Oggetto: Appalto per la progettazione definitiva ed esecutiva sulla base del progetto preliminare e per la realizzazione dei lavori per il prolungamento dell'Antemurale di Ponente e della Resecazione della banchina Alti Fondali del Porto Civico di Porto Torres. CIG 5630866220 – CUP B21G11000040001 – Programmazione Attuativa Regionale FSC 2007/2013. Linea di azione 6.1.2.A.1 Adeguamento delle infrastrutture portuali di rilievo nazionale. HUB portuale di Porto Torres.

Riferimento Condizione ambientale A) 4 Verifica di ottemperanza ai sensi dell'articolo 28 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. Parere della Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS – Sottocommissione VIA n. 620 del 25 novembre 2022

In merito al Parere della Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS – Sottocommissione VIA n. 620 del 25 novembre 2022 e inerente la Condizione ambientale A) 4 Verifica di ottemperanza ai sensi dell'articolo 28 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., il Responsabile Unico del Procedimento

RICHIAMATO

Il decreto ministeriale n. 35 del 6 febbraio 2018 con cui è stata determinata la compatibilità ambientale, subordinata al rispetto di specifiche condizioni ambientali, del progetto "Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali";

La condizione ambientale lettera A) n. 4 del citato decreto ministeriale, la cui verifica di ottemperanza è posta in capo a questo Dicastero, con il coinvolgimento dell'Ente Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta "Isola dell'Asinara", che recita "*L'Autorità Portuale dovrà esplicitare al MATTM il budget per gli ulteriori interventi di compensazione, aggiuntivi a quelli previsti dal quadro economico e stimati in 300.000 euro, quantificando le risorse economiche messe a disposizione dall'impresa come migliorie in sede di offerta di gara per isole ecologiche, impianto fotovoltaico e Piantumazione di 100 specie arboree, ora dirottate, alla messa in opera di un maggior numero di dissuasori antistrascico e alla salvaguardia di una superficie maggiormente estesa di posidonieto; a tal fine occorre avviare un confronto con l'Ente Parco dell'Asinara che dovrà portare, oltre alla definizione dell'apposito progetto, da autorizzarsi a norma di legge, ad una quantificazione dei costi e alla valutazione della congruità degli stessi; nell'ambito di tale confronto dovrà essere anche rivalutata la possibilità della realizzazione di nuovi impianti di Posidonia oceanica all'interno del Parco, come richiesto nel parere della regione Autonoma della Sardegna, qualora l'Ente avesse disponibilità e metta a disposizione piante o zolle sane da reimpiantare.*"

Il Parere della Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS – Sottocommissione VIA n. 620 del 25 novembre 2022 e inerente la Condizione ambientale A) 4 per il quale, per le motivazioni di seguito elencate dichiara le Condizione Ambientale n. A.4) non ottemperata

1. le attività previste dovevano consistere nella messa in opera di un maggior numero di dissuasori antistrascico e nella salvaguardia di una superficie maggiormente estesa di posidonieto; a tal fine occorreva avviare un confronto con l'Ente parco dell'Asinara che doveva portare, oltre alla definizione

dell'apposito progetto, da autorizzarsi a norma di legge, a una quantificazione dei costi e alla valutazione della congruità degli stessi; nell'ambito di tale confronto sarebbe dovuta essere anche rivalutata la possibilità della realizzazione di nuovi impianti di *Posidonia oceanica* all'interno del parco, come richiesto nel parere della regione Autonoma della Sardegna, qualora l'Ente avesse disponibilità e metta a disposizione piante o zolle sane da reimpiantare;

2. l'Ente Parco Asinara con nota prot. 20277 del 23.09.21, con riferimento però alla Prescrizione n. 6, ha dichiarato di essere interessato a valutare l'effetto sulla fauna ittica associata al posizionamento dei moduli, le cui forme dovranno simulare tipologie di rifugio per specie marine costiere e, al fine di rendere ancora più efficace l'intervento, ha chiesto preliminarmente di avviare un'attività di concertazione con i vari portatori di interesse e in particolare con gli operatori della piccola pesca al fine di condividere la scelta, il numero e il posizionamento di tutti i moduli, previsti;

3. dopo una serie di analisi tra esperti e accogliendo le richieste dell'AMP, il Proponente dichiara che si è giunti alla considerazione che, per il particolare tipo di ambiente marino, sarebbe stato meglio ridurre il numero dei dissuasori a favore dei moduli rifugio, strutture che simulano ambienti di roccia favorevoli al ripopolamento ittico, stabilendo il numero di questi moduli e il numero dei dissuasori che, seppur in numero minore, dovevano essere comunque presenti a tutela di eventuali azioni di strascico illegale e giungendo, infine, a condividere un quadro complessivo di manufatti costituito da 15 punti a 5 moduli rifugio ciascuno e altri 15 con i dissuasori;

4. inoltre, il Proponente dichiara che l'Ente Parco Asinara ha comunicato all'ex Autorità portuale Nord Sardegna di non avere la disponibilità di piante o zolle sane da reimpiantare per la realizzazione di nuovi impianti di Posidonia oceanica all'interno del parco, in alternativa alle operazioni di espianto e reimpianto della Posidonia oceanica in ambito portuale, restando così confermata l'operazione di trapianto in ambito portuale opportunamente quantificata e che sarà eseguita dall'Università di Sassari, DADU Dipartimento di Architettura Design e Urbanistica;

5. l'autorità Portuale avrebbe dovuto esplicitare al MATTM (ora MASE) il budget per gli ulteriori interventi di compensazione, aggiuntivi a quelli previsti dal quadro economico e stimati in 300.000 euro, quantificando le risorse economiche messe a disposizione dall'impresa come migliorie in sede di offerta di gara per isole ecologiche, impianto fotovoltaico e piantumazione di 100 specie arboree, dirottate, alla messa in opera di un maggior numero di dissuasori antistrascico e alla salvaguardia di una superficie maggiormente estesa di posidonieto;

6. a tal fine l'Autorità Portuale doveva avviare un confronto con l'Ente parco dell'Asinara che avrebbe dovuto portare, oltre alla definizione dell'apposito progetto, da autorizzarsi a norma di legge, a una quantificazione dei costi e alla valutazione della congruità degli stessi;

7. l'Autorità Portuale non fa cenno della quantificazione dei costi e della valutazione della congruità degli stessi, né risulta proporre un *budget* per gli ulteriori interventi di compensazione, aggiuntivi a quelli previsti dal quadro economico e stimati in 300.000 euro, quantificando le risorse economiche messe a disposizione dall'impresa come migliorie in sede di offerta di gara;

8. Portuale non risulta disponibile alcun contributo dell'Ente Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta "Isola dell'Asinara", in qualità di ente coinvolto nella verifica di ottemperanza alle condizioni ambientali n. A) 4, oltre quanto rappresentato con la nota Prot. n. 0020277 del 23/09/2021 già sopra richiamata;

Tutto ciò premesso, dai documenti, verbali progetti e studi agli atti dell'AdSP emerge quanto segue:

1. **le attività previste dovevano consistere nella messa in opera di un maggior numero di dissuasori antistrascico e nella salvaguardia di una superficie maggiormente estesa di posidonieto; a tal fine occorreva avviare un confronto con l'Ente parco dell'Asinara che doveva portare, oltre alla definizione dell'apposito progetto, da autorizzarsi a norma di legge, a una quantificazione dei costi e alla valutazione della congruità degli stessi; nell'ambito di tale confronto sarebbe dovuta essere anche rivalutata la possibilità della realizzazione di nuovi impianti di *Posidonia oceanica* all'interno del parco, come richiesto nel parere della regione Autonoma della Sardegna, qualora l'Ente avesse disponibilità e metta a disposizione piante o zolle sane da reimpiantare;**

   In ottemperanza alla prescrizione A4 il proponente ha avviato un confronto con l'Ente parco dell'Asinara per portare alla definizione di un progetto per la realizzazione e posa di un maggior numero di dissuasori antistrascico per la salvaguardia di una superficie maggiormente estesa di posidonieto, la quantificazione dei costi e una valutazione della congruità oltre che avviare un confronto con l'Ente Parco Nazionale dell'Asinara per valutare la possibilità della realizzazione di nuovi impianti *di Posidonia oceanica*.

   Dal documento inoltrato all'Ente parco dell'Asinara in data 19 aprile 2022, ns prot. 9020, e allegato alla presente relazione come **Allegato A** si evince che a seguito:

   - dell'incontro tecnico in videoconferenza in merito alla condizione ambientale A5) per il giorno 13 gennaio 2022 presenti ISPRA, ARPAS Sassari, Ente Parco Nazionale dell'Asinara, dall'Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna e responsabili del DADU dell'Università di Sassari
   - della documentazione presentata a ISPRA dall'Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna con nota prot. 26536 del 09/12/2021 (prot. ISPRA n. 65401 del 09/12/2021),

- dal parere di ISPRA dove nel medesimo documento si afferma che la condizione ambientale A5 risulta ottemperata
- dell'incontro tecnico in videoconferenza del 22 febbraio 2021 con il Dr. Vittorio Gazale rappresentate dell'Ente Parco Nazionale dell'Asinara, con l'Autorità di Sistema Portuale del Mare della Sardegna e responsabili del DADU dell'Università di Sassari avente l'intento di analizzare le modalità di realizzazione della prescrizione A6.

La quantificazione delle risorse economiche messe a disposizione dall'impresa come migliorie in sede di offerta di gara per isole ecologiche, impianto fotovoltaico e piantumazione di 100 specie arboree, ora dirottate alla messa in opera di un maggior numero di dissuasori antistrascico e alla salvaguardia di una superficie maggiormente estesa di posidonieto, è riportata nel quadro economico R12. (Allegato C)

Nell'**Allegato D** al presente documento invece è riportato un quadro di Raffronto tra il Quadro economico in variante approvato con Decreto n.533/2019 e il Quadro economico rimodulato con Decreto n.363/2022, da cui si evince che per l'ottemperanza della prescrizione A4 nel 2019 furono stanziate, per la fornitura e posa di 50 dissuasori, somme pari a € 321.476,50, incrementate successivamente fino ad arrivare ad € 483.424,77 come da Decreto n. 363/2022 per la fornitura e posa di 15 dissuasori antistrascico e 75 moduli rifugio come richiesto dall'Ente parco dell'Asinara.

Dal confronto avviato con l'Ente Parco Nazionale dell'Asinara è emerso che lo stesso non aveva a disposizione aree per la realizzazione di nuovi impianti di Posidonia oceanica, pertanto, il proponente ha avviato solamente un confronto per definire il numero e l'esatto posizionamento dei dissuasori antistrascico nell'area di Cala Reale e il piano di monitoraggio delle risorse ittiche e dei fondali.
L'area, infatti, soggetta all'azione di pesca a strascico illegale, presentava numerosi solchi di divergenti nel manto vegetale costituito da *Posidonia oceanica*.
La prescrizione A6 prevedeva anche l'analisi dell'ittiofauna, per valutare quale fosse l'impatto dei dissuasori su questa componente biotica.
Dopo una serie di analisi l'Ente Parco Nazionale dell'Asinara. è giunto alla conclusione che per il particolare tipo di ambiente marino e per le misure di protezione della *Posidonia oceanica* già intraprese dall'Ente Parco sarebbe stato meglio ridurre il numero dei dissuasori a favore dei moduli rifugio, strutture che simulano ambienti di roccia favorevoli al ripopolamento ittico. Si trattava quindi di stabilire il numero di questi moduli e il numero dei dissuasori che seppur in numero minore dovevano essere comunque presenti a tutela di eventuali azioni di strascico illegale.

In particolare il Parco ha in atto la predisposizione di un sistema sofisticato di videosorveglianza, in collaborazione con gli Enti preposti alla sorveglianza quali Capitaneria di porto e Corpo Forestale di

Vigilanza Ambientale della Regione Sardegna, al fine di garantire un controllo efficace su eventuali azioni di pesca a strascico illegale all'interno dell'Area Marina Protetta.

2. **l'Ente Parco Asinara con nota prot. 20277 del 23.09.21, con riferimento alla Prescrizione n. 6, ha dichiarato di essere interessato a valutare l'effetto sulla fauna ittica associata al posizionamento dei moduli, le cui forme dovranno simulare tipologie di rifugio per specie marine costiere e, al fine di rendere ancora più efficace l'intervento, ha chiesto preliminarmente di avviare un'attività di concertazione con i vari portatori di interesse e in particolare con gli operatori della piccola pesca al fine di condividere la scelta, il numero e il posizionamento di tutti i moduli, previsti;**

In data 16 febbraio 2022 è stata convocata a mezzo mail (**Allegato I**) per il giorno 22 febbraio 2022, una videoconferenza tra il Proponente, il dott. Vittorio Gazale, direttore del Parco dell'Asinara, il dott. Paolo Guidetti del Genoa Marine Centre, Stazione Zoologica Anton Dohrn, persona esperta che ha già effettuato studi nell'Area Marina Protetta dell'Asinara e il dott. Mario De Luca dell'Università di Sassari per discutere del numero e del posizionamento dei dissuasori antistrascico e dei moduli rifugio.

In data 6 marzo 2022 il dott. Paolo Guidetti ha comunicato a mezzo mail (**Allegato L**) che in accordo con il Parco e l'università di Sassari avevano ultimato una breve relazione contenente una proposta di rimodulazione del campo moduli in base a quanto determinato nella videoconferenza del 22 febbraio 2022.

In data 29 marzo 2022 alle ore 15:00 presso la sala del Museo del Porto sita in via Antonietta Bassu a Porto Torres si è tenuto un incontro, il cui verbale è allegato alla presente come **Allegato B**, tra

- AdSP del Mare di Sardegna – Ing. Marco Mura e Arch. Gessica Sferrazza Papa;
- Prof. Paolo Guidetti del Genoa Marine Centre, Stazione Zoologica Anton Dohrn;
- Dr. Aldo Zanello del Parco Nazionale Asinara e Area Marina protetta "Isola dell'Asinara";
- il Prof. Andrea Cossu e Dr. Mario De Luca dell'Università di Sassari;
- Massimo Mulas, sindaco di Porto Torres;
- T.V. (CP) Gabriele Pintus e T.V. (CP) Michele Lenti della Capitaneria di Porto di Porto Torres;
- Gianni Pintus dell'Associazione Generale Cooperative Italiane e di Punto Pesca;
- Mauro Steri, responsabile regionale di Legacoop Sardegna;
- Gavino Iacomini e Tore Amoroso della Cooperativa Co.Pe.Ga. di Porto Torres.

Dal suddetto incontro il Prof. Guidetti, esperto a livello internazionale, nella sua presentazione, (documento **Allegato B1**) spiega come il piano di campionamento, il cui disegno di tipo ACI (After Control Impact) verrà predisposto secondo le indicazioni da lui fornite, è finalizzato a valutare la fauna ittica dell'AMP associata al futuro posizionamento di due tipologie di moduli artificiali su fondali tra i 28 e 22 m:

- Modulo 1-tripodi in c.a.
- Modulo 2-tipologie rifugio per le specie marine costiere.

Effetti valutati in termini di:
- cambiamento della struttura dei popolamenti ittici in relazione all'introduzione dei moduli artificiali di tipo 1;
- apporto alla biodiversità della fauna ittica determinato dall'introduzione dei moduli di tipo 2.

Le cooperative di pescatori presenti, trattandosi di un intervento migliorativo nell'ottica dell'aumento delle specie marine costiere che popolano l'habitat in questione, si rendono disponibili nel prendere parte al progetto di monitoraggio seppur muovendo le seguenti osservazioni:

- I dissuasori previsti in prossimità dei blocchi di ripopolamento vengono ritenuti dai pescatori della piccola pesca pericolosi anche per le loro reti e chiedono se possono essere spostati più a levante per contrastare le attività dei pescatori che portano avanti l'attività illegale della pesca a strascico. Viene, infatti, sottolineato come questa pratica sia ancora largamente diffusa nella porzione di mare più a levante rispetto all'area individuata per il monitoraggio. Viene spiegato come ciò non fosse l'obiettivo dell'azione in programma, ma piuttosto che tali dissuasori saranno installati a protezione dei blocchi di ripopolamento previsti, in modo tale da garantire la loro posizione in loco per tutta la durata del monitoraggio (5 anni).
  Il Dr. Zanello precisa, inoltre, che i dati in loro possesso confermano che alcuni solchi rilevati nell'area sono recenti rendendo ragione quindi della protezione. Precisa, inoltre, che la stessa è stata scelta anche poiché soggetta a bassa pressione di pesca come dimostrano i risultati del monitoraggio dei segnali di pesca eseguito nel corso di diversi anni.

- L'importo forfettario ad personam previsto per il pescatore che verrà coinvolto nell'operazione di pesca di euro 200 annunciato dal Prof. Guidetti viene considerato basso rispetto ai costi che i pescatori sosterrebbero. In risposta a tale commento il prof. Guidetti sottolinea che si tratta di una cifra simbolica e non un rimborso spese; funge, infatti, da riconoscimento della collaborazione offerta dai pescatori e viene sottolineato come un eventuale esito positivo dell'azione di ripopolamento andrebbe a vantaggio dei pescatori che operano in quel bacino di pesca. Si precisa inoltre che la dislocazione dei moduli e dei dissuasori sarà tale da rendere possibile ed agevole l'attività di pesca inerente al monitoraggio in oggetto.

3. **dopo una serie di analisi tra esperti e accogliendo le richieste dell'AMP, il Proponente dichiara che si è giunti alla considerazione che, per il particolare tipo di ambiente marino, sarebbe stato meglio ridurre il numero dei dissuasori a favore dei moduli rifugio, strutture che simulano ambienti di roccia favorevoli al ripopolamento ittico, stabilendo il numero di questi moduli e il numero dei dissuasori che, seppur in numero minore, dovevano essere comunque presenti a**

tutela di eventuali azioni di strascico illegale e giungendo, infine, a condividere un quadro complessivo di manufatti costituito da 15 punti a 5 moduli rifugio ciascuno e altri 15 con i dissuasori;

Lo studio è riportato nella nota del 19 aprile 2022 ns prot. 9020 e allegato alla presente relazione come **Allegato A.**

Nell'incontro del 22 febbraio 2022. il Dott. Gazale specificava inoltre che l'Ente Parco sta realizzando un sistema avanzato di videosorveglianza che poteva garantire un monitoraggio in continuo dell'area di posa, a rinforzo delle misure di tutela già predisposte. Si è giunti infine a condividere un quadro complessivo di manufatti costituito da quindici punti a moduli rifugio (Tipo 2) e altri quindici con i dissuasori (Tipo 1).
Alla luce delle esperienze pregresse in Mediterraneo è possibile fare delle previsioni sugli effetti attesi dal previsto intervento mediante dissuasori antistrascico misti ai moduli rifugio nella zona di Cala Reale. La protezione dei fondali dalla pesca a strascico, come dimostrato da numerose esperienze, a seguito della posa di substrati artificiali, impedisce di fatto questa modalità di pesca, favorendo una generale protezione delle biocenosi bentoniche e qui in particolare della Posidonia. I fondali costieri a copertura di Posidonia intervallata da isole sabbiose, come è il caso della zona di Cala Reale, se arricchiti con moduli rifugio adeguati (oltre a quelli anti-strascico), hanno il potenziale di 1) innescare una rete trofica locale a supporto delle diversità e biomassa ittica (compresa quella di specie di pregio per la pesca) e 2) attrarre specie di interesse alieutico provenienti da habitat e zone circostanti. La presenza di substrato duro potrebbe anche favorire la deposizione di uova di specie di interesse alieutico (es., seppie e calamari), oltre a favorire l'insediamento di giovanili di specie pregiate come l'aragosta. Tali effetti conseguenti all'installazione di moduli rifugio appropriati insieme ai dissuasori hanno il potenziale di produrre effetti positivi sulle rese della piccola pesca locale. Le esperienze di posa di corpi artificiali su substrati incoerenti (es., sabbiosi) dimostrano come già dopo 2-3 anni dalla messa in opera si ottiene un aumento delle rese di pesca e di 3-4 volte superiori rispetto alla situazione antecedente.

4. **inoltre, il Proponente dichiara che l'Ente Parco Asinara ha comunicato all'ex Autorità portuale Nord Sardegna di non avere la disponibilità di piante o zolle sane da reimpiantare per la realizzazione di nuovi impianti di Posidonia oceanica all'interno del parco, in alternativa alle operazioni di espianto e reimpianto della Posidonia oceanica in ambito portuale, restando così confermata l'operazione di trapianto in ambito portuale opportunamente quantificata e che sarà eseguita dall'Università di Sassari, DADU Dipartimento di Architettura Design e Urbanistica;**

L'Ente Parco Asinara ha anticipato all'Autorità portuale Nord Sardegna di non avere la disponibilità di piante o zolle sane da reimpiantare per la realizzazione di nuovi impianti di posidonia oceanica

all'interno del parco, in alternativa alle operazioni di espianto e reimpianto della posidonia in ambito portuale. Resta quindi confermata l'operazione di trapianto in ambito portuale opportunamente quantificata nel Quadro economico R12 (**Allegato C**).

5. **l'autorità Portuale avrebbe dovuto esplicitare al MATTM (ora MASE) il budget per gli ulteriori interventi di compensazione, aggiuntivi a quelli previsti dal quadro economico e stimati in 300.000 euro, quantificando le risorse economiche messe a disposizione dall'impresa come migliorie in sede di offerta di gara per isole ecologiche, impianto fotovoltaico e piantumazione di 100 specie arboree, <u>dirottate, alla messa in opera di un maggior numero di dissuasori antistrascico e alla salvaguardia di una superficie maggiormente estesa di posidonieto</u>;**

   La quantificazione delle risorse economiche messe a disposizione dall'impresa come migliorie in sede di offerta di gara per isole ecologiche, impianto fotovoltaico e piantumazione di 100 specie arboree, ora dirottate, alla messa in opera di un maggior numero di dissuasori antistrascico e alla salvaguardia di una superficie maggiormente estesa di posidonieto, è riportata nel quadro economico R12. (**Allegato C**)
   Nell'**Allegato D** al presente documento invece è riportato un quadro di Raffronto tra il Quadro economico in variante approvato con Decreto n.533/2019 e il Quadro economico rimodulato con Decreto n.363/2022, da cui si evince che per l'ottemperanza della prescrizione A4 nel 2019 furono stanziate somme pari a **€ 321.476,50** incrementate successivamente fino ad arrivare ad **€ 483.424,77** come da Decreto n. 363/2022. Tale importo aggiuntivo è da ritenersi superiore o comunque congruo rispetto a quanto previsto nell'offerta di gara.

6. **a tal fine l'Autorità Portuale doveva avviare un confronto con l'Ente parco dell'Asinara che avrebbe dovuto portare, oltre alla definizione dell'apposito progetto, da autorizzarsi a norma di legge, <u>a una quantificazione dei costi e alla valutazione della congruità degli stessi</u>;**

   È stato condotto un attento confronto con l'Ente Parco Asinara che ha portato già alla definizione di un progetto contenente l'individuazione delle aree marine del parco da proteggere (area antistante Cala Reale) al numero complessivo di dissuasori antistrascico da prevedere (si vedano elaborati di progetto DIS-RI, DIS-T1, DIS-T2- **Allegati E -F-G**), e alle attività di monitoraggio di durata quinquennale AO, CO e PO sia sulla componente flora sia sulla fauna ittica (**Allegato H**).

7. **l'Autorità Portuale non fa cenno della quantificazione dei costi e della valutazione della congruità degli stessi, né risulta proporre un *budget* per gli ulteriori interventi di compensazione, aggiuntivi a quelli previsti dal quadro economico e stimati in 300.000 euro, quantificando le risorse economiche messe a disposizione dall'impresa come migliorie in sede di offerta di gara;**

   La quantificazione delle risorse economiche messe a disposizione dall'impresa come migliorie in sede di offerta di gara per isole ecologiche, impianto fotovoltaico e piantumazione di 100 specie arboree,

ora dirottate, alla messa in opera di un maggior numero di dissuasori antistrascico e alla salvaguardia di una superficie maggiormente estesa di posidonieto, è riportata nel quadro economico R12.(**Allegato C**)

Nell'**Allegato D** al presente documento invece è riportato un quadro di Raffronto tra il Quadro economico in variante approvato con Decreto n.533/2019 e il Quadro economico rimodulato con Decreto n.363/2022, da cui si evince che per l'ottemperanza della prescrizione A4 nel 2019 furono stanziate somme pari a **€ 321.476,50** incrementate successivamente fino ad arrivare ad **€ 483.424,77** come da Decreto n. 363/2022.

8. **oltre quanto dichiarato dall'Autorità Portuale non risulta disponibile alcun contributo dell'Ente Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta "Isola dell'Asinara", in qualità di ente coinvolto nella verifica di ottemperanza alle condizioni ambientali n. A) 4, oltre quanto rappresentato con la nota Prot. n. 0020277 del 23/09/2021 già sopra richiamata;**

È stato condotto un attento confronto con l'Ente Parco Asinara così come si evince nei documenti e nei verbali degli incontri allegati alla presente note come **Allegato A**, **Allegato B** e **Allegato B1**.

Per quanto su esposto si chiede la rivalutazione dell'ottemperanza alla prescrizione n. A) 4 atteso che nel mese di febbraio 2023 termineranno le operazioni di espianto e trapianto della *Posidonia oceanica* e nel mese di marzo 2023 è previsto l'inizio dei lavori con la posa dei 75 moduli rifugio (Tipo 2) e quindici dissuasori antistrascico (Tipo 1).

Per presa visione
Il Direttore del Parco Nazionale dell'Asinara
Dr. Vittorio Gazale

Firmato digitalmente da: GAZALE VITTORIO
Data: 10/01/2023 12:31:29

Il RUP e Dirigente della DTN
Ing. Alessandro Meloni

Firmato digitalmente da
Alessandro Meloni
CN = Alessandro Meloni
O = AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA
C = IT

Allegato A

Autorità di Sistema Portuale
del Mare di Sardegna

Porti di: Cagliari | Olbia | Porto Torres | Oristano | Golfo Aranci | Portovesme | Santa Teresa Gallura | Arbatax

Spett.le

Area Marina Protetta del Parco dell'Asinara

Via Iosto, 7 - 07046 Porto Torres (SS)

PEC: enteparcoasinara@pec.it

E.p.c.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

DIREZIONE GENERALE PER LA CRESCITA SOSTENIBILE E LA QUALITÀ DELLO SVILUPPO (CRESS)

Via Cristoforo Colombo 44 - 00147 Roma

PEC: CRESS@pec.minambiente.it

Oggetto: Verifica Ottemperanza alle condizioni ambientali A6, del Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018: Appalto per la progettazione definitiva ed esecutiva sulla base del progetto preliminare e per la realizzazione dei lavori per il prolungamento dell'Antemurale di Ponente e della Resecazione della banchina Alti Fondali del Porto Civico di Porto Torres. CIG 5630866220 – CUP B21G11000040001 – Programmazione Attuativa Regionale FSC 2007/2013. Linea di azione 6.1.2.A.1 Adeguamento delle infrastrutture portuali di rilievo nazionale. HUB portuale di Porto Torres.

A far seguito alle richieste dell'Ente Parco Nazionale dell'Asinara, al fine di ottemperare alla prescrizione A6 del Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018, si trasmette il nuovo studio per il posizionamento dei dissuasori antistrascico e dei moduli le cui forme dovranno simulare tipologie di

rifugio per specie marine costiere e il verbale dell'incontro tenutosi in data 29.03.2022 con le associazioni di pescatori operanti nell'AMP per il monitoraggio della fauna ittica.

Si resta in attesa del Vostro parere in merito all'ottemperanza alla prescrizione A6.

Distinti saluti

Il Dirigente della DTN
Ing. Alessandro Meloni

Firmato digitalmente da
Alessandro Meloni
CN = Alessandro Meloni
O = AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA
C = IT

Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali, in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alla prescrizione del MiATTM n. 6

ANALISI, DOCUMENTAZIONE E CONSIDERAZIONI TECNICHE - CRITICITA' RESIDUE

Vs. Rif. Doc. ISPRA:
V.O.: Condizione ambientale A5 DM 35/2018"Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali"

Premessa:

La prescrizione A6 emessa dal MiATTM prevede il concordamento con l'Ente Parco Nazionale dell'Asinara dell'esatto posizionamento dei dissuasori antistrascico e del Piano di Monitoraggio delle risorse ittiche e dei fondali, che dovrà essere avviato durante lo studio per il posizionamento di dissuasori e proseguito dopo il posizionamento delle strutture. Le attività di monitoraggio dovranno comprendere il monitoraggio del posidonieto che si intende salvaguardare secondo transetti, durata, cadenza e modalità concordati con l'Ente Parco Nazionale dell'Asinara e dovranno proseguire per almeno 5 anni dal completamento delle attività di posizionamento delle strutture; Il PMA dovrà essere presentato al MiATTM prima dell'avvio delle attività di cantiere;

In data 12.06.2020, con nota prot. 11457, l'AdSP trasmette all'Ente Parco Nazionale dell'Asinara la documentazione sul monitoraggio per la condizione A6;

In data 23.09.2020 con nota prot. 20277, l'Ente Parco Nazionale dell'Asinara ha comunicato che è interessato a valutare l'effetto sulla fauna ittica associata al posizionamento dei dissuasori e di moduli le cui forme dovranno simulare tipologie di rifugio per specie marine costiere e ha chiesto, al fine di rendere più efficace l'intervento, di avviare un'attività di concertazione con i vari portatori di interesse al fine di condividere la scelta, il numero e il posizionamento di tutti i moduli previsti.

A seguito

- dell'incontro tecnico in videoconferenza in merito alla condizione ambientale A5) per il giorno 13 gennaio 2022 presenti ISPRA, ARPAS Sassari, Ente Parco Nazionale dell'Asinara, dall'Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna e responsabili del DADU dell'Università di Sassari
- della documentazione presentata a ISPRA dall'Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna con nota prot. 26536 del 09/12/2021 (prot. ISPRA n. 65401 del 09/12/2021),
- dal parere di ISPRA dove nel medesimo documento si afferma <u>che la condizione ambientale A5 risulta ottemperata</u>
- dell'incontro tecnico in videoconferenza del 22 Feb con il Dr. Vittorio Gazale rappresentate dell'Ente Parco Nazionale dell'Asinara, con l'Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna e responsabili del DADU dell'Università di Sassari avente l'intento di analizzare le modalità di realizzazione della prescrizione A6.

<u>Si precisa quanto segue:</u>

La prescrizione n 6 prevedeva tra le misure compensative l'asporto di Posidonia dall'area portuale di Porto Torres, la posa di 50 dissuasori nell'area di Cala Reale, area di pertinenza L'Ente Parco Nazionale dell'Asinara. L'area infatti, soggetta all'azione di pesca a strascico illegale, presenta numerosi solchi di divergenti nel manto vegetale costituito da *Posidonia oceanica*.
La prescrizione A6 prevedeva anche l'analisi dell'ittiofauna, per valutare quale fosse l'impatto dei dissuasori su questa componente biotica.
Dopo una serie di analisi tra esperti, si giunge alla considerazione che per il particolare tipo di ambiente marino sarebbe stato meglio ridurre il numero dei dissuasori a favore dei moduli rifugio, strutture che simulano ambienti di roccia favorevoli al ripopolamento ittico. Si trattava quindi di

stabilire il numero di questi moduli e nel contempo il numero dei dissuasori che seppur in numero minore dovevano essere comunque presenti a tutela di eventuali azioni di strascico illegale.
Nell' incontro del 22 feb. 2022. il Dr. Gazale specificava inoltre che il suo Ente aveva realizzato un sistema avanzato di videosorveglianza che poteva garantire un monitoraggio in continuo dell'area di posa, a rinforzo delle misure di tutela già predisposte. Si è giunti infine a condividere un quadro complessivo di manufatti costituito da quindici punti a moduli rifugio (Tipo 2) e altri quindici con i dissuasori (Tipo 1) (v. schema in fig.1)

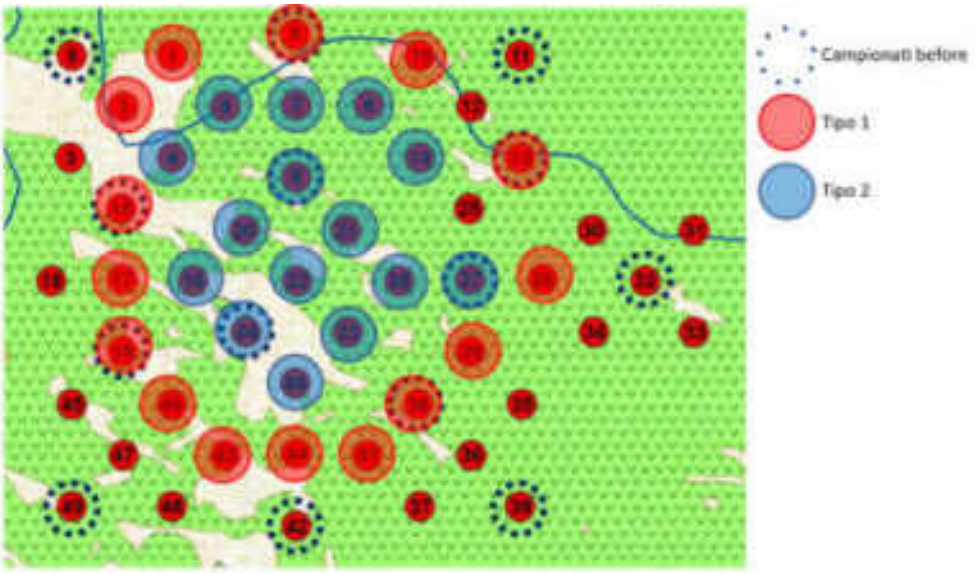


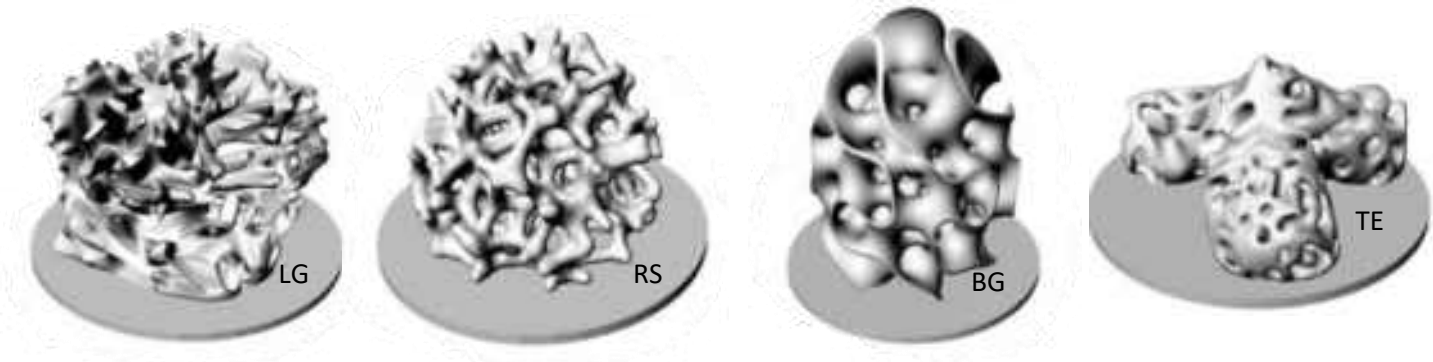
Figura 1 - Posizione dei manufatti: In rosso, dissuasori di tipo 1 (esapodi); in blu i moduli rifugio, tipo 2.

I dissuasori antistrascico sono posizionati con l'intento di creare un ostacolo alle rotte dello strascico illegale, evitando di lasciare corridoi lunghi abbastanza da permettere la manovra degli attrezzi. Per stendere la rete il peschereccio ha bisogno di qualche centinaio di metri di spazio e con la disposizione dei dissuasori a sei braccia (esapodi) indicata in figura, distanti tra di loro poche decine di metri, si riesce ad impedire di fatto le manovre delle strascicanti. Allo stesso tempo, la loro disposizione consente di avere un'area sufficientemente articolata da lasciare spazi operativi adeguati al calo degli attrezzi fissi della piccola pesca.
Alla luce delle esperienze pregresse in Mediterraneo è possibile fare delle previsioni sugli effetti attesi dal previsto intervento mediante dissuasori antistrascico misti ai moduli rifugio nella zona di Cala Reale. La protezione dei fondali dalla pesca a strascico, come dimostrato da numerose esperienze, a seguito della posa di substrati artificiali, impedisce di fatto questa modalità di pesca, favorendo una generale protezione delle biocenosi bentoniche e qui in particolare della Posidonia. I fondali costieri a copertura di Posidonia intervallata da isole sabbiose, come è il caso della zona di Cala Reale, se arricchiti con moduli rifugio adeguati (oltre a quelli anti-strascico), hanno il potenziale di 1) innescare una rete trofica locale a supporto delle diversità e biomassa ittica (compresa quella di specie di pregio per la pesca) e 2) attrarre specie di interesse alieutico provenienti da habitat e zone circostanti. La presenza di substrato duro potrebbe anche favorire la deposizione di uova di specie di interesse alieutico (es., seppie e calamari), oltre a favorire l'insediamento di giovanili di specie pregiate come l'aragosta. Tali effetti conseguenti all'installazione di moduli rifugio appropriati insieme ai dissuasori hanno il potenziale di produrre effetti positivi sulle rese della piccola pesca locale. Le esperienze di posa di corpi artificiali su substrati incoerenti (es., sabbiosi) dimostrano come già dopo 2-3 anni dalla messa in opera si ottiene un aumento delle rese di pesca e di 3-4 volte superiori rispetto alla situazione antecedente.

L'insediamento di specie bentoniche sui nuovi substrati comincia immediatamente dopo la posa; la colonizzazione delle specie pioniere (alghe filamentose, idrozoi, serpulidi) precede le prime specie come poriferi, alghe incrostanti, serpulidi, briozoi, molluschi bivalvi e alcuni cnidari. Il risultato finale è la formazione di un bioconcrezionamento dominato da specie algali, con poriferi e briozoi, nella parte più superficiale e nelle pareti orizzontali insieme a specie incrostanti nella parte più profonda e sulle pareti verticali. Tale popolamento ha il potenziale di essere del tutto simile a quello presente sui fondi duri circostanti l'area di intervento.
I moduli saranno realizzati con stampanti a tecnologia 3D e saranno caratterizzati da forme particolarmente complesse con cavità, piccoli squadri, caverne e una varietà di rifugi per specie anche di interesse alieutico (soprattutto pesci, molluschi e crostacei). La stampante utilizzata è fornita da *D-Shape*, che impiega sabbia proveniente dal territorio e uno speciale "inchiostro" costituito da un aggregante ecologico derivato dall'acqua di mare. Gli ugelli distribuiscono su strati di 5/10 mm di sabbia, uno sull'altro, fino a completarne la forma. La stampante può riprodurre forme particolarmente complesse rapidamente con impatto quasi zero.

Le tipologie selezionate sono le seguenti: LG, RS, BG, TE.

La serie LG è stata progettata dal biologo marino australiano David Lennon e dall' Arch. James



Gardiner; questo modulo, ispirato alle forme della Grande Barriera Corallina australiana è stato il primo ad essere concepito per essere realizzato mediante il processo di stampa 3D D-Shape. I primi moduli, realizzati nei laboratori D-Shape di Pisa nel 2011 manifestano grande effetto estetico e sono efficaci nell'attrarre specie marine di ogni tipo.

La serie RS , BG e TE sono progettate utilizzando algoritmi di geometria generativa.

Il modulo RS, dell'arch. Rossella Siani, si dimostra particolarmente efficace nella protezione delle specie ittiche allo stato giovanile ed è ideale per la realizzazione di giardini sottomarini

La serie BG è stata progettata dall'artista computazionale americano Bathesheba Grossman. La scultura, internamente cava, favorisce l'accesso alle specie ittiche allo stato giovanile.

La serie TE è un tetrapode ultraporoso. Il modulo è stato progettato da Computational Design Italy, nasce come elemento di dissipazione di energia e viene occupato come tana da pesci di varia tipologia.

I quindici dissuasori sono manufatti cementizi di 5 tonnellate a sei braccia (tre superiori deterrenti e tre inferiori che supportano la struttura) che per la loro mole e per la loro forma impediscono lo strascico, pena la perdita delle attrezzature.
Tale azione è già stata messa in opera nell'area antistante la termocentrale di Fiume Santo a protezione dei cavi sottomarini che periodicamente venivano danneggiati dallo strascico abusivo operato nella suddetta area nonostante fosse interdetta alla pesca. Il successo dell'operazione è dimostrato dalla presenza di reti a strascico impigliate nelle braccia dei dissuasori (Fig. 2).

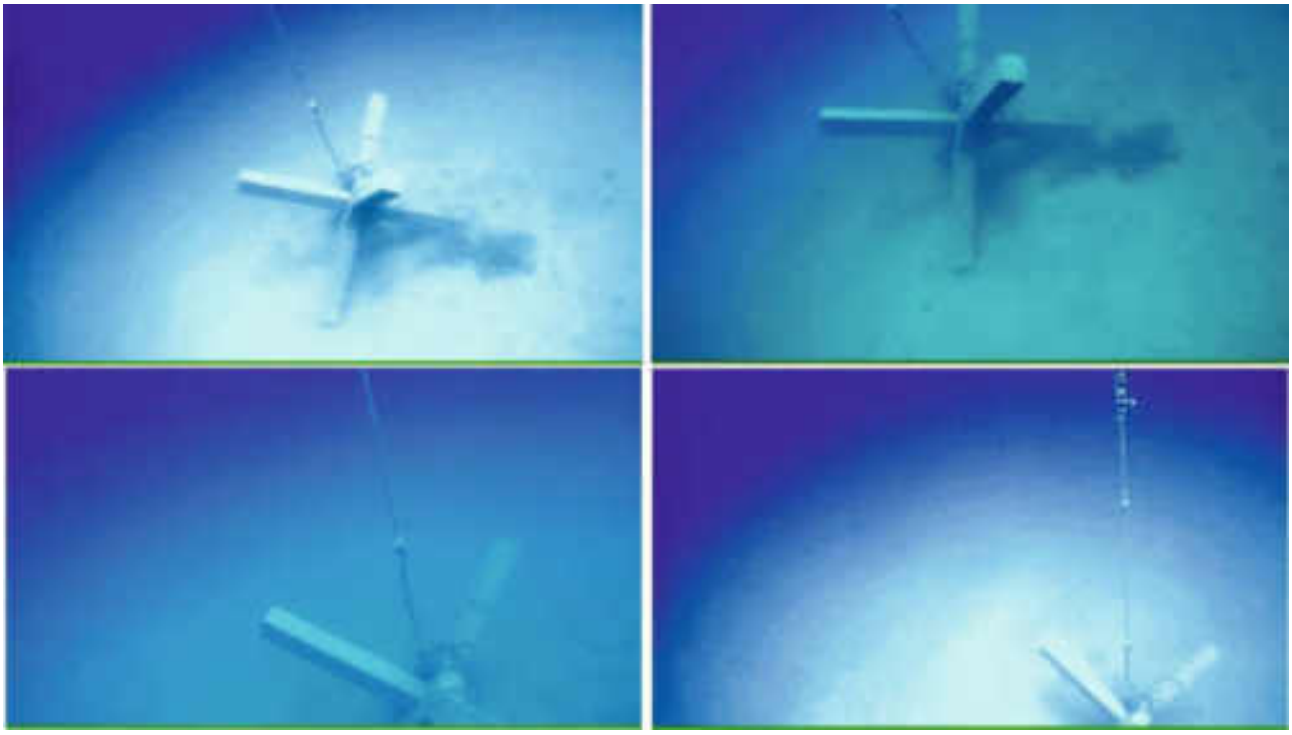


Figura 2 - Reti a strascico impigliate nei dissuasori

Il Dirigente della DTN
Ing. Alessandro Meloni

Firmato digitalmente da
Alessandro Meloni
CN = Alessandro Meloni
O = AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA
C = IT

Allegato B

Oggetto: Appalto per la progettazione definitiva ed esecutiva sulla base del progetto preliminare e per la realizzazione dei lavori per il prolungamento dell'Antemurale di Ponente e della Resecazione della banchina Alti Fondali del Porto Civico di Porto Torres. CIG 5630866220 – CUP B21G11000040001 – Programmazione Attuativa Regionale FSC 2007/2013. Linea di azione 6.1.2.A.1 Adeguamento delle infrastrutture portuali di rilievo nazionale. HUB portuale di Porto Torres.

Incontro traAdSP del Mare di Sardegna, il Prof. Paolo Guidetti del Genoa Marine Centre Stazione Zoologica Anton Dohrn, Prof. Andrea Cossu e Prof. Mario De Luca dell'Università di Sassari, Parco Nazionale Asinara e Area Marina protetta "Isola dell'Asinara" e le associazioni di pescatori operanti nell'AMP per il monitoraggio della fauna ittica.

VERBALE

Il giorno 29.03.2022 ore 15:00presso la sala del Museo del Porto sita in Via Antonietta Bassu a Porto Torres prende avvio l'incontro in oggetto alla presenza dei seguenti soggetti:

- l'Ing. Marco Mura e l'arch. Gessica Sferrazza Papa dell'AdSPdel Mare di Sardegna;
- il Prof. Paolo Guidetti del Marine Centre Stazione Zoologica Anton Dohrn;
- Dr. Aldo Zanello del Parco Nazionale Asinara e Area Marina protetta "Isola dell'Asinara";
- il Prof. Andrea Cossu e Dr. Mario De Luca dell'Università di Sassari;
- Massimo Mulas, sindaco di Porto Torres;
- T.V. (CP) Gabriele Pintus e T.V. (CP) Michele Lenti della Capitaneria di Porto di Porto Torres;
- Gianni Pintus dell'Associazione Generale Cooperative Italiane e di Punto Pesca;
- Mauro Steri, responsabile regionale di Legacoop Sardegna;
- Gavino Iacobini e Moroso di Co.Pe.Ga.

Introduce l'incontro l'Ing. Marco Mura e passa la parola al Prof. Cossu che ripercorre i punti salienti degli studi fatti illustrando le azioni ambientali in via di esecuzione per quel che concerne la prelevazione delle plantule di posidonia e il loro reimpianto presso la località di Abba Currente, in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alle prescrizioni del MiATTM n. 5.
Viene, poi, passata parola al Prof. Paolo Guidetti, il quale passa in rassegna la propria presentazione dal titolo "Creazione di un campo di moduli artificiali con funzioni multiple presso l'AMP «Isola dell'Asinara» e studio dei suoi effetti sulla fauna ittica" (allegata al presente verbale).
Il professore presenta il piano di monitoraggio della fauna ittica che dovrà eseguirsi in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alla prescrizione del MiATTM n.6:
<<Concordamento con Area Marina Protetta Isola Asinara dell'esatto posizionamento dei

dissuasori antistrascico e del Piano di Monitoraggio delle risorse ittiche e dei fondali, che dovrà essere avviato durante lo studio per il posizionamento di dissuasori e proseguito dopo il posizionamento delle strutture. Le attività di monitoraggio dovranno comprendere il monitoraggio del posidonieto che si intende salvaguardare secondo transetti, durata, cadenza e modalità con Ente parco Asinara e dovranno proseguire per almeno 5 anni dal completamento delle attività di posizionamento delle strutture; Il PMA dovrà essere presentato al MiATTM prima dell'avvio delle attività di cantiere.>>

Il professore spiega come il piano di campionamento, il cui disegno di tipo ACI (After Control Impact) verrà predisposto secondo le indicazioni da lui fornite (si veda la presentazione allegata), è finalizzato a valutare la fauna ittica dell'AMP associata al futuro posizionamento di due tipologie di moduli artificiali su fondali tra i 28 e 22 m:

- Modulo 1-tripodi in c.a.
- Modulo 2-tipologie rifugio per le specie marine costiere.

Effetti valutati in termini di:

- cambiamento della struttura dei popolamenti ittici in relazione all'introduzione dei moduli artificiali di tipo 1;
- apporto alla biodiversità della fauna ittica determinato dall'introduzione dei moduli di tipo 2.

Al termine della presentazione il Prof. Guidetti si rivolge alle associazioni dei pescatori così da instaurare un dialogo cooperativo con coloro che verranno coinvolti nelle operazioni di pesca previste dal piano di monitoraggio.

Le cooperative di pescatori presenti, trattandosi di un intervento migliorativo nell'ottica dell'aumento delle specie marine costiere che popolano l'habitat in questione, si rendono disponibili nel prendere parte al progetto di monitoraggio seppur muovendo le seguenti osservazioni:

- I dissuasori previsti in prossimità dei blocchi di ripopolamento vengono ritenuti dai pescatori della piccola pesca pericolosi anche per le loro reti e chiedono se possono essere spostati più a levante per contrastare le attività dei pescatori che portano avanti l'attività illegale della pesca a strascico. Viene, infatti, sottolineato come questa pratica sia ancora largamente diffusa nella porzione di mare più a levante rispetto all'area individuata per il monitoraggio. Viene spiegato come ciò non fosse l'obiettivo dell'azione in programma, ma piuttosto che tali dissuasori saranno installati a protezione dei blocchi di ripopolamento previsti, in modo tale da garantire la loro posizione in loco per tutta la durata del monitoraggio (5 anni). Il Dr. Zanello precisa inoltre che i dati in loro possesso confermano che alcuni solchi rilevati nell'area sono recenti rendendo ragione quindi della protezione. Precisa inoltre che la stessa è stata scelta anche poiché soggetta a bassa pressione di pesca come dimostrano i risultati del monitoraggio dei segnali di pesca eseguito nel corso di diversi anni.
- L'importo forfettario ad personam previsto per il pescatore che verrà coinvolto

nell'operazione di pesca di euro 200 annunciato dal Prof. Guidetti viene considerato basso rispetto ai costi che i pescatori sosterrebbero. In risposta a tale commento il prof. Guidetti sottolinea che si tratta di una cifra simbolica e non un rimborso spese; funge, infatti, da riconoscimento della collaborazione offerta dai pescatori e viene sottolineato come un eventuale esito positivo dell'azione di ripopolamento andrebbe a vantaggio dei pescatori che operano in quel bacino di pesca. Si precisa inoltre che la dislocazione dei moduli e dei dissuasori sarà tale da rendere possibile ed agevole l'attività di pesca inerente al monitoraggio in oggetto.

- Il sindaco Mulas interviene incentivando le cooperative dei pescatori a collaborare riconoscendo la finalità della richiesta del Prof. Guidetti.

Verso il termine dell'incontro si conviene di comune accordo che si procederà ad indire una manifestazione d'interesse per la selezione dei pescatori che aderiranno al progetto di monitoraggio della fauna ittica, che dovrà essere eseguito secondo le indicazioni fornite dal Prof. Guidetti.
Il Dr. Zanello fornirà all'AdSP i contatti di tutti i pescatori autorizzati ad operare nell'AMP così da poter procedere con l'invio degli inviti alla partecipazione della manifestazione d'interesse, che sarà predisposta dall'AdSP.

Alle ore 17.15l'incontro ha termine.

Di quanto sopra, viene redatto il presente verbale che, letto e confermato, viene sottoscritto.

Paolo Guidetti

Firmato digitalmente da Paolo Guidetti
Data: 2022.04.14 14:23:16 +02'00'

Prof. Andrea Cossu

Aldo Angelo Zanello

Firmato digitalmente da
marco mura
CN = mura marco
C = IT

Allegato B1

Autorità di Sistema Portuale
del Mare di Sardegna

Creazione di un campo di moduli artificiali con funzioni multiple presso l'AMP «Isola dell'Asinara» e studio dei suoi effetti sulla fauna ittica

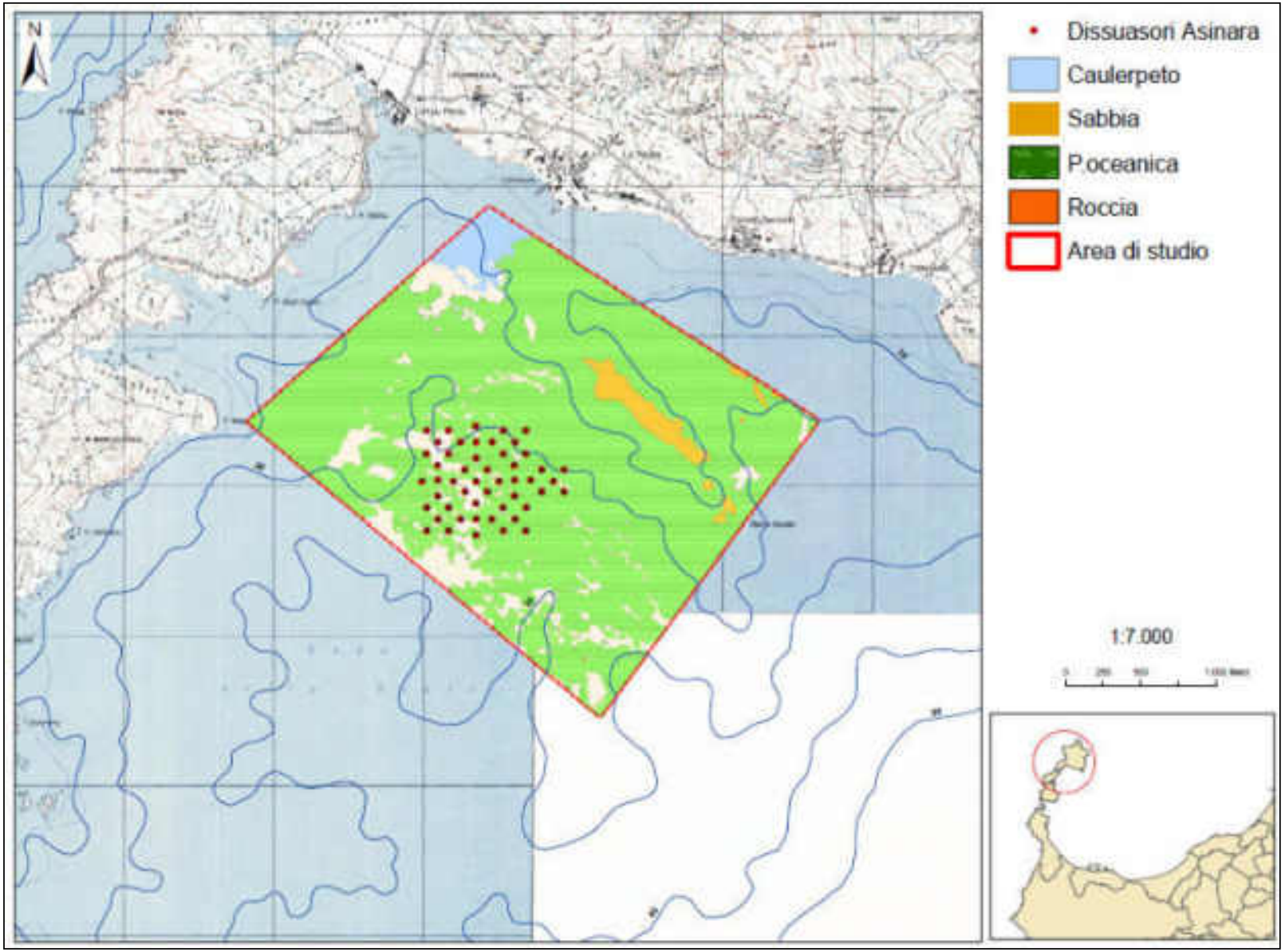
Paolo Guidetti

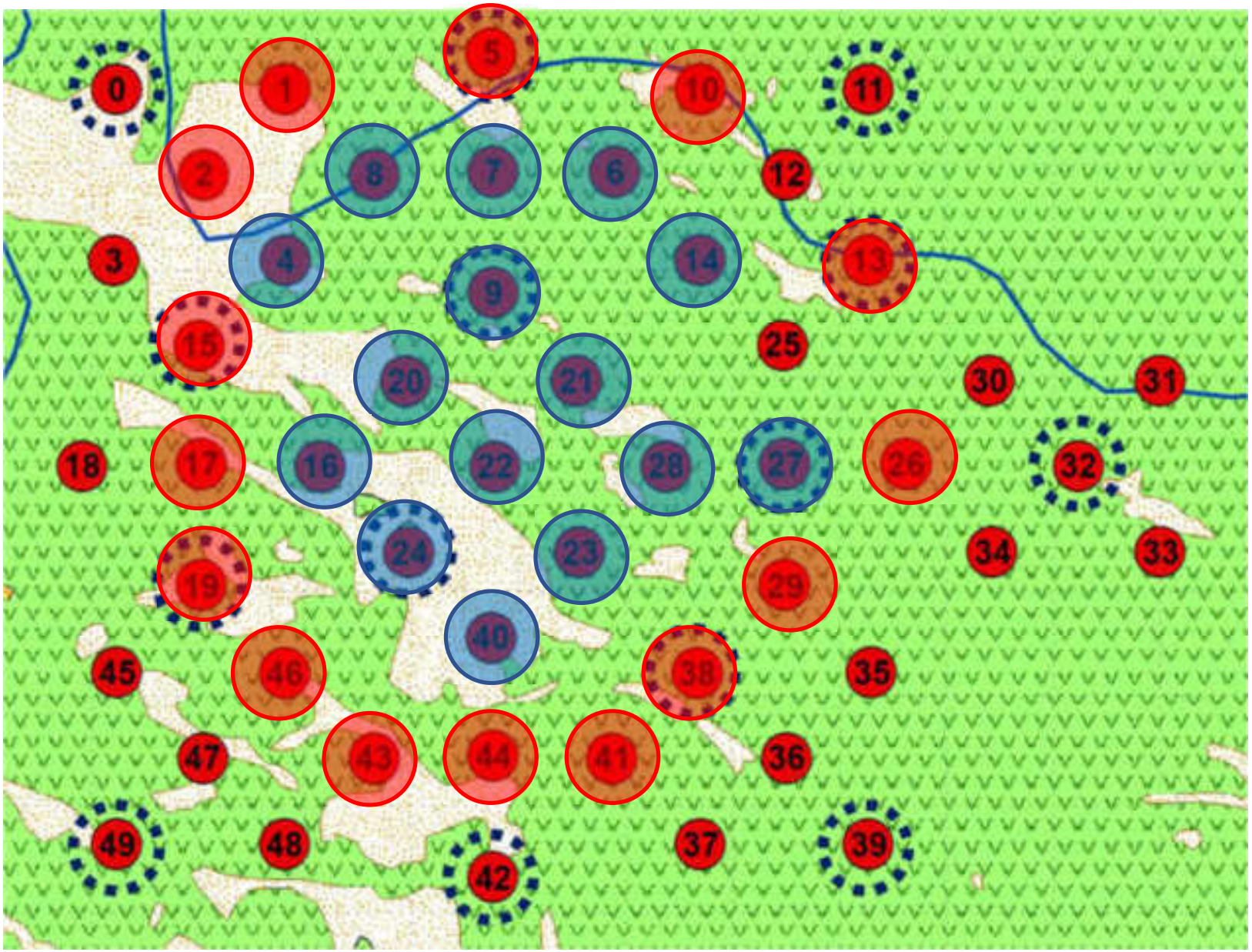
Genoa Marine Centre, Stazione Zoologica Anton Dohrn

Istituto Nazionale di Biologia, Ecologia e Biotecnologie Marine

Genova, Italia (paolo.guidetti@szn.it)

Zona di intervento





Campionati before

Tipo 1

Tipo 2

Localizzazione dei moduli

Posidonia e sabbia/fango

(18-22 m)

Moduli tipo 1:

antistrascico illegale

Moduli tipo 2: supporto alla biodiversità e risorse alieutiche per piccola pesca e subacquea

Monitoraggio per 5 anni dopo la posa:

1) Censimenti visual in immersione
2) Pescate sperimentali

Pescate sperimentali:

1) selezione operatori (almeno due)

2) questionario preparatorio

3) foto-campionamento delle pescate

(scarto incluso)

Disegno di campionamento:

- totale di 40 pescate con rete fissa nei 5 anni dopo la posa;
- 8 pescate/anno, di cui 4 a ridosso o entro i moduli e 4 a distanza di 500-1000m in ambiente ‘naturale’;
- periodo di raccolta dati: luglio-inizio agosto, in occasione delle campagne a mare di censimento subacqueo.

Gratificazione per la partecipazione:

Per ogni pescata, che sarà poi commercializzata come gli operatori vogliono, verrà riconosciuta una gratificazione forfettaria di 200 euro (nei progetti solitamente è pari a 100 euro).

Si chiede ai partecipanti di:

- rendersi disponibili in date concordate per un questionario di circa mezz'ora;
- rendersi disponibili nelle date di campionamento, concordando lo strumento di pesca ed aiutando l'operatore a ordinare le pescate per le foto;
- condividere informazioni utili alla pianificazione delle attività.

Grazie per l’attenzione

paolo.guidetti@szn.it

Allegato C

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna

AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA
(ex AUTORITÀ PORTUALE NORD SARDEGNA)

APPALTO DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA SULLA BASE DEL PROGETTO PRELIMINARE E PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI PER IL PROLUNGAMENTO DELL'ANTEMURALE DI PONENTE E DELLA RESECAZIONE DELLA BANCHINA ALTI FONDALI DEL PORTO CIVICO DI PORTO TORRES. CIG 5630886220; CUP B21G11000040001

PROGETTO ESECUTIVO

R12	QUADRO ECONOMICO DELL'INTERVENTO Doc.:10960	DATA Marzo 2020

Rev. n.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	APPROVATO
00	Emissione	Marzo 2020	RTP	ing. M.Pittori
01	Revisione in sede di verifica progettuale da parte di CONTECO Check	Giugno 2020	RTP	ing. M.Pittori
02	Adeguamento alla Determina CCT n. 2 del 14.07.2021	Giugno 2022	RTP	ing. M.Pittori

Impresa

sales

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti

SEACON

Dott. Ing. Lucio Abbadessa

SEACON s.r.l.
l'Amministratore Unico
Dott. Ing. Lucio Abbadessa

CEOTECHNICAL DESIGN GROUP

Dott. Arch. Rosalba Palazzotto

Geotechnical Design Group srl
Corso d'Italia, 97, sc. A int. 14
00198 ROMA
P.IVA: 13325521005

INTERPROGETTI

Dott. Ing. Marco Pittori

Interprogetti S.r.l.
Amm. Delegato
Ing. Marco Pittori

Dott. Ing. MARCO PITTORI
ORDINE INGEGNERI ROMA
N 18626

Responsabile dell'integrazione fra le varie prestazioni specialistiche: ing. Marco Pittori

AUTORITÀ SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA

PORTO TORRES - PROLUNGAMENTO DELL'ANTEMURALE DI PONENTE E RESECAZIONE BANCHINA ALTI FONDALI - 1° E 2° STRALCIO

QUADRO ECONOMICO

LAVORI	IMPORTI	PARZIALI	TOTALE
I° STRALCIO - Prolungamento Antemurale di Ponente	€ 20.036.232,59		
II° STRALCIO - Prolungamento Antemurale di Ponente	€ 886.720,10		
III° STRALCIO - Resecazione Banchina Alti Fondali	€ 3.393.706,28		
sommano		**€ 24.316.658,97**	
Adequmenti C.S.LL.PP.			
Aspetti geotecnici - 3) Eliminazione cassone	-€ 24.644,79		
Aspetti idraulici marittimi - incrementi sfiati celle antirisacca	€ 14.630,62		
Aspetti idraulici marittimi - cassoni molo di levante celle antirisacca	-€ 34.397,83		
sommano		**-€ 44.412,00**	
Decreto MATTM			
Rilascio autorizzazione ex art. 109 D. Lgs. 152/2006	€ 28.594,11		
Eliminazione isole ecologiche; piantumazioni, impianto fotovoltaico	-€ 56.817,22		
Costruzione e posa dissuasori antistrascico	€ 149.471,07		
Fornitura e posa di moduli di ripopolamento ittico	€ 333.953,70		
Spostamento e reimpianto posidonia	€ 0,00		
Pietrame in scapoli per rimbonimento scanno di imbasamento cassoni dopo asportazione posidonia	€ 534.438,00		
Boe d'ormeggio	€ 329.459,22		
Spostamento Fortino e madonnina	€ 386.205,39		
Monitoraggio della fauna ittica e dei fondali - solo Ante Operam	€ 95.070,13		
Piano di Monitoraggio Ambientale - solo Ante Operam	€ 130.000,00		
Bonifica sistematica superficiale per recupero delle masse ferromagnetica	€ 107.880,00		
Studi per servizi tecnici ambientali - studio su sistemi antistrascico	€ 14.960,00		
Studi per servizi tecnici - ambito cantieristico e ambito urbanistico	€ 41.800,00		
Studi per servizi tecnici archeologici	€ 14.960,00		
Mappatura Posidonie e indagini sui sedimenti marini	€ 18.265,00		
Oneri aggiuntivi indagini archeologiche / biologiche	€ 106.000,00		
sommano		**€ 2.234.239,40**	
Determina n. 2 CCT			
Oneri per trasporto cassoni da sito prefabbricazione Piombino (determina n. 2 CTC)	€ 764.000,00		
sommano		**€ 764.000,00**	
sommano			**€ 27.270.486,37**
ONERI PER LA SICUREZZA			
Oneri per la sicurezza	€ 449.847,52		
Adeguamento oneri sicurezza per Decreto VIA / C.S.LL.P	€ 104.390,70		
Adeguamento oneri sicurezza per Nuovo sito di prefabbricazione cassoni Porto Torres	€ 0,00		
sommano		**€ 554.238,22**	
PROGETTAZIONI			
Importo per progettazione Definitiva	€ 384.409,39		
Importo per progettazione Esecutiva	€ 297.132,70		
Oneri previdenziali e professionali (compresi studi specialistici)	€ 30.130,48		
sommano		**€ 711.672,57**	
Importo totale contratto per lavori, progettazioni e studi - QUADRO A			**€ 28.536.397,16**

SOMME A DISPOSIZIONE AMMINISTRAZIONE

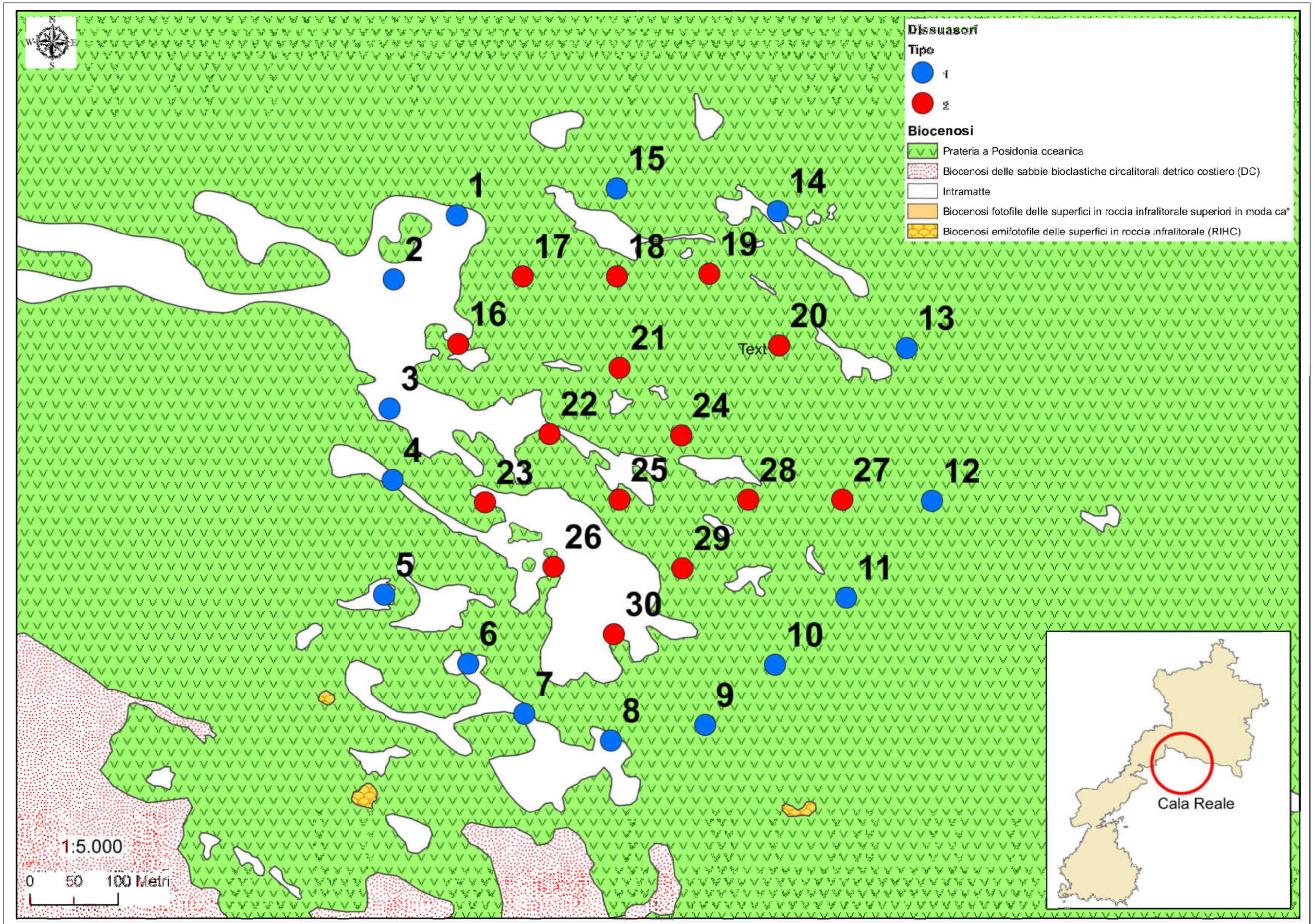
QUADRO B	IMPORTI	PARZIALI	TOTALE
Lavori in economia	€ 42.120,00		
Piano di caratterizzazione geognostico/geotecnica/ambientali onnicomprensivo	€ 200.000,00		
Allacciamento pubblici servizi	€ 10.000,00		
Incentivo art 92 D.Lgs 12 Aprile 2006 n.163 + irap	€ 640.000,00		
Imprevisti	€ 784.827,43		
Spese per attività archeologica onnicomprensiva	€ 349.898,75		
Servizi di sorveglianza archeologica e schedatura e studio dei materiali archeologici	€ 650.101,25		
Collaudo tecnico amministrativo e statico Commissione giudicatrice onnicomprensivo	€ 250.000,00		
Spese di pubblicità, spese per rimborso missioni dipendenti	€ 90.000,00		
Spese per accertamenti di laboratori consulenze	€ 55.000,00		
Contributo AVCP	€ 5.000,00		
Accantieramento per accordo bonario	€ 1.095.000,00		
Contributo VIA Statale	€ 17.000,00		
Validazione del progetto definitivo ed esecutivo	€ 36.393,57		
Accordo di studio AdSP - DADU	€ 50.000,00		
Piano di Monitoraggio Ambientale - corso d'opera e Post Operam	€ 605.922,90		
Monitoraggio della fauna ittica e dei fondali - corso d'opera e Post Operam	€ 92.572,50		
Direttore operativo	€ 93.851,53		
Contributo CSLL.PP.	€ 12.557,22		
Modellistica correntometrica	€ 32.988,80		
Integrazione monitoraggio fauna ittica Ante operam	€ 27.037,64		
Accordo di ricerca AdSP - DADU per trapianto posidonia e monitoraggio	€ 1.583.800,00		
Totale somme a disposizone dell'Amministrazione - QUADRO B		**€ 6.724.071,59**	
QUADRO C	**IMPORTI**	**PARZIALI**	**TOTALE**
A.6 - Monitoraggio delle risorse ittiche dei fondali (CO PO)	€ 0,00		
A.5.3 - Reimpianto di posidonia - Monitoraggio quinquennale (CO PO)	€ 0,00		
A.8 - Piano di monitoraggio (Acqua, costa, pocket beach, mammiferi) CO PO	€ 0,00		
Trasporto cassoni	€ 1.000.000,00		
Progettazioni e cassa	€ 0,00		
Totale somme a disposizone dell'Amministrazione - QUADRO C		**€ 1.000.000,00**	
TOTALE			**€ 7.724.071,59**

TOTALE QUADRO A + B+ C			**€ 36.260.468,75**

Allegato D

Allegato A al Decreto n. 363 del 17.10.2022		
QUADRO ECONOMICO DELL'INTERVENTO - ANTEMURALE DI PONENTE - RESECAZIONE ALTI FONDALI		
DESCRIZIONE QUADRO ECONOMICO	***Quadro Economico variante Decreto 533/2019***	***Quadro Economico rimodulato Decreto 363/2022***
LAVORI		
I° STRALCIO-Prolungamento Antemurale di Ponente	€ 20 036 232,59	€ 20 036 232,59
II° STRALCIO-Prolungamento Antemurale di Ponente	€ 886 720,10	€ 886 720,10
II° STRALCIO-Taglio Banchina Alti Fondali	€ 3 393 706,28	€ 3 393 706,28
ADEGUAMENTI CSLL.PP.		
Aspetti geotecnici - 3) Eliminazione cassone	-€ 24 644,79	-€ 24 644,79
Aspetti idraulici marittimi - incremento sfiati celle antirisacca	€ 14 630,62	€ 14 630,62
Aspetti idraulici marittimi - cassoni molo di levante celle antirisacca	-€ 34 397,83	-€ 34 397,83
Aspetti relativi alla sicurezza - disponibilità e funzionalità aree di cantiere		
DECRETO MATTM		
Indagini archeologiche/indagini di biologia marina sullo stato della posidonia		
Punto A.2 - A.3 - Autorizzazione ex art 109 dlgs 152/2006 e indagini punto P1		
Punto A.4) Compensazioni ambientali - Dissuasori		
A.4.1 - Eliminazione Isole ecologiche/imp.fotovoltaico/piantumazioni	-€ 56 817,22	-€ 56 817,22
A.4.2 - Pref. e posa in opera dissuasori a carico dell'Impresa	€ 51 436,24	
A.4.3 - Pref. e posa in opera dissuasori a carico dell'Amministrazione	€ 270 040,26	
Punto A.4 - Pref. e posa in opera dissuasori NP30 e NP moduli ripopolamento		€ 483 424,77
Punto A.5) Praterie posidonie		
A.5.1 - Spostamento e reimpianto posidonie	€ 1 590 197,40	
A.5.2 - Ripristino quote fondali con pietrisco di cava	€ 534 438,00	€ 534 438,00
Punto A.9) Boe di tonneggio	€ 329 459,22	€ 329 459,22
Punto B1.a-B2.e Spostamento fortino e Madonnina	€ 386 205,39	€ 386 205,39
PROGETTAZIONE		
Importo per Progettazione Definitiva	€ 384 409,39	€ 384 409,39
Importo per Progettazione Esecutiva	€ 297 132,70	€ 297 132,70
STUDI		
Spese per studi Marittimi per adeguamento progetto VIA 35/2018	€ 41 800,00	€ 41 800,00
Spese per studi Ambientali per adeguamento progetto VIA 35/2018	€ 14 960,00	€ 14 960,00
Spese per studi Archeologici per adeguamento progetto VIA 35/2018	€ 14 960,00	€ 14 960,00
ONERI PREVIDENZIALI STUDI E PROGETTAZIONI		
Oneri previdenziali professionali (4%)	€ 30 130,48	€ 30 130,48
Attività di mappatura posidonia e indagini sedimenti marini a supporto degli studi	€ 18 265,00	€ 18 265,00
SERVIZI		
Servizi previsti nell'ambito dei lavori per prescrizioni VIA 35/2018		
Indagini archeologiche/indagini di biologia marina sullo stato della posidonia	€ 106 000,00	€ 106 000,00
Punto A.2 - A.3 - Autorizzazione ex art 109 dlgs 152/2006 e indagini punto P1	€ 28 594,11	€ 28 594,11
Punto A.6) Monitoraggi delle risorse ittiche dei fondali	€ 95 070,13	€ 95 070,13
A.5.3 - Riempianto posidonia - Monitoraggio quinquennale		
Punto A.8) PMA (acqua, aria, suolo, costa, pocket beach , AO)	€ 130 000,00	€ 130 000,00
Bonifica Ordigni Bellici		
bonifica e recuperi delle masse ferromagnetiche	€ 107 880,00	€ 107 880,00
ONERI PER LA SICUREZZA		
Oneri per la sicurezza 1,50%	€ 449 847,52	€ 449 847,52
Adeguamento Oneri per la Sicurezza per Decreto VIA/C.S.LL.P.	€ 104 390,70	€ 104 390,70
Adeguamento oneri sicurezza per Nuovo sito di prefabbricazione cassoni Porto Torres	€ 40 000,00	
Oneri per Trasporto cassoni Determina n. 2 CCT		€ 764 000,00
Importo totale lavori -- Quadro A	**€ 29 240 646,29**	**€ 28 536 397,16**
Somme a disposizione dell'Amministrazione		
a) IVA sui lavori (non imponibile IVA ai sensi dell'art.9 comma 1 n.6 del D.P.R. 633/72		
b) Lavori in economia	€ 42 120,00	€ 42 120,00
c) Piano di caratterizzazione geognostiche/geotecnica/ambientali onnicomprensivo	€ 200 000,00	€ 200 000,00
d) Allacciamento pubblici servizi	€ 10 000,00	€ 10 000,00
e) per incentivo art.92 D.lgs 12 aprile 2006 n.163 +Irap	€ 640 000,00	€ 640 000,00
f) Imprevisti	€ 1 264 999,99	€ 779 827,43
g) Spese per attività archeologica onnicomprensivo	€ 1 000 000,00	€ 349 898,75
j) Servizi di sorveglianza archeologica e schedatura e studio dei materiali archeologici		€ 650 101,25
h) Collaudo tecnico amministrativo e statico Commissione giudicatrice onnicomprensivo	€ 250 000,00	€ 250 000,00
i) Spese di pubblicità -copie cartoleria e softwares di supporto al lavoro,spese per missioni dipendenti	€ 90 000,00	€ 90 000,00
l) Spese per accertamenti di laboratori consulenze	€ 55 000,00	€ 24 000,00
m) Contributo AVCP	€ 5 000,00	€ 5 000,00
n) Accantonamento per accordo bonario	€ 1 095 000,00	€ 1 095 000,00
o) Contributo VIA Statale - 0,5/1000 di € 34.000.000,00	€ 20 000,00	€ 23 000,00
p) Spese per studi specialistici ambientali		€ 25 000,00
q) Validazione del Progetto definitivo ed esecutivo	€ 200 000,00	€ 36 393,57
r) Accordo di Studio AdSP - DADU		€ 50 000,00
s) Punto A.8) PMA (acqua, aria, suolo, costa, pocket beach , DO e PO)		€ 605 922,90
t) Punto A.8.a) PMA (monitoraggio mammiferi , DO e PO)		€ 92 572,50
u) Direttore operativo		€ 93 851,53
v) Contributo CSLL.PP.		€ 12 557,22
z) Modellistica correntometrica		€ 32 988,80
w) Punto A8.a) integrazione monitoraggio mammiferi ante operam		€ 32 037,64
ww) Accordo di ricerca AdSP - DADU per trapianto posidonia e monitoraggio punti A5) e A6)		€ 1 583 800,00
Totale Somme a disposizione dell'Amministrazione -- Quadro B	**€ 4 872 119,99**	**€ 6 724 071,59**
a) Trasporto cassoni Determina n. 2 CCT	€ 1 194 987,00	€ 1 000 000,00
Totale Somme a disposizione dell'Amministrazione -- Quadro C	**€ 2 147 702,47**	**€ 1 000 000,00**
Importo TOTALE Quadro A+B+C	**€ 36 260 468,76**	**€ 36 260 468,76**

Allegato E



DISSUASORI - COORDINATE

Dissuasore	Tipo	N	E
NP30			
1	1	41° 2' 47,561" N	8° 17' 14,053" E
2	1	41° 2' 45,167" N	8° 17' 11,011" E
3	1	41° 2' 40,417" N	8° 17' 10,857" E
4	1	41° 2' 37,785" N	8° 17' 11,022" E
5	1	41° 2' 33,550" N	8° 17' 10,659" E
6	1	41° 2' 31,046" N	8° 17' 14,777" E
7	1	41° 2' 29,204" N	8° 17' 17,524" E
8	1	41° 2' 28,250" N	8° 17' 21,762" E
9	1	41° 2' 28,846" N	8° 17' 26,324" E
10	1	41° 2' 31,086" N	8° 17' 29,709" E
11	1	41° 2' 33,585" N	8° 17' 33,160" E
12	1	41° 2' 37,173" N	8° 17' 37,280" E
13	1	41° 2' 42,792" N	8° 17' 35,993" E
14	1	41° 2' 47,812" N	8° 17' 29,666" E
15	1	41° 2' 48,590" N	8° 17' 21,816" E
NP41			
16	2	41° 2' 42,812" N	8° 17' 14,173" E
17	2	41° 2' 45,309" N	8° 17' 17,282" E
18	2	41° 2' 45,338" N	8° 17' 21,851" E
19	2	41° 2' 45,469" N	8° 17' 26,350" E
20	2	41° 2' 42,857" N	8° 17' 29,787" E
21	2	41° 2' 41,983" N	8° 17' 22,023" E
22	2	41° 2' 39,536" N	8° 17' 18,640" E
23	2	41° 2' 36,987" N	8° 17' 15,531" E
24	2	41° 2' 39,524" N	8° 17' 25,050" E
25	2	41° 2' 37,131" N	8° 17' 22,075" E
26	2	41° 2' 34,633" N	8° 17' 18,898" E
27	2	41° 2' 37,198" N	8° 17' 32,916" E
28	2	41° 2' 37,170" N	8° 17' 28,348" E
29	2	41° 2' 34,620" N	8° 17' 25,171" E
30	2	41° 2' 32,174" N	8° 17' 21,856" E

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna

AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA
(ex AUTORITÀ PORTUALE NORD SARDEGNA)

APPALTO DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA SULLA BASE DEL PROGETTO PRELIMINARE E PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI PER IL PROLUNGAMENTO DELL'ANTEMURALE DI PONENTE E DELLA RESECAZIONE DELLA BANCHINA ALTI FONDALI DEL PORTO CIVICO DI PORTO TORRES. CIG 5630886220; CUP B21G11000040001

PROGETTO ESECUTIVO

DIS-T1	DISSUASORI - PLANIMETRIA POSIZIONAMENTO Doc.:11174	SCALA 1:5000 DATA Marzo 2020

Rev. n.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	APPROVATO
00	Emissione	Marzo 2020	Arch. Simone Perticarini	ing. M.Pittori
01	Revisione a seguito prescrizioni Decreto VIA n.35 del 06.02.2018	Sett. 2022	Arch. Francesca R. Monass	ing. M.Pittori

Impresa

sales

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti

SEACON — Dott. Ing. Lucio Abbadessa
SEACON s.r.l.
l'Amministratore Unico
Dott. Ing. Lucio Abbadessa

GEOTECHNICAL DESIGN GROUP — Dott. Arch. Rosalba Palazzotto
Geotechnical Design Group srl
Corso d'Italia, 97, sc. A int. 14
00199 ROMA
P.IVA 13025021003

INTERPROGETTI — Dott. Ing. Marco Pittori
Interprogetti S.r.l.
Amm. Delegato
Ing. Marco Pittori

ORDINE INGEGNERI ROMA n. 18626

Responsabile dell'integrazione fra le varie prestazioni specialistiche: ing. Marco Pittori

Allegato F

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna

AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA
(ex AUTORITÀ PORTUALE NORD SARDEGNA)

APPALTO DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA SULLA BASE DEL PROGETTO PRELIMINARE E PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI PER IL PROLUNGAMENTO DELL'ANTEMURALE DI PONENTE E DELLA RESECAZIONE DELLA BANCHINA ALTI FONDALI DEL PORTO CIVICO DI PORTO TORRES. CIG 5630886220; CUP B21G11000040001

PROGETTO ESECUTIVO

DIS-R1	DISSUASORI RELAZIONE TEC. STRUTTURALE Doc.:11176	SCALA DATA Marzo 2020

Rev. n.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	APPROVATO
00	Emissione	Mar. 2020		ing. M.Pittori
01	Revisione in sede di verifica progettuale da parte di CONTECO Check	Giu. 2020		ing. M.Pittori
02	Revisione a seguito prescrizioni Decreto VIA n.35 del 06.02.2018	Sett. 2022	Arch. Francesca R. Monass	ing. M.Pittori

Impresa

sales

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti

SEACON

Dott. Ing. Lucio Abbadessa

SEACON s.r.l.
l'Amministratore Unico
Dott. Ing. Lucio Abbadessa

CEOTECHNICAL DESIGN GROUP

Dott. Arch. Rosalba Palazzotto

Geotechnical Design Group srl
Corso d'Italia, 97, sc. A int. 14
00198 ROMA
P.IVA: 13225521006

INTERPROGETTI

Dott. Ing. Marco Pittori

Interprogetti S.r.l.
Amm. Delegato
Ing. Marco Pittori

Dott. Ing. MARCO PITTORI
ORDINE INGEGNERI ROMA
N. 18626

Responsabile dell'integrazione fra le varie prestazioni specialistiche: ing. Marco Pittori

SOMMARIO

1. DESCRIZIONE DELL'OPERA 3
1.1. Prolungamento antemurale di Ponente 3
2. DISSUASORI ANTISTRASCICO 4
3. CRITERI DI PROGETTO 7
3.1. Moto ondoso 7
3.2. Corrente marina 8
3.3. Sollecitazioni dovute al sisma 9
3.4. Sollecitazioni dovute al trascinamento delle reti 9
3.5. Conclusioni 10
3.6. Verifica al ribaltamento 11
3.7. Verifica allo schiacciamento 12
3.8. Verifica allo scorrimento per azione dovute alle correnti marine 12
4. MODELLO DI CALCOLO 13
4.1. Premessa 13
4.2. Modellazione 13
4.3. Tipo di calcolo - analisi orizzontale dinamica lineare 15
4.4. Combinazioni di carico 17
5. VERIFICHE 22
6. DATI 28
6.1. Fattori di struttura 30
6.2. Elenco e Caratteristiche dei materiali 30
6.3. Elenco e Caratteristiche delle sezioni trasversali 31
6.4. Geometria Struttura 31
7. RISULTATI DI CALCOLO 33
7.1. Risultati Condizioni 33
7.2. Risultati Condizioni (Sisma X) 34
7.3. Risultati Condizioni (Sisma Y) 35
7.4. Risultati Condizioni (azione di strascico) 36
7.5. Inviluppi 36
7.6. Verifica Aste 41

7.7. Riassunto dei Risultati. 46

1. DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'intervento si compone di due macro opere:

1. *prolungamento del molo di ponente;*
2. *resecazione del molo di levante.*

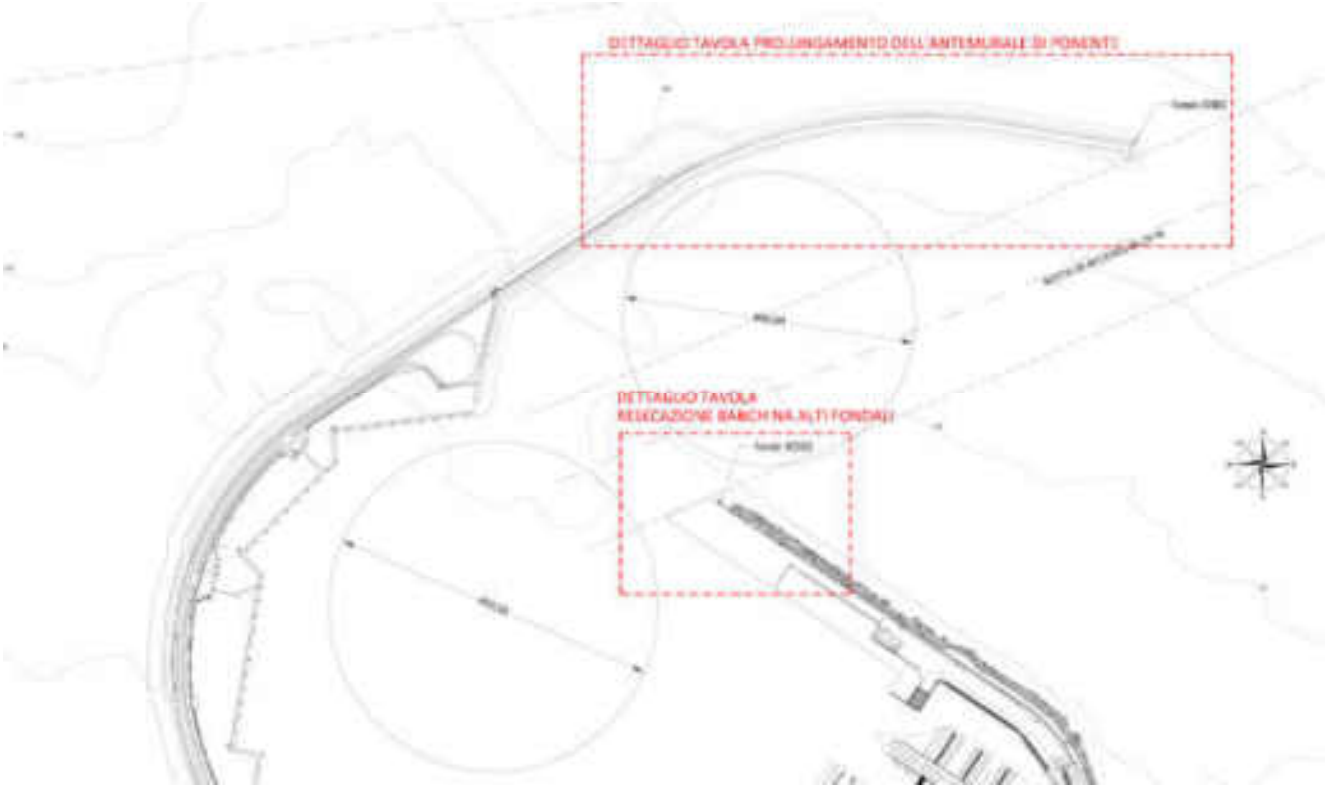


Figura 1 –planimetria di progetto definitivo

Figura 2 – confronto stato dei luoghi e fotoinserimento dell'opera di progetto

1.1. Prolungamento antemurale di Ponente

Il prolungamento dell'antemurale di Ponente previsto dall'adeguamento tecnico funzionale (ATF) è radicato all'esterno della diga di Ponente con un ampio raccordo e presenta un andamento curvilineo

con uno sviluppo complessivo di 680 m (realizzata con cassoni cellulari), in modo da delimitare la nuova imboccatura più al largo dell'attuale e proteggere un ampio specchio acqueo avamportuale destinato all'attenuazione del moto ondoso ed alle manovre delle navi. Il progetto esecutivo è coerente con gli altri livelli di progettazione in termini di sagoma, curvatura, orientamento e lunghezza.
L'assetto planimetrico della nuova diga frangiflutti, rappresentato nei disegni di progetto, ne evidenzia il tracciato inizialmente rettilineo orientato a nordest e quindi curvo con asse diretto a est e convessità lato mare. La porzione dell'opera più esposta al moto ondoso è quella terminale esterna che si presenta con asse pressoché ortogonale alla direzione prevalente delle onde di tempesta provenienti dal settore di traversia principale (Nord – NordEst).
Per quanto riguarda la tipologia strutturale dell'opera la scelta progettuale è ricaduta sulla tipologia a cassoni cellulari.
La debole variabilità e la profondità dei fondali rendono vantaggiosa da numerosi punti di vista la soluzione di diga a parete verticale almeno per il tratto maggiormente esposto agli eventi ondosi.
I vantaggi consistono nel minore costo dell'opera, rispetto a quella equivalente a scogliera, nel minore tempo di esecuzione e nel minore impatto ambientale sia ad opera eseguita (minore impronta della sezione di base) sia durante la costruzione (minore traffico di automezzi per il trasporto di materiale, minore sfruttamento delle cave terrestri, minore intorbidimento delle acque). Inoltre l'opera a parete verticale comporta oneri di manutenzione molto ridotto.
Inoltre le pareti dei cassoni sono perforate sia lato mare che lato porto con la formazione di camere interne. La scelta di introdurre celle antiriflettenti anche lato porto costituisce una miglioria di progetto definitivo tesa innanzi tutto a migliorare la navigabilità nel bacino portuale. Una buona capacità antiriflettente ha favorevoli conseguenze sulla sicurezza della navigazione, nonché sulla riduzione delle forze, dei sormonti e dei rischi di erosione al piede. Sono presenti anche aperture sulle pareti divisorie trasversali che incrementano l'efficacia dissipativa delle camere soprattutto per i prevalenti moti ondosi obliqui.

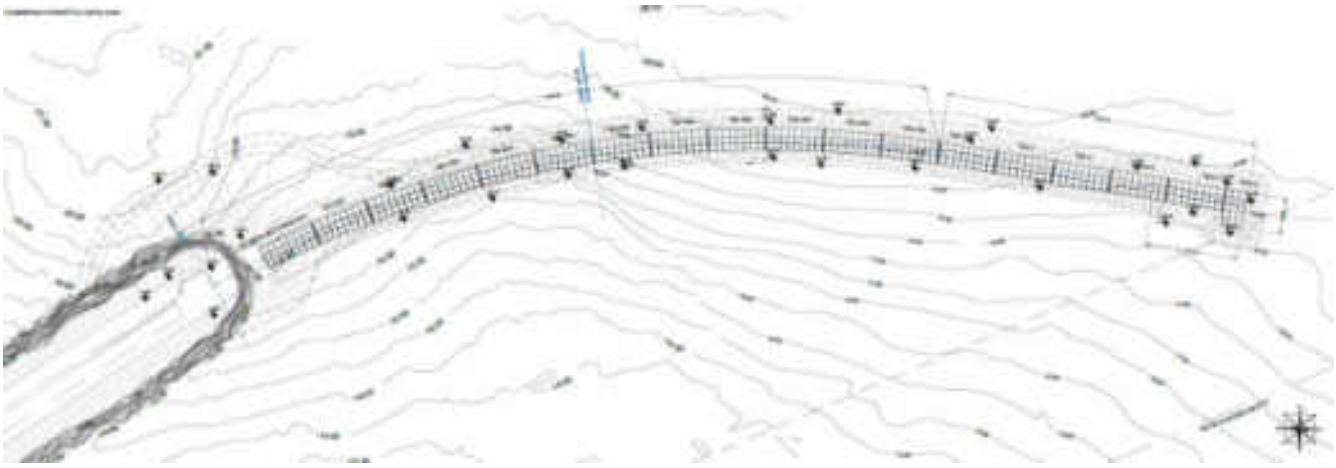


Figura 3 – planimetria di progetto prolungamento molo di ponente.

2. DISSUASORI ANTISTRASCICO

Relativamente alle opere di compensazione con dissuasori antistrascico, AP NORD Sardegna ha individuato nell'Area Marina Protetta del Parco dell'Asinara il Sito di elevato interesse naturalistico da tutelare e salvaguardare dagli effetti della pesca a strascico illegale che a da alcuni anni viene condotta in tali aree.

Lo spettabile Parco Asinara formale ha fornito disponibilità e relativo nulla osta all'accoglimento della richiesta, formulata dalla AP NORD Sardegna, di posizionamento di dissuasori antistrascico a protezione degli habitat marini presenti presso le proprie aree protette.
Si riporta quindi di seguito una sintesi conclusiva della proposta condivisa con l'Ente Parco Asinara per il posizionamento di una serie di strutture antistrascico da distribuire nell'area protetta. Le aree definite per il posizionamento delle strutture antistrascico vengono discriminate in base alle seguenti tipologie:

- *due zone in cui è stata documentata l'incidenza della pesca a strascico: "Zona a media incidenza pesca a strascico" e "Zona ad alta incidenza pesca a strascico";*
- *una "Zona ad alta vulnerabilità" in quanto parzialmente ubicata all'interno della zona A di Punta Scorno (parte settentrionale della AMP) e spesso indicata dai pescatori artigianali come soggetta ad attività di strascico;*
- *due zone di contenimento: "Zona di contenimento 1" e "Zona di contenimento 2" dove ci si propone di concentrare la maggior parte delle barriere sia a causa della considerevole estensione delle due zone, sia perché le stesse risultano quasi del tutto prive di prateria di posidonia.*
- *Il posizionamento delle barriere antistrascico, eventualmente accompagnato dal posizionamento di strutture di ripopolamento, andrebbe quindi preceduto non solo da studi opportuni per evitare il danneggiamento degli habitat a posidonia ma anche da un monitoraggio continuo per valutare gli effetti sia sull'ittiofauna, sia sulla posidonia stessa.*

In base a quanto finora esposto si prevedeva al:

- *posizionamento delle strutture antistrascico nell'area di Cala Reale;*
- *di avviare un monitoraggio delle risorse ittiche e dei fondali sia durante lo svolgimento dello studio sia dopo il posizionamento delle strutture.*
- *Il Posizionamento di numero 50 numero complessivo di dissuasori antistrascico.*
- *Di Monitorare per una durata quinquennale AO, CO e PO sia sulla componente flora sia sulla fauna ittica.*

Nel corso del 2021-2022 dopo una serie di analisi tra esperti, AdSP è giunta alla considerazione che per il particolare tipo di ambiente marino **sarebbe stato meglio ridurre il numero dei dissuasori a favore dei moduli rifugio, strutture che simulano ambienti di roccia favorevoli al ripopolamento ittico**.
Si trattava quindi di stabilire il numero di questi moduli e nel contempo il numero dei dissuasori che seppur in numero minore dovevano essere comunque presenti a tutela di eventuali azioni di strascico illegale.
AdSP è giunta infine a condividere un quadro complessivo di manufatti costituito da **15 punti a moduli rifugio e altri 21 dissuasori antistrascico di cui n.15 da posarsi nel Parco Nazionale dell'Asinara e n.6 nei pressi di Abbacurrente.**
I dissuasori antistrascico sono posizionati con l'intento di creare un ostacolo alle rotte dello strascico illegale, evitando di lasciare corridoi lunghi abbastanza da permettere la manovra degli attrezzi.
I quindici dissuasori sono manufatti cementizi di 5 tonnellate a sei braccia (tre superiori deterrenti e tre inferiori che supportano la struttura) che per la loro mole e per la loro forma impediscono lo strascico, pena la perdita delle attrezzature.
I moduli invece saranno realizzati con stampanti a tecnologia 3D e saranno caratterizzati da forme particolarmente complesse con cavità, piccoli squadri, caverne e una varietà di rifugi per specie anche di interesse alieutico (soprattutto pesci, molluschi e crostacei).

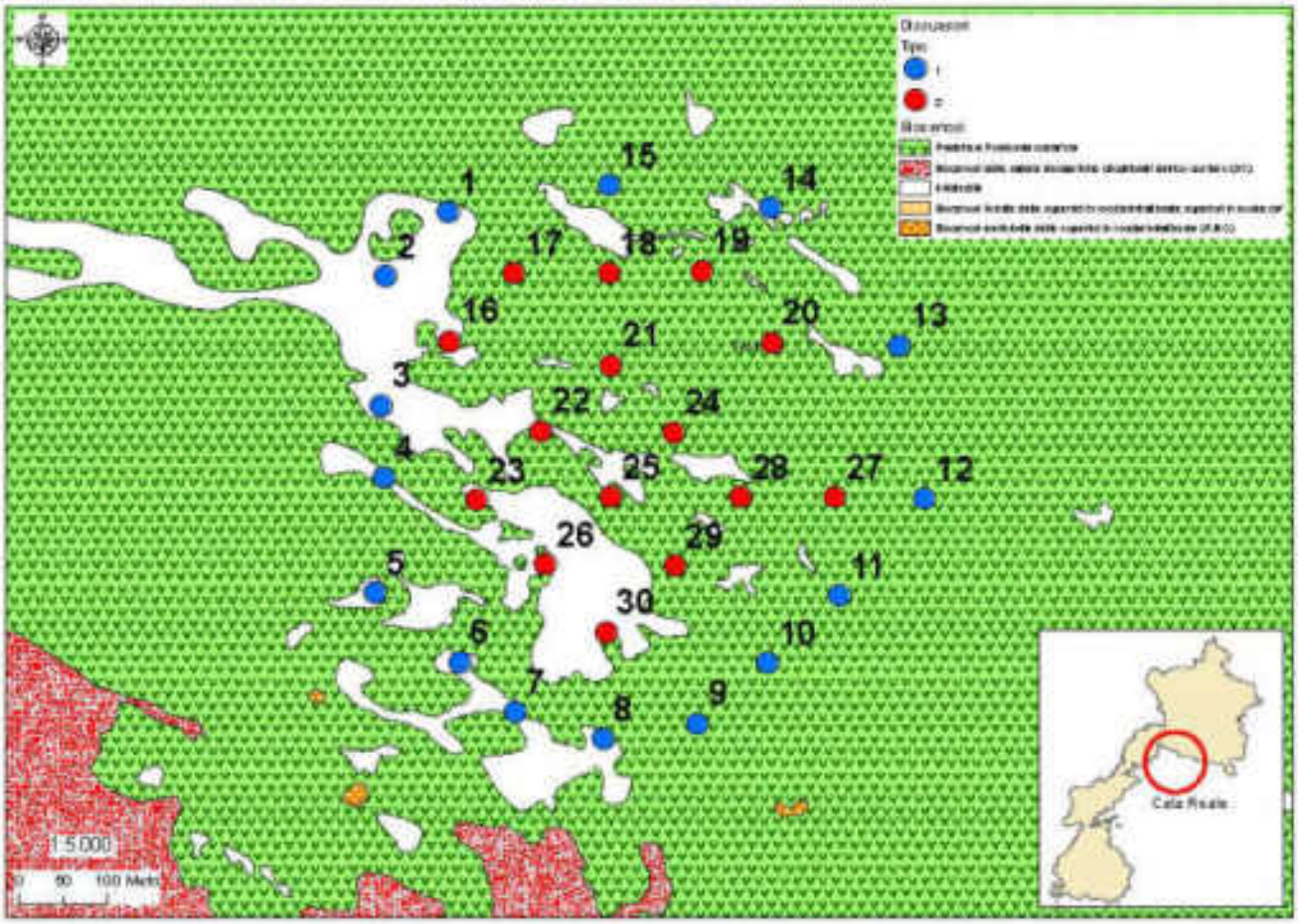


Figura 4 Disposizione dissuasori

In tale scenario il progetto intende intervenire tramite strutture di ingegneria ecologica e biologica, adeguate ai meccanismi di proliferazione di posidonia oceanica, realizzando nel contempo un ottimo deterrente contro la pesca a strascico.

Questa progettazione è conseguenziale ad indirizzi ed individuazioni di studi specifici, ma è anche una scelta di soluzioni tecniche dei progettisti.

Pertanto si è ritenuto ottimale un sistema strutturato con opere in cemento armato leggere, discrete, integrate con le zone di impianto di Posidonia Oceanica; complessivamente ne risulta un ambiente che non stravolge le caratteristiche del sito ed accresce le aree di riproduzione e stanziamento delle specie, privilegiando l'habitat di numerose specie bentoniche autoctone altrimenti a rischio. Sostanzialmente le strutture in cemento armato consisteranno in dissuasori disposti sul fondale, nei pressi delle zone interessate dal passaggio dei cavi sottomarini, in formazione geometrica tale da inibire gli spazi necessari alle reti a strascico per le manovre di traiettoria. Le formazioni vengono dedicate in funzione della zona da proteggere, assumendo vari tipi di disegno e forma.

Le praterie di Posidonia Oceanica, che potranno proliferare al riparo degli strappi delle reti a strascico, contribuiranno fortemente a determinare un habitat adatto al ripopolamento, in particolare per i seguenti aspetti:

1. *abbattimento di stati di ipossia causati dalle forme di inquinamento provenienti dall'entroterra costiero;*
2. *le nicchie ecologiche che si creano tutelano la biodiversità e lo stazionamento ittico;*

3. *l'ambiente fondale trova protezione da erosioni attraverso l'apparato radicale ed il dissipamento di parte dell'energia cinetica delle acque.*

Lo scopo, appunto, è quello di intervenire con strutture artificiali costituite soltanto da manufatti in conglomerato cementizio armato di dimensioni esili, ma dotati di alta resistenza meccanica e chimica in ambiente marino senza dover realizzare barriere artificiali pesanti e continue a rischio di stravolgimento delle condizioni di naturalità esistenti.
Al fine di ottenere le prestazioni richieste, i quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione dei conglomerati, secondo le particolari indicazioni che potranno essere imposte dalla committenza e/o suo delegato o stabilite nell'elenco prezzi, dovranno corrispondere alle seguenti proporzioni:

Tabella 1 Caratteristiche meccaniche cls

Classe di esposizione	***Ambiente***	***Descrizione***	***Max a/c***	***Min Rck (MPa)***	***Cemento (Kg/m3)***	***Copriferro (mm)***
XS2	Bagnato	Strutture permanentemente e completamente sotto acqua di mare	0.45	45	360	50

Dalle verifiche e dai rilievi effettuati in mare, dopo l'installazione di strutture simili a quelle oggetto del presente intervento, è possibile affermare che questo tipo di dissuasore presenta valide caratteristiche di resistenza e di funzionalità ed ha dimostrato di essere affidabile nelle diverse condizioni meteo marine.

3. CRITERI DI PROGETTO

3.1. Moto ondoso

Il moto ondoso interessa la struttura sommersa per i moti rotazionali prodotti dalle onde in profondità. Infatti, il moto ondoso, mentre propaga un'oscillazione verticale dello strato superficiale senza spostamento di materia, produce in profondità un movimento delle particelle d'acqua intorno ad un centro d'oscillazione fisso, con traiettorie che in acqua alta sono pressoché circolari. Tali traiettorie hanno diametro che diminuisce, fino ad annullarsi, verso il basso. Alla superficie il diametro dell'orbita è uguale all'altezza d'onda e diminuisce esponenzialmente con la profondità secondo la relazione:

$$D_z = H_e^{\frac{-2\pi z}{L}}$$

Dove:
D_z *è il diametro dell'orbita alla profondità z*
L la lunghezza d'onda.

La formula mostra che l'ampiezza di oscillazione della massa d'acqua ad una data profondità è proporzionale all'altezza dell'onda H e cresce con legge esponenziale con la lunghezza d'onda L. La determinazione del moto ondoso ed in particolare delle onde estreme in un dato sito richiede l'analisi statistica del vento e delle onde registrati nel passato.

Il moto ondoso che può interessare i dissuasori antistrascico è stato analizzato in linea di massima con riferimento ai dati storici esistenti e alla probabilità statistica che un dato evento possa ripetersi nel tempo.
Ad esempio, per un'onda di altezza H = 5 m e lunghezza di 60 m l'ampiezza di oscillazione alla profondità di 10 m risulta di 1,75 m, alla profondità di 20 m tale ampiezza si riduce a 1.23 m, mentre alla profondità di 30 m si riduce a 0.21 m. Si deduce, quindi, che le orbite percorse dalle molecole sono circolari ed i diametri delle orbite decrescono nel senso verticale con legge esponenziale e quindi rapidamente si annullano scendendo dalla superficie verso il basso (Figura 5).

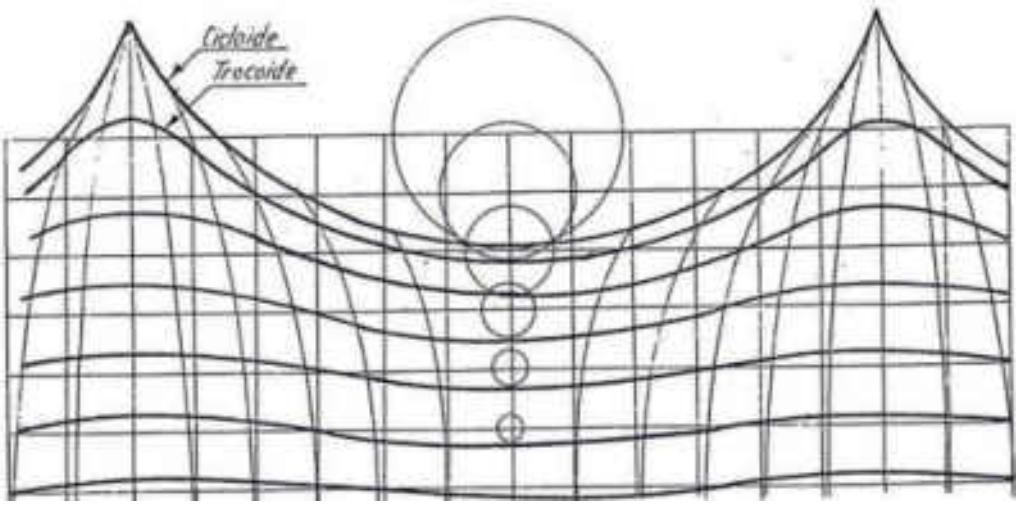


Figura 5 Superficie delle onde secondo la teoria di Von Gerstener

3.2. Corrente marina

Per quanto riguarda i valori di corrente marina, da prevedere per le probabili zone di installazione di questo tipo di dissuasore, risultano utili i valori rilevati sull'Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani.
Il calcolo della spinta è stato effettuato in base alla formula empirica (Rudi et al., 1988):.

$$F_c = \frac{1}{2} C_d \rho V^2 A$$

dove :
F_c è la forza esercitata dalla corrente sull'area A normale ad essa; Cd coefficiente adimensionale; ρ densità dell'acqua;
V velocità della corrente.
C_d = f(Re, ε, M, geometria, Fr)
Re (Numero di Reynolds)
ε (Rugosità)
M (Numero di Mach)
Fr (Numero di Froude)

Per flusso incomprimibile e corpi totalmente immersi la dipendenza di Cd da Mach (M) e Froude è trascurabile, per cui Cd dipende da numero di Reynolds, geometria del corpo e rugosità.
Il coefficiente C_d è definito come il rapporto tra la media cubica della velocità e il cubo della media lineare V sulla sezione, ed è par ad 1 nel caso di corrente uniforme e lievemente maggiore di 1 negli altri casi.

La densità dell'acqua di mare dipende da:

- *salinità pratica*
- *temperatura*
- *pressione*
- *composizione isotopica*
- *contenuto dei gas atmosferici disciolti.*

Il valore di corrente assunto a base del calcolo è stato fissato in 0,6m/s. Assumendo come spinta totale la somma delle forze esercitate dalla corrente su una faccia del dissuasore si è ottenuto un valore globale di spinta pari a 443 daN.

3.3. Sollecitazioni dovute al sisma

Di questo tipo di sollecitazioni si è tenuto conto nel codice di calcolo, inserendo opportunamente nei vari ambienti di imput dei dati, i parametri relativi ai fattori di struttura in tutte le direzioni, la vita nominale del tipo di costruzione : "il D.M. 2008 N.T.C. prevede per la vita nominale Vn tre categorie di costruzioni così distinte:

	TIPO DI COSTRUZIONE	Vn
1	OPERE PROVISSORIE	≥10
2	OPERE ORDINARIE: Ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute	≥50
3	GRANDI OPERE: Ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni e di importanza strategica	≥100

In virtù di ciò si è ritenuto congeniale far ricadere la scelta sulle opere provvisorie", la categoria della zona sismica, il coefficiente di smorzamento viscoso, la categoria del suolo di fondazione, la categoria topografica, le coordinate del sito di installazione dei dissuasori secondo il sistema WGS 84.
Dopo aver estrapolato dai vari ambienti i parametri inseriti un apposito software denominato SISMOGIS ha calcolato automaticamente i parametri del sisma orizzontale e verticale.
Per le condizioni di carico valutate e per le varie combinazioni di carico si rimanda ai vari paragrafi della relazione.

3.4. Sollecitazioni dovute al trascinamento delle reti

La conoscenza delle caratteristiche tecniche delle armature della pesca a strascico e la presa visione degli elenchi delle imbarcazioni iscritte nel compartimento marittimo di Porto Torres che praticano questo tipo di pesca ha consentito di stimare la forza dovuta al trascinamento delle reti.
La flotta peschereccia è costituita da imbarcazioni con potenze massime installate di 600 CV. La capacità teorica di trazione si determina con la formula:

$$\text{Trazione (KG)} = (150 \times CV)/V$$

Posto:
CV = 600
V = 4 nodi (velocità di traino)
Si ottiene che il tiro teorico esercitato dal peschereccio è pari a 22500 kg.

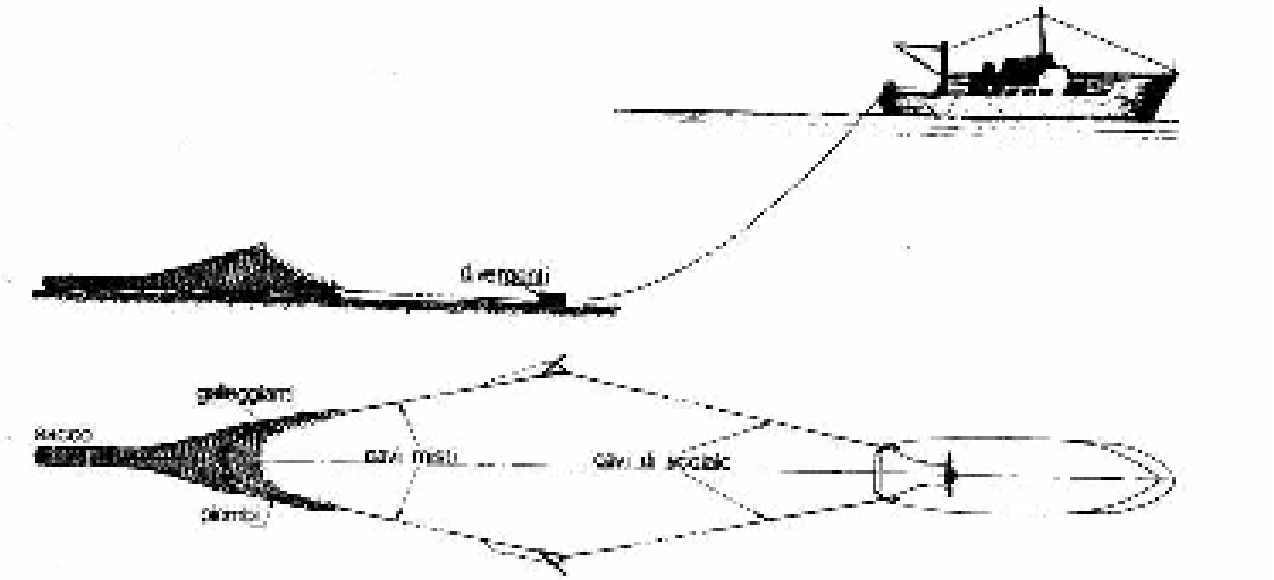


Figura 6 Schematizzazione di trazione dei pescherecci

Bisogna però considerare anche le caratteristiche tecniche dell'armatura della pesca a strascico. Quest'ultima, come si vede in Figura 6 è costituita da due cavi principali in acciaio (traino), della lunghezza di svariate centinaia di metri, che agganciano due divergenti che si collegano tramite due cavi in corda sintetica (calamenti) alla "paranza" mediante "mazzette" che distribuiscono il tiro sulla rete. I calamenti sono realizzati in corda sintetica e hanno un diametro di 14 mm. Il sacco viene tenuto aperto nel senso orizzontale dall'azione dei divergenti e nel senso verticale da un cavo trasversale superiore che tende a galleggiare (lima dei sugheri) ed un cavo trasversale inferiore (lima dei piombi) che tende a raschiare il fondo. La lima da sugheri è costituita da un cavo tessile abbastanza sottile (12-16 mm di diametro) con numerosi galleggianti, mentre quella da piombi che possiede un diametro maggiore (30-40 mm) è di cavo misto o di acciaio ricoperto. Spesso la lima da piombi è corredata di anelli o sfere di gomma pesante per favorire lo scorrimento sul fondo. L'apertura della paranza è in genere pari alla lunghezza del peschereccio e quindi dell'ordine di 10-20m. I calamenti in corda sintetica sono le funi con minore resistenza a rottura e quindi possono essere prese come riferimento per la massima azione esercitata dall'armatura sul dissuasore. Nella seguente tabella sono riportate le resistenze a rottura dei cordami in fibre sintetiche.
I due calamenti, se realizzati in poliammide, saranno in grado, prima di rompersi, di esercitare un tiro sul dissuasore pari a 8190 kg.

