

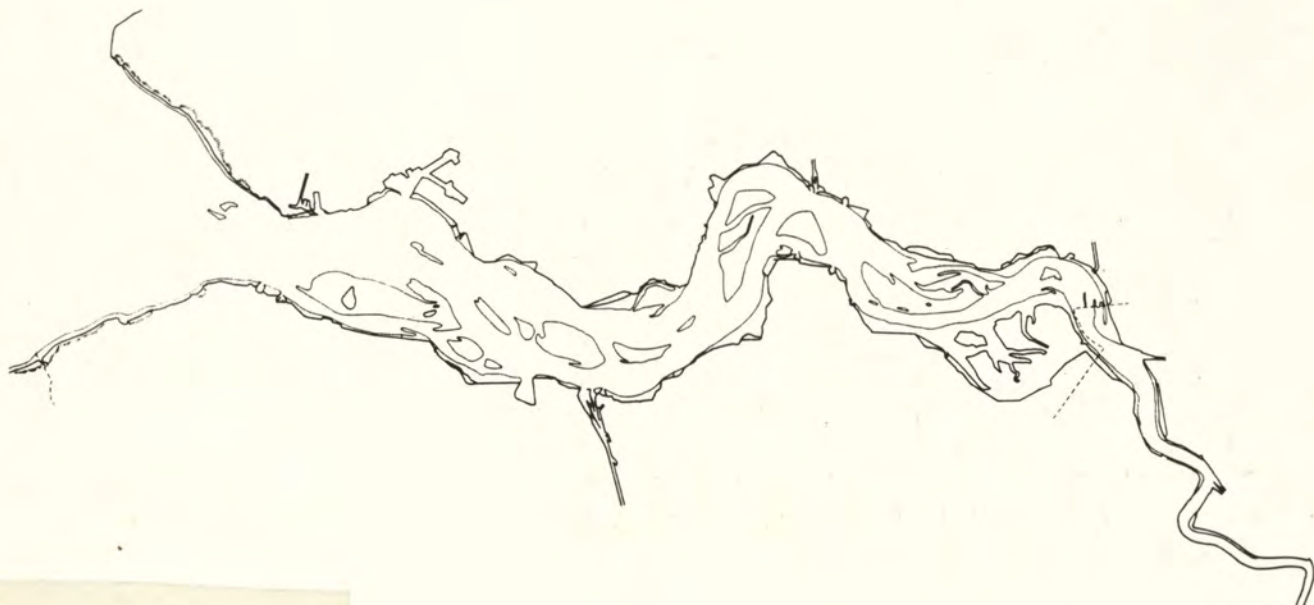
DI: 109085

VOORKOMEN EN VERSPREIDING VAN HET NONNETJE MACOMA BALTHICA

EN DE STRANDGAPER MYA ARENARIA

IN HET OOSTELIJK DEEL VAN DE WESTERSCHELDE

IN 1989



rijkswaterstaat
dienst getijdewateren
nr. C-4322

bibliotheek
835

Arjen Iedema
Februari, 1990

Voorkomen en verspreiding van het nonnetje Macoma balthica
en de strandgaper Mya arenaria
in het oostelijk deel van de Westerschelde
in 1989

Arjen Iedema
Rijksuniversiteit Groningen
april-november 1989

Verslag van een stage bij de Dienst Getijdewateren (RWS) in Middelburg.

Begeleider: Jon Coosen.

Begeleider Biologisch Centrum - Rijksuniversiteit Groningen: John Videler.

Met dank aan Jon Coosen voor de begeleiding, Alo van Eenennaam voor de onvermoeibare assistentie bij het veldwerk, de medewerkers van het veldstation te Jacobahaven, Wim de Vos voor het ruimhartig delen van zijn kamer, Wouter Iedema voor de broederlijke zorg, en verder iedereen van de DGW die van tijd tot tijd een woord van advies gaf, of een helpende hand bood, al was het maar bij het tafeltennissen.

	SAMENVATTING	4
1	INLEIDING	6
1.1	Introductie	6
1.2	Onderzoek	7
2	DOELSTELLING ONDERZOEK	12
3	MATERIAAL & METHODEN	13
3.1	Het onderzoeksgebied	13
3.2	Werkwijze	13
3.2.1	Bemonstering	13
3.2.2	Verwerking van het materiaal	14
3.3	Groeiexperiment	15
3.4	Toetsen	16
4	RESULTATEN	17
4.1	<u>Macoma balthica</u>	17
4.1.1	Dichtheden, biomassa, lengte-frequentie verdelingen, leeftijd en sediment	17
4.1.1.1	De Appelzak	17
4.1.1.2	Het Verdronken Land van Saeftinge	18
4.1.1.3	Walsoorden-Baalhoek	19
4.1.1.4	Rilland	19
4.1.1.5	De Platen van Valkenisse	20
4.1.1.6	Samenvattend	21
4.1.2	Groei	22
4.2	<u>Mya arenaria</u>	24
4.3	Groeiexperiment	25
5	DISCUSSIE	27
5.1	<u>Macoma balthica</u>	27
5.1.1	Leeftijdsopbouw, dichtheden en biomassa	27
5.1.2	Groei	31

5.1.3	Sediment	32
5.2	<u>Mya arenaria</u>	33
	Voorkomen-bepalende factoren	33
5.3	De slikken bij Waarde en Antwerpen	34
5.3.1	De slikken bij Waarde	35
	Macoma	35
	Mya	37
5.3.2	Het Galgenschoor en Groot Buitenschoor bij Antwerpen	38
5.4	Vergelijk met het Dollard-estuarium	38
5.5	Groeiexperiment	39
5.6	Het onderzoek: Foutenanalyse	40
5.6.1	Veldonderzoek	40
5.6.2	Groeiexperiment	41

LITERATUURLIJST	42
-----------------	----

FIGUREN

SAMENVATTING

In de periode van eind april tot half augustus 1989 werden vijf gebieden van slikken en platen in het oostelijk deel van de Westerschelde uitgebreid bemonsterd (totaal 235 monsterpunten). Van het nonnetje Macoma balthica en de strandgaper Mya arenaria werden dichtheid, biomassa en populatieopbouw (lengte- en leeftijdsverdeling) onderzocht. Van Macoma werd bovendien de groei (gecorrigeerd voor het zg. "catching-up fenomeen": LIN_c) bepaald. Er werden relaties gelegd tussen het voorkomen en het sediment, de dynamiek van het gebied en de vervuiling. Om de effecten van vervuiling nader te onderzoeken, werd er op het veldlaboratorium te Jacobahaven een groeiexperiment uitgevoerd met jonge Macoma's in sediment uit de Westerschelde en de Oosterschelde.

Aan de hand van de resultaten werden de volgende hypothesen getoetst:

- In het oostelijk deel van de Westerschelde zijn de populaties van Mya en Macoma verstoord qua verspreiding en populatie-opbouw ten opzichte van schonere estuaria met vergelijkbare zoutgradiënt;
- De groei (lengtetoeename van Macoma) in het oostelijk deel van de Westerschelde is vertraagd ten opzichte van schonere estuaria.

De dichtheid van Macoma vanaf 4 mm lengte bedraagt gemiddeld over de vijf gebieden 87.7 m^{-2} , de jaargemiddelde biomassa $0.307 \text{ g AVD m}^{-2}$. Ondanks dat er meer grotere, oudere dieren werden gevonden dan in eerdere onderzoeken, is het aandeel van jaarklasse 1986 of ouder zeer gering, uitgezonderd de slikken bij Walsoorden-Baalhoek. De dichtheid en biomassa in de Appelzak is extreem laag, waarvoor de oorzaak wordt gelegd bij het zeer slibbige sediment, in combinatie met een laag zoutgehalte en de aanwezigheid van microverontreinigingen. De gemiddelde dichtheid volwassen Macoma's blijkt die van het voormalige Krammer-Volkerak estuarium, de Grevelingen en de Veerse Gatkreek te benaderen, maar is laag vergeleken met de Oosterschelde. De biomassa is laag ten opzichte van de Waddenzee en de Oosterschelde.

De groei van Macoma is voor 1989 en 1988 het hoogst op de Platen van Valkenisse en het laagst in de Appelzak. Gemiddeld bedraagt de LIN_c voor 1988 4.44 mm en voor 1989 3.91 mm. Dit komt overeen met metingen op circa dezelfde breedtegraad, doch is laag vergeleken met de Waddenzee (Balgzand en hele Nederlandse Waddenzee).

Mya werd slechts op 9.4 % van de monsterlocaties gevonden. De gevonden Mya's zijn groter dan in eerdere onderzoeken werden gevonden (er werden toen slechts broedjes aangetroffen), al zijn ze niet ouder dan jaarklasse 1987 of

1988. Alleen bij Walsoorden-Baalhoek werden oudere dieren aangetroffen. Op de Platen van Valkenisse blijkt een bijzonder rijk gebied voor te komen. De oorzaak voor het ontbreken van *Mya* in het meest oostelijke deel wordt vooral gezocht in de lage zoutgehalten.

Vergeleken met het Dollard-estuarium is zowel het voorkomen, de dichtheid als de biomassa van *Macoma* en *Mya* in het oostelijk deel van de Westerschelde laag. De grote onnatuurlijke dynamiek in de Westerschelde kan niet alles verklaren. Verdere oorzaken moeten worden gezocht in de invloed van de intensieve baggerwerken (op sedimentsamenstelling, sedimentatie en erosie, zuurstofgehalte, zwevend stof en de verspreiding van microverontreinigingen) en de effecten van microverontreinigingen.

Uit het groeiexperiment bleek dat *Macoma*'s in het sediment van de Westerschelde over het algemeen een geringere groei vertoonden dan in het Oosterschelde sediment. De oorzaak hiervoor wordt gelegd bij verontreiniging van het sediment met microverontreinigingen.

1 INLEIDING

1.1 Introductie

"Alarm over smerige Schelde." Met deze kop vroeg de Nederlandse milieuorganisatie Reinwater en haar Belgische tegenhanger, de Bond voor Beter Leefmilieu, begin juli via de pers, aandacht voor de erbarmelijk slechte conditie van de waterkwaliteit van de grensoverschrijdende rivier de Schelde. Er werd een rapport gepresenteerd waarin de resultaten staan van een onderzoek dat Reinwater in 1987 hield naar de vervuiling van de Schelde, de Westerschelde en de riviertjes die de Schelde voeden. Bij veel lozingspijpen van industriën werden zware metalen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en polychloor bifenylen (PCB's) gevonden. Daarnaast blijkt de Schelde nog steeds de "afvoerpijp" van veel open riolen, uit vooral de Belgische miljoenenstad Brussel en industriegebieden, te vormen. Reinwater beticht de Belgische overheid er van niets aan de verbetering van de waterkwaliteit van de Schelde te doen en de contrôle op lozingen zou onvoldoende zijn; het laatste zou volgens Reinwater ook voor Rijkswaterstaat gelden.

Zonder een beschuldigende vinger naar iemand te laten wijzen, blijft het een feit dat de kwaliteit van water en sediment van de Schelde op zijn minst discutabel is. Dit heeft natuurlijk gevolgen voor de kwaliteit van water en sediment van de Westerschelde. Door de menging en verdunning met 'schoon' zeewater en marien slib via de getijdebeweging, is er een "verdunning" van de vervuiling van oost naar west te verwachten (dit gaat niet helemaal op door lozingen langs het hele mondingsgebied van de Westerschelde; Beleidsplan Westerschelde; Dlr.2, 1989). De titel van het Reinwaterrapport "De Schelde, Vlaamse delta ecologisch rampgebied" impliceert grote nadelige gevolgen voor flora en fauna van de Schelde, voortgaand in nadelige gevolgen voor de ecologie van de Westerschelde. Uitgaande van de gradiënt oost-west, zullen de meest nadelige effecten te verwachten zijn in het oostelijk deel van de Westerschelde.

In een estuarium, zoals de Westerschelde, wordt de verspreiding van bodemfauna van zachte substraten voornamelijk bepaald door de sedimentsamenstelling en het zoutgehalte (Beleidsplan Westerschelde; Dlr. 1, 1989; Levinton, 1982; McLusky, 1971). De soortenrijkdom in een estuarium neemt af met afnemend zoutgehalte en bereikt een minimum bij het zogenaamde kritische zoutgehalte, om daarna weer toe te nemen in het zoetwater (fig. 1A). Het

kritische zoutgehalte ligt tussen de 3 en 4.5 ‰ Cl^- (Levinton, 1982). Bij een zoutgehalte van ongeveer 4 tot 9 ‰ Cl^- bevindt het aantal soorten -in het voormalige Oosterschelde, Krammer-Volkerak estuarium- zich op een relatief laag, maar constant niveau (Schmidt-Van Dorp, 1979).

Het aantal soorten van de macrofauna daalt in het brakke deel van de Westerschelde (met een zoutgehalte variërend tussen 1 en 10 ‰ Cl^-) tot een minimum. Het blijkt dat wat de algemene soorten betreft de bodemfauna overeenkomt met die van het brakke gedeelte van het Eems-Dollard-estuarium, maar minder-algemene soorten ontbreken in de Westerschelde. Daarom wordt er in Dlr. 1 (Beleidsplan Westerschelde, 1989) geconcludeerd dat de bodemfauna in het oostelijk deel van de Westerschelde maar ten dele overeenkomt met wat men zou verwachten op grond van het beeld in andere estuaria, met een vergelijkbare zoutgradiënt (zie ook fig. 1B). Naast de verarming van de bodemfauna in soortenaantal, is ook de biomassa verarmd, wat o.a. waarschijnlijk tot de vermindering van het aantal overwinterende steltlopers heeft geleid.

1.2 Onderzoek

Er worden in dit onderzoek twee molluscen-soorten nader bestudeerd: Het nonnetje Macoma balthica L. en de strandgaper Mya arenaria L.. Tydeman & Kleef (1981) en Meire & Develter (1988) vonden in het oostelijk deel van de Westerschelde voornamelijk juveniele exemplaren van deze soorten voorkomen. Meer aanwijzingen daarvoor worden gevonden in Heip et al. (1986), Jansen et al. (1988) en Boel (1988): Bij een bemonsteringsreeks over 10 jaar, in het voorjaar en najaar, op o.m. een station op de Platen van Valkenisse, werden vaak hoge najaarspieken (dichtheden tot duizenden per m^2) gevonden, welke enkel door broedjes veroorzaakt kunnen worden; dichtheden in het voorjaar waren gering. Volwassen Macoma's worden wel gevonden, volwassen Mya's niet. De gemiddelde dichtheid van volwassen Macoma's zou $< 1 \text{ m}^{-2}$ zijn (Steur & Seys, 1989). Volgens Hummel (DIHO, pers. med.) bevinden zich bij Baalhoek ook nog volwassen Mya's. Over het geheel genomen, lijken de populaties in het oostelijk deel van de Westerschelde (ernstig) verstoord (Beleidsplan Westerschelde; Dlr. 1, 1989).

Mogelijke oorzaken voor deze verstoring zijn:

- Verslechtering van de zuurstofhuishouding (lagere zuurstofgehalten, langere periodes van zuurstofloosheid);
- Organische en anorganische microverontreinigingen;
- Verhoogde slibgehalten, opslibbing en verzanding van de slikken en platen,

sedimentatie en erosie door baggeractiviteiten en een onnatuurlijke dynamiek.

- Verslechtering van de zuurstofhuishouding

Als gevolg van de hoge organische belasting en de daarmee gepaard gaande mineralisatie-processen, heeft het water dat door de Schelde wordt aangevoerd een laag zuurstofgehalte. Anaërobie kan catastrofaal zijn voor aquatische levensgemeenschappen (vb. gevolgen van anaërobie door massaal afsterven van algen in de Duitse bocht; Beukema & Cadée, 1987). *Mya* lijkt relatief goed bestand tegen korte periodes van lage zuurstofgehalten. Langdurige periodes van anaërobie zouden een verklaring voor afwezigheid van volwassen dieren kunnen zijn. Doch het jaargemiddelde zuurstofgehalte te Schaar van Ouden Doel (Nederlands-Belgische grens) vertoont in de periode 1975-1986 een significante toename, wat het gevolg lijkt te zijn van een eerste sanering, waardoor ammonium- en totaal-koolstofgehalten in dezelfde periode afnamen. Het zuurstofgehalte bevond zich echter nog steeds onder de in Dlr. 1 (Beleidsplan Westerschelde, 1989) gestelde norm van $\geq 5.5 \text{ mg l}^{-1} \text{ O}_2$.

- Anorganische microverontreinigingen (zware metalen)

De waarden van de jaargemiddelde totaalgehalten van zware metalen (Cd, Hg, Pb, Cu, Zn, Cr) in de Westerschelde liggen allen hoger dan de berekende natuurlijke concentraties, door menselijke activiteiten. Het antropogene aandeel in het cadmiumgehalte blijkt ongeveer 95-98 % te zijn; voor de andere metalen is dit 60 à 75 %. Voor de volgorde van afnemende toxiciteit is gevonden: kwik > cadmium > koper > zink > chroom > lood, arseen (Beleidsplan Westerschelde; Dlr. 2, 1989).

De meest opvallende effecten van contaminanten zijn de acute, lethale effecten. De maximaal gemeten concentraties van zware metalen in het water van de Westerschelde blijken lager te zijn dan de lethale concentraties (LC₅₀) voor *Macoma* en *Mya*, ofschoon voor *Mya* de verschillen voor Hg en Cu niet zo groot zijn (Steur & Seys, 1989). Sublethale, vaak chronische effecten, zijn in de praktijk het belangrijkste en kunnen op langere termijn vaak ernstige schadevormen aannemen. Zij treden al op bij veel lagere concentraties dan LC₅₀-waarden. Anders dan de acute sterfte zijn de sublethale effecten het gevolg van een langdurige verhoging van de gehalten van toxische stoffen in het organisme. Deze verhoging kan bij bodemdieren mede tot stand komen door opname van seston (inclusief algen en zoöplankton), of de ingestie van sediment (Beleidsplan Westerschelde; Dlr. 3, 1989). Algemene voorbeelden van

sublethale effecten zijn groeistoornissen en reproductievermindering; voor *Macoma* uiten zich zulke effecten het zichtbaarst in remming van de graafactiviteit en beschadiging van siphondelen. Vermindering van de graafactiviteit wordt al bij zeer lage concentraties zware metalen gevonden: Voor respectievelijk Hg, Cd en Cu vanaf 0.05, 1.0 en 0.2 ppm (Eldon et al., 1980; zie ook tabel 9 in Steur & Seys, 1989). Voor *Mya* zijn geen sublethale effecten en de daarbij behorende concentraties bekend. De gemeten concentraties in de waterfase zijn nog steeds veel lager dan de sublethale effecten-concentraties voor *Macoma* (Steur & Seys, 1989). Echter, volgens Hummel (DIHO) zijn de concentraties gedurende periodes piekbelastingen hoger dan de no-effect levels. Daarnaast komen *Mya* en *Macoma* vaak voor op slibrijke plaatsen en deze staan bekend als opslagplaatsen voor zware metalen. De concentraties in het sediment kunnen dan vele malen hoger zijn dan in de waterfase. En gelet op een hogere gevoeligheid bij hogere temperaturen, en vaak ook bij lagere zoutgehalten (Bryant et al. 1984 & 1985 a en b) en een veel hogere gevoeligheid van juvenielen, dan mogen in ieder geval sublethale effecten niet uitgesloten worden. Het cadmiumgehalte in schelpdieren uit het oostelijk deel van de Westerschelde is verhoogd. De gehalten benaderen de grens waarbij de populatie-ontwikkeling stagneert (Beleidsplan Westerschelde; Dlr. 2 & 3, 1989).

- Organische microverontreinigingen

De belasting van de Westerschelde met organische microverontreinigingen is groot, als gevolg van de industriële activiteiten bovenstrooms, en langs het hele mondingsgebied van de Westerschelde, en de daarmee samengaande lozingen. PCB's, PAK's en organotinverbindingen vormen, op basis van de huidige ecotoxicologische kennis, de belangrijkste organische microverontreinigingen in de Westerschelde. Organotinverbindingen, waaronder tributyltin (TBT) dat wordt toegepast als aangroeiwerend middel in scheepsverven, blijken bij uiterst lage concentraties al duidelijke effecten te veroorzaken (bv. acute toxiciteit van TBT voor oester- en mossellarven bij concentraties vanaf 0.1 µg/l). In het algemeen kunnen organische microverontreinigingen al bij zeer lage concentraties in het oppervlaktewater ziekten veroorzaken, vaak carcinogeen van aard, naast mogelijkheden van combinaties van toxiciteit, persistentie, biomagnificatie, carcinogene en mutagene werking. PCB-gehalten in o.m. *Macoma* zijn relatief hoog, boven het no-effect level van eindpredatoren (predatoren van o.m. *Macoma*). De PAK-gehalten in *Macoma* zijn relatief hoog ten opzichte van enkele andere bodemdiersoorten. Voor beide groepen stoffen

wordt geen duidelijke oost-west gradient in het weefsel van *Macoma* gevonden in de Westerschelde.

Over de effecten van combinaties van organische microverontreinigingen is weinig bekend, maar verwacht wordt dat deze anders zijn dan die van de stoffen apart. De gevoeligheid van juvenielen is ook weer hoger en sublethale effecten treden al op bij veel lagere concentraties dan de LC₅₀-waarden (voor olie, afhankelijk van de oliesoort: Een factor 10-1000 voor juvenielen, een factor 10-1000 voor sublethale effecten) (Beleidsplan Westerschelde; Dlr. 2, 1989).

- Baggeractiviteiten

Een estuarien systeem als de Westerschelde ontleent zijn ecologische waarde aan een drietal hoofdkarakteristieken: 1) De geleidelijke overgang van zoet naar zout milieu, 2) de structuur van geulen, platen, slikken en schorren en 3) de dynamiek van een estuarium door de dagelijkse getijdebeweging. Levensgemeenschappen veranderen geleidelijk met de geleidelijke, natuurlijke veranderingen in geulpatronen, hoogteligging en sedimentsamenstelling van slikken en platen. Door inpoldering en vooral een toenemende omvang van baggerwerken voor de scheepvaartfunctie is de morfologische structuur en dynamiek van de geulen-, platen- en slikkenstelsels ingrijpend veranderd. Vooral in het oostelijk deel van de Westerschelde is al zo'n 15 jaar geen sprake meer van een natuurlijke ontwikkeling: De oppervlakte aan slikken en schorren in dit oostelijk deel is afgenomen sinds 1969 door erosie en inpoldering; de oppervlakte aan intergetijde- en ondiepwatergebieden in Saeftinge is afgenomen als gevolg van doorgaande sedimentatie. De Platen van Valkenisse vertonen uitbouw en sterke ophoging, wat veroorzaakt wordt door de sterk toegenomen speciëstortingen in de Schaar van Waarde.

De hydraulische situatie in de Westerschelde is gewijzigd door de verdieping van de drempels en de toename van het onderhoudsbaggerwerk. Onder meer zijn de getijdeamplitude en lokaal de stroomsnelheden groter geworden. Van een aantal belangrijke geulen is het evenwicht tussen doorstroomprofiel en maximum debiet verstoord, met als gevolg dat de natuurlijke uitwisseling van zand tussen verschillende gebieden in het estuarium is verstoord. Er is sprake van een grote, onnatuurlijke dynamiek.

Ecologische effecten van baggeren en storten zijn in drie groepen onder te verdelen:

a) directe effecten gedurende het baggeren en storten op en in de naaste

omgeving van de locatie, inclusief de gevolgen van een langdurige verhoging van de sedimentatie;

b) de gevolgen van het in suspensie brengen en verspreiden van de fijne fractie, het slib;

c) de gevolgen van veranderingen van bodemligging en waterbeweging.

ad b) Dit wil zeggen: De effecten op het zuurstof-, nutriënten- en zwevend-stof gehalte in de waterkolom (lagere zuurstofgehalten, meer nutriënten door opwerveling en een hoger zwevend stof gehalte), de totaalgehalten aan micro-verontreinigingen in de waterkolom (nalevering en gebonden aan het slib) en de ontwikkeling van de bodemkwaliteit in het estuarium.

Een verhoogd zwevend-stof gehalte en troebelheid van het water kan fysieke gevolgen hebben voor o.m. bodemdieren die hun voedsel uit het water filtreren (*Mya*!); deze dieren zijn gebaat bij algen en in veel mindere mate bij anorganische deeltjes. Verhoogde troebelheid, en daardoor minder doorzicht, heeft negatieve invloed op de primaire productie: De productiviteit in de Westerschelde is niet hoog, vergelijkbaar met die van het Eems-Dollard estuarium in de periode 1976-1980, met waarschijnlijk licht als beperkende factor (Beleidsplan Westerschelde; Dlr. 1 & 4, 1989).

De bedekking door sedimentatie heeft grote invloed op alle bodemdieren. Overleving is afhankelijk van de sedimentatiesnelheid en het gesedimenteerde materiaal: Fijner materiaal geeft lagere overlevingskansen. *Macoma* is een goede graver en kan een éénmalige begraving onder 40 cm fijn zand of 10 cm slib overleven. Permanente sedimentatie kan worden overleefd tot 25 cm/maand voor zand en 14 cm/maand voor slib. Voor *Mya* is de overleving ook nog afhankelijk van de leeftijd: Het graafvermogen vermindert met voortschrijdende ouderdom, doordat de grootte van de voet relatief kleiner wordt. Daarnaast zitten jonge *Mya*'s door hun korte siphon in de bovenlaag van het sediment en zijn daar gevoeliger voor erosie/uitspoeling. Een éénmalige bedekking met een laag slib van 8 cm of 12 cm fijn zand blijkt voor *Mya* fataal te zijn. Jonge *Mya*'s kunnen zich van onder een laag sediment uitgraven, oudere dieren kunnen een bedekking overleven door hun siphon te verlengen. *Mya* kan zich handhaven bij een permanente sedimentatiesnelheid van slib van 1-3 cm/maand (Steur & Seys, 1989; Bijkerk, 1988; Beleidsplan Westerschelde Dlr. 4, 1989).

2 DOELSTELLING ONDERZOEK

In dit onderzoek worden, op grond van de literatuur, de volgende hypothesen gesteld:

- In het oostelijk deel van de Westerschelde zijn de populaties van *Mya* en *Macoma* verstoord qua populatie-opbouw en verspreiding ten opzichte van relatief schonere estuaria met vergelijkbare zoutgradiënt;
- De groei (lengtetoeename van *Macoma*) is vertraagd ten opzichte van 'schone' estuaria.

Het eerste doel van dit onderzoek is, om via een uitgebreide bemonstering, een beter inzicht te krijgen in het voorkomen en de verspreiding van *Macoma balthica* en *Mya arenaria* op de platen en slikken in het oostelijk deel van de Westerschelde. Met een groeiexperiment in het veldlab te Jacobahaven werd onderzocht of *Macoma* een tragere groei vertoont in gecontamineerd sediment uit het oostelijk deel van Westerschelde dan in 'schoon' sediment uit de Oosterschelde.

Via de verkregen gegevens en die uit literatuur zullen de gestelde hypothesen al of niet worden verworpen.

3 MATERIAAL EN METHODEN

3.1 Het onderzoeksgebied

Het onderzoek richtte zich op het oostelijk deel van de Westerschelde, vanaf Walsoorden tot de Nederlands-Belgische grens. Dit gebied komt overeen met vak II, zoals beschreven in deelrapport 3 van de Ecologische Beschrijving van de Westerschelde (1989). Er zijn vijf verschillende gebieden bemonsterd, bestaande uit: I de Appelzak (de slikken tussen Bath en de Belgische grens),

II de slikken bij Rilland,

(fig. 2) III de slikken tussen Walsoorden en Baalhoek,

IV het Verdrongen Land van Saeftinge (van Baalhoek tot Oude Doel),

V de Platen van Valkenisse.

