Oceanol. Limnol.,* S. Margherita Ligure, 20-23 novembre 1990: 697-707.

Guglielmo, L., J-H. Hecq, A. Artegiani, F. Benedetti, G. Catalano, F. Decembrini, M. Fabiano, A. Goffart, M. Innamorati, L. Lazzara, C. Nuccio & E. Paschini. 1993. Ecohydrodynamical approach of the planktonic ecosystem during the Vth ITALIANTARTIDE expedition in the pacific sector of the Southern Ocean (1989-1990). I. Oceanographic Data. *Journal of Marine System,* in stampa.

Hasle, G. R. 1978. Settling. The inverted microscope method. In: *Phytoplankton manual* Sournia A. (Ed.), UNESCO, Paris.

Holm-Hansen, O., C.J. Lorenzen, R.W. Holmes & J.D.H. Strickland. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll, *J. Cons. perm, int. Explor. Mer,* 30, No. 1: 3-15.

Innamorati, M., L. Lazzara, L. Massi, G. Mori, C. Nuccio & V. Saggiomo. 1992a. Indagine sulla biomassa fitoplanctonica nel Mare di Ross in relazione ai fattori ambientali. In: *Oceanografia in Antartide.* Gallardo V. A., Ferretti O. e Moyano H. I. (Ed.), Atti Seminario Intemazionale, Concepcion, Cile, 7-9 marzo 1991, ENEA-Centro EULA (Cile): 235-252.

Innamorati, M., L. Lazzara, L. Massi, G. Mori, C. Nuccio & V. Saggiomo. 1993. Aspetti dell'ecologia del fitoplancton nel Mare di Ross. (in preparazione)

Innamorati, M., L. Lazzara, G. Mori, C. Nuccio & V. Saggiomo. 1991. Phytoplankton ecology. *Nat. Sc. Com. Ant., Ocean. Camp. 1989/90, Data Rep., 1*: 141-252.

Innamorati, M., L. *Lazzara, G.* Mori, C. Nuccio & V. Saggiomo. 1992b. Spatial and

temporal distributions of phytoplankton size fractions in Antarctic waters: biomass and production, summer 1989/90. *Atti del IX Congr. Ass. Ital. Oceanol. Limnol., S. Margherita Ligure, 20-23 novembre 1990:* 605-612.

Innamorati, M., G. Mori, L. Lazzara *&* S. Vanucci. 1990. Eutrofia ed oligotrofia nell'Oceano Antartico. *Oebalia,* XVI-1: 153-162.

Iwanami, K., S. Futatsumachi & A. Taniguchi. 1986. Short-term of chemical property of water and mikroplankton community in the coastal area near Syowa Station, Antarctica, in midsummer of 1984. I. Chemical property including chlorophyll *a. Mem. Natl Inst. Polar Res.,* Spec. Issue, 40: 1-14.

Sheldon, R.W., A. Prakash & W.H. Jr. Sutcliffe. 1972. The size distribution of particles in the ocean. *Limnol. Oceanogr.,* 17(3): 327-340.

Smith, W.O. Jr., H.P. Kelly & J.H. Rich. 1990. Chlorophyll distribution and primary productivity in the Ross Sea, austral summer 1990. *Ant. Jour. U.S.* 25 (5): 179-182.

Wilson, D.L., W.O. Jr. Smith & D.M. Nelson. 1986. Phytoplankton bloom dynamics of the Western Ross Sea ice edge. I. Primary productivity and species-specific production. *Deep-Sea Res.,* 33 (10): 1375-1387.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da, pag. 667 a pag. 680

SIZE, LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIPS AND BIOMASS OF COPEPODS IN ANTARCTIC WATERS (TERRANOVA BAY, ROSS SEA).

Tecla ZUNINI SERTORIO, Carlo OSSOLA and Priscilla LICANDRO

Istituto di Scienze Ambientali Marine, Università di Genova

RIASSUNTO

Sono state analizzate la lunghezza e la biomassa dei Copepodi raccolti nella zona della Baia di Terranova durante la Spedizione Italiana in Antartico 1987-88. La biomassa (peso secco) è stata determinata direttamente o mediante le relazioni peso-lunghezza stabilite per i Copepodi antartici in esame.

Come in altre zone antartiche costiere, le specie più numerose sono di piccole dimensioni e appartengono principalmente ai generi *Ctenocalanus, Oithona* ed *Oncaea.* La biomassa è però determinata in modo preponderante dai generi *Calanus, Calanoides, Euchaeta* e *Metridia* che insieme costituiscono da 86 a 99.9% della biomassa totale dei Copepodi sulle 14 colonne d'acqua esaminate. La distribuzione verticale di tali forme è marcatamente differente: *Calanus* e *Calanoides* si addensano nei primi 100 metri, *Euchaeta* diventa quantitativamente importante a partire da 100 m, *Metridia* occupa tutti gli strati della colonna d'acqua ma tende ad addensarsi maggiormente a livelli sottosuperficiall.

La somma dei quattro generi che dominano la biomassa è in media 2,27 gDW/m^2 (11,35 mg/m^3) sulla colonna 0-200 m e 5,59 gDW/m^2 (9,32 mg/m^3) sulla colonna 0-600 m. Tali valori rappresentano più del 99% della biomassa totale dei Copepodi catturati con rete di 500 μm e più del 94%, in media, di quella catturata con rete di 250 μm.

I confronti con i dati esistenti in letteratura mostrano che i valori di biomassa dei Copepodi rilevati nella zona della Baia di Terranova in gennaio, all'inizio dell'estate antartica, sono maggiori di quelli segnalati per altre zone antartiche costiere ma notevolmente più bassi di quelli indicati per le acque di un fiordo nella Baia di Cumberland (South Georgia). Tall differenze sono imputabili ai diversi momenti stagionali in cui sono avvenuti i campionamenti, alle caratteristiche ambientali delle zone esplorate e alla profondità delle colonne d'acqua considerate, ma in parte devono anche essere attribuite agli effetti dei diversi metodi di prelievo dei campioni.

ABSTRACT

The study deals with Copepods collected in Terranova Bay and adjacent waters (Ross Sea) during the Italian Antarctic Expedition 1987-88. It gives Information on Copepod size and focuses on biomass (dry weight) assessment and distribution over

water colums. Biomass has been evaluated directly or through length-weight relationships derived for Copepods of the studied area.

The most numerous species are small-sized and belong to *Ctenocalanus, Oithona* and *Oncaea.* Biomass, however, is mostly determined by *Calanus, Calanoides, Euchaeta* and *Metridia* which form, together, 86% to 99.9% of total Copepod biomass over the 14 examined water columns. These four large-sized genera give a mean biomass of 2,27 gDW/m^2 over 0-200 m water column and of 5,59 gDW/m^2 over 0-600 m. Comparisons with published Copepod biomass data of different Antarctic zones are discussed.

l. INTRODUCTION

Since the beginning of the century many Authors have studied Ross Sea Copepods taking into account identification, abundance and species distribution (e.g. Wolfenden, 1908; Brady, 1918; Farran, 1929; Vervoort, 1957; Bradford, 1971; Park, 1978). Only more recently some information on Antarctic Copepod biomass has been supplied (e.g. Voronina, 1970; Hopkins, 1971, 1985b; Hopkins & Torres, 1988; Ward, 1989; Boysen-Ennen et al., 1991; Schnack-Schiel et al., 1991) and, as far as Ross Sea is concerned, only for a coastal inner zone, the McMurdo Sound (Hopkins, 1987).

Biomass evaluations of zooplanktonic organisms are useful for comparison between different components of the pelagic ecosystem and provide data for ecosystem modelling. Moreover, biomass along with organisms growth rate are necessary for secondary production calculation (Middlebrook & Roff, 1986).

This study deals with Copepods collected in Terranova Bay and adjacent waters (Ross Sea) during the 1987-88 Italian Antarctic Expedition. It gives information on Copepod size and focuses on biomass (dry weight) assessment and distribution over water columns. In addition comparisons with published biomass data of different Antarctic zones are discussed.

Taxonomy and numerical abundance of Terranova Bay Copepods shall be dealt with in detail in another paper (Carli and Zunini Sertorio, in preparation).

2. MATERIALS AND METHODS

The Copepods used in this study were delivered to us by the Marine Sorting Center Italla (Della Croce & Zunini Sertorio, 1990). They had been sorted out from the zooplankton samples collected during January 1988 in fourteen stations over an area included between 74°30'-75° S and 164°-168° E (Fig. 1). In each station samples were obtained at set depths by means of an EZNET- BIONESS sampler equipped with 500 μm or 250 μm mesh nets. The sampling method is described in detail by Guglielmo et al. (1990).

The stations were sampled at different times of the day. Depending on the sounding, which varied from 187 to 875 meters, the depth of the sampled water columns was different for each station. The water columns were intended to be divided in 9 layers and

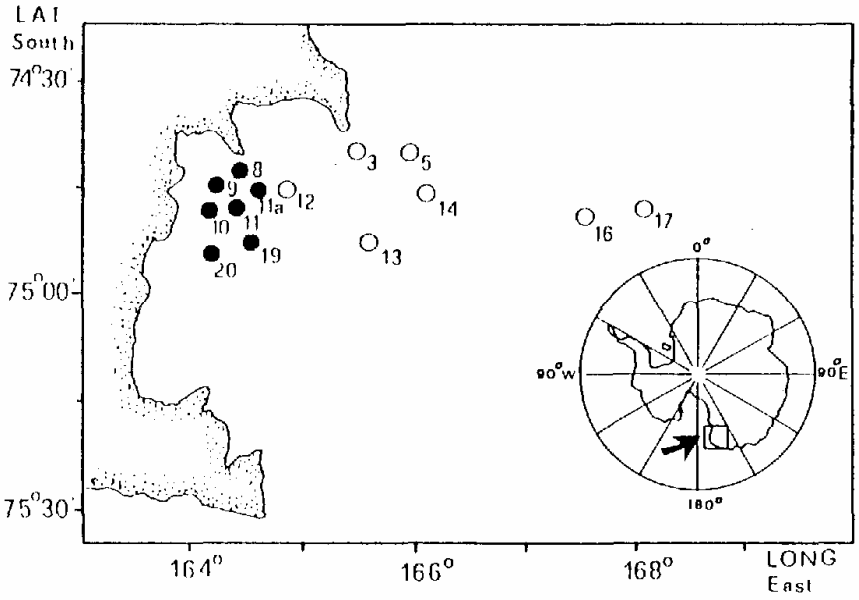


Fig.l : The study area: stations sampled with 500 ^m (●) and with 250 μm (○) mesh nets.

only exceptionally the layers have been only 6 or 7. The thickness of sampled layers was also different ranging from a minimum of 10 m to a maximum of 100 m (Table 1). All the samples were preserved in 4% formalin-buffered seawater.

The Copepods delivered to us were those present in aliquots drawn from the entire zooplankton sample. In the laboratory all the specimens were counted and identified to species or genus level, taking into account sex and development stages. The sex was identified in copepodite V and VI. In addition, the following measurements were taken, separately, for each copepodite stage: maximum body length (from the tip of the head to the end of the furca) and cephalothorax length (from the tip of the head to the end of the lateral posterior metasoma edge, points excluded). The measurements were taken with a micrometric eye-piece and were approximated to ± 0.01 mm. When species were sufficiently represented, at least 100 specimens of each stage taken at random in different samples were measured; in other cases all the available specimens were measured.

Dry weight (DW) was determined in groups of Copepods of each stage and sex, the number of animals in each group varying from ten to several hundred depending on their size. Specimens were counted, washed in distilled water, placed in pre-weighed aluminium pans, dried at 60°C tilt dry weight was attained, cooled in a dessicator for 30' and weighed with a Mettler M3 micro-scale with 1μg accuracy. The weighing, when possible, was repeated and the mean individual dry weight (μg/ind) was calculated as the mean of the results.

Weight of uncommon species or stages, which on account of their insufficient number did not lend themselves to direct dry weight assessment, was estimated using the following linear equation: $\log_{,0} W = \mathrm{Iog}_{10} a + b \log_{,0} L$ where W is the dry weight (μg),

TABLE 1. Station Data

Station number	*Location*	*Date*	*Local Time*	*Bottom depth m*	*Sampled water column m*	*Sampled layers N°*	*Thickness of layers m*	*Filtered volume m^3*	*Net meshes µm*	*Surface temp. °C*	*Surface sal. ‰*
8	74°43'S 164°26'E	5 Jan. 1988	1615-1651	570	100-500	7	50 - 100	128.1	500	1.99	34.84
11	74°49'S 164°29'E	5 Jan. 1988	2248-0003	640	150-600	6	50 - 100	198.5	500	1.68	34.89
9	74°43'S 164°15'E	6 Jan. 1988	1208-1251	370	20-300	9	10-30-40	141.7	500	2.09	34.83
10	74°48'S, 164°09'E	6 Jan. 1988	1745-1802	325	0-300	9	30 - 50	70.3	500	2.02	34.86
11a	74°47'S 164°31'E	7 Jan. 1988	1225-1309	530	10-100	9	10 - 20	147.7	500	1.68	34.89
20	74°52'S, 164°14'E	9 Jan. 1988	1638-1712	257	0-200	9	20 - 40	144.9	500	-0.34	34.86
19	74°53'S, 164°33'E	10 Jan. 1988	1858-1957	660	0-500	9	50 - 100	201.7	500	0.65	34.83
12	74°45'S, 164°50'E	24 Jan. 1988	2309-0014	560	0-450	9	50	477.6	250	0.8	34.86
3	74°39'S 165°27'E	25 Jan. 1988	1231-1308	187	0-150	9	10 - 20	282.6	250	1.05	34.78
13	74°51'S 165°32'E	25 Jan.1988	1921-2026	810	250-700	9	50	310.9	250	0.74	34.83
5	74°39'S 165°57'E	26 Jan. 1988	0725-0831	700	0-500	9	50 - 100	351.3	250	-0.05	33.58
14	74°45'S 165°05'E	26 Jan. 1988	1138-1251	875	250-600	6	50 -100	239	250	0.55	34.25
17	74°47'S 168°04'E	27 Jan. 1988	0747-0841	550	0-350	9	30 - 40	348.9	250	0.03	32.44
16	74°48'S 167°34'E	27 Jan. 1988	1409-1608	650	0-500	9	50 - 100	421.5	250	1.02	34.04

a is the proportionality Constant, *b is* the slope, *L* is the cephalothorax length (μm). Regression equations reported here are functional regression equations (Ricker, 1973).

All the dry weight values obtained were increased by 30% to account for the loss of weight due to formalin preservation (Durbin & Durbin, 1978; Omori, 1978; Böttger & Schmack, 1986). The total sample biomass was estimated by cumulating the weight of all the Copepods as derived from direct measurement or from length-weight regressions; it was then referred to filtered water volume to obtain biomass for each examined layer, and the water column biomass was obtained by summing up the sampled layers. Copepod biomass (DW) and abundance (No.) are expressed in terms of volume of filtered water or alternatively in terms of water surface.

3. RESULTS

3.1. Copepod length

Mean total length of captured Copepods ranged from 0.54 mm *(Oncaea* iuv.) to 9.26 mm (adult female *Euchaeta antarctica).*

The stations sampled with 250 µn meshes net (St. 12, 3, 13, 5, 14, 17, 16) cleary revealed that Copepods smaller than 2 mm in length were numerically important in the examined area, and predominant in the first 200 m *(Ctenocalanus, Oithona,* Calanoids CII-CIII). Below 200 m, where the overall number of Copepods decreased, specimens between 2-5 mm in length were predominant (mainly *Calanoides* and *Metridia)* and specimens greater than 6 mm start to appear *(Euchaeta).* This pattern of vertical size distribution was not detected in the stations sampled with 500 μm nets (St. 8, 11, 9, 10, 11a, 20,19) because small species are not represented quantitatively with 500 μm meshes (Vannucci, 1968).

Size analysis also revealed that most of the Copepod biomass was in the 3-5 mm fraction, both in stations sampled with either 250 or 500 μm, and that biomass distribution was bimodal in water columns deeper than 200 m, with a maximum between 3-5 mm and a second peak in classes > 6 mm.

As an example, Fig. 2 shows the distribution of Copepod lengths versus numbers (2A) and versus dry weights (2B) over water columns sampled with 250 μm (St. 3, 5) and 500 nm meshes (St. 19, 20): in the last two stations Copepods < 2mm are negligible and in all stations biomass peaks between 3-5 mm.

3.2. Dry weight determination

The dry weights (μg/ind) of copepodites which, due to their abundance, have been weighed, are presented in Table 2 along with DW increased by 30% and cephalotorax lengths.

From these data (using DW without 30%) length - weight (log-log) regressions were derived for the genera *Euchaeta* and *Metridia* (Tab. 3). The majority of *Euchaeta* adults were *E. antarctica* and nearly all *Metridia* adults were *M. gerlachei,* so it is likely that copepodite stages CI1-CIV belong to these two species. The regressions were used to evaluate the dry weight of uncommon species and stages of each particular genus, e.g. *Euchaeta* sp., *Metridia* CII.

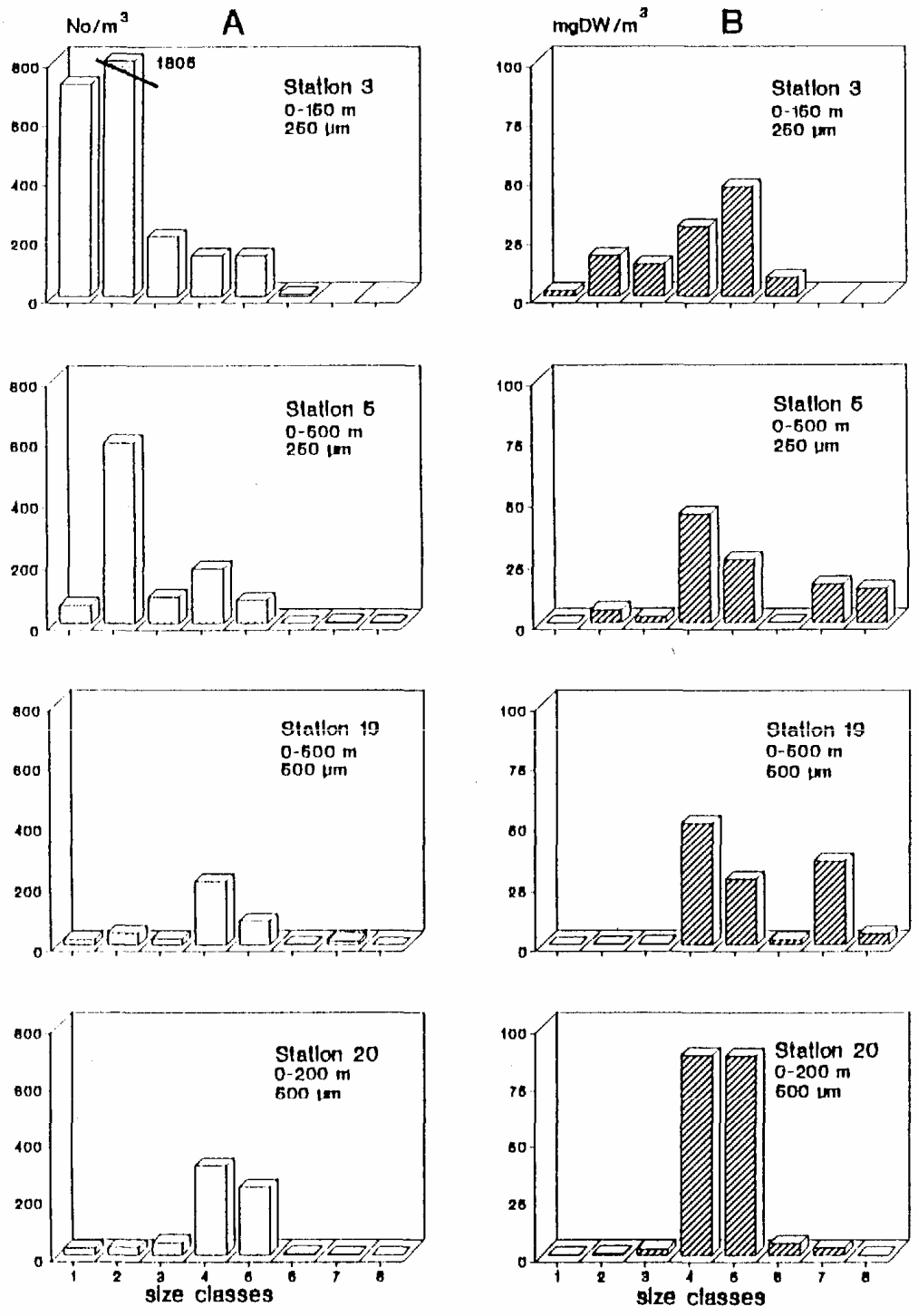


FIG.2. Size distribution of Copepod versus numbers (A) and versus biomass (B) over water columns sampled with 250 μm (Stations 3, 5) and 500 μm meshes (Stations 19, 20). The height of sampled water colums is indicated. Size classes: 1= <1mm; 2 = 1–2 mm; 3 = 2–3 mm; 4 = 3–4 mm; 5 = 4–5 mm; 6 = 5–6 mm; 7 = 6–7 mm; 8 = >7mm.

TABLE 2. Dry weight and cephalothorax length of copepodites of dominant genera. Dry Weight: N, number of subsamples; n_1, total number of animals in all subsamples. Cephalothorax: SD, standard deviation; n_2, number of measures.

	Dry weight, μg				Cephalotorax, mm		
	N	n_1	μg/ind	μg/ind + 30%	mean	SD	n_2
Calanus propinquus CVI, f	1	38	659,4	857,2	4,12	0,18	38
C propinquus CV, f	1	57	391	508,3	3,49	0,2	50
Calanus acutus CVI, f	3	300	276,2	359,1	3,93	0,18	116
C. acutus CV, f	4	350	252,6	330,2	3,51	0,15	101
Calanidae CIV	1	100	108,3	149,7	2,73	0,18	68
Euchaeta antarctica CVI, f	2	68	3974,4	5166,7	6,81	0,3	68
E. antarctica CVI, m	2	37	2209	2871,7	5,22	0,2	42
E. antarctica CV, f	2	200	2152,4	2798,1	4,99	0,23	101
E. antarctica CV, m	2	100	1824,3	2372,3	4,79	0,19	100
Euchaeta CIV	1	50	249,9	324,9	3,2	0,13	53
Euchaeta CIII	2	100	87,3	113,5	2,21	0,14	96
Euchaeta CII	2	200	27,4	35,6	1,49	0,11	74
Metridia gerlachei CVI, f	2	200	191,7	249,3	2,46	0,1	114
M. gerlachei CVI, m	2	200	45,4	59	1,56	0,09	102
M. gerlachei CV, f	1	100	62,2	80,9	1,83	0,07	15
Metridia CIV	3	300	27,7	36	1,53	0,15	101
Metridia CIII	2	400	5,3	6,9	0,84	0,16	140
Ctenocalanus spp. CVI, f,m	3	600	7,4	9,6	0,94	0,06	113
Oithona spp. CVI, f,m	3	600	2,5	3	0,89 *	0,12	632

* total length

Length-weight data of Copepods combined (n =19) were grouped to formulate the general regression for all Copepods, which was in turn used to attribute dry weight to specimens differing from *Euchaeta* and *Metridia.*

Regressions had coefficients of determination (r^2) ranging from 0.96 to 0.98 and were tested for significance ($p<0.01$).

3.3. Copepod biomass

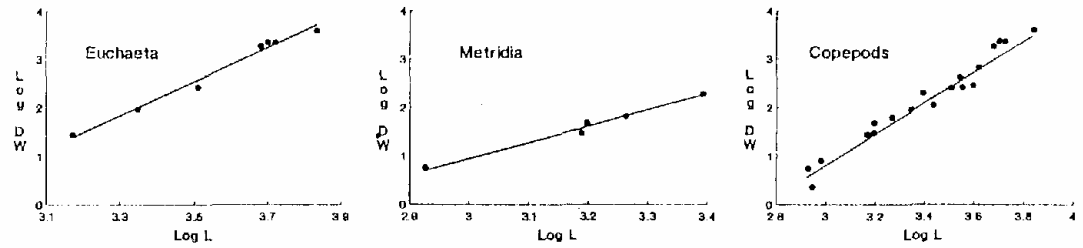
The total Copepod biomass over the examined water columns ranged between 0.8 (St. 11) and 6.78 g DW/m^2 (St. 10), such high variability being explained both by different depth of the sampled water columns and species patchiness.

Four genera *(Calanus, Calanoides, Euchaeta, Metridia)* formed 86 to 99.9% of the biomass over the different water columns, the remaining genera altogether never exceeding 0.5% when 500 *fan* net was used and ranging between 0.3-14% (mean 6.3%) when 250 μm was used (Tab.4). In Table 4 *Calanus* and *Calanoides* were grouped in the family Calanidae because C1-C1V copepodite stages were not easily separated.

To assess mean vertical distribution and mean standing stock for the examined area, only the four biomass dominant genera were considered, small sized species having been excluded because estimates of their abundance are biased from the change of the net meshes from 500 to 250 μm in the second week of sampling. This allowed us to use the

TABLE 3. Lenght–weight regressions of Copepods and corresponding graphs. DW [μg]; L: cephalothorax [μm]; N: number of observations; r^2: coefficient of determination for the regression; SER: standard error of regression coefficient b; SD: standard deviation of the regression.

	Functional regression	N	r^2	SER	SD
Euchaeta	log DW = 3,540 log L – 9,859	7	0,985	0,037	0,286
Metridia	log DW = 3,338 log L – 9,072	5	0,984	0,061	0,454
Copepods	log DW = 3,197 log L – 8,791	19	0,965	0,02	0,072



data of stations sampled with different meshes for calculation purposes. For average values calculation, however, only the eight columns which were divided in 50 or 100 m layers were considered (see Table 1: St. 8, 11, 19, 12, 13, *5,* 14, 16) thus excluding those subdivided in 10-40 m layers (St. 9, 10, 11a, 20, 3, 17) considering that sampling performed in thin layers enhances organism accumulations which are not detected by net vertically or obliquely sampling the same column (Longhurst & Williams, 1976, and actual personal observations). Not all the eight considered columns reached the surface and only three reached a depth of 600 meters, therefore the averages for each 50 or 100 m layer were based on a different number of stations (Fig. 3).

The four biomass dominant genera had a vertical distribution which was markedly different. The herbivorous Calanidae *(Calanus* and *Calanoides)* concentrate more in the upper 100 m, the carnivore *Euchaeta* was quantitatively significant below a depth of 100 m, the omnivore *Metridia* could be found in all layers but was more abundant in sub-superficial ones. All of them tend to occupy different levels of the water column during development, with the young generally taking over the higher layers (cfr. Huntley and Escritor, 1991, p. 1165); this was reflected in the different vertical distributions corresponding to abundance (No./m^3) and biomass (mg DW/m^3) of each genera as is shown in Fig. 3.

The numerical standing stock of Calanidae, *Metridia* and *Euchaeta* for the average 0-600 m column was notably different (7593 - 13670 - 2186 ind/m^2, respectively) but biomass was much more similar (1.46 - 1.95 - 2.18 gDW/m^2, respectively); the biomass resulting from their sum was 2.27 g/m^2 (11.35 mg/m^3) in the 0-200 m and 5.59 g/m^2 (9.32/m^3) in the 0-600 m water column, these values representing more than 99% (range: 99.5 - 99.9) of the total biomass of Copepods sampled with 500 μm and no less than 86% (range: 86 - 99.7) of that sampled with 250 μm net meshes.

Copepod biomass data found in the literature for different Antarctic areas, over different water columns, range from 8,6 g DW/m^2 in a fjord of Cumberland East Bay,

TABLE 4. Biomass (DW) and percentages of main copepods contributing to biomass over water columns sampled with 250 μm and 500 μm net meshes.

Net meshes	250 µm						
Stations, No	3	5	12	13	14	16	17
Water column, m	0–150	0–500	0–450	250–700	250–600	0–500	0–350
Biomass, mg DW/m²	**1912**	**6004**	**4091**	**4455**	**3143**	**2759**	**1945**
%							
Calanidae	61	25,2	39,1	19,6	11	20,2	17,6
Euchaeta	4,9	31,5	26,8	46,3	53,4	17,5	23,4
Metridia	26	39,7	20,1	33,7	35,3	57,1	46,4
Total	**91,9**	**96,4**	**86**	**99.6**	**99,7**	**94,8**	**87,4**
Net meshes	500 µm						
Stations, No	8	9	10	11a	11	19	20
Water column, m	100–500	20–300	0–300	10–100	150–600	0–500	0–200
Biomass, mg DW/m²	**5447**	**4724**	**6781**	**2394**	**799**	**6347**	**3723**
%							
Calanidae	14,7	14,6	19,3	67,8	3,2	24,9	49,7
Euchaeta	47,6	41,1	20,9	2,5	85,4	36,5	4,4
Metridia	37,6	44	59,3	29,6	11,3	38,3	45,7
Total	**99,9**	**99,7**	**99,5**	**99,9**	**99,9**	**99,7**	**99,8**

South Georgia, in January, to 0,2 g DW/m^2 on the shelf of SW Weddell Sea in February (Tab. 5).

Taking into account the different depth of sampled water columns, a comparison with published data indicates that Copepod biomass evaluated in January in Terranova Bay and the adjacent area is considerably lower than that reported at the beginning of summer in the fjord of Cumberland East Bay but always higher than that of other Antarctic coastal and open sea areas sampled in months other than January.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

In Terranova Bay and the adjacent area the most numerous Copepod species are small in size and mainly belong to the *Ctenocalanus, Oithona* and *Oncaea* genera, as observed in other Antarctic coastal areas (Jazdzewski et al. 1982; Kaczmaruk, 1983; Chojnacki & Weglenska, 1984; Tanimura et al., 1986; Fransz, 1988; Ward, 1989); biomass obtained in early summer, however, mainly consists of four bigger species: *C.propinquus, C.acutux, M.gerlachei, E.antarctica,* all occurring in their different stages of development and patchly distributed.

Comparisons with previously published biomass data referring to other Antarctic areas are biased because of the different gears and sampling techniques used. The data presented in this study for the average 0-200 and 0-600 m water columns were obtained on stations sampled with nets which opened and closed every 50 or 100 meters, and the

TABLE 5. Zooplankton and Copepod biomass (DW) in different Antarctic zones, over different water columns..

Site	Period	Net meshes µm	Water column m	Zoopl. <20mm g/m²	Copep. g/m²	Authors
Croker Passage	Mar–Apr. 83	162	0–1000	2.9	2.69	Hopkins, 1985
McMurdo Sound	Feb. 83	162	0–800	2.45		Hopkins, 1987
Weddell Sea, NW	Feb. 83					Boysen-Ennen et al., 1991
oceanic zone		320	0–300	2.3	1.36	
shelf NE		320	0–300	2.2	1.89	
shelf SW		320	0–300	0.9	0.22	
Weddell Sea, W	Mar. 86					Hopkins & Torres, 1988
open sea		162	0–1000	1.1	0.89	
pack zone		162	0–1000	1.3	1.03	
Cumberland E Bay	Sept. 83	330	0–200	2.56	2.21	Ward, 1989
	Jan. 87	330	0–220	11.99	8.61	
Terranova Bay	Jan. 88	250 and 500	0–200		2.27*	This study
			0–600		5.59*	

*** only four large–sized genera, biomass dominating**

layers were added to get the global column result, as Ward (1989) did in Cumberland East Bay. Other Authors sampled the entire investigated column with repeated oblique sweeps (Hopkins, 1985b, 1987; Hopkins & Torres, 1988; Boysen-Ennen et al., 1991). These two different sampling methods have not been compared and we suspect that the cause of the encountered differences is partly due to the techniques used. The diverse pelagic habitats, however, as well as the pronounced seasonality of Antarctic plankton are relevant causes of variability.

The Copepod biomass values presented here for Terranova Bay refer to the major large-sized genera largely dominating the biomass and correspond to the beginning of the summer, the moment of their maximum growth, which is indicated in our samples by the large number of juveniles of *Calanus, Calanoides, Euchaeta* and *Metridia* (Zunini Sertorio et al., 1990). It must be noted that nearly all the available terms of comparison correspond to areas sampled in middle or late summer, when the reproductive activity of these Copepods is reduced.

The high biomass evaluated for Terranova Bay in January, at the beginning of the summer, is likely to correspond to the maximum annual development which is probably not a long-lasting event. We don't know the annual cycle of Copepod in this area. Hubold & Hempel (1987), in a coastal zone of the Weddell Sea have observed that during summer plankton populations "seem to undergo significant development at comparably short time scale, i.e. in the order of days or weeks."

If future surveys in the Terranova Bay area were to be carried out, they will allow to evaluate the seasonal variation of Copepod biomass by supplying more adeguate terms of comparison with other Antarctic zones where sampling have been done in different season or in different moment of dominant Copepods life cycles.

