



Prodotto realizzato con il contributo dello strumento finanziario LIFE dell'Unione Europea



**S.E.POS.S.O.**  
life project

Supporting Environmental governance for the POSidonia  
oceanica Sustainable transplanting Operations

LIFE16 GIE/IT/000761

**AZIONE B3.2**

**Indice Preliminare di Idoneità al  
Trapianto**

**Manuale tecnico tool PTSI**

**31 marzo 2022**



A cura di:

Sebastiano Calvo (Università di Palermo, DISTEM)  
Vincenzo Pampalone (Università di Palermo, DISTEM)  
Agostino Tomasello (Università di Palermo, DISTEM)  
Plugin PTSI Informamuse srl

## Citazione

AA.VV. Indice Preliminare di Idoneità al Trapianto. Manuale tecnico tool PTSI. Progetto LIFE SEPOSSO (Supporting Environmental governance for the *Posidonia oceanica* Sustainable transplanting Operations), LIFE16 GIE/IT/000761. Marzo 2022.



## Legenda abbreviazioni usate

CSW - Catalog Service for the Web (servizio ricerca metadati secondo lo standard OGC)

EPSG - European Petroleum Survey Group

EOB – Elemento di Qualità Biologica secondo la definizione del DM 260/2010

PTSI - Posidonia Transplanting Suitability Index (Indice Preliminare di Idoneità al Trapianto)

QGIS - applicazione gratuita e *open-source* multiplatforma per sistemi informativi geografici desktop che supporta la visualizzazione, la modifica e l'analisi dei dati geospaziali.

RQE - Rapporto di Qualità Ecologica secondo la definizione del DM 260/2010

SIC – Sito di Importanza Comunitaria della Rete Natura 2000 istituito secondo la Direttiva Habitat (1992/43/CE)

VIA - Valutazione di Impatto Ambientale

## Indice

1. Premessa.....	4
2. Parametri per il calcolo del PTSI.....	5
3. Manuale operativo del plugin per il calcolo del PTSI.....	7
3.1. Installazione.....	7
3.2. Utilizzo del Plugin: esempio applicativo su un caso studio.....	10
3.2.1 Istruzioni generali.....	10
3.2.2 Produzione dei <i>raster</i> necessari per il calcolo.....	11
3.2.3 Ritaglio dell'area di studio.....	31
3.3. Esecuzione del plugin.....	33
4. BIBLIOGRAFIA.....	34

## 1. Premessa

Il presente documento costituisce il manuale tecnico per il calcolo dell'Indice Preliminare di Idoneità al Trapianto (PTSI) frutto del lavoro svolto nell'ambito dell'Azione B.3.2. (AA. VV., 2021) che ha riguardato l'implementazione di uno strumento elettronico a supporto della selezione preliminare dei siti destinati ad accogliere interventi di trapianto con *Posidonia oceanica*.

Tra i possibili fattori che possono influenzare direttamente il buon esito dei trapianti, l'idoneità dei siti destinati a riceverli viene considerata tra i più rilevanti. Particolare attenzione è stata recentemente posta nelle modalità con cui i siti vengono selezionati, attraverso modelli multicriteriali in grado di tener conto simultaneamente delle varie caratteristiche che nel loro insieme conferiscono la potenziale idoneità ad un sito (Pirrotta et al., 2015). In particolare il PTSI va utilizzato esclusivamente per individuare aree ad idoneità potenziale massima in cui realizzare trapianti di dimensioni molto piccole (test pilota). Solo dopo un adeguato monitoraggio che consenta di verificare l'esito dei trapianti pilota è possibile definire l'idoneità di un sito ad accogliere un intervento di trapianto con *P. oceanica*.

Il tool PTSI, sviluppato in codice Python come *plugin* per QGIS (per versioni QGIS  $\geq 3.16.0$ ) nell'ambito del progetto SEPOSSO, permette il calcolo dell'indice PTSI (Preliminary Transplant Suitability Index) per la selezione preliminare di un sito destinato a ricevere interventi di riforestazione con *Posidonia oceanica*.

Per ulteriori approfondimenti teorici si rimanda al documento "Implementazione del PTSI Indice Preliminare di Idoneità al Trapianto" (AA. VV., 2021)

## 2. Parametri per il calcolo del PTSI

Per il calcolo del PTSI si applica la seguente formula:

$$\text{PTSI} = A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \times H.$$

I vari parametri (codificati da A a H, come esplicito in Tabella 1), rappresentano quelle variabili come la profondità e la qualità dell'acqua, la tipologia del substrato dei fondali marini, la distribuzione attuale o storica di *P. oceanica*, le condizioni idrodinamiche, la distanza dalla costa, la disponibilità di luce, in grado di influenzare le prestazioni del trapianto (AA. VV., 2020). Il calcolo del PTSI viene effettuato in ambiente QGIS su un reticolo di celle 30 x 30 m, in cui i valori dei parametri sono rappresentati all'interno di mappe in formato raster e georeferenziate nel medesimo sistema di riferimento del progetto. Per il calcolo del PTSI è necessario produrre una mappa raster per ciascun parametro dell'indice, al cui interno siano rappresentati i punteggi PTSI attribuiti in base ai criteri predefiniti (Tabella 1). Per una discussione dettagliata dei punteggi attribuiti ai parametri e relativi criteri utilizzati si rimanda al Report "Implementazione del PTSI – Indice Preliminare di Idoneità al Trapianto" (AA. VV, 2021)

Per un calcolo corretto dell'indice i *raster* utilizzati devono avere tutti la stessa risoluzione e lo stesso numero di righe e colonne. La risoluzione consigliata è di 30 m, ma avendo a disposizione dati cartografici di buon dettaglio ci si può anche spingere a risoluzioni più alte.

Nel caso in cui nelle mappe siano utilizzate categorie tematiche con parametri accoppiati in modalità mista (es. mosaico *matte* morta e *Posidonia* o rocce con *Posidonia*) i corrispettivi punteggi vanno assegnati utilizzando il valore maggiore di ogni combinazione. Poiché l'idoneità del sito ricevente aumenta al crescere del PTSI, per la selezione delle aree destinate a ricevere i test pilota si raccomanda di scegliere quelli con i punteggi maggiori, entro cui replicare in più aree i test pilota di trapianto.

Tabella 1: Parametri e punteggi per il calcolo del PTSI con i relativi criteri di attribuzione del punteggio per ogni parametro.

Codice parametro	Parametri	Punteggio PTSI
A	Distribuzione storica di <i>P. oceanica</i> (mappa di distribuzione)	1 = assente 2 = distribuzione storica di <i>P. oceanica</i> presente; fondali a <i>matte</i> morta; mosaico <i>matte</i> morta e <i>Posidonia</i>
B	Attuale distribuzione di <i>P. oceanica</i> (mappa di distribuzione)	0 = presente 1 = assente
C	Prossimità ad una prateria naturale	1 = < di 70 metri

		2 = $\geq$ di 70 metri
D	Intervallo batimetrico potenziale della prateria	<p>0 = &gt;del limite inferiore e &lt; del limite superiore della prateria nell'area</p> <p>1 = Tra limite superiore e profondità media - 1 D.S. della prateria</p> <p>1 = Tra profondità media + 1 D.S. della prateria ed il limite inferiore</p> <p>2 = Profondità media <math>\pm</math>1 DS della prateria nell'area</p>
E	Tipologia del substrato (mappa di distribuzione)	<p>0 = limo</p> <p>1 = roccia e substrati duri naturali ed artificiali</p> <p>2 = sabbia e sabbia con Cymodocea</p> <p>2 = <i>matte</i> morta</p>
F	Qualità dell'acqua (EOB fitoplancton/clorofilla "a" - DM 260/2010 rilevato da dati satellitari Copernicus)	<p>0 = macrotipo 1 &gt;1,8; macrotipo 2 &gt;3,6; macrotipo 3 &gt; 3,5</p> <p>1 = 2,4 <math>\leq</math> macrotipo 1 <math>\leq</math> 3,5; 2,4 <math>\leq</math> macrotipo 2 <math>\leq</math> 3,6; 1,1 <math>\leq</math> macrotipo 3 <math>\leq</math> 1,8</p> <p>2 = macrotipi 1 e 2 <math>\leq</math> 2,4; macrotipo 3 <math>\leq</math> 1,1</p>
G	Torbidità (dati satellitari Copernicus)	<p>1 = per profondità &gt; 13 m</p> <p>1 = per NTU <math>\geq</math> 2,69 (profondità <math>\leq</math> 13 m)</p> <p>2 = per NTU &lt; 2,69 (profondità <math>\leq</math> 13 m)</p>
H	Condizioni idrodinamiche (dati satellitari Copernicus)	<p>0 = per aree comprese tra la linea di costa e Kmax (Kmax &lt; limite superiore)</p> <p>1 = per le aree comprese tra il limite superiore e Kmax</p>

Per il reperimento dei dati cartografici riguardanti i parametri è possibile consultare il "Report of data collected for *Posidonia oceanica* management and transplant" ([AA. VV., 2020](#)) all'interno del quale sono elencate alcune tra le banche dati in cui sono presenti dati accessibili e disponibili. Ulteriori dati possono comunque essere reperiti da altre fonti su richiesta. In mancanza di copertura dati per uno o più parametri sarà necessario acquisire i dati mediante indagini in campo.

## 3. Manuale operativo del plugin per il calcolo del PTSI

Il tool per il calcolo del PTSI in un'area geografica predefinita consiste in un *plugin* per QGIS sviluppato in codice Python (per versioni QGIS  $\geq 3.16.0$ ).