Een zesde gebied (VI: De slikken bij Waarde) wordt, aan de hand van literatuur, in de discussie behandeld.

3.2 Werkwijze

3.2.1 Bemonstering

De vijf gebieden werden in de periode eind april tot half augustus 1989 eenmalig bemonsterd. Op de slikken bij Rilland, Walsoorden-Baalhoek en Saeftinge werden twee raaien bemonsterd: Eén bij de schorrand c.q. de dijk en één bij de laagwaterlijn. Daarnaast werden in Saeftinge in de drie hoofdgeulen nog diverse dwarsraaien bemonsterd. De Appelzak werd alleen bij de laagwaterlijn bemonsterd. Op de Platen van Valkenisse werd de bemonstering uitgevoerd langs verschillende raaien (fig. 4-8).

De bemonstering werd uitgevoerd door een steekbuis -doorsnede 10 cm- minimaal 15 cm het sediment in te duwen. Het zo verkregen sediment werd terplaatse uitgepoeld over een 3 mm zeef. Per monsterpunt werden in ieder geval 10 steekbuizen genomen (opp. 0.079 m^2). Op punten waar de bovenlaag van het sediment dun was, de onderkant begrensd door klei of leemlagen, werd bemonsterd door met de zeef deze dunne bovenlaag over een vaste afstand weg te schrapen. De op deze manier bemonsterde oppervlakte bedroeg ca 0.32 m^2 . Steekproeven wezen erop dat onder deze laag (3-5 cm) geen schelpdieren meer aanwezig waren. Verder werd er regelmatig met een riek gespit, op zoek naar

grote Mya's.

Locatiebepaling van de monsterpunten werd geschat aan de hand van "omgevingskarakteristieken" (bv. aanwezigheid boeien, (licht)bakens, geulen) en de afstand tussen de punten (redelijk nauwkeurig geschat naar het aantal stappen, met een gemiddelde van ca 75 cm per stap). In de praktijk bleek deze manier van locatiebepaling goed te voldoen. De sedimentsamenstelling van verschillende punten bleek, door gebrek aan lab-capaciteit, niet te kunnen worden geanalyseerd. Om toch lokale verschillen binnen een gebied en tussen de gebieden te kunnen weergeven en te kunnen koppelen aan het voorkomen van de schelpdieren, is de sedimentsamenstelling subjectief bepaald. Dat wil zeggen: Er is getracht de sedimentsamenstelling op het oog en het 'gevoel' te categoriseren in klassen als grof, hard zand, slibbig zand, zandig slib, zacht slib etc. Dit geeft in ieder geval een indicatie over sedimentverschillen.

3.2.2 Verwerking van het materiaal

De monsters werden bewaard in een diepvrieskist bij -18°C . Tussen de verschillende bemonsteringen werden de al verzamelde monsters verwerkt door het meten en indelen in lengteklassen. De verschillende lengteklassen werden in aparte potjes gedaan en wederom in de vrieskist bewaard. De lengteklasse werd bepaald over de grootste lengte van de schelp en werd gemeten met behulp van een schuifmaat met millimeterverdeling. De Macoma's en Mya's werden ingedeeld in klassen van 1 mm volgens het systeem: Lengteklasse (mm) 6.0-6.9, 7.0-7.9 etc.; klassemidden (mm) 6.5, 7.5 etc.

Nadat alle bemonsteringen klaar waren, werden de verwerkte monsters weer ontdooid en met een pincet werd het vlees uit de schelpen gehaald en in kroesjes gedaan. De verschillende lengteklassen, monsterperiodes en gebieden werden apart gehouden. De kroesjes werden vervolgens eerst minstens één dag geplaatst in de "natte" droogstoof (80°C) en daarna nog minstens twee dagen in de "droge" droogstoof (80°C). De kroesjes werden na het drogen ca 20 min in een exicator gezet ter afkoeling en vervolgens gewogen (I). Hierna werden de kroesjes in een oven geplaatst om het vlees te verassen door verhitting tot 580°C gedurende 2 uur. Na afkoeling tot ca 80°C werden de kroesjes wederom 20 min in een exicator geplaatst, alvorens ze werden gewogen (II). Het asvrijdrooggewicht (AVD) werd nu bepaald door het asgewicht van het drooggewicht af te trekken: I-II.

Van de lege *Macoma* schelpen werd, na schoonspoelen, aan de hand van de groeiringen de leeftijd bepaald en werden nu ingedeeld volgens jaarklassen. Van de jaarklassen 1987 en 1988 waren voldoende exemplaren aanwezig om de groei (lengtetoename) in het tweede groeiseizoen te bepalen (voor de respectievelijke klassen '87 en '88 de groei in 1988 en 1989). Dit werd gedaan door met een schuifmaat de lengte van de eerste (L_1) en tweede (L_2) groeiring tot op 0.1 mm nauwkeurig te meten (meetfout ± 0.1 mm). Voor klasse '88 was de lengte na het tweede groeiseizoen de lengte van de hele schelp (alleen exemplaren verzameld vanaf juli 1989). Als minimale lengte voor L_1 werd 2.0 mm genomen.

De groeisnelheid in het tweede groeiseizoen werd nu berekend voor een dier beginnend met een standaardlengte (L_1) van 6.0 mm. Dit werd berekend volgens de formule:

$$LIN_c = LIN_u + 0.4(L_1 - 6) \quad (\text{Beukema et al., 1977}).$$

L_1 is de lengte (mm) na het eerste groeiseizoen, LIN_u is de ongecorrigeerde groei (mm) in het tweede groeiseizoen ($L_2 - L_1$) en LIN_c is de gecorrigeerde groei (mm) in het tweede groeiseizoen voor een dier met $L_1 = 6.0$ mm. De gecorrigeerde groei wil zeggen dat er gecorrigeerd is voor het zogenaamde "catching-up fenomeen": Het verschijnsel van snellere groei bij dieren met een kleinere initiële lengte (Lammens, 1967). Zo werd de LIN_c van elk van de vijf gebieden berekend voor de twee jaarklassen.

Verder werd voor elk gebied de breedte-lengte ratio bepaald door het meten met een schuifmaat van de grootste lengte en breedte van minstens 100 (indien mogelijk) schelpen uit elk gebied van de jaarklassen '89, '88 en '87 en enkele oudere exemplaren.

3.3 Groeiexperiment

Om te bepalen of er verschil in groei te constateren is tussen *Macoma*'s in, als vervuild aangenomen, Westerschelde-sediment en in, als schoon aangenomen, Oosterschelde-sediment is een groeiexperiment opgezet in het veldlaboratorium bij Jacobahaven. In 8 glazen aquaria (30 x 40 x 30 cm) werd in 2 reeksen van 4, sediment gedeponneerd van respectievelijk 1) het slik ter hoogte van Rilland (Westerschelde), 2) de Rattekaai (Oosterschelde), 3) de Appelzak ter hoogte van de Belgische grens (Westerschelde) en 4) de slikken bij Roelshoek (Oosterschelde). Het sediment van resp. 1) en 2), en van 3) en 4) werd qua samenstelling ($\pm$) gelijk gesteld (wederom volgens de subjectieve normen). Vóór plaatsing in de verschillende aquaria werd het sediment eerst

gezeefd over een 1 mm zeef, om nog in het sediment aanwezige dieren te verwijderen. De dikte van de sedimentlagen in de aquaria bedroeg 6-8 cm.

De ene reeks van 4 aquaria werd doorstroomd met ruw (Oosterschelde) zeewater, de andere reeks met gemengd water (zeewater met zoetwater: verlaagd zoutgehalte). Om de natuurlijke situatie te benaderen, is er gewerkt met een getijdensysteem: Vanuit een bufferbak stroomde het water via slangen naar de 4 aquaria. In de aquaria was een hevel aangebracht waarvan het hoogste punt zich 1 à 2 cm onder de bovenrand bevond. De hevel werkt als het water in het aquarium boven dit hoogste punt komt. Als de instroomsnelheid vanuit de bufferbak hoger is dan de uitstroomsnelheid via de hevel, blijft het aquarium vol ('vloed'). Het water stroomde de bufferbak in via een elektrische magneetklep, welke was aangesloten op een tijdschakelaar. Als de klep dichtsprong, stopte de watertoevoer en liepen de aquaria leeg via de hevels ('eb') (zie fig. 3A & B). Dat nam ongeveer een half uur in beslag. De tijdschakelaar werd ingesteld op $5\frac{1}{2}$ uur klep open en $6\frac{1}{2}$ uur klep dicht, zodat een 'getijden-cyclus' van 6 uur vloed en 6 uur eb werd verkregen.

In de eerste week van juni werden op het slik ter hoogte van Rilland minstens 400 jonge *Macoma*'s verzameld en in de Appenzak (Belgische grens) minstens 200 (t.g.v lagere dichtheden). In de aquaria met sediment 1) en 2) werden ieder 100 Rilland-*Macoma*'s geplaatst, nadat de breedte onder een binoculair, met behulp van een micrometer, was gemeten. In de aquaria met sediment 3) en 4) werden ieder 50 Appenzak-*Macoma*'s, na meting, geplaatst. Na het experiment werden van de *Macoma*'s lengte en breedte gemeten onder de binoculair met een micrometer.

Het experiment werd half juni opgestart. Na twee weken werd begonnen, om vanuit voorraadvaten algenconcentraties aan de watertoevoer te voegen, met behulp van een Masterflex-pomp. De algen (*Phaeodactylum* sp.) werden betrokken uit een kweek. De 'gemengd-water aquaria' kregen twee keer zoveel algen, omdat het ruwe zeewater werd verdund met zoetwater. Het experiment werd eind juli beëindigd. Gedurende het experiment werd regelmatig saliniteit en temperatuur van het water (gemengd en zout) gemeten.

3.4 Toetsen

Om te onderzoeken of cijferreeksen significante verschillen vertonen, zijn er toetsen uitgevoerd aan de hand van de Mann-Whitney U test. De significantie-grens werd gelegd bij $p < 0.05$.

4 RESULTATEN

4.1 Macoma balthica

4.1.1 Dichtheden, biomassa, lengte-frequentie verdelingen, leeftijd en sediment

Aan de hand van de verzamelde monsters, is de dichtheid en de biomassa van elk monsterpunt berekend in respectievelijk n.m^{-2} en g AVD m^{-2} . De gemiddelde dichtheid is steeds berekend over alle monsterpunten in een gebied. Door de gebruikte 3 mm zeef, hebben de dichtheden betrekking op dieren > 4 mm. Omdat de bemonsteringen over een langere periode zijn uitgevoerd, zijn de biomassawaarden, om vergelijkbare resultaten te krijgen, omgerekend naar een jaargemiddelde: De biomassa vertoont namelijk een seizoensfluctuatie (Beukema, 1974). De omrekeningsfactoren (tabel I) zijn afgeleid uit Beukema 1974, waarin seizoenale fluctuaties van het macro-benthos in de Waddenzee worden beschreven.

Tabel I. Omrekeningsfactoren om waargenomen biomassa's om te rekenen naar jaargemiddelden.

eind april	: 1.21
mei	: 0.99
eind mei-begin juni	: 0.88
begin juli	: 0.74
eind juli-begin augustus	: 0.78
half augustus	: 0.80

In figuur 4 tot en met 8 staan de dichtheden en jaargemiddelde biomassa's voor alle monsterpunten per gebied uitgezet.

De subjectieve beoordeling van het sediment geeft een indruk van één van de belangrijkste factoren die de verspreiding bepaald. Deze leende zich niet voor tabelmatige samenvatting en wordt derhalve beschreven per gebied.

4.1.1.1 De Appelzak

De dichtheden en biomassa tussen Bath en de uitmonding van het spuikanaal van Bath zijn zeer laag (fig. 4A & B); de maximale dichtheid die werd gevonden is 7 m^{-2} . Tussen het spui van Bath en de Belgische grens zijn hogere

dichtheden gevonden, doch slechts een enkele keer boven de 50 m^{-2} . De Appelzak als geheel kan betiteld worden als zeer arm. De gemiddelde dichtheid over het hele gebied bedraagt 18.4 m^{-2} ; de gemiddelde biomassa $0.056 \text{ g AVD m}^{-2}$. De lengte-frequentie verdeling (fig. 9A) laat zien dat het in de Appelzak bijna uitsluitend kleine exemplaren betreft. Doordat er in april is bemonsterd, werd er geen jaarklasse 1989 aangetroffen. De armoede aan grotere, oudere dieren werd wederom half augustus gevonden, bij het verzamelen van *Macoma*'s voor groeimeting.

Tabel IIa. Verzamelde *Macoma*'s Appelzak, half augustus.

Lengteklasse	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
aantal	2	9	21	11	5	3	1

Het sediment is bijna overal gelijksoortig: Dikke, zeer zachte sliblagen.

4.1.1.2 Het Verdrongen Land van Saeftinge

De hoogste dichtheden worden in het westelijke deel van Saeftinge gevonden (fig. 5A). Het oostelijk deel, met name de strook richting Oude Doel, is uitgesproken arm. Hier zijn de sedimentkarakteristieken extremen: Zwaar, zacht slib wordt afgewisseld met (hard) zand met veel schelpenresten en kleilagen. Het sediment aan de noord-oost- en noordzijde bij de laagwaterlijn, bestaat uit zand tot hard zand, maar blijkt niet van leven verstoken te zijn. Langs de schorren aan de noordkant bevat het sediment fijner zand en meer slib; er worden ook relatief meer *Macoma*'s gevonden dan bij de laagwaterlijn. De raaien door de 3 hoofdgeulen doorkruisen veel soorten sediment, in het algemeen gekenmerkt door fijnzandig tot zandig materiaal. In de 2 westelijker gelegen hoofdgeulen worden grote dichtheden kleine dieren gevonden. De gemiddelde dichtheid over heel Saeftinge bedraagt 41.6 m^{-2} .

De populatie wordt beheersd door kleine dieren (fig. 9D). Er is weinig verschil te constateren in percentage kleine dieren in mei (geen broedjes) of in augustus (wel broedjes). De bemonstering in mei werd wel grotendeels bepaald door de bemonstering van de strook richting Oude Doel.

De biomassa (fig. 5B) blijkt op slechts enkele plaatsen in het noordwestelijk deel boven de 0.5, en op maar 1 plaats boven de 1.0 g AVD m^{-2} te

komen; de gemiddelde biomassa in de strook richting Oude Doel is $0.014 \text{ g AVD m}^{-2}$. De grote dichtheden in de geulen worden veroorzaakt door kleine dieren, waardoor de biomassa op die plaatsen toch laag is. De gemiddelde biomassa voor Saeftinge bedraagt uiteindelijk $0.128 \text{ g AVD m}^{-2}$.

4.1.1.3 Walsoorden-Baalhoek

Deze slikken zijn relatief rijk; de grote dichtheden worden voor een belangrijk deel gevormd door grotere dieren, met als gevolg ook een hogere biomassa (fig. 6A & B). Figuur 9C geeft aan dat het aandeel grote dieren bij Walsoorden-Baalhoek groter is dan in de andere 4 gebieden. De piek rond 6-7 mm wordt gevormd door broedjes.

Ook in dit gebied worden meer *Macoma*'s bij de schorren c.q. dijk gevonden, dan bij de laagwaterlijn. Bij de laagwaterlijn komen veel turfbanken voor, en (hard) zand met veel schelpenresten. Dichter bij de dijk is het sediment over het algemeen fijnzandig van structuur, met lokaal veel slib. Daar waar de ondergrond gevormd wordt door (zachte) klei (westelijker deel), is de dichtheid veel geringer. De gemiddelde dichtheid bedraagt 107.6 m^{-2} , de gemiddelde biomassa $0.510 \text{ g AVD m}^{-2}$.

4.1.1.4 Rilland

In fig. 7A valt meteen het grote aantal punten met relatief grote dichtheden op. Een vergelijking met de biomassa (fig. 7B) geeft echter al aan dat het hoofdzakelijk kleine exemplaren betreft, met een geringe bijdrage aan de biomassa. Het aandeel kleine dieren (broedjes 1989) is zowel relatief als absoluut groter dan in de andere 4 gebieden (fig. 9B). Het relatieve aandeel van de grotere, oudere dieren wordt daardoor wel onderdrukt. Tot 7 mm bestond de populatie bijna uitsluitend uit broedjes.

Op de vier monsterpunten met naast een grote dichtheid ook nog een grotere biomassa werden, naast veel kleine *Macoma*'s, ook relatief meer grotere exemplaren gevonden dan op de andere punten. Het sediment langs de schorren leek uniform: Zacht, slibrijk, fijnzandig materiaal (wat steviger in westelijke richting), met grote dichtheden *Corophium volutator*. Het meest oostelijke punt bestond uit zeer zacht slib. Het sediment langs de laagwaterlijn werd gekenmerkt door fijnzandig tot zand, met vaak veel schelpresten. In het uiterste westen ging het sediment over in zwaar, zacht slib.

Ook hier zijn de dichtheden langs de schorren hoger dan bij de

laagwaterlijn. De gemiddelde dichtheid bedraagt 182.8 m^{-2} en de gemiddelde biomassa $0.443 \text{ g AVD m}^{-2}$.

4.1.1.5 De Platen van Valkenisse

De bemonstering van dit platensysteem (fig. 8) telt minder monsterlocaties dan de andere 4 gebieden, doch de uitgevoerde bemonstering geeft een goede indruk van de populaties ter plaatse. De grote plaat ligt hoog; vooral in het oostelijk deel van deze plaat is vaak begroeiing van Spartina anglica te vinden. Het sediment is er over het algemeen zandig; op de punten met de grootste dichtheden was het sediment wat fijner met meer slib. Het sediment van de andere bemonsterde, kleinere plaat was in het oostelijk deel veel fijner en slibrijker. Het noord-oostelijk deel verschilde sterk van de rest door zowel de dichtheden als het sediment. Dit gebied lag relatief laag, was vlak en het sediment bestond uit een laag fijnzandig, slibrijk materiaal, met daaronder grover zand. De laag fijn materiaal was dikker bij de westelijker gelegen locaties. Het verder westelijk gelegen deel leek, op het oog, veel op de grotere plaat, doch er is verder niet bemonsterd. De platen zijn zeer afwisselend qua dynamiek, wat wordt weerspiegeld in bodem, sediment en dieren.

De dichtheden zijn op de grote plaat alleen hoog in de middelste raai; op de kleine plaat in het noord-oostelijke deel. Voor beide platen samen is de dichtheid gemiddeld 88.4 m^{-2} en de biomassa $0.397 \text{ g AVD m}^{-2}$. Voor de grote plaat alleen respectievelijk 76.4 m^{-2} en $0.301 \text{ g AVD m}^{-2}$; voor de kleinere plaat alleen respectievelijk 99.6 m^{-2} en $0.486 \text{ g AVD m}^{-2}$, doch dit geldt slechts voor het oostelijke deel van deze plaat. De lengte-frequentie verdeling voor mei-juni (fig. 9E) laat zien dat ook in dit gebied weinig grotere oudere dieren werden aangetroffen. Dit werd bevestigd toen half augustus op de kleinere plaat *Macoma*'s voor groeimetings werden verzameld.

Tabel IIb. Verzamelde *Macoma*'s Platen van Valkenisse, half augustus; lengteklassen in mm.

Lengte-klasse	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
aantal	8	9	30	37	28	20	8	14	6	7	4	2

3.1.1.6 Samenvattend

In tabel III staan de gemiddelde dichtheid en biomassa's per gebied nog eens op een rij. De grote standaard-deviaties geven aan wat in de figuren te zien is: Er zijn lokaal grote verschillen in dichtheid en biomassa. Saeftinge en vooral de Appelzak vallen op door hun geringe dichtheid en biomassa. Gemiddeld over alle monsterpunten wordt de dichtheid 73.4 m^{-2} (± 124.1 ; $n=235$) en de biomassa $0.244 \text{ g AVD m}^{-2}$ (± 0.420 ; $n=235$), sterk beïnvloed door het hoge aantal monsters in Saeftinge. Gemiddeld over de 5 gebieden wordt de dichtheid 87.7 m^{-2} (± 63.9) en de biomassa $0.307 \text{ g AVD m}^{-2}$ (± 0.202), hetgeen als representatief voor het hele gebied wordt beschouwd.

Tabel III. Gemiddelde dichtheid en biomassa van Macoma balthica per gebied; n is aantal monsterpunten.

	n	dichtheid (n.m^{-2})	biomassa (g AVD m^{-2})
Appelzak	31	18.4 ± 18.4	0.056 ± 0.061
Saeftinge	113	41.6 ± 63.9	0.128 ± 0.198
Walsoorden-Baalhoek	31	107.6 ± 131.0	0.510 ± 0.647
Rilland	35	182.6 ± 213.5	0.443 ± 0.523
Pl. v. Valkenisse	25	88.4 ± 117.1	0.397 ± 0.550

Voor Rilland en Walsoorden-Baalhoek blijken de dichtheden langs de dijk c.q. schorren significant hoger te zijn dan langs de laagwaterlijn (resp. $p < 0.005$ en $p < 0.01$). Voor de noord en noord-oost rand van Saeftinge is er ook nog een significant verschil te constateren ($p < 0.05$), doch dit geldt niet meer voor de strook slik richting Oude Doel. Wat biomassa betreft blijkt dat van deze gebieden enkel bij Walsoorden-Baalhoek langs de dijk een significant hogere biomassa gevonden wordt ($p < 0.005$). Macoma (vanaf 4 mm) werd gevonden in 78.7 % van de 235 monsterpunten; dit wordt vooral beïnvloed door het relatief kleine aantal locaties in Saeftinge waar Macoma werd gevonden (80 van de 113 = 70.8 %).

Bij onderlinge vergelijking van de lengte-frequentie verdelingen moet in acht worden genomen dat de Appelzak en de Platen van Valkenisse binnen het groeiseizoen zijn bemonsterd, zodat de dieren nog niet waren uitgegroeid. Bovendien werden in deze gebieden toen nog geen broedjes (jaarklasse 1989 gevonden). Figuur 9F geeft het gemiddelde van de frequenties van de 5 gebieden.

De leeftijdsverdeling van de Macoma's waarop de lengte-frequentie

verdelingen zijn gebaseerd, is gegeven in tabel IVa.

Tabel IVa. Leeftijdsverdeling in %; *) of ouder: niet met zekerheid geda-teerd.

	Bemonstering	1986*)	1987	1988	1989
Appelzak	april	1.1	6.3	92.6	--
Platen van Valkenisse	mei/juni	0.6	12.5	86.9	--
Walsoorden-Baalhoek	augustus	6.5	19.8	25.8	47.9
Saeftinge	mei	2.7	8.9	88.5	--
	augustus	1.1	8.2	19.1	71.6
Rilland	juli	0.5	10.5	15.2	73.8

Het percentage Macoma's uit 1986 (of ouder) is enkel hoog bij Walsoorden-Baalhoek. Dit waren 22 exemplaren tegenover 2 voor de Appelzak, 1 voor de Platen van Valkenisse (11 half augustus), 4 voor Saeftinge (zowel in mei als in augustus) en 3 voor Rilland. Het aantal broedjes was er echter veel lager: 162 tegen 270 voor Saeftinge (augustus) en 441 voor Rilland. Echter rekening houdend met het aantal monsters per gebied: Walsoorden-Baalhoek 5.2 broedjes per monster; Saeftinge 4.3 broedjes per monster (augustus); Rilland 12.6 broedjes per monster. Zonder de broedjes mee te rekenen wordt de verdeling:

Tabel IVb. Leeftijdsverdeling in %, zonder jaarklasse 1989.

	1986*)	1987	1988
Walsoorden-Baalhoek	12.5	38.1	49.4
Saeftinge augustus	1.9	40.1	58.0
Rilland	3.7	29.0	67.3

4.1.2 Groei

Uit tabel V met de voor het 'catching-up fenomeen' gecorrigeerde groei (LIN_C) blijkt dat de groei voor Baalhoek, Rilland en Saeftinge overeen komen (voor beide jaren geen significante verschillen). De groei op de Platen van Valkenisse is beide jaren het grootst; in 1989 significant meer dan in de andere 4 gebieden ($p < 0.0001$), in 1988 alleen significant hoger ($p < 0.05$) ten opzichte van Rilland en Saeftinge (zie ook fig. 10A & B). De groei in de Appelzak is beide jaren het kleinst, ofschoon LIN_C -1988 onbetrouwbaar wordt geacht door een wel erg lage n. LIN_C -1989 van de Appelzak is significant kleiner dan die van de andere 4 gebieden ($p < 0.005$).

Tabel V. Groei (in mm) in het tweede groeiseizoen van *Macoma balthica*, omgerekend naar een standaarddier met initiële lengte (L_1) = 6 mm: LIN_C ; n is het aantal gemeten schelpen; () wordt onbetrouwbaar geacht vanwege de lage n.

	LIN_C -1989	n	LIN_C -1988	n
Appelzak	2.79 $\pm$ 0.81	35	(3.98 $\pm$ 1.35	10)
Walsoorden-Baalhoek	3.51 $\pm$ 1.06	71	4.39 $\pm$ 1.17	67
Rilland	3.35 $\pm$ 0.91	76	4.27 $\pm$ 0.98	60
Saeftinge	3.86 $\pm$ 1.21	61	4.30 $\pm$ 1.48	38
Platen v. Valkenisse	6.05 $\pm$ 1.11	52	5.08 $\pm$ 1.14	37

Gemiddeld is de groei voor 1989: 3.91 mm ($\pm$ 1.47; n=295), en voor 1988: 4.44 mm ($\pm$ 1.22; n=212), significant verschillend ($p < 0.0001$) (zie ook fig. 10C). Opvallend is, dat de groei alleen voor de Platen van Valkenisse in 1988 lager was dan in 1989. Lokale omstandigheden waren in de andere gebieden blijkbaar gunstiger in 1988 dan in 1989, terwijl voor de Platen van Valkenisse het omgekeerde zou hebben gegolden.

De gevonden groeiwaarden kunnen worden vergeleken met die gevonden voor verschillende breedtegraden (Beukema & Meehan, 1985). In fig. 11A-C staan respectievelijk de groeiselheden voor de verschillende gebieden in 1988, 1989 en de gemiddelden voor beide jaren, ten opzichte van wat Beukema & Meehan vonden. De gemiddelde groei blijkt sterk overeen te komen met metingen op circa dezelfde breedtegraad.

Opmerkelijk is, dat het gebied met de hoogste groeiselheid (Platen van Valkenisse), de kleinste initiële lengte heeft (vergelijk tabel V en VI).

Tabel VI. De gemiddelde L_1 en L_2 per gebied; n zoals vermeld in tabel V.

	2 ^e groeiseizoen 1989		2 ^e groeiseizoen 1988	
	L_1	L_2	L_1	L_2
Appelzak	5.03 $\pm$ 0.92	8.21 $\pm$ 1.10	5.34 $\pm$ 0.91	9.58 $\pm$ 1.63
Walsoorden-Baalhoek	5.43 $\pm$ 1.26	9.17 $\pm$ 1.40	4.56 $\pm$ 1.68	9.52 $\pm$ 1.71
Rilland	5.31 $\pm$ 1.29	8.94 $\pm$ 1.25	4.97 $\pm$ 1.72	9.66 $\pm$ 1.53
Saeftinge	4.99 $\pm$ 1.41	9.26 $\pm$ 1.64	4.52 $\pm$ 1.70	9.41 $\pm$ 1.93
Platen v. Valkenisse	3.87 $\pm$ 1.21	10.77 $\pm$ 1.28	4.22 $\pm$ 2.09	10.01 $\pm$ 1.65
Gemiddeld	4.99 $\pm$ 1.37	9.30 $\pm$ 1.57	4.65 $\pm$ 1.77	9.63 $\pm$ 1.81
	n=295		n=212	

De grootste *Macoma* werd gevonden in het op één na armste gebied: Saeftinge (tabel VII). Deze waarde is toegevoegd aan de figuur met L_{max} op

verschillende breedtegraden uit Beukema & Meehan (1985): zie fig. 12A.

