

T.1.3.2 Studio dell'impatto delle attività marittime e portuali sulla fauna e sulla flora dell'Isola d'Elba

Ottobre/2019

Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno
Settentrionale



*Autorità di Sistema Portuale
del Mar Tirreno Settentrionale*



Porti di Livorno, Piombino,
Portoferraio, Rio Marina,
Cavo, Capraia Isola



Consiglio Nazionale delle Ricerche
ISMAR - Istituto di Scienze Marine
UOS di Bologna
Via P. Gobetti, 101 - 40129 Bologna, Italy
Tel. +39 051 6398991 Fax +39 051 6398939
segreteria@bo.ismar.cnr.it
C.F. 80054330586 - P.IVA 02118311006



INSTITUTE OF MARINE BIOLOGY AND ECOLOGY

RECOGNISED BY THE MINISTRY OF SCIENTIFIC RESEARCH AND TECHNOLOGY N. 707911DA

RECOGNISED BY THE MINISTRY OF AGRICULTURE AND FORESTRY D.M. 26/10/1999

DIRECTOR: Prof. ROBERTO BEDINI

e-mail: bedini@biomare.it

STUDIO DELL'IMPATTO DELLE ATTIVITÀ MARITTIME E PORTUALI SULLA FAUNA E SULLA FLORA DELL'ISOLA D'ELBA

Sommario

INTRODUZIONE	3
INDAGINE DI VERIFICA DELLO STATO DI FATTO DI FLORA E FAUNA MARINA NEI PORTI INSULARI DI PORTOFERRAIO E CAVO	6
Introduzione	7
Materiali e metodi	7
Risultati Portoferraio	15
Risultati Cavo	42
Alcune immagini degli organismi campionati	54
Conclusioni	63
Bibliografia	68
RILIEVO GEOFISICO MARINO CON VEICOLO AUTONOMO DI SUPERFICIE A PORTOFERRAIO E CAVO (SETTEMBRE 2019)	74
Indice	76
Premessa – Scopo del lavoro	76
1.0 - Aree rilevate e diario delle operazioni	77
2.0 – Metodi e strumenti	78
3.0 – Risultati	82
4.0 – Conclusioni	86
Bibliografia	86
ANALISI GEOCHIMICHE XRF CAMPIONI PORTOFERRAIO E CAVO	87
Metodi	87
Risultati Portoferraio	91
Conclusioni Portoferraio	94
Risultati Cavo	95
Conclusioni Cavo	97



*Autorità di Sistema Portuale
del Mar Tirreno Settentrionale*



Porti di Livorno, Piombino,
Portoferraio, Rio Marina,
Cavo, Capraia Isola

INTRODUZIONE

Le attività portuali connesse al trasporto marittimo possono causare un elevato impatto ambientale sia sulla qualità dell'aria, che delle acque costiere, con ripercussioni su flora e fauna marina. Ad oggi, la maggior parte delle navi operanti nel Mediterraneo, utilizzano come combustibile per la propulsione ed i servizi di bordo olio combustibile denso (HFO). Con il termine generico olio combustibile denso (HFO) si intendono i combustibili con elevata viscosità e densità superiore a 900 kg/m³ a 15° C. Gli oli combustibili densi hanno una grande percentuale di molecole pesanti come idrocarburi a catena lunga e aromatici con catene laterali a ramificazione lunga. L'HFO è uno dei carburanti più inquinanti con forti ripercussioni sia sulla qualità dell'aria che delle acque marine.

Le emissioni in atmosfera sono dovute alla composizione chimica dell'HFO, la quale, durante il processo di combustione, produce elevate quantità di gas inquinanti quali: ossido di zolfo (SO_x), ossido di azoto (NO_x), particolato (PM) ed anidride carbonica (CO₂). L'impatto dei combustibili utilizzati per il trasporto marittimo sulla qualità dell'aria è ben documentato ed esistono ormai diverse tecnologie pienamente mature tramite le quali è possibile monitorare e quantificare le emissioni in modo soddisfacente, quali ad esempio sensori ambientali o analizzatori di fumo, in grado di calcolare esattamente le tipologie e quantità di inquinanti emessi in atmosfera.

L'inquinamento delle acque marine è dovuto sia ai vari prodotti di combustione che inevitabilmente finiscono per depositarsi sulla superficie del mare, ma anche a sversamenti e di carburante e alle acque di sentina oleose. L'acqua di sentina è formata da infiltrazioni di acqua salata, acqua di raffreddamento, olio combustibile e olio lubrificante, dalla separazione dei liquidi nelle cisterne di sedimentazione e di decantazione, dallo scarico durante vari processi di depurazione oltre che da particelle di fuliggine e di sporcizia. Tutti questi sottoprodotti della decomposizione biologica del petrolio sono nocivi per i pesci e per la fauna in generale, ma anche per l'essere umano se ingeriti. Gli effetti possono anche non essere mortali, ma gli organismi risultano comunque danneggiati da queste sostanze. In genere, una nave da crociera di grandi dimensioni produce 8 ton di acque di sentina oleose per 24 ore di attività. Per garantire stabilità alla nave ed eliminare condizioni potenzialmente pericolose derivanti dall'inalazione di questi odori, le acque delle sentine devono essere periodicamente scaricate e pompate. Tuttavia, prima che tali acque possano essere scaricate in mare, come previsto dai regolamenti emanati dall'IMO, devono essere sottoposte ad un trattamento estremamente rigoroso che riduca il contenuto residuo di olio a meno di 15 ppm. Se un separatore, che è normalmente usato per estrarre l'olio, è difettoso, l'olio sarà scaricato in mare, dove potrà danneggiare l'ambiente: per tale motivo, la legge vieta gli scarichi in mare, ma spesso viene violata.