### 3.1. Installazione

Per installare il plugin PTSI seguire la seguente procedura:

- 1) dal menu Plugins di QGIS cliccare sulla voce gestisci ed Installa Plugin (Figura 1)

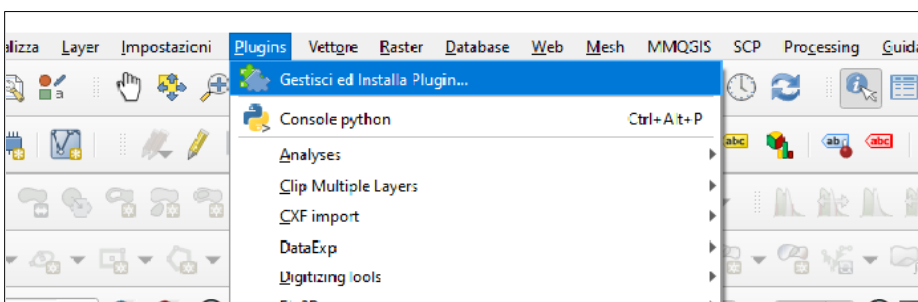


Figura 1 : Installazione del *plugin* PTSI in QGIS

- 2) selezionare la voce "Installa da ZIP" (Figura 2)

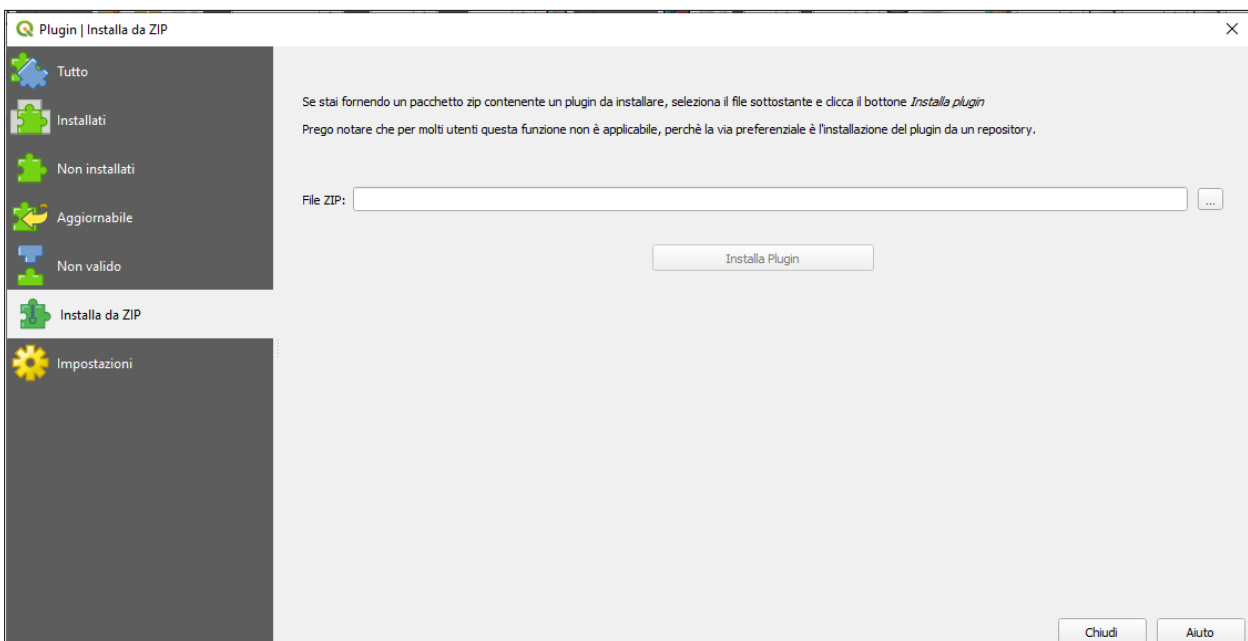


Figura 2 : Selezione del file .zip del *plugin*.

- 3) fare clic sul tasto  e selezionare il file PTSI.ZIP nella cartella dove è stato copiato

- 4) cliccare su *Installa plugin* e attendere il termine dell'installazione con il messaggio di avvenuta installazione (Figura 3)

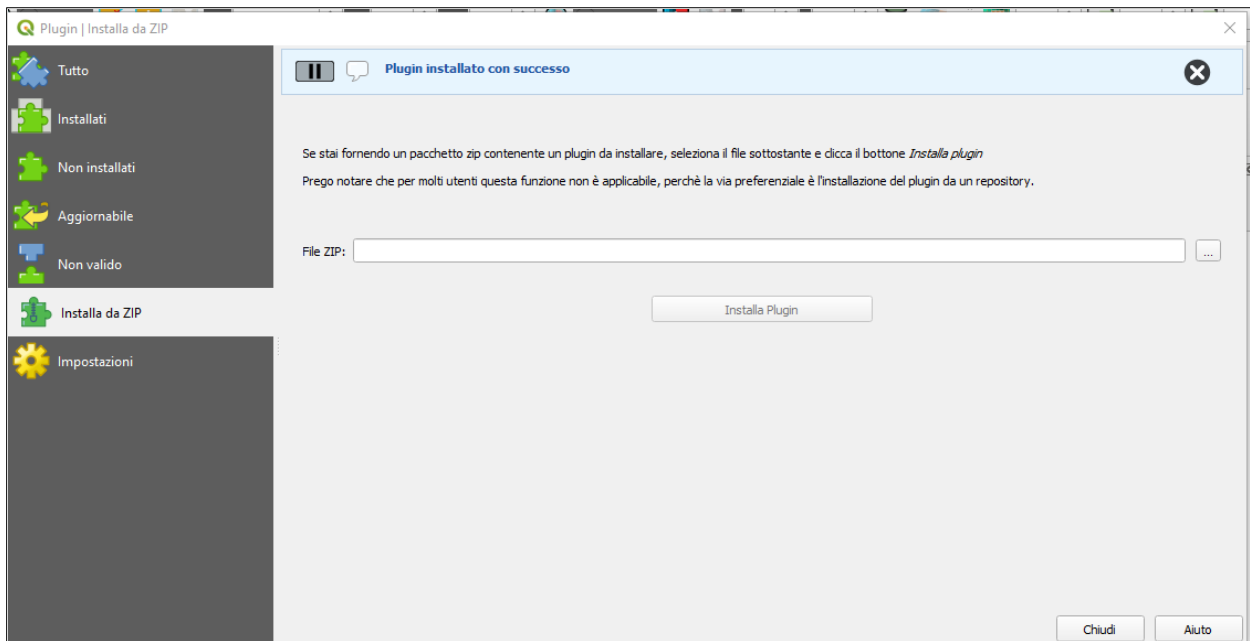


Figura 3: Messaggio di avvenuta installazione del *plugin*.

Dopo l'installazione verificare nel menu "Installati" se il plugin è presente (Figura 4).

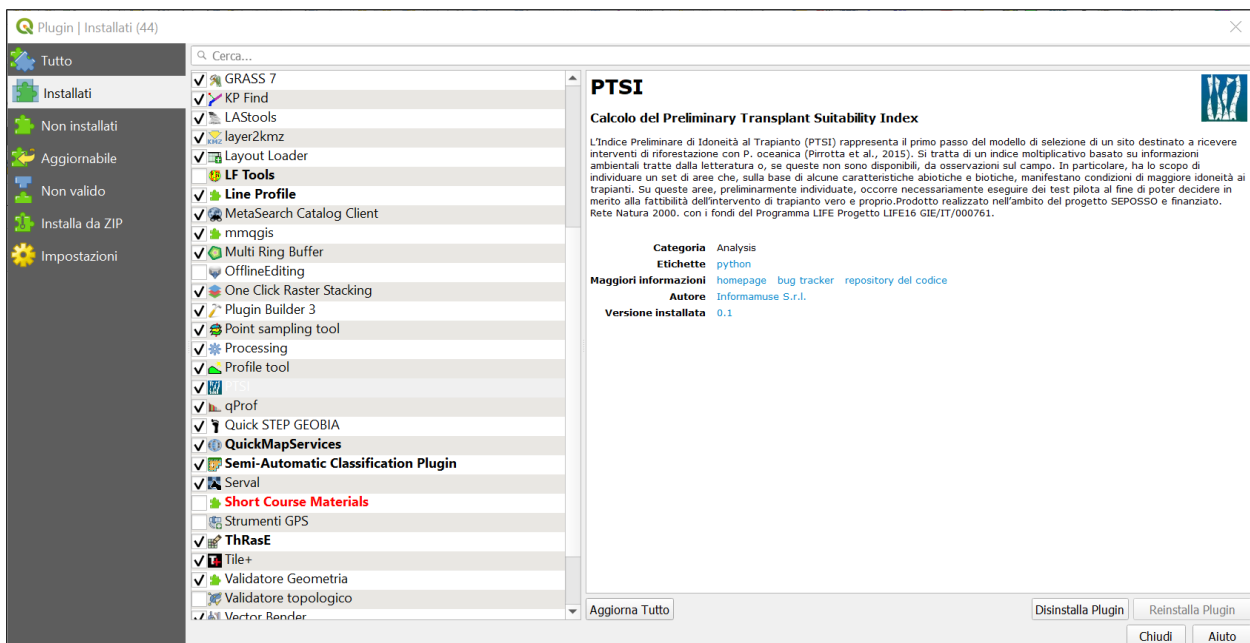


Figura 4 : Il *plugin* PTSI è presente tra i *plugin* installati in QGIS.