3.5. Conclusioni

Di conseguenza, per quanto sopra riportato, appare lecito trascurare gli effetti dinamici dovuti al moto ondoso e alle correnti marine e/o considerarli sfruttando opportuni carichi statici maggiorati.
Per questo motivo si è voluto assumere, come carico statico di progetto, una forza orizzontale concentrata, opportunamente ed esageratamente amplificata pari a 10.000 daN.

Tabella 2 Carico a rottura

TABELLA CARICO DI ROTTURA ESPRESSO IN (kg)							
Diametro [mm]	Polipropilene raffia	Polipropilene monofilo	Polipropilene multibava	Polietilene monofilo	Polysteel	Poliammide	Poliestere
14	3050	3050	3110	2100	3965	4095	3425

Anche se nella realtà, questa forza sarà applicata dal sistema di pesca sul dissuasore ad una distanza di circa 20 cm dal fondale; il calcolo strutturale dell'elemento è stato condotto ipotizzando tale forza applicata su un piede del dissuasore ad una altezza pari ad 1metro dal fondale. Tale scelta ha voluto maggiormente garantire quei tratti del dissuasore che sono a più stretto contatto col fondale marino, infatti il raffitimento dell'armatura a taglio che ne è scaturito fa si che il dissuasore potrà replicare alle varie ed eventuali sollecitazioni con una resistenza a taglio e flessione maggiore per un tratto del piede anche più lungo di 20 cm.
Ciò è dovuto principalmente alla sua particolare forma; il dissuasore, una volta installato nel suo punto di impiego, si disporrà con i sui piedi sui vertici di un triangolo inscritto in una circonferenza (vedi Figura 7).

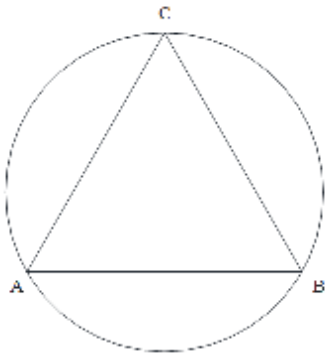


Figura 7 Schematizzazione dissuasore

Appare evidente che più è grande la circonferenza tanto più prestante risulta il dissuasore nei confronti di eventuali azioni destabilizzanti; una maggiore circonferenza comporterebbe, infatti, dimensioni maggiori della struttura, con conseguente aumento dell'azione stabilizzante dovuta all'aumento del peso (G) e del braccio (d), mentre resterebbe invariata l'azione destabilizzante provocata dall'aggancio della struttura durante lo strascico.
A conferma di tale assunzione si consideri la proiezione del dissuasore nel piano x – z (Fig. 4). Sia (F = 10 t) l'azione di strascico, amplificata per tener conto degli effetti dinamici, applicata a 20 cm dal fondale, sia (G=8.01t) il peso emerso del dissuasore e (P = G – γ V) il peso immerso applicato nel baricentro, avendo indicato con γ = 1025 Kg/m3 il peso specifico dell'acqua di mare e con V = 2.972 il volume del dissuasore.

3.6. Verifica al ribaltamento

Indicando con:
Ms il momento stabilizzante: Ms = Pd = (G – γ V)d
Md il momento destabilizzante Md = Fb
E valutando l'equilibrio alla rotazione intorno al polo o

Si ottiene un coefficiente di sicurezza Fs = Ms/Md = 5.26 ≥ 1.5
Si noti come per b = 1 metro, pur non essendo la verifica soddisfatta, il momento stabilizzante risulta ancora superiore al momento destabilizzante.

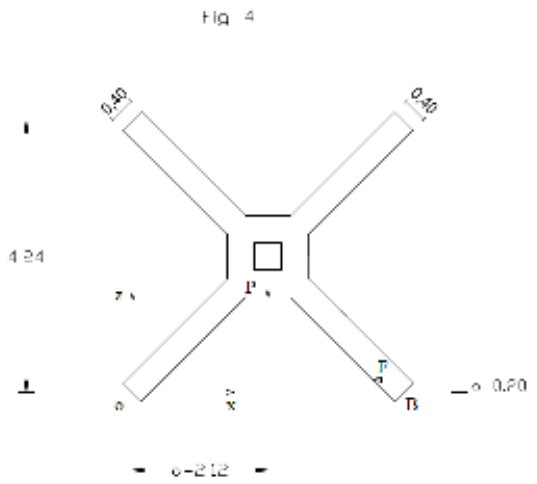


Figura 8 Dissuasore

3.7. Verifica allo schiacciamento

In posizione stabilizzata ed in condizioni operative, il dissuasore si appoggia sul fondale marino con tre piedi, ciascuno di dimensioni 40 cm x 40 cm = 1600 cm^2. Affinché la verifica sia soddisfatta, la struttura utilizzata deve trasmettere sul fondale carichi non superiori alla tensione ammissibile del terreno Kt. Nel caso in esame, essendo la litologia del fondale costituita da Matta di Posidonia e ghiaia poco addensata sabbiosa – limosa nei primi 30 cm e da sabbia molto cementata ed argilla molto consistente e dura nei successivi strati, si prevede che i piedi del dissuasore verranno ammorsati dal primo strato poco consistente per 30 cm, dopo di che i cedimenti tenderanno ad esaurirsi risultando:

$$P/3A = (G - \gamma V)/3A = (8010 - 1025 \times 2.972) / (3 \times 1600) = 1.03\ Kg/cm^2 \leq Kt = 1.5\ Kg/cm^2$$

3.8. Verifica allo scorrimento per azione dovute alle correnti marine

Per eseguire questo tipo di verifica si ipotizza una superficie verticale, costituita da un elemento del dissuasore, soggetta alla forza (Fc = 1/2 Cd ρ V2A) esercitata dalla corrente sull'area A normale ad essa ed al peso immerso dell'elemento del dissuasore. A favore di stabilità, non si considera la spinta passiva esercitata dallo strato di sabbia che immorsa il piede del dissuasore e non si considera neanche il fatto che nella realtà la superficie inclinata del piede del dissuasore riduce le forze destabilizzanti (Figura 9).

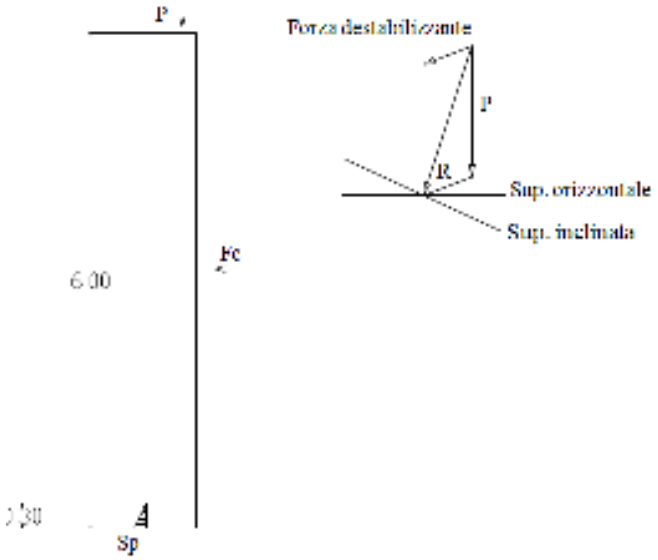


Figura 9 Schema forze agenti

4. MODELLO DI CALCOLO

4.1. Premessa

La relazione seguente riporta i dati relativi ai criteri di progettazione, alla geometria, alla meccanica della struttura descritta al punto 1.1.2, nonché i relativi risultati dei calcoli strutturali così come ricavati dal calcolatore elettronico tramite l'utilizzo del Software 'FaTAe' prodotto e distribuito da Stacec srl con sede in Bovalino (RC), e concesso in licenza al responsabile dei calcoli stessi.
'FaTAe' è un programma sviluppato specificatamente per la progettazione e la verifica di edifici multipiano ed industriali realizzati con elementi strutturali in C.A., in Acciaio, in legno (massiccio e/o lamellare) o in muratura. 'FaTAe' articola le operazioni di progetto secondo tre fasi distinte:

1. *il preprocessore: fase di InPut dove viene definita e modellata interamente la struttura;*
2. *il solutore: fase di elaborazione della struttura tramite un solutore agli elementi finiti;*
3. *il post-processore: fase di verifica degli elementi, di creazione degli elaborati grafici esecutivi e di redazione della relazione di calcolo.*

4.2. Modellazione

L'analisi numerica della struttura è stata condotta attraverso l'utilizzo del metodo degli elementi finiti ipotizzando un comportamento elastico-lineare.
Il metodo degli elementi finiti consiste nel sostituire il modello continuo della struttura con un modello discreto equivalente e di approssimare la funzione di spostamento con polinomio algebrico, definito in regioni (dette appunto elementi finiti) che sono delle funzioni interpolanti il valore di spostamento definito in punti discreti (detti nodi).
Gli elementi finiti utilizzabili ai fini della corretta modellazione della struttura verranno descritti di seguito.

Il modello geometrico (mesh) della struttura è basato sull'utilizzo dei seguenti elementi:

- **Nodi**

Si definiscono nodi, entità geometriche determinate tramite le tre coordinate nel riferimento globale. I nodi, nello spazio tridimensionale, posseggono tre gradi di libertà traslazionali e tre rotazionali.
Essi sono posizionati in modo da definire gli estremi degli elementi finiti e, di regola, in ogni discontinuità strutturale, di carico, di caratteristiche meccaniche, di campo di spostamento.

- **Vincoli e Molle**

I gradi di libertà possono essere vincolati, bloccando il cinematismo nella direzione voluta o assegnando "molle" applicate ai nodi tramite valori di rigidezza finiti.
Un vincolo assegna a priori un valore di spostamento nullo, e quindi la variabile corrispondente viene eliminata.

- **Vincoli interni**

Tali vincoli servono a definire le modalità di trasmissione degli sforzi dall'elemento finito ai nodi. Ciò viene associato al concetto di trasferimento della rigidezza.
Generalmente l'elemento considerato è rigidamente connesso ai nodi che lo definiscono, in modo da bloccare tutti i gradi di libertà relativi. E' possibile, comunque "rilasciare" le caratteristiche delle sollecitazioni, in modo da svincolare i gradi di libertà corrispondenti. Nel caso particolare, il modello utilizzato consente di svincolare le tre rotazioni intorno agli assi locali dell'asta.

- **Aste**

Si tratta di elementi finiti monodimensionali ad asse rettilineo delimitate da due nodi (i nodi di estremità).
Per questi elementi generalmente la funzione interpolante è quella del modello analitico per cui la mesh non influisce sensibilmente sulla convergenza.
Le aste sono dotate di rigidezza assiale, flessionale, e a taglio, secondo il modello classico della trave inflessa di Eulero- Bernoulli.
Alla singola asta è possibile associare una sezione costante per tutta la sua lunghezza.

- **Forze e coppie concentrate**

Per la risoluzione statica della struttura, tutti i carichi applicati agli elementi vengono trasferiti ai nodi. Ciò avviene in automatico per il peso delle aste,delle piastre, delle pareti, dei pannelli di carico presenti sulle aste e per la distribuzione di carico applicate
agli elementi bidimensionali.
Il modello di calcolo consente anche l'introduzione di forze e coppie ai nodi.
Le forze sono dirette lungo le tre direzioni del sistema di riferimento globale ed in entrambi i versi per ogni direzione.
Le coppie concentrate sono riferite ai tre assi del riferimento globale, in entrambi i versi di di rotazione di ciascun asse.

- **Carichi distribuiti**

Il modello di calcolo consente anche l'introduzione di carichi ripartiti sulle aste e di distribuzione di carico su piastre e pareti.
I carichi ripartiti sulle aste possono essere riferite sia al riferimento globale, sia al riferimento locale, lungo le tre direzioni ed in entrambe i versi. E' possibile anche introdurre carichi distribuiti torcenti agenti intorno all'asse dell'asta ed in entrambe i versi di rotazione.

Tutti i tipi di carico ripartito devono avere forma trapezia.
Sugli elementi bidimensionali, che fanno parte della mesh di piastre e pareti, è possibile assegnere una distribuzione uniforme, avente le caratteristiche di una pressione diretta ortogonalmente all'elemento.

- **Sezioni**

Le sezioni assegnabili alle aste sono definite attraverso le caratteristiche geometrico-elastiche, i moduli di resistenza plastici (sezioni in acciaio) ed il materiale.

4.3. Tipo di calcolo - analisi orizzontale dinamica lineare

Il calcolo risolutivo della struttura è stato effettuato utilizzando un sistema di equazioni lineari (di dimensioni pari ai gradi di libertà), secondo la relazione:

$$u = [K]\text{-}1\ F$$

dove:
F = *vettore dei carichi risultanti applicate ai nodi;*
u = *vettore dei cinematismi nodali;*
[K] = *matrice di rigidezza globale.*

Tale analisi è stata ripetuta per tutte le condizioni presenti sulla struttura, identificati dai vettori dei carichi relativi a:

- *carichi permanenti;*
- *carichi d'esercizio;*
- *delta termico;*
- *torsioni accidentali;*
- *carichi utente;*

L'analisi sismica nella componente orizzontale è basata sulla teoria ed i concetti propri dell'analisi modale. L'analisi modale consente di determinare le oscillazioni libere della struttura discretizzata.
Tali modi di vibrare sono legati agli autovalori e autovettori del sistema dinamico generalizzato, che può essere riassunto in:

$$[K]\ \{a\} = \omega^2 [M]\ \{a\}$$

dove:
[K] = *matrice di rigidezza globale*
[M] = *matrice delle masse globale*
{a} = *autovettori (forme modali)*
ω^2 = *autovalori del sistema generalizzato*

La frequenza (f) dei modi di vibrare è calcolata come:

$$f = \omega / 2\pi$$

Il periodo (T) è calcolato come:

$$T = 1 / f$$

Utilizzando il vettore di trascinamento "d" (o di direzione di entrata del sisma) calcoliamo i "fattori di partecipazione modali" (Γi):

$$\Gamma = \phi_i^T\ [M]\ d$$

dove:
ϕ_i^T = *autovettori normalizzati relativi al modo i-esimo*

Per ogni direzione del sisma vengono scelti i modi efficaci al raggiungimento del valore imposto dalla normativa (85%).
Il parametro di riferimento è il "fattore di partecipazione delle masse", la cui formulazione è:

$$\Lambda_{xi} = \Gamma_i^2 \, i^2 / Mtot$$

I cinematismi modali vengono calcolati come:

$$u = \Gamma i \, Sd\,(Ti) / \omega_i^2$$

dove:
Sd (Ti) = ordinata spettro di risposta orizzontale o verticale.
ω_i^2 = *autovalore del modo i-esimo*

Gli effetti relativi ai modi di vibrare, vengono combinati utilizzando la combinazione quadratica completa (CQC):

$$E = \sqrt{(\Sigma_i \Sigma_j \rho_{ij} E_i E_j)}$$

dove:
$\rho_{ij} = (8\xi^2 (1 + \beta_{ij}) \beta_{ij}^{3/2}) / ((1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \beta_{ij} (1 + \beta_{ij}^2) + 8\xi^2 \beta_{ij}^2)$
coefficiente di correlazione tra il modo i-esimo ed il modo j-esimo;
ξ = *coefficiente di smorzamento viscoso;*
β_{ij} = *rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia di modi (fi / fj)*
Ei Ej= effetti considerati in valore assoluto.

La condizione "Torsione Accidentale" contiene il momento torcente generato dalla forza sismica di piano per il braccio pari al 5% della dimensione massima dell'ingombro in pianta nella direzione ortogonale a quella considerata.
I modi di vibrare del calcolo in oggetto sono i seguenti:

	Direzione X			Direzione Y		
Modo	f [Hz]	T [s]	Λx %	f [Hz]	T [s]	Λy %
1	82.437	0.012	49.7	82.437	0.012	49.7
2	5.003	0.200	39.6	5.003	0.200	39.6
Totale Λx (>=85%)			89.3	Totale Λy (>=85%)		89.3

18	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	1	0.30	-1	0

4.4. Combinazioni di carico

Coefficienti di combinazione.

Nella seguente tabella vengono riportati i coefficienti di combinazione (Ψ0i, Ψ1i, Ψ2i), dettati dalle normative, relativi agli stati limite ultimi e di danno:

	Altre azioni			Delta termico		
	Ψ0i	Ψ1i	Ψ2i	Ψ0i	Ψ1i	Ψ2i
Livello 0	0.7	0.5	0.3	0.6	0.5	0.0
Livello 1	0.7	0.5	0.3	0.6	0.5	0.0

Tutte le combinazioni sono da intendersi come somma dell'effetto considerato. Tali combinazioni vengono considerate sovrapponendo i diagrammi secondo la tecnica dell'inviluppo.

- **Combinazioni per le verifiche allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita**

Le azioni di calcolo presenti sulla struttura e le relative combinazioni di carico nei riguardi degli stati limite di salvaguardia della vita sono riassunte nelle seguenti tabelle:

Elementi della Struttura									
Combinazione	**Condizione**								
	Car. perm. strutt. (Gk1)	**Car. perm. non strutt. (Gk2)**	**Carichi d'esercizio (Qk)**	**Δt**	**Torsione Accidentale X**	**Torsione Accidentale Y**	**Sisma X**	**Sisma Y**	**Sisma Z**
1*	γG1ns	γG2ns	γQns	0	0	0	0	0	0
2*	γG1ns	γG2ns	γQns	Ψ0γQns	0	0	0	0	0
3*	γG1ns	γG2ns	γQns	-Ψ0γQns	0	0	0	0	0
4*	γG1ns	γG2ns	Ψ0γQns	γQns	0	0	0	0	0
5*	γG1ns	γG2ns	Ψ0γQns	-γQns	0	0	0	0	0
6	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	1	0	1	0.30	0
7	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	-1	0	1	0.30	0
8	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	1	0	1	-0.30	0
9	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	-1	0	1	-0.30	0
10	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	1	0	-1	0.30	0
11	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	-1	0	-1	0.30	0
12	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	1	0	-1	-0.30	0
13	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	-1	0	-1	-0.30	0
14	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	1	0.30	1	0
15	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	-1	0.30	1	0
16	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	1	-0.30	1	0
17	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	-1	-0.30	1	0

19	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	-1	0.30	-1	0
20	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	1	-0.30	-1	0
21	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	-1	-0.30	-1	0

Combinazione	Condizione
	Azione di strascico
1*	1.00
2*	1.00
3*	1.00
4*	1.00
5*	1.00
6	1.00
7	1.00
8	1.00
9	1.00
10	1.00
11	1.00
12	1.00
13	1.00
14	1.00
15	1.00
16	1.00
17	1.00
18	1.00
19	1.00
20	1.00
21	1.00

- **Combinazioni per le verifiche allo Stato Limite di Danno**

Le azioni di calcolo presenti sulla struttura e le relative combinazioni di carico nei riguardi degli stati limite di salvaguardia della vita sono riassunte nelle seguenti tabelle:

Elementi della Struttura									
Combinazione	**Condizione**								
	Car. perm. strutt. (Gk1)	**Car. perm. non strutt.**	**Carichi d'esercizio (Qk)**	**Δt**	**Torsione Accidentale X**	**Torsione Accidentale Y**	**Sisma X**	**Sisma Y**	**Sisma Z**

		(Gk2)							
1	γG1ns	γG2ns	γQns	0	0	0	0	0	0
2	γG1ns	γG2ns	γQns	Ψ0γQns	0	0	0	0	0
3	γG1ns	γG2ns	γQns	-Ψ0γQns	0	0	0	0	0
4	γG1ns	γG2ns	Ψ0γQns	γQns	0	0	0	0	0
5	γG1ns	γG2ns	Ψ0γQns	-γQns	0	0	0	0	0
6	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	1	0	1	0.30	0
7	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	-1	0	1	0.30	0
8	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	1	0	1	-0.30	0
9	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	-1	0	1	-0.30	0
10	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	1	0	-1	0.30	0
11	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	-1	0	-1	0.30	0
12	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	1	0	-1	-0.30	0
13	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	-1	0	-1	-0.30	0
14	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	1	0.30	1	0
15	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	-1	0.30	1	0
16	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	1	-0.30	1	0
17	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	-1	-0.30	1	0
18	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	1	0.30	-1	0
19	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	-1	0.30	-1	0
20	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	1	-0.30	-1	0
21	γG1s	γG2s	Ψ2γQs	0	0	-1	-0.30	-1	0

Combinazione	**Condizione**
	Azione di strascico
1	1.00
2	1.00
3	1.00
4	1.00
5	1.00
6	1.00
7	1.00
8	1.00
9	1.00
10	1.00
11	1.00
12	1.00
13	1.00
14	1.00
15	1.00

16	1.00
17	1.00
18	1.00
19	1.00
20	1.00
21	1.00

I coefficienti utilizzati assumono i seguenti valori:

	SLV						SLD					
Elemento	**γG1ns**	**γG2ns**	**γQns**	**γG1s**	**γG2s**	**γQs**	**γG1ns**	**γG2ns**	**γQns**	**γG1s**	**γG2s**	**γQs**
Struttura	1.3	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

- **Combinazioni per le verifiche allo Stato Limite di Esercizio**

Le azioni di calcolo presenti sulla struttura e le relative combinazioni di carico nei riguardi degli stati limite di salvaguardia della vita sono riassunte nelle seguenti tabelle:

Combinazioni Caratteristiche:

Elementi della Struttura				
Combinazione	**Condizione**			
	Car. perm. strutt. (Gk1)	**Car. perm. non strutt. (Gk2)**	**Carichi d'esercizio (Qk)**	**Δt**
1	γG1ns	γG2ns	γQns	Ψ0γQns
2	γG1ns	γG2ns	γQns	-Ψ0γQns
3	γG1ns	γG2ns	Ψ0γQns	γQns
4	γG1ns	γG2ns	Ψ0γQns	-γQns

Combinazione	**Condizione**
	Azione di strascico
1	1.00
2	1.00
3	1.00
4	1.00

Combinazioni Frequenti:

Elementi della Struttura				
Combinazione	**Condizione**			
	Car. perm. strutt. (Gk1)	**Car. perm. non strutt. (Gk2)**	**Carichi d'esercizio (Qk)**	**Δt**
1	γG1ns	γG2ns	Ψ1γQns	Ψ2γQns
2	γG1ns	γG2ns	Ψ1γQns	-Ψ2γQns
3	γG1ns	γG2ns	Ψ2γQns	Ψ1γQns
4	γG1ns	γG2ns	Ψ2γQns	-Ψ1γQns

Combinazione	**Condizione**
	Azione di strascico
1	1.00
2	1.00
3	1.00
4	1.00

Combinazioni quasi permanenti :

Elementi della Struttura				
Combinazione	**Condizione**			
	Car. perm. strutt. (Gk1)	**Car. perm. non strutt. (Gk2)**	**Carichi d'esercizio (Qk)**	**Δt**
1	γG1ns	γG2ns	Ψ2γQns	Ψ2γQns
2	γG1ns	γG2ns	Ψ2γQns	-Ψ2γQns

Combinazione	**Condizione**
	Azione di strascico
1	1.00
2	1.00

I coefficienti utilizzati assumono i seguenti valori:

SLE															
	Caratteristiche					Frequenti					Q. Permanenti				
Elemento	γGns	γQns	γI	γEG	γEQ	γGns	γQns	γI	γEG	γEQ	γGns	γQns	γI	γEG	γEQ
Struttura	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tali combinazioni vengono considerate sovrapponendo i diagrammi secondo la tecnica dell'inviluppo.

5. VERIFICHE

Le Verifiche relative alle strutture in C.A. si possono riassumere, in funzione degli elementi considerati, nei seguenti tipi:

- **Croci e perni**

Tali elementi vengono verificati utilizzando lo stato sollecitante completo nei riguardi di:

a) PressoTensoFlessione Deviata
b) Taglio
c) Stabilità
d) Stato tensionale

a) Flessione composta deviata

Le sollecitazioni che vengono considerate in tale verifica sono: Sforzo Normale,Momento Flettente X-Z, Momento Flettente X-Y.
La verifica di resistenza è soddisfatta se la sollecitazione determinata dalla condizione considerata cade all'interno del dominio di sicurezza determinato, attraverso le conoscenze del comportamento meccanico della sezione in esame, delle caratteristiche dei materiali di cui è composta ed in base ai coefficienti di sicurezza forniti dalla normativa seguita:
Il calcolo è condotto nelle ipotesi che:

- *Le sezioni rimangano piane fino a rottura.*
- *Ci sia perfetta aderenza fra acciaio e calcestruzzo.*
- *Il calcestruzzo non abbia alcuna capacità di resistenza a trazione.*

Il diagramma tensioni-deformazioni assunto per il calcestruzzo è di tipo parabola-rettangolo come indicato nella seguente figura:

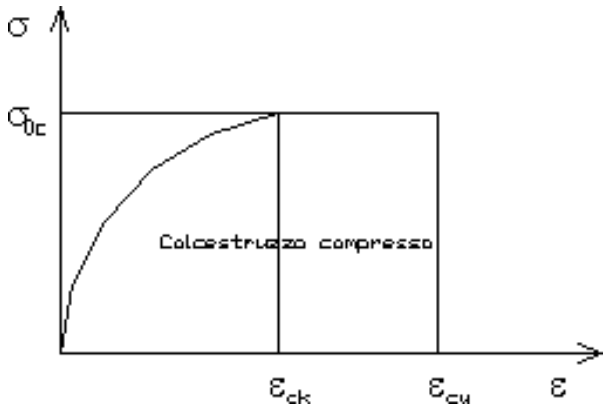


Figura 10 Diagramma tensione deformazione - cls

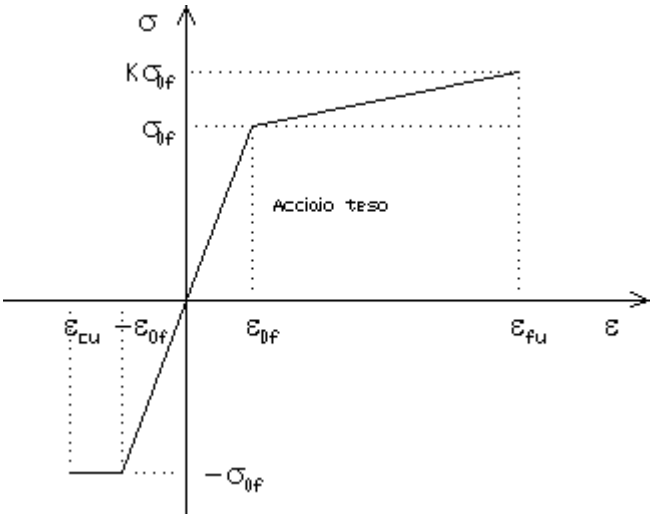


Figura 11 Diagramma tensione deformazione – acciaio

Le limitazioni delle deformazioni unitarie per il conglomerato e per l'acciaio conducono a definire sei diversi campi (o regioni) nei quali potrà trovarsi la retta di deformazione specifica. Tali campi sono descritti nel seguente modo:

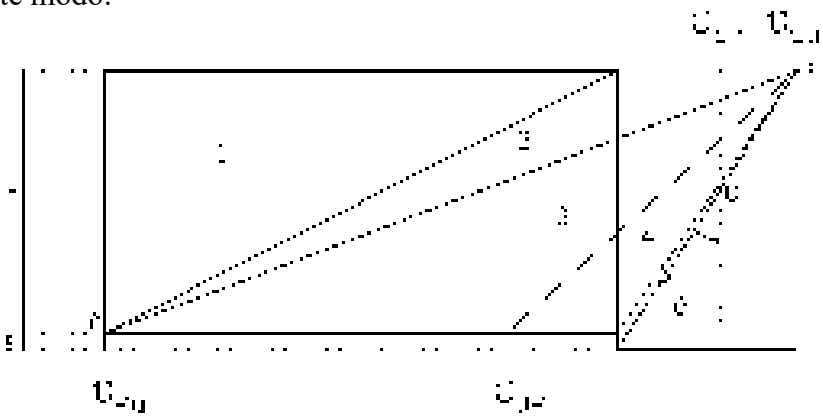


Figura 12 campi di rottura

- **Campo 1:** è caratterizzato dall'allungamento massimo tollerabile per l'acciaio pari a ε_{fu}. Il diagramma delle deformazioni specifiche appartiene ad un fascio di rette passanti per il punto (A) mentre la distanza dall'asse neutro potrà variare da - ∞ a 0.
  E' il caso di trazione semplice o con piccola eccentricità; la sezione risulta interamente tesa. La crisi si ha per cedimento dell'acciaio teso.
- **Campo 2:** è caratterizzato dall'allungamento massimo tollerabile per l'acciaio pari a εfu e dalla rotazione del diagramma attorno al punto (A). La deformazione specifica del calcestruzzo varia da 0 al valore massimo del calcestruzzo compresso (ε_{cu}) mentre la distanza dell'asse neutro dal lembo compresso può variare da 0 a 0.259h. La sezione risulterà in parte tesa ed in parte compressa e quindi sarà sollecitata a flessione semplice o composta.
- **Campo 3:** è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato pari a ε_{cu}. Le rette di deformazione appartengono ad un fascio passante per (B). La massima tensione del calcestruzzo in questa regione è pari a quella di rottura di calcolo mentre l'armatura è ancora deformata in campo plastico. La sezione risulterà in parte tesa ed in parte compressa e quindi sarà sollecitata a flessione semplice o composta.
- **Campo 4:** è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato pari a ε_{cu}. Le rette di deformazione appartengono ad un fascio passante per (B). La massima tensione del calcestruzzo in questa regione è pari a quella di rottura di calcolo mentre l'armatura è sollecitata con tensioni inferiori allo snervamento e può risultare anche scarica. La sezione risulterà in parte tesa ed in parte compressa e quindi sarà sollecitata a flessione semplice o composta.
- **Campo 5:** è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato pari a ε_{cu}. Le rette di deformazione appartengono ad un fascio passante per (B) mentre la distanza dell'asse neutro varia da h ad h+d. L'armatura in tale regione è sollecitata a compressione e pertanto tutta la sezione è compressa; è questo il caso della flessione composta.
- **Campo 6:** è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato compresso che varia fra ε_{cu} e ε_{ck}. Le rette di deformazione specifica appartengono ad un fascio passante per (C) e la distanza dell'asse neutro varia fra 0 e -∞. La distanza di (C) dal lembo superiore vale 3h/7. La sezione risulta sollecitata a compressione semplice o composta.

b) Taglio

Il calcolo del taglio viene eseguito secondo il metodo di Ritter-Morsch. Per gli elementi in cui è richiesta la verifica a taglio, deve risultare:

$$VSd \leq \min[VRsd, VRcd]$$

dove:
VSd= taglio sollecitante il calcolo;
$VRsd = 0.9\, d\, (A_{SW} / s)\, fyd\, (ctg\alpha + ctg\Theta)\, sin\alpha;$
$VRcd = 0.9\, d\, b_W\, \alpha_c\, f'_{cd}\, (ctg\alpha + ctg\Theta) / (1 + ctg^2\Theta);$
d: altezza utile della sezione;
A_{SW}*: area dell'armatura trasversale;*
s : passo dell'armatura trasversale;;
f_{yd} *: resistenza a snervamento dell'acciaio;*
b_W *: larghezza minima della sezione lungo l'altezza efficace;*

Il contributo delle armature a taglio è somma del contributo delle staffe e degli eventuali sagomati. In ogni caso l'aliquota massima che può essere affidata ai sagomati è il 50% dello sforzo di taglio massimo.

c) Stabilità

La verifica di instabilità degli elementi snelli in c.a. viene condotta attraverso un'analisi del secondo ordine che tiene in conto degli effetti flessionali dell'azione assiale sulla configurazione deformata degli elementi stessi. Si sono assunti legami fra le azioni interne e le deformazioni che mettono in conto il comportamento non lineare dei materiali e si è trascurato il contributo del calcestruzzo teso.
Il valore limite della snellezza per ogni elemento è stato assunto pari a:

$$\lambda_{lim} = 15.4\ C\ /\ \sqrt{\nu}$$

Dove:
v = Ned/(Ac fcd)
C = 1.7 – rm
rm = M01 / M02 è il rapporto fra i momenti flettenti del primo ordine alle due estremità dell'elemento

La snellezza dell'elemento da confrontare con λlim è pari a:

$$\lambda = \lambda_0 / i$$

Essendo λ_0 la lunghezza libera d'inflessione definita in base ai vincoli di estremità ed i il raggio d'inerzia della sezioni in calcestruzzo non fessurato.
Con riferimento al punto 4.1.2.1.7.3 del DM 2008 in aggiunta al momento sollecitante esterno viene sommata un'aliquota dovuta ad un'eccentricità dello sforzo normale pari a 1/300 dell'altezza dell'elemento (difetto di rettilineità).
In aggiunta viene considerata un'aliquota aggiuntiva che tenga conto dell'inflessione dell'elemento pari a e2 := 0.222 efy $l0^2/h$.

d) Stato tensionale

Tale verifica rientra nell'ambito della verifica di esercizio. Il calcolo delle tensioni si ottiene sfruttando le ipotesi tradizionali per il calcolo del cemento armato ordinario, e cioè:

- *assunzione dei materiali elastico lineari;*
- *conservazione delle sezioni piane al crescere dei carichi;*
- *perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;*
- *resistenza nulla a trazione del calcestruzzo.*

Inoltre può essere stabilito un coefficiente di omogeneizzazione diverso dal valore ordinario.
Le tensioni di esercizio si possono calcolare considerando le combinazioni di carico caratteristica, frequente e quasi permanente.
La verifica consiste nel confrontare le tensioni di calcolo con quelle limite dei materiali.

e) Fessurazione

Poiché la fessurazione in strutture in cemento armato ordinario è quasi inevitabile, bisogna limitare tali entità in modo da non pregiudicare il corretto funzionamento della struttura.
La fessurazione può essere limitata assicurando un minimo di area di armatura longitudinale che può

essere calcolata dalla seguente espressione:

$$A_s = k_c\ k\ f_{ct,eff}\ (A_{ct} / \sigma_s)$$

dove:
A_s: area di armatura nella zona tesa;
k_c: coefficiente che tiene conto del tipo di distribuzione delle tensioni nella sezione subito prima la fessurazione. Assume valore 0.4 per flessione senza compressione assiale, e 1 per trazione;
k: coefficiente che tiene conto degli effetti di tensioni auto-equilibrate non uniformi;
$f_{ct,eff}$: resistenza efficace a trazione della sezione al momento in cui si suppone insorgano le prime fessure. In mancanza di dati si utilizza il valore di 3 N/mm²;
A_{ct}: area del calcestruzzo in zona tesa subito prima della fessurazione;
σs: massima tensione ammessa nell'armatura subito dopo la formazione della fessura.

Il calcolo delle ampiezze delle fessure si effettua considerando anche la parte di calcestruzzo reagente a trazione utilizzando la seguente espressione:

$$W_k = \beta\ s_{rm}\ \varepsilon_{sm}$$

dove:
W_k: ampiezza di calcolo delle fessure;
β: coefficiente dei correlazione tra l'ampiezza media delle fessure e il valore di calcolo;
s_{rm}: distanza media finale tra le fessure;
ε_{sm}: deformazione che tiene conto, nella combinazione di carico considerata, degli effetti "tension stiffening", del ritiro.

La quantità ε_{sm} si ottiene dalla seguente espressione:

$$\varepsilon_{sm} = (\sigma_s / E_s)\ [\ 1 - \beta_1\ \beta_2\ (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2]$$

dove:
σ_s : tensione dell'acciaio teso calcolata a sezione fessurata; Es: modulo elastico dell'acciaio;
σ_{sr}: tensione dell'acciaio teso calcolata nella sezione per una condizione di carico che induce alla prima fessurazione;
β_1: coefficiente di aderenza delle barre. Assume valore 0.5 per barre lisce e 1 per barre ad aderenza migliorata;
β_2: coefficiente di durata dei carichi. Assume valore 0.5 per carichi di lunga durata o per molti cicli ripetuti e 1 per un singolo carico di breve durata.

La quantità s_{rm} si ottiene dalla seguente espressione:

$$s_{rm} = 50 + 0.25\ k_1\ k_2\ (\Phi / \rho_r)$$

dove:
k_1: coefficiente di aderenza delle barre. Assume valore 1.6 per barre lisce e 0.8 per barre ad aderenza migliorata;
k_2: coefficiente che tiene conto della forma del diagramma delle deformazioni. Assume valore 0.5 per flessione e 1 per trazione pura;
Φ: diametro delle barre in mm. Se si utilizzano più diametri si utilizza il diametro medio.

La fessurazione causata dalle azioni tangenziali si considera contenuta in limiti accettabili se si adotta un passo delle staffe. Tale verifica non è necessaria in elementi in cui non è richiesta l'armatura a

taglio.

f) Verifica a deformabilità

Per il calcolo della deformabilità di elementi inflessi si utilizza il metodo che pesa le curvature nelle due situazioni caratteristiche degli elementi in c.a. ("I" sezione integra; "II" sezione fessurata). A tale riguardo la curvatura in una generica sezione può essere valutata con la seguente relazione:

$$\Theta = (1-\zeta)\ \Theta_I + \zeta\ \Theta_{II}$$

dove ζ rappresenta l'effetto irrigidente del calcestruzzo tra due fessure consecutive (tension stiffening):

$$\zeta = 1 - c(M_{cr}/M)^2$$

dove:
c: pari a 1 per carichi permanenti;
M_{cr}: momento di prima fessurazione;
M: momento sollecitante.
Per calcolare la freccia di un elemento, si divide in "n" conci uguali e si calcolala curvatura di ogni concio q_i riferita alla coordinata x_i. La freccia relativa alla sezione xj vale:

$$\delta_j = \varphi_A\ x_j - \Sigma(x_j - x_i)\ \Theta_i \Delta x$$

dove:
φ_A *: rotazione dell'estremo iniziale dell'elemento;*
l : lunghezza dell'elemento;
Δx *: lunghezza del concio.*

g) Verifica dei nodi

I nodi strutturali vengono verificati nei riguardi di compressione mediante la seguente relazione:

$$V_{jbd} \leq \eta\ f_{cd}\ b_j\ h_{jc}\ \sqrt{(1 - \nu_d / \eta)}$$

dove:
V_{jbd}: forza di taglio agente nel nodo
$\eta = \alpha_j\ (1 - f_{ck} / 250)$ con f_{ck} in MPa
α_j: coefficiente pari a 0.6 per nodi interni e 0.48 per nodi esterni
b_j: larghezza del nodo
h_{jc}: distanza tra le armature più esterne del pilastro
ν_d: forza assiale adimensionalizzata

h) Trazione mediante le seguenti relazioni alternative:

$$A_{sh}\ f_{ywd} \leq \gamma_{Rd}\ (A_{s1} + A_{s2})\ f_{yd}\ (1 - 0.8\nu_d) \text{ per nodi interni}$$
$$A_{sh}\ f_{ywd} \leq \gamma_{Rd}\ A_{s2}\ f_{yd}\ (1 - 0.8\ \nu_d) \text{ per nodi esterni}$$

dove:

A_{sh}*: area totale nel nodo*
f_{ywd}, f_{yd}*: resistenza caratteristica a snervamento delle staffe e delle armature longitudinali*
γ_{Rd}*: 1.2*
A_{s1}, A_{s2}*: area armature superiore ed inferiore nel nodo.*

6. DATI

Numero delle tipologie di sezioni trasversali usate: 1
Coordinate (Datum WGS84) del sito: Latitudine = 41.0435° - Longitudine = 8.2895°
Coordinate (Datum ED50) del sito : Latitudine = 41.0446° - Longitudine = 8.2905°

Figura 13 Inquadramento

Identificativi e coordinate (Datum ED50) di alcuni punti caratteristici che includono il sito		
Numero punto	Latitudine [°]	Longitudine [°]
01	41.0475	8.2865
05	41.0416	8.2865
45	41.0476	8.2944
41	41.0476	8.2943
23	41.0446	8.2905

Zona sismica : SI
Suolo di fondazione : B
Vita nominale : 10
Classe di duttilità : B
Tipo di opera : Opere provvisorie
Classe d'uso : II
Vita di riferimento : 35
Categoria topografica : T2
Coefficiente smorzamento viscoso : 0.05

	Parametri dello spettro di risposta orizzontale							
	SLV		SLC		SLD		SLO	
Tempo di ritorno	332		682		35		30	
Accelerazione sismica	0.035		0.041		0.018		0.017	
Coefficiente Fo	2.765		2.799		2.638		2.639	
Periodo T_C*	0.269		0.303		0.170		0.168	
Coefficiente Ss	1.20		1.20		1.20		1.20	
Coefficiente di amplificazione topografica St	1.20		1.20		1.20		1.20	
Prodotto Ss · St	1.44		1.44		1.44		1.44	
Periodo T_B	0.13		0.14		0.09		0.09	
Periodo T_C	0.38		0.42		0.27		0.26	
Periodo T_D	1.74		1.76		1.67		1.67	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Coefficiente η	1.000	1.000	1.000	1.000	*	*	*	*

* η pari a 1 per gli spostamenti e 2/3 per le sollecitazioni.

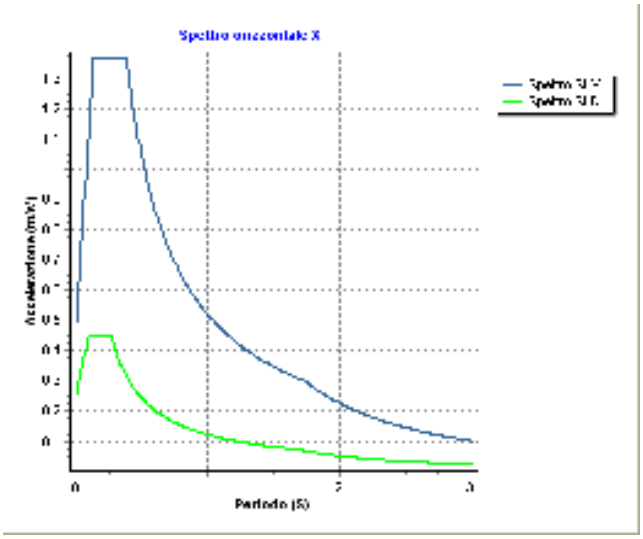


Figura 14 Spettro in accelerazione

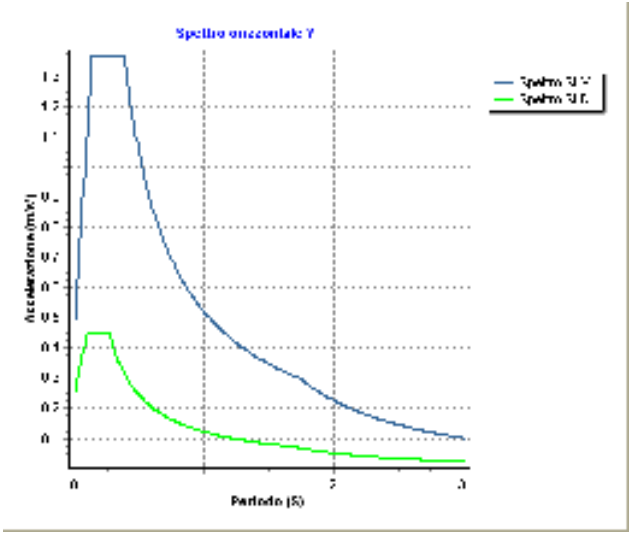


Figura 155 Spettro in accelerazione

6.1. Fattori di struttura

Fattore di struttura in direzione x (qx): 1.00
Calcolato considerando i seguenti parametri:
Tipo Struttura: C.A.
Regolarità in elevazione: NO
Regolarità in pianta: NO
Kr: 0.80
αu / α1: 1.05
Tipologia Strutturale: Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste
Modalità di collasso: Strutture a telaio e miste equivalenti a telai
α0: 0.00
Kw: 1.00

Fattore di struttura in direzione y (qy): 1.00
Calcolato considerando i seguenti parametri:
Tipo Struttura : C.A.
Regolarità in elevazione: NO
Regolarità in pianta : NO
Kr: 0.80
αu / α1: 1.05
Tipologia Strutturale : Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste
Modalità di collasso : Strutture a telaio e miste equivalenti a telai
α0: 0.00
Kw: 1.00

Fattore di struttura in direzione z (qz): 1.50
Modulo di Winkler traslazionale: 5.00 daN/cm³
Modulo di Winkler tangenziale: 2.50 daN/cm³
Modulo di omogeneizzazione (per SLE): 15
Copriferro Croci e perni in C.A.: 4.50 cm

6.2. Elenco e Caratteristiche dei materiali

Nell'ambito del progetto si è fatto uso dei seguenti materiali divisi per categoria di appartenenza:

a) Calcestruzzo

Nome	Classe	Rck [daN/cm²]	ν	ps [daN/m³]	αt [1/°C]	Ec [daN/cm²]	FC	γm,c	Ect/Ec	fck [daN/cm²]	fcm [daN/cm²]	fcd SLU [daN/cm²]	fctd SLU [daN/cm²]	fcd SLD [daN/cm²]	fctd SLD [daN/cm²]	fctk,0.05 [daN/cm²]	fctm [daN/cm²]	εc2 [‰]	εcu2 [‰]
Cls1	C35/45	450	0.15	2500.00	1.0E-005	340771.44	-	1.50	0.50	350.00	-	198.33	14.98	297.50	22.47	22.47	32.10	2.00	3.50

b) Acciaio per C.A.

Nome	Tipo	γm	FC	Es [daN/cm²]	fyk [daN/cm²]	ftk [daN/cm²]	fd SLU [daN/cm²]	fd SLD [daN/cm²]	fd SLE [daN/cm²]	k	εud [‰]
Barre1	B450C	1.15	-	2100000.00	4500.00	5400.00	3913.04	4500.00	3913.04	1.00	10.00
Nome	Tipo	γm	FC	Es [daN/cm²]	fyk [daN/cm²]	ftk [daN/cm²]	fd SLU [daN/cm²]	fd SLD [daN/cm²]	fd SLE [daN/cm²]	k	εud [‰]
Barre1	B450C	1.15	-	2100000.00	4500.00	5400.00	3913.04	4500.00	3913.04	1.00	10.00

6.3. Elenco e Caratteristiche delle sezioni trasversali

A = 1600 cm^2
J_x = 213333 cm^4
J_y = 213333 cm^4
J_t = 359854 cm^4
Peso = 400 daN/m

6.4. Geometria Struttura

1. Fili fissi

Numero	Ascissa [cm]	Ordinata [cm]	Quota [cm]	Angolo [°]	Tipo
1	0.00	0.00	0.00	0.00	8

2. Caratteristiche dei nodi

I dati seguenti riportano tutte le caratteristiche relative ai nodi che definiscono la struttura ed in modo particolare:
Nodo: numerazione interna del nodo.
Coordinate: coordinate del nodo secondo il sistema di riferimento globale cartesiano.
Imp.: impalcato di appartenenza del nodo.
Slave: nodo dipendente da un nodo MASTER definito nella tabella specifica;
Vincoli: eventuali vincoli esterni del nodo in ognuna delle 6 direzioni:
x: direzione X rispetto al sistema di riferimento globale;
y: direzione Y rispetto al sistema di riferimento globale;
z: direzione Z rispetto al sistema di riferimento globale;
Rx: rotazione attorno all'asse X del sistema di riferimento globale;
Ry: rotazione attorno all'asse Y del sistema di riferimento globale;
Rz: rotazione attorno all'asse Z del sistema di riferimento globale.

Inoltre:
np: non presenza di vincoli;
p: valore infinito della rigidezza;
Kt: valore finito delle rigidezze traslazionali da leggere nella tabella specifica; Kr : valore finito delle rigidezze rotazionali da leggere nella tabella specifica;
Masse Nodali:
M: valore della massa traslazionale
MIx: valore del momento d'inerzia della massa attorno all'asse X
MIy: valore del momento d'inerzia della massa attorno all'asse Y
MIz: valore del momento d'inerzia della massa attorno all'asse Z

Nodo	Coordinate [cm]			Livello	Slave	Vincoli						Masse Nodali			
	x	y	z			x	y	z	Rx	Ry	Rz	M [daNM]	MIx [daNM*cm²]	MIy [daNM*cm²]	MIz [daNM *cm²]
1	0.0	20.0	0.0	Livello 0	-	p	p	p	p	p	p	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.0	20.0	600.0	Livello 1	M1	np	np	np	np	np	np	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.0	20.0	100.0	Punto di applicazione dell'azione di strascico	-	np	np	np	np	np	np	0.00	0.00	0.00	0.00

3. Caratteristiche delle aste

La tabella seguente riporta tutte le caratteristiche relative alle aste della struttura ed in modo particolare al perno:

Asta: numerazione dell'asta
Fili: fili fissi ai quali appartiene l'asta
Nodo In.: nodo iniziale dell'asta
Nodo Fin.: nodo finale dell'asta
Tipo: funzione dell'asta
Sez.: sezione trasversale associata all'asta
L: lunghezza teorica (nodo-nodo) dell'asta
Imp.: impalcato di appartenenza dell'asta

							Vincoli interni										
Asta	Fili	Nodo In.	Nodo Fin.	Tipo	Sez.	L [cm]	Estremo In.						Estremo Fin.				
							Spo X	Spo Y	Spo Z	Rot X	Rot Y	Rot Z	Spo X	Spo Y	Spo Z	Rot X	Rot Y
1	2	3	1	Croce	1	100.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	1	2	3	Croce	1	500.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

4. Carichi concentrati sui nodi

Nodo : numero del nodo
C.C. : condizione di carico
Fx : eventuale azione esterna sul nodo in direzione X rispetto al sistema di riferimento globale Fy : eventuale azione esterna sul nodo in direzione Y rispetto al sistema di riferimento globale Fz : eventuale azione esterna sul nodo in direzione Z rispetto al sistema di riferimento globale Mx : eventuale momento applicato sul nodo attorno all'asse X del sistema di riferimento globale
My : eventuale momento applicato sul nodo attorno all'asse Y del sistema di riferimento globale
Mz : eventuale momento applicato sul nodo attorno all'asse Z del sistema di riferimento globale

Nodo	C.C.	Fx [daN]	Fy [daN]	Fz [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mz [daNm]
3	Azione di strascico	10000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

7. RISULTATI DI CALCOLO

7.1. Risultati Condizioni

Asta : numerazione interna dell'asta.
Fili : fili fissi ai quali appartiene l'asta considerata.
Nodo : numerazione interna del nodo.
Nodo Vinc. : numerazione interna del nodo vincolato.
X : distanza dal nodo iniziale misurata lungo l'asse dell'asta.

Cinematismi nodali : valore dello spostamento. Per le azioni sismiche è riferito allo spettro elastico.
Vx : traslazione X rispetto al sistema di riferimento globale.
Vy : traslazione Y rispetto al sistema di riferimento globale.
Vz : traslazione Z rispetto al sistema di riferimento globale.
Rx : rotazione attorno all'asse X del sistema di riferimento globale.
Ry : rotazione attorno all'asse Y del sistema di riferimento globale.
Rz : rotazione attorno all'asse Z del sistema di riferimento globale.

Reazioni:
Rx : reazione vincolare in direzione X (riferimento globale);
Ry : reazione vincolare in direzione Y (riferimento globale);
Rz : reazione vincolare in direzione Z (riferimento globale);
Rfx : reazione vincolare intorno ad X (riferimento globale);
Rfy : reazione vincolare intorno ad Y (riferimento globale);
Rfz : reazione vincolare intorno ad Z (riferimento globale).

Sollecitazioni:
N1-1 : valore dello Sforzo Normale sulla faccia di normale parallela all'asse 1 in direzione 1 nel punto considerato;
N2-2 : valore dello Sforzo Normale sulla faccia di normale parallela all'asse 2 in direzione 2 nel punto considerato;
N1-2 : valore dello Sforzo Normale sulla faccia di normale parallela all'asse 1 in direzione 2 nel punto considerato;
M1-1 : valore dello Momento Flettente sulla faccia di normale parallela all'asse 1 nel punto considerato;
M2-2 : valore dello Momento Flettente sulla faccia di normale parallela all'asse 2 nel punto considerato;
M1-2 : valore dello Momento Torcente sulle faccie nel punto considerato;
T1-3 : valore del Taglio sulla faccia di normale parallela all'asse 1 in direzione 3 nel punto considerato;
T2-3 : valore del Taglio sulla faccia di normale parallela all'asse 2 in direzione 3 nel punto

considerato;

Modo:
f : valore della frequenza del modo i-esimo;
T : valore del periodo del modo i-esimo;
Gx : valore del coefficiente di partecipazione del modo i-esimo;

7.2. Risultati Condizioni (Sisma X)

Direzione X			
Modo	**f [Hz]**	**T [s]**	**Gx %**
1	82.437	0.012	49.7
2	5.003	0.200	39.6
Totale Gx (>=85%)			**89.3**

- **Cinematismi nodali**

Nodo	Vx [cm]	Vy [cm]	Vz [cm]	Rx [rad]	Ry [rad]	Rz [rad]
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.1150	0.0583	0.0000	0.000146	-0.000288	0.000000
3	0.0046	0.0023	0.0000	0.000045	-0.000089	0.000000

- **Sollecitazioni**

Sollecitazioni									
Asta	**Imp.**	**Fili**	**X [cm]**	**N [daN]**	**Mt [daNm]**	**Mxz [daNm]**	**Txz [daN]**	**Mxy [daNm]**	**Txy [daN]**
1	Liv. 1	3	0.00	0.00	0.00	294.52	65.04	586.12	-163.24
			50.00	0.00	0.00	325.59	65.04	649.75	-163.24
			100.00	0.00	0.00	358.02	65.04	727.63	-163.24
2	Liv. 1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	58.90	0.00	-117.22
			250.00	0.00	0.00	147.26	58.90	293.06	-117.22
			500.00	0.00	0.00	294.52	58.90	586.12	-117.22

- **Reazioni Vincolari SLV**

	Reazioni					
Nodo Vinc.	**Rx [daN]**	**Ry [daN]**	**Rz [daN]**	**Rfx [daNm]**	**Rfy [daNm]**	**Rfz [daNm]**
1	-163.24	-65.04	0.00	358.02	-727.63	0.00

- **Reazioni Vincolari SLD**

	Reazioni					
Nodo Vinc.	Rx [daN]	Ry [daN]	Rz [daN]	Rfx [daNm]	Rfy [daNm]	Rfz [daNm]
1	-61.59	-21.89	0.00	117.53	-242.60	0.00

7.3. Risultati Condizioni (Sisma Y)

Direzione Y			
Modo	f [Hz]	T [s]	Gx %
1	82.437	0.012	49.7
2	5.003	0.200	39.6
Totale Gx (>=85%)			89.3

- **Cinematismi nodali**

Cinematismi nodali						
Nodo	Vx [cm]	Vy [cm]	Vz [cm]	Rx [rad]	Ry [rad]	Rz [rad]
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000
2	-0.0583	0.1150	0.0000	0.000288	0.000146	0.000000
3	-0.0023	0.0046	0.0000	0.000089	0.000045	0.000000

- **Sollecitazioni**

Sollecitazioni									
Asta	Imp.	Fili	X [cm]	N [daN]	Mt [daNm]	Mxz [daNm]	Txz [daN]	Mxy [daNm]	Txy [daN]
1	Liv. 1	3	0.00	0.00	0.00	586.12	163.24	-294.52	65.04
			50.00	0.00	0.00	649.75	163.24	-325.59	65.04
			100.00	0.00	0.00	727.63	163.24	-358.02	65.04
2	Liv. 1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	117.22	0.00	58.90
			250.00	0.00	0.00	293.06	117.22	-147.26	58.90
			500.00	0.00	0.00	586.12	117.22	-294.52	58.90

- **Reazioni Vincolari SLV**

	Reazioni					
Nodo Vinc.	Rx [daN]	Ry [daN]	Rz [daN]	Rfx [daNm]	Rfy [daNm]	Rfz [daNm]
1	65.04	-163.24	0.00	727.63	358.02	0.00

- **Reazioni Vincolari SLD**

	Reazioni					
Nodo Vinc.	Rx [daN]	Ry [daN]	Rz [daN]	Rfx [daNm]	Rfy [daNm]	Rfz [daNm]
1	21.89	-61.59	0.00	242.60	117.53	0.00

7.4. Risultati Condizioni (azione di strascico)

- **Cinematismi nodali**

Cinematismi nodali						
Nodo	Vx [cm]	Vy [cm]	Vz [cm]	Rx [rad]	Ry [rad]	Rz [rad]
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.3897	0.0000	0.0000	0.000000	-0.000688	0.000000
3	0.0459	0.0000	0.0000	0.000000	-0.000688	0.000000

- **Sollecitazioni**

Sollecitazioni									
Asta	Imp.	Fili	X [cm]	N [daN]	Mt [daNm]	Mxz [daNm]	Txz [daN]	Mxy [daNm]	Txy [daN]
1	Liv. 1	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-10000.00
			50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5000.00	-10000.00
			100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10000.00	-10000.00
2	Liv. 1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- **Reazioni Vincolari SLV**

	Reazioni					
Nodo Vinc.	Rx [daN]	Ry [daN]	Rz [daN]	Rfx [daNm]	Rfy [daNm]	Rfz [daNm]
1	-10000.00	0.00	0.00	0.00	-10000.00	0.00

7.5. Inviluppi

Gli effetti relativi alle varie combinazioni sono considerati utilizzando la tecnica dell'inviluppo, in modo da considerare i massimi effetti relativi allo stato limite in esame.
Tale tecnica è stata utilizzata per:

a) Cinematismi nodali;
b) Sforzo Normale;
c) Momento Torcente;
d) Momento Flettente X-Z;
e) Taglio X-Z;
f) Momento Flettente X-Y;
g) Taglio X-Y;

a) Inviluppi dei Cinematismi nodali

I dati seguenti riportano i valori dei cinematismi nodali dei nodi che definiscono la struttura ed in

modo particolare:
Nodo: numerazione interna del nodo.
X: distanza dal nodo iniziale misurata lungo l'asse dell'asta.
Cinematismi nodali: valore dello spostamento. Per le azioni sismiche è riferito allo spettro elastico:

Vx : traslazione X rispetto al sistema di riferimento globale.
Vy : traslazione Y rispetto al sistema di riferimento globale.
Vz : traslazione Z rispetto al sistema di riferimento globale.
Rx : rotazione X rispetto al sistema di riferimento globale.
Ry : rotazione Y rispetto al sistema di riferimento globale.
Rz : rotazione Z rispetto al sistema di riferimento globale.

Max : valore massimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.
Min : valore minimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.

- **Inviluppi SLV**

Gli effetti relativi alle varie combinazioni sono considerati utilizzando la tecnica dell'inviluppo, in modo da considerare i massimi effetti relativi allo stato limite in esame.
Tale tecnica è stata utilizzata per:

- *Cinematismi nodali;*
- *Sforzo Normale;*
- *Momento Torcente;*
- *Momento Flettente X-Z;*
- *Taglio X-Z;*
- *Momento Flettente X-Y;*
- *Taglio X-Y;*

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA												
	Spostamenti						Rotazioni					
	Vx [cm]		Vy [cm]		Vz [cm]		Rx [rad]		Ry [rad]		Rz [rad]	
Nodo	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
2	0.322	0.297	0.132	-0.132	-0.001	-0.002	3.3E-4	-3.3E-4	-3.6E-4	-1.0E-3	1.3E-7	-1.3E-7
3	0.051	0.041	0.005	-0.005	0.000	-0.001	1.0E-4	-1.0E-4	-5.8E-4	-7.3E-4	2.2E-8	-2.2E-8

- **Inviluppi SLD**

STATO LIMITE DI DANNO												
	Spostamenti						Rotazioni					
	Vx [cm]		Vy [cm]		Vz [cm]		Rx [rad]		Ry [rad]		Rz [rad]	
Nodo	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
2	0.433	0.346	0.043	-0.043	-0.001	-0.001	1.1E-4	-1.1E-4	-5.9E-4	-8.0E-4	6.5E-8	-6.5E-8
3	0.048	0.044	0.002	-0.002	0.000	0.000	3.4E-5	-3.4E-5	-6.5E-4	-7.2E-4	1.1E-8	-1.1E-8

- **Inviluppi SLE**

STATO LIMITE D'ESERCIZIO - Caratteristiche												
	Spostamenti						Rotazioni					
	Vx [cm]		Vy [cm]		Vz [cm]		Rx [rad]		Ry [rad]		Rz [rad]	
Nodo	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
2	0.390	0.390	0.000	0.000	-0.001	-0.001	0.0E+0	0.0E+0	-6.9E-4	-6.9E-4	0.0E+0	0.0E+0
3	0.046	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0E+0	0.0E+0	-6.9E-4	-6.9E-4	0.0E+0	0.0E+0

STATO LIMITE D'ESERCIZIO - Frequenti												
	Spostamenti						Rotazioni					
	Vx [cm]		Vy [cm]		Vz [cm]		Rx [rad]		Ry [rad]		Rz [rad]	
Nodo	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
2	0.390	0.390	0.000	0.000	-0.001	-0.001	0.0E+0	0.0E+0	-6.9E-4	-6.9E-4	0.0E+0	0.0E+0
3	0.046	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0E+0	0.0E+0	-6.9E-4	-6.9E-4	0.0E+0	0.0E+0

STATO LIMITE D'ESERCIZIO - Quasi Permanenti												
	Spostamenti						Rotazioni					
	Vx [cm]		Vy [cm]		Vz [cm]		Rx [rad]		Ry [rad]		Rz [rad]	
Nodo	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
2	0.390	0.390	0.000	0.000	-0.001	-0.001	0.0E+0	0.0E+0	-6.9E-4	-6.9E-4	0.0E+0	0.0E+0
3	0.046	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0E+0	0.0E+0	-6.9E-4	-6.9E-4	0.0E+0	0.0E+0

b) Inviluppi dei diagrammi delle sollecitazioni: Sforzo Normale.

I dati seguenti riportano i valori dello Sforzo Normale relativamente alle aste che definiscono la struttura ed in modo particolare:

Asta : numerazione interna dell'asta.
X : distanza dal nodo iniziale misurata lungo l'asse dell'asta.
Sforzo Normale (N) : valore dello Sforzo Normale nel punto considerato:
Max : valore massimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.
Min : valore minimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.
Comb : combinazione di appartenenza del valore considerato nell'inviluppo.

Sforzo Normale (N) [daN]													
				SLV		SLD		SLE					
								Caratteristiche		Frequenti		Quasi Permanenti	
Asta	Imp.	Filo	X [cm]	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	Piano 1	3-1	0.00	-2000	-2600	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000
			50.00	-2200	-2860	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200
			100.00	-2400	-3120	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400
2	Piano 1	1-3	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			250.00	-1000	-1300	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000
			500.00	-2000	-2600	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000

c) Inviluppi dei diagrammi delle sollecitazioni: Momento Torcente.

I dati seguenti riportano i valori del Momento Torcente relativamente alle aste che definiscono la struttura ed in modo particolare:

Asta : numerazione interna dell'asta.
X : distanza dal nodo iniziale misurata lungo l'asse dell'asta.
Momento Torcente (MT) : valore del Momento Torcente nel punto considerato:
Max : valore massimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.
Min : valore minimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.
Comb : combinazione di appartenenza del valore considerato nell'inviluppo.

Momento Torcente (Mt) [daNm]													
				SLV		SLD		SLE					
								Caratteristiche		Frequenti		Quasi Permanenti	
Asta	Imp.	Filo	X [cm]	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	Piano 1	3-1	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			50.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			100.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Piano 1	1-3	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			250.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			500.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

d) Inviluppi dei diagrammi delle sollecitazioni: Taglio X-Z.

I dati seguenti riportano i valori del Taglio X-Z relativamente alle aste che definiscono la struttura ed in modo particolare:

Asta : numerazione interna dell'asta.

X : distanza dal nodo iniziale misurata lungo l'asse dell'asta.

Taglio (TXZ) : valore del Taglio X-Z nel punto considerato:

Max : valore massimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.

Min : valore minimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.

Comb : combinazione di appartenenza del valore considerato nell'inviluppo.

Taglio (Txz) [daN]													
				SLV		SLD		SLE					
								Caratteristiche		Frequenti		Quasi Permanenti	
Asta	Imp.	Fili	X [cm]	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	Piano 1	3-1	0.00	183	-183	68	-68	0	0	0	0	0	0
			50.00	183	-183	68	-68	0	0	0	0	0	0
			100.00	183	-183	68	-68	0	0	0	0	0	0
2	Piano 1	1-3	0.00	135	-135	44	-44	0	0	0	0	0	0
			250.00	135	-135	44	-44	0	0	0	0	0	0
			500.00	135	-135	44	-44	0	0	0	0	0	0

e) Inviluppi dei diagrammi delle sollecitazioni: Momento Flettente X-Y.

I dati seguenti riportano i valori del Momento Flettente X-Y relativamente alle aste che definiscono la struttura ed in modo particolare:

Asta : numerazione interna dell'asta.

X : distanza dal nodo iniziale misurata lungo l'asse dell'asta.

Momento Flettente (MXY) : valore del Momento Flettente X-Y nel punto considerato:

Max : valore massimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.

Min : valore minimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.

Comb : combinazione di appartenenza del valore considerato nell'inviluppo.

Momento Flettente (Mxy) [daNm]													
				SLV		SLD		SLE					
								Caratteristiche		Frequenti		Quasi Permanenti	
Asta	Imp.	Fili	X [cm]	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	Piano 1	3-1	0.00	674	-674	222	-222	0	0	0	0	0	0
			50.00	5747	4253	5246	4754	5000	5000	5000	5000	5000	5000
			100.00	10835	9165	10278	9722	10000	10000	10000	10000	10000	10000
2	Piano 1	1-3	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			250.00	337	-337	111	-111	0	0	0	0	0	0
			500.00	674	-674	222	-222	0	0	0	0	0	0

f) Inviluppi dei diagrammi delle sollecitazioni: Taglio X-Y.

I dati seguenti riportano i valori del Taglio X-Y relativamente alle aste che definiscono la struttura ed in modo particolare:

Asta : numerazione interna dell'asta.

X : distanza dal nodo iniziale misurata lungo l'asse dell'asta.

Taglio (TXY) : valore del Taglio X-Y nel punto considerato:

Max : valore massimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.

Min : valore minimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.

Comb : combinazione di appartenenza del valore considerato nell'inviluppo.

Taglio (Tzy) [daN]													
				SLV		SLD		SLE					
								Caratteristiche		Frequenti		Quasi Permanenti	
Asta	Imp.	Fili	X [cm]	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	Piano 1	3-1	0.00	.9817	-10183	-9932	-10068	-10000	-10000	-10000	-10000	-10000	-10000
			50.00	.9817	-10183	-9932	-10068	-10000	-10000	-10000	-10000	-10000	-10000
			100.00	.9817	-10183	-9932	-10068	-10000	-10000	-10000	-10000	-10000	-10000
2	Piano 1	1-3	0.00	135	-135	44	-44	0	0	0	0	0	0
			250.00	135	-135	44	-44	0	0	0	0	0	0
			500.00	135	-135	44	-44	0	0	0	0	0	0

g) Reazioni Vincolari.

I dati seguenti riportano i valori delle reazioni vincolari relative ai nodi che definiscono la struttura ed in modo particolare:

Nodo : numerazione interna del nodo.

Reazioni: valore delle reazioni vincolari del nodo in ognuna delle sei direzioni:

Rx : forza reagente lungo X rispetto al sistema di riferimento globale.
Ry : forza reagente lungo Y rispetto al sistema di riferimento globale.
Rz : forza reagente lungo Z rispetto al sistema di riferimento globale.
Rfx : coppia reagente attorno all'asse X del sistema di riferimento globale.
Rfy : coppia reagente attorno all'asse Y del sistema di riferimento globale.
Rfz : coppia reagente attorno all'asse Z del sistema di riferimento globale.
Pos : valore positivo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.
Neg : valore negativo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.
Comb : combinazione di appartenenza del valore considerato nell'inviluppo.

- ***Inviluppi SLV***

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA - Struttura							
		Reazioni Vincolari					
Nodi Vinc.		Rx [daN]	Ry [daN]	Rz [daN]	Rfx [daNm]	Rfy [daNm]	Rfz [daNm]
1	Max	-9817.25	182.75	3120.00	-835.03	-10835.04	0.00
	Min	-10182.75	-182.75	2400.00	835.03	-9164.97	0.00

- ***Inviluppi SLD***

STATO LIMITE DI DANNO - Struttura							
		Reazioni Vincolari					
Nodi Vinc.		Rx [daN]	Ry [daN]	Rz [daN]	Rfx [daNm]	Rfy [daNm]	Rfz [daNm]
1	Max	-9931.84	68.16	2400.00	-277.86	-10277.86	0.00
	Min	-10068.16	-68.16	2400.00	277.86	-9722.14	0.00

- ***Inviluppi SLE***

STATO LIMITE D'ESERCIZIO - Caratteristiche							
		Reazioni Vincolari					
Nodi Vinc.		Rx [daN]	Ry [daN]	Rz [daN]	Rfx [daNm]	Rfy [daNm]	Rfz [daNm]
1	Max	-10000.00	0.00	2400.00	0.00	-10000.00	0.00
	Min	-10000.00	0.00	2400.00	0.00	-10000.00	0.00

STATO LIMITE D'ESERCIZIO - Frequenti							
		Reazioni Vincolari					
Nodi Vinc.		Rx [daN]	Ry [daN]	Rz [daN]	Rfx [daNm]	Rfy [daNm]	Rfz [daNm]
1	Max	-10000.00	0.00	2400.00	0.00	-10000.00	0.00
	Min	-10000.00	0.00	2400.00	0.00	-10000.00	0.00

STATO LIMITE D'ESERCIZIO - Quasi Permanenti							
		Reazioni Vincolari					
Nodi Vinc.		Rx [daN]	Ry [daN]	Rz [daN]	Rfx [daNm]	Rfy [daNm]	Rfz [daNm]
1	Max	-10000.00	0.00	2400.00	0.00	-10000.00	0.00
	Min	-10000.00	0.00	2400.00	0.00	-10000.00	0.00

7.6. Verifica Aste

a) Perni

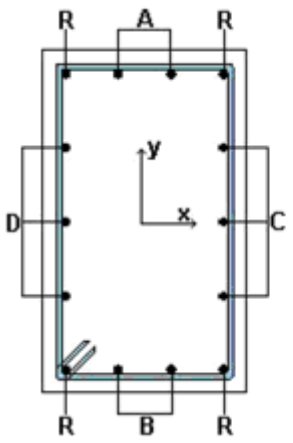
Qui di seguito vengono riportate le tabelle riportanti i risultati delle verifiche relative agli elementi della struttura

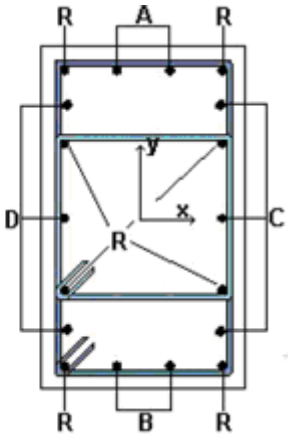
- **Verifiche SLV - Flessione Composta**

Perno : numerazione del perno (interna alla relazione di calcolo);
Asta : numerazione interna dell'asta;
Filo-Perno : filo fisso dell'asta considerata (numerazione corrispondente con elaborati grafici esecutivi);
Tipo Sez. : tipo di sezione dell'asta considerata;
$\varepsilon c2$: deformazione di contrazione del calcestruzzo al raggiungimento della massima tensione;
$\varepsilon cu2$: deformazione ultima di contrazione del calcestruzzo;
Pos. : Posizione misurata lungo l'asse dell'asta
Cop. : distanza tra la superficie esterna dell'armatura più prossima alla superficie del calcestruzzo e la superficie
stessa del calcestruzzo;
A_{sn} : valore dell'area dell'acciaio strettamente necessaria;
CdC : indice della combinazione di carico più gravosa

Azioni Sollecitanti:
N_{Sd} : Sforzo Normale sollecitante;
M_{SdXZ} : valore del Momento Flettente X-Z sollecitante di calcolo
M_{SdXY} : valore del Momento Flettente X-Y sollecitante di calcolo
εcls : deformazione massima del calcestruzzo compresso
εacc : deformazione massima dell'armatura tesa

Azioni Resistenti:
N_{Rd} : Sforzo Normale resistente;
M_{RdXZ} : valore del Momento Flettente X-Z resistente di calcolo;
M_{RdXY} : valore del Momento Flettente X-Y resistente di calcolo;
C : campo di rottura
S : valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;
Esito : Esito della verifica : V = VERIFICATA;
: NV = NON VERIFICATA;





											Azioni Sollecitanti					Azioni Resistenti					
Perno	Asta	livello	Filo-Perno	Tipo Sez.	εc2 [‰]	εcu2 [‰]	Pos.	Cop. [cm]	Asn [cm²]	CdC	Nsd [daN]	Msdxz [daNm]	Msdxy [daNm]	εcls [‰]	εacc [‰]	Nrd [daN]	Mrdxz [daNm]	Mrdxy [daNm]	C	S	Esito
1	1	1	1	1	2.00	3.50	Testa	**Armatura: 4 Ø 16 (R), 5 Ø 16 (A), 5 Ø 16 (B), 5 Ø 16 (C), 5 Ø 16 (D)**													
								5.0	48.3	21	-2000	-674	0	3.50	7.67	-1999	-18864	0	3	27.97	V
								5.0	48.3	8	-2000	0	-674	3.50	7.67	-1999	0	-18864	3	27.97	V
							Piede	**Armatura: 4 Ø 16 (R), 5 Ø 16 (A), 5 Ø 16 (B), 5 Ø 16 (C), 5 Ø 16 (D)**													
								5.0	48.3	21	-2400	-835	0	3.50	7.64	-2400	-18893	0	3	22.63	V
								5.0	48.3	9	-2400	0	-10835	3.50	7.64	-2400	0	-18893	3	1.74	V
2	2	1	1	1	2.00	3.50	Testa	**Armatura: 4 Ø 16 (R), 1 Ø 16 (A), 1 Ø 16 (B), 1 Ø 16 (C), 1 Ø 16 (D)**													
								5.0	16.1	3	0	0	0	2.39	10.00	-100	-1	0	2	10000.00	V
								5.0	16.1	3	0	0	0	2.39	10.00	-2000	0	-1	2	10000.00	V
							Piede	**Armatura: 4 Ø 16 (R), 1 Ø 16 (A), 1 Ø 16 (B), 1 Ø 16 (C), 1 Ø 16 (D)**													
								5.0	16.1	21	-2000	-674	0	2.39	10.00	-2000	-7312	0	2	10.84	V
								5.0	16.1	8	-2000	0	-674	2.39	10.00	-2000	0	-7312	2	10.84	V

- **Verifiche SLV - Taglio.**

Perno : numerazione interna del perno;
Asta : numerazione interna dell'asta;
Imp. : impalcato al quale appartiene l'asta considerata;
Filo : filo fisso al quale appartiene l'asta considerata;
Tipo Sez. : tipo di sezione dell'asta considerata;
Blocco:
1 : tratto (iniziale) nel quale le staffe vengono mantenute costanti;
2 : tratto (mediano) nel quale le staffe vengono mantenute costanti;
3 : tratto (finale) nel quale le staffe vengono mantenute costanti;
Cop. : distanza tra la superficie esterna dell'armatura più prossima alla superficie del calcestruzzo e la superficie
stessa del calcestruzzo;
cot(θ) : cotangente dell'angolo θ;

Tagli Sollecitanti:
VSdXZ : valore del Taglio X-Z sollecitante di calcolo (calcolato per soddisfare VSd = V(CV) + VEd ;
Ved = γRd (MC,RdSup + MC,RdInf) / 1p);
VSdXY : valore del Taglio X-Y sollecitante di calcolo (calcolato per soddisfare VSd = V(CV) + VEd ;
Ved = γRd (MC,RdSup + MC,RdInf) / 1p);
Tagli Resistenti:
VRdXZ : valore del Taglio X-Z resistente di calcolo;
VRdXY : valore del Taglio X-Y resistente di calcolo;
φ : diametro della staffa;

Nbr_X : numero di bracci di cui è composta la staffa in direzione X;
Nbr_Y : numero di bracci di cui è composta la staffa in direzione Y;
DStaffe : interasse tra le staffe;
LTR : lunghezza dei tratti per cui si ha DStaffe;
SXY : coefficiente di sicurezza relativo a VSdXY
SXZ : coefficiente di sicurezza relativo a VSdXZ
Esito : Esito della verifica : V = VERIFICATA;
: NV = NON VERIFICATA;

								Tagli Sollecitanti		Tagli Resistenti									
Perno	Asta	liv.	Filo	Tipo Sez.	Blocco	Cop. [cm]	cot(θ)	Vsdxy [daN]	Vsdxz [daN]	Vrdxy [daN]	Vrdxz [daN]	ϕ [mm]	Nbr_X	Nbr_Y	DStaffe [cm]	Ltr [cm]	S_{XY}	S_{XZ}	Esito
1	1	1	1	1	1	5.0	1.2	59332.93	59332.93	60385.57	60385.57	12	2	2	5	100	1.02	1.02	V
2	2	1	1	1	1	5.0	2.5	4530.08	4530.08	24893.70	24893.70	10	2	2	10	417	5.50	5.50	V
					2	5.0	2.5	4530.08	4530.08	39415.03	39415.03	10	2	2	10	83	8.70	8.70	V

- **Verifiche SLV - Stabilità Elastica.**

Perno : numerazione interna del perno;
Asta : numerazione interna dell'asta;
Filo : filo fisso al quale appartiene l'asta considerata;
Tipo Sez. : tipo di sezione dell'asta considerata;
Cop. : distanza tra la superficie esterna dell'armatura più prossima alla superficie del calcestruzzo e la superficie
stessa del calcestruzzo;
λ : rapporto di snellezza;
λ : rapporto di snellezza critico;*
Afl : valore dell'area dell'acciaio presente nella sezione;
Azioni Sollecitanti:
NSd : Sforzo Normale sollecitante;
MSdXZ : valore del Momento Flettente X-Z sollecitante di calcolo;
MSdXY : valore del Momento Flettente X-Y sollecitante di calcolo;
Azioni Resistenti:
NRd : Sforzo Normale resistente;
MRdXZ : valore del Momento Flettente X-Z resistente di calcolo;
MRdXY : valore del Momento Flettente X-Y resistente di calcolo;
S : valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;
Esito : Esito della verifica : V = VERIFICATA;
: NV = NON VERIFICATA;

Con riferimento al punto 4.1.2.1.7.3 del DM 2008 in aggiunta al momento sollecitante esterno viene sommata un'aliquota dovuta ad un'eccentricità dello sforzo normale pari a 1/300 dell'altezza della colonna (difetto di rettilineità).
In aggiunta viene considerata un'aliquota aggiuntiva che tenga conto dell'inflessione della colonna pari a e2 := 0.222 $e_{fy}\, l_0^2/h$.

									Azioni Sollecitanti			Azioni Resistenti				
Perno	Asta	Liv.	Filo	Tipo Sez.	Dir.	Cop. [cm]	λ	λ*	Nsd [daN]	Msdxz [daNm]	Msdxy [daNm]	Nrd [daN]	Mrdxz [daNm]	Mrdxy [daNm]	S	Esito
1	1	1	1	1	Dir X	5.0	17.3	108.7	-3120.0	-	-	-	-	-	-	V
					Dir Y	5.0	17.3	108.7	-3120.0	-	-	-	-	-	-	V
2	2	1	1	1	Dir X	5.0	43.3	119.1	-2600.0	-	-	-	-	-	-	V
					Dir Y	5.0	43.3	119.1	-2600.0	-	-	-	-	-	-	V

- **Verifiche SLV - Controllo Armatura Nodo.**

Perno : numerazione interna del perno;
Asta : numerazione interna dell'asta;
Filo : filo fisso al quale appartiene l'asta considerata;
Tipo Sez. : tipo di sezione dell'asta considerata;
Pos. : Posizione misurata lungo l'asse dell'asta

i : passo staffe;
Ø : diametro delle staffe;
Bj : larghezza utile del nodo;
R1 : nst,min · Ast / passo · bj
R2 : 0.05 · fck / fyk
Esito : (nst · Ast / i · bj) ≥ (0.05 · fck / fyk)
Controllo eseguito in base al punto 7.4.6.2.3 del D.M. 14/01/2008.

- **Verifiche SLV - Resistenza massima a compressione sezione cls.**

Perno : numerazione interna del perno;
Asta : numerazione interna dell'asta;
Filo : filo fisso al quale appartiene l'asta considerata;
Tipo Sez. : tipo di sezione dell'asta considerata;
Cop. : distanza tra la superficie esterna dell'armatura più prossima alla superficie del calcestruzzo e la superficie
stessa del calcestruzzo;
Area Sezione : area della sezione trasversale;
NEd : sforzo normale a compressione massimo di calcolo;
NRd : resistenza massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo;
Esito : Esito della verifica : V = VERIFICATA;
: NV = NON VERIFICATA;

Perno	Asta	Liv.	Filo	Tipo Sez.	Cop. [cm]	Area Sezione [cm²]	NEd [daN]	NRd [daN]	Esito
1	1	1	1	1	5.0	1600	-3120	-206267	V
2	2	1	1	1	5.0	1600	-2600	-206267	V

- **Verifiche SLE - Stato Tensionale.**

Perno.: numerazione interna del perno;
Asta: numerazione interna dell'asta;
Filo: filo fisso al quale appartiene l'asta considerata;
Tipo Sez.: tipo di sezione dell'asta considerata;
Comb: tipo di combinazione a cui la verifica è riferita;
Pos.: Posizione misurata lungo l'asse dell'asta
Cop.: distanza tra la superficie esterna dell'armatura più prossima alla superficie del calcestruzzo e la superficie stessa del calcestruzzo;

Azioni Sollecitanti:
Nsd : Sforzo Normale sollecitante;
MsdXZ : valore del Momento Flettente X-Z sollecitante di calcolo;
MsdXY : valore del Momento Flettente X-Y sollecitante di calcolo;

Tensioni:
σc : tensioni d'esercizio del calcestruzzo;
σs : tensioni d'esercizio dell'acciaio;
Tensioni Limite:
σc,lim : tensioni limite del calcestruzzo;
σs,lim : tensioni limite dell'acciaio;
S : valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;
Esito : Esito della verifica : V = VERIFICATA;
: NV = NON VERIFICATA;

								Azioni Sollecitanti			Tensioni		Tensioni Limite			
Perno	**Asta**	**Liv.**	**Filo**	**Tipo Sez.**	**Comb**	**Pos.**	**Cop. [cm]**	**Nsd [daN]**	**Msdxz [daNm]**	**Msdxy [daNm]**	**σc [daN/cm²]**	**σs [daN/cm²]**	**σc,lim [daN/cm²]**	**σs,lim [daN/cm²]**	**S**	**Esito**
1	1	1	1	1	Caratt.	Testa	5.0	-2000	0.00	0.00	0.86	12.91	210.00	3600.00	244.00	V
						Piede	5.0	-2400	0.00	-10000.00	89.54	-1796.83	210.00	3600.00	2.00	V
2	2	1	1	1	Caratt.	Testa	5.0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	210.00	3600.00	-	V
						Piede	5.0	-2000	0.00	0.00	1.09	16.29	210.00	3600.00	193.33	V

- **Verifiche SLE - Fessurazione.**

Perno : numerazione interna del perno;
Asta : numerazione interna dell'asta;
Filo : filo fisso al quale appartiene l'asta considerata;
Tipo Sez. : tipo di sezione dell'asta considerata;
Nsd : Sforzo Normale sollecitante;
MsdXZ : valore del Momento Flettente X-Z sollecitante di calcolo;
MsdXY : valore del Momento Flettente X-Y sollecitante di calcolo;
Wk,max : valore della massima apertura ammissibile delle fessure;
Wk : valore dell'apertura della fessura calcolata;
S : valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;
Esito : Esito della verifica : V = VERIFICATA;
: NV = NON VERIFICATA;

Perno	Asta	Liv.	Filo	Tipo Sez.	Comb	Pos.	Cop. [cm]	Nsd [daN]	Msdxz [daNm]	Msdxy [daNm]	$W_{k,max}$ [mm]	W_k [mm]	S	Esito
1	1	1	1	1	Freq.	Testa	5.0	-2000	0.00	0.00	0.20	0.00	-	V
						Piede	5.0	-2400	0.00	-10000.00	0.20	0.20	1.00	V
					Q.Perm.	Testa	5.0	-2000	0.00	0.00	0.20	0.00	-	V
						Piede	5.0	-2400	0.00	-10000.00	0.20	0.20	1.00	V
2	2	1	1	1	Freq.	Testa	5.0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	V
						Piede	5.0	-2000	0.00	0.00	0.20	0.00	-	V
					Q.Perm.	Testa	5.0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	V
						Piede	5.0	-2000	0.00	0.00	0.20	0.00	-	V

- **Verifica Stati Limite di Danno.**

Inviluppi dei Cinematismi nodali.
I dati seguenti riportano i valori dei Cinematismi nodali che definiscono la struttura ed in modo particolare:
Nodo : numerazione interna del nodo.
X : distanza dal nodo iniziale misurata lungo l'asse dell'asta.
Cinematismi nodali : valore dello Sforzo Normale nel punto considerato:
Vx : traslazione X rispetto al sistema di riferimento globale.
Vy : traslazione Y rispetto al sistema di riferimento globale.
Vz : traslazione Z rispetto al sistema di riferimento globale.
Rx : rotazione X rispetto al sistema di riferimento globale.
Ry : rotazione Y rispetto al sistema di riferimento globale.
Rz : rotazione Z rispetto al sistema di riferimento globale.
Max : valore massimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.

Min : valore minimo (rispetto al sistema di riferimento globale) dell'inviluppo.
CMax : combinazione massima di appartenenza del valore considerato nell'inviluppo.
CMin : combinazione minima di appartenenza del valore considerato nell'inviluppo

STATO LIMITE DI DANNO												
	Vx [cm]		Vy [cm]		Vz [cm]		Rx [rad]		Ry [rad]		Rz [rad]	
Nodo	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0	0.0E+0
2	0.433	0.346	0.043	-0.043	-0.001	-0.001	1.1E-4	-1.1E-4	-5.8E-4	-8.0E-4	6.5E-8	-6.5E-8
3	0.048	0.044	0.002	-0.002	0.000	0.000	3.4E-5	-3.4E-5	-6.5E-4	-7.2E-4	1.1E-8	-1.1E-8

Il controllo viene fatto tramite la seguente relazione:

$$d_r < 0.0050\ h$$

dove:
dr è lo spostamento relativo tra due livelli consecutivi;
h è l'altezza dell'impalcato;
Livello : livello considerato;
Elemento : tipo e numero dell'elemento considerato;
drx : traslazione relativa X globale del livello considerato;
dry : traslazione relativa Y globale del livello considerato;
H : altezza del livello considerato;
dlim : spostamento limite da normativa;
Esito : esito della verifica;

Livello	Elemento	drx [cm]	dry [cm]	H [cm]	dlim [cm]	Esito
1	Perno N° 1	0.4331	0.0433	600.0000	3.0000	Verificato

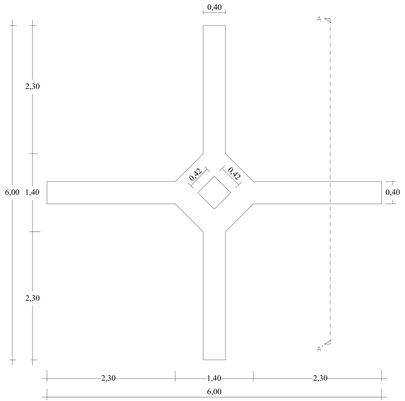
7.7. Riassunto dei Risultati.

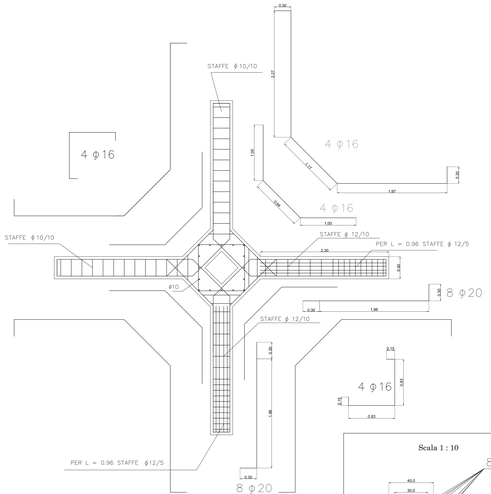
ELEMENTO	TIPO VERIFICA	COEFF. SIC. MIN	COEFF. SIC. MAX
Perno in C.A.	S.L.V. - Flessioni Composte Rette	10.84	> 1000
	S.L.V. - Taglio	1.02	6.70
	S.L.E. Caratteristica - Tensioni di esercizio	2.00	> 1000

Allegato G

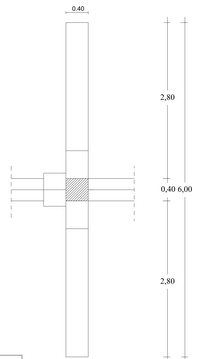
DISSUASORE ANTISTRASCICO

PIANTA

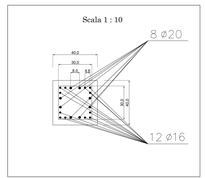




SEZIONE A - A'



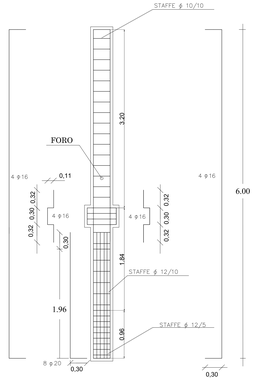
Scala 1 : 10



SEZIONE B - B'

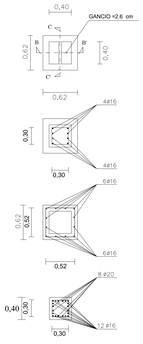
SEZIONE C- C'

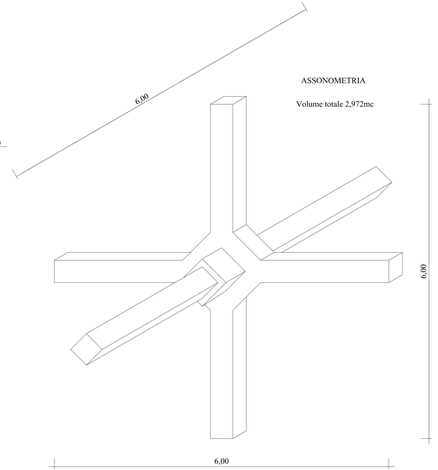
SEZIONE B - B'



PIANTA

PIANTA





ASSONOMETRIA

Volume totale 2,972mc

MATERIALI

Cls =C35/45

Acciaio =B450C

Classe di esposizione	Ambiente	Descrizione	Max a/c	Min RCK (MPa)	Cemento (Kg/mc)	Copriferro (mm)
XS2	Bagnato	Strutture permanentemente e completamente sotto acqua di mare	0.45	45	360	50

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna

AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA
(ex AUTORITÀ PORTUALE NORD SARDEGNA)

APPALTO DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA SULLA BASE DEL PROGETTO PRELIMINARE E PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI PER IL PROLUNGAMENTO DELL'ESISTENTE MOLO DI SOPRAFLUTTO E LA SISTEMAZIONE DEL PIAZZALE DI RETROMOLO DEL PORTO CANALE DI PORTO TORRES, DIS SASMBR01L01-P-R01DIS0000R001.

PROGETTO ESECUTIVO

DIS-T2	DISSUASORI - CARPENTERIA, ARMATURA E PARTICOLARI COSTRUTTIVI		SCALA 1:20 - 1:10
			DATA Marzo 2020

Rev. n.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00		Emissione	Arch. Rosalba Palazzotto	Ing. Lucio Abbadessa	Ing. M.Pittori

Impresa

sales

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti

SEACON

Dott. Ing. Lucio Abbadessa

INTERPROGETTI

Dott. Arch. Rosalba Palazzotto

Dott. Ing. Marco Pittori

Responsabile dell'integrazione fra le varie prestazioni specialistiche: Ing. Marco Pittori

Allegato H

AUTORITA DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA

(ex AUTORITÀ PORTUALE NORD SARDEGNA)

APPALTO DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA SULLA BASE DEL PROGETTO PRELIMINARE E PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI PER IL PROLUNGAMENTO DELL'ANTEMURALE DI PONENTE E DELLA RESECAZIONE DELLA BANCHINA ALTI FONDALI DEL PORTO CIVICO DI PORTO TORRES. CIG 5630886220 – CUP B21G11000040001

in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alle prescrizioni del MATTM n. 5 e n.6

AUTORITA DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA

e

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI, DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA, DESIGN E URBANISTICA

PROLUNGAMENTO DELL'ANTEMURALE DI PONENTE E DELLA RESECAZIONE DELLA BANCHINA ALTI FONDALI DEL PORTO CIVICO DI PORTO TORRES. CIG 5630866220 – CUP B21G11000040001 – PROGRAMMAZIONE ATTUATIVA REGIONALE FSC 2007/2013. LINEA DI AZIONE 6.1.2.A.1 ADEGUAMENTO DELLE INFRASTRUTTURE PORTUALI DI RILIEVO NAZIONALE. HUB PORTUALE DI PORTO TORRES

Firmato digitalmente da
Alessandro Meloni
CN = Alessandro Meloni
O = AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA
C = IT

Responsabile Unico del Procedimento Ing. Alessandro Meloni

Responsabile scientifico Prof. Vincenzo Pascucci

Unità operativa:

Università di Sassari, DADU Dipartimento di Architettura Design e Urbanistica.
Responsabile DADU: Prof. Vincenzo Pascucci
Gruppo di lavoro: Prof. Vincenzo Pascucci, Prof. Andrea Cossu, Dott. Mario De Luca, Dott. Antonio Santonastaso, Dott.ssa Alessandra Puccini, Dott.ssa Nicole Ruberti.

DOCUMENTO DI SINTESI

Prof. Vincenzo Pascucci

Vincenzo Pascucci

INDICE GENERALE

(numerazione generale in alto a destra; sub-numerazione *allegati:* in basso a destra)

1. *Introduzione.* ..... **Pag. 3**
2. *Reazione* **Pag.4**
3. *Allegato 1. - Mappatura e analisi della prateria di Posidonia oceanica nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres e progetto degli interventi di trapianto e compensazione.* ..... **Pag. 12**
4. *Allegato 2. - Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali, in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alle prescrizioni del MATTM n. 5 e n.6.* ..... **Pag. 64**
5. *Allegato 2bis. - Quadro delle attività di monitoraggio del posidonieto interessato dai dissuasori antistrascico (5 anni) nell'area marina del Parco Nazionale dell'Isola dell'Asinara.* ..... **Pag. 143**
6. *Allegato 2ter. - Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali, in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alla prescrizione del MATTM n. 6.* ..... **Pag. 152**
7. *Allegato 3. - Attività di ricerca e monitoraggio finalizzata all'individuazione del sito più idoneo per il trapianto di matte di Posidonia oceanica presenti su un'area interessata dai lavori di prolungamento dell'antemurale di ponente e della resecazione della banchina alti fondali del porto civico di Porto Torres. cig 5630866220 – cup B21G11000040001 – programmazione attuativa regionale FSC 2007/2013. linea di azione 6.1.2.A.1 adeguamento delle infrastrutture portuali di rilievo nazionale. HUB portuale di Porto Torres.* **Pag. 159**
8. *Allegato 4. - Realizzazione del cronoprogramma del Progetto esecutivo del trapianto e del Progetto di monitoraggio di Posidonia oceanica. Area di espianto: Porto Torres; reimpianto: Abbacurrente, Fiume Santo e P. ta Tramontana*..... **Pag. 241**
9. *Allegato 5. - Progetto relativo al campionamento della fauna ittica associata a strutture artificiali presso il Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta "Isola dell'Asinara".* .... **Pag. 261**

Introduzione

In questo documento sui riporta una sintesi degli studi di descrizione, impatto ambientale e progettuali riferiti alla prateria di *Posidonia oceanica* nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres e la pianificazione degli interventi di trapianto e compensazione relativi alla realizzazione dell'opera.

Il progetto del prolungamento dell'antemurale, infatti, prevede la posa del molo sulla citata formazione vegetale che se non trapiantata andrebbe sacrificata. L'Unione Europea stabilisce che tale attività sia interdetta o altrimenti mitigata da attività compensative che recuperino il danno ambientale causato. Tale attenzione è in relazione all'importante ruolo della prateria marina come polo di biodiversità; essa ospita infatti circa il 20-25% di tutte le specie presenti in mar Mediterraneo e gioca un ruolo chiave in questo ecosistema.

Gli studi iniziati nell'anno 2016 hanno portato alla decisione finale da parte dell'ISPRA e ARPAS Sassari, a concedere nel 2022 l'autorizzazione ad effettuare il progetto di reimpianto del posidonieto e di realizzare le differenti misure compensative richieste dalle diverse istituzioni. Tale documento ne riporta i dettagli dell'iter.

Il QRP_S3 del 2016 **(Allegato 1)** Quadro di Riferimento Progettuale: Studio specialistico e Mappatura e analisi della prateria di *Posidonia oceanica* nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres e progetto degli interventi di trapianto e compensazione, si riferisce alla mappatura e analisi del livello di stabilità ambientale della prateria di *Posidonia oceanica* nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres. Tale lavoro fu commissionato dalla Sales S.P.A, (Società incaricata dall'Autorità Portuale, del Nord Sardegna a realizzare il prolungamento dell'antemurale di ponente e la resecazione della banchina alti fondali del Porto Civico di Porto Torres), alla *Cassiopea* S.A.S. In tale documento si evidenzia come il posidonieto antistante l'area portuale di Porto Torres mostri una superficie ampia ma al contempo una forte compromissione del suo stato ambientale, verosimilmente dovuto alla presenza dell'area industriale, del porto industriale e civico e della città. Il documento evidenziava la compromissione della prateria su area vasta, interessando tutto il Golfo dell'Asinara ma soprattutto il tratto ad est della città di Porto Torres, dall'insediamento industriale fino a Castelsardo. L'area interessata dalla presenza di *P. oceanica* presente nel tratto di posa del molo interessa una superficie di circa 1 ha. Il documento segnalava anche la presenza nell'area della specie alloctona invasiva *Caulerpa cylindracea* nella zona interessata dai lavori. In fine lo stesso suggerisce di mettere in campo strategie compensative come il posizionamento di dissuasori in aree limitrofe, per contrastare lo strascico abusivo e/o mettere in atto opportune aree di popolamento attraverso la messa in opera di adeguate strutture in calcestruzzo armato come reef artificiali.

Come tecnica di reimpianto si proponeva il metodo a zolle (blocchi di matte) da posizionare in appositi scavi. La dimensione della zolla era di $4m^2$ con prelievo e possa da benna idraulica bivalve su pontone. Si proponeva poi per la piantumazione un'area prossimale alla zona di espianto che aveva le stesse caratteristiche batimetriche e di struttura sedimentaria simile a quella di espianto.

Il QRP_S3 del 2016 viene poi asservito alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 e MATTM declina le prescrizioni del n. 5 e n.6 di seguito descritte:

Prescrizione n.5: presentazione al MATTM dello studio di dettaglio sia per l'esatta definizione delle aree di reimpianto della Posidonia, sia per chiarire le modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di Caulerpa) e la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione completo di piano di monitoraggio e sua attuazione.

Prescrizione n.6: Concordamento con Area Marina Protetta Isola Asinara dell'esatto posizionamento dei dissuasori antistrascico e del Piano di Monitoraggio delle risorse ittiche e dei fondali, che dovrà essere avviato durante lo studio per il posizionamento di dissuasori e proseguito dopo il posizionamento delle strutture. Le attività di monitoraggio dovranno comprendere il

monitoraggio del posidonieto che si intende salvaguardare secondo transetti, durata, cadenza e modalità con Ente parco Asinara e dovranno proseguire per almeno 5 anni dal completamento delle attività di posizionamento delle strutture; Il PMA dovrà essere presentato al MATTM prima dell'avvio delle attività di cantiere

Nella relazione di risposta dell''Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna **(Allegato 2)** della *prescrizione n. 5,* si riporta l'indicazione di diverse aree potenzialmente idonee al reimpianto di *Posidonia oceanica* individuate da tracciati SSS e caratterizzate dalle stesse caratteristiche vegetazionali, profondità e struttura sedimentaria della prateria sottomarina dell'area di espianto. Le prospezioni ROV hanno verificato la loro effettiva idoneità individuando una particolarmente compatibile al reimpianto anche rispetto alla posizione delle rotte delle navi in ingresso e uscita dal porto.

Per la *prescrizione n. 6* il documento specifica che la scelta delle aree dedicate alla posa delle strutture antistrascico deriva da azioni concordate con il personale tecnico dell'area marina protetta Isola dell'Asinara ed è da individuarsi nei fondali di Cala Reale. Le prospezioni multibeam e Side Scan Sonar del 2016, hanno evidenziato alcune aree all'interno di quest'area per la presenza di numerosi solchi da divergenti dei pescherecci che operano la pesca a strascico. Lo studio specifica la posizione delle aree a maggiore densità di solchi e quindi ritenute quindi più compromesse suggerendo in tali luoghi la possibilità di collocazione dei dissuasori.

Per il monitoraggio del posidonieto su cui insistono i dissuasori antistrascico **(Allegato 2 bis)**, le attività proposte per 5 anni consistono in transetti ROV Indagini quantitative: Descrittori strutturali, funzionali ed ecologici ed in articolare indagini quantitative nella prateria a Posidonia oceanica, per valutare i seguenti descrittori quantitativi: 1. Macroripartizione, 2. Fenologia, 3. Biomassa epifita delle foglie, 4. Lepidocronologia. 5. Rete di osservazione – Balisage 6. Calcolo dell'Indice PREI 7. Studio dei popolamenti su substrati duri artificiali (colonizzazione – recruiment) e loro dinamiche sulle superfici dei dissuasori.

La prescrizione n 6 prevedeva la posa di 50 dissuasori nell'area di Cala Reale, area di pertinenza L'Ente Parco Nazionale dell'Asinara. L'area, infatti, soggetta all'azione di pesca a strascico illegale, presenta numerosi solchi di divergenti nel manto vegetale costituito da *Posidonia oceanica*.

La prescrizione A6 prevedeva anche l'analisi dell'ittiofauna, per valutare quale fosse l'impatto dei dissuasori su questa componente biotica.

Dopo una serie di analisi tra esperti, ed accogliendo le richieste dell'AMP si giunge alla

considerazione che per il particolare tipo di ambiente marino sarebbe stato meglio ridurre il numero dei dissuasori a favore dei moduli rifugio, strutture che simulano ambienti di roccia favorevoli al ripopolamento ittico. Si trattava quindi di stabilire il numero di questi moduli e nel contempo il numero dei dissuasori che seppur in numero minore dovevano essere comunque presenti a tutela di eventuali azioni di strascico illegale. Si è giunti infine a condividere un quadro complessivo di manufatti costituito da quindici punti a 5 moduli rifugio ciascuno e altri quindici con i dissuasori **(Allegato 2 ter).**

La relazione di risposta veniva trasmessa oltre che al MATTM anche all'ARPAS e ISPRA. Quest'ultima rilevava nel dossier diverse criticità suggerendo di definire una nuova proposta, raccomandando indicazioni tecniche di massima per la selezione delle aree di trapianto e per la scelta di una tecnica più idonea al trapianto. L'area selezionata infatti veniva ritenuta non ritenuta idonea a causa della prossimità alle rotte d'ingresso del porto. ISPRA non condivideva poi la scelta dell'area sita di fronte al canale d'ingresso del porto che risultava poco sicura sia durante le attività di piantumazione sia nel successivo monitoraggio del trapianto. L'Istituto rilevava inoltre l'eccessiva energia idrodinamica dei suoi fondali, suggerendo un successivo piano di monitoraggio per l'individuazione di aree più calme e sicure. Suggeriva inoltre di cambiare la tecnica di trapianto non condividendo quella a zolle con benna idraulica di 2 m per 2 m. Si suggeriva inoltre di utilizzare tecniche d'impianto che limitassero al massimo lo stress in relazione al rilevato stato di sofferenza del posidonieto per amplificare le possibilità di sopravvivenza delle piante dopo il decorso dallo shock.

Raccogliendo tali indicazioni DADU e l'AdSP avviano quindi un accordo di ricerca per individuare nuove aree di trapianto. La collaborazione mirava inoltre alla scelta della tecnica di trapianto di *Posidonia oceanica* più idonea per tali aree; ulteriore obbiettivo infine è di collaborare alla formazione e divulgazione tecnico-scientifica riguardo le tematiche ambientali connesse alle attività di ricerca **(Allegato 3)**

La ricerca aveva come obbiettivi:

1- La valutazione dell'assenza o compatibile attenuazione dei fenomeni di carattere antropico che hanno prodotto la compromissione del posidonieto nel Golfo dell'Asinara;

2. Individuazione delle potenziali aree di impianto attraverso rilievi:

    a. SIDE SCAN SONAR,

    b. ROV,

c. Immersioni Puntuali;

d. analisi sedimentologiche finalizzate alla comprensione della struttura e delle intensità delle correnti profonde.

3. Caratterizzazione biologica dei fondali e loro cartografia nei punti interessati,

4. Scelta della migliore metodica di reimpianto in funzione delle risultanze dei punti precedenti

5. Stima della dimensione delle aree da piantumare in rapporto al numero di rizomi disponibili

Approfondimenti delle condizioni generali delle matte di Posidonia oceanica da espiantare

1. Valutazione della potenza e consistenza delle matte con adeguate metodologie;

2. Valutazione della superficie a matte potenzialmente idonea al trapianto a zolle;

3. Verifica del numero e stato di vitalità delle piante idonee alla piantumazione;

4. Verifica degli analiti indicati nelle tabelle 2.3, 2.4 e 2.6 del Dm n°173 del 2016 limitatamente ai metalli presenti nei sedimenti del posidonieto da espiantare

Lo studio ha evidenziato come le maggiori concentrazioni di metalli pesanti, in particolare Mercurio e Cadmio si ritrovano nell'area portuale dove si raggiungono i valori massimi.

La dispersione dei metalli pesanti segue quella dei sedimenti ovvero da ovest verso est (da Porto Torres a Punta Tramontana. I valori massimi riscontrati nell'area di Porto Torres sono imputabili al forte rimescolamento dei sedimenti dovuto al traffico marittimo e alla turbolenza delle eliche; verso Est le concentrazioni gradualmente diminuiscono. L'area di Fiume Santo non segue il trend di dispersione, perché situata a Nord di Porto Torres quindi a monte delle correnti marine.

Vi sono importanti motivazioni per affermare che Posidonia oceanica nel Golfo dell'Asinara sia stata interessata da rilevanti fenomeni di alterazione che ne abbiano poi causato il declino nella porzione orientale del Golfo. L'ampia superficie a matte morta situata subito dopo le istallazioni industriali, l'area urbana di Porto Torres e la foce del Rio Mannu dimostra la causalità del fenomeno. Rimane incerto il periodo di quando tutto ciò sia accaduto ma sicuramente è ascrivibile al periodo "d'oro" della SIR quando l'attenzione ambientale non aveva certamente una soglia elevata. Tuttavia, sia per

l'attuale fortissima riduzione delle attività produttive del polo petrolchimico, sia per una più oculata ed obbligata attenzione per l'ambiente, il quadro ambientale marino è profondamente migliorato. Il depuratore industriale tratta le acque reflue, prodotte dai residui impianti dello stabilimento ENI, dalle altre aziende presenti nell'agglomerato industriale. L'impianto, grazie ad un collettamento realizzato a metà degli anni '90, depura anche le acque reflue provenienti dal centro abitato di Porto Torres, raggiungendo un totale di circa 7 milioni di m^3 all'anno. Inoltre, vengono trattate diverse decine di migliaia di tonnellate all'anno di percolati che vengono prodotti in numerosi impianti di gestione dei rifiuti del territorio regionale. I vincoli di legge, il passaggio a ENI, Syndial per le bonifiche, la costituzione di Matrìca per la riconversione del petrolchimico di Porto Torres in "Chimica Verde" ed infine la sufficiente qualità delle acque della foce del Rio Mannu, confortano sia sull'attuale stato sia sul futuro scenario di discreta qualità delle acque marine e della salute pubblica. Tale scenario è confermato dai risultati dei controlli ambientali operati da enti diversi. Anche le analisi delle patch superficiali della fanerogama indicano come "l'ecosistema a Posidonia oceanica" sia in ripresa su tutto il Golfo dell'Asinara poiché quasi tutte le superfici esaminate sono in aumento dimensionale almeno nella fascia batimetrica più prossimale alla riva. I tratti di mare su cui si dovranno effettuare i trapianti di Posidonia oceanica, necessariamente da eradicare per la costruzione del prolungamento del molo di sopraflutto del porto civico, possono avere concrete possibilità di successo sia per la qualità delle acque del Golfo sia per l'impiego di nuove tecniche di trapianto in idonee aree marine individuate per sperimentazione in questo report.

La superficie da eradicare è stimata di 0,7 ha con una densità assoluta di 18 fasci per m^2. In base al tipo di fondale della zona di espianto, l'area con le caratteristiche più simili è quella di **Abbacurrente**: questa è caratterizzata dalla presenza di un'ampia superficie a matte morta e da una granulometria dei sedimenti simile all'area portuale. Ne deriva quindi che la tecnica più idonea al trapianto è quella delle geostuoie biodegradabili ovvero strutture costituite da materiali geocompositi formati da rete metallica accoppiata con bioreti naturali in agave o cocco.

Nella relazione trasmessa dall'Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna con prot. ISPRA n. 48698 del 17/09/2021 ISPRA ed ARPAS evidenziavano nel paragrafo 1.4 "Conclusioni" che "Preso atto che lo "studio di dettaglio" presentato dal proponente, richiesto dalla condizione ambientale A5) del DEC/VIA n. 35 del 06/02/2018 ed il cui controllo sull'attuazione è stato verificato da ARPAS sin dalla prima stesura, individua:

- il sito di reimpianto idoneo: Abbacurrente;

- la tecnica di trapianto: geostuoie biodegradabili;

per dare piena e compiuta attuazione a quanto sotteso dalla condizione ambientale A5), ossia il rispristino del danno arrecato all'habitat 1120* (Praterie a Posidonia oceanica), è necessario che il proponente, in tempi brevi, fornisca contemporaneamente: 1. il progetto esecutivo del reimpianto della Posidonia oceanica, da eseguirsi con la tecnica scelta; 2. il relativo progetto di Monitoraggio del reimpianto.

Raccogliendo tali indicazioni l'AdSP e DADU realizzano il cronoprogramma del Progetto esecutivo del trapianto e del Progetto di monitoraggio di Posidonia oceanica. Area di espianto: Porto Torres; reimpianto: Abbacurrente, Fiume Santo e P. ta Tramontana **(Allegato 4)** e a seguito dell'invio del progetto di sostituzione delle eventuali fallanze, ISPRA risponde come dall'analisi della documentazione presentata dall'Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna con nota prot. 26536 del 09/12/2021 (prot. ISPRA n. 65401 del 09/12/2021) che **la condizione ambientale A5 risulti ottemperata**. Richiede, inoltre, che con ampio e congruo anticipo rispetto all'inizio dei lavori di trapianto di Posidonia, vengano forniti dal proponente sia il dettagliato piano delle diverse fasi delle attività di trapianto sia quello relativo alla sostituzione delle eventuali fallanze, da affiancare al cronoprogramma già fornito, tenendo in considerazione tutte le indicazioni fornite da ISPRA e ARPAS nella relazione del 18/11/2021 (prot. ISPRA n. 61154) e precedenti.

AdSP e DADU il 7/07/2022 attivano un accordo di ricerca finalizzato allo sviluppo di tecniche innovative di trapianto di Posidonia oceanica finalizzato

- utilizzo dei rizomi prelevati dall'area portuale d'espianto, valutazione dell'idoneità dell'accrescimento di Posidonia oceanica proveniente da aree situate in prossimità del porto civico di Porto Torres, nell'ottica del programma di ripristino ambientale, in opportune aree del Golfo dell'Asinara, durante operam – condizioni ambientali A) 5
- testare l'efficacia del trapianto nell'attecchimento di talee provenienti da aree non sottoposte a stress da comparare a quelle dell'area portuale di Poto Torres, durante e post operam – condizioni ambientali A) 5;
- il monitoraggio quinquennale del reimpianto e del posidonieto interessato dai dissuasori antistrascico, post operam – condizioni ambientali A) 5;
- il campionamento della fauna ittica associata a strutture artificiali presso il Parco Nazionale dell'Asinara – Area Marina Protetta, durante e post operam – condizioni ambientali A) 6.

In merito a quest'ultima DADU e AdSP realizzano una collaborazione con la Stazione Zoologica A. Dohrn per l'attuazione del progetto relativo alla creazione di area di ripopolamento con moduli innovativi protetti da un cordone di dissuasori in cemento armato **(Aleggato 2 ter)** accompagnato da

un programma di monitoraggio della fauna ittica ante e post posa di queste strutture artificiali presso il Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta "Isola dell'Asinara" **(Allegato 5)**.