L'utilizzo del GNL (gas naturale liquefatto) come combustibile alternativo per la propulsione marittima può contribuire a ridurre l'impatto ambientale sia in atmosfera che sugli ecosistemi marini. Il GNL è una miscela di idrocarburi allo stato liquido composto per la maggior parte da metano. Rispetto ai combustibili marittimi tradizionali presenta una serie di vantaggi che ne stanno favorendo la diffusione a livello mondiale. Tra i vari vantaggi, quelli più interessanti per gli argomenti trattati nel presente studio riguardano la quasi totale assenza di ossidi di zolfo (SOx) ed il ridotto impatto ambientale sugli ecosistemi marini in caso di sversamento.

In merito alle emissioni di inquinanti in atmosfera, l'utilizzo del GNL comporta, rispetto all'utilizzo dei combustibili marittimi tradizionali, una riduzione di:

- 20% delle emissioni di CO₂, con un conseguente impatto positivo sul fenomeno di acidificazione degli oceani;
- 76% delle emissioni di ossidi di azoto (NOx)
- 97% delle emissioni di particolato (PM), particolarmente dannoso per la salute se respirato;
- Oltre il 99% delle emissioni di ossidi di zolfo (SOx), possono dar luogo al fenomeno delle piogge acide.

Oltre a ciò, per via delle sue condizioni chimico-fisiche, il GNL non può dare luogo a sversamenti in mare, infatti, trovandosi ad una temperatura è di circa -160 °C, un eventuale sversamento di GNL tenderebbe ad evaporare in poco tempo tornando allo stato gassoso, non andando quindi a disciogliersi in mare.

Nel presente studio è stata realizzata un'analisi sullo stato di fatto di flora e fauna marina dei porti di Portoferraio e Cavo, situati sull'isola d'Elba. Le attività marittime dei due porti sono legate quasi esclusivamente al trasporto passeggeri (traghetti Ro-Ro/Pax), questa caratteristica li distingue fortemente dagli altri porti gestiti dell'ente, in più i due porti sono caratterizzati da una quasi totale assenza di attività industriali portuali e da una ridotta popolazione (esclusi i mesi estivi). Tutti questi fattori contribuiscono a limitare l'influenza sull'impatto ambientale marino al solo trasporto marittimo, è quindi possibile valutare in modo più tangibile gli effetti prodotti dagli oli combustibili densi utilizzati nel trasporto marittimo sulla flora e fauna marina.

Più nel dettaglio, i passeggeri transitati dagli scali portuali dell'Alto Tirreno nel 2018 sono stati circa 9.723.000. di questi circa 3.071.000 (33% del totale) hanno transitato per i porti insulari dell'isola d'Elba (Portoferraio, Cavo, Rio Marina). Gli altri due principali porti, Livorno e Piombino, hanno movimentato rispettivamente 3.386.000 (35%) e 3.212.000 (33%) di passeggeri, un numero quasi equivalente di passeggeri.

Il comune di Portoferraio conta circa 11.992 abitanti, che corrisponde a circa il 40% di tutta la popolazione dell'isola. Il suo porto rappresenta il principale approdo dell'Isola d'Elba e il suo utilizzo principale è connesso al traffico traghetti di linea con Piombino, al traffico crociere e al traffico da diporto. La Darsena Medicea, con una capacità di 150 posti barca, rappresenta l'approdo principale per le unità da diporto. Calata Depositi e la banchina Alto Fondale costituiscono, invece, l'ormeggio preferenziale per le navi da crociera. Dalla Calata Italia, area Sud della zona portuale, dipartono i pontili G. Massimo n. 3 e n. 1 destinati a terminal per i traghetti che collegano l'Isola con il porto di Piombino. Il sistema portuale di Portoferraio si sviluppa su una superficie complessiva di circa 50.000

m2 con circa 1,5 km di banchine e fondali che variano dai 5 ai 10 metri. Nel porto di Portoferraio si registrano mediamente un numero di arrivi giornalieri di navi che varia da 20 durante il periodo invernale a 35 durante il periodo estivo (alta stagione). Nel 2018 sono stati registrati oltre 10300 navi in arrivo, che rappresentano circa il 71% di tutti gli arrivi sull'isola d'Elba, si stima che il consumo di combustibili (gasolio e olio combustibile) riconducibile a queste attività marittime oscilla tra 1400 e 2100 tonnellate annue.

Cavo è una frazione di Rio e conta meno di 1000 abitanti (620 nel 2011). Il Pontile di Cavo è un porto turistico, con alcune funzioni commerciali. L'approdo di Cavo ospita l'accosto per gli aliscafi di linea destinati alla rotta Piombino-Cavo-Portoferraio e nel periodo estivo l'accosto delle navi traghetto nel servizio di linea Piombino-Cavo. L'approdo di Cavo è caratterizzato poi dal traffico derivante dalla nautica da diporto. Il pontile a giorno di lunghezza complessiva pari a circa 180 metri con uno scivolo operativo per l'accosto di navi traghetto ed un accosto sul lato opposto per i mezzi veloci (aliscafo). Cavo è un porto turistico per un totale di circa 200 posti barca, con alcune funzioni commerciali destinato all'accosto degli aliscafi di linea con Piombino e delle navi traghetto di linea Piombino-Cavo. Nel porto di Cavo il numero di arrivi medio giornaliero di navi varia da 5 nel periodo invernale a 9 nel periodo estivo. Nel 2018 sono stati registrati circa 2500 navi in arrivo, che rappresentano circa il 18% di tutti gli arrivi sull'isola d'Elba. I consumi di combustibili stimati per il trasporto marittimo del porto di Portoferraio oscillano tra 360 e 530 tonnellate annue.