Il *plugin* si trova nella barra dei *plugin* e sotto il menu "Plugins" alla voce PTSI (Figura 5)

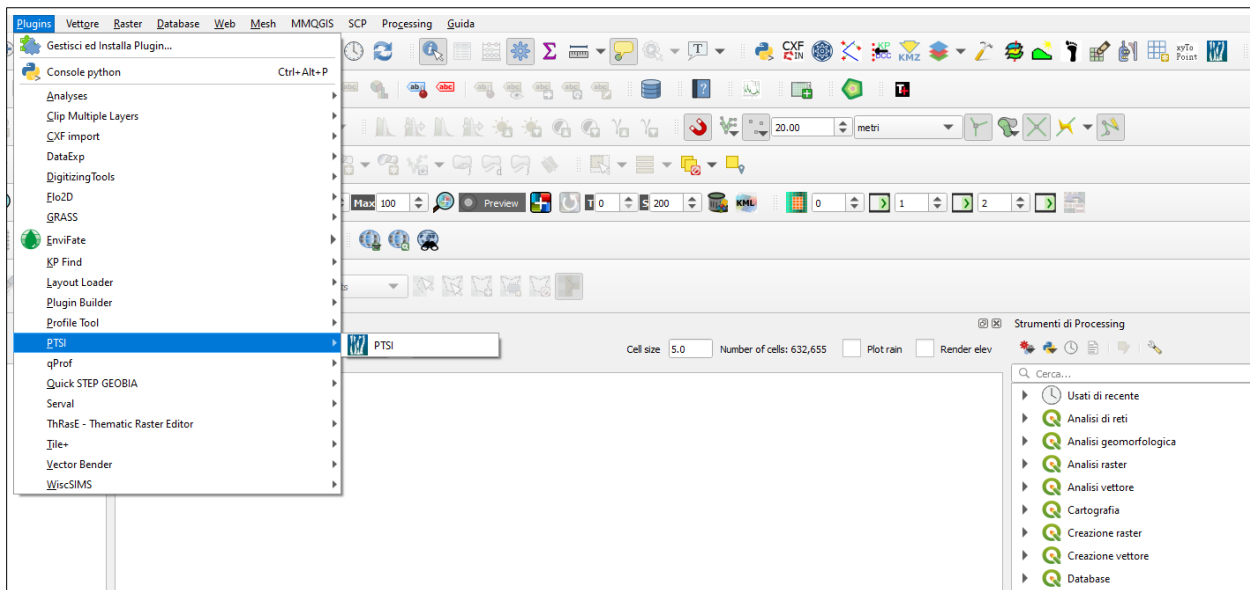


Figura 5: Dove ritrovare il tasto di attivazione del *plugin* nell'interfaccia di QGIS.

## 3.2. Utilizzo del Plugin: esempio applicativo su un caso studio

Di seguito si riporta un esercizio di calcolo eseguito per il tratto di costa che include parte del SIC "Fondali di Capo San Marco" (ITA040012), Sicilia sud-occidentale.

I dati territoriali utilizzati per i calcoli sono stati reperiti attraverso le fonti riportate in Tabella 2.

Tabella 2: Fonti dati utilizzate per il calcolo del PTSI nell'esercizio riportato.

Parametro	Descrizione parametro	Fonte dati
A	Distribuzione storica di <i>P. oceanica</i>	Dati vettoriali Flanders Marine Institute (VLIZ) ( <a href="http://geo.vliz.be:80/geoserver/Emodnetbio/ows">http://geo.vliz.be:80/geoserver/Emodnetbio/ows</a> )
B	Attuale distribuzione di <i>P. oceanica</i>	
C	Prossimità ad una prateria naturale	
D	Intervallo batimetrico potenziale della prateria	Dati grid EMODNET ( <a href="https://ows.emodnet-bathymetry.eu/wfs">https://ows.emodnet-bathymetry.eu/wfs</a> )
E	Tipologia del substrato	Dati vettoriali Network Nazionale Biodiversità ( <a href="https://geoserver.nnb.isprambiente.it/geoserver/ows">https://geoserver.nnb.isprambiente.it/geoserver/ows</a> )
F	Qualità dell'acqua (EQB fitoplancton/clorofilla "a" - DM 260/2010)	Dati satellitari Copernicus ( <a href="https://scihub.copernicus.eu/apihub">https://scihub.copernicus.eu/apihub</a> )
G	Torbidità	
H	Condizioni idrodinamiche	Dati satellitari Copernicus ( <a href="https://cds.climate.copernicus.eu">https://cds.climate.copernicus.eu</a> )

### 3.2.1 Istruzioni generali

Ottenute le informazioni necessarie all'elaborazione dei vari *layer*, impostare il sistema di riferimento del progetto e assicurarsi che tutti i *layer* che verranno utilizzati abbiano lo stesso sistema di riferimento. E' consigliabile utilizzare un sistema di riferimento proiettato di tipo metrico (es. Universal Transversal Mercator, UTM). Come prescritto dal Decreto 10 Novembre 2011 "Adozione del Sistema di Riferimento geodetico nazionale", i sistemi di riferimento consigliati sono i sistemi cartografici con codice EPSG (*European Petroleum Survey Group*) 25832 (ETRS89/UTM zone 32N), 25833 (ETRS89/UTM zone 32N) e 25834 (ETRS89/UTM zone 32N).

Come mostrato negli esempi seguenti, le mappe *raster* possono essere ricavate da mappe vettoriali con una conversione da file di tipo vettoriale a *raster*, utilizzando come campo per i valori del *raster* un campo a numeri interi o reali (ad es. "punteggi") in cui assegnare i valori PTSI ai poligoni. In alternativa è possibile partire dalla base di un file *raster* esistente e procedere con una riclassificazione dei valori (es. utilizzando uno strumento come "*Raster calculator*").

- a) Per un utilizzo corretto del *plugin* PTSI si consiglia di rasterizzare tutti i *layer* con la stessa risoluzione di cella (30 x 30 m)
- b) Assicurarsi che i *raster* in uscita dall'operazione di estrazione abbiano tutti lo stesso numero di righe e colonne.

### 3.2.2 Produzione dei raster necessari per il calcolo

#### Parametro A - Distribuzione storica di *P. oceanica*

La distribuzione storica di *P. oceanica* viene ottenuta avvalendosi delle mappe disponibili riportanti in modo specifico la presenza storica di *P. oceanica* e/o dall'analisi delle mappe di distribuzione della *matte* morta. In particolare, per il caso studio in oggetto sono stati utilizzati gli *shapefile* forniti dal Flanders Marine Institute (VLIZ) ove è riportata la mappatura storica di *Posidonia* (Figura 6). Ulteriori mappe riportanti la presenza di fondali a *matte* morta o di mosaico *matte* morta e *Posidonia* possono essere utilizzate tra quelle individuate nel documento "Report of data collected for *Posidonia oceanica* management and transplant" e relativi allegati (AA.VV 2020).

Al parametro A devono essere attribuiti i punteggi per il calcolo del PTSI riportati in Tabella 3

Tabella 3: Valori dei punteggi PTSI da attribuire al parametro A in base ai criteri predefiniti

Parametro	Descrizione parametro	Punteggi PTSI e criteri (LIFE SEPOSSO)
A	Distribuzione storica di <i>P. oceanica</i>	<b>2</b> = presenza di distribuzione storica di <i>Posidonia</i> , di fondali a <i>matte</i> morta o di mosaico <i>matte</i> morta e <i>Posidonia</i> <b>1</b> = assenza distribuzione storica di <i>Posidonia</i> , di fondali a <i>matte</i> morta o di mosaico <i>matte</i> morta e <i>Posidonia</i>

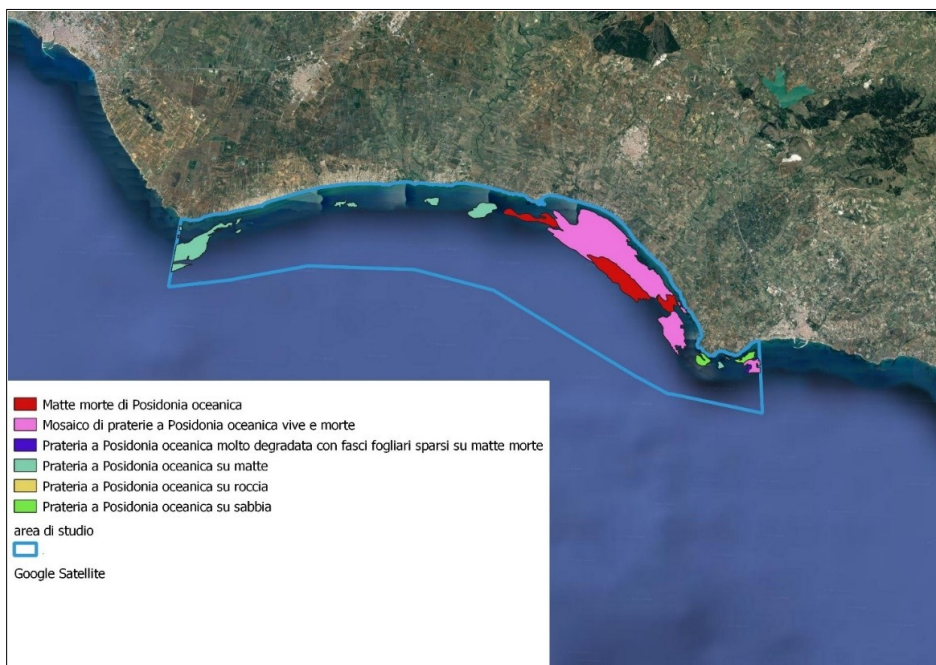


Figura 6: Dati vettoriali copertura storica e attuale di *P. oceanica*. Dati Flanders Marine Institute (VLIZ).