Modalità e durata del piano di monitoraggio del posidonieto interessato dalla posa dei dissuasori e dai moduli sono riportate in **Allegato 2**

ALLEGATO 1

AUTORITA' PORTUALE NORD SARDEGNA

COMUNE DI PORTO TORRES

PORTO CIVICO DI PORTO TORRES

Hub portuale di Porto Torres –Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali

STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE

Ai sensi del D.lgs 152/06 e successive integrazioni

(Allegato VII del D.Lgs 4/2008)

Quadro di Riferimento Progettuale

Studio specialistico 3. Mappatura e analisi della prateria di Posidonia oceanica nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres e progetto degli interventi di trapianto e compensazione

Dicembre 2016

AUTORITA' PORTUALE NORD SARDEGNA

OLBIA - GOLFO ARANCI - PORTO TORRES

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO:

HUB PORTUALE DI PORTO TORRES

PROLUNGAMENTO DELL'ANTE MURALE DI PONENTE E

RESE CAZIO NE BANCHINA ALTI FONDALI 1° E 2° STRALCIO

DATI		
Aggiornamento		Cod. *Cliente*
1°	Dicembre2016	

Mappatura e analisi della prateria di Posidonia oceanica nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres e progetto degli interventi di trapianto e compensazione

Raggruppamento Temporaneo diProgettisti

SEACON

Ing. Lucio Abbadessa

Ing. Marco Pittori

Responsabile dell'integrazione fra le varie prestazioni specialistiche: Ing. Marco Pittori

consulenza specialistica:

Prof. Andrea Cossu - Prof. Vincenzo Pascucci - Dott. Mario De Luca

INDICE

Mappatura e analisi della prateria di Posidonia oceanica nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres *2*

Premessa *2*

Introduzione *3*

- ✓ *Posidonia oceanica* *3*
- ✓ *Area di studio* *5*

Analisi pregresso *6*

- ✓ *Cartografia Ministero-Distribuzione P. oceanica in Sardegna* *6*
- ✓ *Caratterizzazione ambientale dei fondali marini nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres* *7*
- ✓ *Relazione geotecnica* *8*
- ✓ *Relazione meteomarina* *9*

Realizzazione del nuovo studio *10*

Metodologie utilizzate *11*

Risultati *12*

- ✓ *Cartografia S.S.S* *12*
- ✓ *Densità, copertura e fenologia* *14*
- ✓ *Analisi biometriche* *15*

Presenza di Caulerpa cylindracea nell'area di studio *19*

Considerazioni conclusive *20*

Bibliografia *21*

Allegati *22*

Progetto degli interventi di trapianto ***31***

Premessa ***32***

Tecnica di trapianto proposta ***34***

- ✓ *Proposte di trapianto e reimpianto* ***34***

Piano di Monitoraggio ***36***

Bibliografia ***38***

Misure di compensazione ***40***

Premessa ***41***

Proposte di posizionamento dissuasori ***42***

Mappatura e analisi della prateria di Posidonia oceanica nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres

PREMESSA

La presente relazione si riferisce alla mappatura e analisi del livello di stabilità ambientale della prateria di *Posidonia oceanica* nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres. Tale lavoro, commissionato dalla Sales S.P.A, (*Società incaricata dall'Autorità Portuale del Nord Sardegna a realizzare il prolungamento dell'antemurale di ponente e la resecazione della banchina alti fondali del Porto Civico di Porto Torres*), alla Cassiopea S.A.S. con lettera di incarico (ODA n.29849 del 19/10/2016). Il lavoro è stato realizzato sotto la responsabilità dei Prof. Andrea Cossu, Prof. Vincenzo Pascucci e del Dott. Mario De Luca in collaborazione con il personale del "Gruppo Ormeggiatori e Barcaioli di Porto Torres".
Il presente studio si è articolato:

- Esamina dei dati pregressi relativi a:
  - *Mappatura di Posidonia oceanica in Sardegna - MATTM 1999*
  - *Caratterizzazione ambientale dei fondali marini nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres – relazione tecnica -Pragma Due - Ambiente e Sicurezza diretto da Augusto Navone - 2015*
  - *Relazione Geotecnica relativa alla realizzazione del prolungamento dell'antemurale di ponente e la resecazione della banchina alti fondali del Porto Civico di Porto Torres - Sales SPA 2014*
  - *o Studio meteomarino - De Girolamo P., 2012*

- Realizzazione di un nuovo studio con:
  - *Analisi delle foto aeree e satellitari*
  - *Tracciati Side Scan Sonar dell'area in esame condivisa con la ditta appaltatrice.*
  - *Verità a mare in A.R.A. nelle aree principali rilevate sulla base dei precedenti.*

INTRODUZIONE

Posidonia oceanica

Posidonia oceanica (L.) Delile (Fig.1) è una fanerogama endemica del Mediterraneo con radici, rizoma e foglie, si riproduce con fiori e frutti e per stolonizzazione. Le praterie a cui dà luogo ricoprono i fondi marini dalla superficie sino alle batimetriche dei 30-40 metri e il loro ruolo ecologico, nei confronti del sistema costiero, è di importanza assai rilevante. Questa fanerogama, infatti, è una specie strutturante, per la sua azione di consolidamento e arricchimento sul substrato, per le risorse e la protezione verso il biota; la formazione rappresenta una vera area di nursery per le fasi giovanili di moltissime specie alieutiche, e offre rifugio e cibo anche agli esemplari adulti (Francour P., 1997). La pianta produce con la fotosintesi una grande quantità di materia organica che rappresenta una fonte di cibo diretta e indiretta per numerosi organismi ed è il punto di partenza di una complessa rete trofica.

Figura 1 - Prateria di *Posidonia oceanica*.

La prateria svolge inoltre un ruolo fondamentale nel contenimento e protezione delle coste dall'azione erosiva del moto ondoso; smorza l'idrodinamismo, intrappola tra i rizomi il sedimento più fine e consolida il substrato; le foglie morte spiaggiate, possono costituire formazioni dette banquettes, che proteggono il litorale dai fenomeni erosivi causati dal moto ondoso (Jeudy de Grissac A., 1984).
Nell'intento di salvaguardare l'ecosistema a *P. oceanica*, assume un'importanza basilare definire le aree occupate dalle praterie, studiarne la struttura, la fenologia ed i popolamenti epifiti. Per realizzare tale proposito si utilizzano metodologie che, attraverso rilevamenti sul campo, conducono

a rappresentazioni cartografiche immediatamente interpretabili e ad indicazioni sullo stato di salute delle praterie e dei popolamenti ad esse associati (Pergent G., *et al.,*1995).

I rizomi di *P. oceanica* sono fusti modificati che possono accrescersi sia in senso orizzontale (rizoma plagiotropo) che verticale (rizoma ortotropo). Lo sviluppo in verticale determina un progressivo innalzamento dal fondo, che dà origine ad una tipica formazione chiamata matte, costituita dall'intreccio di più strati di rizomi e radici di vecchie piante e dal sedimento intrappolato tra questi elementi: solo la sommità di questa formazione è ricoperta da piante vive. Le foglie sono nastriformi, con apici arrotondati, di colore verde intenso, hanno una larghezza media di un centimetro e possono raggiungere un metro e mezzo di lunghezza; sono organizzate in fasci, ognuno dei quali ne contiene in media sei o sette, a formare quasi un ventaglio.

P. oceanica è estremamente sensibile a tutte le variazioni ambientali e scompare a causa dell'inquinamento; per questo motivo risulta essere un eccellente bioindicatore. Le principali cause di regressione delle praterie sono imputabili alla crescente pressione antropica sulle coste, dovuta all'immissione diretta di sostanze inquinanti o eutrofizzanti e alla costruzione di manufatti, come porti, moli e dighe, che alterano il regime idrodinamico costiero. Si verifica allora, con la regressione o la scomparsa delle praterie, una perdita di biodiversità e una maggiore esposizione delle coste verso i fenomeni erosivi, con notevoli danni, biologici oltre che economici (Pérès J. M., 1984).

P. oceanica è una specie sottoposta a tutela, come riportato nelle Convenzioni Internazionali sulla Tutela della Biodiversità in Mediterraneo (Relini G. *et al.,* 2009): è citata nell'Annesso I (specie rigorosamente protette) della Convenzione di Berna e nell'Annesso II (Specie Minacciate) del Protocollo delle Aree Specialmente Protette della Convenzione di Barcellona; inoltre, nel "Piano d'Azione per la conservazione della vegetazione marina in Mediterraneo", adottato dai paesi mediterranei nell'ambito della Convenzione di Barcellona nel 1999, le nazioni aderenti si sono impegnate a condurre inventari e mappature delle praterie di *P. oceanica* che insistono lungo le loro coste. Le praterie di Posidonia rappresentano uno degli habitat inclusi nell'Allegato I "Tipi di habitat naturali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di aree speciali di conservazione" della Direttiva 92/43/CEE del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche.

Area di studio

L'area di studio (Fig.2), condivisa con il committente, corrisponde ad una superficie di oltre 140 ha, che include il molo di sopraflutto già presente e il suo futuro prolungamento antemurale. L'area è caratterizzata da fondali con sabbie medie organogene e matte di *Posidonia oceanica* con superfici colonizzate da *Caulerpa prolifera* e *Codium bursa*.

Particolare attenzione è stata posta nella valutazione dell'area soggetta alla posa dei cassoni utilizzati per la costruzione del molo e ad una fascia di rispetto di 10 metri intorno a questa, che potrebbe risentire degli effetti causati dalle operazioni di posa in opera di materiale lapideo per la formazione dell'imbasamento cassoni.

Figura 2 - Area di studio.

ANALISI PREGRESSE

Di seguito verranno illustrati i principali lavori prodotti fino al 2015 nell'area di studio inerenti la tematica in oggetto:

Cartografia Ministero-Distribuzione P. oceanica in Sardegna (MATTM 1999)

La cartografia del *Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare* si riferisce alla distribuzione di *Posidonia oceanica* in Sardegna, realizzata su dati del 1999, ed è inclusa nella serie di studi per la caratterizzazione e la mappatura secondo il "Programma nazionale di individuazione e valorizzazione della *Posidonia oceanica* nonché di studio delle misure di salvaguardia della stessa da tutti i fenomeni che ne comportano il degrado e la distruzione" previsto dalla Legge n° 426/98 (M.A.T.T.M. - SiDiMar., 2008). Dall'analisi cartografica si evince che la prateria dell'area interessata ricopre 116 ha dei 140 ha relativi all'area di studio (Fig. 3) così suddivisa:

- *Posidonia oceanica degradata –matte morta* (98 ha)
- *Posidonia oceanica* su sabbia (18 ha)

Figura 3- Cartografia distribuzione *Posidonia oceanica* nell'area di studio (MATTM 1999).

Si rimarca che tale cartografia è stata effettuata con un Side Scan Sonar di vecchia generazione settato a 100 kHz che restituisce sonogrammi a bassa definizione di difficile interpretazione. In ogni caso tale mappatura rappresenta tuttavia un complemento di utili informazioni a livello di macroscala.

Caratterizzazione ambientale dei fondali marini nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres – Pragma Due 2015 (Navone)

L'area esaminata (Fig. 4) è stata investigata con la tecnica dei campionamenti in situ e l'analisi di immagini satellitari ed aree. Sono stati eseguiti quattro transetti della lunghezza di 100 m seguendo una direzione di 0°. Inoltre sempre tramite immersioni con ARA sono state compiute 13 "verità a mare". Lungo i transetti sono state effettuate 6 repliche per le misure di densità ed è stata valutata la copertura. I risultati indicano nell'area di studio (riquadro nero della fig. 3) la presenza di una prateria disturbata secondo Pergent *et al*., 1995. Tale giudizio scaturisce dall' analisi della densità nei transetti T1 e T2 con valori di 125/130 ciuffi per m^2 e una copertura del 45 %. Nei transetti T3 e T4 non risulta presente ed **è stata rilevata la presenza di *Caulerpa cylindracea***.

La presente relazione contiene a nostro avviso diverse criticità. In primo luogo, diverse stazioni di rilevamento non coincidono con la posizione nelle carte allegate, rispetto alle coordinate geografiche indicate. Anche le profondità non risultano coerenti con la posizione riportate nelle carte ma altresì coerenti con la corretta posizione dei punti indicati. Tali riflessioni ci portano a pensare che vi sia un errore di posizionamento. Si rilevano altresì l'assenza della stima della superficie della prateria presente nell'area di studio. La lacuna del rapporto più evidente a nostro avviso è la mancanza di qualsiasi riferimento a mappature sonografiche che non permettono una corretta stima delle superfici interessate dal Posidonieto.

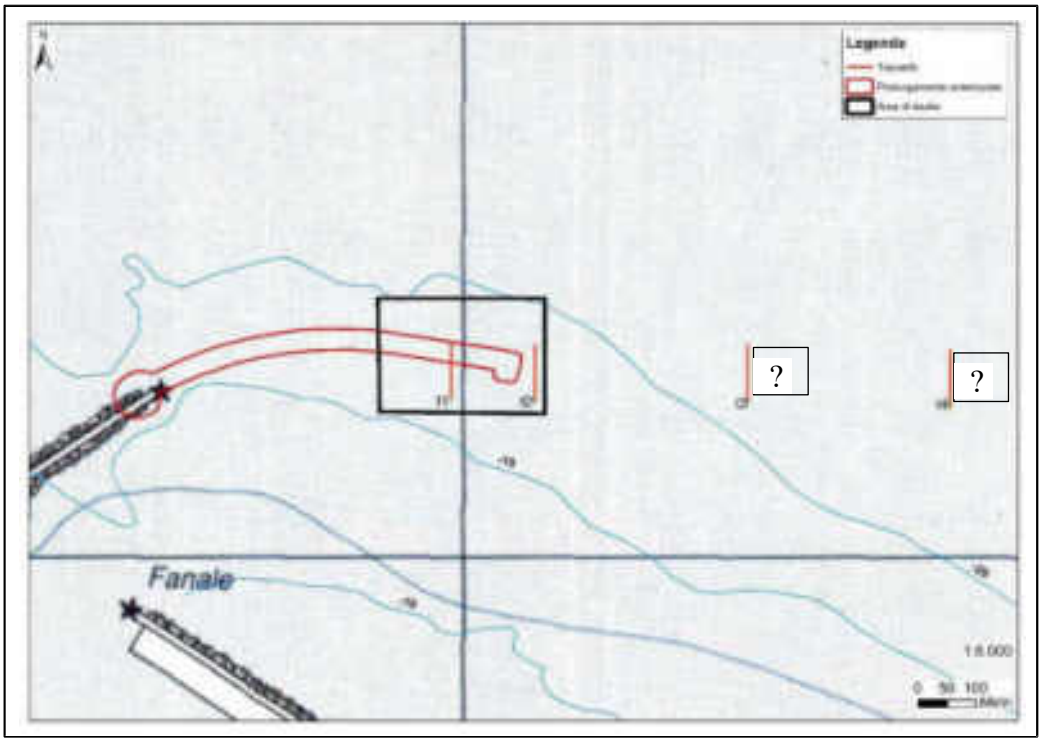


Figura 4 – Area di studio.

Relazione geotecnica (Sales 2014)

La relazione geotecnica redatta dai tecnici della Sales SPA ha messo in evidenza che nell'area del prolungamento dell'Antemurale di Ponente si riconoscono le unità geotecniche di seguito elencate:

- depositi detritici sabbiosi (DS); si tratta di sabbie, da medie a grossolane, con presenza di ghiaia, conchiglie e resti algali, di spessore medio pari a 0.40 m;
- substrato calcarenitico (SC); si tratta dell'unità litoide delle calcareniti.

Mentre nella zona della banchina Alti Fondali oggetto di resecazione, le analisi hanno rilevato la presenza di:

- *materiale di banchina*; si tratta del corpo e dello strato di fondazione della banchina, costituito da una massicciata con massi e blocchi ed elementi poligenici, fino a 15 m dal piano banchina posto a quota + 2 m slm;
- *depositi detritici sabbiosi*; si tratta delle sabbie già presenti in corrispondenza dell'Antemurale di Ponente; si presentano da fini a medie, di colore grigio scuro e con consistenza medio-bassa, con livelletti limoso-argillosi fino a 25 m dal piano banchina, per poi passare a sabbie con ciottoli in matrice limoso-argillosa alla base.

La relazione mette in evidenza come i fondali interessati dal futuro molo siano caratterizzati da substrati tipici della formazione a *Posidonia oceanica,* che, se le condizioni ambientali fossero buone (mancanza di fenomeni inquinanti, buona trasparenza), potrebbero ospitare praterie di ottima qualità, come a Cala Reale distante circa 10 miglia. I nostri rilievi mostrano comunque la presenza di **manufatti abbandonati, depositi ferrosi, cavi d'acciaio, cime e quant'altro** che pongono lo stato ambientale di questi fondali ben lontano dalla condizione di naturalità.

Relazione meteomarina – (Ing. Paolo De Girolamo 2012)

Confrontando il clima anemometrico con quello ondametrico (Fig. 5), l'area evidenzia come le onde di maggiore altezza provengono dal settore settentrionale e i venti più frequenti e di maggiore intensità provengono dai settori di levante e di ponente in ragione della direzione di provenienza dei venti locali condizionata dalla conformazione delle coste e dell'orografia del Golfo dell'Asinara. Anche in questo caso tale clima risulta idoneo alla crescita di praterie in ottimale stato di sviluppo.

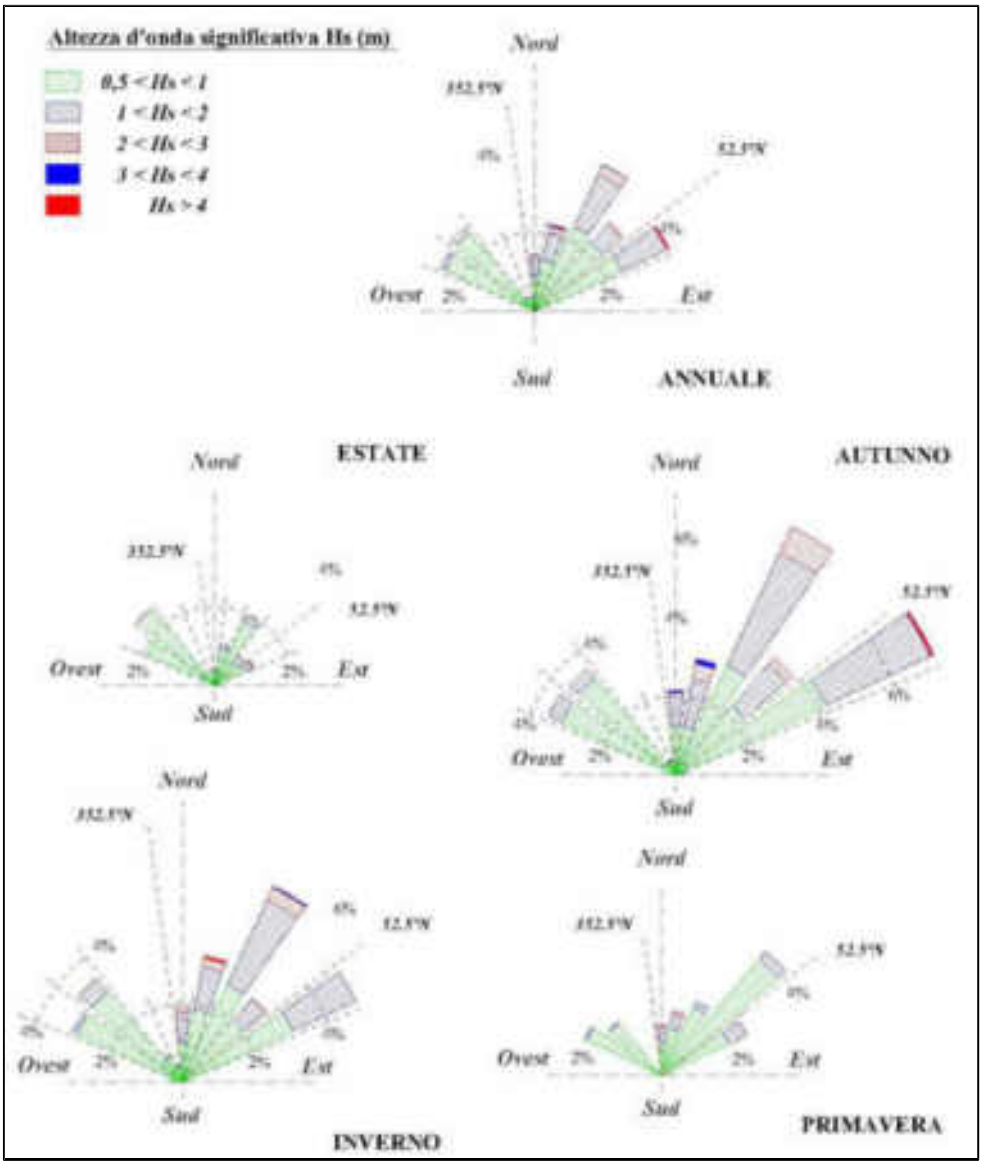


Figura 5 – Risultante della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso nel punto di trasposizione al largo di Porto Torres (da Studio meteomarino - Ing. Paolo De Girolamo).

***REALIZZAZIONE DEL NUOVO STUDIO**, articolazione*:

1. *Analisi delle foto aeree e satellitari*
2. *Rilievo Side Scan Sonar dell'area in esame (30 Ottobre 2016)*
3. *Osservazioni con ARA nelle aree principali rilevate sulla base dei precedenti punti (31 Ottobre e 01 Novembre 2016)*
4. *Analisi dati*
5. *Stesura report*

METODOLOGIE UTILIZZATE

Side Scan Sonar

Il sonar utilizzato per l'analisi dei fondali è del tipo a scansione laterale: Side Scan Sonar (SSS). Lo strumento consente di ottenere delle immagini morfo-acustiche (sonogrammi) del fondo marino per molti aspetti paragonabili alle foto aeree terrestri. Le immagini vengono acquisite tramite l'emissione di 255 impulsi acustici contemporanei (ping) secondo un fascio orientato trasversalmente alla direzione di navigazione (slate range). Le onde di ritorno (backscatter) provenienti dal fondale vengono captate, registrate e trasformate in immagini.

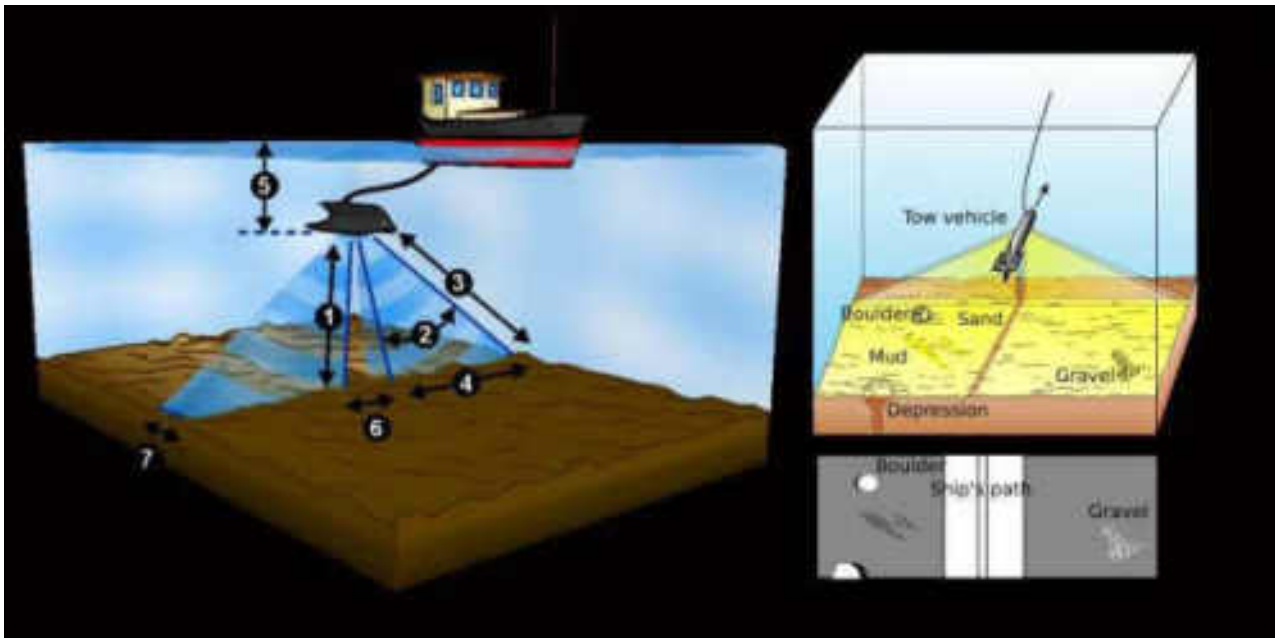


Figura 6 - Principio di funzionamento del SSS. 1) altezza SSS dal fondo; 2) beam verticale; 3) massimo range acustico- beam laterale; 4) slate range; 5) profondità; 6) separazione canali dx e sx - zona di non acquisizione; 7) larghezza del beam.

Le immagini acustiche registrano le diverse intensità dell'impulso riflesso dal fondo del mare. Queste sono convertite in tonalità di colore (o grigio); un ritorno molto forte ha toni più chiari (high backscatter), mentre un ritorno debole ha toni più scuri (low backscatter). Il SSS è uno strumento che di norma viene trainato (towfish) da una imbarcazione a motore. Il cavo di traino deve essere abbastanza lungo da consentirne il mantenimento ad una profondità costante dal fondo ed evitare interferenze tra imbarcazione e motore (Fig. 5). Lo strumento utilizzato durante le campagne è del tipo KLEIN SYSTEM 3000 (Fig. 6a) settato con acquisizione a 500 kHz e slate range a 150m. Tutti i dati sono stati processati tramite il software SonaPro e software GIS.

Figura 6a - SSS Klein System 3000

I rilievi sono stati effettuati tramite l'imbarcazione Pantera (L.F.T 10.31 m) messa a disposizione dal Consorzio Ormeggiatori e Barcaioli di Porto Torres nelle giornate del 31 ottobre e 01/02 novembre 2016.

Indagini fenologiche su Posidonia oceanica

Sulla base dei tracciati SSS sono state individuate 6 stazioni all'interno dell'area interessata per le verità a mare.

Per ogni stazione sono state effettuate:

- 10 repliche per le misure di densità mediante quadrato 40 x 40cm e copertura (%);
- il prelievo di 15 ciuffi per stazione per le analisi biometriche.

La densità è stata rilevata attraverso il conteggio dei fasci fogliari mediante il quadrato lasciato cadere casualmente dall'altezza di 1 metro dal fondale (vedi "Manuale di metodologie campionamento e studio del benthos marino mediterraneo", Gambi M. C., Doppiano M., 2003). Per ogni stazione sono state effettuate 10 repliche. La classificazione delle praterie è stata effettuata secondo Pergent (1995, modificata). La stima di percentuale di fondo ricoperta dalla pianta è stata effettuata con rilevamento visivo su scala da 0 a 100%. In Laboratorio le misure biometriche sono state rilevate manualmente tramite righello e calibro nonio.

RISULTATI

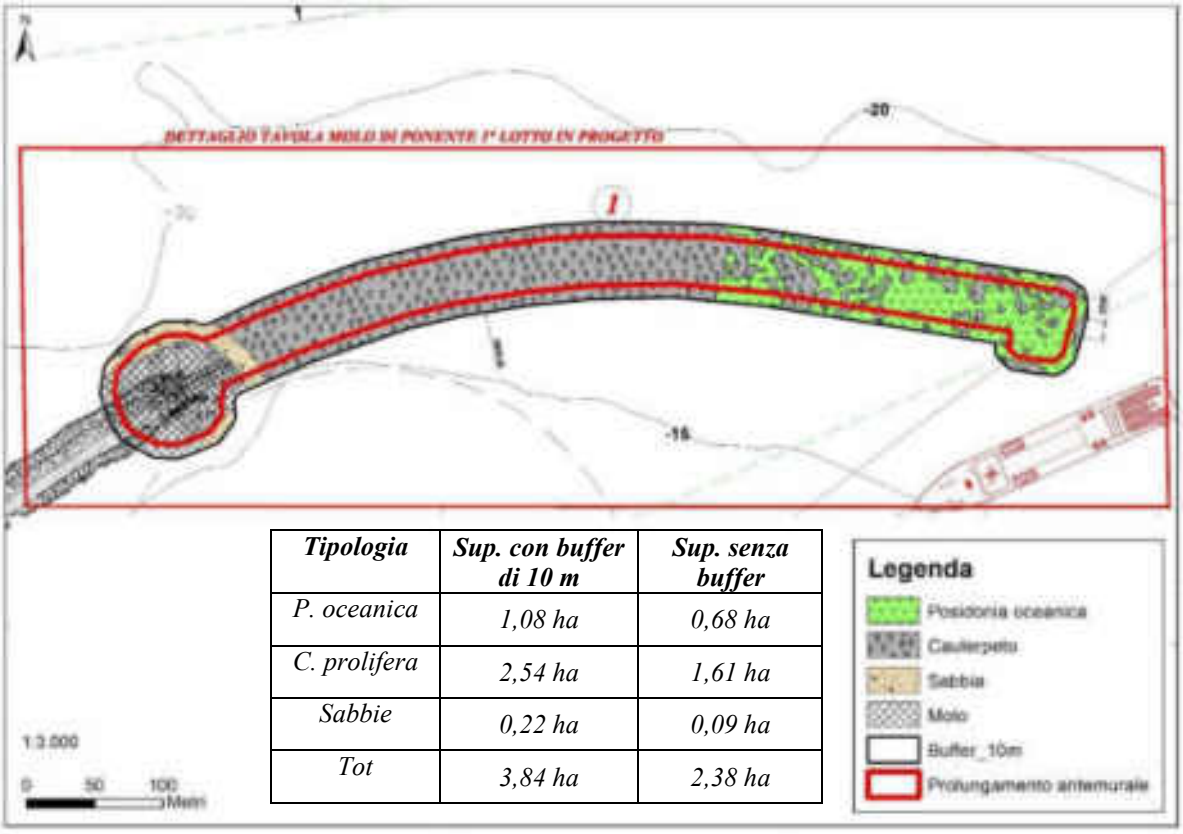
Cartografia S.S.S

Le indagini eseguite sui fondali in esame sono state condotte su una superficie di 140 ha sia a sud che a nord della diga di sopraflutto. I tracciati SSS evidenziano una significativa differenza rispetto alla cartografia del MATTM. In particolare, sia la presenza come anche la distribuzione di *P. oceanica* appare molto più abbondante.

La zona interessata dalla posa del molo ammonta a circa 2,38 ha (Fig. 7 e 8) e se si considera una fascia periferica di 10 m di spessore l'area totale ammonta ad oltre 3,84 ha. Tale fascia viene considerata poiché durante le operazioni di posa in opera di materiale lapideo per la formazione dell'imbasamento cassoni, interesserà le formazioni bentoniche presenti.

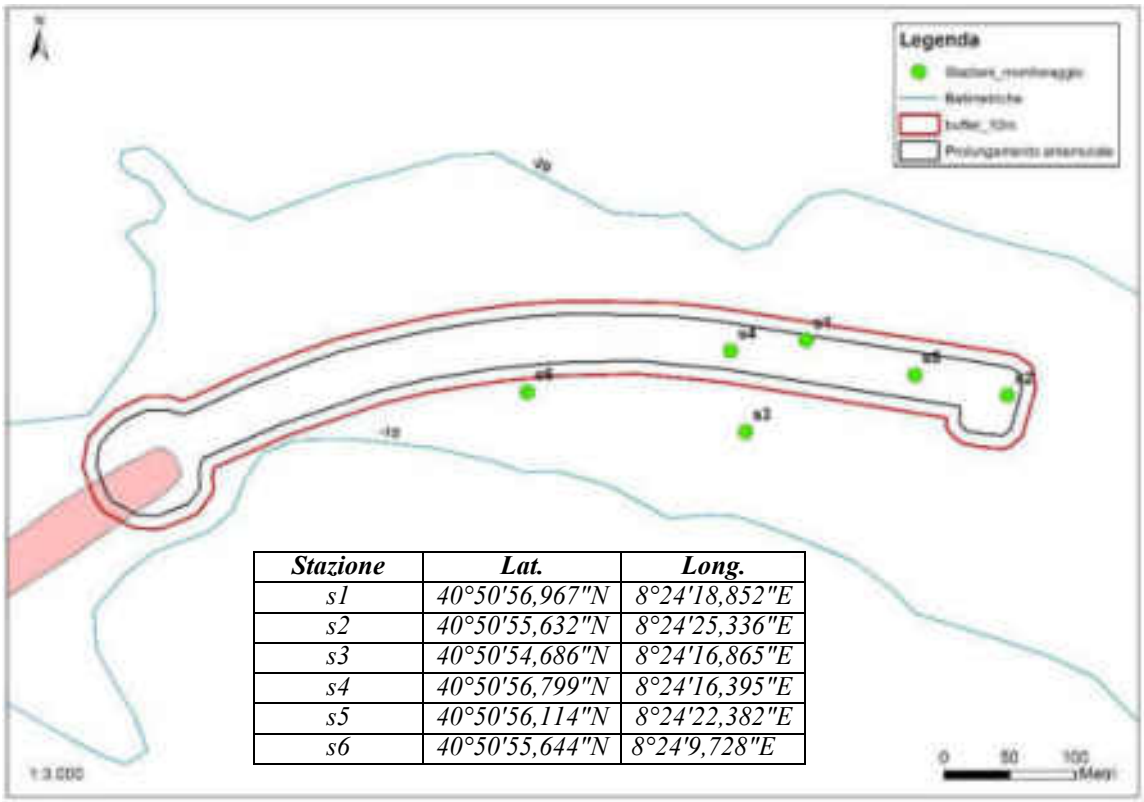
Se si considera la sola frazione di *Posidonia oceanica* che verrà asportata (Fig. 8), perché direttamente interessata dall'opera, la nostra stima è di **0,68** ha, ma se consideriamo anche la zona che comunque risentirà della realizzazione, la Posidonia che sarà compromessa è pari a **1,08** ha.

Figura 7 - Area Portuale.



Tipologia	*Sup. con buffer di 10 m*	*Sup. senza buffer*
P. oceanica	*1,08 ha*	*0,68 ha*
C. prolifera	*2,54 ha*	*1,61 ha*
Sabbie	*0,22 ha*	*0,09 ha*
Tot	*3,84 ha*	*2,38 ha*

Figura 8 – Particolare dell'area interessata dalla posa dei cassoni con un buffer di 10 m di lato.



Stazione	*Lat.*	*Long.*
s1	*40°50'56,967"N*	*8°24'18,852"E*
s2	*40°50'55,632"N*	*8°24'25,336"E*
s3	*40°50'54,686"N*	*8°24'16,865"E*
s4	*40°50'56,799"N*	*8°24'16,395"E*
s5	*40°50'56,114"N*	*8°24'22,382"E*
s6	*40°50'55,644"N*	*8°24'9,728"E*

Figura 9 – Stazioni area di studio.

Densità, copertura e fenologia

-Stazione S1: la prateria presenta valori medi di 70 (± 15.5 sd) fasci per m^2 (Tab. 1 e fig. 9) corrispondenti ad una ***densità bassa*** secondo la classificazione della prateria di Pergent *et al*. 1995. Relativamente al grado di copertura del fondo si registra una percentuale del 45%.

-Stazione S2*:** i valori registrati corrispondono ad una ***densità anormale, con valori medi di 57,5 (±14,7sd) fasci per m^2. Il grado di copertura del fondo è del 30% (Tab. 1 e fig 9).

-Stazione S3: anche in questo caso i valori registrati corrispondono ad una ***densità anormale,*** con valori medi di 51,3 (± 22.2 sd) f. per m^2. Il grado di copertura del fondo è del 25% (Tab. 1 e fig. 9).

-Stazione S4 : la prateria presenta valori medi di 46,3 (± 22.9 sd) fasci per m^2 (Tab. 1 e fig. 9) corrispondenti ad una ***densità anormale.*** Il grado di copertura del fondo è del 25% (Tab. 1 e fig. 9).

-Stazione S5 : la prateria presenta valori medi di 48,1 (± 20.2 sd) fasci per m^2 (Tab. 1 e fig. 9) corrispondenti ad una ***densità anormale.*** Il grado di copertura del fondo è del 30% (Tab. 1 e fig. 9).

-Stazione S6 : Caulerpeto

Tabella 1: densità (n. fasci/m^2) e ricoprimento (in %) dei fasci della prateria di *Posidonia oceanica*.

Stazione	Profondità (m)	Densità media (±sd)	Classificazione secondo Pergent *et al.* (1995) - *ambito*	Copertura media (%)	Densità globale
S1	20	70 (± 15,5)	61< densità bassa <173	45	31,5
S2	19	57,5 (± 14,7)	61< densità anormale	30	17,3
S3	18,5	51,3(± 22,2)	61< densità anormale	25	12,8
S4	19	46,3 (± 22,9)	61< densità anormale	25	11,6
S5	19	48,1 (± 20,2)	61< densità anormale	30	14,4

Analisi biometriche

- ***Numero medio di foglie per fascio*:** Le *foglie* ***adulte*** sono risultate 3.8 (± 0.7 sd) per la stazione S1 4.53 (± 0.7 sd) per la stazione S2, 4.8 (± 1.1 sd) per la stazione S3, 4,53 (± 0.5 sd) per la stazione S4 e 4,13 (± 1 sd) per la stazione S5. Il numero medio di *foglie* ***intermedie*** è 1.9 (± 0.5 sd) per la stazione S1, 1.8 (± 0.5 sd) per la stazione S2, 1,7 (± 0.8 sd) per la stazione S3, 2,1 (± 0.7 sd) per la stazione S4 e 2 (± 0.5 sd) per la stazione S5. Le *foglie* ***giovanili*** sono risultate 1,6 (± 0.6 sd) per la stazione S1, 1,4 (± 0.8 sd) per la stazione S2 (± 0.5 sd) ed S3 (± 0.5 sd), 2,1 (± 0.5 sd) per la stazione S4 e 0,7 (± 0.3 sd) per la stazione S5 (Fig. 10).

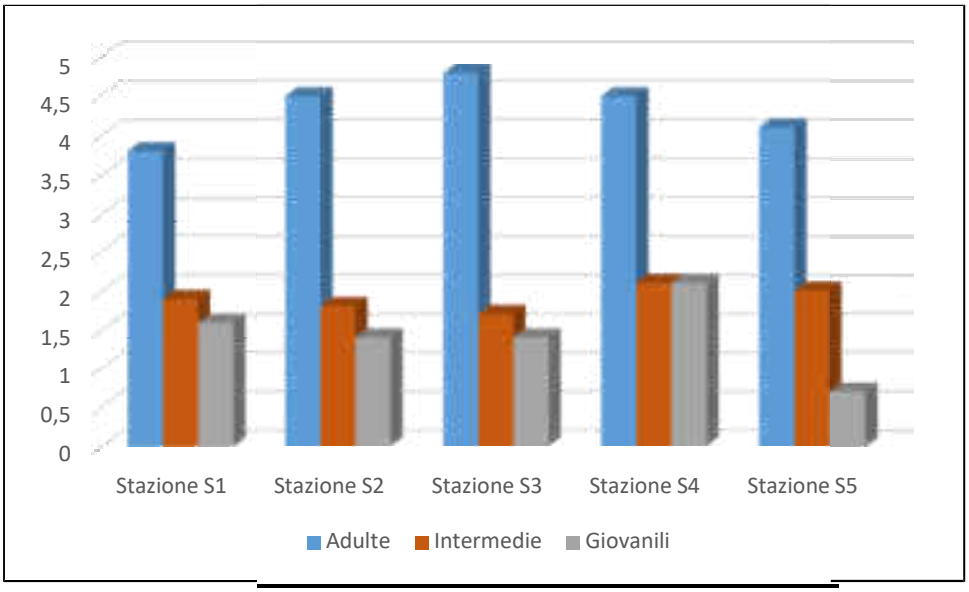


Figura 10 - Numero medio di foglie per fascio per classe d'età.

- ***Lunghezza media delle foglie***: per le ***adulte*** è di cm 29,4 (± 14,7 sd) per la stazione S1, di cm 32,67 (± 17 sd) per la stazione S2, di cm 26,09 (± 12,8 sd) per la stazione S3, di cm 32,94 (± 19 sd) per la stazione S4 e di cm 33,67 (± 17,5 sd) nella stazione S5. Le ***intermedie*** misurano cm 11,85 (± 4,6 sd) nella stazione S1, cm 11,12 (± 4,1 sd) nella stazione S2, cm 9,18 (± 3.4 sd) nella stazione S3, cm 11,60 (± 4,3 sd) per la stazione S4 e cm 10,59 (± 3,9 sd) per la stazione S5. Le ***giovanili*** misurano cm 2,66 (±1,4 sd) nella stazione S1, cm 2,87(± 1,5 sd) nella stazione S2, cm 3,10 (± 1.1 sd) nella stazione S3, cm 2,43 (± 1,6 sd) per la stazione S4 e cm 2,87 (± 1,1 sd) per la stazione S5 (Fig. 11).

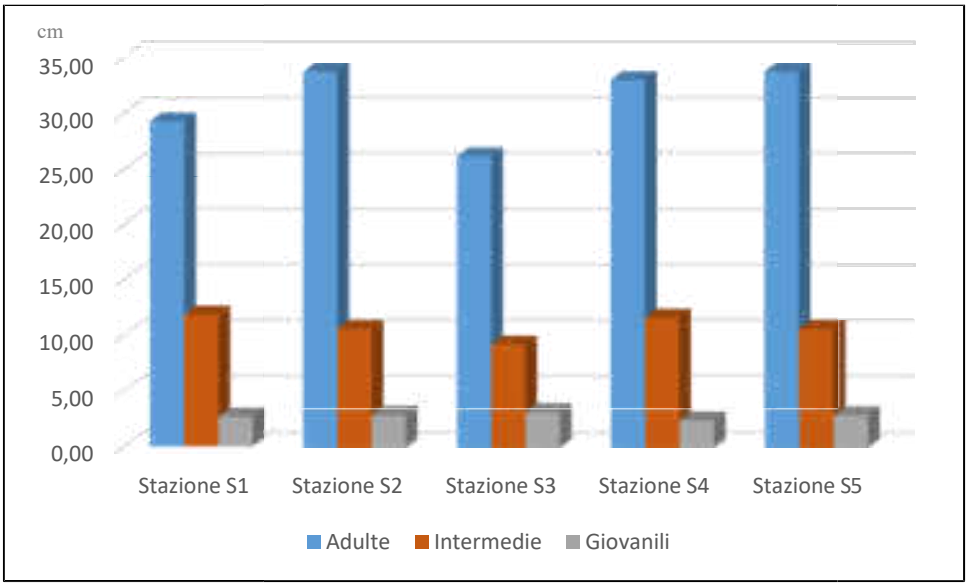


Figura 11 - Lunghezza media delle foglie (espressa in cm) per classe d'età.

- ***Larghezza media delle foglie***: le ***adulte*** misurano cm 0,96 (± 0.08 sd) nella stazione S1, cm 0.97 nella stazione S2 (± 0.06 sd) ed S3 (± 0.07 sd), cm 1,03 (± 0.06 sd) nella stazione S4 e cm 0,94 (± 0.06 sd) nella stazione S5. Quella delle foglie **intermedie** è rispettivamente di cm 0,95 (± 0.08 sd) per la stazione S1, di cm 0.96 (± 0.06 sd) nella stazione S2, di cm 0,90 (± 0.08 sd) nella stazione S3, di cm 0,98 (± 0.06 sd) nella stazione S4 e di cm 0,93(± 0.06 sd) nella stazione S5. Le foglie ***giovanili*** misurano cm 0.86 (± 0.11 sd) nella stazione S1, cm 0,9 nelle stazioni S2 (± 0.09 sd) ed S3 (± 0.08 sd) e cm 0,85 nelle stazioni S4 (± 0.13 sd) ed S5 (± 0.07 sd) (Fig. 12).

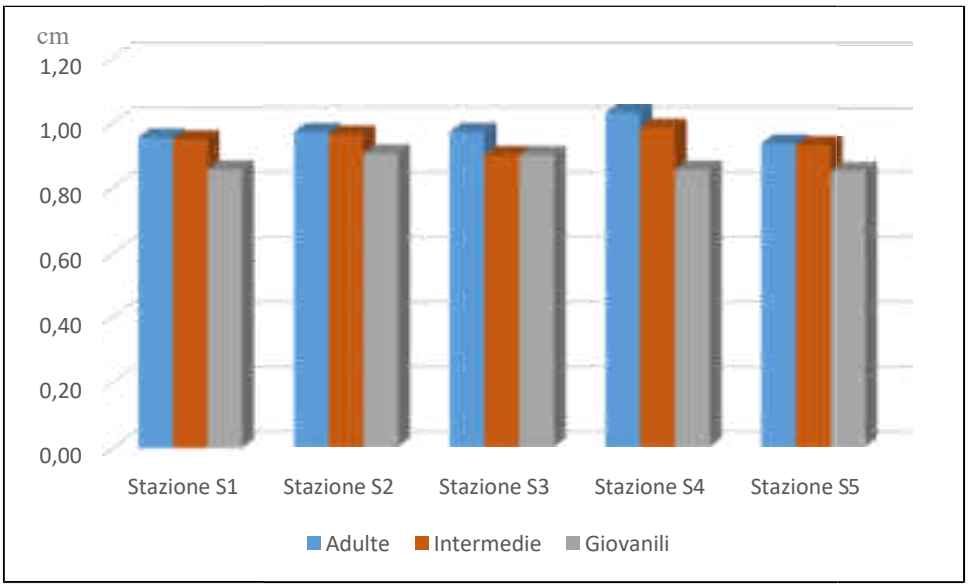


Figura 12 - Larghezza media delle foglie (espressa in cm) per classi di età.

Il ***coefficiente A***, ovvero la percentuale di foglie adulte ed intermedie che hanno gli apici intaccati, per la stazione S1 corrisponde al 18.1%, per la stazione S2 al 23 %, per la stazione S3 al 15 %, per la stazione S4 al 20 % e per la stazione S5 al 23 % (Fig. 13).

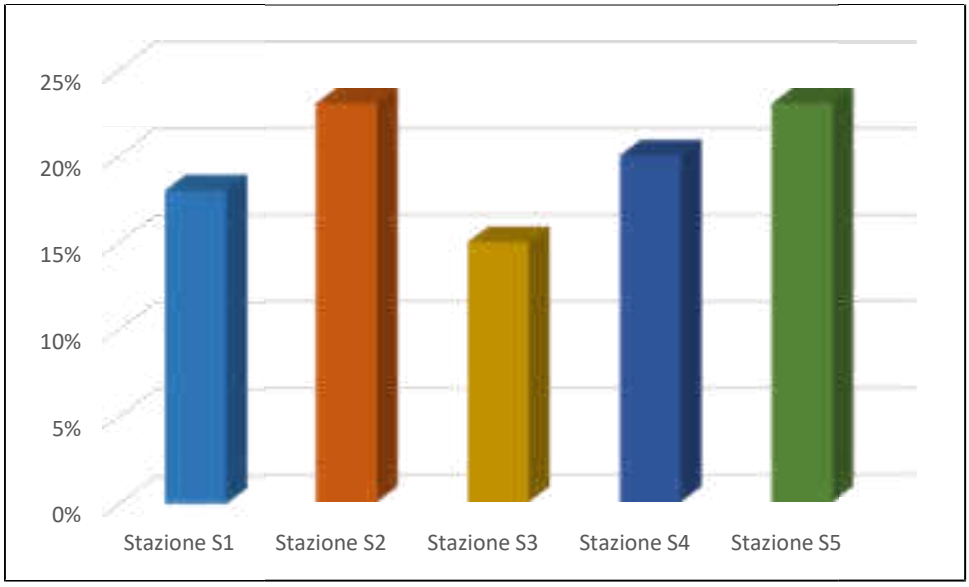


Figura 13 - Coefficiente A (%) di foglie adulte e intermedie con apici spezzati.

L'***indice di superficie fogliare*** (Leaf Area Index) (m^2/m^2) ovvero la superficie fogliare per m^2,

corrisponde a 0,93 m^2/m^2 per la stazione S1, a 0.96 m^2/m^2 per la stazione S2, a 0,72 m^2/m^2 per la stazione S3, a 0,84 m^2/m^2 per la stazione S4 e 0,73 m^2/m^2 per la stazione S5 (Fig. 14). **Tutte le stazioni infatti mostrano valori al di sotto del valore minimo (min.:1,1 m^2/m^2 – max.: 2,6 m^2/m^2) (Buia *et al.*, 2000) previsto per una prateria a *Posidonia oceanica* profonda in normali condizioni.**

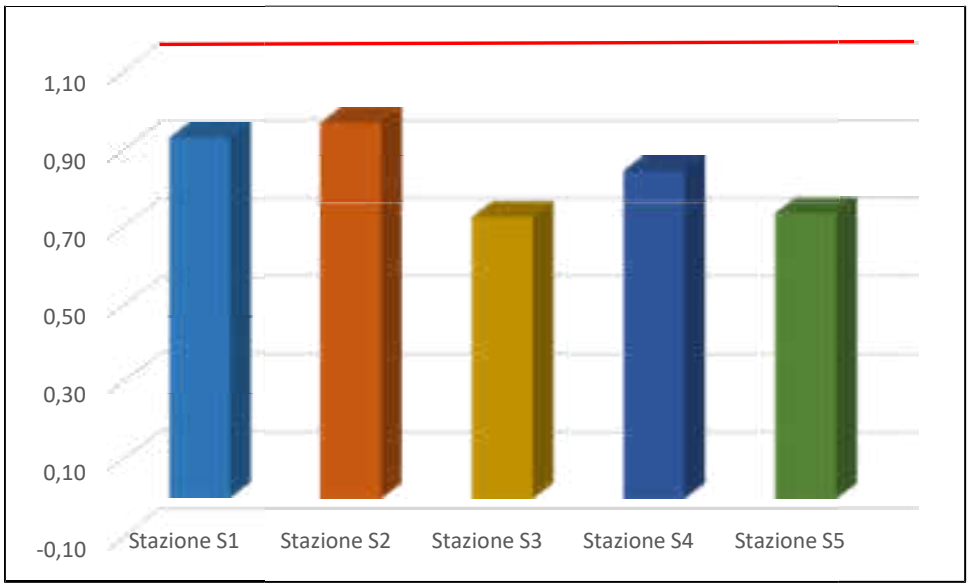


Figura 14 - Indice di superficie fogliare o Leaf Area Index (L.A.I) per stazione in m^2/m^2 – In rosso la soglia del valore minimo previsto per una prateria a *P. oceanica* profonda in normali condizioni.

Tutti valori di densità rilevati devono essere riferiti alla categoria ascrivibile al Posidonieto profondo. I valori di un posidonieto in condizioni di equilibrio (profondità 20 m) devono essere superiori a 170 ciuffi/m^2 mentre il valore medio da noi rilevato è pari 55 ciuffi/m^2 denotando una condizione di ***prateria molto disturbata*** (Pergent *et al*., 1995) (Fig 15). Un altro aspetto significativo che emerge dalle prospezioni in situ è la forte discontinuità del manto vegetale presente nella matte. Infatti la copertura media è del 31% e le ampie zone libere sono colonizzate da *Caulerpa prolifera* e da turf algale a rimarcare la fase regressiva del posidonieto. Un'altra criticità è data dall'indice fogliare L.A.I (Leaf Area Index) della prateria; Tutte le stazioni infatti mostrano valori al di sotto del valore minimo (1,1 m^2/m^2) (Buia *et al*., 2000) previsto per una prateria a *Posidonia oceanica* profonda in normali condizioni.

Figura 15 – *Posidonia oceanica* (stazione s2).

PRESENZA DI CAULERPA CYLINDRACEA (SONDER 1845) *NELL'AREA DI STUDIO*

Caulerpa cylindracea (Fig. 16) è un'alga di origine tropicale e ampiamente distribuita in Mar Rosso; la sua migrazione comincia nel bacino orientale del Mediterraneo e progressivamente si estende al bacino occidentale. Probabilmente la penetrazione è avvenuta per foresia antropica e quindi non dovrebbe essere considerata una vera lessepsiana. Considerando la variabilità delle condizioni ambientali dell'habitat dell'alga e della sua capacità adattativa, bisogna accettare che l'espansione a nord può essere frutto della tendenza alla tropicalizzazione dell'intero bacino Mediterraneo (Doumage 1995). L'espansione va anche messa in relazione al particolare meccanismo di metabolismo facoltativo eterotrofo delle caulerpe, che ne favorisce l'insediamento su substrati degradati con cospicua presenza di sostanza organica di varia natura. Ampie aree costiere mostrano infatti caratteristiche di questo tipo a causa dell'espansione di aree portuali, di aree in vicinanza di fiumi con bacino imbrifero ad alto tasso insediativo, di aree interessate a scarichi urbani; tutti creano substrati elettivi per specie opportuniste a larga valenza ecologica o, come nel caso di *Caulerpa* sp., con un particolare tipo di metabolismo eterotrofo. La presenza di *Caulerpa cylindracea* rappresenta una importante minaccia per la diversità biologica degli ecosistemi costieri, perché va ad interferire con le specie indigene, modificando la struttura delle comunità fito (Cebrian *et al.,* 2009) e zoobentoniche (Argyrou *et al*., 1999). Studi sperimentali (Balata *et al*., 2004) hanno mostrato che l'invasione ha un grande impatto sui popolamenti macroalgali presenti sulla matte morta di *P. oceanica* e sui fondi rocciosi, che si traduce in una riduzione del ricoprimento del substrato, del numero delle specie e della diversità; (Ceccherelli *et al*. 2002) hanno osservato inoltre che la presenza di turf promuove l'espansione di *Caulerpa cylindracea*. È interessante sottolineare come, invece, non sia stata evidenziata alcuna colonizzazione da parte dell'alga sulle praterie di *P. oceanica* in buono stato (caratterizzate da un'elevata densità di fasci fogliari) in molte regioni del Mediterraneo (Ruitton *et al*., 2005); altri studi, tuttavia, hanno dimostrato l'occorrenza di cambiamenti nel ciclo vegetativo e nella produzione della fanerogama marina. Inoltre, l'inserimento di specie alloctone nei sistemi subtidali può alterare le reti trofiche e può rappresentare un importante meccanismo indiretto che potrebbe contribuire a influenzare le variazioni degli stock ittici (Terlizzi *et al*., 2011).

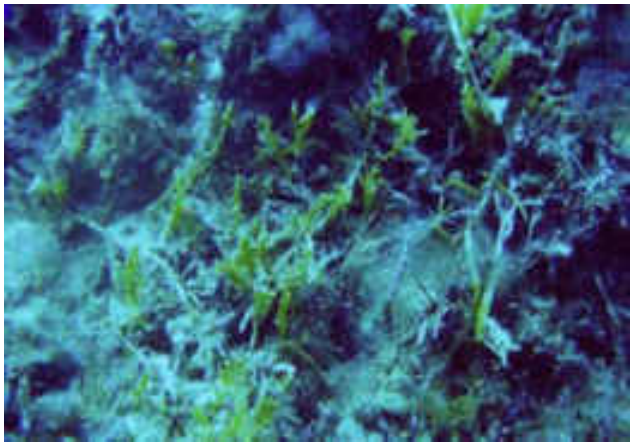


Figura 16 – *Caulerpa cylindracea.*

Nell'inverno del 2002 venne realizzata la mappa di *C. racemosa* nel golfo dell'Asinara, nel settore compreso fra Porto Torres e Punta Tramontana, entro la linea batimetrica dei 30 metri. La superficie interessata era di 776 ha, per l'84% su fondi a "matte" morta (Cossu *et al*., 2003b). La distribuzione dell'alga nel golfo dell'Asinara, che oggi interessa anche la costa prospiciente la cittadina di Castelsardo, corrisponde a un livello di colonizzazione caratteristico di aree ampie e fortemente invase (Cossu *et al.,* 2004).

Si sottolinea inoltre che, sia nelle indagini condotte dalla società Pragma Due, sia nelle nostre è stata rinvenuta la presenza dell'alga invasiva nell'area di studio (Fig. 17 e 18).

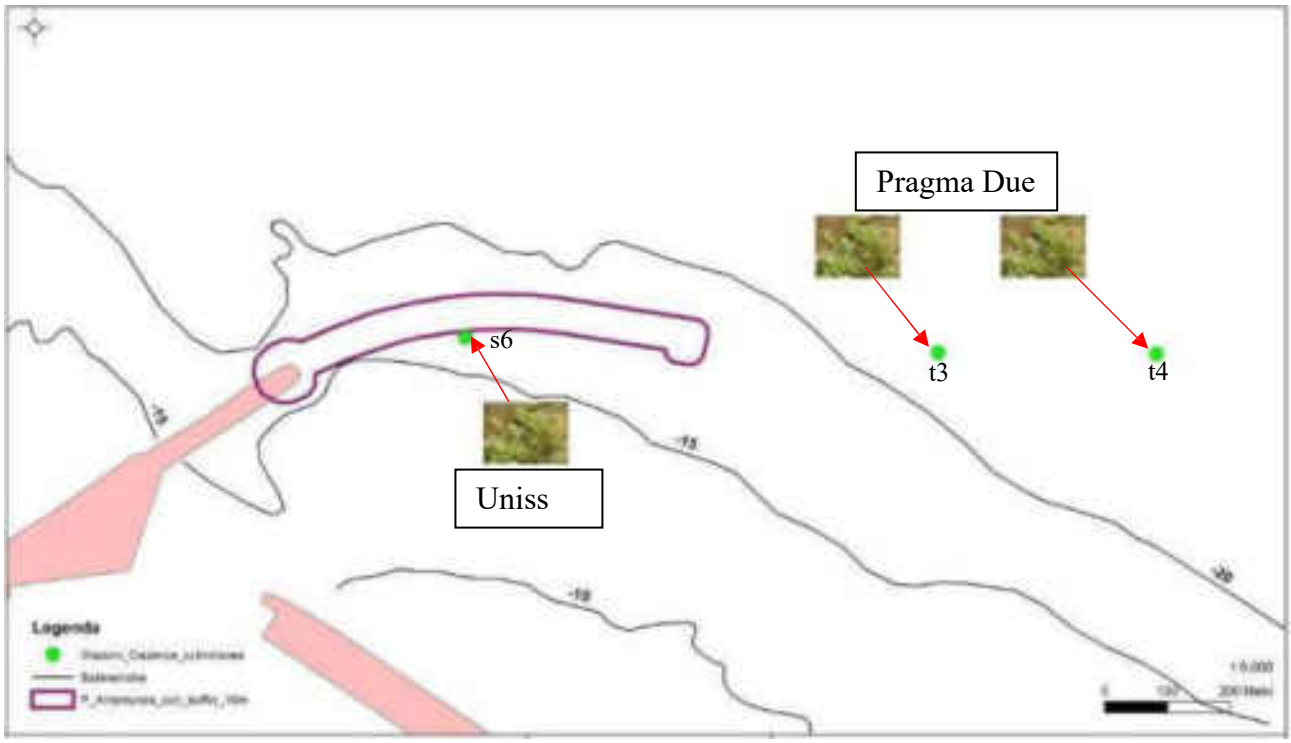


Figura 17 – Stazioni di rinvenimento *Caulerpa cylindracea.*

Figura 18 – *Caulerpa cylindracea* nell'area di studio (Stazione s6).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il posidonieto antistante l'area portuale di Porto Torres mostra una superficie ampia ma tutti i dati rilevati indicano una forte compromissione dello stesso, verosimilmente dovuto alla presenza dell'area industriale, del Porto e della città.

La compromissione interessa tutto il Golfo dell'Asinara e soprattutto il tratto ad est dell'insediamento industriale fino a Castelsardo. L'opera in oggetto andrà ad interessare probabilmente un tratto di circa **1,08 ha** che rappresentano una frazione molto modesta della Posidonia complessiva del Golfo stimabile in **17.600 ha**. Le disposizioni ministeriali impongono che quando possibile la Posidonia interessata dai lavori venga trapiantata e come si è detto, tale operazione, interesserebbe circa **374000** fasci che andrebbero ad occupare una superficie di circa **1 ha**. Oltre alla complessità dell'operazione bisogna valutare quale sia la possibilità di attecchimento della pianta che rappresenta il successo dell'operazione. Tutti i tentativi che sono stati messi in campo dimostrano che tale successo è molto limitato (Linee guida Ispra 106/2014) in più in questo caso, le piante indicano la presenza di stress vegetativo che riduce ancora di più la possibilità di attecchimento.

Un altro aspetto che deve essere preso in considerazione è la diffusione nell'area della specie alloctona invasiva *Caulerpa cylindracea* che è stata rinvenuta nella zona interessata dai lavori (Fig.17 e 18). I dispositivi ministeriali indicano che in tali condizioni, il trapianto sia fortemente sconsigliato poiché risulta molto difficile separare gli stoloni dai frammenti dell'alga invasiva.

Si suggerisce allora di mettere in campo altre strategie compensative. Si potrebbero posizionare dei dissuasori in aree limitrofe, dove lo strascico abusivo è perpetrato oppure mettere in atto opportune aree di popolamento attraverso la messa in opera di adeguate strutture in calcestruzzo armato che può essere assemblato in svariate combinazioni e permette la costituzione di strutture stabili di reef artificiale su fondali marini.

BIBLIOGRAFIA *citata e/o consultata*

Argyrou M., Demetropoulos A., Hadjichristophorou M., 1999. Expansion of the macroalga *Caulerpa racemosa* and changes in softbottom macrofaunal assemblages in Monibay, Cyprus. *Oceanologica Acta 22* (5), 517–528.

Balata, D., Piazzi, L., Cinelli F., 2004. A Comparison Among Assemblages in Areas Invaded by *Caulerpa taxifolia* and *C. racemosa* on a Subtidal Mediterranean Rocky Bottom. *Marine Ecology, 25*: 1-13.

Cebrian, E., Ballesteros E., 2009. Temporal and spatial variability in shallow and deep-water populations of the invasive *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the Western Mediterranean. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 83: 469–474.

Ceccherelli, G., Piazzi, L., Balata, D., 2002. Spread of introduced *Caulerpa* species in macroalgal habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 280, 1–11.

Cossu A., Pala, D., Ruiu, A., Zanello, A., 2003b. Distribuzione di *Caulerpa racemosa* nel Golfo dell'Asinara (Sardegna settentrionale). *Biologia Marina Mediterranea* 10 (2), 542–543.

Cossu, A., Pala D., Ragazzola F., 2004. Sintesi delle conoscenze sulla distribuzione del genere Caulerpa in Sardegna. *Biologia Marina Mediterranea* 11 (2), 419–422.

Cossu A., Pascucci V., Ceccherelli G., Chessa L., Andreucci S., De Luca M., Pala D., 2011. Caratterizzazione fisiografica, geomorfologica e bionomica della RIAS di Santa Teresa di Gallura: Sardegna Nord Orientale. *Biologia Marina Mediterranea* 18 (1): 305-306

Doumage F., 1995. Quelque reflexion sur les algues Caulerpes. *Biologia Marina Medit*erranea 2(2): 613–633

Francour, P., 1997."Fish Assemblages of *Posidonia Oceanica* Beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): Assessment of Composition and Long-term Fluctuations by Visual Census." *Marine Ecology* 18, no. 2 (1997): 157–173

Gambi M. C., Doppiano M., 2003. Manuale di metodologia di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biologia Marina Mediterranea* 10 (2): 140-188.

Jeudy de Grissac A., 1984- Effects des herbiers a *Posidonia oceanica* sur la dynamique marine et la sédimentologie littorale. International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. eds., *Gis Posidonie publ*., Fr., 1: 437–443

Ispra 2014. Conservazione e gestione della naturalità negli ecosistemi marino-costieri. Il trapianto della *Posidonia oceanica. Manuali e linee guida 106/2014* ISBN 978.88-448-0642-2

Pérès J.M., 1984 - History of the Mediterranean Biota and the colonisation of the depth. In: "*Western Mediterranean*", Margalef R. ed., Oxford, Pergamon Press : 198-232

Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., 1995. Utilisation de l'herbier à P*osidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: *Etat des connaissances*. *Mésogée* 54: 3–29.

Relini G., Giaccone G., 2009 Gli Habitat prioritari del Protocollo SPA/BIO (Convenzione di Barcellona) presenti in Italia. Schede descrittive per l'identificazione. *Biologia Marina Mediterranea*. 16 (suppl.1): 1–266.

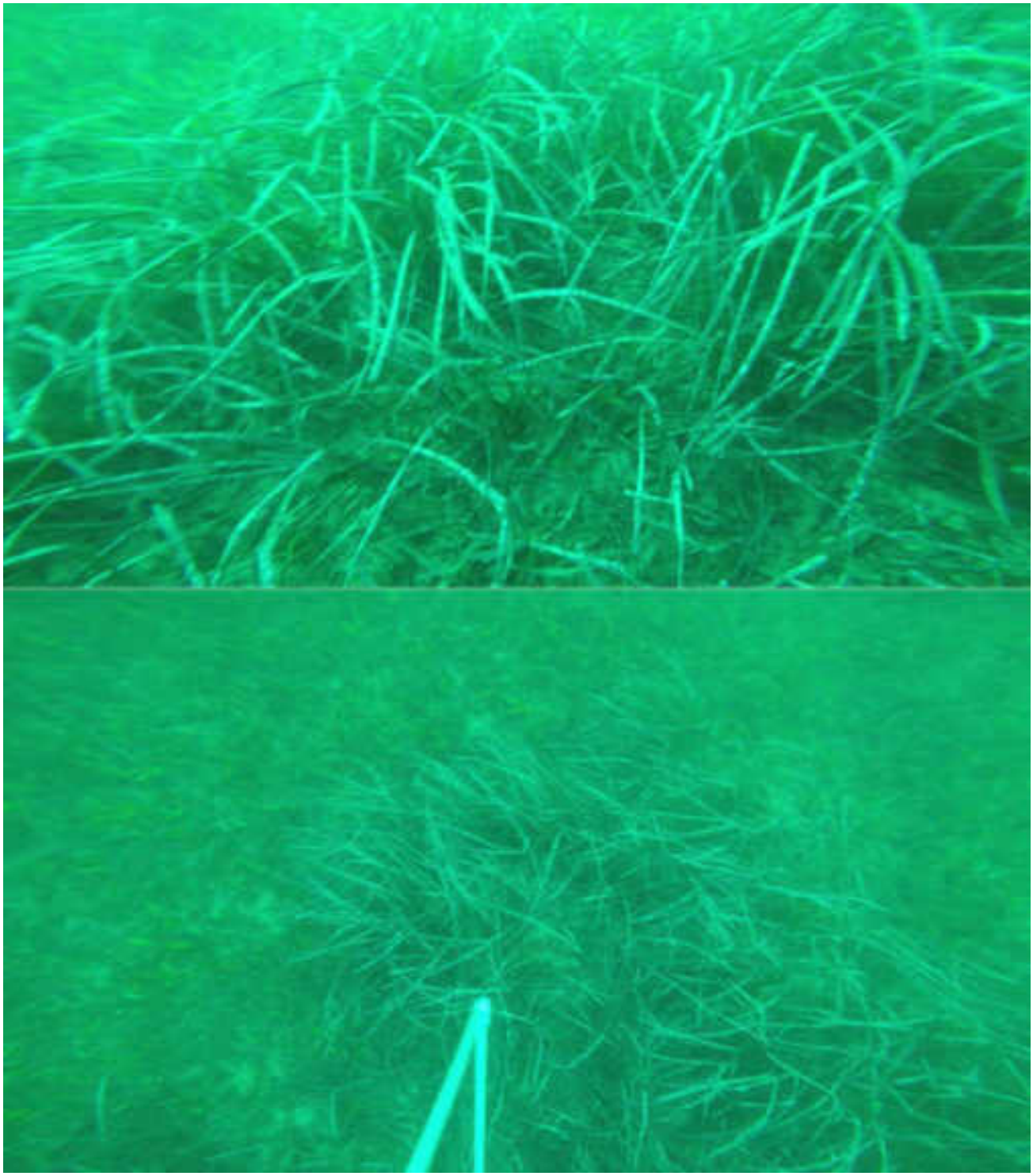
Ruitton S., Javel F., Culioli J.-M., Meinesz A., Pergent G., Verlaque M., 2005. First assessment of the *Caulerpa racemosa* (*Caulerpales, Chlorophyta*) invasion along the French Mediterranean coast. *Marine Pollution Bulletin* 50: 1061–1068.

Terlizzi A., Felline S., Lionetto MG., Caricato R., Perfetti V., Cutignano A., Mollo E., 2011 Detrimental physiological effects of the invasive alga *Caulerpa racemosa* on the Mediterranean white seabream *Diplodus sargus*. *Aquat. Biol.* 12:109–117.

Vassallo P., Paoli C., Rovere A., Montefalcone M., Morri C., Bianchi C., N., 2013. The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: *A natural capital assessment. Marine Pollution Bullettin*, 75: 157 –167.

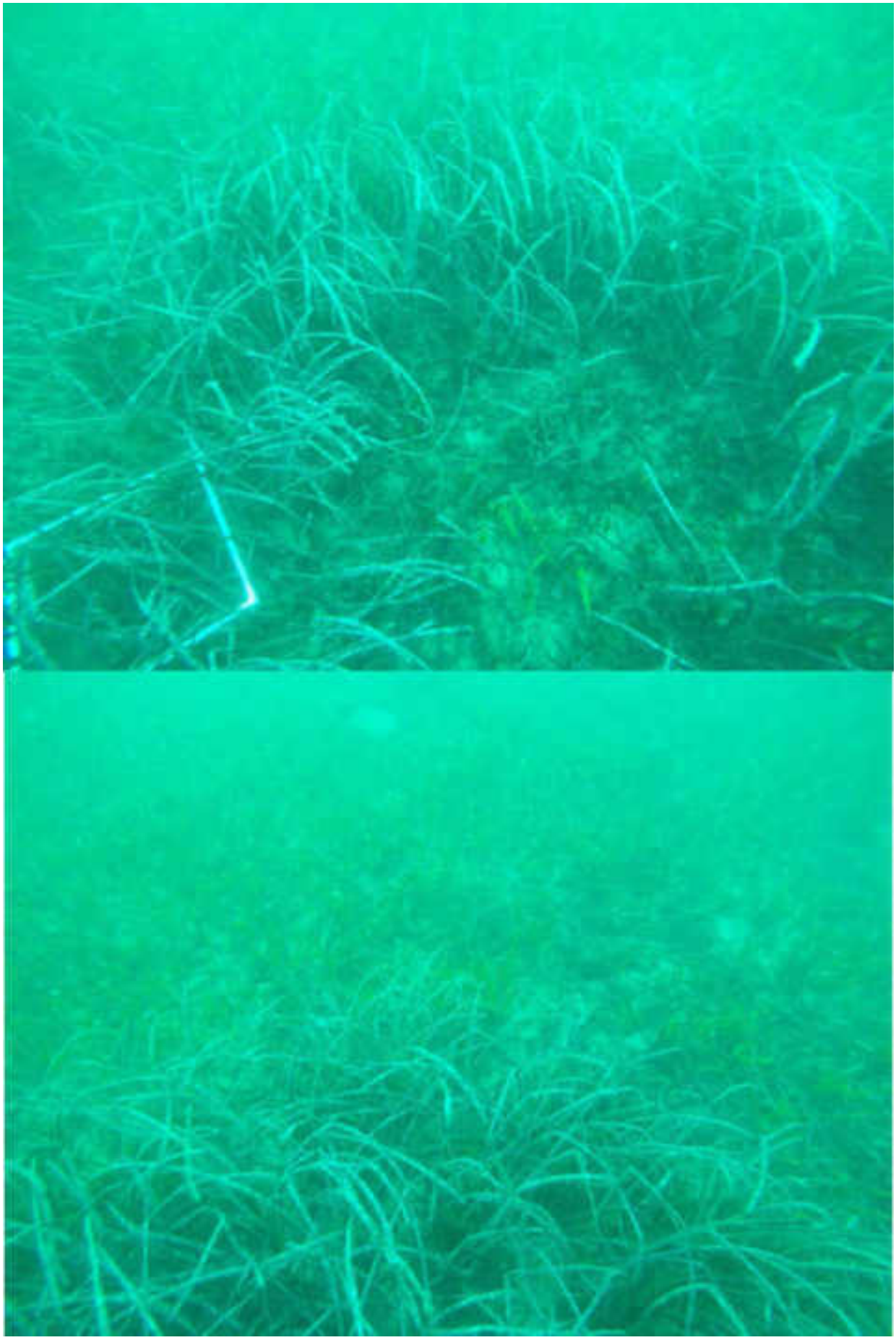
ALLEGATI

Stazione S1



Stazione S2

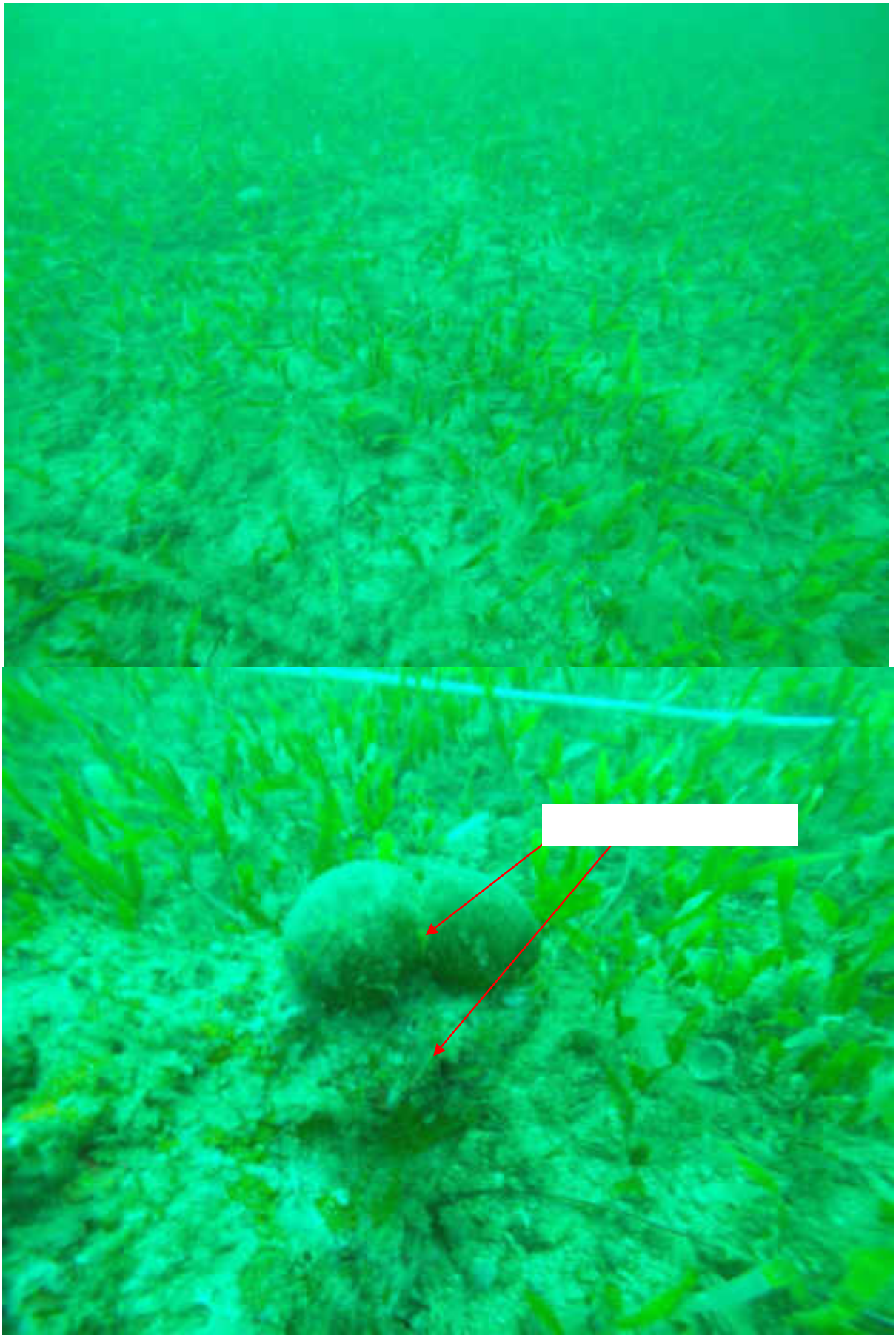
Stazione S3



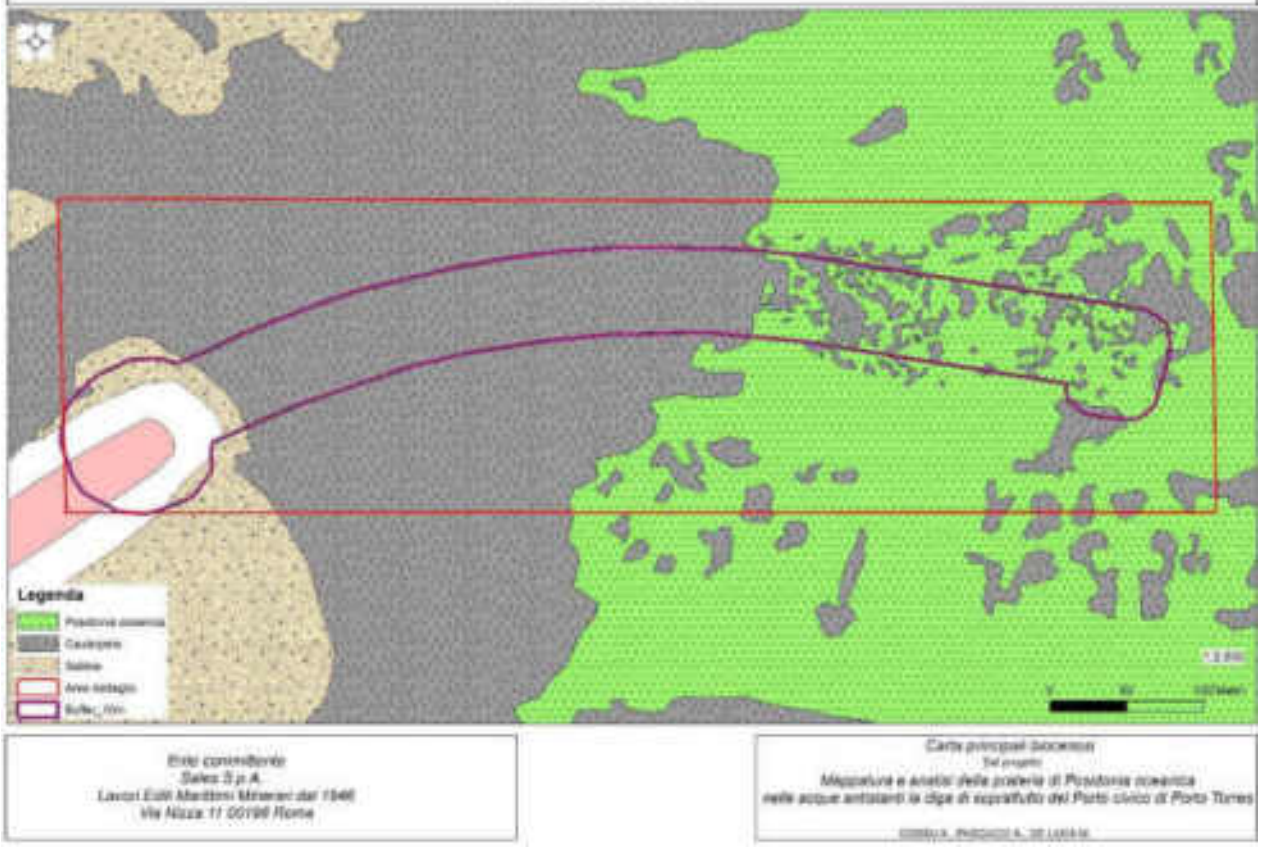
Stazione S4

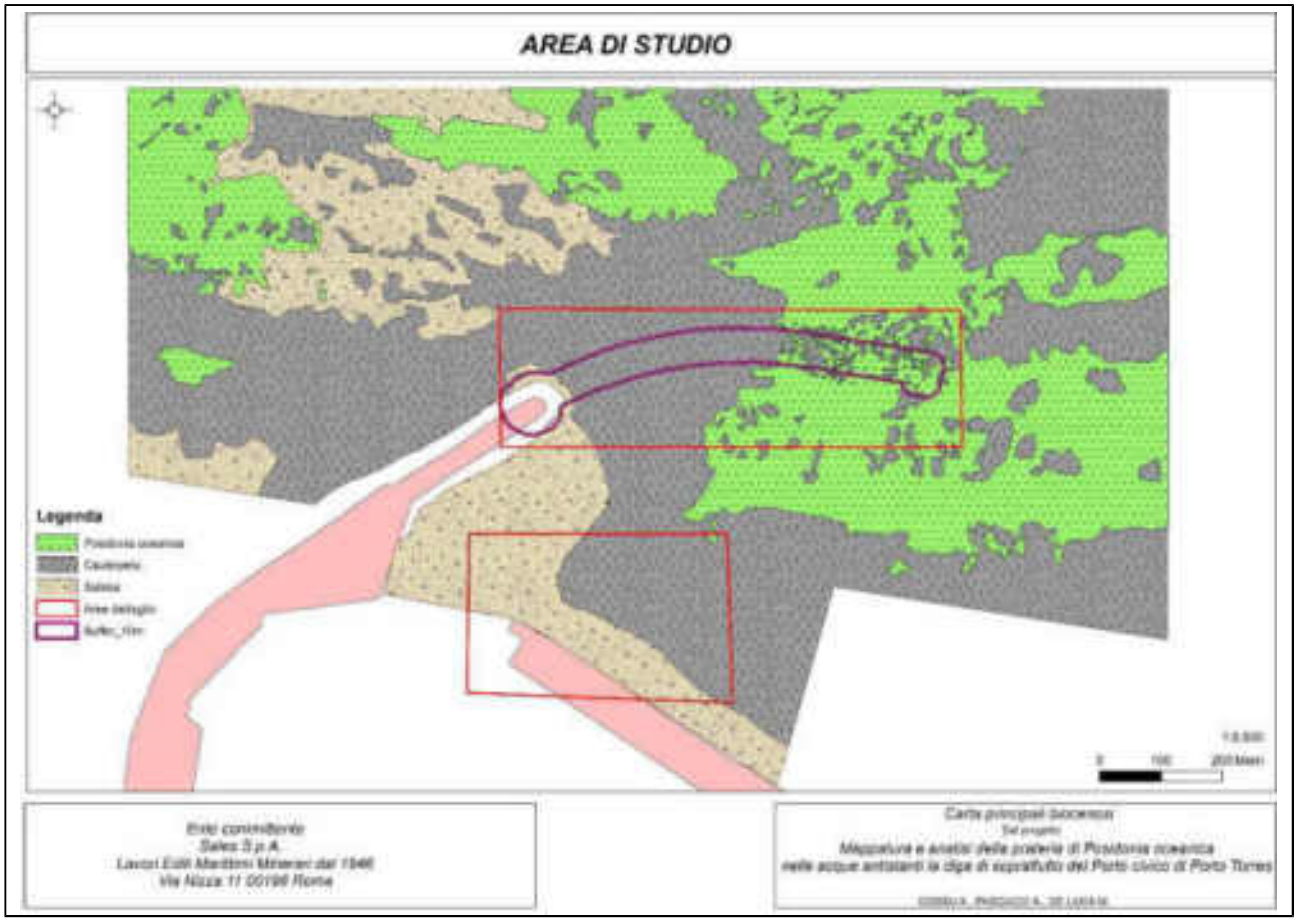
Stazione S5

Stazione S6



DETTAGLIO DIGA DI SOPRAFLUTTO




AREA DI STUDIO
Legenda
Enti committente
Salex S.p.A.
Lavori Edili Marittimi Minerari dal 1946
Via Nizza 11 00198 Roma
Carta principali biocenosi
Mappatura e analisi della posidonia oceanica
nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres

PROGETTO DEGLI INTERVENTI DI TRAPIANTO

PREMESSA

In Mediterraneo sono diversi gli esempi di reimpianti di *Posidonia oceanica*, quale misura di compensazione, realizzati spesso senza tenere conto delle misure di cautela. Le procedure di trapianto devono infatti essere sitospecifiche ed essere inserite in più ampi progetti di gestione integrata della fascia costiera (Boudouresque *et al*., 2006). Il successo dei attecchimento delle fanerogame marine, in base ai dati disponibili su scala mondiale, restano alquanto contrastanti. In Mediterraneo, ad esempio, a più di 25 anni dal primo intervento, non si è costituita una vera prateria (Boudouresque *et al*., 2000). Solo alcune delle esperienze più recenti sembrano indicare risultati incoraggianti, ma solo in caso di interventi a piccola scala con talee, semi e giovani plantule (Borum *et al*., 2004; Díaz-Almela e Duarte, 2008; Carannante, 2011). A tutt'oggi, le tecniche di reimpianto di praterie di fanerogame marine possono essere considerate ancora come tecniche innovative e non del tutto consolidate; l'affidabilità non è comparabile con quella acquisita nelle tecniche di riforestazione condotte sulla terraferma (Boudouresque *et al*., 2006). Attualmente in Italia sono in corso diversi progetti per la messa a punto e sperimentazione al fine di individuare modalità operative sempre più affidabili, che siano anche economicamente sostenibili, da poter essere impiegate ad una scala spaziale più vasta. Per la messa a punto di una strategia decisionale *sito- specifica*, da effettuare prima di avviare un intervento di trapianto, è necessario effettuare un'analisi costi/benefici, prendendo in considerazione tutti gli elementi coinvolti nel progetto, al fine di verificare se, alla luce delle conoscenze disponibili, ci siano, in concreto, i presupposti affinché l'intervento di piantumazione possa essere realizzato con successo. Una volta verificata l'esistenza dei presupposti tecnici ed economici che sono alla base dell'intervento, è possibile applicare un modello sviluppato, che sia in grado di guidare il decisore nel processo di valutazione della fattibilità dell'intervento (Boudouresque, 2000; Boudouresque *et al*., 2006). Tale modello prevede che la verifica venga condotta sia a livello locale (nella prateria in cui si prevede di effettuare l'intervento di trapianto), sia a livello di sito.

In merito alla scelta della tecnica di intervento è fondamentale considerare come uno degli aspetti più critici del trapianto delle talee sia quello relativo alle modalità di ancoraggio al fondo. Tale criticità scaturisce dalla necessità di utilizzare strutture che siano in grado di resistere all'azione del moto ondoso e alle correnti di fondo.

In generale, tra i tanti metodi testati, l'ancoraggio al fondo di talee avviene comunemente attraverso l'impiego di:

1. **reti in plastica o in metallo** (Larkum, 1976; Molenaar e Meinesz, 1992a, 1992b; Molenaar *et al*., 1993; Piazzi e Cinelli, 1995; Piazzi *et al*., 1998, 2000);
2. **reti in materiale biodegradabile** (Fonseca *et al*., 1979; Kenworthy *et al*., 1980);
3. **sistemi di ancoraggio che utilizzano ganci metallici, paletti (tutori) o chiodi** (Molenaar, 1992; Charbonnel *et al*., 1995; Rismondo *et al*., 1995; Davis e Short, 1997);
4. **cornici in calcestruzzo munite di rete metallica** (Cooper, 1976; Giaccone e Calvo, 1980; Cooper, 1982; Chessa e Fresi, 1994, Fresi *et al*., 2006; Valiante *et al*., 2010; Carannante, 2011);
5. **lastre in cemento dotate di fori, all'interno dei quali vengono posizionate le talee** (Maggi, 1973);
6. **materassi riempiti di sabbia e rinverditi con fasci di *P. oceanica*** (Cinelli *et al.,* 2007a, 2007b; Boccalaro *et al.,* 2008).
7. **zolle (blocchi di *matte*) da posizionare in appositi scavi** (Addy, 1947a; Phillips, 1980; Noten, 1983; Jeudy de Grissac, 1984b; Dennison e Alberte, 1986; Chessa e Fresi, 1994; Rismondo *et al*., 1995; Faccioli, 1996);

TECNICA DI TRAPIANTO PROPOSTA

Si propone di utilizzare una metodologia sperimentale, inquadrabile nell'ultima categoria di trapianto (vedi sopra), impiegata in prossimità del Porto di Piombino nel 2014, che consiste nell'espianto di zolle (Fig. 1) tramite apposita benna e posa in radure prossimali dove le condizioni ambientali sono le stesse dell'area d'espianto.

Figura 1 – Zolla di *Posidonia oceanica* di 4 m^2 di superficie (da *relazione Bedini* 2014)

Procedura di espianto e reimpianto

In via preliminare sarà necessario investigare l'area di espianto tramite ROV effettuando transetti costa largo su tutta l'area colonizzata dalla fanerogama. Individuate opportune aree, le stesse saranno contrassegnate da appositi pedagni con l'ausilio di Operatori Tecnici Subacquei (OTS). La stessa procedura verrà applicata alle aree dove verrà effettuato il reimpianto. L'area da espiantare ammonta a circa 0,7 ha (Fig. 3) ed è posta nella parte terminale della nuova opera. La frammentarietà della matte renderà necessario il posizionamento della benna tramite l'ausilio di un OTS che guiderà le operazioni. Le zolle saranno poi collocate temporaneamente all'interno del bacino interno alla nave, opportunamente ricolmato di acqua di mare, in modo da evitare l'essiccamento e la perdita di fauna e flora associata (Fig. 2). Successivamente, le zolle verranno trasferite nell'area di posa (Fig. 3).

Figura 2 – Benna bivalve idraulica (da *relazione Bedini* 2014)

Le aree di reimpianto saranno opportunamente scelte in rapporto alla distanza minima possibile dal molo e dovranno avere le stesse caratteristiche ambientali delle zone di espianto. Sulla base dell'esperienza acquisita a Piombino, migliori risultati si sono ottenuti quando la zolla viene collocata all'interno di un opportuno escavo (in modo da non lasciare lati scoperti della zolla reimpiantata, facilmente aggredibili dalle correnti di fondo) e in continuità con la matte presente, così da costituire un manto vegetale continuo. Ogni zolla sarà segnalata da opportuni dispositivi di riconoscimento per poter essere indentificata nei futuri monitoraggi. La dimensione della zolla dovrà essere minimo di $4m^2$. Il prelievo avverrà con benna idraulica bivalve che effettuerà il dragaggio in un'unica operazione. In ogni zolla dopo la posa e la deposizione del particellato sospeso, sarà fotografata la superficie vegetata da una quota adeguata per avere documentazione del momento zero del reimpianto. Sarà valutata anche la densità dei fasci e il loro stato fenologico su un adeguato numero campionario. Si misurerà tramite penetrometro la compattezza della matte per seguire l'evoluzione della consistenza della trama dei rizomi. Le zolle periferiche saranno poi dotate di un *balise* nel loro lato libero per valutare la progressione o l'arretramento nel tempo (Buia *et al.,* 2003).

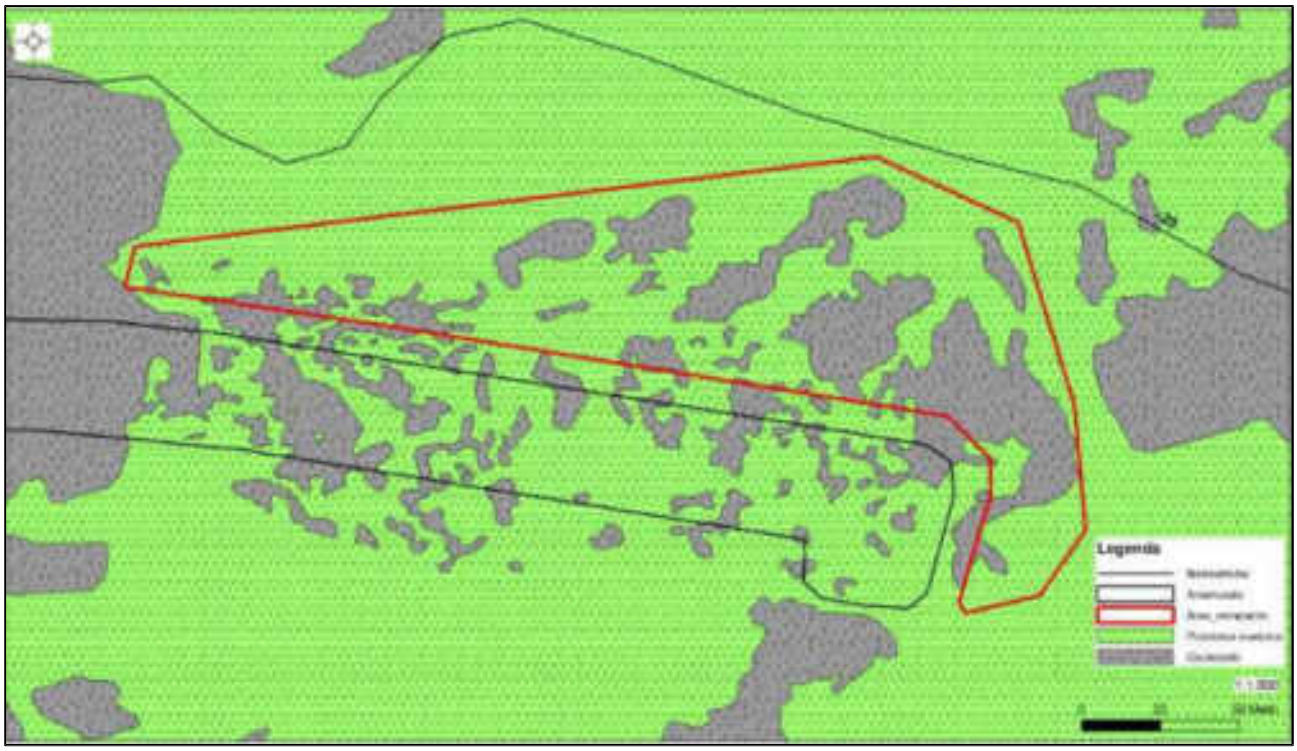


Figura 3 – Area interessata dalle attività. In nero l'area dell'espianto; in rosso, del reimpianto.

PIANO DI MONITORAGGIO

descrittori strutturali: densità dei fasci fogliari e copertura %.
descrittori funzionali: tasso di sopravvivenza dei fasci fogliari, formazione di nuovi fasci, allungamento del rizoma, allungamento delle foglie, sviluppo di radici, fenologia.

Il piano di monitoraggio durerà 5 anni e schematicamente consisterà nel:

1. In ogni zolla con *cadenza semestrale* si misurerà la densità dei fasci su quadrati campione di 40 cm di lato, distinguendo nella conta la presenza di rizomi morti o con evidenti necrosi fogliare (tasso di sopravvivenza dei fasci) e la formazione di nuovi.
2. In ogni zolla saranno posti dei quadrati permanenti ben visibili che conterranno un numero di ciuffi adeguato per analisi statistiche. In ogni fascio fogliare si porrà un anello ad una distanza opportuna dal punto di emergenza delle foglie dal rizoma; ciò consentirà di valutare i tassi di crescita della pianta nel tempo. Verrà anche annotata la modalità e la velocità di crescita del rizoma (plagiotropo ed ortotropo). In ognuno dei fasci testimone sarà valutato il numero di foglie e la lunghezza della foglia adulta più esterna, *cadenza semestrale*.
3. Per misurare la crescita fogliare si prevede di utilizzare, su un numero di zolle e fasci statisticamente significativo, la tecnica dell'ago (metodo non distruttivo). Questa prevede al tempo T_0 di forare tutte le foglie di uno stesso fascio appartenente ad una superficie nota, contrassegnata con quadrati fissi. Questa operazione deve essere eseguita a 0,5-3 cm sopra la ligula della foglia più esterna, forando contemporaneamente tutte le foglie del fascio. Per consentire di operare sempre alla stessa distanza dalla ligula, (Buia *et al.,* 1992; Ott., 1980; Zieman, 1974) si utilizza un tassello di plastica di 3 cm di lunghezza, della stessa larghezza della foglia. L'ago viene fatto passare sistematicamente nel foro del tassello. L'intervallo temporale che intercorre tra la foratura e la prima misura al tempo T_1 è di 30 giorni.
4. La verifica della compattezza della matte sarà stimata mediante un penetrometro (Fig. 4), strumento costituito da un'asta di 2 m di lunghezza, 8 mm di diametro posta perpendicolarmente al fondale con un peso di 5 kg lasciato cadere da 50 cm. L'impatto del peso di forza costante permette all'asta di penetrare nel tappeto dei rizomi proporzionalmente alla sua compattezza. La compattezza è definita come: forte (penetrazione <50 cm), media (50 cm <penetrazione <l00 cm) e debole (penetrazione> l00 cm), *cadenza semestrale*.

Figura4 – Misura della compattezza della matte con Penetrometro

5. Si calcolerà il Coefficiente "A": percentuale di foglie adulte ed intermedie che hanno gli apici spezzati; si calcola dividendo il numero totale di foglie adulte e intermedie con apici rotti per il numero totale delle foglie osservate. Il valore del coefficiente "A" è spesso il risultato di più fattori quali l'idrodinamismo, l'età delle foglie e il livello di presenza di erbivori. Dalle caratteristiche delle tracce (bite marks) presenti sull'apice dei lembi fogliari, è possibile riconoscere alcuni erbivori responsabili della rottura e distinguere il danno biologico da quello meccanico, *cadenza semestrale*.

Tabella 1 – Quadro sinottico temporale delle attività

Attività	Cadenza
Rilievi ROV su Posidonia da espianto	Inizio attività (una sola volta)
Rilievi ROV su superfici da reimpiantare	Inizio attività (una sola volta)
Densità dei rizomi su quadrati campione	Semestrale
Tassi di crescita dei rizomi e dei fasci	Semestrale
Crescita fogliare	Mensile (ogni 2 anni)
Compattezza della matte	Semestrale
Coefficiente "A"	Semestrale

BIBLIOGRAFIA

Addy C.E. (1947a) - *Eelgrass planting guide.* Maryland Conservationist, USA, 24: 16-17.

Boccalaro F., Cinelli F., Rende F., Burgassi M., Zanella M. (2008) - *Ingegneria naturalistica. Il ripristino delle praterie di Posidonia oceanica*. *Un mare di piante*. *ACER,* 6/2008 : 57-61.

Borum J., Duarte CM., Krause-Jensen D., Greve. TM. (2004) - *European seagrasses: an introduction to monitoring and management.* The M&MS project, Copenhagen. pp.88.

Boudouresque C.F. (1968) - *Contribution à l'étude du peuplement ephiphyte des rhizomes de Posidonies (*Posidonia oceanica *Delile).* Recueil des Traveaux de la Station Marine d'Endoume, 43 (59): 45-64.

Boudouresque C.F. (2000) - *La restauration des écosystèmes à phanérogames marines*. Restauration des écosystèmes côtiers, Dreves L., Chaussepied M. Edits., *IFREMER* publ., 29 : 65-85.

Boudouresque C.F., Charbonnel E., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Cadiou G., Bertrandy M.C., Foret P., Ragazzi M., Rico-Raimondino V. (2000) - *A monitoring network based on the seagrass* Posidonia oceanica *in the nortwestern Mediterranean Sea*. Biologia Marina Mediterranea, 7(2): 328-331.

Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. (2006) - *Préservation et Conservation des herbiers à* Posidonia oceanica. RAMOGE pub.: 1-202.

Buia M.C., Gambi M.C., Badalamenti F. (2002) - *Morpho-chronological observations on seedlings and juvenile shoots of* Posidonia oceanica (L.) Delile collected *in situ* in various coastal areas. Biologia Marina Mediterranea. 9 (1): 600-604.

Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M. (2003) - *I sistemi a Fanerogame marine*. Biologia Marina Mediterranea, 10: 145-198.

Carannante F. (2011) - *Monitoraggio a lungo termine di trapianti di* Posidonia oceanica *su vasta scala*. Tesi di dottorato in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche – XXII ciclo, Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.

Charbonnel E., Molenaar H., Gravez V. (1995) - *Réimplantation de la phanérogame marine* Posidonia oceanica *dans le golfe de Marseille (Bouches du Rhône).* Rapport final 1991-1995. DEGT Ville de Marseille et GIS Posidonie publ: 1-193.

Chessa L.A., Fresi E. (1994) - *Conservazione e gestione delle praterie di* Posidonia. In: Monbailliu X., Torre A. Edits. La gestione degli ambienti costieri e insulari del Mediterraneo. Edizione del Sole publ., Ital.: 103-127.

Cinelli F., Boccalaro F., Burgassi M., Rende F., Piazzi L., Zanella M. (2007) - *Utilizzo sperimentale in mare di sistemi tecnici già impiegati dall'ingegneria naturalistica terrestre*. Biologia Marina Mediterranea, 14(2): 342-343.

Cinelli F., Boccalaro F., Burgassi M., Piazzi L., Rende F, Zanella M. (2007b) - *Technique de fixation des boutures de* Posidonia oceanica *(L.) Delile en Méditerranée : adaptation en milieu marin d'un système déjà utilisé sur terre.* Atti del «Troisième Symposium Méditerranéen sur la Végétation Marine Marseille, 257-258.

Cooper G. (1976) - *Jardinier de la Mer. Association-Fondation G. Cooper pour la reconquête des milieux naturels détruits*. Cahier, 1: 1-57.

Cooper G. (1982) - *Réimplantation de* Posidonia oceanica*. Protection des implants.* Bulletin d'Ecologie, 13(1): 65-73.

Davis R.C., Short F.T. (1997) - *Restoring eelgrass,* Zostera marina, *habitat using a new transplanting technique: the horizontal rhizome method.* Aquatic Botany, 59: 1-15.

Dennison W.C., Alberte R.S. (1986) - *Photoadaptation and growth of* Zostera marina *(eelgrass) transplants along a depth gradient.* Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 98: 265-282.

Díaz-Almela E., Duarte C.M. (2008) - Management of Natura 2000 habitats. 1120 *Posidonia* beds (*Posidonion oceanicae*). European Commission.

Faccioli F. (1996) - *The morphological restoration of the Venice Lagoon.* Quaderni trimestrali, Consorzio Venezia Nuova, Italie, suppl. 3-4: 1-24.

Fonseca M.S., Kenworthy W.J., Homziak J., Thayer G.W. (1979) - *Transplanting of eelgrass and shoalgrass as a potential means of economically mitigating a recent loss of habitat*. In: Cole D.P. edit. Proc. 7th ann. Conf. Wetlands Restor. Creation publ., USA: 279-326.

Fresi E., Valiante L.M., Scardi M., Arciprete R., Argenti L., Carannante F., Casola E., Di Dato P., Di Nuzzo F., Ingegnoli P. (2006) - *Un'esperienza di restauro su grande scala di una prateria di* Posidonia oceanica*.* XVI Congresso della S.I.Te. Viterbo-Civitavecchia, 19-22 settembre 2006.

Giaccone G., Calvo S. (1980) - *Restaurazione del manto vegetale mediante trapianto di* Posidonia oceanica *(Linneo) Delile. Risultati preliminari. Mem. Biol. Mar. Oceanogr.,* Ital., suppl. 10: 207-211.

Jeudy De Grissac A. (1984b) - *Essais d'implantations d'espèces végétales marines: les espèces pionnières, les Posidonies.* In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. Edits. First International Workshop on *Posidonia oceanica* beds*,* GIS Posidonie Publisher, Marseille, Fr., 1: 431-436.

Kenworthy W.J., Fonseca M.S., Homziak J., Thayer G.W. (1980) - *Development of a transplanted seagrass (*Zostera marina *L.) meadow in Back Sound, Carteret County, North Carolina.* In: Cole D.P. edit. Proceedings of the Seventh Annual Conference on the Restoration and Creation of Wetlands, USA: 175- 193.

Larkum A.W.D. (1976) - *Ecology of Botany Bay. 1. Growth of Posidonia australis (Brown) Hook f. in Botany Bay and*

other bays of the Sidney Basin. Australian Journal of Marine Freshwater Research 27: 117-127.

Maggi P. (1973) - *Le problème de la disparition des herbiers à Posidonies dans le Golfe de Giens (Var).* Science et Pêche, Bulletin d'Information et de documentation de l'Institut technique et scientifique des Pêches maritimes., 221: 7-20.

Molenaar H. (1992) - *Etude de la transplantation de boutures de la Phanérogame marine* Posidonia oceanica *(L.) Delile. Modélisation de l'architecture et du mode de croissance.* Thèse Doct. Sci. Vie, Univ. Nice Sophia Antipolis, Fr.: 1-221.

Molenaar H., Meinesz A. (1992a) - *Vegetative reproduction in* Posidonia oceanica*. II. Effects of depth changes on transplanted orthotropic shoots*. Marine Ecology, PSZNI, 13(2): 175-185.

Molenaar H., Meinesz A., (1992b) - *Transplantations de* Posidonia oceanica *(L.) Delile à Cannes.* Méditerranée 2000 & Laboratoire Environnement Marin Littoral, Univ. Nice-Sophia Antipolis, Fr.: 1-27.

Noten T.M.P.A. (1983) - *Detached shoots of* Zostera noltii *Hornem. as a means of dispersal: a transplantation experiment.* In: Proceedings International Symposium on Aquatic Macrophytes. Nijmegen, Netherlands: 161-164.

Ott J. (1980) - *Growth and production in* Posidonia oceanica (L.) delile. Marine Ecology PSZN, 1:47-64. Phillips R.C. (1980) - *Responses of transplanted and indigenous* Thalassia testudinum *Banks ex Königs and* Halodule wrightii *Aschers. to sediment loading and cold stress*. Contributions in Marine Science. 23: 79- 87.

Piazzi L., Cinelli F. (1995) - *Restoration of the littoral sea bottom by means of transplantation of cuttings and sprouts.* In: Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C., Mucedola A. Edits. *Posidonia oceanica*, a contribution to the preservation of a major Mediterranean marine ecosystem. Rivista marittima publ., Roma, 69-71.

Piazzi L., Balestri E., Magri M., Cinelli F. (1998) - *Experimental transplanting of* Posidonia oceanica *(L.) Delile into a disturbed habitat in the Mediterranean Sea.* Botanica marina, 41: 593-601.

Piazzi L., Balestri E., Balata D., Cinelli F. (2000) - *Pilot transplanting experiment of* Posidonia oceanica *(L.) Delile to restore a damaged coastal area in the Mediterranean Sea.* Biologia Marina Mediterranea, **7**(2): 409-411.

Rismondo, A., Curiel D., Solazzi A., Marzocchi M., Chiozzotto E. and Scattolin, M. (1995) - *Sperimentazione di trapianto a fanerogame marine in laguna di Venezia: 1992-1994,* Società Italiana di Ecologia, Atti, 16, 683 685.

Valiante L.M., Carannante F., Casola E., Di Dato P., Di Nuzzo F., Scardi M., Fresi E. (2010) - *Monitoraggio a lungo termine di trapianti di* Posidonia oceanica *su grande scala.* XX Congresso della S.I.Te., "La Sapienza" Università di Roma, 27 – 30 settembre 2010.

Zieman J.C. (1974) - *Methods for the study of growth and production of the turtle grass*, Thalassia testudinum Koning. Acquaculture, 4: 139 – 1

MISURE DI COMPENSAZIONE

(A cura di AMP Asinara & Sales SPA)

PREMESSA

Nell'ambito dei lavori di prolungamento dell'Antemurale di Ponente del porto civico di Porto Torres, una porzione di fondale marino, parzialmente ricoperto da *Posidonia oceanica*, sarà interessato dalla posa in opera di cassoni cellulari in cemento armato.

Le analisi fenologiche commissionate dall'AP NORD SARDEGNA alla società Pragma nell'agosto del 2016 e alla Soc. Cassiopea nel novembre 2016 hanno fornito le medesime considerazioni conclusive riguardo lo stato di conservazione della suddetta Posidonia, ovvero: Posidonieto molto disturbato con forte stato di compromissione e diffusione nell'area della specie alloctona invasiva *Caulerpa cylindracea.*

Le conclusioni di cui sopra sono stato oggetto di diversi incontri avuti dalla AP NORD Sardegna con alcuni membri della commissione VIA presso il Ministero dell'Ambiente (MATTM) e da ultimo in data 12 dicembre 2016 con ing. Antonio Venditti, coordinatore della Divisione II - Sistemi di Valutazione Ambientale alla presenza anche del dott. Lucio Eleuteri della Direzione Protezione Natura.

Da questa serie di incontri sono emerse le seguenti indicazioni che la AP NORD Sardegna porrà in essere per gestire l'interferenza dei lavori di prolungamento dell'Antemurale di Ponente con il sottostante posidonieto:

- Opere di compensazione consistenti nell'espianto a zolle (metodologia adottata a Piombino) delle porzioni di posidonieto ricadenti nel sedime di impronta delle nuove opere di prolungamento del porto Civico, aventi una estensione pari a circa 1 ha, e loro reimpianto in aree limitrofe, per la creazione di un habitat di pari estensione;
- Opere di compensazione consistenti nella fornitura e posa in opera di un numero adeguato di dissuasori antistrascico da collocare in opportune aree di elevato interese naturalistico, tali da garantire che l'estensione dell'habitat compensato rispetto a quello sottratto/perturbato non sia inferiore al rapporto 1:2;

Relativamente alle opere di compensazione con dissuasori antistrascico, AP NORD Sardegna ha individuato nell'Area Marina Protetta del Parco dell'Asinara il Sito di elevato interesse naturalistico da tutelare e salvaguardare dagli effetti della pesca a strascico illegale che da alcuni anni viene condotta in tali aree.

Lo spettabile Parco Asinara formale ha fornito disponibilità e relativo nulla osta all'accoglimento della richiesta, formulata dalla AP NORD Sardegna, di posizionamento di dissuasori antistrascico a protezione degli habitat marini presenti presso le proprie aree protette.

PROPOSTE DI POSIZIONAMENTO DISSUASORI

Le barriere antistrascico sono particolarmente utili non solo per impedire lo svolgimento della pesca illegale, ma, se strutturate in maniera opportuna, anche per fornire ambienti favorevoli al ripopolamento ittico di specie di pregio commerciale. In generale, il numero e l'ubicazione delle barriere antistrascico da utilizzare debbono essere definiti con attenzione tenendo conto non solo degli effetti che si potrebbero produrre sulle correnti e su ambienti delicati come le praterie di posidonia, ma anche delle indicazioni dei pescatori artigianali in merito all'ubicazione delle zone di pesca illegale. Gli operatori della piccola pesca, infatti, non solo hanno un particolare interesse per preservare le risorse che loro stessi andranno a pescare, ma potrebbero avere, inoltre, un'idea più definita riguardo alle zone di attività dello strascico.

Si riporta quindi di seguito una sintesi conclusiva della proposta condivisa con l'Ente Parco Asinara per il posizionamento di una serie di strutture antistrascico da distribuire nell'area protetta; nella cartina riportata in Figura 1 vengono delineate 4 aree dove si ritiene opportuno disporre le strutture; nella cartina vengono inoltre riportate non solo le zone a prateria di Posidonia rilevate nel 2013, ma anche quelle più ampie relative ad uno studio sulle biocenosi presenti in AMP condotto dall'Università di Sassari nell'arco del 2008.

Questo studio risulta infatti utile per poter avere una visione più ampia riguardo la presenza di *Posidonia oceanica* in AMP.

Le aree definite per il posizionamento delle strutture antistrascico vengono discriminate in base alle seguenti tipologie:

- due zone in cui è stata documentata l'incidenza della pesca a strascico: 'Zona a media incidenza pesca a strascico e 'Zona ad alta incidenza pesca a strascico;
- una 'Zona ad alta vulnerabilità' in quanto parzialmente ubicata all'interno della zona A di Punta Scorno (parte settentrionale della AMP) e spesso indicata dai pescatori artigianali come soggetta ad attività di strascico;
- due zone di contenimento: 'Zona di contenimento 1' e 'Zona di contenimento 2' dove ci si propone di concentrare la maggior parte delle barriere sia a causa della considerevole estensione delle due zone, sia perché le stesse risultano quasi del tutto prive di prateria di *P. oceanica*.

Relativamente a queste ultime, la differenza principale tra le due zone risiede nell'ipotetico percorso che sembrano intraprendere le imbarcazioni di strascico nel raggiungere le zone di pesca.
Secondo quanto riferito dai pescatori artigianali, infatti, le imbarcazioni di strascico entrano dalla parte meridionale del golfo della Reale e si dirigono verso la parte settentrionale dell'area protetta espletando quindi parte delle operazioni non solo nella Zona A di punta Scorno ma anche nel tratto di mare compreso fra il promontorio di Trabuccato e quello di Punta Sabina. Secondo queste indicazioni, quindi, la zona di contenimento 1 potrebbe risultare meno a rischio rispetto alla 'Zona di contenimento 2'. Come si può evincere dalla cartina riportata in Figura 1 buona parte delle zone individuate è costituita da fondali a prateria di posidonia oceanica. Il posizionamento delle barriere antistrascico, eventualmente accompagnato dal posizionamento di strutture di ripopolamento, andrebbe quindi preceduto non solo da studi opportuni per evitare il danneggiamento degli habitat a posidonia ma anche da un monitoraggio continuo per valutare gli effetti sia sull'ittiofauna, sia sulla posidonia stessa.
In base a quanto finora esposto si propone pertanto di:

- avviare uno studio per il posizionamento ottimale delle strutture antistrascico e, eventualmente, di considerare anche l'utilizzo di strutture atte al ripopolamento ittico da associare a quelle antistrascico;

- avviare una consultazione con i pescatori artigianali attivi nelle zone interessate per valutare le loro proposte in merito alla disposizione dei blocchi antistrascico;
- procedere al posizionamento di tali strutture secondo le indicazioni dello studio e quelle dei pescatori;
- avviare un monitoraggio delle risorse ittiche e dei fondali sia durante lo svolgimento dello studio sia dopo il posizionamento delle strutture.