Tabel VII. De grootste gevonden Macoma's per gebied.

	$L_{\max}$ (mm)
Appelzak	15.7
Walsoorden-Baalhoek	19.0
Rilland	16.9
Saeftinge	19.6
Platen v. Valkenisse	17.2

Ten slotte is de breedte-lengte ratio berekend. Er werden voor de verschillende jaarklassen en voor de verschillende gebieden geen significante verschillen geconstateerd. Het gemiddelde van alle gebieden bedraagt: 0.789 (± 0.025 ; $n=542$). Ook deze waarde is toegevoegd aan een figuur uit Beukema & Meehan (1985), met daarin lengte-breedte ratio's voor verschillende breedtegraden (fig. 12B).

4.2 Mya arenaria

Fig. 13A geeft de locaties weer waar Mya werd gevonden; dit zijn slechts 22 van de in totaal 235 monsterpunten (9.4 %). Op 14 locaties werd 1 Mya per monster aangetroffen ($1-13 \text{ m}^{-2}$), op 6 plaatsen 2 tot 5 Mya's per monster ($16-51 \text{ m}^{-2}$). Opvallend is het hoge aantal Mya's in het oostelijk deel van de Platen van Valkenisse. Naast dat er in elk monster in de noord-oost hoek van de kleinere plaat één of meer Mya's per monster zijn aangetroffen, werden op twee punten begin juni respectievelijk 29 en 13 Mya's gevonden (omgerekend resp. 246 en 166 m^{-2}). Dit was geen broed, doch de grootte varieerde van 5-6 tot 15-16 mm, en één van 35-36 mm. Over het algemeen waren de gevonden Mya's relatief klein, van jaarklasse 1987 of 1988. Enkel bij Walsoorden-Baalhoek werden 3 oudere, grotere exemplaren aangetroffen (zie tabel VIII).

Opmerkelijk is, dat er geen Mya's werden aangetroffen bij Baalhoek op de plaatsen met hoge Macoma dichtheden (vergelijk fig. 6A met fig. 13A).

Figuur 13B laat de biomassa van Mya zien, omgerekend naar g AVD m^{-2} . De situatie bij Walsoorden-Baalhoek laat duidelijk zien dat één of meer grote Mya's grote invloed hebben op de biomassa: 2 Mya's van respectievelijk 54-55 mm en 68-69 mm geven een biomassa van $10.83 \text{ g AVD m}^{-2}$, terwijl de hoogste biomassa op de Platen van Valkenisse 'slechts' $2.61 \text{ g AVD m}^{-2}$ be-

draagt. De dichtheid gemiddeld over alle monsterpunten bedraagt ca 3.1 m^{-2} , de gemiddelde biomassa $0.099 \text{ g AVD m}^{-2}$; over de 5 gebieden bedraagt de gemiddelde dichtheid 5.3 m^{-2} en de biomassa $0.150 \text{ g AVD m}^{-2}$.

Tabel VIII. Lengteverdeling van gevonden Mya's per gebied; lengteklassen in mm. *: Toegevoegd de Mya's gevonden half augustus tijdens het verzamelen van Macoma's (NB: Geen broedjes).

Lengteklasse	Rilland	Saeftinge	Baalhoek	Pl. v. Valkenisse*
5- 6		1		1
6- 7				1
7- 8	2			5
8- 9				7
9-10		1	2	7
10-11				9
11-12	2			10
12-13	1			11
13-14			1	8
14-15				11
15-16				7
16-17				6
17-18			1	10
18-19			2	10
19-20			1	10
20-21				5
21-22		1		10
22-23				4
23-24		1		2
24-25				3
27-28			1	1
28-29			1	
35-36				1
49-50			1	
54-55			1	
68-69			1	

4.3 Groeiexperiment

In tabel IX zijn de resultaten van het groeiexperiment met *Macoma* samengevat. Zoals blijkt, is de groei slechts gering. Dat is niet zo verwonderlijk, daar het experiment pas tegen het einde van het groeiseizoen kon worden opgestart (half juni); de temperatuur van het zeewater was toen al 17°C . Dit liep uiteindelijk op tot tegen de 20°C eind juli. De saliniteit van het 'gemengde water, varieerde van 11 tot $15 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$ ($\approx 6.1\text{-}8.3 \text{ }^{\circ}/\text{oo Cl}^{-}$); het Oosterscheldewater was nagenoeg constant van saliniteit: ca $30 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$ ($\approx 16.6 \text{ }^{\circ}/\text{oo Cl}^{-}$).

Tabel IX. Resultaten groeiexperiment met Macoma. L_1 en L_2 geven resp. de gemiddelde start- en eindlengte in mm; n_{eind} is het aantal dieren aan het eind van het experiment; dL is de gemiddelde groei over de proefperiode in mm; G='gemengd water', Z='ruw zeewater'.

*: Verscheidene Macoma's verloren tijdens het uitspoelen.

	L_1	L_2	n_{eind}	dL
Appelzak-G	5.68 $\pm$ 0.78	6.33 $\pm$ 0.93	45	0.65
Rattekaai-G	5.88 $\pm$ 1.06	6.64 $\pm$ 1.07	49	0.76
Appelzak-Z	6.42 $\pm$ 0.99	7.12 $\pm$ 1.01	35*	0.70
Rattekaai-Z	6.12 $\pm$ 0.87	6.93 $\pm$ 1.13	48	0.81
Rilland-G	4.56 $\pm$ 0.46	4.76 $\pm$ 0.46	90	0.20
Roelshoek-G	4.62 $\pm$ 0.41	5.30 $\pm$ 0.55	92	0.68
Rilland-Z	4.60 $\pm$ 0.41	5.07 $\pm$ 0.59	92	0.47
Roelshoek-Z	4.58 $\pm$ 0.48	5.15 $\pm$ 0.67	89	0.57

Onderlinge vergelijkingen laten zien dat er tóch significante verschillen in groei zijn opgetreden: Rattekaai-G groeide sneller dan Appelzak-G ($p < 0.0005$) en Roelshoek-G en Roelshoek-Z groeide sneller dan respectievelijk Rilland-G en Rilland-Z (resp. $p < 0.0001$ en $p < 0.005$). Rattekaai-Z had wel een grotere dL dan Appelzak-Z, doch dit bleek niet significant ($p < 0.10$).

Tussen Appelzak-G en Z, en tussen Rattekaai-G en Z waren geen significante verschillen te constateren. Dit geldt echter wel voor Rilland-G en Z ($p < 0.0001$). Voor Roelshoek-G en Z geldt dat de groei van Roelshoek-G significant groter was ($p < 0.0005$)! Vergelijking tussen groei in het zeer slibbige sediment van de Appelzak en Rattekaai en het wat fijnzandiger sediment van Rilland en Roelshoek zou onjuist zijn, daar de Macoma's van verschillende jaarklassen bleken te zijn: Appelzak 1988, Rilland 1989. Vergelijking van alle Macoma's gegroeid in Oosterschelde-sediment met alle Macoma's gegroeid in Westerschelde-sediment, zou opleveren dat de groei in Oosterschelde-sediment significant groter is ($p < 0.0001$).

5 DISCUSSIE

5.1 Macoma balthica

5.1.1 Leeftijdsopbouw, dichtheden en biomassa

In de literatuur (Beleidsplan Westerschelde, Dlr. 1, 1989 en Steur & Seys, 1989, verwijzend naar Tydeman & Kleef, 1981 en Meire & Develter, 1988) wordt de opvallende armoede aan volwassen *Macoma*'s in (vooral) het oostelijk deel van de Westerschelde benadrukt. Ondanks het feit dat er wél volop broedval plaatsvindt, moeten Steur & Seys (1989) concluderen dat de gemiddelde dichtheid van volwassen *Macoma*'s < 1 individu per m^2 bedraagt. Echter, er wordt niet aangegeven wat men onder volwassen *Macoma*'s verstaat. Lammens (1967) vindt dat in de Waddenzee *Macoma* al kan reproducen vanaf een lengte van ca 3 mm. Volgens Beukema (pers. med.) kan *Macoma* pas als volwassen worden beschouwd, als er een volwaardige bijdrage aan de reproductie wordt geleverd. En dit zou zijn vanaf een lengte van ca 10 mm, en als *Macoma* minimaal 1 jaar oud is. Tabel X geeft volgens de normen > 10 mm en vanaf het derde groeiseizoen in 1989 (= jaarklasse 1987) de dichtheden van volwassen *Macoma*'s in het oostelijk deel van Westerschelde.

Tabel X. Dichtheid volwassen *Macoma*'s (m^{-2}) per gebied en gemiddeld, volgens de normen: Volwassen vanaf 10 mm of vanaf het derde groeiseizoen.

1) afgeleid uit tabel II en IVA

* mei-juni

** mei-juni + augustus

	> 10 mm	vanaf 3 ^e groeiseizoen ¹⁾
Appelzak	1.0	1.4
Saeftinge mei	5.3	2.5
augustus	12.2	6.3
Rilland	27.3	20.1
Walsoorden-Baalhoek	41.2	28.3
Platen v. Valkenisse	16.7*	11.6**
Gemiddeld	17.3	11.7

Deze twee normen laten zien dat de Appelzak de laagste dichtheden van 'volwassen' *Macoma*'s heeft, welke de < 1 ind. m^{-2} benadert. De Appelzak vertoont in het algemeen ook al de laagste dichtheid. Saeftinge-mei wordt voor een belangrijk deel gevormd door de bemonstering van de strook richting Oude

Doel. Een groot deel van het sediment in dat gebied is zeer slibbig, vergelijkbaar met de Appelzak, hetgeen de lage dichtheden van Volwassen *Macoma*'s kan verklaren. Voor Saeftinge mei en augustus samen wordt de dichtheid: $> 10 \text{ mm } 6.8 \text{ m}^{-2}$, en vanaf het derde groeiseizoen 4.1 m^{-2} . Over het algemeen blijkt de dichtheid van volwassen exemplaren lang niet zo laag te zijn als Steur & Seys (1989) veronderstelden.

In een marien overgangsgebied is het aantal soorten relatief gering, doch de aantallen per soort kunnen zeer hoog zijn, resulterend in hoge biomassa's. Door broedval kan de dichtheid in de Westerschelde lokaal oplopen tot duizenden per vierkante meter, doch het aantal grotere *Macoma*'s blijft toch relatief laag: 87.7 m^{-2} vanaf 4 mm (dit onderzoek). Het gemiddelde aantal volwassen individuen ($11.7\text{-}17.3 \text{ m}^{-2}$) is laag ten opzichte van de Oosterschelde ($30\text{-}70 \text{ m}^{-2}$), maar benaderen de dichtheden in voormalige het Krammer-Volkerak estuarium, de Grevelingen en de Veerse Gatkreek vóór de uitvoering van de Delta-werken ($14\text{-}50 \text{ m}^{-2}$) (Steur & Seys, 1989).

Samenhangend met de uiteindelijk lage dichtheden is, dat de biomassa ook laag is. Doordat er met een 3 mm zeef is bemonsterd, werden relatief weinig broedjes gevonden, zodat de gegeven biomassawaarden een lichte onderschatting geven. Toch blijft de gemiddelde biomassa laag ten opzichte van de Oosterschelde: Over de periode 1983-1986 bedroeg de jaargemiddelde biomassa van een locatie op de Roggenplaat $4.13 \text{ g AVD m}^{-2}$, van een locatie op de Vondelingsplaat $1.65 \text{ g AVD m}^{-2}$ en van 3 locaties in het Verdrongen Land van Zuid-Beveland van 0.57 tot $3.48 \text{ g AVD m}^{-2}$ (naar Craeymeersch et al., 1988). Of ten opzichte van de Waddenzee: 4.4 g AVD m^{-2} voor het Balgzand (naar Dekker, 1989) en $1.85 \text{ g AVD m}^{-2}$ voor de hele Waddenzee (naar Steur & Seys, 1989).

Tabel IVa geeft aan dat de 'normalere populatieopbouw', zoals geschetst door Goossen (1989), met meerdere jaarklasse en een regelmatige afname in het aandeel bij hogere jaarklassen, alleen geldt voor Walsoorden-Baalhoek. Het percentage klasse 1989 of ouder (een datering kon vaak meestal met zekerheid gegeven worden door onduidelijke jaarringen) is bij de andere gebieden zeer gering. Goossen (1989) vond in 1988 bij Baalhoek een hoge dichtheid (766 m^{-2} vanaf jaarklasse 1). Op die locatie werd dit jaar een dichtheid van $300\text{-}550 \text{ m}^{-2}$ gevonden (zie ook fig. 6A). Naast dat er door Goossen met een 2 mm zeef is gewerkt, treden er zg. seizoenale fluctuaties op (Boel, 1988), zodat dichtheden (en biomassa) van jaar tot jaar verschillen tonen. De grote

dichtheden met een relatief groot aandeel oudere en grotere dieren duiden aan, dat bij Baalhoek lokale omstandigheden gunstig zijn. Bij Rilland werd de hoogste dichtheid gevonden, grotendeels veroorzaakt door broedjes. Het aandeel oudere dieren is klein, zoals Goossen (1989) op een locatie ten westen van Bath ook vond.

Het hoge U-cijfer (een maat voor de fijnkorreligheid van het sediment) dat Goossen (1989) bij Baalhoek en Bath vindt, wijst op fijn sediment met een relatief hoge slibfractie voor zowel het sediment bij Baalhoek, als bij Bath (resp. 152.8 en 162.8). *Macoma* toont een voorkeur voor fijnere sedimenten (Steur & Seys, 1989). Te fijn c.q. te zacht sediment zou echter een negatieve invloed kunnen hebben op de overleving: Bij de schorren van de slikken bij Rilland was het sediment fijner en zachter dan bij Walsoorden-Baalhoek en in dat laatste gebied werden meer oudere dieren gevonden. Zo'n correlatie zou helemaal opgaan voor de Appelzak, met een uiterst slibbig sediment ('blubber') en zeer weinig volwassen dieren.

Als de gebieden, bemonsterd in 1981 (Tydeman & Kleef, 1981) vergeleken worden met de resultaten uit dit onderzoek (noordelijke rand Saeftinge bij laagwaterlijn en zuidwest punt bij Rilland), blijkt dat er dit jaar (1989) weinig exemplaren en ook weinig grotere, oudere exemplaren zijn gevonden; echter niet vrijwel alleen juvenielen c.q. broedjes, zoals in 1981. Voor Saeftinge wordt wel bevestigd dat er relatief weinig volwassen dieren voorkomen (tabel X), ofschoon het bemonsterde gebied in 1981 niet representatief was voor heel Saeftinge. Dit laatste geldt helemaal voor de slikken bij Rilland, waar toen in een arm gebied bemonsterd is; tabel X geeft voor 1989 een relatief hoge dichtheid volwassen dieren voor het hele gebied bij Rilland.

De grote plaat van de Platen van Valkenisse laat een hoge dichtheid zien, dáár waar het sediment een wat fijnere en slibrijkere structuur vertoont. Opvallend is de hoge dichtheid in het noord-oostelijk deel van de kleinere plaat. Het lijkt gerechtvaardigd om een verband te leggen met het fijne en slibrijke sediment daar. Dat de omstandigheden daar gunstig zijn, wordt bevestigd door het voorkomen van *Mya*, *Cerastoderma edule* (kokkel) en *Scrobucilaria plana* (slijkgaper) (tabel XI). De kokkel werd nergens anders aangetroffen en de slijkgaper alleen één keer in de noord-west hoek van Saeftinge. De gevonden kokkels waren niet ouder dan 2 jaar.

De gegevens wijzen erop dat dit gebied als zodanig jong is, of in ieder geval is gewijzigd: Er werden zeer weinig oudere *Macoma*'s gevonden en de

grootste was 'slechts' 17.2 mm, en ofschoon er veel *Mya*'s werden aangetroffen, was er geen één ouder dan jaarklasse 1987. Waarschijnlijk is het fijnzandige, slibrijke materiaal in dit gebied afkomstig van de stortingen in 1987 van baggerspecie afkomstig uit het Kanaal door Zuid-Beveland. Eén van de stortingspunten lag tegenover dit gebied, tussen de slikken bij Rilland en Waarde. Dat het fijne sediment nog steeds aanwezig is, wijst erop dat de dynamiek in dit gebied gering is, hetgeen gunstig voor de populaties blijkt te zijn.

Tabel XI. Kokkels en slijkgapers zoals gevonden op de Platen van Valkenisse; lengteklassen in mm.

Kokkel	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14
mei-juni		3	7	3	1	1				
augustus	2	2				3	5	6	8	7
	14-15	15-16	16-17	18-19						
augustus	2	2	2	1						

Slijkgaper	10-11	11-12	14-15	17-18	23-24
augustus	1	1	2	2	1

Heel globaal genomen kan een volgende relatie tussen sediment en dichtheid worden opgesteld: De dichtheden zijn het laagst in het westen van de Platen van Valkenisse, waar megaribbels overheersen (grote dynamiek), en in de Appelzak waar het sediment zeer slibbig is ('blubber'). Daartussen stijgt de dichtheid naar een zeker 'optimum', in gebieden met slibrijk, fijnzandig sediment. De dichtheid is over het algemeen lager in gebieden met een grotere dynamiek (bij de laagwaterlijn).

Vergeleken met de bemonstering van Meire & Develter (1988) in het jaar van 1987, werden er in dit onderzoek meer grotere *Macoma*'s gevonden. De term 'representatief' moet met de nodige voorzichtigheid benaderd worden, doordat er ondanks het grotere aantal monsterpunten in dit onderzoek relatief weinig grotere *Macoma*'s werden gevonden en temeer omdat aan de bemonstering in 1987 drie strenge winters vooraf gingen.

5.1.2 Groei

Voor de waargenomen verschillen in groeisnelheid zijn verschillende factoren aan te voeren. De groei wordt voornamelijk bepaald door de temperatuur en het voedselaanbod (Beukema et al., 1977 & 1985). Uit fig. 14 blijkt dat de gemiddelde watertemperatuur in de Westerschelde stroomopwaarts richting grens hoger is. In het tweede kwartaal (= het groeiseizoen) is de gemiddelde temperatuur bij Bath ca 1°C hoger dan bij Baalhoek. Om de twee uitersten in groei te vergelijken (Platen van Valkenisse en de Appelzak), dan zou de temperatuur in de Appelzak eerder de bovengrens voor groei (16°C; Beukema et al., 1985) bereiken dan op de Platen van Valkenisse, waardoor de groei in de Appelzak eerder zou stoppen. Daarentegen zou de groei ook eerder kunnen beginnen, door een eerder bereiken van de ondergrens (4°C; Beukema et al., 1985). Dit, en de in feite marginale verschillen tussen gebieden die geografisch zeer dicht bij elkaar liggen, maakt dat de temperatuurverschillen als dé verklaring voor de verschillen in groeisnelheid minder waarschijnlijk is.

Het gemiddelde voedselaanbod (gemeten in chlorophyl a) is bij Bath hoger dan bij Baalhoek (fig. 15). Het doorzicht is in het oostelijke deel wel minder, maar dit wordt blijkbaar gecompenseerd door hogere nutriëntenconcentraties (Beleidsplan Westerschelde, Dlr. 1, 1989; Bokhorst, 1988). De hogere chlorophyl a concentraties bij Bath zijn echter waarschijnlijk eerder een gevolg van resuspensie van microfytobenthos: De curves in figuur 15 lijken parallel te lopen aan curves voor zwevend stof.

Het zoutgehalte heeft ook invloed op de groei: Bij (te) lage zoutgehalten neemt de groeisnelheid af (Steur & Seys, 1989; Dankers et al., 1981; zie ook de resultaten van het groeiexperiment). Naar het oosten toe neemt de chloriniteit af (fig. 16). Ofschoon er ook nu weer kleine marges gelden, kan er toch invloed van uitgaan, evenals van de verschillen in zuurstofverzadiging (fig. 17).

Het is waarschijnlijk dat een combinatie van factoren invloed uitoefent, waaronder bovengenoemde factoren, maar het sediment speelt waarschijnlijk de belangrijkste rol. Een (zware) vervuiling kan de schelpgroei remmen (Rosenberg et al., 1975 in: Essink, 1978). Sedimentatie lijkt ook remmend op de groei te kunnen werken (Essink, 1978).

Opvallend is de veel hogere gemiddelde L_1 die Goossen (1989) vindt (t.o.v. dit onderzoek): 7.45 mm voor Baalhoek en 6.64 mm voor Rilland-Bath.

De LIN_c die uit zijn gegevens kunnen worden berekend, over de periode maart-juli 1988, bedragen 2.94 mm voor Baalhoek en 3.29 mm voor Rilland-Bath. Deze LIN_c -waarden zijn aanzienlijk lager dan de LIN_c -1988 waarden uit dit onderzoek, door relatief lage L_2 -waarden die Goossen vindt.

5.1.3 Sediment

Naar het oosten toe speelt het zoutgehalte een steeds belangrijkere rol. Daarnaast lijkt het dat over het algemeen verschillende aspecten van het sediment een doorslaggevende rol bekleden voor zowel het voorkomen als de groei.

Meire & Develter (in voorbereiding) en Bollebakker et al. (1989) vonden dat door bagger- en stortactiviteiten, grote verschuivingen in sedimentsamenstelling kunnen plaatsvinden en daardoor grote verschuivingen in de bodemfauna (vooral numerieke verschuivingen) (zie ook § 5.3.1.). Als de dichtheden en de sedimentsoorten met elkaar vergeleken worden, dan kan men concluderen dat de sedimentsamenstelling en dynamiek de belangrijkste factor is, betreffende het voorkomen en de verspreiding.

De andere aspecten hebben betrekking op microverontreinigingen: Deze hechten zich vooral aan slibdeeltjes en slibrijk sediment zal dan ook een hogere vervuilingsgraad vertonen. Door verdunning met zeewater en marien slib zal deze vervuilingsgraad naar het westen toe lager zijn. Daarbij komt nog dat de gevoeligheid van organismen voor microverontreinigingen bij lager zoutgehalte en hogere temperatuur hoger is: De saliniteit neemt af naar het oosten en de temperatuur neemt toe. Het zwevend stofgehalte is in het oostelijke deel ook hoger (Beleidsplan Westerschelde; Dlr. 1, 1989). Het zwevend stofgehalte is onder andere van belang vanwege de sterke relatie tussen het zwevend stofgehalte en de verspreiding van microverontreinigingen, die voornamelijk aan de fijne slibfractie gebonden zijn.

De concentraties microverontreinigingen in het sediment kunnen vele malen hoger zijn dan in de waterfase, zoals blijkt uit vergelijking van gegevens uit Dlr. 2 (Beleidsplan Westerschelde, 1989) en Goossen (1989) voor koper en cadmium. De totale concentraties van Cu en Cd in de waterfase van het oostelijk deel van de Westerschelde bedragen gemiddeld respectievelijk 0.01 en 0.0015 ppm; de concentraties in het sediment bij Baalhoek en ten westen van Bath bedragen gemiddeld respectievelijk 12.4 en 37.8 ppm voor Cu en resp. 1.51 en 5.56 ppm voor Cd.

De zeer lage dichtheden en de lage groeisnelheid in de Appelzak zou dus voornamelijk zijn oorzaak kunnen hebben in het zeer slibbige sediment: Als habitat lijkt het ongeschikt en de combinatie van laag zoutgehalte, relatief hoge temperatuur en het hoge slibgehalte maakt dat effecten van microverontreinigingen zich hier extra kunnen laten gelden. Hetzelfde geldt voor de strook slik richting Oude Doel.

5.2 Mya arenaria

Voorkomen-bepalende factoren

Ofschoon *Mya* bestand is tegen plotselinge wijzigingen in zoutgehalte (tot 10 ‰ Cl^-) en tijdelijke gehalten tot 1-2 ‰ Cl^- getolereerd worden, moet het gemiddelde zoutgehalte boven de 5 ‰ Cl^- blijven: De groei is rechtstreeks gecorreleerd met het zoutgehalte; de pompsnelheid, en daarmee de groei, wordt gereduceerd bij lage zoutgehalten en stopt bij 4 ‰ Cl^- (Matthiessen, 1960; Steur & Seys, 1989). Dit is waarschijnlijk de belangrijkste factor dat *Mya* niet in het meest oostelijke deel van het onderzoeksgebied werd gevonden. Over het hele gebied worden op slechts weinig plaatsen *Mya*'s gevonden, doch deze zijn wel groter dan welke Meire & Develter (1988) vonden. De 3 grotere, oudere exemplaren gevonden bij Walsoorden-Baalhoek (5, 5.5 en 7 cm) wijzen erop dat er daar gunstiger omstandigheden heersen voor overleving en groei. Fig. 18 laat zien dat de maximale lengte van *Mya* afneemt met dalend zoutgehalte. De maximale lengte die bij Walsoorden verwacht mag worden is dan 9-10 cm (bij een gemiddelde chloriniteit van 8-9 ‰ = 14.5-16.3 ‰ S). De gevonden *Mya*'s blijven op alle locaties qua lengte allemaal ruim onder de te verwachten maximale lengte volgens figuur 18. NB: Voor *Macoma* neemt de te verwachten maximale lengte neemt minder sterk af met het zoutgehalte en is, gerekend naar het zoutgehalte in het onderzochte gebied, volgens figuur 18 circa 21 mm. Vergelijk met tabel VII laat zien dat *Macoma* deze waarde enkel dicht wordt benaderd bij Walsoorden-Baalhoek en in Saeftinge (max. gevonden lengtes resp. 19.0 en 19.6 mm).

De lokale omstandigheden op de Platen van Valkenisse, en dan met name de noordoost hoek van de kleinere plaat, zijn blijkbaar gunstig, gezien de relatief grote dichtheid aan *Mya*'s, ook al waren ze niet ouder dan van jaar-klasse '88 of '87.

Meire & Develter (in voorb.) en Bollebakker et al. (1989) geven al aan dat de sedimentsamenstelling van groot belang is voor het voorkomen van *Mya*.

Daarbij kan de dynamiek (stroomsnelheden, en de daarmee gepaard gaande sedimentatie en vooral de erosie) de grootste rol spelen (Meire, pers. med.): Doordat de graafcapaciteit afneemt met voortschrijdende leeftijd, zijn oudere dieren gevoelig voor uitspoeling en bedekking door sediment. De juvenielen kunnen wel graven, maar zijn ook gevoelig voor uitspoeling doordat ze, vanwege hun korte siphon, in de bovenste laag van het sediment verblijven. Het zullen dan ook vooral de juveniele Mya's zijn die de grootste invloed ondervinden van een grote dynamiek (de oudere Mya's zitten over het algemeen dieper ingegraven). Het is dan ook niet vreemd dat Mya een voorkeur lijkt te vertonen voor fijnzandige, slibrijke sedimenten: De dynamiek in zulke gebieden is gering. Mya werd dan ook voornamelijk in zulke sedimenten gevonden en niet in grofzandig sediment. Toch zijn de aantallen gevonden Mya's en het aantal plaatsen waarop ze werden gevonden laag: Er zijn veel meer plaatsen met fijnzandig, slibrijk sediment (bij Rilland aan de schorzijde bijvoorbeeld, al kunnen aan de oostkant de lage zoutgehalten weer een rol spelen). Dit wijst erop dat er méér speelt.

De vooral aan het slib gebonden microverontreinigingen zullen, net als bij Macoma, ook bij het voorkomen van Mya een rol spelen, temeer omdat Mya gevoeliger blijkt voor lage zoutgehalten en omdat Mya een filterfeeder is. Naast dat een ongunstige verhouding anorganische partikels - voedselpartikels (bij een hoog zwevend stofgehalte, zoals in het oostelijk deel van de Westerschelde) het scheiden van de voedselpartikels moeilijker maakt, spelen ook de aan het zwevend stof gebonden microverontreinigingen.