Attribuire ai poligoni che rappresentano la distribuzione storica di *P. oceanica* (parametro A) i valori riportati in Tabella 2 ed effettuare la conversione da vettoriale a *raster*:



Figura 7: Dati rasterizzati della copertura storica di *P. oceanica* con i valori attribuiti in base ai criteri definiti in Tabella 2 (risoluzione cella 30 x 30 m).

### Parametro B - Distribuzione attuale di *P. oceanica*

La attuale distribuzione delle praterie di *P. oceanica* è ottenibile dalle seguenti fonti:

- European Marine Observation and Data Network (EMODnet);
- Flanders Marine Institute (VLIZ);
- Network Nazionale Biodiversità (NNB);
- Altre mappature disponibili su scala regionale o locale

Per il caso studio in oggetto sono stati utilizzati gli *shapefile* forniti dal Flanders Marine Institute (VLIZ) ove è riportata la mappatura attuale delle praterie di *P. oceanica* (Figura 8):

Al parametro B attribuire i punteggi per il calcolo del PTSI in base alla Tabella 4.

Tabella 4: Valori dei punteggi PTSI da attribuire a parametro B in base ai criteri predefiniti

Parametro	Descrizione parametro	Punteggi PTSI e criteri (LIFE SEPOSSO)
B	Distribuzione attuale di <i>P. oceanica</i>	<b>0</b> = <i>P. oceanica</i> attualmente presente. <b>1</b> = <i>P. oceanica</i> assente.



Figura 8: Dati vettoriali della copertura attuale di *P. oceanica*. Dati Flanders Marine Institute (VLIZ).

Attribuire ai poligoni che rappresentano la distribuzione attuale di *P. oceanica* (parametro B) i valori riportati in Tabella 3 ed effettuare la conversione da vettoriale a *raster* (Figura 9).



Figura 9: Dati rasterizzati della copertura attuale di *P. oceanica* con i valori attribuiti in base ai criteri definiti in Tabella 3 (risoluzione cella 30 x 30 m).

### Parametro C - Prossimità ad una prateria naturale

Per questo parametro può essere utilizzata come mappa di partenza la stessa utilizzata per il calcolo del parametro B – Distribuzione attuale di *P. oceanica*, nel caso di studio sono stati usati i dati dal Flanders Marine Institute (VLIZ).

I punteggi da attribuire al parametro C per il calcolo del PTSI sono individuati in Tabella 5

Tabella 5: Valori dei punteggi PTSI da attribuire a parametro C in base ai criteri predefiniti

Parametro	Descrizione parametro	Punteggi PTSI e criteri (LIFE SEPOSSO)
C	Prossimità ad una prateria naturale	<b>1</b> = < di 70 metri <b>2</b> = > di 70 metri

Per il calcolo del parametro C occorre effettuare un'operazione di buffer sui poligoni che rappresentano le praterie esistenti di *Posidonia oceanica*, applicando un buffer di 70 m ad ogni poligono e fondendo successivamente il poligono con il proprio buffer.

Attribuire ai poligoni che rappresentano la distribuzione attuale di *P. oceanica* espansi di un buffer di 70 m (parametro C) i valori riportati in Tabella 4 ed effettuare la conversione da vettoriale a raster (Figura 10).

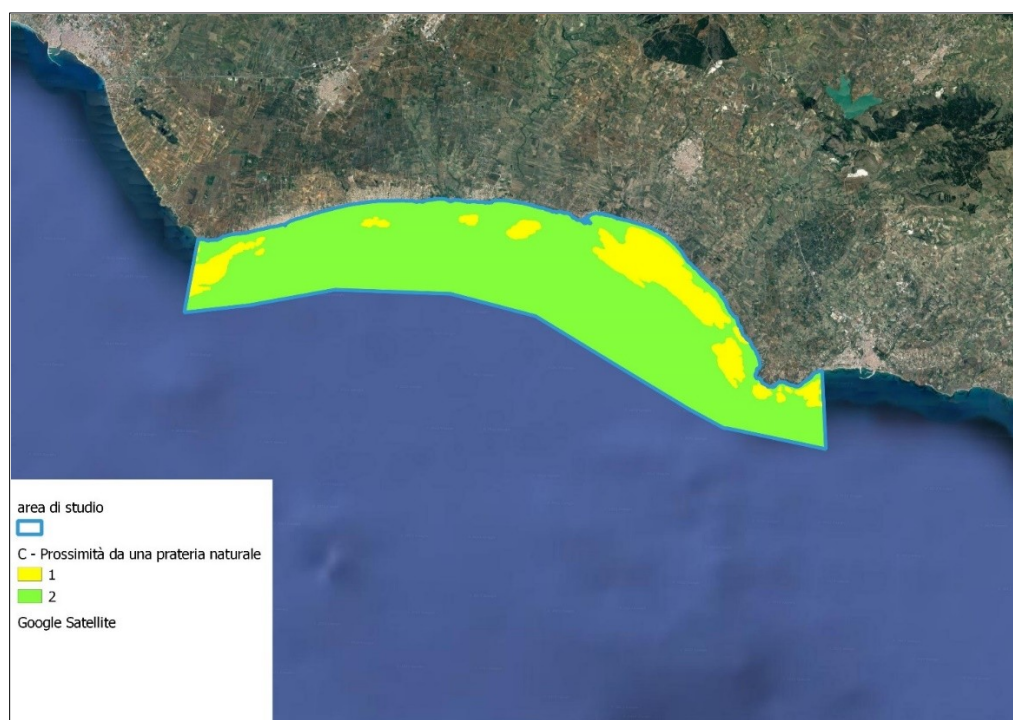


Figura 10: Dati rasterizzati della copertura attuale di *P. oceanica* incrementati di un buffer di 70 metri e con i valori attribuiti in base ai criteri definiti in Tabella 4 (risoluzione cella 30 x 30 m)

### **Parametro D - Intervallo batimetrico della prateria**

Per il calcolo di questo parametro è necessario reperire carte batimetriche di maggior dettaglio possibile nelle aree da sottoporre al calcolo del PTSI. Per il caso studio sono state utilizzati i dati *grid* EMODNET (<https://ows.emodnet-bathymetry.eu/wfs>). Oltre ai dati batimetrici si possono utilizzare i dati vettoriali della distribuzione attuale di *P. oceanica*, utilizzati precedentemente (Flanders Marine Institute, VLIZ).

Esempio di calcolo ():

1. Convertire le carte batimetriche dell'area di studio in formato *raster*;
2. Da "Strumenti di processing" selezionare "Statistiche zonali";
3. in "Layer in ingresso" selezionare il vettore contenente le praterie esistenti di *Posidonia oceanica*, in "layer raster" selezionare il *raster* della batimetria;
4. nel campo "Statistiche da calcolare" scegliere come opzioni "Media, Dev. Std., Minimo, Massimo"

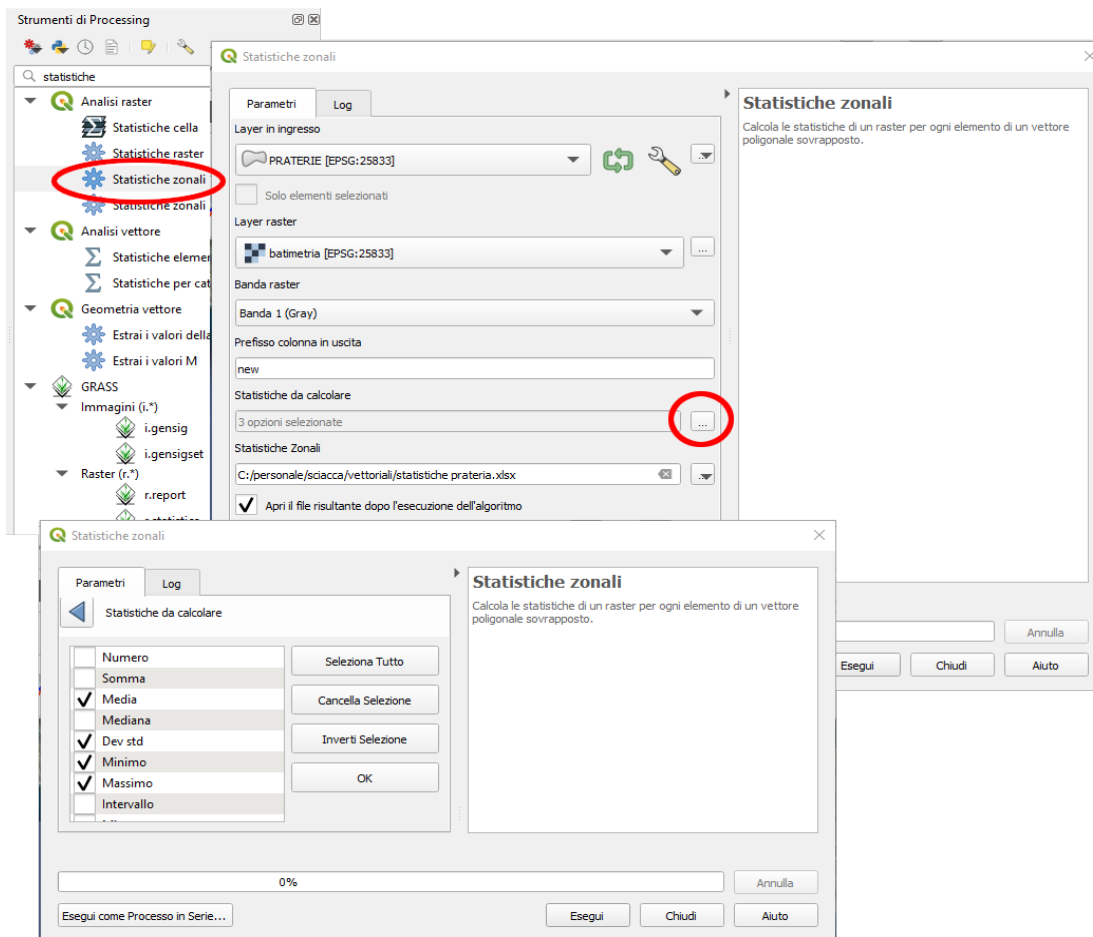


Figura 11: Esempio dell'utilizzo delle statistiche zonali per il calcolo delle statistiche necessarie per il calcolo del parametro D.