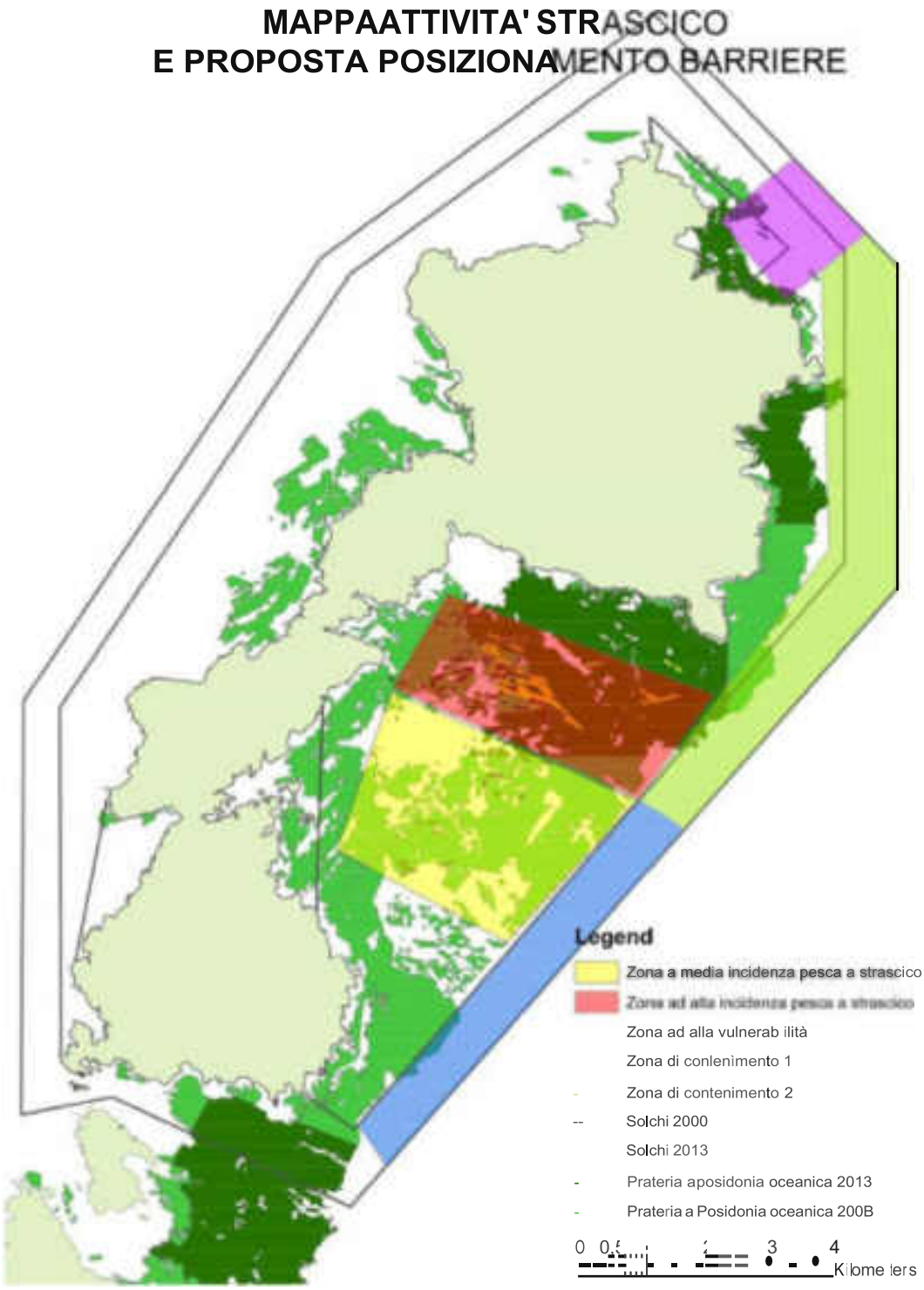


Figura 1 - mappa attività a strascico e proposta di posizionamento dissuasori

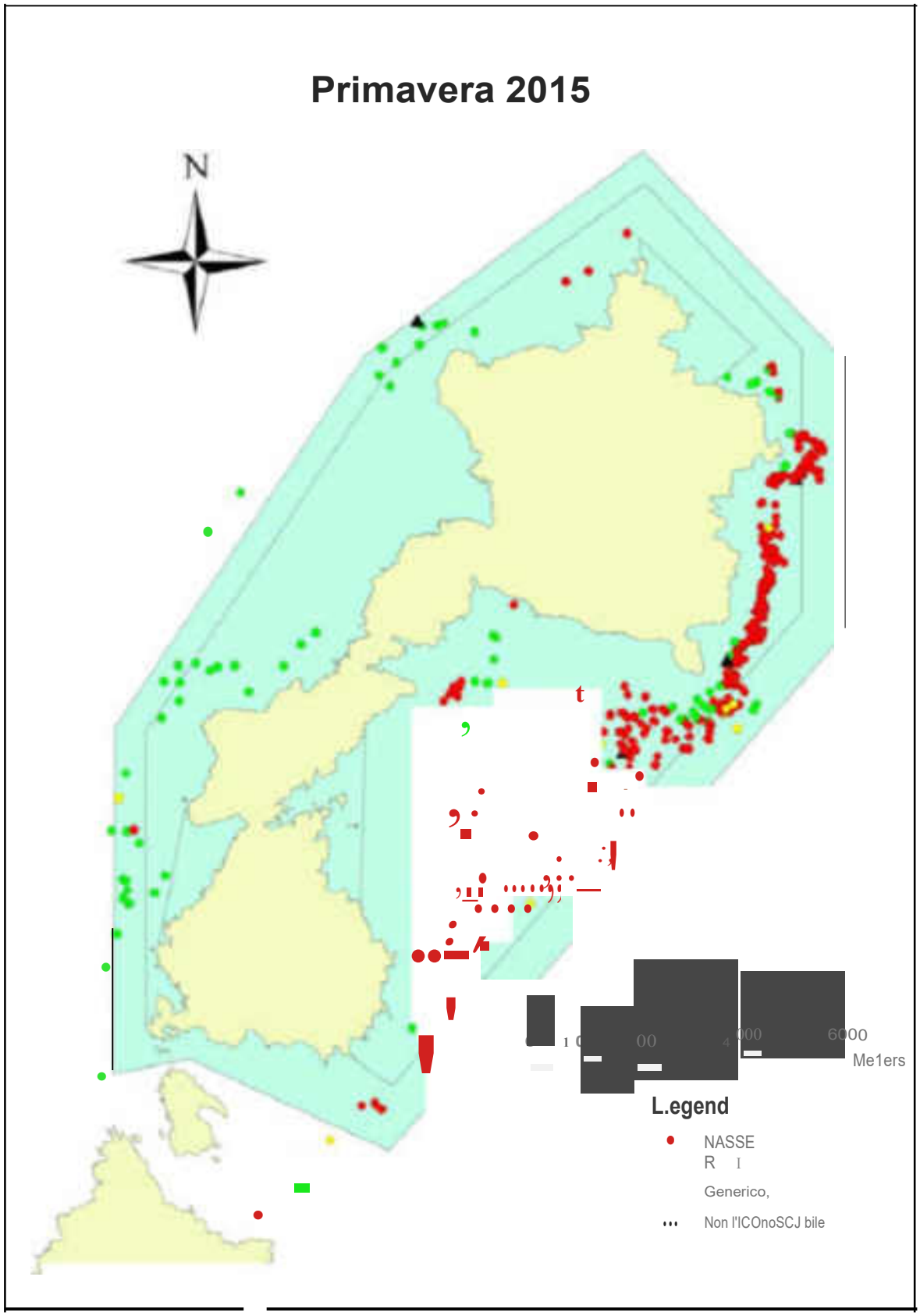


Figura 2 - Posizionamento dei segnali da pesca rilevati nella primavera del 2015

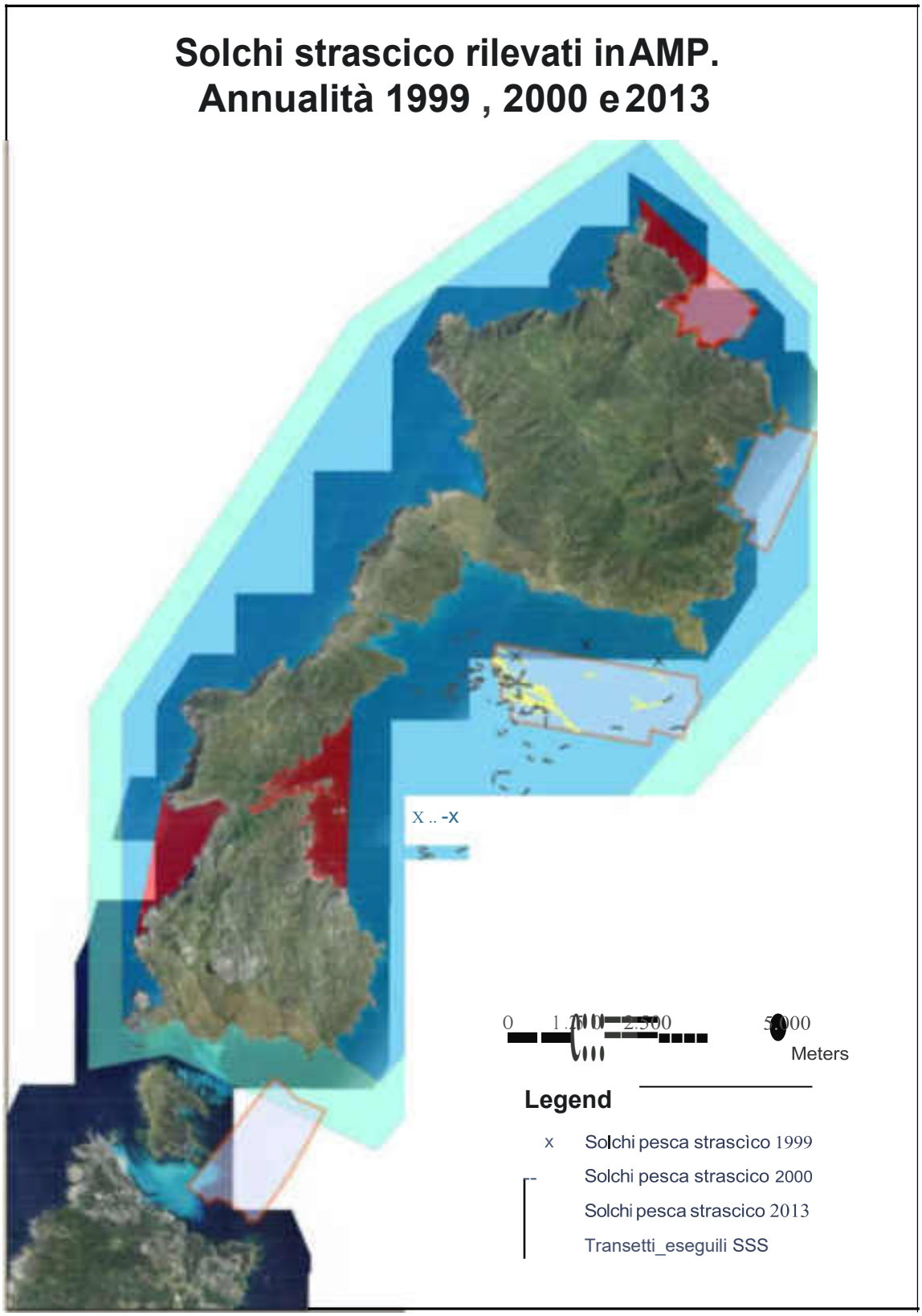


Figura 3 - Ubicazione delle aree monitorate tramite Side Scan Sonar (SSS) nel 2013 e solchi di strascico rilevati nelle annualità 1999,2000 e 2013

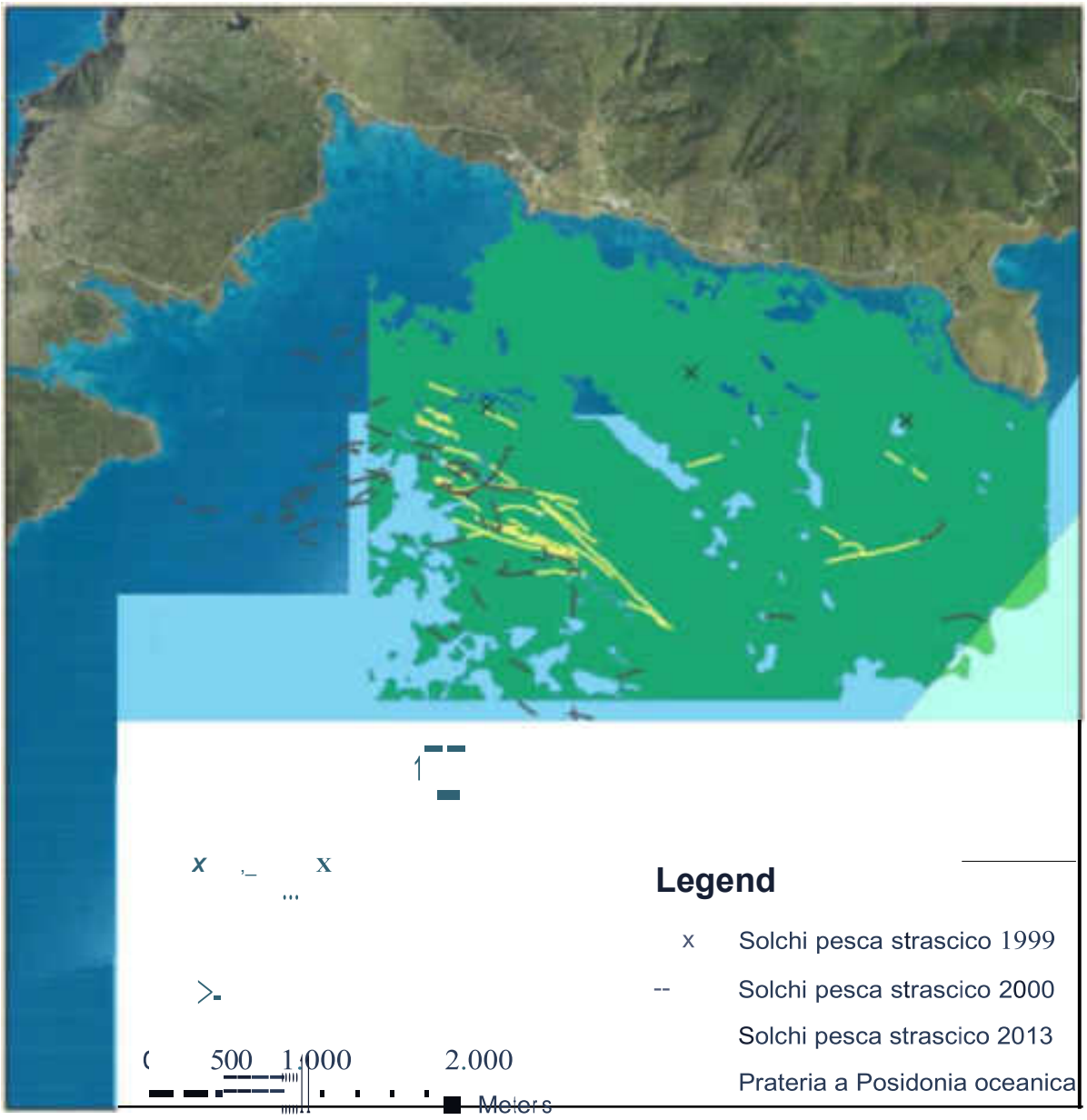
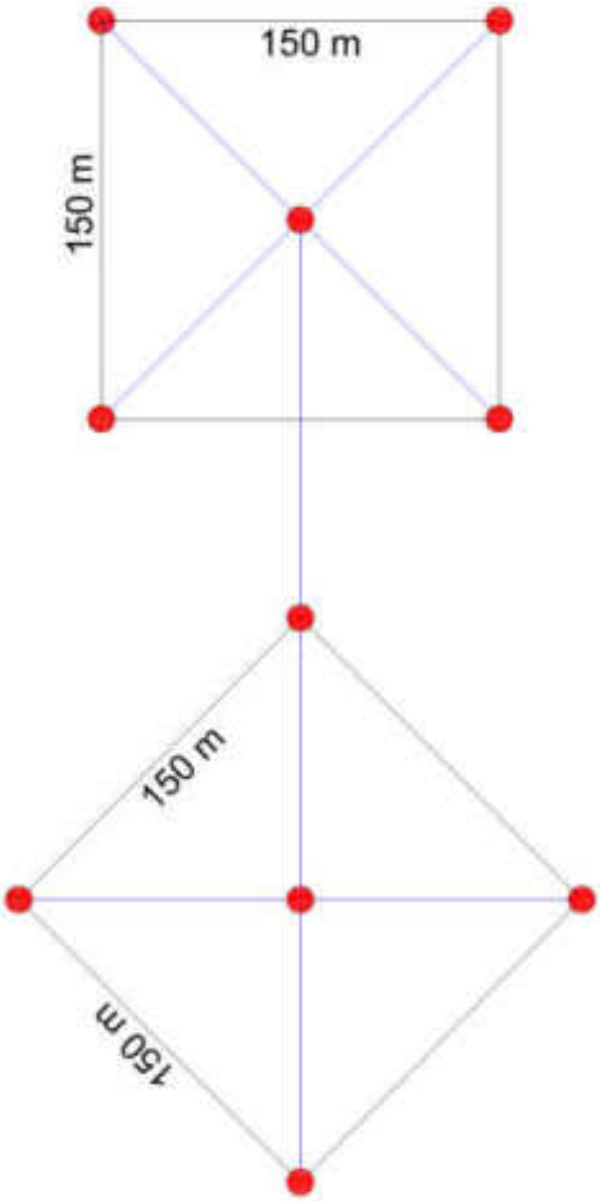


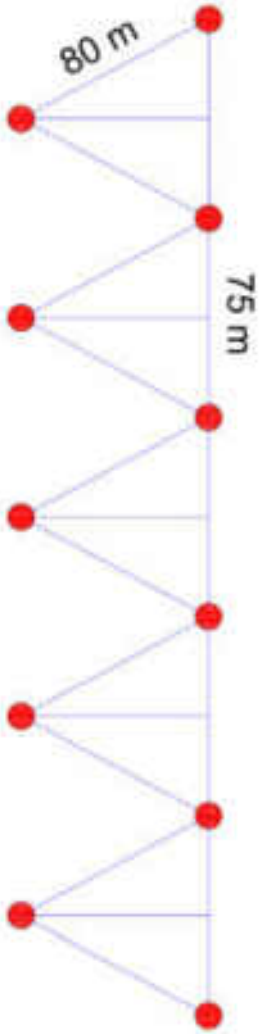
Figura 4 - Particolare della zona interessata dall'attività di strascico

Assonometria e superficie occupata da un dissuasore

18.85 m²

Cella unitaria di dislocazione areale dei moduli antistrascico





ALLEGATO 2

Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali, in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alle prescrizioni del MATTM n. 5 e n.6

SEALIVES

Relazione a cura di:

SEA LIVES
VIA GRAMSCI 42
07100 SASSARI

GRUPPO DI LAVORO

Prof. Andrea Cossu Prof.

Vincenzo Pascucci dott.

Mario De Luca

Per la fauna ittica: Prof. Paolo Guidetti

Rev.	1
Versione	Emissione1
Redatto	Cossu/Pascucci/De Luca
Verificato	Cossu/Pascucci/De Luca
Approvato	Cossu/Pascucci/De Luca
Data	29/03/2019

INDICE

Premessa *1*

Introduzione *3*

- ✓ *Posidonia oceanica* *3*
- ✓ *Area di studio* *5*

Analisi pregresse *7*

- ✓ *Cartografia Ministero-Distribuzione P. oceanica in Sardegna* *7*
- ✓ *Caratterizzazione ambientale dei fondali marini nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres* *7*
- ✓ *Relazione geotecnica* *8*
- ✓ *Relazione meteomarina* *9*
- ✓ *Relazione Cassiopea (2016)* *11*

Realizzazione del nuovo studio *18*

Metodi utilizzati *18*

Risultati prescrizione n.5 ..... *21*

Modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di Caulerpa) *27*

Compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione *29*

Considerazioni conclusive *33*

Tecnica di trapianto con zolle estratte da benna 4m² *33*

Riforestazione con tecniche sperimentali *35*

Piano di monitoraggio prescrizione n.5 ..... *37*

Risultati prescrizione n.6 ..... *40*

Piano di monitoraggio prescrizione n.6 ..... *46*

Piano di monitoraggio fauna ittica *49*

Bibliografia *52*

Allegati *53*

PREMESSA

La presente relazione è rivolta alla realizzazione dell'opera *Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali,* in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alle prescrizioni del MATTM n. 5 e n.6 di seguito descritte:

Prescrizione n.5*: presentazione al MATTM dello studio di dettaglio sia per l'esatta definizione delle aree di reimpianto della Posidonia, sia per chiarire le modalità di gestione del materiale asportato (contenente talli di Caulerpa) e la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione completo di piano di monitoraggio e sua attuazione.*

Prescrizione n.6*: Concordamento con Area Marina Protetta Isola Asinara dell'esatto posizionamento dei dissuasori antistrascico e del Piano di Monitoraggio delle risorse ittiche e dei fondali, che dovrà essere avviato durante lo studio per il posizionamento di dissuasori e proseguito dopo il posizionamento delle strutture. Le attività di monitoraggio dovranno comprendere il monitoraggio del posidonieto che si intende salvaguardare secondo transetti, durata, cadenza e modalità con Ente parco Asinara e dovranno proseguire per almeno 5 anni dal completamento delle attività di posizionamento delle strutture; Il PMA dovrà essere presentato al MATTM prima dell'avvio delle attività di cantiere.*

Tale lavoro commissionato dalla Sales S.P.A, (*Società incaricata dall'Autorità Portuale del Nord Sardegna a realizzare l'opera)*, alla Sealives, con lettera di incarico (ODA n. 33790 del 18/12/2018) è stato realizzato sotto la responsabilità dei Prof.i Andrea Cossu e Vincenzo Pascucci e del Dott. Mario De Luca in collaborazione con il personale della società Sealives.

Il presente studio si è articolato:

- ***Analisi dei dati pregressi relativi a:***
  - Mappatura di *Posidonia oceanica* in Sardegna - MATTM 1999
  - Caratterizzazione ambientale dei fondali marini nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres – relazione tecnica -Pragma Due - Ambiente e Sicurezza diretto da Augusto Navone – 2015
  - Mappatura e analisi della prateria di *Posidonia oceanica* nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del porto civico di Porto Torres e progetto degli interventi di trapianto e compensazione - Cassiopea sas - 2016
  - Relazione Geotecnica relativa alla realizzazione del prolungamento dell'antemurale di ponente e la resecazione della banchina alti fondali del Porto Civico di Porto Torres - Sales SPA 2014
  - Studio meteomarino - De Girolamo P., 2012

- ***Realizzazione del nuovo studio con:***
  - Tracciati Side Scan Sonar dell'area in esame.
  - Rilievi ROV
  - Verità a mare tramite operatori subacquei (OTS) nelle aree principali rilevate sulla base dei punti precedenti.
  - Analisi di sedimenti nell'area di espianto e di reimpianto tramite operatori subacquei (OTS)

INTRODUZIONE

Posidonia oceanica

Posidonia oceanica (L.) Delile (Fig.1) è una fanerogama endemica del Mediterraneo con radici, rizoma e foglie, si riproduce con fiori e frutti e per stolonizzazione. Le praterie a cui dà luogo ricoprono i fondi marini dalla superficie sino alle batimetriche dei 30-40 metri e il loro ruolo ecologico, nei confronti del sistema costiero, è di importanza assai rilevante. Questa fanerogama, infatti, è una specie strutturante, per la sua azione di consolidamento e arricchimento sul substrato, per le risorse e la protezione verso il biota; la formazione rappresenta una vera area di nursery per le fasi giovanili di moltissime specie alieutiche, e offre rifugio e cibo anche agli esemplari adulti (Francour P., 1997). La pianta produce con la fotosintesi una grande quantità di materia organica che rappresenta una fonte di cibo diretta e indiretta per numerosi organismi ed è il punto di partenza di una complessa rete trofica.

Figura 1 - Prateria di *Posidonia oceanica*.

La prateria svolge inoltre un ruolo fondamentale nel contenimento e protezione delle coste dall'azione erosiva del moto ondoso; smorza l'idrodinamismo, intrappola tra i rizomi il sedimento più fine e consolida il substrato; le foglie morte spiaggiate, possono costituire formazioni dette banquettes, che proteggono il litorale dai fenomeni erosivi causati dal moto ondoso (Jeudy de Grissac A., 1984).
Nell'intento di salvaguardare l'ecosistema a *P. oceanica*, assume un'importanza basilare definire le aree occupate dalle praterie, studiarne la struttura, la fenologia ed i popolamenti epifiti. Per realizzare tale proposito si utilizzano metodologie che, attraverso rilevamenti sul campo, conducono a rappresentazioni cartografiche immediatamente interpretabili e ad indicazioni sullo stato di salute delle praterie e dei popolamenti ad esse associati (Pergent G. *et al.,*1995).

I rizomi di *P. oceanica* sono fusti modificati che possono accrescersi sia in senso orizzontale (rizoma plagiotropo) che verticale (rizoma ortotropo). Lo sviluppo in verticale determina un progressivo innalzamento dal fondo, che dà origine ad una tipica formazione chiamata matte, costituita dall'intreccio di più strati di rizomi e radici di vecchie piante e dal sedimento intrappolato tra questi elementi: solo la sommità di questa formazione è ricoperta da piante vive. Le foglie sono nastriformi, con apici arrotondati, di colore verde intenso, hanno una larghezza media di un centimetro e possono raggiungere un metro e mezzo di lunghezza; sono organizzate in fasci, ognuno dei quali ne contiene in media sei o sette, a formare quasi un ventaglio.

P. oceanica è estremamente sensibile a tutte le variazioni ambientali e scompare a causa dell'inquinamento; per questo motivo risulta essere un eccellente bioindicatore. Le principali cause di regressione delle praterie sono imputabili alla crescente pressione antropica sulle coste, dovuta all'immissione diretta di sostanze inquinanti o eutrofizzanti e alla costruzione di manufatti, come porti, moli e dighe, che alterano il regime idrodinamico costiero. Si verifica allora, con la regressione o la scomparsa delle praterie, una perdita di biodiversità e una maggiore esposizione delle coste verso i fenomeni erosivi, con notevoli danni, biologici oltre che economici (Pérès J. M., 1984).

P. oceanica è una specie sottoposta a tutela, come riportato nelle Convenzioni Internazionali sulla Tutela della Biodiversità in Mediterraneo (Relini G. *et al.,* 2009): è citata nell'Annesso I (specie rigorosamente protette) della Convenzione di Berna e nell'Annesso II (Specie Minacciate) del Protocollo delle Aree Specialmente Protette della Convenzione di Barcellona; inoltre, nel "Piano d'Azione per la conservazione della vegetazione marina in Mediterraneo", adottato dai paesi mediterranei nell'ambito della Convenzione di Barcellona nel 1999, le nazioni aderenti si sono impegnate a condurre inventari e mappature delle praterie di *P. oceanica* che insistono lungo le loro coste. Le praterie di Posidonia rappresentano uno degli habitat inclusi nell'Allegato I "Tipi di habitat naturali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di aree speciali di conservazione" della Direttiva 92/43/CEE del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche.

Aree di studio

La prima area di studio (Fig.2) corrisponde ad una superficie di oltre 140 ha e include il molo di sopraflutto con il suo futuro prolungamento antemurale.

Le analisi ambientali sono state concentrate soprattutto nell'area soggetta alla posa dei cassoni utilizzati per la costruzione del molo e nella fascia di rispetto di 10 metri intorno a questa, che potrebbe risentire degli effetti causati dalle operazioni di posa in opera di materiale lapideo per la formazione dell'imbasamento cassoni.

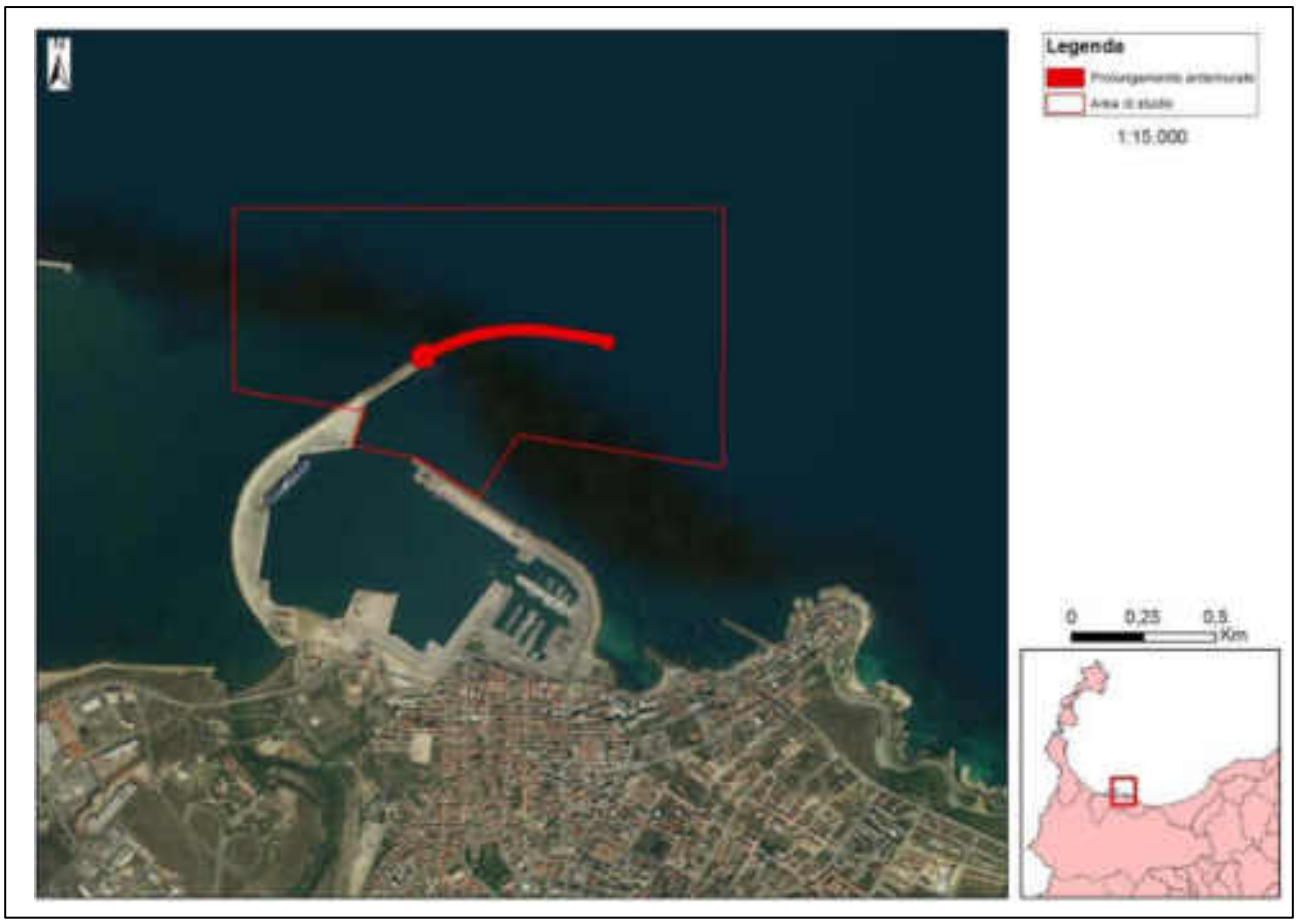


Figura 2 - Area di studio "Porto Torres"

La seconda area di studio (Cala Reale; Fig. 3) corrisponde ad una superficie di oltre 640 ha ed è collocata tra Punta Trabuccato e la darsena della cala omonima.

Le analisi ambientali sono state concentrate soprattutto nella zona ad alta incidenza di pesca a strascico così come indicato dall'Ente gestore.

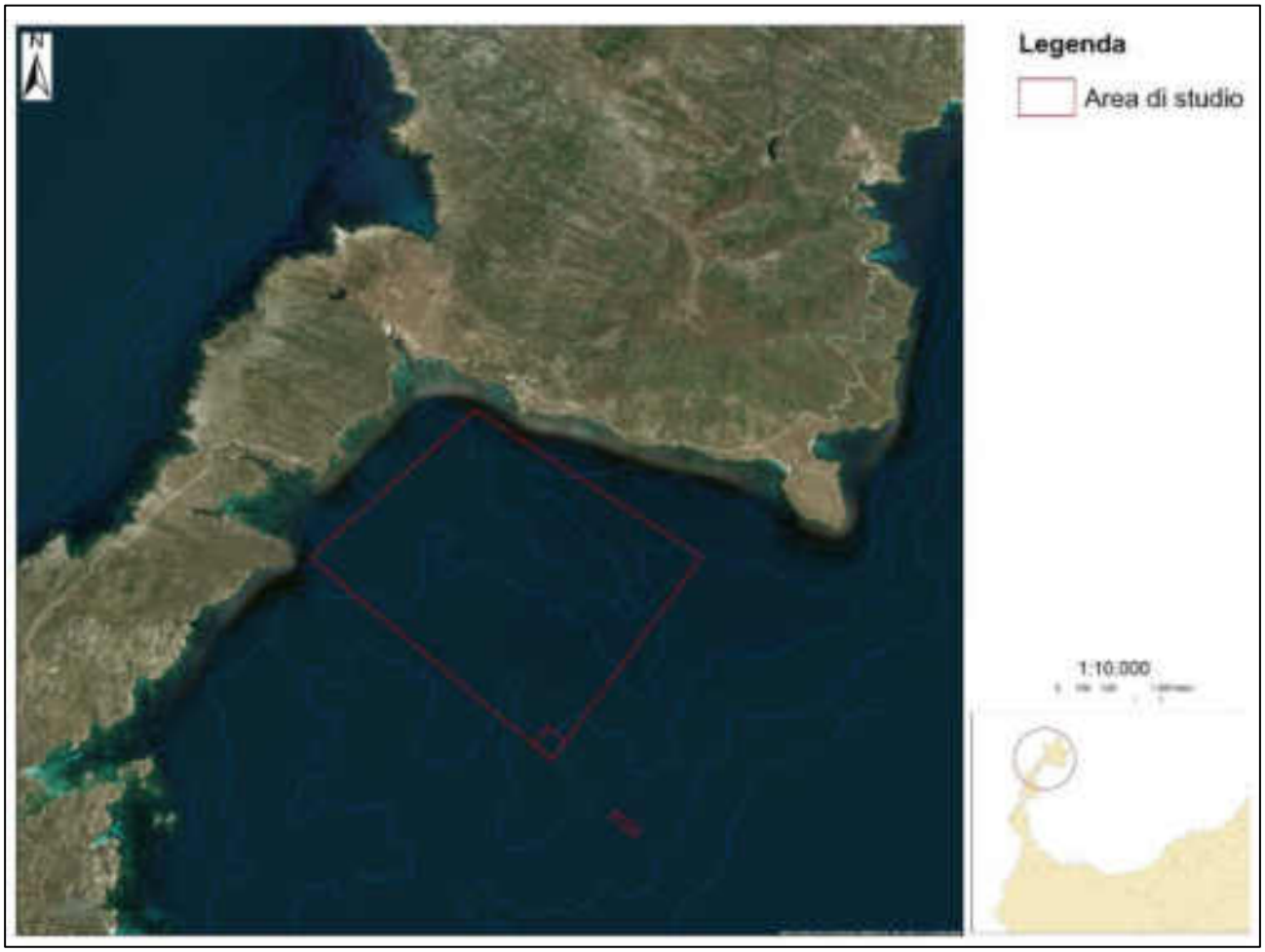


Figura 3 – Area di studio "AMP Asinara"

ANALISI PREGRESSE

Di seguito riportate alcune considerazioni sui lavori prodotti fino al 2016 nell'area di studio pertinenti alla tematica in oggetto:

Cartografia Ministero-Distribuzione P. oceanica in Sardegna (MATTM 1999)

La cartografia del *Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare* si riferisce alla distribuzione di *Posidonia oceanica* in Sardegna, realizzata su dati del 1999, ed è inclusa nella serie di studi per la caratterizzazione e la mappatura secondo il "Programma nazionale di individuazione e valorizzazione della *Posidonia oceanica* nonché di studio delle misure di salvaguardia della stessa da tutti i fenomeni che ne comportano il degrado e la distruzione" previsto dalla Legge n° 426/98 (M.A.T.T.M. - SiDiMar., 2008).

Dall'analisi cartografica si evince che la prateria dell'area interessata ricopre 116 ha dei 140 ha relativi all'area di studio (Fig. 4) così suddivisa:

- *Posidonia oceanica degradata –matta morta* (98 ha)
- *Posidonia oceanica* su sabbia (18 ha)

Figura 4- Cartografia distribuzione *Posidonia oceanica* nell'area di studio (MATTM 1999).

Si rimarca come tale cartografia sia stata effettuata con un Side Scan Sonar di vecchia generazione settato a 100 kHz che restituisce sonogrammi a bassa definizione di difficile interpretazione. In ogni caso tale mappatura rappresenta un utile complemento a macroscala. La cartografia indica la presenza della *Posidonia* divisa nelle due campiture (matte morta e *Posidonia oceanica* su sabbia) e che mostrano l'estesa dimensione della componente a matte morta, evidenziandone il decadimento della vegetazione nel fondale in oggetto.

Caratterizzazione ambientale dei fondali marini nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres (Pragma Due 2015 – *Dr. Navone*)

L'area esaminata (Fig. 5) è stata investigata con campionamenti in situ e l'analisi di immagini satellitari ed aree. Sono stati eseguiti quattro transetti della lunghezza di 100 m seguendo una direzione di N. Inoltre, sempre tramite immersioni con ARA sono state compiute 13 controlli in punti significativi o "verità a mare". Lungo i transetti sono state effettuate 6 repliche per le misure di densità ed è stata valutata la copertura del manto vegetale a *P. oceanica*. I risultati indicano nell'area di studio (riquadro nero della fig. 5) la presenza di una prateria disturbata (Pergent *et al*., 1995). Tale giudizio emerge dall' analisi della densità nei transetti T1 e T2 con valori di 125/130 ciuffi per m^2 e una copertura del 45 %. Nei transetti T3 e T4 *P. oceanica* non risulta presente mentre è stata rilevata la presenza di *Caulerpa cylindracea.*

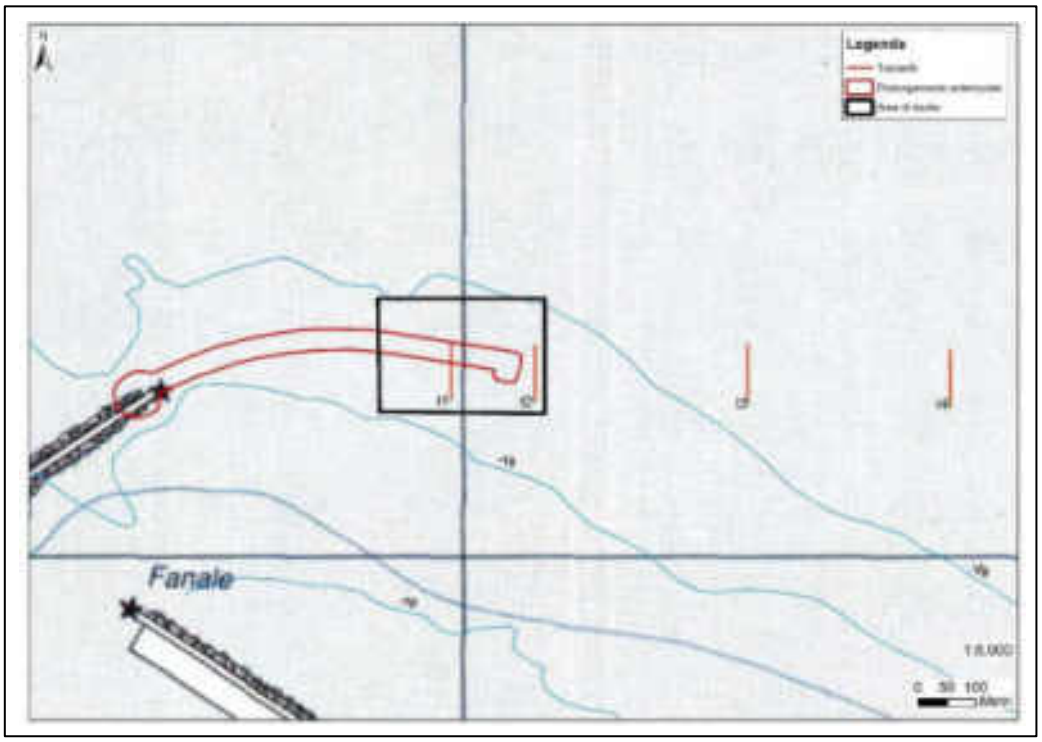


Figura 5 – Area di studio.

Il giudizio complessivo è di un manto vegetale in condizione piuttosto precaria; la prateria a *P. oceanica, infatti,* mostra una bassa densità di ciuffi e presenza dell'alga invasiva *C. cylindracea*.

Relazione geotecnica (Sales 2014)

La relazione geotecnica redatta dai tecnici della Sales SPA ha messo in evidenza che nell'area del prolungamento dell'Antemurale di Ponente si riconoscono le unità geotecniche di seguito elencate:

- depositi detritici sabbiosi (DS); si tratta di sabbie, da medie a grossolane, con presenza di ghiaia, conchiglie e resti algali, di spessore medio pari a 0.40 m;
- substrato calcarenitico (SC); si tratta dell'unità litoide delle calcareniti.

Mentre nella zona della banchina Alti Fondali oggetto di resecazione, le analisi hanno rilevato la presenza di:

- *materiale di banchina*; si tratta del corpo e dello strato di fondazione della banchina, costituito da una massicciata con massi e blocchi ed elementi poligenici, fino a 15 m dal piano banchina posto a quota + 2 m slm;
- *depositi detritici sabbiosi*; si tratta delle sabbie già presenti in corrispondenza dell'Antemurale di Ponente; si presentano da fini a medie, di colore grigio scuro e con consistenza medio-bassa, con livelletti limoso-argillosi fino a 25 m dal piano banchina, per poi passare a sabbie con ciottoli in matrice limoso-argillosa alla base.

La relazione mette in evidenza come i fondali interessati dal futuro molo siano caratterizzati da substrati tipici della formazione a *Posidonia oceanica,* che, se le condizioni ambientali fossero buone (mancanza di fenomeni inquinanti, buona trasparenza), potrebbero ospitare praterie di ottima qualità, come a Cala Reale distante circa 10 miglia. I nostri rilievi mostrano comunque la presenza di **manufatti abbandonati, depositi ferrosi, cavi d'acciaio, cime e quant'altro** che pongono lo stato ambientale di questi fondali ben lontano dalla condizione di naturalità.

Relazione meteomarina – (Ing. Paolo De Girolamo, 2012)

Confrontando il clima anemometrico con quello ondametrico (Fig. 6), l'area evidenzia come le onde di maggiore altezza provengono dal settore settentrionale e i venti più frequenti e di maggiore intensità provengono dai settori di levante e di ponente in ragione della direzione di provenienza dei venti locali condizionata dalla conformazione delle coste e dell'orografia del Golfo dell'Asinara.
Anche in questo caso tale clima risulta idoneo alla crescita di praterie in ottimale stato di sviluppo.

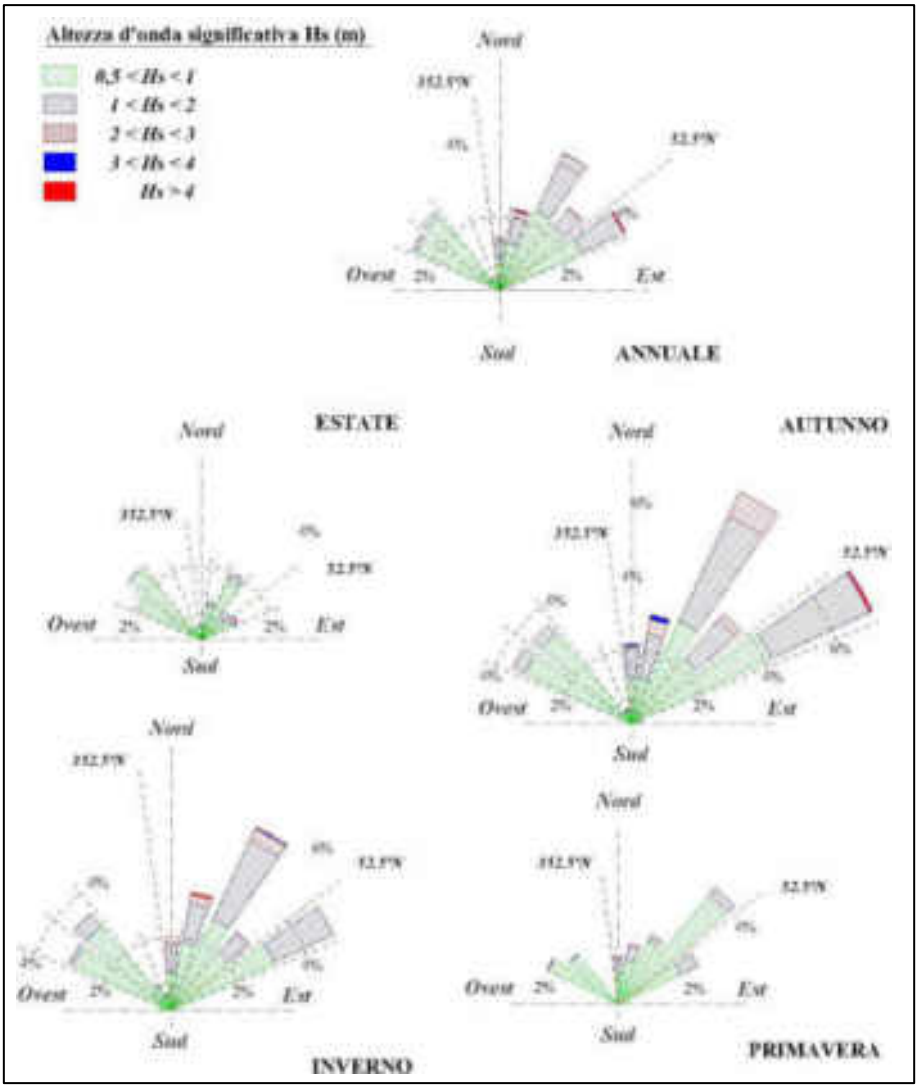


Figura 6 – Risultante della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso nel punto di trasposizione al largo di Porto Torres (da Studio meteomarino - Ing. Paolo De Girolamo).

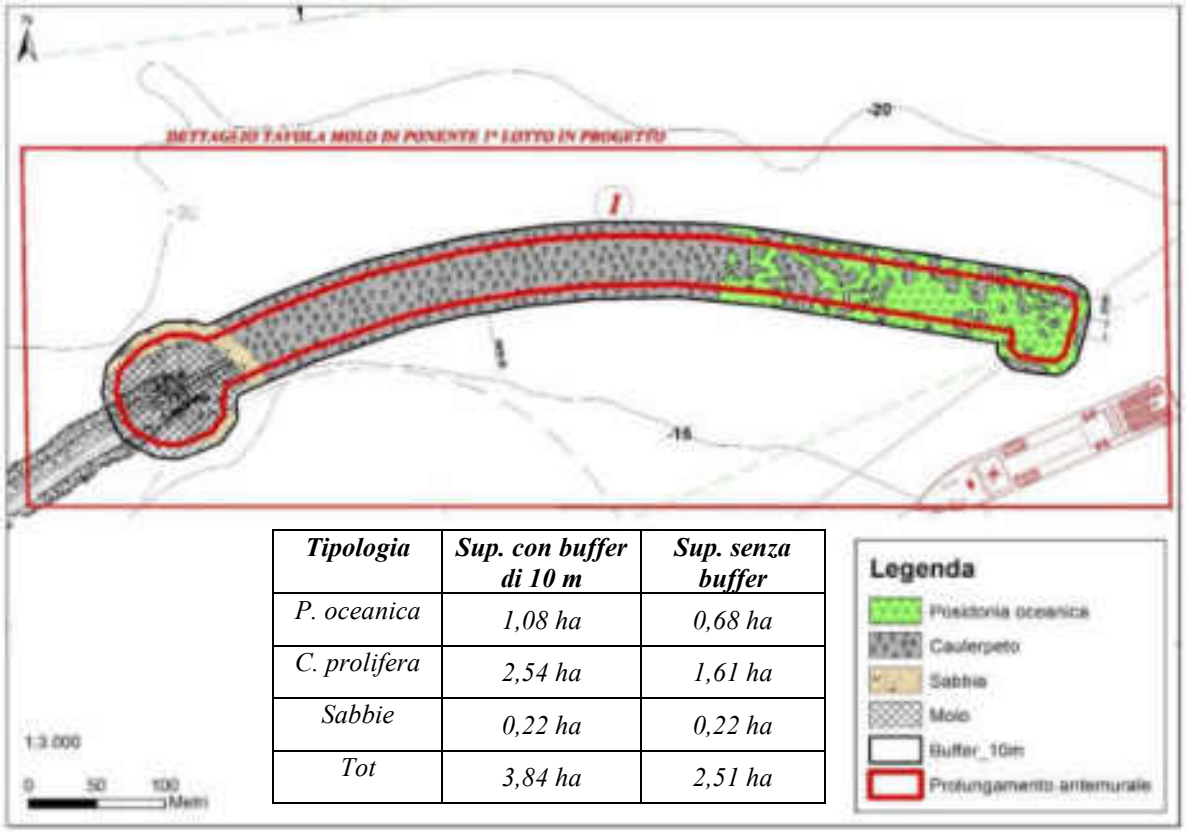
Si precisa inoltre che le opere di espianto e reimpianto riguardano superfici che non vengono interessate dagli strati superficiali della colonna d'acqua che invece vengono coinvolti dalle correnti delle grandi masse che generano movimenti da ovest verso est che trasportano le acque provenienti dal complesso petrolifero, dalla centrale termoelettrica e dalla foce del Rio Mannu che verosimilmente non godono di condizioni ecologiche ottimali.

Relazione Cassiopea, Studio 2016

Cartografia S.S.S

Le indagini eseguite sui fondali in esame sono state condotte su una superficie di 140 ha sia a sud che a nord della diga di sopraflutto. I tracciati SSS evidenziano una maggiore abbondanza di *P. oceanica* rispetto alla cartografia del MATTM. Tale differenza è giustificata dal maggior dettaglio della presente indagine per l'impiego di una frequenza di lettura SSS a 500mhz a fronte della vecchia cartografia eseguita a 100 mhz.

La zona interessata dalla posa del molo ammonta a circa 2,5 ha (Fig. 7) che con la fascia periferica di 10 m, assomma ad oltre 3,8 ha. Tale fascia sarà interessata dalla posa in opera del materiale lapideo. La frazione teorica di *Posidonia oceanica* che verrà asportata (Fig. 7), totalizza a **0,7** ha, che insieme alla zona buffer coinvolta dalla realizzazione del manufatto, è stimata pari a **1,1** ha totali.



Tipologia	*Sup. con buffer di 10 m*	*Sup. senza buffer*
P. oceanica	*1,08 ha*	*0,68 ha*
C. prolifera	*2,54 ha*	*1,61 ha*
Sabbie	*0,22 ha*	*0,22 ha*
Tot	*3,84 ha*	*2,51 ha*

Figura 7 – Particolare dell'area interessata dalla posa dei cassoni con un buffer di 10 m di lato.

Densità, copertura e fenologia

Si riportano di seguito i valori relativi ai descrittori strutturali caratterizzanti la prateria, indicando il relativo valore comparativo rispetto alle situazioni di normalità della formazione vegetale nelle rispettive stazioni di campionamento (Fig. 8):

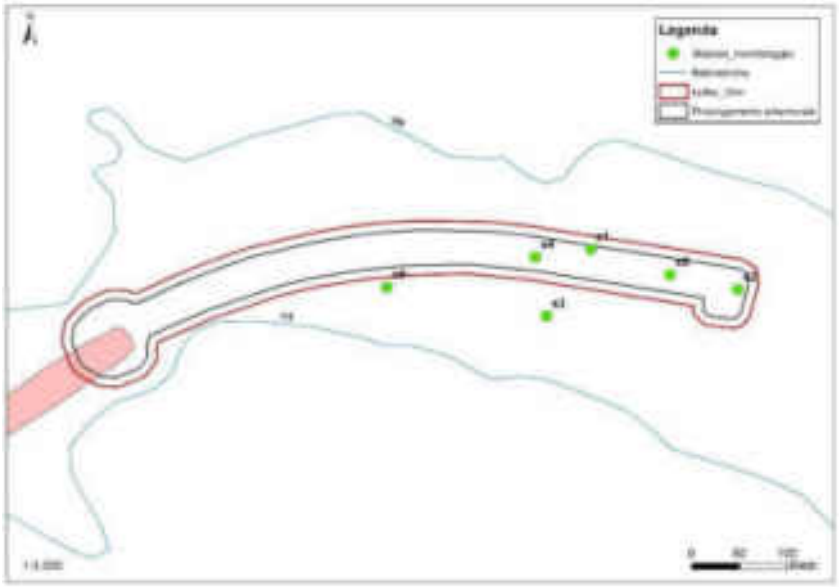


Figura 8 – Stazioni area di studio.

-Stazione S1*:** la prateria presenta valori medi di 70 (± 15.5 sd) fasci per m^2 corrispondenti ad una ***densità bassa secondo la classificazione della prateria di Pergent *et al*. 1995. Relativamente al grado di copertura del fondo si registra una percentuale del 45%.

-Stazione S2*:** i valori registrati corrispondono ad una ***densità anormale, con valori medi di 57,5 (±14,7sd) fasci per m^2. Il grado di copertura del fondo è del 30%.

-Stazione S3: anche in questo caso i valori registrati corrispondono ad una ***densità anormale,*** con valori medi di 51,3 (± 22.2 sd) f. per m^2. Il grado di copertura del fondo è del 25%.

-Stazione S4: la prateria presenta valori medi di 46,3 (± 22.9 sd) fasci per m^2 (Tab. 1 e fig. 7) corrispondenti ad una ***densità anormale.*** Il grado di copertura del fondo è del 25%.

-Stazione S5: la prateria presenta valori medi di 48,1 (± 20.2 sd) fasci per m^2 corrispondenti ad una ***densità anormale.*** Il grado di copertura del fondo è del 30%.

***-Stazione S6:* Caulerpeto**

Analisi biometriche

- ***Numero medio di foglie per fascio*:** Le *foglie* ***adulte*** sono risultate 3.8 (± 0.7 sd) per la stazione S1 4.53 (± 0.7 sd) per la stazione S2, 4.8 (± 1.1 sd) per la stazione S3, 4,53 (± 0.5 sd) per la stazione S4 e 4,13 (± 1 sd) per la stazione S5. Il numero medio di *foglie* ***intermedie*** è 1.9 (± 0.5 sd) per la stazione S1, 1.8 (± 0.5 sd) per la stazione S2, 1,7 (± 0.8 sd) per la stazione S3, 2,1 (± 0.7 sd) per la stazione S4 e 2 (± 0.5 sd) per la stazione S5. Le *foglie* ***giovanili*** sono risultate 1,6 (± 0.6 sd) per la stazione S1, 1,4 (± 0.8 sd) per la stazione S2 (± 0.5 sd) ed S3 (± 0.5 sd), 2,1 (± 0.5 sd) per la stazione S4 e 0,7 (± 0.3 sd) per la stazione S5 (Fig. 9).

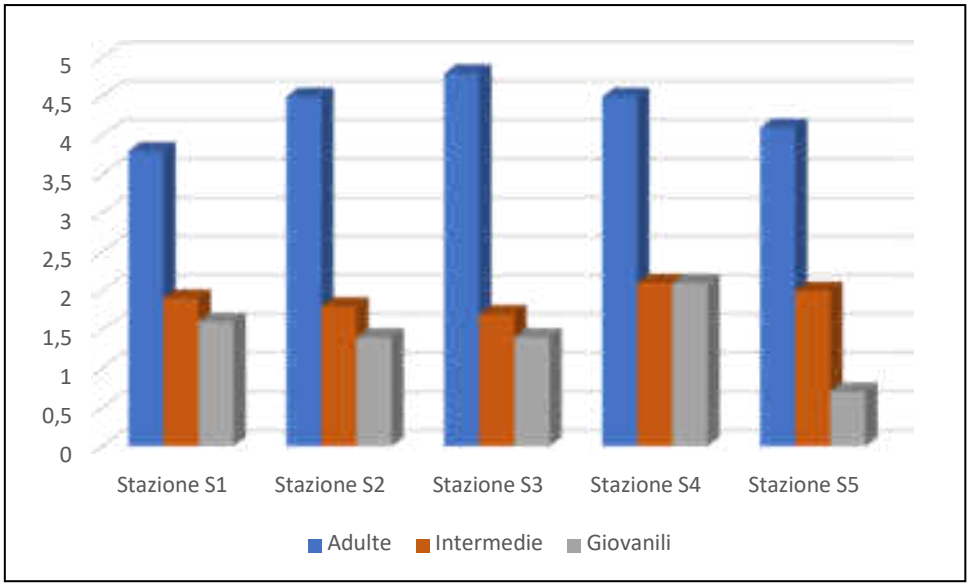


Figura 9 - Numero medio di foglie per fascio per classe d'età.

- ***Lunghezza media delle foglie***: per le ***adulte*** è di cm 29,4 (± 14,7 sd) per la stazione S1, di cm 32,67 (± 17 sd) per la stazione S2, di cm 26,09 (± 12,8 sd) per la stazione S3, di cm 32,94 (± 19 sd) per la stazione S4 e di cm 33,67 (± 17,5 sd) nella stazione S5. Le ***intermedie*** misurano cm 11,85 (± 4,6 sd) nella stazione S1, cm 11,12 (± 4,1 sd) nella stazione S2, cm 9,18 (± 3.4 sd) nella stazione S3, cm 11,60 (± 4,3 sd) per la stazione S4 e cm 10,59 (± 3,9 sd) per la stazione S5. Le ***giovanili*** misurano cm 2,66 (±1,4 sd) nella stazione S1, cm 2,87(± 1,5 sd) nella stazione S2, cm 3,10 (± 1.1 sd) nella stazione S3, cm 2,43 (± 1,6 sd) per la stazione S4 e cm 2,87 (± 1,1 sd) per la stazione S5 (Fig. 10).

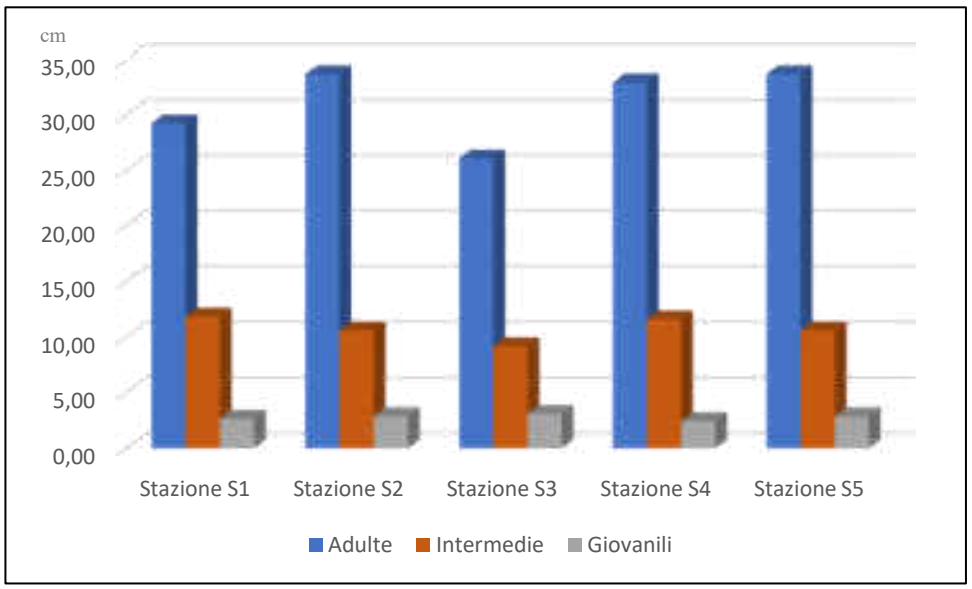


Figura 10 - Lunghezza media delle foglie (espressa in cm) per classe d'età.

- ***Larghezza media delle foglie***: le ***adulte*** misurano cm 0,96 (± 0.08 sd) nella stazione S1, cm 0.97 nella stazione S2 (± 0.06 sd) ed S3 (± 0.07 sd), cm 1,03 (± 0.06 sd) nella stazione S4 e cm 0,94 (± 0.06 sd) nella stazione S5. Quella delle foglie **intermedie** è rispettivamente di cm 0,95 (± 0.08 sd) per la stazione S1, di cm 0.96 (± 0.06 sd) nella stazione S2, di cm 0,90 (± 0.08 sd) nella stazione S3, di cm 0,98 (± 0.06 sd) nella stazione S4 e di cm 0,93(± 0.06 sd) nella stazione S5. Le foglie ***giovanili*** misurano cm 0.86 (± 0.11 sd) nella stazione S1, cm 0,9 nelle stazioni S2 (± 0.09 sd) ed S3 (± 0.08 sd) e cm 0,85 nelle stazioni S4 (± 0.13 sd) ed S5 (± 0.07 sd) (Fig. 11).

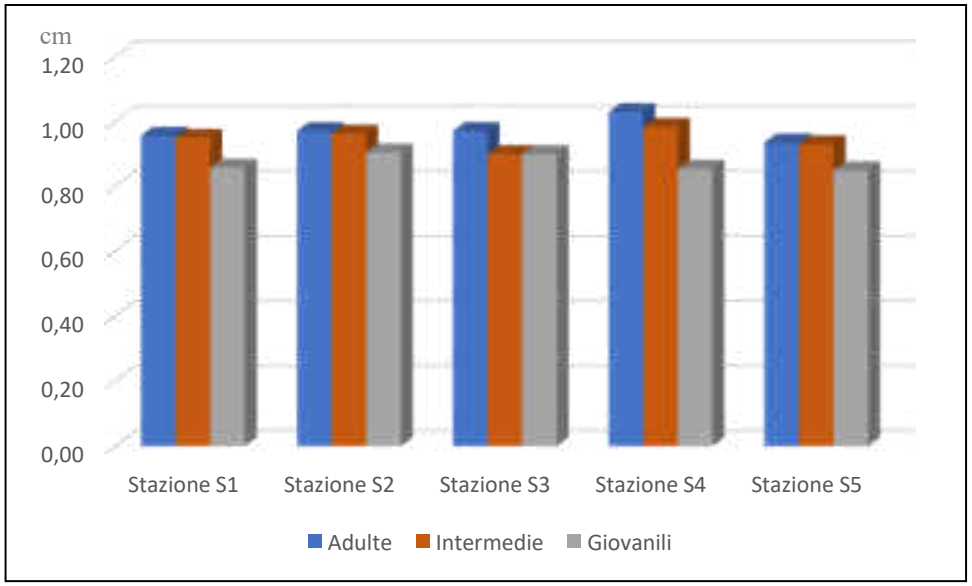


Figura 11 - Larghezza media delle foglie (espressa in cm) per classi di età.

Il ***coefficiente A***, ovvero la percentuale di foglie adulte ed intermedie che hanno gli apici intaccati, per la stazione S1 corrisponde al 18.1%, per la stazione S2 al 23 %, per la stazione S3 al 15 %, per la stazione S4 al 20 % e per la stazione S5 al 23 % (Fig. 12).

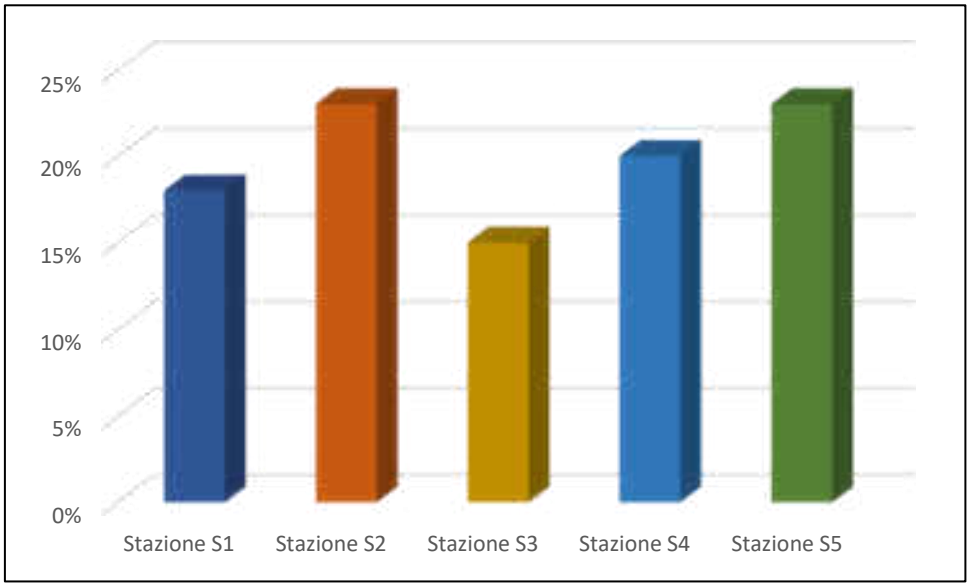


Figura 12 - Coefficiente A (%) di foglie adulte e intermedie con apici spezzati.

L'***indice di superficie fogliare*** (Leaf Area Index) (m^2/m^2) ovvero la superficie fogliare per m^2, corrisponde a 0,93 m^2/m^2 per la stazione S1, a 0.96 m^2/m^2 per la stazione S2, a 0,72 m^2/m^2 per la stazione S3, a 0,84 m^2/m^2 per la stazione S4 e 0,73 m^2/m^2 per la stazione S5 (Fig. 13). **Tutte le stazioni infatti mostrano valori al di sotto del valore minimo (1,1 m^2/m^2) (**Buia *et al*., 2000) **previsto per una prateria a *Posidonia oceanica* profonda in normali condizioni.**

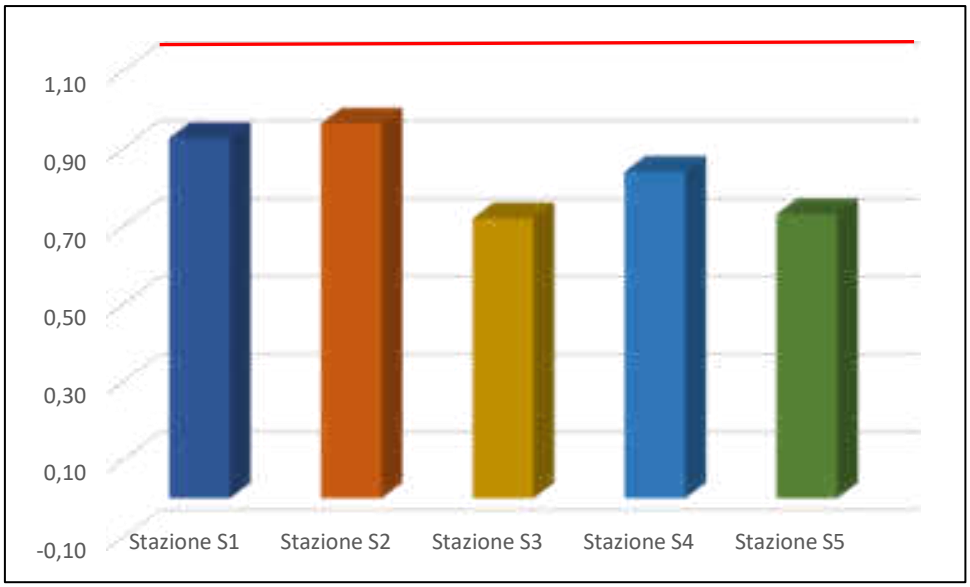


Figura 13 - Indice di superficie fogliare o Leaf Area Index (L.A.I) per stazione in m^2/m^2 – In rosso la soglia del valore minimo previsto per una prateria a *P. oceanica* profonda in normali condizioni.

A commento dei dati presentati si precisa che tutti valori di densità rilevati devono essere riferiti alla categoria ascrivibile al Posidonieto profondo. I valori di un posidonieto in condizioni di equilibrio (profondità 20 m) devono essere superiori a 170 ciuffi/m^2 mentre il valore medio qui rilevato è pari 55 ciuffi/m^2 denotando una condizione di ***prateria molto disturbata*** (Pergent *et al*., 1995).

Un altro aspetto significativo che emerge dalle prospezioni in situ è la forte discontinuità presente nella matte. Infatti, la copertura media è del 31% e le ampie zone libere sono colonizzate da *Caulerpa prolifera* e da turf algale a rimarcare la fase regressiva del posidonieto. Un'altra criticità è indicata dall'indice fogliare L.A.I (Leaf Area Index) della prateria; Tutte le stazioni infatti mostrano valori al di sotto del valore minimo (1,1 m^2 m^{-2}) (Buia *et al*., 2000) previsto per una prateria a *Posidonia oceanica* profonda in normali condizioni.

Il posidonieto antistante l'area portuale di Porto Torres mostra una superficie ampia ma tutti i dati rilevati indicano una forte compromissione dello stesso, verosimilmente dovuto alla presenza dell'area industriale, del Porto e della città. Tale situazione interessa tutto il Golfo dell'Asinara e soprattutto il tratto ad est dell'insediamento industriale fino a Castelsardo. Si rimarca che l'opera in oggetto andrà ad interessare probabilmente un tratto di poco superiore ad un ha che rappresenta una frazione molto modesta della Posidonia complessiva del Golfo stimabile in **17.600 ha**.

***REALIZZAZIONE DEL NUOVO STUDIO**, articolazione*:

1. *Rilievo Side Scan Sonar dell'area in esame*
2. *Rilievo ROV dell'area in esame*
3. *Osservazioni con ARA nelle aree principali rilevate sulla base dei precedenti punti*
4. *Prelievo sedimenti per la verifica della compatibilità dei due siti (espianto e reimpianto)*
5. *Analisi dati*
6. *Stesura report*

METODI UTILIZZATI

Side Scan Sonar

Il sonar per l'analisi dei fondali è del tipo a scansione laterale: Side Scan Sonar (SSS) (Fig. 14). Lo strumento consente di ottenere delle immagini morfo-acustiche (sonogrammi) del fondo marino per molti aspetti paragonabili alle foto aeree terrestri. Le immagini vengono acquisite tramite l'emissione di 255 impulsi acustici contemporanei (ping) secondo un fascio orientato trasversalmente alla direzione di navigazione (slate range). Le onde di ritorno (backscatter) provenienti dal fondale vengono captate, registrate e trasformate in immagini.

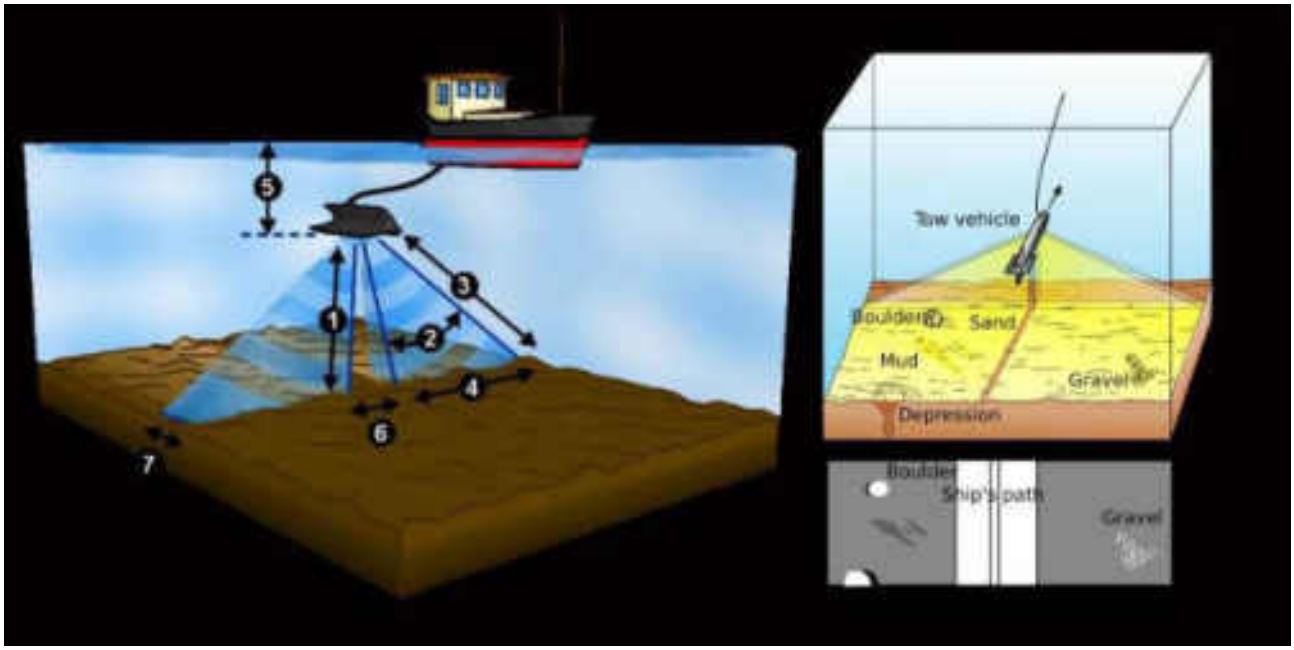


Figura 14 - Principio di funzionamento del SSS. 1) altezza SSS dal fondo; 2) beam verticale; 3) massimo range acustico-beam laterale; 4) slate range; 5) profondità; 6) separazione canali dx e sx - zona di non acquisizione; 7) larghezza del beam.

Le immagini acustiche registrano le diverse intensità dell'impulso riflesso dal fondo del mare. Queste sono convertite in tonalità di colore (o grigio); un ritorno molto forte ha toni più chiari (high backscatter), mentre un ritorno debole ha toni più scuri (low backscatter). Il SSS è uno strumento che di norma viene trainato (towfish) da una imbarcazione a motore. Il cavo di traino deve essere abbastanza lungo da consentirne il mantenimento ad una profondità costante dal fondo ed evitare interferenze tra imbarcazione e motore. Lo strumento utilizzato durante le campagne è del tipo KLEIN SYSTEM 3000 (Fig. 15) settato con acquisizione a 500 kHz e slate range a 150m. Tutti i dati sono stati processati tramite il software SonaPro e software GIS.

Figura 15 -SSS Klein System 3000

ROV

Le riprese video sono state realizzate con un R.O.V. modello Velociraptor (Fig. 16) completo di monitor e consolle di comando. Tale strumento, del peso in aria di circa 50 kg, è in grado di operare fino a 400 metri di profondità e dispone di due motori laterali per la propulsione orizzontale e di uno verticale per l'elevazione e l'inabissamento. Completano la dotazione due fari alogeni, due puntatori laser e tre telecamere, di cui una principale, una per la risalita e un'altra accessoria (modello GoPro hero 5) in grado di realizzare filmati in HD.

Figura 16 – ROV Velociraptor

Osservazioni con ARA nelle aree principali rilevate sulla base dei precedenti punti

Indagini fenologiche su Posidonia oceanica

Sulla base dei tracciati SSS e delle riprese ROV sono state individuate 6 stazioni all'interno dell'area interessata per le verità a mare.

Per ogni stazione sono state effettuate:

- 6 repliche per le misure di densità mediante quadrato 40 x 40cm;
- 6 repliche per la verifica della compattezza della matte mediante penetrometro;

La densità è stata rilevata attraverso il conteggio dei fasci fogliari mediante il quadrato lasciato cadere casualmente dall'altezza di 1 metro dal fondale (*vedi "Manuale di metodologie campionamento e studio del benthos marino mediterraneo", Gambi M. C., Doppiano M., 2003)*. Per ogni stazione sono state effettuate 6 repliche. La classificazione delle praterie è stata effettuata secondo Pergent (1995, modificata). La verifica della compattezza della matte è stata stimata mediante un penetrometro (Fig. 17), strumento costituito da un'asta di 2 m di lunghezza, 8 mm di diametro posta perpendicolarmente al fondale con un peso di 5 kg lasciato cadere da 50 cm. L'impatto del peso di forza costante permette all'asta di penetrare nel tappeto dei rizomi proporzionalmente alla sua compattezza. Questa misurazione è stata ripetuta 6 volte per ogni stazione. La compattezza è definita come: forte (penetrazione <50 cm), media (50 cm <penetrazione <l00 cm) e debole (penetrazione> l00 cm) (Francour et al., 1999).

Figura 17: rilievi dello spessore della matte col penetrometro.

I rilievi sono stati effettuati tramite l'impiego dell'imbarcazione Luce (L.F.T 6 m) messa a disposizione dalla Società Sealives di Sassari nei mesi di gennaio e febbraio 2019.

RISULTATI

Side Scan sonar & R.O.V.

I tracciati Side Scan sonar sono stati eseguiti su una superficie di circa 140 ha in un'area che include fondali sia a sud che a nord della diga di sopraflutto. Da questi deriva la scelta delle aree di espianto della *P. oceanica* e le possibili aree di reimpianto (Fig. 18); su tali aree sono state eseguite le verità a mare tramite video ROV in prossimità dell'area di studio.

Nelle zone di espianto nella matte si è evidenziata una forte discontinuità del manto vegetale con ampie zone a catini di sabbia con vegetazione a *Caulerpa prolifera* e *Codium fragile* ancorati a piccoli clasti e da un turf algale (Fig. 19a e 19b) in accordo con quanto già emerso dalle indagini precedenti (Cassiopea, SAS 2016). Si rimarca la presenza di ***cavi d'acciaio, cime abbandonate e copertoni*** che mostrano come questi fondali siano ben lontani dalla condizione di naturalità (Fig. 19c).

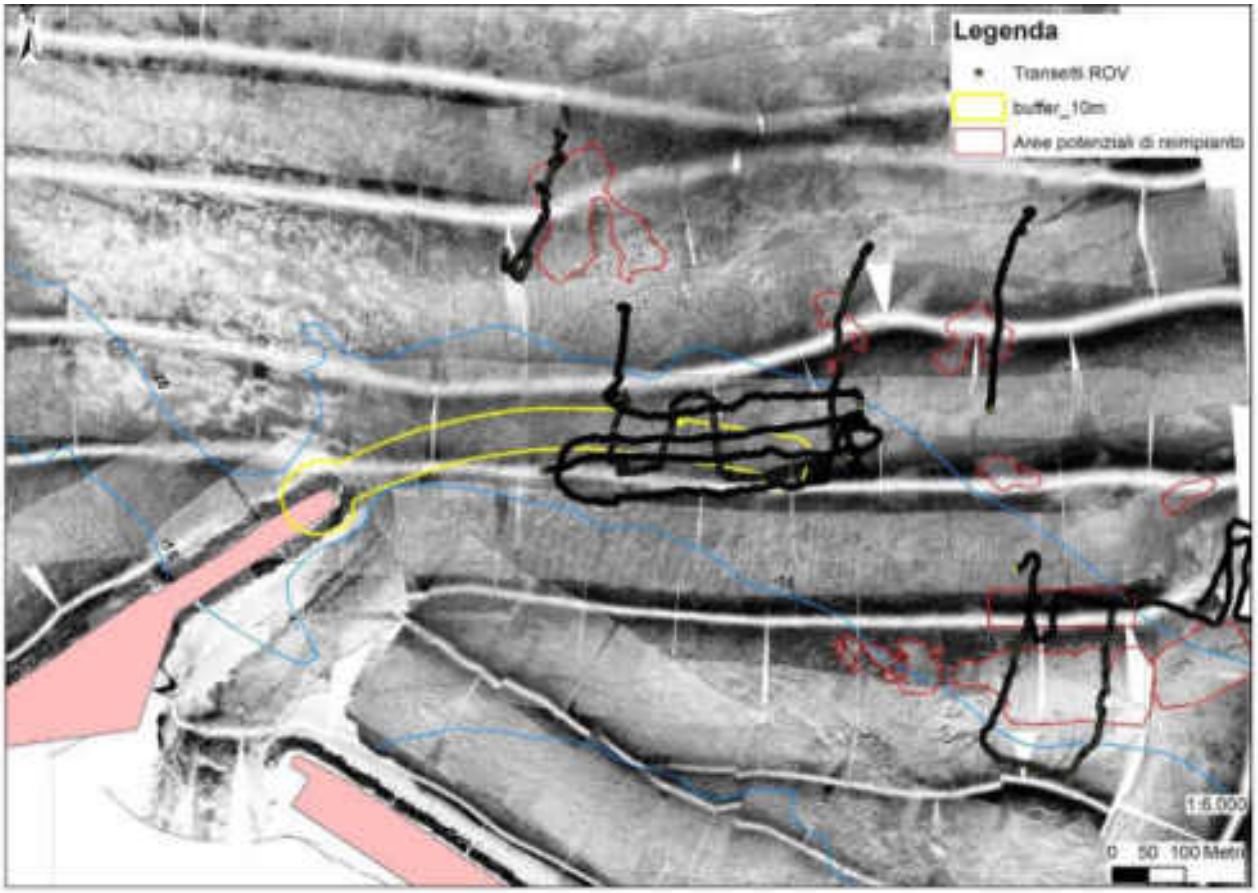


Figura 18 – Mosaico Side Scan Sonar con transetti ROV e aree potenziali di reimpianto.

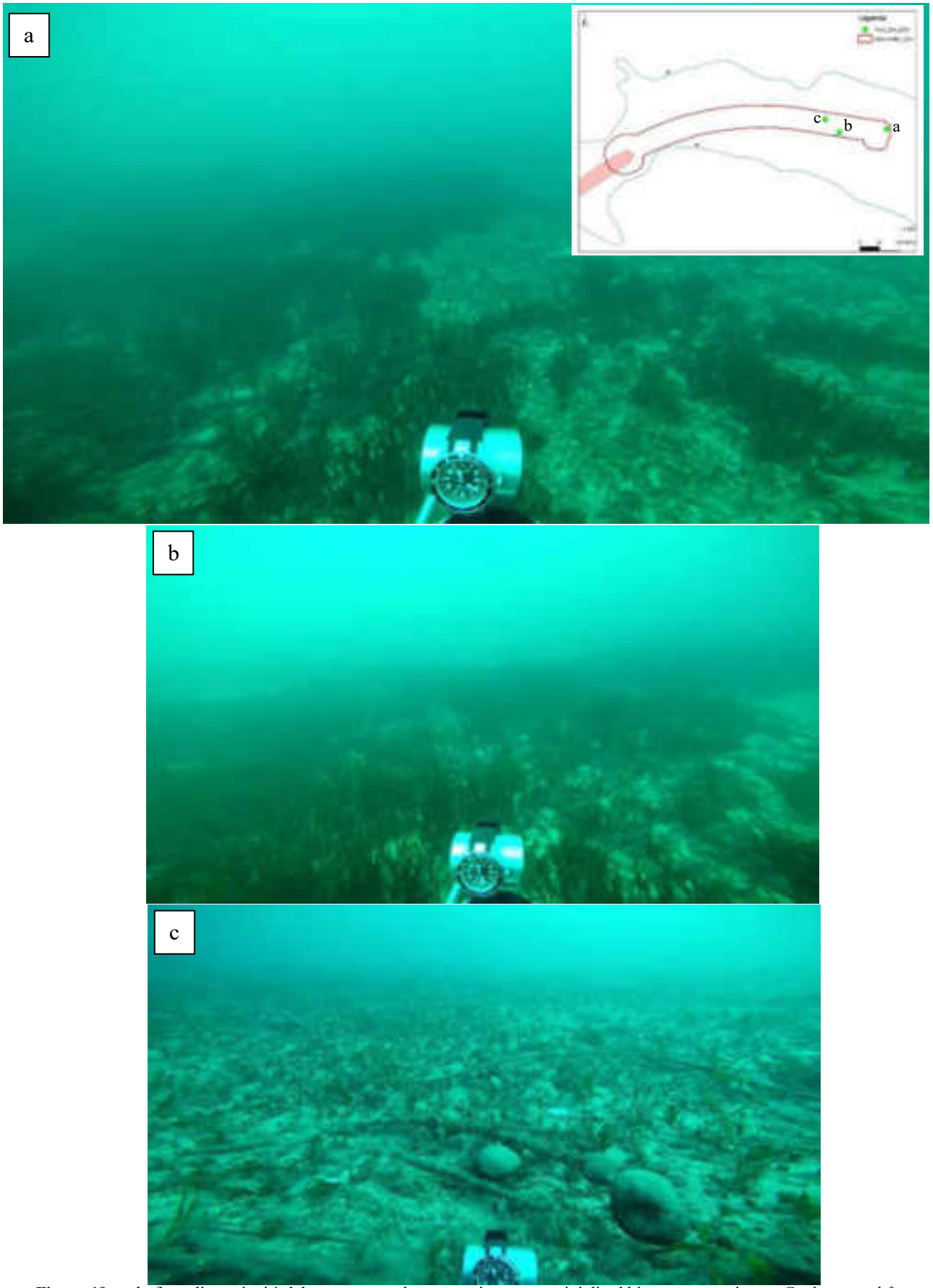


Figura 19 – a,b: forte discontinuità del manto vegetale con ampie zone a catini di sabbia con vegetazione a *Caulerpa prolifera* e *Codium fragile* - *c:* presenza di cavi d'acciaio

Densità e compattezza della matte

Di seguito vengono presentati i risultati delle analisi di densità e compattezza delle matte divisi per stazione:

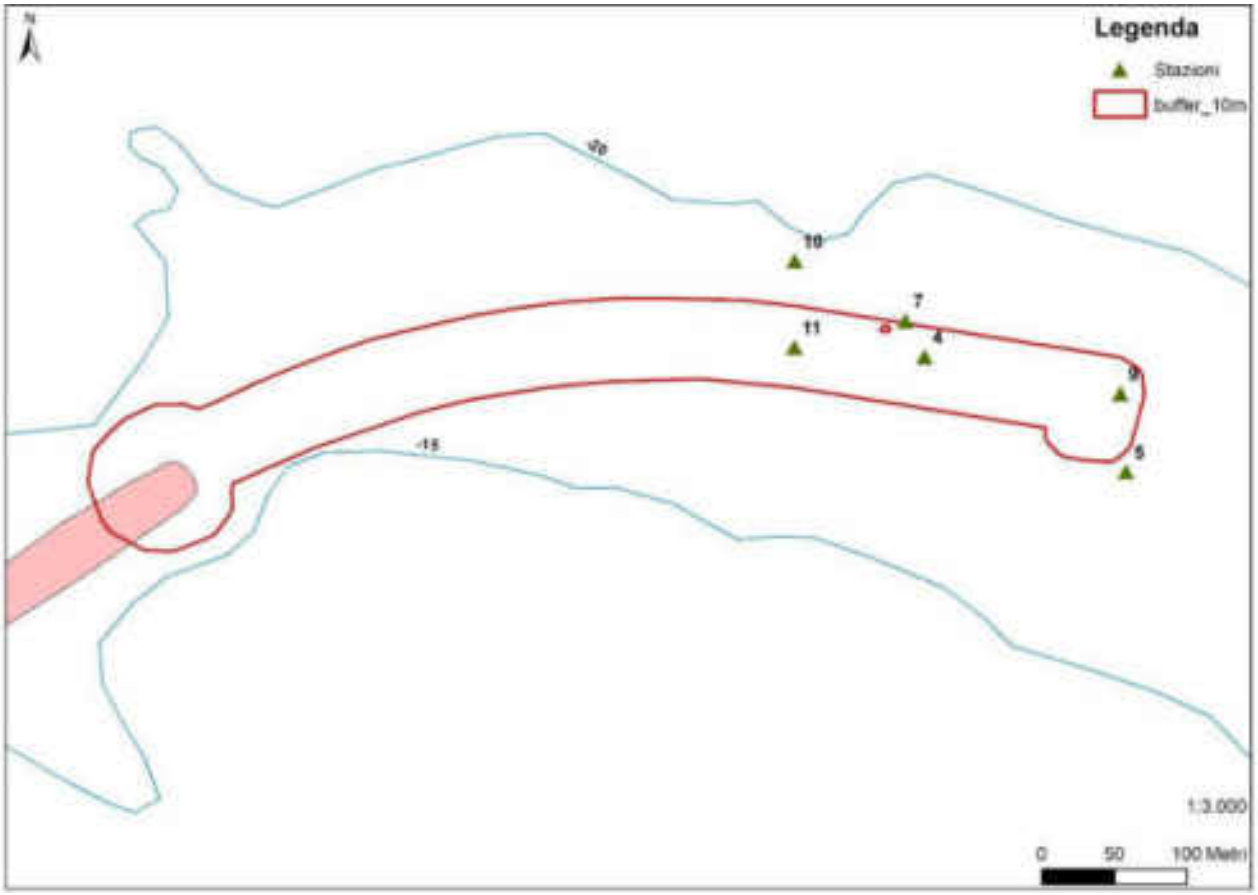


Figura 20 – Stazioni campionamento area di studio

-Stazione 10: la prateria presenta valori medi di 70 (± 15.5 sd) fasci per m^2 (Tab. 1 e fig. 20) corrispondenti ad una ***densità bassa*** secondo la classificazione della prateria di Pergent *et al*. 1995. Le verifiche della matte, sulla compattezza, effettuate con il penetrometro hanno evidenziato un livello ***"forte"***.

-Stazione 11: i valori registrati corrispondono ad una ***densità anormale,*** con valori medi di 65 (± 8,3 sd) fasci per m^2. Le verifiche della matte, sulla compattezza, effettuate con il penetrometro hanno evidenziato un livello ***"forte"*** (Tab. 1 e fig 20).

-Stazione 7: i valori registrati corrispondono ad una ***densità bassa,*** con valori medi di 89,5 (± 24,2) fasci per m^2. Le verifiche della matte, sulla compattezza, effettuate con il penetrometro hanno evidenziato un livello ***"medio"*** (Tab. 1 e fig. 20).

-Stazione 4: i valori registrati corrispondono ad una ***densità bassa,*** con valori medi di 89,5 (± 24,2) fasci per m^2 (Tab. 1 e fig. 20). Le verifiche della matte, sulla compattezza, effettuate con il penetrometro hanno evidenziato un livello ***"forte"*** (Tab. 1 e fig. 20).

-Stazione 9: i valori registrati corrispondono ad una ***densità bassa,*** con valori medi di 76,5 (± 14,2 sd) fasci per m^2 (Tab. 1 e fig. 20). Le verifiche della matte, sulla compattezza, effettuate con il penetrometro hanno evidenziato un livello ***"forte"*** (Tab. 1 e fig. 20).

-Stazione 5: anche in questo caso i valori registrati corrispondono ad una ***densità bassa,*** con valori medi di 110 (± 14,2 sd) fasci per m^2 (Tab. 1 e fig. 9). Le verifiche della matte, sulla compattezza, effettuate con il penetrometro hanno evidenziato un livello ***"forte"*** (Tab. 1 e fig. 20).

Tabella 1 - densità (n. fasci/m^2) e misure penetrometriche

Stazione	Profondità (m)	Densità media (±sd)	Classificazione secondo Pergent *et al.* (1995) - *ambito*	Penetrometro (cm) (±sd)
10	20	96,8 (± 22,9)	61< densità bassa <173	30,8 (± 13)
11	19	65 (± 8,3)	74>densità anormale	35 (± 13,6)
7	19	89,5 (± 24,2)	74< densità bassa <186	57,5 (± 9,3)
4	19	89,5 (± 17,9)	74< densità bassa <186	36,6 (± 2,8)
9	19	76,5 (± 14,2)	74< densità bassa <186	27,5 (± 2,8)
5	18,5	110 (± 14,2)	74< densità bassa <186	37,5 (± 6,9)

I valori di un posidonieto in condizioni di equilibrio (profondità 20 m) devono essere superiori a 173 ciuffi/m^2 mentre il valore medio qui rilevato è pari a 87,8 ciuffi/m^2 denotando una condizione di ***prateria disturbata*** (Pergent *et al*., 1995).

I rilevi ROV e le osservazioni in ARA evidenziano la forte discontinuità del manto vegetale con ampie zone libere colonizzate da *Caulerpa prolifera Codium bursa e Codium fragile* e da turf algale che rimarca un posidonieto in fase regressiva. Le misure penetrometriche (v. Tab. 1) indicano una migliore condizione ecologica quando la matte è meno penetrabile perché più compatta. I dati hanno evidenziato un livello di compattezza della matte ***forte*** (Francour,1999) per le stazioni 10-11-4-9-5, la stazione 7 presenta un livello di compattezza ***medio.*** Si precisa tuttavia che i valori devono essere correlati con lo spessore della matte e la struttura del sedimento (Ceccherelli *et al.,* 2006) per esprimere una reale significatività ambientale e in questo caso devono ritenersi solo indicative della struttura del substrato.

Area reimpianto

Le aree potenzialmente idonee al reimpianto di *Posidonia oceanica* (Fig. 21) sono state individuate dai tracciati SSS sono in numero di dieci; queste dovevano contenere le stesse caratteristiche vegetazionali, profondità e stessa struttura sedimentaria della prateria sottomarina dell'area di espianto. Su queste aree sono state fatte delle prospezioni ROV per verificare la loro effettiva idoneità. Sulla base dei dati ROV, delle batimetrie e del posizionamento delle aree rispetto alle rotte delle navi

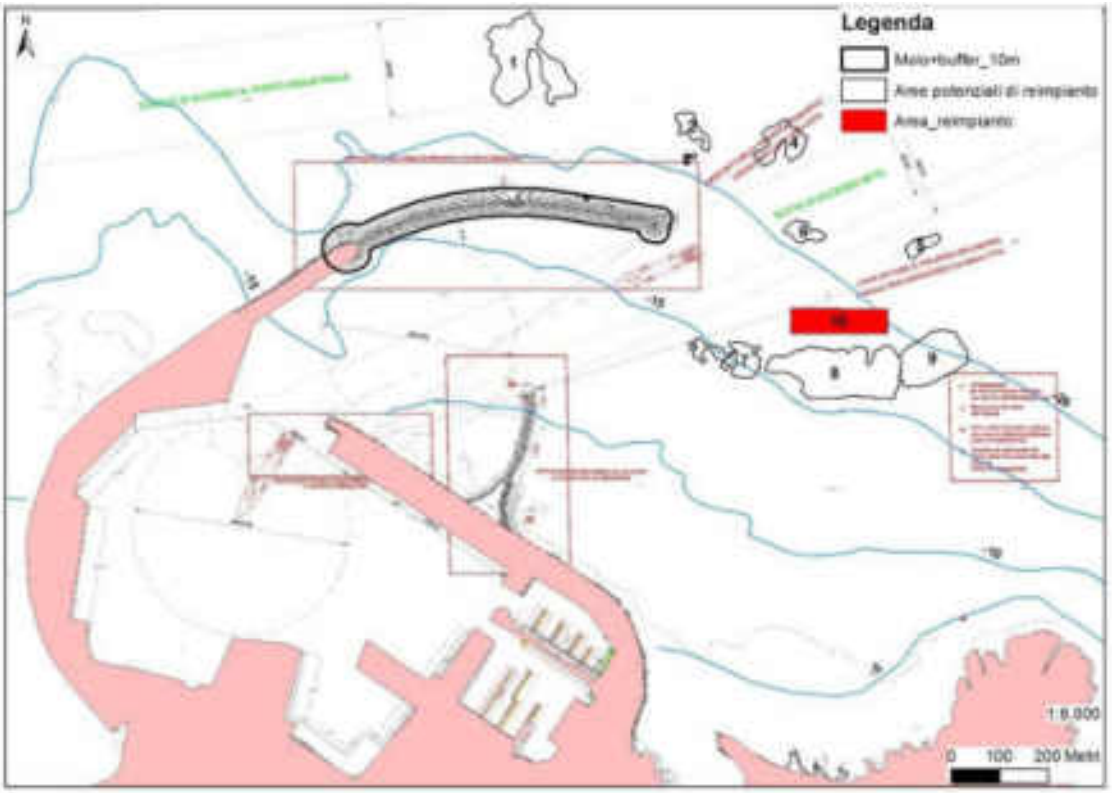


Figura 21 – Carta delle aree potenziali interessate al reimpianto di *P. oceanica (1-10)*

in ingresso e uscita dal Porto, si è ritenuto di selezionare l'area 10 di fig. 21 per le successive analisi di compatibilità dei sedimenti con l'area di espianto.

Tali analisi (Si veda cap. *Compatibilità del sedimento*) hanno evidenziato i valori granulometrici della zona di reimpianto simili o confrontabili con quelli della zona di espianto. Tali risultanze hanno convalidato l'area 10 (superficie:1 ha), come ***idonea*** al reimpianto delle zolle di *Posidonia oceanica* (Fig. 22).

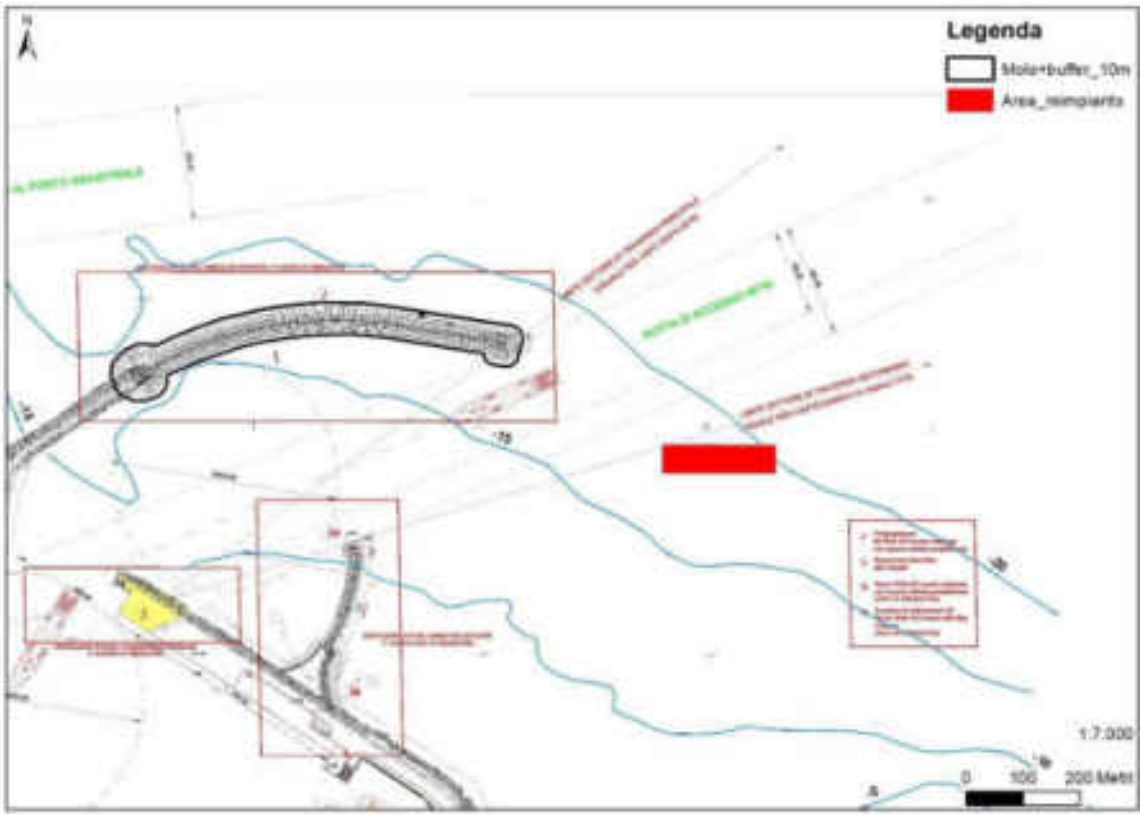


Figura 22 – Area di reimpianto delle zolle di *P. oceanica*

MODALITÀ DI GESTIONE DEL MATERIALE ASPORTATO (CONTENENTE TALLI DI CAULERPA)

Durante le attività di monitoraggio in alcune delle stazioni individuate per le verità a mare è stata rinvenuta la presenza dell'alga invasiva *Caulerpa cylindracea* (Fig. 23). Si tratta di un'alga di origine tropicale e ampiamente distribuita in Mar Rosso; la sua migrazione comincia nel bacino orientale del Mediterraneo e progressivamente si estende al bacino occidentale. Probabilmente la penetrazione è avvenuta per foresia antropica e quindi non dovrebbe essere considerata una vera lessepsiana. Considerando la variabilità delle condizioni ambientali dell'habitat dell'alga e della sua capacità adattativa, bisogna accettare che l'espansione a nord può essere frutto della tendenza alla tropicalizzazione dell'intero bacino Mediterraneo (Doumage 1995). L'espansione va anche messa in relazione al particolare meccanismo di metabolismo facoltativo eterotrofo delle caulerpe (Craword *et al.,* 1972), che ne favorisce l'insediamento su substrati degradati con cospicua presenza di sostanza organica di varia natura. Ampie aree costiere mostrano infatti caratteristiche di questo tipo a causa dell'espansione di aree portuali, di aree in vicinanza di fiumi con bacino imbrifero ad alto tasso insediativo, di aree interessate a scarichi urbani; tutti creano substrati elettivi per specie opportuniste a larga valenza ecologica o, come nel caso di *Caulerpa* sp., con un particolare tipo di metabolismo eterotrofo. La presenza di *Caulerpa cylindracea* rappresenta una importante minaccia per la diversità biologica degli ecosistemi costieri (Boudouresque *et al*., 2006), perché va ad interferire con le specie indigene, modificando la struttura delle comunità fito (Cebrian *et al.,* 2009) e zoobentoniche (Argyrou *et al*., 1999). Studi sperimentali (Balata *et al*., 2004) hanno mostrato che l'invasione ha un grande impatto sui popolamenti macroalgali presenti sulla matte morta di *P. oceanica* e sui fondi rocciosi, che si traduce in una riduzione del ricoprimento del substrato, del numero delle specie e della diversità; (Ceccherelli *et al*. 2002) hanno osservato inoltre che la presenza di turf promuove l'espansione di *Caulerpa cylindracea*. È interessante sottolineare come, invece, non sia stata evidenziata alcuna colonizzazione da parte dell'alga sulle praterie di *P. oceanica* in buono stato (caratterizzate da un'elevata densità di fasci fogliari) in molte regioni del Mediterraneo (Ruitton *et al*., 2005); altri studi, tuttavia, hanno dimostrato l'occorrenza di cambiamenti nel ciclo vegetativo e nella produzione della fanerogama marina. Inoltre, l'inserimento di specie alloctone nei sistemi subtidali può alterare le reti trofiche e può

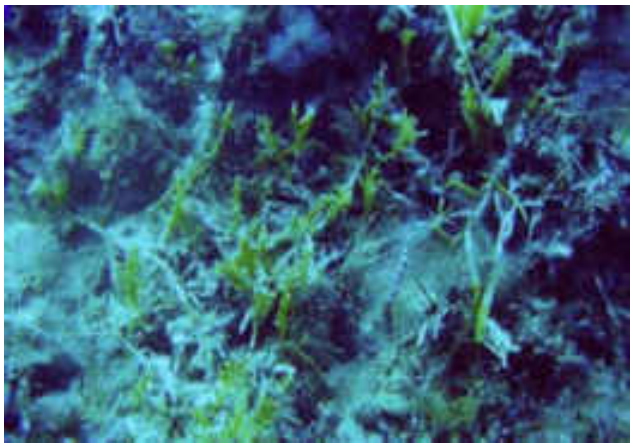


Figura 23 – *Caulerpa cylindracea*

rappresentare un importante meccanismo indiretto che potrebbe contribuire a influenzare le variazioni degli stock ittici (Terlizzi *et al*., 2011).

Perciò che attiene alle misure di contenimento del fenomeno della diffusione della specie in oggetto, si ritiene che qualsiasi azione di pulizia e eliminazione dei talli dell'alga sia inutile, perché impossibile da effettuarsi in maniera completa e totale. Infatti, è sufficiente che un frammento dell'alga anche di piccole dimensioni sfugga alla selezione, che questo generi in breve tempo un tallo completo. Si sottolinea inoltre che *C. cylindracea* è ampiamente diffusa (Cossu *et al*., 2002) in tutto il Golfo dell'Asinara confermando superflua l'operazione di pulizia.

COMPATIBILITÀ DEL SEDIMENTO CONTENUTO NELLE MATTE ASPORTATE CON IL SITO DI DESTINAZIONE

Analisi granulometriche

Sono stati analizzati 10 campioni, 6 raccolti nella zona di espianto e 4 in quella di reimpianto, per analisi composizionali e granulometriche al fine di individuare un sito di reimpianto con analoghe caratteristiche sedimentologiche a quello di espianto (Fig. 24).

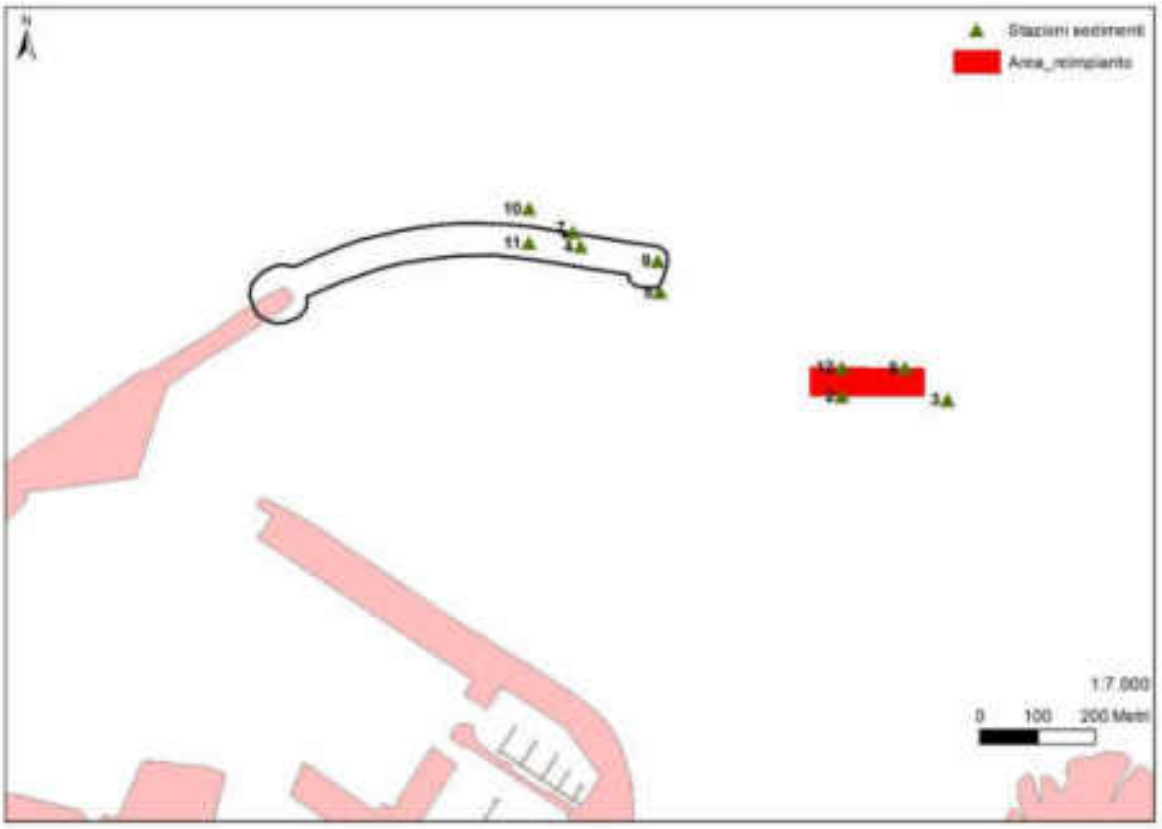


Figura 24 – Stazioni di prelievo dei sedimenti

Metodologia di analisi

I campioni raccolti (circa 1 kg gr di materiale) sono stati quartati, lavati con acqua demineralizzata ed asciugati in forno a 80 °C per circa 24h. Successivamente sono stati setacciati con una pila di setacci (certificati in acciaio inox, rispondenti alle specifiche ASTM11/70 ed alle raccomandazioni ISO) a maglie decrescenti (di ½ ϕ dove ϕ rappresenta il $-\log_2$ del diametro dei grani) da 11200 a 50 micron. L'analisi granulometrica è stata fatta utilizzando il programma GRADISTAT (ver. 8.0, © Copyright Simon Blott, 2000).

Area di espianto: campioni Espianto 4, 5, 7, 9, 10, 11

Tutti i campioni (ad eccezione del 9 che ha campionato solo frazione organica grossolana) presentano un'evidente biomodalità con netta separazione di una frazione ghiaiosa ed una sabbiosa. La frazione ghiaiosa può raggiungere anche il 20% in peso, di media è del 10-12%. È costituita da frammenti di rizomi di *Posidonia oceanica* uniti a formare dei gomitoli, bioclasti (frammenti di bioherme) gusci interi (o ben preservati), rari clasti carbonatici. Questa frazione detritica (classi <10-4mm, Figura 25) può essere facilmente separata dalla restante per condurre un'analisi granulometrica non influenzata da questa.

Figura 25 - Frazione grossolana dei campioni Espianto (ESP) 4-5-11

La frazione sabbiosa è costituita da circa il 90% di sabbia, 10-7% ghiaia ed il restante fango (che non eccede mai il 3.2%). Le sabbie (classificata con il metodo di Folk & Ward) sono sia bimodali che unimodali, poco selezionati, da simmetriche a skewness (principalmente) negativo (0.300 µm), da plati a mesocurtiche (0.88-0.98 µm). Il diametro medio è compreso tra 512 e 272 µm (sabbie medie). Il raggruppamento dei campioni (clusterizzazione) associa il 10 e l'11 (bimodale, Skewnees positivo, media 314-273µm), il 4 e il 7 (bimodali, simmetrica-Skewnees negativo, 620-365µm), il 5 (simmetrica, unimodale, 512µm). La percentuale dei fini varia dal 10 al 20%. Sulla base di questo raggruppamento sembra esistere un trend da ovest verso est di selezione granulometrica.
I campioni sulla base delle analisi granulometriche da un punto di vista tessiturale sono delle sabbie ghiaiose e da un punto di vista sedimentologico delle sabbie grossolane con ghiaie da fini a molto fini e delle sabbie fini con ghiaie da fini a molto fini (*si veda allegati*).

Area di reimpianto: campioni reimpianto 2, 8, 3, 12

Tutti i campioni presentano una spiccata variabilità granulometrica: polimodali REI 8-3, trimodale REI 12 e bimodale REI 2. Questa variabilità è legata alla presenza di materiale organico (bioclasti,

frammenti di legno, rizomi di *Posidonia oceanica*, plastica) che caratterizza in varie percentuali le classi granuolmetriche più grossolane.
La separazione delle classi granulometriche superiori ai 4mm permette di definire meglio quali siano le caratteristiche sedimentologiche dei campioni dell'area di reimpianto. Non è stato possibile fare questa operazione per il campione REI 3 per l'estrema variabilità granulometrica dello stesso.
I campioni analizzati hanno una frazione sabbiosa da oltre il 90% di sabbia, ghiaia compresa tra i 6.5 e il 2.5% e fango non superiore al 2.3%. Sono per la maggior parte classificabili come sabbie grossolane con ghiaie molto fini. La granulometria media è quella delle sabbie medie (472-344 µm), in generale simmetrici platicurtici e poco selezionati.
I campioni sulla base delle analisi granulometriche sono: da un punto di vista tessiturale delle sabbie ghiaiose; da un punto di vista sedimentologico delle sabbie grossolane con ghiaie da fini a molto fini e delle sabbie fini con ghiaie da medie a molto fini.

Analogie granulometriche tra il sito di espianto e quello di reimpianto

Dai dati analizzati e sopra esposti appare che l'area dei campioni REI 2, 12, 8 sia la più simile a quella dell'espianto. Tutti i campioni hanno il picco massimo di granulometria nel campo delle sabbie medie (344-472 µm) al limite con quelle grossolane, fatta eccezione per il campione REI 12 che ha delle percentuali leggermente diverse, il contenuto di sabbia è circa il 17% del totale. Fatta eccezione per il campione REI 8, sono tutte simmetriche da moderatamente a poco selezionate.

Conclusioni

I valori granulometrici della zona di reimpianto (REI 2, 12, 8) sono pertanto simili e confrontabili con quelli della zona di espianto. L'area del campione REI 3 appare granulometricamente troppo variabile per essere confrontata.
L'analisi composizionale condotta sul campione 12 ha messo le seguenti caratteristiche:

Frazione ghiaiosa 2-10mm: costituita da circa l'80% da frammenti (o organismi interi) di bioclasti, abbondanti frammenti di legno, 5-10% di clasti essenzialmente quarzo e litici metamorfici, 1-2% microplastiche. Tra i bioclasti diffusi son i frammenti di accumuli di alghe rosse e/o melobesie riconducibili al coralligeno.
Frazione sabbiosa molto grossolana 1-2 mm. È costituita da 15-20% di grani litici e 85-80% di bioclasti. Tra i litici il quarzo è il più frequente, secondari i metamorfici e i carbonatici. Presenti frammenti di legno e microplastiche.
Frazione sabbiosa grossolana 1-0.5mm. È costituita da 40% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti.

Frazione sabbiosa media 0.5- 0.25mm. È costituita da 40% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti. I grani sono tutti ben arrotondati.
Frazione sabbiosa fine 0.250-0.125mm. È costituita da 50-60% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti. I grani sono tutti ben arrotondati.
Frazione sabbiosa molto fine 0.125-0.63. È costituita da 60% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti. I grani sono tutti ben arrotondati.
Fango. >0.63 mm. È costituita da 60% di grani litici (quarzo e metamorfico) ed il restante da bioclasti. I grani sono tutti ben arrotondati.

La componente grossolana delle sabbia è ***indice di discrete correnti di fondo*** in grado di trasportare grani litici dall'area sorgente (verosimilmente l'area di Fiume santo e Stintino) fino alla zona di Porto Torres. La particolare abbondanza di bioclasti documenta la presenza di una prateria di *Posidonia oceanica* attiva e in grado di fornire questa componente al sedimento. Non sono da escludere zone di accumulo temporaneo di questi sedimenti come campi di megaripple e/o dune subacquee.
La presenza diffusa di legno indica apporti fluviali non lontani dall'area di deposizione delle sabbie.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il posidonieto dell'area portuale di Porto Torres mostra una superficie ampia ma tutti i dati rilevati indicano una forte compromissione dello stesso, verosimilmente dovuto alla presenza di fattori di stress generati dall'area industriale, dal porto e dalla città. I dati relativi alle analisi dei sedimenti indicano che il loro spessore non supera un metro. È quindi ipotizzabile che la benna non sempre riesca a estrarre delle zolle con compattezza sufficiente al reimpianto, soprattutto in quelle aree dove il posidonieto presenta bassa densità. Onde utilizzare comunque i rizomi delle zolle non idonee al reimpianto, **si propone una sperimentazione con nuovi sistemi di trapianto per valutare la loro idoneità ed efficacia nell'opera di restauro ambientale nei fondali situati in prossimità di P. Torres**. Si rimarca che tali sperimentazioni non rallenteranno le varie fasi di cantiere per la realizzazione dell'opera.

TECNICA DI TRAPIANTO CON ZOLLE ESTRATTE DA BENNA (4m^2)

Verrà utilizzata una metodologia sperimentale, impiegata in prossimità del Porto di Piombino nel 2014, che consiste nell'espianto di zolle (Fig. 26) tramite apposita benna e posa in radure prossimali dove le condizioni ambientali sono le stesse dell'area d'espianto.

Figura 26 – Zolla di *Posidonia oceanica* di 4 m^2 di superficie (da relazione Bedini 2014)

In via preliminare sarà necessario investigare l'area di espianto tramite ROV effettuando transetti costa largo su tutta l'area colonizzata dalla fanerogama. Individuate opportune aree, le stesse saranno contrassegnate da appositi pedagni con l'ausilio di Operatori Tecnici Subacquei (OTS). La stessa procedura verrà applicata alle aree dove verrà effettuato il reimpianto. L'area da espiantare ammonta a circa 0,7 ha ed è posta nella parte terminale della nuova opera. La frammentarietà della matte renderà necessario il posizionamento della benna tramite l'ausilio di un OTS che guiderà le operazioni. Le zolle saranno poi collocate temporaneamente all'interno del bacino interno alla nave, opportunamente ricolmato di acqua di mare, in modo da evitare l'essiccamento e la perdita di fauna e flora associata (Fig. 27). Successivamente, le zolle verranno trasferite nell'area di posa.

Figura 27 – Benna bivalve idraulica (da relazione Bedini 2014)

RIFORESTAZIONE CON TECNICHE SPERIMENTALI

Il progetto si colloca nell'ambito dello sviluppo di tecniche innovative di trapianto di *Posidonia oceanica* ed è finalizzato al riutilizzo dei rizomi delle zolle che risulteranno non idonee al reimpianto (si veda il paragrafo Considerazione conclusive a pag 33).