Per quantificare gli effetti dei combustibili marittimi tradizionali sono stati realizzati dei campionamenti per l'analisi della componente zootecnica con identificazione di tutte le specie presenti e la relativa abbondanza. In particolare, i campionamenti sono stati effettuati sia sul fondale molle che sulle pareti dei moli, andando a identificare la flora e fauna presente. Particolare attenzione è stata riservata allo studio delle praterie di Posidonia oceanica, che rappresenta uno degli ecosistemi più importanti presenti nel mar Mediterraneo per diversi motivi:

- produce fino a 20 litri di ossigeno al giorno per ogni m² di prateria;
- offre riparo ed è area di riproduzione per molte specie marine;
- consolida il fondale sottocosta contribuendo a contrastare un eccessivo trasporto di sedimenti sottili dalle correnti costiere.

Le praterie di Posidonia oceanica, la loro estensione e densità, rappresentano degli ottimi indici per valutare lo stress ambientale dei siti studiati, i quali risultano direttamente correlati al traffico marittimo.

INSTITUTE OF MARINE BIOLOGY AND ECOLOGY



RECOGNISED BY THE MINISTRY OF SCIENTIFIC RESEARCH AND TECHNOLOGY N. 707911DA

RECOGNISED BY THE MINISTRY OF AGRICULTURE AND FORESTRY D.M. 26/10/1999

DIRECTOR: Prof. ROBERTO BEDINI

e-mail: bedini@biomare.it

INDAGINE DI VERIFICA DELLO STATO DI FATTO DI FLORA E FAUNA MARINA NEI PORTI INSULARI DI PORTOFERRAIO E CAVO

Introduzione

L'analisi per la ricognizione dello stato di fatto di flora e fauna marina commissionata dall'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale è stata svolta nei mesi di aprile, maggio e giugno 2019 nel porto di Portoferraio, e nel mese di giugno 2019 nel porto di Cavo.

Il report prodotto illustra i risultati dei campionamenti effettuati per l'analisi della componente zoobentonica con identificazione tassonomica di tutte le specie cospicue sessili e natanti rinvenute e della loro abbondanza.

Lo studio delle biocenosi costiere è necessario per conoscere gli ecosistemi di una data area e valutare la situazione in atto. L'analisi della componente zoobentonica di fondo molle dà indicazioni valide per valutare lo stato di stress ambientale considerando le specie campionate come indicatrici delle caratteristiche ambientali (Crema *et al.*, 1983; Bilyard *et al.*, 1987; Thomson, 2003). Particolare riguardo è stato posto nel determinare le eventuali specie sessili presenti sulle pareti e nei sedimenti del porto oggetto dello studio e le specie di rilevante importanza ecologica e naturalistica (es. specie protette come *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) e *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758), *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, 1870 ecc.) al fine di valutare la situazione ambientale dell'area in cui insistono le strutture.

Materiali e metodi

Area di studio

In figura 1a si riporta l'area di indagine del porto di Portoferraio con delimitazione di dettaglio delle aree oggetto di intervento:

- Area Darsena Cosimo de' Medici
- Area porto commerciale
- Area Cantieri Esaom Cesa
- sito A (punta Torre del Martello)
- sito B (cantieri Esaom Cesa)
- sito C (località terme di S. Giovanni – Hotel Airone)
- sito D (località Magazzini).



Figura 1a - Area di indagine nell'area portuale di Portoferraio

I campionamenti della componente zoobentonica sono stati effettuati da biologi (di cui un OTS) in immersione con attrezzatura ARA, mentre le attività di determinazione tassonomica delle specie campionate sono state effettuate dai biologi nei laboratori dell'Istituto di Biologia ed Ecologia Marina di Piombino.

Tecnica del “grattaggio”

Le zone caratterizzate da superficie dura (banchine) sono state oggetto di prelievo del materiale di copertura mediante la metodologia del "grattaggio" (Cinelli *et al.*, 1977; Sarà *et al.*, 1978), che consente di determinare accuratamente specie difficilmente identificabili “sul campo”.

Utilizzando martello e scalpello sono state asportate superfici all'interno di una cornice di metallo di 25 cm x 25 cm alla profondità di -3 mt. Di ogni punto sono state fatte fotografie prima (figura 2 a e b rispettivamente di Portoferraio e Cavo) e dopo (figura 3 a e b rispettivamente di Portoferraio e Cavo) il grattaggio.