Ottenute le statistiche zonali rispetto alla posizione delle praterie di *Posidonia* è possibile calcolare il parametro D utilizzando i valori e i criteri riportati nella Tabella 6 :

Tabella 6: Valori dei punteggi PTSI da attribuire a parametro D in base ai criteri predefiniti

Parametro	Descrizione parametro	Punteggi PTSI e criteri (LIFE SEPOSSO)
D	Intervallo batimetrico potenziale della prateria	<p><b>0</b> = profondità &lt; del limite superiore (minimo immagine sopra); profondità &gt; del limite inferiore della prateria locale</p> <p><b>1</b> = Tra limite superiore e profondità media – 1 D.S. della prateria locale</p> <p><b>2</b>= profondità media ± 1 D.S. della prateria locale</p> <p><b>1</b> = Tra profondità media + 1 D.S. ed il limite inferiore della prateria locale</p>

D.S.= Deviazione Standard della Media

I dati batimetrici in formato *raster* con sovrapposti i poligoni che descrivono la distribuzione della prateria di *P. oceanica* sono rappresentati in Figura 12



Figura 12: Dati batimetrici in formato *raster* con sovrapposti i poligoni che descrivono la distribuzione della prateria di *P. oceanica* (dati *raster* EMODNET; dati vettoriali Flanders Marine Institute, VLIZ)

Utilizzando la procedura per il calcolo delle statistiche zonali descritta sopra, e ottenuti i valori delle statistiche zonali, è possibile applicare al *raster* delle batimetrie (e.g. strumento *Raster calculator*) i valori di PTSI per il parametro D riportati in Tabella 5 (Figura 13).

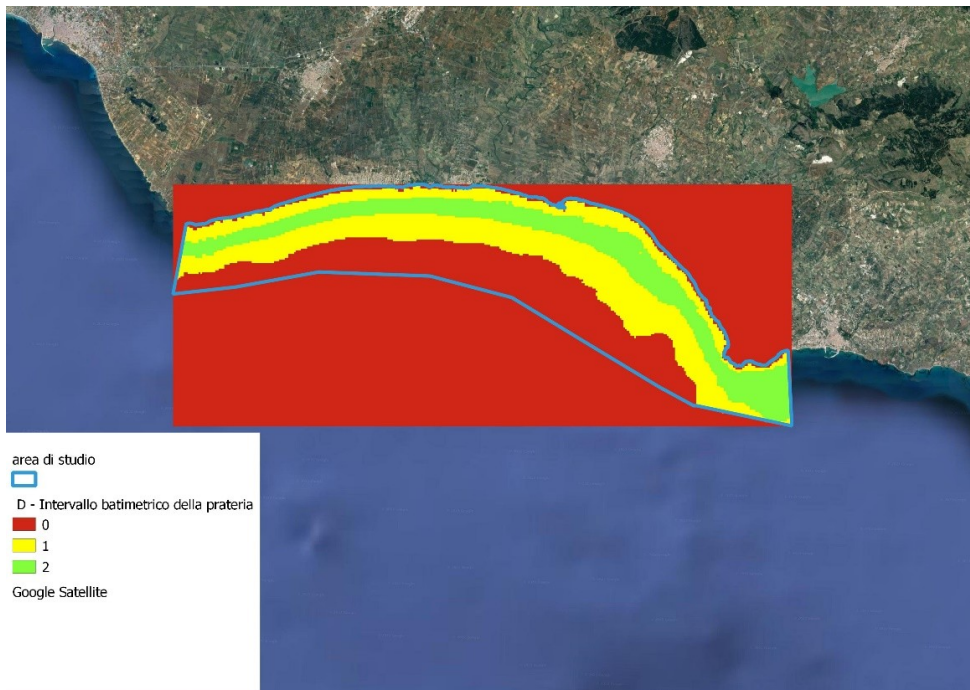


Figura 13: Risultato dell'applicazione al raster della batimetria i criteri per il calcolo del parametro D (risoluzione celle 30 x 30 m).

### Parametro E - Tipologia del substrato

Per il calcolo di questo parametro è necessario reperire le carte disponibili di maggior dettaglio possibile riportanti le tipologie di substrato nelle aree da sottoporre al calcolo del PTSI. Nel caso studio riportato sono stati utilizzati i dati vettoriali rinvenuti dal Network Nazionale Biodiversità (<https://geoserver.nnb.isprambiente.it/geoserver/ows>) uniti ai dati di distribuzione della matte morta (Flanders Marine Institute, VLIZ) (Figura 14).

In Tabella 7 sono riportati i punteggi per il calcolo del PTSI del parametro E da attribuire alle varie tipologie di sedimento.

Tabella 7: Valori dei punteggi PTSI da attribuire a parametro E in base ai criteri predefiniti

Parametro	Descrizione parametro	Punteggi PTSI e criteri (LIFE SEPOSSO)
E	Tipologia del substrato	0 = Limo 1= roccia o pietrame 2= Sabbia e sabbia con <i>Cymodocea nodosa</i> 2 = Matte morta

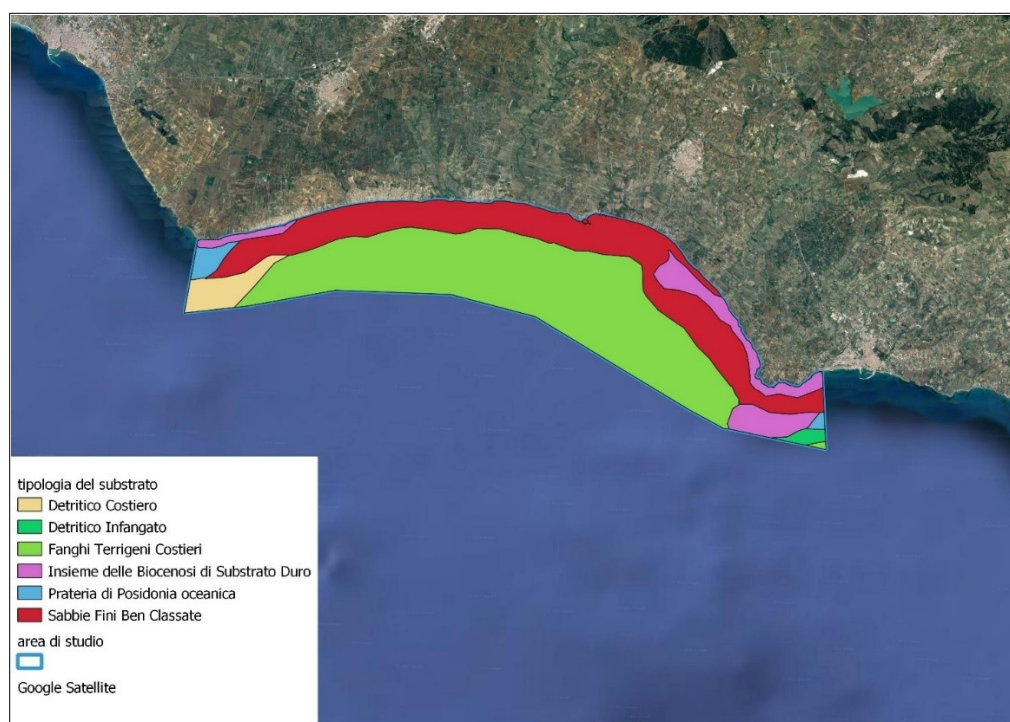


Figura 14: Dati vettoriali relativi alle principali tipologie di substrato presenti nell'area di studio (Dati Network Nazionale Biodiversità e Flanders Marine Institute, VI 17)

Attribuire ai poligoni che rappresentano le varie tipologie di substrato (parametro E) i valori riportati in Tabella 6 ed effettuare la conversione da vettoriale a *raster* (Figura 15).



Figura 15: Risultato raster dell'applicazione dei criteri per il calcolo del parametro E (risoluzione celle 30 x 30 m)

## Parametro F - Qualità dell'acqua

Per il calcolo del parametro "Qualità dell'acqua" sono stati utilizzati i dati satellitari telerilevati con elevata frequenza spaziale (pixel 10 metri) e temporale (ogni 5 giorni) dalle missioni più recenti Sentinel di Copernicus, effettuando il download dal sito <https://scihub.copernicus.eu/apihub>.

In accordo con gli indirizzi normativi europei (WFD 2000/60/CE) e nazionali (D. Lgs. 152/2006) il parametro "Qualità dell'acqua" è valutato in accordo con i criteri tecnici per la classificazione degli elementi di qualità biologica riportati nel Decreto 8 novembre 2010, n. 260 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. In particolare, è stato selezionato come indicatore della biomassa l'Elemento di Qualità Biologica (EQB) "Fitoplancton", con riferimento ai rapporti di qualità ecologica (RQE) ed ai valori assoluti (espressi in mg/m<sup>3</sup>) di concentrazione di "clorofilla a".