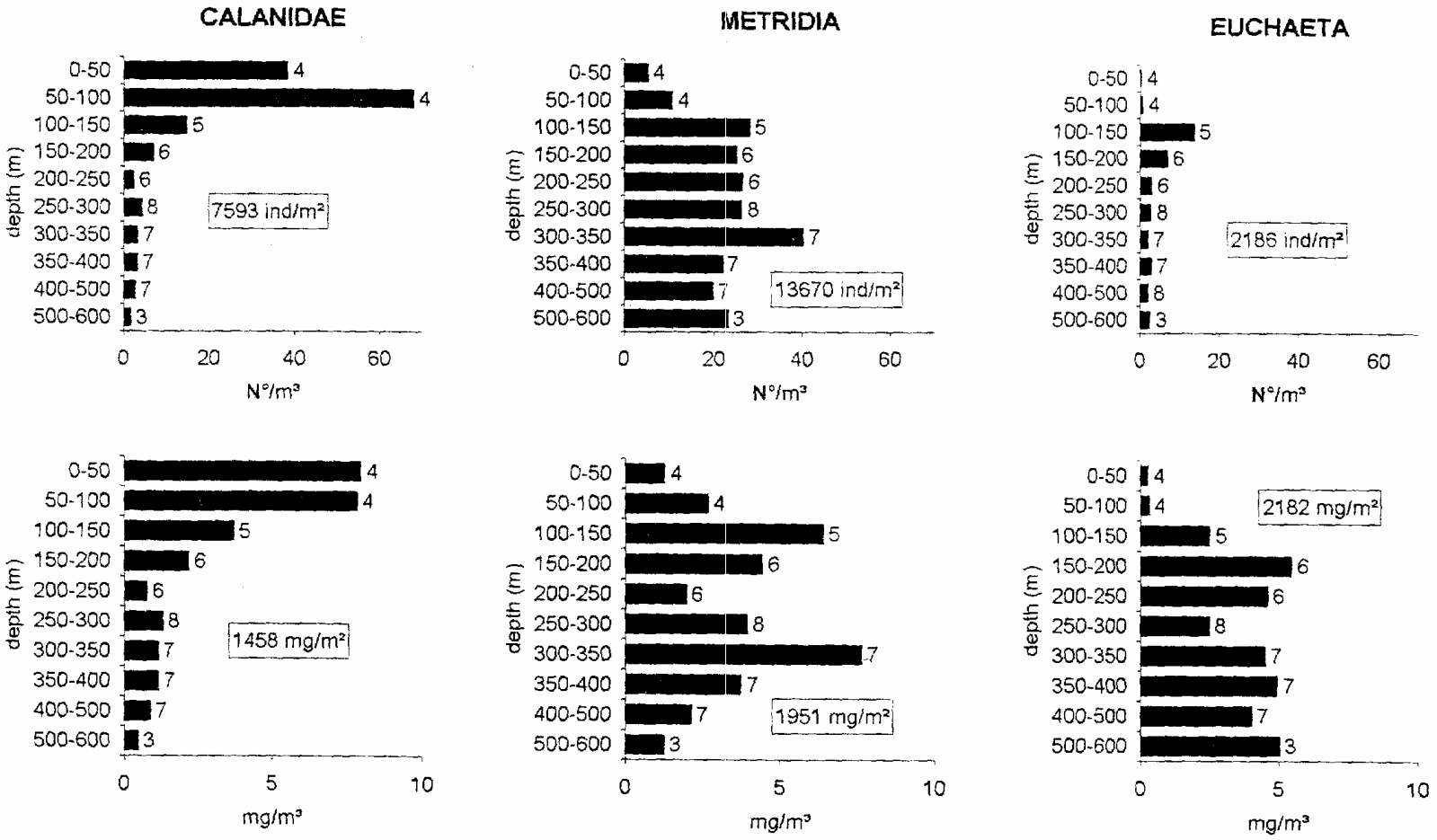


FIG.3. Vertical distribution of abundance (N°/m³) and biomass (mgDW/m³) of main copepods. Average values for tested area. The digits written aside the histogram indicate the number of stations used for calculating the layer average. In the boxes the abundance and the biomass over 0-600m water column is indicated, expressed in unit of surface (m²).

Acknowledgements

We wish to express our thanks to Drs. P. Bernal, E. Cattini and P. Salemi Picone for their helpful cooperation in the laboratory work. Prof. N. Della Croce made useful comments on an early draft of this manuscript.

5. REFERENCES

Bird D.F. & Y.T. Prairie. 1985. Practical guidelines for the use of zooplankton length-weight regression equations. *J. Plankton Res.,* 7: 955-960

Böttger, R. & D. Schmack. 1986. On the effect of formaldehyde fixation on the dry weight of Copepods. *Meeresfors.,* 31: 141-152.

Boysen-Ennen E., W. Hagen, G. Hubold & U. Platkowski. 1991. Zooplankton biomass in the ice-covered Weddell Sea, Antarctica. *Mar. Biol.,* 111: 227-235.

Bradford, J.M. 1971. The Fauna of the Ross Sea. Part 8. Pelagic Copepods. *New Zealand Oceanographic Institute,* Mermoir 59, 44 pp.

Brady, G.S. 1918. Copepoda. *Scient. Rep. Australas. Antarct. Exped. 1911-1914,* Ser. C, 5(3): 1-48.

Carli, A., M. Feletti, G.L. Mariottini & L. Pane. 1992. Distribuzione di *Metridia gerlachei* Giesbrecht, 1902 (Copepoda, Calanoida) nella Baia di Terra Nova (Mare di Ross). *Atti 9° Congr. A.I.O.L, S. Margherita Ligure, 20-23 Novembre 1990:* 623-633.

Chisholm, L.A. & J.C. Roff. 1990. Size-weight relationships and biomass of tropical neritic copepods off Kingston, Jamaica. *Mar. Biol.,* 106: 71-77.

Chojnacki, J. & T. Weglenska. 1984. Periodicity of composition, abundance, and vertical distribution of summer zooplankton (1977/1978) in Ezcurra Inlet, Admiralty Bay (King George Island, South Shetland). *J. Plankton Res.,* 6 (6): 997-1017.

Conover, RJ. & M. Huntley. 1991. Copepods in ice-covered seas - Distribution, adaptations to seasonally limited food, metabolism, growth patterns and life cycle strategies in polar seas. *Journal of Marine Systems, 2:* 1-41.

Della Croce, N. & T. Zunini Sertorio. 1990. "Antarctic 1987/1988" National Program. Oceanographic Campaign 1988. Sorting Center. *Nat. Se. Com. Ant. Ocean. Camp. 1987-88,* Data Rep. I: 401-404.

Durbin, E.G.& A.G. Durbin. 1978. Length-weight relationships of *Acartia clausi* from Narragansett Bay, Rhode Island. *Limnol. Oceanogr.,* 23: 958-969.

Farran, G.P. 1929. Crustacea, Part X. Copepoda. *Brit. Antarct. ('Terra Nova') Exped., 1910. Nat. Hist. Rep. (Zool.),* 8: 203-306.

Fransz, H.G. 1988. Vernal Abundance, Structure and Development of Epipelagic Copepod Populations of the Eastern Weddell Sea (Antarctica). *Polar Biol.,* 9: 107-114.

Giguère, L.A., J.-F. St-Pierre , B. Bernier, A. Vézina & J.-G. Rondeau. 1989. Can We Estimate the True Weight of Zooplankton Samples after Chemical Preservation? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.,* 46: 522-527.

Guglielmo, L., G. Costanze, A. Manganare & G. Zagami. 1990. Spatial and vertical distribution of zooplanktonic communities in the Terranova Bay (Ross Sea). *Nat.*

Sci. Com. Ant., Ocean. Camp. 1987-88, Data Rep. I: 257-398.
Hempel, G. 1985. On the biology of polar seas, particularly the Southern Ocean. In: Gray, J.S. & M.E. Christiansen M.E. (eds.), *Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organisms.* John Wiley & Sons Ltd., New York, p. 3-33.
Hopkins, T.L. 1971. Zooplankton standing crop in the Pacific sector of the Antarctic. *Biology of the Antarctic seas,* Llano G.A. & Wallen I. E. (eds.), Am. Geophys. Union 17: 347-362.
Hopkins, T.L. 1985a. Food web of an Antarctic midwater ecosystem. *Mar. Biol,* 89: 197-212.
Hopkins, T.L. 1985b. The Zooplankton Community of Croker Passage, Antarctic Peninsula. *Polar Biol.,* 4: 161-170.
Hopkins, T.L. 1987. Midwater food web in McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica. *Mar. Biol.,* 96: 93-106.
Hopkins, T.L. & J.J. Torres. 1988. The Zooplankton Community in the Vicinity of the Ice Edge, Western Weddell Sea, March 1986. *Polar Biol.,* 9: 79-87.
Hubold, G. & I. Hempel. 1987. Seasonal variability of zooplankton in the Southern Weddell Sea. *Meeresforsch,* 31: 185-192.
Huntley, M.E. & F. Escritor. 1991. Dynamics of *Calanoides acutus* (Copepoda: Calanoida) in Antarctic coastal waters. *Deep -Sea Res.,* 38: 1147-1167.
Jazdzewski, K., W. Kittel & K. Lotocki. 1982. Zooplankton studies in the southern Drake Passage and in the Bransfield Strait during austral summer (BIOMASS - FIBEX, February-March 1981). *Pol. Polar Res.,* 3: 203-242.
Kaczmaruk, B.Z. 1983. Occurrence and distribution of the Antarctic copepods along the ice shelves in the Weddel Sea in summer 1979/80. *Meeresforsch,* 30: 25-41
Longhurst, A. & R. Williams. 1976. Improved filtration systems for multiple-serial plankton samplers and their deployment. *Deep-Sea Res., 23:* 1067-1073.
Middlebrook, K. & J.C. Roff. 1986. Comparison of Methods for Estimating Annual Productivity of Copepods *Acartia hudsonica* and *Eurytemora herdmani* in Passamaquoddy Bay, New Brunswick. *Can. J. Fish. Aquat. Sc.,* 43: 656-664.
Omori, M. 1978. Some factors affecting on dry weight, organic weight and concentration of carbon and nitrogen in freshly prepared and preserved zooplankton. *Int. Revue ges. Hydrobiol,* 62: 261-269.
Park, T. 1978. Calanoid Copepods (Aetideidae and Euchactidae) from Antarctic and Subantarctic Waters. In: *Biology of the Antarctic Seas, VII,* Llano G.A.and Wallen I.E. *(eds.), Antarctic Res. Ser.,* 27: 91-290.
Ricker, W.E. 1973. Linear regression in fishery research. *J. Fish Res. Board Can.,* 30: 409-434.
Schnack-Schiel, S.B., W. Hagen & E. Mizdalski. 1991. Seasonal comparison of *Calanoides acutus* and *Calanus propinquus* (Copepoda: Calanoida) in the southeastern Weddell Sea, Antarctica. *Mar. Ecol. Progr. Ser.,* 70: 17-27.
Schnack, S.B., B. Smetacek., V. Bodungen & P. Stegmann. 1985. Utilization of phytoplankton by Copepods in Antarctic waters during spring. In: Gray J.S. & M.E. Christiansen (eds.) *Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organisms.*, John Wiley & Sons Ltd., New York, 65-81

Tanaka, O. 1960. Biological results of the Japonese Antarctic Research Expedition. 10. Pelagic Copepoda. *Special Publ. Seto Mar. Biol. Lab.,* 10: 1-95.

Tanimura, A., M. Fukuchi & T. Hoshai T. 1986. Seasonal change in the abundance of zooplankton and species composition of Copepods in the ice-covered sea near Syowa Station, Antarctica. *Mem. Natl. Inst. Palar Res., Spec. Issue,* 40: 212-220.

Tremblay, M.J. and J.C. Roff. 1983. Production estimates for Scotian Shelf zooplankton. *Con. J. Fish. Aquat. Sc.,* 40: 598-611.

Vannucci, M. 1968. Loss of organisms through the meshes. In: *Zooplankton sampling,* Tranter D.J. and Fraser J.H. (eds.), UNESCO Monogr.Ocean.Metod., 77-86.

Vervoort, W. 1957. Copepods from Antarctic and Sub-antarctic plankton samples. *Rep. B.A.N.Z.A.R.E. 1929-1931,* ser. B (Zool., Bot.), 3: 1-160.

Voronina, N.M. 1970. Seasonal cycles of some Common Antarctic Copepod Species. In: *Antarctic Ecology,* Holgate M.W. (ed), The Scientific Commettee on Antarctic Research, Academic Press, London & New York: 162-172.

Ward, P. 1989. The distribution of zooplankton in an Antarctic fjord at South Georgia during summer and winter. *Antarctic Science,* 1(2): 141-150.

Wolfenden, R.N. 1908. Crustacea VIII. Copepoda. *Natural Antarctic Expedition 1901-1904, Natural History,* 4 (Zool., Bot.): 1-46.

Zunini Sertorio, T., P. Salerai Picone, P. Bernal, E. Gattini & C. Ossola. 1990. Copepods collected in sixteen stations during the Italian Antarctic Expedition 1987-1988. *Nat. Se. Com. Ant. Ocean. Camp. 1987-88,* Data Rep. II: 67-125.

Zvereva, Zh.A. 1972. Seasonal Changes of Antarctic Plankton in the Molodezhnaya and Mirny Region. *Explor. Fauna Seas, Israel Prog. Sci. Transl.,* 12(20): 248-262.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 681 a pag. 690

DISTRIBUZIONE DEGLI OSTRACODI PLANCTONICI IN AREE ANTARTICHE E SUBANTARTICHE DELL'OCEANO PACIFICO

Giorgio BENASSI*, Ireneo FERRARI*, Paolo MENOZZI*, Valerla ROSSI* e Ken G. McKENZIE**

* Istituto di Ecologia, Università di Parma
** Department of Geology, University of Melbourne (Australia)

RIASSUNTO

Sono presentati i primi risultati dello studio degli Ostracodi planctonici raccolti durante la spedizione oceanografica italiana del 1989-90 nell'Antartide (Mare di Ross) e nel Pacifico Meridionale. Sono state complessivamente identificate 11 specie, tra cui *Proceroecia rivoltella,* una nuova specie raccolta da stazioni localizzate tra 68° e 71° S.

Alle alte latitudini (da 72° a 75° S) e nelle aree sotto costa (Baia di Terra Nova) il popolamento a Ostracodi è dominato dalla specie endemica *Alacia belgicae;* in quest'area anche *Macia hettacra* e *Metaconchoecia isocheira* sono piuttosto comuni. Alle latitudini più basse (da 62° a 72°-73° S) è dominante *Alacia hettacra,* cui sono associate altre due specie presenti con densità rilevanti, *Boroecia antipoda* e *Metaconchoecia skogsbergi.*

I risultati confermano, complessivamente, le evidenze fornite da altri autori, in particolare Deevey (1982), che hanno studiato la distribuzione degli Ostracodi nel Pacifico Meridionale e in Antartide. In sostanza si può ritenere che, da un punto di vista faunistico, gli Ostracodi planctonici delle latitudini meridionali siano oggi ragionevolmente ben conosciuti almeno a profondità inferiori ai 1000 m. Si sottolinea, per altro, l'esigenza di un più intenso sforzo di ricerca sul ciclo biologico e sull'ontogenesi delle specie dominanti e sul ruolo della componente ad Ostracodi nella struttura trofica del plancton.

SUMMARY

The main results of research on planktonic Ostracoda collected during the 1989-90 Italian Oceanographic Expedition in Antarctica (Ross Sea) and in Southern Pacific Ocean are presented. A total of eleven species, including a new species, *Proceroecia rivoltella,* recorded al stations located between 68° and 71° S, were found. At higher latitudes (from about 72° to 75° S) and inshore (Terra Nova Bay) the endemic species *Alacia belgicae* dominates *aver Alacia hettacra* at most depths, and *Metaconchoecia isocheira* is the other common species. At lower latitudes (from 62° S to 72°-73° S) *Alacia hettacra* is the dominant species; *Boroeda antipoda* and *Metaconchoecia skogsbergi* are also fairly abundant.

The same suite of species was found over the same area as surveyed previously by the cruises of "Eltanin" (Deevey, 1982). The near identity with Deevey's records confirms that the planktonic Ostracoda of far southern latitudes are now reasonably well known, at least to depths less than 1000 m. The need is stressed for research on life history and ontogenesis of the dominant species of Ostracoda and on their role in the plankton trophic structure.

1. INTRODUZIONE

I risultati dello studio sugli Ostracodi planctonici relativo alla prima spedizione oceanografica italiana in Antartide sono stati presentati da McKenzie et al. (1990), Renassi et al. (1992) e Naldi et al. (1992). Ostracodi erano presenti in 272 campioni di zooplancton su un totale di 311, raccolti nel Mare di Ross, per lo più nella Baia di Terra Nova. L'identificazione sistematica fu fatta solo sugli adulti (6587, pari a poco più del 12% del totale degli individui esaminati). Furono individuate 4 specie: *Alacia belgicae* (82,69 % del totale), *Metaconchoecia isocheira* (16,65%), *Alacia hettacra* (0,61%) e *Metaconchoecia skogsbergi* (0,05%). In quasi tutte le stazioni era dominante *Alacia belgicae,* con una densità massima di 4 ind-nr^3 in un campione prelevato tra 200 e 250 m. L'analisi della distribuzione verticale segnalò per questa specie un insediamento preferenziale a quote batimetrichc intermedie e profonde lungo la colonna verticale (il fondale nella zona di campionamento solo raramente superava i 1000 m e la massima profondità esplorata fu di 800 m). Uno studio sulla variabilità della taglia corporea di *Alacia belgicae* eseguita su migliaia di individui evidenziò due distinti intervalli dimensionali per gli adulti, sia femmine che maschi, suscitando così la domanda di conoscenze accurate da acquisire attraverso ricerche più dettagliate sia sulla variabilità di caratteri morfometrici che sulla variabilità dei genotipi.

In questa nota è presentata una sintesi dei risultati dello studio sugli Ostracodi nei campioni di zooplancton raccolti nel corso della seconda spedizione oceanografica, che si svolse nel 1989-90 e che interessò non solo il Mare di Ross, ma un ambito latitudinale molto più ampio (da 51°S fino ai 75°S della Baia di Terra Nova). Sono analizzati i trend di distribuzione spaziale delle specie dominanti con riferimento sia alla latitudine che alla profondità e sono svolte alcune considerazioni preliminari sul complesso dei risultati delle ricerche sugli Ostracodi planctonici relative alle due spedizioni oceanografiche.

2. MATERIALI E METODI

I campioni di zooplancton sono stati prelevati dal 25 novembre 1989 al 12 gennaio 1990 da 27 stazioni (Fig. 1). La profondità del fondale variava dai 4230 m della stazione 2 ai 280 m della stazione 18 (Tab. 1). Solo 4 stazioni (la 24, la 25, la 26 e la 27) cadevano nell'area di campionamento della campagna oceanografica del 1987-88. E' stato utilizzato un campionatore elettronico EZNET-BIONESS munito di 10 reti ad apertura di maglia di 500 µm e bocca di 0,25 m^2. Ad ogni stazione sono stati raccolti un campione "integrato" su tutta la colonna (dalla profondità massima esplorata alla superficie) e un numero variabile di campioni (fino a un massimo di 9) da varie profondità. Sono stati seguiti diversi piani di campionamento in dipendenza della profondità del fondale (Tab. 1). Solo in 10 stazioni con fondali largamente superiori ai 1000 m il campionamento è stato effettuato fino a questa quota batimetrica. In molte stazioni si è proceduto al campionamento da strati di spessore variabile (da 10 a 40 m) fino a profondità di 100 o 200 m per uno studio dettagliato della distribuzione verticale dello zooplancton nelle acque più superficiali (Guglielmo et al. 1992).

E' stato esaminato e classificato il materiale inviateci dal Marine Sorting Center di Santa Margherita, precisamente 6668 esemplari di Ostracodi estratti dai 346 campioni (su un totale di 572 raccolti nel corso della spedizione), in cui questi organismi planctonici erano presenti. Quasi tutti gli individui esaminati, compresi gli stadi giovanili, sono stati classificati a livello di specie; l'identificazione non è stata possibile solo per un certo numero di esemplari seriamente danneggiati.

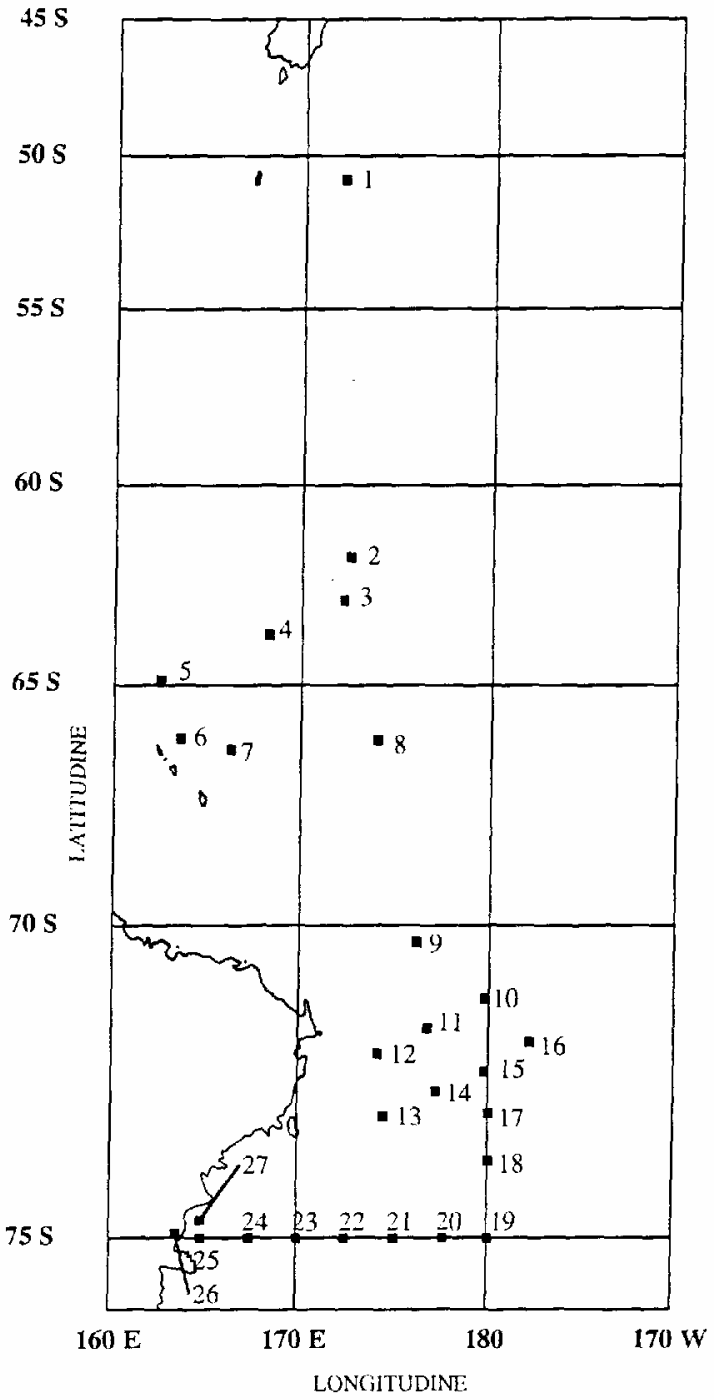


Fig. 1 - Stazioni di campionamento della spedizione oceanografica 1989-90.

In questa nota per ogni stazione sono riportate, sia per l'intera biocenosi ad Ostracodi che per le singole specie, le densità medie relative alle sequenze di pescate eseguite alle varie profondità; sono state calcolate medie ponderate tenendo conto dello spessore dei diversi strati di campionamento. L'analisi della distribuzione verticale delle specie dominanti è stata fatta su due distinti blocchi di stazioni:
1) le 10 stazioni, localizzate tra 60° e 72°-73°S, con fondali oltre i 1000 m (2,4,5,6,7bis,8bis,9,10bis,14bis,15bis), in cui i campioni di zooplancton sono stati raccolti di 100 in 100 m dalla superficie fino a -800 m e poi da -800 a -1000 m;
2) 17 stazioni localizzate tra 71° 30' e 75° S, con fondali generalmente inferiori a 1000 m (11bis, 12bis, 13, 16bis, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 22N, 22P, 23, 24, 25, 26, 27), in cui i campioni di zooplancton sono stati raccolti da strati di spessore variabile (da 10 a 100 m) dalla superficie o da 100 m fino a profondità comprese tra 250 e 800 m.

3. RISULTATI

Sul totale di 6668 esemplari esaminati, ne sono stati classificati a livello di specie 6524; di questi il 24,9% era costituito da adulti, il 75,1% da forme giovanili. Sono state identificate le seguenti 11 specie: *Gigantocypris muelleri* Skogsberg, *Conchoecissa symmetrica* (Mueller), *Boroecia antiporta* (Mueller), *Alacia belgicae* (Mueller), *Alacia hettacra* (Mueller), *Discoconchoecia elegans* (Sars), *Pseudoconchoecia serrulata* (Claus), *Obtusoecia antarctica* (Mueller), *Metaconchoecia skogsbergi* (Iles), *Metaconchoecia isocheira* (Mueller) e *Proceroecia rivoltella* n.sp. McKenzie & Benassi. Quest'ultima è una nuova specie (Fig. 2) presente con pochi individui in un numero limitato di stazioni tra 68° e 71° S; essa è stata descritta dettagliatamente in un lavoro che McKenzie e Benassi hanno recentemente sottoposto alla rivista *Records ofthe Australian Museum.*

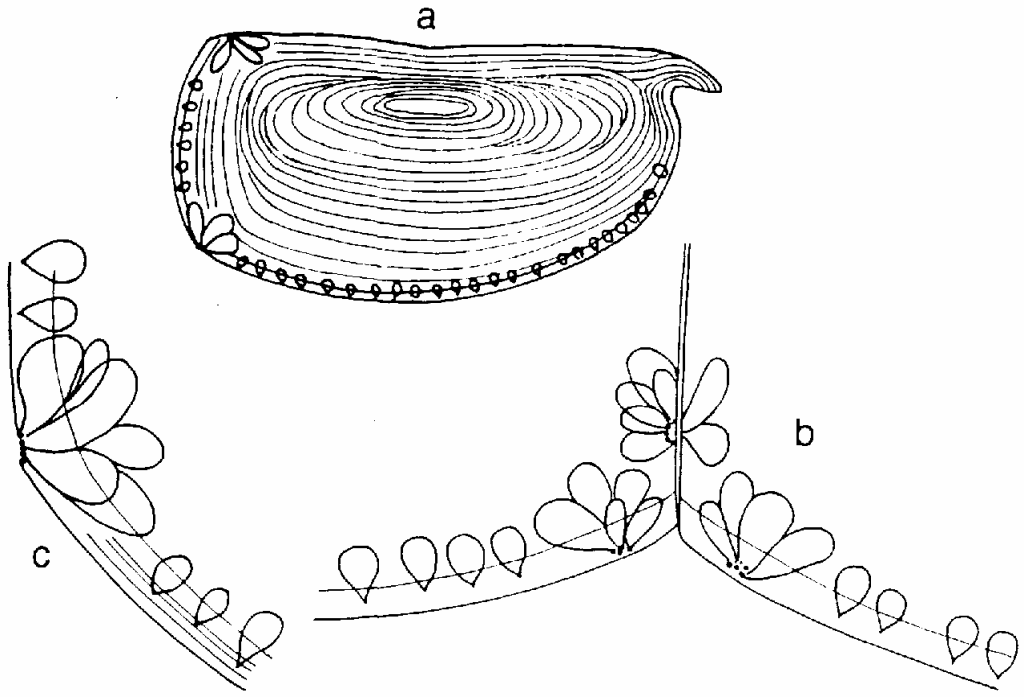


Fig. 2 - *Proceroecia rivoltella* (n.sp.): carapace di una femmina adulta (a) e particolari del bordo posteriore della valva sinistra (b) e del margine postero-ventrale della valva destra (c) del maschio adulto.

Tab. 1 - Stazioni di campionamento dello zooplancton: per ogni stazione sono indicate la profondità del fondale (z_f) e la profondità massima di campionamento (z_s) e inoltre la densità media e la densità massima (max) degli Ostracodi (individui per 100 m^3) relative ai campioni raccolti alle diverse profondità.

St.	z_f m	z_s m	Densità media	Densità max (strato di campionamento)
1	517	400	23,8	90,9 (100-150)
2	4230	1000	176,6	916,8 (0-100)
3	2150	800	4,1	22,6 (100-200)
3bis	3220	200	110,6	405,1 (60-80)
4	3125	1000	15,7	35,7 (0-247)
5	3130	1000	12,8	35,3 (0-100)
6	2700	1000	34,8	100,7 (100-200)
7	3505	200	16,0	50,8 (100-120)
7bis	3530	1000	12,6	37,6 (200-300)
8	3350	200	26,5	112,6 (100-120)
8bis	3390	1000	16,5	85,6 (100-200)
9	3285	1000	15,4	51,2 (100-200)
9bis	3290	200	30,3	128,8 (120-140)
10	1325	200	22,8	71,2 (80-100)
10bis	1340	1000	15,9	39,3 (500-600)
11	940	200	25,4	100,0 (100-120)
11bis	845	800	14,3	58,4 (50-100)
12	685	200	4,2	18,2 (140-160)
12bis	575	500	7,0	13,0 (50-100)
13	315	280	1,0	6,5 (200-220)
14	1575	200	21,5	97,2 (140-160)
14bis	1545	1000	56,6	258,4 (100-200)
15	2120	200	28,6	96,1 (100-120)
15bis	2140	1000	14,7	34,9 (500-600)
16	760	200	113,3	325,3 (100-120)
16bis	750	700	38,9	160,9 (100-200)
17	535	450	23,1	49,8 (180-220)
17bis	530	100	0,8	8,0 (80-90)
18	280	250	1,2	5,8 (220-250)
19	460	400	39,6	135,6 (160-200)
19bis	460	100	3,6	11,8 (50-60)
20	390	350	10,0	34,5 (310-350)
21	300	250	8,0	18,7 (160-180)
22	545	500	25,6	147,6 (250-300)
22N	540	450	41,8	140,2 (200-250)
22P	550	500	56,6	263,4 (250-300)
23	345	300	99,7	185,4 (160-180)
23bis	345	100	2,9	15,2 (80-90)
24	520	450	143,6	305,1 (220-260)
24bis	545	100	3,7	22,9 (70-80)
25	885	800	72,0	189,3 (300-400)
25bis	880	200	12,0	34,0 (80-100)
26	635	450	138,6	378,0 (260-300)
26bis	590	100	2,2	16,8 (50-60)
27	735	600	123,1	376,1 (250-300)
27bis	835	100	8,3	33,6 (50-60)

Tab. 2 - Densità medie (ind. per 100 m^3) delle specie di Ostracodi planctonici: **GM**: *Gigantocypris muelleri*, **CS**: *Conchoecissa symmetrica*, **BA**: *Boroecia antipoda*, **AB**: *Alacia belgicae*, **AH**: *Alacia hettacra*, **DE**: *Discoconchoecia elegans*, **PS**: *Pseudoconchoecia serrulata*, **OA**: *Obtusoecia antarctica*, **PR**: *Proceroecia rivoltella*, **MS**: *Metaconchoecia skogsbergi*, **MI**: *Metaconchoecia isocheira*. Nell'ultima colonna a destra (**UI**) sono riportate le densità delle forme non identificate.

St.	GM	CS	BA	AB	AH	DE	PS	OA	PR	MS	MI	UI
1	-	-	-	-	-	1,521	18,341	2,848	-	0,671	-	0,448
2	-	0,464	0,734	-	70,542	7,667	95,830	-	-	1,129	-	0,248
3	0,161	-	0,714	-	3,024	-	-	-	-	-	-	0,190
3bis	-	-	-	-	109,303	1,308	-	-	-	-	-	-
4	-	0,121	2,938	-	9,931	0,121	-	-	-	1,853	0,697	-
5	-	-	2,282	-	8,355	-	-	-	0,254	1,037	0,918	-
6	-	-	8,659	-	24,306	-	-	-	1,865	-	-	-
7	-	-	-	-	16,014	-	-	-	-	-	-	-
7bis	-	-	2,471	-	6,946	-	-	-	0,847	1,567	0,155	0,649
8	-	-	-	-	25,526	-	-	-	-	-	0,924	-
8bis	-	-	1,460	-	14,052	-	-	-	-	0,906	-	0,119
9	-	0,153	3,657	-	7,842	-	-	-	-	2,405	0,446	0,936
9bis	-	-	1,899	-	27,489	-	-	-	-	-	0,918	-
10	-	-	0,355	-	21,977	-	-	-	0,514	-	-	-
10bis	-	-	3,579	0,160	7,443	-	-	-	-	4,739	-	-
11	-	-	0,403	-	25,036	-	-	-	-	-	-	-
11bis	-	-	3,675	0,186	7,961	-	-	-	-	2,200	0,126	0,186
12	-	-	-	4,195	-	-	-	-	-	-	-	-
12bis	-	-	0,240	2,729	3,115	-	-	-	-	0,240	0,129	0,538
13	-	-	-	0,718	-	-	-	-	-	-	-	0,242
14	-	-	-	11,861	6,173	-	-	-	-	-	0,256	3,185
14bis	-	-	4,778	21,138	22,470	-	-	-	-	3,027	-	5,228
15	-	-	-	8,199	16,169	-	-	-	-	-	0,984	3,278
15bis	-	-	7,680	0,841	4,032	-	-	-	-	1,510	0,491	0,123
16	-	-	-	70,705	28,481	-	-	-	-	-	2,897	11,251
16bis	-	-	4,083	21,740	10,604	-	-	-	-	-	1,339	1,080
17	-	-	0,314	11,041	9,435	-	-	-	-	-	1,706	0,611
17bis	-	-	-	0,803	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	1,162	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	33,157	0,688	-	-	-	-	-	5,225	0,492
19bis	-	-	-	2,997	0,592	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	7,052	0,618	-	-	-	-	-	1,700	0,605
21	-	-	-	4,951	1,866	-	-	-	-	-	1,197	-
22	-	-	-	20,609	0,538	-	-	-	-	-	3,237	1,205
22 N	-	-	-	40,113	0,247	-	-	-	-	-	1,422	-
22 P	-	-	-	50,555	0,596	-	-	-	-	-	5,489	-
23	-	-	-	69,663	4,158	-	-	-	-	-	25,913	-
23bis	-	-	-	2,518	-	-	-	-	-	-	0,381	-
24	-	-	-	127,352	2,438	-	-	-	-	-	13,810	-
24bis	-	-	-	3,210	-	-	-	-	-	-	0,504	-
25	-	-	-	69,680	0,479	-	-	-	-	-	1,822	-
25bis	-	-	-	11,968	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	135,407	0,187	-	-	-	-	-	2,984	-
26bis	-	-	-	2,217	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	120,634	-	-	-	-	-	-	2,479	-
27bis	-	-	-	7,754	-	-	-	-	-	-	0,560	-

I valori medi e massimi di densità del popolamento totale ad Ostracodi, relativamente alle sequenze di campioni raccolti alle diverse profondità, sono riportati per ogni stazione in Tab. 1. In Tab. 2 sono riportate le densità medie delle singole specie.