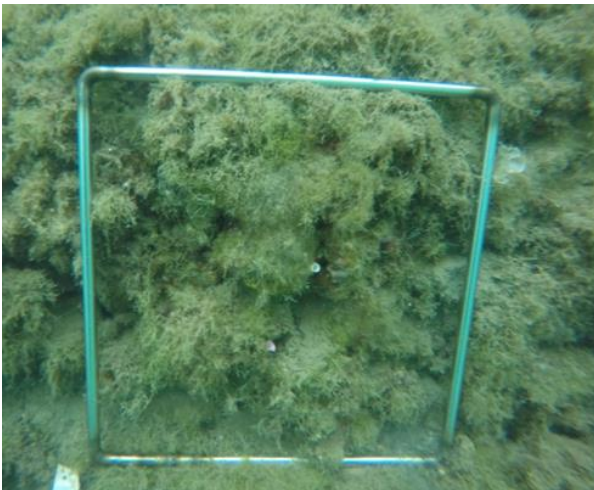


Figura 2a - Quadrato 25x25 prima del grattaggio



Figura 3a - Quadrato 25x25 dopo il grattaggio



Figura 4b - Quadrato 25x25 prima del grattaggio

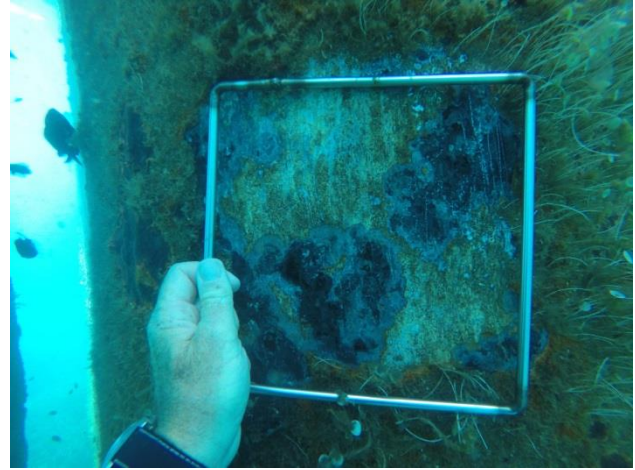


Figura 5b - Quadrato 25x25 dopo il grattaggio

Il materiale è stato raccolto all'interno di sacchetti di polietilene chiusi con elastici per impedire così di venire disperso e trasportato in borse frigo all'Istituto di Biologia ed Ecologia Marina di Piombino per effettuare la determinazione tassonomica delle specie campionate.

Transetti e visual census

A partire dai punti di grattaggio nelle banchine in immersione con ARA si sono percorsi transetti della lunghezza di 30 metri adottando la tecnica denominata LIT (*Line Intercept Transect*): lungo il profilo batimetrico (Giaccone e Sortino, 1974) si sono identificate le specie cospicue sessili e natanti, annotando ogni punto in cui cambia la categoria di organismo o di substrato presente sotto la cima metrata e registrando tramite riprese video e foto la profondità, le specie osservate e la loro abbondanza (Bianchi *et al.*, 1991, Harmelin-Vivien *et al.*, 1975; Balduzzi *et al.*, 1994).

I transetti sono stati identificati e trascritti con l'utilizzo di GPS.

Campionamenti di fondo molle

Per ogni transetto si sono effettuati 4 campionamenti di sedimento mediante l'utilizzo di un carotatore di volume noto manovrato a mano dall'operatore: 2 campioni a 15 metri e 2 a 30 metri di distanza dalla banchina, a destra e a sinistra della cordella metrica (figure 4, 5, 6 a e b rispettivamente di Portoferraio e Cavo).