Per il calcolo del valore del parametro "clorofilla a" si applicano 2 tipi di metriche:

- per i tipi ricompresi nei macrotipi 2 e 3 il valore del 90° percentile per la distribuzione normalizzata dei dati;
- il valore della media geometrica, per i tipi ricompresi nel macrotipo 1.

In Tabella 8 sono riportati per ciascun macrotipo (cfr. la tabella 4.3 a del D.M. 260/2010):

- i valori delle condizioni di riferimento in termini di concentrazione di "clorofilla a";
- i limiti di classe, tra lo stato elevato e lo stato buono, e tra lo stato buono e lo stato sufficiente, espressi sia in termini di concentrazione di clorofilla a, che in termini di RQE;
- il tipo di metrica da utilizzare.

Tabella 8: Limiti di classe fra gli stati e valori di riferimento per fitoplancton (tab. 4.3.1a D.M. 260/2010)

Macrotipo	Valori di riferimento (mg/mq)	Limiti di classe				Metrica
		Elevato/Buono		Buono/Sufficiente		
		mg/m <sup>3</sup>	RQE	mg/m <sup>3</sup>	RQE	
1 (alta stabilità)	1,8	2,4	0,75	3,5	0,51	Media Geometrica
2 (media stabilità)	1,9	2,4	0,8	3,6	0,53	90° Percentile
3 (bassa stabilità)	0,9	1,1	0,8	1,8	0,50	90° Percentile

Nella procedura di classificazione dello stato ecologico di un corpo idrico secondo l'EQB Fitoplancton, le metriche da tenere in considerazione per il confronto con i valori della tabella, sono quelle relative alle distribuzioni di almeno un anno della clorofilla "a".

Ottenute le concentrazioni di clorofilla "a" è possibile calcolare i valori di PTSI per il parametro F utilizzando i criteri riportati nella Tabella 9,.

Tabella 9: Valori dei punteggi PTSI da attribuire a parametro F in base ai criteri predefiniti

Parametro	Descrizione parametro	Punteggi PTSI e criteri (LIFE SEPOSSO)
F	Qualità dell'acqua	0 = macrotipo 1 > 1,8; macrotipo 2 > 3,6; macrotipo 3 > 3,5 1 = 2,4 ≤ macrotipo 1 ≤ 3,5; 2,4 ≤ macrotipo 2 ≤ 3,6; 1,1 ≤ macrotipo 3 ≤ 1,8 2 = macrotipi 1 e 2 ≤ 2,4; macrotipo 3 ≤ 1,1

Per la stima della concentrazione di Clorofilla "a" sull'area di studio (Figura 16) è stato utilizzato l'algoritmo parametrizzato per il Mediterraneo da Planetek Italia in collaborazione con ISPRA ed ESA (Ceriola *et al* 2016). Il risultato è un file *raster* a risoluzione nativa (celle di 10 x 10 m).



Figura 16: Dati raster della stima della concentrazione di clorofilla "a" sull'area di studio ottenuta dalle distribuzioni dei valori rilevati nell'arco di un anno (secondo Ceriola *et al.*, 2016) (Dati Copernicus).

Attribuendo alle celle che rappresentano le concentrazioni di clorofilla "a" i valori riportati in Tabella 8 e ricalcolando il risultato su celle di 30 x 30 m si ottiene il *raster* dei punteggi PTSI per il parametro F (Figura 17).



Figura 17: Risultato raster dell'applicazione dei criteri per il calcolo del parametro F (risoluzione celle 30 x 30 m)

## Parametro G – Torbidità

Per il calcolo del parametro “Torbidità” sono stati utilizzati i dati satellitari telerilevati con elevata frequenza spaziale (pixel 10 metri) e temporale (ogni 5 giorni) dalle missioni più recenti Sentinel di Copernicus, effettuando il download dal sito <https://scihub.copernicus.eu/apihub>.

Dopo aver effettuato il download delle immagini procedere alla loro visualizzazione preliminare nelle bande del visibile, per verificare l’eventuale presenza di copertura nuvolosa al fine di evitare stime distorte dei valori di torbidità. Il valore di torbidità si calcola utilizzando la banda del rosso (B4) con risoluzione 10 m, applicando l’algoritmo proposto da Ceriola *et al.* (2016) e parametrizzato per il Mediterraneo da Planetek Italia in collaborazione con ISPRA ed ESA.

Ottenuti i valori di torbidità () è possibile calcolare i valori di PTSI per il parametro G utilizzando i criteri riportati nella Tabella 10:

Tabella 10: Valori dei punteggi PTSI da attribuire a parametro G in base ai criteri predefiniti

Parametro	Descrizione parametro	Punteggi PTSI e criteri (LIFE SEPOSSO)
G	Torbidità (TSU)	1 = per profondità > 13 m
		1 = per NTU $\geq$ 2,69 (profondità $\leq$ 13 m)
		2 = per NTU < 2,69 (profondità $\leq$ 13 m)



Figura 18: Dati *raster* della stima della torbidità sull’area di studio ottenuta dalle distribuzioni dei valori rilevati nell’arco di un anno (secondo Ceriola *et al.*, 2016) (Dati Copernicus).

Attribuendo alle celle che rappresentano i valori di torbidità i valori riportati in Tabella 9 e ricalcolando il risultato su celle di 30 x 30 m si ottiene il *raster* dei punteggi PTSI per il parametro G (Figura 19).



Figura 19: Risultato *raster* dell'applicazione dei criteri per il calcolo del parametro G (risoluzione celle 30 x 30 m)

## Parametro H – Condizioni idrodinamiche

I dati del clima ondoso sono ricavabili dai dati disponibili sulla piattaforma Copernicus ECMWF (<https://cds.climate.copernicus.eu>), in particolare il dataset Mediterranean Sea Waves Hindcast (MSWH)<sup>1</sup>, che rappresenta uno dei dataset di previsione ECMWF che utilizza un approccio combinato di dati di modello WAM Cycle 4.5.4. Porre i punti di estrazione dei dati del modello previsionale a larga scala a largo, in prossimità delle aree di studio. Il dataset ha risoluzione spaziale delle celle di ~4,5km per lato. Dovrà contenere una serie storica temporale continua oraria di almeno un anno recente.

Il dataset ha fornisce dati di altezza d'onda significativa ( $H_s$ ), periodo d'onda ( $T_p$ ) e direzione media dell'onda (MWD) per ogni area di studio. Tutti gli eventi di mareggiata sopra analizzati devono essere processati statisticamente mediante l'applicazione del cosiddetto metodo POT (Peak Over Threshold).

Per il calcolo di questo parametro occorre preliminarmente applicare un modello per localizzare la posizione naturale del limite superiore della prateria di *P. oceanica* utilizzando i seguenti parametri:

$$1) \quad k_{min} = 5.94 + 0.29\varepsilon$$

$$2) \quad k_{max} = 17.83 + 0.41\varepsilon$$

dove  $k_{min}$  and  $k_{max}$  rappresentano la distanza minima e massima in metri rispetto alla profondità di rottura dell'onda entro cui è teoricamente previsto che il limite superiore della prateria si possa trovare, mentre  $\varepsilon$  è l'indice di scala del frangente (Figura 20).

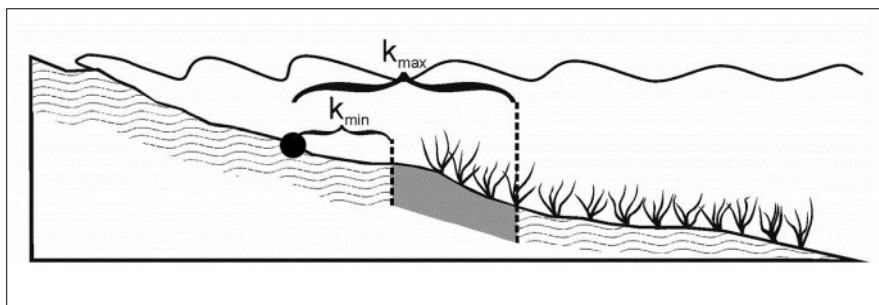


Figura 20: Profilo di fondale in prossimità del limite superiore di *P. oceanica*: cerchio nero marca la profondità di rottura dell'onda ( $db$  = breaking depth) e rispettive  $k_{min}$  e  $k_{max}$  a delimitare la fascia entro cui è previsto dal modello che ricada il limite superiore di *P. oceanica* (da Montefalcone et al., 2019).

A sua volta:

$$\varepsilon = aw^2/g\tan^2\beta,$$

dove:

---

1

$a$  (ampiezza del frangente) =  $H_0/2$ ,

$\omega$  (energia radiante dell'onda incidente) =  $2\pi/T_0$ ,

$g$  = accelerazione di gravità;

$\beta$  = pendenza del fondale nella zona di surf,

$H_0$  = altezza dell'onda al largo;

$T_0$  = periodo dell'onda al largo.

### Base dati e framework di calcolo della posizione teorica del limite superiore

Applicare un modello matematico per la modellazione bidimensionale e tridimensionale (tipo MIKE sviluppato dal Danish Hydraulic Institute (DHI)), che rappresenta uno dei codici di calcolo più robusti e complessi con numerose applicazioni in tutto il mondo e per svariate opere marittime costiere italiane. Esso è basato sulla risoluzione alle differenze finite su griglia flessibile (*flexible mesh*) di numerosi algoritmi che descrivono i fenomeni idraulici riscontrabili in un sistema marino sito specifico.

Determinare la zona di rottura dell'onda rispetto alla quale calcolare il metodo descritto in Vacchi *et al.* (2014) e Montefalcone *et al.* (2019) la fascia entro cui è collocato il limite superiore teorico di *P. oceanica* delimitata da  $K_{min}$  e  $K_{max}$  (Figura 21).