Dat Mya in vroeger tijden wél veelvuldig in het oostelijk deel van de Westerschelde moet hebben voorgekomen, wordt aangegeven door grote hoeveelheden grote (lege) Myaschelpen die werden aangetroffen in het oostelijk deel van Saeftinge. Deze bevonden zich in het slik en afkalvende schorren in dezelfde verticale positie als levende exemplaren. Dit werd afgewisseld met veel Scrobucilaria plana-schelpen (slijkgaper) in dezelfde positie. Dit wijst o.a. op een andere zoutgradiënt. Er moet wel rekening worden gehouden met de tijdschaal, want deze schelpen kunnen honderden of zelfs duizenden jaren oud zijn.

5.3 De slikken bij Waarde en Antwerpen

Enkele gebieden in het oostelijk deel van de Westerschelde zijn niet in dit onderzoek bemonsterd. Om de gegevens over Macoma en Mya in het ooste-

lijk deel van de Westerschelde te completeren, worden deze gebieden beschreven in § 5.3.1 en § 5.3.2 aan de hand van literatuur.

5.3.1 De slikken bij Waarde

In de periode van 9 maart tot 10 oktober 1987 werd er ca 3.000.000 ton baggerspecie, afkomstig uit de verbreding van het Kanaal door Zuid-Beveland, door middel van persdrukleidingen opgespoten bij het schor van Waarde. Om eventuele gevolgen van de te verwachten sedimentatieverhoging voor het macro-zoöbenthos van de lager gelegen slikken te kunnen nagaan, werd er bemonsterd met een 1 mm zeef in juni 1987 tijdens de storting en in december 1987 na de storting, langs 3 raaien (westelijk, centraal en oostelijk) met elk 3 monsterpunten (Meire & Develter, in voorbereiding). Zie fig. 19 voor monsterlocaties.

Macoma: Figuur 20 toont de lengte-frequentie verdeling van *Macoma* vóór (juni) en ná (december) de storting. Duidelijk is dat in juni hoofdzakelijk broedjes werden gevonden, met nog een 10-tal oudere dieren. In december is het aantal broedjes sterk verminderd en uitgesmeerd over een grotere lengte-range. Het aantal grotere dieren blijft echter gering. In tabel X staan de gemiddelde lengtes van exemplaren > 5 mm uit juni en december 1987, samen met de gemiddelde lengtes vanaf klasse 5-6 mm van de eerder beschreven 5 gebieden.

Tabel XII. Gemiddelde lengtes van de dieren vanaf 5 mm; n is het aantal gevonden per gebied.

		L _{gem} >5mm	n
Waarde	juni	10.1	13
	(1987) december	7.0	176
Appelzak		7.3	139
Walsoorden-Baalhoek		9.5	322
Rilland		7.8	382
Saeftinge	mei	8.1	111
	augustus	8.1	301
Platen v. Valkenisse		8.0	144

Voor Waarde was in juni '87 de gemiddelde lengte het hoogst, doch door het geringe aantal van 13 is deze waarde voor verder vergelijk onbruikbaar.

Om het verdere verloop van het bodemdierenbestand te kunnen volgen, is

er op 19 april en 17 oktober 1988 weer bemonsterd (Bollebakker et al., 1989). Tabel XI geeft de dichtheden per monsterpunt weer over de 4 monsterdata.

Tabel XIII. Dichtheden per locatie en gemiddelde dichtheid per monsterdatum op

de slikken bij Waarden, tijdens en na de storting (naar: Meire & Develter, in voorbereiding; Bollebakker et al., 1989).

		locatie									Gemidd.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
juni	'87	5869	1194	60	338	179	279	418	1233	99	1074
december	'87	1859	1039	139	1074	335	58	266	474	462	634
april	'88	150	20	20	60	10	10	279	170	30	83
oktober	'88	1174	199	40	169	100	--	179	329	458	331

De gemiddelde dichtheid is afgenomen in december '87, en is nog verder omlaag gegaan in april '88. De dichtheid is in oktober '88 wel weer toegenomen, doch blijft laag ten opzichte van 1987. De dichtheden op de locaties bij de vaargeulen zijn veelal laag (3, 6 en 9). Opvallend is de steeds relatief hoge broedval op locatie 1 en locatie 9 in het najaar.

De biomassa is enkel relatief hoog in het najaar, samengaan met de nieuwe broedval, hetgeen vooral tot uitdrukking komt op locaties 1 en 9 (tabel XII). De biomassa-range komt overeen met wat er in de andere gebieden in dit onderzoek is gevonden.

Tabel XIV. De jaargemiddelde biomassa per locatie en gemiddeld per monsterdatum, voor april en oktober '88, voor de slikken bij Waarde. (naar Bollebakker et al., 1989).

		locatie									Gemidd.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
april	'88	0.075	0.078	0.770	0.040	0.039	0.027	0.061	0.352	0.009	0.161
oktober	'88	1.328	0.507	0.065	0.437	0.143	---	0.578	0.361	1.008	0.553

Het sediment was voor de storting over het algemeen arm aan slib en slecht gesorteerd; de korrelgrootte van de verschillende locaties vrij gelijkend. Locatie 3 en de locaties van de middenraai (4,5,6) waren wat slibarder en zandiger. Het gesedimenteerde materiaal (juni '87) was gemiddeld veel fijner dan het in de uitgangssituatie op het slik aangetroffen bodemmateriaal:

Uitgangssituatie: 2 - 10 % < 50 µm

Gesedimenteerd : 20 - 75 % < 50 µm

De westelijke raai (1,2,3) en locatie 9 zijn duidelijk veel slibrijker

geworden. De rest veranderde relatief weinig (4,5,6) of niet (7,8) (tabel XIII). Doorgaande sedimentatie veroorzaakte een merkbare verhoging van de westelijke raai (1,2,3) en locatie 9. De centrale raai (4,5,6) was onderhevig aan erosie; locaties 7 en 8 vertoonden geen aanslibbing of oppervlakteverhoging.

Tabel XV. Sedimentfractie < 50 μm voor en tijdens de storting (juni 1987).

locatie	% < 50 μm	
	19 maart	5 juni
1	10	75
2	8	52
3	4	22
4	4	10
5	4	10
6	2	10
7	10	12
8	10	10
9	9	36

(uit: Meire & Develter,
in voorbereiding)

Echter, aan het eind van 1988 is het slibgehalte op de meeste locaties weer terug op het oorspronkelijke niveau (zie fig. 21); de aanvankelijke sedimentatie van de westelijke raai ging, vanaf november 1987 weer over in erosie. Spectaculair was de geulverplaatsing, welke bij de middenraai tot uiting kwam in de vorm van aanzienlijke erosie (verdwijning van monsterlocatie 6).

Mya: Op de slikken bij Waarde werd *Mya* in 1987 enkel ná de storting in december op locatie 1, 2, 3, 4, 7 en 8 (zie fig. 19) aangetroffen, met significante vooruitgang voor locaties 1, 7 en 8. Op deze locaties werd geen duidende verhoging door sedimentatie of verlaging door erosie waargenomen. Toch is vooral locatie 1 veel slibrijker geworden (zie tabel XII). De combinatie aanslibbing zonder noemenswaardige verhoging is blijkbaar gunstig voor de vestiging van larves: Er werden enkel eerstejaars dieren gevonden (Meire, in voorbereiding). In april '88 werd *Mya* enkel nog op locatie 7 en 8 aangetroffen, met een achteruitgang ten opzichte van december '87: van 393 en 1190 *Mya*'s m^{-2} voor resp. locatie 7 en 8 naar resp. 189 en 249 m^{-2} . In oktober '88 wordt zelfs in het geheel geen *Mya* meer gevonden. Het slibgehalte is in de tussentijd weer terug op het oorspronkelijke niveau (zie fig. 21). Dat het in april '88 enkel kleine *Mya*'s betreft wordt wel aangegeven door de biomas-

sa: Locatie 7: 0.049 g AVD m⁻², en locatie 8: 0.037 g AVD m⁻².

5.3.2 Het Galgeschoor en Groot Buitenschoor bij Antwerpen

In verband met de geplande aanleg van een containerkaai op de slikken van het natuurgebied Galgeschoor te Antwerpen, werd in 1987 o.a. een bemonstering van het macrozoöbenthos op de slikken van het Galgeschoor en het Groot Buitenschoor (zie fig. 22) uitgevoerd (Develter & Kuijken, 1987). Door de situering in de brakwaterzone zijn deze gebieden arm aan benthos; doch door sterke vervuiling (organisch en anorganisch) en de daarmee samengaande sterke anoxigene toestand van het sediment van de slikken, is het benthos extra verarmd (vergelijk fig. 1A en 1B). In juni 1987 wordt er nog een dichtheid van *Macoma* gevonden van 552 m⁻²; dit is echter alleen broed. *Mya* werd niet aangetroffen.

5.4 Vergelijk met het Dollard-estuarium

In juni-juli 1985 is in de Dollard een inventarisatie uitgevoerd van het macrozoöbenthos van de bij laagwater droogvallende platen (Essink et al., 1987). Uit eerder onderzoek was gebleken dat in de zuidoost hoek van de Dollard een bodemfauna-arm gebied aanwezig was, waarvoor de oorzaak gezocht werd in de lozingen van afvalwater via de Westerwoldse Aa. Doordat de lozingen sterk gereduceerd werden, zou een herstel van de bodemfauna verwacht kunnen worden. Doordat er in de Dollard geen baggeractiviteiten plaats vinden en lozingen zich 'beperken' tot die van organisch afvalwater, kan de Dollard goed dienen als een relatief 'schone' referentie voor het oostelijk deel van de Westerschelde. De zoutgradiënt in de Dollard is vergelijkbaar met die in de Westerschelde (zie fig. 16 en fig. 23).

Fig. 24 A & B en fig. 25 A & B tonen de dichtheden en biomassa's van *Macoma* en *Mya* in de Dollard. *Mya* en *Macoma*'s van 1 jaar en ouder ontbreken in de zuidoost hoek van de Dollard. Er wordt een verband gelegd met de afvalwaterlozingen via de Westerwoldse Aa. *Macoma* komt in 97.4 % van de monsters voor, *Mya* in 62.6 %. De gemiddelde dichtheid van *Macoma* bedraagt 174 m⁻² en de biomassa 1.491 g AVD m⁻² (= 1.163 g AVD m⁻² als jaargemiddelde over juni-juli). 82 % van de dichtheid werd gevormd door broedjes uit 1985, welke echter slechts 12 % van de biomassa voor zich nemen; fig. 26 toont de verspreiding van *Macoma* jaarklasse 1984⁺. De gemiddelde dichtheid van *Mya* bedraagt 100 m⁻² en de biomassa 2.010 g AVD m⁻². Er werden geen *Mya*'s groter

dan 5 cm gevonden.

Zowel dichtheden, biomassa en voorkomen blijken in de Dollard veel hoger te zijn dan in het oostelijk deel van de Westerschelde. De armoede in de zuidoost hoek van de Dollard geeft aan wat de effecten van afvalwaterlozingen kunnen zijn. Daar de verontreinigingen in de Westerschelde daarnaast ook nog bestaan uit anorganische microverontreinigingen, PCB's en PAK's, kan worden verwacht dat dat toch zijn effecten heeft op de bodemfauna. In de Dollard werden geen Mya's groter dan 5 cm aangetroffen, maar er komen toch veel meer Mya's voor. Naast minder verontreinigingen kan, als oorzaak hiervoor, worden gedacht aan een stabielere milieu in de Dollard, door het ontbreken van baggeractiviteiten en geringere dynamiek.

Van Macoma van de jaarklasse 1987 werd de schelpenlengte van de 1^e en 2^e winter gemeten: resp. 3.8 en 9.0 mm (Essink, pers. med.). De daaruit berekende LIN_C -1988 is 4.32 mm. Dit is vergelijkbaar met de LIN_C -1988 van de Westerschelde (zie Tab. V). De gunstiger omstandigheden in de Dollard, gezien de hogere dichtheden en biomassa's, ten opzichte van de Westerschelde, komen blijkbaar niet tot uitdrukking in een hogere groeisnelheid.

5.5 Groeiexperiment

Macoma's uit de Oosterschelde (Stroodorpolder → Rattekaai) blijken verrassend hoge koperconcentraties te hebben. Het gehalte van Cu (en Cd) in het sediment is er echter wel laag, veel lager dan sediment van de slikken ten westen van Bath (Goossen, 1989). De resultaten van het groeiexperiment wijzen erop dat de groei van Macoma in relatief 'schoon' (Oosterschelde) sediment hoger is dan in Westerschelde-sediment. Door het experiment zijn eventuele effecten van baggeractiviteiten en dynamiek uitgesloten. De verschillen in groei zouden daarom kunnen worden toegeschreven aan verschillen in verontreinigingen in de sedimenten.

De relatief lage groei in sediment van Rilland is opvallend. Een noot bij de aquaria met Rilland-sediment is de aanwezigheid van Corophium volutator in dit sediment (de kleinste exemplaren van Corophium vielen nog door de zeef bij het zeven van het sediment).

De mogelijkheid bestaat dat bij het zeven van het sediment en tijdens de proef zelf, microverontreinigingen uit het sediment zijn gespoeld en aldus 'verloren' zijn gegaan.

5.6 Het onderzoek: Foutenanalyse

Bij verschillende onderdelen van het onderzoek zijn enige kanttekeningen te plaatsen.

5.6.1 Veldonderzoek

- Omrekenen naar jaargemiddelde biomassa's volgens Beukema (1974) brengt fouten met zich mee: Zie de spreiding van de punten rond de gemiddelde-curve waar door Beukema mee wordt gewerkt. Daarnaast is niet bekend of het gerechtvaardigd is om de curve van Beukema voor de Westerschelde te gebruiken. De curve is namelijk gebaseerd op gegevens van het Balgzand. Notabene: Essink vond voor het Groningse Wad vrijwel dezelfde curve (Essink, pers. med.).

- Het aflezen van de groeiringen van *Macoma* voor de leeftijdsbepaling en LIN_C -berekeningen bleek moeilijk te zijn, met name de eerste jaarring. Deze was namelijk vaak zeer klein zodat er twijfel ontstond. Er werd een minimum van 2 mm voor de eerste jaarring gekozen om de schelp mee te laten tellen bij de LIN_C . Het "catching-up fenomeen" wordt geïllustreerd in figuur 27A met de proportionele groei voor verschillende lengteklassen. Figuur 27B laat zien dat de LIN_C in dit onderzoek niet voor alle lengteklassen overeenkomstig is: De kleinste dieren hebben een grotere LIN_C . Dat kan een scheef beeld geven, want LIN_C kan daardoor beïnvloed worden in gebieden met een kleinere gemiddelde L_1 .

- Voor het zoeken naar vooral grotere dieren is gekozen voor een 3 mm zeef. Een dergelijke zeef werkt sneller als grote gebieden bemonsterd moeten worden. Een groot nadeel is echter, dat er een incompleet beeld wordt verkregen van de populaties, door het ontbreken van de lengteklassen kleiner dan 4 mm.

- Het 2 keer invriezen en ontdooien van de meeste *Macoma*'s en *Mya*'s zal enig vleesverlies veroorzaakt hebben. De gegeven biomassa's zullen dan ook lichte onderschattingen vertonen.

- Doordat in de Appelzak alleen langs de laagwaterlijn is bemonsterd, kan de gegeven gemiddelde dichtheid voor het gebied een onderschatting zijn: Walsoorden-Baalhoek, Rilland en de noord-rand van Saeftingse laten zien dat de dichtheden dicht bij de schorren c.q. dijk hoger is. Daarentegen vertoont de strook slik richting Oude Doel dit verschil niet, en het sediment daar heeft veel weg van dat in de Appelzak. Zo is een vermeende onderschatting van de gegeven dichtheid in de Appelzak dan ook moeilijk te bepalen.

- Een subjectieve beoordeling van de sedimentsamenstelling geeft wel een goede indruk van die sedimenten, maar alleen met cijfers over korrelgroottes, slibfracties etcetera kunnen harde uitspraken worden gedaan.
- Tijdens de bemonstering is de steekbuis minimaal 15 cm in de bodem gestoken, doch zelden dieper dan 25-30 cm. Grote Mya's komen tot 40 cm diepte voor, dus de kans bestaat dat Mya's niet werden bereikt door de steekbuis, hetgeen een onderschatting van het aantal grote Mya's zou kunnen opleveren. Omdat er over het algemeen slechts weinig kleinere Mya's werden gevonden, zou kunnen worden verwacht dat de dichtheid van grote Mya's navenant zeer laag is. Derhalve zouden de gegeven dichtheden wel een goede benadering geven. Daarnaast werden de diepere lagen vaak begrensd door klei- of leemlagen, waardoor dan besloten werd de steekbuis minder diep te steken. Het omspitten met een riek bracht geen grote Mya's boven.

5.6.2 Groeiexperiment

Doordat het opbouwen van de experimentele opzet veel langer duurde dan verwacht, kon het experiment pas half juni worden opgestart. In een poging toch nog een redelijke groei te verkrijgen is er toen (in overmaat) gevoerd, doch ook al omdat de dieren in de 'gemengde' bakken verdund zeewater kregen. Voor een eventuele herhaling van een dergelijk experiment moeten de volgende punten in acht worden genomen:

- Om vergelijkbaar sediment te krijgen, moet dit eerst analytisch zijn onderzocht. Tevens is kennis van de vervuilingsgraad van het sediment zeer essentieel.
- Voor alle aquaria moeten dieren van dezelfde jaarklasse worden genomen.
- Om 'zout' en 'gemengd' goed met elkaar te kunnen vergelijken, moeten voedselconcentraties gelijk zijn.
- Het heeft de voorkeur om binnen het groeiseizoen te werken!
- Het experiment kan worden uitgebreid door tevens de groei te meten van Macoma's uit de Oosterschelde: Westerschelde-Macoma's zijn gewend aan lagere zoutgehalten en vervuiling, Oosterschelde-Macoma's aan hoge zoutgehalten en een relatief schoon milieu. De gestelde hypothese kan dan van twee kanten benaderd worden: 1) Of er bij Oosterschelde-Macoma's een groeiremming optreedt in Westerschelde-sediment t.o.v. Oosterschelde-sediment; 2) Of Westerschelde-Macoma's sneller groeien in Oosterschelde-sediment dan in Westerschelde-sediment.

LITERATUURLIJST:

- Beukema, J.J., 1974: Seasonal changes in the biomass of the macro-benthos of a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 8: 94-107.
- Beukema, J.J., Cadée, G.C. & Jansen, J.J.M., 1977: Variability of growth rate of Macoma balthica in the Wadden Sea in relation to availability of food. *Proc. 11th E.M.B.S., Galway, Ireland.*
- Beukema, J.J. & Meehan, B.W., 1985: Latitudinal variation in linear growth and other shell characteristics of Macoma balthica. *Mar. Biol.* 90: 27-33.
- Beukema, J.J. & Cadée, G.C., 1987: De eutrofiëring van ons kustwater: Genoeg of teveel? *Vakbl. Biol.* 67: 153-157.
- Bijkerk, R., 1988: Ontsnappen of begraven blijven - De effecten van een verhoogde sedimentatie als gevolg van baggerwerkzaamheden. *R.D.D. Aquatic Ecosystems, Groningen.*
- Boel, E., 1988: Seizoenale fluctuaties van het macrobenthos van de Westerschelde. *Thesis R.U.Gent.*
- Bokhorst, M., 1988: Inventarisatie van een aantal abiotische factoren in de Westerschelde. *Studentenverslag DIHO D6-1988.*
- Bollebakker, Jong, D. de, Mijwaard & Vroon, 1989: Evaluatie effecten lozing specie kanaal Zuid Beveland. *RWS-DGW, notitie GWWS-89.508.*
- Bryant, V., McLusky, D.S., Roddie, K. & Newbery, D.M., 1984: Effect of temperature and salinity on the toxicity of chromium to three estuarine invertebrates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 20: 137-149.
- Bryant, V., Newbery, D.M., McLusky, D.S. & Campbell, R., 1985a: Effect of temperature and salinity on the toxicity of arsenic to three estuarine invertebrates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 24: 129-137.
- Bryant, V., Newbery, D.M., McLusky, D.S. & Campbell, R., 1985b: Effect of temperature and salinity on the toxicity of nickel and zinc to two estuarine invertebrates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 24: 139-153.
- Craeymeersch, J.A., Coosen, J. & Dool, A. van den, 1988: Trendanalyse van densiteit- en biomassawaarden van bodemdieren in het getijdengebied van de Oosterschelde (1983-1986). *DIHO rapporten en verslagen nr. 1988-7.*
- Dankers, N., Kühl, H. & Wolff, W.J., 1981: *Invertebrates of the Wadden Sea.* Balkema, Rotterdam.
- Dekker, R., 1989: The macrozoobenthos of the subtidal western Dutch Wadden Sea. I. Biomass and species richness. *Neth. J. Sea Res.* 23: 57-68.
- Develter, D. & Kuijken, E., 1987: De inplanting van een containerkaai op de slikken van het natuurgebied "Galgenschoor" te Antwerpen. *Instituut voor*

Natuurbehoud, Hasselt.

- Eldon, J., Pekkarinen, M. & Kristoffersson, R., 1980: Effects of low concentrations of heavy metals on the bivalve Macoma balthica. Ann. Zool. Fennici 17: 233-242.
- Essink, K., 1978: The effects of pollution by organic waste on the macrofauna in the eastern Dutch Wadden Sea. Neth. Inst. for Sea Res. Publ. Ser. No. 1-1978: 135 pp.
- Goossen, W.-J., 1989: Groei en stressparameters bij het nonnetje Macoma balthica in de Ooster- en Westerschelde. Studentenverslag DIHO D4-1989.
- Heip, C., Herman, R. & Craeymeersch, J., 1986: Diversiteit, densiteit en biomassa in de Westerschelde: 1978-1985. Rapport RWS-DGW en R.U.Gent.
- Huiskes, A.H.L., 1988: The salt marshes of the Westerschelde and their role in the estuarine ecosystem. Hydr. Bull. 22: 57-63.
- Jansen, C.R., Boel, E., Herman, R. & Vinx, M., 1988: Diversiteit, densiteit en biomassa van het macrobenthos in de Westerschelde: 1986-1988. Rapport RWS-DGW en R.U. Gent.
- Lammens, J.J., 1967: Growth and reproduction of a tidal flat population of Macoma balthica. Neth. J. Sea Res. 3: 315-382.
- Levinton, J.S., 1982: Marine Ecology. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Matthiessen, G.C., 1960: Observations on the ecology of the soft clam Mya arenaria in a salt pond. Limn. Ocean. 5: 291-300.
- McLusky, D.S., 1971: Ecology of estuaries. Heinemann Educational Books Ltd, London.
- Meire, P. & Develter, D., 1988: Macrozoöbenthos van de Westerschelde: Eerste overzicht van de resultaten van de macrozoöbenthosbemonstering najaar 1987 in het kader van het project Sawes. Rapport R.U.Gent.
- Meire, P. & Develter, D., in voorbereiding:
- Moerland, G., 1987: Het Schelde-estuarium: Een literatuurstudie naar het ecosysteem met het accent op de biotische componenten. Studentenverslag DIHO D4-1987.
- Schmidt-Van Dorp, A.D., 1979: Literatuuronderzoek naar soortenrijkdom van het macrozoöbenthos in relatie tot het zoutgehalte. Rapporten en Verslagen nr. 1979-55, DIHO.
- Steur, C. & Seys, J., 1989: Ecologische profielen: Bodemdieren. RWS-DGW.
- Tydeman, P. & Kleef, H.L., 1981: Kwalitatieve bemonstering van de bodemfauna in de Westerschelde ter hoogte van het Verdronken Land van Saeftinge. RIZA rapport Bi-Mv 81.07.
- Beleidsplan Westerschelde; de ecologische ontwikkeling van de Westerschel-

de, 1989:

- Deelrapport 1: Zuurstofhuishouding en Nutriëntenhuishouding.
- Deelrapport 2: Microverontreinigingen.
- Deelrapport 3: Slibhuishouding en Bodemkwaliteit.
- Deelrapport 4: Morfologische structuur en Dynamiek.

Werkgroep Waterbeheer Westerschelde: RWS Directie Zeeland, Dienst
Getijdewateren, R.D.D. Aquatic Ecosystems.