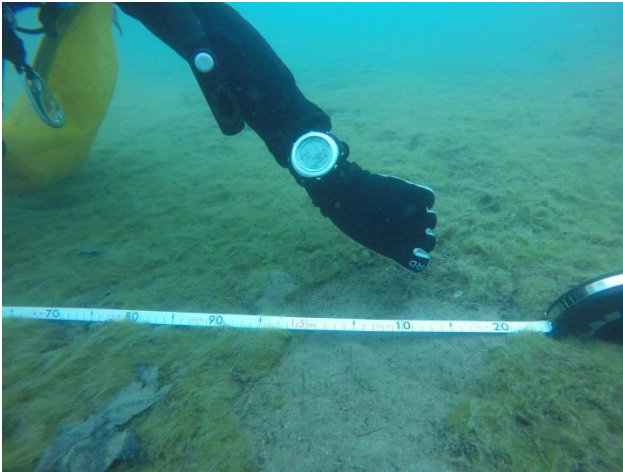


Figura 4a - Transetto. Distanza 15 mt dalla banchina

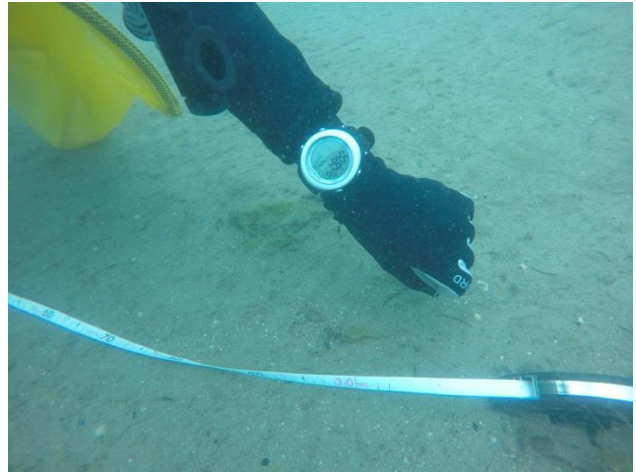


Figura 5a - Transetto. Distanza 30 mt dalla banchina

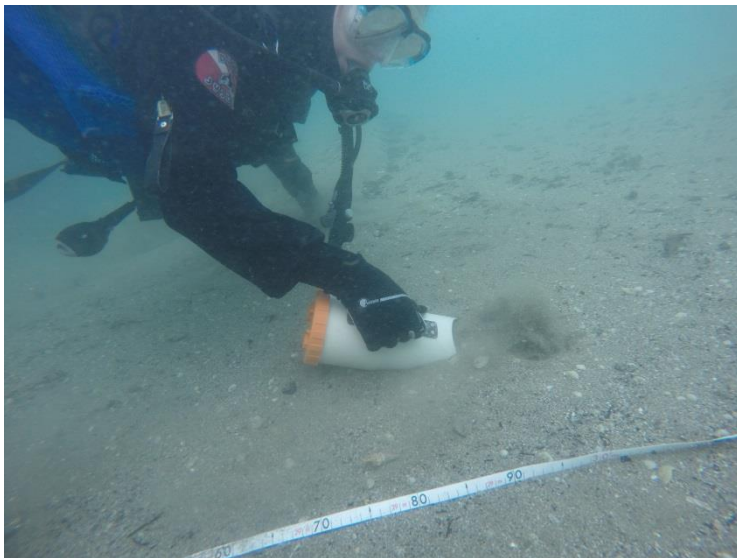


Figura 6a - Operatore durante il campionamento di sedimento con carotatore a mano



Figura 6b - Transetto. Distanza 15 mt dalla banchina

Figura 5b - Transetto. Distanza 30 mt dalla banchina



Figura 6b - Operatore durante il campionamento di sedimento con carotatore a mano

I campioni sono stati raccolti in sacchetti di polietilene (Cinelli *et al.*, 1976; Sarà *et al.*, 1978; Abbiati, 1991) chiusi con elastici per impedire così al materiale raccolto di venire disperso e trasportati all'interno di borse frigo in laboratorio all'Istituto di Biologia ed Ecologia Marina di Piombino.

Una volta in laboratorio è stato effettuato il sorting delle specie presenti nei campioni e gli animali rinvenuti sono stati poi identificati a livello di specie con l'utilizzo di uno stereomicroscopio.

Analisi delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813

Le zone individuate per lo studio sulla presenza e sullo stato di salute della prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 sono state analizzate con le seguenti metodologie:

- conteggio dei fasci di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 su limite superiore della prateria per stabilire lo stato attuale di densità legato al numero di fasci per m² (metodo del “quadrat relevé”);
- campionamento delle biocenosi con retini da plancton lungo transetti di 20 mt con 5 repliche per ogni sito;
- raccolta dei campioni in sacchetti di polietilene chiusi con elastici e trasportati in borse frigo nei laboratori dell'Istituto di Biologia ed Ecologia Marina di Piombino per la determinazione tassonomica di tutte le specie campionate e di quelle fotografate;
- misurazione della distanza da riva della *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 (limite superiore).

Per quanto riguarda il porto di Portoferraio l'indagine nell'area “Darsena Cosimo de' Medici” ha previsto campionamenti mediante utilizzo della tecnica del “grattaggio” in 5 punti, illustrati in giallo nella figura 7.

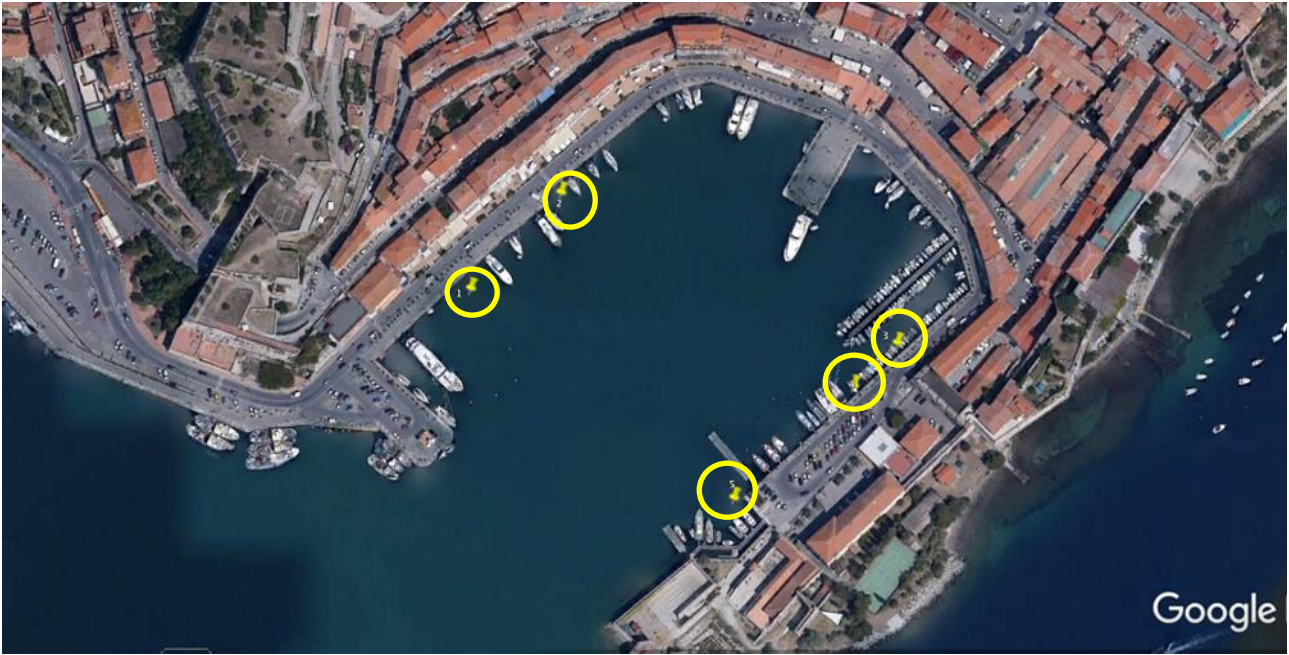


Figura 7 - Campionamenti nella Darsena Cosimo de' Medici

L'indagine nell'area del porto commerciale ha previsto campionamenti mediante utilizzo della tecnica del "grattaggio" in 13 punti indicati in giallo nella figura 3 e realizzazione di 6 transetti indicati in rosso nella figura 8.