Avrà come obiettivi specifici:

- valutare l'idoneità all'accrescimento di *Posidonia oceanica* di aree situate in prossimità di Porto Torres nell'ottica di futuri programmi di ripristino ambientale nel Golfo dell'Asinara
- testare l'efficacia di differenti tecniche di trapianto
- comparare l'efficacia dell'utilizzo di materiali di ancoraggio biodegradabili con quella di materiali già utilizzati in precedenti progetti di reimpianto

Descrizione dell'intervento

Si prevede di effettuare il trapianto in due aree di circa 400 m^2 situate alla profondità di 20 m a distanza crescente dal centro abitato di Porto Torres: la prima prossimale al centro abitato e la seconda a circa 3 miglia a est (Fig. 28). La scelta del metodo ha come obiettivo di valutare se *Posidonia oceanica* abbia un qualche capacità di attecchimento e crescita in tali aree. Infatti, le zone scelte sono caratterizzate da un'ampia superficie di matte morta, che ne indica la sua presenza in un recente passato ma anche la sua scomparsa. La verifica dell'idoneità del sito al tempo attuale rappresenta il requisito fondamentale per futuri programmi che prevedono azioni di ripristino della prateria con una buona possibilità di successo.

Metodo: In ogni area saranno utilizzate due differenti tecniche di ancoraggio dei rizomi al substrato: 1) con geostuoie Macmat R; 2) geotessuti biodegradabili.

1) Le strutture "Macmat R", con geostuoia tridimensionale e rete metallica a doppia torsione (1 m × 1 m) sono state impiegate con successo in alcuni progetti di reimpianto evidenziando alte percentuali di successo se posizionate su matte morta. Queste strutture sono però costituite da materiale non biodegradabile.

2) Le strutture biodegradabili sono costituite da materiali geocompositi costituiti da rete metallica a doppia torsione accoppiata in fase di produzione con bioreti naturali in agave o cocco.

In ogni area di studio verranno trapiantati 100 m^2 di prateria, di cui 50 con Macmat R e 50 con geostuoie biodegradabili.
Per ogni metro quadro si prevede di posizionare una patch di 30 talee di *Posidonia oceanica* per un totale di 6000 talee nell'intero impianto. Ogni talea sarà costituita da un rizoma (plagiotropo o ortotropo) portante uno o più fasci fogliari.

Figura 28 – Aree di sperimentazione.

PIANO DI MONITORAGGIO PRESCRIZIONE N. 5

Si prevede di effettuare il monitoraggio delle zolle attraverso tre campagne il primo anno e due campagne per gli anni successivi (piano quinquennale).

Per ogni data di monitoraggio verranno svolte le seguenti attività:

- Side Scan sonar sull'intera area oggetto di trapianto (una volta l'anno)
- Riprese ROV sull'intera area oggetto di trapianto
- Selezione random di un numero minimo di zolle per ciascuna stazione. Il numero minimo può essere rappresentato dal 20% di tutte le zolle per ciascuna stazione
- In ciascuna zolla 1 fotografia dall'alto ortogonale al substrato
- In ciascuna zolla 4 fotografie laterali
- Perimetro della zolla
- Nella zolla, 5 conte di densità (quadrato 40*40) 4 ai vertici, 1 centrale (vedi fig 29)

Nota: Si fa una conta a centro zolla. Da lì si va verso lo spigolo di sx del lato più regolare precedentemente identificato, se ce n'è almeno uno, e si centra un altro quadrato a 1 m di distanza dal centro della zolla (1 m centro zolla-centro quadrato), altri tre quadrati si mettono, sempre a 1 m da centro zolla, sulle altre tre diagonali, a 90° fra loro (Fig. 29).

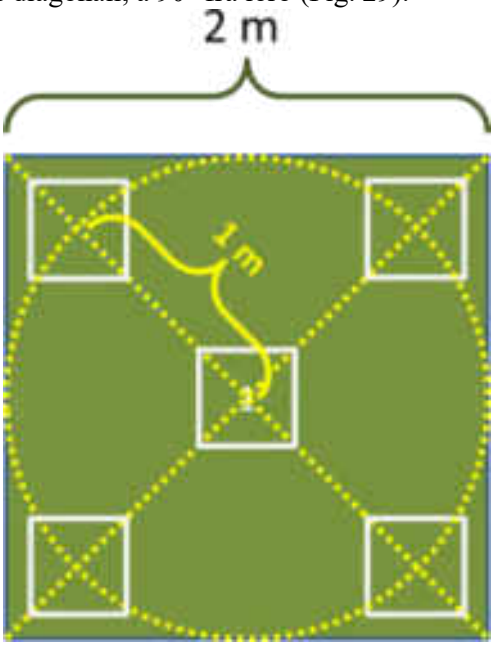


Figura 29 – Disposizione dei quadrati nella zolla

Poiché non tutte le zolle saranno perfettamente quadrate, si parte comunque dal centro e si posizionano ove possibile, i quadrati periferici. Se la zolla non ha un lato ben distinguibile, si posizionano i quadrati a 1 m verso Nord, 1 m verso E, S ed O. Se la zolla è più piccola, si annota che NON può essere posizionato il quadrato. Se il quadrato sta sulla zolla, ma in una porzione di substrato nudo, si annota che la conta è 0 per questo motivo (quindi 0 può essere per substrato nudo o per substrato mancante, zolla erosa. Si annoterà comunque lo stato delle due condizioni come anche i casi in cui un quadrato dovesse capitare in parte in una zona vegetata ed in parte in una zona nuda, valutando approssimativamente quanta parte del quadrato cade fra i fasci. Dal conteggio dei quadrati con fasci, parzialmente con fasci, senza fasci o senza substrato, si potrà valutare quanti fasci sono presenti al momento in rapporto alla superficie dragata.

- In cinque diversi rizomi per zolla si misura la lunghezza della foglia più lunga e larghezza, stato dell'apice e tessuto bruno.

- Annotazioni integrative per ciascuna zolla a supporto del monitoraggio fotografico:

  - ✓ Conservazione apparente della zolla (elevata, media, bassa)
  - ✓ Zolla allocata in buca naturale (SI/NO)
  - ✓ Distanza dalla prateria naturale dalla zolla (elevata, media, bassa)
  - ✓ Distanza di altre zolle dalla zolla di riferimento (elevata, media, bassa)
  - ✓ Per ciascuna zolla di riferimento dalla fotografia laterale si annota la presenza di fasci plagiotropi (elevata, media, bassa)

- Nella prateria naturale si effettueranno conte di densità (quadrato 40*40) in misura significativamente statistica.

- Nella prateria naturale si eseguiranno un numero adeguato di misure della lunghezza della foglia più lunga e larghezza e verifiche dello stato dell'apice e del tessuto bruno.

PIANO DI MONITORAGGIO AREE DI RIFORESTAZIONE CON TECNICHE SPERIMENTALI

Si prevede di effettuare il monitoraggio delle zolle attraverso tre campagne il primo anno e due campagne per gli anni successivi (piano quinquennale).
Per ogni data di monitoraggio verranno svolte le seguenti attività:

1. Ricognizione video/fotografica completa delle aree di trapianto;

2. Conta delle stuoie presenti e delle patches presenti su ciascuna stuoia (stima di copertura);

3. Conta delle talee presenti e dello stato di salute delle piante su una superficie pari al 25% dell'intero impianto (50 m^2) suddivisa tra differenti tecniche e differenti distanze dal porto. Per ogni patch sarà contato il numero di fasci presenti e verranno effettuate *in situ* le seguenti misure su tre fasci:
    a. Misurazione della lunghezza/larghezza della foglia più lunga;

    b. Determinazione dello stato degli apici e misura del tessuto bruno;

    c. Valutazione ricoprimento epifita.

4. Determinazione del tasso di sedimentazione. In ciascuna data di monitoraggio, verranno posizionate delle trappole di sedimento (5 trappole per area) e dopo una permanenza di 10 giorni saranno ritirate per procedere alla determinazione della qualità e quantità del sedimento.

Per ogni data di monitoraggio, sarà stimata la densità dei fasci e saranno effettuate le misure fenologiche *in situ* anche nella prateria naturale più vicina alle aree riforestate. Il monitoraggio sarà effettuato alla stessa profondità dei trapianti su 12 m^2 di prateria.

RISULTATI RELATIVI ALLA PRESCRIZIONE N.6

***Prescrizione n.6**: Concordamento con Area Marina Protetta Isola Asinara dell'esatto posizionamento dei dissuasori antistrascico e del Piano di Monitoraggio delle risorse ittiche e dei fondali, che dovrà essere avviato durante lo studio per il posizionamento di dissuasori e proseguito dopo il posizionamento delle strutture. Le attività di monitoraggio dovranno comprendere il monitoraggio del posidonieto che si intende salvaguardare secondo transetti, durata, cadenza e modalità con Ente parco Asinara e dovranno proseguire per almeno 5 anni dal completamento delle attività di posizionamento delle strutture; Il PMA dovrà essere presentato al MATTM prima dell'avvio delle attività di cantiere.*

Premessa

La scelta delle aree dedicate alla posa delle strutture antistrascico indicate nella precrizione 6, deriva da azioni concordate con il personale tecnico dell'area marina protetta Isola dell'Asinara. I fondali di tutto il perimetro dell'Isola sono stati oggetto di diversi studi protrattisi per molti anni che hanno permesso di definire a livello di macroscala le diverse tipologie vegetazionali e faunistiche del benthos e del loro valore naturalistico. Le ultime prospezione multibeam e Side Scan Sonar realizzate nel 2016, hanno evidenziato alcune aree all'interno di Cala Reale dove sono presenti numerosi solchi che hanno inciso la matte, realizzati dai divergenti dei pescherecci che operano la pesca a strascico. Le aree a maggiore densità di solchi ritenute quindi più compromesse da tale azione illegale sono state selezionate tra quelle dove sarà possibile la posa dei dissuasori (Fig. 30).

Figura 30 – Solchi causati dalla pesca a strascico, in rosso l'area di studio

Caratterizzazione 2°area di studio-Cala Reale

L'area investigata (Fig. 31) è collocata tra Punta Trabuccato e la darsena di Cala Reale. Essa include il tratto roccioso affiorante dove è collocato il faro che si spinge per circa un paio di km in direzione NW-SE, il tratto sommerso superficiale è colonizzato dalle biocenosi delle alghe infralitorali; da 3-4 m di profondità poi si estende il posidonieto fino ad una profondità di 35 m. L'analisi dei tracciati Side Scan Sonar hanno evidenziato un'alta densità di solchi da strascico. All'interno dell'area si contano 250 solchi circa, per una lunghezza totale di oltre 40 km, inoltre sono presenti ampi tratti d'intermatte a sabbie bioclastiche grossolane, aree non colonizzate da Posidonia.

Si precisa che ove possibile, seguendo le indicazioni dell'Ente gestore, le zone di posa dei dissuasori saranno da preferirsi nelle zone di sabbia libera da vegetazione, compatibilmente con la geometria delle pose dei dissuasori realizzata per rendere più efficace l'azione antistrascico.

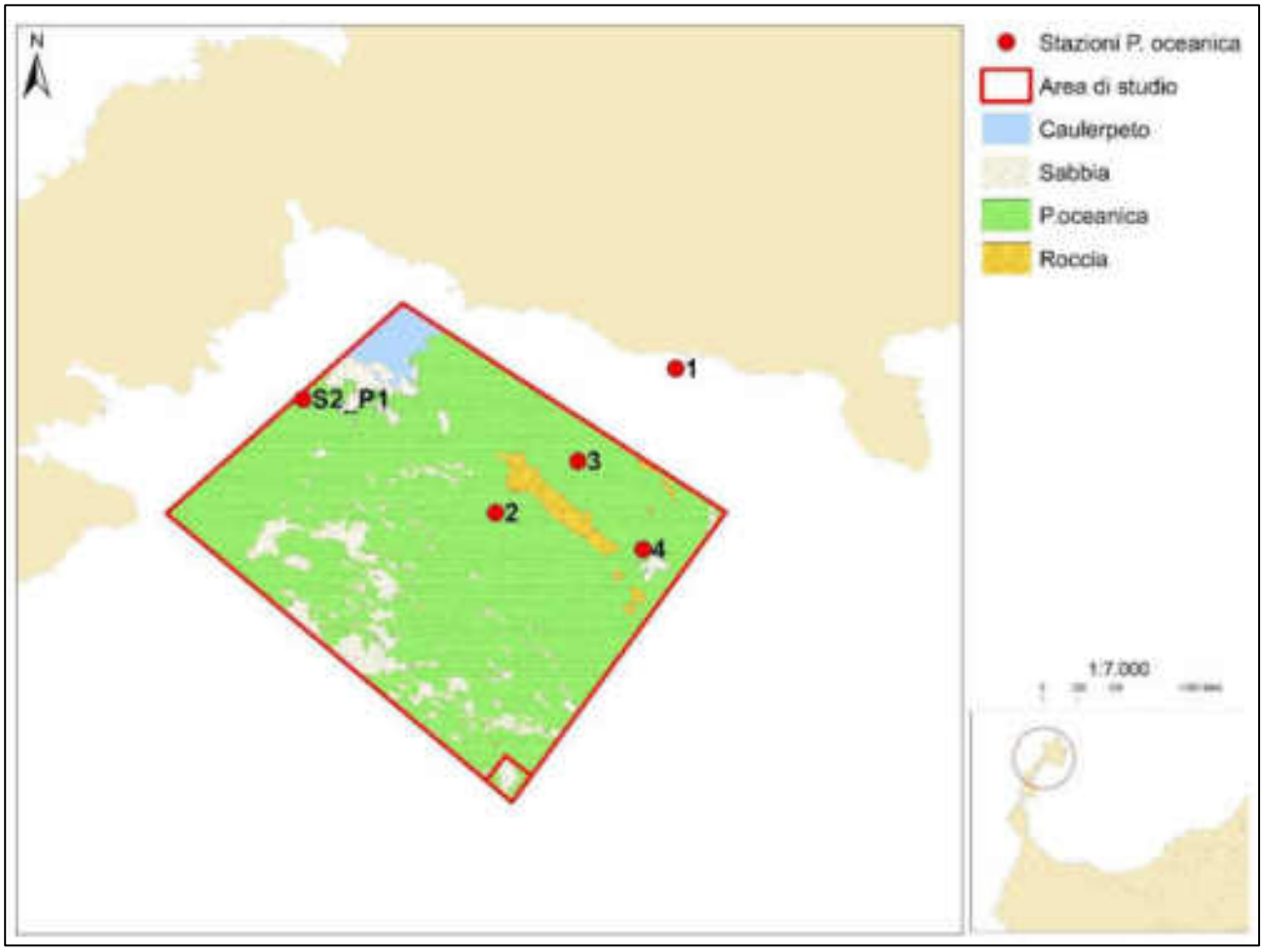


Figura 31 – Carta dei fondali dell'area di studio con le relative stazioni di campionamento di *P. oceanica*

Analisi della prateria a Posidonia oceanica

Descrittori fisiografici

La *densità* rilevata si colloca tra *bassa* (DB) e *anormale* (DA) secondo la classificazione delle praterie in Mediterraneo (Pergent *et al.,* 1995, modificata) (Tab. 2 e Fig. 32). Tali risultati sono in linea con quelli del monitoraggio effettuato nell'estate 2018 dall'AMP nell'ambito del progetto comunitario *Marinestrategy*.

Tabella 2 - Densità (n. fasci/m^2) e misure penetrometriche

Stazione	Profondità (m)	Densità media (±sd)	Classificazione secondo Pergent *et al.* (1995) - *ambito*	Penetrometro (cm)(±sd)
1	3	320 (± 65)	543> densità anormale	20,8 (± 5,3)
2	10	193,7 (± 34,2)	237>densità anormale	38 (± 14,6)
3	14	137,5 (± 23,8)	151>densità anormale	41,5 (± 8,1)
4	22	89,4 (± 18,4)	61< densità bassa <173	40,5 (± 3,7)

La Stazione 2(S2_P1) a 15 metri (Fig. 31) presenta una densità assoluta di 197 fasci/m^2, di classe "*prateria disturbata*" a bassa densità (DB). Se invece ci si riferisce alla densità relativa (copertura del 50%), la prateria appartiene alla classe "*molto disturbata con densità anormale* (DA)" (Falace 2018, rapporto inedito). La classificazione proposta da Pergent *cit.,* si riferisce ai posidonieti della costa continentale che mostrano profonde differenze rispetto alle coste insulari. Infatti, le emissioni derivanti dagli scarichi urbani, dalle attività agricole ed industriali, ecc., contribuiscono significativamente ad aumentare il livello dei nutrienti soprattutto nei tratti più prossimali della fascia costiera (prof. 0-20 m). È probabile che tale classificazione delle praterie mediterranee debba essere rivista in rapporto alle considerazioni su enunciate.

I risultati confermano lo stato ecologico elevato già evidenziato in precedenti campagne. I valori del penetrometro (Tab. 2 e Fig. 32) si collocano tutti all'interno della categoria della matte a compattezza "***Forte***". Lo stato di benessere delle praterie dell'Isola dell'Asinara è inoltre convalidato da diverse fioriture avvenute nel corso di questi ultimi venti anni (Cossu, *cit. pers.*) così come la presenza e struttura di diverse *banquettes* lungo i litorali costituite dalla sola frazione fogliare e dove manca la componente a rizomi indicatrice di una possibile azione meccanica (es. ancoraggio, strascico ecc.).

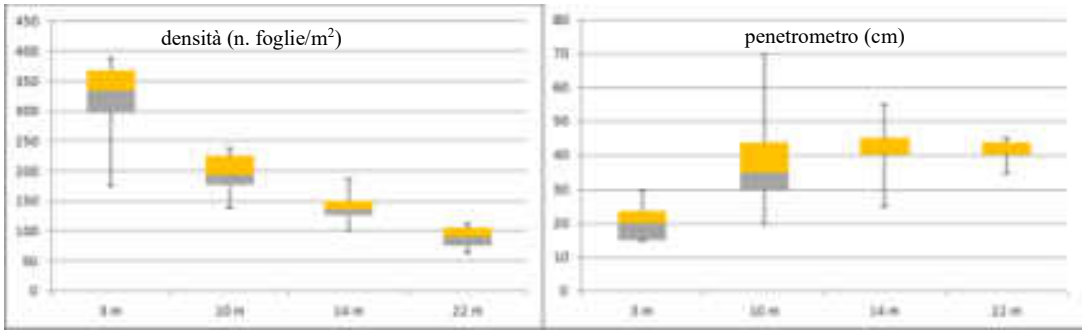


Figura 32 - Box Plot della densità fogliare e del penetrometro

Considerazioni finali

L'area è caratterizzata dalla presenza di canali intermatte di grosse dimensioni che costituiscono zone di accumulo dei detriti del posidonieto e sono caratterizzati dalla presenza di filtratori e detritivori; i limiti tra matte e sabbia sono qui ben marcati e netti (Fig. 33 a,b,c).

Perciò che attiene alla tipologia del limite inferiore, le immagini ROV dimostrano che il limite è progressivo; esso è caratterizzato da un'alta percentuale di rizomi plagiotropi disposti parallelamente alla direzione della pendenza che dimostra la progressione batimetrica della prateria favorita dalla buona illuminazione (Fig. 34).

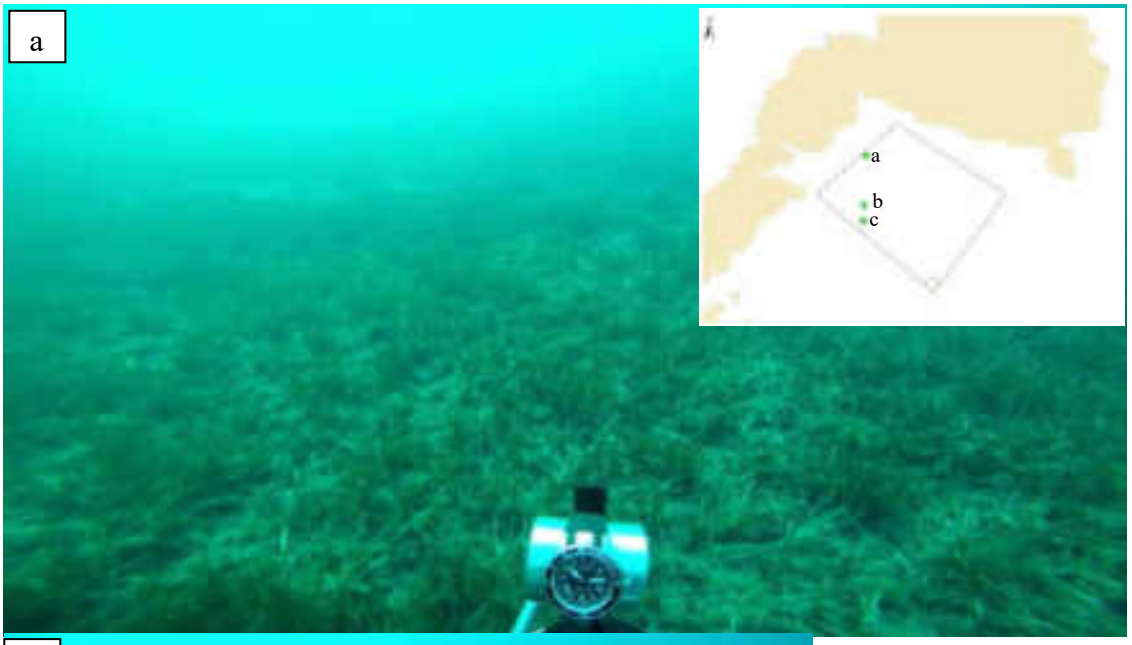


Figura 33a - Posidonieto a 15m di profondità nella condizione di caduta delle foglie; non si notano discontinuità.

33b - presenza di salto di matte con limite netto nell'ambito dell'intramatte

33c - come b ma con una visione più chiara del limite intramatte

Figura 34 – Limite inferiore con la presenza di rizomi e foglie morte (area di bioaccumulo)

L'area è stata individuata in relazione alla densità di solchi (Fig. 35) generati da attività antropiche riferibili prevalentemente allo strascico, nel perimetro studiato sono stati misurati oltre 40 km di solchi che rappresentano il 78% del totale.

Figura 35 – Canali intermatte di possibile origine antropica

La compattezza della matte viene interrotta dall'azione meccanica dei divergenti; le arature del fondale generano solchi di spessore variabile; se l'area è soggetta a correnti di fondo di buona intensità, tali canali non vengono rimarginati, anzi tendono ad allargarsi sempre di più in modo irreversibile riducendo la formazione vegetale marina. I canali censiti, per la loro forma e dimensione, denotano azioni di strascico o di ancoraggio protratte nel tempo e probabilmente anche recentemente. Per tale motivo appare giustificata l'azione dell'Ente Parco relativa alla posa nei fondali di un opportuno numero di dissuasori, manufatti cementizi di 5 tonnellate che per la loro mole e per la loro forma impediscono lo strascico, pena la perdita delle attrezzature.

Tale azione è già stata messa in opera nell'area antistante la termocentrale di Fiume Santo a protezione dei cavi sottomarini che periodicamente venivano danneggiati dallo strascico abusivo operato nella suddetta area interdetta alla pesca. Il successo dell'operazione è dimostrato dalla presenza di reti a strascico impigliate nelle braccia dei dissuasori (Fig. 36).

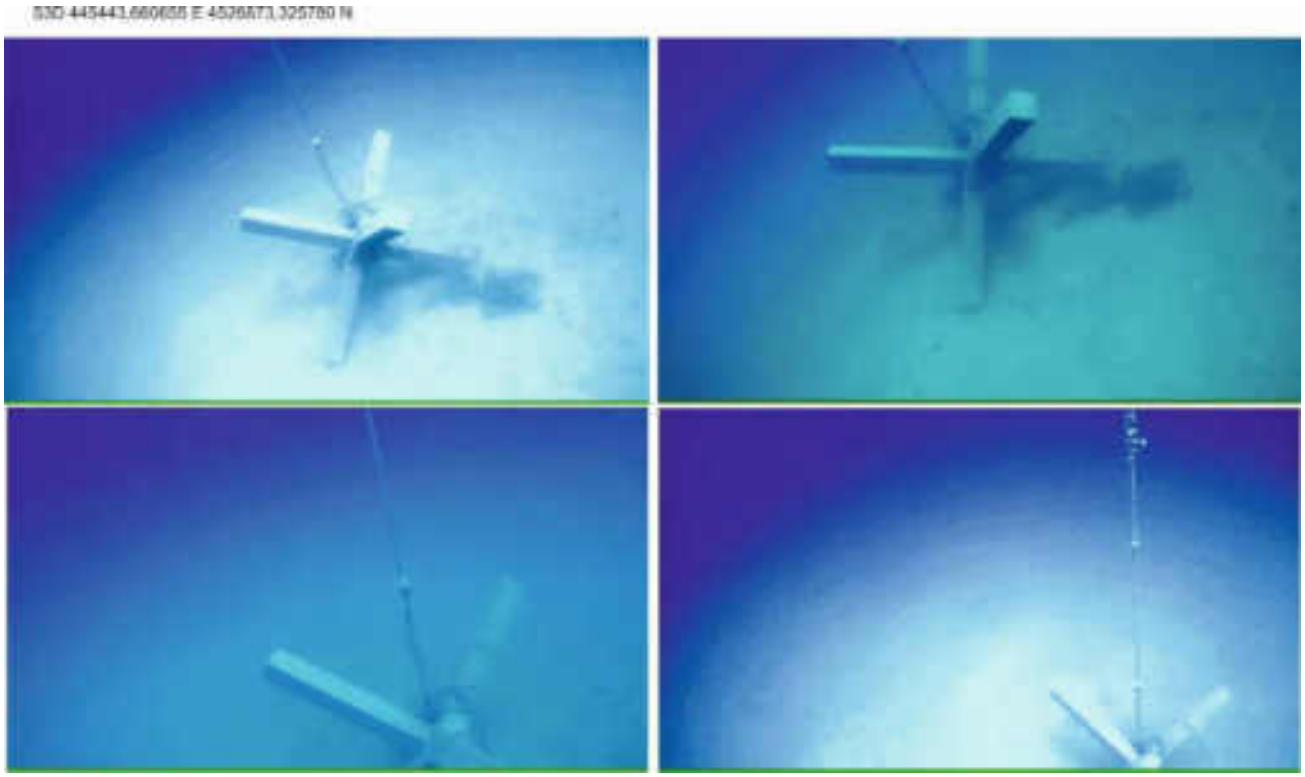


Figura 36 – Reti a strascico impigliate nei dissuasori (Fiume Santo,P. Torres, maggio 2017)

PIANO DI MONITORAGGIO PRESCRIZIONE N.6

Attività di monitoraggio del posidonieto da salvaguardare con dissuasori antistrascico (5 anni)

Transetti, indagini quantitative, balisage, durata, cadenza e modalità concordate con Ente Parco Asinara

Transetti mediante indagini ROV

Le riprese subacquee mediante R.O.V. (Remote Operating Vehicle) verranno eseguite per rilevare le eventuali modificazioni di progressione/regressione della prateria a seguito del posizionamento dei manufatti antistrascico. L'acquisizione dei vari descrittori fisici, fisiografici e strutturali della prateria permetterà di stimare eventuali impatti inaspettati successivi al posizionamento dei dissuasori e rilevare l'evoluzione dei solchi causati dalle attività illegali di pesca a strascico. Le riprese video verranno condotte nell'area riferendosi al posizionamento dei moduli artificiali, lungo una griglia di transetti paralleli e/o perpendicolari alla linea di costa. Nel corso del rilievo video, verrà mantenuta una velocità ed una distanza costante dal fondo.
I transetti video saranno eseguiti per coprire un'area statisticamente significativa rispetto a quella di riferimento, saranno georeferenziati ed eseguiti anche nelle successive campagne, con la stessa metodologia e posizione. Saranno rilevati profondità, distanza percorsa e orario, per renderle comparabili con quelle eseguite in tempi successivi. I rilievi Side Scan Sonar, già eseguiti in diverse campagne dal Parco Nazionale dell'Asinara saranno utilizzati come dati di "corredo". Le riprese video, successivamente alla posa dei moduli, nell'arco dei primi 24 mesi, verranno eseguite 4 volte con frequenza semestrale. Nei successivi 36 mesi si eseguirà una campagna per anno durante il periodo estivo per un totale di 3 campagne di monitoraggio.

Indagini quantitative: Descrittori strutturali, funzionali ed ecologici

Nell'area saranno eseguite indagini quantitative nella prateria a *Posidonia oceanica*, per valutare i seguenti descrittori quantitativi:

1. Macroripartizione,
2. Fenologia,
3. Biomassa epifita delle foglie,
4. Lepidocronologia.

5. Rete di osservazione – Balisage

Inoltre, è previsto il calcolo dell'Indice PREI

Le attività in elenco saranno svolte nel periodo tardo primaverile, attraverso 2 campagne all'anno per 5 anni, secondo il protocollo ISPRA relativo al monitoraggio di *P. oceanica* (si veda allegato).

Rete di Osservazione – Balisage

Nell'area, al fine di valutare la dinamica della prateria, dovranno essere posizionate una rete di osservazione tipo *balisage*. I *balises* dovranno essere posizionati in 3 aree significative di cui una posta nella porzione superficiale, una nella porzione intermedia e una nella porzione profonda dell'area della prateria "caratterizzate dalla presenza di patch di *P. oceanica*" secondo la metodologia proposta da Pergent (2007). Per la posa si utilizzeranno i tracciati ROV descritti in precedenza per identificare le *patch* che sono piuttosto discontinue e difficili da rilevare da un operatore in immersione soprattutto nella frazione intermedia e profonda del posidonieto. I *balises* saranno realizzati secondo le indicazioni di Pergent (2007).

Indice PREI

La Direttiva quadro sulle Acque (2000/60/CE), indica nelle fanerogame marine (tra cui *P. oceanica*) uno tra gli Elementi di Qualità Biologica (EQB) da utilizzare per la classificazione dei Corpi Idrici marino-costieri, così come anche recepito dalle norme italiane (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.). L'utilizzo dell'indice sintetico PREI (*Posidonia oceanica* Rapid Easy lndex), si basa sulla densità della prateria, la superficie fogliare, il rapporto tra la biomassa degli epifiti di *P. oceanica* e la biomassa fogliare.

- ✓ la densità della prateria (fasci m^2);
- ✓ la superficie fogliare fascio, (cm^2 $fascio^{-1}$);
- ✓ il rapporto tra la biomassa degli epifiti (mg $fascio^{-1}$) e la biomassa fogliare del fascio (mg $fascio^{-1}$);
- ✓ la profondità del limite inferiore e la tipologia del limite inferiore.

La densità della prateria, la superficie fogliare fascio e il rapporto tra la biomassa degli epifiti e la biomassa fogliare vengono valutati alla profondità standard di 15 m, su substrato sabbia o matte; nei casi in cui lo sviluppo batimetrico della prateria non consenta il campionamento alla profondità standard, può essere individuata, motivandone la scelta, una profondità idonea al caso specifico.

La modalità di calcolo dell'indice PREI prevede l'applicazione della seguente equazione:

ROE= (ROE+ 0,11)/(1 + 0,10)

Dove ROE= (Ndensità + Nsuperficie fogliare fascio + Nbiomassa epifiti/biomassa fogliare + Nlimite inferiore) /3,5

Ndensità = valore misurato - 0 l valore di riferimento - 0, in cui 0 viene considerato il valore di densità indicativo di pessime condizioni.
Nsuperficie fogliare fascio= valore misurato - 0 l valore di riferimento - 0, in cui 0 viene considerato il valore di superficie fogliare fascio indicativo di pessime condizioni.
*Nbiomassa epifiti/biomassa fogliare= [1- (biomassa epifiti/biomassa fogliare)] * 0,5.*

Nlimite inferiore= (N- 12) l (valore di riferimento profondità- 12), in cui 12m viene considerata la profondità minima del limite inferiore indicativa di pessime condizioni.
N= profondità limite inferiore misurata + 0, dove 0= 0 (limite inferiore stabile), 0=3 (limite inferiore progressivo), 0= -3 (limite inferiore regressivo).

Il valore del PREI varia tra 0 ed 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Il risultato finale dell'applicazione dell'Indice PREI non fornisce un valore assoluto, ma direttamente il rapporto di qualità ecologica (RQE).

PIANO DI MONITORAGGIO FAUNA ITTICA

Contesto e finalità

Il presente piano di campionamento è finalizzato a valutare la fauna ittica associata al futuro posizionamento di due tipologie di moduli artificiali su fondali tra i 18 ed i 22 m. Una prima tipologia di moduli artificiali (moduli tipo 1, in numero di 30-35) è rappresentata da tripodi in cemento armato del diametro approssimativo di 5 m. La struttura dei moduli della seconda tipologia (moduli tipo 2, in numero di 15-20) è in via di definizione, ma si tratterà di moduli che dovrebbero simulare tipologie di rifugio per specie marine costiere. Le informazioni attualmente a disposizione indicano che sia i moduli di tipo 1, sia quelli di tipo 2, dovrebbero essere posizionati sul fondale come unità individuali. I moduli di tipo 1 dovrebbero essere collocati ad una distanza variabile tra 70 e 120 m uno dall'altro e su una superficie di circa 20 ettari.

Il campionamento proposto è finalizzato a valutare gli effetti dei moduli di entrambe le tipologie sulla fauna ittica, in termini di *i*) cambiamento della struttura dei popolamenti ittici in relazione all'introduzione dei moduli artificiali di tipo 1 e *ii*) apporto alla biodiversità della fauna ittica determinato dall'introduzione dei moduli di tipo 2.

Tecnica e piano di campionamento

Date le dimensioni contenute dei moduli individuali (max 5 m di diametro) e il contesto di AMP, la tecnica raccomandata per il campionamento della fauna ittica è rappresentata da una combinazione di metodi quantitativi di censimento visivo, il transetto breve e il punto fisso. Tale combinazione è stata messa a punto per il campionamento di strutture artificiali a forma piramidale e rappresenta uno standard accettato a livello internazionale (Fig. 37). In breve, si tratta di eseguire un punto fisso sulla sommità della struttura e un transetto breve intorno alla sua base. Le dimensioni del punto fisso e del transetto saranno da adattare alla tipologia specifica dei moduli che saranno posizionati sui fondali oggetto dello studio.

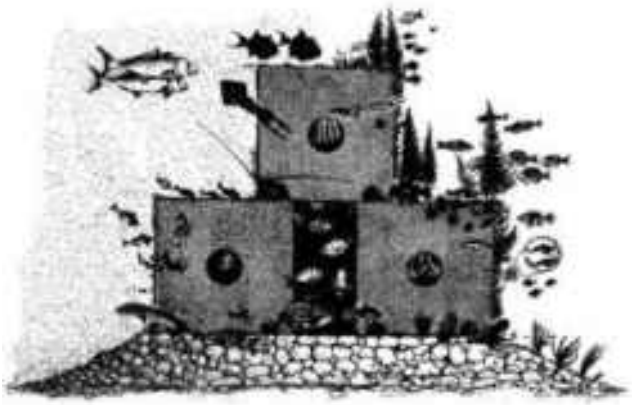


Figura 37 – Esempio di struttura artificiale a forma piramidale (a titolo di esempio generale).

L'introduzione dei moduli artificiali rappresenta un termine di cambiamento rispetto alla condizionale di substrato naturale preesistente. Questa constatazione induce a suggerire l'applicazione di un disegno sperimentale di tipo *BACI* (*Before-After Control-Impact*), che implica la necessità di una replicazione spaziale e temporale al fine di stimare al meglio i cambiamenti indotti dall'introduzione delle strutture artificiali.

Una volta individuata con precisione l'area in cui saranno posizionati i moduli e identificata la tipologia dei fondali sui quali verranno posizionati, si propone di eseguire, prima del posizionamento effettivo (fase *before*), una prima fase di caratterizzazione della fauna ittica locale. Questo permetterà di avere un termine di riferimento per valutare i cambiamenti che avranno luogo a seguito dell'introduzione dei moduli artificiali. Questa fase prevede due date di campionamento (due campagne) da effettuarsi prima del posizionamento dei moduli, preferibilmente nel periodo dell'anno che si colloca tra maggio ed ottobre. Una volta installati i moduli comincia la fase *after*, che consisterà nell'esecuzione di due campagne di campionamento all'anno per 5 anni. Durante la fase *after* si provvederà all'esecuzione di censimenti visuali sia in corrispondenza dei moduli artificiali, sia di unità spaziali di controllo (substrati naturali). Nel complesso un piano di campionamento come quello qui prospettato include quindi 12 campagne di campionamento.

A livello della replicazione (numero di censimenti visuali, ognuno dei quali composto da un punto fisso ed un transetto breve) da effettuarsi in occasioni di ogni campagna si propone quanto segue:

1 – per ognuna delle due campagne *before* si propone di effettuare i censimenti presso un totale di 14 punti dove presumibilmente verranno posizionati i moduli di tipo 1 e di tipo 2, più altrettanti censimenti da farsi al fine di mantenere stabile il numero totale di repliche per campagna rispetto al campionamento *after* (vedi di seguito);

2 – per ognuna della 10 campagne *after* si propone di effettuare i censimenti presso 10 moduli di tipo 1 e 4 moduli di tipo 2, più altrettanti controlli. Ciò implica un numero di 28 censimenti per campagna e un totale di 280 censimenti nel corso dei 5 anni.

Il mantenimento di un numero stabile di repliche per campagna durante le fasi *before* e *after* consentirà di eseguire dei test statistici più performanti.

Considerando entrambe le fasi *before* e *after* sono quindi previsti, nell'arco dello studio, un totale di 336 repliche da effettuarsi in 12 campagne.

BIBLIOGRAFIA

Argyrou, M., Demetropoulos, A., Hadjichristophorou, M., 1999a. Expansion of the macroalga *Caulerpa racemosa* and changes in softbottom macrofaunal assemblages in Monibay, Cyprus. *Oceanologica Acta 22* (5), 517–528.

Balata, D., Piazzi, L. and Cinelli, F. (2004), A Comparison Among Assemblages in Areas Invaded by *Caulerpa taxifolia* and *C. racemosa* on a Subtidal Mediterranean Rocky Bottom. *Marine Ecology, 25*: 1–13. doi:10.1111/j.1439-0485.2004.00013.x.

Cebrian, E. and Ballesteros, E., 2009 Temporal and spatial variability in shallow- and deep-water populations of the invasive *Caulerpa racemosa* var. cylindracea in the Western Mediterranean. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 83: 469–474.

Ceccherelli, G., Campo, D., & Milazzo, M. (2007). Short-term response of the slow growing seagrass Posidonia oceanica to simulated anchor impact. *Marine Environ. Research*, *63*(4), 341-349.

Ceccherelli, G., Piazzi, L., Balata, D., 2002. Spread of introduced Caulerpa species in macroalgal habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 280, 1–11.

Cossu A., Pala, D., Ruiu, A., Zanello, A., 2002. Distribuzione di *Caulerpa racemosa* nel Golfo dell'Asinara (Sardegna settentrionale). *Biologia Marina Mediterranea* 10 (2), 542–543.

Cossu A., Pascucci V., Ceccherelli G., Chessa L., Andreucci S., De Luca M., Pala D., 2011. Caratterizzazione fisiografica, geomorfologica e bionomica della RIAS di Santa Teresa di Gallura: Sardegna Nord Orientale. *Biologia Marina Mediterranea*. press. ISSN 1123-4245. Articolo.

Cossu A., Martinez A., Ragazzola F. 2007 - Applicazione dell'analisi d'immagine allo studio della frazione fogliare della comunità epifita di *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Biol. Mar.Mediterr. (2007), 14 (2): 298-299

Crawford G., H., Richardson W" N., 1972 Heterotrophic potential of mocroscopic Alga *Caulerpa racemosa*. *Proc. of the 7 Int. Seaweeds Symp*. 1971 :262.

Doumage F., 1995 Quelque réRexion sur les algues Caulerpes. *Biol. Mar. Medit*. 2(2): 613-633 Dumay *et al*., 2002. Primary productivity and vegetative cycle in *Posidonia oceanica* when in competition with the green algae *Caulerpa taxifolia* and *Caulerpa racemosa*. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 82, 379–387.

Falace A., 2018. Analisi delle praterie di *Posidonia oceanica* – Rapporto inedito

Francour P, Ganteaume A, Poulain M. 1999. Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean Sea). Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 9:391–400.

Francour, P. "Fish Assemblages of *Posidonia Oceanica* Beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): Assessment of Composition and Long-term Fluctuations by Visual Census." *Marine Ecology* 18, no. 2 (1997): 157–173.

Gambi M. C., Doppiano M., 2003. Manuale di metodologia di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biologia Marina Mediterranea* 140-188.

Jeudy de Grissac A., 1984- Effects des herbiers a *Posidonia oceanica* sur la dynamique marine et la sédimentologie littorale. International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. eds., Gis Posidonie publ., Fr., 1: 437-443.

Pérès J.M., 1984 - History of the Mediterrane an Biota and the colonisation of the depth. In: "Western Mediterranean", Margalef R. ed., Oxford, Pergamon Press : 198-232

Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., 1995. Utilisation de l'herbier à P*osidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: *Etat des connaissances*. *Mésogée*, 54pp.

Relini G., Giaccone G., 2009 *Gli Habitat prioritari del Protocollo SPA/BIO (Convenzione di Barcellona) presenti in Italia. Schede descrittive per l'identificazione.* Biologia Marina Mediterranea. 16 (suppl.1): 1-266.

Ruitton, S., Javel, F., Culioli, J.-M., Meinesz, A., Pergent, G., Verlaque, M., 2005. First assessment of the *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) invasion along the French Mediterranean coast. *Marine Pollution Bulletin* 50, 1061–1068.

Terlizzi A, Felline S, Lionetto MG, Caricato R, Perfetti V, Cutignano A, Mollo E (2011) Detrimental physiological effects of the invasive alga *Caulerpa racemosa* on the Mediterranean white seabream *Diplodus sargus*. *Aquat Biol* 12:109-117.

ALLEGATI

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 4**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

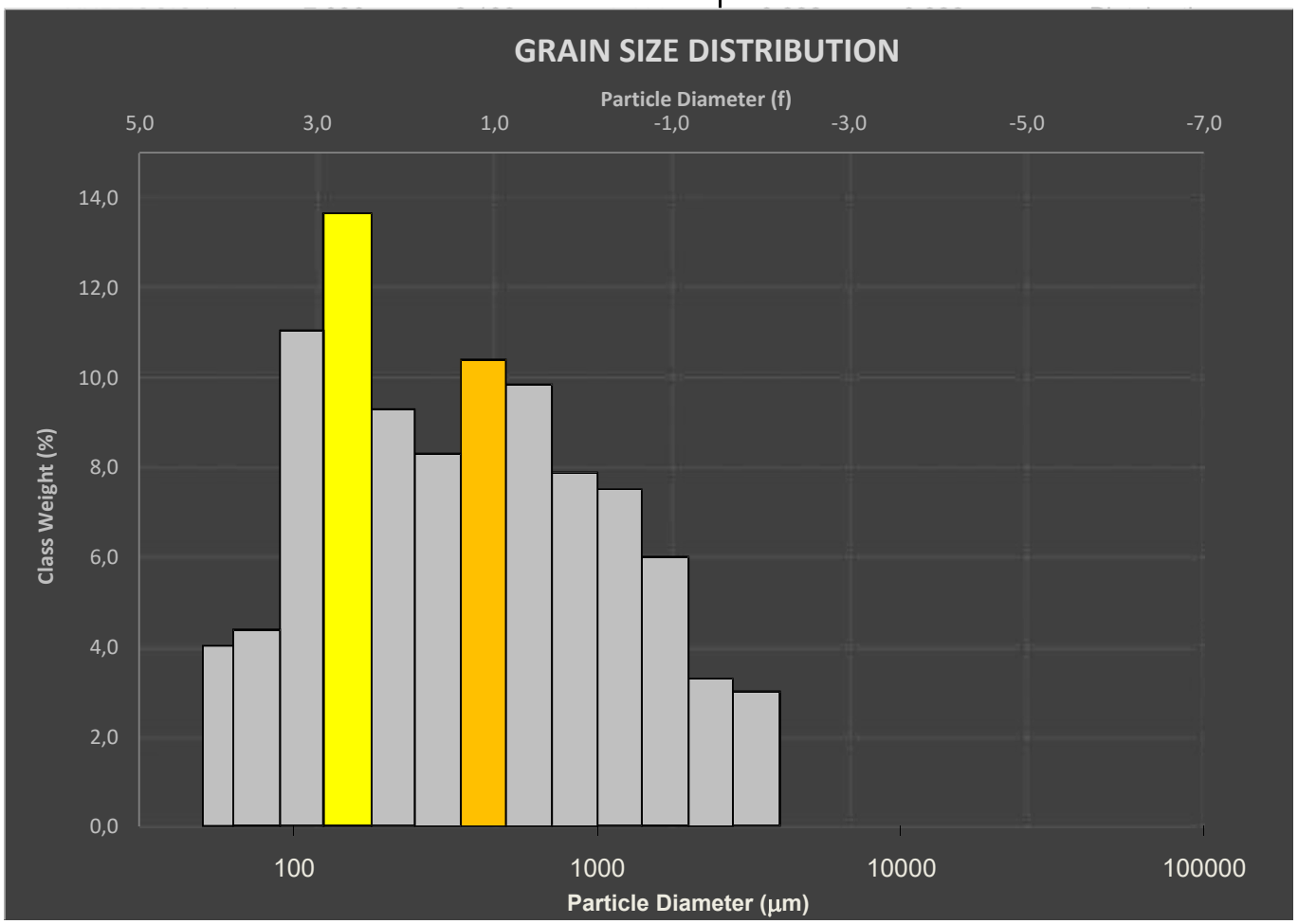
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Fine Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	152,5	2,737
MODE 2:	427,5	1,247
MODE 3:		
D_{10}:	97,39	-0,714
MEDIAN or D_{50}:	344,3	1,538
D_{90}:	1640,9	3,360
(D_{90} / D_{10}):	16,85	-4,703
(D_{90} - D_{10}):	1543,5	4,075
(D_{75} / D_{25}):	5,550	9,634
(D_{75} - D_{25}):	672,2	2,472

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL: 6,5%	COARSE SAND: 18,3%
SAND: 90,9%	MEDIUM SAND: 19,2%
MUD: 2,7%	FINE SAND: 23,9%
	V FINE SAND: 15,5%
V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 2,7%
COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%
MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%
FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%
V FINE GRAVEL: 6,5%	V FINE SILT: 0,0%
V COARSE SAND: 13,9%	CLAY: 0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	µm	µm	ϕ	µm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	646,5	362,4	1,464	365,7	1,451	Medium Sand
SORTING (σ):	751,1	2,896	1,534	3,022	1,596	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2,050	0,253	-0,253	0,094	-0,094	Symmetrical



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 5**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

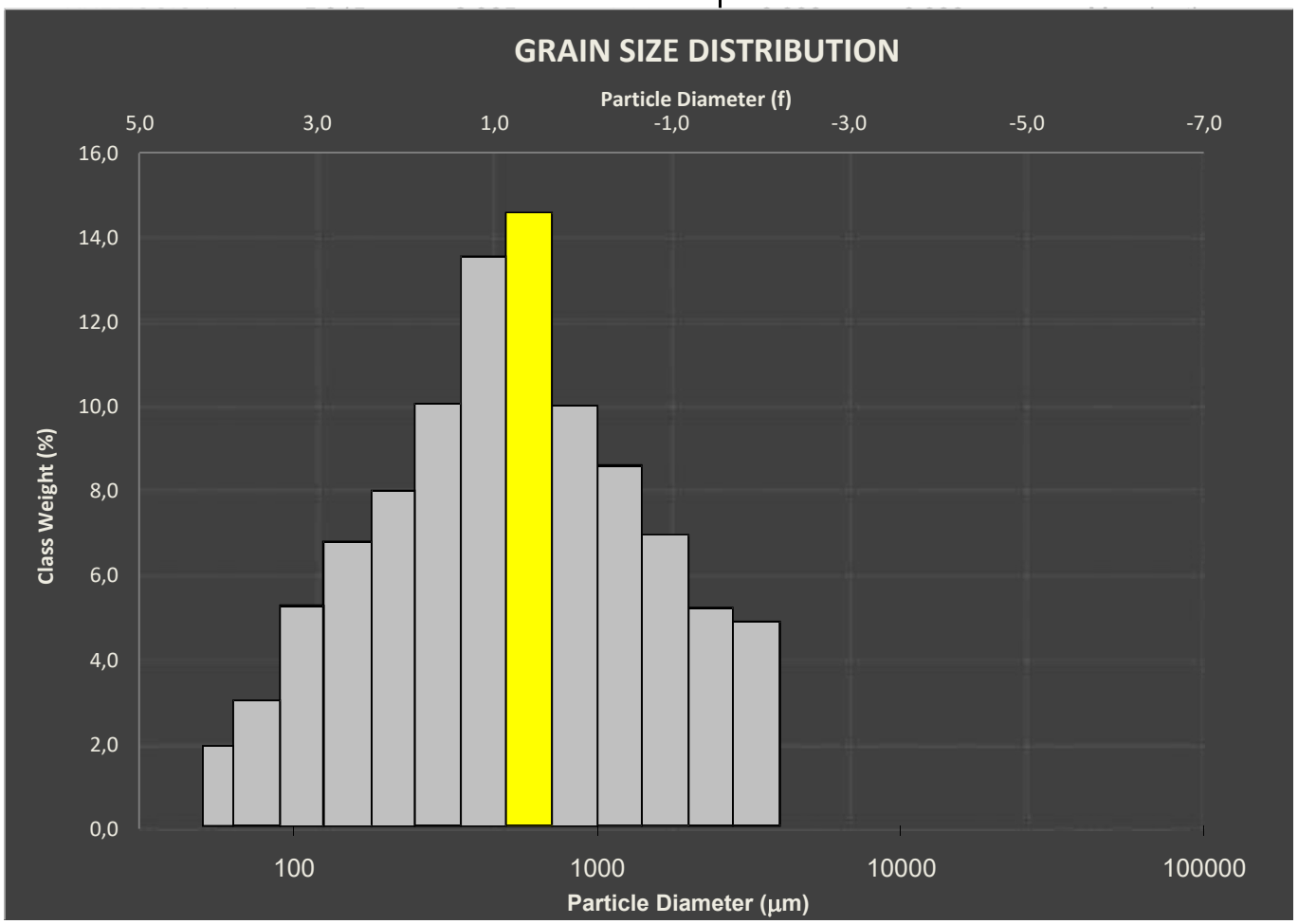
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ
MODE 1:	605,0	0,747
MODE 2:		
MODE 3:		
D_{10}:	128,0	-1,026
MEDIAN or D_{50}:	515,5	0,956
D_{90}:	2036,3	2,966
(D_{90} / D_{10}):	15,91	-2,891
(D_{90} - D_{10}):	1908,3	3,992
(D_{75} / D_{25}):	4,116	-31,771
(D_{75} - D_{25}):	790,5	2,041

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL: 10,3%	COARSE SAND: 25,2%
SAND: 88,5%	MEDIUM SAND: 24,1%
MUD: 1,3%	FINE SAND: 15,0%
	V FINE SAND: 8,3%
V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 1,3%
COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%
MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%
FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%
V FINE GRAVEL: 10,3%	V FINE SILT: 0,0%
V COARSE SAND: 15,8%	CLAY: 0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	828,5	510,1	0,971	512,5	0,964	Coarse Sand
SORTING (σ):	840,2	2,722	1,445	2,883	1,528	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,718	-0,046	0,046	-0,005	0,005	Symmetrical



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 7** ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

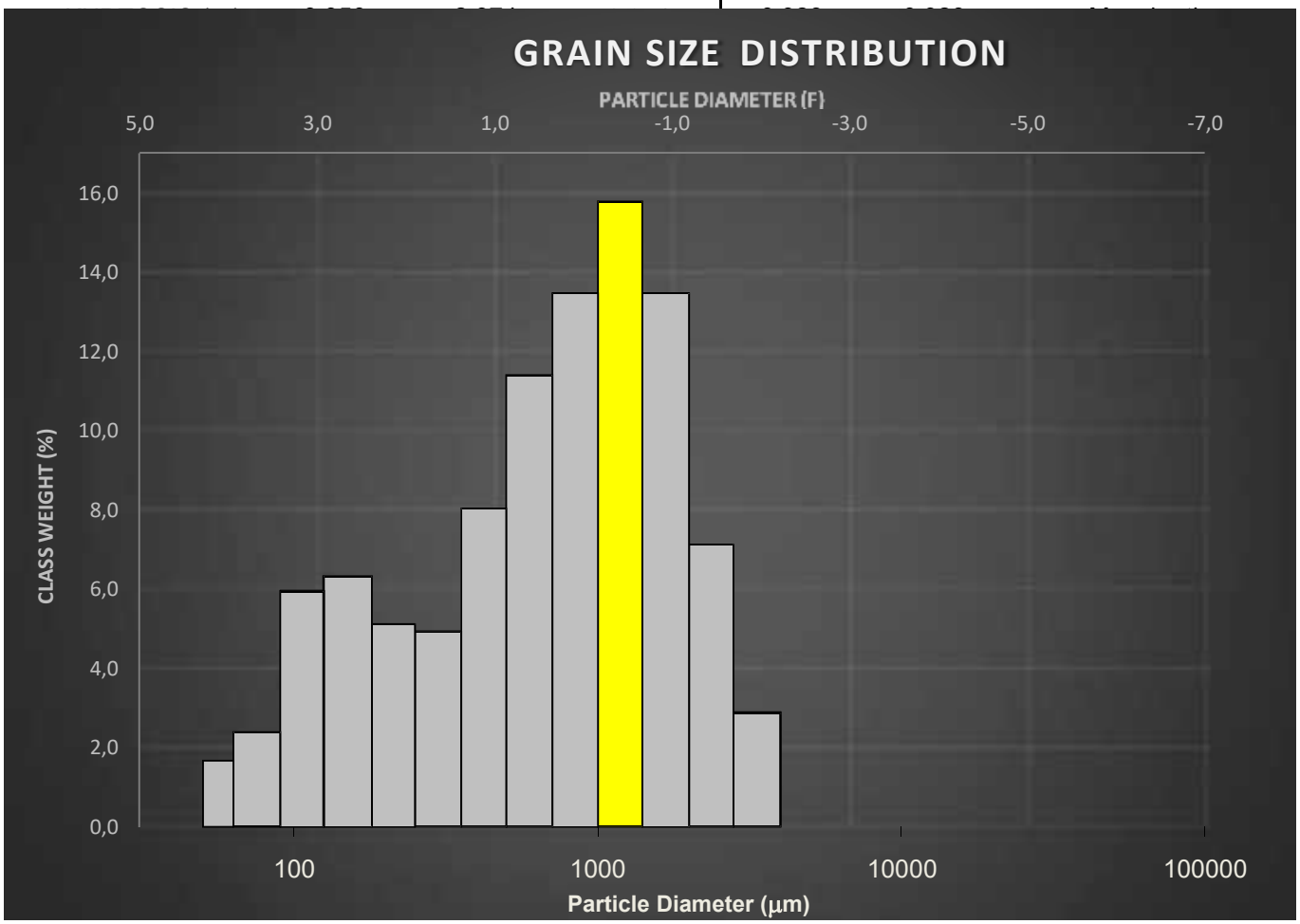
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	1200,0	-0,243
MODE 2:	152,5	2,737
MODE 3:		
D_{10}:	128,8	-1,009
MEDIAN or D_{50}:	778,7	0,361
D_{90}:	2012,9	2,957
(D_{90} / D_{10}):	15,63	-2,930
(D_{90} - D_{10}):	1884,2	3,967
(D_{75} / D_{25}):	4,269	-3,503
(D_{75} - D_{25}):	1057,0	2,094

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL: 10,1%	COARSE SAND: 25,5%
SAND: 88,8%	MEDIUM SAND: 13,3%
MUD: 1,1%	FINE SAND: 11,8%
	V FINE SAND: 8,3%
V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 1,1%
COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%
MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%
FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%
V FINE GRAVEL: 10,1%	V FINE SILT: 0,0%
V COARSE SAND: 29,9%	CLAY: 0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	µm	µm	ϕ	µm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	971,9	635,1	0,655	620,1	0,689	Coarse Sand
SORTING (σ):	787,3	2,751	1,460	2,898	1,535	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,110	-0,546	0,546	-0,287	0,287	Fine Skewed



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 9**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Unimodal, Very Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel

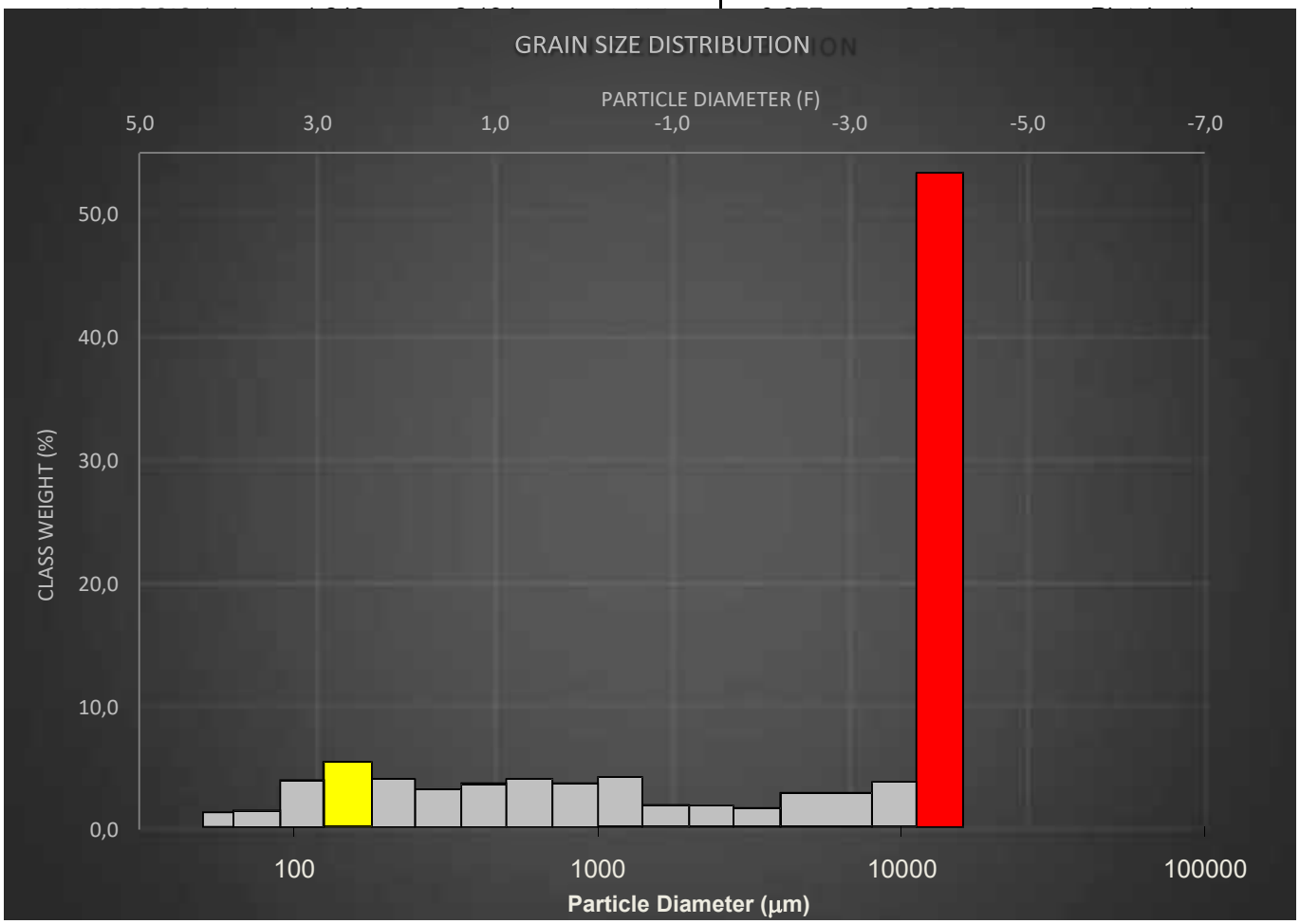
SEDIMENT NAME: Sandy Medium Gravel

	µm	ϕ
MODE 1:	13600,0	-3,743
MODE 2:		
MODE 3:		
D_{10}:	167,0	-3,904
MEDIAN or D_{50}:	11481,1	-3,521
D_{90}:	14972,4	2,582
(D_{90} / D_{10}):	89,67	-0,661
(D_{90} - D_{10}):	14805,5	6,486
(D_{75} / D_{25}):	19,22	-0,134
(D_{75} - D_{25}):	12848,3	4,264

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL: 65,8%	COARSE SAND: 7,3%
SAND: 33,4%	MEDIUM SAND: 6,5%
MUD: 0,7%	FINE SAND: 9,1%
	V FINE SAND: 4,9%
V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,7%
COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%
MEDIUM GRAVEL: 57,2%	MEDIUM SILT: 0,0%
FINE GRAVEL: 5,4%	FINE SILT: 0,0%
V FINE GRAVEL: 3,2%	V FINE SILT: 0,0%
V COARSE SAND: 5,6%	CLAY: 0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	µm	µm	ϕ	µm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	8234,3	3408,2	-1,769	3626,3	-1,859	Very Fine Gravel
SORTING (σ):	6096,9	5,966	2,577	5,566	2,477	Very Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	-0,359	-0,858	0,858	-0,881	0,881	Very Fine Skewed



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 10**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

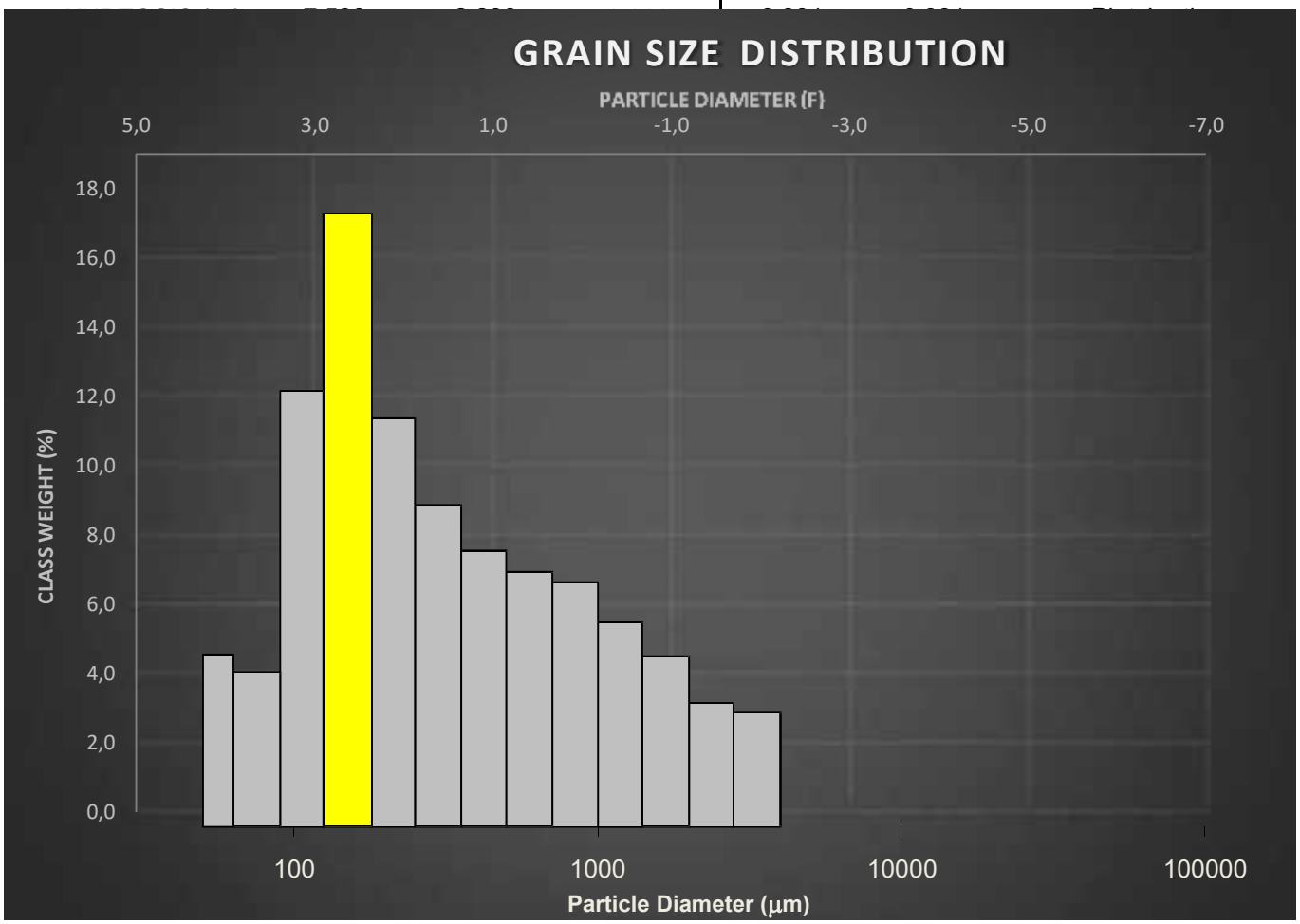
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Fine Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	152,5	2,737
MODE 2:	56,50	4,155
MODE 3:		
D_{10}:	95,06	-0,691
MEDIAN or D_{50}:	248,9	2,007
D_{90}:	1614,7	3,395
(D_{90} / D_{10}):	16,99	-4,911
(D_{90} - D_{10}):	1519,6	4,086
(D_{75} / D_{25}):	5,131	5,699
(D_{75} - D_{25}):	568,5	2,359

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL: 6,9%	COARSE SAND: 14,6%
SAND: 89,8%	MEDIUM SAND: 17,4%
MUD: 3,2%	FINE SAND: 30,1%
	V FINE SAND: 16,8%
V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 3,2%
COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%
MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%
FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%
V FINE GRAVEL: 6,9%	V FINE SILT: 0,0%
V COARSE SAND: 10,9%	CLAY: 0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	596,8	317,9	1,653	314,1	1,671	Medium Sand
SORTING (σ):	765,8	2,912	1,542	3,025	1,597	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2,207	0,509	-0,509	0,298	-0,298	Coarse Skewed



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Espianto 11** ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

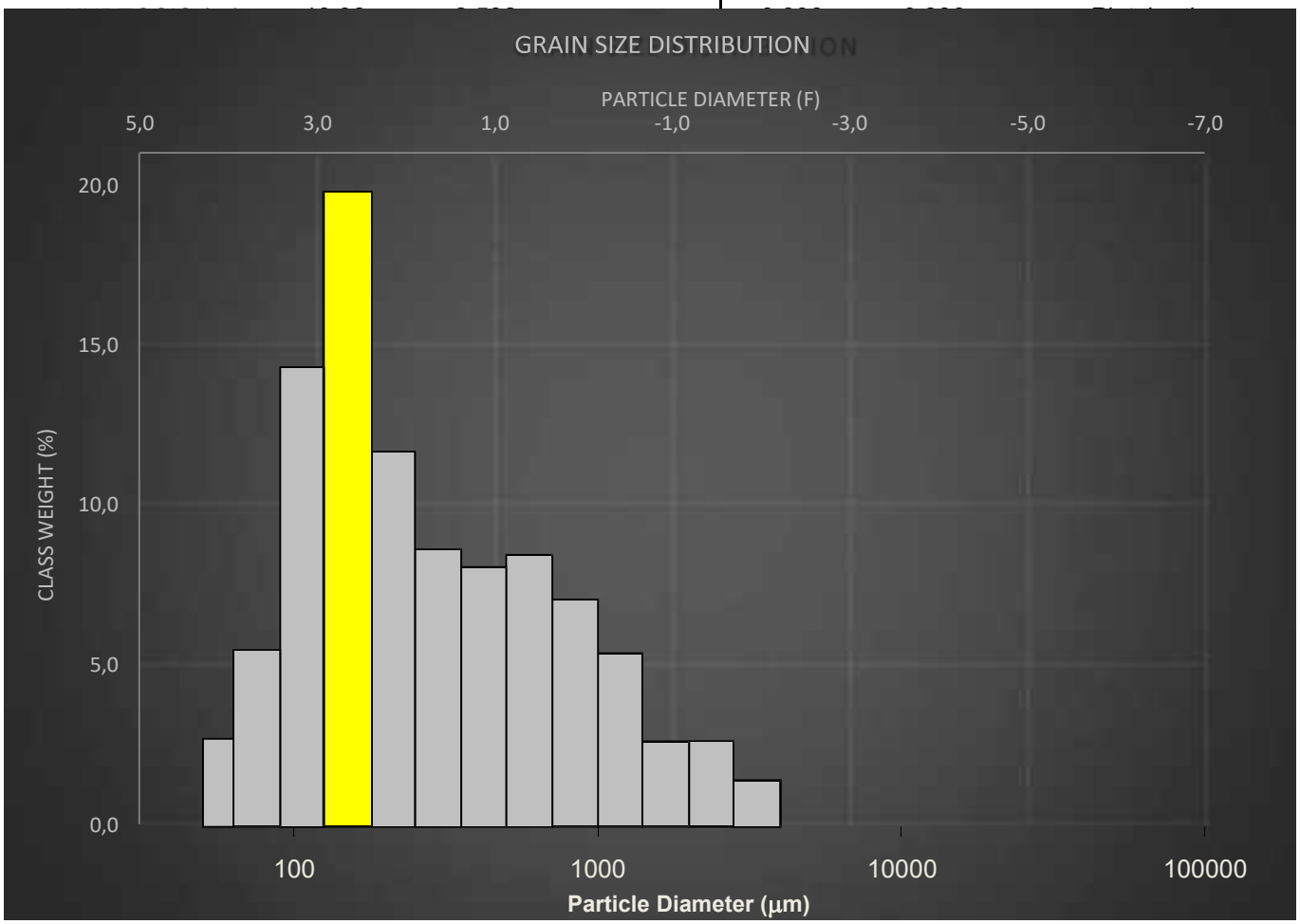
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	152,5	2,737
MODE 2:	605,0	0,747
MODE 3:		
D_{10}:	95,01	-0,217
MEDIAN or D_{50}:	220,1	2,184
D_{90}:	1161,9	3,396
(D_{90} / D_{10}):	12,23	-15,683
(D_{90} - D_{10}):	1066,9	3,612
(D_{75} / D_{25}):	4,325	3,625
(D_{75} - D_{25}):	440,1	2,113

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL: 4,2%	COARSE SAND: 16,0%
SAND: 94,0%	MEDIUM SAND: 17,2%
MUD: 1,8%	FINE SAND: 32,8%
	V FINE SAND: 19,8%
V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 1,8%
COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%
MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%
FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%
V FINE GRAVEL: 4,2%	V FINE SILT: 0,0%
V COARSE SAND: 8,2%	CLAY: 0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	µm	µm	ϕ	µm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	483,3	280,2	1,835	272,8	1,874	Medium Sand
SORTING (σ):	613,7	2,639	1,400	2,690	1,428	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2,683	0,614	-0,614	0,323	-0,323	Very Coarse Skewed



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Reimpianto 2**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

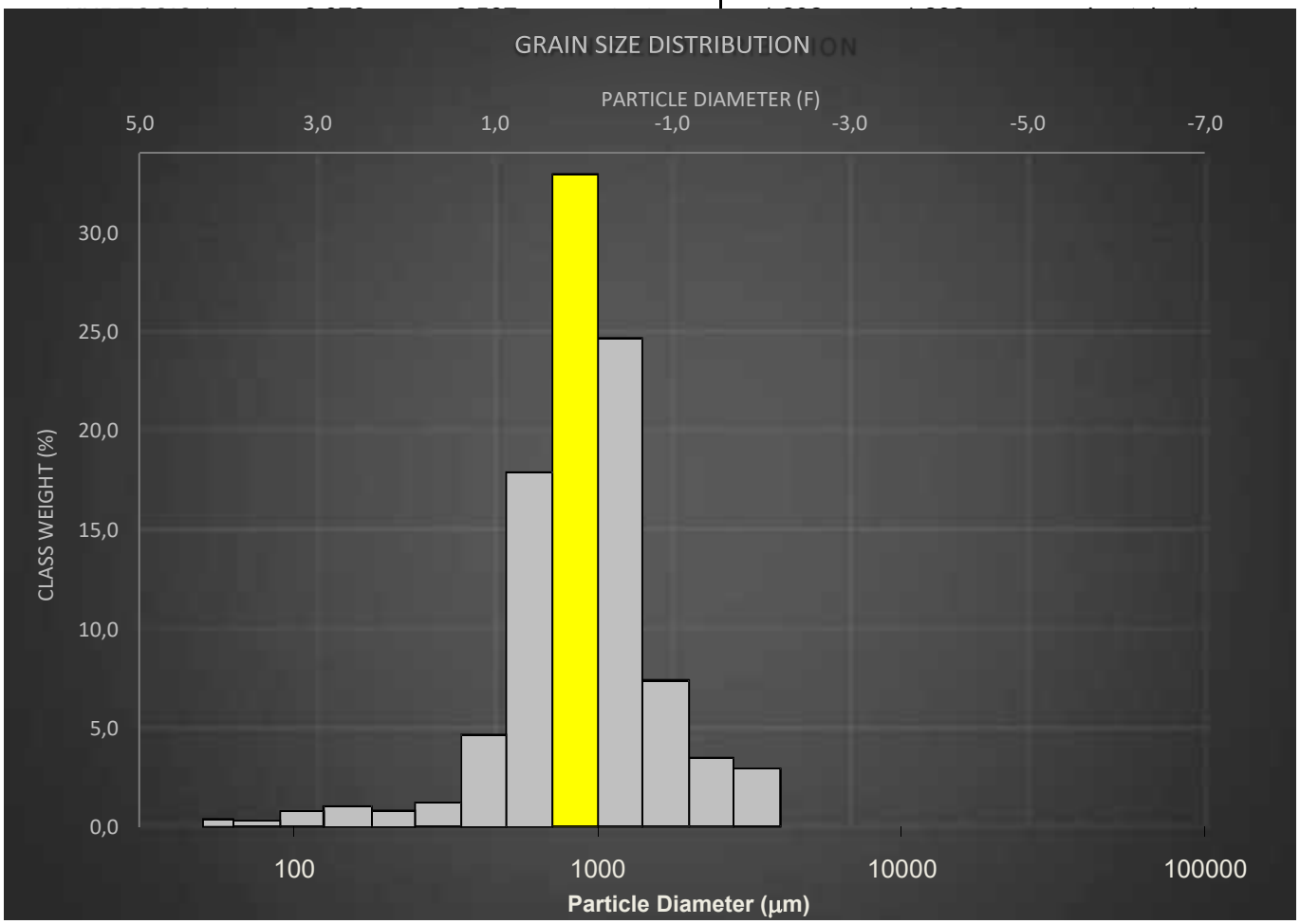
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	855,0	0,247
MODE 2:		
MODE 3:		
D_{10}:	506,9	-0,772
MEDIAN or D_{50}:	891,7	0,165
D_{90}:	1708,0	0,980
(D_{90} / D_{10}):	3,369	-1,269
(D_{90} - D_{10}):	1201,0	1,752
(D_{75} / D_{25}):	1,797	-2,081
(D_{75} - D_{25}):	536,3	0,845

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL: 6,5%	COARSE SAND: 51,9%
SAND: 93,2%	MEDIUM SAND: 6,0%
MUD: 0,3%	FINE SAND: 1,9%
	V FINE SAND: 1,1%
V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,3%
COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%
MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%
FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%
V FINE GRAVEL: 6,5%	V FINE SILT: 0,0%
V COARSE SAND: 32,3%	CLAY: 0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	µm	µm	ϕ	µm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1040,5	880,1	0,184	884,9	0,176	Coarse Sand
SORTING (σ):	611,4	1,787	0,838	1,648	0,721	Moderately Sorted
SKEWNESS (Sk):	2,005	-0,880	0,880	0,006	-0,006	Symmetrical



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Reimpianto 3**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Polymodal, Very Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

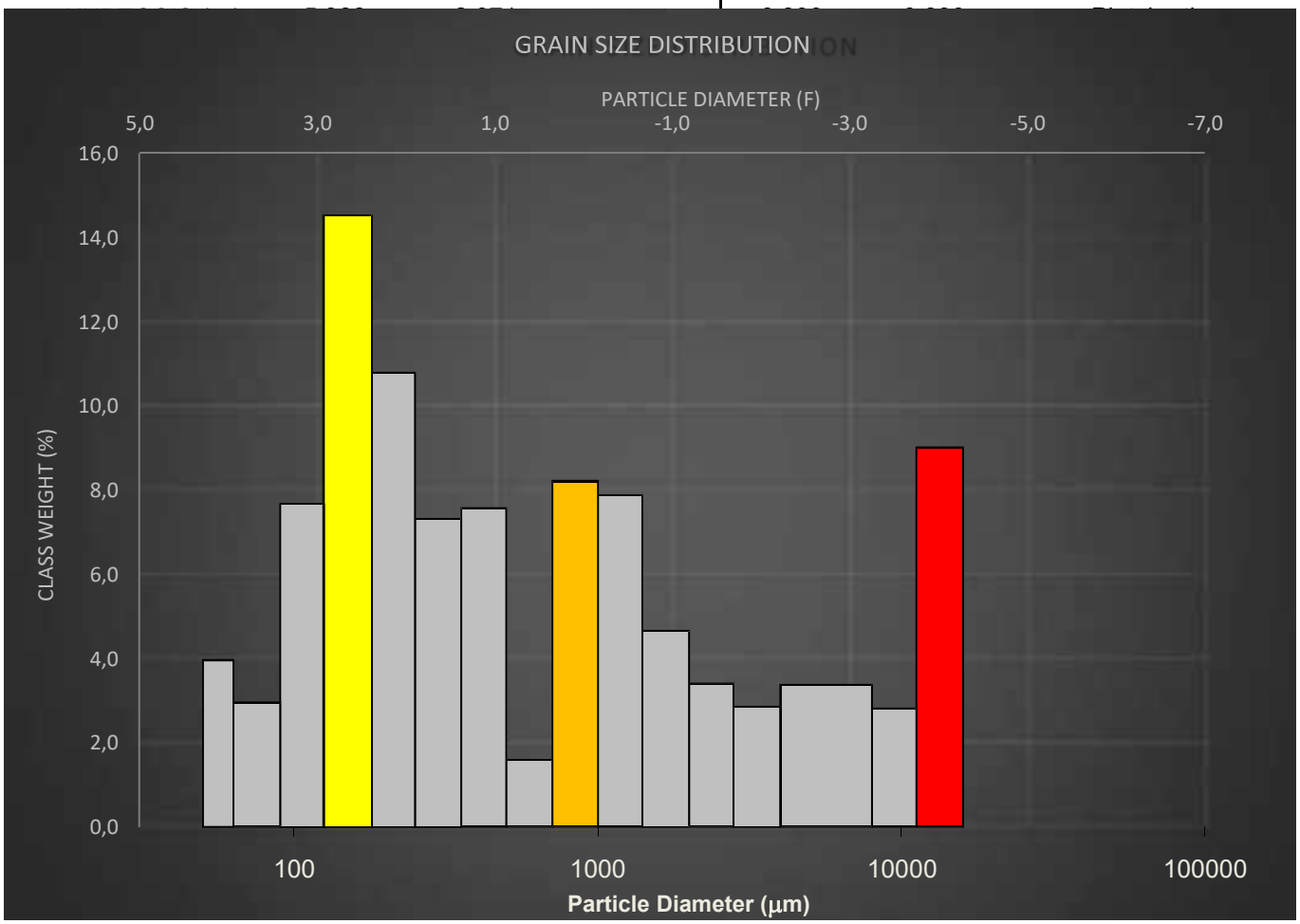
SEDIMENT NAME: Medium Gravelly Fine Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	152,5	2,737
MODE 2:	855,0	0,247
MODE 3:	427,5	1,247
D_{10}:	109,7	-3,348
MEDIAN or D_{50}:	434,0	1,204
D_{90}:	10184,1	3,189
(D_{90} / D_{10}):	92,86	-0,952
(D_{90} - D_{10}):	10074,4	6,537
(D_{75} / D_{25}):	11,85	-2,617
(D_{75} - D_{25}):	1813,8	3,567

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL: 24,9%	COARSE SAND: 9,7%
SAND: 72,6%	MEDIUM SAND: 14,8%
MUD: 2,5%	FINE SAND: 25,4%
	V FINE SAND: 10,3%
V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 2,5%
COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%
MEDIUM GRAVEL: 12,0%	MEDIUM SILT: 0,0%
FINE GRAVEL: 6,7%	FINE SILT: 0,0%
V FINE GRAVEL: 6,2%	V FINE SILT: 0,0%
V COARSE SAND: 12,4%	CLAY: 0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	µm	µm	ϕ	µm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	2459,2	656,9	0,606	675,2	0,567	Coarse Sand
SORTING (σ):	4100,9	5,034	2,332	5,385	2,429	Very Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,941	0,509	-0,509	0,355	-0,355	Very Coarse Skewed



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Reimpianto 8**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

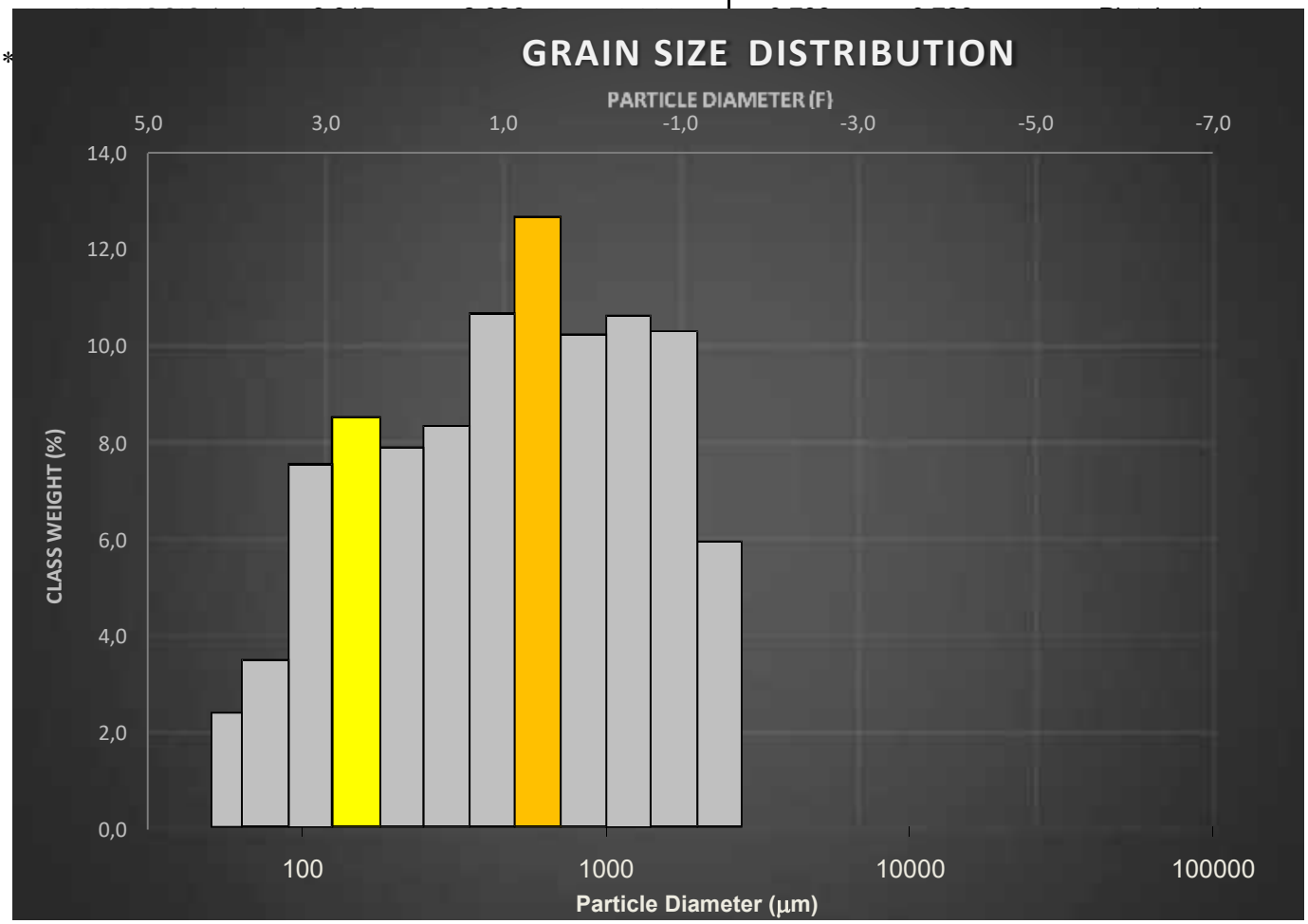
	µm	ϕ
MODE 1:	605,0	0,747
MODE 2:	1200,0	-0,243
MODE 3:	152,5	2,737
D_{10}:	111,1	-0,807
MEDIAN or D_{50}:	513,2	0,962
D_{90}:	1749,7	3,171
(D_{90} / D_{10}):	15,75	-3,928
(D_{90} - D_{10}):	1638,7	3,978
(D_{75} / D_{25}):	5,239	-20,700
(D_{75} - D_{25}):	873,3	2,389

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL: 5,9%	COARSE SAND: 23,6%
SAND: 92,5%	MEDIUM SAND: 19,5%
MUD: 1,6%	FINE SAND: 16,9%
	V FINE SAND: 11,1%
V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 1,6%
COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%
MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%
FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%
V FINE GRAVEL: 5,9%	V FINE SILT: 0,0%
V COARSE SAND: 21,5%	CLAY: 0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	737,6	467,7	1,096	472,3	1,082	Medium Sand
SORTING (σ):	650,3	2,733	1,450	2,885	1,529	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,111	-0,211	0,211	-0,110	0,110	Fine Skewed

*



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Reimpianto 12**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

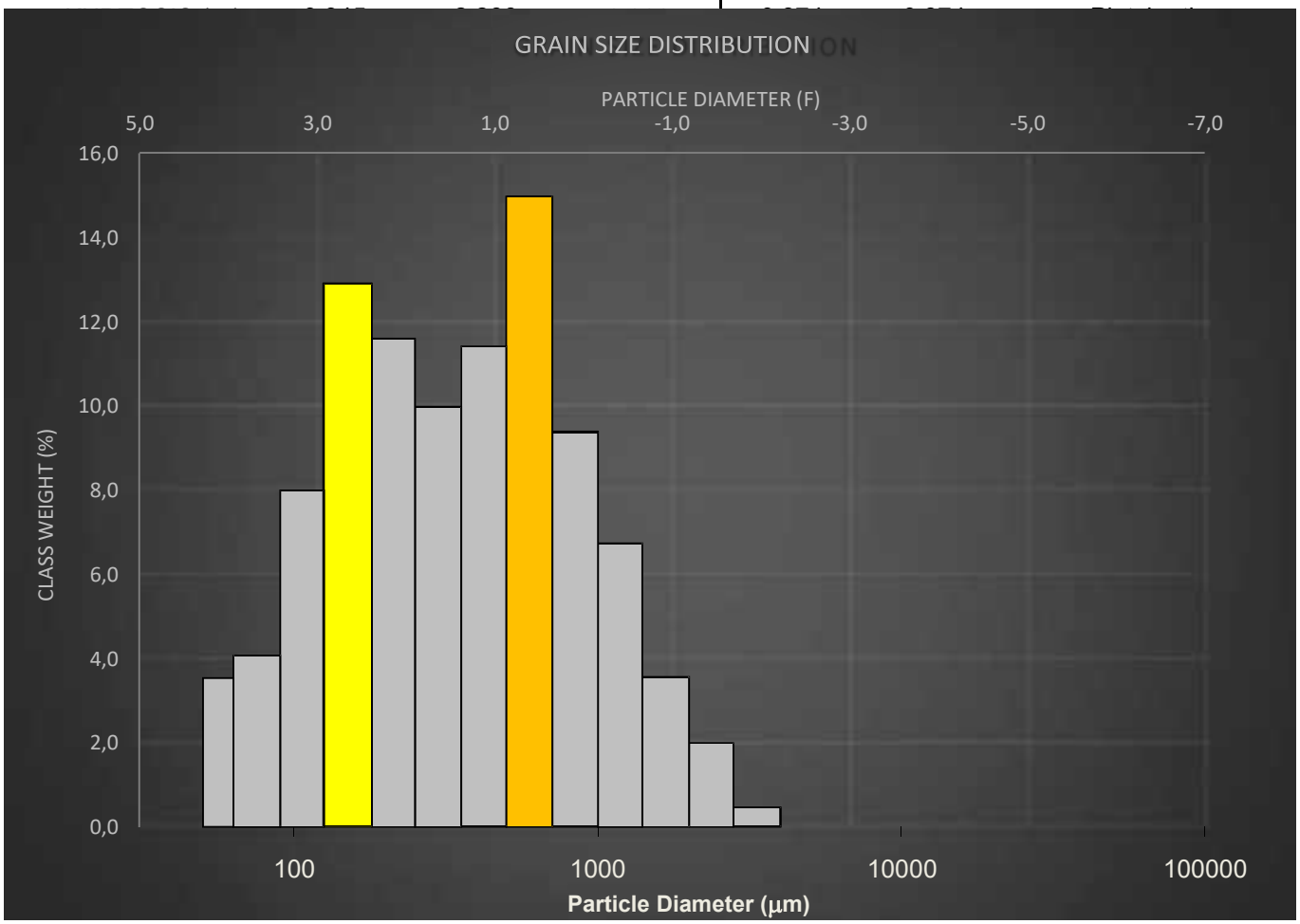
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	605,0	0,747
MODE 2:	152,5	2,737
MODE 3:		
D_{10}:	103,2	-0,215
MEDIAN or D_{50}:	352,1	1,506
D_{90}:	1161,1	3,276
(D_{90} / D_{10}):	11,25	-15,203
(D_{90} - D_{10}):	1057,8	3,491
(D_{75} / D_{25}):	4,092	4,542
(D_{75} - D_{25}):	507,6	2,033

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL: 2,5%	COARSE SAND: 25,2%
SAND: 95,2%	MEDIUM SAND: 22,0%
MUD: 2,3%	FINE SAND: 25,3%
	V FINE SAND: 12,2%
V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 2,3%
COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%
MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%
FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%
V FINE GRAVEL: 2,5%	V FINE SILT: 0,0%
V COARSE SAND: 10,5%	CLAY: 0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	µm	µm	ϕ	µm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	525,2	344,1	1,539	344,9	1,536	Medium Sand
SORTING (σ):	518,0	2,497	1,320	2,557	1,355	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2,213	0,072	-0,072	-0,018	0,018	Symmetrical



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Monitoraggio relativo alle praterie di *Posidonia oceanica*

1. Piano di campionamento – monitoraggio Posidonia

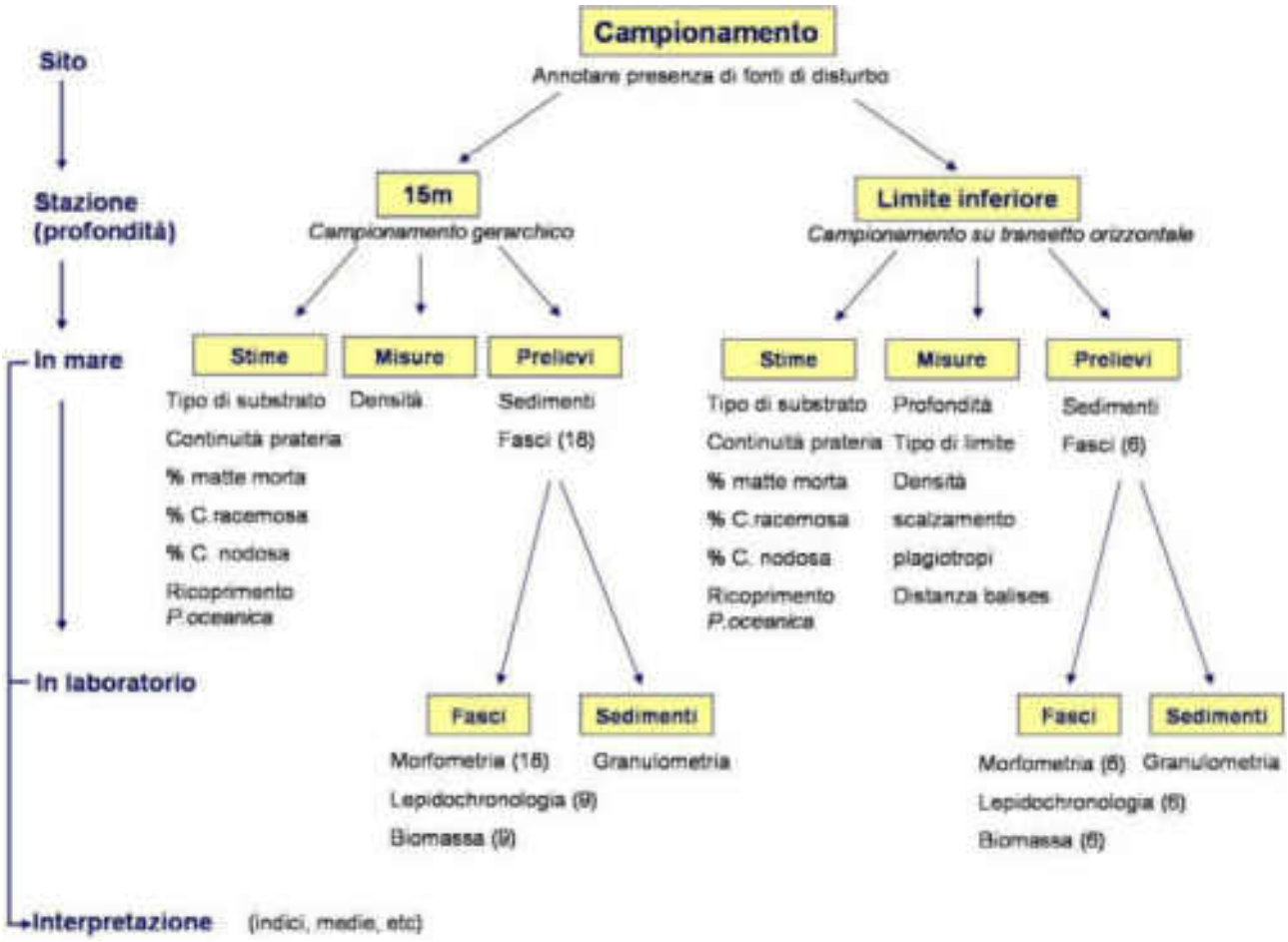


Figura 1: Piano di campionamento per il monitoraggio di *P.oceanica*: stime, misure e prelievi in mare, e analisi di laboratorio.

2. Strategie di campionamento

2.1 Campionamento gerarchico (stazione a 15m)

Una strategia di campionamento gerarchica (figura 2a) permette di avere una confidenza statistica più elevata, e di ridurre la probabilità di includere errori di interpretazione dei dati dovuti alla variabilità naturale della prateria.

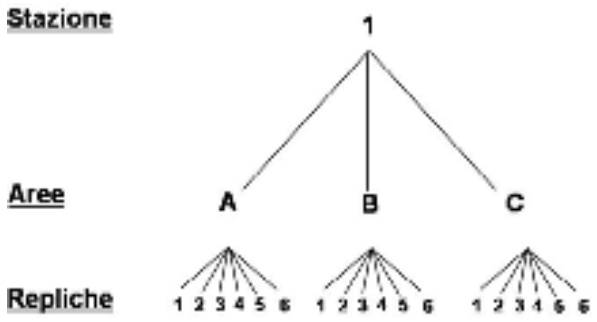


Figura 2a: Schema di una strategia di campionamento gerarchica

La strategia di campionamento gerarchica richiesta per la stazione a 15m, include la definizione di 3 aree (400m^2 circa ciascuna, distanziate di 10m tra loro) in ciascuna delle quali verranno effettuati:

- 3 repliche per le misure di densità,
- 6 repliche per i prelievi di fasci ortotropi (Figura 2b).

Le repliche in una stessa area devono essere distanziate, tra di loro, di almeno 1 metro.

L'ultima replica in un'area e la prima replica dell'area seguente, devono essere distanziate di circa 10 metri.

In totale verranno effettuate quindi 9 misure di densità e 3 misure di ricoprimento e verranno prelevati 18 fasci ortotropi.

NOTA: i fasci da prelevare non devono essere né terminali, né doppi (in divisione) e possibilmente lunghi.

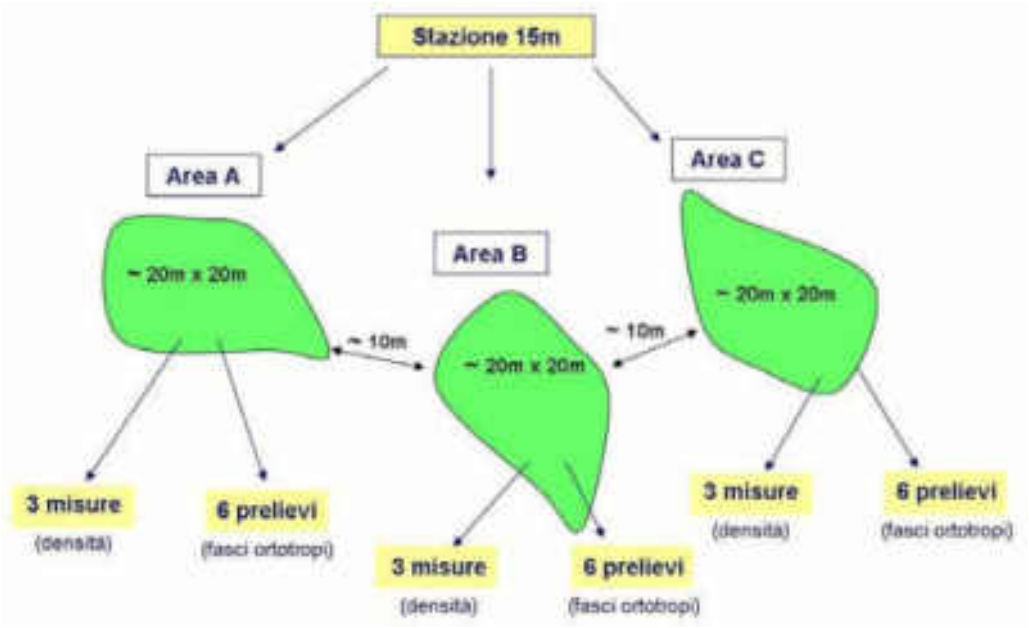


Figura 2b: Strategia di campionamento gerarchica, richiesta per il monitoraggio di *P.oceanica* sulla stazione di 15m.

Per ciascuna delle 3 aree, oltre alle misure e i prelievi di cui sopra, dovranno essere effettuate delle stime relative a: ricoprimento della *P. oceanica*, tipo di substrato, continuità della prateria, % matte morta, % *Caulerpa racemosa*, % *Cymodocea nodosa*. Tali stime dovranno essere eseguite a scala di stazione, valutate da due operatori indipendenti ed espresse come percentuale; le due valutazioni dovranno poi essere mediate per determinare la stima complessiva.

2.2 Campionamento su transetto orizzontale (stazione sul limite inferiore)

Sul limite inferiore indagato, la strategia di campionamento dovrà essere realizzata lungo un transetto orizzontale, in corrispondenza dei *balise* (i.e. transetto di 50-60m).

Verranno effettuati:

- 6 repliche per le misure di densità,
- 6 prelievi di fasci ortotropi.

Le repliche saranno casuali lungo il transetto e distanziate tra loro minimo 1m (idealmente ogni replica è presa su una porzione diversa del *balisage* – i.e. una porzione è definita da 2 balises successivi).

Oltre alle misure e i prelievi di cui sopra, dovrà essere effettuata una singola stima relativa a: Ricoprimento della *P. oceanica*, tipo di substrato, continuità della prateria, % matte morta, % *Caulerpa racemosa*, % *Cymodocea nodosa*, effettuata lungo la totalità del transetto, valutata sulla base delle osservazioni di due operatori indipendenti (come per la stazione a 15m).

3. Parametri

3.1 Stime visive in mare (entrambe le stazioni)

Le stime visive sono effettuate come specificato sopra per le 2 stazioni a diversa profondità, a scala di stazione in immersione subacquea (o a bordo di un natante per le fonti di disturbo).

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Continuità della prateria	1=continuo 2=discontinuo	1-2
Ricoprimento % matte morta	%	%
Ricoprimento % *P. oceanica* viva	%	%
Ricoprimento % *Caluerpa racemosa*	%	%
Ricoprimento % *Cymodocea nodosa*	%	%
Tipo di substrato	1= roccia 2=sabbia 3=matte	1-2-3
Fonti di disturbo evidenti	1=pres.za 2=ass.za	pres/ass
Composizione prateria	1=pura 2=mista	1-2
Presenza alghe alloctone	1= *Caluerpa racemosa 2= Caluerpa taxifolia 3*=entrambi	1-2-3

Tabella 1: stime visive da effettuare in mare e relativi riferimenti MATTM

Ricoprimento: espresso come percentuale (%) di substrato ricoperto dalle piante, rispetto a quello non ricoperto (sabbia, roccia "matte" morta etc.).

Misura (stima): due operatori valutano indipendentemente la porzione di substrato ricoperto da *Posidonia oceanica* viva, all'interno di un'area di circonferenza di 5 metri di raggio (disegnata attorno a un punto fisso). I due operatori esprimono le loro stime (%) visive; la media tra le due stime fornisce il valore di ricoprimento (Buia *et al*., 2003).

3.2 Misure in immersione subacquea su entrambe le stazioni

La densità è l'unica misura da effettuare in mare per entrambe le stazioni, oltre al prelievo di fasci.

Densità: conta dei fasci nel quadrato 40x40cm (repliche precisate nella strategia di campionamento: 9 a 15 m, 6 sul limite inferiore). I numeri di fasci per quadrato devono essere poi estrapolati al m^2.

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Densità assoluta dei fasci fogliari	Numero dei fasci fogliari per metro quadrato	Num/m2

Tabella 2: Misure da effettuare in mare a 15m e sul limite inferiore e relativi riferimenti MATTM

Prelievo di fasci per le analisi di laboratorio (repliche precisate nella strategia: 18 a 15m, 6 sul limite inferiore).

Prelievo di sedimenti: dovrà essere effettuato un prelievo di sedimento per stazione tramite l'uso di un carotiere in PVC.

3.3 Misure in immersione subacquea solo sul limite inferiore della prateria

Le misure relative al marcaggio del limite inferiore della prateria di *P. oceanica* (*balisage*) sono effettuate seguendo il protocollo definito da Bertrandy *et al.* (1986) e Boudouresque *et al.* (2000).

Le misure sottoelencate dovrebbero essere, in linea generale, riferite ad operazioni di ritorno sui *balise* già posizionati nel corso del Programma di Monitoraggio 2001-2007.

Profondità del limite inferiore: misurata all'altezza di ogni *balise* (10-11 repliche).

Tipo di limite inferiore: video o fotografia lungo il transetto. Il limite inferiore viene poi caratterizzato in uno dei 4 limiti definiti da Meinesz & Laurent (1978).

Scalzamento della prateria e Portamento dei rizomi (% di rizomi plagiotropi): possono essere misurati direttamente nello stesso quadrato utilizzato per misurare la densità; contare il numero di rizomi scalzati e di rizomi plagiotropi presenti nel quadrato e rapportarlo al numero totale di rizomi (conte di densità).

Scalzamento dei rizomi in cm: definito da Boudouresque *et al.* (1984) è la distanza tra il sedimento e la base delle foglie per i rizomi ortotropi, o la distanza tra il sedimento e la parte inferiore dei rizomi per i rizomi plagiotropi. Lo scalzamento in cm è misurato per 6 singoli rizomi ortotropi, selezionati casualmente, in corrispondenza del limite e a una distanza minima tra fasci di 1m. Questa distanza è misurata con l'aiuto di una distanza di riferimento (per esempio una porzione della lavagnetta graduata).

Distanza dal corpo morto

Effettuare le riprese fotografiche già specificate nelle Metodologie Analitiche di riferimento del Programma di Monitoraggio 2001-2007 (Cicero, Di Girolamo (Ed), 2001):

- 3 riprese in orizzontale (centrale, laterale destra e sinistra) ad altezza di 0,5 m dal fondo, utilizzando il picchetto già installato a circa 1,5 m dal balise, a valle rispetto al limite della prateria
- una fotografia dall'alto, al di sopra del balise (perpendicolare), ad una distanza di circa 1,5 m da questo.

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Scalzamento dei rizomi ortotropi	centimetri	cm
Scalzamento dei rizomi plagiotropi	centimetri	cm
Profondità limite inferiore	metri	m
Tipo di limite	1=netto 2=progressivo 3= erosivo 4= regressivo	1-2-3-4
Scalzamento della prateria	% n. rizomi scalzati/ n. rizomi totali	%
Portamento rizomi (% rizomi plagiotropi)	% rizomi plagiotropi	%
Distanza corpo morto n.1 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.2 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.3 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.4 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.5 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.6 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.7 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.8 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.9 al limite inf.	centimetri	cm
Distanza corpo morto n.10 al limite inf.	centimetri	cm

Tabella 3: Misure da effettuare in mare solo sul limite inferiore e relativi riferimenti MATTM

3.4 Analisi in laboratorio (entrambe le stazioni)

Le misure di laboratorio sui fasci prelevati devono essere effettuate nel seguente ordine: parametri

lepidocronologici – parametri morfometrici – parametri di biomassa.

A 15 m, le misure morfometriche sono effettuate sui 18 fasci prelevati, mentre le misure lepidocronologiche sono effettuate solo su 9 di questi fasci. I 9 fasci saranno selezionati in base al criterio di lunghezza del rizoma: per ogni area saranno selezionate i 3 fasci con il rizoma più lungo. Sul limite inferiore sono prelevati solo 6 fasci, le misure morfometriche e lepidocronologiche sono effettuate su tutti i fasci.

3.4.1 Parametri lepidocronologici

Prima di misurare i parametri lepidocronologici è necessario misurare la lunghezza del rizoma. I parametri lepidocronologici sono misurati seguendo il protocollo di Pergent (1990), presentato anche in Buia *et al.* (2003).

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Produzione annuale rizoma	mg fascio all'anno	mg/fas/anno
Lepidocronologia Allungamento annuale del rizoma	millimetri per anno	mm/anno
Lepidocronologia Numero foglie fascio anno	numero foglie fascio anno	num anno
Lepidocronologia Lunghezza intera rizoma	centimetri	cm
Età rizoma	anni	anni

Tabella 4: Parametri lepidocronologici e relativi riferimenti MATTM

3.4.2 Parametri morfometrici

I parametri morfometrici sono misurati seguendo il protocollo di Giraud (1979), presentato anche in Buia *et al.* (2004). Una volta misurati i parametri morfometrici, conservare le foglie per la misura dei parametri di biomassa.

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Larghezza foglie giovanili	centimetri	cm
Lunghezza totale foglie giovanili	centimetri	cm
Larghezza foglie intermedie	centimetri	cm
Lunghezza totale foglie intermedie	centimetri	cm
Lunghezza tessuto bruno foglie interm,	centimetri	cm
Larghezza foglie adulte	centimetri	cm
Lunghezza totale foglie adulte	centimetri	cm
Lunghezza tessuto bruno foglie adulte	centimetri	cm
Lunghezza della base foglie adulte	centimetri	cm

N.ro medio foglie x ciuffo (ad.+interm.)	numero medio foglie per ciuffo	num/ciuffo
Coefficiente A adulte	% adulte con apice rotto su numero totale adulte	%
Coefficiente A intermedie	% intermedie con apice rotto su numero totale intermedie	%
Lunghezza foglia intermedia + lunga	centimetri	cm
Superficie fogliare fascio (ad.+interm)	centimetri quadri per fascio	cmq/fascio

Tabella 5: Parametri morfometrici e relativi riferimenti MATTM

(Nota: la superficie fogliare per fascio risulta dall'interpretazione dei dati precedenti (larghezza, lunghezza e numero di foglie).

3.4.3 Parametri di biomassa

I parametri di biomassa sono espressi in mg di peso secco. Foglie ed epifiti vengono quindi seccati, in una stufa a 60°C fino ad ottenere un peso costante (approx 48h), e poi pesati.

Biomassa fogliare: separare la foglia più vecchia dalle altre. Seccare e pesare separatamente: i) la foglia più vecchia, ii) il resto delle foglie del fascio (non dimenticarsi di sommare i due per il parametro di biomassa fogliare del fascio)

Parametro	**Unità di misura**	**Sintesi**
Biomassa fogliare ciuffo (ad.+interm.)	grammi peso secco su fascio	g ps
Biomassa epifiti	milligrammi/fascio	mg/fascio
Produzione fogliare per fascio	grammi per anno	g/anno

Tabella 5: Parametri di biomassa e relativi riferimenti MATTM

Produzione fogliare fascio: Metodologie Analitiche di riferimento del Programma di Monitoraggio 2001-2007 (Cicero, Di Girolamo (Ed), 2001).

La produzione fogliare viene calcolata applicando la formula:

$$P = N \times L \times D \text{ dove:}$$

N = numero medio di foglie x fascio,

L = lunghezza media annuale delle foglie

D = densità media annuale delle foglie più vecchie

NOTA: registrare e conservare i dati bruti dei valori N, L e D. Non applicare fattori di conversione

3.4.4 Granulometria del sedimento

Fare riferimento alle Metodologie Analitiche di riferimento del Programma di Monitoraggio 2001- 2007 (Cicero, Di Girolamo (Ed), 2001)**Parametro**	**Unità di misura**	**Sintesi**
Sabbia (0.063 mm<x<2mm)	% su totale sedimento	%
Ghiaia (diametro > 2mm)	% su totale sedimento	%
Peliti (diametro < 0.063mm)	% su totale sedimento	%

Tabella 6: Parametri di granulometria del sedimento e relativi riferimenti MATTM

4. Elaborazione Dati

IMPORTANTE: La maggior parte dei parametri richiedono un'interpretazione (tutti ad eccezione delle stime visive).

Le medie saranno effettuate rispettando le strategie di campionamento

- a 15m:

i) media per ogni replica,
ii) media delle repliche in ciascuna area,
iii) media delle 3 aree per stazione;

- sul limite inferiore indagato:

i) media per replica,
ii) media delle repliche per stazione.

Per le misure in mare e le analisi di laboratorio vedi paragrafi 3.2, 3.3, 3.4, e i protocolli di riferimento.

Indice di Conservazione (Moreno *et al.,* 2001), CI:
CI = L/(L+D)
L: % *P. oceanica* viva, D: % matte morta

Indice di Sostituzione (Montefalcone *et al*., 2006), SI:
SI = Cn/(Po+Cn)
Cn: % *C. nodosa*, Po: % *P. oceanica*

I parametri necessari per il calcolo di questi due indici sono descritti nel §3.1

Parametri a supporto

Per la stazione a 15 m:

Intensità della luce e della temperatura: una categoria di strumenti il cui uso è sempre più diffuso è costituita da data loggers, sono strumenti di piccole dimensioni, essi possono essere lasciati in situ e permettono di ottenere una notevole risoluzione spaziale e temporale delle misure in continuo. Le caratteristiche dei modelli utilizzabili sono illustrate nel *"Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo*" cui si può fare riferimento (Lorenti M., De Falco G. 2003). Di norma tali strumenti sono di forma cilindrica o circolare e hanno dimensioni variabili tra i 7 e i 13 cm, l'accuratezza dichiarata varia tra + 0,2 e 0,05 °C mentre gli intervalli di campionamento vanno dal secondo alle 90 ore. Le procedure di utilizzo della sonda data loggers prevedono le seguenti fasi: 1) la programmazione dell'attività del sensore della luce e della temperatura e l'impostazione degli intervalli temporali di acquisizione dei dati (preferibilmente ogni 30 minuti) con l'ausilio dell'apposito software dedicato previo collegamento al computer (operazione da eseguire in barca o in laboratorio); 2) la collocazione e l'ancoraggio in situ del data loggers (mediante picchetti o corpi in cemento muniti di piccole boe). Posizionare la sonda tra le foglie di *P.oceanica* evitando che essa sporga troppo, segnalare con un sistema GPS le coordinate di riferimento del luogo dove è stata riposta la sonda; 3) una volta che l'attrezzo è stato riportato in superficie, lo scarico dei dati avviene mediante lo stesso software di gestione, che in genere permette anche l'elaborazione di grafici.

N.B. Per il monitoraggio condotto ai sensi del D.Lgs. 152/2006 non è obbligatorio l'impiego della sonda mentre è obbligatoria la misura della trasparenza (disco Secchi) e della temperatura.

Bibliografia:

Bertrandy M.C., Boudouresque C.F., Foret P., Lefevre J.R., Meinesz A., 1986. Réseau de surveillance Posidonies. Rapport 1985. GIS Posidonie Publ., Marseille, Fr. 1-61

Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Meinesz A., 1984. Relation entre la sédimentation et l'allongement desrhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse). *In*: Boudouresque C.F, Jeudy de grissac A., Olivier J. Eds. International workshop on *Posidonia oceanica* Beds. GIS Posidonie publ., Fr., pp. 185-191.

Boudouresque C.F., Charbonnel E., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Cadiou G., Bertrandy M.C., Foret P., Ragazzi M., Rico-Raimondino V., 2000. A monitoring network based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the northwestern Mediterranean Sea. *Biologia Marina Mediterranea* 7, 328-331

Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M. 2003. I sistemi a fanerogame marine. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Editors). Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biol. Mar. Med*, 19 (Suppl.): 145-198.

Cicero A.M., Di Girolamo I. (Ed), 2001 Metodologie analitiche di riferimento del Programma di Monitoraggio dell'ambiente marino costiero (Triennio 2001-2003). Roma, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM

Giraud G., 1979. Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle de Marseille* 39, 33-39.

Lorenti M., De Falco G. 2003. Misura e caratterizzazione di variabili abiotiche. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Editors). Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biol. Mar. Med*, 19 (Suppl.): 1-41.

Meinesz A. & Laurent R., 1978, Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-maritimes (France). *Botanica* marina 21, 513-526.

Montefalcone M., Albertelli G., Bianchi C.N., Mariani M., Morri C., 2006. A new synthetic index and a protocol for monitoring the status of *Posidonia oceanica* meadows: a case study at Sanremo (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16, 29-42.

Moreno D., Aguilera P., Castro H., 2001. Assessment of the conservation status of seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows: implications for monitoring strategy and the decision-making process. *Biological Conservation* 102, 325 - 332.

Pergent G., 1990. Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: A standardised approach. *Aquatic Botany* 57, 39-54.