Ad eccezione di *Gigantocypris muelleri* e, ovviamente, di *Proceroecia rivoltella,* tutte le specie ritrovate erano già state segnalate da Deevey (1982) nello studio degli Ostracodi planctonici raccolti nelle crociere dell' "Eltanin" fra Nuova Zelanda e Mare di Ross. Si può dire che gli Ostracodi planctonici dell'area indagata sono ragionevolmente ben conosciuti almeno fino a 1000 m di profondità (che rappresenta il limite batimetrico da cui sono stati prelevati i campioni di zooplancton nel corso della spedizione). Tre specie, *Discoconchoecia elegans, Pseudoconchoecia serrulata* e *Obtusoecia antarctica,* sono state trovate anche in campioni della crociera del 1991 nello Stretto di Magellano (Benassi et al., dati non pubblicati). Nel Mare di Ross è stata confermata la presenza delle 4 specie rinvenute nella spedizione 1987-88.

Le specie dominanti (Tab. 2) sono *Pseudoconchoecia serrulata* nelle stazioni 1 e 2 (con una densità massima di 9,2 ind-m^{-3} tra O e 100 m nella stazione *2),Alacia hettacra* in tutte le stazioni dalla 3 alla 12 (ma è nella stazione 2, tra 100 e 200 m, che raggiunge il suo massimo di densità, 5,4 ind-m^{-3}), *Alacia belgice/e* in tutte le stazioni dalla 16 alla 27 (il massimo di densità, 3,7 ind-m^{-3}, è slato riscontrato nelle stazioni 26 e 27 tra 250 e 300 m). Procedendo verso le più alte latitudini, il trend di densità, oltre che per *Alacia belgicae,* è in aumento anche per *Metaconchoecia isocheira,* una specie di piccola taglia che è probabilmente trattenuta solo parzialmente dalla rete da 500 µm.

Due specie ad alta frequenza di comparsa, *Boroecia antipoda* e *Metaconchoecia skogsbergi,* sono associate ad *Alacia hettacra,* alle latitudini comprese tra 60° e 72°-73° S. La distribuzione verticale di queste tre specie è rappresentata in Fig. 3 dove sono riportati i valori medi di densità calcolati per le 10 stazioni in cui i campioni di zooplancton sono stati raccolti di 100 in 100 m fino a -800 m e dallo strato compreso tra -800 e -1000 m. Evidente è la differenziazione degli strati preferenziali di insediamento. A. *hettacra* appare decisamente più superficializzata rispetto alle altre due specie.

La distribuzione verticale delle specie dominanti nelle 17 stazioni localizzate alle latitudini più alte, in particolare nel Mare di Ross (Fig. 4), mette in evidenza *per Alacia belgicae* la tendenza, già rilevata nell'analisi dei campioni del 1987-88, a un insediamento preferenziale alle profondità intermedie e per *Alacia hettacra* la tendenza, anche più netta rispetto a quanto osservato alle più basse latitudini, a occupare gli strati superficiali..

4. CONCLUSIONI

I nostri risultati si allineano sostanzialmente con quelli delle più recenti ricerche in Antartide. Ci limitiamo a citare il rapporto di Kock (1992) sugli Ostracodi planctonici raccolti nel Mare di Weddell, nel Mare di Scozia e al largo della Penisola Antartica nel corso di tre crociere "Polarstern", dal 1986 al 1988; questo autore analizza la struttura di popolazione, il ciclo stagionale e i comportamenti migratori delle forme dominanti che sono rappresentate, come nell'area esplorata nel corso delle spedizioni italiane, dalle due specie endemiche del genere *Alacia (A. belgicae* e *A. hettacra).*

Le ipotesi aperte dall'analisi dei dati raccolti riguardano i gradienti di distribuzione spaziale di Ostracodi secondo la latitudine e secondo la profondità e inoltre aspetti del ciclo biologico delle popolazioni dominanti, della loro ontogenesi, della variabilità su base morfometrica e su base genetica. Un'altra linea di ricerca che dovrà essere

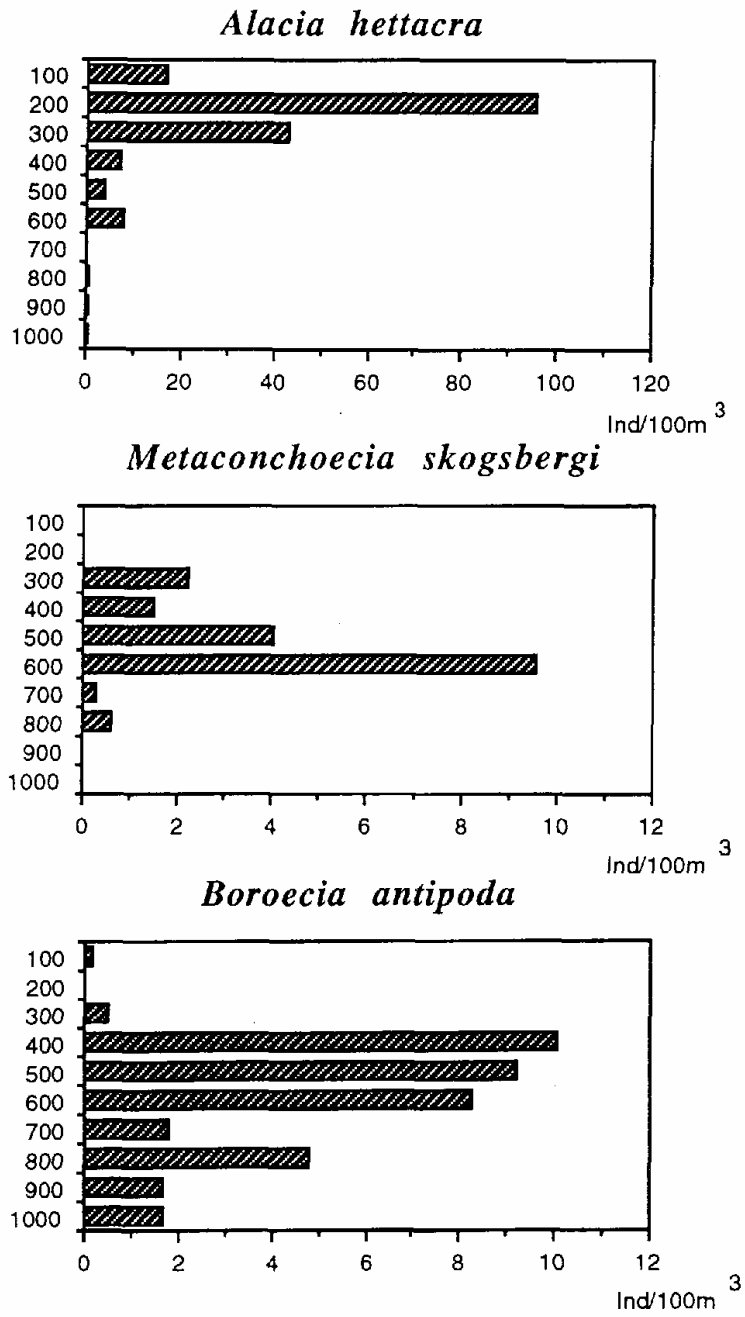


Fig. 3 - Distribuzione verticale delle tre specie più importanti di Ostracodi alle latitudini comprese tra 60° e 73°S: dati medi di densità calcolati su campioni raccolti in 10 stazioni (vedi testo). La scala delle densità di *Alacia hettacra* è di un ordine di grandezza maggiore rispetto alle altre due specie.

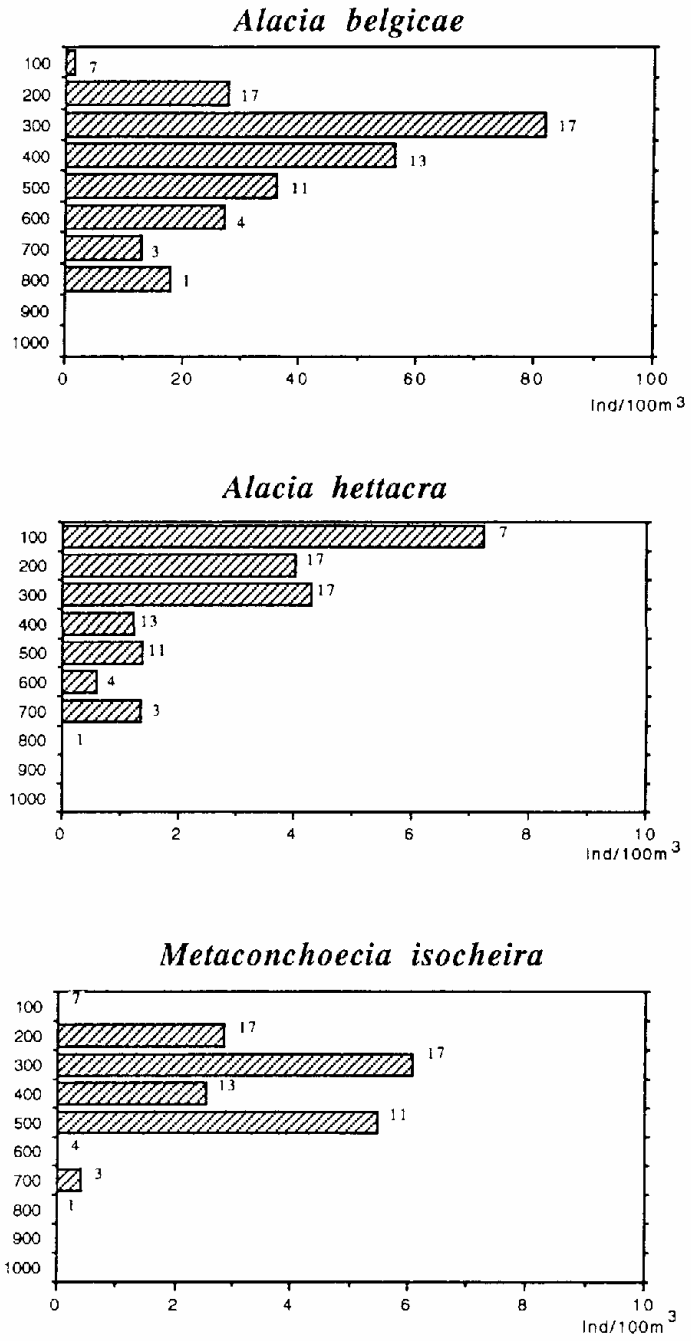


Fig. 4 - Distribuzione verticale delle tre specie più importanti di Ostracodi alle latitudini comprese tra 71° e 75° S : dati medi di densità calcolati su campioni raccolti in 17 stazioni (vedi testo). In quest'area i fondali sono piuttosto bassi e i campioni sono stati prelevati fino a una profondità massima di 800 m. I numeri vicini a ogni barra indicano i campioni effettivamente prelevati ai vari strati. La scala delle densità di *Alacia belgicae* è di un ordine di grandezza maggiore rispetto alle altre due specie.

sviluppata più a fondo riguarda il regime alimentare delle specie, la relazione tra comportamento alimentare e distribuzione spaziale e, più in generale, il ruolo degli Ostracodi nella struttura trofica dello zooplancton.

Si avverte, ora, l'esigenza di un lavoro minuto di scambio di informazioni con le altre unità operative implicate nelle campagne oceanografiche e, ovviamente, l'esigenza di passare a una fase di rielaborazione e modellazione dell'insieme dei dati raccolti. Da questa fase si attendono apporti conoscitivi essenziali a un'analisi più accurata sia della distribuzione spaziale che del ruolo trofico delle specie di Ostracodi. Si insiste, in ogni caso, in vista della progettazione di future crociere in Antartide, su una raccomandazione già ampiamente argomentata da Benassi et al. (1992); essa riguarda l'opportunità di effettuare prelievi di zooplancton, sia a breve che a lungo termine, da almeno una stazione fissa di campionamento.

BIBLIOGRAFIA

Benassi, G., M. Naldi & K.G. McKenzie. 1992. Preliminary research on species distribution of planktonic ostracods (Halocyprididae) in the Ross Sea, Antarctica. *Journal of Crustacean Biology,* 12(1): 68-78.

Deevey, G.B. 1982. A faunistic study of the planktonic ostracods (Myodocopa, Halocyprididae) collected on eleven cruises of the "Eltanin" between New Zealand, Australia, the Ross Sea and the South Indian Ocean. - *In:* L.S. Kornicker (Ed.) Biology of the Antarctic Seas X. *Antarct. Res. Ser.,* 32: 131-167.

Guglielmo, L., G. Costanze, G. Zagami, A. Manganare & A. Arena. 1992. Zooplankton Ecology in the Southern Ocean. *National Scientific Commission for Antarctica, Oceanographic Campaign 1989-90. Data Report. Part II:* 301-468.

Kock, R. 1992. Ostracods in the epipelagial zone of the Antarctic Peninsula. A contribution to the systematics and lo their distribution and population structure with regard to seasonality. *Ber. Polarforsch.,* 106: 1-209.

McKenzie K.G, G. Benassi, M. Naldi, I. Ferrari & P. Menozzi. 1990. Report on Planktic Ostracoda from the Ross Sea, Antarctica. *National Scientific Commission for Antarctica, Oceanographic Campaign 1987-88. Data Report. Part II:* 171-229.

Naldi, M., G. Benassi, 1. Ferrari, P. Menozzi & K.G. McKenzie. 1992. Distribuzione degli ostracodi planctonici nella Baia di Terra Nova. *Atti del 9°Congresso A.I.O.L.,* S. Margherita Ligure, 20-23 Novembre 1990: 613-622.

Atti del 10° Congresso A.l.O.L.
Atassia, 4-6 Novembre 1992
da pag. 691 a pag. 697

BIOMASS ESTIMATES OF SOME ZOOBENTHIC SPECIES ASSOCIATED TO SEAWEEDS IN THE SMALLOVV HARD BOTTOMS OFF TERRA NOVA BAY (ROSS SEA, ANTARCTICA)

Maria Cristina GAMBI & Tommaso D'AGOSTINO

Laboratorio di Ecologia del Benthos-Stazione Zoologica "Anton Dohrn", Ischia (Napoli, Italy)

RIASSUNTO

Dati quantitativi sulla biomassa degli organismi bentonici costieri antartici sono ancora alquanto scarsi e frammentari, benché essenziali per valutare gli stock biologici coinvolti nei flussi energetici dei sistemi e la loro dinamica. Nel corso delle ricerche svolte dal nostro gruppo nell'ambito del P.N.R.A., vengono presentati i dati relativi alla valutazione della biomassa di alcune specie zoobentoniche, significative in termini di abbondanza e ruolo funzionale, associate ai popolamenti macroalgali dei fondi duri superficiali di Baia Terra Nova (Mare di Ross, Antartide). I campionamenti quantitativi (su una superficie di 1.600 cm^2) e semi-quantitativi (circa 1.250 cm^2), eseguiti durante l'estate australe 1989-90, sono stati effettuati in immersione lungo una falesia rocciosa a 0,5 m (st. 1), 2 m (st. 2), 6 m (st. 3), 12 m (st. 4), e 16 m (st. 5) di profondità. Le specie animall selezionate per le stime di biomassa rappresentano il 91,3 % dell'abbondanza totale rilevata e sono: *Harmothoe spinosa* Kingberg forma A e *H. spinosa* forma B (policheti); *Laevilitorina antarctica* (Smith), *Onoba gelida* (Smith), *O. turqueti* (Lamy) e *Powellisetia deserta* (Smith) (molluschi Gasteropodi); *Munna antarctica* Pfeffer (crostacei isopodi); *Nototanais dimorphus* (Beddard) (crostacei tanaidacei) e *Paramoera walkeri* (Stebbing) (crostacei anfipodi). Per ciascuna specie, il parametro morfologico meglio correlato con la biomassa (peso umido e peso secco), calcolato su un gruppo limitato di individui, è stato usato per ricavare gli istogrammi taglia-frequenza della popolazione nei vari campioni. La biomassa totale è stata poi calcolata sugli istogrammi di ciascuna specie.

Le specie che contribuiscono maggiormente ai valori di biomassa sono *P. walkeri* (peso secco medio = 3, 37 g/m^2 e *L. antarctica* (2,09 g/m^2), che sono risultate essere anche le specie più abbondanti. Importanti in termini di biomassa sono risultati anche i policheti, con due morfotipi di *H. spinosa* (0.84 g/m^2). La biomassa totale ha un andamento coerente con quello dell'abbondanza e tende a diminuire con la profondità. La stazione 2, caratterizzata dalla dominanza della Rodoficea *Iridaea cordata,* presenta i valori maggiori di biomassa (massimo peso secco = 19,34 g/m^2).

In generale, i valori medi rilevati nei vari campioni, nonostante costituiscano una sottostima rispetto al totale della comunità zoobentonica, sono risultati tra i più elevati in rapporto a quelli riscontrati in altre aree costiere antartiche e sub-antartiche.

1. INTRODUCTION

Despite the relatively large number of research on Antarctic benthic community composition and structure (White, 1984; Dayton, 1990), quantitative studies that give biomass estimates are quite scarce, especially in the Continental shelf areas (Muhlenhardt-Siegel, 1988; Beckley & Branch, 1992). These data are, however, of paramount importance for the understanding of both community organization and energy partitioning and flow in these coastal populations that, despite great environmental perturbation (Dayton et al., 1970) and short seasonal pulse of food supply, show generally very high standing crop and production (Dayton, 1989).

In the framework of the P.N.R.A. programmes, we focused our studies on shallow hard-bottom biotopes off Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica), and associated communities (Gambi et al., 1992) that are submitted to high levels of physical disturbance due to Continental and sea ice scouring and melting. Previous studies on these benthic associations dealt with the definition of their spatial distribution and structure/organization by analyzing the abundance, diversity and trophic guild patterns along a depth transect (Gambi & Mazzella, 1991; Gambi et al., 1992). In the present paper we discuss biomass pattern of the most abundant and functionally relevant species of the vagile fauna associated to the seaweeds. In these biotopes, in fact, the macroalgae could represent an important source of energy that can be also largely exported to other systems (Reichardt, 1987), and vagile zoobenthos is an important trophic link between primary producers and higher trophic levels (e.g., demersal fishes; Vacchi et al., in press).

2. MATERIAL AND METHODS

Samples were collected during the 2nd Italian Oceanographic Expedition (austral summer 1989-90) at Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica) (Gambi & Mazzella, 1991). Benthic organisms were sampled by SCUBA diving in five stations placed along a rocky cliff at 0.5 m (st. 1), 2 m (st. 2), 6 m (st. 3), 12 m (st. 4), and 16 m (st. *5)* depths in coincidence with well defined algal facies (Cormaci et al., 1991). In all stations, except station 1, two kinds of samples were collected: quantitative, over a surface of 1,600 cm^2 (samples A), and semi-quantitative, over a surface of about 1,250 cm^2 (samples C). The most abundant and functionally important species of the vagile fauna were considered for biomass estimates: *Harmothoe spinosa* form A Kingberg and *H. spinosa* form B (polychaetes); *Laevilitorina antarctica* (Smith), *Onoba gelida* (Smith), *O. turqueti* (Lamy) and *Powellisetia deserta* (Smith) (molluscs Gastropods); *Munna antarctica* Pfeffer (crustacean isopods); *Nototanais dimorphus* (Beddard) (crustacean tanaids) and *Paramoera walkeri* (Stebbing) (crustacean amphipods). Because of the taxonomic importance of the material collected, wet and dry weights were estimated by means of an indirect, not destructive method. For each of the selected species, a group of specimens representing a wide range of sizes was selected; for each specimens various morphological parameters (e.g., length or width) as well as wet (formolized or in alcohol) and dry (48 hours at 80 °C) weights were measured. For molluscs both wet and dry weight were measured after digestion of their calcareous shell with phosphoric acid (H_3PO_4) 2M. The morphological parameter that was best correlated with both wet and dry weights was used to measure the individuals in the various samples and to obtain the size-frequency histograms, from which the total biomass for each species was estimated.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The nine selected species for biomass estimates accounted for 91.3% of the total abundance (Gambi et al., submitted). Relationships between body size and dry weight, and between wet and dry weights are reported in Table 1. The allometric relationship that best fits the data for all the species studied is: $y = ax + bx^2 + cx^3$. Correlation coefficients ranged between 0.85 and 0.99 and were all significant at $P<0.01$. Linear regressions between dry and wet weight were all significant ($P<0.01$) except for *O. turqueti* (Table 1).

Table 1

Relationship: size/dry weight
y= ax + bx2 + cx3

	size parameter	a	b	c	No. ind.	r
Harmothoe spinosa (form A)	width 6th seg.	-0.722	0.386	2 140	24	0.98**
H. spinosa (form B)	width 6th seg.	-1 380	2 821	1 532	21	0.99**
Laevilitorina antarctica	shell height	0.028	-0.004	0.014	48	0.99**
Onoba turqueti	shell height	0.355	-0.266	0.060	21	0.88**
Onoba gelida	shell height	0.022	-0.002	0.013	25	0.97**
Powellisetia deserta	shell height	-0.053	0.070	-0.001	25	0.96**
Nototanais dimorphus	length	-0.041	0.037	-0.002	44	0.90**
Munna antarctica	thorax length	0.116	-0.038	0.028	41	0.85**
Paramoera walkeri	length	-0.233	0.086	-0.003	22	0.91**

Relationship: wet weight/dry weight
y = a + bx

	a	b	r
Harmothoe spinosa (A)	0.100	0.155	0.99**
H. spinosa (form B)	0.197	0.146	0.99**
Laevilitorina antarctica	0.031	0.214	0.93**
Onoba turqueti	0.145	0.069	0.36 n.s.
Onoba gelida	0.004	0.282	0.82**
Powellisetia deserta	0.050	0.206	0.85**
Nototanais dimorphus	0.016	0.402	0.92**
Munna antarctica	0.015	0.184	0.87**
Paramoera walkeri	0.470	0.136	0.95**

** = significant at P<0.01
n.s.= not significant

In all samples the polychaetes accounted for the lowest dominance of the numerical abundances recorded, molluscs showed highest values mainly in samples of stations 2 and 5, while crustaceans dominated in stations 1, 3 and 4 (Fig. 1A). This trend derived also from the occurrence, for some of the studied species, of many juvenile specimens (e.g., *L. antarctica* at st. 2; Gambi et al., submitted). Biomass pattern of the main group showed for polychaetes an increase according to depth (Fig.

1B). The two species of polychaetes considered, two morphotypes of *H. spinosa,* are, in fact, among the largest sized vagile animals collected in these biotopes. These forms are carnivores (Averincev, 1977) and their low abundances but relatively high biomass seem consistent with their trophic role. Crustacean peracarids, on the contrary, decreased in biomass with depth due to the replacements of large-sized species, like *P. walkeri,* in shallow stations, with small-sized species, like *N. dimorphus,* in deeper sites. Finally, molluscs showed a quite irregular trend with depth.

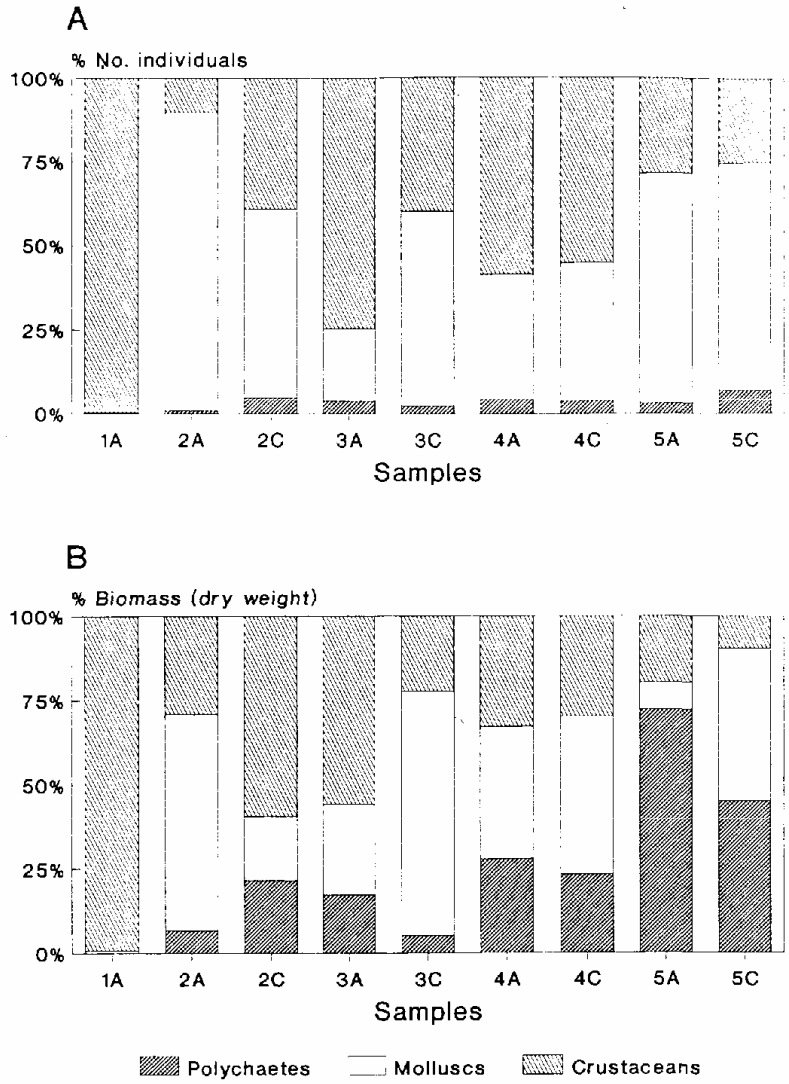


Fig. 1: Quantitative dominance of the total abundance (A) and biomass (dry weight, B) of the main zoobenthic groups collected in the various samples.

The species that accounted for the highest biomass was *P. walkeri* (mean dry weight= 3.37 g/m^2), a large-sized amphipods abundant mainly in st. 1 and 2. Other species with relatively high biomass values were *L. antarctica* (2.09 g/m^2), the two forms of *H. spinosa* (0.84 g/m^2), *N. dimorphus* (0.42 g/m^2) and *M. antarctica* (0.41 g/m^2) (Table 2). Total zoobenthic biomass, despite the extremely high numerical abundances recorded in the various samples (mean values ranging from 6,330 to 32,000 ind./m^2) was not particularly high due to the fact that most of the species are quite small (molluscs, crustacean isopods and tanaids). However, these values are a underestimate because not all the species collected were considered, including the sea urchin *Sterechinus neumayeri* and the seastar *Odonstaster validus.* These echinoderms, very abundant in these biotopes (Gambi & Mazzella, 1991; Di Geronimo et al., 1992), were on the contrary extremely scarce in our samples due to the small surfaces sampled with respect to their size. Therefore, their contribution to the overall zoobenthic biomass was not considers but is likely to be quite important and should be evaluated in the future.

Table 2
Biomass (d. w. g/m2)

Species/ Samples	1A	2A	2C	3A	3C	4A	4C	5A	5C
Harmothoe spinosa (A)	-	0.79	0.84	0.20	0.044	0.44	0.64	0.18	0.66
H. spinosa (form B)	-	0.50	0.25	0.096	0.095	0.18	0.26	0.60	0.91
Laevilitorina antarctica	0.01	12.37	0.98	0.144	1.89	0.68	1.60	0.025	1.11
Onoba turqueti	-	0.009	-	0.034	0.004	0.032	0.024	0.016	0.11
Onoba gelida	-	0.01	-	0.067	0.014	0.033	0.080	0.018	0.090
Powellisetia deserta	-	0.04	-	0.23	0.052	0.14	0.15	0.026	0.27
Nototanais dimorphus	-	0.60	0.015	0.60	0.43	0.52	0.88	0.16	0.17
Munna antarctica	-	0.59	1.44	0.34	0.16	0.22	0.29	0.052	0.16
Paramoera walkeri	17.60	4.41	1.57	0.026	0.004	-	-	-	-
Total dry weight (g/m2)	17.61	19.34	5.11	1.75	2.71	2.26	3.94	1.10	3.50
Total wet weight (g/m2)	94.47	96.44	28.78	7.27	11.86	10.64	17.80	6.44	20.44

The trend of the total biomass in the various samples showed a certain degree variability among replicates (samples A and C of the same station), mainly in st.s 2 and 5. This variability is likely due to the patchy distribution of the seaweeds that strongly influences also the associated vagile fauna (Gambi et al., submitted). As a whole, mean biomass showed a decrease with depth, consistently with also a decrease on abundance. Samples of st. 2, characterized by the dominance of the Rhodophyta *Iridaea cordata,* accounted for the highest biomass values (max. dry weight = 19.34 g/m^2; Table 2) due to the abundance of both *P. walkeri* and *L. antarctica.*

Comparisons between our density and biomass data with those of different antarctic and sub-antarctic coastal areas are sometimes difficult because of the different sampling techniques and biomass evaluation methods used. Generally in most studies, biomass is measured only as wet weight. Our wet weight values (Table

2) ranged among the highest recorded in coastal austral areas at comparable depths (Muhlenhardt-Siegel, 1988; Beckley & Branch, 1992; Gambi et al., submitted). This fact suggest that the coastal area of Terra Nova Bay is quite productive, as evidentiated also by the pattern of phytoplankton biomass in summer (Innamorati et al., 1992). These benthic biomass data represent also a baseline for our future studies focused to elucidate the stocks of macronutrients (organic C and N) and their pathways in these biotopes with respect to those of less physically disturbed coastal systems.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks are due to the other participants to this P.N.R.A. research, Mr. M. Lorenti, Dr. G.F. Russo and Dr. M.B. Scipione, for their advices in the allometric analysis of the isopod and tanaid, mollusc, and amphipod species, respectively.

REFERENCES

Averincev, V.G. 1977. Seasonal variations in the structure of population of Antarctic Polynoid and the role played by Polychaetes in the biocoenoses of the Arctic and Antarctic. In: *Adaptation within Ant. Ecosyst., III SCAR Symp.,* Llano Ed.: 239-251

Blackey, L.E. & G.M. Branch. 1992. A quantitative scuba-diving survey of the sublittoral macrobenthos at subantarctic Marion Island. *Polar Biol.,* 11: 553-563.

Cormaci, M., Furnari, G., Scammacca, B. & G. Casazza. 1991. Phytobenthos sampling in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica): 1989-90 Campaign. *Nat. Sc. Com. Ant. Ocean. Camp. 1989-90, Data Report.,* I: 371-376.

Dayton, P.K. 1989. Interdecadal variation in an Antarctic Sponge and its predators from oceanographic climatic shifts. *Science,* 245: 1484-1486.

Dayton, P.K. 1990. Polar Benthos. In: *Polar Oceanography, Part B: Chemistry, Biology and Geology.* Academic Press: 631-685.

Dayton, P.K., Robilliard, G.A. & R.T. Paine. 1970. Benthic zonation as a result of anchor ice at Mc Murdo Sound, Antarctica. In: *Antarctic Ecology* I, M.W. Holdgate Ed., Academic Press, London: 244-258.

Dayton, P.K., Robilliard, G.A., Paine, R.T. & L.B. Dayton. 1974. Biological accomodation in the benthic community at Me Murdo Sound, Antarctica. *Ecol. Monogr., 44(1):* 105-128.

Di Geronimo, I., Cattaneo-Vietti, R., Gambi M.C., Casazza, G., Cormaci, M. e B. Scammacca. 1992. Prime osservazioni sulle comunità bentoniche costiere di Baia Terra Nova (Mare di Ross, Antartide): bionomia e distribuzione. *Proceedings IX Congress AIOL, Santa Margherita Ligure,* November 1990: 635-646.

Gambi, M.C., Buia, M.C., Lorenti, M., Mazzella, L., Russo, G.F. e M.B. Scipione. 1992. Prime osservazioni sulle comunità bentoniche costiere di Baia Terra Nova (Mare di Ross, Antartide): aspetti quantitativi e funzionali. *Proceedings IX Congress AIOL, Santa Margherita Ligure,* November 1990: 647-658.

Gambi, M.C. & L. Mazzella. 1991. Second Italian Oceanographic Expedition in the Ross Sea (Antarctica): preliminary report on quantitative and functional studies

on benthic communities of Terra Nova Bay. *Nat. Sc. Com. Ant. Ocean. Camp. 1989-90 Data Rep.,* I: 349-367.

Gambi, M.C., Lorenti, M., Russo, G.F. & M.B. Scipione. submitted. Benthic associations of the shallow hard bottoms off Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica): zonation pattern, biomass estimates and population structure. *Amarene Science* (U.K.).