Figura 8 - Campionamenti nell'area del porto commerciale

L'indagine nell'area dei cantieri Esaom Cesa ha previsto campionamenti mediante utilizzo della tecnica del "grattaggio" in 4 punti indicati in giallo nella figura 9.

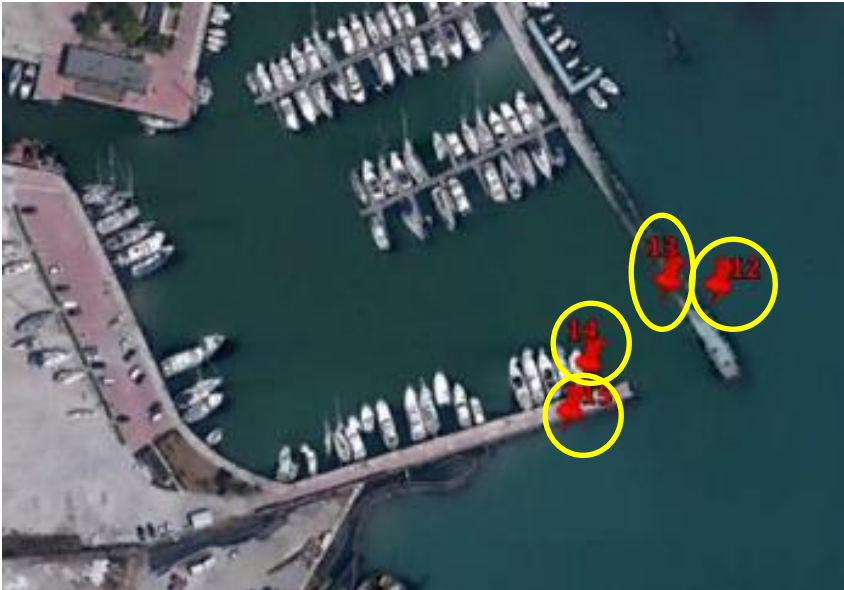


Figura 9 - Campionamenti nell'area dei Cantieri Esaom Cesa

Risultati Portoferraio

Darsena Cosimo de' Medici

In questa area sono stati eseguiti 5 campionamenti su substrato duro (banchine) alla profondità di -3 mt tramite la metodologia del "grattaggio".

Di seguito, in tabella 1, le coordinate in WGS84 dei punti di indagine:

PUNTO	LAT. N	LONG. E	PROFONDITÀ METRI
1	42°48.813'	10°19.727'	3
2	42°48.839'	10°19.761'	3
3	42°48.797'	10°19.888'	3
4	42°48.786'	10°19.872'	3
5	42°48.754'	10°19.827'	3

Tabella 1 - coordinate in WGS84 dei punti di indagine nella Darsena Cosimo de' Medici

Sulle pareti verticali dei punti 1 e 2 erano presenti 2 madrepori appartenenti alla specie protetta *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1758), figura 10.



Figura 10 - Esemplare di *C. caespitosa* (Linnaeus, 1758) sulla parete verticale del punto 1

Nella tabella 2 sono elencati gli organismi campionati nell'area della Darsena Cosimo de' Medici.

TAXA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
ANELLIDI - POLICHETI					
<i>Amphitritides gracilis</i> (Grube, 1860)				1	
<i>Bonellia viridis</i> (Rolando, 1822)				1	
<i>Dodecaceria concharum</i> (Örsted, 1843)	1	1	1		
<i>Eupolymnia nebulosa</i> (Montagu, 1819)				1	
<i>Semivermilia crenata</i> (O. G. Costa, 1861)					1
<i>Serpula vermicularis</i> (Linnaeus, 1767)	2	4	1	3	2
<i>Vermiliopsis infundibulum</i> (Philippi, 1844)		1			
<i>Vermiliopsis striaticeps</i> (Grube, 1862)	1				1