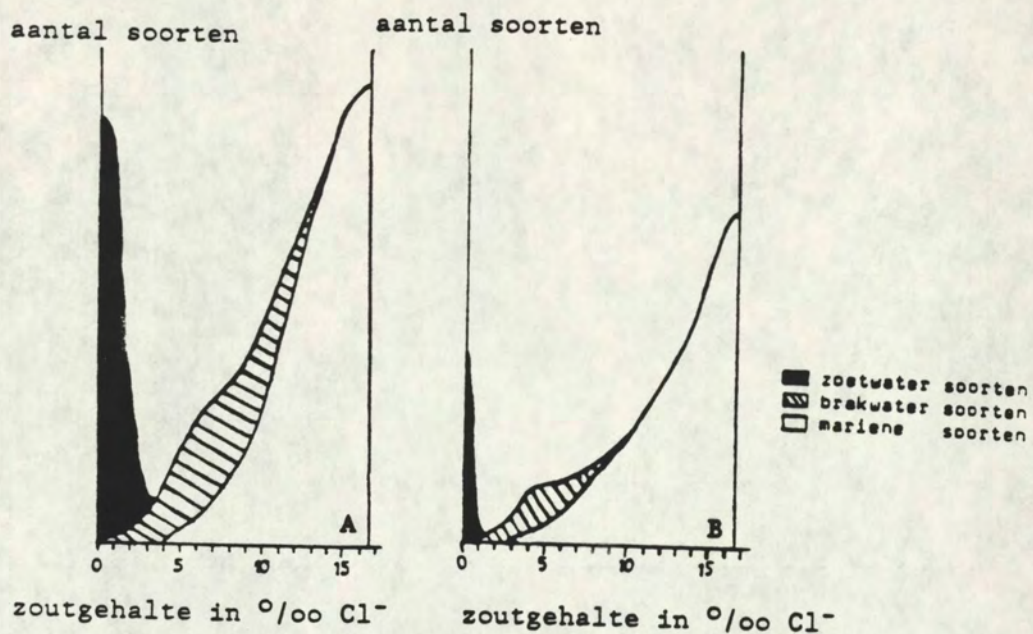


Fig. 1. A: Het verloop van het aantal soorten langs de zoutgradiënt volgens de brakwatercurve van Remane.
 B: Het vermoedelijke verloop van het aantal soorten langs de zoutgradiënt in het Schelde-estuarium.
 (uit: Moerland, 1987)

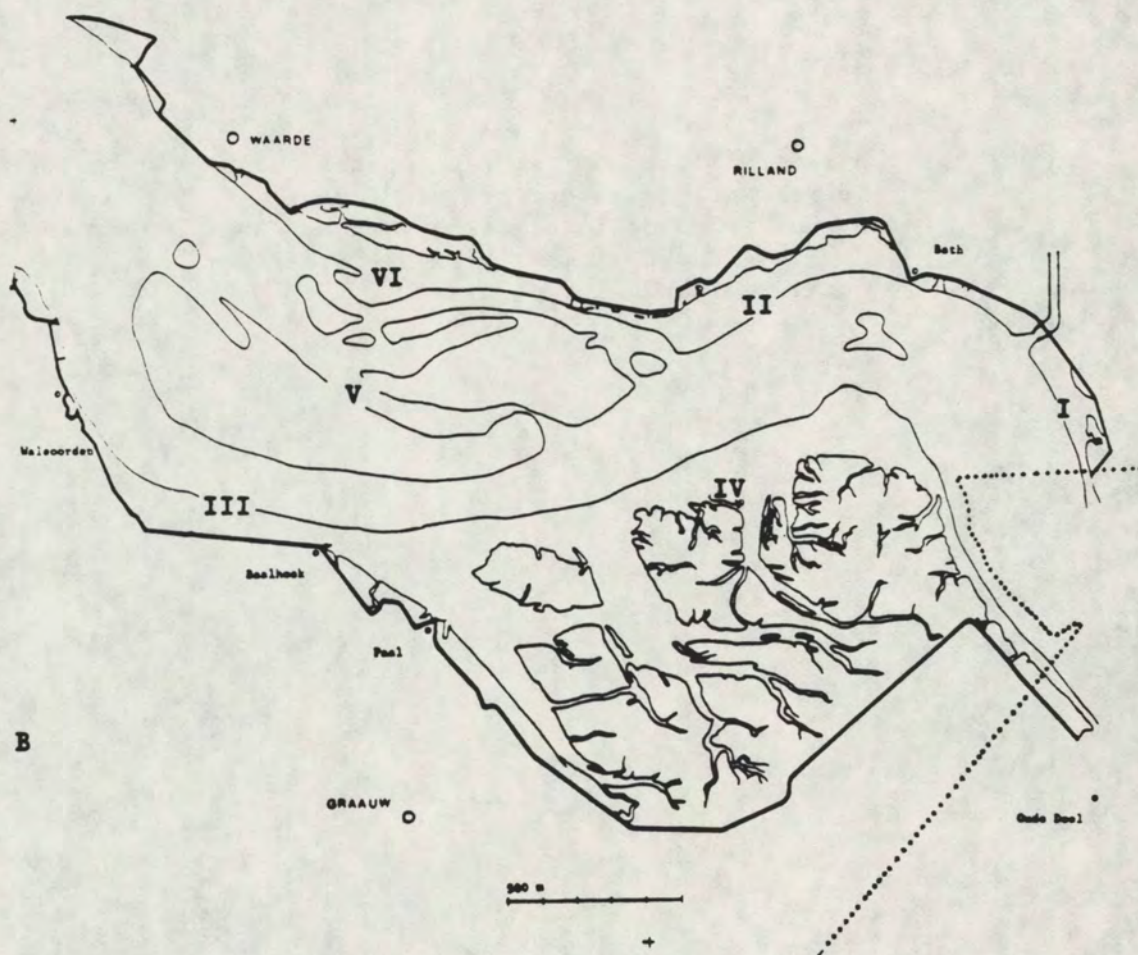
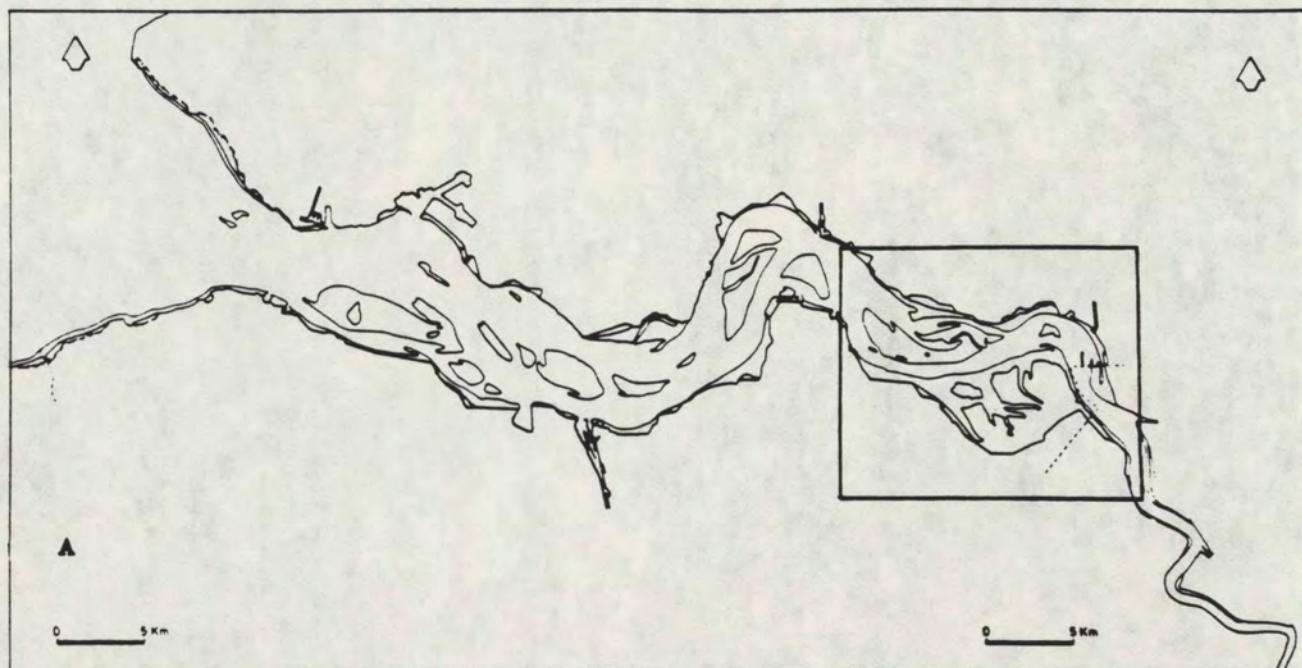


Fig. 2. A: Het Westerschelde-estuarium. B: Het onderzoeksgebied; I = de Appelzak, II = de sligten bij Rilland, III = de sligten bij Walsoorden-Baalhoek, IV = het Verdrongen Land van Saeftinge, V = de Platen van Valkenisse, VI = de sligten bij Waarde.

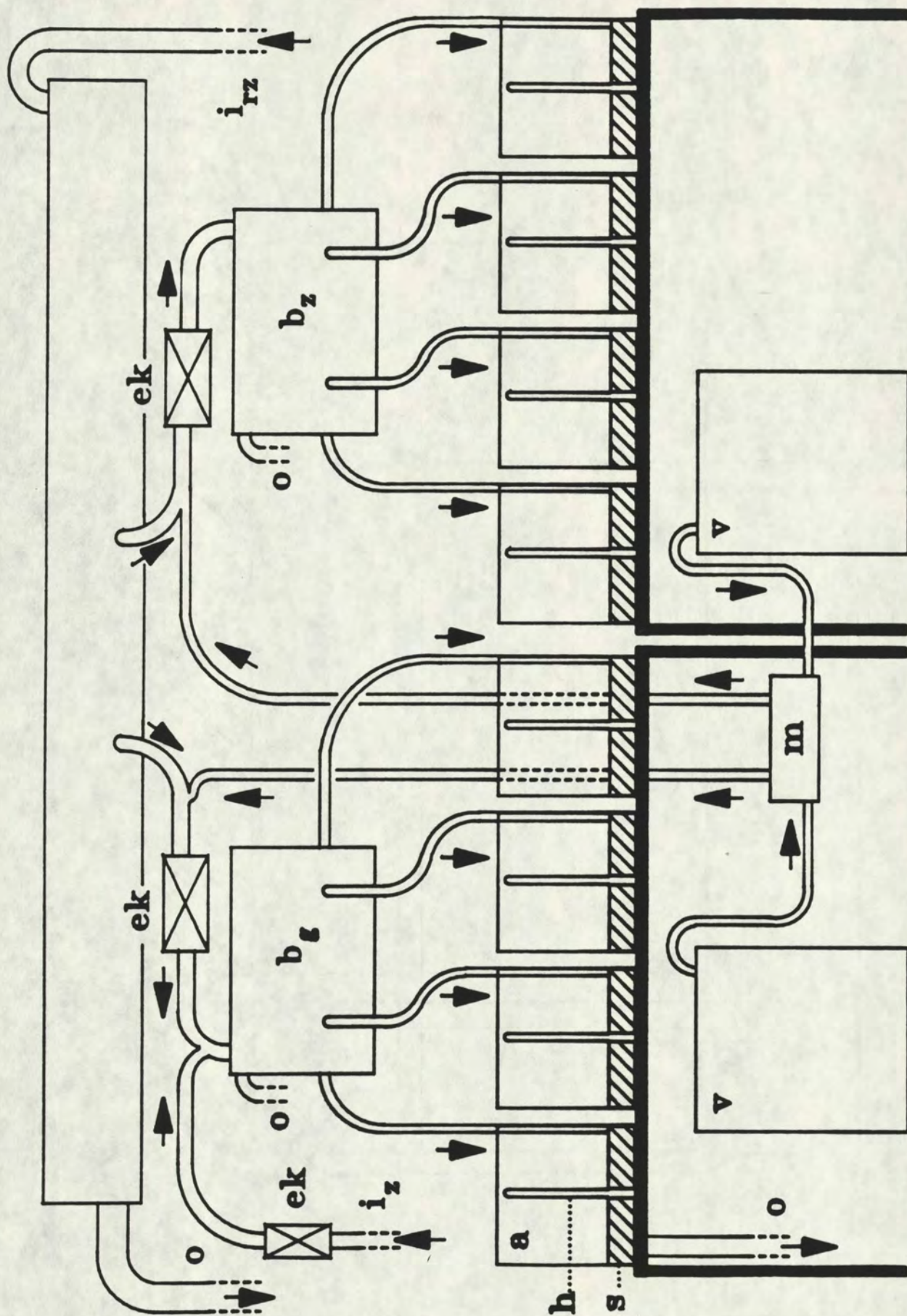


Fig. 3. A: Opstelling van het groeiexperiment; a = aquarium, h = hevel, s = sediment, o = overloop, ek = elektrische klep, i_z = instroom zoetwater, i_{rz} = instroom ruw zeewater, b_z = bufferbak 'gemengd water', b_z' = bufferbak ruw zeewater, v = voorraadvat algen, m = masterflex pomp.

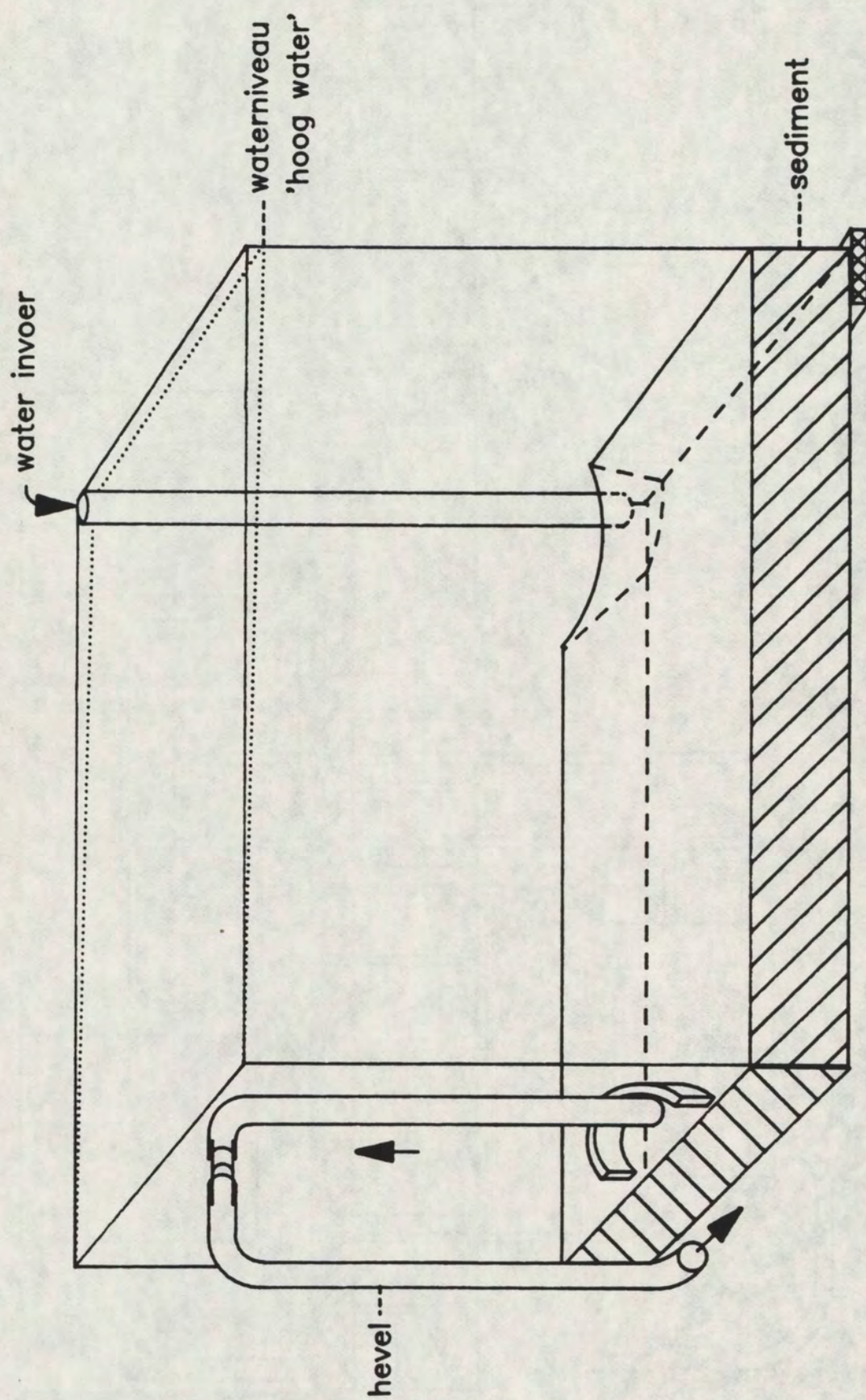


Fig. 3. B: Aquarium met hevel uit groeieperiment.

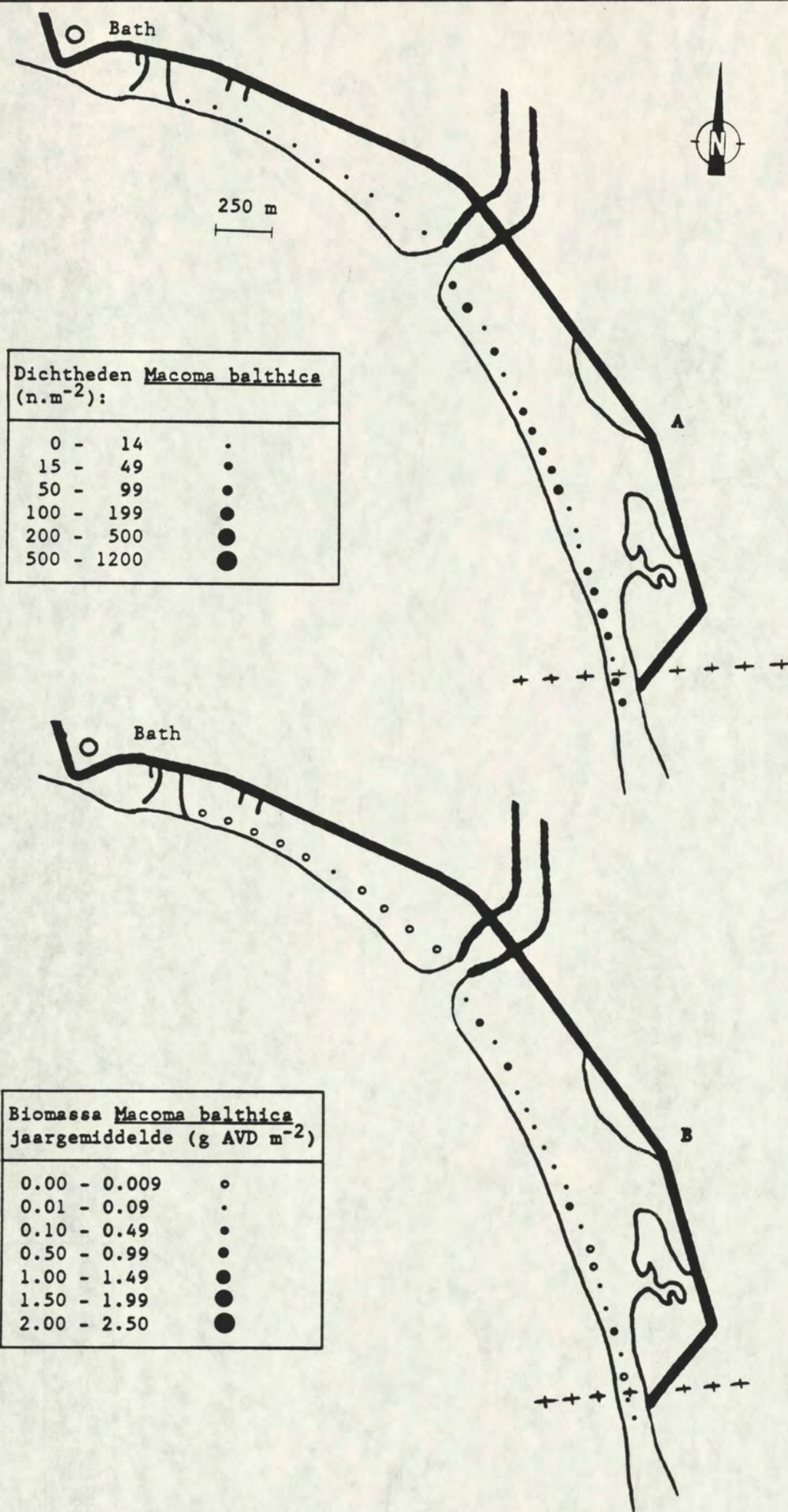


Fig. 4. De Appelzak. A: Dichtheid *Macoma* m⁻², B: Biomassa *Macoma* m⁻²; per monsterpunt.

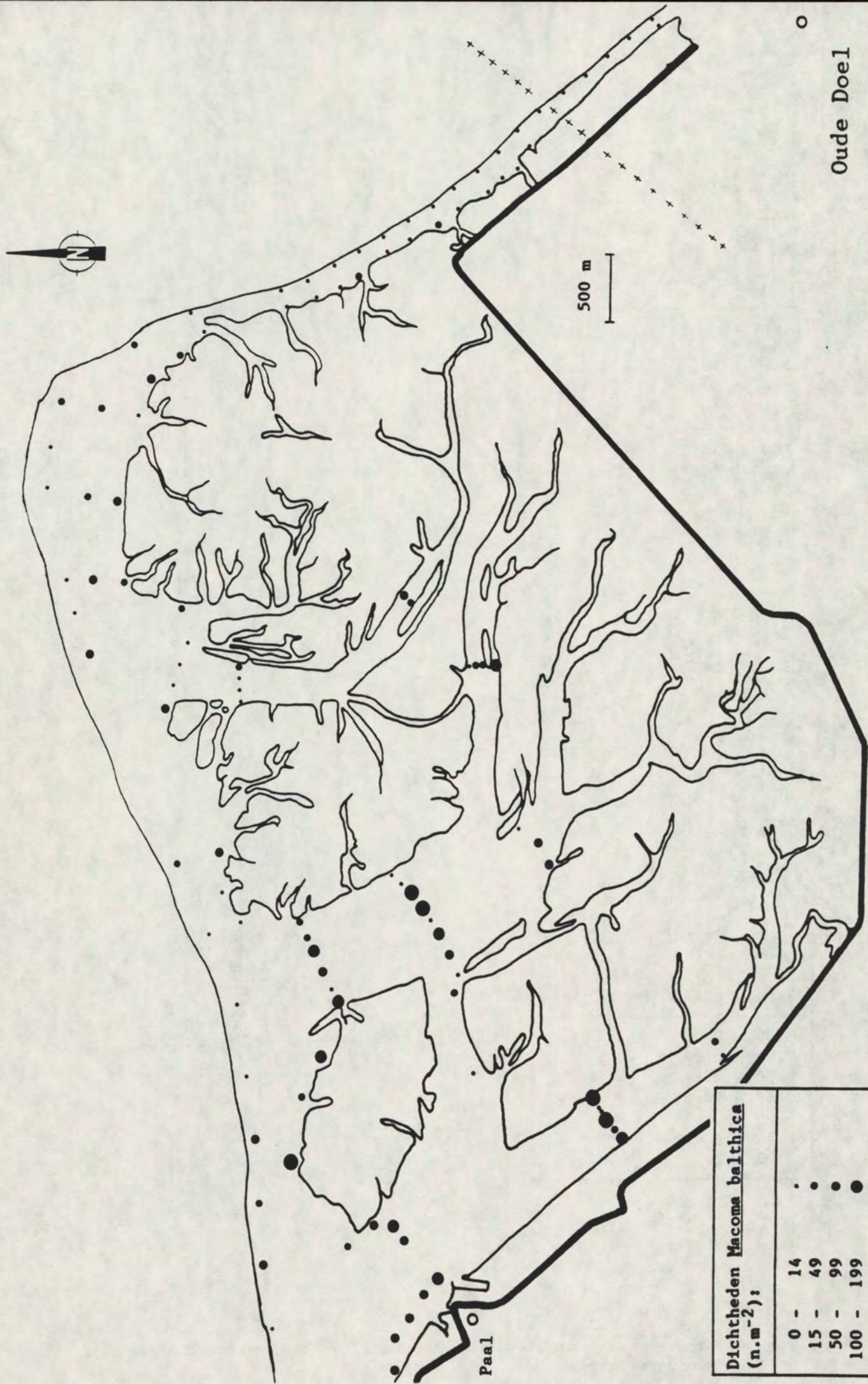


Fig. 5. Het Verdrongen Land van Saeftinge.

A: Dichtheid *Macoma* m⁻², per monsterpunt.

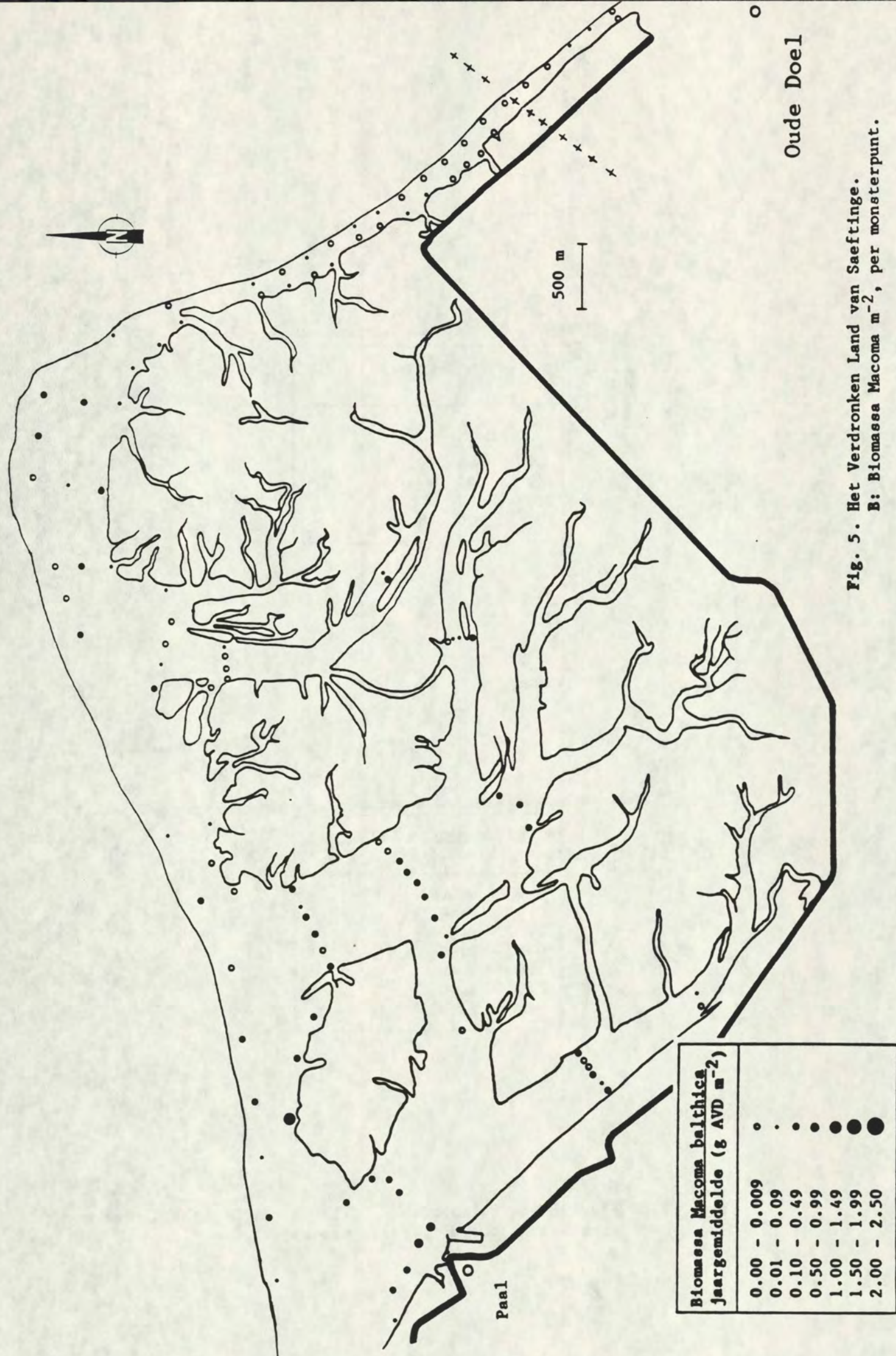


Fig. 5. Het Verdrongen Land van Saeftinge.

B: Biomasa *Macoma* m⁻², per monsterpunt.

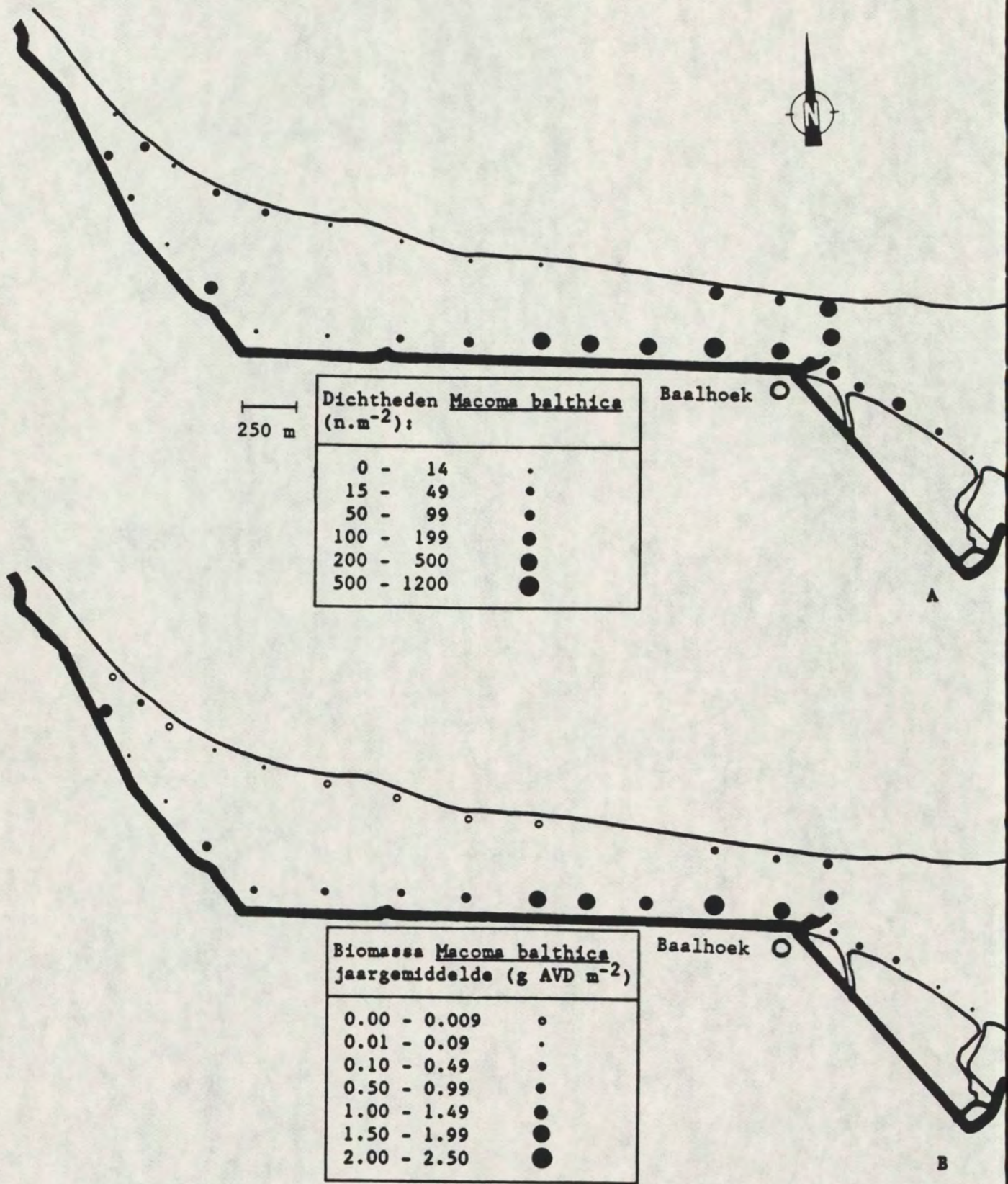


Fig. 6. De slikken bij Walsoorden - Baalhoek. A: Dichtheid *Macoma* m⁻², B: Biomassa *Macoma* m⁻²; per monsterpunt.