Innamorati, M., Lazzara, L., Mori, G., Nuccio, C. & V. Saggiomo. 1992. Indagine sulla biomassa fitoplanctonica nel Mare di Ross in relazione ai fattori ambientali. In: *Oceanografia in Antartide.* V.A. Gallardo, O. Ferretti e H.L. Moyano (eds.). Enea- Progetto Antartide- Italia: 235-252.

Muhlenhardt-Siegel, U. 1988. Some results on quantitative investigations of macrozoobenthos in the Scotia Are (Antarctica). *Polar Biol.,* 8: 241-248.

Reichardt, W.T. 1987. Burial of Antarctic macroalgal debris in bioturbated deep-sea sediments. *Deep-Sea Research,* 34(10): 1761-1770.

Vacchi, M., La Mesa, M. & A. Castelli. In press (1993). Diet of two nototheniid fish from Terra Nova Bay, Ross Sea. *Antarctic Science* (U.K.).

White, M.G. 1984. Marine Benthos. In: *Antarctic Ecology,* II, R.M. Laws Ed., Academic Press, London: 421-461.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 699 a pag. 707

SOME ASPECTS OF SEDIMENTATION PATTERN OF THE NORTHWESTERN ROSS SEA, ANTARCTICA

Mauro FRIGNANI, Livio LABBROZZI, Leonardo LANGONE
and Mariangela RAVAIOLI

Istituto per la Geologia Marina, CNR - via Gobetti 101 -140129 Bologna - Italy

RIASSUNTO

Trentadue campioni di sedimento, caratteristici di diverse aree di piattaforma e scarpata continentale nel Mare di Ross nord-occidentale, sono stati confrontati attraverso una Anallsi Fattoriale di tipo "Q" utilizzando diciotto variabili che definiscono lo stato ed il comportamento dei sedimenti. Quattro Fattori rendono conto di gran parte dell'informazione e rappresentano rispettivamente sedimenti biogenici di bacino di piattaforma, materiall sabbiosi caratteristici degli alti morfologici, componenti relitte della scarpata superiore ed, infine, sedimenti misti della scarpata inferiore. Risulta confermata l'importanza di flussi biogeni, morfologia dei fondali, azione delle correnti, mescolamento biologico e movimenti in massa come elementi che regolano la distribuzione dei tipi di sedimento.

ABSTRACT

Thirty-two sediment samples, collected in different setting environments of the northwestern Ross Sea, were analyzed by a Q-mode Factor Analysis taking into account eighteen variables which define composition and behavior of sediments. Four factors account for the most part of the total information. They represent biogenic sediments from shelf basins, coarser materials from banks, relict sediments of the upper slope and mixed sediments of the lower slope, respectively. It is confirmed that sediment distribution in the area is mainly controlled by biogenic fluxes, bottom morphology, hydrodynamics, biomixing and mass movements.

1. INTRODUCTION

The Continental margin of the Ross Sea shows a unique and complex morphology: the noticeable depth of the shelf break, the deepening of the Continental shelf towards the coast, and its rugged topography shaped by glacial erosion with troughs and banks transversal to the shelf break. This created different depositional settings. A study of the

sediment distribution pattern was carried out on the basis of a number of geochemical and textural features in order to identify the sediment types of the different environments. Estimates from DeMaster (1981) and Ledford-Hoffman et al. (1986) pointed out that the Antarctic Continental margin is a repository of biogenic silica and that this environment plays a key role in the silica biogeochemical cycle at a global level. However, further information is essential to calculate the sediment balance for both biogenic and detritic materials with a greater degree of accuracy than presently available estimates.

The aims of this study are: 1) to define in a simple schematic way the sediment types which characterize the seabed of the northwestern Ross Sea and, 2) to discuss their distribution according to the bottom morphology and related processes of sediment transport and accumulation.

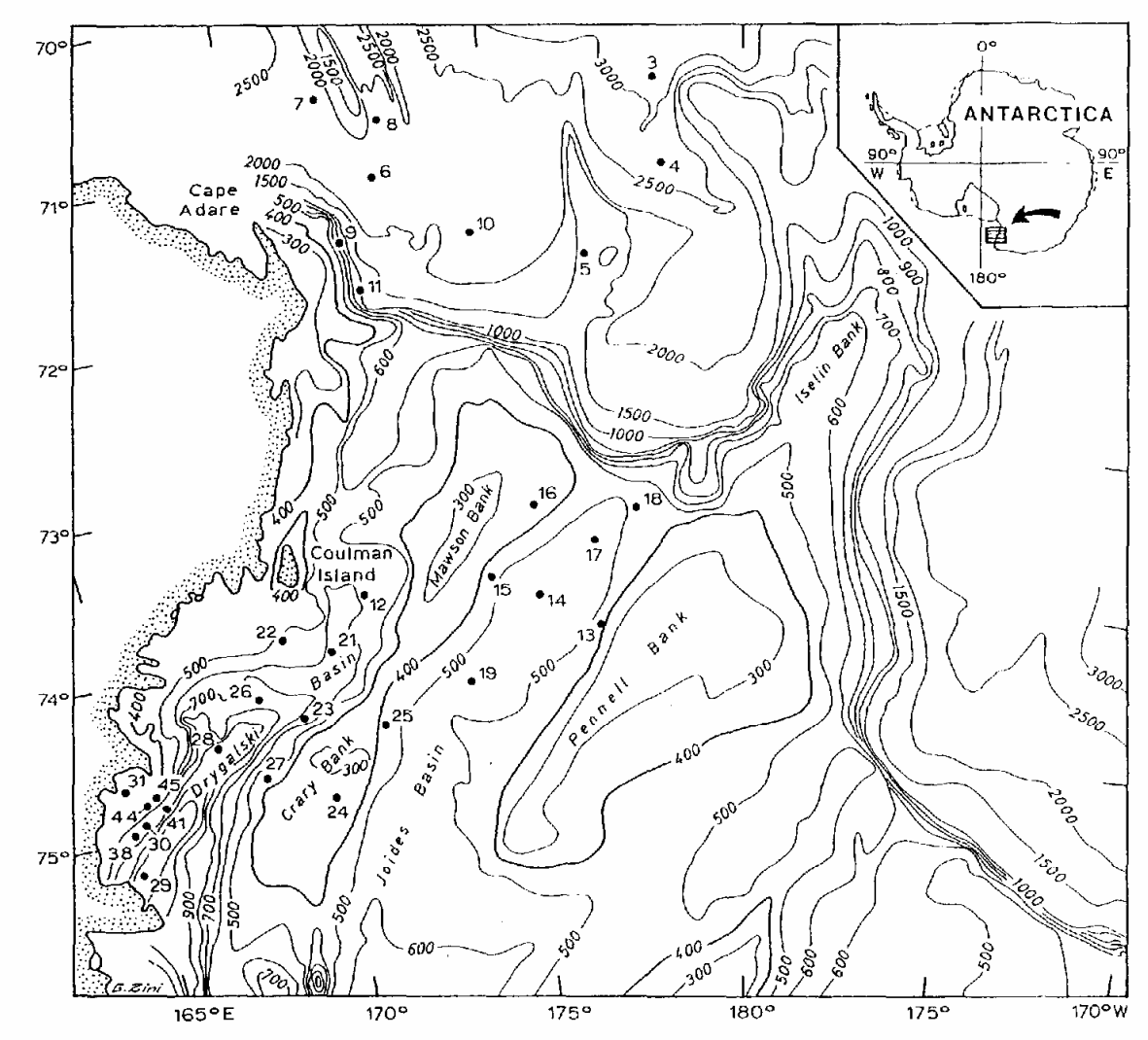


Fig. 1 - Study area, bathimetry and sample location.

2. MATERIALS AND METHODS

Analyses were made on surficial sediments collected with a box corer from 32 stations in the northwestern Ross Sea during the PNRA cruise of 1990-91. The study area, together with bathimetry and sample locations, is shown in Fig. 1. Porosity, grain size composition (with percentages of coarse material larger than 2 mm, sand, silt, clay, and mean diameter, Mz), organic matter (as organic carbon, OC), biogenic silica and lithic contents, as well as excess ^{210}Pb activity were determined. Other parameters were calculated, such as the C/N and C/SiO_2 ratios, and the maximum fluxes of excess ^{210}Pb, total N, biogenic silica, and organic matter. Fluxes were computed using ^{210}Pb-derived apparent accumulation rates (Labbrozzi, 1992) and concentrations in the surficial sediment. The amount of organic matter (OM) was estimated from the OC content using a conversion factor of 1.7, as done by Dunbar et al. (1989). Details of the methods were reported by Labbrozzi (1992).

A Q-mode Factor Analysis was used according to Davis (1973), Klovan and Imbrie (1971) and Klovan and Miesch (1975) in order to obtain statistical information about sediment types and composition. The different sets of data were compared after normallzing the scales between minimum and maximum values of each variable (Table 1). The similarity matrix was obtained through the "costheta" correlation coefficient, and in the final rotation (Varimax method) the axes were kepi orthogonal.

VARIABLE	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	AVERAGE	STANDARD DEVIATION
water depth (m)	337	3355	1021	787
porosity	0.32	0.86	0.63	0.15
>2 mm (%)	0.01	31.20	6.45	9.20
sand (%)	0.33	92.67	40.33	25.55
silt (%)	2.58	56.56	26.73	12.47
clay (%)	0.67	63.79	26.49	17.99
Mz (phi)	1.3	9.5	5.6	2.2
OC (%)	0.14	2.78	0.80	0.56
N (%)	0.03	0.56	0.13	0.11
SiO_2 (%)	0.5	32.7	12.0	9.3
lithics (%)	22.0	96.4	82.5	14.6
excess ^{210}Pb (Bq/kg)	9.7	352.0	132.2	85.5
C/SiO_2	0.17	3.69	0.47	0.60
C/N	3.45	16.42	7.99	2.59
N flux (mg/cm^{2}y)	0.011	0.247	0.067	0.052
SiO_2 flux (mg/cm^{2}y)	0.79	17.76	6.38	4.98
OM flux (mg/cm^{2}y)	0.11	2.20	0.78	0.56
^{210}Pb flux (Bq/m^{2}y)	21.11	251.46	110.08	61.34

Table 1 - Minimum, maximum, average values and standard deviations for all the analytical and computed data of the variables used to describe the sediments

3. RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the minimum, maximum and average values for all the 18 variables of the data matrix used for the Factor Analysis. The wide ranges between minimum and maximum values for many parameters are due to the large differences in the composition of samples from different environments.

SAMPLE	COMM.	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4
Anta91-03bc	.9112	.5374	.2948	.7309	-.0364
Anta91-04bc	.9481	.3438	.2706	.8425	.2168
Anta91-05bc	.9438	.0275	.4982	.6662	.5010
Anta91-06bc	.9476	.5823	.3859	.6776	.0225
Anta91-07bc	.9044	.2075	.6097	.6732	.1910
Anta91-08bc	.9310	.5897	.4102	.6210	-.1717
Anta91-09bc	.9379	.1735	.8014	.3928	.3335
Anta91-10bc	.9757	.5105	.2246	.7759	.2503
Anta91-11bc	.8731	.0363	.4749	.0684	.8010
Anta91-12bc	.8267	.4047	.6557	.4626	.1379
Anta91-13bc	.9098	.5943	.6373	.3862	.0368
Anta91-14bc	.9483	.8795	.2114	.3598	.0245
Anta91-15bc	.8940	.3623	.6314	.5939	.1066
Anta91-16bc	.7635	.1064	.8237	.0190	.2710
Anta91-17bc	.9439	.4745	.7937	.2231	.1974
Anta91-18bc	.9657	.2860	.8059	.4308	.2212
Anta91-19bc	.9470	.9016	.1868	.3132	.0333
Anta91-21bc	.9508	.4974	.2854	.4312	.6604
Anta91-22bc	.9644	.7507	.4281	.4566	-.0961
Anta91-23bc	.9255	.3810	.7957	.3811	.0425
Anta91-24bc	.9567	.7746	.4924	.2988	.1578
Anta91-25bc	.9615	.8780	.2774	.2966	.1607
Anta91-26bc	.9552	.9326	.1610	.1541	.1891
Anta91-27bc	.9757	.9356	.1682	.2505	.0963
Anta91-28bc	.9295	.8727	.3147	.2489	.0833
Anta91-29bc	.9155	.7041	.5143	.3937	-.0149
Anta91-30bc	.9603	.7895	.5200	.1756	.1890
Anta91-31bc	.9373	.6870	.6294	.1340	.2264
Anta91-38bc	.9856	.4800	.7421	.4499	.0472
Anta91-41bc	.9274	.3588	.8143	.3353	.1523
Anta91-44bc	.9048	.5708	.6728	.3213	.1522
Anta91-45bc	.9521	.4789	.7087	.4619	.0843
VARIANCE		35.380	30.493	20.707	6.465
CUM.VAR.		35.380	65.873	86.580	93.044

Table 2 - Varimax Factor Matrix

The Q-mode Factor Analysis showed that four factors account for 93% of the total information. This means that the composition of our samples can be significantly described by a combination of these factors in varying proportions. Table 2 displays the Varimax Factor Matrix used for the analysis and Fig. 2 shows the composition of the four factors.

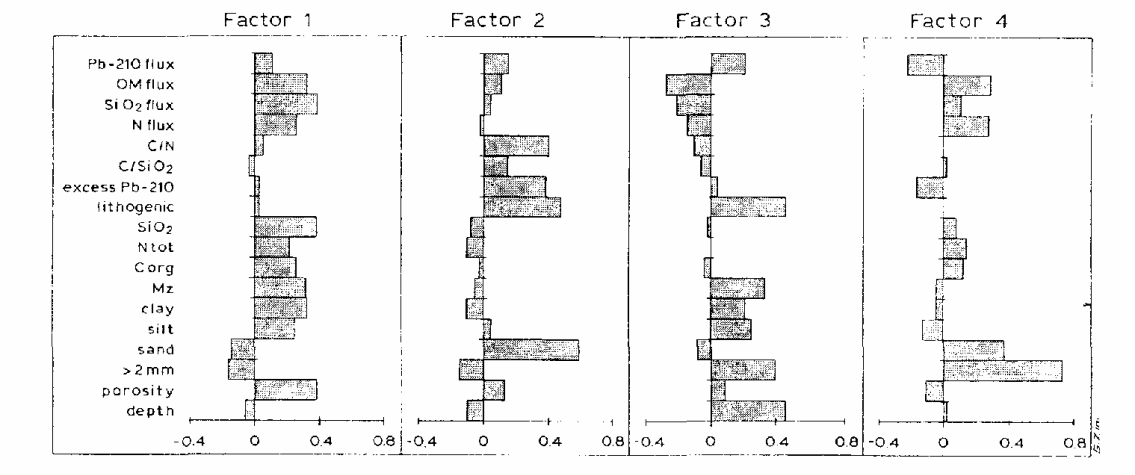


Fig. 2 - Composition of the four Factors.

Factor 1 represents a fine sediment with high biogenic components and fluxes and low ^{210}Pb. Samples 26 and 27 can be considered end members of this factor (Table 2). Factor 2 describes a sandy sediment with high lithogenic component, ^{210}Pb activity, C/N ratio (an index of the presence of diagenized organic matter), and low biogenic fluxes except for the nitrogen flux. Samples 16 and 41 show the composition closest to that of this Factor. Factor 3 is a clayey silt with scarce sand and a significant presence of the coarse fraction larger than 2 mm. It is found at high water depth and is inversely correlated with fluxes, except for the ^{2IO}Pb flux. Sample 4 is well represented by this factor. Finally, Factor 4 represents a pebbly and sandy sediment characterized by a low significance of all the other parameters. ^{210}Pb activity and flux are inversely correlated. Factor 4 is abundant in sample 11.

The map of Fig. 3 indicates prevailing factor in the composition of each sample. According to these results we can make some observations about the sedimentation pattern in the area. Maximum values of Factor 1 caracterize the inner continental shelf, mainly in the Drygalski and Joides basins. The concentration of Factor 2 is high in the outer continental shelf and, generally, in shallow areas such as the banks. Factor 3 is found at high water depth and is distributed downslope in the area between Cape Adare and Iselin Bank. Finally, Factor 4 is the main constituent of the samples from the upper slope, and its influence progressively decreases downslope. Such distribution can be seen clearly in Fig. 4 which shows a schematic diagram of a transect from land towards the open ocean. The location of this transect is shown in Fig. 3.

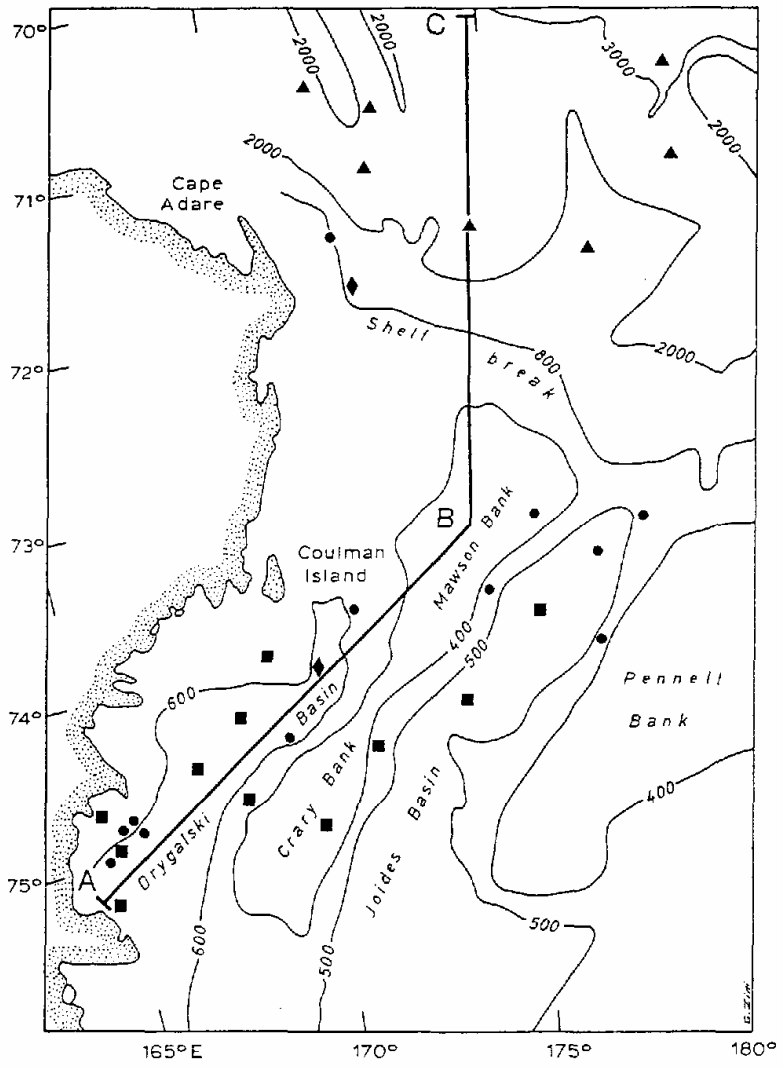


Fig. 3 - Distribution of the prevailing Factor in sediment samples (see Table 2): ■, Factor 1; ●, Factor 2; ▲, Factor 3; ♦, Factor 4. The location of the transect described in fig. 4 is shown.

Following an ideal pathway from shore to the abyssal plain, we can observe that present-day biogenic sedimentation (Factor 1) is predominant in shelf basins. This kind of sediment could be related to the siliceous mud (SiM) and siliceous ooze (SiO) according to the compositional classification of Dunbar et al. (1985).

On the morphological highs and on the outer shelf, marine currents can resuspend and partially remove fine fractions, leaving the coarser sediments (Factor 2). These materials would be the equivalent of the residual glacial-marine sediments (RGM) mentioned by Dunbar et al. (1985). Intense processes of physical reworking (Anderson et al, 1984) cause repeated resuspensions of fine particles and ^{210}Pb is enriched by a process of scavenging. Furthermore, bioturbation (Frignarti et al., 1991) can mix particles rich in excess ^{210}Pb deep into the sediments of these shallow areas, with the formation of

radionuclide activity-depth profiles even if scarce or no net sediment accumulation occurs. Therefore, these profiles can be used to calculate mixing rates.

Factors 4 and 3 represent areas of the Continental slope of the northwestern Ross Sea where sediments are transported downslope primarily by turbidity currents (Anderson et al, 1979). Therefore, the upper slope is affected by erosion that causes relict sediment outcrops (Factor 4). The eroded material is transported downslope where mixed (modern and ancient) sediment accumulates (Factor 3). Factor 3 records high ^{210}Pb and low biogenic fluxes that could be due to the long residence time of settling particles in the water.

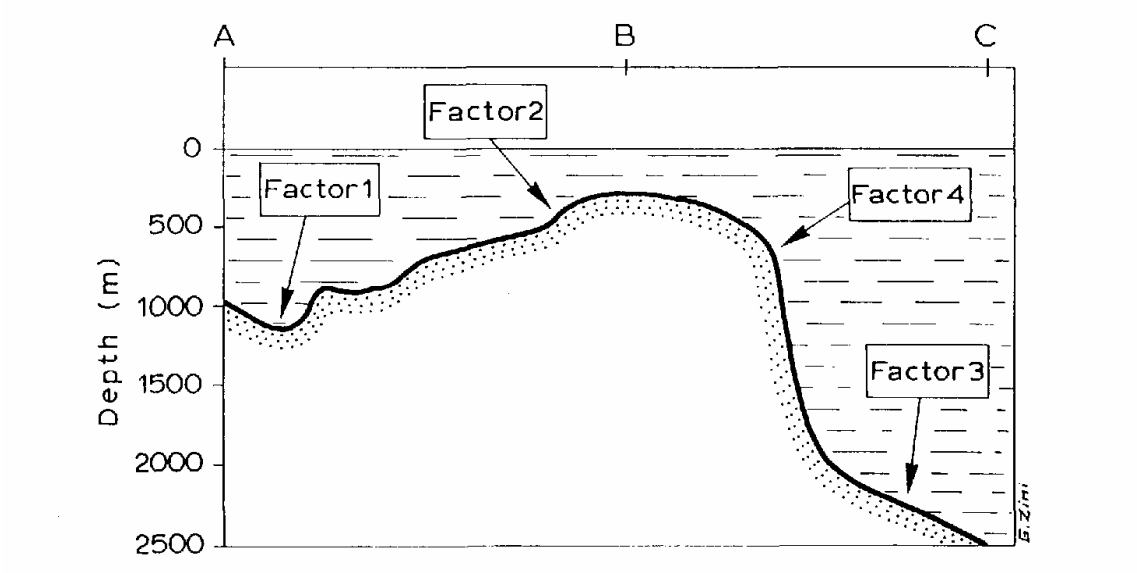


Fig. 4 - Schematic representation of the transect shown in fig. 3 and distribution of the four Factors according to bottom morphology.

If we combine information from the literature and from this study, we come to the conclusion that modern sediment accumulation occurs wherever the biogenic sediments of Factor 1 and the mixed sediments of Factor 3 are significantly present. Therefore, only shelf basin and lower slope samples with a composition similar to Factors 1 and 3 should be used to calculate the mass balances of organic carbon, biogenic silica, and other materials. Moreover, biogenic fluxes, bottom topography, hydrodynamics, biomixing and mass movements are confirmed to be the most important factors controlling the sedimentation pattern in this part of the Ross Sea. Of course, the relative importance of each element is variable in the different subenvironments.

4. CONCLUSIONE

1) The Q-mode Factor Analysis shows that a combination of four factors can account for the composition of sediments of the study area with a high degree of confidence.

2) The composition of Factor 1 describes the characteristic sediments of the shelf basins. The composition of Factor 2 is associated with the banks and the outer shelf. Factor 4 represents the upper part of the slope, while Factor 3 is relative to the lower slope.

3) Only the areas where Factors 1 and 3 are significant should be considered in calculating the mass balance of organic C, biogenic silica and other materials which accumulate on the bottom sediments of the area.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank G. Zini for the drawings, as well as G. Marozzi, A. Magagnoli, G. Rovatti, V. Palumbo and F. Finocchiaro for their assistance in collecting the samples. Financial support for this research was provided by the National Antarctic Research Programme. This is contribution n. 945 from the Istituto per la Geologia Marina del CNR, Bologna.

REFERENCES

Anderson, J.B., C.F. Brake & N.C. Myers. 1984. Sedimentation on the Ross Sea Continental shelf, Antarctica. *Marine Geology, 57,* 295-333.

Anderson, J.B., D.D. Kurtz & F.M. Weaver. 1979. Sedimentation on the Antarctic Continental slope. *SEPM,* 27, 265-283.

Davis, J.C. 1973. Statistics and data analysis in geology. J. Whiley, NY, 550 pp.

DeMaster, D.J.. 1981. The supply and accumulation of silica in the marine environment. *Geochim. Cosmochim. Acta,* 45, 1715-1732.

Dunbar, R.B., A.R. Leventer & W.L. Stockton. 1989. Biogenic Sedimentation in McMurdo Sound, Antarctica. *Marine Geology,* 85, 155-179.

Dunbar, R.B., J.B. Anderson, E.W. Domack & S.S. Jacobs. 1985. Oceanographic influence on Sedimentation along the Antarctic Continental shelf. In: (S.S. Jacobs editor) *Oceanology of the Antarctic Shelf,* Antarctic Research Series, 43, AGU, Washington D.C., 291-312.

Frignarli, M., L. Langone, M. Ravaioli, M. Taviani & M.C. Gambi. 1991. The relevance of bioturbation in reworking processes of Ross Sea recent surficial sediments. *Sixth International Symposium on Antarctic Earth Sciences,* Tokio, September 1991, 159.

Klovan, J.E. 1975. R and Q mode Factor Analysis. In: *Concepts in Geostatistics,* Springer Verlag, 21.

Klovan, J.E. & J. Imbrie. 1971. An algorithm and FORTRAN IV program for large scale Q-mode Factor Analysis and calculation of factor scores. *Mathem. Geol.,* 3, 61-77.

Klovan, J.E. & A.T. Miesch. 1975. Extended CABFAC and Q-mode Factor Analysis of compositional data. *Computers and Geosdences,* 1, 161-178.

Labbrozzi, L.. 1992. Sedimentazione attuale e recente in Antartide, con particolare riguardo alla componente biogena: parte nord-occidentale del Mare di Ross. *Tesi di Laurea,* Università di Bologna.

Ledford-Hoffman, P.A., D.J. DeMaster & C.A. Nittrouer. 1986. Biogenic silica accumulation in the Ross Sea and the importance of Antarctic Continental shelf deposits in the marine silica budget. *Geochim. Cosmochim. Acta,* 50, 2099-2110.

INDICE PER AUTORI

AIRÒ S. 403
ALBERTELLI G. 189 529
ALIANI S. 209
AMBROGI R. 461
ASIOLI A. 107 487
ASTRALDI M. 87
AZZARO F. 37
BALDUZZI A. 603
BALZI M. 513
BARBANTI A. 97
BASSOD. 221 563
BATTILOTTI M. 53 375
BAVESTRELLO G. 327
BELLOTTI P. 633
BENASSI G. 681
BENEDETTI F. 643
BERELSON W .M. 525
BIANCHI C.N. 277 603
BOGGERO A. 177
BONACCORSO A. 37
BONCI M. C. 587
BONDAVALLI C. 265
BONOMI A. 125
BORSETTI A.M. 107
BRANDOLINI P. 233
BREGANT D. 37
BRIANT M. 461
BUDILLON G. 155
BURBA N. 333
BUSCARINU P. 201
CABRINI M. 333
CAMPILI F. 155
CANTONATI M. 477
CAPOTONDI L. 107
CARIBONI M. 477
C AROLLO A. 167
CASARETTO L. 441
CASTELLI C. 513
CATALANO G. 643
CATTANEO-VIETTI R. 327 603
GATTINI E. 65
CERADINI S. 143
CERRANO C. 603
CHIANTORE M. 529
CICERI G. 143
CIVITARESE G. 37
COCCO E. 543
COCITO S. 277 603
COGLIATI N. 143
COMMEAU J. A. 97
CONVERSANO F. 155
CORATO F. 155
CORRADI N. 233 575
CORSELLI C. 221
CORTEMIGLIA G.C. 135
COSSU A. 421
COTTA S. 603
COVAZZI A. 125 189
CRIMACO L. 543
CRISAFI E. 37
D'AGOSTINO T. 691
DANOVARO R. 295 355

DE BIASI A.M. 555
DEGL'INNOCENTI F. 603
DE LAURO M. 53 375
DELLA CROCE N. 125
DELLA VALLE G. 441
DEL NEGRO P. 333
DE MAGISTRIS M. A. 543
DIVIACCO G. 603
FABIANO M. 53 355
FERRARI I. 253 681
FERRARI M. 575
FERRETTI O. 389
FESTA V. 461
FIRPO M. 587
FONDA UMANI S. 333
FRASCARI F. 97
FRASCHETTI S. 189 529
FRIGNANI M. 699
GABELLINI M. 367 619
GAMBI M.C. 691
GASPARINI G.P. 65 87
GIACOBBE S. 221
GIANI M. 367 619
GIANNI A. 503
GIORDANI G. 265
GIORDANI P. 23 525
GUGLIELMO L. 307
GUZZINI A. 345
HAMMOND D. E. 525
HECQ J. H. 11
HOPKINS T. S. 53 375
IMMORDINO F. 389
INNAMORATI M. 451 513
IVALDI R. 587
LABBROZZI L. 699
LA PERLA R. 37
LA MESA M. 503
LANGONE L. 699
LAVISTA F. 451
LAZZARA L. 655
LEONARDI M. 37 221
LICANDRO P. 667
LUCCHINI F. 525
LUCHETTA A. 37
LUGLIÉ A. 201 287
MANCA B. 287 421
MARTINOTTI W. 143
MASSI L. 451
Mc KENZIE K. G. 681
MEDICEI F.S. 487
MEES J. 295
MELLEY A. 513
MELONI R. 389
MENOZZI P. 681
MILANI L. 333
MISEROCCHI S. 619
MISIC C. 355
MONASSI M. 53 375
MONTI M. 441
MORGIGNI M. 277 603
MORI G. 451
MORRI C. 277 603
MOWBRAY S. 23
NAIR R. 65
NICCHIOTTI G. 47
NIDIACI L. 451
NOCENTINI A.M. 177
NUCCIO C. 451 655
OCCHIPINTI AMBROGI A. 253
OSSOLA C. 667

OTTAVIANI E. 47
PAGNOTTA R. 345
PANO N. 3
PANSINI M. 327 603
PAPA L. 47 77
PARIS G. 117 265
PEIRANO A. 277
PELLEGRINI D. 367 619
PICCAZZO M. 587
PISTEK P. 87
POGGI F. 587
POLETTI R. 525
POLIMENI R. 37
POVERO P. 53 643
PRIMICERIO R. 253
PRICE N.B. 23
PRONZATO R. 327
PUDDU A. 345
RABBI E. 525
RAICICH F. 37
RAVAIOLI M. 699
RIDERÀ D'ALCALÀ M. 53 375
ROLLA A. 167
ROSSETTI G. 117 265
ROSSI G. 65
ROSSI V. 117 681
SAGGIOMO V. 53 375
S ALLEO A. 13
SALVATORI L. 603
SANDULLI R. 277
SARÀ M. 327
SCONFIETTI R. 403 477
SECHI N. 201 287
SEI S. 117
SENES L. 603
SETTI M. 575
SGORBINI S. 277 603
SILVESTRI C. 277
SPAGNOLI F. 367
SPARLA M. P. 307
SPARNOCCHIA S. 87
SPEZIE G. 155
SPOTORNO M. 233
TERRANOVA R. 245
TRAMONTANO M.A. 53 375
TUCCI S. 575
TUNESI L. 413 603
VACCHI M. 413 503
VIAROLI P. 117 265
VINCX M. 295
WELKER C. 431 441
ZANGAGLIA A. 53 375
ZANOLI S. 367
ZOPPINI A. 345
ZUNINI SERTORIO T. 667

ATTI

DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA

di

OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

(A.I.O.L.)

(dal 1 Gennaio 1991 al 31 Dicembre 1992)

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA

SANTA MARGHERITA LIGURE, 23 APRILE 1991

Il giorno 23 aprile 1991, alle ore 10.00, si riunisce il Consiglio di Presidenza dell'Associazione presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine, in Santa Margherita Ligure, per discutere il seguente Ordine del giorno:

1. Comunicazioni del Presidente
2. Situazione Patrimoniale
3. Assemblea Generale dei Soci 1991
4. Varie ed eventuali

Sono presenti il Presidente N. Della Croce, i Consiglieri G. Albertelli, W. Ambrosetti, G. Catalano, P. Giordani, M. Piccazzo ed il Segretario-Tesoriere R. Cattaneo-Vietti. Assente giustificato G.P. Fanzutti.

1. Comunicazioni del Presidente

1.1. Associazione ed Informazione

Il Presidente sottolinea la necessità di una maggiore partecipazione dell'AIOL ad una più corretta informazione su argomenti di pertinenza attraverso gli organi di stampa ed mass media. Viene pertanto auspicato che l'Associazione, attraverso il suo Consiglio di Presidenza, si pronunci ufficialmente quando ritiene che siano state diffuse informazioni scientificamente scorrette. Si propone pertanto di chiedere ai Soci di segnalare al Consiglio di Presidenza ogni caso di disinformazione che possa apparire sulla stampa di loro conoscenza. Il Consiglio di Presidenza, una volta informato, deciderà se preparare o meno un comunicato stampa da inviare all'Ansa per rettificare e/o commentare, a nome dell'AIOL, la disinformazione.

Il Consigliere Ambrosetti fa notare che, per quanto riguarda le acque interne, l'Istituto di Pallanza svolge già tale ruolo ed è in contatto con la redazione di vari quotidiani.