Pergent G., Clabaut P., Mimault B., Pasqualini V., Pergent-Martini C., 2005. Mise en oeuvre d'un réseau de surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse. Deuxième phase : Porto-Vecchio/Ajaccio. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et GIS Posidonie Centre de Corse, GIS Posidonie Publ., Corte, pp.1-133.

ALLEGATO 2 BIS

PIANO DI MONITORAGGIO

Quadro delle attività di monitoraggio del posidonieto interessato dai dissuasori antistrascico (5 anni) nell'area marina del Parco Nazionale dell'Isola dell'Asinara

Transetti, indagini quantitative, balisage, colonizzazione dei substrati artificiali, durata, cadenza e modalità concordate con Ente Parco Asinara e l'Autorità Portuale della Sardegna

Transetti mediante indagini ROV

Le riprese subacquee mediante R.O.V. (Remote Operating Vehicle) verranno eseguite per rilevare le eventuali modificazioni di progressione/regressione della prateria a seguito del posizionamento dei manufatti antistrascico. L'acquisizione dei vari descrittori fisici, fisiografici e strutturali della prateria permetterà di stimare eventuali impatti inaspettati successivi al posizionamento dei dissuasori e rilevare l'evoluzione dei solchi causati dalle attività illegali di pesca a strascico. Le riprese video verranno condotte nell'area riferendosi al posizionamento dei moduli artificiali, lungo una griglia di transetti paralleli e/o perpendicolari alla linea di costa. Nel corso del rilievo video, verrà mantenuta una velocità ed una distanza costante dal fondo.

I transetti video saranno eseguiti per coprire un'area statisticamente significativa rispetto a quella di riferimento, saranno georeferenziati ed eseguiti anche nelle successive campagne, con la stessa metodologia e posizione. Saranno rilevati profondità, distanza percorsa e orario, per renderle comparabili con quelle eseguite in tempi successivi. I rilievi Side Scan Sonar, già eseguiti in diverse campagne dal Parco Nazionale dell'Asinara saranno utilizzati come dati di "corredo". Le riprese video, successivamente alla posa dei moduli, nell'arco dei primi 24 mesi, verranno eseguite 4 volte con frequenza semestrale. Nei successivi 36 mesi si eseguirà una campagna per anno durante il periodo estivo per un totale di 3 campagne di monitoraggio.

Indagini quantitative: Descrittori strutturali, funzionali ed ecologici

Nell'area saranno eseguite indagini quantitative nella prateria a *Posidonia oceanica*, per valutare i seguenti descrittori quantitativi:

1. Macroripartizione,
2. Fenologia,
3. Biomassa epifita delle foglie,
4. Lepidocronologia.
5. Rete di osservazione – Balisage
6. Calcolo dell'Indice PREI
7. Studio dei popolamenti su substrati duri artificiali (colonizzazione – recruiment) e loro dinamiche sulle superfici dei dissuasori.

Attività in elenco saranno svolte secondo il protocollo ISPRA relativo al monitoraggio di *P. oceanica*.

Macroripartizione

Lo studio della macroripartizione ha lo scopo, attraverso le misure di densità, di fornire informazioni sulla strategia di colonizzazione attuata dalla pianta oltre che di descrivere la prateria. Essa comporta misure di ***densità*** che vengono effettuate in immersione lanciando sulla prateria in maniera del tutto casuale un quadrato 40x40cm entro il quale viene effettuata la conta del numero di fasci fogliari. Tale operazione viene effettuata da due operatori diversi per un numero di volte sufficiente a rendere minima l'incidenza delle variazioni ottenibili in misure su piccola scala (almeno dieci). Inoltre, la porzione di substrato ricoperto dalla prateria nell'intorno del punto-stazione (circonferenza di 5 m di raggio) viene valutata indipendentemente da due operatori, che esprimono le loro stime utilizzando una scala semiquantitativa (in decimi) e poi mediata (Buia et al. 2003). Le stime di *copertura* potranno essere anche valutate attraverso le riprese filmate mediante R.O.V. o telecamera filoguidata. *Sarà pertanto valutata la stima della % copertura P. oceanica viva, % copertura matte morta, % copertura C. nodosa, % copertura C. racemosa o altre alghe quando presenti*, osservazione sullo l'insediamento dei rizomi nel substrato, stima relativa alla presenza di rizomi plagiotropi. Le misure in situ e le osservazioni visive saranno annotate su apposite lavagnette subacquee ed in barca riportate su log cartacei.

Le indagini fenologiche

Riguardano le strutture anatomiche visibili della pianta; in ciascuna stazione saranno prelevati 10 fasci fogliari, immediatamente dopo il prelievo i campioni verranno opportunamente trasportati con contenitori frigo sino all'arrivo in laboratorio dove i campioni medesimi verranno conservati in un apposito freezera
- 20 ° C. I fasci fogliari ed i rizomi raccolti in ognuna delle stazioni di campionamento verranno analizzati secondo il protocollo di Giraud (1977).

Biomassa

La biomassa fogliare media per ciuffo (mg ps ciuffo-1) misura la biomassa di tutti i lembi fogliari (sia verdi che bruni); il valore ottenuto è mediato per il numero di ciuffi campionati. Questo descrittore sarà riferito separatamente al tessuto bruno e a quello verde. Allo stesso modo si calcolerà la biomassa media delle basi per ciuffo. Indice di Superficie Fogliare (Leaf Area Index) (m2 m-2): sarà successivamente calcolato moltiplicando la superficie fogliare media per ciuffo per la densità della prateria rapportata al metro quadro.

Le indagini lepidocronologiche

Verranno effettuate secondo il protocollo di Pergent (1990); Pergent and Pergent-Martini (1991) e da Pergent-Martini et al. (1994). Partendo dalla base del rizoma verticale (quella di attacco al plagiotropo), si procede in direzione del ciuffo, staccando con delicatezza le scaglie e ordinandole secondo la loro disposizione distica: sul banco verranno appoggiate in successione le scaglie opposte. Misurandone lo spessore vengono individuate le scaglie con spessore minimo, in corrispondenza del quale si taglia il rizoma, lo si misura e lo si lascia in vicinanza del ciclo individuato. Di ogni scaglia integra si rileva anche la lunghezza, mentre delle foglie presenti sul ciuffo terminale si rilevano le variabili descritte per la fenologia e la biomassa, avendo cura di conservare separatamente le foglie adulte più vecchie di ogni ciuffo. Dopo aver tolto tutte le scaglie, sarà possibile contare gli anni lepidocronologici individuati e, partendo dall'anno di studio, risalire all'età di ogni porzione di rizoma; contando le scaglie comprese negli anni individuati, si otterrà il numero di foglie prodotte nei rispettivi anni. Le porzioni datate di rizoma possono quindi essere avvolte nella carta stagnola e messe in stufa a 60 °C sino al raggiungimento del peso costante, per la valutazione della loro biomassa. Dai dati raccolti sarà possibile poi calcolare tasso di formazione delle foglie, il tasso di allungamento del rizoma, la produzione del rizoma e la produzione fogliare

Rete di Osservazione – Balisage

Nell'area, al fine di valutare la dinamica della prateria, dovranno essere posizionate una rete di osservazione tipo *balisage*. I balises dovranno essere posizionati in 3 aree significative di cui una posta nella porzione superficiale, una nella porzione intermedia e una nella porzione profonda dell'area della prateria "caratterizzate dalla presenza di patch di *P. oceanica*" secondo la metodologia proposta da Pergent (2007). Per la posa si utilizzeranno i tracciati ROV descritti in precedenza per identificare le *patch* che sono piuttosto discontinue e difficili da rilevare da un operatore in immersione soprattutto nella frazione intermedia e profonda del posidonieto. I *balises* saranno realizzati secondo le indicazioni di Pergent (2007).

Indice PREI

La Direttiva quadro sulle Acque (2000/60/CE), indica nelle fanerogame marine (tra cui *P. oceanica*) uno tra gli Elementi di Qualità Biologica (EQB) da utilizzare per la classificazione dei Corpi Idrici marino-costieri, così come anche recepito dalle norme italiane (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.). L'utilizzo dell'indice sintetico PREI (*Posidonia oceanica* Rapid Easy lndex), si basa sulla densità della prateria, la superficie fogliare, il rapporto tra la biomassa degli epifiti di *P. oceanica* e la biomassa fogliare:

- ✓ la densità della prateria (fasci m^2);
- ✓ la superficie fogliare fascio, (cm^2 $fascio^{-1}$);
- ✓ il rapporto tra la biomassa degli epifiti (mg $fascio^{-1}$) e la biomassa fogliare del fascio (mg $fascio^{-1}$);
- ✓ la profondità del limite inferiore e la tipologia del limite inferiore.

La densità della prateria, la superficie fogliare fascio e il rapporto tra la biomassa degli epifiti e la biomassa fogliare vengono valutati alla profondità standard di 15 m, su substrato sabbia o matte; nei casi in cui lo sviluppo batimetrico della prateria non consenta il campionamento alla profondità standard, può essere individuata, motivandone la scelta, una profondità idonea al caso specifico.
La modalità di calcolo dell'indice PREI prevede l'applicazione della seguente equazione:

$$ROE= (ROE+ 0,11)/(1 + 0,10)$$

Dove ROE= (Ndensità + Nsuperficie fogliare fascio + Nbiomassa epifiti/biomassa fogliare + Nlimite inferiore)/3,5

Ndensità = valore misurato - 0 l valore di riferimento - 0, in cui 0 viene considerato il valore di densità indicativo di pessime condizioni.
Nsuperficie fogliare fascio= valore misurato - 0 l valore di riferimento - 0, in cui 0 viene considerato il valore di superficie fogliare fascio indicativo di pessime condizioni.
Nbiomassa epifiti/biomassa fogliare= [1- (biomassa epifiti/biomassa fogliare)] 0,5.*

Nlimite inferiore= (N- 12) l (valore di riferimento profondità- 12), in cui 12m viene considerata la profondità minima del limite inferiore indicativa di pessime condizioni.
N= profondità limite inferiore misurata + 0, dove 0= 0 (limite inferiore stabile), 0=3 (limite inferiore progressivo), 0= -3 (limite inferiore regressivo).

Il valore del PREI varia tra 0 ed 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Il risultato finale dell'applicazione dell'Indice PREI non fornisce un valore assoluto, ma direttamente ilrapporto di qualità ecologica (RQE).

La comunità epifita

Le lunghe lamine fogliari di P. oceanica rappresentano il substrato d'elezione per molte specie sessili sia animali sia vegetali, che costituiscono una ben strutturata comunità epifita (Fresi et al., 1982). Tale comunità gioca un ruolo essenziale nel trasferimento dell'energia dalla pianta ai livelli trofici superiori e presenta un pattern generale di strutturazione fortemente influenzato dall'età del substrato (Casola et al. 1987; Cebrian et al., 1999). Lo studio dell'intera comunità epifita delle lamine fogliari di P. oceanica risulta, quindi, essere uno dei passi fondamentali per la descrizione e l'interpretazione degli ambienti naturali in cui tale pianta vive.

Lo studio della comunità epifita sarà effettuato su cinque fasci 5 prelevati per ciascuna delle stazioni campionate. Le porzioni terminali delle facce interne ed esterne delle foglie più adulte on in alternativa delle intermedie, numerate con il metodo di Giraud (1977), saranno esaminate al microscopio e/o mediante analisi di immagine (Rende et al., 2012). L'esame delle foglie permetterà la determinazione delle percentuali di ricoprimento dei taxa e/o dei gruppi funzionali (Steneck et al., 1994, Piazzi et al., 2004) che costituiscono la struttura portante della comunità epifita insediatisi sulla porzione fogliare più vecchia e quindi maggiormente esposta ai disturbi ambientali. I dati derivanti dal primo anno del presente monitoraggio saranno utilizzati come dati di “bianco”, mentre le indagini future dopo la posa dei moduli antistrascico (2° anno, 3, ecc..) saranno utilizzate per valutare le modalità e l’evoluzione del fenomeno.

Studio delle comunità macrobentoniche (colonizzazione dei popolamenti su substrati duri artificiali pertinenti ai dissuasori- *recruiment*

Le strutture artificiali ospitano specie bentoniche sessili e vagili che si insediano seguendo complessi e articolati processi di colonizzazione variabili da luogo a luogo, in funzione del periodo di posa delle strutture, della disponibilità larvale e di andamenti stagionali non prevedibili. Condizioni di tipo trofico, biogeografico, assieme alla profondità e torbidità delle acque così come al "disegno" delle strutture, e ai materiali utilizzati, sono i principali fattori che condizionano l'evoluzione delle comunità e la loro struttura. Orientamento e posizione dei substrati artificiali influenzano notevolmente i popolamenti epibentonici che vi si insediano sopra. La possibilità che i popolamenti presenti sulle strutture artificiali possano simulare completamente i popolamenti naturali dei substrati rocciosi resta però limitata, verificabile solo dopo lunghissimi periodi e specialmente quando le strutture sono in prossimità di substrati naturali preesistenti. Molti studi relativi al confronto fra habitat rocciosi naturali e *artificial reefs* hanno evidenziato una similarità nella struttura di comunità, soprattutto quando essi presentano substrati con caratteristiche simili, per questo motivo lo studio delle dinamiche di colonizzazione di strutture artificiali da parte dei popolamenti epibentonici risulta di particolare interesse non solo nel caso di barriere artificiali introdotte a scopo di ripopolamento ittico ma anche per la comprensione dei processi ecologici che stanno alla base della formazione dei popolamenti naturali che caratterizzano gli affioramenti rocciosi.

Metodologie di campionamento e analisi. La colonizzazione dei substrati artificiali immessi nell'ambiente marino verrà analizzata attraverso metodi diretti per seguire le varie fasi di maturazione del popolamento. In considerazione dei diversi tipi pendenze ed esposizione alla luce presenti nelle strutture si prevede lo studio dei popolamenti in quattro quadrati per lo studio diretto così caratterizzati:

Per ogni differente stazione (4 tot. ovvero 4 tripodi)

-un quadrato

- sul braccio del tripode posto posizione alta
  - in ambiente fotofilo; lato esterno del braccio a sud
  - in ambiente sciafilo; lato interno del braccio a nord
- sul braccio del tripode posto posizione bassa
  - in ambiente fotofilo; lato esterno del braccio a sud
  - in ambiente sciafilo; lato interno del braccio a nord;

I quadrati di dimensioni 20 x 20 verranno fotografati tramite un idoneo apparecchio fotografico subacqueo. Tali immagini consentiranno un'analisi quali-quantitativa del popolamento ovvero verranno calcolate: l'area di ricoprimento, le percentuali di organismi vegetali e animali, la percentuale di organismi incrostanti ed eretti, la composizione specifica, laddove possibile, degli organismi animali e vegetali. In ciascuna delle stazioni si campioneranno individui dei popolamenti più abbondanti sviluppatisi all'interno del quadrato ma posti in posizione esterna e limitrofa ad esso. Tale attività si rende necessaria per analisi tassonomiche di identificazione specifica degli organismi animali e vegetali qualora non si riuscisse a determinarli direttamente. I campionamenti sopra descritti avverranno successivamente alla posa dei moduli e i successivi avranno cadenza stagionale nell'arco dei primi 24 mesi, per un totale di 8 campagne. Le attività di monitoraggio si protrarranno poi nei tre anni successivi, eseguendo una campagna l'anno nel periodo estivo per un totale complessivo di 11 campagne (8 + 3).

ALLEGATO 2 TER

Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali, in ottemperanza alle richieste del decreto VIA 0000035 del 06/02/2018 relativamente alla prescrizione del MATTM n. 6

ANALISI, DOCUMENTAZIONE E CONSIDERAZIONI TECNICHE - CRITICITA' RESIDUE

Vs. Rif. Doc. ISPRA:
V.O.: Condizione ambientale A5 DM 35/2018"Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali"

Premessa:

La prescrizione A6 emessa dal MATTM prevede il concordamento con l'Ente Parco Nazionale dell'Asinara dell'esatto posizionamento dei dissuasori antistrascico e del Piano di Monitoraggio delle risorse ittiche e dei fondali, che dovrà essere avviato durante lo studio per il posizionamento di dissuasori e proseguito dopo il posizionamento delle strutture. Le attività di monitoraggio dovranno comprendere il monitoraggio del posidonieto che si intende salvaguardare secondo transetti, durata, cadenza e modalità concordati con l'Ente Parco Nazionale dell'Asinara e dovranno proseguire per almeno 5 anni dal completamento delle attività di posizionamento delle strutture; Il PMA dovrà essere presentato al MATTM prima dell'avvio delle attività di cantiere;

In data 12.06.2020, con nota prot. 11457, l'AdSP trasmette all'Ente Parco Nazionale dell'Asinara la documentazione sul monitoraggio per la condizione A6;

In data 23.09.2020 con nota prot. 20277, l'Ente Parco Nazionale dell'Asinara ha comunicato che è interessato a valutare l'effetto sulla fauna ittica associata al posizionamento dei dissuasori e di moduli le cui forme dovranno simulare tipologie di rifugio per specie marine costiere e ha chiesto, al fine di rendere più efficace l'intervento, di avviare un'attività di concertazione con i vari portatori di interesse al fine di condividere la scelta, il numero e il posizionamento di tutti i moduli previsti.

A seguito

- dell'incontro tecnico in videoconferenza in merito alla condizione ambientale A5) per il giorno 13 gennaio 2022 presenti ISPRA, ARPAS Sassari, Ente Parco Nazionale delll'Asinara, dall'Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna e responsabili del DADU dell'Università di Sassari
- della documentazione presentata a ISPRA dall'Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna con nota prot. 26536 del 09/12/2021 (prot. ISPRA n. 65401 del 09/12/2021),
- dal parere di ISPRA dove nel medesimo documento si afferma <u>che la condizione ambientale A5 risulta ottemperata</u>
- dell'incontro tecnico in videoconferenza del 22 Feb con il Dr. Vittorio Gazale rappresentate dell'Ente Parco Nazionale dell'Asinara, con l'Autorità di Sistema Portuale del mare della Sardegna e responsabili del DADU dell'Università di Sassari avente l'intento di analizzare le modalità di realizzazione della prescrizione A6.

Si precisa quanto segue:

La prescrizione n 6 prevedeva tra le misure compensative l'asporto di Posidonia dall'area portuale di Porto Torres, la posa di 50 dissuasori nell'area di Cala Reale, area di pertinenza L'Ente Parco Nazionale dell'Asinara. L'area, infatti, soggetta all'azione di pesca a strascico illegale, presenta numerosi solchi di divergenti nel manto vegetale costituito da *Posidonia oceanica*.

La prescrizione A6 prevedeva anche l'analisi dell'ittiofauna, per valutare quale fosse l'impatto dei dissuasori su questa componente biotica.

Dopo una serie di analisi tra esperti, si giunge alla considerazione che per il particolare tipo di ambiente marino sarebbe stato meglio ridurre il numero dei dissuasori a favore dei moduli rifugio, strutture che simulano ambienti di roccia favorevoli al ripopolamento ittico. Si trattava quindi di stabilire il numero di questi moduli e nel contempo il numero dei dissuasori che seppur in numero minore dovevano essere comunque presenti a tutela di eventuali azioni di strascico illegale.

Nell' incontro del 22 feb. 2022. il Dr. Gazale specificava inoltre che il suo Ente aveva realizzato un sistema avanzato di videosorveglianza che poteva garantire un monitoraggio in continuo dell'area di posa, a rinforzo delle misure di tutela già predisposte. Si è giunti infine a condividere un quadro complessivo di manufatti costituito da quindici punti a moduli rifugio (Tipo 2) e altri quindici con i dissuasori (Tipo 1) (v. schema in fig.1)

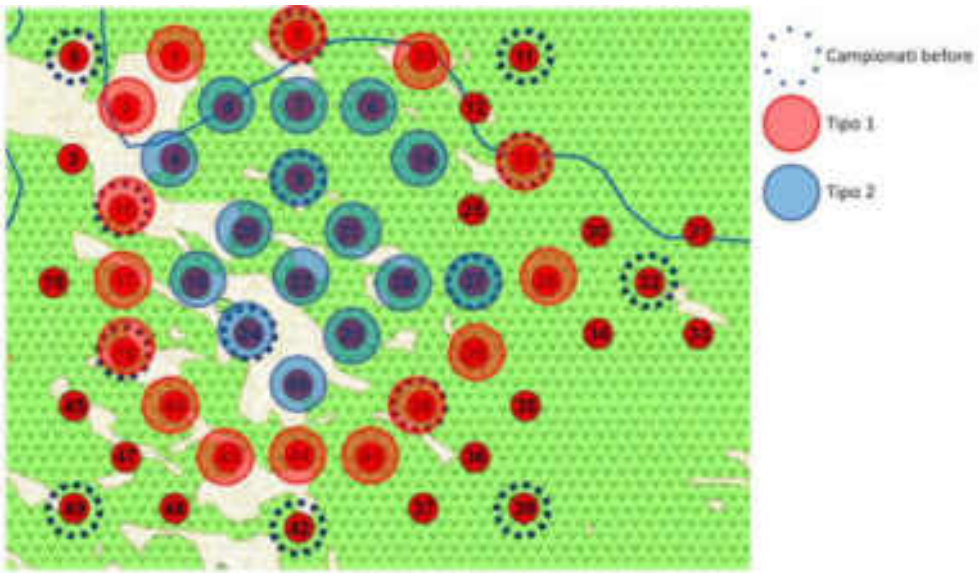


Figura 1 - Posizione dei manufatti: In rosso, tipo 1 i dissuasori esrapodi; in blu i moduli rifugio, tipo 2.

I dissuasori antistrascico sono posizionati con l'intento di creare un ostacolo alle rotte dello strascico illegale, evitando di lasciare corridoi lunghi abbastanza da permettere la manovra degli attrezzi. Per stendere la rete il peschereccio ha bisogno di qualche centinaio di metri di spazio e con la disposizione dei dissuasori a sei braccia indicata in figura 1, distanti tra di loro poche decine di metri, si riesce ad impedire di fatto le manovre delle strascicanti. Allo stesso tempo, la loro disposizione consente di avere un'area sufficientemente articolata da lasciare spazi operativi adeguati al calo degli attrezzi fissi della piccola pesca.

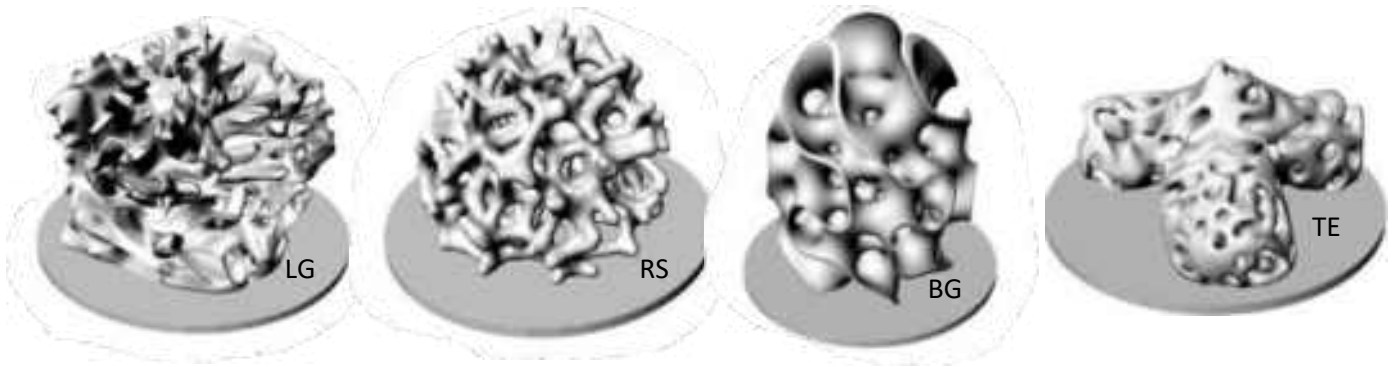
Alla luce delle esperienze pregresse in Mediterraneo è possibile fare delle previsioni sugli effetti attesi dal previsto intervento mediante dissuasori antistrascico misti ai moduli rifugio nella zona di Cala Reale. La protezione dei fondali dalla pesca a strascico, come dimostrato da numerose esperienze, a seguito della posa di substrati artificiali, impedisce di fatto questa modalità di pesca, favorendo una generale protezione delle biocenosi bentoniche e qui in particolare della Posidonia. I fondali costieri a copertura di *Posidonia* intervallata da isole sabbiose, come è il caso della zona di Cala Reale, se arricchiti con moduli rifugio adeguati (oltre a quelli anti-strascico), hanno il potenziale di 1) innescare una rete trofica locale a supporto delle diversità e biomassa ittica (compresa quella di specie di pregio per la pesca) e 2) attrarre specie di interesse alieutico provenienti da habitat e zone circostanti. La presenza di substrato duro potrebbe anche favorire la deposizione di uova di specie di interesse alieutico (es., seppie e calamari), oltre a favorire l'insediamento di giovanili di specie pregiate come l'aragosta. Tali effetti conseguenti all'installazione di moduli rifugio appropriati insieme ai dissuasori

hanno il potenziale di produrre effetti positivi sulle rese della piccola pesca locale. Le esperienze di posa di corpi artificiali su substrati incoerenti (es., sabbiosi) dimostrano come già dopo 2-3 anni dalla messa in opera si ottiene un aumento delle rese di pesca e di 3-4 volte superiori rispetto alla situazione antecedente.

L'insediamento di specie bentoniche sui nuovi substrati comincia immediatamente dopo la posa; la colonizzazione delle specie pioniere (alghe filamentose, idrozoi, , serpulidi) precede le prime specie come poriferi, alghe incrostanti, serpulidi, briozoi, molluschi bilavi e alcuni cnidari. Il risultato finale è la formazione di un bioconcrezionamento dominato da specie algali, con poriferi e briozoi, nella parte più superficiale e nelle pareti orizzontali insieme a specie incrostanti nella parte più profonda e sulle pareti verticali. Tale popolamento ha il potenziale di essere del tutto simile a quello presente sui fondi duri circostanti l'area di intervento.

I moduli saranno realizzati con stampanti a tecnologia 3D e saranno caratterizzati da forme particolarmente complesse con cavità, piccoli squadri, caverne e una varietà di rifugi per specie anche di interesse alieutico (soprattutto pesci, molluschi e crostacei). La stampante utilizzata è fornita da *D-Shape*, che impiega sabbia proveniente dal territorio e uno speciale "inchiostro" costituito da un aggregante ecologico derivato dall'acqua di mare. Gli ugelli distribuiscono su strati di 5/10 mm di sabbia, uno sull'altro, fino a completarne la forma. La stampante può riprodurre forme particolarmente complesse rapidamente con impatto quasi zero.

Le tipologie selezionate sono le seguenti: LG, RS, BG, TE.



La serie LG è stata progettata dal biologo marino australiano David Lennon e dall' Arch. James

Gardiner; questo modulo, ispirato alle forme della Grande Barriera Corallina australiana è stato il primo ad essere concepito per essere realizzato mediante il processo di stampa 3D D-Shape. I primi moduli, realizzati nei laboratori D-Shape di Pisa nel 2011 manifestano grande effetto estetico e sono efficaci nell'attrarre specie marine di ogni tipo.

La serie RS , BG e TE sono progettate utilizzando algoritmi di geometria generativa.

Il modulo RS, dell'arch. Rossella Siani, si dimostra particolarmente efficace nella protezione delle specie ittiche allo stato giovanile ed è ideale per la realizzazione di giardini sottomarini

La serie BG è stata progettata dall'artista computazionale americano Bathesheba Grossman. La scultura, internamente cava, favorisce l'accesso alle specie ittiche allo stato giovanile.

La serie TE è un tetrapode ultraporoso. Il modulo è stato progettato da Computational Design Italy, nasce come elemento di dissipazione di energia e viene occupato come tana da pesci di varia tipologia.

I quindici dissuasori sono manufatti cementizi di 5 tonnellate a sei braccia (tre superiori deterrenti e tre inferiori che supportano la struttura) che per la loro mole e per la loro forma impediscono lo strascico, pena la perdita delle attrezzature.
Tale azione è già stata messa in opera nell'area antistante la termocentrale di Fiume Santo a protezione dei cavi sottomarini che periodicamente venivano danneggiati dallo strascico abusivo operato nella suddetta area nonostante fosse interdetta alla pesca. Il successo dell'operazione è dimostrato dalla presenza di reti a strascico impigliate nelle braccia dei dissuasori (Fig. 2).

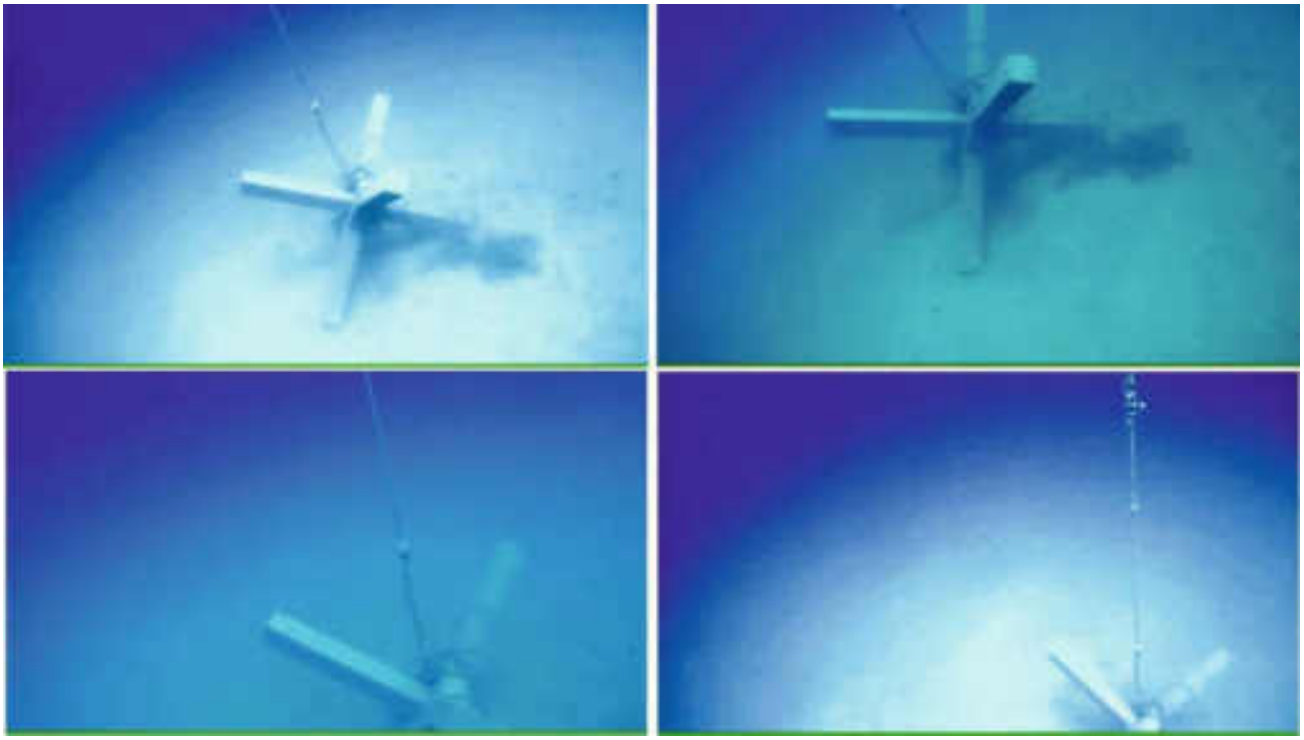


Figura 2 - Reti a strascico impigliate nei dissuasori

ALLEGATO 3

ACCORDO DI RICERCA
TRA
AUTORITA DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA
E
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI, DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA, DESIGN E URBANISTICA

ATTIVITÀ DI RICERCA E MONITORAGGIO FINALIZZATA ALL'INDIVIDUAZIONE DEL SITO PIÙ IDONEO PER IL TRAPIANTO DI MATTE DI POSIDONIA OCEANICA PRESENTI SU UN'AREA INTERESSATA DAI LAVORI DI PROLUNGAMENTO DELL'ANTEMURALE DI PONENTE E DELLA RESECAZIONE DELLA BANCHINA ALTI FONDALI DEL PORTO CIVICO DI PORTO TORRES. CIG 5630866220 – CUP B21G11000040001 – PROGRAMMAZIONE ATTUATIVA REGIONALE FSC 2007/2013. LINEA DI AZIONE 6.1.2.A.1 ADEGUAMENTO DELLE INFRASTRUTTURE PORTUALI DI RILIEVO NAZIONALE. HUB PORTUALE DI PORTO TORRES

Responsabile scientifico Prof. Vincenzo Pascucci

Rapporto Finale

Giugno 2021

Unità operativa:

Università di Sassari, DADU Dipartimento di Architettura Design e Urbanistica.
Responsabile DADU: Prof. Vincenzo Pascucci
Gruppo di lavoro: Prof. Vincenzo Pascucci, Prof. Andrea Cossu, Dott. Mario De Luca, Dott. Antonio Santonastaso, Dott.ssa Alessandra Puccini, Dott.ssa Nicole Ruberti.

RELAZIONE

PREMESSA

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, di concerto con il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, con decreto 35/2018, ha deliberato la *compatibilità ambientale* del progetto "Adeguamento tecnico-funzionale al Piano Regolatore Portuale del Porto Civico di Porto Torres – Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali", presentato dall'ex Autorità Portuale di Olbia e Golfo Aranci. Il decreto subordinava l'attuazione del progetto al rispetto di diverse prescrizioni indicate dai Ministeri coinvolti; più specificatamente nella prescrizione n. 5 del citato Decreto VIA 35/2018, il trapianto a zolle delle piante di Posidonia prevedeva che l'Autorità di Sistema Portuale del mare di Sardegna (AdSP) curasse uno studio per la definizione delle aree di reimpianto della Posidonia, per definire le modalità di gestione del materiale asportato e per la compatibilità del sedimento contenuto nelle matte asportate con il sito di destinazione. Tale documentazione veniva trasmessa successivamente all'ARPAS e ISPRA. Quest'ultima rilevava nel dossier diverse criticità suggerendo di definire una nuova proposta, raccomandando indicazioni tecniche di massima per la selezione delle aree di trapianto e per la scelta della tecnica più idonea rispetto all'area già selezionata non ritenuta idonea e suggerendo un successivo piano di monitoraggio. Più in particolare ISPRA non condivideva la scelta dell'area di trapianto, sita di fronte al canale d'ingresso del porto, come idonea alle attività di trasferimento nelle diverse sue fasi, durante e post operam, (monitoraggio del trapianto) e la tecnica di trapianto a zolle con benna idraulica di 2 m per 2 m. Le motivazioni dell'opposizione derivavano dall'l'area ritenuta troppo prossima al passaggio delle navi, dall'eccessivo stress generato delle attività di trapianto prescelto in relazione allo stato di sofferenza del posidonieto da trapiantare, dalla possibilità di sopravvivenza delle piante dopo il decorso dallo shock da impianto, e dalla complessità, durata e sicurezza operativa delle attività di posa e successivo monitoraggio.

DADU e l'AdSP avviano quindi un accordo di ricerca per individuare aree di trapianto alternative. La collaborazione mira inoltre alla scelta della tecnica di trapianto di *Posidonia oceanica* più idonea per tali aree; ulteriore obbiettivo infine è di collaborare alla formazione e divulgazione tecnico-scientifica riguardo le tematiche ambientali connesse alle attività di ricerca.

PIANO OPERATIVO

Attività preliminari da realizzare ai fini del trapianto di talee di Posidonia oceanica con tecniche sperimentali

1. Valutazione dell'assenza o compatibile attenuazione dei fenomeni di carattere antropico che hanno prodotto la compromissione del Posidonieto nel Golfo dell'Asinara;
2. Individuazione delle potenziali aree di impianto attraverso rilievi:
    a. SIDE SCAN SONAR,
    b. ROV,
    c. Immersioni Puntuali;
    d. caratteristiche sedimentologiche finalizzate alla comprensione delle intensità delle correnti profonde
3. Caratterizzazione biologica dei fondali e loro cartografia nei punti interessati,
4. Scelta della migliore metodica di reimpianto in funzione delle risultanze dei punti precedenti
5. Stima della dimensione delle aree da piantumare in rapporto al numero di rizomi disponibili

Approfondimenti delle condizioni generali delle matte di Posidonia oceanica da espiantare

1. Valutazione della potenza e consistenza delle matte con adeguate metodologie;
2. Valutazione della superficie a matte potenzialmente idonea al trapianto a zolle;
3. Verifica del numero e stato di vitalità delle piante idonee alla piantumazione;
4. Verifica degli analiti indicati nelle tabelle 2.3, 2.4 e 2.6 del Dm n°173 del 2016 limitatamente ai metalli presenti nei sedimenti del posidonieto da espiantare.

CARATTERISTICHE DELLE POTENZIALI AREE DI REIMPIANTO

Per l'idoneità delle aree di reimpianto sono necessarie:

- assenza o compatibile attenuazione nelle zone di reimpianto dei fenomeni di carattere antropico che hanno prodotto la compromissione del Posidonieto;
- correnti di fondo con velocità moderata;
- fascia batimetrica tra 15 e 20 m;
- aree non troppo lontane dalla zona di espianto;
- aree non soggette a vincoli naturalistici, paesaggistici ecc.
- aree in sicurezza rispetto alle rotte di accesso al porto civico del traffico navale

Verifica dell'idoneità dei fondali al reimpianto di Posidonia oceanica.
Valutazione su area vasta (Golfo dell'Asinara) delle criticità

Obbiettivi:

- Valutazione dei fenomeni di carattere antropico, che avrebbero e hanno prodotto la compromissione del Posidonieto nel tratto a est di Porto Torres.
- Valutazione dell'attuale situazione ambientale e compatibilità con possibili attività di reimpianto di *Posidonia oceanica*.

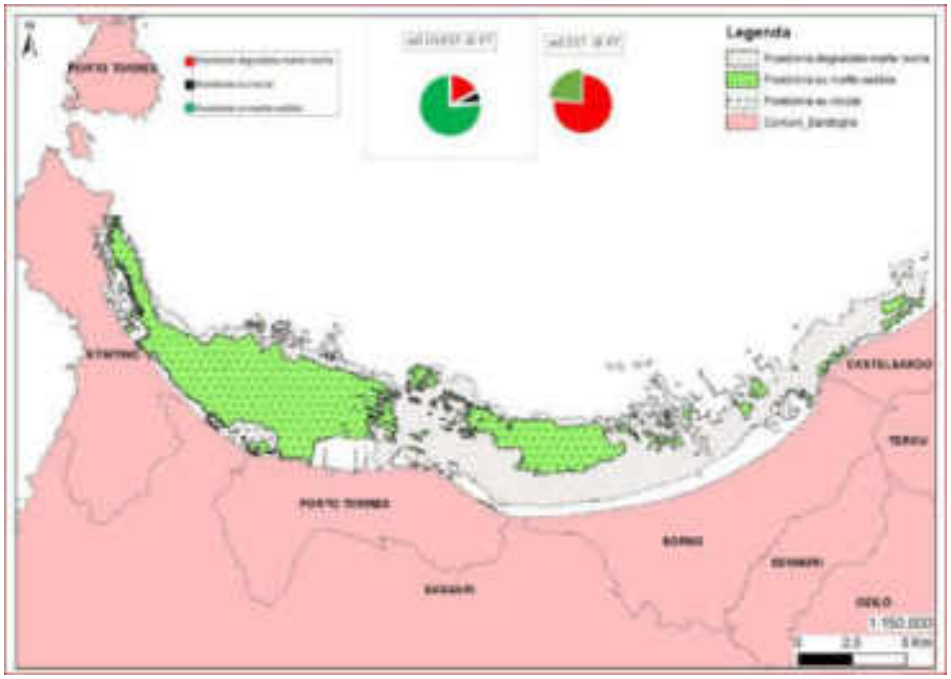


Fig. 1- Distribuzione di Posidonia oceanica *nel Golfo dell'Asinara (da Campagna MATTM - 2000)*

Il fenomeno

La mappa del Golfo dell'Asinara che riporta la distribuzione di Posidonia oceanica (da Campagna M.A.T.T.M - 2000), dimostra come la matte morta sia presente prevalentemente a est del polo petrolchimico, delle termo-centrali e della città di Porto Torres. La scomparsa della fanerogama è con altissimo grado di probabilità da porre in relazione agli inquinanti derivanti dalle passate attività del polo industriale, alle attività antropiche dalla città (soprattutto del porto civico) e quelle insistenti nel bacino imbrifero del Rio Mannu, diffuse dalla foce attigua al porto. Le correnti marine hanno poi trasportato gli agenti inquinanti verso est coerentemente al loro andamento prevalente.

L'ammontare della superficie a Posidonia "viva" nell'intero Golfo dell'Asinara è pari a 6400 ha mentre la percentuale di matte morta nel settore Est del Golfo è pari all'86%; il 14% è nel settore Ovest ma è dislocato solo su batimetriche più profonde, mentre quello a Est interessa

l'intera matte.

Analisi storica delle cause che hanno generato il degrado dei fondali nel Golfo dell'Asinara e le successive azioni di bonifica per il suo recupero ambientale

L'imprenditore Nino Rovelli operò complessivamente con circa 50 società, fra le quali la SIR - Società Italiana Resine e la SIR - Sarda Industrie Resine, costituita nel SIR che avviò nel 1962 la produzione su larga scala del fenolo, nel 1964 di cumene e stirene, poi nel 1965 aggiunse quella dell'etilene (in steam cracking, per 45.000 tonnellate l'anno) e nel 1968 realizzò una raffineria di petrolio e promosse inoltre, via via aggiungendole nel corso del tempo, produzioni di altre resine e altri polimeri anche termoplastici comprendenti il polietilene, l'ABS, il PVC, il polistirene, arrivando ad occupare 11.000 addetti. All'epoca l'attenzione verso l'ambiente era minima preferendo ad esso l'aspetto produttivo **[1].** All'uscita di Rovelli nel **1982**, gli impianti vennero rilevati dall'Ente Nazionale Idrocarburi (Eni).

Dei complessivi 1.200 ettari del sito, circa 400 furono destinati alle attività produttive mentre il resto divenne piena proprietà Syndial (Eni) e Polimeri Europa che ne curarono la bonifica e la valorizzazione.

Nel **1978**, in collaborazione col Servizio Ecologia dello Stabilimento, il Dipartimento di Botanica dell'Università di Palermo avviava un'indagine mirante alla caratterizzazione chimica, fisica e biologica del tratto di mare antistante il porto industriale influenzato dagli scarichi dello stabilimento. I risultati **[2;3]** evidenziarono un ampio tratto di mare a vari gradi di compromissione anche a causa dello scarico a mare del materiale di dragaggio del nascente porto industriale. Lo studio si concluse nel **1980** ed i risultati produssero una cartografia dei popolamenti bentonici evidenziando quattro zone a caratterizzazione chimica, fisica e biologica differenti. Quell'indagine volle essere anche una valutazione dell'impatto ambientale causato dall'utilizzazione del territorio a terra e a mare sia come sito di un'industria petrolchimica sia come sede dell'infrastruttura portuale di recente costruzione. Nel **1984** si attivò l'impianto consortile di depurazione: le acque di scarico, prima di versarsi all'interno del porto industriale, decantano in un vasto bacino di calma che permette di rimescolare l'ingente volume d'acqua di raffreddamento degli impianti ottenendo così oltre ad un abbassamento della temperatura, una diluizione del refluo depurato e una depurazione ulteriore delle acque industriali.

Nel **1987** lo studio riprese anche con la collaborazione degli Istituti di Botanica delle Università di Sassari e di Catania ed esso, dopo tre anni di funzionamento del depuratore

consortile, permise una verifica dell'efficacia delle opere di risanamento realizzate secondo le indicazioni scaturite dallo studio del 1978, valutandone l'efficienza in base anche al

ripopolamento delle aree allora più compromesse **[7].**

La cartografia dei popolamenti bentonici evidenziò una evoluzione tendente al miglioramento delle zone allora definite compromesse ed un ancor più marcato miglioramento nelle zone situate a Nord-Ovest del porto industriale in corrispondenza della testata pontile solidi. Le aree più compromesse risultarono quelle dal pontile liquidi al molo del porto industriale CASI, nonché la foce del Rio Mannu, caratterizzate da sedimenti limosi, con popolamenti bentonici assenti o paucispecifici.

Il confronto tra le determinazioni dei metalli pesanti delle diverse matrici (sedimenti e Posidonia) e la relativa granulometria dei sedimenti, di quattro stazioni corrispondenti, rese evidente un generale miglioramento dell'area portuale.

Nel decennio **1990-2000** gli impianti ripresero con un secondo *boom* anche per il potenziamento del porto industriale. Nel 1996 il personale era costituito da dirigenti 7; quadri + Impiegati 716; operai 660 per un totale 1383 addetti. Le produzioni erano allora costituite da: (in migliaia di t/a) Etilene 166; Cumene 286; Fenolo 110; Cicloesanolo 21; Cloro 78; Benzolo 154; Gomme Nitriliche (NBR) 25; Polietilene Alta Densità (HDPE) 107.Le attività di caratterizzazione degli inquinanti e di messa in sicurezza del sito furono avviate nel **1997**. Il sito fu completamente isolato rispetto ai recettori sensibili, per mezzo di una barriera idraulica che ne impediva qualunque migrazione di inquinanti verso l'esterno. A partire dal **2010**, a seguito dell'approvazione dell'analisi di rischio presentata al Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) per il comparto suoli e falda, Syndial ha attivato un percorso di condivisione con il Ministero e gli Enti locali, che ha portato alla definizione di un puntuale "piano d'azione" degli interventi ambientali nel sito di Porto Torres, sottoscritto nel maggio 2011 (Protocollo d'Intesa per la "Chimica Verde"). Syndial gestisce alcune opere idrauliche, realizzate a seguito degli interventi di messa in sicurezza, quali: barriera idraulica fronte mare, costituita da 60 pozzi d'emungimento distribuiti lungo il fronte mare dello stabilimento, per circa 6 km, la quale garantisce la completa chiusura idraulica a fronte di un emungimento pari a 180 mc/h di acque sotterranee; barriera lato ovest, per circa 1 km lungo il confine ovest del sito industriale; trincea drenante, posta a valle dell'area impianti del sito industriale, in posizione nord – est, per uno sviluppo di circa 1 km; sistema di recupero in automatico del surnatante esteso all'intera area impianti; impianti di Trattamento Acque di Falda, quali TAF 1, 2, 3 e 4, per una potenzialità di trattamento pari a 240 mc/h; ete di monitoraggio piezometrico delle acque sotterranee costituita da circa 600 piezometri nell'intero; sito industriale **[4]**. Attualmente a causa della recessione e della vendita di diversi impianti, la produzione industriale si limita solo alla produzione di gomme nitriliche e alla chimica verde, quest'ultima sotto l'egida di Matrìka, una joint venture 50:50 costituita nel 2011 da Versalis e Novamont per

la riconversione del petrolchimico di Porto Torres in una bioraffineria di terza generazione per lo sviluppo di prodotti da materie prime vegetali, con una filiera agricola integrata. Gli impianti Matrìka si avvalgono di una tecnologia radicalmente diversa da quelle esistenti: non utilizzando ozono nella reazione di scissione ossidativa dell'olio vegetale, è così possibile ottenere bioprodotti attraverso un processo a basso impatto ambientale. Gli impianti, attivi a Porto Torres da 2014, sono tre: l'impianto Monomeri Bio, alimentato da oli vegetali; l'impianto Additivi per Gomme e Polimeri, dedicato alla produzione di oli estensori e l'impianto Esterificazione, che si occupa della produzione per diversi settori applicativi. Dal 2012 sono inoltre, attivi sette impianti pilota. Il complesso si sviluppa complessivamente su un'area di oltre 3.500 metri quadri per una capacità complessiva di bioprodotti di 70.000 ton/anno. Un'ulteriore fase del progetto prevede l'avvio di un impianto per bioplastiche Mater-Bi, l'incremento della capacità produttiva di monomeri e la costruzione di una seconda linea biolubrificanti. L'attuale occupazione del polo ammonta circa 300 addetti complessivi.

Nel **2017** il Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU) e il Comune di Porto Torres (SS) avviano uno studio per la ricognizione sullo stato della prateria di Posidonia *oceanica*, sulla presenza e quantificazione di determinati inquinanti e sulla dinamica granulometrica del fondale nell'area marina in località Acque Dolci per valutare anche eventuali fenomeni di erosione **[5]**. Lo studio è articolato su 1) matrice acqua: caratteristiche fisico-chimiche, tramite sonda multiparametrica della colonna d'acqua lungo il profilo di costa; 2) monitoraggio fondi duri: *Carlit*; 3) monitoraggio fondi mobili e della prateria a *Posidonia oceanica*; 4) monitoraggio chimico delle acque costiere di parametri d'interesse ai sensi del DM 260/2010; 5) monitoraggio post-opera della matrice suolo finalizzato a stabilire l'efficacia degli interventi sulla stabilità delle spiagge; 6) monitoraggio post-opera della matrice suolo finalizzato a stabilire l'efficacia degli interventi sulla stabilità delle grotte e sulla circolazione idrica sotterranea.

La caratterizzazione della matrice acquosa mediante sonda multiparametrica ha evidenziato in tutte le stazioni di controllo una colonna d'acqua piuttosto omogenea, pienamente trasparente, ben ossigenata, e poco produttiva. I valori e gli andamenti dei parametri analizzati sono da attribuire a condizioni assolutamente ottimali per le zone costiere. L'analisi multivariata delle variabili indagate non ha evidenziato differenze spaziali significative tra le stazioni di misura, a prescindere dal loro posizionamento e dalla differente batimetria. In estrema sintesi dall'analisi completa delle variabili indagate in tutte le campagne non è emersa alcuna criticità. Il giudizio ottenuto sulla base dell'EQB Macroalghe (CARLIT) mette in evidenza uno stato ecologico "BUONO". Dall'analisi dei dati ottenuti, si evidenzia come esiste un gradiente positivo di qualità ambientale dalla zona portuale verso levante. La situazione considerata "CATTIVA" si riscontra nella zona prossimale al molo di sottoflutto. Man mano che ci si

allontana da questo le condizioni ambientali tendono a migliorare per diventare ottimali nell'estremità della piccola penisola di San Gavino a mare. Si rimarca altresì che quando le acque subiscono una limitazione riguardo al ricambio, la condizione ambientale tende repentinamente a peggiorare così come riscontrato nel piccolo "fiordo" della penisola su citata, dove arrivano probabili acque di percolamento ricche di nutrienti. La prateria di Posidonia oceanica è presente nell'area sia su sabbia che su roccia, con copertura pari a circa il 47%, con radure di sabbia e/o di matte morta pari a circa il 42% e con differenze in termini di copertura trascurabili tra i punti esaminati. Non si evidenziano chiari segni di erosione della prateria, riscontrabile anche attraverso le conte di densità dei fasci, nei quali il rizoma spesso risultava ben ancorato al substrato. La stima di densità risulta essere 69,2 ciuffi/m^2 (± 10.5); il valore osservato, secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), consente di classificare la prateria come prateria molto disturbata. Lo strato fogliare è apparso poco epifitato. L'indice di qualità PREI è risultato essere pari a 0,36 corrispondente ad una classe di qualità ecologica SUFFICIENTE. I dati indicano che la produttività primaria si colloca nella porzione di bassa produttività dei siti di confronto; anche i dati lepidocronologici non mettono in luce particolari difformità rispetto alle informazioni acquisite con lo studio fenologico.
Dai valori di concentrazione del monitoraggio chimico si può oggettivare che tutti i parametri presentano concentrazioni largamente inferiori agli standard di qualità ambientale fissati per le acque marino-costiere dal DM240/2010. Nello specifico, solo alcuni degli analiti elementari (arsenico, cadmio disciolto, cromo totale e nichel disciolto) risultano esser quantificabili nelle matrici in esame, ma sempre a concentrazioni largamente inferiori sia non solo alla concentrazione massima ammissibile, ma anche a quella media per i 12 mesi. Per contro, le concentrazioni di mercurio disciolto e piombo disciolto sono sempre risultate al di sotto dei rispettivi limiti quantificabili, al pari di quanto accaduto per tutti gli analiti organici. Da quanto riportato è evidente il giudizio di conformità chimica del corpo idrico in osservazione.

La qualità delle acque della foce del fiume Rio Mannu viene desunta da All. n. 6 del monitoraggio e classificazione delle acque superficiali, contenuto nel riesame e aggiornamento del piano di gestione del distretto idrografico della Sardegna del 2° ciclo di pianificazione 2016-2021 [**6**].
Il corpo idrico (CI) "***foce del fiume Rio Mannu***" relativamente al giudizio degli EQ inerente sia al Fitoplancton nel triennio2012-14 sia altri EQB negli anni 2012-2015 sia al EQ-CF nel periodo 2012-2014 viene indicato come "SUFFICIENTE" così come anche il suo stato ecologico (Tab. 1). Nella Tab. 2 si riportano le frequenze di monitoraggio e classificazione degli EQB. Per ogni anno di monitoraggio è riportato il numero di campioni, mentre il colore associato alla casella rappresenta il giudizio relativo secondo lo schema cromatico del D.M.260/2010. Nelle colonne relative al fitoplancton è riportato il giudizio annuale e triennale con il livello di confidenza associato. Per quanto riguarda gli altri EQB si riporta il giudizio

annuale per ogni tipologia di EQB e il giudizio complessivo con il livello di confidenza associato. Il CI relativamente mostra un giudizio per il fitoplancton nel triennio 2012-2014 c h e è “SUFFICIENTE”, come quello relativo ai macroinvertebrtati, mentre per le angiosperme è “BUONO”.

Nella Tab. 3 si riportano i giudizi annuali derivanti dall’elaborazione dell’indice TRIX per gli elementi di qualità chimico-fisica. Per ogni anno di monitoraggio è riportato il numero di campioni, anche in questo caso il colore associato alla casella rappresenta il giudizio relativo secondo lo schema cromatico del D.M.260/2010. Nell’ ultima colonna è riportato il giudizio complessivo e il livello di confidenza associato che per CI in esame risulta “SUFFICIENTE”.

La Tab. 4 riporta la classificazione dello stato ecologico con accorpamenti della città di Porto Torres e della foce del Rio Mannu dove lo stato ecologico viene definito “SUFFICIENTE”. La Tab. 5 riporta la frequenza di monitoraggio e la classificazione delle sostanze prioritarie, analizzate nel ciclo del PdG 2010/15, nella matrice acque e nella matrice sedimenti. Per ogni anno di monitoraggio è riportato il numero di campioni e il colore associato alla casella rappresenta il giudizio relativo. Nelle ultime colonne sono indicate le sostanze rilevate, con concentrazione superiore allo standard di qualità ambientale SQA-MA o allo SQA-CMA come media annua. Lo stato chimico dei sedimenti viene classificato come “BUONO”.

[8] Estratti da “Classificazione dei corpi idrici marino costieri della Sardegna” - Direzione Generale Agenzia Regionale Del Distretto Idrografico Della Sardegna Servizio Tutela E Gestione Delle Risorse Idriche, Vigilanza Sui Servizi Idrici E Gestione Delle Siccità

Tabella 1. **Giudizio degli EQ inerente sia al Fitoplancton nel triennio2012-14**

Tabella 2. **Frequenze di monitoraggio e classificazione degli EQB dei corpi idrici marino-costieri**

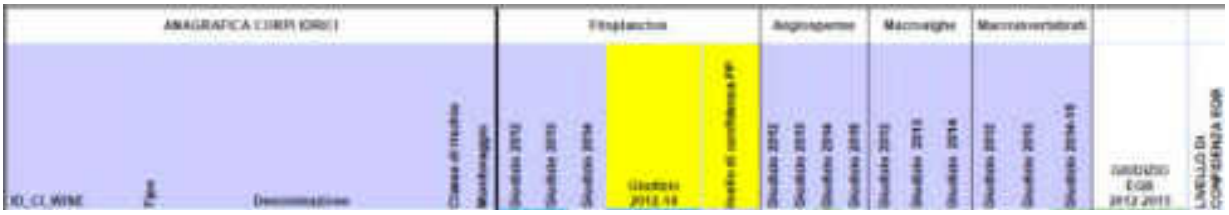


Tabella 3. **Giudizi annuali derivanti dall'elaborazione dell'indice TRIX per gli elementi di qualità chimico-fisici**

ANAGRAFICA CORPI IDRICI					CLASSIFICAZIONE EQ-CF 2012-2014					
ID_CI_WISE	Tipo	Denominazione	Classe di rischio	Monitoraggio	Conteggio di TRIX 2012	Conteggio di TRIX 2013	Conteggio di TRIX 2014	Conteggio di TRIX 2015	GIUDIZIO COMPLESSIVO EQ-CF	LIVELLO DI CONFIDENZA 2012-2014 EQ-CF
0102-MC01070	C3	Foce del Riu Mannu Porto Torres	R	O	2	3	5		SUFFICIENTE	BASSO

Tabella 4. **Classificazione dello stato ecologico con accorpamenti**

N.	ID-CI_WISE	Denominazione	Tipo	Stato Ecologico	Livello di confidenza	Periodo di classificazione	Tipo di giudizio
113	0102-MC01000	Porto Torres	ACC3	SUFFICIENTE	BASSO	2012-2015	Accorpamento
114	0102-MC01070	Foce del Riu Mannu Porto Torres	ACC3	SUFFICIENTE	BASSO	2012-2015	Diretto

Tabella 5. **Frequenze di monitoraggio e classificazione delle Sostanza Prioritarie dei corpi idrici marino-costieri**

ANAGRAFICA CORPI IDRICI				SOSTANZE PRIORITARIE matrice acqua tabella 1/A (D.M. 260/10)						SOSTANZE PRIORITARIE matrice sedimenti tabella 2/A (D.M. 260/10)						Parametri rilevati con conc.>SQA-MA /CMA nelle acque 2012-2015	Parametri rilevati con conc.>SQA-MA nei sedimenti 2012-2015
ID_CI_WISE	Tipo	Denominazione	Classe di rischio	Sostanze P. 2012	Sostanze P. 2013	Sostanze P. 2014	Sostanze P. 2015	STATO CHIMICO ACQUE	LIVELLO CONFIDENZA	Sostanze P. 2012	Sostanze P. 2013	Sostanze P. 2014	Sostanze P. 2015	STATO CHIMICO SEDIMENTI	LIVELLO CONFIDENZA		
0102-MC01070	C3	Foce del Riu Mannu Porto Torres	R	[illegible]				[illegible]	[illegible]					[illegible]	Basso	[illegible]	[illegible]

Bibliografia di riferimento

[1] SORIGA L-Così trasportavamo i veleni. http://www.lanuovasardegna.it/regione/2011/09/25/news/inquinamento-a-porto-torres- cosi-trasportavamo-i-veleni-1.3544226 Inquinamento a Porto Torres.

[2] BARONE R., DELORENZO R., DRAGO D., GIACCONE G., MUSCETTA P.N., 1985 -Metodi per la valutazione dell'impatto ambientale a mare: La cartografia biocenotica. Ingegneria ambientale 14(10): 563-572

[3] GIACCONE G., BARONE R., DELORENZO R., MUSCETTA P.N., 1980 - Effett des polluants pétrochimiques sur les végétaux marins de Porto Torres (Sardaigne, Italie): Méthodologies d'analyse et d'interpretation des données. CIESM - ves Journées d'études sur les pollutions marines en Méditerranée. Cagliari 9-13 octobre 1980: 87-94

[4] Bonifiche a Porto Torres - Gennaio 2015 https://www.eni.com/docs/it_IT/enipedia/informazioni-finanziarie/altre-societa- syndial/Stato_delle_bonifiche-a-Porto-Torres.pdf

[5] Accordo di Cooperazione con l'Università degli Studi di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU) e il Comune di Porto Torres (SS) ai sensi dell'art. 15 della Legge n. 241 del7 agosto 1990 per la Ricognizione sullo stato della prateria di Posidonia oceanica, sulla presenza e quantitativi di determinati inquinanti e sulla dinamica granulometrica del fondale nell'area marina in località Acque Dolci oggetto di un intervento di salvaguardia della fascia costiera da fenomeni di erosione (rapporto 2018)

[6] RIESAME E AGGIORNAMENTO DEL PIANO DI GESTIONE DELDISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SARDEGNA 2° Ciclo di pianificazione2016-2021ALLEGATO N. 6 SEZ. N.1MONITORAGGIO E CLASSIFICAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI DIRETTIVA 2000/60/CED.LGS 152/2006- https://www.regione.sardegna.it/documenti/1_470_20160321144919.pdf

[7] Giaccone, G, Cossu A; Delorenzo, R, Drago D; Muscetta, P N., (1988) Studio di impatto ambientale nell'area portuale antistante lo stabilimento industriale EniChem di Porto Torres. Bollettino della Società Sarda di Scienze Naturali, Vol. 26 (1987/88), p. 43-67. ISSN 0392-6710

[8] Classificazione dei corpi idrici marino costieri della Sardegna" - Direzione Generale Agenzia Regionale Del Distretto Idrografico Della Sardegna Servizio Tutela E Gestione Delle Risorse Idriche, Vigilanza Sui Servizi Idrici E Gestione Delle Siccità - RIESAME E AGGIORNAMENTO DEL PIANO DI GESTIONE DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SARDEGNA 2° Ciclo di pianificazione 2016-2021

Analisi delle patch superficiali di Posidonia oceanica. Differenze negli anni 2007 -2017

Al fine di valutare se i fenomeni di degrado originati dalle attività antropiche siano ancora attivi nel generare la progressiva scomparsa della fanerogama in oggetto, sono stati esaminati gli insiemi di piante isolate, circondate da sabbia (*patch*) superficiali poiché ritenute le più soggette agli stress ambientali d'origine antropica e che più rapidamente regrediscono. Per valutare se, nel corso di questi ultimi anni, siano avvenuti dei cambiamenti in queste *patch*, si è preso in esame il fondale superficiale del tratto costiero che dalla città di Porto Torres arriva ad est alla torre di Abbacurrente, di lunghezza di circa quattro km dove sono stati individuati sei punti di rilevamento. Un' altra area è stata individuata nei pressi dello Stagno di Pilo attigua alla termocentrale di Fiume Santo ed un'altra a punta Tramontana.

Le immagini utilizzate provengono da Google Earth, software che genera immagini virtuali della Terra utilizzando immagini satellitari ottenute dal telerilevamento terrestre, fotografie aeree e dati topografici memorizzati in una piattaforma GIS.

Fig. 2- Aree di rilevamento

Fig. 3- Aree di rilevamento da Porto Torres a Torre Abbacurrente

Sono state utilizzate le immagini realizzate a febbraio 2007 e a maggio 2017 per la loro migliore definizione sia per il litorale porto Torres – Abbacurrente che per lo stagno di Pilo mentre per Punta Tramontana le immagini si riferiscono alle immagini rilevate nel 2009 e 2020.

Abbacurrente

Qui sono state individuate sei aree (Fig. 3) di dimensioni variabili scelte in modo casuale ma dai contorni ben definiti. Si è poi circoscritto un poligono che conteneva delle patch di Posidonia. Le immagini venivano poi processate con ImageJ, software di elaborazione digitale open source basato su Sun-Java, sviluppato dal National Institutes of Health, (USA) che permette di delimitare automaticamente delle zone a diverso cromatismo e calcolarne la relativa area. A titolo d'esempio si riportano le immagini dell'area 6.

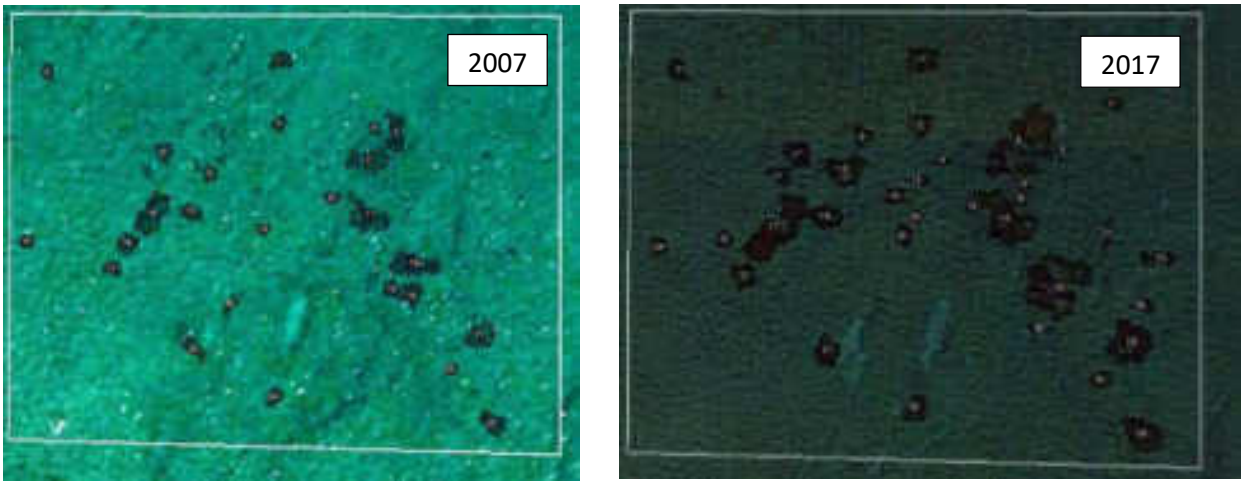


*Fig. 4- Confronto delle due annualità (2007-2017) dell'area **6** dove si è registrata la maggiore crescita nel periodo esaminato.*

St.	1		2		3		4		5		**6**	
annualità	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017	2007	2017
area (m^2)	613,7	701,4	711,3	805,7	221,7	305,3	1129,3	1152,4	767,4	1033,4	84,2	202,2
diff.17-07 (m^2)	87,7		94,4		83,6		23,1		266,0		118,0	
%*	12,5		11,7		27,4		2,0		25,7		58,4	*

*% di incremento (2007-2017 in 10 anni)

La tabella precedente riporta la somma delle superfici di tutte le patch di *Posidonia oceanica*, nelle diverse stazioni nei due anni scelti; si riporta anche la differenza nel periodo e la sua percentuale d'incremento. Si evince come questa sia positiva in tutte le aree esaminate, variando da un minimo del 2% ad un massimo del 58% (media generale 23% ± sd 19,8%). Sembra esistere anche un trend positivo verso est ma tale asserzione andrebbe confortata da una maggiore densità di punti di rilevamento.

Stagno di Pilo

La scelta dell'area è stata condizionata dalla necessità di disporre di una zona a monte di quella potenzialmente influenzata dalle correnti di fondo provenienti dall'area di Porto Torres che dovrebbero trasportare gli inquinanti provenienti dal porto civico, dal porto industriale e dalla foce del Rio Mannu: nel golfo dell'Asinara, infatti, le correnti hanno un andamento prevalentemente da ovest verso est. La stazione dista dalla città circa cinque miglia. Il posidonieto giace su roccia e su sabbia con un manto piuttosto frammentato soprattutto nella parte più prossimale alla riva.

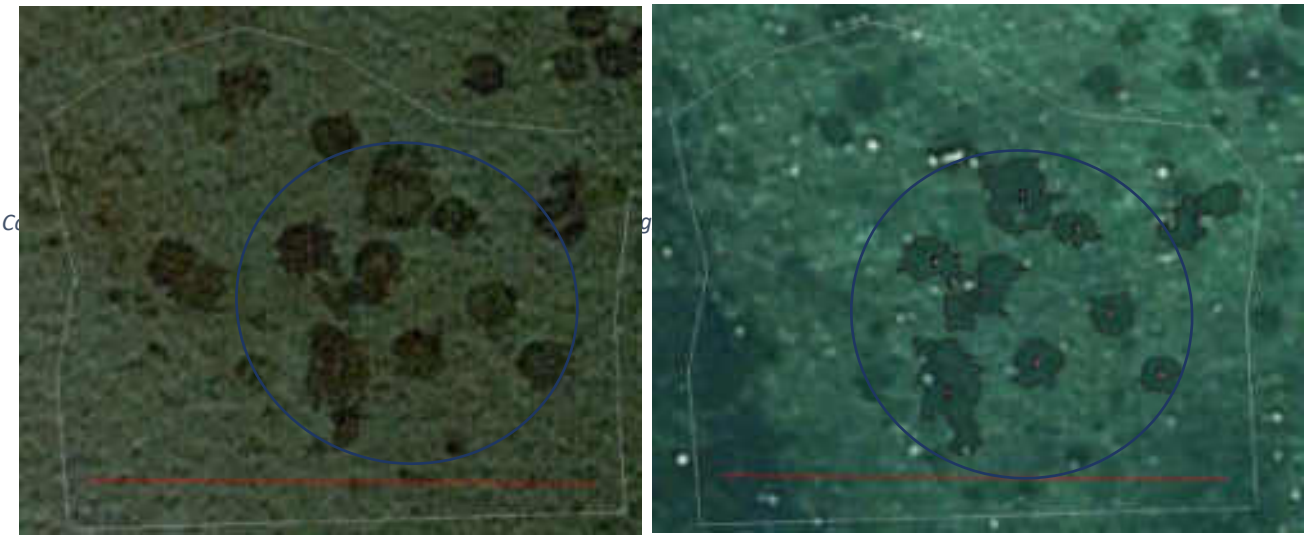


Fig. 5- A sinistra patch di Posidonia del 2017; a destra del 2007

Confronto delle pacth nei due anni (2017-2007)

patc 17	area m2	patc 07	area m2	delta	%delta	
2	10,3	1	9,2	1,1	10,9	
3	3,1	3	2,4	0,6	20,3	
4	5,8	4	4,6	1,2	21,3	
6	7,4	5	6,7	0,7	9,9	
7	4,3	6	3,2	1,1	26,3	
8	4,7	8	4,0	0,7	14,6	
9+11	10,1	7	11,0	-0,9	-9,2	
10	4,4	9	2,3	2,1	47,5	
			tot	0,8	17,7	media
				0,9	16,1	sd

Il confronto delle due annualità riportato nella tabella qui sopra evidenzia come vi sia una sostanziale crescita in tutte le patch esaminate ad eccezione della patch 9 del 2007 che confrontata con la corrispettiva del 2017 (9+11) ha subito un decremento del 9,2%. Si porta in evidenza, tuttavia, come la media della differenza delle aree tra le due annualità sia del 16% in positivo.

Punta Tramontana

Onde poter disporre di un'area sufficientemente lontana dalle possibili citate fonti di disturbo antropico di Porto Torres, sempre all'interno del golfo dell'Asinara, si è individuata una stazione nei pressi di Punta Tramontana a circa 11 miglia da Porto Torres. La scelta è stata condizionata anche dalla presenza nelle vicinanze di dissuasori antistrascico posti a difesa del presente elettrodotto.

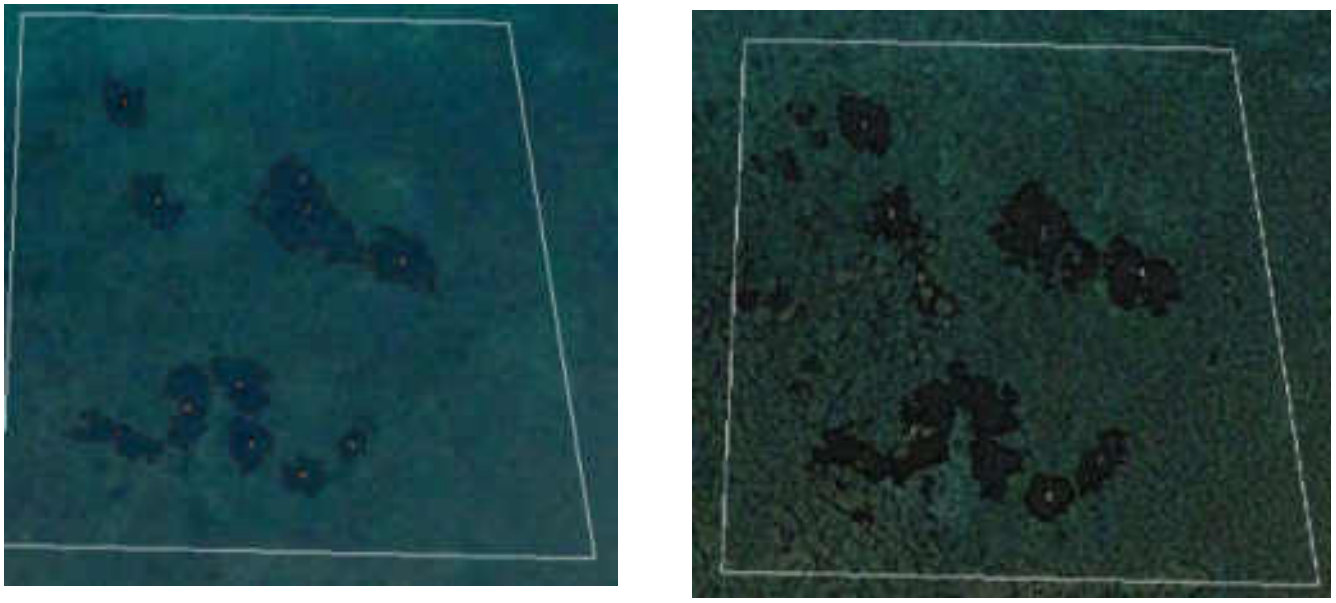


Fig. 6- Confronto delle pacth nei due anni (2009-2020)

patc 09	areea m2	patc 20	areea m2	delta(09-20)	%delta
1	12,0	1	20,0	8,0	40,1
2	53,1	2	49,9	-3,2	-6,4
3	14,5	3	17,6	3,1	17,8
4	23,6	4	31,7	8,1	25,7
		5	**6,9**	*	
5	18,04				
6	21,05				
7	15,37				
8	14,27				
5+6+7+8	68,73	6	99,8	31,1	31,1
9	5,22	7	16,0	10,7	67,3
10	9,09	8	15,2	6,2	40,4
			media	9,1	30,8
			sd	10,7	22,7

OBBIETTIVO: INDIVIDUAZIONE DI AREE POTENZIALMENTE IDONEE AL TRAPIANTO DIPOSIDONIA OCEANICA NEL GOLFO DELL'ASINARA

RILIEVI SIDE SCAN SONAR

Per i rilevamenti è stato impiegato il SIDE SCAN SONAR (SSS) KLEIN SYSTEM 3000 DIGITAL a 500 kHz, con TOWFISH a Trasmissione degli impulsi: Tone burst, selezionabile dall'operatore da 25 to 400 µsecs. Impulsi indipendenti con controllo di frequenza. Questo è dotato di due trasduttori per lato costituiti da un'unità di trasmissione (transmitter) ed una di ricezione (reiceiver).

La cartografia del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare riporta la distribuzione di *Posidonia oceanica* su tutta la costa della Sardegna. Tale cartografia realizzata su dati del 1999, include una serie di studi per la caratterizzazione e la mappatura secondo il "Programma nazionale di individuazione e valorizzazione della *Posidonia oceanica* nonché di studio delle misure di salvaguardia della stessa da tutti i fenomeni che ne comportano il degrado e la distruzione" previsto dalla Legge n° 426/98 (M.A.T.T.M. - SiDiMar., 2008). La selezione preliminare delle possibili aree ritenute idonee al reimpianto è avvenuta attraverso l'osservazione dei tracciati SSS realizzati per la creazione della cartografia.

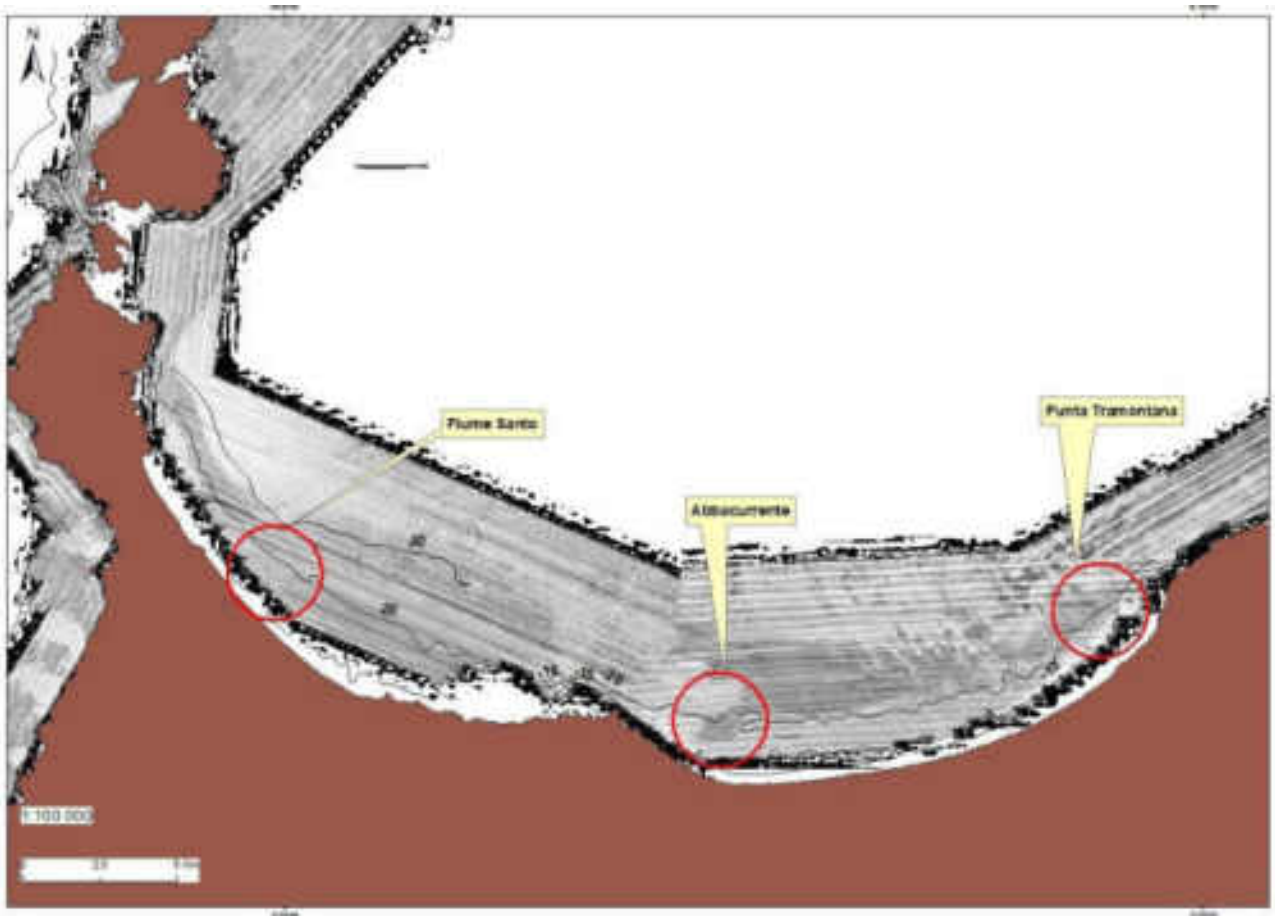


Fig. 7- Geomosaico SSS del MATTM(2000) del golfo dell'Asinara con le potenziali aree di reimpianto

L'osservazione dei tracciati SSS da Stintino a Castel Sardo ha permesso di individuare tre aree a sabbia fine con intermatte o senza vegetazione (Fig. 7): Fiume Santo, Abbacurrente e Punta Tramontana ritenute potenzialmente idonee al trapianto. Su tali aree stati sono effettuati nuovi rilievi con il SSS più performante rispetto a quello impiegato nell'anno 2000 (vedi caratteristiche tecniche), che ha permesso di rilevare tracciati con una risoluzione più dettagliata.

Fiume Santo. I criteri che hanno condizionato la scelta del sito sono la presenza di ampi canali intermatte, la bassa energia delle correnti di fondo (presenza di sabbia fine ben classata, assenza di ripple marks di cospicue dimensioni) e dalla vicinanza di dissuasori antistrascico, posti a difesa dei cavi elettrici sottomarini della locale termocentrale.

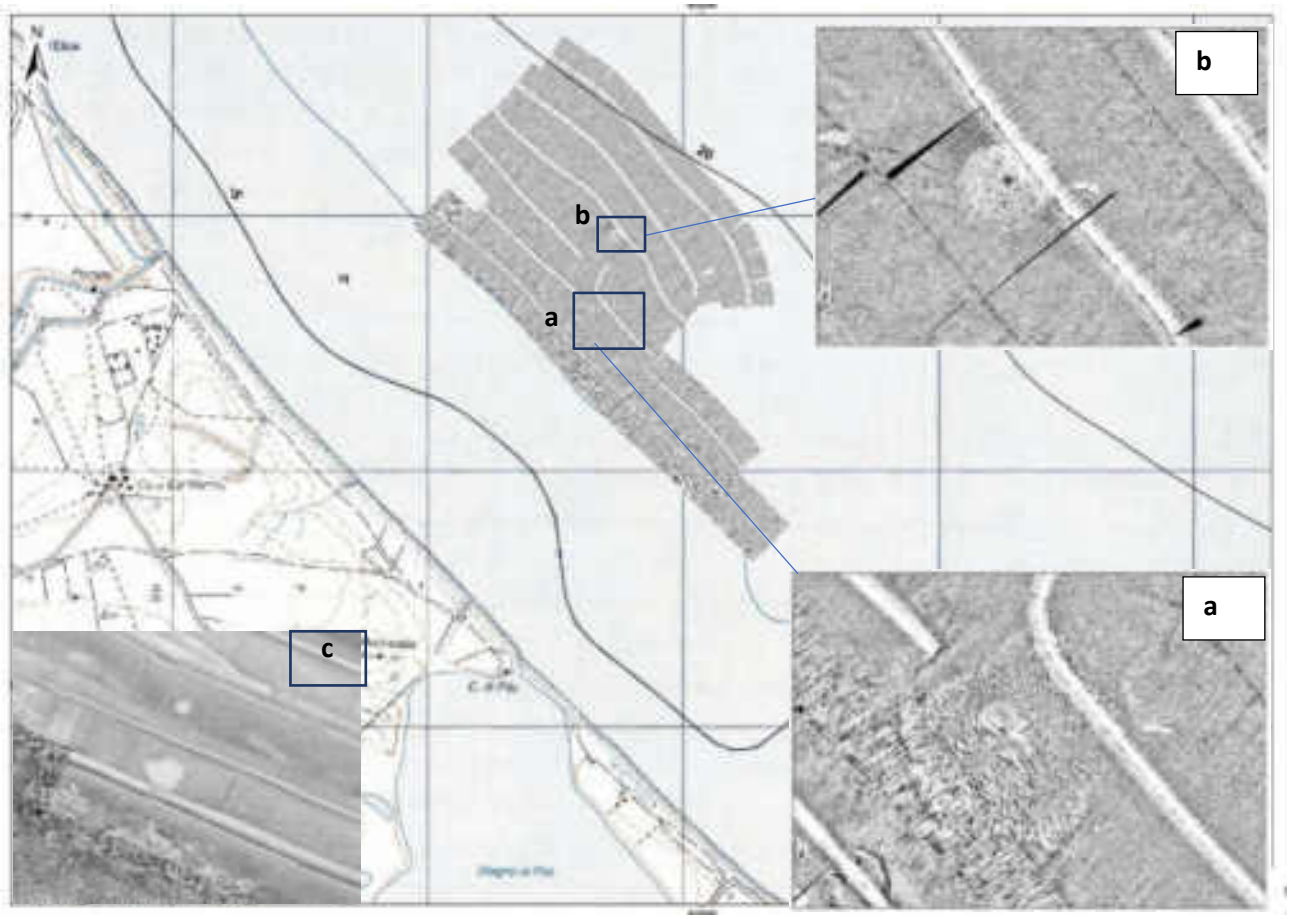


*Fig. 8 – Tracciato SideScanSonar del 2021.Nei riquadri **a** e **b** spot delle aree ritenute potenzialmente idonee al trapianto. In **c** uno spot dal SSS del M.A.T.T.M. - SiDiMar., 2008*

L'area SSS individuata si colloca nella fascia batimetrica da 15 a 20. Il mosaico in figura viene creato dalla sovrapposizione di sei tracciati della lunghezza complessiva di circa 10 miglia, eseguiti con orientamento parallelo alla linea di costa. Sono presenti due aree di forma rotondeggiante. La prima (**a** in Fig. 8), più prossimale alla costa, ha una superficie di 1,8 ha, si colloca in una fascia batimetrica di 14-16 m e mostra patch di *Posidonia oceanica* intervallati da ampi canali intermatte con sabbia fine. La seconda area (**b** in Fig. 8), sempre di forma rotondeggiante regolare, risulta più distante dalla costa, ha una superficie di 0,4 ha ed è posta in una fascia batimetrica tra 16-18 m con una prevalenza di canali sabbiosi rispetto alle patch. Il confronto con i rilievi SSS del 2000 delle due aree (**c** in Fig. 8) evidenzia come le superfici individuate in vent'anni non abbiano modificato la loro dimensione, mantenendone anche la forma.

Abbacurrente. Nella figura in basso (Fig. 9) si riporta l'area vasta dei mosaici SSS del "99 dove si rendono evidenti tre zone a diversa intensità di grigi: in alto a destra si rileva un'intensità di grigio maggiore (**a**) che segna la presenza della matte di *Posidonia oceanica*. Questa confina in basso con una zona più chiara e righettata, costituita da beachrock, (**b**) roccia sedimentaria, di consistenza variabile, da friabile a ben consolidata, costituita da una miscela di sedimento ghiaioso, sabbioso e limoso, cementata da carbonati. Nella porzione sinistra di colore grigio chiaro (**c**) il fondale risulta monotono, costituito da sabbie medie miste a rada vegetazione (in prevalenza *Caulerpa prolifera* e *Codium fragile*) e matte morta. Su quest'ultimo tipo di fondale è stato eseguito il nuovo rilievo SSS che si colloca nella fascia batimetrica da 15 a 20 m. Il mosaico in figura viene creato dalla sovrapposizione di cinque tracciati della lunghezza complessiva di circa 12 miglia, eseguiti con orientamento parallelo alla costa e di superficie pari a 105 ha. L'area ritenuta idonea al trapianto si colloca nel settore orientale basso dell'area mappata (Fig. 10). Tale zona è infatti caratterizzata da sabbie fini ben calibrate tipiche di fondali soggetti a deboli correnti di fondo.

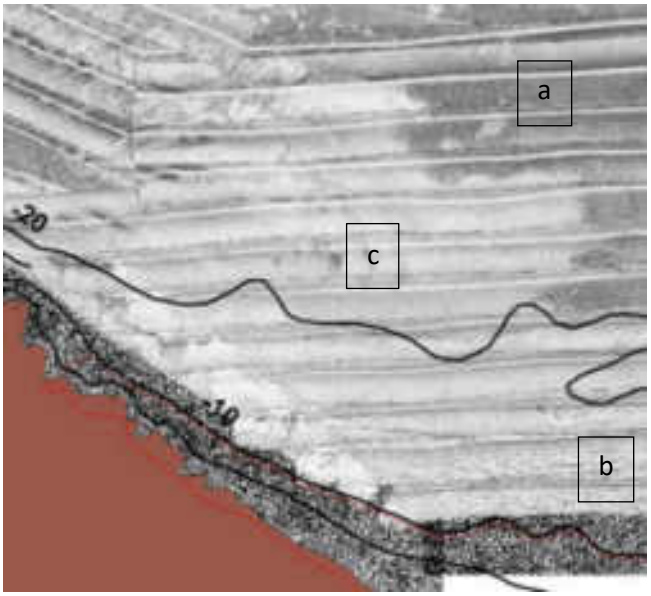


Fig. 9- Mosaico del 2000 MATTM

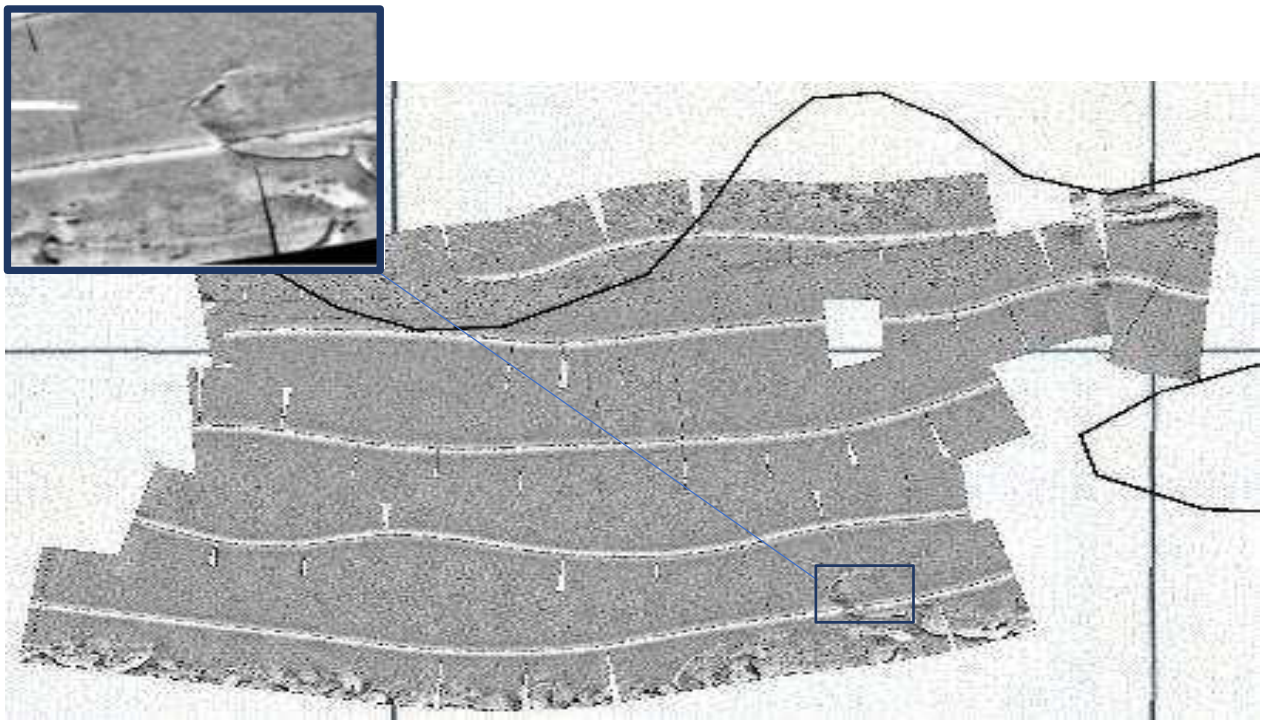


Fig. 10- Geomosaico del 2021 prospicente la torre di Abbacurrente. In alto a sx il particolare dell'area potenzialmente idonea al trapianto all'interno del quadrato.

Punta Tramontana. L'area è stata scelta per motivazioni simili a quelle di Fiume Santo; infatti, sono presenti dissuasori antistrascico, posti a difesa del cavo elettrico sottomarino e sabbie fini con ampi canali intermatte.

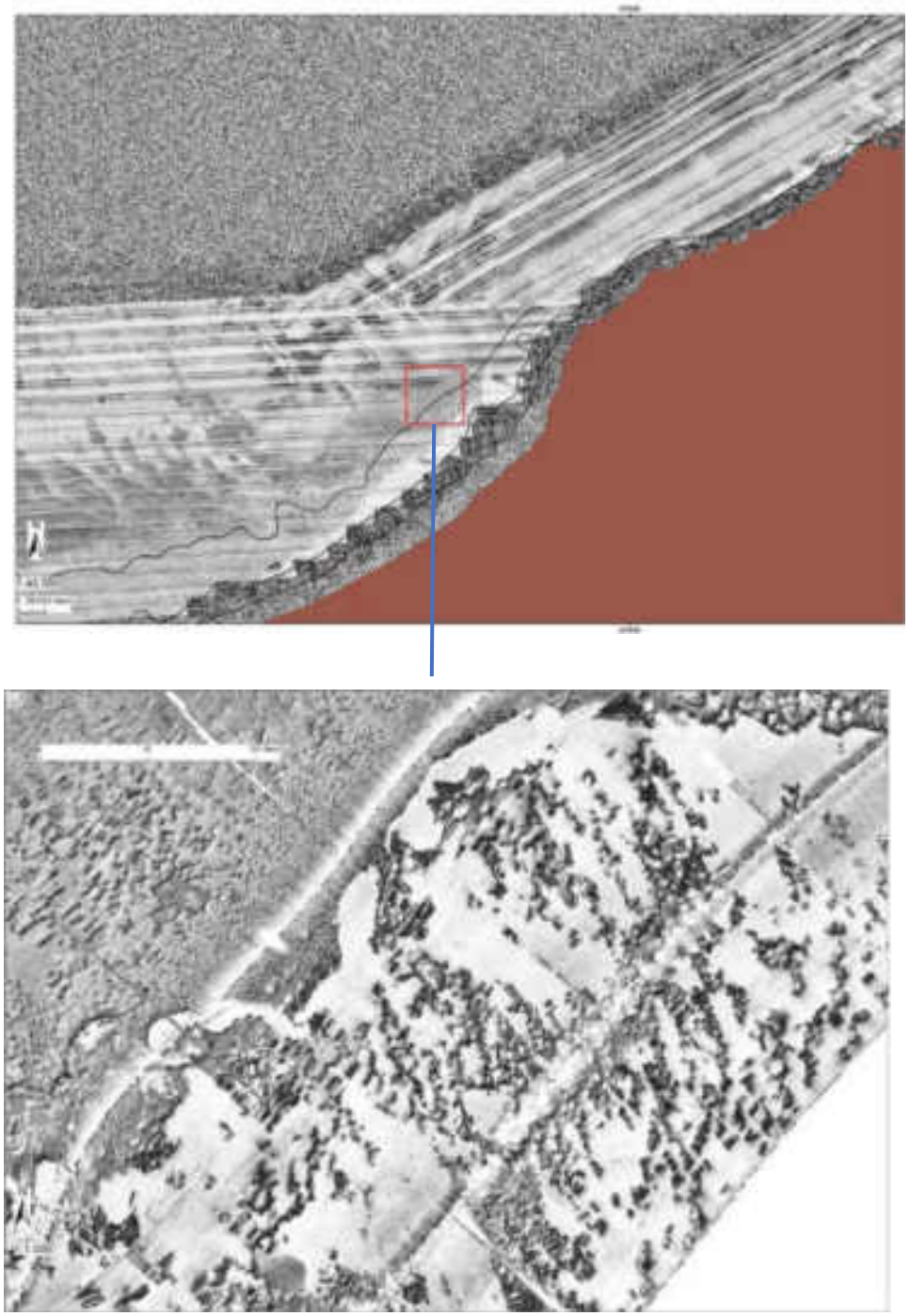


Fig. 11- - Geomosaico del 2021 di Punta Tramontana prospicente il moletto del cavo elettrico Terna. In basso il particolare dell'area potenzialmente idonea al trapianto.

L'area mappata con il SSS nel 2021 ammonta a 77 ha con strisciate lunghe complessivamente due miglia. Nella porzione del rilievo più prossima alla riva sono evidenti patch di *Posidonia oceanica* di forma allungata alternate a canali e ampie zone a sabbia fine.

TRANSETTI ROV

Le riprese video subacquee sono state effettuate utilizzando il R.O.V. Mod. Velociraptor Elettronica Enne equipaggiato di monitor e consolle di comando in grado di operare fino a 400 metri di profondità; esso dispone di due motori laterali per la propulsione orizzontale e di uno verticale per l'elevazione e l'inabissamento. La dotazione comprende due fari alogeni, due puntatori laser e due telecamere, in grado di realizzare filmati in HD. Il ROV è stato opportunamente modificato, tramite il posizionamento di una videocamera GoPro Hero 5 che permette l'acquisizione di video in 4k in senso verticale, ed un'altra orientata ortogonalmente al fondale per le riprese orizzontali. Le videocamere GoPro sono inserite all'interno di uno scafandro impermeabile.

Fiume Santo

L'area è caratterizzata da ampi canali intermatte e da patch isolate di *Posidonia oceanica* (Fig. 13). I ripple sono di piccole dimensioni e il fondale risulta ricoperto da un sottile feltro algale. La modesta energia delle correnti di fondo è segnalata anche dalla presenza di sabbia fine ben classata.

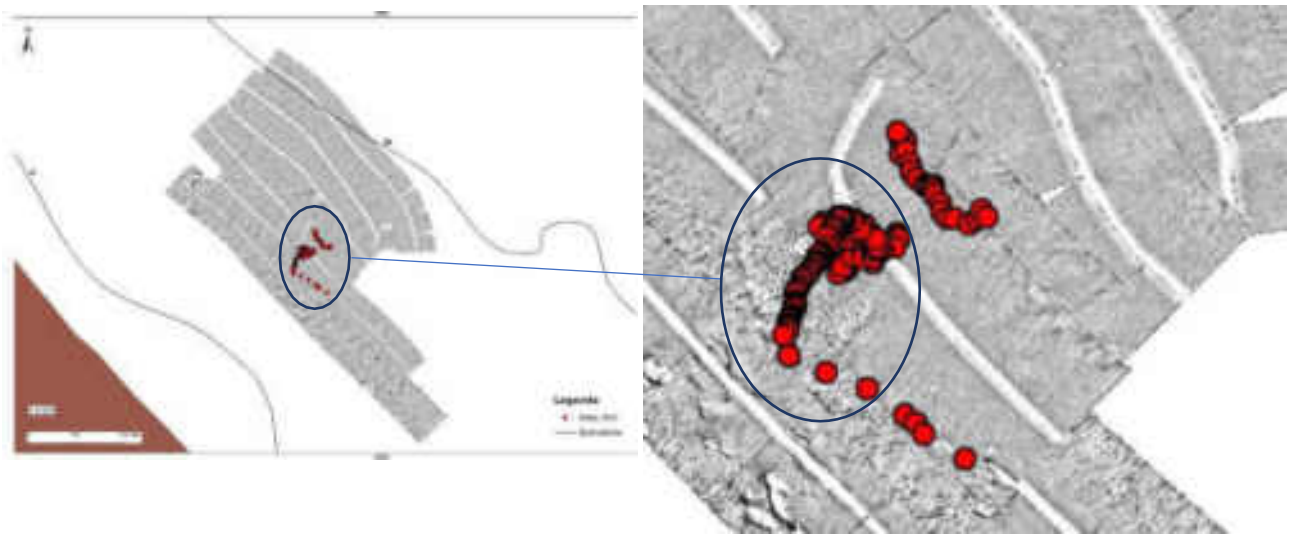


Fig. 12- Percorso ROV nella area di Fiume Santo. I tracciati sono localizzati sul fondale (v. ellisse) che presenta significative differenze rispetto al circostante

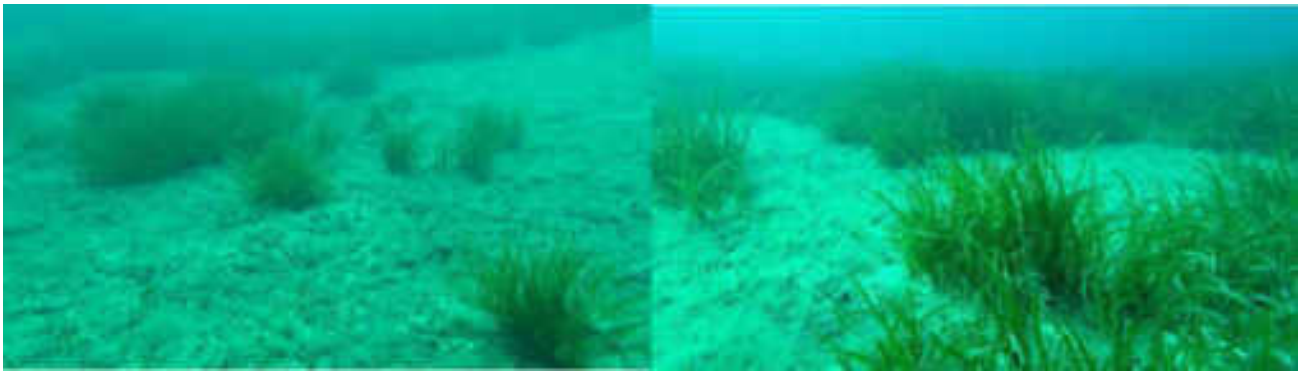


Fig. 13- Patch di Posidonia oceanica presenti nell'area

Abbacurrente

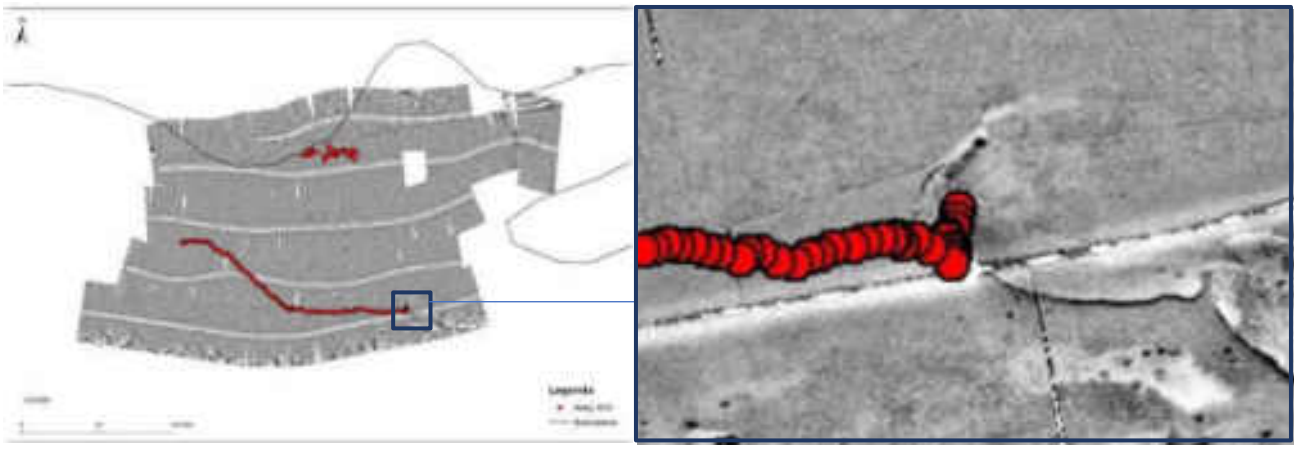


Fig. 14- Percorso ROV nella area di Abbacurrente. I tracciati sono localizzati sul fondale (v. quadrato blu) che presenta significative differenze rispetto al circostante.

Fig. 15- A sinistra l'immagine riporta un frame del filmato relativo al percorso ROV e si riferisce alla porzione periferica dell'area indicata nella figura precedente. A destra, l'immagine della porzione centrale della stessa area.

L'area è contraddistinta da un fondale uniforme, costituito da sabbie medie miste a rada vegetazione (in prevalenza *Caulerpa prolifer*a, *Codium fragile* e *Codium bursa*) e matte morta. Si rinvengono piccole patch di *Posidonia oceanica* e a tratti un feltro algale di modesto spessore (Fig. 15).

Punta Tramontana

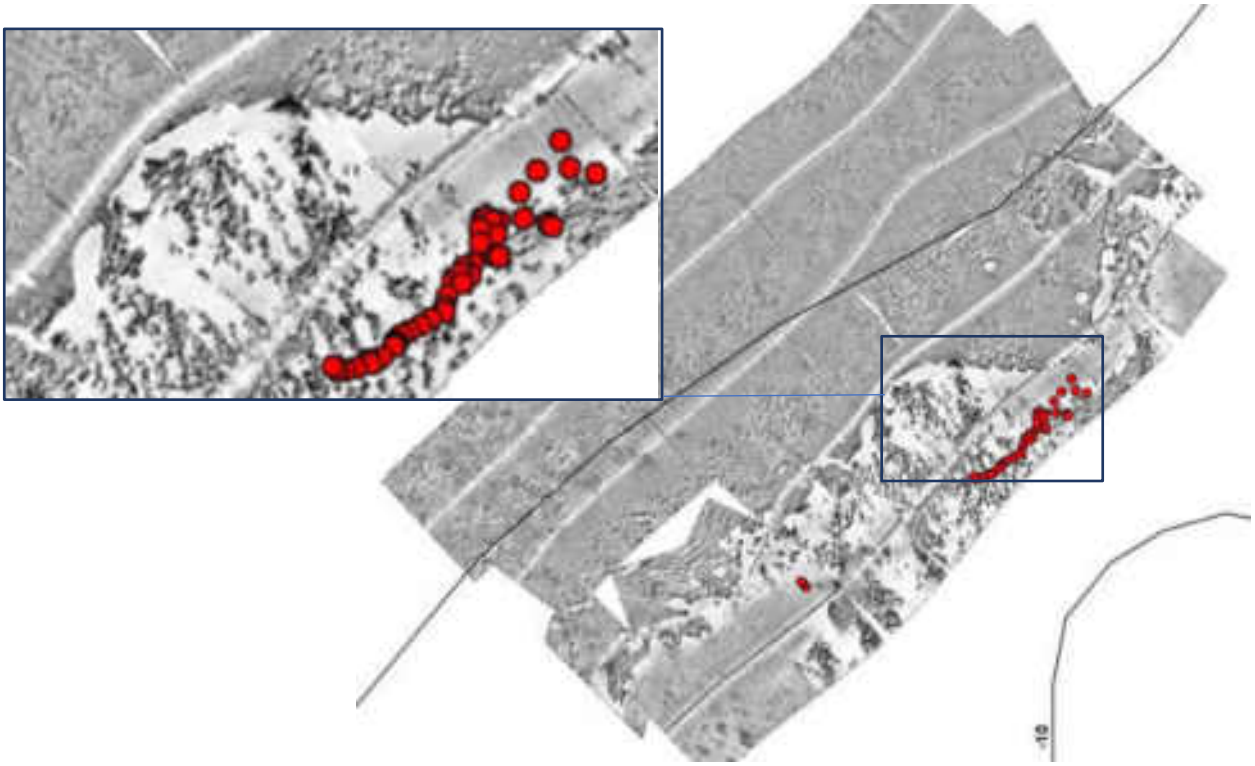
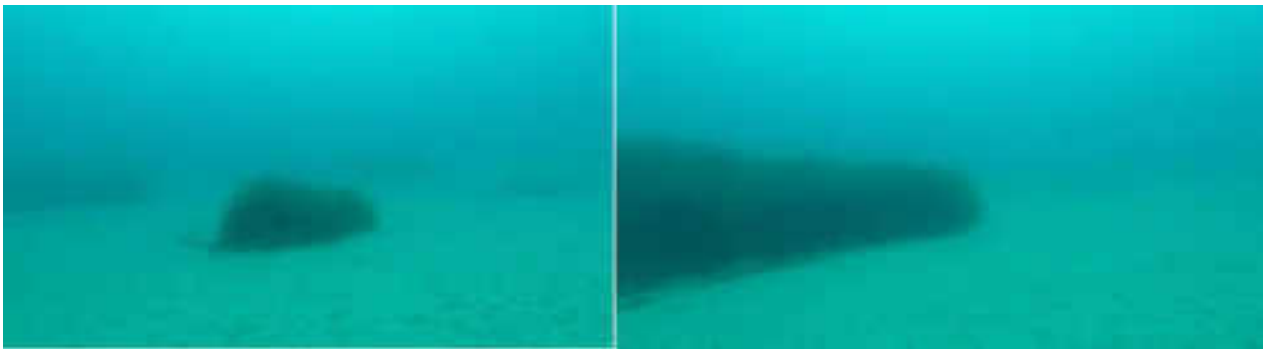


Fig. 16- Percorso ROV nella area di Punta Tramontana (punti rossi). I tracciati mostra un fondale (v. quadrato blu) che evidenzia una netta differenza rispetto alla porzione settentrionale.



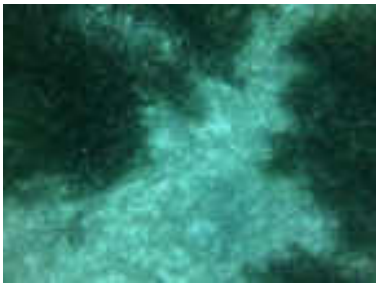


Fig. 17- Immagini della porzione del rilievo più prossima alla riva. Sono evidenti pacth di Posidonia oceanica di forma allungata alternate a canali e ampie zone a sabbia fine

Cartografia biocenotica

Al fine di evidenziare le superfici disponibili per la piantumazione, le immagini SSS sono state inserite all'interno di un Geographic Information System (GIS) o sistema informativo geografico ovvero un sistema informativo computerizzato che permette di sfruttare informazioni derivanti da dati geografici geo-riferiti.

Fiume Santo

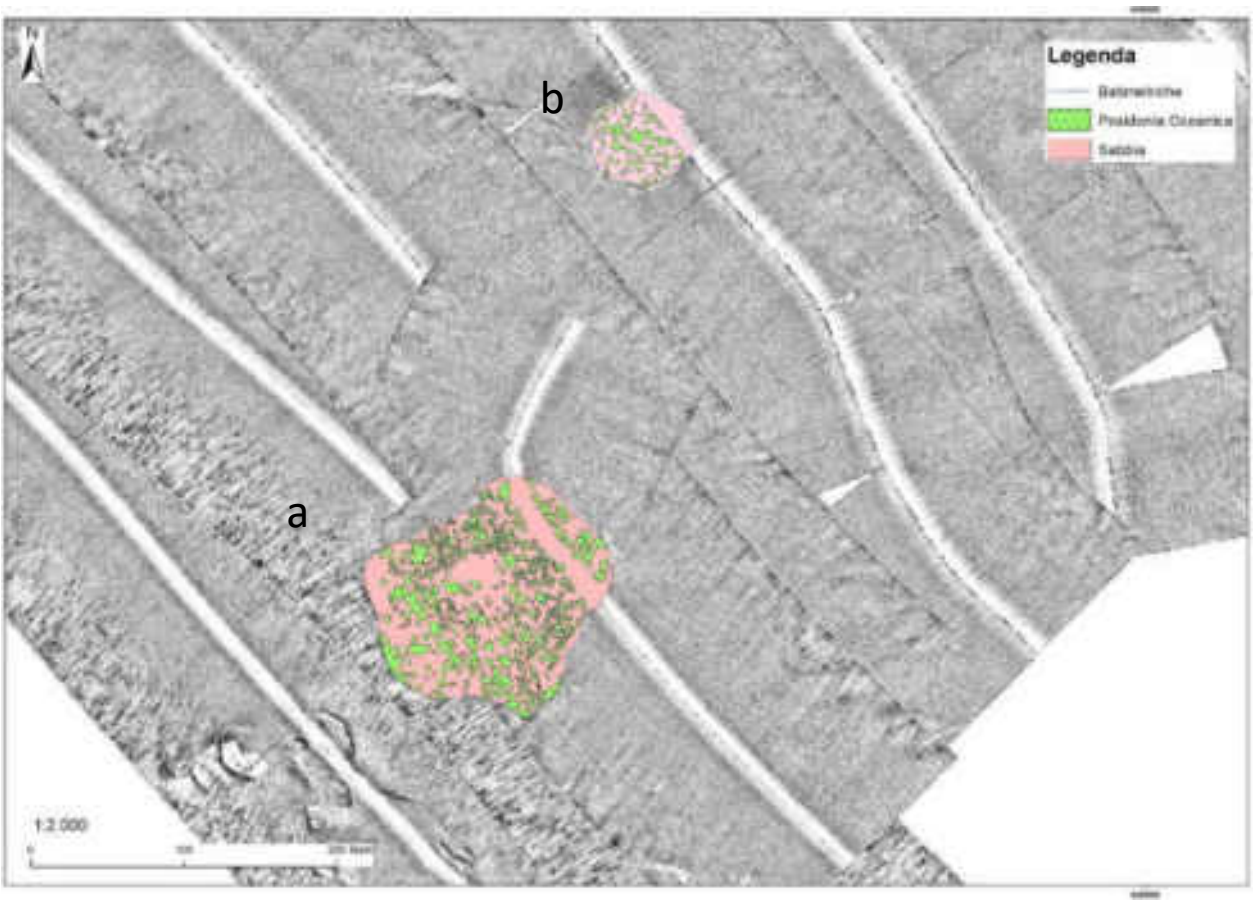


Fig. 18- Carta biocenotica area di Fiume Santo

Sono state individuate due aree che mostrano una copertura vegetale costituita da patch di *P. oceanica* più o meno aggregate e che lasciano spazi e piccole radure di sabbia. La superficie dell'area più grande (Fig. 18-**a**) à pari a 1,7 ha e *Posidonia oceanica* ne occupa il 32%. Restano potenzialmente liberi 1,2 ha per la piantumazione. L'area più piccola (Fig. 18-**b**) ha un'area di 0,3 ha con una superficie libera di 0,23 ha. Qui *P. oceanica* occupa circa il 27 % del fondale. Il totale potenzialmente disponibile ammonta quindi a 2 ha.

Abbacurrente

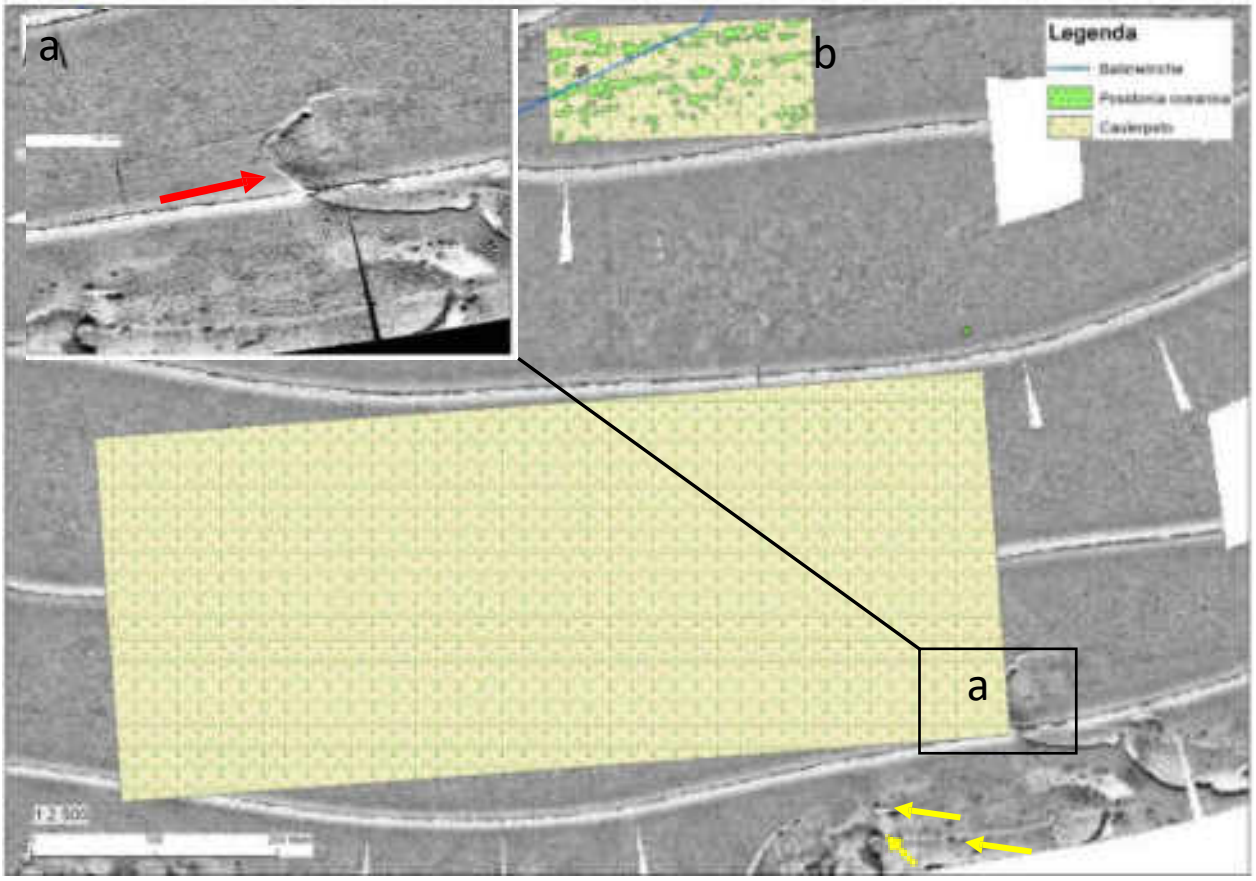


Fig. 19- Carta biocenotica area di Abbacurrente

L'area individuata si inserisce in un'ampia zona pressoché priva di *Posidonia oceanica* costituita da un vasto caulerpeto. L'area è caratterizzata da una cresta semicircolare (Fig. 19-**a**) indicata dalla freccia rossa in figura. Il crinale che ne segue può offrire ridosso dalle correnti di fondo che hanno andamento da ovest e può quindi costituire una protezione a una possibile piantumazione. Si scorgono diverse piccole patch nella porzione in basso a destra (frecce gialle). *Posidonia oceanica* appare più abbondante verso la porzione più settentrionale (Fig. 19-**b**) a maggiore profondità.