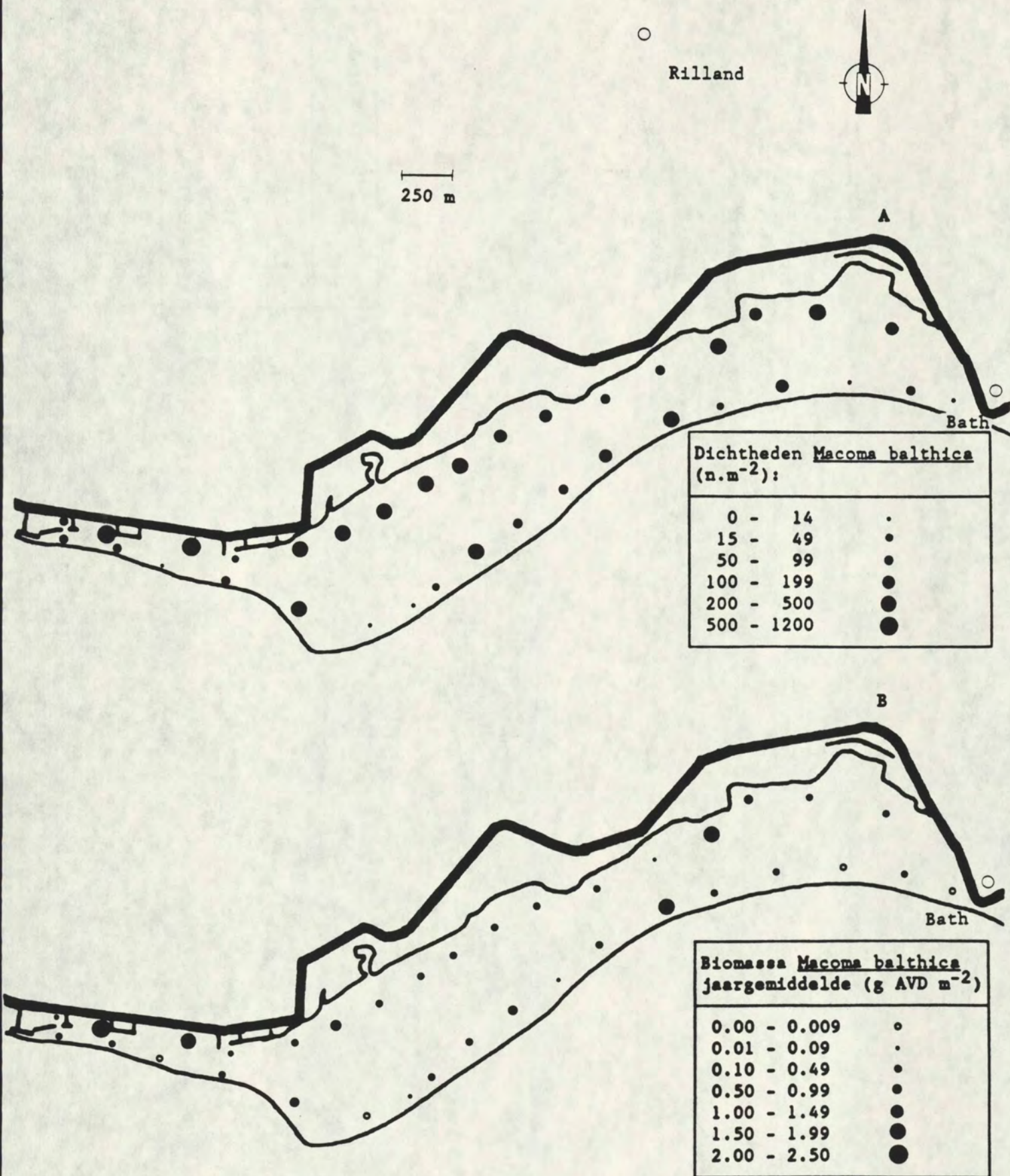


Fig. 7. De slikken bij Rilland. A: Dichtheid *Macoma* m⁻²,
B: Biomassa *Macoma* m⁻²; per monsterpunt.

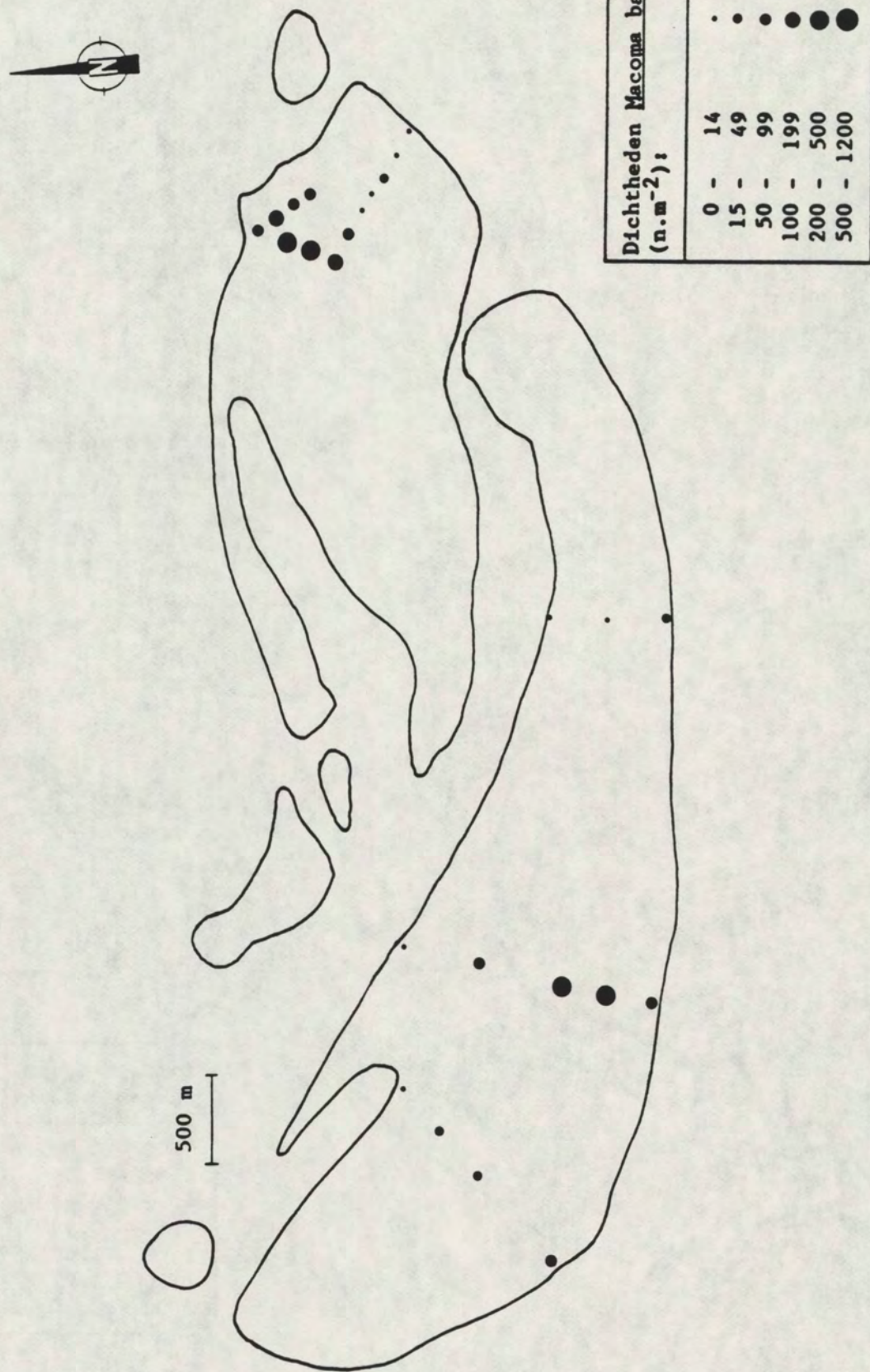
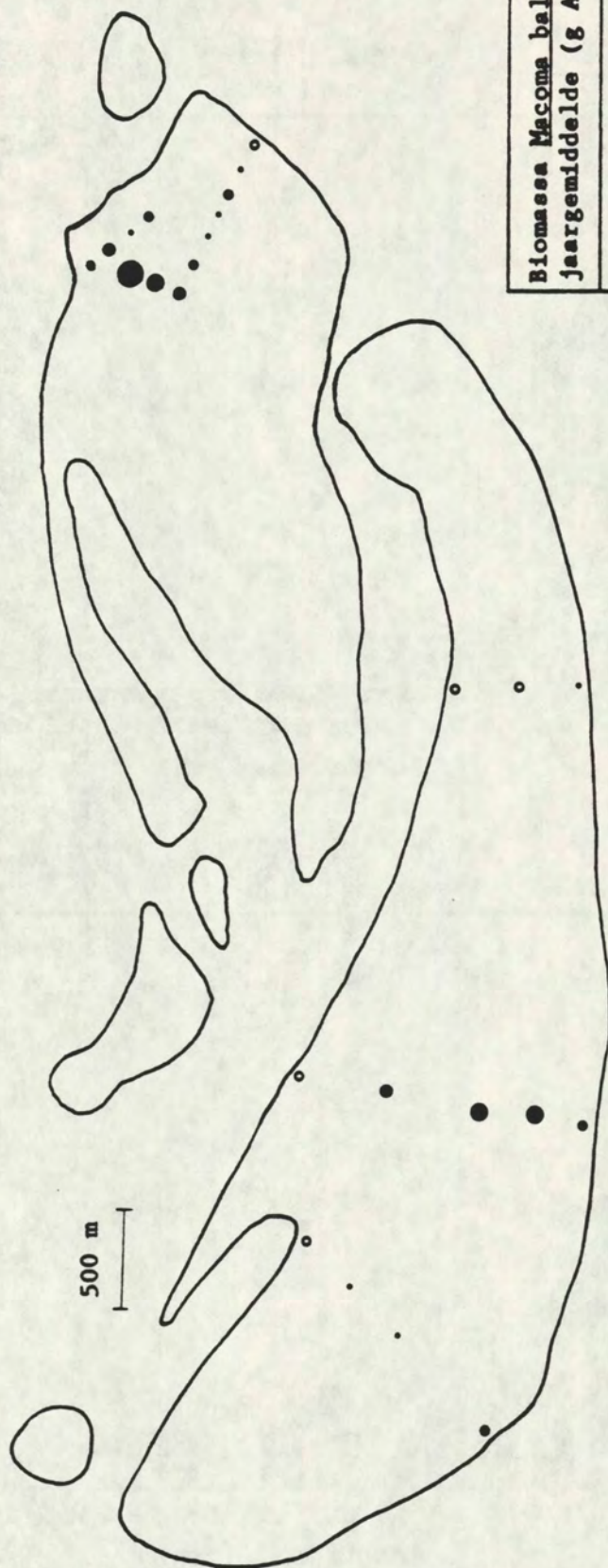
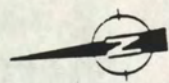


Fig. 8. De Platen van Valkenisse.
A: Dichtheid *Macoma* m⁻², per monsterpunt.

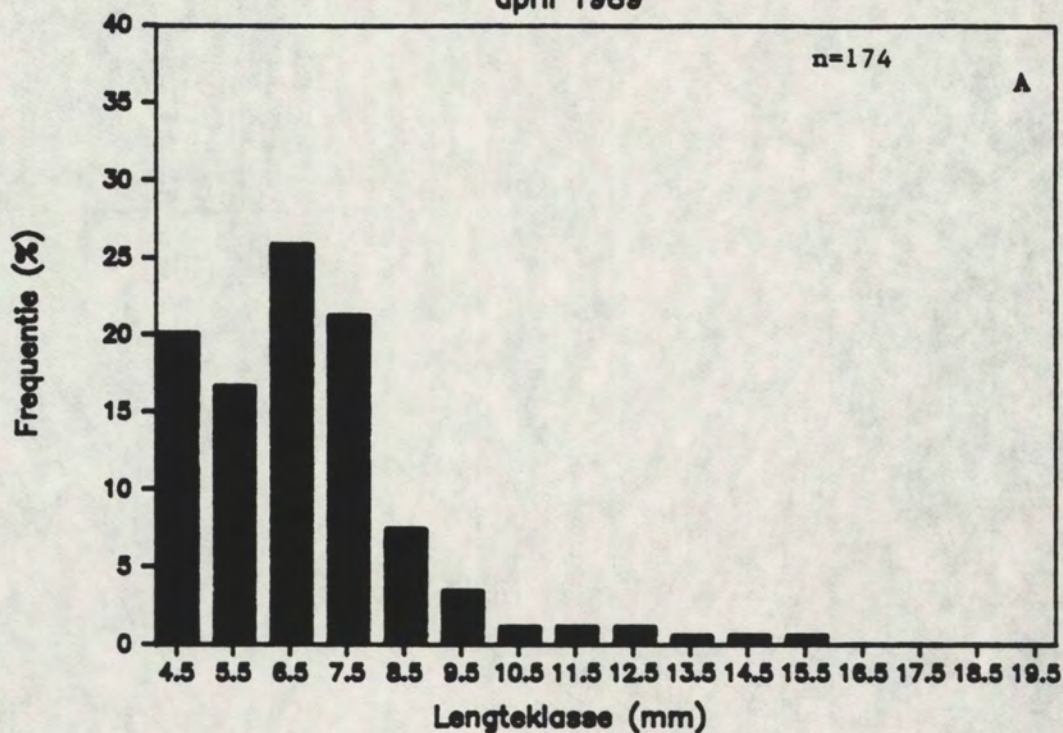


Biomassa <i>Macoma balthica</i> jaargemiddelde (g AVD m ⁻²)	
0.00 - 0.009	○
0.01 - 0.09	◊
0.10 - 0.49	●
0.50 - 0.99	●
1.00 - 1.49	●
1.50 - 1.99	●
2.00 - 2.50	●

Fig. 8. De Platen van Valkenisse.
B: Biomassa *Macoma* m⁻², per monsterpunt.

Appelzak

april 1989



Rilland

juli 1989

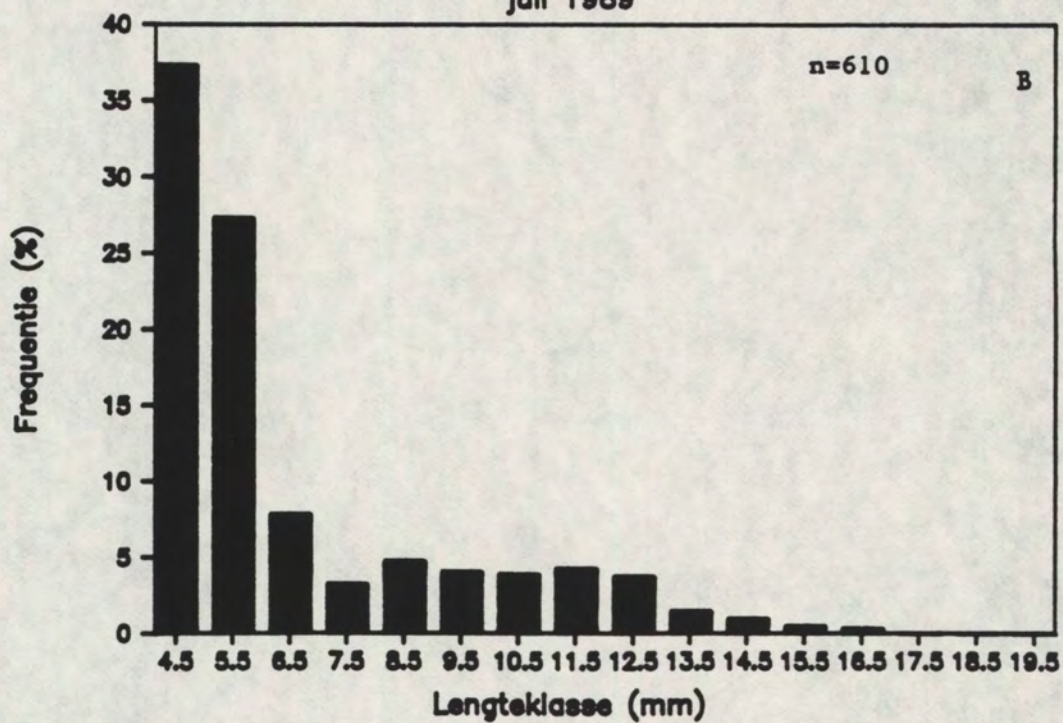
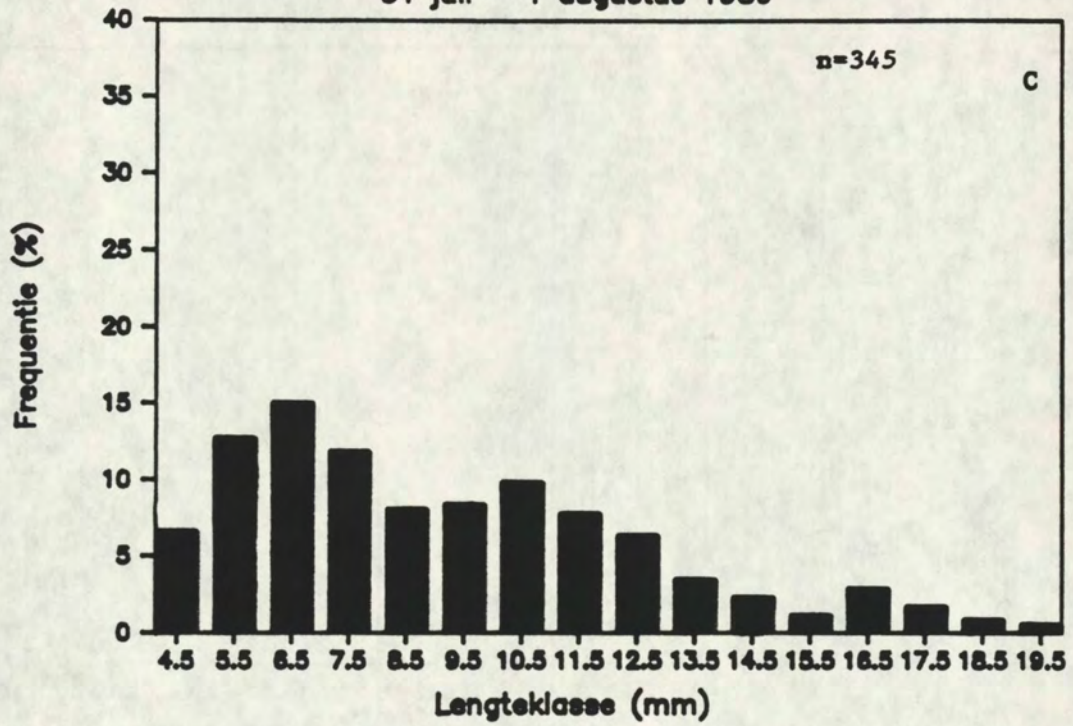


Fig. 9. Lengte-frequentie verdelingen Macoma balthica;
 A - E: Per gebied,
 F: Gemiddeld over de 5 gebieden.