Si decide pertanto che le notizie riguardanti le acque interne dovranno essere inviate a W. Ambrosetti (Pallanza), e quelle relative alle acque marine direttamente al Segretario. Dovranno raggiungere il Segretario anche i comunicati stampa che l'Istituto di Pallanza intende inviare alla redazione dei quotidiani a nome del Consiglio di Presidenza dell'Associazione.

A tale scopo verrà inviata a tutti i Soci una lettera per sollecitarli in quest'azione di più corretta informazione.

Sempre per meglio definire il ruolo della Associazione a livello nazionale ed affermare le competenze scientifiche dei suoi Soci, il Consiglio di Presidenza dà mandato al Presidente di scrivere un articolo sui rapporti tra ricerca scientifica sull'ambiente marino, informazione ed associazioni protezionistiche, mettendo in evidenza le varie funzioni e denunciando la confusione di ruoli che è oggi presente in Italia. L'articolo, una volta sottoposto al Consiglio di Presidenza, verrà poi inoltrato a quotidiani e settimanali nazionali con preghiera di pubblicazione.

1.2. Sede legale dell'Associazione

Viene dato mandato al Consigliere P. Giordani di aprire la partita IVA dell'Associazione presso l'ufficio IVA di Bologna, in quanto sede legale, e di recuperare l'atto costitutivo dell'Associazione presso il notaio Dr. Aldo Vico, verificando la possibilità di

trasferire la sede legale dell'Associazione a S. Margherita Ligure, presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine, in modo da poter riunire in un'unica sede tutti i documenti ed i volumi di sua proprietà.

Il Consiglio di Presidenza invita i Soci D. Bregant e R. De Bernardi, che hanno ancora in deposito presso i rispettivi Istituti di appartenenza volumi arretrati degli Atti di vari Congressi, di attendere la prossima Assemblea Generale dove si deciderà la loro definitiva collocazione (Titolo IV - Art. 4 del Regolamento).

2. Situazione patrimoniale

Il Consigliere Ambrosetti, in qualità di Segretario-Tesoriere uscente, presenta la situazione patrimoniale dell'Associazione a tutto il marzo 1991, non ancora approvata dai Revisori dei Conti, come risulta dal verbale del 18 dicembre 1990.

La situazione patrimoniale può così essere riassunta:

Lit. 16.486.174 su c/c Cariplo a Pallanza
Lit. 13.343.146 su c/c Cassa Risparmio Trieste
Lit. 1.330.027 su c/c CARICE a S. Margherita Ligure
L'attivo al 23.4.1991 risulterebbe pertanto di oltre 31 milioni.

Tale bilancio è ancora provvisorio in quanto non si è ancora chiuso l'esercizio precedente su cui gravano i costi di stampa degli Atti del 9° Congresso, curati dai Soci G. Albertelli, W. Ambrosetti e M. Piccazzo.

Si decide comunque di unificare tutti i depositi presso la Cassa di Risparmio di Genova (CARIGE) in S. Margherita Ligure, Agenzia 141.

3. Assemblea Generale dei Soci

Il Consiglio di Presidenza, deciso che l'Assemblea Generale si terrà nella prima quindicina di ottobre, prende atto che sono state proposte come sedi, nell'ordine, Lecce, Bologna e Trieste. Il Consiglio di Presidenza da mandato al Consigliere W. Ambrosetti di contattare direttamente il Socio Magazzù allo scopo di approfondire la sua proposta. Il Presidente riferisce che all'Assemblea potrebbe essere invitato il Direttore dell'Istituto di Oceanografia dell'Accademia delle Scienze di Tirana (Albania) nell'ambito di una proposta di scambi culturali in corso di definizione.

4. Varie ed Eventuali

4.1. Iscrizione all'International Council of Scientific Union (ICSU)

Si ritiene opportuno che l'Associazione sia iscritta alle Union di pertinenza che compongono l'ICSU. Il Presidente prenderà contatti per quanto riguarda la IUBS ("International Union of Biological Sciences"), mentre per le altre componenti dell'Associazione sarà necessario approfondire il problema.

4.2. Corso di Formazione Ambientale

Il Presidente illustra la possibilità che l'Associazione possa organizzare nel suo ambito un Corso di Formazione ambientale ad indirizzo marino ed auspica una discussione su tale argomento alla prossima Assemblea.

4.3. Indirizzario Soci

La prossima Assemblea dovrà pronunciarsi in merito alla pubblicazione di un Indirizzario Soci, che eventualmente includa anche lo Statuto ed il Regolamento dell'AIOL.

4.4. Eventuale Congresso Congiunto AIOL-SIBM

Il Presidente riferisce che il Presidente della SIBM, Prof. G. Relini, lo ha ufficiosamente contattato per verificarc la possibilità di organizzare un Congresso congiunto nel 1992. Il Consiglio di Presidenza, pur riconoscendo la necessità di una maggiore e fattiva collaborazione tra le due Associazioni, ritiene prematura la proposta.

4.5. Partecipazione al Convegno "Ecosistema Stretto di Messina"

Il Presidente informa di aver rappresentato, su invito, l'Associazione al recente Convegno "L'ecosistema Stretto di Messina" tenutosi a Messina dal 4 al 16 aprile u.s. In tale occasione ha avuto la possibilità di far presente al Ministro Ruberti le difficoltà e le necessità dell'oceanografia italiana.

Esauriti gli argomenti all'ordine del giorno la seduta è tolta alle ore 13.00.

Il Presidente — Il Segretario

(Norberto Della Croce) — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA

SANTA MARGHERITA LIGURE, 1 LUGLIO 1991

Il giorno 1 luglio 1991, alle ore 15.00, si riunisce il Consiglio di Presidenza dell'Associazione presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine, in Santa Margherita Ligure, per discutere il seguente Ordine del giorno:

1. Assemblea Generale dei Soci
2. Aspetti amministrativi e di gestione dell'Associazione
3. Varie ed eventuali

Sono presenti il Presidente N. Della Croce, i Consiglieri G. Albertelli, G. Catalano, G.P. Fanzutti, P. Giordani, M. Piccazzo ed il Segretario-Tesoriere R. Cattaneo-Vietti. Assente giustificato W. Ambrosetti.

1. Assemblea Generale dei Soci

Dopo un'ampia discussione, il Consiglio di Presidenza decide di riunire l'Assemblea Generale dei Soci a Lecce, il giorno 24 ottobre p.v. su invito del Socio G. Magazzù. Si attende comunque, prima di inviare ai Soci la nota informativa, una lettera ufficiale dell'Università di Lecce.

Il Programma della giornata sarà così articolato:
- ore 9.30: I Professori N. Della Croce, A. Brambati e F. Faranda presenteranno i diversi aspetti dell'attività di ricerca svolta e tutt'ora in corso nello Stretto di Magellano da parte delle unità operative partecipanti.
- ore 15: ASSEMBLEA GENERALE DEI SOCI.
- Per il giorno successivo è prevista una visita all'Istituto Talassografico di Taranto, organizzata da S. Ceraci, Direttore dell'Istituto. Si è in attesa di una sua lettera ufficiale.
- Nei due giorni immediatamente precedenti l'Assemblea si terrà invece un Seminario su "Aree Subantartiche" organizzato dal Prof. Magazzù ed al quale i Soci AIOL sono invitati.

Ordine del Giorno dell'Assemblea Generale. Il Consiglio di Presidenza approva il seguente O.d.G. da porre in discussione all'Assemblea Generale.

1. Comunicazioni del Presidente
2. Sede ed Organizzazione del prossimo Congresso AIOL
3. Approvazione dei nuovi Soci. Discussione sui Soci morosi
4. Stampa di un Indirizzario Soci con Statuto e Regolamento
5. Ipotesi di modifica dello statuto per meglio definire la figura del Socio junior
6. Corso di formazione ambientale organizzato dall'AIOL
7. Iscrizione AIOL al 1CSU
8. Proposta che l'Associazione, su richiesta dei Soci interessati, si faccia promotrice con SIBM e SITE, di attività promozionali nel campo universitario e non (materie concorsuali, cattedre di la e 2a fascia, posti di ricercatori, ecc.)
9. Ipotesi di cambiamento della sede legale dell'Associazione e deposito dei beni e dei documenti societari in un'unica sede
10. Relazione finanziaria del precedente esercizio 1989-90.

2. Aspetti amministrativi e di gestione della Associazione

2.1. Iscrizione IVA

Il Consigliere P. Giordani riferisce circa la possibilità di aprire la partita IVA presso l'Ufficio competente a Bologna (sede legale della Società). Il Consiglio all'unanimità decide di regolarizzare la posizione fiscale dell'Associazione e da mandato al Segretario perché prenda contatto con il Rag. Fanti di Bologna per gli atti del caso.

2.2. Pubblicazione Atti 9° Congresso

Il Consigliere M. Piccazzo informa il Consiglio sulla pubblicazione degli atti del 9° Congresso. Lamenta che alcuni Soci, anche dopo numerose sollecitazioni, non abbiano ancora mandato la versione definitiva del loro intervento. Si decide di chiudere il volume nel dicembre 1991 per poterlo distribuire durante il congresso 1992.

Si approva il preventivo di spesa di stampa degli atti presentato dalla Ditta Lang di Genova che prevede un costo massimo di spesa, per 500 volumi, di Lit. 15.450.000 (IVA esclusa).

Per quanto riguarda gli estratti, che saranno venduti agli Autori al prezzo di Lit. 2.000 cadauno, nel caso in cui si superino le 6 pagine (dodici facciate) gratuite, sarà richiesto un sovraprezzo di Lit. 100.000 a pagina (IVA esclusa).

2.3. Posizione Soci morosi

Il Consiglio, preso atto di quanto deciso nell'Assemblea Generale del 22 novembre 1990 nel corso del 9° Congresso dell'Associazione, dà mandato al segretario di depennare i Soci morosi da più di sei anni. Di tale decisione i Soci saranno avvisati per lettera.

3. Varie ed eventuali

Il Consiglio di Presidenza, per discutere la possibilità di svolgere una comune attività promozionale in ambito universitario e di altri Enti di Ricerca, in collaborazione con le altre Società Scientifiche del settore (SITE, SIBM), da mandato al Presidente di sollecitare un incontro con i vari Direttivi.

Viene data lettura della "lettera aperta" da inviare ai giornali ed Autorità, preparata dal Presidente e dal Segretario, dal titolo: "Mare: ricerca e politica ambientale". I singoli Consiglieri si impegnano, entro e non oltre il 20 luglio, di far conoscere eventuali modiche al testo. La lettera sarà firmata a nome del Consiglio di Presidenza dell'Associazione.

Il Consiglio di Presidenza, su richiesta, da il patrocinio dell'AIOL al Congresso "Mediterranean Seas 2000", organizzato dall'Istituto di Scienze Ambientali Marine a S. Margherita Ligure nel settembre 1991, ed al Simposio sulle "Aree subantartiche" di Lecce (ottobre 1991).

Il Segretario da lettura della lettera del Socio D. Bregant il quale informa di aver provveduto ad estinguere i conti correnti intestati all'Associazione aperti presso la Banca di Trieste e di averli trasferiti presso il conto corrente di S. Margherita Ligure. Il Segretario ancora avvisa i consiglieri che lo stesso è avvenuto per quanto riguarda i fondi che giacevano a Pallanza.

Esauriti gli argomenti all'ordine del giorno la seduta è tolta alle ore 18.00.

Il Presidente — Il Segretario

(Norberto Della Croce) — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELL'ASSEMBLEA GENERALE DEI SOCI

LECCE, 23 OTTOBRE 1991

Il giorno 23 ottobre 1991 alle ore 15.00 nell'Aula Ferrari, gentilmente concessa dall'Università degli Studi di Lecce, si riunisce l'Assemblea Generale dell'Associazione per discutere il seguente ordine del giorno:

1. Commemorazione del Prof. Leopoldo Trotti
2. Chiusura del Bilancio del biennio 1989-90
3. Approvazione definitiva del verbale dell'Assemblea di S. Margherita Ligure del 22 novembre 1990
4. Relazione del Presidente
5. Attività promozionali dell'Associazione
6. Relazione del Segretario-Tesoriere
7. Approvazione dei nuovi Soci e discussione sui Soci morosi
8. Sede e data del prossimo Congresso
9. Stampa di Indirizzario Soci con Statuto e Regolamento
10. Proposta di modifica dello Statuto (Art. 3 ed Art. 4)
11. Corso di formazione ambientale organizzato dall'AIOL
12. Varie ed eventuali

Sono presenti 26 Soci con diritto al voto (+ 11 deleghe), per un totale di 37 Soci.

Il Presidente N. Della Croce dopo un breve saluto ai Soci convenuti, ringrazia vivamente tutti coloro che hanno contribuito all'organizzazione dell'Assemblea, ed in particolare il Preside della Facoltà di Scienze, Prof. S. Mongelli, il Direttore del Dipartimento di Biologia, Prof. G. Dalessandro, il Prof. C. Storelli, ed i Soci G. Magazzù e F. Boero, tutti dell'Università di Lecce. Un particolare ringraziamento anche ai Soci A. Brambati e F. Faranda che, in mattinata, avevano presentato all'Assemblea un dettagliato resoconto delle attività scientifiche svolte dal Programma Nazionale di Ricerca in Antartide durante le diverse campagne condotte nelle aree subantartiche (Magellano, Patagonia, Magdalena e Canale Beagle).

1. Commemorazione del Prof. Leopoldo Trotti

Successivamente il Presidente da la parola al Socio A. De Maio per la commemorazione del Prof. Leopoldo Trotti, già Direttore dell'Istituto Sperimentale Talassografico di Trieste e recentemente scomparso. L'Assemblea, su invito del Presidente, osserva un minuto di silenzio alla Sua memoria.

2. Chiusura del Bilancio del biennio 1989-90

Il Presidente invita W. Ambrosetti, Segretario-Tesoriere del biennio precedente (1989-90), a presentare il rendiconto finanziario relativo a quel biennio, che non era stato approvato nell'Assemblea di S. Margherita Ligure in quanto l'esercizio, in quella data, non era stato ancora chiuso.

Vengono proposti e nominati quali Revisori dei Conti i Soci, D. Bregant e S. Fonda Umani che, insieme a W. Ambrosetti, si ritirano per esaminare i documenti relativi.

3. Approvazione definitiva del verbale dell'Assemblea di S. Margherita Ligure del 22 novembre 1990

I Revisori dei Conti, D. Bregant e S. Fonda Umani, rientrati in sala, propongono di approvare il bilancio 1989-90 (qui riportato) che andrà a far parte integrante del verbale dell'Assemblea del 22 novembre 90. L'Assemblea approva all'unanimità.

BILANCIO FINANZIARIO AIOL 1989-90

ENTRATE

Residuo gestione precedente	Lit.	22.665.856
Quote Sociali	Lit.	5.433.000
Iscrizione IX Congresso	Lit.	13.800.000
Contributo Ditte Espositrici	Lit.	3.000.000
Interessi bancari	Lit.	807.936
Totale	Lit.	45.706.792

USCITE

Spese tipografiche	Lit.	1.859.960
Spese postali, carta, fotocopie	Lit.	2.575.420
Organizzazione 9° Congresso	Lit.	7.025.365
Rimborso spese relatori	Lit.	1.694.000
Cena sociale	Lit.	1.340.000
Spese bancarie	Lit.	52.700
Totale	Lit.	14.547.445
Avanzo di esercizio:	Lit.	31.159.347

4. Relazione del Presidente

Il Presidente ringrazia ancora una volta i convenuti e ricorda brevemente le iniziative recenti a cui l'ATOL ha dato il suo patrocinio: il Simposio "Mediterrancan Seas 2000" organizzato dall'ISAM e che ha visto riuniti a S. Margherita Ligure i maggiori esperti mondiali delle scienze del mare. Un secondo convegno organizzato sotto l'egida dell'AIOL è quello relativo alle "Aree Subantartiche", appena conclusosi a Lecce e sul quale i Soci F. Faranda e A. Brambati avevano in mattinata relazionato i Soci. Ancora viene ricordato il 2° Simposio Internazionale sull'Ecologia Microbica del Mar Mediterraneo di Taormina (13-16 novembre 1991) e il Convegno "L'ecosistema Stretto di Messina" tenutosi a Messina dal 4 al 16 aprile 1991.

Successivamente il Presidente ricorda di aver scritto a tutti i Soci una lettera in cui si denunciava la scarsa attendibilità delle informazioni scientifiche che appaiono sulla stampa e sui mass media in genere e si sollecitava, da parte degli iscritti, un'azione di controllo e denuncia delle disinformazioni più gravi. Purtroppo a tale lettera non è seguita alcuna risposta. Tale disinteresse è certamente un indice dello stato di malessere che pervade i Soci, i quali dovrebbero far sentire maggiormente la loro presenza e quindi avere maggior "peso" a livello nazionale. Uno degli scopi dell'AIOL, infatti, è proprio quello di interpretare le esigenze della ricerca oceanologica e limnologica italiana, svolgendo un'azione di promozione sia a livello del mondo scientifico e politico che dell'opinione pubblica.

Tra i vari argomenti toccati dalla relazione del Presidente suscita un vivace dibattito quello riguardante la situazione della navi oceanografiche a disposizione della comunità scientifica italiana. Dopo una breve discussione, cui partecipano, tra gli altri, F. Faranda, A. Brambati, D. Bregant e N.Della Croce, viene approvata - per cercare di risolvere al-meno temporaneamente l'annoso problema - la proposta di F. Faranda. Questa si traduce nel prendere contatti con l'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste per verificare la possibilità che la n/o Explora possa, con trasformazioni temporanee, essere utilizzata anche da altre Unità Operative; ed ancora nei verificare la possibilità di noleggiare a tempi lunghi la n/o "Cariboo", noleggio che potrebbe essere gestito dall'ENEA.

L'Assemblea da mandato ai Soci A. Brambati e F. Faranda di sottoporre tali proposte al MURST, all'OGS, all'ENEA ed al CNR per i vari aspetti che coinvolgono direttamente o indirettamente tali Enti.

5. Attività promozionali dell'Associazione

Viene data lettura del documento preparato dal Prof. A. Moroni, Presidente della SITE (Società Italiana di Ecologia) in cui, riassumendo, si propone la costituzione di un "Gruppo di lavoro interassociativo" denominato RIFOSEU tra la SIBM (Società Italiana di Biologia Marina), la SITE e l'AIOL, allo scopo di studiare la possibilità di una Federazione che diventi un effettivo punto di coagulo delle esigenze della ricerca e della didattica ambientale italiana.

Il documento RIFOSEU suscita un'ampia ed articolata discussione, a cui prendono parte, tra gli altri, F. Faranda, D. Bregant, G. Catalano, F. Boero, O. Ferretti, N. Della Croce. Da più parti si sente l'esigenza di aprire tale gruppo di lavoro alla componente non universitaria della ricerca anche perché CNR, ENEA ed altri Enti potrebbero dare un contributo alla formazione. Si auspica, in linea generale, un miglior coordinamento tra le varie iniziative dell'Associazione e delle altre Società ed una maggiore attenzione all'inter-displinarità delle ricerche condotte in campo ambientale.

L'Assemblea, dopo aver preso in esame il documento RIFOSEU, dà mandato al Consiglio di Presidenza di discuterlo collegialmente insieme alle altre Associazioni nel corso di un incontro promosso dalla SITE, valutare quanto proposto dalle altre Società e di relazionare alla prossima Assem-blea. Inoltre viene dato mandato di proporre, durante la riunione collegiale, la costituzione di un "Gruppo Nazionale su analisi e gestione del sistema acquatico", riservato agli strutturati di qualsiasi Ente di ricerca.

6. Relazione del Segretario-Tesoriere

Il Segretario-Tesoriere R. Cattaneo-Vietti informa l'Assemblea che il Consiglio di Presidenza ha provveduto le formalità necessario per l'attribuzione del Codice Fiscale dell'Associazione (C.F.: 92027530374) grazie all'interessamento del Consigliere P. Giordani ed all'azione del Rag. Gianluigi Fanti (Via Garibaldi 1, 40124 Bologna) che vengono pubblicamente ringraziati. Tale Codice Fiscale potrà essere utilizzato dall'Asso-ciazione solo nell'ambito della propria attività istituzionale (essenzialmente scientifica e promozionale), mentre qualora l'Associazione inizi a svolgere attività "commerciali" (acquisto e vendita di beni) dovrà essere richiesta l'attribuzione della partita IVA ed attivate le regolari contabilità.

Il Tesoriere relaziona sulla situazione socio-finanziaria fino al 20 ottobre 1991.

A tale data risultano iscritti 320 Soci, di cui 83 morosi. Numerosi sono stati i Soci che, in seguito alla lettera di sollecito, hanno regolato le loro pendenze amministrative, permettendo un recupero di oltre Lit. 1.000.000 di quote arretrate.

Il Segretario rende noto che è stato aperto un Conto Corrente Bancario (n. 7892/80) presso la Cassa di Risparmio di Genova ed Imperia (Ag. 141) di S. Margherita Ligure in

cui sono state versate le somme societarie ancora disponibili presso le sedi dei Presidenti precedenti: R. De Bernardi (Pallanza) ha versato Lit. 16.000.000 in data 10 giugno 1991; D. Bregant (Trieste) ha versato Lit. 14.159.701 in data 8 luglio 1991 ed infine G. Albertelli (Organizzatore 9° Congresso) ha versato Lit. 1.502.215.

BILANCIO PARZIALE 1991

Disponibilità di cassa al 31.7.91	Lit.	31.661.916

ENTRATE (al 20.10.91)

Quote sociali al 20.10.91(70 Soci)	Lit.	3.145.000
Totale.	Lit	34.806.916

USCITE (al 20.10.91)

Francobolli	Lit.	487.500
Cancelleria	Lit.	55.000
Tipografia	Lit.	737.800
Spese bancarie	Lit.	22.188
Totale	Lit.	1.302.488
Disponibilità di cassa (20.10.91)	Lit.	33.504.428

Inoltre si ricorda che l'Associazione aspetta un contributo di Lit. 5.000.000 dal CNR (già assegnato), di Lit. 1.000.000 dalla Società Idronaut e di Lit. 1.000.000 dalla Società Veronese per il 9° Congresso, contributi che saranno utilizzati per la stampa degli Atti del Congresso di S. Margherita Ligure. A tal proposito si rammenta che per la stampa di 500 volumi di questi Atti il Consiglio di Presidenza, in data 1 luglio 1991, ha approvato il preventivo di spesa presentato dalla Ditta Lang di Genova di Lit. 15.450.000 (IVA esclusa).

7. Approvazione dei nuovi Soci e discussione sui Soci morosi

Si procede alle lettura delle domande pervenute per l'ammissione di nuovi Soci.

Chiedono di essere ammessi come Soci Attivi (11):

Barbieri Marco	presentato da Cattaneo e Balduzzi
Bavestrello Giorgio	presentato da Balduzzi e Pansini
Carrada Gian Carlo	presentato da Faranda e Cattaneo
Corriere Giuseppe	presentato da Cattaneo e Pansini
Focardi Silvano	presentato da Della Croce e Cattaneo
Giangrande Adriana	presentato da Gambi e Boero
Martinotti Walter	presentato da Guzzi e Ciceri
Povero Paolo	presentato da Della Croce e Fabiano
Rossi Loreto	presentato da Della Croce e Boero
Senes Lorenzo	presentato da Cattaneo e Balduzzi
Zagami Giacomo	presentato da Bruni e Crisafi

Chiedono di essere ammessi come Soci Associati (2):

Lenardon Giovanni	presentato da Fonda Umani e Catalano
Vaccarezza Claudia	presentato da Zunini Sertorio e Fabiano

Chiedono di essere ammessi come Soci Juniores (15):

Angelini Stefano	presentato da Cananeo e Balduzzi
Casarino Bruno	presentato da Albertelli e Tufano
Celio Massimo	presentato da Fonda Umani e Colantoni
Cerrano Carlo	presentato da Cattaneo e Balduzzi
Chiantore Maria Chiara	presentato da Albertelli e Fabiano
Levi Alberto	presentato da Zunini-Scrtorio e Fabiano
Licandro Priscilla	presentato da Della Croce e Cattaneo
Knoop Miryam	presentato da Albertelli e Fabiano
Mantelli Fabrizio	presentato da Albertelli e Della Croce
Misic Cristina	presentato da Fabiano e Albertelli
Olivari Enrico	presentato da Della Croce e Cattaneo
Ossola Carlo	presentato da Albertelli e Della Croce
Ricci Francesca	presentato da Zunini-Sertorio e Albertelli
Riva Teresa	presentato da Giussani e Ambrosetti
Vallarino Lorenzo	presentato da Albertelli e Della Croce

L'Assemblea approva all'unanimità, richiedendo però i Soci attivi, conformemente alle norme statutarie, un curriculum personale.

Nel 1991 i seguenti Soci hanno dato le dimissioni: F. Bianchi, P. Madoni, R. Muratori, G. Raspi, A. Renzoni, S. Stura, M. Torchio, T. Valente.

L'Assemblea da incarico al Segretario di avvisare i Soci morosi da più di quattro anni al 1991 che saranno depennati se non provvederanno a regolare la loro posizione a breve giro di posta.

8. Sede e data del prossimo Congresso

Il Presidente informa l'Assemblea di aver preso contatti con il Comune di Alassio (Riviera Ligure di Ponente) per verificare la possibilità di organizzare in quella città il prossimo Congresso. Dopo una breve discussione la Sede proposta viene accettata mentre sulla data viene dato mandato al Consiglio di Presidenza di sceglierla tenendo conto dei diversi impegni (Antartide, CIESM, ecc.) che sono già in calendario per il 1992.

9. Stampa di Indirizzario Soci con Statuto e Regolamento

Su proposta del Segretario si decide di stampare un indirizzario-soci, contenente anche lo Statuto ed il Regolamento. Tutti i Soci sono invitati a collaborare segnalando alla Segreteria cambiamenti di indirizzi e di numeri telefonici.

10. Proposta di modifica dello Statuto (Art. 3 ed Art. 4)

Da diversi contatti risulta che non vi sarebbero difficoltà nella Sede attuale a spostare la Sede medesima dell'Associazione da Bologna a S. Margherita Ligure. Peraltro, in caso di referendum favorevole, il Presidente sottolinea la possibilità di

confluenza dell'AIOL in un Ente Morale già esistente e la cui sede è presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine. Tale operazione, trasformando di fatto l'AIOL in un Ente Morale, potrebbe conferire altra immagine all'Associazione stessa. Il Presidente fa presente all'Assemblea che il trasferimento della Sede legale della Associazione da Bologna (Art. 3) a S. Margherita Ligure (presso l'Istituto di Scienze Ambientali dell'Università di Genova) potrebbe risolvere, tra l'altro, il problema dei documenti e dei volumi di proprietà dell'Associazione oggi sparsi presso diverse Sedi (Trieste, Pallanza, Bologna, Genova).

Il Segretario-Tesoriere fa presente come lo statuto (Art. 4) preveda la figura del Socio Junior (riservata a studenti) senza però porre un limite di tempo o di età. Il Segretario propone una modifica allo Statuto che limiti a 3 anni tale figura per ogni singolo Socio. Passati i tre anni, il Socio sarebbe messo d'ufficio nella figura di Socio attivo o associato, a seconda dei casi.

Per Statuto, una proposta di modifica dello Statuto stesso, deve essere sottoposta a referendum tra tutti i Soci in regola con le quote sociali (Art. 18). L'Assemblea autorizza il Consiglio di Presidenza ad indire il referendum sia per il primo che per il secondo punto.

11. Corso di formazione ambientale organizzato dall'AIOL

Il Presidente informa l'Assemblea che la "Società Geografica Italiana" organizza un Corso di formazione ambientale e si domanda se un'iniziativa del genere non potrebbe nascere nell'ambito dell' AIOL.

F. Faranda propone di incaricare il formando "Gruppo Nazionale su analisi e gestione del sistema acquatico" di valutare tale possibilità operativa. Lo stesso F. Faranda propone, nell'ambito delle attività di tale gruppo, un progetto di censimento degli stagni e della lagune in Italia.

12. Varie ed eventuali

Il Segretario legge una lettera del Socio Voltolina, da diversi anni ricercatore presso il CICESE di Baja California, in cui si rende noto delle difficoltà organizzative in cui versa una nota rivista scientifica italiana. L'Assemblea, prendendone atto, fa presente che il problema è generalizzato ed appare di difficile soluzione in quanto gran parte delle riviste scientifiche italiane sono affidate alla buona volontà dei singoli ricercatori e quasi sempre manca una base logistica di tipo professionale.

Il Presidente informa l'Assemblea che, a titolo personale, è stato invitato al Simposio "Coastal Area of Albania", tenutosi a Tirana il 4-5 luglio 1991. In quell'occasione, in un incontro con il Segretario dell'Accademia delle Scienze, si è prospettata una possibilità di collaborazione nel campo della ricerca oceanografica tra Italia ed Albania. D. Bregant informa l'Assemblea che l'Istituto Talassografico di Trieste è al corrente del progetto, ma che nulla di definitivo è stato deciso.

L'Assemblea fa presente che i ricercatori afferenti all'Associazione sono interessati e disponibili a sviluppare tale collaborazione internazionale nell'ambito delle loro competenze. F. Faranda propone di dar mandato al Presidente di scrivere in tal senso sia all'Accademia delle Scienze di Tirana che all' Ambasciatore G. Santoro, Direttore Generale dell'Ufficio Cooperazione allo sviluppo del Ministero degli Affari Esteri. L'Assemblea approva all'unanimità.

Esauriti gli argomenti all'O.d.g., alle ore 17.30, l'Assemblea viene sciolta.

Il Presidente — Il Segretario

(Norberto Della Croce) — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA

SANTA MARGHERITA LIGURE, 31 GENNAIO 1992

Il giorno 31.1.1992, alle ore 10.00, si riunisce il Consiglio di Presidenza dell'Associazione presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine, in S. Margherita Ligure, per discutere il seguente Ordine del giorno:

1. Congresso Nazionale
2. Referendum
3. Varie ed eventuali

Sono presenti il Presidente N. Della Croce, i Consiglieri G. Albertelli, W. Ambrosetti, G. Catalano, G.P. Fanzulti, P. Giordani, M. Piccazzo ed il Segretario-Teso-riere R. Cattaneo- Vietti.

1. Congresso Nazionale

Come era già emerso durante l'Assemblea Generale di Lecce, si conferma la decisione di organizzare il 10° Congresso dell'Associazione ad Alassio il 4-6 novembre 1992 presso la Sala Hanbury, gentilmente concessa dal Comune.

Il Comitato Organizzatore viene così definito: N. Della Croce (Presidente), G. Albertelli (Messina), A. Balduzzi (Genova), R. Cattaneo-Vietti (Genova), N. Drago (Genova), M. Piccazzo (Genova).

La Segreteria Scientifica sarà tenuta presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine di Santa Margherita Ligure da: R. Danovaro, S. Fraschetti, M. Petrillo e P. Povero.

Si conferma il desiderio di non proporre tematiche particolari, ma di lasciare libertà ai Soci di presentare i loro lavori, ferma restando la tradizione di invitare cinque relatori, italiani e/o stranieri, su tematiche d'ampio respiro nei vari settori della ricerca oceanologica e limnologica.

A tale scopo viene dato mandato a G. Catalano, W. Ambrosetti, N. Della Croce e P. Giordani di contattare personalmente personalità scientifiche rispettivamente nei vari campi della chimica, fisica, biologia e geologia. Sarà inoltre invitato il Prof. Niko Pano (Accademia delle Scienze di Tirana) anche per approfondire la possibilità di eventuali rapporti scientifici tra l'Italia e l'Albania.

N. Della Croce sottolinea inoltre la necessità di aprire un dibattito sul tema: "Ricerca ambientale e mass media" al quale saranno invitati giornalisti specializzati.

L'Assemblea Generale dei Soci è fissata nel pomeriggio del 5 novembre 1992.

Una gita sociale ai Balzi Rossi sarà effettuata sabato 7 novembre, se verrà raccolto un sufficiente numero di adesioni.

Le quote d'iscrizione sono così fissate: Lit. 100.000 lire per i Soci attivi ed associati, Lit. 10.000 lire per i Soci juniores.

Come è consuetudine al Congresso saranno offerti a pagamento (Lit. 1.000.000 a m^2), spazi espositivi per le varie Ditte del settore. La data ultima d'iscrizione e di presentazione dei riassunti al Congresso viene fissata al 31 luglio 1992. Si ribadisce inoltre che in mancanza della presentazione del testo definitivo per la pubblicazione degli atti alla data di scadenza (31 marzo 1993) verranno pubblicati i riassunti.

Il Presidente informa il Consiglio che, in occasione del Congresso, il Circolo Nautico di Alassio ha deliberato di bandire il "Premio Maria Rosa Cattaneo" di tre milioni di lire

alla miglior tesi di soggetto oceanologico il cui Autore si sia laureato nell'Anno Accademico 1990-91 riportando una votazione di almeno 110/110.

Il vincitore di tale premio, che desidera ricordare la figura di una giovane ricercatrice di Alassio Socia dell'AIOL e del Circolo, prematuramente scomparsa, dovrà passare un breve periodo di studio presso un Istituto di ricerca estero di sua scelta.

Il bando del concorso sarà inviato a tutti i Soci ATOL ed ai Presidi delle Facoltà di Scienze di tutte le Università Italiane. I concorrenti dovranno inviare entro il 31 luglio 1992 alla Presidenza dell'AIOL una copia della loro tesi di laurea, un Certificato di laurea con le votazioni di tutti gli esami (in carta semplice) ed una lettera di eventuale accettazione da parte dell'Istituto di ricerca prescelto.