Punta Tramontana

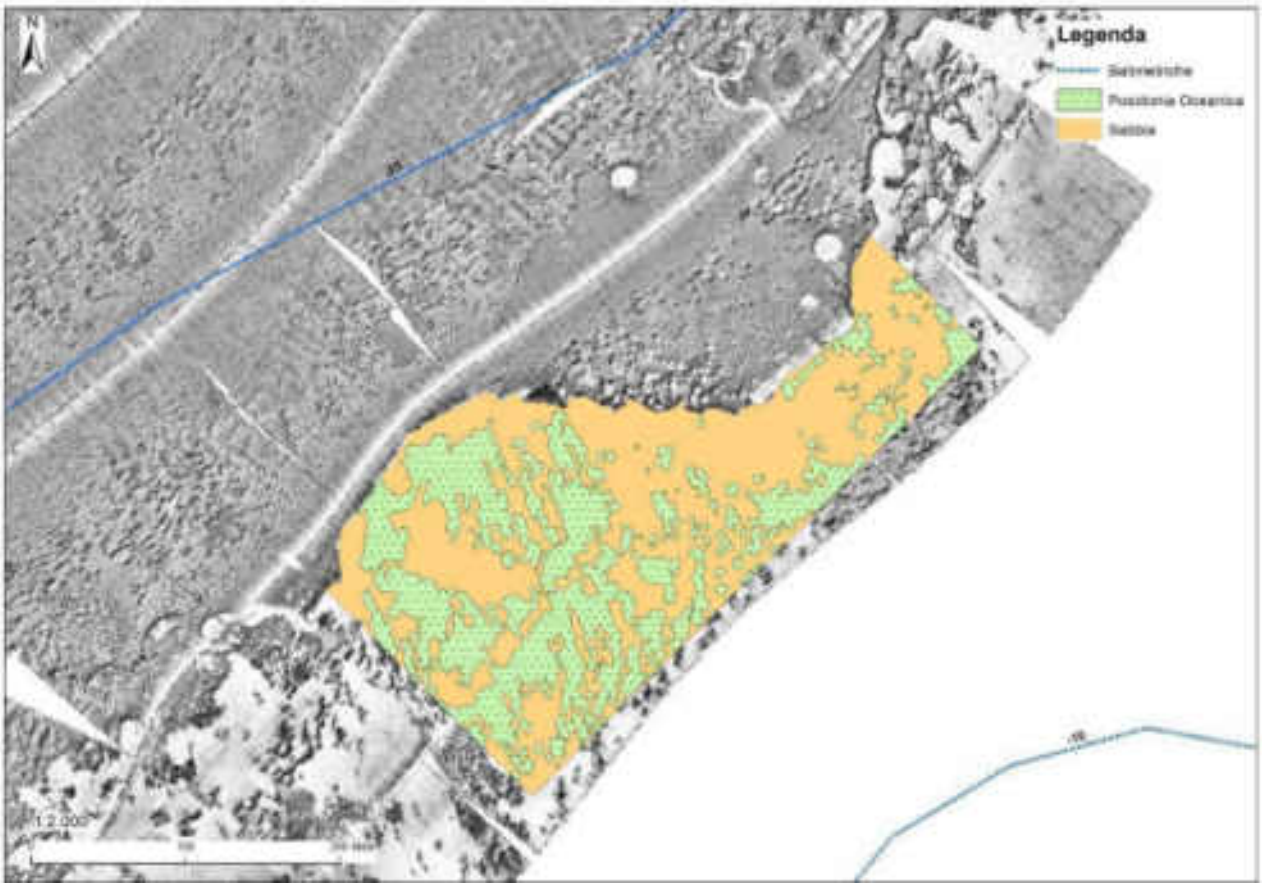


Fig. 20- Carta biocenotica area di Punta Tramontana

L'area individuata mostra una copertura vegetale costituita da una matte frammentata più o meno aggregata e che lascia spazi e radure di sabbia talvolta di ampia dimensione. La superficie dell'area è pari a 6 ha e *Posidonia oceanica* ne occupa circa il 42%. Restano quindi potenzialmente liberi più di 2,5 ha per la piantumazione.

Stima del numero delle plantule da trapiantare

Al fine di stabilire il numero di plantule, costituite dal fascio fogliare e del suo relativo rizoma, si è realizzata una nuova cartografia di dettaglio della distribuzione del manto vegetale composto da *P. oceanica* all'interno dell'area destinata all'espianto. A tal fine si è effettuato un nuovo rilievo SSS sull'area sovrapponendo i tracciati al 50% per una migliore definizione. Successivamente si è effettuato un transetto ROV lungo l'asse mediano dell'area interessata. Il ROV era provvisto di quattro telecamere di cui due erano GoPro ad alta definizione: una orientata rispetto al fondale con un angolo di circa 140° settata in continuo per riprese di filmati e un'altra con orientamento ortogonale per fotografie campionate ogni 5 secondi.

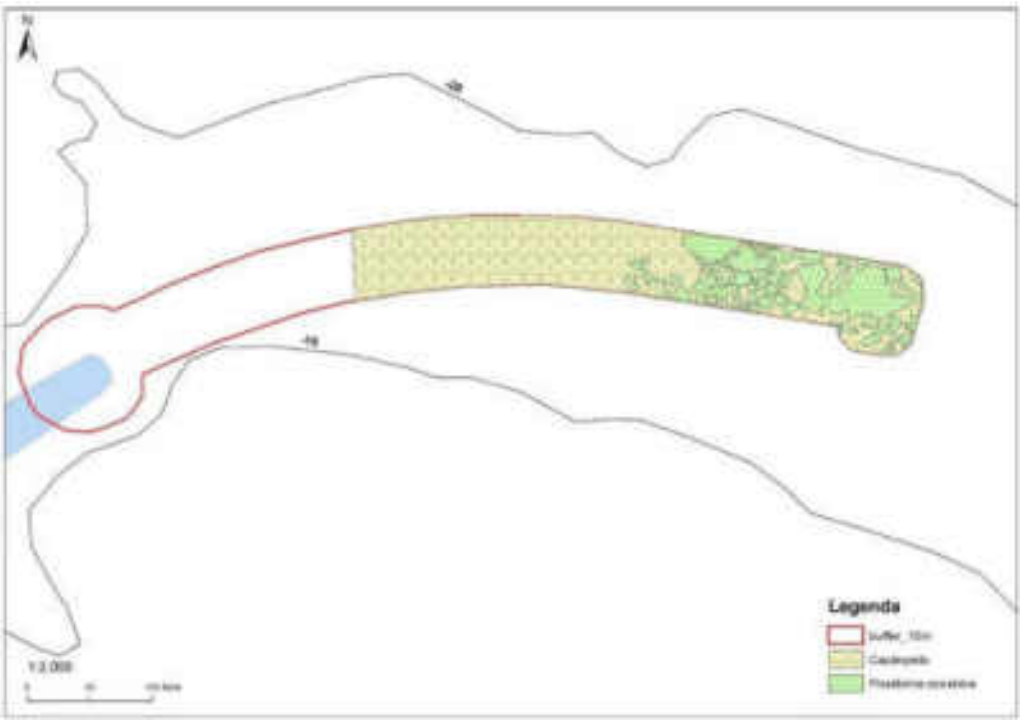


Fig. 21- Cartografia di P. oceanica del tratto interessato alla costruzione del molo

Le stazioni e i dati di densità relativa si riferiscono a quelli rilevati nella campagna del 2016*

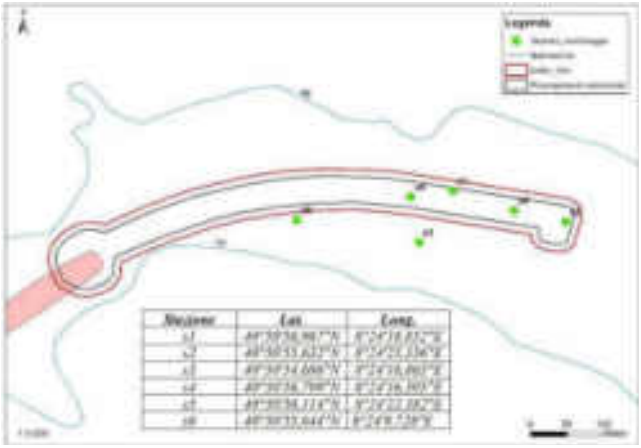


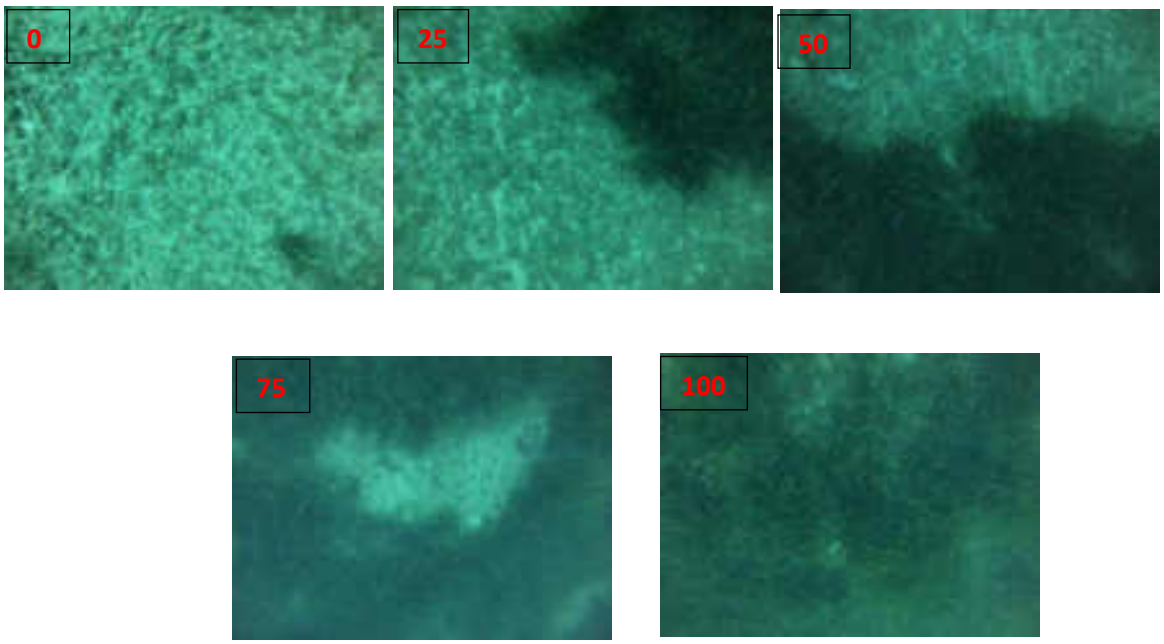
*Fig. 22- Stazioni della campagna del 2016**
per il rilievo dei dati fenologici

*.Mappatura e analisi della prateria di Posidonia oceanica nelle acque antistanti la diga di sopraflutto del Porto civico di Porto Torres e progetto degli interventi di trapianto e compensazione - Hub portuale di Porto Torres –Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE Ai sensi del D.lgs 152/06 e successive integrazioni (Allegato VII del D.Lgs 4/2008) Quadro di Riferimento Progettuale Studio specialistico 3 Dicembre 2016

La nuova cartografia, coerente con quella del 2016 evidenzia come la matte sia localizzata soprattutto nella porzione distale dell'area interessata ai lavori. L'area più prossimale all'attuale molo risulta essere invece un ampio caulerpeto. La cartografia evidenzia anche come la matte sia molto discontinua alternando ad ampi catini di sabbia e ciottoli tratti di manto vegetale di compattezza variabile.

Le fotografie ortogonali lungo il transetto ROV nella parte mediana dell'area ammontano a 405. Si è voluto valutare attraverso di esse il grado di copertura della fanerogama marina lungo un gradiente costa-largo per valutarne la variabilità.

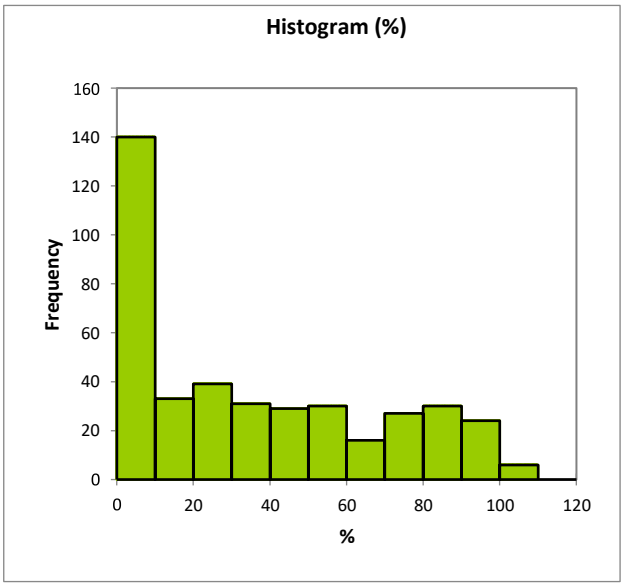
L'analisi dei fotogrammi permette di effettuare alcune considerazioni sul tipo di distribuzione che la pianta mostra sul fondale in oggetto. In figura 23 si riportano alcuni esempi di fondale occupato da *Posidonia oceanica* con l'indicazione della copertura. La scala utilizzata nel valutare la copertura varia da 0 a 100% secondo intervalli di 5 unità.



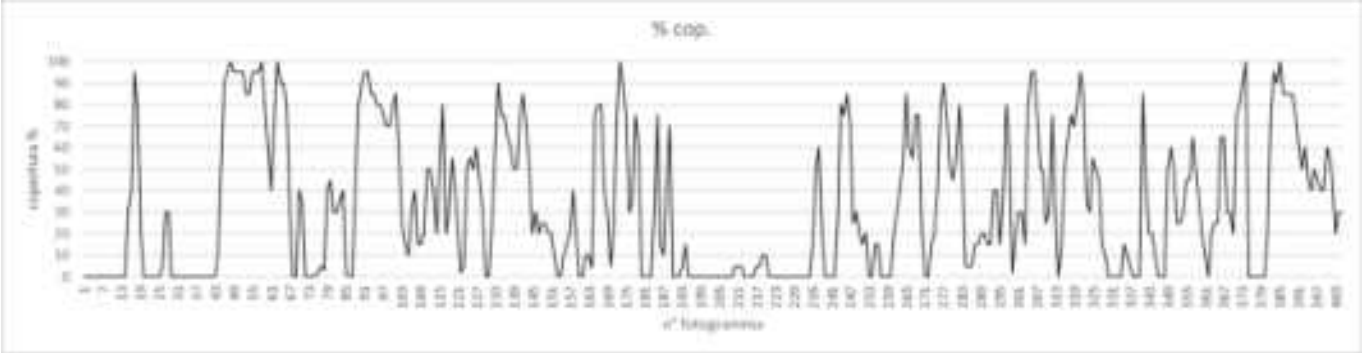
Statistica della % di copertura da ortoimmagini GoPro	%
No. delle osservazioni	405
media %	**32,97**
Varianza (n-1)	1050,7
Standard deviation (n-1)	32,4
Skewness (Pearson)	0,6
Kurtosis (Pearson)	-1,03
Limite inf. della media (95%)	29,8
Limite sup. della media (95%)	36,1

La copertura % rilevata tramite la tecnica delle foto ortogonali è pari a 32,97% con un range di tolleranza al 95% di probabilità pari a ±9,6%.

soglia inferiore %	soglia superiore %	Frequenza	Freq. relativa
0	10	140	0,3457
10	20	33	0,0815
20	30	39	0,0963
30	40	31	0,0765
40	50	29	0,0716
50	60	30	0,0741
60	70	16	0,0395
70	80	27	0,0667
80	90	30	0,0741
90	99	24	0,0593
100		6	0,0148



La tabella e l'istogramma relativo riportano il numero di foto e la frequenza con cui i valori di copertura ricadono all'interno delle soglie di riferimento. Si rimarca come più di un terzo (34,57%) dei casi ricada nel range 0-10 e solo 1,5 % mostri coperture del 100%. In più, i valori di copertura sotto 50% rappresentano ¾ dei casi totali registrati.



La variabilità del popolamento in oggetto è evidenziata dall'andamento dei valori di copertura % lungo il transetto rappresentata dal grafico precedente: si noti come nella parte iniziale e nella mediana sia ricorrente l'assenza della fanerogama e come la matte molto frastagliata e discontinua.

La tabella sottostante mostra i valori di copertura % di *P. oceanica* trovata sul campo relativi alle stazioni individuate nella campagna 2016; riporta altresì le densità relative ed assolute della stessa campagna. Sono inoltre indicate le densità assolute calcolate con i dati della copertura % tramite ortofoto ROV del 2021 e i loro limiti fiduciali al 95% di probabilità.

superficie posidonia interna al buffer (m^2)	7049
copertura media % (ROV- 405 foto)	32,97%
limite inferiore della media (95%)	29,8%
limite superiore della media (95%)	36,1%

Stazione	Copertura % rilevata sul campo	Densità relativa su campo (fsc m^{-2})	±st. dev.	Densità assoluta campo (fsc m^{-2})	Densità assoluta ROV (fsc m^{-2})	Limite inferiore (95%)	Limite superiore (95%)
(2016)	*(2016)*	*(2016)*	*(2016)*	*(2016)*	*(2021)*	*(2021)*	*(2021)*
s1	45	70	15,5	32	23	20,9	25,3
s2	30	57,5	14,7	17	19	17,1	20,8
s3	25	51,3	22,2	13	17	15,3	18,5
s4	25	46,3	22,9	12	15	13,8	16,7
s5	30	48,1	20,2	14	16	14,3	17,4
media	31			17,52	18,02	16,3	19,7
		n° di piante->		**123.468**	***126.985***	**114.790**	**139.180**

Considerando che la superficie interessata da *Posidonia oceanica*, stimata dalla cartografia è pari a 0,7 ha e che il valore di densità assoluta è di 18 fasci per m^2, risulta che il numero di plantule da trapiantare è di circa 127.000. Se si impiegasse la tecnica delle stuoie per il trapianto di tutte le talee, le indicazioni prevedrebbero una media di 20 piante per m^2. Si dovrebbe quindi disporre quindi di una superficie di 6300 m^2 con limiti di probabilità (95%) da 5700 a 7000 m^2. La tecnica di trapianto, tuttavia, permette di incrementare la densità della piantumazione che ovviamente riduce la superficie d'impianto. Si rimarca come i dati rilevati nel 2016 conducono a una stima di circa 123.500 piante,

valore dello stesso ordine di grandezza di quello individuato nell'ultima campagna avvalorandone l'attuale significatività.

ANALISI GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI

Sono stati analizzati 15 campioni, raccolti rispettivamente nella zona di Punta Tramontana (Bennata 3, Ptr1, Ptr2), Abbacurrente (Bennata 1, Bennata 2, AC0, AC1), Acque Dolci (AD1, AD2), Fiume Santo (FSG, FSG2, FSp), e nell'area di espianto (PT1, PT2, PT3), per analisi composizionali e granulometriche.

I campioni evidenziano in modo esaustivo la situazione dei sedimenti presenti sul fondo delle aree investigate. Di questi sarà presentata un'analisi dettagliata di ogni sito.

Di ogni area (tranne Acquedolci) è stato fatto sia il rilievo Side Scan Sonar (SSS) che ROV.

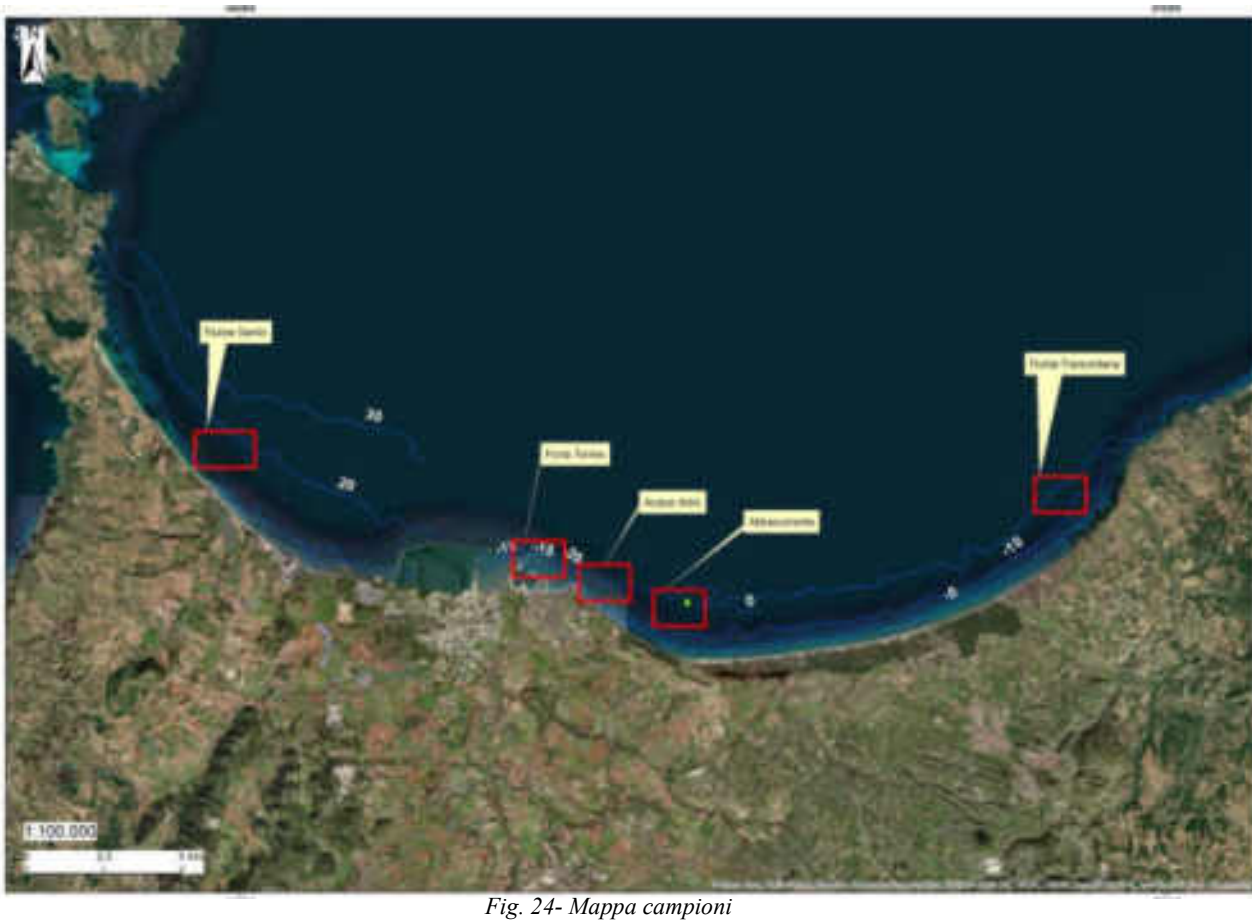


Fig. 24- Mappa campioni

Metodologia di analisi

I campioni raccolti sono stati lavati con acqua demineralizzata ed asciugati in forno a 60 °C per circa 24h. Successivamente sono stati setacciati con una pila di setacci (certificati in acciaio inox, rispondenti alle specifiche ASTM11/70 ed alle raccomandazioni ISO) a maglie decrescenti (di ½ ϕ dove ϕ rappresenta il -log2 del diametro dei grani) da 2000 a 63 micron. L'analisi granulometrica è stata fatta utilizzando il programma GRADISTAT (ver. 8.0, © Copyright Simon Blott, 2000).

Punta Tramontana

Rilievi SSS

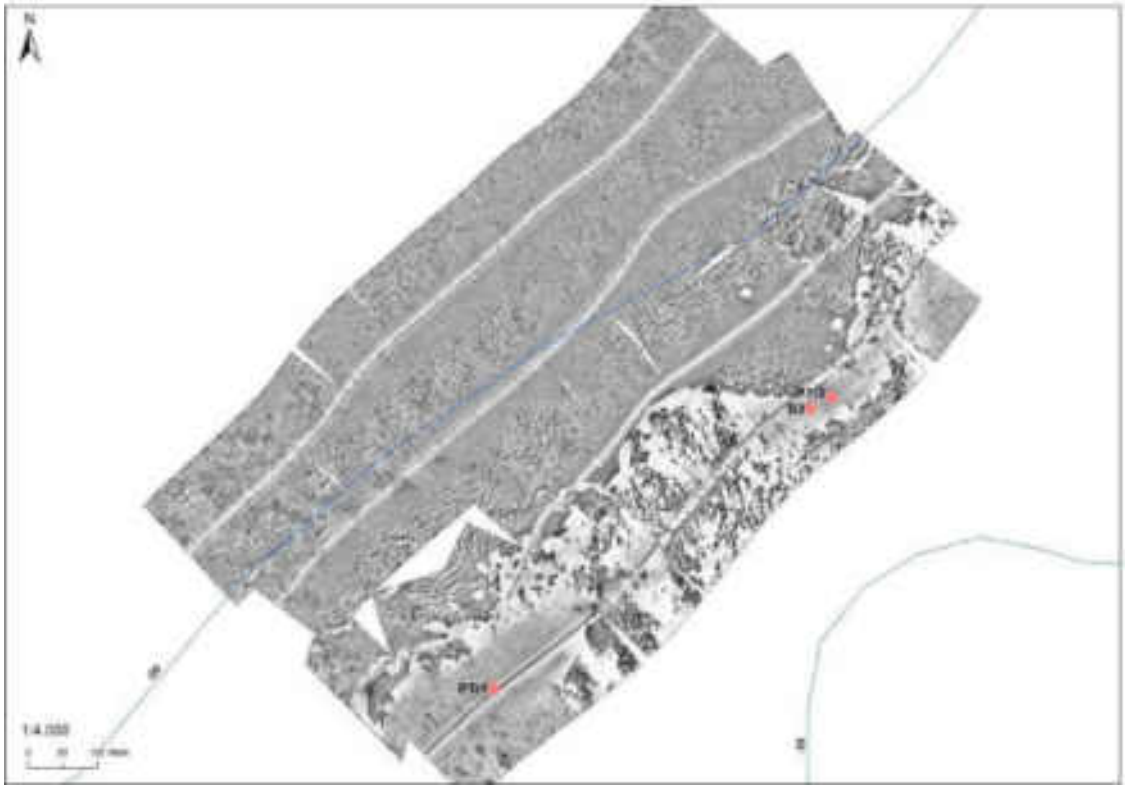


Fig. 15- Fotomosaico Punta Tramontana

Il mosaico SSS dell'area mette in evidenza come questa sia caratterizzata per la maggior parte da una prateria a *Posidonia oceanica* (L.) Delile, abbastanza compatta (medio backscatter). Nella porzione verso costa della prateria sono presenti diffuse intra-matte, alcune di perfetta forma circolare, riempite da sabbia (forte backscatter). Proseguendo verso costa il limite inferiore della prateria appare discontinuo ed interessato da aree a forte backscatter. Queste possono essere interpretate come la prosecuzione verso largo dei sedimenti sabbiosi che circondano Punta Tramontana. Nella sabbia non sono riconoscibili strutture sedimentarie ma solo affioramenti isolati di *Posidonia oceanica.*

Analisi granulometriche

Il *campione Bennata 3* raccolto ad una profondità di 17 m è costituito da una sabbia fine (media 188 micron), unimodale, simmetrica, mesocurtica, molto ben selezionata. La composizione è silicoclastica al 90%; il 10% è di frazione organica. Il quarzo costituisce il 46% dei granuli, il feldspato il 12% e i femici il 14%. L'origine di questa sabbia è dal disfacimento della falesia di Punta Tramontana, costituita da arenarie eoliche e conglomerati fluviali a clasti di vulcaniti. Non sono state osservate microplastiche o vetri.

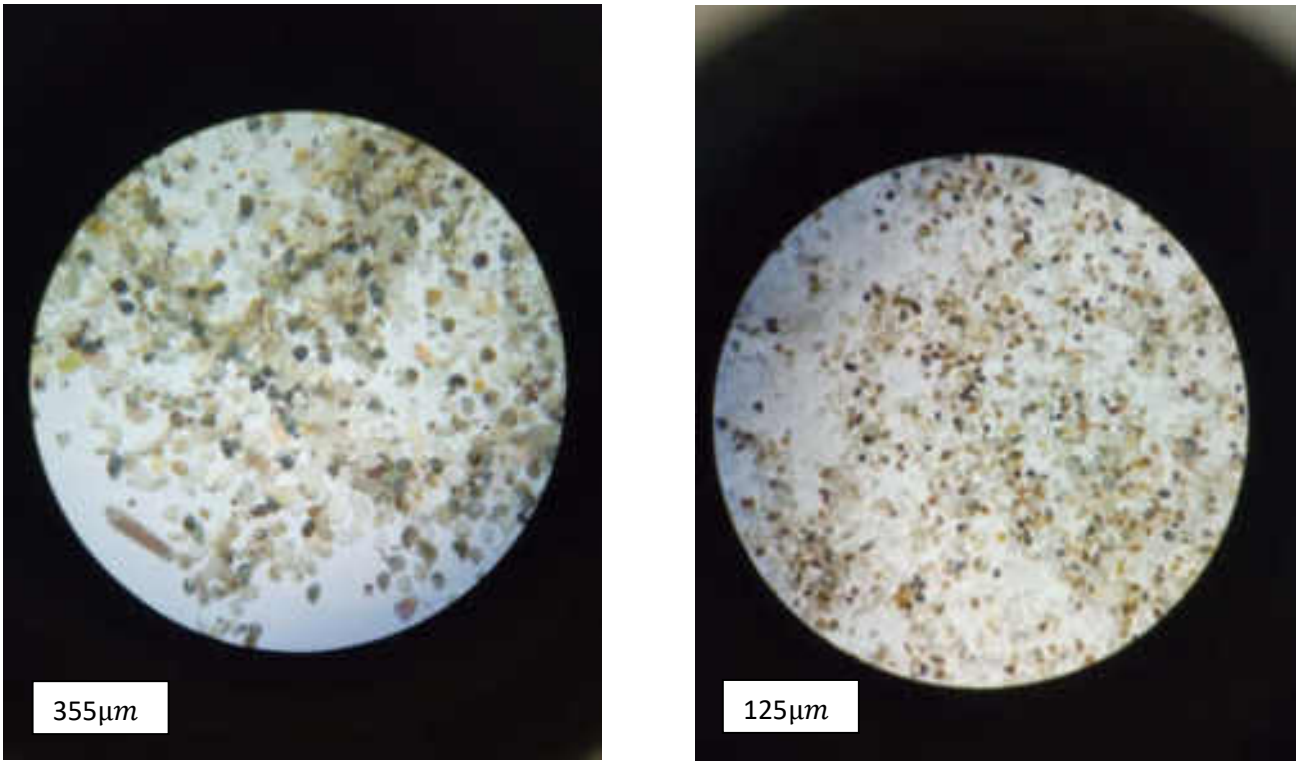


Fig. 26- Composizione del campione Bennata 3 Punta Tramontana

SAMPLE STATISTICS

SIEVING ERROR: 0,0%

SAMPLE IDENTITY: **Bennata 3 (Punta Tramontana)** ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 06.05.2021

SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	215,0	2,237
MODE 2:		
MODE 3:		
D_{10}:	134,7	2,019
MEDIAN or D_{50}:	194,5	2,362
D_{90}:	246,7	2,892
(D_{90} / D_{10}):	1,831	1,432
(D_{90} - D_{10}):	111,9	0,873
(D_{75} / D_{25}):	1,425	1,238
(D_{75} - D_{25}):	67,32	0,511

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	0,3%	COARSE SAND:	0,9%
SAND:	99,7%	MEDIUM SAND:	6,0%
MUD:	0,0%	FINE SAND:	89,2%
		V FINE SAND:	3,1%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,0%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,0%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,0%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,0%
V FINE GRAVEL:	0,3%	V FINE SILT:	0,0%
V COARSE SAND:	0,5%	CLAY:	0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	216,2	194,3	2,363	188,1	2,410	Fine Sand
SORTING (σ):	191,8	1,399	0,484	1,294	0,372	Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	11,36	2,997	-2,997	-0,086	0,086	Symmetrical
KURTOSIS (K):	157,3	22,44	22,44	1,004	1,004	Mesokurtic

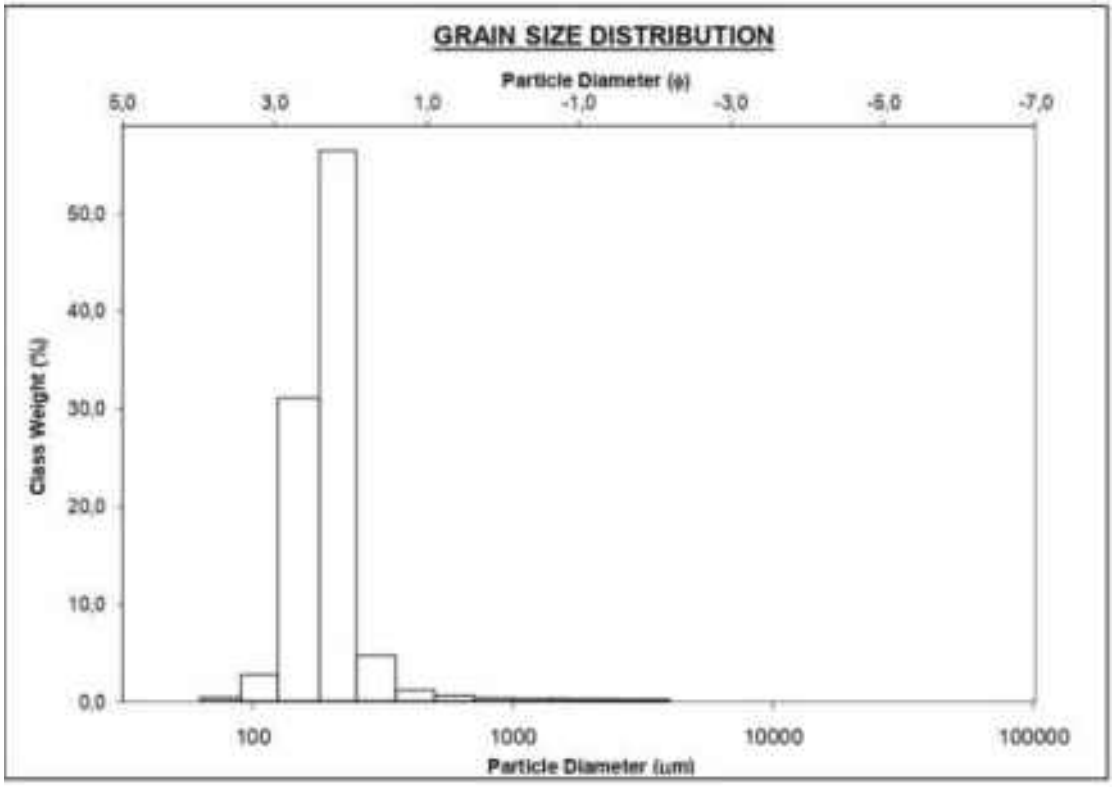


Fig. 27- Distribuzione della classe granulometrica Punta Tramontana

Il *campione Ptr1* raccolto ad una profondità di 16.2 m è costituito da una sabbia fine (media 210 micron), unimodale, simmetrica, mesocurtica, molto ben selezionata. La composizione è silicoclastica al 87%; il 13% è di frazione organica. Il quarzo costituisce il 53% dei granuli e i femici il 16%.

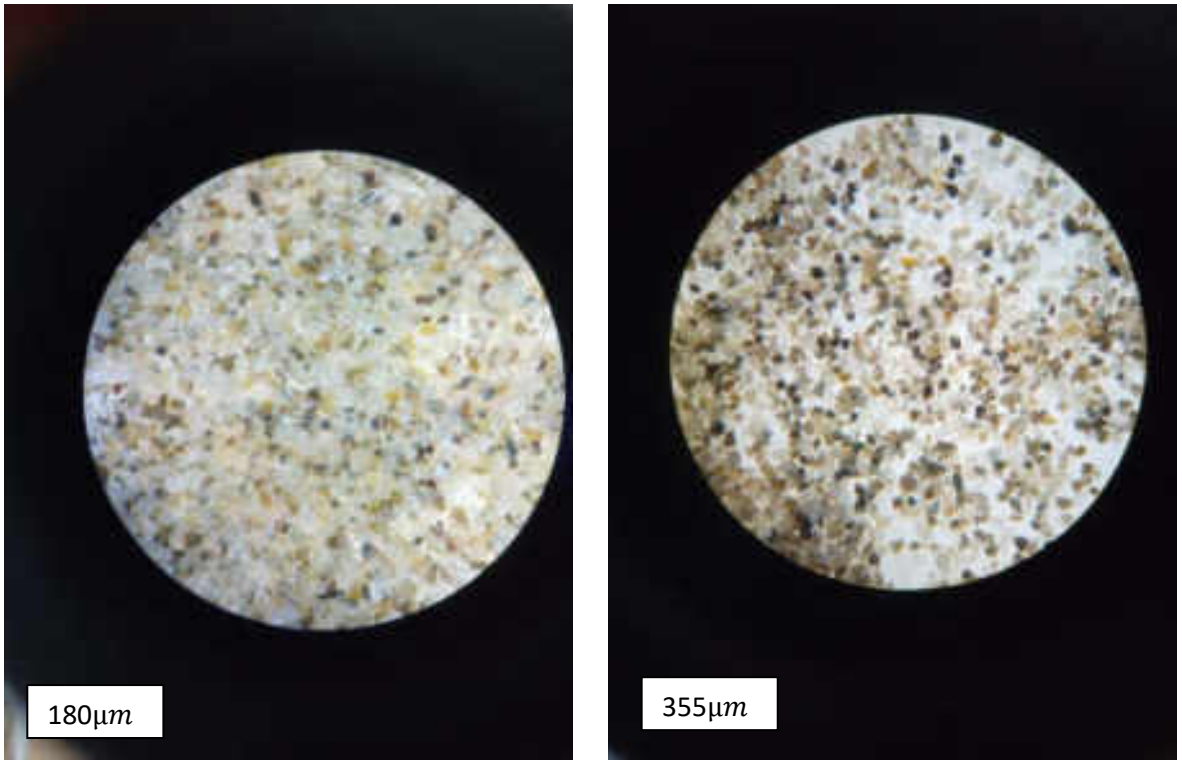


Fig. 28- Composizione del campione Ptr1

SAMPLE STATISTICS

SIEVING ERROR: -0,1%

SAMPLE IDENTITY: **Ptr1**

ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-06-2021

SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	215,0	2,237
MODE 2:		
MODE 3:		
D_{10}:	150,7	1,700
MEDIAN or D_{50}:	211,6	2,241
D_{90}:	307,8	2,730
(D_{90} / D_{10}):	2,042	1,606
(D_{90} - D_{10}):	157,1	1,030
(D_{75} / D_{25}):	1,276	1,170
(D_{75} - D_{25}):	51,62	0,351

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	0,4%	COARSE SAND:	1,1%
SAND:	99,5%	MEDIUM SAND:	14,0%
MUD:	0,1%	FINE SAND:	81,5%
		V FINE SAND:	2,7%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,0%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,0%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,0%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,0%
V FINE GRAVEL:	0,4%	V FINE SILT:	0,0%
V COARSE SAND:	0,1%	CLAY:	0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	239,2	215,8	2,212	210,3	2,249	Fine Sand
SORTING (σ):	201,7	1,412	0,498	1,283	0,360	Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	11,56	1,527	-1,527	0,037	-0,037	Symmetrical
KURTOSIS (K):	155,2	24,34	24,34	1,804	1,804	Very Leptokurtic

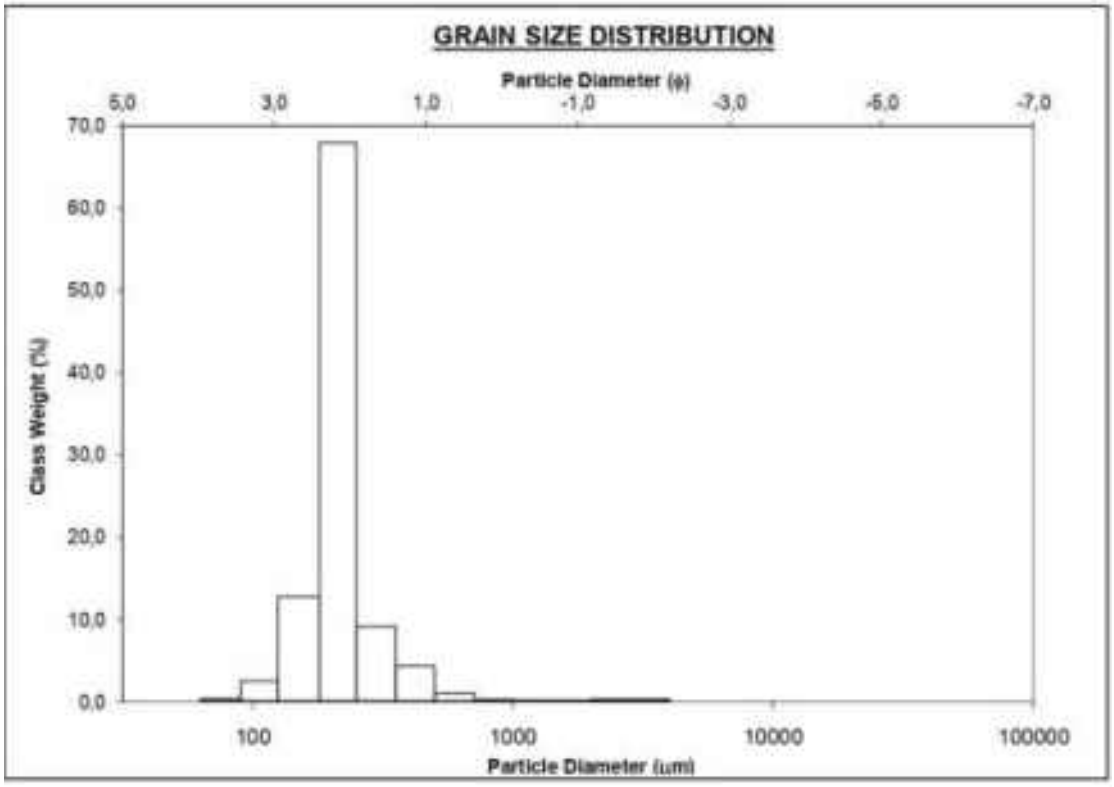


Fig. 29- Distribuzione della classe granulometrica Ptr1

Il *campione Ptr2* raccolto ad una profondità di 15 m è costituito da una sabbia fine (media 206 micron), unimodale, simmetrica, mesocurtica, molto ben selezionata. La composizione è silicoclastica al 64%; il 36% è di frazione organica. Il quarzo costituisce il 31% dei granuli, i feldspati il 5% e i femici il 14%.

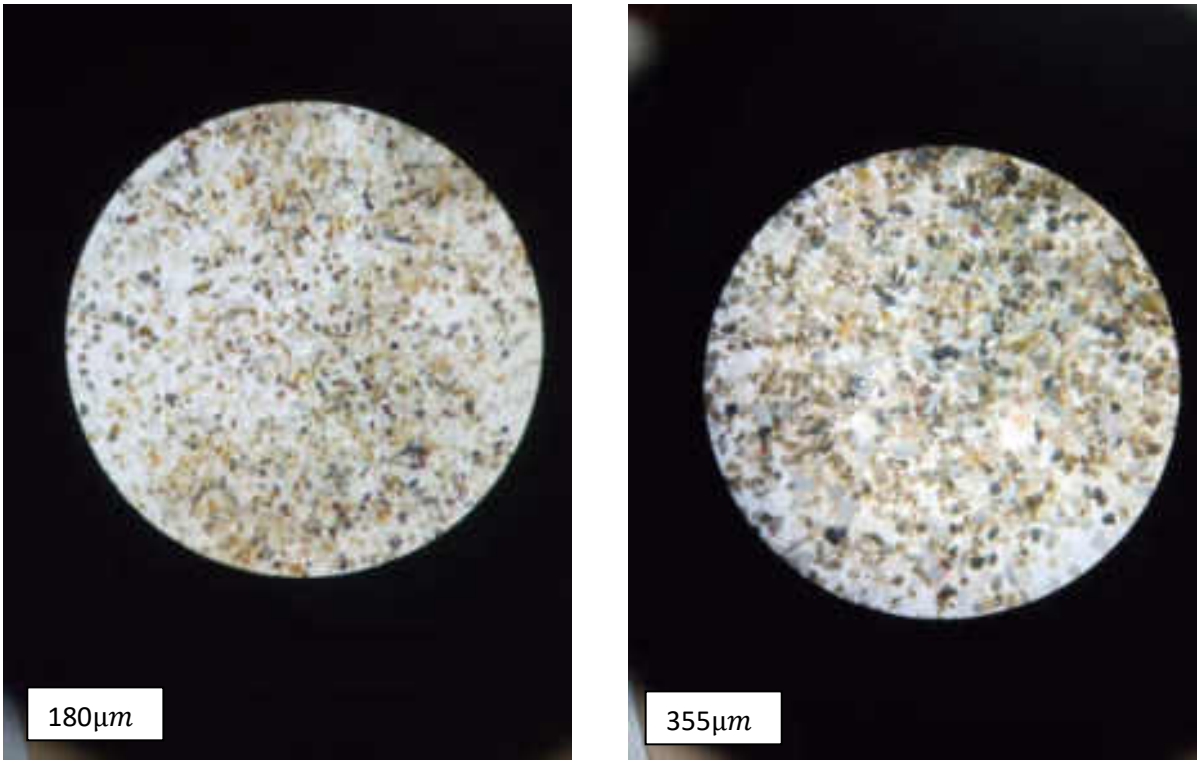


Fig. 30- Composizione del campione Ptr2

SAMPLE STATISTICS

SIEVING ERROR: -0,1%

SAMPLE IDENTITY: **Ptr2**

ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-06-2021

SAMPLE TYPE: Unimodal, Very Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

	µm	φ
MODE 1:	215,0	2,237
MODE 2:		
MODE 3:		
D_{10}:	151,1	2,015
MEDIAN or D_{50}:	207,9	2,266
D_{90}:	247,5	2,727
(D_{90} / D_{10}):	1,638	1,353
(D_{90} - D_{10}):	96,40	0,712
(D_{75} / D_{25}):	1,243	1,149
(D_{75} - D_{25}):	45,37	0,314

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	0,2%	COARSE SAND:	1,0%
SAND:	99,7%	MEDIUM SAND:	6,3%
MUD:	0,1%	FINE SAND:	89,8%
		V FINE SAND:	2,4%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,0%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,0%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,0%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,0%
V FINE GRAVEL:	0,2%	V FINE SILT:	0,0%
V COARSE SAND:	0,3%	CLAY:	0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic φ	Geometric µm	Logarithmic φ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	222,9	207,1	2,271	206,6	2,275	Fine Sand
SORTING (σ):	143,9	1,343	0,428	1,228	0,296	Very Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	13,83	0,841	-0,841	-0,064	0,064	Symmetrical
KURTOSIS (K):	244,3	34,23	34,23	1,571	1,571	Very Leptokurtic

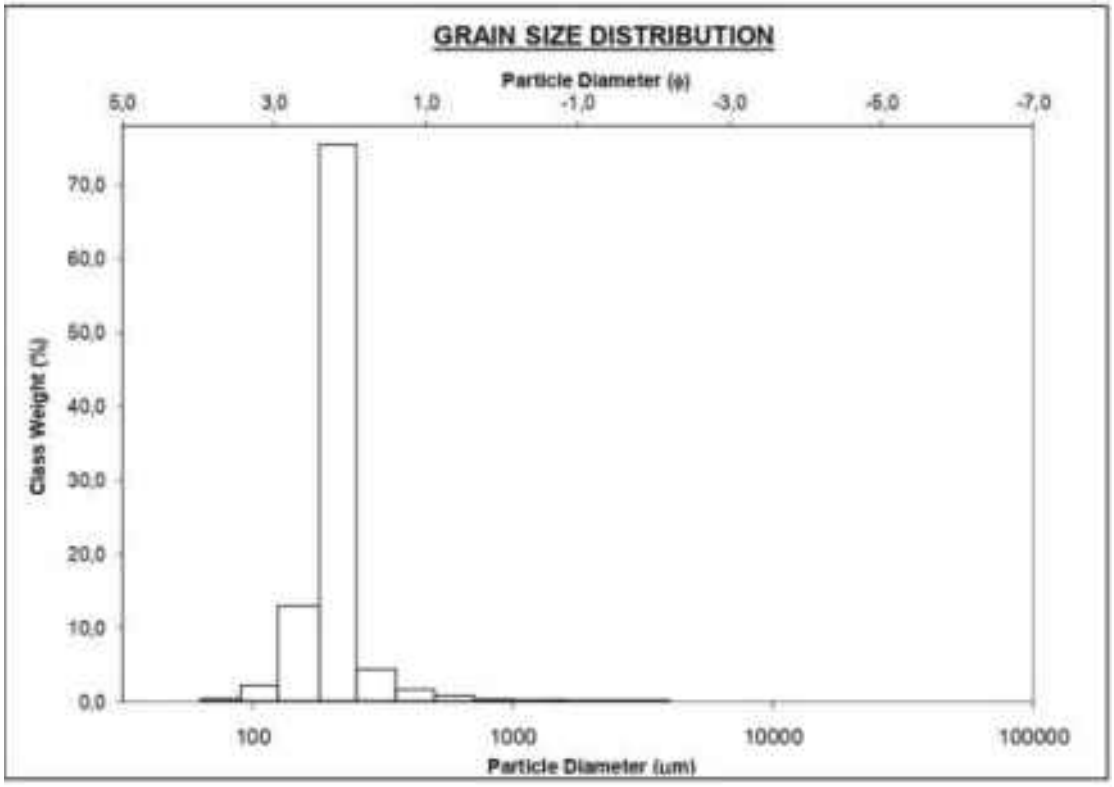


Fig. 31- Distribuzione della classe granulometrica Ptr2

Interpretazione: il fondo campionato è una vasta radura al limite interno della prateria a *Posidonia oceanica*. La mancanza di strutture sedimentarie nell'area di campionamento indica che la selezione granulometrica deve necessariamente essere avvenuta in fase deposizionale. Le rare strutture sedimentarie sono concentrate nella porzione meridionale dell'area. È un deposito legato alle dinamiche della costa ad esso adiacente.

Utilizzando la formula di Zanke, le correnti in grado di muovere sedimenti silicoclastici della granulometria determinata variano tra 0.13-0.30 m/sec.

Abbacurrente

Rilievi SSS

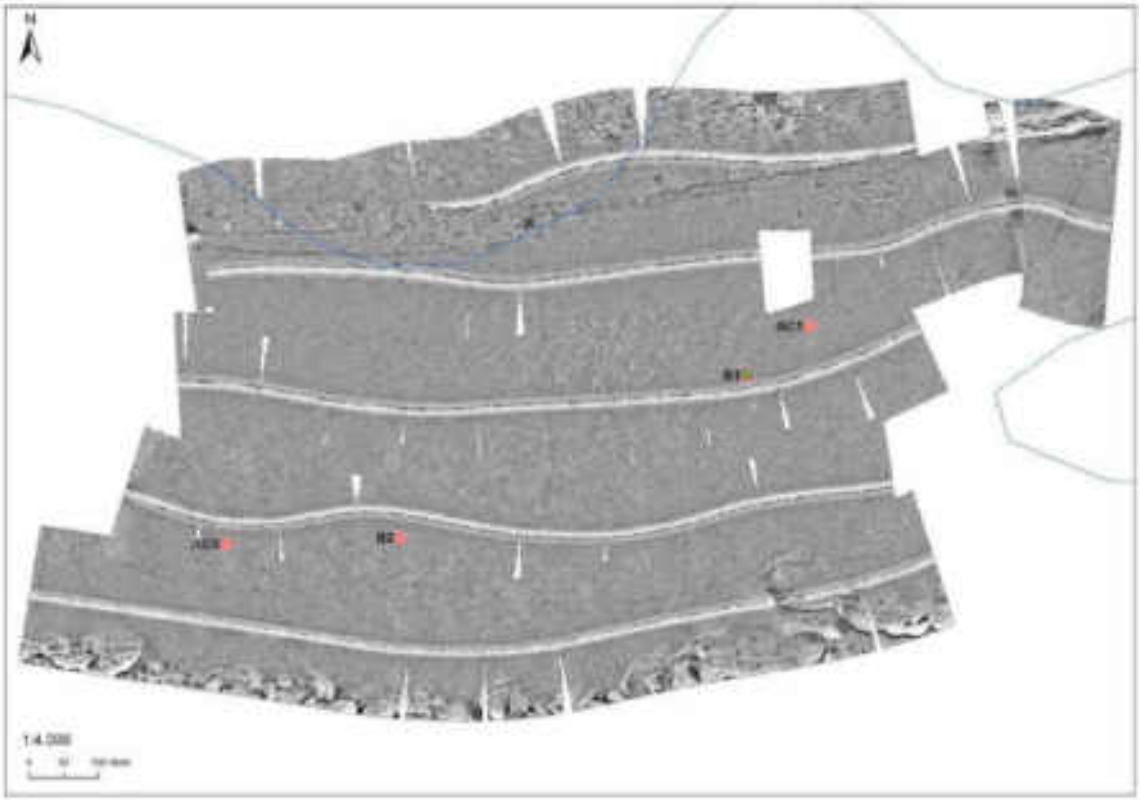


Fig. 32- Fotomosaico Abbacurrente

L'area è suddivisibile in tre zone, nella porzione settentrionale si osserva la traccia di un cavidotto sottomarino. Subito a nord di questa sono presenti degli affioramenti rocciosi interpretabili come beachrock delimitati da prateria a *Posidonia oceanica*. La porzione centrale del mosaico è caratterizzata da un medio backscatter e da una facies acustica che conferisce al mosaico un aspetto maculato. Questa può essere interpretata come matte morta. La porzione meridionale è caratterizzata da anse a forte backscatter associabili a sabbia.

Analisi granulometriche

Il *campione Bennata 1* è stato prelevato alla profondità di 20 m, è costituito dall'81% di sabbia silicoclastica e dal 19% di bioclasti. Granulometricamente è bimodale e composto da una sabbia molto grossolana (media 893 micron) con un 15% di ghiaia fine (2225 micron). La componente ghiaiosa è data da bioclasti sia in frammenti che interi. Quella silicoclastica è rappresentata dal 38% di quarzo, 14% feldspati e dal 16% di femici. La bimodalità è legata all'abbondante presenza di bioclasti.

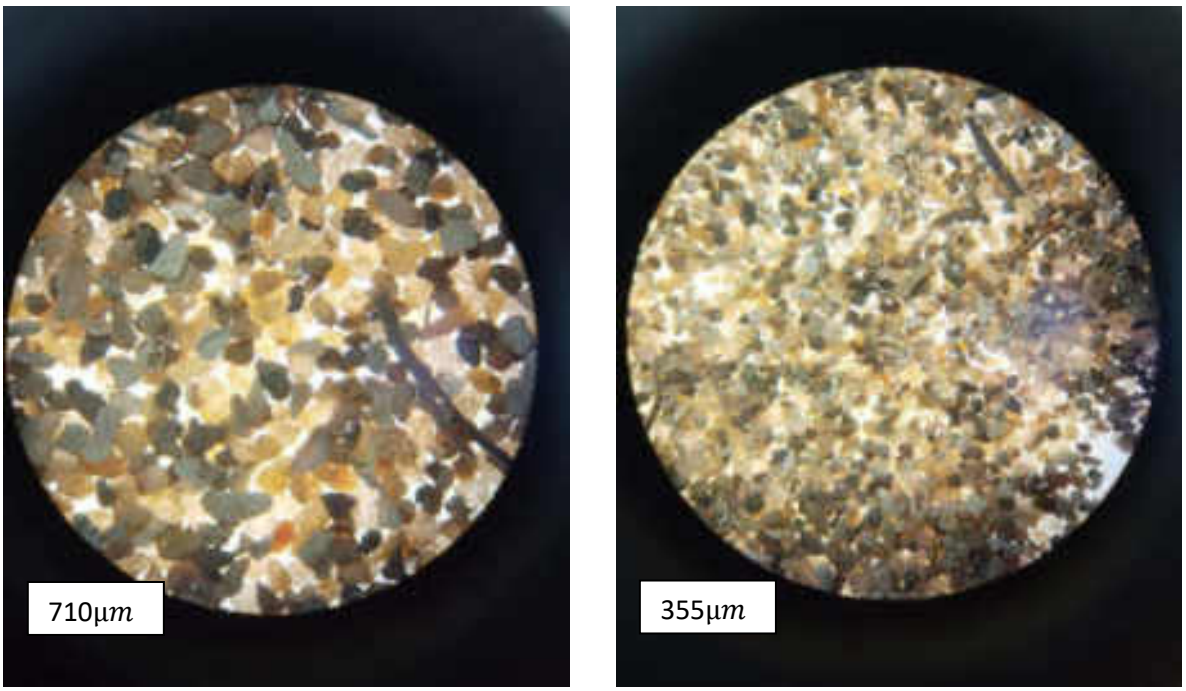


Fig. 33- Composizione del campione Bennata 1 Abbacurrente

SIEVING ERROR: -0,4%

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Bennata 1 (Abbacurrente)** ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 06.05.2021

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	1500,0	-0,582
MODE 2:	215,0	2,237
MODE 3:		
D_{10}:	238,1	-1,173
MEDIAN or D_{50}:	1132,3	-0,179
D_{90}:	2255,2	2,082
(D_{90} / D_{10}):	9,551	-1,775
(D_{90} - D_{10}):	2019,1	3,256
(D_{75} / D_{25}):	2,635	-1,101
(D_{75} - D_{25}):	984,1	1,398

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	15,0%	COARSE SAND:	20,4%
SAND:	84,1%	MEDIUM SAND:	10,3%
MUD:	0,9%	FINE SAND:	9,2%
		V FINE SAND:	1,0%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,1%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,1%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,1%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,1%
V FINE GRAVEL:	15,0%	V FINE SILT:	0,1%
V COARSE SAND:	43,2%	CLAY:	0,1%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	1220,8	895,3	0,159	893,3	0,163	Coarse Sand
SORTING (σ):	785,7	2,505	1,325	2,349	1,232	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	0,755	-1,661	1,661	-0,378	0,378	Very Fine Skewed
KURTOSIS (K):	3,330	7,945	7,945	1,128	1,128	Leptokurtic

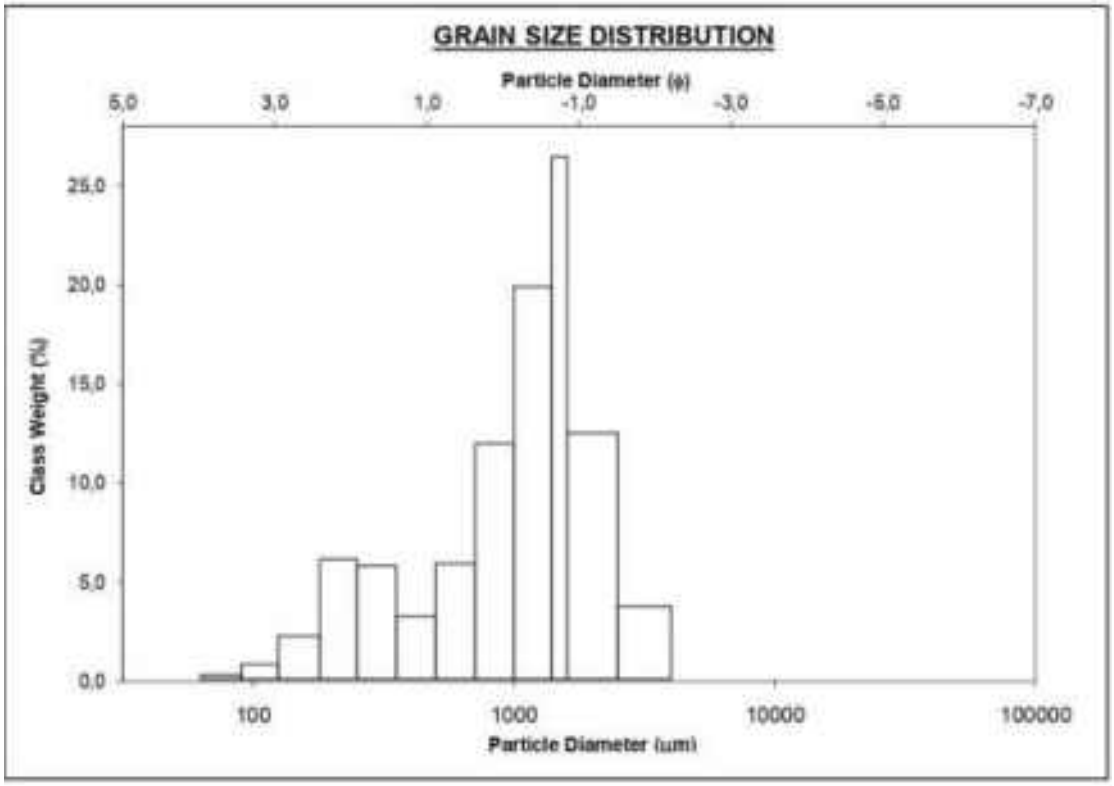


Fig. 34- Distribuzione della classe granulometrica Bennata 1 Abbacurrente

Il *campione Bennata 2* raccolto nell'area di Abbacurrente ad una profondità di 19 m, è una sabbia media (media 451 micron), bimodale, mesocurtica, scarsamente selezionata. È costituita dall' 81% di sabbia silicoclastica e dal 19% di bioclasti. La componente ghiaiosa è data da bioclasti, rappresentati soprattutto da frammenti di *Posidonia Oceanica*. Il quarzo rappresenta il 27% della frazione silicoclastica, il 12% è rappresentato da feldspati e il 22% da femici.

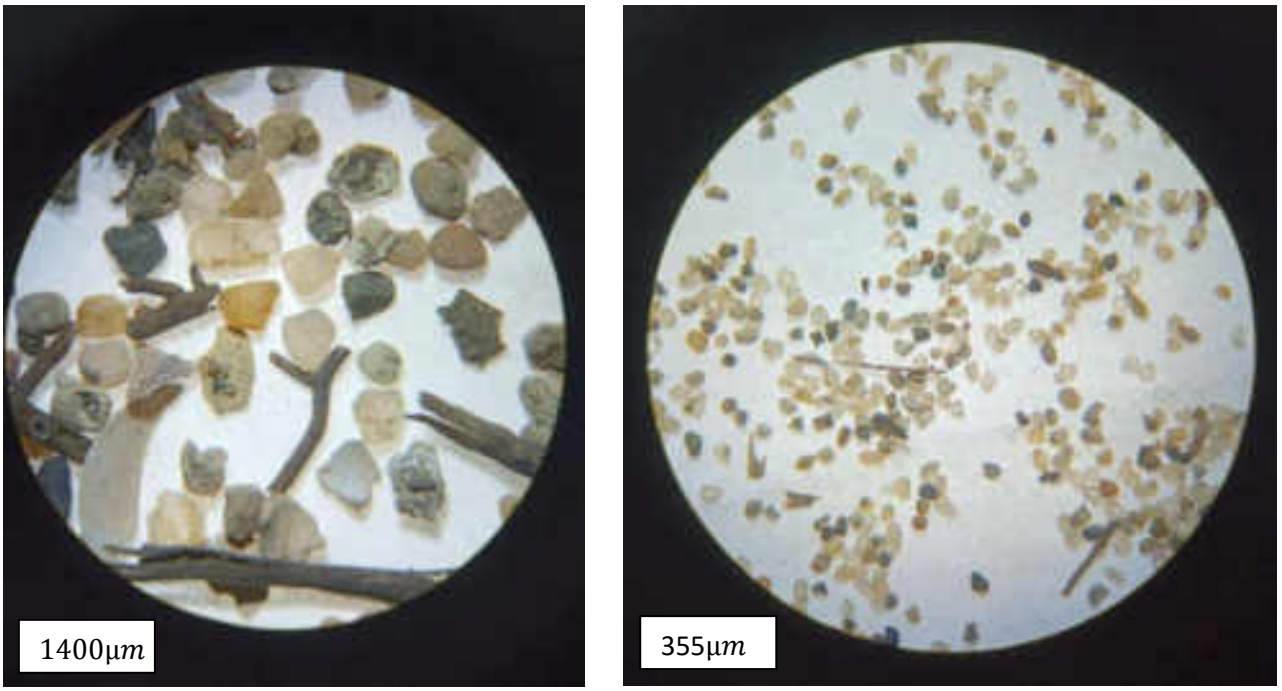


Fig. 35- Composizione del campione Bennata 2 Abbacurrente

SIEVING ERROR: -1,2%

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Bennata 2 (Abbacurrente)** ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 06.05.2021

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Coarse Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	605,0	0,747
MODE 2:	215,0	2,237
MODE 3:		
D_{10}:	158,9	-0,162
MEDIAN or D_{50}:	500,4	0,999
D_{90}:	1118,6	2,654
(D_{90} / D_{10}):	7,041	-16,417
(D_{90} - D_{10}):	959,7	2,816
(D_{75} / D_{25}):	2,778	4,311
(D_{75} - D_{25}):	470,1	1,474

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	3,1%	COARSE SAND:	38,0%
SAND:	94,8%	MEDIUM SAND:	26,7%
MUD:	2,1%	FINE SAND:	17,5%
		V FINE SAND:	3,6%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,4%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,4%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,4%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,4%
V FINE GRAVEL:	3,1%	V FINE SILT:	0,4%
V COARSE SAND:	8,9%	CLAY:	0,4%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	612,6	430,8	1,215	451,0	1,149	Medium Sand
SORTING (σ):	536,9	2,544	1,347	2,155	1,108	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2,712	-1,495	1,495	-0,175	0,175	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	12,68	8,289	8,289	1,035	1,035	Mesokurtic

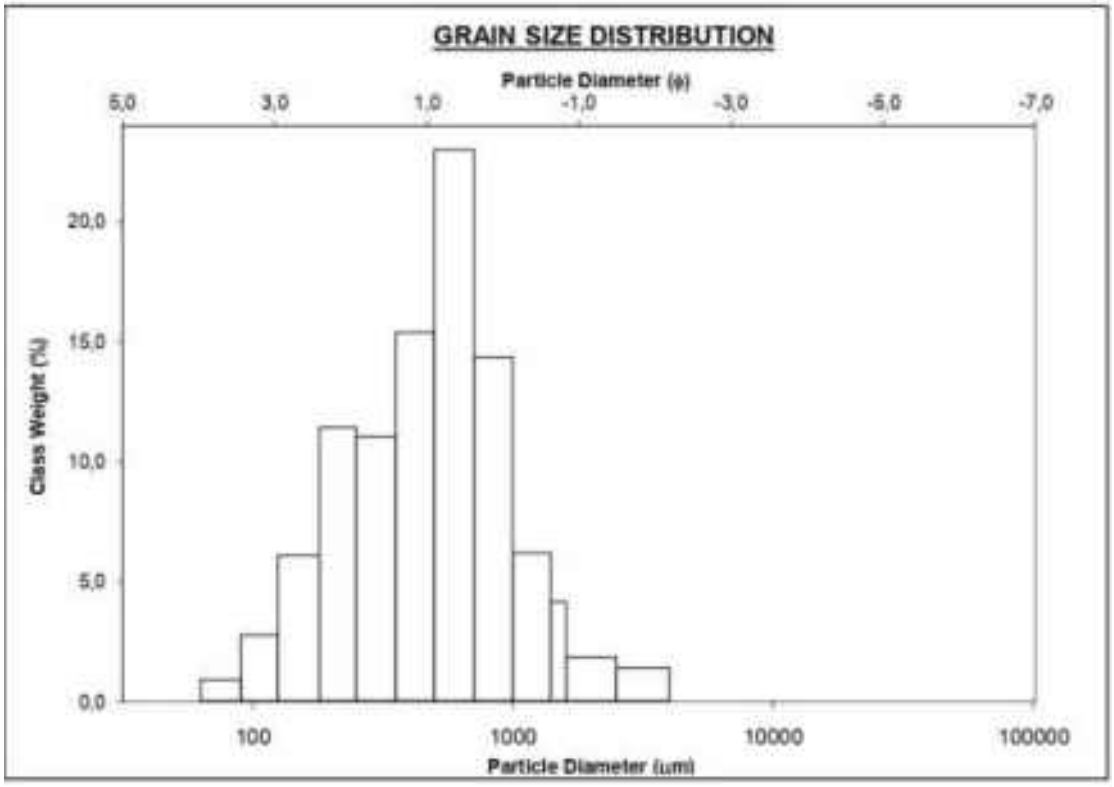


Fig. 36- Distribuzione della classe granulometrica Bennata 2 Abbacurrente

Il *campione AC0* è stato prelevato alla profondità di 18.2 m, è costituito dal 72% di sabbia silicoclastica e dal 28% di bioclasti. Granulometricamente è bimodale e composto da una sabbia grossolana (605 micron) con circa il 6% di ghiaia fine (2225 micron). La componente ghiaiosa è data da bioclasti sia in frammenti che interi. Quella silicoclastica è rappresentata dal 24% di quarzo, 15% feldspati e dal 20% di femici.

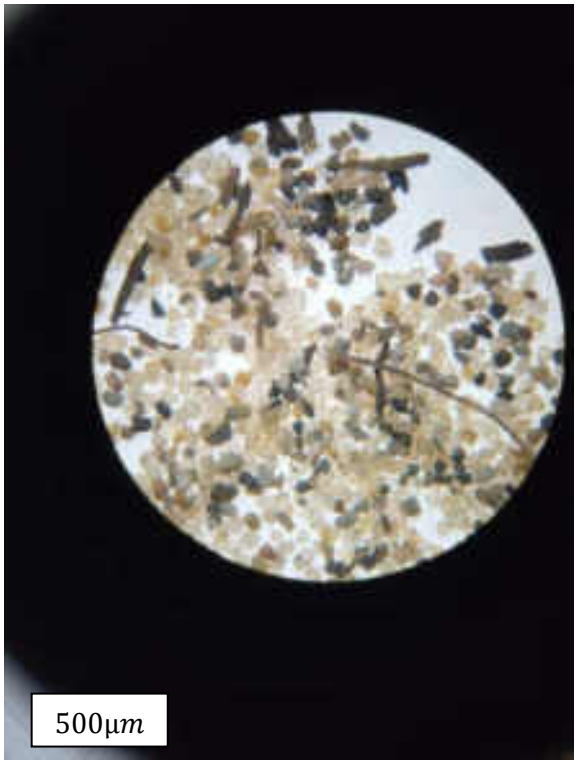


Fig. 37- Composizione del campione AC0

SAMPLE STATISTICS

SIEVING ERROR: -0,5%

SAMPLE IDENTITY: **AC0**

ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-05-2021

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	605,0	0,747
MODE 2:	215,0	2,237
MODE 3:		
D_{10}:	152,9	-0,363
MEDIAN or D_{50}:	474,7	1,075
D_{90}:	1286,3	2,709
(D_{90} / D_{10}):	8,410	-7,458
(D_{90} - D_{10}):	1133,3	3,072
(D_{75} / D_{25}):	2,985	4,536
(D_{75} - D_{25}):	488,1	1,578

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	6,2%	COARSE SAND:	34,3%
SAND:	92,0%	MEDIUM SAND:	26,6%
MUD:	1,8%	FINE SAND:	19,7%
		V FINE SAND:	4,1%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,3%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,3%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,3%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,3%
V FINE GRAVEL:	6,2%	V FINE SILT:	0,3%
V COARSE SAND:	7,2%	CLAY:	0,3%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	665,3	433,8	1,205	441,0	1,181	Medium Sand
SORTING (σ):	685,4	2,639	1,400	2,340	1,226	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2,419	-0,998	0,998	-0,050	0,050	Symmetrical
KURTOSIS (K):	8,538	6,805	6,805	1,130	1,130	Leptokurtic

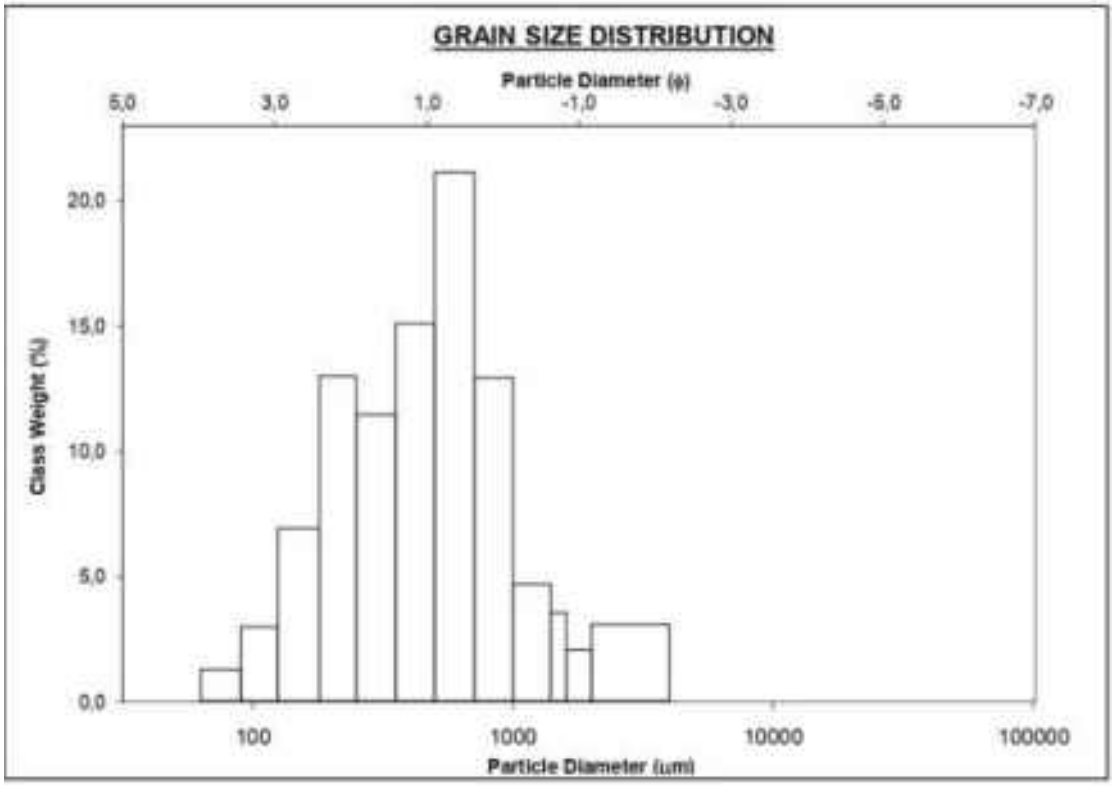


Fig. 38- Distribuzione della classe granulometrica del campione AC0

Il *campione AC1* raccolto nell'area di Abbacurrente ad una profondità di 21.5 m è una sabbia molto grossolana (media 590 micron), bimodale, scarsamente selezionata.
È costituita dal 48% di sabbia silicoclastica e dal 52% di bioclasti. La componente ghiaiosa è data da bioclasti, rappresentati soprattutto da frammenti di *Posidonia Oceanica*. Il quarzo rappresenta il 24% della frazione silicoclastica, il 15% è rappresentato da feldspati e il 20% da femici.

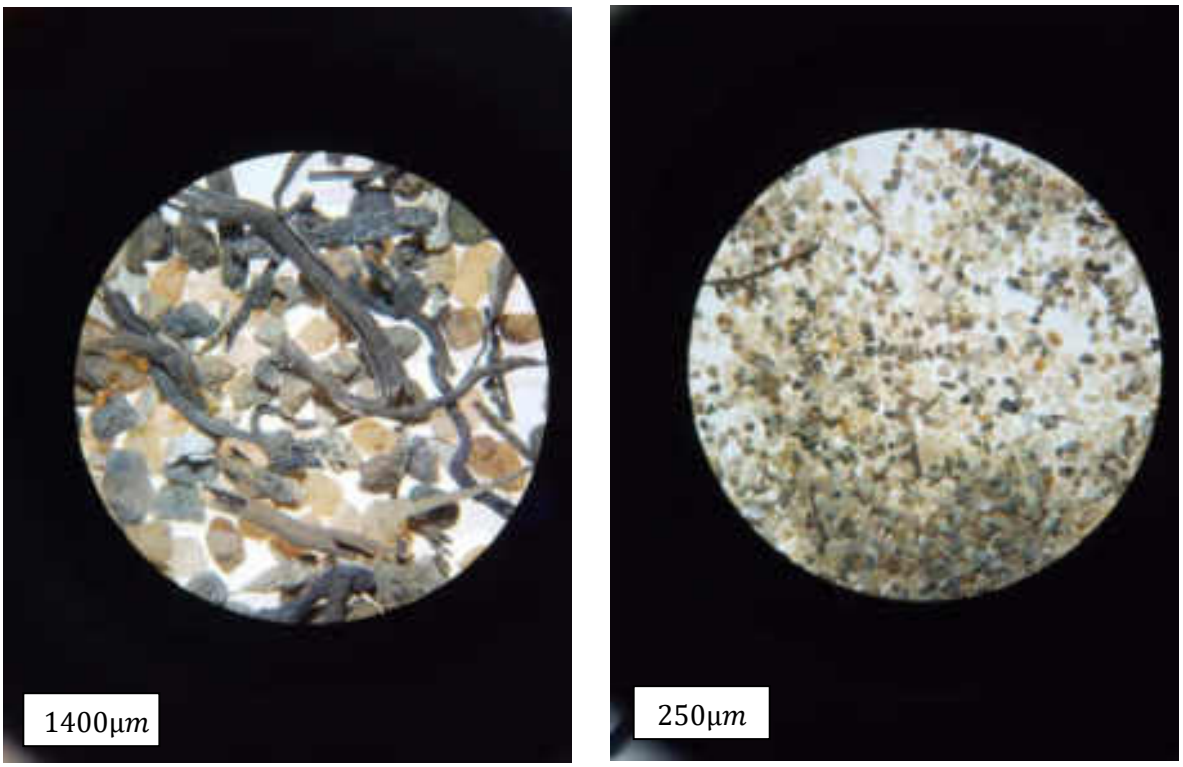


Fig. 39- Composizione del campione AC1

SAMPLE STATISTICS

SIEVING ERROR: -0,4%

SAMPLE IDENTITY: **AC1**

ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-06-2021

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	1500,0	-0,582
MODE 2:	215,0	2,237
MODE 3:		
D_{10}:	176,9	-0,959
MEDIAN or D_{50}:	643,1	0,637
D_{90}:	1943,5	2,499
(D_{90} / D_{10}):	10,99	-2,607
(D_{90} - D_{10}):	1766,6	3,458
(D_{75} / D_{25}):	5,008	-5,712
(D_{75} - D_{25}):	1017,4	2,324

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	9,3%	COARSE SAND:	20,3%
SAND:	88,8%	MEDIUM SAND:	20,1%
MUD:	1,9%	FINE SAND:	19,7%
		V FINE SAND:	2,9%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,3%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,3%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,3%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,3%
V FINE GRAVEL:	9,3%	V FINE SILT:	0,3%
V COARSE SAND:	25,9%	CLAY:	0,3%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	906,0	555,3	0,849	590,7	0,759	Coarse Sand
SORTING (σ):	830,4	2,988	1,579	2,643	1,402	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,348	-0,965	0,965	-0,090	0,090	Symmetrical
KURTOSIS (K):	4,052	5,291	5,291	0,782	0,782	Platykurtic

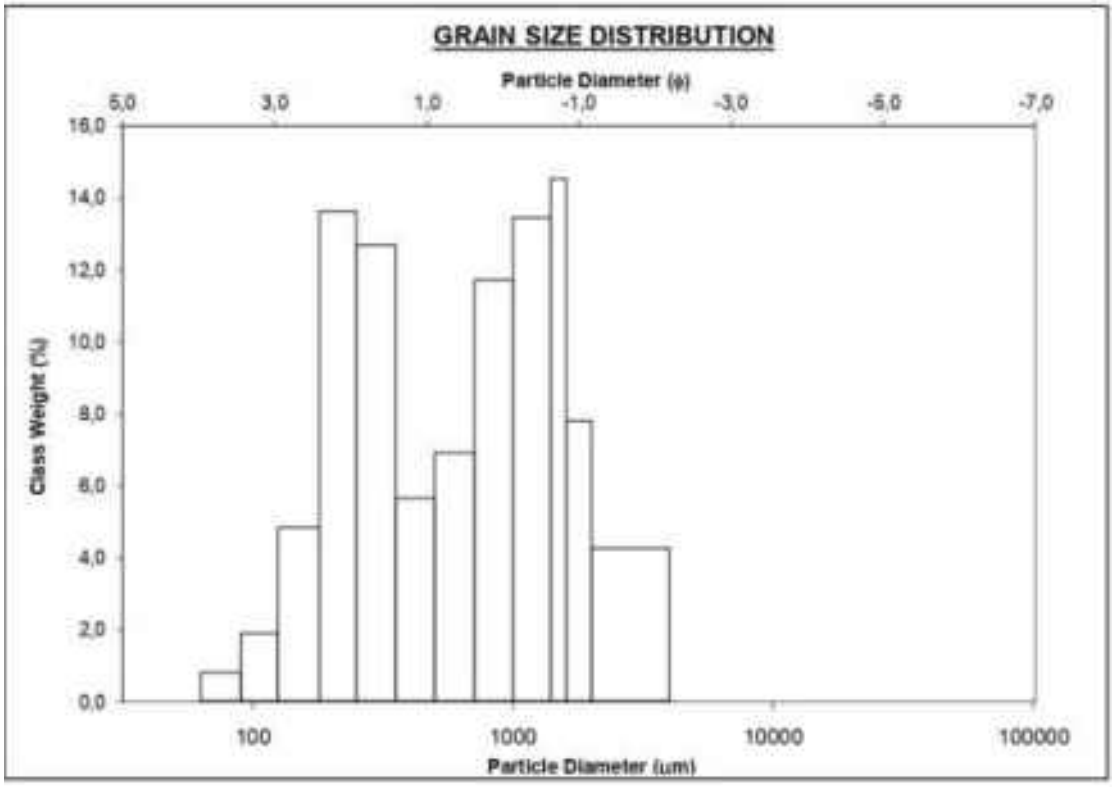


Fig. 40- Distribuzione della classe granulometrica del campione AC1

Interpretazione: il fondale dell'area dove sono stati prelevati i sedimenti è caratterizzato in modo quasi esclusivo da matte morta di *Posidonia Oceanica*. La presenza di materiale grossolano può essere legata a correnti di fondo responsabili della distribuzione di sabbie grossolane a profondità di circa 20 m. La presenza di tali correnti, tuttavia, non è documentata da evidenti strutture sedimentarie presenti sul fondo. Il rilievo Side Scan Sonar evidenzia come la facies acustica del fondale non sia omogena ma a macchie. Questo, anche in relazione alle caratteristiche granulometriche del campione Bennata 2, potrebbe essere imputato a blande strutture di fondo quali dune subacquee a basso rilievo. Tali strutture sono parzialmente visibili anche dai rilievi ROV effettuati nell'area.

Utilizzando la formula di Zanke, le correnti in grado di muovere sedimenti silicoclastici della granulometria determinata sono comprese tra 0.12 e 0.23 m/sec.

Acque dolci

Il *campione AD1*, prelevato ad una profondità di 19 m, è costituto da un sedimento moderatamente selezionato, unimodale (togliendo la frazione superiore ai 2000 micron) e composto dal 99% da sabbia, di cui la frazione media è il 30% e quella grossolana il 40%. La componente silicoclastica è di circa il 68%, quella bioclastica del 32%. I bioclasti sono costituiti da frammenti di *Posidonia oceanica* (L. Delile); la frazione silicoclastica è costituita dal 24% di quarzo, 8% di feldspati e 16% di femici. Sono stati trovati vetri.

Interpretazione: il campione prelevato è relativo ad una area di intra-matte. Utilizzando la formula di Zanke, le correnti in grado di muovere sedimenti silicoclastici della granulometria determinata sono circa di 0,23 m/sec.

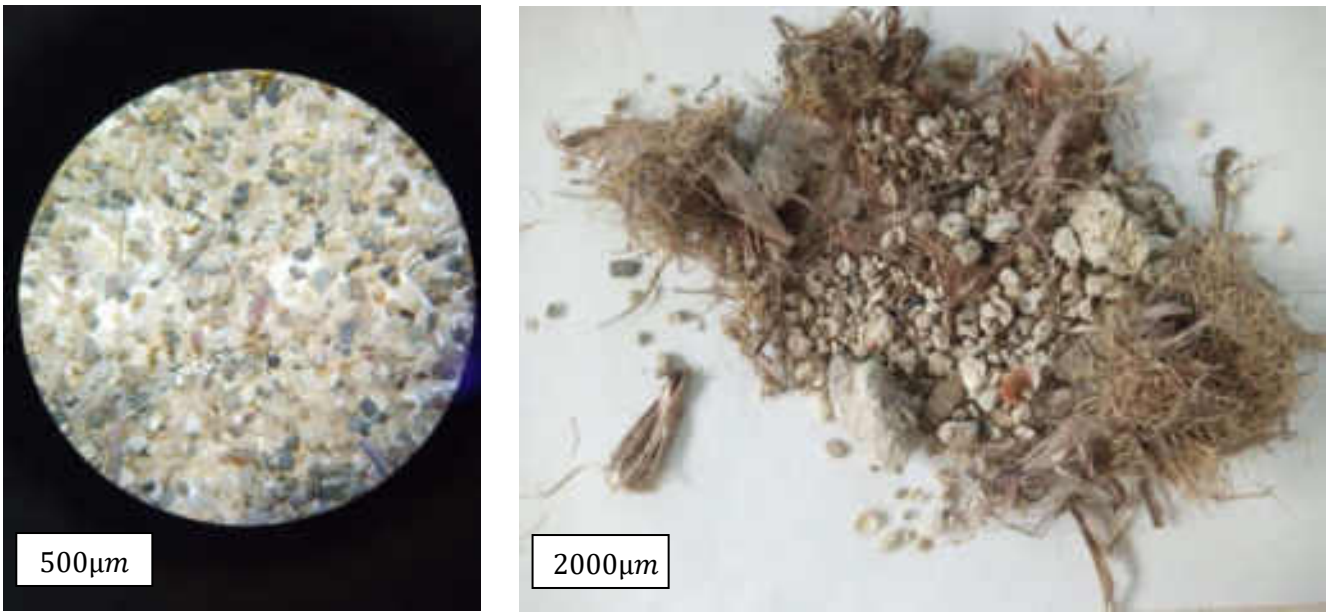


Fig. 41- Composizione del campione AD1

SAMPLE STATISTICS

SIEVING ERROR: 0,1%

SAMPLE IDENTITY: **AD1**

ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-06-2021

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	605,0	0,747
MODE 2:	3000,0	-1,500
MODE 3:		
D_{10}:	264,5	-1,598
MEDIAN or D_{50}:	689,1	0,537
D_{90}:	3026,6	1,918
(D_{90} / D_{10}):	11,44	-1,201
(D_{90} - D_{10}):	2762,0	3,516
(D_{75} / D_{25}):	4,547	-1,220
(D_{75} - D_{25}):	1543,0	2,185

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	24,9%	COARSE SAND:	30,1%
SAND:	74,4%	MEDIUM SAND:	23,0%
MUD:	0,8%	FINE SAND:	6,6%
		V FINE SAND:	1,7%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,1%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,1%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,1%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,1%
V FINE GRAVEL:	24,9%	V FINE SILT:	0,1%
V COARSE SAND:	12,9%	CLAY:	0,1%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	1240,6	795,8	0,329	863,7	0,211	Coarse Sand
SORTING (σ):	1070,6	2,673	1,418	2,554	1,353	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	0,854	-0,746	0,746	0,218	-0,218	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	2,029	5,285	5,285	0,805	0,805	Platykurtic

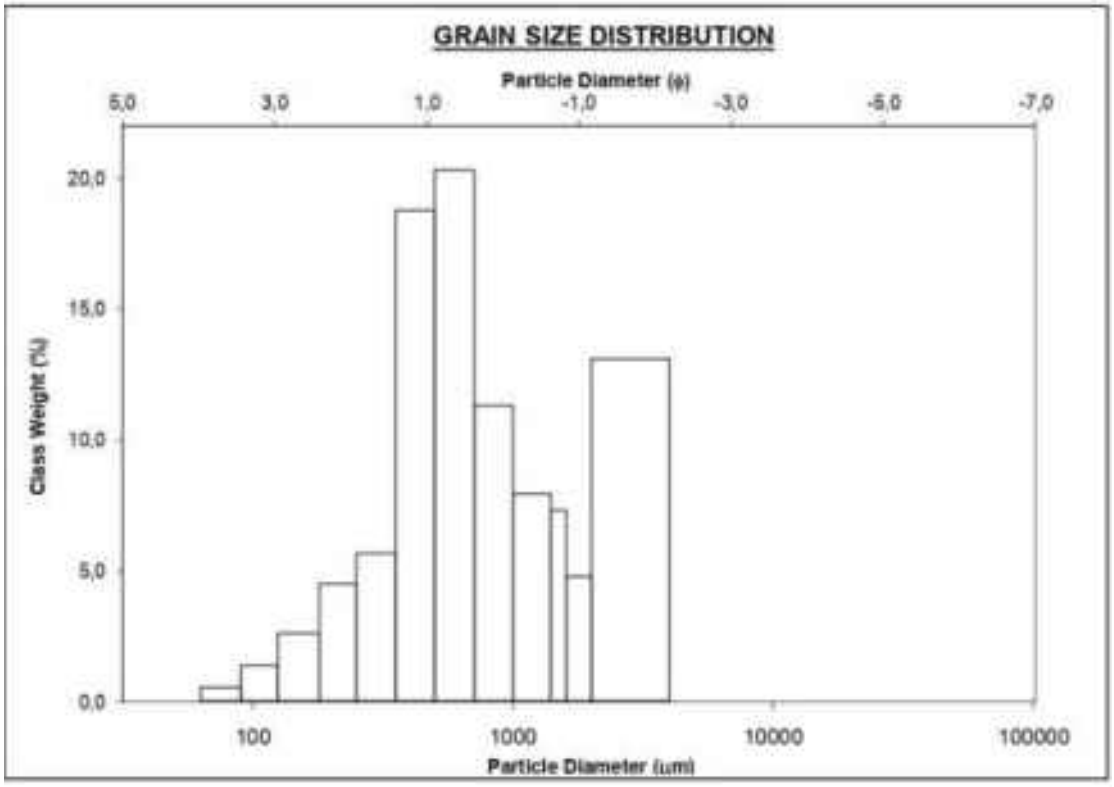


Fig. 422- Distribuzione della classe granulometrica del campione AD1

Il *campione AD2*, prelevato ad una profondità di 19 m, è costituto da un sedimento ben selezionato, unimodale e composto dal 99.7% da sabbia, di cui la frazione fine è di circa il 79%. I bioclasti, circa il 35%, sono costituiti da frammenti di gusci; i silicoclasti sono costituiti dal 20% di quarzo e 22% femici (non sono stati riconosciuti i feldspati).

Interpretazione: il campione prelevato costituisce la continuazione verso nord-ovest del sistema sabbioso della spiaggia di Platamona. La buona selezione e la granulometria fine indicano che sono attive nell'area correnti lungo costa che si attivano in conseguenza di venti di primo quadrante. Utilizzando la formula di Zanke, le correnti in grado di muovere sedimenti silicoclastici della granulometria determinata sono circa di 0,13 m/sec.

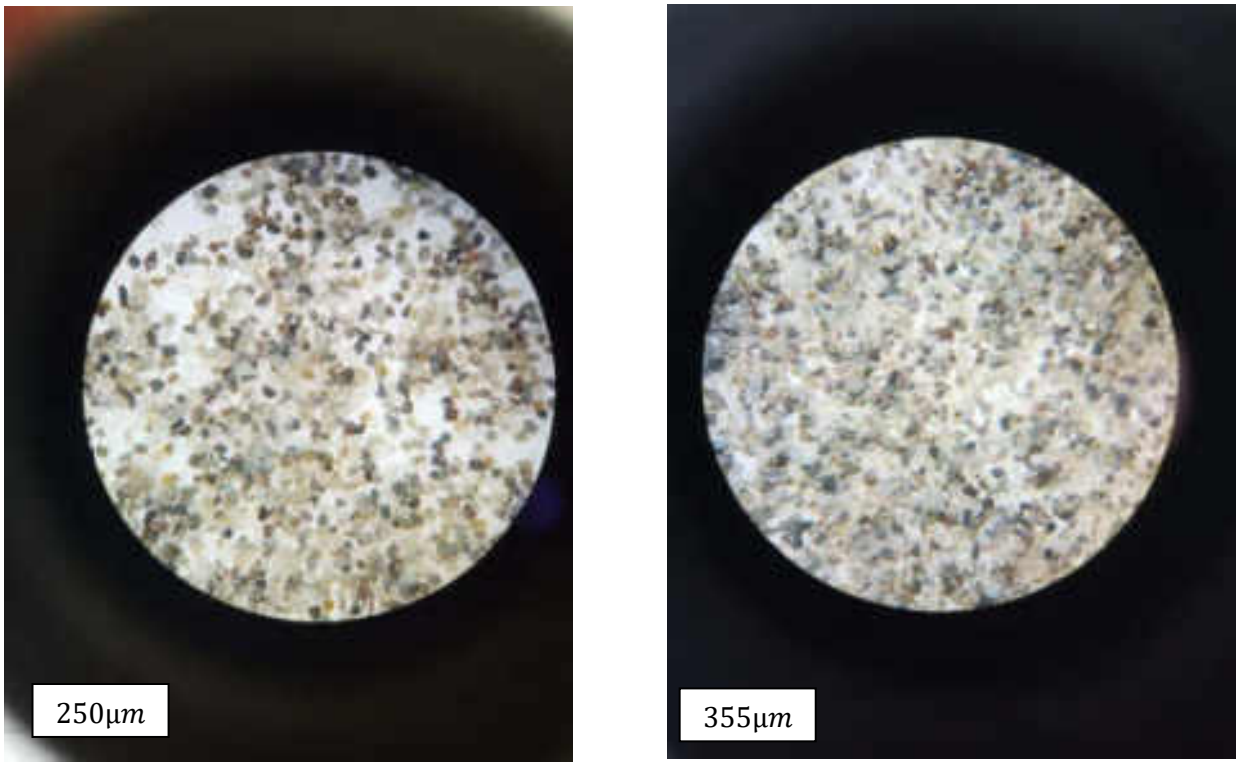


Fig. 43- Composizione del campione AD2

SAMPLE STATISTICS

SIEVING ERROR: 0,1%

SAMPLE IDENTITY: **AD2**

ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-06-2021

SAMPLE TYPE: Unimodal, Very Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	215,0	2,237
MODE 2:		
MODE 3:		
D_{10}:	182,0	1,625
MEDIAN or D_{50}:	218,3	2,196
D_{90}:	324,3	2,458
(D_{90} / D_{10}):	1,782	1,513
(D_{90} - D_{10}):	142,3	0,833
(D_{75} / D_{25}):	1,255	1,161
(D_{75} - D_{25}):	49,72	0,328

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	0,2%	COARSE SAND:	1,3%
SAND:	99,7%	MEDIUM SAND:	18,4%
MUD:	0,1%	FINE SAND:	79,2%
		V FINE SAND:	0,6%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,0%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,0%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,0%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,0%
V FINE GRAVEL:	0,2%	V FINE SILT:	0,0%
V COARSE SAND:	0,2%	CLAY:	0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	246,7	228,1	2,132	224,8	2,153	Fine Sand
SORTING (σ):	164,2	1,351	0,434	1,269	0,344	Very Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	12,59	1,649	-1,649	0,254	-0,254	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	200,3	28,25	28,25	1,659	1,659	Very Leptokurtic

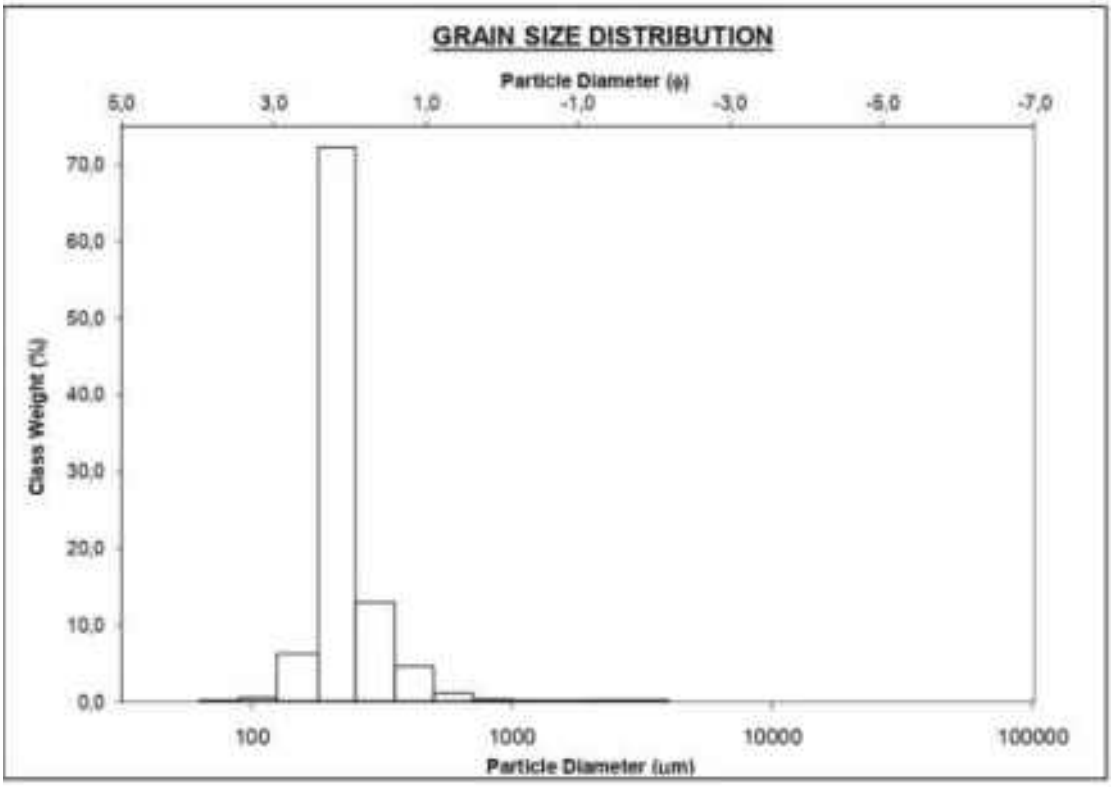


Fig. 44- Distribuzione della classe granulometrica del campione AD2

Fiume Santo

Rilievi SSS

Fig. 45- Fotomosaico Fiume Santo. (FSp: intra-matte piccola; FSG e FSG2: intra-matte grande)

L'area è rappresentata da una densa prateria a *Posidonia oceanica* (medio backscatter), all'interno della quale sono visibili due grandi intra-matte (medio-forte backscatter) con diametro superiore ai 50 m. Nella parte settentrionale è visibile la traccia di un cavidotto sottomarino. La porzione meridionale è caratterizzata da intra-matte a forte backscatter potenzialmente associabili ad ancoraggi di imbarcazioni.

Analisi granulometriche

Il *campione FSG2* raccolto ad una profondità di 14.5 m, è composto da una sabbia molto grossolana (media 1249 micron), unimodale, leptocurtica, moderatamente selezionata. Il 40% della composizione è rappresentata da una componente silicoclastica, di questa il 22% è rappresentata da quarzo, 6% da feldspati e il 9% da femici. Il restante 60% è di frazione bioclastica. Quest'ultima è rappresentata principalmente da frammenti o gusci interi di gasteropodi e bivalvi.

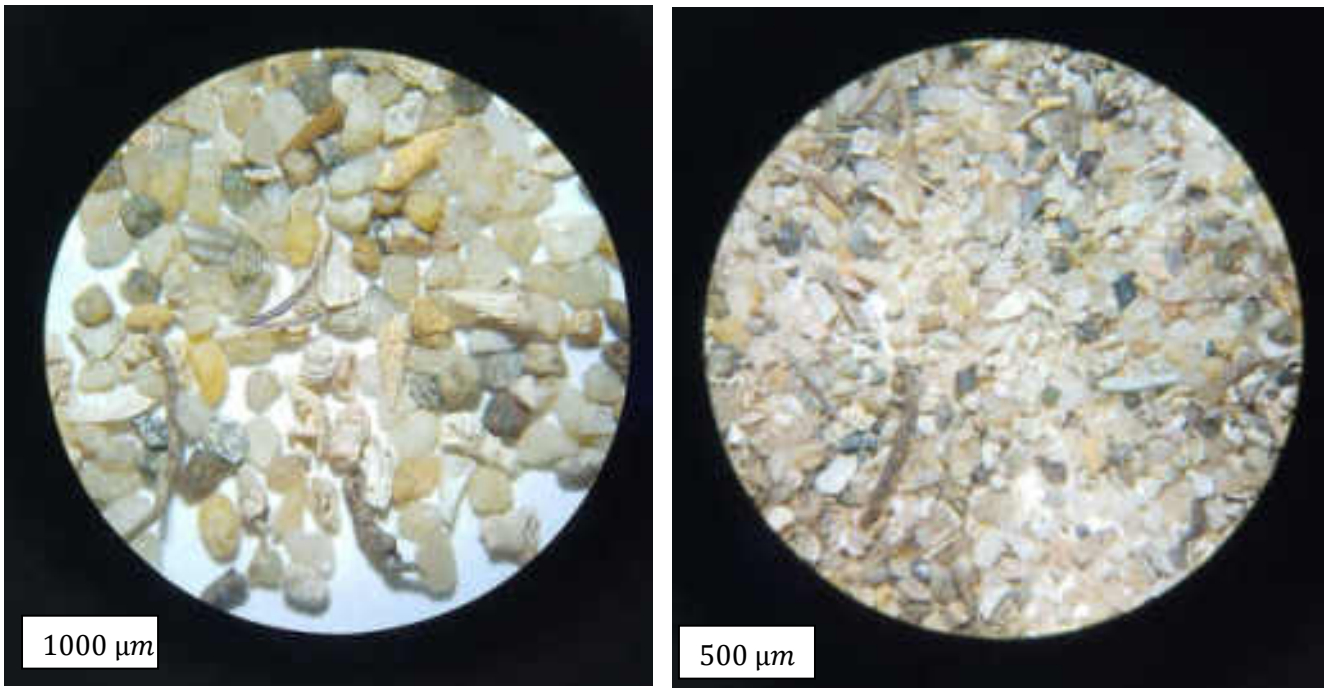


Fig. 46- Composizione del campione FSG2

SIEVING ERROR: 0,3%

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **FSG2**

ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 25-05-2021

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	1500,0	-0,582
MODE 2:		
MODE 3:		
D_{10}:	616,0	-1,183
MEDIAN or D_{50}:	1321,1	-0,402
D_{90}:	2270,2	0,699
(D_{90} / D_{10}):	3,685	-0,591
(D_{90} - D_{10}):	1654,2	1,882
(D_{75} / D_{25}):	1,814	-0,096
(D_{75} - D_{25}):	773,0	0,860

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	12,2%	COARSE SAND:	20,8%
SAND:	87,4%	MEDIUM SAND:	4,6%
MUD:	0,3%	FINE SAND:	1,2%
		V FINE SAND:	0,3%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,1%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,1%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,1%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,1%
V FINE GRAVEL:	12,2%	V FINE SILT:	0,1%
V COARSE SAND:	60,5%	CLAY:	0,1%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	1432,7	1215,0	-0,281	1249,3	-0,321	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	716,7	1,866	0,900	1,688	0,756	Moderately Sorted
SKEWNESS (Sk):	0,873	-2,489	2,489	-0,171	0,171	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	3,394	18,08	18,08	1,347	1,347	Leptokurtic

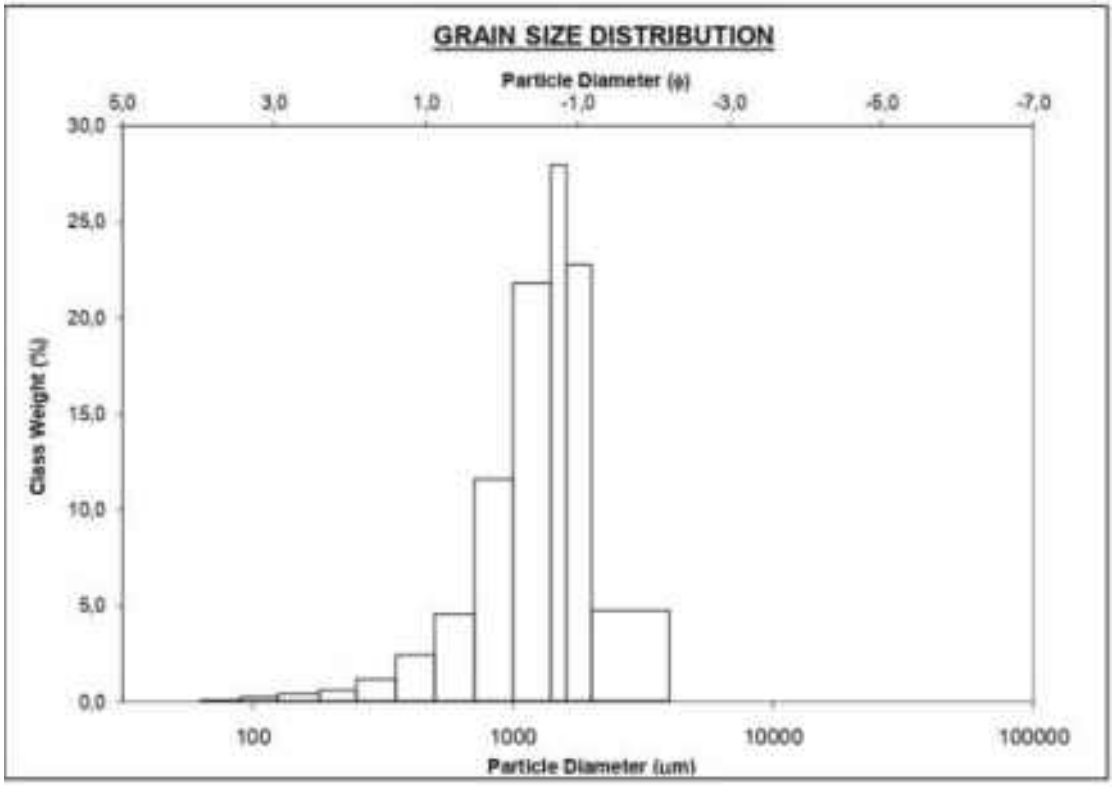


Fig. 47- Distribuzione della classe granulometrica del campione FSG2

Il *campione FSp* raccolto ad una profondità di 18 m è costituito dal 15% di sabbia silicoclastica e dall'85% di bioclasti sia in frammenti che interi (bivalvi e gasteropodi). Il 10 % della frazione silicoclastica è rappresentata da quarzo, mentre il 5% da femici. È una sabbia grossolana (media 529 micron), scarsamente selezionata. Circa il 14% è rappresentato da ghiaia fine (2225 micron), costituita quasi esclusivamente da bioclasti. La frazione silicoclastica è principalmente rappresentata da sabbia fine (100 micron).

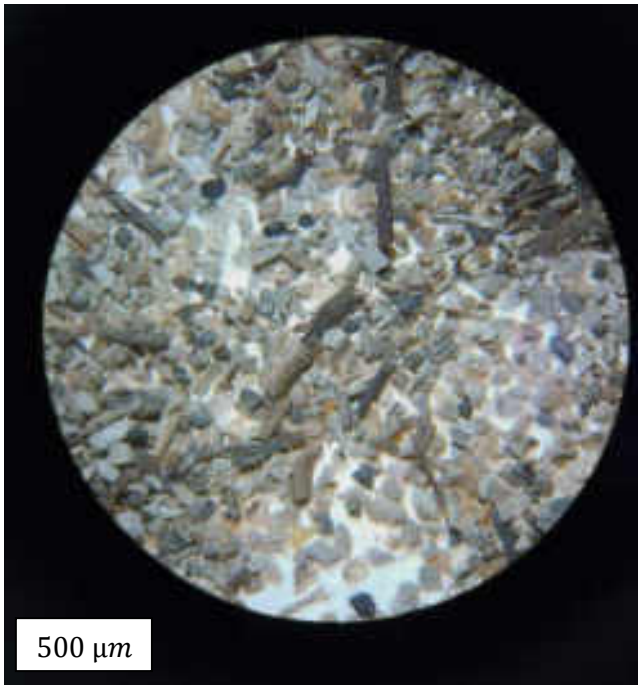


Fig. 48- Composizione del campione FSP

SAMPLE STATISTICS

SIEVING ERROR: 0,3%

SAMPLE IDENTITY: **FSp**

ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 25-05-2021

SAMPLE TYPE: Bimodal, Very Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	1500,0	-0,582
MODE 2:	107,5	3,237
MODE 3:		
D_{10}:	95,66	-1,307
MEDIAN or D_{50}:	611,0	0,711
D_{90}:	2474,6	3,386
(D_{90} / D_{10}):	25,87	-2,590
(D_{90} - D_{10}):	2378,9	4,693
(D_{75} / D_{25}):	6,561	-4,860
(D_{75} - D_{25}):	1168,4	2,714

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	14,4%	COARSE SAND:	20,3%
SAND:	78,1%	MEDIUM SAND:	15,9%
MUD:	7,5%	FINE SAND:	13,1%
		V FINE SAND:	7,9%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	1,2%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	1,2%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	1,2%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	1,2%
V FINE GRAVEL:	14,4%	V FINE SILT:	1,2%
V COARSE SAND:	20,8%	CLAY:	1,2%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	970,9	455,6	1,134	528,6	0,920	Coarse Sand
SORTING (σ):	964,2	4,624	2,209	4,058	2,021	Very Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,143	-1,174	1,174	-0,243	0,243	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	3,071	4,175	4,175	1,054	1,054	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

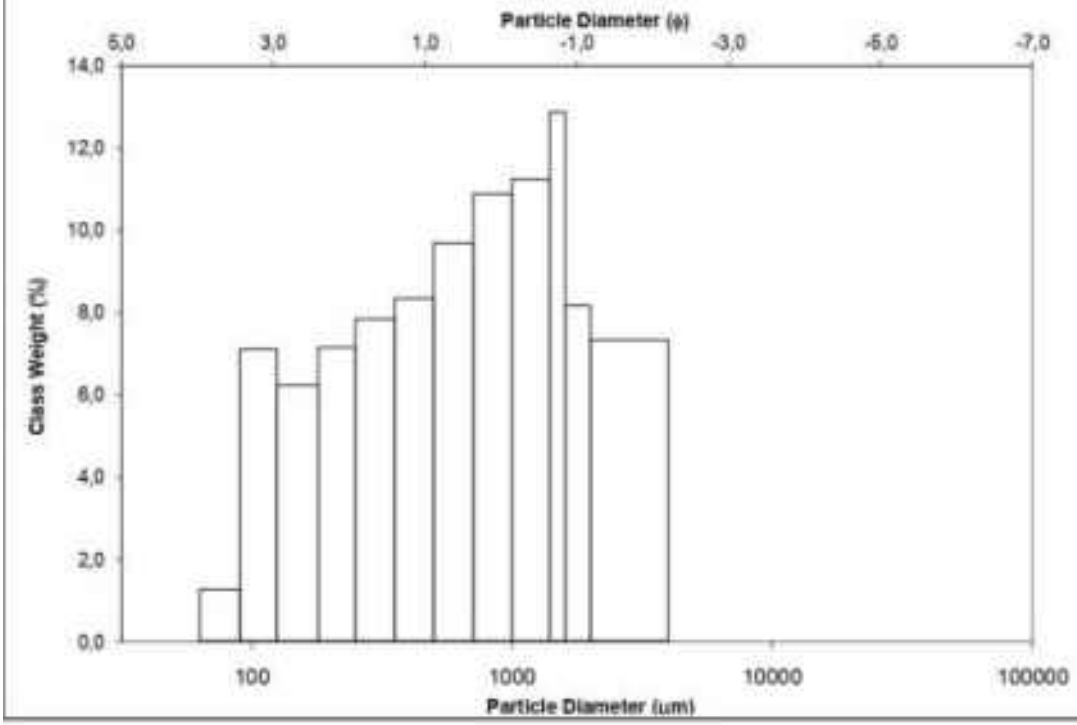


Fig. 49- Distribuzione della classe granulometrica del campione FSp

Il *campione FSG* raccolto ad una profondità di 15 m è composto da una sabbia grossolana (media 639 micron), bimodale, mesocurtica, scarsamente selezionata. Il 46% della composizione è rappresentata da una componente silicoclastica, di questa il 18% è rappresentata da quarzo, il 4% da feldspati e il 16% da femici. Il restante 54% è di frazione bioclastica. Quest'ultima è rappresentata principalmente da frammenti o gusci interi di gasteropodi e bivalvi.