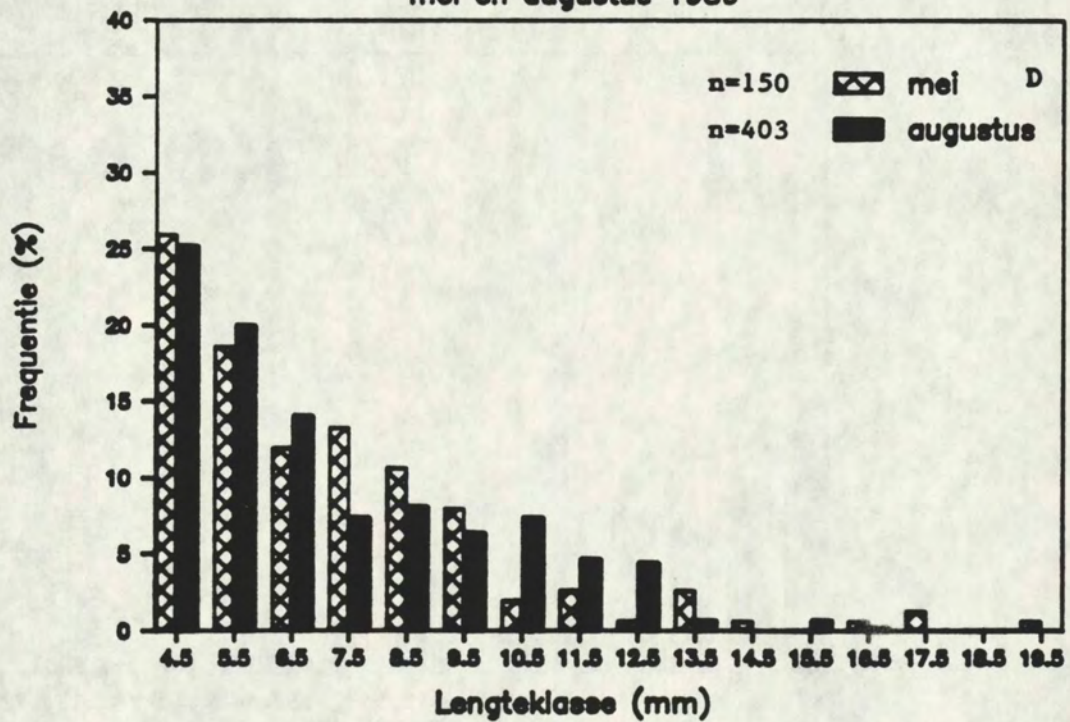
Walsoorden - Baalhoek

31 juli - 1 augustus 1989



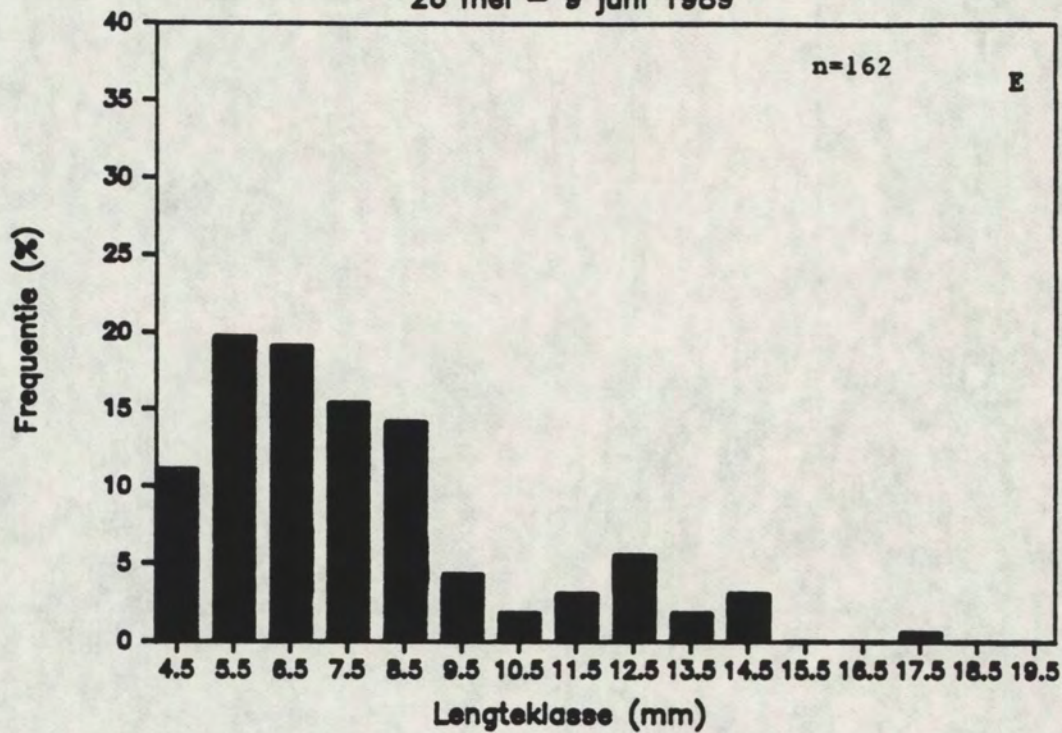
Saeftinge

mei en augustus 1989



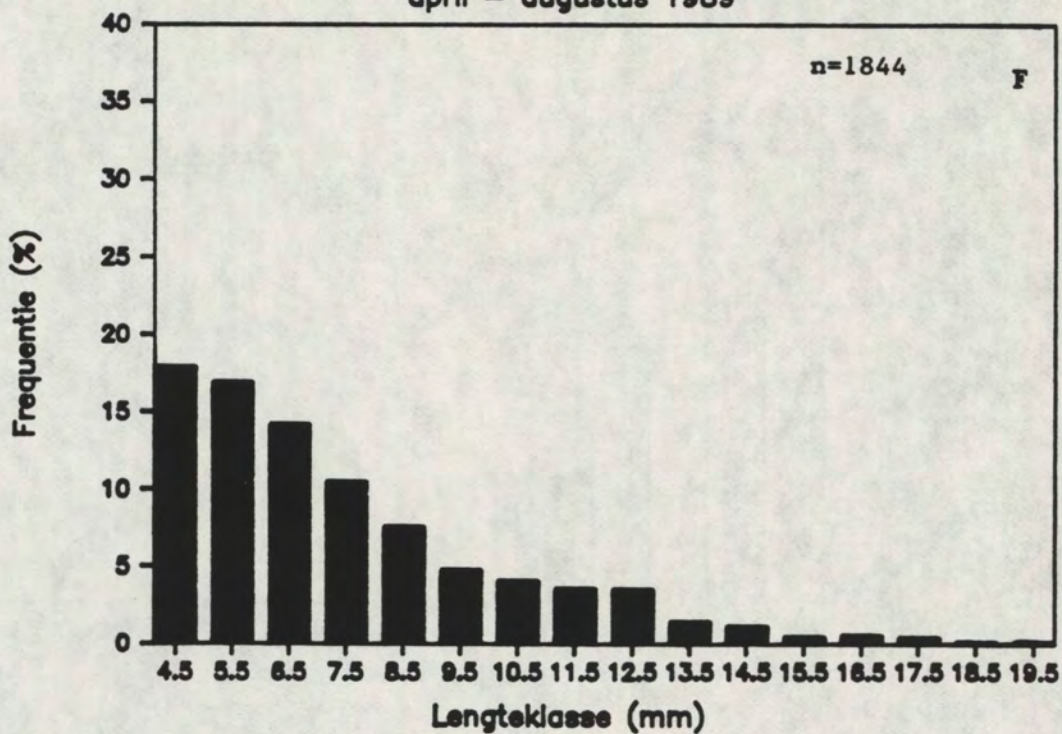
Platen van Valkenisse

26 mei - 9 juni 1989



Totaal

april - augustus 1989



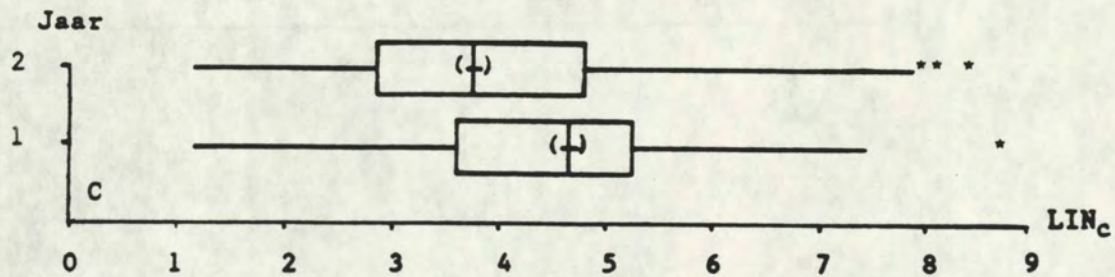
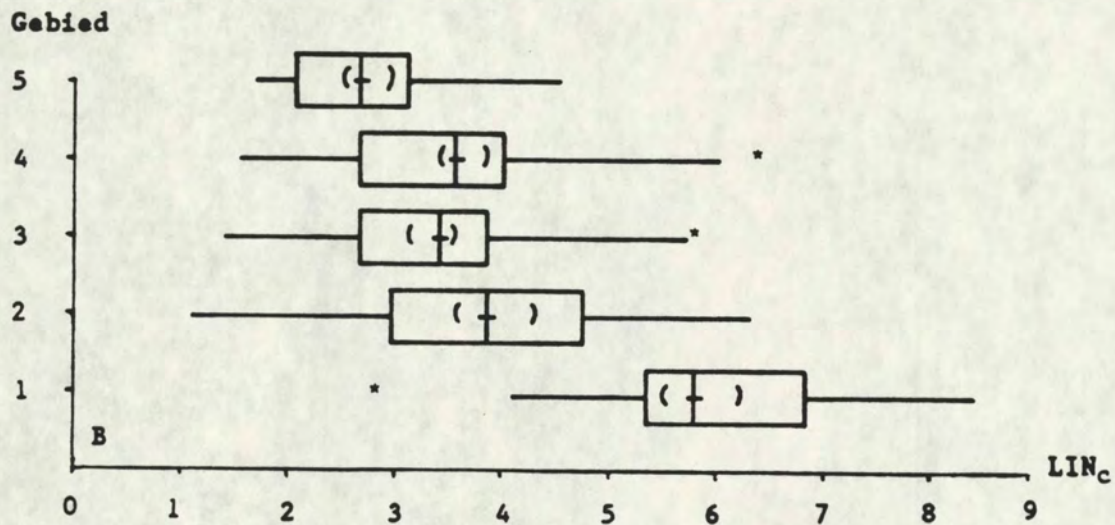
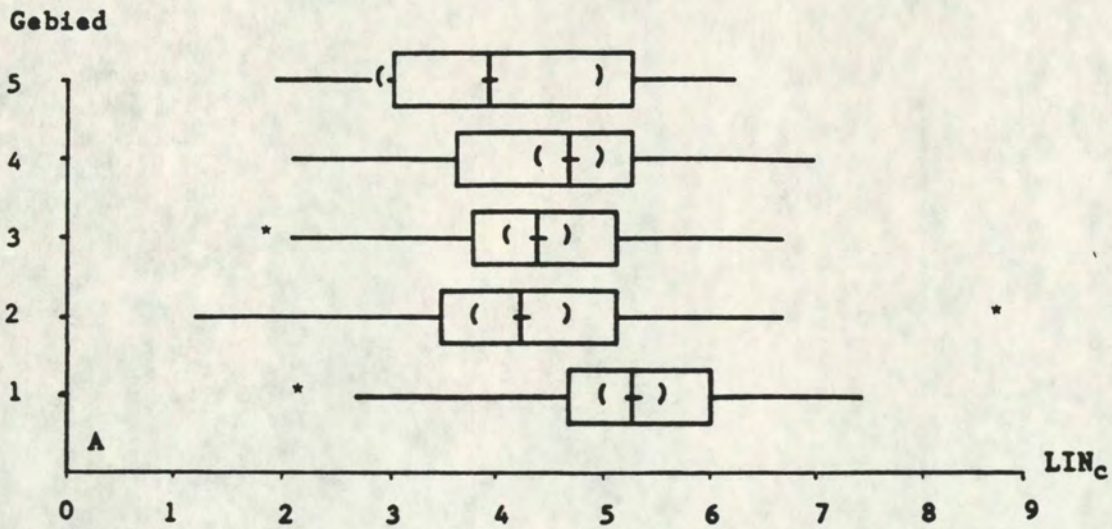


Fig. 10. Boxplots met LIN_c .

A: LIN_c -1988 per gebied
 B: LIN_c -1989 per gebied
 C: LIN_c -gemiddeld voor 1988 (1) en 1989 (2).
 De haakjes geven de 95 % betrouwbaarheidsintervallen weer.

1: Pl. v. Valkenisse

2: Saeftinge

3: Rilland

4: Walsoorden-Baalhoek

5: Appelzak

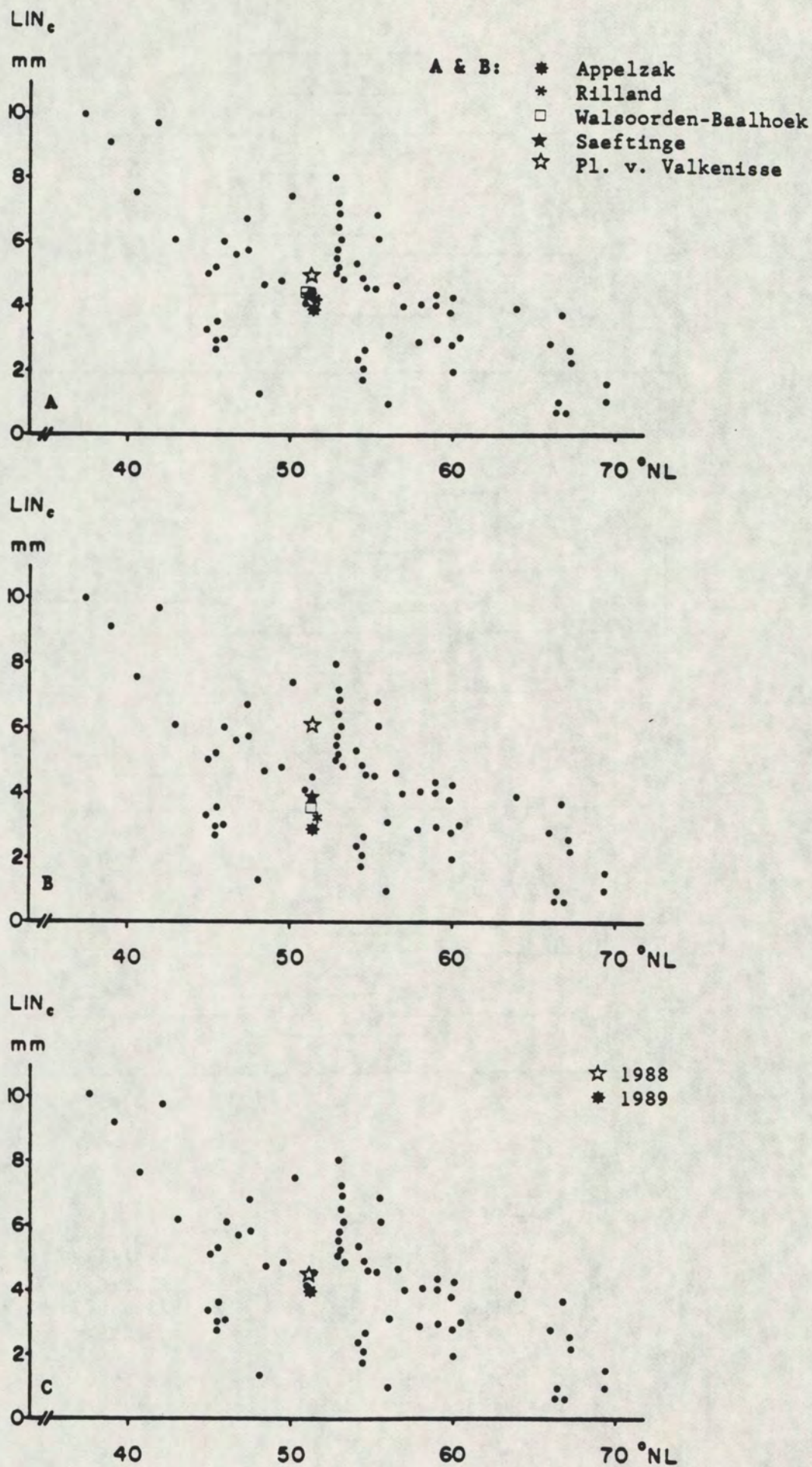


Fig. 11. LIN_c op verschillende breedtegraden. A: Met toegevoegd LIN_c-1988 per gebied, B: Met toegevoegd LIN_c-1989 per gebied, C: Met toegevoegd de gemiddelden van LIN_c-1988 en LIN_c-1989; naar Beukema & Meehan, 1985.

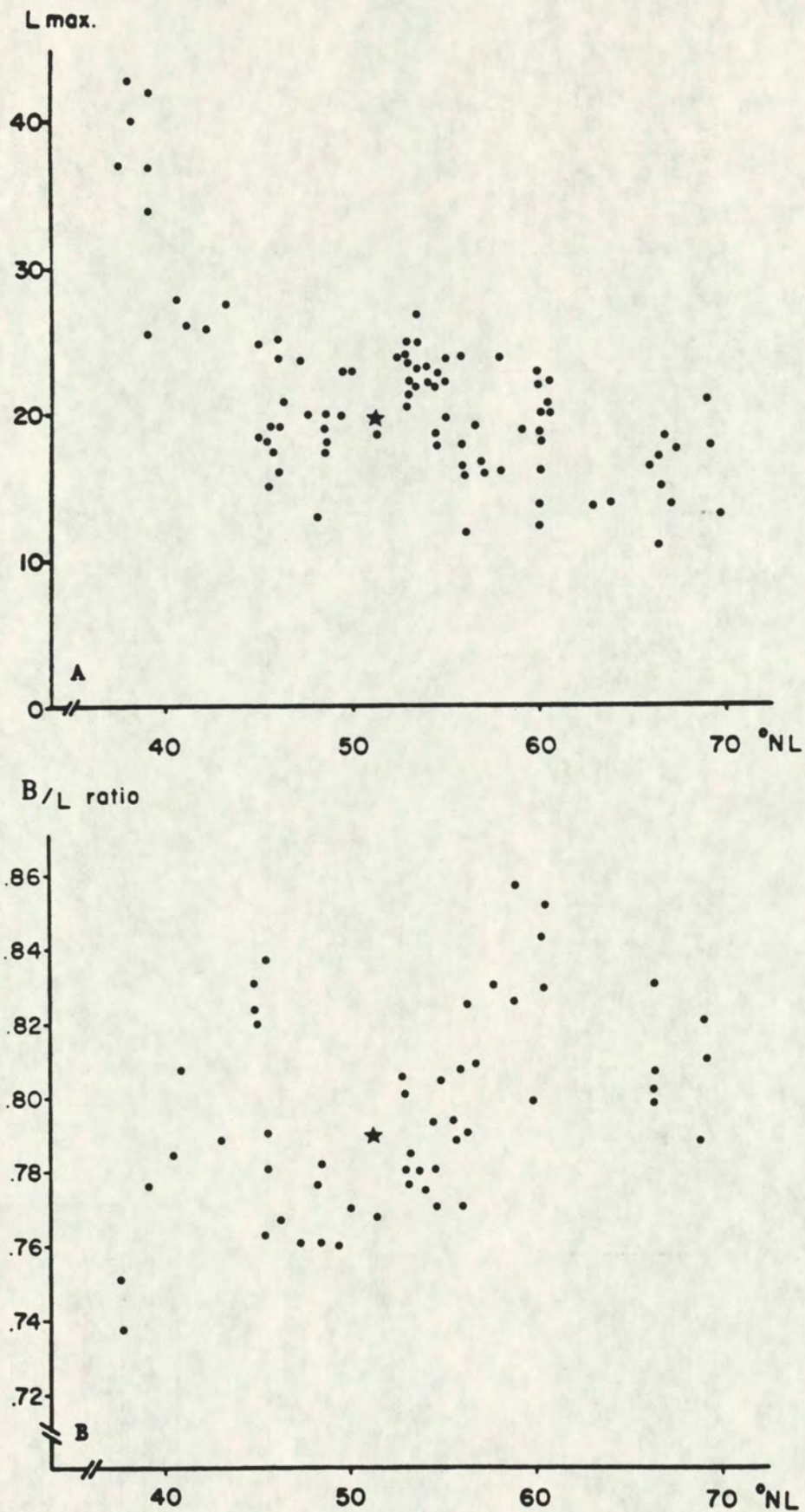


Fig. 12. A: Grootste *Macoma*'s gevonden bij metingen op verschillende breedtegraden (L_{max} in mm); toegevoegd de grootste *Macoma* uit dit onderzoek (★). B: Breedte-lengte ratio's op verschillende breedtegraden; toegevoegd de B/L ratio zoals berekend voor het oostelijk deel van de Westerschelde (★).
Naar Beukema & Meehan, 1985.

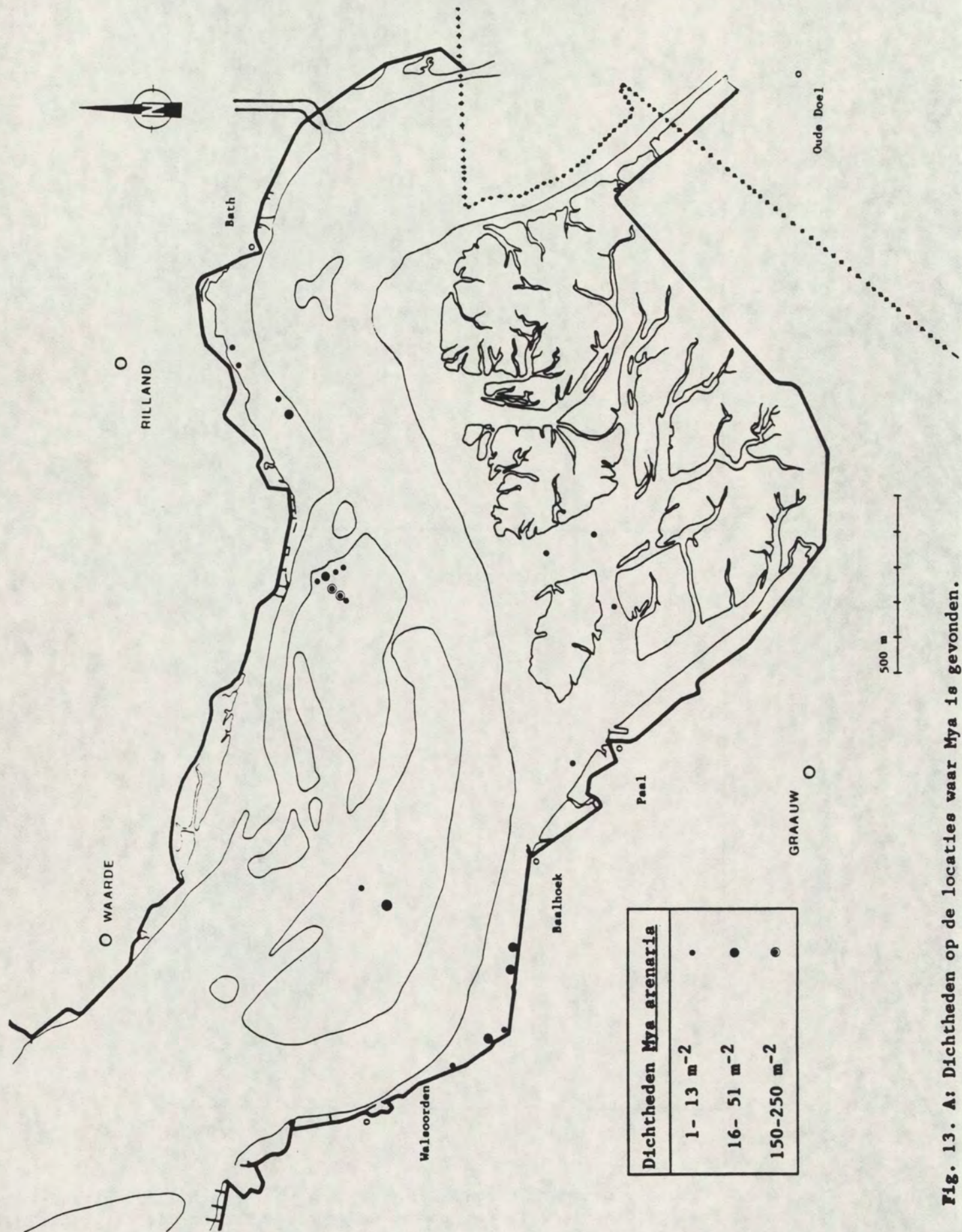


Fig. 13. A: Dichtheden op de locaties waar *Mya* is gevonden.

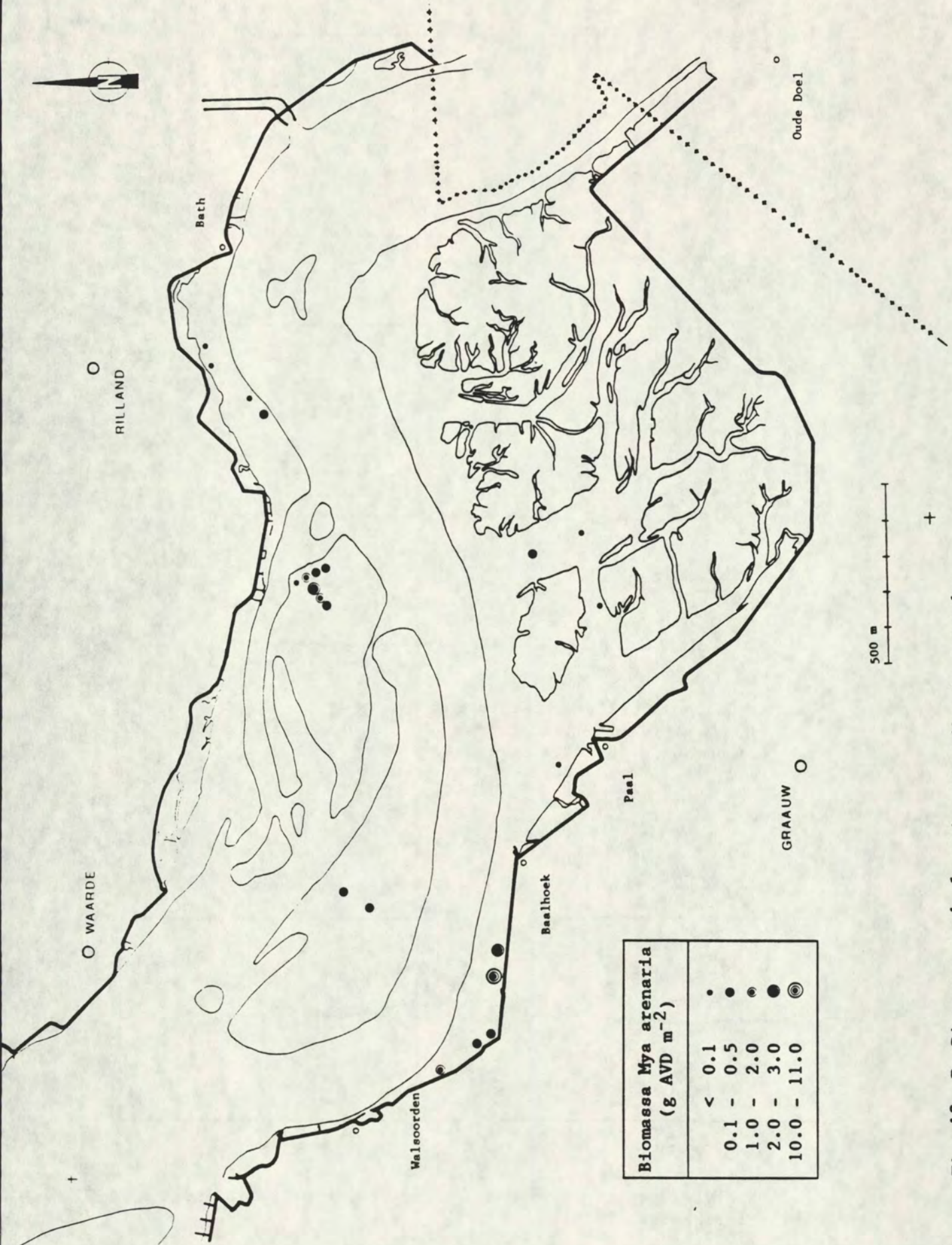
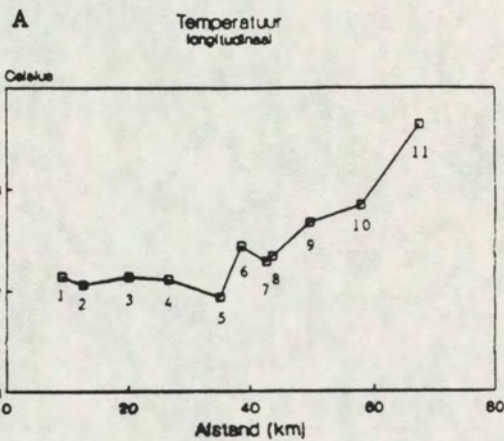


Fig. 13. B: Biomassa op de locaties waar *Mya* is gevonden.



Voor fig. 14, 15, 16A
en 17:

- 1: Sloehaven
- 2: Pl. v. Terneuzen
- 3: Ellewoutsdijk
- 4: Margerethepolder
- 5: Hoedekenskerke
- 6: Hansweert
- 7: Perkpolder
- 8: Waarde
- 9: Baalhoek
- 10: Bath
- 11: Zandvlietsluis

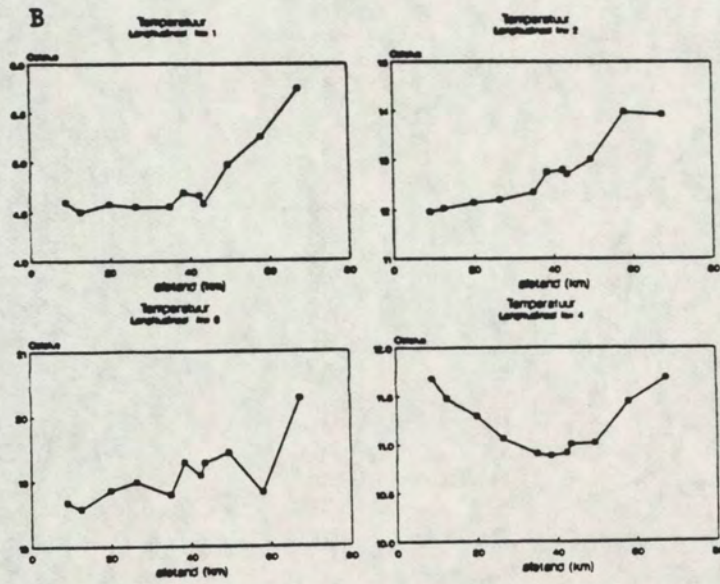


Fig. 14. A: Jaargemiddelde temperaturen

} Westerschelde over 1982-1987

B: Gemiddelde kwartaaltemperaturen
(uit: Bokhorst, 1988)

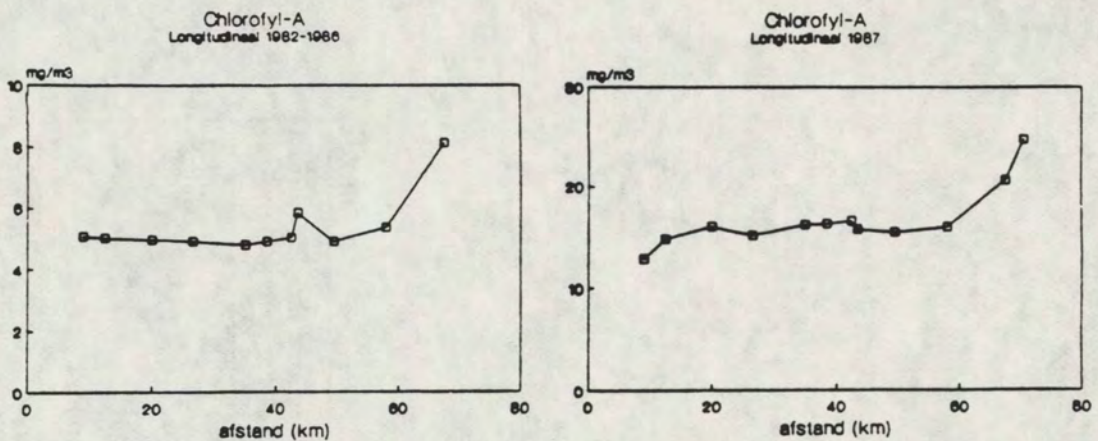


Fig. 15. Chlorofyl-A gemiddeld voor de Westerschelde over 1982-1986 en 1987.
(uit: Bokhorst, 1988)

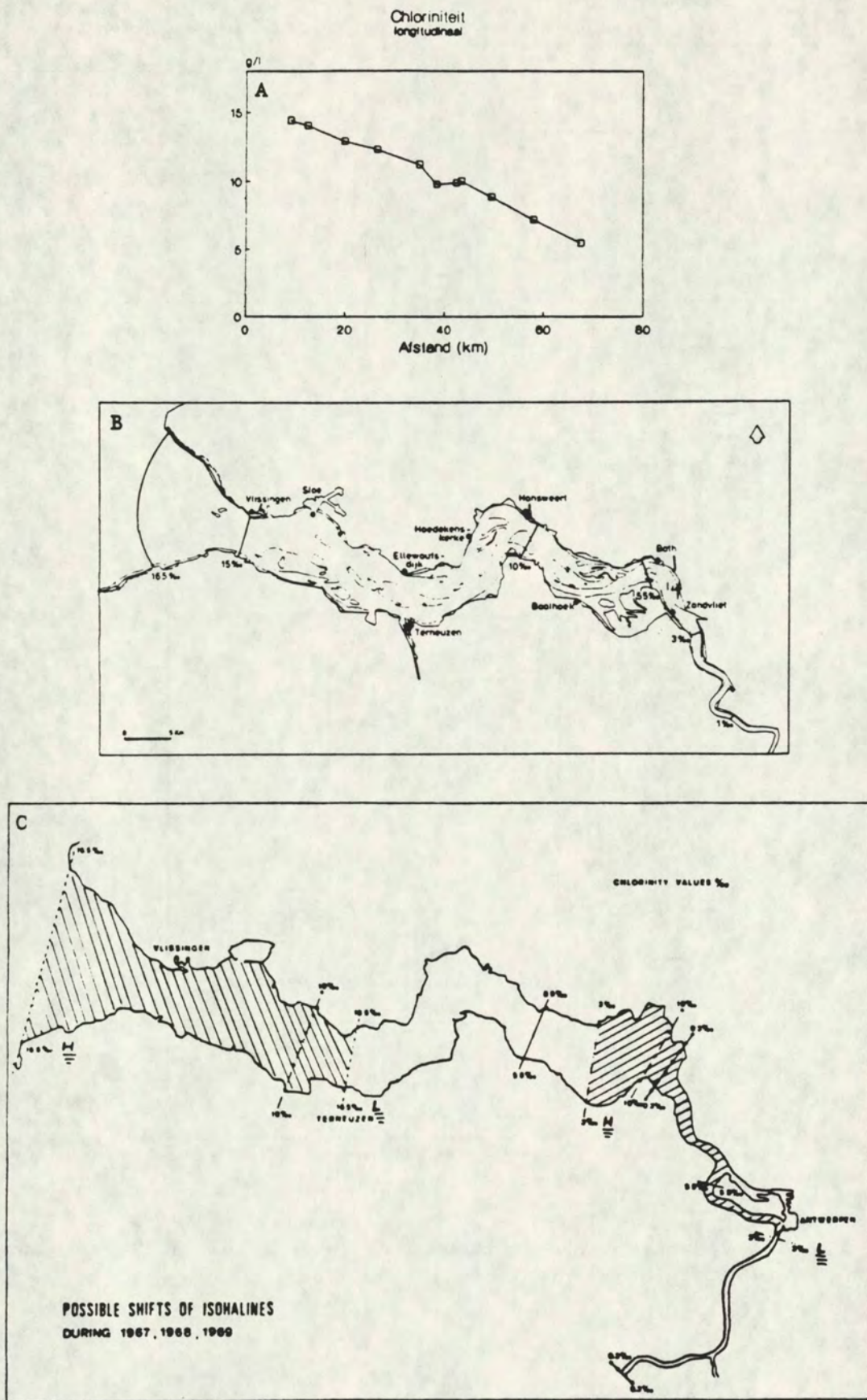


Fig. 16 . A: Chloriniteit gemiddeld voor de Westerschelde over 1982-1987 (uit: Bokhorst, 1988);
 B: Isohalines bij midtij en gemiddelde rivierafvoer ($105 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$) (uit: Huiskes, 1988);
 C: Mogelijke verschuivingen van isohalines bij resp. hoge (H) en lage (L) rivierafvoer (uit: Moerland, 1987).