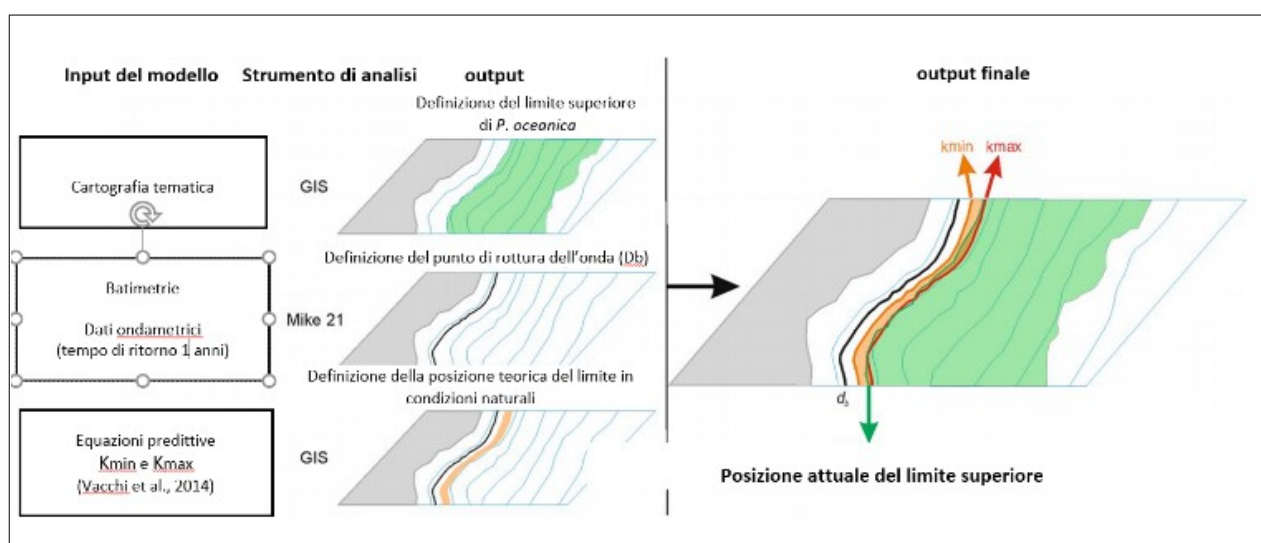


Figura 21: Diagramma di flusso per la modellazione della posizione teorica del limite superiore di *P. oceanica*. La linea nera indica la zona di rottura dell'onda mentre la fascia arancione rappresenta la porzione di fondale entro cui *P. oceanica* può spingersi verso la costa in assenza di pressioni antropiche (da Montefalcone et al., 2019).

Sulla base dei risultati ottenuti per il parametro  $H$  (Figura 23), attribuire i punteggi per il calcolo del PTSI in base ai criteri definiti in Tabella 11:

Tabella 11: Valori dei punteggi PTSI da attribuire a parametro H in base ai criteri predefiniti

Parametro	Descrizione parametro	Punteggi PTSI e criteri (LIFE SEPOSSO)
H	Condizioni idrodinamiche	<p>0 = per aree comprese tra la linea di costa e <math>K_{max}</math> (<math>K_{max} &lt; \text{limite superiore}</math>)</p> <p>1 = per le aree comprese tra il limite superiore e <math>K_{max}</math></p>

Dallo studio idrodinamico si ricavano la profondità di frangimento dell'onda e il valore di  $K_{max}$  (Figura 22)



Figura 22: Risultati dell'applicazione della modellazione idraulica e localizzazione della profondità di frangimento dell'onda e del valore  $K_{max}$  (secondo Vacchi *et al.* 2014; Montefalcone *et al.*, 2019).

Attribuendo i valori riportati in Tabella 10 e ricalcolando il risultato su celle di 30 x 30 m si ottiene il *raster* dei punteggi PTSI per il parametro H (Figura 23).



Figura 23: Risultato raster dell'applicazione dei criteri per il calcolo del parametro H (risoluzione celle 30 x 30 m)

### 3.2.3 Ritaglio dell'area di studio

Una volta estrapolati i *raster* è opportuno effettuare un ritaglio (*clip*) dei risultati con il file vettoriale contenente il poligono che delimita l'area di studio. Per fare ciò dal menu *raster* selezionare "ritaglia il *raster* con maschera" (Figura 24).

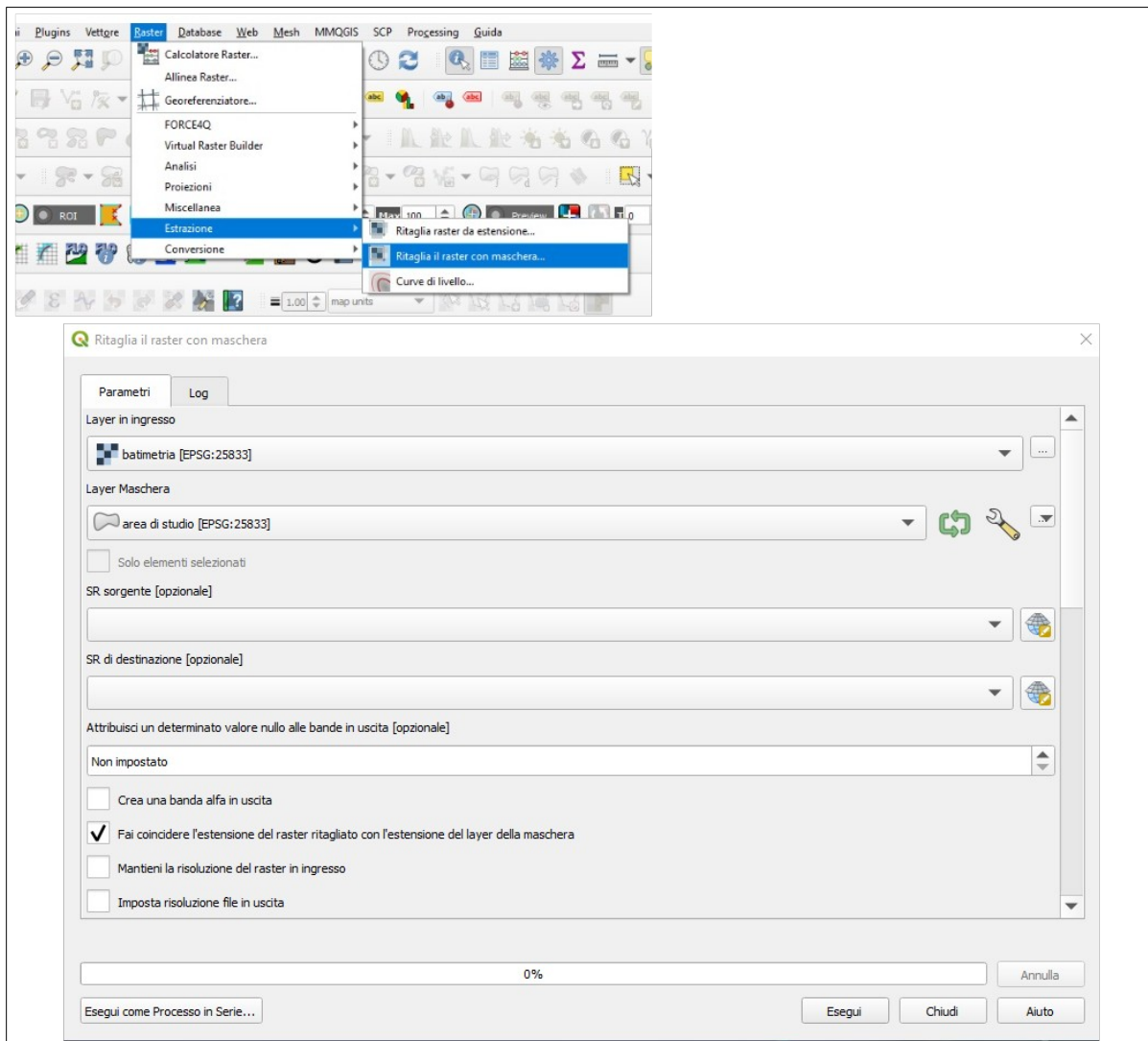
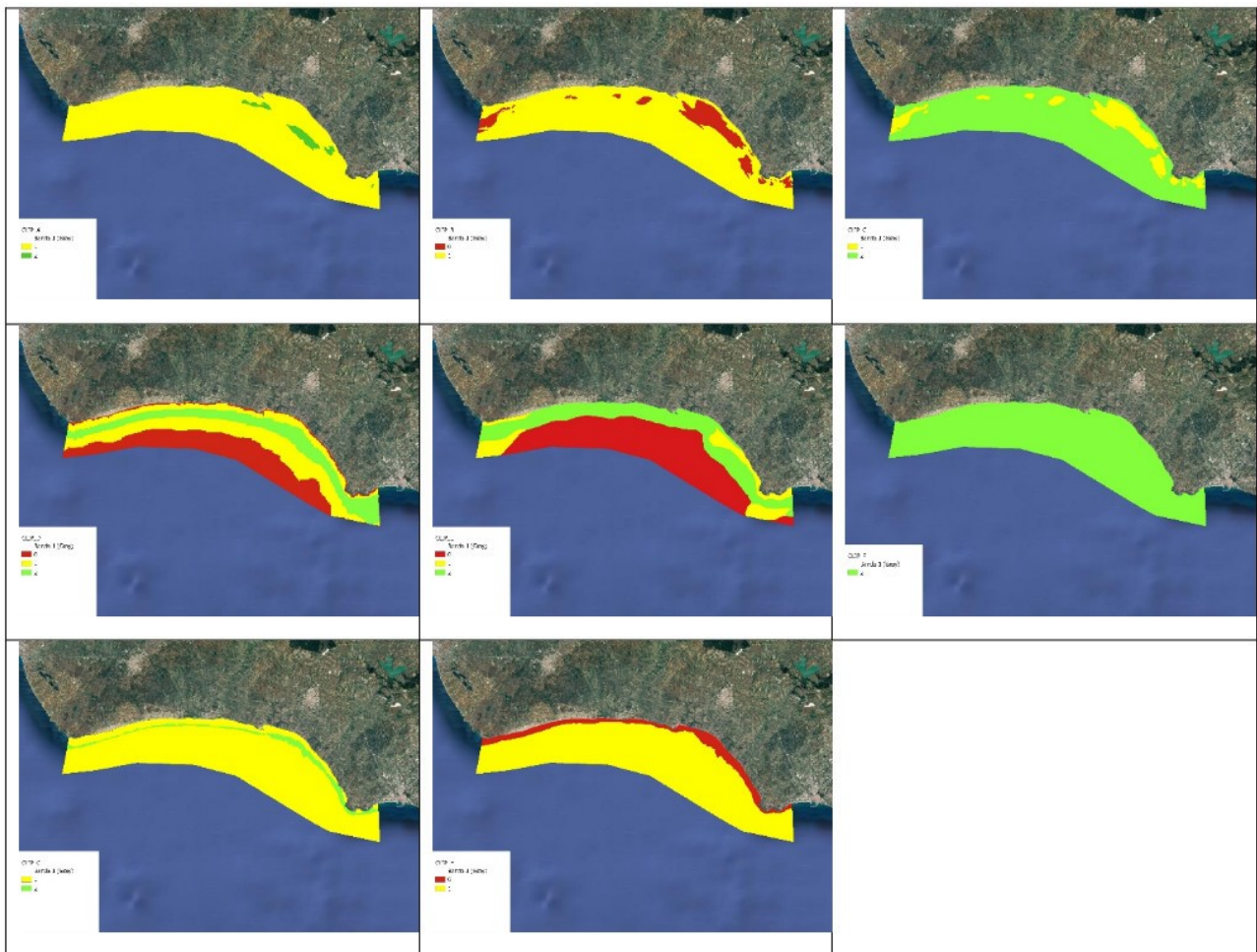