La Commissione del Concorso sarà composta dal Consiglio di Presidenza dell'AIOL, affiancato da un rappresentante indicato dal Circo Nautico di Alassio.

2. Referendum

Viene presentata, discussa ed approvata la scheda referendaria necessaria allo svolgimento del referendum sulle eventuali modifiche da apportare agli arti. 3 e 4 dello Statuto.

In ottemperanza allo Statuto, la scheda referendaria sarà inviata ai soli Soci in regola con le quote sociali almeno a tutto il 1990. Si decide che il termine ultimo di votazione sia il 30 aprile 1992.

3. Varie ed Eventuali

Si decide di esprimere la riconoscenza dell'AIOL al Rag. Fanti di Bologna che si è gratuitamente offerto di occuparsi delle formalità necessarie per l'attribuzione del Codice Fiscale dell'Associazione.

Esauriti gli argomenti all'ordine del giorno, la seduta è tolta alle ore 16.00.

Il Presidente — Il Segretario

(Norberto Della Croce) — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA

GENOVA, 14 APRILE 1992

Il giorno 14 aprile 1992, alle ore 10.00, si riunisce il Consiglio di Presidenza dell'Associazione presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine in Genova, per discutere il seguente Ordine del giorno:

1. Spoglio Schede Referendum
2. Decisioni riguardo al Programma di Collaborazione internazionale Italia-Albania
3. Risposta a proposta SITE-SIBM-AIOL
4. Varie ed eventuali

Sono presenti il Presidente N. Della Croce, i Consiglieri G. Albertelli, G. Catalano, P. Giordani, M. Piccazzo ed il Segretario-Tesoriere R. Cattaneo-Vietti. Assenti giustificati: W. Ambrosetti e G.P. Fanzutti.

1. Spoglio Schede Referendum

Il Segretario informa il Consiglio di Presidenza che, a seguito delle decisioni prese dall'Assemblea Generale a Lecce (23 ottobre 1991) ha provveduto ad inviare ai 267 Soci aventi diritto una scheda refendaria relativa agli Art. 3 e 4 dello Statuto.

Il Consiglio di Presidenza constatato che a tutto il 31 marzo 1991 sono pervenute alla Presidenza 121 lettere, annullandone una pervenuta con una settimana di ritardo; inoltre, dopo avere effettuato lo spoglio, si decide di annullare altre due schede che presentano segni riconoscibili (firme e frecce).

Lo spoglio da i seguenti risultati:

Schede annullate: 2+1
Schede valide: 119

Voti favorevoli al cambiamento dell'Art. 3 dello Statuto: 113
Voti contrari al cambiamento dell'Art. 3 dello Statuto: 5
Astenuti: 1

Voti favorevoli al cambiamento dell'Art. 4 dello Statuto: 110
Voti contrari al cambiamento dell'Art. 3 dello Statuto: 6
Astenuti: 3

In seguito all'esito del referendum gli Art. 3 e 4 dello Statuto saranno così modificati:

Articolo 3

L'Associazione ha sede legale in Santa Margherita Ligure presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine dell'Università di Genova e sede amministrativa presso il Presidente pro-tempore.

Articolo 4

L'Associazione comprende membri attivi, membri associati, membri onorari e membri juniores.

Possono essere membri attivi tutti coloro che svolgono o hanno svolto ricerca attiva portando un contributo scientifico nella Oceanologia e nella Limnologia. Possono essere membri associati tutti coloro che sono interessati direttamente o indirettamente alle scienze oceanologiche e limnologiche senza svolgere ricerca attiva.

Sono Soci onorari persone illustri che abbiano contribuito in misura rilevante allo sviluppo delle scienze oceanologiche e limnologiche.

Studenti interessati alle discipline oceanologiche e limnologiche possono essere membri juniores dell'Associazione, per un periodo non superiore a tre anni, dopo il quale il Socio diviene, su domanda, Socio attivo o associato.

Tutti i membri dell'Associazione hanno diritto di voto.

Soltanto i membri attivi possono coprire cariche sociali.

Anche Enti, regolarmente costituiti, possono far parte dell'Associazione, senza diritto di voto.

2. Decisioni riguardo al Programma di Collaborazione internazionale Italia-Albania

In seguito alle decisioni prese nell'Assemblea di Lecce, il Presidente dell'AIOL aveva scritto al Presidente dell'Accademia delle Scienze di Tirana segnalando la disponibilità dei ricercatori italiani afferenti all'AIOL a collaborare nel quadro di un programma oceanografico comune Italia-Albania.

Viene letta la lettera di risposta del Prof. Javer Cobani, Direttore Dell'Istituto di Idrometeorologia dell'Accademia delle Scienze di Tirana, che si dichiara interessato e richiede un programma scientifico di massima in tal senso. Si decide che i vari Consiglieri, a nome dei propri Istituti di appartenenza, facciano pervenire in tempi brevi al Prof. N. Della Croce, un progetto di massima nell'ambito delle proprie competenze. Il Prof. N. Della Croce invierà poi al Prof. J. Cobani la proposta programmatica, indicando la sede (Trieste, Bologna, Genova) e la data per un incontro in Italia, al fine di definire il programma di ricerca.

3. Risposta alla proposta FISE (S1TE-SIBM-AIOL)

Il Prof. A. Moroni, Presidente della Società Italiana di Ecologia (SITE), propose, motivandola a suo tempo, la costituzione della FISE, ovvero la Federazione Italiana delle Società Ecologiche, per raggruppare la Site, l'AIOL e la SIBM (Società Italiana di Biologia Marina). Dopo una lunga ed articolata discussione si è deciso di considerare favorevolmente la proposta, ma che essa debba essere maggiormente sviluppata in quanto, allo stato attuale, non sembra siano tutelati, o comunque adeguatamente presi in considerazione, gli interessi di ampie fascie di ricercatori (fisici, chimici, geologi) afferenti all'AIOL, che nell' "etichetta" ecologia non si sentono adeguatamente rappresentati. Tale preoccupazione verrà espressa nella lettera di risposta da inviare al Prof. A. Moroni. A tal senso si ribadisce che, nel Comitato direttivo della FISE, debbono essere rappresentate tutte le forze disciplinari che, a qualsiasi titolo, si occupano di ambiente. Viene quindi proposto un incontro tra tutti i tre consigli direttivi delle Società, incontro che potrebbe tenersi ad ottobre a Trieste durante il Congresso della CIESM. Inoltre, sempre allo scopo di meglio definire il programma federativo, già da ora si decide di invitare al Congresso AIOL di Alassio i Presidenti della SITE e della SIBM. In considerazione di quanto esposto, sembra prematura la nomina di un presidente della Federazione ed anche la definizione di un contributo finanziario.

Per quanto riguarda inoltre la costituzione di un Gruppo di Ecologia delle Acque, per i motivi interdisciplinari già espressi, si preferisce definirlo Gruppo Nazionale delle Acque, aprendolo a tutte le discipline che, a vario titolo, si occupano dello studio, gestione, valorizzazione delle acque in Italia. Tale gruppo comunque rientrerebbe sempre nell'ambito della FISE, come sua espressione autonoma, e dovrebbe essere proposto dalla FISE stessa.

4. Varie ed eventuali

In considerazione dell'approvazione della nuova legge sull'Antartide e della formazione di una nuova Commissione ministeriale, il Consiglio di Presidenza decide, unanime, di invitare al prossimo Congresso di Alassio, il dr. Guerrini (CNR), il dr. Azzolini (CNR), il prof. Battaglia (MURST), il dr. Clemente (ENEA), e l'ing. Zucchelli (ENEA), responsabili del Programma Nazionale Ricerche in Antartide.

Esauriti gli argomenti all'ordine del giorno, la seduta è tolta alle ore 16.00.

Il Presidente — Il Segretario

(Norberto Della Croce) — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA

GENOVA, 29 SETTEMBRE 1992

Il giorno 29 settembre 92, alle ore 10.30, si riunisce il Consiglio di Presidenza dell'Associazione presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine in Genova, per discutere il seguente Ordine del Giorno:

1. Premio "Maria Rosa Cattaneo": Analisi e valutazione delle tesi presentate
2. Organizzazione 10° Congresso
3. Stampa Atti 10° Congresso e proposte per il futuro
4. Proposta FISE
5. Sviluppi nell'ambito del Programma di Collaborazione internazionale Italia-Albania
6. Varie ed eventuali.

Sono presenti il Presidente, N. Della Croce, i Consiglieri G. Albertelli, G. Catalano, G.P. Fanzutti, P. Giordani, M. Piccazzo ed il Segretario-Tesoriere R. Cattaneo-Vietti.

Assente giustificato: W. Ambrosetti.

1. Premio "Maria Rosa Cattaneo": Analisi e valutazione delle tesi presentate

Vengono aperti i pacchi delle tesi inviate per la partecipazione al Concorso "Premio Maria Rosa Cattaneo".

Al 31 luglio 1992 sono pervenute, presso la Sede dell'Istituto di Scienze Ambientali Marine, le tesi dei seguenti candidati:

1) Patrizia Castello (Scienze Biologiche, Univ. di Lecce): Forme di resistenza di organismi zooplanctonici nel Mar Piccolo di Tarante.
2) Stefano Covelli (Scienze Geologiche, Univ. di Trieste): Caratteristiche sedimentologiche e geochimiche di alcune carote del delta emerso e sommerso del fiume Isonzo.
3) Anna Maria De Biasi (Scienze Biologiche, Univ. di Pisa): Zonazione del benthos nell'estuario del fiume Magra: variazioni compositive e strutturali a diversi livelli tassonomici.
4) Domenico Sergi (Scienze Biologiche, Univ. di Messina): Analisi della distribuzione del picofitoplancton nella Rada di Augusta.
5) Federica Pannacciulli (Scienze Biologiche, Univ. di Genova): Dinamica di popolazioni di Chthamalidae (Crustacea, Cirripedia) della costa ligure.
6) Antonio Terlizzi (Scienze Biologiche, Univ. di Napoli): Evoluzione spazio-temporale in alcuni descrittori dell'ecosistema a *Posidonia oceanica* dell'Isola d'Ischia (Golfo di Napoli).

Dopo una lunga ed articolata discussione ed aver preso in considerazione una serie di parametri di valutazione, quali la tematica, il curriculum accademico, il voto di laurea, l'Istituto di Ricerca prescelto dal Candidato, la Commissione, formata dal Consiglio di Presidenza dell'AIOL (assente giustificato il rappresentante del Circolo Nautico al Mare di Alassio), ha assegnato all'unanimità al Dr. Domenico Sergi il Premio M.R. Cattaneo.

2. Organizzazione 10° Congresso di Alassio

Il Comitato Organizzatore informa il Consiglio che a seguito dell'inagibilità dei locali comunali (Sala Hanbury) a suo tempo proposti dal Comune di Alassio, il Congresso si svolgerà presso la sala Congressi dell'Hotel Diana di Alassio. Questo non avrà alcuna ripercussione economica sull'organizzazione del Congresso in quanto il Comune stesso provvederà in merito.

3. Stampa Atti 10° Congresso e proposte per il futuro

Viene deciso il Comitato di Redazione degli Atti del 10° Congresso dell'Associazione. Esso è costituito da G. Albertelli, R. Cattaneo-Vietti e M. Piccazzo. Si decide che i partecipanti al 10° Congresso, sollecitati per tempo (fine marzo), dovranno far pervenire i lavori al Prof. M. Piccazzo non oltre il 30 maggio 1993. Dopo tale data i lavori arrivati in redazione saranno pubblicati insieme ai riassunti dei lavori non pervenuti.

Il Segretario informa che due Comitati del CNR hanno contribuito alle spese stampa degli Atti del Congresso di Alassio con un finanziamento di Lit. 15.000.000 (di cui Lit. 10.000.000 da parte del Comitato Scienze Tecnologiche dell'Ambiente e Habitat e Lit. 5.000.000 da parte del Comitato Scienze Biologiche e Mediche). Inoltre sono stati stanziati dall'Università degli Studi di Genova Lit. 2.000.000, in occasione del 500° Anniversario della scoperta dell'America.

4. Proposta FISE

Facendo seguito alla lettera del 15 maggio 1992 inviata ai Presidenti della SITE e della SIBM si conferma la disponibilità del Consiglio ad incontrare i Consigli Direttivi della SITE e dell'AIOL a Trieste, in occasione del 33° Congresso CIESM per discutere ed approfondire la proposta di costituzione della FISE. L'incontro avverrà presso l'Istituto Talassografico di Trieste il 14 ottobre alle ore 15.00.
Si discute anche la possibilità di fondare una rivista scientifica in collaborazione con altre Società, rivista che potrebbe curare la pubblicazione di articoli su temi specifici, sviluppati nell'ambito di congressi comuni e, via via, decisi da un Comitato ad hoc. Si decide di discutere il problema anche in Assemblea.

5. Sviluppi nell'ambito del Programma di Collaborazione internazionale Italia-Albania

Il Presidente informa che il programma scientifico, a suo tempo preparato dal Consiglio di Presidenza, è stato regolarmente inoltrato alla Direzione Generale Cooperazione allo Sviluppo del Ministero degli Affari Esteri, al Ministro della Ricerca Scientifica, al Segretario Scientifico dell'Accademia delle Scienze di Tirana ed al Direttore dell'Istituto di Idrometeorologia della stessa Accademia, sempre a Tirana. Copia di tale programma è stata inviata anche al Socio Prof. F. Faranda.

La parte albanese ha dimostrato un grande interesse per il progetto chiedendo di formularlo anche frazionatamente nell'ambito di un programma CEE. A tale scopo il materiale inviato dal Prof. N. Pano è stato inoltrato in copia ai componenti del Consiglio di Presidenza presenti e che ne hanno fatto espressa richiesta. La possibilità di attivare direttamente collaborazioni di ricerca verrà segnalata nel corso dell'Assemblea dei Soci.

6. Varie ed eventuali

Si decide di fissare la prossima riunione del Consiglio di Presidenza il 3 novembre 1992 ad Alassio alle ore 18.00 presso l'Hotel Diana (sede del Congresso).

Il Consiglio di Presidenza, unanime, propone di sottoporre all'Assemblea dei Soci la nomina a Soci Onorari della Associazione i Professori: Ignazio Bagnino, Arturo De Maio, Ferruccio Mosetti, i primi tre cattedratici di Oceanografia nell'Università Italiana.

Si decide di inviare un telegramma al Ministro dell'Ambiente, Dr. Carlo Ripa di Meana, per sollecitare l'ingresso dell'Italia nell'International Whaling Commission (IWC).

Esauriti gli argomenti all'Ordine del Giorno, la seduta è tolta alle ore 16.00.

Il Presidente — Il Segretario

(Norberto Della Croce) — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA

ALASSIO, 3 NOVEMBRE 1992

Il giorno 3 novembre 1992 alle ore 21.30, presso l'Hotel Diana di Alassio si riunisce il Consiglio di Presidenza dell'Associazione per definire l'Ordine del Giorno dell'Assemblea Generale dei Soci che si terrà il 5 novembre 1992 e per discutere il seguente Ordine del giorno:

1. Commemorazioni
2. Soci onorari
3. Premio Maria Rosa Cattaneo
4. Pubblicazione Atti 9° Congresso
5. FISE
6. Rinnovo cariche sociali

Sono presenti il Presidente N. Della Croce, i Consiglieri G. Albertelli, G. Catalano, G. P. Fanzutti, P. Giordani, M. Piccazzo e il Segretario-Tesoriere R. Cattaneo-Vietti.

Assente giustificato: W. Ambrosetti.

1. Commemorazioni

Il Presidente informa il Consiglio che la commemorazione del Prof. Mesetti sarà tenuta dal Socio A. Michelato, quella del Prof. Schreiber dal Socio I. Ferrari e quella del Prof. Flocchini da lui stesso.

2. Soci onorari

Le motivazioni per il conferimento della qualifica di Socio onorario ai Prof. I. Dagnino (Genova) e A. De Maio (Napoli) saranno lette dal Presidente.

3. Premio Maria Rosa Cattaneo

Il Premio, conferito al Dr. D. Sergi di Messina, consiste in una borsa di studio di Lit. 3.000.000, gentilmente messa a disposizione dal Circolo Nautico di Alassio. Si decide che al vincitore verrà consegnata la somma di Lit. 2.000.000 durante il Congresso, mentre la differenza (1.000.000) gli sarà consegnata solo dopo la presentazione di una relazione scritta sull'attività svolta, controfirmata dal Direttore del Laboratorio dell'Università di Vienna presso cui si recherà.

La cifra di Lit. 1.000.000 viene versata sul c/c dell'Associazione.

4. Pubblicazione Atti 9° Congresso

Il Consigliere M. Piccazzo informa il Consiglio che i volumi degli Atti del 9° Congresso sono pronti e saranno distribuiti ai Soci in regola con le quote sociali durante il Congresso stesso. Lo stesso M. Piccazzo informa ancora che, in seguito ai numerosi ordini ricevuti dalla Tipografia Lang, è possibile ridurre del 50% il costo degli estratti stessi. Il Consiglio ringrazia sentitamente il Consigliere M. Piccazzo per la cura con cui ha seguito la stampa del volume che appare particolarmente ben curato nella sua veste

tipografica. Viene dato incarico al Segretario di spedire un volume al CNR accompagnato da fatture che coprono il finanziamento ricevuto (Lit. 5.000.000) per la stampa degli Atti.

Si decide inoltre che l'articolo "Il Mare: Ricerca e Politica Ambientale", a suo tempo redatto dal Consiglio di Presidenza, venga pubblicato negli Atti del 10° Congresso.

5. FISE

Nell'ambito del progetto FISE, il Consiglio di Presidenza ritiene opportuno incaricare il Socio M. Fabiano affinchè contatti il Presidente della SIBM, Prof. A. Cau, per verificare la possibilità oggettiva di giungere ad una pubblicazione in comune del Bollettino Informativo delle Società.

6. Rinnovo cariche sociali

Il Presidente informa che sarebbe disponibile ad essere riconfermato, se non saranno presentate altre candidature. Il Presidente informa altresì che l'interesse in una sua riconferma sta nel trasformare di fatto l'AIOL in un Ente Morale e che utilizzerebbe, con l'eventuale consenso dell'Assemblea, gli Atti del Congresso per uno scambio di pubblicazioni da mettere a disposizione dei Soci, con forme da definire, considerando anche che la sede dell'Associazione è stata trasferita presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine di S. Margherita Ligure.

Il Consiglio prende atto che i seguenti Consiglieri non sono più rieleggibili: G. Albertelli, G.P. Fanzutti, P. Giordani e M. Piccazzo. Il Consigliere W. Ambrosetti, inoltre, pur rieleggibile, fa sapere che, per motivi personali, preferisce non ricandidarsi.

Il Consiglio stila una prima lista di candidati da presentare all'Assemblea: F. Boero, G. Catalano, R. Cattaneo-Vietti, M. Firpo, L. Mazzella, R. Meloni, N. Sechi, G.C. Spezie.

Esauriti gli argomenti all'Ordine dei Giorno, la seduta è tolta alle ore 23.00.

Il Presidente — Il Segretario

(Norberto Della Croce) — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELL'ASSEMBLEA GENERALE DEI SOCI

ALASSIO, 5 NOVEMBRE 1992

Il giorno 5 novembre 1992 alle ore 17.00, presso l'Hotel Diana di Alassio si riunisce l'Assemblea Generale dei Soci dell'Associazione per discutere il seguente ordine del giorno:

1. Saluto del Presidente
2. Commemorazioni
3. Premio "Maria Rosa Cattaneo"
4. Relazione del Presidente
5. Stampa Atti Congressi
6. Interventi dei Soci
7. Relazione del Segretario
8. Elezione dei Revisori dei Conti e degli Scrutatori
9. Proposta nuovi Soci
10. Rinnovo delle cariche sociali
11. Varie ed eventuali

1. Saluto del Presidente

Il Presidente, N. Della Croce, dopo un breve saluto ai Soci convenuti, ringrazia vivamente tutti coloro che hanno contribuito al buon esito del 10° Congresso dell'Associazione ed in particolare il Comitato Organizzatore, la Segreteria Scientifica, il Dr. G.P. Mela, Sindaco di Alassio, il Dr. S. Gaibisso, Presidente del Circolo Nautico al Mare di Alassio, il Dr. G.C. Garassino, Presidente dell'Azienda di Promozione Turistica, il Dr. G.C. Quadrelli, Presidente dell'Associazione Alberghiera, il Dr. M. Scajola, Direttore dell'Unioncamere Liguri, il Rag. Parma del Banco di Chiavari e della Riviera Ligure.

2. Commemorazioni

Il Presidente ricorda che nell'ultimo anno sono scomparsi alcuni Soci. N. Della Croce commemora il Prof. Flocchini, A. Michelato il Prof. Mesetti e I. Ferrari ricorda la figura e l'opera del Prof. Schreiber. In loro ricordo, l'Assemblea osserva un minuto di raccoglimento.

3. Premio "Maria Rosa Cattaneo"

Il Segretario riferisce in merito al Premio "Maria Rosa Cattaneo", di Lit. 3.000.000, bandito dal Circolo Nautico al Mare di Alassio in occasione del 10° Congresso dell'AIOL e sui risultati dei lavori della Commissione (verbale del Consiglio di Presidenza del 29 settembre 1992).

Il Segretario informa altresì che il Consiglio di Presidenza ha deciso che al vincitore, Dr. Domenico Sergi, invitato dall'AIOL al Congresso ed ospitato dalla Famiglia Cattaneo, venga consegnata subito la somma di Lit. 2.000.000, mentre la differenza, attualmente versata sul conto dell'Associazione, gli sia consegnata dopo la presentazione di una relazione sull'attività, svolta nel Laboratorio dell'Università di Vienna, presso cui si recherà, e controfirmata dal Direttore.

4. Relazione del Presidente

4.1. Proposta FISE (Federazione Italiana di Società Ecologiche)

Il Presidente informa che i Consigli Direttivi della SITE, della SIBM e dell'AIOL si sono incontrati alcune volte per discutere ed approfondire la proposta di costituzione della FISE e si augura che la proposta prenda concretezza nel prossimo futuro. In occasione di tali incontri il Presidente della SIBM, a titolo personale, si è espresso favorevolmente alla proposta AIOL di pubblicare un Bollettino comune tra le due Società. In tale ambito si è anche discussa la possibilità di fondare una rivista scientifica dedicata ai vari aspetti della ricerca sulle acque marine ed interne che supplisca la constatata mancanza di continuità nel presentare le problematiche studiate dalla comunità scientifica italiana nell'ambito della letteratura internazionale.

4.2. Programma di Collaborazione internazionale Italia-Albania

Il Presidente informa che, a seguito delle decisioni prese dall'Assemblea di Lecce (23 ottobre 1991), il programma scientifico preparato dal Consiglio Direttivo venne regolarmente inoltrato a Roma alla Direzione Generale Cooperazione allo Sviluppo del Ministero degli Affari Esteri e al Ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica e, a Tirana, al Segretario Scientifico dell'Accademia delle Scienze ed al Direttore dell'Istituto d' Idrometeorologia della stessa Accademia. Copia di tale programma venne inoltre inviata al Socio F. Faranda. Il programma, che ha suscitato vivo interesse in diverse sedi, non ha finora ricevuto riscontro ministeriale alcuno. Il Presidente ricorda inoltre che il Direttore dell'Istituto di Idrobiologia del CNR di Pallanza era stato invitato a preparare un programma limnologico. Il Prof. N. Pano (Accademia delle Scienze di Tirana) ha inviato a suo tempo i moduli di "Cooperation in Science and Technology with Central and Eastern European Countries" della CEE che vennero distribuiti in copia al Consiglio di Presidenza, per una loro distribuzione ad eventuali interessati.

4.3. Tavola Rotonda "La Ricerca Oceanografica in Antartide: risultati e prospettive"

Il Presidente informa l'Assemblea che la medesima non potrà aver luogo in quanto il solo relatore R. Azzolini potrà essere presente. Gli altri relatori invitati (B. Battaglia, G. Clemente, M. Zucchelli) per impegni imprevedibili hanno comunicato che non sarà loro possibile partecipare, come convenuto.

4.4. Soci onorari

Il Presidente legge le motivazioni per il conferimento della qualifica di Socio onorario, su proposta del Consiglio, ai Soci Prof. I. Dagnino (Università degli Studi di Genova) e Prof. A. De Maio (Istituto Universitario Navale di Napoli). L'Assemblea approva unanime.

4.5. Varie

Il Presidente si rammarica del fatto che nella pubblicazione di specifiche attività di ricerca marine da parte di Soci dell'AIOL in riviste nazionali, esulando dal tema specifico, non si dia pari spazio a tutte le componenti che caratterizzano in modo interdisciplinare l'Oceanografia. Il Presidente inoltre rende noto di aver chiesto alla Union des Océanographes de France informazioni in merito ad una riunione indetta da tale associazione (24-25 settembre 1992) ed alla quale hanno partecipato rappresentanti di Società oceanografiche francesi, tedesche, italiane e britanniche.

Il Presidente riferisce in merito ad eventi minori succedutisi nel corso del biennio. Tra gli altri ricorda che l'Associazione ha inviato un telegramma al Signor Ministro

dell'Ambiente, Carlo Ripa di Meana, per sollecitare l'ingresso dell'Italia nell'International Whaling Commission (IWC).

Inoltre l'Associazione ha dato il suo patrocinio ai seguenti Convegni: Mediterranean Seas 2000 (S. Margherita Ligure), Ecosistema Stretto di Messina (Messina), Ecologia Microbica del Mar Mediterraneo (Taormina), International Symposium on Coastal Ocean Space Utilisation (S. Margherita Ligure), 5th International Conference on the Conservation and Management of Lakes (Stresa), Speleomar '91 e '92 (Palinuro).

5. Stampa Atti 9° e 10° Congresso e proposte per il futuro

Il Presidente da la parola al Consigliere M. Piccazzo il quale informa che i volumi degli Atti del 9° Congresso sono in distribuzione ai Soci in regola con le quote sociali e rende noto che, in seguito ai numerosi ordini di estratti ricevuti dalla Tipografia Lang, è possibile ridurre del 50 % il loro costo.

M. Piccazzo inoltre informa l'Assemblea che il Comitato di Redazione degli Atti del 10° Congresso dell'Associazione è costituito da G.C. Albertelli, R. Cattaneo-Vietti e M. Piccazzo. Il Comitato solleciterà per fine marzo 1993 i Soci che hanno presentato comunicazioni a far pervenire i lavori a M. Piccazzo non oltre il 30 maggio 1993, secondo le indicazioni contenute nelle istruzioni distribuite durante le varie sessioni del Congresso. I lavori che arriveranno in redazione dopo tale termine saranno pubblicati come riassunti e come tali non sottoposti all'esame dei referees.

6. Interventi dei Soci

Il Presidente apre la discussione.

Sul problema FISE interviene I. Ferrari che, in qualità di Vice-Presidente della SITE, assicura il suo interessamento per un rilancio del Progetto all'interno della SITE stessa, la quale, per altro, avendo recentemente cambiato Direttivo, è in una fase di rinnovamento. F. Faranda ritiene che la FISE sia uri fatto molto importante e che vada sostenuto; inoltre sottolinea che sarebbe oltremodo positivo e d'interesse generale se, all'interno della FISE, si costituisse una sezione per la formazione ed i problemi della didattica universitaria.

Per quanto concerne il Progetto di Collaborazione Internazionale Italia-Albania, F. Faranda informa l'Assemblea che al Ministero degli Affari Esteri sono giunti due progetti di ricerca in Albania, uno presentato dall'AIOL e l'altro presentalo da una Società privata; suggerisce la possibilità di sviluppare un progetto di formazione, sempre che il Governo Albanese ne sia interessato, come afferma il Prof. N. Pano, presente all'Assemblea.

Più Soci segnalano il grave problema dell'uso delle Navi oceanografiche. Su questo punto intervengono D. Bregant, N. Della Croce, F. Faranda, G. Fierro, M. Innamorati, R. Meloni, M. Ravaioli. Tutti gli intervenuti sollecitano un chiarimento sulla disponibilità di usare navi oceanografiche da parte di Enti non CNR (Università, ENEA, ecc.), ricordando che il CNR, oltre a svolgere ricerca in proprio, è, per statuto, Ente di coordinamento di tutta la ricerca scientifica italiana. Gli altissimi costi di noleggio delle navi di fatto impediscono ai gruppi di ricerca universitari la loro utilizzazione. Da più parti si auspica la formazione di pools integrati di ricercatori per l'utilizzazione al meglio delle navi che gli Istituti CNR hanno in dotazione o che per bilancio proprio possono affittare; si auspica altresì un intervento finanziario diretto del MURST al quale verrà inviato un promemoria.

F. Faranda infine informa l'Assemblea che a Genova il 26-27 novembre si terrà il Seminario conclusivo sull'attività oceanografica svolta nel quinquennio precedente; inoltre stigmatizza il fatto che il Progetto Magellano, che poteva contare su un finanziamento già stanziato e disponibile, non sia potuto decollare. Informa infine l'Assemblea che è stato approvato un progetto "Museo Antartico" che prevede la realizzazione, entro due anni, di Centri di documentazione, raccolta e studio in 3 diverse città (Genova per la parte biologica, Siena per quella geologica e Trieste per la Storia delle Esplorazioni).

7. Relazione del Segretario

Il Presidente invita R. Cattaneo-Vietti, Segretario-Tesoriere del biennio 1991-92, a presentare il rendiconto amministrativo e finanziario.

7.1. Partita IVA

Il Segretario informa l'Assemblea che il Consiglio di Presidenza ha provveduto le formalità necessarie per l'attribuzione del Codice Fiscale dell'Associazione (C.F.: 92027530374) grazie all'interessamento del consigliere P. Giordani.

7.2. Esito del Referendum

In seguito alle decisioni prese dall'Assemblea Generale dei Soci a Lecce (23 ottobre 1991) si è svolto il Referendum indetto per modificare l'Art. 3 e l'Art. 4 dello Statuto (vedi Verbale del 14 aprile 1992).

In seguito all'esito del referendum gli Art. 3 e 4 dello Statuto sono così modificati:

Articolo 3

L'Associazione ha sede legale in Santa Margherita Ligure, presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine dell'Università degli Studi di Genova e sede amministrativa presso il Presidente pro- tempore.

Articolo 4

L'Associazione comprende membri attivi, membri associati, membri onorari e membri juniores.

Possono essere membri attivi tutti coloro che svolgono o hanno svolto ricerca attiva portando un contributo scientifico nell'Oceanologia e nella Limnologia. Possono essere membri associati tutti coloro che sono interessati direttamente o indirettamente alle scienze oceanologiche e limnologiche senza svolgere ricerca attiva.

Sono Soci onorari persone illustri che abbiano contribuito in misura rilevante allo sviluppo delle scienze oceanologiche e limnologiche.

Studenti interessati alle discipline oceanologiche e limnologiche possono essere membri juniores dell'Associazione, per un periodo non superiore a tre anni, dopo il quale il Socio diviene, su domanda, Socio attivo o associato.

Tutti i membri dell'Associazione hanno diritto di voto.

Soltanto i membri attivi possono coprire cariche sociali.

Anche Enti, regolarmente costituiti, possono far parte dell'Associazione, senza diritto di voto.

7.3. Recupero quote Soci morosi

Il Segretario fa notare che, in seguito ad una serie di lettere di sollecito inviate a tutti i Soci, in due anni sono stati recuperati circa 5 milioni di arretrati, ma al tempo stesso

sono decaduti da Soci, sia per loro volontà che in quanto morosi da più di quattro anni al 1991 (decisione dell'Assemblea di Lecce del 23 ottobre 1991), i seguenti Soci:

A. Angelucci, R. Antonietti, A. Aragone, N. Arcamone, M. Astorri, C. Barghigiani, L. Bertotti, F. Bozzoli, L. Cavaleri, D. Chiapperini, A. Comaschi, R. Costa, U. Crescenti, V. Cuomo, G. Cutugno, V. Damiani, T. De Pippo, P. Franco, P. Frigeri, G. Gandolfi, G. Giazzi, V. Hull, G. Imperiale, G. Izzo, G.B. La Monica, A. Longinelli, M. Marzocchi, L.S. Monticelli, M. Morbidoni, P. Mulas, P. Orrù, A. Ozer, C. Palau, C. Papucci, V. Parisi, E. Paschini, E. Piccini, G. Premazzi, R. Purini, B. Rossaro, Sergio Rossi, C. Sacchi, R. Santangelo, V. Sciarrone, M. Scintu, A. Solazzi, F. Stravisi, A. Tomasin, F. Vanzanella, F. Veniale, G. Villetti, M. Vultaggio, G. Zurlini.

7.4. Bilanci Definitivi 1991 e 1992

Il Segretario presenta il bilancio definitivo riguardante il periodo 1991 (presentato in parte a Lecce) e quello relativo all'anno in corso.