MOLLUSCHI - BIVALVI					
<i>Arca tetragona</i> (Poli, 1795)	1 + 1 juv. ∅ 4 mm	1 + 1 juv. ∅ 3 mm + 1 juv. 5 mm			
<i>Chama gryphoides</i> (Linnaeus, 1758)	1				
<i>Hiatella rugosa</i> (Linnaeus, 1767)		1 + 1 juv. ∅ 4 mm			
<i>Musculus costulatus</i> (Risso, 1826)	1 + 1 juv. ∅ 3 mm				
<i>Rocellaria dubia</i> (Pennant, 1777)		1 + 1 juv. ∅ 3 mm			
MOLLUSCHI - GASTEROPODI					
<i>Alvania lineata</i> (Risso, 1826)				5	
<i>Alvania mamillata</i> (Risso, 1826)					1
<i>Bittium latreillii</i> (Payraudeau, 1826)	2 + 1 juv.	4	4	9	3
<i>Bulla striata</i> (Bruguière, 1792)			1		
<i>Elysia viridis</i> (Montagu, 1804)			1 juv.		
<i>Pusia tricolor</i> (Gmelin, 1791)			1 juv. 4 mm		
<i>Rissoa guerinii</i> (Récluz, 1843)			1		
<i>Tricolia pullus</i> (Linnaeus, 1758)				1 juv. 2 mm	
<i>Williamia gussoni</i> (Costa O. G., 1829)					1 juv. ∅ 2 mm
MOLLUSCHI - POLIPLACOFORI					
<i>Acanthochitona fascicularis</i> (Linnaeus, 1767)	1 + 1 ∅ 8 mm		1 + 1 ∅ 9 mm		
CROSTACEI - DECAPODI					
<i>Alpheus dentipes</i> (Guérin, 1832)	1 + 1 juv. 8 mm				

<i>Cestopagurus timidus</i> (Roux, 1830)				3	
<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)	1 + 1 juv. ♀ 3 mm carapace				
<i>Pilumnus minutus</i> (De Haan, 1835)					1 juv. ♀ 2 mm
ECHINODERMI					
<i>Ophiothrix fragilis</i> (Abildgaard in O.F. Müller, 1789)			1 + 1 juv.		
<i>Ophioderma longicauda</i> (Bruzellius, 1805)			1		
SIPUNCULIDI					
<i>Aspidosiphon (Aspidosiphon)</i> <i>muelleri muelleri</i> (Diesing, 1851)	3	1	1	3	
<i>Golfingia (Golfingia) vulgaris</i> <i>vulgaris</i> (de Blainville, 1827)					1
<i>Phascolosoma (Phascolosoma)</i> <i>agassizii</i> (Keferstein, 1866)					2
<i>Phascolosoma (Phascolosoma)</i> <i>granulatum</i> (Leuckart, 1828)				4	
<i>Phascolosoma (Phascolosoma)</i> <i>perlucens</i> (Baird, 1868)	1				
ALGHE					
<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J.V.Lamouroux, 1809	X				
<i>Dictyota implexa</i> (Desfontaines) J.V.Lamouroux, 1809				X	
<i>Padina pavonica</i> (Linnaeus) Thivy, 1960			X		
<i>Acetabularia acetabulum</i>			X	X	

(Linnaeus) P.C.Silva, 1952					
<i>Botryocladia botryoides</i> (Wulfen) Feldmann, 1941		X			
<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kutzing, 1843	X				
<i>Codium fragile</i> (Suringar) Hariot, 1889			X		
<i>Dasycladus vermicularis</i> (Scopoli) Krasser, 1898	X	X			X
<i>Flabellia petiolata</i> (Turra) Nizamuddin, 1987	X		X	X	X
<i>Halopteris filicina</i> (Grateloup) Kützing, 1843					X
<i>Mesophyllum expansum</i> (Philippi) Cabioch & M.L.Mendoza, 2003		X			
<i>Peyssonnelia squamaria</i> (S.G.Gmelin) Decaisne ex J.Agardh, 1842				X	

Tabella 2 – Specie campionate nei 5 punti di grattaggio, divise per Phylum

Area del porto commerciale e area Cantieri Esaom Cesa

Nell' area del porto commerciale sono stati eseguiti campionamenti mediante utilizzo della tecnica del "grattaggio" in 13 punti e sono stati percorsi 6 transetti, mentre nell'area dei Cantieri Esaom Cesa sono stati eseguiti campionamenti mediante utilizzo della tecnica del "grattaggio" in 4 punti.

Di seguito in tabella 3 le coordinate in WGS84 di tutti i punti di indagine.

PUNTO	LAT. N	LONG. E	PROFONDITÀ METRI MAX
6	42°48.813'	10°19.727'	3
7	42°48.839'	10°19.761'	3
8	42°48.797'	10°19.888'	3
9	42°48.786'	10°19.872'	3
10	42°48.813'	10°19.727'	3
11	42°48.644'	10°19.431'	3
12	42°48.696'	10°19.374'	3
13	42°48.645'	10°19.340'	3
14	42°48.787'	10°19.410'	3
15	42°48.811'	10°19.438'	3
16	42°48.722'	10°19.674'	3
17 ESAOM	42°48.550'	10°19.054'	3
18 ESAOM	42°48.551'	10°19.042'	3
19 ESAOM	42°48.537'	10°19.023'	3
20 ESAOM	42°48.529'	10°19.019'	3
21	42°48.728'	10°19.381'	3
22	42°48.668'	10°19.354'	3
T1	42°48.811'	10°19.438'	6
T2	42°48.787'	10°19.410'	6
T3	42°48.728'	10°19.381'	6
T4	42°48.696'	10°19.374'	6,5
T5	42°48.668'	10°19.354'	6
T6	42°48.645'	10°19.340'	6,5

Tabella 3 – Coordinate in WGS84 dei punti di indagine nell'area del porto commerciale e dei cantieri Esaom Cesa

Lungo il transetto T5 è stato osservato un esemplare della madrepora *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1758), illustrato nella figura 11.



Figura 11 - Esempio di *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1758) lungo il transetto T5

In tabella 4 sono elencati gli organismi campionati nell'area del porto commerciale e dei cantieri Esaom Cesa per quanto riguarda i grattaggi.

In tabella 5 sono elencati gli organismi rinvenuti nei campionamenti di fondo molle eseguiti lungo i transetti nell'area del porto commerciale.