Fig. 50- Composizione del campione FSG

SAMPLE STATISTICS

SIEVING ERROR: -0,2%

SAMPLE IDENTITY: **FSG**

ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 04-06-2021

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	855,0	0,247
MODE 2:	1500,0	-0,582
MODE 3:		
D_{10}:	147,6	-1,147
MEDIAN or D_{50}:	732,2	0,450
D_{90}:	2214,9	2,760
(D_{90} / D_{10}):	15,00	-2,406
(D_{90} - D_{10}):	2067,3	3,907
(D_{75} / D_{25}):	4,020	-3,944
(D_{75} - D_{25}):	995,3	2,007

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	11,7%	COARSE SAND:	27,8%
SAND:	86,4%	MEDIUM SAND:	17,1%
MUD:	1,9%	FINE SAND:	11,6%
		V FINE SAND:	5,5%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,3%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,3%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,3%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,3%
V FINE GRAVEL:	11,7%	V FINE SILT:	0,3%
V COARSE SAND:	24,4%	CLAY:	0,3%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	991,5	615,2	0,701	638,8	0,646	Coarse Sand
SORTING (σ):	868,5	3,035	1,602	2,795	1,483	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,254	-1,180	1,180	-0,181	0,181	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	3,632	5,635	5,635	0,990	0,990	Mesokurtic

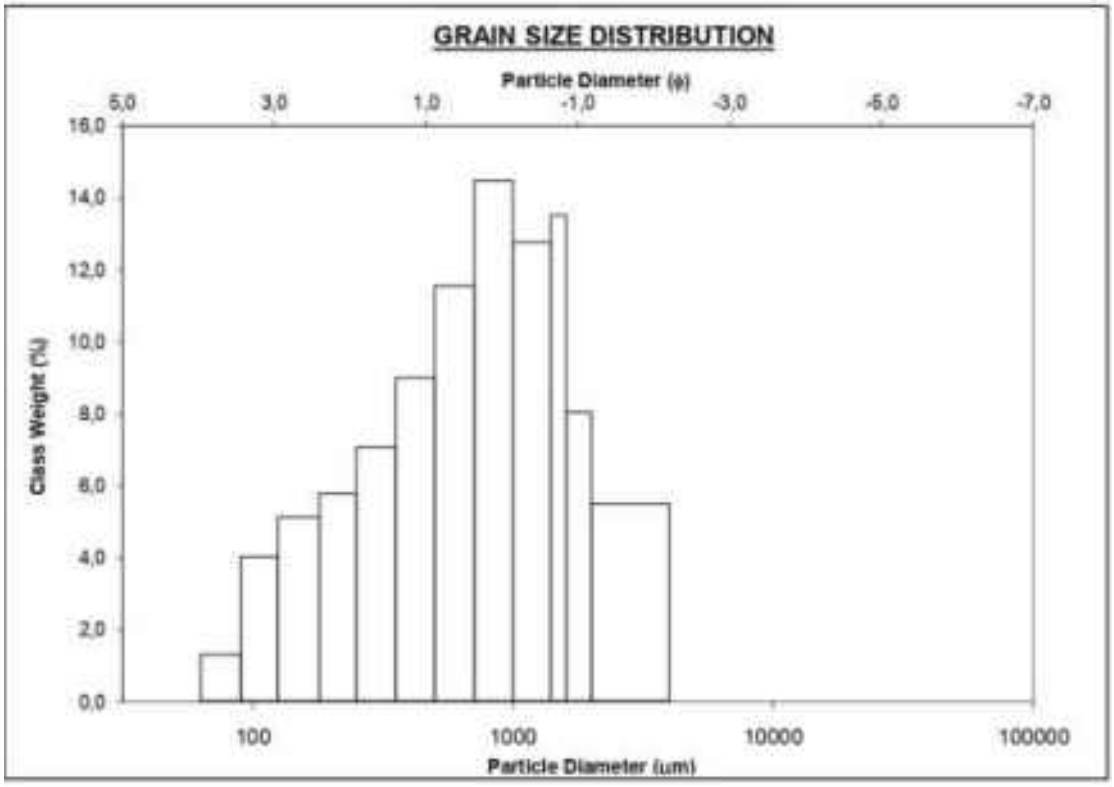


Fig. 51- Distribuzione della classe granulometrica del campione FSG

Interpretazione: l'area campionata è una densa prateria di *Posidonia Oceanica*, dove sono state rilevate delle intra-matte dalla quale sono stati prelevati i sedimenti. La modesta frazione silicoclastica denota una scarsa o quasi assente dinamica di fondo.

Utilizzando la formula di Zanke, le correnti in grado di muovere sedimenti silicoclastici della granulometria determinata variano tra 0.22-0.32 m/sec.

Porto di Porto Torres

Rilievi SSS

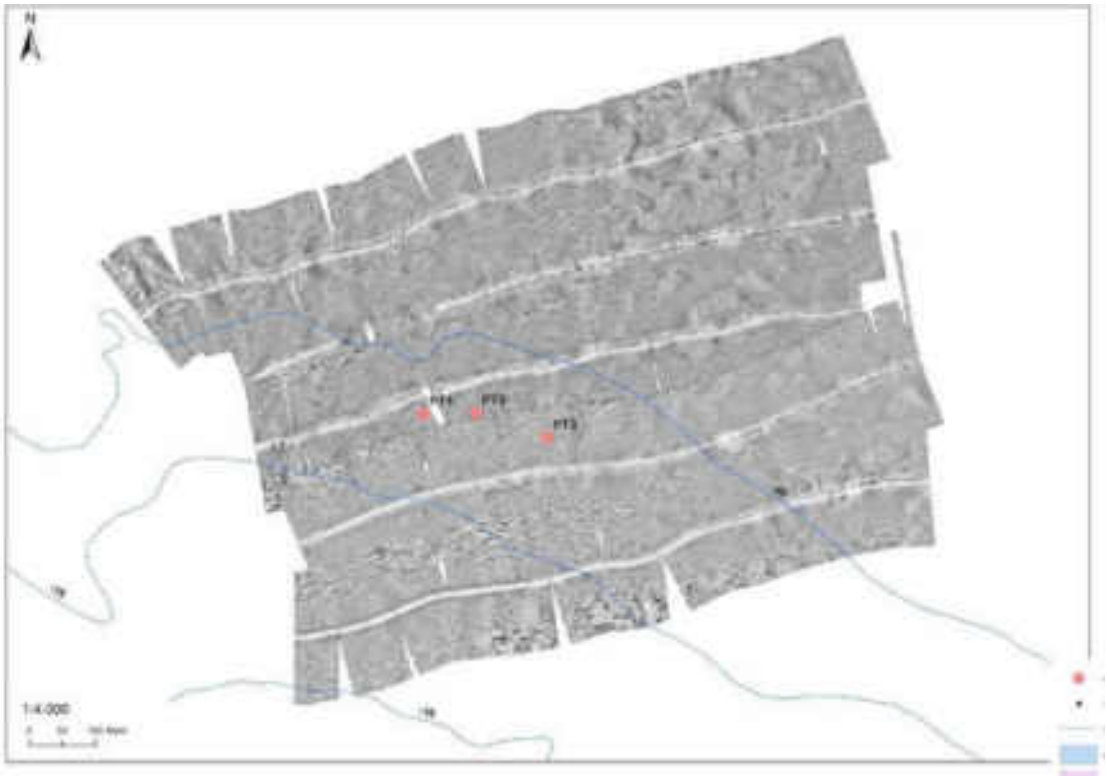


Fig. 52- Fotomosaico del Porto di Porto Torres

L'area è caratterizzata da medio backscatter ed una facies acustica associabile a quella della prateria di *Posidonia oceanica* che risulta essere altamente disturbata e frastagliata. Nella parte est del mosaico sono visibili numerosi segni di ancoraggio e strascico, alcuni di questi possono essere associati a resti di reti abbandonate sul fondo. In generale l'aspetto è disomogeneo e molto caotico, segno di forte interferenza antropica sul fondo.

Analisi granulometriche

Il *campione PT1* (profondità 19 m), è costituto da un sedimento scarsamente selezionato, polimodale, composto sia da ghiaia (3000 micron) che da sabbia grossolana (media 605 micron) e fine (215 micron). Circa il 30% è rappresentato da ghiaia fine (2225 micron), in questa frazione sono presenti frammenti di *Posidonia Oceanica* e bioclasti. Per quanto riguarda la frazione sabbiosa, il 42% è di origine silicoclastica, mentre il 58% è rappresentato da bioclasti. Il quarzo rappresenta il 12%, il feldspato il 3% e i femici il 14%.

Fig. 53- Composizione del campione PT1

SAMPLE STATISTICS

SIEVING ERROR: -0,4%

SAMPLE IDENTITY: **PT1**

ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 25-05-2021

SAMPLE TYPE: Polymodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel

SEDIMENT NAME: Sandy Very Fine Gravel

	µm	ϕ
MODE 1:	3000,0	-1,500
MODE 2:	215,0	2,237
MODE 3:	605,0	0,747
D_{10}:	146,9	-1,672
MEDIAN or D_{50}:	671,6	0,574
D_{90}:	3187,5	2,767
(D_{90} / D_{10}):	21,70	-1,655
(D_{90} - D_{10}):	3040,6	4,440
(D_{75} / D_{25}):	8,921	-1,673
(D_{75} - D_{25}):	2013,3	3,157

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	30,5%	COARSE SAND:	17,7%
SAND:	67,7%	MEDIUM SAND:	16,8%
MUD:	1,8%	FINE SAND:	18,1%
		V FINE SAND:	4,8%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,3%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,3%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,3%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,3%
V FINE GRAVEL:	30,5%	V FINE SILT:	0,3%
V COARSE SAND:	10,6%	CLAY:	0,3%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	1290,6	677,4	0,562	707,5	0,499	Coarse Sand
SORTING (σ):	1191,6	3,548	1,827	3,320	1,731	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	0,590	-0,720	0,720	0,008	-0,008	Symmetrical
KURTOSIS (K'):	1,570	3,739	3,739	0,653	0,653	Very Platykurtic

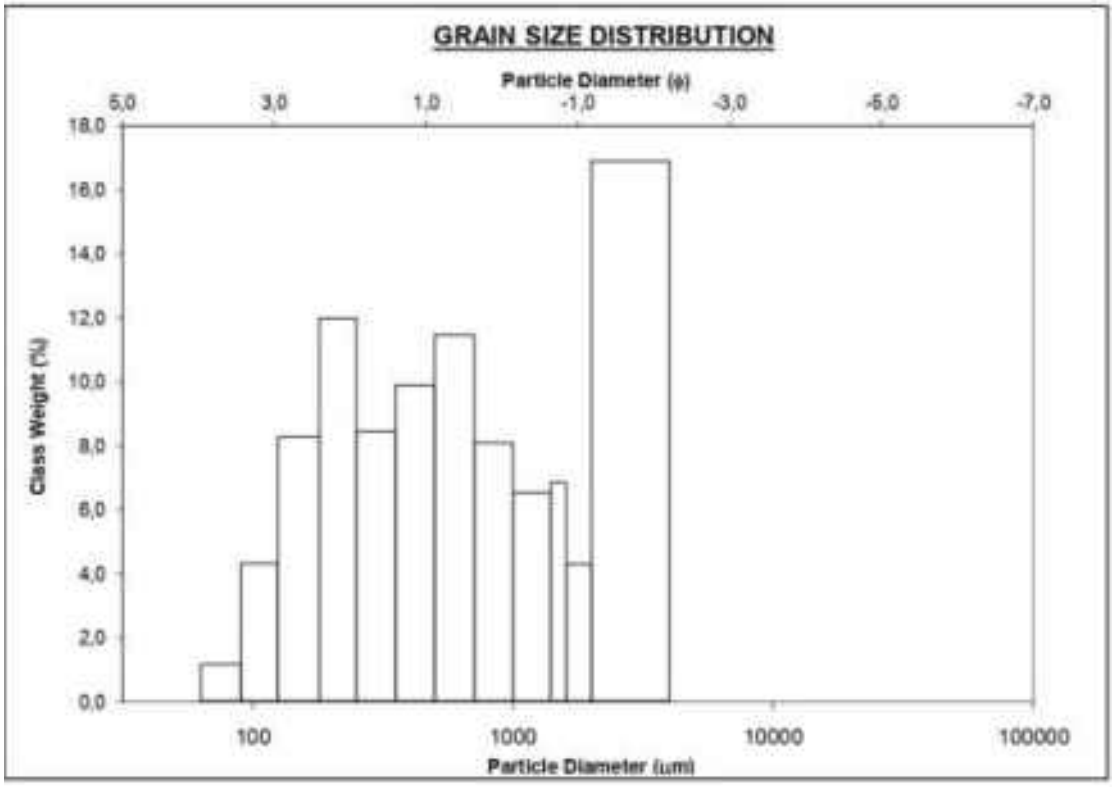


Fig. 54- Distribuzione della classe granulometrica PT1

Il *campione PT2* (profondità 19 m), è costituto da un sedimento scarsamente selezionato, polimodale, composto da oltre il 50% di ghiaia (>2000 micron), una sabbia molto grossolana (media 1132 micron) e fine (152 micron). La composizione è silicoclastica al 21% e organica al 79%. Il quarzo costituisce il 6% dei granuli, i femici il 5%, mentre il 10% è rappresentato da frammenti litici. Sono state osservate microplastiche e vetri.

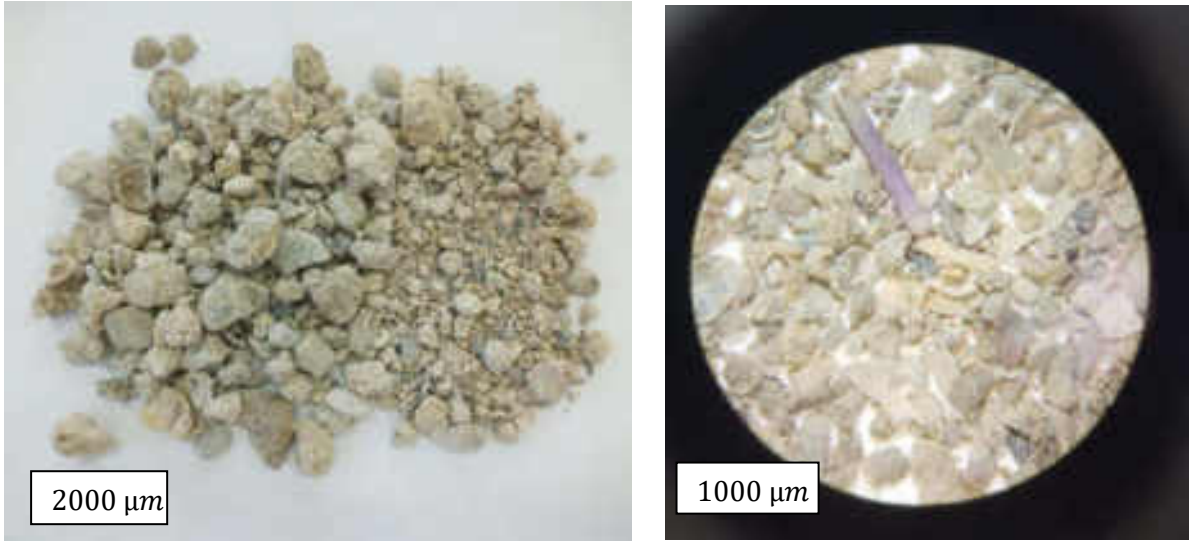


Fig. 55- Composizione del campione PT2

SAMPLE STATISTICS

SIEVING ERROR: -0,2%

SAMPLE IDENTITY: **PT2**

ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 25-05-2021

SAMPLE TYPE: Polymodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel

SEDIMENT NAME: Sandy Very Fine Gravel

	µm	ϕ
MODE 1:	3000,0	-1,500
MODE 2:	152,5	2,737
MODE 3:	1500,0	-0,582
D_{10}:	148,4	-1,816
MEDIAN or D_{50}:	2114,9	-1,081
D_{90}:	3521,3	2,752
(D_{90} / D_{10}):	23,72	-1,515
(D_{90} - D_{10}):	3372,9	4,568
(D_{75} / D_{25}):	6,818	-0,798
(D_{75} - D_{25}):	2482,0	2,769

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	54,4%	COARSE SAND:	9,5%
SAND:	43,3%	MEDIUM SAND:	8,8%
MUD:	2,4%	FINE SAND:	11,8%
		V FINE SAND:	4,2%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,4%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,4%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,4%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,4%
V FINE GRAVEL:	54,4%	V FINE SILT:	0,4%
V COARSE SAND:	9,0%	CLAY:	0,4%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	1887,4	1054,3	-0,078	1132,8	-0,180	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1261,0	3,906	1,966	3,398	1,765	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	-0,354	-1,447	1,447	-0,680	0,680	Very Fine Skewed
KURTOSIS (K):	1,273	4,913	4,913	0,758	0,758	Platykurtic

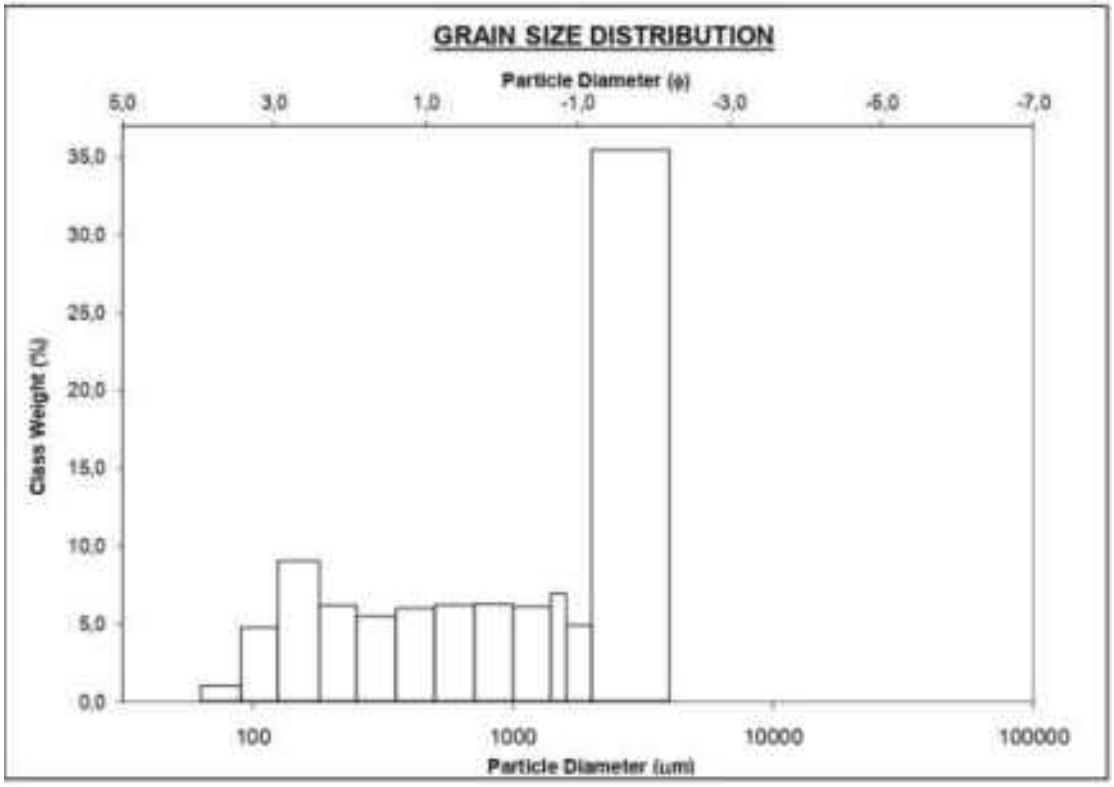


Fig. 56- Distribuzione della classe granulometrica PT2

Il *campione PT3*, prelevato ad una profondità di 19 m, è costituto da un sedimento scarsamente selezionato, polimodale e composto dal 36% di sabbia silicoclastica e dal 64% di bioclasti. La ghiaia è fine (2225 micron), la sabbia sia media (403 micron) per il 12% che sabbia fine (150 micron) per il 26%. La componente ghiaiosa è data da bioclasti sia in frammenti che interi; frazione silicoclastica è costituita per il 14% da quarzo, per il 6% da feldspati e per l'8% da femici. Sono state trovate microplastiche.

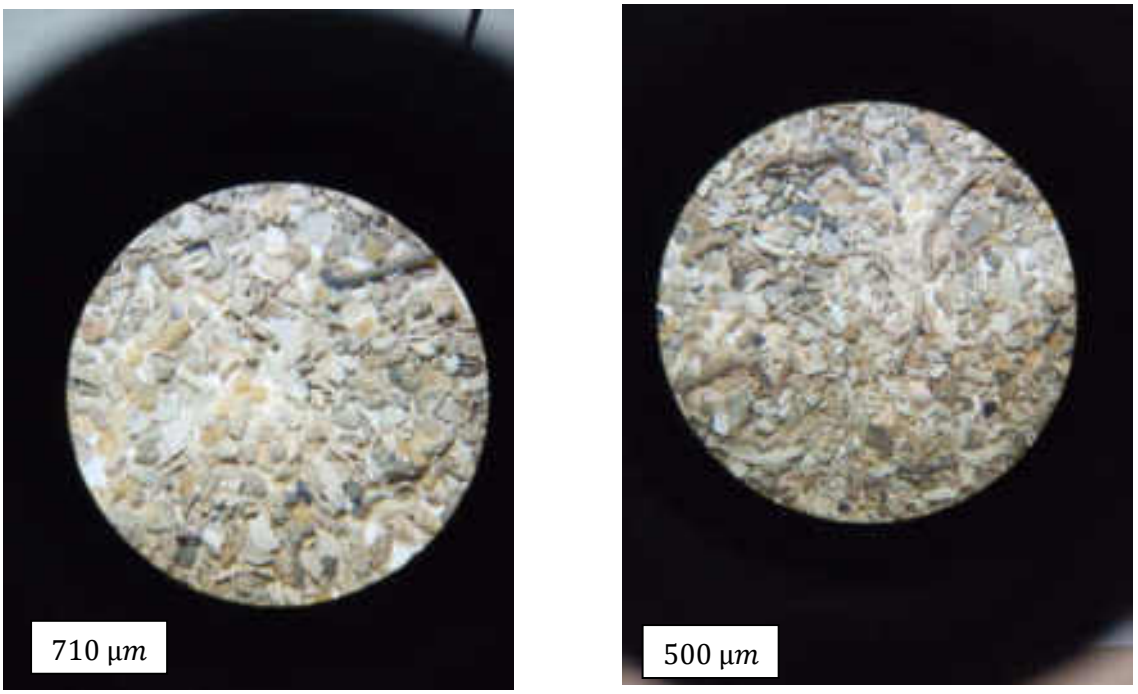


Fig. 57- Composizione del campione PT3

Interpretazione: il sedimento campionato è indicativo di aree di intra-matte deteriorate ed influenzate da correnti di fondo in grado di muovere e mischiare le varie granulometrie. La mancanza di un trend granulometrico ben definito e la polimodalità possono essere messe in relazione alle correnti generate dalle eliche delle grosse navi. Tali correnti possono raggiungere i
0.40 m/sec e muovere sia clasti di ghiaia che grossi bioclasti (normalmente gusci di grandi gasteropodi o bivalvi).

SAMPLE STATISTICS

SIEVING ERROR: -1,5%

SAMPLE IDENTITY: **PT3**

ANALYST & DATE: Nicole Ruberti, 25-05-2021

SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Fine Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	152,5	2,737
MODE 2:	855,0	0,247
MODE 3:	3000,0	-1,500
D_{10}:	101,3	-1,164
MEDIAN or D_{50}:	367,0	1,446
D_{90}:	2240,1	3,303
(D_{90} / D_{10}):	22,11	-2,839
(D_{90} - D_{10}):	2138,7	4,467
(D_{75} / D_{25}):	6,293	41,53
(D_{75} - D_{25}):	803,8	2,654

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	12,0%	COARSE SAND:	20,1%
SAND:	82,8%	MEDIUM SAND:	14,5%
MUD:	5,2%	FINE SAND:	26,1%
		V FINE SAND:	10,6%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,9%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,9%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,9%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,9%
V FINE GRAVEL:	12,0%	V FINE SILT:	0,9%
V COARSE SAND:	11,6%	CLAY:	0,9%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	777,2	361,1	1,470	403,5	1,309	Medium Sand
SORTING (σ):	915,8	3,990	1,996	3,361	1,749	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,597	-0,719	0,719	0,084	-0,084	Symmetrical
KURTOSIS (K'):	4,306	3,891	3,891	0,889	0,889	Platykurtic

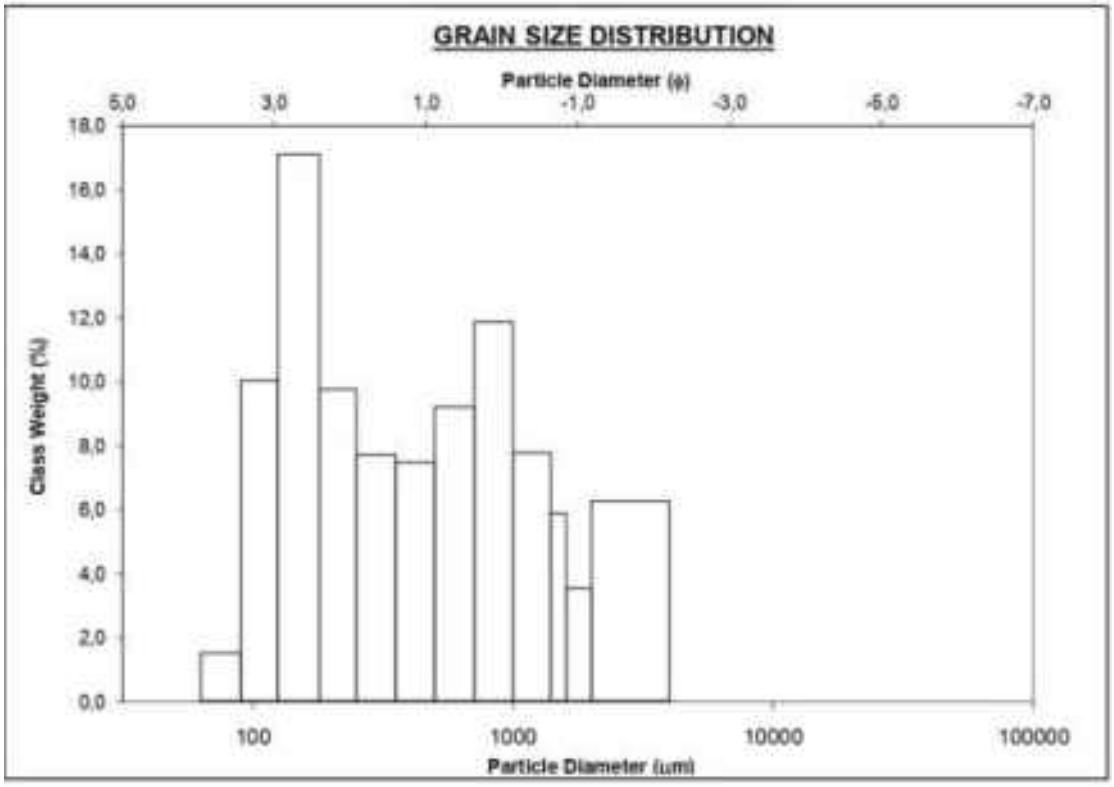


Fig. 58- Distribuzione della classe granulometrica PT3

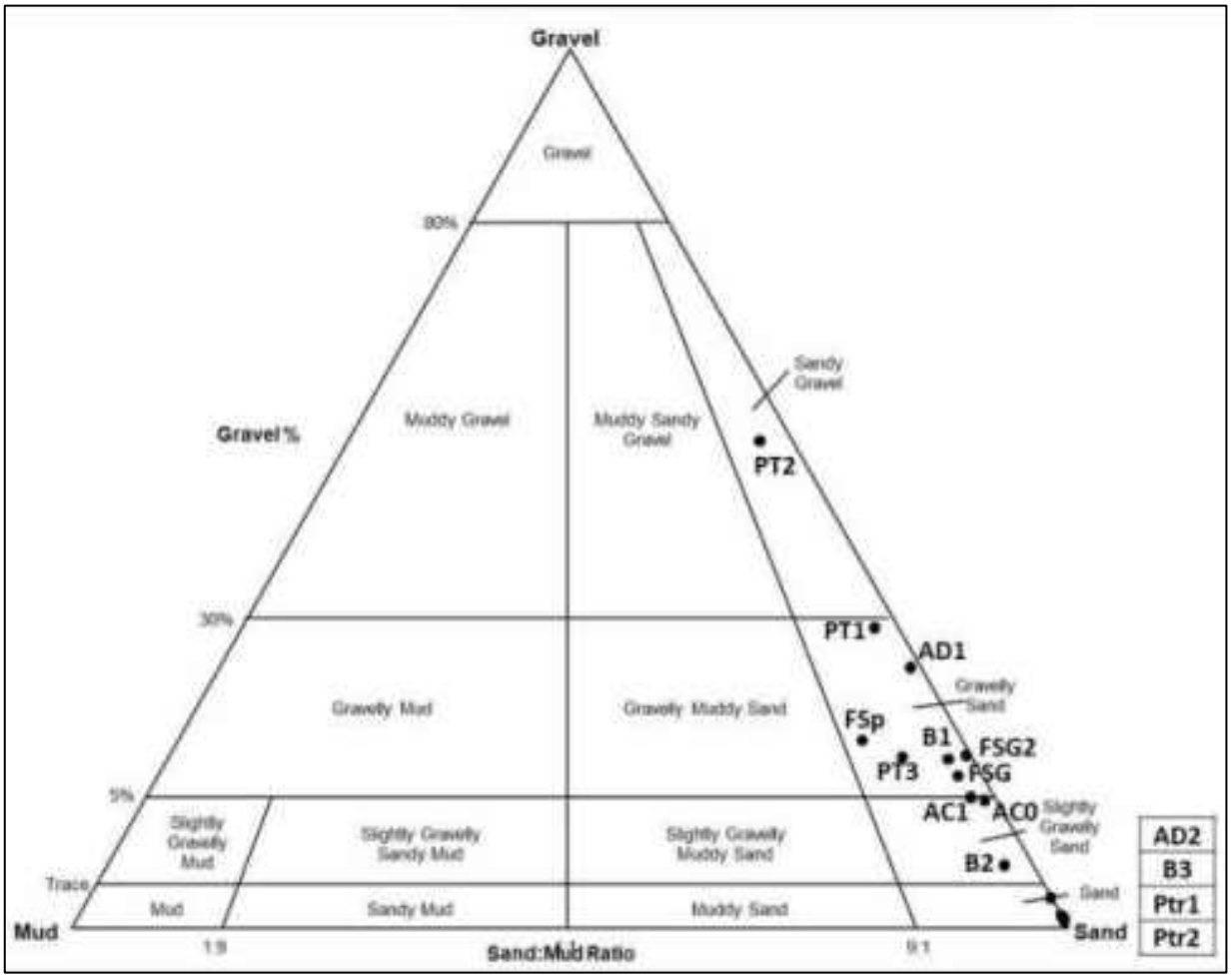


Fig. 59- Diagramma ternario Ghiaia-Sabbia-Fango

Conclusioni

Le analisi granulometriche indicano la presenza di tre tipologie di aree:

1- *Punta Tramontana*: l'area è caratterizzata da sedimenti sabbiosi fini associabili allo smantellamento della falesia di Punta Tramontana. Questi sedimenti caratterizzano il limite inferiore della prateria a *Posidonia oceanica*. La selezione granulometrica è maggiormente imputabile a correnti di fondo legate al moto ondoso piuttosto che ai venti dominanti.

2- *Abbacurrente*: l'area è caratterizzata da aree in cui si alternano in maniera caotica sabbie fini e grossolane. La presenza di matte morta è il motivo ricorrente dell'area. Non sono state osservate strutture sedimentarie significative, ma solo una blanda ondulazione del fondo.

3- *Fiume santo*: l'area è caratterizzata da prateria a *Posidonia oceanica* con due intra-matte principali e dimensioni superiori ai 50 m di diametro.

Dall'analisi granulometrica si evidenzia, inoltre, come la dispersione dei sedimenti avvenga in modo generale da Porto Torres verso Punta Tramontana, mentre le strutture sedimentarie riconosciute si sviluppano seguendo la direzione N-S. Questo può essere imputabile ai venti dominanti: il maestrale sviluppa una corrente lungo costa responsabile della dispersione dei sedimenti; il grecale e/o la tramontana sono invece responsabili della formazione delle strutture sedimentarie presenti sul fondo. Quando i venti interferiscono si possono avere aree di accumulo anomalo di sedimenti e metalli pesanti. Infatti, la dispersione dei metalli pesanti segue abbastanza linearmente quella dei sedimenti ma occasionalmente si possono trovare delle concentrazioni anomale di questi.

ANALISI CHIMICA DEI SEDIMENTI

Fig. 60- Stazioni complessive

Fig. 61- Fiume Santo (FS)

Fig. 62- Porto Torres (PT)

Fig. 63- Abbacurrente (AC)

Tab. 6 - Valori di concentrazione dei metalli rilevati nei sedimenti superficiali nel Golfo dell'Asinara nelle diverse stazioni

Metallo (rif. peso secco sedimento)	PT1	PT2	PT3	AC0	AC1	AD1	AD2	Ptr1	Ptr2	FSp	FSG
Antimonio (mg/kg)	<1	< 1	1,24	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsenico (mg/kg)	4,40	4,34	17,70	5,51	10,90	0,65	2,96	4,80	5,19	3,83	4,27
Bario (mg/kg)	25,60	46,40	26,90	13,00	14,40	14,60	17,00	20,60	19, 1	14,70	12,70
Berillio (mg/kg)	0,28	0,34	0,25	0,20	0,20	0,23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cadmio (mg/kg)	0,48	0,51	0,88	0,32	0,53	0,43	0,24	0,31	0,37	0,20	0,20
Cobalto (mg/kg)	2,18	3,10	2,44	1,67	2,00	1,28	1,80	2,68	3,45	0,50	0,50
Cromo (mg/kg)	11,90	13,80	13,10	4,70	6,15	6,12	5,85	5,78	7,06	4,39	3,73
Cromo VI (mg/kg)	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Mercurio (mg/kg)	0,42	0,70	0,74	0,44	0,23	0,68	0,15	0,10	0,14	0,17	0,13
Molibdeno (mg/kg)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Nichel (mg/kg)	3,84	5,76	2,79	1,30	2,01	1,58	1,02	0,99	1,19	1,69	1,28
Piombo (mg/kg)	2,60	11,70	0,30	4,24	4,64	5,07	2,65	2,20	2,13	7,11	4,12
Rame (mg/kg)	11,80	10,90	9,96	13,80	14,00	14 4	10,50	0,50	16,60	9,37	9,12
Selenio (mg/kg)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Stagno (mg/kg)	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Tallio (mg/kg)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Vanadio (mg/kg)	3,17	30,50	48,30	24,20	29,90	17,10	16,60	33,20	44,50	9,55	10,80
Zinco (mg/kg)	0,80	33,30	43,40	41,30	32,80	22,20	15,60	19,00	19,10	12,30	23,80

PT – Porto Torres; AC - Abbacurrente; AD – Acque Dolci; Ptr - Punta Tramontana; FS - Fiume Santo. In magenta i valori maggiori di L_1

*Limiti di legge (mg/kg peso secco - *DECRETO 15 luglio 2016, n. 173*

Metallo (rif. peso secco sedimento)	*L_1	*L_2
Arsenico (mg/kg)	12	20
Cadmio (mg/kg)	0,3	0,8
Cromo (mg/kg)	50	150
*Cromo VI (mg/kg)	2	2
*Mercurio (mg/kg)	0,3	0,8
Nichel (mg/kg)	30	75
Piombo (mg/kg)	30	70
Rame (mg/kg)	40	52
Zinco (mg/kg)	100	150

*DECRETO 15 luglio 2016, n. 173. Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini. Valori L_1 e L_2 della tabella riferiti ai livelli chimici di riferimento nazionali riportati nel D.L.

I risultati delle analisi sui metalli sono riportati in Tab. 6.

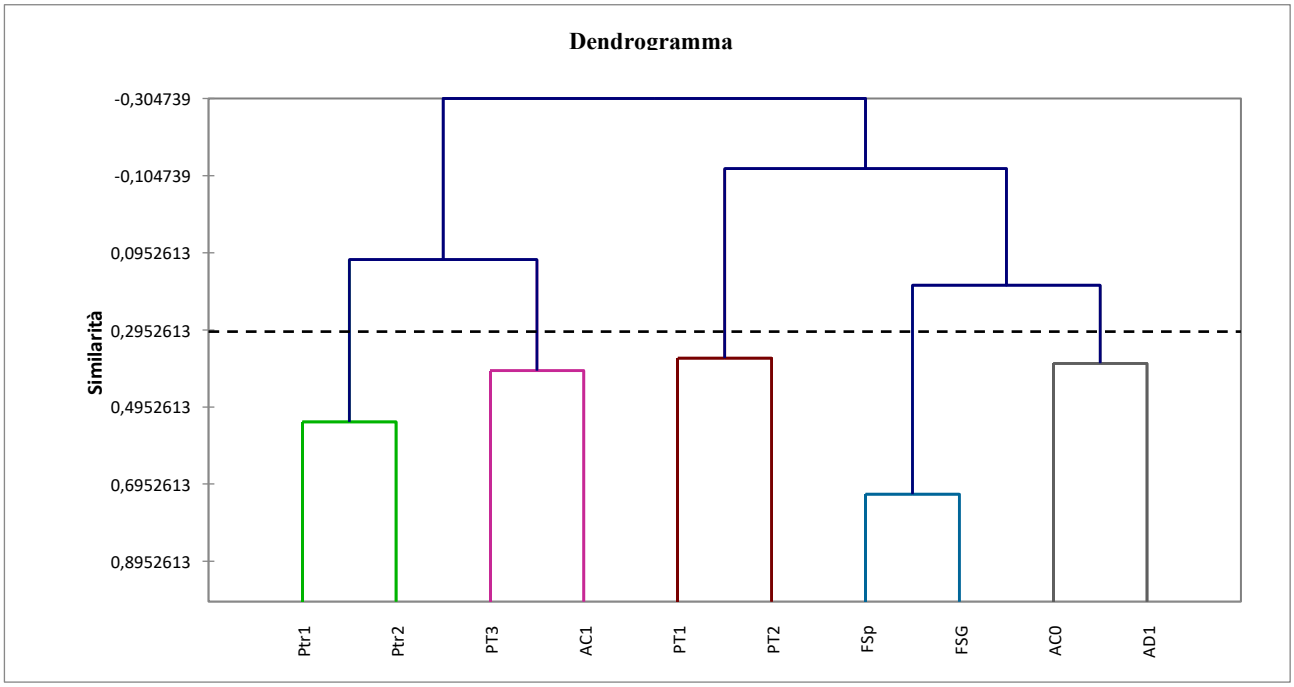


Fig. 64- Dendogramma

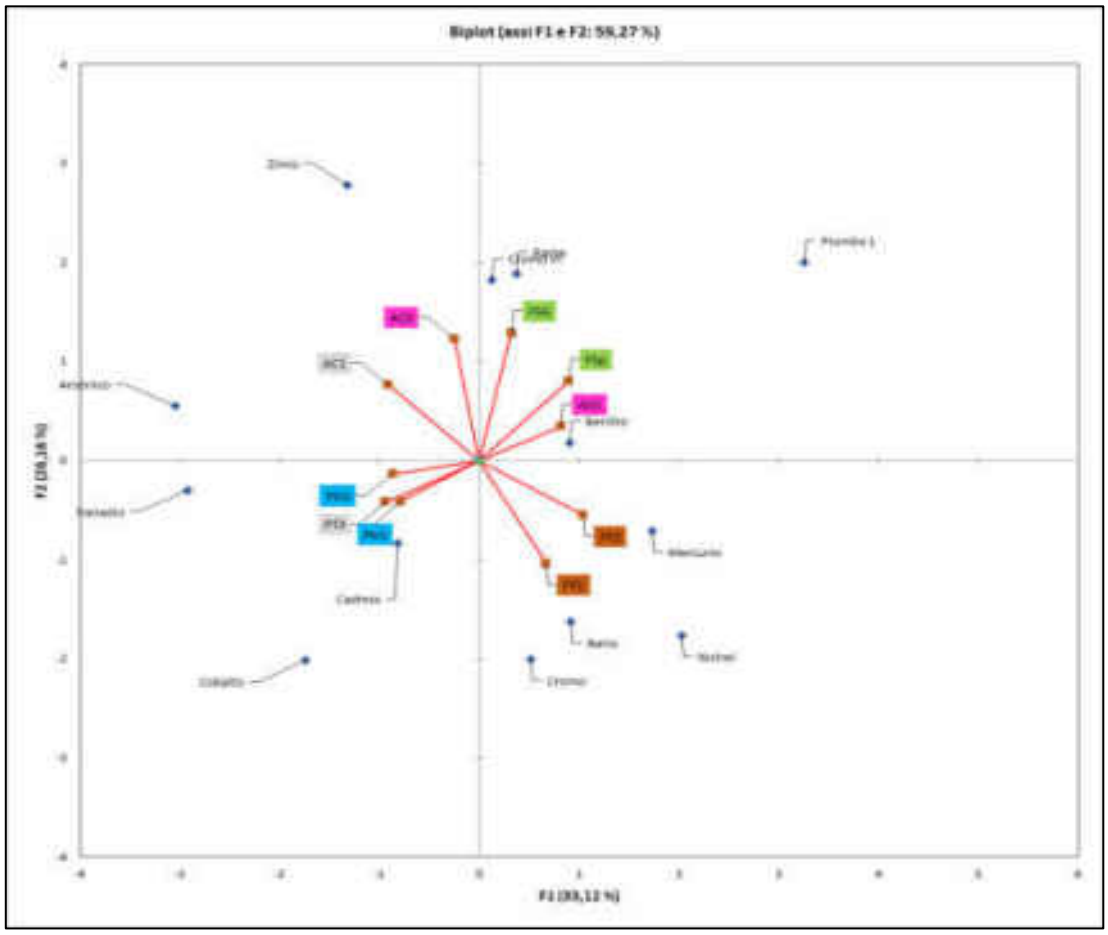


Fig. 65- Analisi delle componenti principali

Le analisi chimiche sono state eseguite su campioni di sedimento superficiale prelevati con benna e riposte in adeguati contenitori. I campioni sono stati poi trasportati in laboratorio a fine giornata.
Le sigle delle stazioni sono: PT – Porto Torres; AC - Abbacurrente; AD – Acque Dolci; Ptr - Punta Tramontana; FS - Fiume Santo.
In Tab. 6 vengono riportati i metalli analizzati e le relative concentrazioni espresse in $mg \cdot kg^{-1}$ di peso secco di sedimento.
Per evidenziare le affinità chimiche tra le stazioni si è provveduto ad effettuare la normalizzazione della matrice metalli/stazioni rispetto alla media per contenere l'effetto della differenza ponderale tra i diversi elementi.
Il dendrogramma di Fig. 64 è stato costruito secondo la Classificazione Ascendente Gerarchica (CAG), con la matrice di Similarità calcolata con il Coefficiente di correlazione di Pearson e con Metodo di agglomerazione con Legame completo.
L'Analisi delle Componenti Principali (ACP) (Fig. 65) utilizza la stessa la matrice di Similarità di CAG.
Le considerazioni che seguono si riferiscono alla comparazione delle stazioni dell'intero set esaminato rispetto media campionaria delle diverse concentrazioni dei metalli.
Le stazioni PT1 e PT2 sono caratterizzate rispetto alle altre da maggiori valori di Nickel, Bario e Cromo; Ptr1, Ptr2 e Ad2, da minori valori di Cadmio e maggiori di Cobalto e Vanadio; PT3 e AC1 da maggiori valori di Arsenico; FSp e FSG da maggiori valori di Piombo e AC0 e AD1 da elevati valori di Mercurio e Rame (Fig. 64 e Fig. 65).
Il calcolo dell'indice di pericolo quantitativo (Hazard Quotient) (HQ_C), si riferisce al *DECRETO 15 luglio 2016, n. 173* ed è specifico per la caratterizzazione chimica dei sedimenti. È ottenuto dalla media di tutti i Ratio to Reference (RTR_W) dei parametri con $RTR_W < 1$ (cioè valori inferiori rispetto al limite del riferimento), addizionato alla sommatoria degli RTRw di tutti i contaminanti con RTR >1 secondo l'equazione:

$$HQ_C = \frac{\sum_{j=1}^{N} RTR_W(j)_{RTR(j)<1}}{N} + \sum_{k=1}^{M} RTR_W(k)_{RTR(k)>1}$$

dove N and M sono il numero dei parametri con RTR rispettivamente <1 oppure >1, mentre j e k sono indici che permettono di ripetere il calcolo per N o M volte.
HQ_C permette di classificare le stazioni secondo le classi di pericolo chimico dei loro sedimenti. (Fig. 66) attribuendone a ciascuna un colore convenzionale.

HQc	CLASSE DI PERICOLO
0 – < 0.7	Assente
0.7 – < 1.3	Trascurabile
1.3 – < 2.6	Basso
2.6 – < 6.5	Medio
6.5 – < 13.0	Alto
≥13.0	Molto Alto

*Fig. 66- Ambito dei valori di HQc riferite alle rispettive Classi di pericolo**

*(*DECRETO 15 luglio 2016, n. 173.)

Tabella 7. Sintesi delle classi di pericolo delle stazioni esaminate riferite ai limiti L1 e L2 (da ISPRA, tool SediQualSoft)

Stazione	RTR L_1	RTR L_2	L_1 max % contributo HQc	L_2 max % contributo HQc	L_1 n° parametri non conformi	L_2 n° parametri non conformi	L_1 classe	L_2 classe
PT 1	4,1	0,3	53,3% (Cd)	-	2	0	MEDIO	ASSENTE
PT2	5,5	0,4	57,8% (Hg)	-	2	0	MEDIO	ASSENTE
PT3	8,7	1,8	44,7% (Cd)	100% (Cd)	3	1	ALTO	BASSO
AC0	3,5	0,3	57,8% (Hg)	-	2	0	MEDIO	ASSENTE
AC1	2,7	0,3	100% (Cd)	-	1	0	MEDIO	ASSENTE
AD1	5,0	0,3	61,2% (Hg)	-	2	0	MEDIO	ASSENTE
Ptr1	1,5	0,2	100% (Cd)	-	1	0	BASSO	ASSENTE
Ptr2	1,9	0,2	100% (Cd)	-	1	0	BASSO	ASSENTE
FSp	0,3	0,2	-	-	0	0	ASSENTE	ASSENTE
FSG	0,3	0,2	-	-	0	0	ASSENTE	ASSENTE

Per il calcolo dell'HQ_C ci si è avvalsi del tool applicativo SediQualSoft, Software di supporto suggerito dal citato Decreto Legge.

I criteri di integrazione ponderata considerano la tipologia dei parametri, il numero dei contaminanti che eccedono il riferimento specifico, nonché l'entità di tali sforamenti rispetto ai limiti previsti.

Il giudizio di pericolo viene sintetizzato nelle ultime due colonne della tabella in Figura 67. Si evince che Ptr1 e Ptr2 per limite L_1 presentano un pericolo **BASSO**; AC0, AC1, AD1, PT1 e PT2 presentano un pericolo **MEDIO**; PT3 presenta un pericolo **ALTO**. Per FSp e FSG la classe è **ASSENTE.**

Per il limite L_2 solo PT3 mostra valori di Ratio to Reference RTR nell'ambito di pericolo **BASSO**. Osservando la posizione dei siti campionati (Fig. 60) si evince come i sedimenti posti ad occidente della città di Porto Torres (Fiume Santo) mostrino classi dell'indice HQ_C **ASSENTE** (Fig. 61). I campioni prelevati in prossimità dell'imboccatura del porto civico in corrispondenza dell'area di escavo mostrano le più elevate classi di pericolo rilevate (**MEDIO** e **ALTO**). Più ad est, ad Acque Dolci i campioni mostrano un pericolo **MEDIO**. Procedendo ancora verso est, ad Abbacurrente, le analisi indicano un pericolo **MEDIO**. Infine, i campioni prelevati a Punta Tramontana, a circa 10 miglia dalla città, mostrano una classe di pericolo **BASSO**. Si rimarca inoltre che il giudizio di

pericolo, di tutti i campioni che mostrano classi oltre i limiti, deriva in sostanza dal contenuto di Cadmio e/o Mercurio. Si rileva come la posizione dei siti con valori di contaminanti fuori norma si distribuisca dalla città verso est secondo un trend negativo, indicandone così sia il punto di origine, sia la coerenza con le correnti di fondo del Golfo dell'Asinara con direzione Ovest-Est che agisce da fattore di trasporto. L'indice di pericolo **ASSENTE** dei campioni di Fiume Santo posti ad ovest della città confermano tali considerazioni.

Conclusioni

Le maggiori concentrazioni di metalli pesanti, in particolare Mercurio e Cadmio si ritrovano nell'area portuale dove si raggiungono i valori massimi di concentrazione che superano il limite L_1 ed in un caso (PT3) il limite L_2.

La dispersione dei metalli pesanti segue quella dei sedimenti ovvero da ovest verso est (Porto Torres-Punta Tramontana). In Tab. 7 è possibile osservare il trend delle concentrazioni dei principali metalli pesanti nei diversi siti. La sequenza dei RTR L_1 relativa alle stazioni è infatti coerente con queste considerazioni *(FSp 0,3 =; FSG 0,3 <; PT1 4,1;<PT2 5,5;<**PT3 8,7**>; AD1 5,0>; ACO 3,5>; AC1 2,7>; Ptr2 1,9>; Ptr1 1,5).* I valori massimi riscontrati nell'area PT3 sono imputabili al forte rimescolamento dei sedimenti dovuto al traffico marittimo e alla turbolenza delle eliche; verso Est le concentrazioni gradualmente diminuiscono. L'area di Fiume Santo non segue il trend di dispersione, perché situata a Nord di Porto Torres.

Vi sono importanti motivazioni per affermare che *Posidonia oceanica* nel Golfo dell'Asinara sia stata interessata da rilevanti fenomeni di alterazione che ne abbiano poi causato il declino nella porzione orientale del Golfo. L'ampia superficie a matte morta situata subito dopo le istallazioni industriali, l'area urbana di Porto Torres e la foce del Rio Mannu dimostra la causalità del fenomeno. Rimane incerto il periodo di quando tutto ciò sia accaduto ma sicuramente è ascrivibile al periodo "d'oro" della SIR quando l'attenzione ambientale, come si è detto in precedenza, non aveva certamente una soglia elevata. Tuttavia, sia per l'attuale fortissima riduzione delle attività produttive del polo petrolchimico, sia per una più oculata ed obbligata attenzione per l'ambiente, il quadro ambientale marino è profondamente migliorato. Il depuratore industriale tratta le acque reflue, prodotte dai residui impianti dello stabilimento ENI, dalle altre aziende presenti nell'agglomerato industriale. L'impianto, grazie ad un collettamento realizzato a metà degli anni '90, depura anche le acque reflue provenienti dal centro abitato di Porto Torres, raggiungendo un totale di circa 7 milioni di m^3 all'anno. Inoltre, vengono trattate diverse decine di migliaia di tonnellate all'anno di percolati che vengono prodotti in numerosi impianti di gestione

dei rifiuti del territorio regionale. I vincoli di legge, il passaggio a ENI, Syndial per le bonifiche, la costituzione di Matrìca per la riconversione del petrolchimico di Porto Torres in "Chimica Verde" ed infine la sufficiente qualità delle acque della foce del Rio Mannu, confortano sia sull'attuale stato sia sul futuro scenario di discreta qualità delle acque marine e d e l la salute pubblica. Tale scenario è confermato dai risultati dei controlli ambientali operati da enti diversi. Anche le analisi delle patch superficiali della fanerogama indicano come "l'ecosistema a *Posidonia oceanica*" sia in ripresa su tutto il Golfo dell'Asinara poiché quasi tutte le superfici esaminate sono in aumento dimensionale almeno nella fascia batimetrica più prossimale alla riva. I tratti di mare su cui si dovranno effettuare i trapianti di *Posidonia oceanica*, necessariamente da eradicare per la costruzione del prolungamento del molo di sopraflutto del porto civico, possono avere concrete possibilità di successo sia per la qualità delle acque del Golfo sia per l'impiego di nuove tecniche di trapianto in idonee aree marine individuate per sperimentazione in questo report.

La superficie da eradicare è stimata di 0,7 ha con una densità assoluta di 18 fasci per m^2. In base al tipo di fondale della zona di espianto, l'area con le caratteristiche più simili è quella di Abbacurrente: questa è caratterizzata dalla presenza di un'ampia superficie a matte morta e da una granulometria dei sedimenti simile all'area portuale. Ne deriva quindi che la tecnica più idonea al trapianto è quella delle geostuoie biodegradabili ovvero strutture costituite da materiali geocompositi formati da rete metallica accoppiata con bioreti naturali in agave o cocco (Fig. 67 e 68).

Fig. 67- Preparazione delle geostuoie prima della posa (Corsica).

Fig. 68- Geostuoie posizionate sul fondale di Sant'Amanza

ALLEGATO 4

VERIFICA OTTEMPERANZA

ANALISI DOCUMENTAZIONE E CONSIDERAZIONI TECNICHE

CRITICITA' RESIDUE

RISPOSTA

(CONDIZIONE AMBIENTALE A5
DECRETO MINISTERIALE N. 35 DEL 06/02/2018)

PROGETTO

"Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali"
Decreto Ministeriale n. 35 del 06/02/2018
Condizione Ambientale A5

PROPONENTE
AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DELLA SARDEGNA

Vs. Rif. Doc. ISPRA:
V.O.: condizione ambientale A5 DM 35/2018"Adeguamento tecnico funzionale al Piano Regolatore Portuale del porto civico di Porto Torres - Prolungamento dell'antemurale di ponente e resecazione banchina alti fondali"

Oggetto: realizzazione del cronoprogramma del Progetto esecutivo del trapianto e del Progetto di monitoraggio di Posidonia oceanica. Area di espianto: Porto Torres; reimpianto: Abbacurrente, Fiume Santo e P. ta Tramontana.

Spett. ISPRA

In risposta alle richieste da Voi avanzate durante l'incontro via WEB del 13/01/2022, nel quale si chiedeva di dettagliare il cronoprogramma sintetico precedentemente inviatoVi, riguardante il Progetto esecutivo del trapianto e del Progetto di monitoraggio del trapianto di *Posidonia oceanica*,

si trasmette la documentazione richiesta

CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ PER LA REALIZZAZIONE DEL TRAPIANTO

			settimane operative							settimane documentali e comunicazione	
		Obbiettivo: trapianto di Posidonia a Abbacurrente (superficie di 7000 m^2), Fiume santo e P. ta Tramontana	1	2	3	4	5	7	8	9	10
Attività	1	Acquartieramento	-								
	2	Scelta di superfici più idonee all'interno dell'area destinata al trapianto	-								
	3	Delimitazione dell'area ricevente tramite posizionamento boe (previa autorizzazione e ordinanza d'interdizione, transito ed ormeggio CP-PT)	-								
	4	Preparazione a terra delle geostuoie delle dimensioni prestabilite		---	---	---					
	5	Stesura per file parallele dei teli di geostuoia sul fondale e loro fissaggio lungo i lati mediante picchetti in acciaio			---	---	---				
	6	Recupero delle talee da reimpiantare dall'area di Porto Torres, sorting e preparazione per il fissaggio delle idonee al trapianto				---	---	---	---		
	7	Messa a dimora delle talee di *Posidonia oceanica* per inserzione manuale all'interno delle maglie della stuoia				---	---	---	---		
	9	Recupero delle talee da reimpiantare dall'area donatrice di Fiume Santo e preparazione per il fissaggio (solo se insufficienti quelle al punto 5 per il raggiungimento dell'obbiettivo di 7000 m^2 di piantumazione)							-		
	9	Messa a dimora delle talee di *Posidonia oceanica* (v. punto 7)							-		
a.documentali	9	Redazione report attività svolte e risultati								---	---
	10	Cartografia delle geostuoie, immagini fotografiche di un numero significativo di patch, registrazione della loro posizione e costruzione di una banca dati fenologici (propedeutico per i successivi monitoraggi)								---	---
a.comunicative	11	Registrazione delle diverse fasi dei lavori attraverso immagini foto/video finalizzate alla comunicazione dei media e stakeholder	---	---	---	---	---	---	---		
	12	Presentazione del lavoro svolto agli Enti Locali, Parchi e Aree marine protette, Capitanerie, Maestranze locali interessate, Scuole, Università, Enti ed Istituti di ricerca e controllo, Media ecc.. (a mezzo: comunicato stampa e/o convegno e/o tavola rotonda e/o documentario)									---

DESCRIZIONE DELLE FASI OPERATIVE DEGLI INTERVENTI DI ESPIANTO-TRAPIANTO

Mezzi e operatori

- **N°** 1 Coordinatore scientifico
- **N°** 1 Vice-coordinatore scientifico

Mezzi:

a) Imbarcazione idonea al trasporto delle stuoie, delle talee da piantumare e idonea all'assistenza della squadra operativa a bordo (2OTS e 2OSS); un assistente nautico; un assistente ausiliario, ROV.

b) Imbarcazione veloce d'appoggio.

c) Gommone veloce d'appoggio.

Operatori:

- N°5 OTS - Operatori Tecnici Subacquei di cui due laureati e con PhD in discipline scientifiche ovvero OTS laureati e specializzati in tematiche di scienze marine.

Tutti gli OTS dovranno essere regolarmente iscritti agli appositi registri dei sommozzatori dalle Capitanerie di Porto ed in possesso del Libretto di Ricognizione. Si richiede la specializzazione per operazioni della subacquea professionale in ambiti dove sia necessaria comprovata competenza per tutte quelle attività che comportino rischi e lunghe immersioni.

- N°10 OSS - Operatori scientifici subacquei muniti di opportuno brevetto di cui almeno 6 con comprovata esperienza sul monitoraggio di elementi biologici anche con l'utilizzo di strumentazione foto, video, ecc.; mappatura dei fondali; osservazione e misura di particolari situazioni ambientali; posizionamento e manutenzione di attrezzature specialistiche per studi mirati dell'ambiente marino; prelievi di campioni; valutazione specialistica dello stato marino.

- N° 10 Ricercatori, Dottorandi e/o Tirocinanti universitari che intendono partecipare al progetto preferibilmente muniti di opportuno brevetto per le immersioni subacquee.

- N° 2 Operai generici

- N° 1 Operatore Subacqueo esperto in riprese fotografiche e televisive sottomarine di comprovata esperienza e dotato delle attrezzature professionali necessarie al compimento del lavoro di documentazione.

Fasi operative

Fase 1 *– Acquartieramento*

L'area del molo ASI, messa a disposizione dall'Autorità Portuale e dedicata alle operazioni, verrà opportunamente delimitata con barriere mobili e segnalata da adeguata cartellonistica. In quest'area verrà posto un prefabbricato o container che dovrà servire come punto di collettamento del personale e sarà dotato di cucina da campo, frigorifero e servizi di comfort per le necessità primarie del personale; esso inoltre servirà da spogliatoio per i sub impegnati nelle operazioni. Attiguo a questa struttura sarà collocato un altro container o prefabbricato che fungerà da magazzino per raccogliere il materiale che non può stare all'aperto.

Saranno posti inoltre 2/3 bagni chimici dedicati al personale di terra impegnato nelle operazioni.

Figura 1- Molo ASI

L'area, scelta attigua al molo, permetterà di caricare e scaricare le talee di Posidonia nelle imbarcazioni. Permetterà inoltre il carico dei rotoli di geostuoie dopo la idonea lavorazione effettuata dagli operatori da collocarsi nell'area di reimpianto.

Sarà noleggiato un furgone per l'intero periodo dei lavori per tutte le necessità del caso.

***Fase 2**- Scelta di superfici più idonee all'interno dell'area destinata al trapianto*

All'avvio dei lavori, dopo aver illustrato alla Guardia Costiera di Porto Torres la tipologia delle attività da eseguire, l'estensione dell'area di studio preliminare e ottenuto i necessari permessi, un'imbarcazione con una squadra operativa a bordo costituita da OTS, OSS, un assistente nautico e un assistente ausiliario, si recherà presso l'area di posa nel sito di Abbacurrente scelto per il trapianto. A bordo dell'imbarcazione si troveranno inoltre ROV, picchetti, pedagni e boe. la squadra operativa segnalerà le aree di posa delle geostuoie. Sulla base di queste verranno dimensionate le geostuoie, la loro dimensione dipende infatti dal tipo di substrato e dalla pendenza. L'insieme delle microaree definirà un poligono che tramite un adeguato numero di boe di superficie poste ai limiti della piantumazione, ne demarcheranno l'area complessiva. Poiché la somma delle superfici dovrà essere non inferiore a 7000 m^2 è presumibile che tale area ammonti a circa 1,5/2 ha.

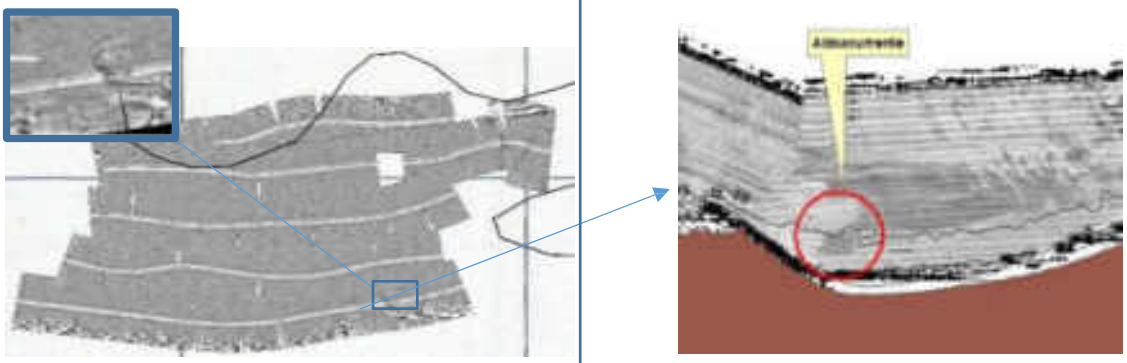


Figura 2 – Zona di Abbacurrente individuata come area di reimpianto (SSS). In alto a sx il particolare dell'area potenzialmente idonea al trapianto.

Fase 3 *- Delimitazione dell'area ricevente tramite posizionamento di boe (previa autorizzazione e ordinanza d'interdizione, transito ed ormeggio rilasciata dalla Capitaneria di Porto di Porto Torres)*

Alla fine della fase 2, la macroarea che conterrà le diverse superfici di reimpianto destinate alle geostuoie, costituirà un poligono che verrà aumentato con un buffer di almeno di 50 m per lato.

Figura 3 - Boa luminosa di posizionamento

In punti prestabiliti si posizioneranno delle boe luminose (vedi fig. 3) assicurate al fondale con adeguati pedagni e recanti una cartellonistica con l'elenco delle prescrizioni.

L'intero perimetro del campo di piantumazione verrà rielevato con GPS differenziale ad alta precisione, registrando la posizione geografica; il tutto sarà inserito nel GIS e nel data-base del progetto. I dati verranno quindi consegnati dall'Autorità Marittima che li inoltrerà alla Capitaneria di Porto Torres per l'emissione di un'ordinanza prescrittiva che vieti transito, sosta e attività di pesca per qualsiasi imbarcazione.

In questa occasione si organizzerà una riunione preliminare con La Guardia Costiera, i rappresentanti delle cooperative dei pescatori, del Comune di Porto Torres, dell'Arpas e dell'Ispra per illustrare le attività e le motivazioni che porteranno all'interdizione dell'area di trapianto a qualsiasi tipologia di attività.

Fase 4- *Preparazione a terra delle geostuoie delle dimensioni prestabilite (2ª 3ª e 4ª settimana*)

Figura 4 - Taglio delle stuoie a Santa Manza (Corsica) nell' estate 2021

Per il fissaggio delle talee al fondale si utilizzerà il geocomposito costituito da rete metallica a doppia torsione accoppiata in fase di produzione con bioreti naturali in cocco o agave (R.E.C.S.® Reinforced Erosion Control System- Cocco/Agave).

I rotoli R.E.C.S.® verranno divisi in porzioni di misura e numero adeguate alle superfici individuate nella fase 2. La dimensione sarà in relazione alla profondità del fondale, al tipo di substrato e alla sua pendenza. Dopo il taglio verranno riarrotolate e opportunamente siglate con indicazione della parcella di destinazione.

Fase 5 *– Stesura per file parallele dei teli di geostuoia sul fondale e loro fissaggio lungo i lati mediante picchetti in acciaio*

L'imbarcazione dotata del carico costituito dai rotoli di R.E.C.S.® si recherà nell'area di reimpianto e i sub regolarizzeranno il fondale di natura sabbiosa con allontanamento di eventuali manufatti, massi e quanto possa impedire la regolare posa della geostuoia; successivamente opereranno la posa della stuoia nell'appropriato tratto di fondale secondo le indicazioni del cartellino. L'imbarcazione calerà il rotolo R.E.C.S® opportunamente ancorato ad una cima e i sub lo srotoleranno nella sua parcella di destinazione, fissandolo man mano al substrato con i picchetti, in modo da impedirne il ritorno da riarrotolamento, data l'elasticità del materiale, assicurando quindi il sistema al substrato. Il fissaggio avverrà con picchetti costituiti da tondini di acciaio corrugato lunghi 120 cm e sezione del diametro di 1,4 cm precedentemente preparati.

Fase 6 *– Recupero delle talee da reimpiantare dall'area di Porto Torres, sorting e preparazione per il fissaggio delle talee idonee al trapianto.*

Figura 5 -Sorting nell'Isola d'Elba

L'imbarcazione, raggiunta l'area di espianto, si ancora e cala i sub preposti alla raccolta delle talee e contemporaneamente un cesto tramite un argano. I sub raccoglitori asportano le talee avendo cura di scegliere quelle che "a vista" si mostrino atte a sostenere il trapianto, pongono il raccolto nelle loro borse a rete rigida fino al totale riempimento e poi ripongono le stesse borse all'interno della cesta collegata all'imbarcazione. Dopo aver preso dalla cesta una nuova borsa a rete ripetono l'operazione.

Quando la cesta è colma, viene salpata e le borse in essa contenute svuotate all'interno dei tini posti a poppavia contenenti acqua di mare.

Quando la massima capacità di immagazzinamento viene raggiunta, l'imbarcazione salpa l'ancora e si reca presso il cantiere dove le talee vengono scaricate all'interno di tini colmi d'acqua di mare a ricambio continuo. La vicinanza tra le aree di espianto, quelle di trapianto e quella a terra, opportunamente individuata per la preparazione delle talee e la presenza di acqua di mare a ricambio continuo nei tini di stoccaggio, favorirà la sopravvivenza delle piante evitando sbalzi termici rilevanti. Successivamente gli operatori specializzati provvederanno al sorting ovvero a selezionare le talee in base alle caratteristiche fenologiche ottimali allo scopo, scartando le non idonee e separando i rizomi ove fosse necessario con l'uso di forbici da potatura.

Dopo aver processato tutto il raccolto, i rizomi progressivamente riposti nei tini di stoccaggio vengono collocati nell'imbarcazione anch'essa dotata di tini contenenti acqua di mare, che li trasporterà nell'area non lontana di reimpianto.

Fase 7 *– Messa a dimora delle talee di Posidonia oceanica per inserzione manuale all'interno delle maglie della stuoia.*

Quando l'imbarcazione raggiunge l'area di piantumazione, i sub preposti al reimpianto riempiono le loro borse a rete con i rizomi da trapiantare e procedono all'immersione sulle geostuoie di destinazione. Le attività di reimpianto avverranno in mare direttamente sulle geostuoie. La messa a dimora dei rizomi delle fanerogame marine avverrà con l'allargamento della maglia tramite un punzone per piantumazione di uso agricolo. Le talee verranno inserite direttamente nelle bioreti che, grazie alle loro caratteristiche di elasticità, trattengono le piante senza necessità di ulteriori strumenti di fissaggio. Se necessario, l'inserimento avverrà previo taglio di alcune maglie della stuoia. Per ogni m^2 si prevede di posizionare una patch di 20 talee di *Posidonia oceanica*. Ogni talea sarà costituita da un rizoma (plagiotropo o ortotropo) portante uno o più fasci fogliari.

Si prevede di modulare le attività in modo che la raccolta del rizoma e la sua piantumazione avvengano nella stessa giornata per limitare al massimo lo stress da trapianto.

Fase 8 *– Recupero delle talee da reimpiantare dall'area donatrice di Fiume Santo e preparazione per il fissaggio (solo se insufficienti quelle al punto 6 per il raggiungimento dell'obbiettivo di 7000 m^2 di piantumazione).*

Figura 6 - area donatrice di Fiume Santo

La scelta della prateria donatrice è stata effettuata sulla base dei seguenti criteri: qualità della prateria definita sulla base di parametri strutturali, fenologici e lepidocronologici; rapporto rizomi plagiotropi/ortotropi; distanza dal sito ricevente; profondità dei siti riceventi. La prateria donatrice viene così localizzata a Fiume Santo ad ovest dell'area portuale; in essa sono stati collocati i dissuasori antistrascico e si dispone di un'ampia documentazione sulla caratterizzazione del posidonieto.

Le attività di prelievo di talee nel sito donatore saranno eseguite secondo criteri di sostenibilità, riducendo al minimo l'impatto sulla popolazione naturale. La raccolta delle talee sarà infatti limitata preferibilmente alle piante che colonizzano i margini delle *intramatte* dove è più facile ritrovare rizomi plagiotropi ed in ogni caso ogni prelievo sarà adeguatamente distanziato l'uno dall'altro anche per enfatizzare la variabilità genetica delle plantule. Operativamente si intende raccogliere un numero di talee necessarie al raggiungimento dei 7000 m^2 di piantumazione qualora i rizomi provenienti da Porto Torres non risultassero sufficienti al raggiungimento dell'obbiettivo. Le modalità di reimpianto saranno quelle già indicate nel processo di riforestazione.

Fase 9 *– Redazione report attività svolte, cartografia delle geostuoie, immagini fotografiche di un numero significativo di patch, registrazione della loro posizione e costruzione di una banca dati fenologici (propedeutico per i successivi monitoraggi).*

Tutte le attività svolte verranno annotate giornalmente in un apposito registro, il quale conterrà i nominativi degli operatori impegnati, i mezzi nautici e l'obbiettivo raggiunto nella giornata di lavoro (n° geostuoie posate, raccolta plantule, posa di talee, ecc..).

L'intera area di piantumazione sarà cartografata rilevando i vertici di ciascuna unità-geostuoia e registrandone quindi la posizione in un sistema GIS in modo da costituire il mosaico dell'insieme complessivo.

Un operatore subacqueo specializzato provvederà a fotografare un numero significativo di patch annotando la posizione di ciascun fotogramma all'interno della unità-geostuoia ponendo un segnale di riconoscimento in prossimità della talea fotografata.

L'insieme del set di dati (immagini incluse) sarà inserito all'interno della banca dati fenologici opportunamente costruita a tale scopo (propedeutico per i successivi monitoraggi).

Fase 10 *–Registrazione delle diverse fasi dei lavori attraverso immagini foto/video finalizzate alla comunicazione dei media e stakeholder.*

Tutte le fasi del progetto saranno seguite da un operatore esperto in riprese fotografiche e televisive sia sottomarine sia a terra, di comprovata esperienza e dotato delle attrezzature professionali necessarie al compimento del lavoro di documentazione.

Le riprese subacquee dovranno rispondere all'esigenza di rappresentare, tramite la realizzazione di filmati a terra e subacquei, tutte le fasi operative del progetto di riforestazione marina.

Fase 11*- Presentazione del lavoro****.***

I destinatari sono raggruppati in relazione alle attività di comunicazione, diffusione e sensibilizzazione:

- *Amministrazioni pubbliche*: include gli interlocutori a livello locale e regionale che sono i principali destinatari per le misure di controllo. Essi saranno quindi ISPRA, MATTM,

Capitanerie di Porto, Università di Sassari, Università di Cagliari, Regione Sardegna, ARPAT, CNR, Unione Europea.

- *Esperti*: comprende tutti gli stakeholder che hanno conoscenze e interessi legati all'area di intervento e alle azioni previste nel suo ambito o che sono coinvolti a diverso titolo nei trapianti di *P. oceanica*. Tra questi le associazioni ambientaliste, i centri di ricerca, gli ordini professionali, il mondo accademico, gli sportelli turistici e i diving center che possono contribuire in modo significativo alla diffusione delle informazioni e degli obiettivi del progetto.
- *Soggetti economici*: comprende le imprese e le associazioni di categoria che operano nel territorio di interesse quindi operatori e imprese locali (albergatori, ristoratori, nautica, pesca, attività sportive, ecc.).
- *Popolazione*: ovvero tutte le persone non coinvolte in prima persona nelle attività di progetto o senza un interesse diretto ai risultati, ma che comunque contribuiranno a mitigare gli impatti e a ridurre i rischi mettendo in atto comportamenti virtuosi e attenti nella fruizione del territorio**:** cittadinanza, turisti, studenti di scuole primarie e secondarie di primo grado.
- *Media:* giornali, tv, radio Web, social networks. Essi giocano un ruolo strategico e importante per la diffusione degli obiettivi del progetto, in quanto possono amplificare le comunicazioni dando risalto e risonanza alle azioni previste.
- *Mondo scolastico*: gli studenti costituiscono infatti i fruitori/operatori del futuro e, se opportunamente formati, educati e sensibilizzati sul tema, permetteranno una radicazione di buone pratiche.

Gli obiettivi della comunicazione mirano a incrementare le conoscenze dei target sull'importanza delle praterie di *P.oceanica* e incrementare le conoscenze sul fenomeno dei trapianti aumentando la consapevolezza dei principali target rispetto alla tematica ambientale e promuovere un approccio integrato sulle tematiche in oggetto. Si vuole così incidere sull'atteggiamento dei fruitori del mare incentivando comportamenti responsabili e sostenibili aumentando la consapevolezza degli amministratori rispetto all'importanza di un'efficiente pianificazione e dei controlli ambientali. Per raggiungere gli obiettivi sono stati presi in considerazione i seguenti strumenti ed attività: articoli su riviste, web e mezzi d'informazione, social media, eventi territoriali, incontri di sensibilizzazione dei target e video clips.

CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ PER LA REALIZZAZIONE DEL MONITORAGGIO

		1°anno			2° anno		3° anno		4° anno		5° anno	
		1°q.	2	3	1°s.	2	1°	2	1°	2	1°	2
	Obbiettivo: Monitoraggio del trapianto di Posidonia a Abbacurrente (superficie di 7000 m^2), Fiume Santo e P.ta Tramontana	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12
1	Ricognizione video/fotografica completa delle aree di trapianto;	----------										
2	Conta delle patches presenti su ciascuna stuoia (stima di copertura);	----------										
3	Su una superficie pari al 25% dell'intero impianto per ogni patch: conta del numero delle talee presenti e dei fasci e stato di vitalità delle piante; *	-		-		-		-		-		-
4	Su un fascio scelto in modo casuale per patch: misura della lunghezza/larghezza della foglia più lunga; determinazione dello stato degli apici; misura del tessuto bruno; ricoprimento epifita, controllo della formazione di nuovi fasci e sviluppo di radici, stima dell'attività di grazing;	-		-		-		-		-		-
5	Determinazione del tasso di sedimentazione in 5 trappole di sedimento per area; permanenza di 10 giorni;	----------										
6	Determinazione della qualità e quantità del sedimento (analisi lab. campioni del punto 5);	-		----------								
7	Misurazione della percentuale di patches ancora in situ, del tasso di sopravvivenza delle talee e della densità media dei fasci per patch;	-		-		-		-		-		-
8	Stima della densità dei fasci e misure fenologiche in situ della prateria naturale più vicina alle aree di reimpianto (12 m^2);	-		-		-		-		-		-
9	Valutazione delle fallanze e stima delle talee necessarie per il ripristino delle condizioni di partenza **	-		-		-		-		-		-
10	Raccolta delle talee dalla prateria donatrice e reimpianto nelle stuoie con fallanze**		-		-		-		-		-	
11	Immagini fotografiche di un numero significativo di patch e registrazione nella banca dati insieme ai dati fenologici	----------										
12	Registrazione delle diverse fasi dei lavori attraverso immagini fotografiche e video finalizzate alla comunicazione, ai media e stakeholder	----------										
13	Presentazione delle attività svolte e della progressione del reimpianto agli Enti Locali, Parchi e Aree marine protette, Capitanerie, Maestranze locali interessate, Scuole, Università, Enti di ricerca e controllo, media ecc... (a mezzo: comunicato stampa e/o convegno e/o tavola rotonda e/o documentario)			-				-				-

*Su tutta la superficie nei siti P.ta Tramontana e Fiume Santo
** Solo nel sito di Abbacurrente.

DESCRIZIONE DELLE FASI OPERTIVE DEGLI INTERVENTI DI MONITORAGGIO

Mezzi e operatori

- **N°** 1 Coordinatore scientifico
- **N°** 1 Vice-coordinatore scientifico

Mezzi:

a) **Imbarcazione** uso conto proprio idonea all'assistenza della squadra operativa (1OTS e 2OSS v. seguito); un assistente nautico; un assistente ausiliario, ROV.

b) **2 Imbarcazioni** veloci d'appoggio

Operatori:

- **N°2** Squadre operative (1 OTS + 2 OSS a bordo) costituite a rotazione dal personale:

- N° 2 OTS - Operatori Tecnici Subacquei laureati e con PhD in discipline scientifiche (ovvero OTS laureati e specializzati in tematiche di scienze marine).
Gli OTS dovranno essere regolarmente iscritti agli appositi registri dei sommozzatori dalle Capitanerie di Porto ed in possesso del Libretto di Ricognizione. Si richiede la specializzazione per operazioni della subacquea professionale in ambiti dove sia necessaria comprovata competenza per tutte quelle attività che comportino rischi e lunghe immersioni

- N°4 OSS - Operatori scientifici subacquei muniti di opportuno brevetto di comprovata esperienza sul monitoraggio di elementi biologici anche con l'utilizzo di strumentazione foto, video, ecc; mappatura dei fondali; osservazione e misura di particolari situazioni ambientali; posizionamento e manutenzione di attrezzature specialistiche per studi mirati dell'ambiente marino; prelievi di campioni; valutazione specialistica dello stato marino.

- N° 10 Ricercatori, Dottorandi e/o Tirocinanti universitari che intendono partecipare al progetto preferibilmente muniti di opportuno brevetto per le immersioni subacquee.

- N° 1 Operatore Subacqueo esperto in riprese fotografiche e televisive sottomarine di comprovata esperienza e dotato delle attrezzature professionali necessarie al compimento del lavoro di documentazione.

Monitoraggio del trapianto di Posidonia ad Abbacurrente (superficie di 7000 m^2), Fiume Santo e P.ta Tramontana *(per le cadenze delle diverse fasi v. cronoprogramma)*

Fase 1 - *Ricognizione video/fotografica completa delle aree di trapianto*

Ogni geostuoia sarà registrata per la sua completa lunghezza con un passaggio ROV ad una quota minima che consenta la ripresa dell'intera larghezza.

Il materiale registrato, opportunamente classificato, sarà inserito all'interno del data-base del sistema di catalogazione dei dati del progetto.

Fase 2 - *Conta delle patches presenti su ciascuna stuoia (stima di copertura).*

I monitoraggi post-operam consisteranno nel rilievo dei descrittori strutturali. In particolare, si rileverà il numero delle patches presenti su ciascuna stuoia e il ricoprimento dell'area colonizzata dalle talee ovvero l'area totale in percentuale colonizzata dalle plantule d'impianto.

Fase 3 e 4 – *Descrittori funzionali delle aree di trapianto.*

Su una superficie pari al 25% dell'intero impianto, per ogni patch si effettuerà la conta del numero delle talee presenti e dei fasci e si valuterà lo stato di vitalità delle piante.

Su un fascio scelto in modo casuale per patch si effettuerà la misura della lunghezza/larghezza della foglia più lunga e la misura del tessuto bruno finalizzata al calcolo della superficie fogliare media per ciuffo (cm^2 $ciuffo^{-1}$): per ogni ciuffo si calcolano le superfici dei lembi quindi i valori ottenuti si sommano per avere la superfice totale del fascio e infine si mediano per il numero di ciuffi campionati. Allo stesso modo si calcolano le superfici medie del tessuto verde e del tessuto bruno. La determinazione dello stato degli apici avverrà tramite il Coefficiente "A"

definito come percentuale di foglie adulte ed intermedie che hanno gli apici spezzati; esso si calcola dividendo il numero totale di foglie adulte e intermedie con apici rotti per il numero totale delle foglie osservate. Il valore del coefficiente "A" è spesso il risultato di più fattori quali l'idrodinamismo, l'età delle foglie e il livello di presenza di erbivori. La stima dell'attività di grazing deriva dalle caratteristiche delle tracce ("bite marks") presenti sull'apice dei lembi fogliari: è possibile, infatti, riconoscere alcuni erbivori responsabili della rottura e distinguere il danno biologico da quello meccanico.

Il ricoprimento epifita richiede un campionamento finalizzato allo studio delle alghe e animali di diverse classi e dei perforatori delle scaglie ("borers") rappresentati da alcuni isopodi e policheti. Si sceglierà uno studio di tipo conservativo e non distruttivo.

Sulla superficie di controllo si annoterà la formazione di nuovi fasci e sviluppo di radici calcolandone la percentuale di sopravvivenza.

Tutti i dati saranno inseriti all'interno del data-base del sistema di catalogazione del progetto.

Fase 5 e 6– *Determinazione del tasso di sedimentazione e determinazione della qualità e quantità del materiale sedimentato.*

Il flusso di materiale particellato nelle acque marine costiere è legato principalmente ad apporti terrigeni e può essere influenzato dalle attività antropiche che, storicamente, hanno contribuito ad aumentare l'erosione delle coste, alterando il trasporto del sedimento sospeso. Il tasso di sedimentazione è aumentato in molte aree costiere divenendo una seria minaccia per le comunità bentoniche. L'idrodinamismo, inoltre, può risospendere il sedimento depositato aumentando la torbidità delle acque e conseguentemente limitando la produzione primaria da parte delle alghe e delle fanerogame. Gli effetti del sedimento sui popolamenti bentonici sono stati studiati in aree costiere superficiali, riscontrando ad una eccessiva sedimentazione, un decremento della biodiversità e una dominanza di specie opportunistiche.

Al fine di monitorare la sedimentazione nell'area di piantumazione, saranno collocate 5 trappole di sedimento distribuite uniformemente nell'area di reimpianto, con permanenza di 10 giorni.

Ogni trappola è costituita da cilindri di plexiglass trasparente agganciati al dispositivo di ancoraggio e appesantiti nella parte inferiore per aumentarne la stabilità verticale.

Il materiale depositato nei cilindri verrà raccolto, classificato e pesato per valutare del tasso di sedimentazione.

Fase 7 *- Stima della percentuale di patches ancora in situ, del tasso di sopravvivenza delle talee e della densità media dei fasci per patch.*

Secondo la cadenza indicata nel cronoprogramma, verrà eseguita una ricognizione lungo tutte le geostuoie determinando la percentuale di patches presenti che determina il tasso di sopravvivenza delle talee. Attraverso la conta dei fasci si determinerà la densità media dei fasci per patch.

Fase 8 - *Stima della densità dei fasci e misure fenologiche in situ della prateria naturale più vicina alle aree di reimpianto.*

Nel posidonieto più vicino all'area di reimpianto si valuteranno su 12 m^2 una serie di descrittori strutturali come densità dei fasci fogliari e copertura percentuale; inoltre saranno valutati i descrittori funzionali, fenologia, produzione di biomassa fogliare e dei rizomi.

Fase 9 e 10 - *Valutazione delle fallanze e stima delle talee necessarie per il ripristino delle condizioni di partenza. Raccolta delle talee dalla prateria donatrice e reimpianto nelle stuoie con fallanze.*

Secondo la cadenza indicata nel cronoprogramma, verrà eseguita una ricognizione lungo tutte le geostuoie. Qualora si manifesti una fallanza, si posizionerà un natello da pesca legandolo alla maglia prossimale alla fallanza stessa, con una sagola di lunghezza tale da rendere ben visibile la posizione. Alla fine dell'ispezione si farà una stima delle plantule non attecchite che determinerà il numero dei prelievi dalla prateria donatrice. L'attività di prelievo di talee nel sito donatore sarà eseguita secondo criteri di sostenibilità, riducendo al minimo l'impatto sulla popolazione naturale. La raccolta delle talee sarà infatti limitata alle piante che colonizzano i margini dei gradini di erosione delle *matte* ed in ogni caso ogni prelievo sarà adeguatamente distanziato l'uno dall'altro anche per enfatizzare la variabilità genetica delle plantule. Le modalità di reimpianto sono già indicate nel processo di riforestazione. Tale operazione sarà svolta una volta, ogni anno di monitoraggio, nel periodo autunnale ritenuto il più favorevole.

Fasi 11, 12 e 13- *Le fasi elencate seguono le stesse indicazioni riportate nel cronoprogramma del trapianto (v. sopra).*

Conclusioni

Si è consapevoli che l'operazione di reimpianto costituisce un successo se sia il tasso di sopravvivenza delle talee trapiantate sia la vitalità dei rizomi, in termini di allungamento e divisione dei fasci, sono maggiori del 50%. Tale valore è spesso preso come riferimento (valore soglia) per la valutazione del buon esito dei trapianti condotti nell'ambito delle prescrizioni riportate nei decreti VIA, relativi alla realizzazione di opere costiere che individuano il trapianto come misura compensativa degli impatti di tali opere. Riteniamo pertanto che, alla conclusione del ciclo quinquennale di monitoraggio, possa ritenersi meta vincente il conseguimento di questa soglia modulando la sostituzione delle fallanze secondo modalità che permettano il raggiungimento di tale obbiettivo. Si prevede infine la posa di un numero adeguato di dissuasori anti-strascico come misura di prevenzione per pesca a strascico, illegale all'interno del Golfo dell'Asinara al disotto della batimetrica dei 50 m, che spesso viene praticata nel Golfo.

ALLEGATO 5

Progetto relativo al campionamento della fauna ittica associata a strutture artificiali presso il Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta "Isola dell'Asinara"

Responsabile: Dr. Paolo Guidetti, Stazione Zoologica A. Dohrn – Genoa Marine Centre, Istituto Nazionale di Biologia, Ecologia e Biotecnologie Marine (Sede Centrale, Villa Comunale, 80121 Napoli; Gruppo di Lavoro sulla Conservazione della Biodiversità Marina e Sostenibilità, c/o Consiglio Nazionale delle Ricerche, IAS, Via de Marini 6, 16149, Genova)

Contesto e finalità

I piani di campionamento presentati qui di seguito sono finalizzati a valutare la fauna ittica associata al posizionamento di due tipologie di moduli artificiali su fondali tra i 18 ed i 22 m in un'area costiera situata all'interno dell'Area Marina Protetta "Isola dell'Asinara". Una prima tipologia di moduli artificiali (moduli tipo 1, "tripodi-esapodi", in numero di 15) è rappresentata da tripodi-esapodi in cemento armato del diametro approssimativo di 5 m. La struttura dei moduli della seconda tipologia (moduli tipo 2 "risorse&biodiversità", in numero di 15) è rappresentata da moduli che simulano diverse tipologie di rifugio per specie marine costiere, incluse quelle di interesse per la piccola pesca locale.
I moduli di tipo 1 saranno posizionati sul fondale come unità individuali a formare una sorta di cerchio a protezione dei moduli di tipo 2 che saranno posizionati all'interno. I moduli di tipo 1 e tipo 2 saranno collocati ad una distanza variabile tra 70 e 120 m uno dall'altro. Al di là della distanza che dovrebbe rimanere la stessa, i moduli di tipo 2 sono strutture completamente diverse dai tripodi-esapodi e hanno la finalità di aumentarne la tridimensionalità e la rugosità del substrato duro artificiale.
Il campionamento proposto è finalizzato a valutare gli effetti dell'introduzione di moduli di entrambe le tipologie di strutture artificiali sulla fauna ittica, in termini di: *i*) cambiamento della struttura dei popolamenti ittici; *ii*) eventuale aumento delle specie di interesse alieutico; *iii*) cambiamento della componente sedimentaria della qualità e quantità della materia organica dovuto alle deiezioni e residui alimentari di pesci, con conseguenti effetti sulla fauna ad invertebrati associata e sulla rete trofica.

Attività di monitoraggio tramite 'visual census' della fauna ittica

Date le dimensioni contenute dei moduli (max 5 m di diametro) ed il contesto di AMP, la tecnica raccomandata per il campionamento della fauna ittica (e di fatto utilizzata durante le due compagne *before* effettuate nel 2019) è rappresentata da una combinazione di metodi quantitativi di censimento

visivo, il transetto breve e il punto fisso. Tale combinazione è stata messa a punto per il campionamento di strutture artificiali a forma piramidale e rientra in un approccio standard accettato a livello internazionale (Fig. 2). In breve si tratta di eseguire un punto fisso sulla sommità della struttura (che corrisponde anche al suo centro) ed un transetto breve intorno alla sua base. Le dimensioni del punto fisso e del transetto saranno adattate in funzione della dimensione e tipologia specifica dei moduli che saranno posizionati sui fondali oggetto dello studio.

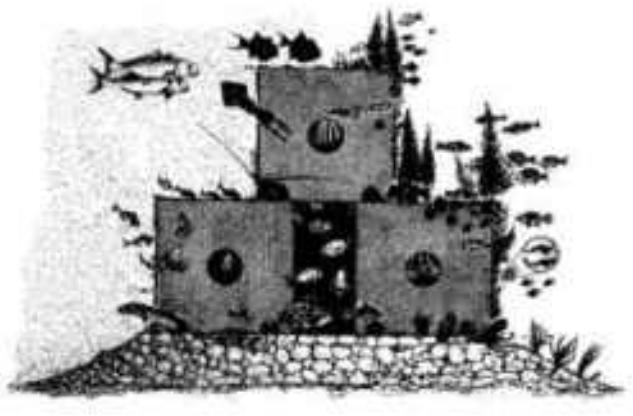


Fig. 1 – Esempio di struttura artificiale a forma piramidale.

L'introduzione dei moduli artificiali rappresenta un termine di cambiamento rispetto alla condizione di substrato naturale preesistente. Questa constatazione ha indotto a suggerire l'applicazione di un disegno sperimentale di tipo *BACI* (*Before-After Control-Impact*), che implica la necessità di una replicazione spaziale e temporale al fine di stimare al meglio i cambiamenti indotti dall'introduzione delle strutture artificiali in un ambiente naturale preesistente.

Essendo già individuata con precisione l'area e i punti in cui saranno posizionati i moduli ed avendo identificato la tipologia dei fondali sul quale verranno posizionati, è stata eseguita, prima del posizionamento effettivo (fase *before*), una prima fase di caratterizzazione della fauna ittica locale. Ciò è stato fatto in occasione di due campagne condotte, rispettivamente, in maggio e ottobre 2019 i cui risultati sono stati oggetto di specifico *report.* Questa fase *before* ha permesso di avere un termine di riferimento che sarà utilissimo per valutare i cambiamenti che avranno luogo a seguito dell'introduzione dei moduli artificiali. Una volta installati i moduli comincerà la fase *after*, che consisterà nell'esecuzione di una campagna di campionamento all'anno per 5 anni. Durante la fase *after* si provvederà all'esecuzione di censimenti visuali sia in corrispondenza dei moduli artificiali (sia quelli di tipo 1, sia quelli di tipo 2), sia in siti di controllo, quindi su substrati naturali posti ad almeno 50 m dalle strutture artificiali.

Nel complesso un piano di campionamento come quello qui prospettato include quindi 7 campagne di campionamento (di cui due *before* sono già state eseguite).

A livello della replicazione (numero di censimenti visuali, ognuno dei quali composto da un punto fisso ed un transetto breve) da effettuarsi in occasione di ogni campagna si propone quanto segue:

1 – per ognuna delle due campagne *before* sono stati effettuati i censimenti presso un totale di 14 siti dove verranno posizionati i moduli di tipo 1 e di tipo 2, più altrettanti censimenti da farsi al fine di mantenere stabile il numero totale di repliche per campagna rispetto al campionamento *after* (vedi di seguito). Ciò ha implicato l'esecuzione di 28+28=56 censimenti complessivi in occasione delle due campagne *before* condotte nel 2019;
2 – per ognuna della 5 campagne *after* si propone di effettuare i censimenti presso 7 moduli di tipo 1 e 7 moduli di tipo 2, più altrettanti controlli. Ciò implica un numero di 28 censimenti per campagna annuale ed un totale di 140 censimenti nel corso dei 5 anni.
Considerando entrambe le fasi *before* e *after* nell'arco dello studio complessivo, è previsto un totale di 196 repliche da effettuarsi in 7 campagne.

Analisi delle immagini ROV fornite dall'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna

La valutazione della biodiversità ittica si avvarrà anche dell'analisi di filmati ed immagini ottenuti attraverso l'uso del ROV e fornite dall'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna.

Attività di monitoraggio tramite 'pesca sperimentale'

Classicamente il monitoraggio del pescato relativo alla piccola pesca costiera viene effettuato con reti da posta e viene eseguito dividendo il pescato per specie, pesandolo per specie e, talvolta, misurando la taglia degli esemplari pescati, in particolar modo per alcune specie *target* importanti, come la triglia di scoglio, lo scorfano rosso e il polpo. Questa modalità di raccolta dati implica, soprattutto per quel che concerne la misura delle taglie individuali, tempi piuttosto lunghi di lavoro sulla barca o in banchina (cosa poco gradita dai pescatori, data la loro effettiva necessità di commercializzare rapidamente il pescato).
Al fine di ridurre al minimo il tempo di campionamento sul campo e la manipolazione del pescato, nel presente progetto si propone di raccogliere i dati utilizzando una metodologia di campionamento fotografico, messa a punto e standardizzata nell'ambito di un recente progetto europeo (MED FishMPABlue2; https://fishmpablue-2.interreg-med.eu/). Secondo tale metodologia, l'operatore tecnico-scientifico posiziona gli esemplari pescati su una superficie piana (ad esempio su un tavolo o, se possibile, nella stessa cassetta del pesce così da minimizzare la manipolazione) e fa una o più fotografie raccogliendo in questo modo le immagini dell'intero pescato. È importante che le foto vengano prese dall'alto verso il basso. Ogni foto va eseguita posizionando un righello (quale riferimento di lunghezza) sullo stesso piano dei pesci, il quale deve essere visibile in ogni immagine (in caso contrario la foto non può essere trattata). Anche gli organismi ascrivibili al cosiddetto "scarto

di pesca" devono essere fotografati nella medesima maniera. Tutti gli individui devono essere chiaramente identificabili e visibili interamente (dalla punta del muso alla coda, in caso contrario la foto non può essere trattata). La parte dorsale del pesce deve essere chiaramente visibile perché spesso è essenziale per il riconoscimento (presenza di macchie, strie, etc.). Le immagini devono, infine, contenere un identificativo univoco dell'operazione di pesca (ad esempio un piccolo pezzo di carta con un codice identificativo ad indicare la data, il rilevatore, etc.; in caso contrario la foto non può essere trattata). Ciò consentirà, a posteriori, di classificare le specie e stimare la lunghezza e il peso di ciascun esemplare in laboratorio, utilizzando un *software* di analisi di immagine (ad esempio *ImageJ*) e, nel complesso, di valutare la composizione e il peso del pescato ottenuto in ogni singola operazione di pesca. Il calcolo del peso a partire dalla taglia stimata con lo strumento di analisi di immagine si basa sull'uso di relazioni statistiche taglia/peso disponibili in letteratura (e.g., *Fishbase.org*).

Ogni operazione di pesca sarà classificata (es., nome rilevatore, nome pescatore, nome barca, caratteristiche dell'imbarcazione e dell'attrezzo da pesca, orari di cala) sulla base di una scheda appositamente messa a punto.

La raccolta di dati effettuata in tale maniera consentirà di calcolare:

1) le catture totali per ogni operazione di pesca;
2) le CPUE (*catch per unit effort*) totali per ogni operazione di pesca;
3) le catture e CPUE per singole specie, soprattutto per le specie *target* più rilevanti;
4) le distribuzioni di taglia per le specie principali;
5) lo scarto di pesca (*by-catch*);
5) le percentuali di cattura di esemplari sotto-taglia (relativamente alle specie per cui esiste una regolamentazione delle taglie minime di cattura).

Il disegno di campionamento prevede il coinvolgimento di due pescatori locali tra quelli autorizzati ad operare all'interno dell'AMP e l'esecuzione di un numero pari a 4 pescate con rete fissa (caratteristiche da definire dopo un incontro preliminare coi pescatori) per campagna: 2 pescate saranno effettuate entro o intorno al perimetro che ospita le strutture artificiali e 2 al di fuori, ad una distanza di almeno 500 m. Il monitoraggio prevede un numero totale di 40 pescate, 20 dentro il perimetro suddetto e 20 fuori. Le pescate sperimentali inizieranno non appena i moduli artificiali saranno posizionati. Ciò corrisponderà all'applicazione di un disegno sperimentale di tipo *ACI* (*After Control-Impact*), che implica una replicazione spaziale e temporale finalizzata a stimare i cambiamenti indotti dall'introduzione delle strutture artificiali in un ambiente naturale preesistente partendo da un punto 'zero'.

L'esecuzione di tale raccolta dati sarà preceduta dalla somministrazione di un questionario per la raccolta di informazioni generali sulle attività di pesca tra cui le caratteristiche del pescatore, dell'imbarcazione, degli attrezzi da pesca, della stagionalità e loro percezioni.

Attività di monitoraggio del sedimento (invertebrati viventi nel sedimento o infauna e materia organica)

L'attività di monitoraggio della fauna ittica prevista nelle due azioni precedenti (visual census e pesca sperimentale) sarà completata dall'analisi dei sedimenti presenti presso le strutture artificiali e in siti di controllo. La presenza di strutture artificiali su un substrato sabbioso o vegetato può innescare un cambiamento nella dinamica della circolazione dell'acqua a piccola scala intorno alle medesime strutture, inducendo per esempio un aumento nella deposizione di sedimento a granulometria fine intorno alle strutture stesse. Dal punto di vista ecologico questo può avere un impatto su alcune specie della fauna ittica che si nutrono di detrito organico o di organismi invertebrati (crostacei, molluschi, policheti) presenti nei sedimenti. Inoltre, l'attrazione della fauna ittica da parte delle strutture artificiali può causare un arricchimento organico del sedimento intorno alle strutture tramite le deiezioni prodotte dai pesci stessi e i loro residui alimentari (*sloppy feeding*). Questo potrebbe aumentare la disponibilità di sostanza organica nei sedimenti e stimolare cambiamenti nel popolamento bentonico di invertebrati. Si innescherebbe così un possibile *feedback* positivo tra pesci e nuovi substrati non solo in termini di attrazione, ma anche in termini di nuove risorse alimentari, sotto forma sia di prede-invertebrati associati al sedimento, sia di materia organica particellata. L'importanza di questa parte del monitoraggio risiede, dunque, nel fatto che queste analisi possono permettere di comprendere meglio la dinamica di una possibile concentrazione della fauna ittica in prossimità delle strutture artificiali.
Il disegno di campionamento prevede la raccolta di carote di sedimento di un diametro di 10 cm per campionare la macro-infauna e di carote più piccole (2 cm di diametro) per campionare il sedimento superficiale e profondo e comprenderne le variazioni in materia organica. Una volta raccolte, le carote di macrofauna sono setacciate con un setaccio a maglia fine (0.5 mm) e poi gli organismi smistati (*sorting*), identificati tassonomicamente e contati. Le carote di sedimento, invece, sono analizzate per la porosità (contenuto in acqua come *proxy* meno costosa per la granulometria) e per la materia organica totale tramite combustione a 450 C per 6 ore. Il *sorting* e la classificazione della fauna associata, insieme alle analisi della componente organica del sedimento, saranno effettuati successivamente in laboratorio. Data la mole di lavoro necessaria in laboratorio, proponiamo una sola campagna per ognuno dei 5 anni di campionamento, presso 6 siti in cui sono presenti le strutture artificiali (considerandone 3 di tipo 1 e 3 di tipo 2) ed altrettanti di controllo (posti ad almeno 50 m dalle strutture artificiali). Presso ognuno dei 12 siti complessivi di campionamento verranno prelevate tre carote e tre siringhe di sedimento, per un totale di 36 carote per la macrofauna e 36 carote per il sedimento per campagna (i.e., 180 carote nei 5 anni di monitoraggio previsti). La raccolta di campioni di sedimento inizierà non appena i moduli artificiali saranno posizionati. Ciò corrisponderà all'applicazione di un disegno sperimentale di tipo *ACI* (*After Control-Impact*), che implica una

replicazione spaziale e temporale finalizzata a stimare i cambiamenti indotti dall'introduzione delle strutture artificiali in un ambiente naturale preesistente partendo da un punto 'zero'.

Il RUP
Il Dirigente della DTN
Ing. Alessandro Meloni

Allegato I

Dirigente: Alessandro Meloni

Da: paolo.guidetti@szn.it
Inviato: mercoledì 16 febbraio 2022 16:39
A: Alessandro Meloni
Cc: Mario De Luca; VITTORIO GAZALE
Oggetto: Re: R: R: R: R: chiarimento necessario campo moduli asinara

Perfetto,

a martedi alle ore 10.

Saluti
Paolo Guidetti

Il 2022-02-16 13:38 Alessandro Meloni ha scritto:
> Buongiorno allora convoco la videoconferenza per le ore 10 di martedì.
>
> Ing. Alessandro Meloni
>
> Ing. Alessandro Meloni – Dirigente Direzione Tecnica Nord
>
> Sede Legale: Molo Dogana - 09123 Cagliari – Tel +39 070 679531
>
> Sede territoriale Olbia-viale Isola Bianca snc- 07026 Olbia - Tel +39
> 0789 204179
>
> info@adsspmaredisardegna.it
>
> wwwadspmaredisardegna.it
>
> adsp@pec.adspmaredisardegna.it
>
> Da: Mario De Luca <delucamario16@gmail.com>
> Inviato: mercoledì 16 febbraio 2022 13:34
> A: Paolo Guidetti <paolo.guidetti@szn.it>
> Cc: VITTORIO GAZALE <GAZALE@asinara.org>; Alessandro Meloni
> <meloni@adspmaredisardegna.it>
> Oggetto: Re: R: R: R: chiarimento necessario campo moduli asinara
>
> Buongiorno a tutti,
>
> Nessun problema per martedi
>
> Il mer 16 feb 2022, 13:22 <paolo.guidetti@szn.it> ha scritto:
>
>> Buondì,
>>
>> martedi 22 febbraio mattina per me va bene, il pomeriggio anche ma a
>>
>> partire dalle 15h30.
>>
>> Saluti,

>> Paolo
>>
>> Il 2022-02-16 13:05 VITTORIO GAZALE ha scritto:
>>> Buongiorno,
>>> lunedì purtroppo ho già la giornata impegnata. Possiamo fare
>> martedì
>>> mattina o pomeriggio?
>>>
>>>
>>>
>>>
>>> -----Messaggio originale-----
>>> Da: Alessandro Meloni [mailto:meloni@adspmaredisardegna.it]
>>> Inviato: mercoledì 16 febbraio 2022 12:47
>>> A: paolo.guidetti@szn.it; VITTORIO GAZALE
>>> Cc: delucamario16@gmail.com
>>> Oggetto: R: R: R: chiarimento necessario campo moduli asinara
>>>
>>> Buongiorno, se per voi va bene convoco la videoconferenza alle
>>> ore10:00 di lunedì prossimo.
>>> Ing. Alessandro Meloni
>>>
>>>
>>>
>>>
>>> Ing. Alessandro Meloni – Dirigente Direzione Tecnica Nord Sede
>>> Legale: Molo Dogana - 09123 Cagliari – Tel +39 070 679531 Sede
>>> territoriale Olbia-viale Isola Bianca snc- 07026 Olbia - Tel
>> +39
>>> 0789 204179
>>> info@adsspmaredisardegna.it
>>> wwwadspmaredisardegna.it [1]
>>> adsp@pec.adspmaredisardegna.it
>>>
>>> -----Messaggio originale-----
>>> Da: paolo.guidetti@szn.it <paolo.guidetti@szn.it>
>>> Inviato: martedì 15 febbraio 2022 15:00
>>> A: VITTORIO GAZALE <GAZALE@asinara.org>
>>> Cc: Alessandro Meloni <meloni@adspmaredisardegna.it>;
>>> delucamario16@gmail.com
>>> Oggetto: Re: R: R: chiarimento necessario campo moduli asinara
>>>
>>> Cari tutti,
>>>
>>> benissimo, quali sono le vs disponibilità per la settimana
>> prossima?
>>>
>>> Vi informo che ho sentito oggi l'ing. Dini della D-shape, il quale
>> ha
>>> già concordato con la ditta Sales la parte relativa al budget e
>> le
>>> questioni tecniche legate alla posa di moduli x
>> risorse/biodiversità
>>> (tipo 2). Grazie Ing Meloni per aver dato i contatti di Dini alla
>>> Sales, così hanno risolto tra loro i punti di cui sopra.
>>>

>>> Sulla base degli elementi avuti ho fatto all Ing Dini una proposta
>> di
>>> composizione di moduli che vorrei brevemente presentarvi in
>> occasione
>>> del nostro meeting.
>>>
>>> Saluti,
>>> Paolo Guidetti
>>>
>>>
>>>
>>>
>>> Il 2022-02-14 13:04 VITTORIO GAZALE ha scritto:
>>>> Ciao Paolo, buongiorno Ing. Meloni, credo che la cosa migliore sia
>>>> organizzare un piccolo incontro
>> anche a
>>>> distanza per chiarire e concordare tutta l'attività progettuale.
>> Per
>>>> me andrebbe meglio la prossima settimana.
>>>> Grazie mille
>>>>
>>>>
>>>>
>>>>
>>>>
>>>> -----Messaggio originale-----
>>>> Da: paolo.guidetti@szn.it [mailto:paolo.guidetti@szn.it]
>>>> Inviato: lunedì 14 febbraio 2022 11:57
>>>> A: Alessandro Meloni
>>>> Cc: gazale@asinara.org; delucamario16@gmail.com
>>>> Oggetto: Re: R: chiarimento necessario campo moduli asinara
>>>>
>>>> Caro Vittorio (e cari tutti),
>>>>
>>>> ho appena chiarito alcuni punti tecnici sulle piramidi a cubi con
>>>> l'Ing Meloni. Meglio lasciar da parte queste soluzioni.
>>>>
>>>> Ritorniamo sul punto iniziale.
>>>>
>>>> La proposta originale consisteva nel posizionamento di:
>>>>
>>>> A) moduli tipo 1, cioé tripodi/tetrapodi antistrascico in numero
>> di 30
>>>> (prodotti sa Sales);
>>>> B) moduli di tipo 2, cioé elementi finalizzati al supporto alla
>>>> biodiversità, alle risorse e alla frequenzazione sub, in numero
>> di 20
>>>> (prodotti da D-shape sotto la mia supervisione; se ben ricordo
>> sarà
>>>> Sales a commissionarli a D-shape).
>>>>
>>>> Vittorio, l'Ing Meloni attende conferma su questo schema per
>> poter
>>>> procedere.
>>>>
>>>> Vi chiederei nuovamente disponibilità a parlare tutti insieme

>> per
>>>> fugare ogni dubbio.
>>>>
>>>> Saluti,
>>>>
>>>> Paolo
>>>>
>>>>
>>>>
>>>> Il 2022-02-11 13:23 Alessandro Meloni ha scritto:
>>>>> Buongiorno Paolo, penso che i moduli di tipo 2, se il Dr Gazale
>> è
>>>>> d'accordo, potrebbero essere utilizzati come dissuasori
>>>>> antistrascico, allego un interessante progetto relativo a misure
>> di
>>>>> compensazione per il gasdotto in Adriatico relativo a posa
>>>>> dissuasori e barriere artificiali sommerse per ricolonizzazione
>>>>> ittica.
>>>>> Ing. Alessandro Meloni
>>>>>
>>>>>
>>>>> Ing. Alessandro Meloni – Dirigente Direzione Tecnica Nord Sede
>>>>> Legale: Molo Dogana - 09123 Cagliari – Tel +39 070 679531 Sede
>>>>> territoriale Olbia-viale Isola Bianca snc- 07026 Olbia - Tel +39
>>>>> 0789 204179
>>>>> info@adsspmaredisardegna.it
>>>>> wwwadspmaredisardegna.it [1]
>>>>> adsp@pec.adspmaredisardegna.it
>>>>>
>>>>> -----Messaggio originale-----
>>>>> Da: paolo.guidetti@szn.it <paolo.guidetti@szn.it>
>>>>> Inviato: venerdì 11 febbraio 2022 13:14
>>>>> A: Alessandro Meloni <meloni@adspmaredisardegna.it>;
>>>>> gazale@asinara.org
>>>>> Cc: delucamario16@gmail.com
>>>>> Oggetto: chiarimento necessario campo moduli asinara
>>>>>
>>>>> Gentilissimi Ing. Meloni e Dr. Gazale,
>>>>>
>>>>> dopo aver interloquito con voi telefonicamente nella giornata di
>>>>> ieri, al fine di poter meglio e più chiaramente procedere,
>> suggerisco
>>>>> che sia organizzato un meeting al fine di chiarire alcuni punti
>> che,
>>>>> ad oggi, non paiono sufficientemente condivisi. Tra questi, non
>>>>> irrilevante, il punto riguardante la struttura del campo moduli
>> tipo
>>>>> 1 e 2.
>>>>>
>>>>> Questo chiarimento dovrebbe consentire di concordare la
>> struttura del
>>>>> campo moduli, chiarendo cosi anche alcuni aspetti che potranno
>>>>> consentire di definire il budget a disposizione per i moduli di
>> tipo
>>>>> 2.
>>>>> A questo proposito con l'Ing Dini della D-Shape abbiamo già

>> fatto
>>>>> molto lavoro per la selezione di materiali, porosità e
>> estetiche di
>>>>> moduli componibili che hanno tutti i presupposti per
>>>>> supportare/ospitare la biomassa ittica, la diversità biologica
>> ed
>>>>> eventuali attività subacquee.
>>>>>
>>>>> In cc legge il Dr De Luca, di UNISS, dal quale avevo ricevuto a
>> suo
>>>>> tempo i documenti che descrivevano il campo moduli da realizzare
>>>>> dentro l'AMP Asinara.
>>>>>
>>>>> Saluti,
>>>>> Paolo Guidetti
>>>>>
>>>>> --
>>>>> Paolo Guidetti, PhD
>>>>> Research Director
>>>>>
>>>>> Genoa Marine Center
>>>>> Stazione Zoologica Anton Dohrn
>>>>> Istituto Nazionale di Biologia, Ecologia e Biotecnologie Marine
>>>>> website: www.szn.it [2]
>>>>>
>>>>> Contatti:
>>>>> cell IT: 349 7890539
>>>>> fisso IT: 010 6475425
>>>>> skype: guidettipaolo
>>>
>>> --
>>> Paolo Guidetti, PhD
>>> Research Director
>>>
>>> Genoa Marine Centre
>>> Stazione Zoologica Anton Dohrn
>>> Istituto Nazionale di Biologia, Ecologia e Biotecnologie Marine
>>> website: www.szn.it [2]
>>>
>>> Contatti:
>>> cell IT: 349 7890539
>>> fisso IT: 010 6475425
>>> skype: guidettipaolo
>>
>> --
>> Paolo Guidetti, PhD
>> Research Director
>>
>> Genoa Marine Centre
>> Stazione Zoologica Anton Dohrn
>> Istituto Nazionale di Biologia, Ecologia e Biotecnologie Marine
>> website: www.szn.it [2]
>>
>> Contatti:
>> cell IT: 349 7890539
>> fisso IT: 010 6475425

>> skype: guidettipaolo
>
>
> Links:
> ------
> [1] http://wwwadspmaredisardegna.it
> [2] http://www.szn.it

--
Paolo Guidetti, PhD
Research Director

Genoa Marine Centre
Stazione Zoologica Anton Dohrn
Istituto Nazionale di Biologia, Ecologia e Biotecnologie Marine
website: www.szn.it

Contatti:
cell IT: 349 7890539
fisso IT: 010 6475425
skype: guidettipaolo

Allegato L

Dirigente: Alessandro Meloni

Da: paolo.guidetti@szn.it
Inviato: domenica 6 marzo 2022 07:56
A: Alessandro Meloni
Oggetto: Re: Prescrizione n. 6 del Decreto VIA 35/2018 - dissuasori antistrascico e monitoraggio risorse ittiche e dei fondali nell'Area Marina Protetta Isola dell'Asinara

Buongiorno Alessandro,

scusami se l'altro giorno non ho risposto alla tua chiamata, ma ho passato tre giorni influenzato e con febbre non leggera, almeno, per fortuna, non era covid.

Ieri mi sono ripreso e ho potuto lavorare. Volevo comunicarti che con Mario de Luca, Andrea Cossu (con l'approvazione di Vittorio Gazale) abbiamo ultimato una breve relazione contenente una proposta di rimodulazione del campo moduli che dovrebbe rispondere a quello che ci siamo detti nell'ultimo zoom.

Io ho apportato le mie revisioni integrazioni al testo e proposto un campo moduli composto da 15 tetrapodi e 15 moduli 'tana' disposti in un modo tale che tutti i succitati hanno approvato.

Direi che ci siamo, se a te andrà bene. A breve riceverai la proposta dai colleghi UniSS che stanno integrando commenti e revisioni sul report.

Ti auguro una buona domenica.

Saluti,
Paolo

Il 2022-02-21 10:29 Alessandro Meloni ha scritto:
> _____
> _____
>
>
> Riunione di Microsoft Teams
>
> Partecipa da computer o app per dispositivi mobili Fai clic qui per
> partecipare alla riunione [1] Altre informazioni [2] | Opzioni
> riunione [3]
>
> _____
> _____
>
>
>
> Links:
> ------
> [1]
> https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_NmM3NzNkZDMtMzI
> 1My00ZmNhLTk3MjMtNzAwZjBhMGY4MmQy%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3
> a%22e8556063-0a66-425b-81b8-0bd48b80c76b%22%2c%22Oid%22%3a%22e0377885-
> 5a3e-4920-8614-3cfb318f736a%22%7d
> [2] https://aka.ms/JoinTeamsMeeting
> [3]
> https://teams.microsoft.com/meetingOptions/?organizerId=e0377885-5a3e-

> 4920-8614-3cfb318f736a&tenantId=e8556063-0a66-425b-81b8-0bd48b80c7
> 6b&threadId=19_meeting_NmM3NzNkZDMtMzI1My00ZmNhLTk3MjMtNzAwZjBhMGY
> 4MmQy@thread.v2&messageId=0&language=it-IT

--
Paolo Guidetti, PhD
Research Director

Genoa Marine Centre
Stazione Zoologica Anton Dohrn
Istituto Nazionale di Biologia, Ecologia e Biotecnologie Marine
website: www.szn.it

Contatti:
cell IT: 349 7890539
fisso IT: 010 6475425
skype: guidettipaolo