BILANCIO 1991

A) SALDO 31.07.91 su c/c di Pallanza e Trieste Lit. 31.661.916

ENTRATE (al 31.12.91)

Residuo c/c 9 Congresso (25.11.91)	Lit.	299.144
Contributo CNR-1990	Lit.	5.000.000
Interessi maturati nel 1991	Lit.	136.507
Quote sociali	Lit.	5.944.200
B) Totale entrate	Lit.	11.379.851

C) DISPONIBILITÀ TOTALE (A+B) Lit. 43.041.767

USCITE (al 31.12.91)

Spese postali	Lit	730.100
Spese tipografiche	Lit.	737.800
Spese di segreteria	Lit.	76.000
Spese bancarie	Lit.	48.800
Spese stampa volume 9 Congresso	Lit.	5.000.000
D) Totale uscite	Lit.	6.592.700

E) SALDO AL 31.12.91 (C-D) Lit. 36.449.067

BILANCIO 1992 (dal 1.1.92 al 30.10.92)

F) SALDO AL 1.01.91 (E)	Lit.	36.449.067

ENTRATE 1992 (al 30.10.92)

Quote soci ali al 30.10.92	Lit.	4.665.000
G) Totale entrate 1992	Lit.	4.665.000

USCITE 1992 (al 30.10.92)

Spese postali	Lit.	942.750
Spese tipografiche	Lit.	887.000
Spese di segreteria	Lit.	555.400
Spese bancarie	Lit.	264.474
Libro Notaio Fanti	Lit.	117.000
H) Totale uscite 1992	Lit.	2.766.624

I) SALDO AL 30.10.92 (F+G-H)	Lit.	38.347.443

Inoltre viene ricordato che l'Associazione ha i seguenti fondi depositati fuori sede:

Disponibilità su c/c a Trieste al 6.7.91	Lit.	135.012
Disponibilità su c/c a Pallanza al 30.9.92	Lit.	852.614
TOTALE DISPONIBILITÀ FUORI SEDE	Lit.	987.626

7.5. Finanziamenti riguardanti il 10° Congresso

Il Segretario rende noto che, per quanto riguarda il Congresso di Alassio, due Comitati del CNR hanno contribuito alle spese stampa degli Atti con un finanziamento di Lit. 15.000.000 (di cui Lit. 10.000.000 da parte del Comitato Scienze Tecnologiche dell'Ambiente e dell'Habitat e Lit. 5.000.000 da parte del Comitato Scienze Biologiche e Mediche). Inoltre Lit. 2.000.000 sono stati stanziati dall'Università degli Studi di Genova, in occasione del 500° Anniversario della scoperta dell'America.

7.5. Indirizzario Soci

Nel volume degli Atti del 9° Congresso è stato pubblicato l'Indirizzario completo dei Soci che sono pregati di segnalare alla Segreteria eventuali errori ed omissioni.

7.6. Sede dell'Associazione

Presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine dell'Università di Genova, Sede legale dell'Associazione, prende consistenza la raccolta dei volumi degli Atti. Sono a oggi depositate copie degli Atti del 6° Congresso (95 volumi); del 7° (64); dell'8° (63), già presso l'Istituto Talassografico di Trieste. Saranno inoltre in questa sede raccolte le copie degli Atti giacenti presso l'Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza: Atti del 1°

Congresso (11 volumi); del 2° (358); del 3° (207); del 4° (21); del 5° (19); del 6° (10); del 7°(ll);deH'8°(6).

8. Elezione dei Revisori dei Conti e degli Scrutatori

Vengono proposti e nominati quali Revisori dei Conti i Soci: M. Pansini e G. Lo Paro.

Vengono proposti e nominati quali Scrutatori i Soci: A.M. Borsetti e L. Langone.

I Revisori dei Conti (M. Pansini e G. Lo Paro) vengono invitati dal Presidente ad esaminare i documenti relativi e si allontanano dalla sala insieme al Segretario; al loro rientro in sala sollecitano l'approvazione del Bilancio 1991 e propongono di approvare, come definitivo, il bilancio 1992, chiuso al 30 ottobre 1992.

L'Assemblea, unanime, approva.

9. Proposta nuovi Soci

Hanno fatto domanda d'iscrizione all'AIOL:

Stefano ALIANI	presentato da Bianchi e Morri
Romano AMBROGI	presentato da Della Croce e Cattaneo-Vietti
Andrea BARBANTI	presentato da Pugnetti e Langone
Pierluigi BRANDOLINI	presentato da Piccazzo e Firpo
Giorgio BUDILLON	presentato da Piccazzo e Spezie
Fabio CONVERSANO	presentato da Piccazzo e Spezie
Anna Maria DE BIASI	presentato da Bianchi e Morri
Giuseppe DELLA VALLE	presentato da Innamorati e Pansini
Giovanni DIVIACCO	presentato da Morri e Balduzzi
Ennio GHIARA	presentato da Ferretti e Brandi
Michele GIANI	presentato da Tunesi e Giordani
Francesco MARABINI	presentato da Giordani e Piccazzo
Alessandra MORESCALCHI	presentato da Della Croce e Cattaneo-Vietti
David PELLEGRINI	presentato da Tunesi e Cattaneo-Vietti
Raffaella PIANI	presentato da Brambati e Fanzutti
Cataldo POLIZZANO	presentato da Bavestrello e Cattaneo-Vietti
Ernesto RABBI	presentato da Colantoni e Giordani
Silvano RIGGIO	presentato da Boero e Cattaneo
Roberto SANDULLI	presentato da Bianchi e Morri
Maria Pia SPARLA	presentato da Albertelli e Zagami
Mauro SPOTORNO	presentato da Piccazzo e Firpo
Remo TERRANOVA	presentato da Firpo e Piccazzo
Renzo VALLONI	presentato da Giordani e Piccazzo
Chiara WELKER	presentato da Cattaneo e Innamorati

UNITA[1] ENEA AMB/GES - CRE S. TERESA

L'Assemblea unanime accetta tutte le domande di iscrizione.

10. Rinnovo delle cariche sociali

Sono presenti 56 Soci con diritto di voto (+ 29 deleghe), per un totale di 85 Soci.

Il Presidente, dopo aver chiesto all'Assemblea se vi fossero candidature, dichiara la sua disponibilità a rimanere in carica per un secondo biennio. Constatata l'assenza di altre candidature, su proposta del Socio C.N. Bianchi, l'Assemblea elegge per acclamazione il Prof. N. Della Croce Presidente dell'Associazione.

Il Presidente informa l'Assemblea che diversi Consiglieri (G. Albertelli, G.P. Fanzutti, P. Giordani e M. Piccazzo) non sono più rieleggibili e che il Consigliere W. Ambrosetti, pur rieleggibile, ha fatto sapere che, per motivi personali, preferisce non ricandidarsi.

Il Segretario segnala all'Assemblea una serie di nomi proposti sia dal Consiglio Uscente che dall'Assemblea stessa e distribuisce le schede agli aventi diritto (in regola con le quote sociali).

Dopo le votazione, i Soci scrutatori, A.M. Borsetti e L. Langone, presentano i seguenti risultati:

G. Catalano, 73 voti
R. Cattaneo-Vietti, 70 voti
N. Sechi, 57 voti
M. Firpo, 52 voti
G.C. Spezie, 48 voti
F. Boero, 42 voti
R. Meloni, 39 voti
A. Michelato, 35 voti
O. Ferretti, 27 voti
L. Langone, 8 voti
D. Bregant, M. Fabiano, L. Mazzella e P. Guilizzoni, 1 voto

Risultano quindi eletti: G. Catalano, R. Cananeo-Vietti, N. Sechi, M. Firpo, G.C. Spezie e N. Boero.

11. Varie ed eventuali

Il Presidente ringrazia tutti gli intervenuti al Congresso e dichiara chiusa l'Assemblea.

Esauriti gli argomenti all'Ordine del Giorno, la seduta è tolta alle ore 20.00.

Il Presidente — **(Norberto Della Croce)**

Il Segretario — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

fondata il 27 giugno 1972

SOCI FONDATORI

Giuseppe Macchi, Carlo Morelli, Raimondo Selli, Norberto Della Croce, Luciano Tomadin, Livia Tonolli e Aldo Macchiavelli.

SOCI ONORARI

Giuseppina Aliverti, Mario Bossolasco, Mario Picotti, Bruno Schreiber, Albert Disteche, Jacques Nihoul, Rupert Riedl, Livia Tonolli, Elvezio Ghirardelli, Paolo Moretti, Ignazio Dagnino e Arturo De Maio.

PRESIDENTI

Raimondo Selli (1972-74)
Norberto Della Croce (1975-76)
Livia Tonolli (1977-78)
Giuliano Fierro (1979-80)
Riccardo De Bernardi (1981-82)
Roberto Frache (1983-84)
Davide Bregant (1985-86)
Davide Bregant (1987-88)
Riccardo De Bernardi (1989-90)
Norberto Della Croce (1991-92)
Norberto Della Croce (1993-94)

STATUTO

Articolo 1

È' costituita la "Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia".

Articolo 2

L'Associazione ha lo scopo di favorire, per mezzo di contatti scientifici, la collaborazione tra studiosi delle diverse discipline afferenti all'Oceanologia ed alla Limnologia onde contribuire al progresso di queste scienze.

Articolo 3

L'Associazione ha sede legale in Santa Margherita Ligure presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine dell'Università di Genova e sede amministrativa presso il Presidente prò-tempore.

Articolo 4

L'Associazione comprende membri attivi, membri associati, membri onorari e membri juniores.

Possono essere membri attivi tutti coloro che svolgono o hanno svolto ricerca attiva portando un contributo scientifico nella Oceanologia e nella Limnologia. Possono essere membri associati tutti coloro che sono interessati direttamente o indirettamente alle scienze oceanologiche e limnologiche senza svolgere ricerca attiva.

Sono Soci onorari persone illustri che abbiano contribuito in misura rilevante allo sviluppo delle scienze oceanologiche e limnologiche.

Studenti interessati alle discipline oceanologiche e limnologiche possono essere membri juniores dell'Associazione, per un periodo non superiore a tre anni, dopo il quale il Socio diviene, su domanda, Socio attivo o associato.

Tutti i membri dell'Associazione hanno diritto di voto.

Soltanto i membri attivi possono coprire cariche sociali.

Anche Enti, regolarmente costituiti, possono far parte dell'Associazione, senza diritto di voto.

Articolo 5

Chiunque desideri diventare membro deve farne domanda al Presidente per mezzo di due membri attivi proponenti. Per gli Enti di cui all'ultimo capoverso dell'ari. 4 basta la semplice domanda.

L'ammissione dei nuovi membri, previo parere favorevole del Consiglio di Presidenza, è deliberata dall'Assemblea.

Ciascun membro sarà tenuto a versare una quota sociale annuale la cui misura sarà fissata anno per anno dall'Assemblea.

Articolo 6

Sono organi dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia il Consiglio di Presidenza e l'Assemblea Generale dei Soci.

Articolo 7

Il Consiglio è costituito dal Presidente e da sei Consiglieri. I componenti del Consiglio sarannno scelti fra i cultori delle diverse discipline. Il Consiglio nomina inoltre, al di fuori del suo seno, un Segretario-Tesoriere.

Articolo 8

Tutte le cariche sociali hanno durata di due anni. Il Presidente ed i Consiglieri potranno essere rieletti una sola volta consecutivamente nella stessa carica.

Articolo 9

Il Presidente ed i Consiglieri sono nominati dalla Assemblea Generale. Il Segretario-Tesoriere è scelto dal Consiglio tra i Soci.

Articolo 10

Al Consiglio sono devoluti tutti i poteri di amministrazione ordinaria e straordinaria, per l'attuazione degli scopi sociali che non siano per legge tassativamente riservati all'Assemblea.

Articolo 11

La rappresentanza legale e la firma della Associazione sono devolute al Presidente o, in caso di sua assenza o impedimento, ad un membro del Consiglio delegato dallo stesso Presidente.

Articolo 12

Per la validità delle deliberazioni del Consiglio è necessaria la presenza di almeno 5 membri, tra cui il Presidente. Le deliberazioni si prendono a maggioranza assoluta di voti.

Articolo 13

L'Assemblea Generale dei Soci si riunisce almeno una volta all'anno presso la Sede sociale o in altro luogo indicato nell'avviso di convocazione. Essa è convocata dal Presidente o dal Segretario-Tesoriere mediante avviso contenente l'ordine del giorno da

rimettersi a ciascuno dei Soci, almeno quindici giorni prima di quello fissato per l'adunanza.

Eventuali Assemblee Straordinarie possono essere convocate su richiesta di almeno un decimo dei membri attivi.

Articolo 14

L'Assemblea è validamente costituita in prima convocazione con la presenza di almeno metà dei Soci ed in seconda convocazione con la presenza di un numero qualsiasi di Soci. Le deliberazioni si prendono a maggioranza di voti dei Soci presenti e votanti. Ciascun socio non può presentare più di una delega.

Articolo 15

Gli atti ufficiali e le comunicazioni presentate nei Convegni della Associazione vengono pubblicati come Atti dell'Associazione.

Articolo 16

Il patrimonio necessario alla Associazione per il raggiungimento dei propri scopi sarà costituito dalle quote sociali e da eventuali contributi e donazioni.

Articolo 17

Le modalità di applicazione dello Statuto saranno precisate da apposito Regolamento che verrà approvato dall'Assemblea.

Articolo 18

Le modifiche dello statuto e del regolamento, previa approvazione della loro proponibilità da parte della Assemblea generale, devono essere sottoposte al voto per lettera di tutti i Soci.

Per l'approvazione è richiesto il voto favorevole di almeno 2/3 dei votanti.

REGOLAMENTO

Titolo I - Membri

Art. 1 - Possono essere membri dell'Associazione cittadini italiani e stranieri.

Art. 2 - Per l'ammissione all'Associazione è necessaria, oltre alla domanda controfirmata da due Soci proponenti, la compilazione di un apposito modulo informativo.

Art. 3 - La domanda di ammissione all'Associazione presuppone da parte del richiedente l'accettazione dello Statuto e del Regolamento dell'Associazione.

Art. 4 - Ogni membro è tenuto a comunicare al Segretario il proprio indirizzo esatto ed ogni eventuale sua variazione.

Art. 5 - Ciascun membro è tenuto a versare, al momento dell'accettazione della domanda, la quota di iscrizione e la quota annuale d'Associazione relativa all'anno in cui la domanda è presentata.

Art. 6 - Cessa di appartenere all'Associazione il membro che non sia in regola con il pagamento della quota sociale da quattro anni.

Titolo II - Consiglio di Presidenza

Art. 1 - Al Consiglio di Presidenza spetta l'organizzazione delle attività che rientrano nelle finalità dell'Associazione di cui all'Art. 2 dello Statuto. Esso risponde del proprio operato all'Assemblea.

Art. 2 - Le elezioni del Presidente e dei sei Consiglieri, fatta su liste di candidatura precedentemente proposte dai Soci, avvengono in una medesima seduta dell'Assemblea Generale dei Soci con votazione segreta mediante schede, delle quali una per l'elezione del Presidente e l'altra per l'elezione dei Consiglieri. Lo spoglio e lo scrutinio delle schede verrà fatto seduta stante da tre scrutatori precedentemente nominati dell'Assemblea. Risulterà eletto Presidente il Socio che avrà ottenuto il maggiore numero di voti. E' previsto il ballottaggio in caso di parità di voti. Risulteranno eletti Consiglieri i sei Soci che in graduatoria avranno ottenuto il maggior numero di voti. In caso di parità di voti per il posto del sesto Consigliere, prevarrà quello con maggiore anzianità di Associazione.

Alt. 3 - La convocazione del Consiglio di Presidenza è fatta dal Presidente mediante invito diramato dal Segretario almeno 15 giorni prima di quello fissato per la riunione. Il Presidente è tenuto a convocare il Consiglio entro un mese dalla richiesta scritta di almeno tre Consiglieri.

Art. 4 - La rappresentanza legale e la firma dell'Associazione sono devolute al Presidente, come da Art. 11 dello Statuto, il quale in caso di assenza o impedimento potrà delegare, a seconda dei casi e di volta in volta, un membro del Consiglio.

Art. 5-11 Segretario-Tesoriere, nominato dal Consiglio, è tenuto a presentare all'Assemblea annuale il bilancio consuntivo per l'anno trascorso ed il bilancio preventivo per l'anno seguente. L'Assemblea nomina due Revisori dei conti.

Art. 6-11 Consiglio propone congressi e simposi, ne fissa la data, la sede ed ogni altra modalità.

Art. 7 - Ai Congressi annuali verranno tenute relazioni e comunicazioni su argomenti generali. Gli argomenti ed i relatori ufficiali saranno scelti dal Consiglio di Presidenza. Tutti i membri avranno la possibilità di presentare comunicazioni che saranno tuttavia scelte e limitate nel numero da un Comitato di Redazione interdisciplinare nominato dal Consiglio di Presidenza. Negli Atti dei Congressi verranno pubblicati i riassunti

delle relazioni e delle comunicazioni e/o, compatibilmente con le disponibilità finanziarie, i relativi testi integrali.

Titolo III - Assemblea Generale dei Soci

Art. 1 - Nelle deliberazioni dell'Assemblea hanno diritto al voto solo i membri in regola con il pagamento della quota sociale.

Art. 2 - All'Assemblea sono demandate le modifiche allo Statuto e al Regolamento.

Art. 3 - L'Assemblea può nominare, ove ne ravvisi la necessità, delle Commissioni per lo studio di particolari problemi.

Titolo IV - Pubblicazioni ufficiali

Art. 1 - Le pubblicazioni ufficiali dell'Associazione sono gli Atti dei Congressi e dei Simposi da essa organizzati. Un apposito Comitato, nominato dal Consiglio di Presidenza, ne cura la stampa.

Art. 2 - Gli Atti dei Congressi, i rendiconti dell'Associazione e l'elenco dei Soci, verranno distribuiti a tutti gli iscritti in regola con il pagamento delle quote sociali.

Art. 3 - L'Associazione scambia le proprie pubblicazioni con quelle di altre Associazioni, Società o Istituti scientifici. Le copie disponibili possono anche essere vendute.

Art. 4-11 deposito delle pubblicazioni dell'Associazione, dei libri ricevuti in scambio o omaggio e dei beni sociali a presso la sede legale dell'Associazione.

SOCI AIOL

(al 30 giugno 1994)

Dr. Ezio ACCERBONI
OSSERVATORIO GEOFISICO SPERIMENTALE
Borgo Grotta Gigante - CP 2011
34016 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-21401 Fax: 327307
Socio attivo dal 1974

Prof. Giancarlo ALBERTELLI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1975

Dr. Silvia AIRÓ
DIPARTIMENTO GENETICA E MICROBIOLOGIA - SEZ. ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI PAVIA
Piazza Botta, 10
27100 PAVIA (Italia)
Tel: 0382-22319 Fax: 528496
Socio junior dal 1991

Dr. Stefano ALIANI
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536260 Fax: 536273
Socio attivo dal 1993

Prof. Vincenzo ALBERGONI DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Via Trieste, 75
35131 PADOVA (Italia)
Tel: 049-8286334 Fax: 8286300
Socio attivo dal 1982

Dr. Antonina ALLEGRA
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Spianata San Raineri, 86
98123 MESSINA (Italia)
Tel: 090-669004 Fax: 714909
Socio junior dal 1991

Dr. Carlo ALBERINI
UNIVERSITÀ DI URBINO
Via Saffi, 42
61029 URBINO (Italia)
Tel: Fax:
Socio junior dal 1991

Dr. Romano AMBROGI
ENEL - CRTN
Via Rubattino, 54
20134 MILANO (Italia)
Tel : 02-72243061 Fax : 72243915
Socio attivo dal 1993

Dr. Luigi ALBEROTANZA
ISTITUTO DINAMICA GRANDI MASSE C.N.R.
San Polo, 1364 30125 VENEZIA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1986

Dr. Emo AMBROSANO
Via Letizia ai Camaldoli, 21
80131 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5463565 Fax:
Socio attivo-ex junior dal 1979

Dr. Walter AMBROSETTI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1986

Prof. Concetto AMORE
ISTITUTO POLICATTEDRA DI
OCEANOLOGIA E PALEOECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI CATANIA
Corso Italia, 55
95129 CATANIA (Italia)
Tel: 095-381346 /376308 Fax: 381346
Socio attivo dal 1976

Dr. Luca ANDRIOLA
ENEA AMB/MON/GEOLOG Sacco Postale 056
SANTA MARIA DI GALERA
Via Anguillarese, 301
00060 ROMA (Italia)
Tel: 06-30483286 Fax: 30486487
Socio Junior dal 1994

Dr. Stefano ANGELINI
ACQUARIO DI GENOVA
Piazza Raibetta, 2/27
16123 CENO VA (Italia)
Tel : 010-2471140 Fax : 2471262
Socio attivo dal 1992

Prof. Attilio ARILLO
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi, 5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099457 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1979

Dr. Antonio ARTEGIANI
ISTITUTO DI RICERCHE SULLA PESCA
MARITTIMA C.N.R.
Molo Mandracchio 60125 ANCONA (Italia)
Tel: 071-55314/5 Fax: 55313
Socio attivo dal 1982

Dr. Roberto AZZOLINI
C.N.R. - PROGRAMMA ANTARTIDE
SEGRETERIA TECNICO - SCIENTIFICA
Via Tiburtina, 770
00159 ROMA (Italia)
Tel: 06-4075815 Fax: 4075819
Socio attivo dal 1982

Prof. Franca BAFFI
ISTITUTO DI CHIMICA GENERALE ED
INORGANICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 3
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538112/3538119 Fax: 358379
Socio associato dal 1975

Dr. Andrea BALDUZZI
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi, 5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099469 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1985

Dr. Andrea BARBANTI
ISMES Spa
Via Giulio Cesare 29
24100 BERGAMO (Italia)
Tel: 035-307504 Fax: 307710
Socio attivo dal 1993

Prof. Luigi BARBANTI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Gaetano BARBATO
FACOLTÀ DI MEDICINA
Via Valsabbina
25100 BRESCIA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1982

Dr. Marco BARBIERI
UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME
15, Rue Ali Ibn Abi Taleb
Cité Jardin
1002 TUNIS (Tunisia)
Tel: 261-1-795760 Fax: 797349
Socio attivo dal 1992

Dr. Rossella BARONE
DIPARTIMENTO DI SCIENZE BOTANICHE
LABORATORIO DI ECOLOGIA ACQUATICA
UNIVERSITÀ DI PALERMO
Via Archirafi, 38
90123 PALERMO (Italia)
Tel : 091 -6161493 /6S994 Fax : 6176089
Socio associato dal 1983

Dr. Daniela BASSO
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Via Mangiagalli, 34
20133 MILANO (Italia)
Tel: 02-23698226 Fax: 70638261
Socio junior dal 1991

Prof. Piero BATTAGLINI
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DI NAPOLI
Via Mezzocannone, 8
80134 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5527069 /5527089 75526462 Fax:
Socio associato dal 1975

Dr. Renato BAUDO
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1982

Dr. Giorgio BAVESTRELLO
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi,5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099379 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1992

Dr. Piero BELLOTTI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ "LA SAPIENZA"
Piazzale Aldo Moro, 5
00185 ROMA (Italia)
Tel: 06-4453766 Fax: 4454729
Socio attivo dal 1988

Dr. Roberto BERTONI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Carlo Nike BIANCHI
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536255 /536111 Fax: 536273
Socio attivo dal 1985

Dr. Marco BIANCHINI
P.F. "RAISA" - C.N.R.
Via Tiburtina, 770
00159 ROMA (Italia)
Tel: 06-4393836 Fax: 4392963
Socio attivo dal 1980

Prof. Ferdinando BOERO
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DI LECCE
Via Provinciale Lecce-Monteroni
73100 LECCE (Italia)
Tel: 0832-620619 Fax: 351504
Socio attivo dal 1991

Dr. Alfredo BOLDRIN
ISTITUTO DI BIOLOGIA DEL MARE C.N.R.
Riva dei Sette Martiri, 1364/a
30122 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5207622 Fax: 5204126
Socio attivo dal 1984

Dr. Carla BONACINA
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R,
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Laurita BONI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
EVOLUZIONISTICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA
Via Irnerio, 42
40126 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-351302 Fax: 242576
Socio attivo dal 1991

Prof. Giuliano BONOMI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
EVOLUZIONISTICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA
Via S. Giacomo, 9
40126 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-232586 Fax:
Socio attivo dal 1974

Dr. Anna Maria BORSETTI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobetti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6398111 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1990

Dr. Silvia BOVOLENTA
EURATOM - CENTRO COMUNE DELLE
RICERCHE
Via Enrico Fermi
21027 ISPRA (VA) (Italia)
Tel: 0332-789111 Fax: 789001
Socio junior dal 1991

Prof. Antonio BRAMBATI
ISTITUTO DI GEOLOGIA E
PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel : 040-6763217 / 6763213 Fax: 6763176
Socio attivo dal 1974

Dr. Pierluigi BRANDOLINI
ISTITUTO DI GEOGRAFIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Bensa, 1
16124 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099604 Fax: 208926
Socio attivo dal 1993

Dr. Davide BREGANT
ISTITUTO SPERIMENTALE
TALASSOGRAFICO C.N.R.
Viale R. Gessi, 2
34123 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-305403 Fax: 308941
Socio attivo dal 1974

Dr. Maria Luisa BRESSAN
Via dell'Agro, 1
34138 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-730396 Fax:
Socio associato dal 1986

Dr. Aldo BRONDI
ENEA - SACCO 044 SANTA MARIA DI
GALERA
Via Anguillarese, 301
00060 ROMA (Italia)
Tel: 06-30483171 Fax: 30484927
Socio associato dal 1974

Prof. Vivia BRUNI
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED
ECOLOGIA MARINA
UNIVERSITÀ DI MESSINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1984

Dr. Giorgio BUDILLON
ISTITUTO DI METEOROLOGIA ED
OCEANOGRAFIA
ISTITUTO UNIVERSITARIO NAVALE
Via Amm. F. Acton, 38
80133 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5513979 Fax: 5521485
Socio attivo dal 1993

Dr. Paola BUSCARINU
ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA
Via Mameli, 88
09100 CAGLIARI (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Marina CABRINI
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA
Strada Costiera, 336 - S. Croce
34010 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-224400 Fax: 224437
Socio attivo dal 1989

Dr. Alcide CALDERONI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1988

Dr. Cristiana CALLIERI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1982

Prof. Sebastiano CALVO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE BOTANICHE
LABORATORIO DI ECOLOGIA
ACQUATICA UNIVERSITÀ DI PALERMO
Via Archirafi, 38
90123 PALERMO (Italia)
Tel: 091-6161493 /68994 Fax: 6176089
Socio attivo dal 1984

Prof. Renzo CAPELLI
ISTITUTO DI ANALISI E TECNOLOGIA
FARMACEUTICA E ALIMENTARE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Brigata Salerno
16147 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3532604 Fax:
Socio associato dal 1975

Dr. Nicola CARDELICCHIO
ISTITUTO SPERIMENTALE
TALASSOGRAFICO C.N.R.
Via Roma, 3
74100 TARANTO (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1986

Prof. Annamaria CARLI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 5
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538071 Fax: 3538072
Socio attivo dal 1981

Dr. Alfredo CAROLLO
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Prof. Giancarlo CARRADA
DIPARTIMENTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DI NAPOLI
Via Mezzocannone, 8
80134 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5527069 Fax: 5526452
Socio attivo dal 1992

Dr. Bruno CASARINO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1992

Dr. Giuseppe CASTELLUCCIO
ENEA
CRE - TRISAIA
75025 POLICORO (MT) (Italia)
Tel: Fax:
Socio associato dal 1991

Dr. Giulio CATALANO
ISTITUTO SPERIMENTALE
TALASSOGRAFICO C.N.R.
Viale R. Gessi, 2
34123 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-305506 Fax: 308941
Socio attivo dal 1976

Prof. Giampiero CATANI
ISTITUTO DI GEOLOGIA E
PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-6763211-13 Fax: 67632
Socio attivo dal 1986

Dr, Riccardo CATTANEO-VIETTI
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi, 5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099324 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1984

Dr. Elena CATTINI
Via Rodi, 9/4 16145 GENOVA (Italia)
Tel: 010-316442 Fax:
Socio attivo dal 1991

Prof. Rodolfo CECCHI
OSSERVATORIO GEOFISICO
DELL'UNIVERSITÀ
Via Campi, 213/a
41100 MODENA (Italia)
Tel: 059-370703 Fax:
Socio attivo dal 1984

Prof. Massimo CELIO
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA
(SORGENTI DI AURISINA)
Strada Costiera, 336 - S. Croce
34010 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-224400 Fax: 569743
Socio attivo dal 1992

Prof. Carlo CERRANO
ISTITUTO DI ZOOLOGIA E ANATOMIA
COMPARATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI
Via Orabona, 4
70125 BARI (Italia)
Tel: 080-243352 Fax: 243358
Socio junior dal 1992

Dr. Maria Chiara CHIANTORE
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 .Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Giovanni CICERI
C.I.S.E. SpA
Via Reggio Emilia, 39
20134 SEGRATE (MI) (Italia)
Tel : 02-21672503 Fax: 21672620
Socio attivo dal 1984

Prof. Francesco CINELLI
DIPARTIMENTO SCIENZE
DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO
UNIVERSITÀ DI PISA
Via A. Volta, 6
56121 PISA (Italia)
Tel : 050-500943 / 500018 Fax : 49694
Socio attivo dal 1974

Dr. Giuseppe CIVITARESE
ISTITUTO SPERIMENTALE
TALASSOGRAFICO C.N.R.
Viale R. Gessi, 2
34123 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-305506 Fax: 308941
Socio attivo dal 1989

Prof. Ennio COCCO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA
TERRA
UNIVERSITÀ DI NAPOLI FEDERIGO II
Largo San Marcellino, 10
80138 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5516014 Fax: 5525611
Socio attivo dal 1974

Dr. Silvia COCITO
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536285 Fax: 536213
Socio attivo dal 1991

Prof. Paolo COLANTONI
ISTITUTO GEODINAMICA E SEDIMENTOLOGIA
UNIVERSITÀ DI URBINO
Via Saffi, 42
61029 URBINO (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1974

Dr. Ester COLIZZA
ISTITUTO DI GEOLOGIA *E* PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel : 040-5603214 Fax: 5603176
Socio attivo dal 1988

Dr. Bruno COLOMBO
Via Vittorio Veneto, 8
20063 CERNUSCO SUL NAVIGLIO (MI) (Italia)
Tel: 02-9231426 Fax: 9232703
Socio associato dal 1982

Dr. Lidia CONIGLIO
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel : 0323-556571 Fax : 556513
Socio attivo dal 1988

Prof. Vittorio CONTARDI
ISTITUTO DI CHIMICA GENERALE ED INORGANICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 3
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538118 / 3538108 Fax: 358379
Socio attivo dal 1978

Prof. Antonio CONTU
ISTITUTO DI IGIENE E MEDICINA PREVENTIVA
UNIVERSITÀ DI CAGLIARI
Via Porcell, 4
09100 CAGLIARI (Italia)
Tel: 070-670828/9 Fax: 668861
Socio associato dal 1982

Dr. Fabio CONVERSANO
ISTITUTO DI METEOROLOGIA ED OCEANOGRAFIA
ISTITUTO UNIVERSITARIO NAVALE
Via Amm. F. Acton, 38
80133 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5513979 Fax: 5521485
Socio attivo dal 1993

Prof. Paolo CORDELLA
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Via Trieste, 75
35121 PADOVA (Italia)
Tel: 049-8286252 Fax:
Socio attivo dal 1982

Prof. Gilberto CORMEGNA
ViaFavale31
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: - Fax:
Socio Associato dal 1994

Dr. Nicola CORRADI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 CENO VA (Italia)
Tel: 010-3538261 Fax: 352169
Socio attivo dal 1982

Dr. Giuseppe CORRIERO
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi, 5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099379 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1992

Dr. Cesare CORSELLI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Via Mangiagalli, 34
20133 MILANO (Italia)
Tel: 02-23698206 Fax: 70638261
Socio attivo dal 1991

Prof. Gian Camillo CORTEMIGLIA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DSEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538274 Fax: 0131-820883
Socio associato dal 1976

Dr. Giuseppa CORTESE
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1984

Prof. Bianca COSMA MAGRO
ISTITUTO CHIMICA GENERALE ED INORGANICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 3
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538112 / 3538102 Fax: 358379
Socio associato dal 1975

Dr. Andrea COSSU
DIPARTIMENTO DI BOTANICA ED ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI
Via Muroni, 25 07100 SASSARI (Italia)
Tel: 079-228646 Fax: 233600
Socio attivo dal 1988

Dr. Giuseppe COSTANZO
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1979

Prof. Mario COTTA RAMUSINO
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
SEZIONE DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Via Celoria, 26
20133 MILANO (Italia)
Tel: 02-26604375 Fax:02-26604361
Socio attivo dal 1982

Dr. Anabella COVAZZI HARRIAGUE
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax:0185-281089
Socio Junior dal 1994

Dr. Stefano COVRE
Via Giacomo Leopardi, 54
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-504521 Fax:
Socio junior dal 1991

Dr. Ermanno CRISAFI
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Spianata San Raineri, 86
98123 MESSINA (Italia)
Tel: 090-669004 Fax: 090-669007
Socio attivo dal 1979

Dr. Fulvio CRISCIANI
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Viale R. Gessi, 2
34123 TRIESTE (Italia)
Tel : 040-305506 Fax: 040-308941
Socio attivo dal 1989

Dr. Giuseppe CROSA
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
SEZIONE DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Via Celoria, 26
20133 MILANO (Italia)
Tel: 02-26604375 Fax: 02-26604361
Socio attivo dal 1986

Prof. Ignazio DAGNINO
ISTITUTO SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 5
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538064 Fax:
Socio onorario dal 1976

Dr. Roberto DANOVARO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax:0185-281089
Socio attivo dal 1989

Dr. Riccardo DE BERNARDI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Anna Maria DE BIASI
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536260 Fax: 536273
Socio attivo dal 1993

Dr. Maria DE DOMENICO
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MESSINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1974

Dr. Maria Antonietta DE MAGISTRIS
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DI NAPOLI FEDERIGO II
Largo San Marcellino, 10
80138 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5516014 Fax: 5525611
Socio attivo dal 1982