Figura 24: Ritagliare i *raster* utilizzando il poligono che delimita l'area di studio.

Eeguire questa operazione per tutti i *raster* prodotti nei passaggi precedenti (Figura 25).



Fi

Figura 25: Panoramica dei raster prodotti ritagliati con il poligono che rappresenta l'area di studio.

### 3.3. Esecuzione del plugin

Eseguire il plugin "PTSI" dal menu Plugins o dalla barra degli strumenti. Si aprirà una finestra di dialogo in cui è possibile caricare i singoli *raster* prodotti precedentemente per il calcolo dell'indice (Figura 26):

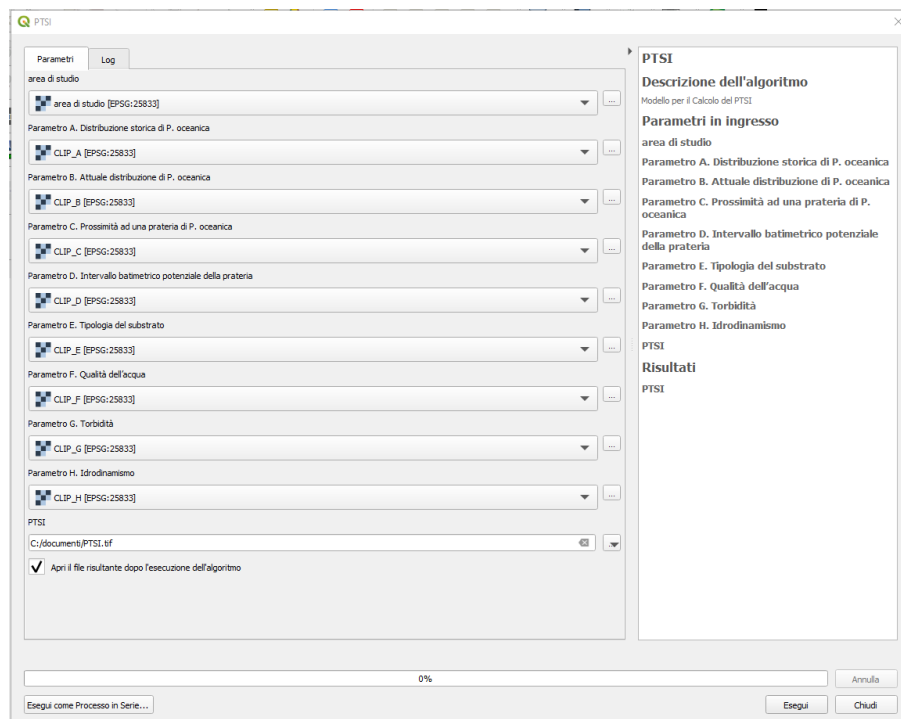


Figura 26: Finestra di dialogo del plugin PTSI

Alla fine dell'esecuzione il plugin "PTSI" carica automaticamente il risultato come nuovo layer nell'area di lavoro. I valori di PTSI sono rappresentati da una gradazione di colori, in cui i colori più caldi rappresentano le aree a più bassa idoneità potenziale (valori di PTSI nulli o molto bassi), mentre i colori più freddi rappresentano le aree a più elevata idoneità potenziale per ricevere i trapianti pilota (Figura 27).

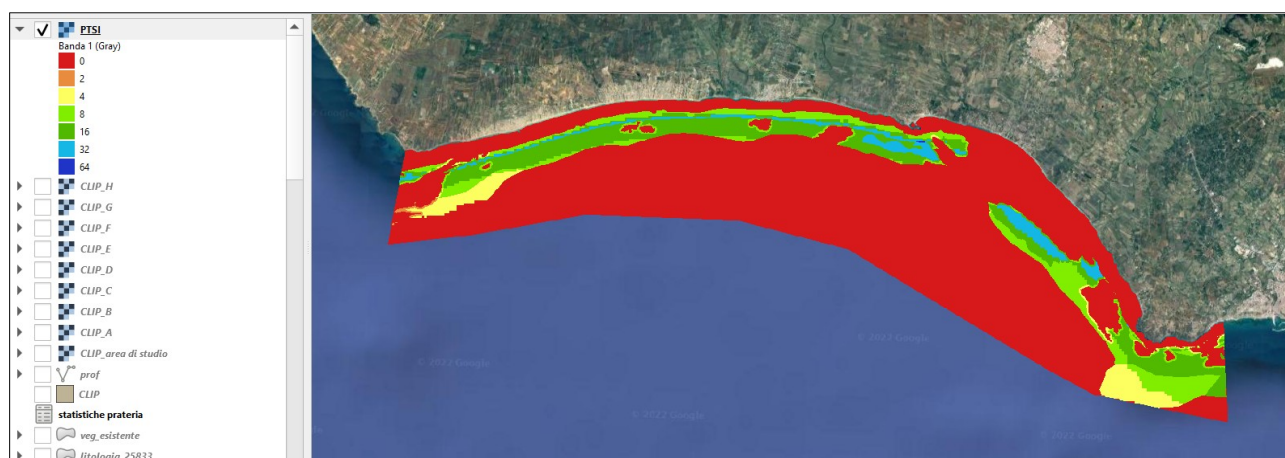


Figura 27: Mappa finale dei valori di PTSI secondo una gradazione da rosso (idoneità potenziale nulla) a blu (idoneità potenziale massima)

## 4. BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2020). Report of data collected for *Posidonia oceanica* management and transplant. Report Action B.3.2 LIFE SEPOSSO (LIFE16 GIE/IT/000761), Rome, Italy. <https://www.lifeseosso.eu>
- AA.VV. (2021). Implementazione del PTSI – Indice Preliminare di Idoneità al Trapianto. Report Action B.3.4 LIFE SEPOSSO (LIFE16 GIE/IT/000761), Rome, Italy. <https://www.lifeseosso.eu>
- Ceriola G., Manuta P., Cossu R., 2016. Sentinel-2 for monitoring coastal waters: valuable support to EU directives. ICWM4M Project (Integrated Coastal Water Management for Med), [https://www.planetek.it/progetti/integrated\\_coastal\\_water\\_management\\_for\\_med](https://www.planetek.it/progetti/integrated_coastal_water_management_for_med)
- Montefalcone M, Vacchi M, Archetti R, Ardizzione G, Astruch P, Bianchi CN, Calvo S, Criscoli A., Fernández-Torquemada Y, Luzzu F, Misson G, Morri C, Pergent G, Tomasello A, Ferrari M 2019. Geospatial modeling and map analysis allowed measuring regression of the upper limit of *Posidonia oceanica* seagrass meadows under human pressure. *Estuarine Coastal Shelf Science* 217: 148-157.
- Pirrotta, M., Tomasello, A., Scannavino, A., Di Maida, G., Luzzu, F., Bellissimo, G., Bellavia, C., Costantini, C., Orestano, C., Sclafani, G., Calvo, S., 2015. Transplantation assessment of degraded *Posidonia oceanica* habitats: site selection and long-term monitoring. *Mediterranean Marine Science* 16(3), 591-603.
- Vacchi, M., Montefalcone, M., Schiaffino, C.F., Parravicini, V., Bianchi, C.N. et al. 2014. Towards a predictive model to assess the natural position of the *Posidonia oceanica* seagrass meadows upper limit. *Marine Pollution Bulletin*, 83, 458-466.