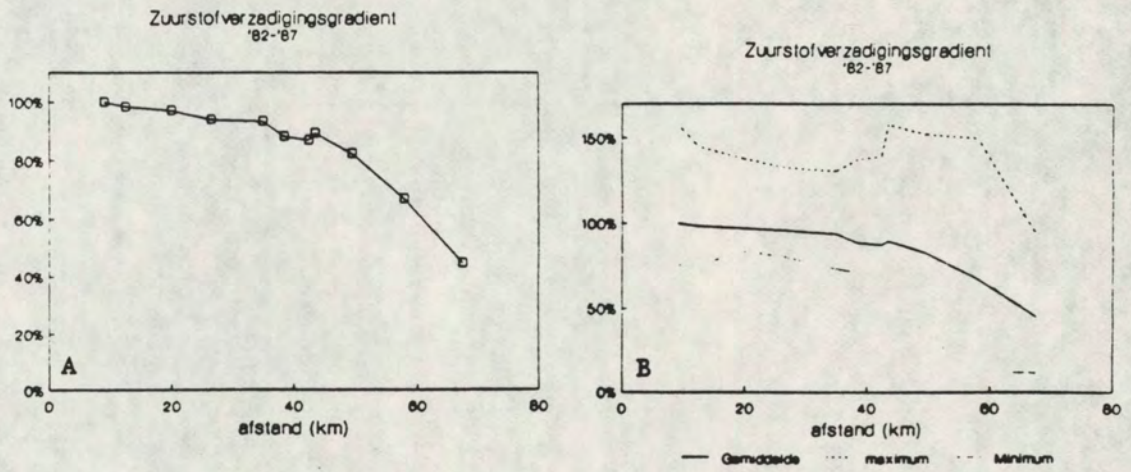


Fig. 17. A: Gemiddelde zuurstofgradiënt voor de Westerschelde over 1982-1987; B: Idem, met minimum en maximum. (uit: Bokhorst, 1988)

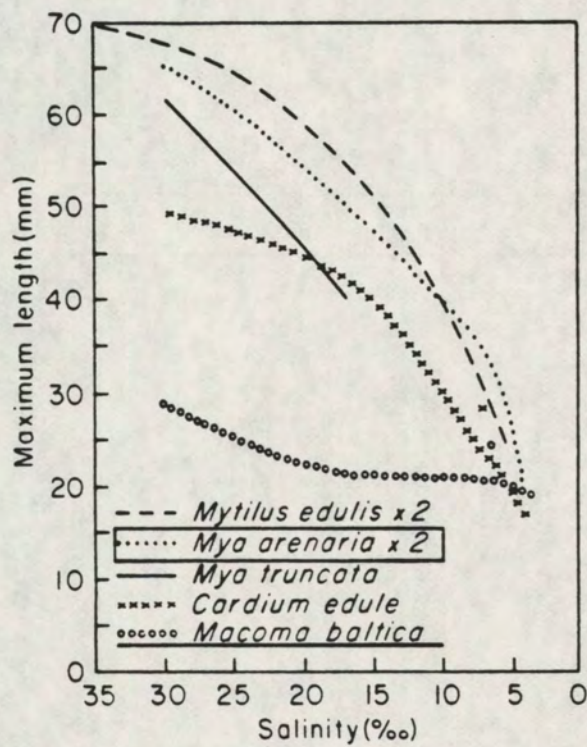


Fig. 18. Reductie van de maximum lengte van enkele molluscs langs een zoutgradiënt (uit: Levinton, 1982).

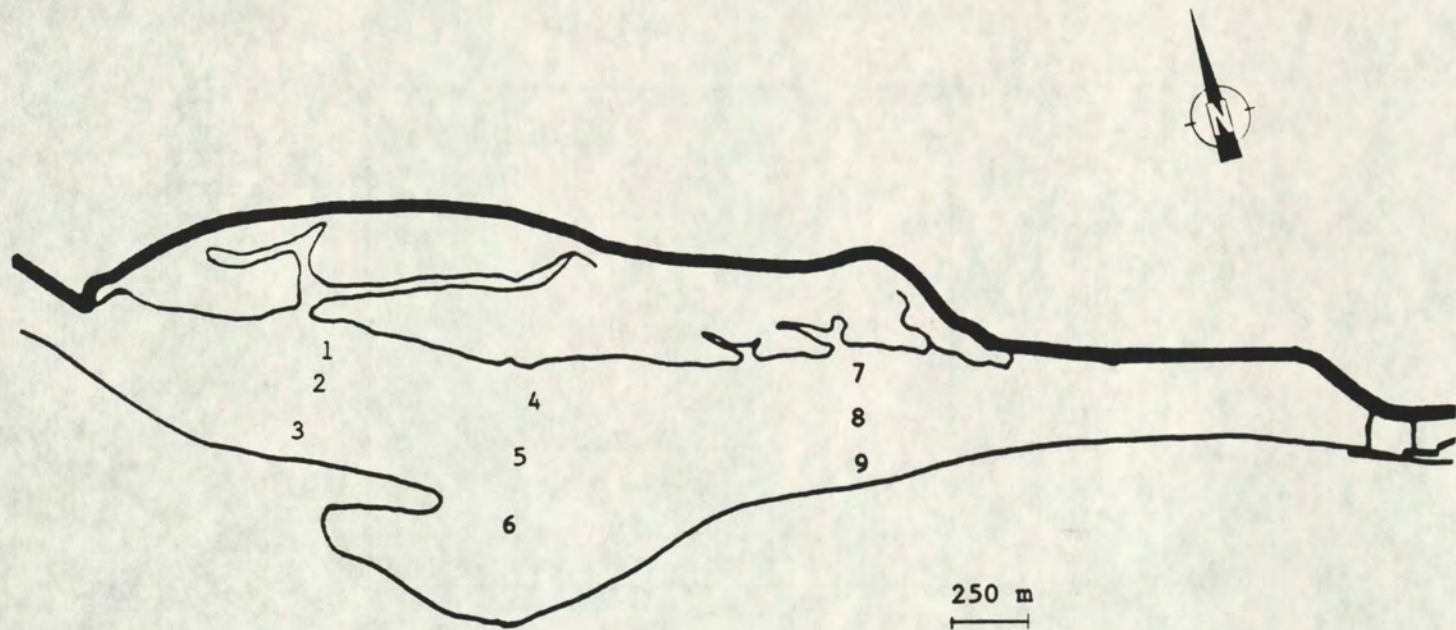


Fig. 19. De monsterlocaties op de slikken bij Waarde.

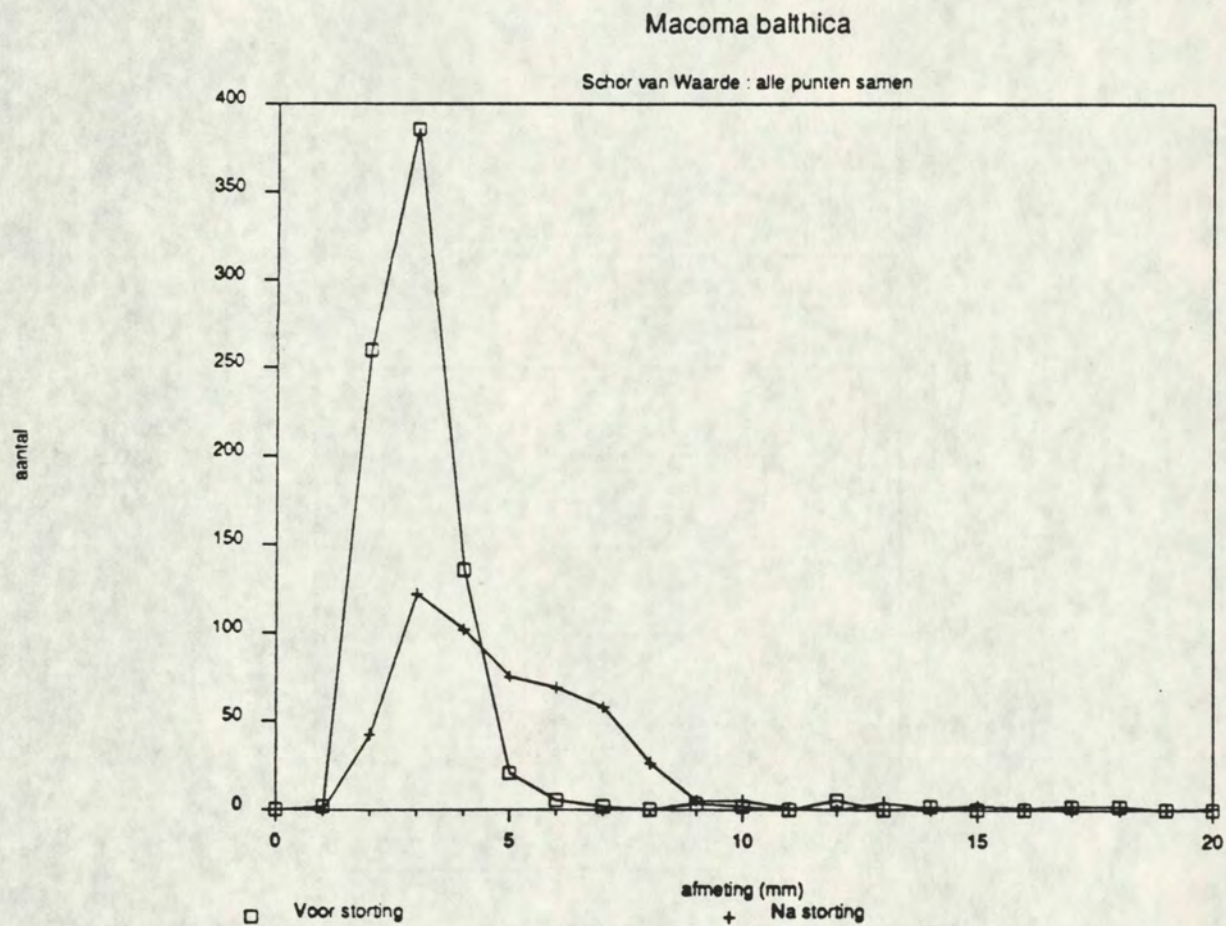


Fig. 20. Lengte-frequentie verdeling van *Macoma* op de slikken bij Waarde in juni 1987 ('voor' storting) en december 1987 (na storting). (uit: Meire & Develter, in voorbereiding)

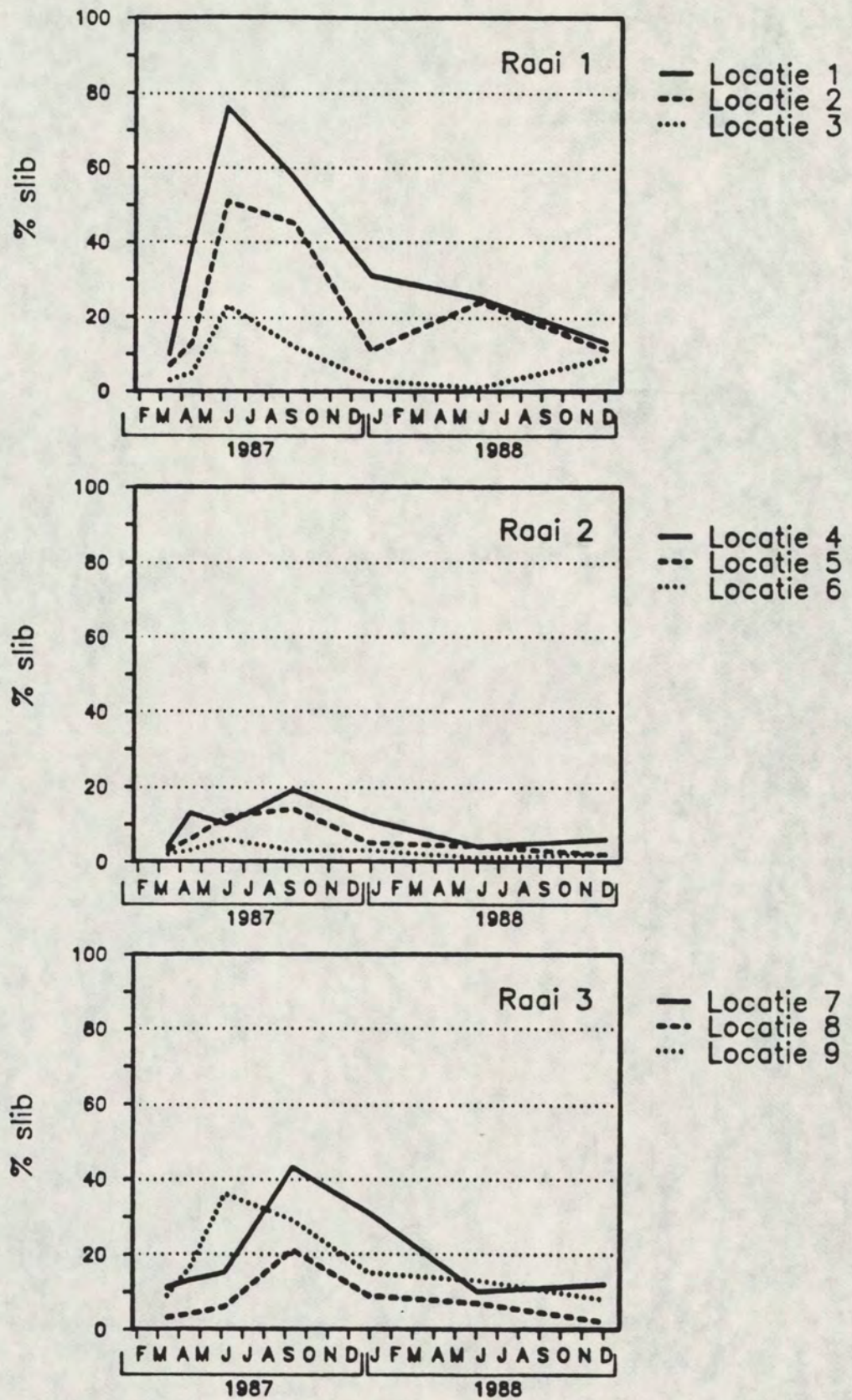


Fig. 21. Verloop van de slibpercentages op de slikken bij Waarde.
(uit: Bollebakker et al., 1989)



Fig. 22. Locatie van het Galgenschoor en Groot Buitenschoor.

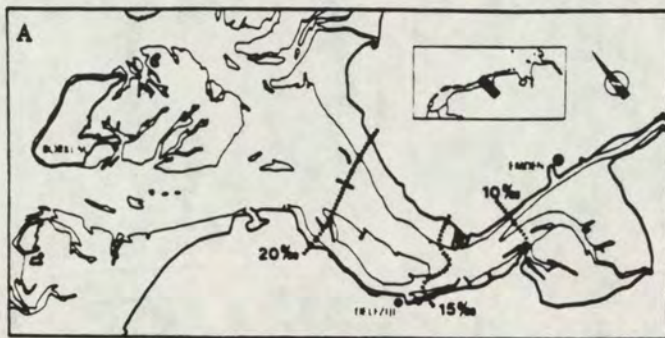


Fig. 23. A: Gemiddelde isohalines in de lente

} voor Eems-Dollard estuarium.

B: Gemiddelde isohalines in de zomer

(uit: Dankers et al., 1981)

$$S = 1.807 \cdot Cl^{-}$$

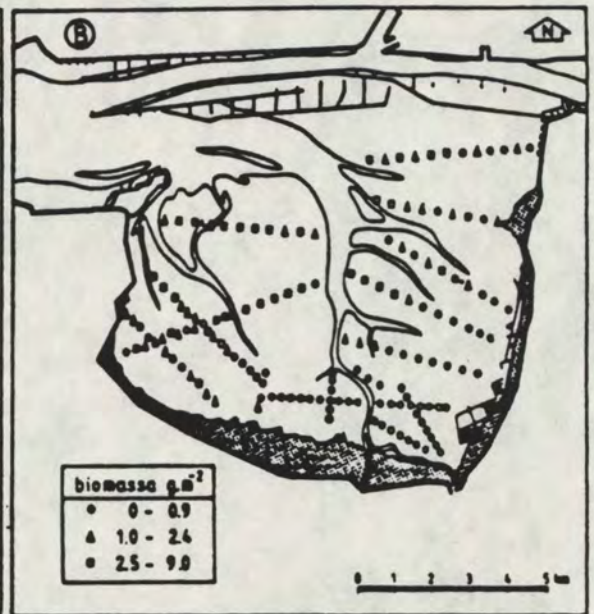
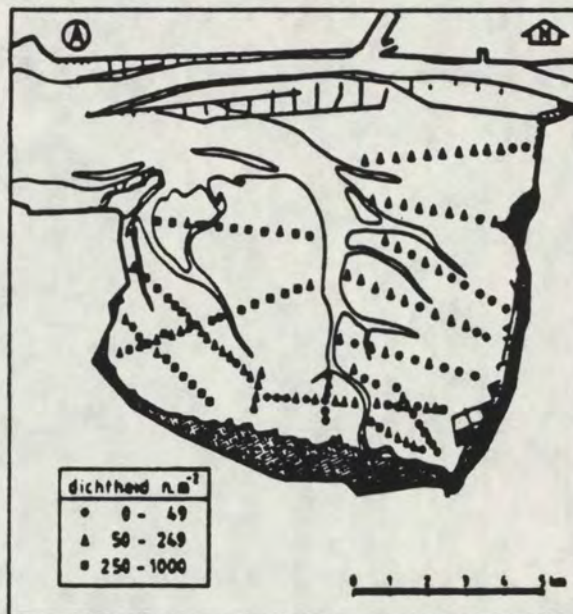


Fig. 24. Verspreiding van *Macoma balthica* in de Dollard in juni-juli 1985.

A: Dichtheid B: Biomassa (uit Essink et al., 1987)

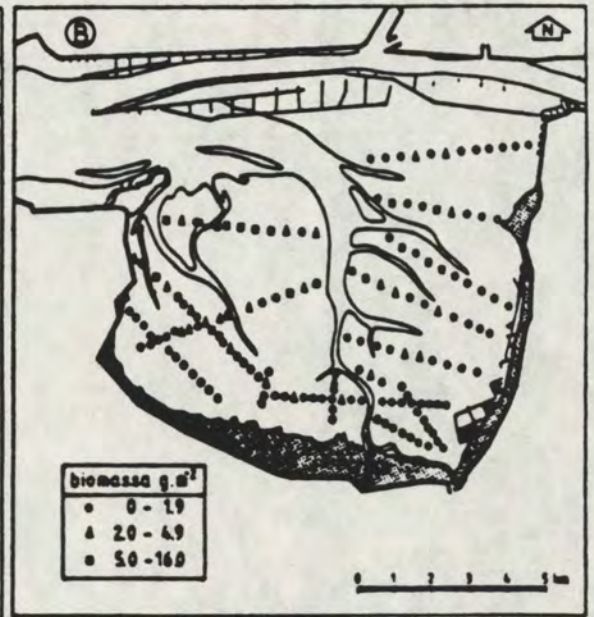
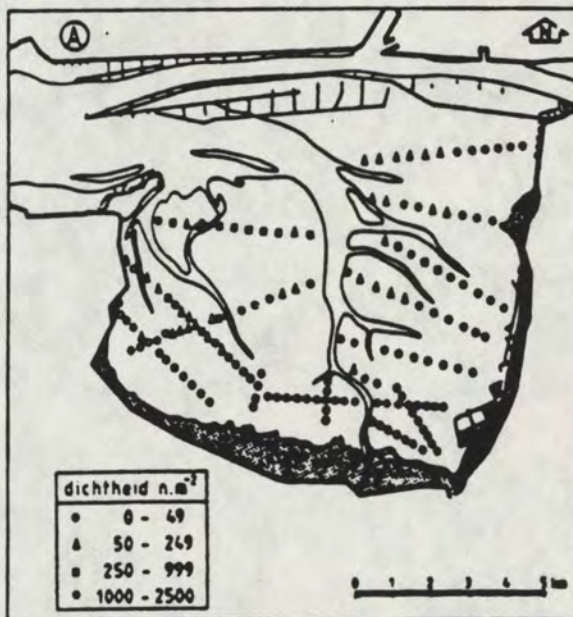


Fig. 25. Verspreiding van *Mya arenaria* in de Dollard in juni-juli 1985.

A: Dichtheid B: Biomassa (uit Essink et al., 1987)

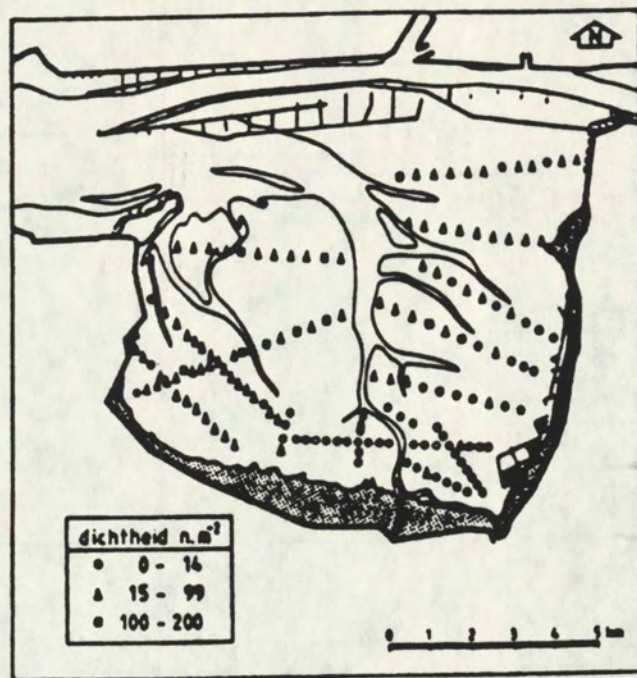


Fig. 26. Verspreiding van *Macoma balthica* (jaarklasse 1984 en ouder) in de Dollard in juni-juli 1985 (uit: Essink et al., 1987).

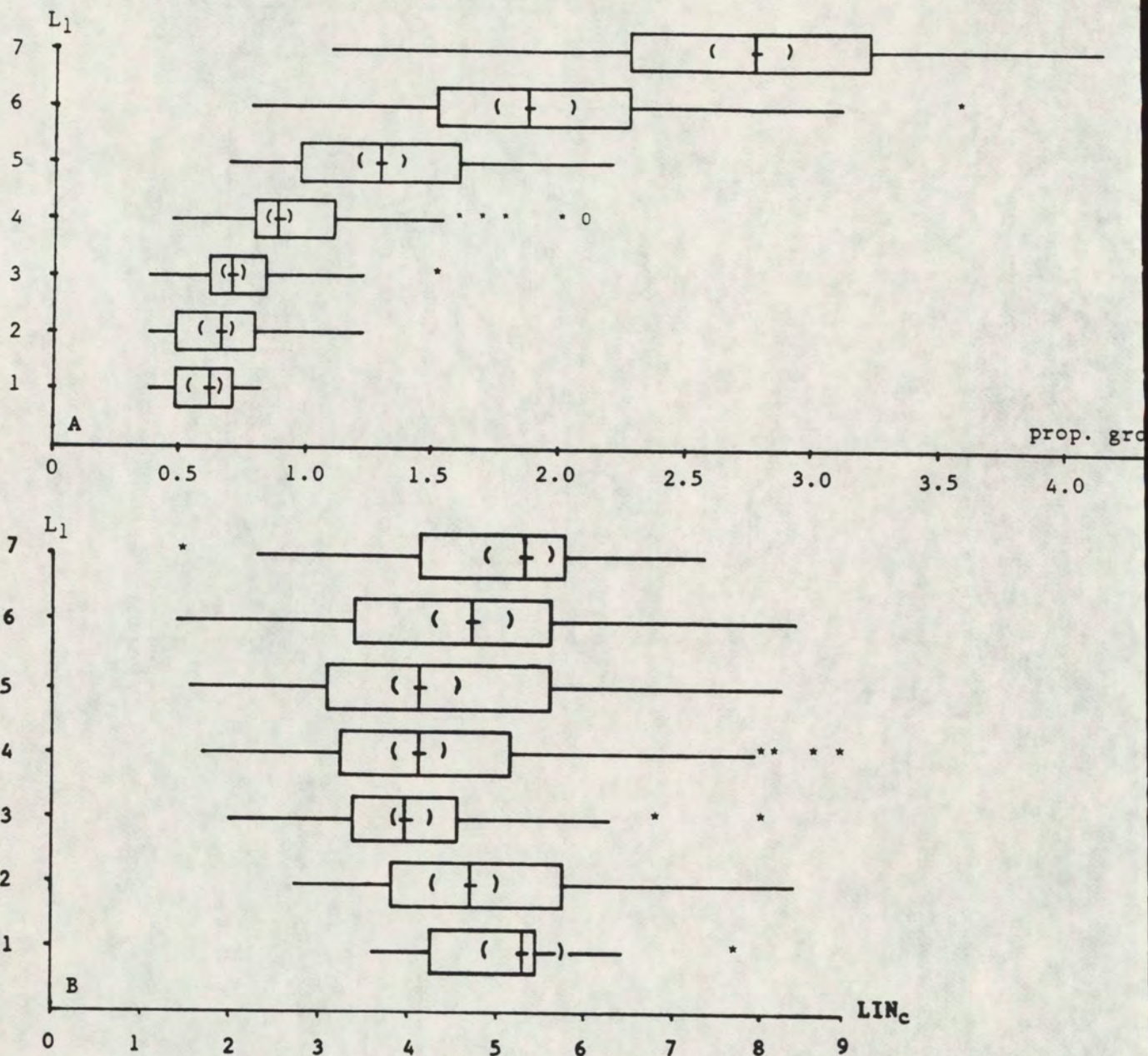


Fig. 27. A: Boxplot met proportionele groei in mm ($L_2 - L_1 / L_1$) voor verschillende lengteklassen (L_1): Het 'catching-up fenomenon'. B: Boxplot met LIN_c in mm voor verschillende lengteklassen (L_1). Voor Macoma, gemiddeld over de 5 onderzochte gebieden. De haakjes geven de 95 % betrouwbaarheidsintervallen.

L_1 (mm) 7: 2.0-2.5 (n= 50)
 6: 2.6-3.5 (n= 77)
 5: 3.6-4.5 (n= 88)
 4: 4.6-5.5 (n=126)
 3: 5.6-6.5 (n=100)
 2: 6.6-7.5 (n= 66)
 1: 7.6-8.9 (n= 16)