Prof. Arturo DE MAIO
ISTITUTO METEOROLOGIA E OCEANOGRAFIA
IST. UNIV. NAVALE NAPOLI
Via Amm. F. Acton, 38
80133 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5513979 Fax: 5521485
Socio onorario dal 1974

Dr. Sandro DE MURO
ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-6763218 Fax: 6763176
Socio attivo dal 1989

Ing. Federico DE STROBEL
SACLANT UNDERSEA RESEARCH CENTRE NATO
Viale San Bartolomeo, 400
19026 SAN BARTOLOMEO (SP) (Italia)
Tel: 0187-540111 / 540232 Fax:
Socio attivo dal 1976

Dr. Donatella DEL PIERO
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via A. Valerio, 32/34
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-6763785 Fax: 569743
Socio attivo dal 1984

Prof. Norberto DELLA CROCE
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1974

Dr. Giuseppe DELLAVALLE
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA (SORGENTI DI AURISINA)
Strada Costiera, 336 - S. Croce
34010 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-224400 Fax: 569743
Socio attivo dal 1993

Prof. Giulio DI COLA
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA
UNIVERSITÀ DI PARMA
Viale delle Scienze
43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-284005 Fax:
Socio attivo dal 1979

Prof. Italo Sebastiano DI GERONIMO
ISTITUTO POLICATTEDRA DI
OCEANOLOGIA E PALEOECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI CATANIA
Corso Italia, 55
95129 CATANIA (Italia)
Tel: 095-7221385 Fax: 7195790
Socio attivo dal 1976

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AMBIENTALI
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI VENEZIA
Calle Larga Santa Marta, 2137
30123 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5298511 Fax: 5298584
Socio ente dal 1986

Prof. Albert DISTECHE
UNITE' D'OCEANOLOGIE
INSTITUT DE CHIMIE
UNIVERSITE' DE LIEGE
Sart-Tilman
B6 4000 LIEGE (Belgio)
Tel: Fax:
Socio onorario dal 1980

Dr. Giovanni DIVIACCO
ICRAM
Via L. Respighi, 5
00197 ROMA (Italia)
Tel: 06-8088966 Fax: 8088326
Socio attivo dal 1993

Dr. Lucilia DOLZANI
ISTITUTO DI MICROBIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via Fleming, 22
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: Fax:
Socio associato dal 1986

Sig. Nicolino DRAGO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79 16038 S.
MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1974

ENEA AMB/GES - C.R.E.
SANTA TERESA
Casella Postale 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536111 Fax: 536273
Socio ente dal 1993

Prof. Mauro FABIANO
ISTITUTO DI ZOOLOGIA ED ANATOMIA
COMPARATA
UNIVERSITÀ DI CAGLIARI
Viale Poetto, 1
09100 CAGLIARI (Italia)
Tel: 070-372840 Fax:
Socio attivo dal 1975

Prof. Francesco FANUCCI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA
TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538311 Fax: 352169
Socio attivo dal 1974

Dr. Francesco FANZUTTI
OSSERVATORIO GEOFISICO
SPERIMENTALE
Borgo Grotta Gigante - CP 2011
34016 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-21401 Fax: 327307
Socio attivo dal 1988

Prof. Giovanni Paolo FANZUTTI
ISTITUTO DI GEOLOGIA E
PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel : 040-6763218 Fax : 6763176
Socio attivo dal 1984

Prof. Francesco Maria FARANDA
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1984

Dr. Romano FERRARA
ISTITUTO DI BIOFISICA C.N.R.
Via S. Lorenzo, 26
56127 PISA (Italia)
Tel: 050-501501 Fax: 553501
Socio attivo dal 1982

Dr. Carla Rita FERRARI
REGIONE EMILIA ROMAGNA
U.O. "DAPHNE"
Viale Vespucci, 2
47042 CESENATICO (FO) (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Prof. Ireneo FERRARI
ISTITUTO DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI PARMA
Viale delle Scienze
43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-580609 Fax: 580665
Socio attivo dal 1974

Dr. Salvatore FERRARO
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Viale R. Gessi, 2
34123 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-305506 Fax: 308941
Socio attivo dal 1989

Dr. Omelia FERRETTI
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536272 Fax: 536213 / 536273
Socio associato dal 1974

Prof. Riccardo FERRO
ISTITUTO CHIMICA GENERALE ED INORGANICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 3
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538108 / 3538114 Fax: 358379
Socio associato dal 1974

Prof. Giuliano FIERRO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538270 Fax: 352169
Socio attivo dal 1974

Dr. Furio FINOCCHIARO
ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, I
34127 TRIESTE (Italia)
Tel : 040-6763218 Fax : 6763176
Socio attivo dal 1985

Prof. Marco FIRPO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 CENO VA (Italia)
Tel: 010-3538272 Fax: 352169
Socio associato dal 1979

Prof. Silvano FOCARDI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA AMBIENTALE UNIVERSITÀ DI SIENA
Via delle Cerchia. 3
53100 SIENA (Italia)
Tel: 0577-298835 Fax: 298860
Socio attivo dal 1992

Prof. Serena FONDA UMANI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via A. Valerio, 32/34
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-54434/5 Fax: 569743
Socio attivo dal 1982

Dr. Silvia FORTI
Via Mandola 54 D
39100 BOLZANO (Italia)
Tel: 0471-274316 Fax:
Socio attivo dal 1988

Dr. Valentino U. FOSSATO
ISTITUTO DI BIOLOGIA DEL MARE C.N.R.
Riva dei Sette Martiri, 1364/a
30122 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5207622 Fax: 5204126
Socio attivo dal 1974

Prof. Roberto FRACHE
ISTITUTO CHIMICA GENERALE ED INORGANICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 3
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538119 Fax: 358379
Socio attivo dal 1975

Dr. Franca FRASCARI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobetti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-63981 11 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1986

Dr. Si monella FRASCHETTI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1991

Dr. Mauro FRIGNANI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobetti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6398111 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1974

Dr. Giovanni GABBIANELLI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE GEOLOGICHE
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Via Zamboni, 67
40127 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-354520 Fax: 354522
Socio attivo dal 1979

Dr. Maria Cristina GAMBI
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
LABORATORIO ECOLOGIA DEL BENTHOS
Punta S. Pietro, 11
80077 ISCHIA PORTO (NA) (Italia)
Tel: 081-5833305 Fax: 984201
Socio attivo dal 1986

Dr. Gioacchino GENCHI
ASSESSORATO REGIONALE TERRITORIO E AMBI ENTE
Viale Regione Siciliana, 2226
90135 PALERMO (Italia)
Tel: 091-407900 Fax:
Socio attivo dal 1984

Dr. Sebastiano GERACI
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Via Roma, 3
74100 TARANTO (Italia)
Tel: 099-94957 Fax: 94811
Socio attivo dal 1986

Prof. Pier Francesco GHETTI
DIPARTIMENTO SCIENZE AMBIENTALI
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI VENEZIA
Calle Larga Santa Marta, 2137
30123 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5298337 Fax: 5281494
Socio attivo dal 1974

Dr. Ennio GHIARA
ENEA AMB/MON/GEOLOG Sacco Postale 056 SANTA MARIA DI GALERA
Via Anguillarese. 301
00060 ROMA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1993

Prof. Elvezio GHIRARDELLI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via A. Valerio, 32/34
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-54434/5 Fax: 569743
Socio onorario dal 1986

Dr. Salvatore GIACOBBE
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1979

Dr. Adriana GIANGRANDE
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DI LECCE
Via Provinciale Lecce-Monteroni
73100 LECCE (Italia)
Tel: 0832-620619 Fax: 351504
Socio attivo dal 1992

Dr. Michele GIANI
ICRAM
Via L. Respighi, 5
00197 ROM A (Italia)
Tel: 06-8077592 Fax:
Socio attivo dal 1993

Dr. Paola GIORDANI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobctti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6398861 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1986

Dr. Eugenio GIUFFRIDA
STITUTO POLICATTEDRA DI OCEANOLOGIA E PALEOECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI CATANIA
Corso Italia, 55
95129 CATANIA (Italia)
Tel: 095-381346 /376308 Fax: 381346
Socio associato dal 1981

Dr. Gianluigi GIUSSANI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 0323-556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Anne GOFFART
UNITE' D'ECOHYDRODYNAMIQUE
INSTTTUT DE PHYSIQUE
UNIVERSITE' DE LIEGE
Sart-Tilman
B5 4000 LIEGE (Belgio)
Tel : 32 (41)563646 Fax : (41)562355
Socio attivo dal 1991

Prof. Sofia GRASSO
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1979

Dr. Stefano GUERZONI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
ViaGobctti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6398111 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1991

Prof. Letterio GUGLIELMO
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
UNIVERSITÀ MESSINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-6765239 Fax: 393409
Socio attivo dal 1979

Dr. Piero GUILIZZONI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Luigi Angelo GUZZI
E.N.E.L. CENTRO RICERCA TERMICA E NUCLEARE
Via Rabattino, 54
20134 MILANO (Italia)
Tel: 02-72243062 Fax: 72243915
Socio attivo dal 1978

Dr. Jean-Henri HECQ
UNITE' D'ECOHYDRODYNAMIQUE
INSTITUT DE PHYSIQUE
UNIVERSITE' DE LIEGE
Sart-Tilman
B5 4000 LIEGE (Belgio)
Tel: 0032 (41) 563646 Fax: (41)562355
Socio attivo dal 1991

Dr. Giorgio HONSELL
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via A. Valerio, 32/34
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-54434/5 Fax: 569743
Socio attivo dal 1989

IDROSER
(ATTENZIONE DR. BRUNELLI)
Via Nazario Sauro, 22
40121 BOLOGNA (Italia)
Tel: Fax:051-225417
Socio ente dal 1991

Dr. Francesco IMMORDINO
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: Fax:
Socio junior dal 1991

Prof. Mario INNAMORATI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
LABORATORIO DI ECOLOGIA VEGETALE
Via P.A. Micheli, 1
50121 FIRENZE (Italia)
Tel: 055-2757383 Fax: 282358
Socio attivo dal 1991

I.R.S.A. - C.N.R.
ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE C.N.R.
Via Reno, 1
00198 ROMA (Italia)
Tel: 06-8841451 Fax: 8417861
Socio ente dal 1981

Dr. Rosabruna LA FERLA
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Spianata San Raineri, 86
98123 MESSINA (Italia)
Tel: 090-669004 Fax: 669007
Socio attivo dal 1984

Dr. Leonardo LANGONE
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobetti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6398111 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1991

Prof. Duilio LAUSI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via A. Valerio, 32/34
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: O4O-574182 Fax:
Socio attivo dal 1975

Dr. Luigi LAZZARA
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
LABORATORIO DI ECOLOGIA VEGETALE
Via P.A. Micheli, 1
50121 FIRENZE (Italia)
Tel: 055-2757381 Fax: 282358
Socio attivo dal 1984

Prof. Giovanni LENARDON
ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-5603220 Fax: 5603176
Socio attivo dal 1992

Dr. Marcella LEONARDI
ISTITUTO SPERIMENTALE
TALASSOGRAFICO C.N.R.
Spianata San Raineri, 86
98123 MESSINA (Italia)
Tel: 090-669004 Fax: 669007
Socio attivo dal 1979

Dr. Alberto LEVI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Priscilla LICANDRO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Giuseppe LO PARO
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED
ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1979

Dr. Anna LUCHETTA
ISTITUTO SPERIMENTALE
TALASSOGRAFICO C.N.R.
Viale R. Gessi, 2
34123 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-305506 Fax: 308941
Socio attivo dal 1989

Dr. Antonella Gesuina LUGLIÉ
DIPARTIMENTO DI BOTANICA ED
ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI
Via Muroni, 25
07100 SASSARI (Italia)
Tel: 079-228644 Fax: 233600
Socio attivo-ex junior dal 1986

Dr. Carlo LUSETTI
ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA
Passo Osservatorio,'4
16134 GENOVA (Italia)
Tel: 010-265451 Fax:
Socio attivo dal 1981

Prof. Giuseppe MAGAZZÚ
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DI LECCE
Via Provinciale Lecce-Monteroni
73100 LECCE (Italia)
Tel: 0832-620606 Fax: 351504
Socio attivo dal 1974

Ing. Giuseppe MALLANDRINO
ISTITUTO DI IDRAULICA
Via Piana del Gallo, 34
90123 PALERMO (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1979

Dr. Marina MANCA
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel : 0323-556571 Fax : 556513
Socio attivo dal 1982

Com. Amilcare MANCUSO
Via R. Rigola, 27/32
16149 GENOVA (Italia)
Tel: 010-261198 Fax:
Socio associato dal 1976

Sig. Fabrizio MANTELLI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Luciana MANTILACCI
ISTITUTO DI IDROBIOLOGIA E PESCICOLTURA
UNIVERSITÀ DI PERUGIA
Via Elce di Sotto
06123 PERUGIA (Italia)
Tel: 075-5855712 Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Cinzia MANZONI
ISTITUTO DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI PARMA
Viale delle Scienze
43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-580611 Fax:
Socio junior dal 1991

Dr. Francesco MARABINI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobetti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel : 051 -6398111 Fax : 6398940
Soci o attivo dal 1993

Prof. Fiorenza MARGARITORA
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA ANIMALE E DELL'UOMO
UNIVERSITÀ "LA SAPIENZA"
Viale dell'Università, 32
00185 ROMA (Italia)
Tel: 06-49914764 Fax: 4958259
Socio attivo dal 1988

Dr. Luca MARINI
Via Pio Foà, 23
00100 ROMA (Italia)
Tel: 06-58201680 Fax:
Socio attivo-ex junior dal 1984

Dr. Donato MARINO
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
Villa Comunale, 111
80121 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5833271 Fax: 7641355/984201
Socio attivo dal 1986

Dr. Walter MARTINOTTI
E.N.E.L. CENTRO RICERCA TERMICA E NUCLEARE
Via Rubattino, 54
20134 MILANO (Italia)
Tel: 02-72243978 Fax: 72243915
Socio attivo dal 1992

Dr. Biancaelena MASERTI
ISTITUTO DI BIOFISICA C.N.R.
Via San Lorenzo, 26
56127 PISA (Italia)
Tel: 050-513252/513111 Fax: 553501
Socio attivo dal 1991

Dr. Lucia MAZZELLA
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
LABORATORIO ECOLOGIA DEL BENTHOS
Punta S. Pietro, 11
80077 ISCHIA PORTO (NA) (Italia)
Tel: 081-5833305 /991410 Fax: 984201
Socio attivo dal 1986

Dr. Maria Grazia MAZZOCCHI
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
Villa Comunale, 111
80121 NAPOLI (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Ulderico MELCHIORRI-SANTOLINI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Romana MELIS
ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-6763218 Fax: 6763176
Socio attivo dal 1988

Dr. Roberto MELONI
ISTITUTO DINAMICA GRANDI MASSE
C.N.R.
STAZIONE OCEANOGRAFICA
Forte Santa Teresa
19036 POZZUOLO DI LERICI (SP) (Italia)
Tel: 0187-536314 Fax: 970585
Socio attivo dal 1981

Dr. Luisella MILANI
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA
UNIVERSITÀ DI TRIESTE
Strada Costiera, 336 - S. Croce
34010 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-224400 / 224464 Fax: 224437
Socio attivo-ex junior dal 1986

Dr. Cristina MISIC
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Giuseppe MONTANARI
CONSORZIO STUDI RICERCHE RISORSE
MARINE
Viale Vespucci, 2
47042 CESENATICO (FO) (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Marina MONTI
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA
Strada Costiera, 336 - S. Croce
34010 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-224400 Fax: 224437
Socio attivo dal 1991

Dr. Giuseppe MORABITO
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1991

Dr. Alessandra MORESCALCHI
ISTITUTO DI ANATOMIA COMPARATA
UNIVERTSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Benedetto XV, 5
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538048 Fax: 3538047
Socio attivo dal 1993

Prof. Mauro MORETTI
ISTITUTO DI METEOROLOGIA ED
OCEANOGRAFIA
ISTITUTO UNIVERSITARIO NAVALE
Via Amm. F. Aclon, 38
80133 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5513979 Fax: 5521485
Socio attivo dal 1974

Prof. Giampaolo MORETTI
ISTITUTO DI ZOOLOGIA UNIVERSITÀ DI
PERUGIA
Via Elce di Sotto
06123 PERUGIA (Italia)
Tel: 075-5855724 Fax: 5852067
Socio onorario dal 1991

Dr. Giovanna MORI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
LABORATORIO DI ECOLOGIA VEGETALE
Via P.A. Micheli, I
50121 FIRENZE (Italia)
Tel: 055-2757388 Fax: 282358
Socio attivo dal 1991

Dr. Carla MORRI
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi, 5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099469 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1981

Dr. Rosario MOSELLO
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1978

Dr. Herbert MUNTAU
EURATOM - CENTRO COMUNE DELLE RICERCHE DIVISIONE CHIMICA
Via Enrico Fermi
21027 ISPRA (VA) (Italia)
Tel: 0332-789111 Fax: 789001
Socio attivo dal 1982

Sig. Claudio NAPOLITANO
Via di Chiadino, 6
34141 TRIESTE (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1988

Dr. Ilaria NICCOLAI
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536283 Fax: 536273 /5362I3
Socio attivo dal 1986

Prof. Jacques NIHOUL
UNITE' D'OCEANOLOGIE
INSTITUT DE CHIMIE
UNIVERSITE' DE LIEGE
Sart-Tilman
B6 4000 LIEGE (Belgio)
Tel: Fax:
Socio onorario dal 1980

Dr. Anna Maria NOCENTINI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Prof. Anna OCCHIPINTI AMBROGI
DIPARTIMENTO GENETICA E MICROBIOLOGIA - SEZ. DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI PAVIA
Piazza Botta, 10
27100 PAVIA (Italia)
Tel: 0382-22319 Fax: 528496
Socio attivo dal 1985

Dr. Enrico OLIVARI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Carla ORESTANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE BOTANICHE
LABORATORIO DI ECOLOGIA ACQUATICA
Via Archirafi, 38
90123 PALERMO (Italia)
Tel : 091 -6161493 768994 Fax : 6176089
Socio attivo dal 1986

Prof. Mauro ORUNESU
ISTITUTO DI FISIOLOGIA GENERALE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538246 Fax:
Socio associato dal 1974

Dr. Carlo OSSOLA
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Romano PAGNOTTA
ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE – C.N.R.
Via Reno, 1
00198 ROMA (Italia)
Tel: 06-8841581 Fax: 8417861
Socio attivo dal 1979

Dr. Luigi PANE
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 5
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538071 Fax: 3538072
Socio attivo dal 1988

Dr. Maurizio PANSINI
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi, 5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099470 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1991

Prof. Lorenzo PAPA
ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA
Passo Osservatorio, 4
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-24431 Fax: 265973
Socio attivo dal 1975

Dr. Andrea PEIRANO
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536111 Fax: 536213
Socio associato dal 1991

Dr. Davide PELLEGRINI
ICRAM
Via L. Respighi, 5
00197 ROMA (Italia)
Tel: 06-8077551 Fax: 8088326
Socio attivo dal 1993

Dr. Renato PERDICARO
LABORATORIO CENTRALE DI IDROBIOLOGIA
MINISTERO AGRICOLTURA E FORESTE
Via del Caravaggio, 107
00147 ROMA (Italia)
Tel: 06-51600178 Fax: 5140296
Socio attivo dal 1986

Dr. Cristina PEREGO
ACQUARIO DI GENOVA
Piazza Raibetta, 2/27
16123 CENO VA (Italia)
Tel : 010-2471140 Fax : 2471262
Socio associato dal 1991

Dr. Corrado PERONI
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536266 Fax: 536213
Socio attivo dal 1984

Sig. Pier Domenico PETRELLI
C.N.R. - PROGRAMMA ANTARTIDE SEGRETERIA TECNICO - SCIENTIFICA
Via Tiburtina, 770
00159 ROMA (Italia)
Tel: 06-49933371 Fax:
Socio associato dal 1979

Dr. Raffaella PIANI
ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-6763213 Fax: 6763176
Socio attivo dal 1993

Prof. Mauro PICCAZZO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538039 Fax: 352169
Socio attivo dal 1975

Prof. Corrado PICCINETTI
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA E PESCA
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA IN FANO
Viale Adriatico, 1/N
6l032EANO(PS)(Italia)
Tel: 0721-802689 / 802736 Fax: 80165
Socio attivo dal 1974

Dr. Giuliano PIOVAN
ARMAMENTO NAVI OCEANOGRAFICHE C.N.R.
ISTITUTO DI BIOLOGIA DEL MARE
Via Castello 1364/A 30122 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5238900 Fax:
Socio associato dal 1989

Dr. Cataldo POLIZZANO
ENEA SANTA MARIA DI GALERA
Via Anguillarese, 301
00060 ROMA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1993

Dr. Paolo POVERO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1992

Prof. Nevio PUGLIESE
ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-5603215 Fax:
Socio attivo dal 1986

Dr. Alessandra PUGNETTI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1989

Dr. Giuseppa PULICANO
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1979

Dr. Antonio PUSCEDDU
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio Junior dal 1994

Prof. Ernesto RABBI
DIPARTIMENTO DI GEOGRAFIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA
Piazza Scaravilli, 2
40127 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-354520 Fax: 354522
Socio attivo dal 1993

Dr. Sandro RABITTI
ISTITUTO DI BIOLOGIA DEL MARE C.N.R.
Via Castello, 1364/A
30122 VENEZIA (Italia)
Tel : 041 -5207622 Fax : 5204126
Socio attivo dal 1982

Dr. Agostino RAMELLA
Via Giordano Bruno, 38/14
16146 GENOVA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1988

Dr. Giovanni RANDAZZO
ISTITUTO POLICATTEDRA DI OCEANOLOGIA E PALEOECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI CATANIA
Corso Italia, 55
95129 CATANIA (Italia)
Tel: 095-7195770 Fax: 7195790
Socio Attivo dal 1994

Prof. Leo RAUNICH
Viale 12 Giugno, 15
40124 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6484411 Fax:
Socio attivo dal 1974

Dr. Mariangela RAVAIOLI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobetti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6398905 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1986

Prof. Oscar RAVERA
DIPARTIMENTO SCIENZE AMBIENTALI
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI VENEZIA
Calle Larga Santa Marta, 2137
30123 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5298511 Fax: 5298584
Socio attivo dal 1978

Dr. Maurizio RIBERA D'ALCALÀ
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
Villa Comunale, 111
80121 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5833245 Fax: 7641355
Socio attivo dal 1991

Dr. Francesca RICCI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-2X6195/283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Prof. Rupert RIEDL
INSTITUT PUR ZOOLOGIE
UNIVERSITATWIEN
Althanstrasse, 14
A 0000 VIENNA (Austria)
Tel: Fax:
Socio onorario dal 1980

Prof. Silvano RIGGIO
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO
Via Archirafi, 18
90123 PALERMO (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1993

Dr. Attilio RINALDI
REGIONE EMILIA ROMAGNA
U.O. "DAPHNE"
Viale Vespucci, 2
47042 CESENATICO (FO) (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Teresa RIVA RUFFONI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1992

Dr. Giovanna ROMEO
C.E.M.
Via Roma, 16
16033 LAVAGNA (GE) (Italia)
Tel: 0185-309102 Fax:
Socio junior dal 1991

Dr. Valerla ROSSI
ISTITUTO DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA
Viale delle Scienze
43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-580612 Fax: 580665
Socio junior dal 1991

Dr. Daria ROSSI
EURATOM - CENTRO COMUNE DELLE RICERCHE
Via Enrico Fermi
21027 ISPRA (VA) (Italia)
Tel: 0332-789111 Fax: 789001
Socio junior dal 1991

Prof. Lorelo ROSSI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DI LECCE
Via Provinciale Lecce-Monteroni
73100 LECCE (Italia)
Tel: 0832-6201 Fax: 351504
Socio attivo dal 1992

Dr. Delio RUGGIU
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Giovanni Fulvio RUSSO
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
Villa Comunale
80121 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5833111 Fax: 7641355
Socio attivo dal 1991

Dr. Vincenzo SAGGIOMO
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
Villa Comunale, 111
80121 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5833240 Fax: 7641355
Socio attivo dal 1991

Dr. Paola SALEMI PICONE
Piazza Virgilio, 4
20123 MILANO (Italia)
Tel: 02-4696345 Fax:
Socio attivo dal 1982

Dr. Giampaolo SALMOIRAGHI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA
Via S. Giacomo, 9
40126 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-243093 Fax:
Socio attivo dal 1979

Dr. Roberto SANDULLI
CASTAL1A - Centro Ricerche
Via Borzoli, 79/A r
16161 GENOVA (Italia)
Tel: 010-6512705 Fax: 6520036
Socio attivo dal 1993

Ing. Vincenzo SANSONE
ASSESSORATO REGIONALE TERRITORIO E AMBIENTE
Viale Regione Siciliana, 2226
90135 PALERMO (Italia)
Tel: Fax:
ocio attivo dal 1988

Prof. Emilio SANSONE
ISTITUTO DI METEOROLOGIA ED OCEANOGRAFIA
ISTITUTO UNIVERSITARIO NAVALE
Via Amm. F. Acton, 38
80133 NAPOLI (Italia) Tel: 081-5513979 Fax: 5521485
Socio attivo dal 1974

Dr. Renato SCONFIETTI
DIPARTIMENTO GENETICA E MICROBIOLOGIA - SEZ. ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI PAVIA
Piazza Botta, 10
27100 PAVIA (Italia)
Tel: 0382-22319 Fax: 528496
Socio attivo dal 1985

Cap. Salvatore SCOTTO DI SANTILLO
C.N.R. - COMANDO NAVI
Piazzale Aldo Moro, 7
00185 ROMA (Italia)
Tel: 06-49933317 Fax:
Socio associato dal 1974

Dr. Patrizia SECHI
ISTITUTO DI IGIENE E MEDICINA PREVENTIVA
UNIVERSITÀ DI CAGLIARI
ViaPorcell, 4
09100 CAGLIARI (Italia)
Tel: 070-670828 Fax: 668661
Socio associato dal 1991

Prof. Nicola SECHI
DIPARTIMENTO DI BOTANICA ED ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI
Via Muroni, 25
07100 SASSARI (Italia)
Tel: 079-228644 Fax: 233600
Socio attivo dal 1979

Dr. Lorenzo SENES
ACQUARIO DI GENOVA
Piazza Raibetta, 2/27
16123 GENOVA (Italia)
Tel : 010-2471140 Fax : 2471262
Socio attivo dal 1992

Cap. Fabio SENIGAGLIESI
ARMAMENTO NAVI OCEANOGRAFICHE C.N.R.
ISTITUTO DI BIOLOGIA DEL MARE
Via Castello 1364/A
30122 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5238900 Fax:
Socio associato dal 1989

Dr. Alfredo SERITTI
C.N.R. - ISTITUTO DI BIOFISICA
Via San Lorenzo, 26
56127 PISA (Italia)
Tel: 050-513254 / 513111 Fax: 553501
Socio attivo dal 1982

Dr. Massimo SETTI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA
Via Abbiategrasso, 209
27100 PAVIA (Italia)
Tel: 0382-392251 / 260 Fax: 505890
Socio attivo dal 1991

Dr. Umberto SIMEONI
ISTITUTO DI GEOLOGIA
UNIVERSITÀ DI FERRARA
Corso Ercole I d'Este, 32
44100 FERRARA (Italia)
Tel: 0532-428241 Fax: 428244
Socio attivo dal 1988

Dr. Giorgio SOCAL
ISTITUTO DI BIOLOGIA DEL MARE C.N.R.
Riva dei Sette Martiri, 1364/a
30122 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5207622 Fax: 5204126
Socio attivo dal 1978

Dr. Maria Pia SPARLA
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1993

Prof. Mario SPECCHI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via A. Valerio, 32/34
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-54434 Fax:
Socio attivo dal 1982

Prof. Giancarlo SPEZIE
ISTITUTO DI METEOROLOGIA ED OCEANOGRAFIA
ISTITUTO UNIVERSITARIO NAVALE
Via Amrn. F. Acton, 38
80133 NAPOLI (Italia)
Tel: 081 -5475725 5475718 Fax: 207106
Socio attivo dal 1979

Dr. Mauro SPOTORNO
ISTITUTO DI GEOGRAFIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Bensa, 1
16124 GENOVA (Italia)
Tel : 010-2099604 Fax: 208926
Socio attivo dal 1993

Prof. Emilia STELLA
DIP. BIOLOGIA ANIMALE E DELL'UOMO
UNIVERSITÀ "LA SAPIENZA"
Viale dell'Università, 32
00185 ROMA (Italia)
Tel: 06-4958259 / 4958254 Fax:
Socio attivo dal 1988

Dr. Marisa TAMARO
ISTITUTO DI MICROBIOLOGIA UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via Fleming, 22
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-571081 Fax:
Socio attivo dal 1986

Dr. Gianni TARTARI
I.R.S.A. - C.N.R.
Via Occhiate
20047 BRUGHERIO (MI) (Italia)
Tel: 039-2004303 Fax: 2004692
Socio attivo dal 1982

Prof. Maria Illuminata TATICCHI
ISTITUTO DI IDROBIOLOGIA E PESCICOLTURA
UNIVERSITÀ DI PERUGIA
Via Elce di Sotto
06123 PERUGIA (Italia)
Tel: 075-5855705 Fax: 5855709
Socio attivo dal 1988

Prof. Remo TERRANOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVESITA DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26 16132 GENOVA (Italia) Tel: 010/3538276 /2099606 Fax: 208926 Socio attivo dal 1993

Ing. Mario TOMASINO
ENEL D.S.R. CENTRO RICERCA IDRAULICA E STRUTTURALE - SERVIZIO IDROLOGICO Corso del Popolo, 245 30172 MESTRE (VE) (Italia) Tel: 041-5332915/5332111 Fax: 5332951 Socio attivo dal 1981

Prof. Renata TREVISAN
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Via Trieste, 75
35121 PADOVA (Italia)
Tel: 049-8286291 Fax: 8286140
Socio attivo dal 1982

Prof. Cesare TRIULZI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA/RADIORCOLOGIA
UNIVERSITÀ DI PARMA
Viale delle Scienze 43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-905655 Fax: 905657
Socio attivo dal 1991

Dr. Ottavio TUBERTINI
CENTRO RADIOCHIMICA AMBIENTALE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA
Via Selmi, 2
40126 BOLOGNA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Sergio TUCCI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 CENO VA (Italia)
Tel: 010-3538135 Fax: 352169
Socio attivo dal 1991

Dr. Michele TUFANO
ACQUARIO DI GENOVA
Piazza Raibetta, 2/27
16123 GENOVA (Italia)
Tel : 010-2471140 Fax : 2471262
Socio attivo dal 1991

Dr. Leonardo TUNES1
ICRAM
Via L. Rcspighi, 5
00197 ROMA (Italia)
Tel: 06-8072276 / 8077551 Fax: 8088326
Socio attivo dal 1991

Prof. Antonio ULZEGA
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
Via Trentino, 51
09127 CAGLIARI (Italia)
Tel: 070-303030 Fax: 282236
Socio associato dal 1975

Dr. Sergio VACCA
ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA
Via Mameli, 88
09123 CAGLIARI (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Claudia VACCAREZZA
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso. 14 - CP 79 16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia) Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089 Socio associato dal 1992

Dr. Marino VACCHI
ICRAM
Via L. Respighi, 5
00197 ROM A (Italia)
Tel: 06-8088966 Fax: 8088326
Socio attivo dal 1991

Sig. Lorenzo VALLARINO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Prof. Renzo VALLONI
ISTITUTO DI PETROGRAFIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA
Viale delle Scienze
43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-580328 Fax: 580305
Socio attivo dal 1993

Prof. Aldo VIARENGO
ISTITUTO DI FISIOLOGIA GENERALE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-509101 Fax: 509101
Socio attivo dal 1980

Dr. Pierluigi VIAROLI
ISTITUTO DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA
Viale delle Scienze
43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-580683 Fax: 580665
Socio associato dal 1991

Dr. Monique VIEL
EPTA S.r.l.
Via Foscolo, 20
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Tomasa VIRDIS
ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA
Via Mameli, 202
09123 CAGLIARI (Italia)
Tel: 070-275372 Fax:
Socio junior dal 1991

Dr. Domenico VOLTOLINA
CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y EDUCACION SUPERIOR (C.I.C.E.S.E.)
Km 107 Cairretera Tijuana CP 2732
MX-2732 ENSENADA, BAJA CAL1FORNIA (Messico)
Tel: (667) 44501 /6422S Fax: 45154
Socio attivo dal 1974

Dr. Chiara WELKER
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA (SORGENTI DI AURISIANA)
Strada Costiera, 336 - S. Croce
34010 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-224400 Fax: 569743
Socio attivo dal 1993

Dr. Renata ZACCONE
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Spianata San Raineri, 86
98123 MESSINA (Italia)
Tel: 090-773724 Fax: 714909
Socio associalo dal 1984

Dr. Giacomo ZAGAMI
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-6765235 Fax: 393409
Socio attivo dal 1992

Prof. Gilda ZANICCHI
ISTITUTO CHIMICA GENERALE ED INORGANICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 3
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538127/3538108 Fax: 358379
Socio attivo dal 1975

Dr. Marco ZAVATARELLI
IMGA - CNR
Via Emilia Est, 770
41100MODENA (Italia)
Tel: 059-362388 Fax: 374506
Socio attivo dal 1985

Dr. Adriana ZINGONE
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
Villa Comunale, 111
80121 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5833295 Fax: 7641355
Socio attivo dal 1991

Prof. Teda ZUNINI SERTORIO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 7283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1974