TAXA	PUNTO 6	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9	PUNTO 10	PUNTO 11	PUNTO 12	PUNTO 13	PUNTO 14	PUNTO 15	PUNTO 16	PUNTO 17	PUNTO 18	PUNTO 19	PUNTO 20	PUNTO 21	PUNTO 22
ANELLIDI - POLICHETI																	
<i>Dodecaceria concharum</i> (Örsted, 1843)															2		
<i>Harmothoe spinifera</i> (Ehlers, 1864)												1					
<i>Mastobranchus trinchessii</i> (Eisig, 1887)															1		
<i>Nicolea zostericola</i> (Örsted, 1844)															1		
<i>Semivermilia crenata</i> (O. G. Costa, 1861)															1		
<i>Serpula concharum</i> (Langerhans, 1880)					1			1						1		2	
<i>Serpula vermicularis</i> (Linnaeus, 1767)		2		3		1		1	2								
<i>Vermiliopsis infundibulum</i> (Philippi, 1844)				1							1						
<i>Vermiliopsis striaticeps</i> (Grube, 1862)		1				1									1		

<i>Vermiliopsis monodiscus</i> (Zibrowius, 1968)														1		
MOLLUSCHI - BIVALVI																
<i>Anomia ephippium</i> (Linnaeus, 1758)	1	1							1			1		1		
<i>Chama gryphoides</i> (Linnaeus, 1758)		2		1	2		1		1	2		2		1		2
<i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792)									1							
<i>Musculus costulatus</i> (Risso, 1826)												1 (3 mm)				
<i>Rocellaria dubia</i> (Pennant, 1777)												1 (2 mm)				
MOLLUSCHI - GASTEROPODI																
<i>Bittium latreillii</i> (Payraudeau, 1826)										2	2 (1 di 5 mm e 1 di 6 mm)		6 (di cui 2 di 5 mm)	5 (di cui 2 di 6 mm e 2 di 5 mm)	2 (6 mm e 5 mm)	2 (di cui 1 di 6 mm)

La coopération au cœur de la Méditerranée

<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)					1 (5 mm)				1									
<i>Diodora graeca</i> (Linnaeus, 1758)								1 juv .7 m m										
<i>Tritia incrassata</i> (Strøm, 1768)												1				1		
CROSTACEI - DECAPODI																		
<i>Alpheus dentipes</i> (Guérin, 1832)												1					1	1
<i>Macropodia linaresi</i> (Forest & Zariquiey- Álvarez, 1964)					1													
<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)								1 (ø 3 m m ♂)										
CROSTACEI - ISOPODI																		
<i>Anthura gracilis</i>																	1	

(Montagu, 1808)																	
CROSTACEI - ANFIPODI																	
<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)												1					
<i>Microdeutopus stationis</i> (Della Valle, 1893)												1					
SIPUNCULIDI																	
<i>Aspidosiphon</i> (<i>Aspidosiphon</i>) <i>muelleri</i> <i>muelleri</i> (Diesing, 1851)			2		1	1	1	3			4		3		2	4	
<i>Phascolosoma</i> (<i>Phascolosoma</i>) <i>granulatum</i> (Leuckart, 1828)	1	1						1			2	2				3	
PORIFERI - DEMOSPONGIAE																	
<i>Scalarispongia scalaris</i> (Schmidt, 1862)								X						X			
<i>Spirastrella cunctatrix</i> (Schmidt, 1868)												X					
<i>Spongia</i> (<i>Spongia</i>) <i>agaricina</i>																X	

(Pallas, 1766)																	
BRIOZOI																	
<i>Hippoporina pertusa</i> (Esper, 1796)				X													
ALGHE																	
<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J.V.Lamouroux, 1809			X	X							X						
<i>Dictyota implexa</i> (Desfontaines) J.V.Lamouroux, 1809		X									X						
<i>Padina pavonica</i> (Linnaeus) Thivy, 1960	X	X			X			X			X						X
<i>Acetabularia acetabulum</i> (Linnaeus) P.C.Silva, 1952	X		X			X			X		X				X	X	
<i>Botryocladia botryoides</i> (Wulfen) Feldmann, 1941																	
<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kutzing, 1843																	
<i>Codium fragile</i> (Suringar) Hariot, 1889											X						
<i>Dasycladus vermicularis</i> (Scopoli) Krasser, 1898	X	X			X												
<i>Flabellia petiolata</i>	X			X		X			X		X						

(Turra) Nizamuddin, 1987																	
<i>Halopteris filicina</i>																	
(Grateloup) Kützing, 1843																	
<i>Mesophyllum expansum</i>																	
(Philippi) Cabioch & M.L.Mendoza, 2003																	
<i>Peyssonnelia squamaria</i>																	
(S.G.Gmelin) Decaisne ex J.Agardh, 1842																	

Tabella 4 – Specie campionate nei 17 punti di grattaggio dell’area commerciale e dell’area dei cantieri Esaom Cesa, divise per Phylum

TAXA		TRANSETTO 1	TRANSETTO 2	TRANSETTO 3	TRANSETTO 4	TRANSETTO 5	TRANSETTO 6
------	--	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

La coopération au cœur de la Méditerranée

	Distanza da banchina (mt)	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30
						Sedimento fangoso misto a ghiaia							
ANELLIDI - POLICHETI													
<i>Anobothrus gracilis</i> (Malmgren, 1866)													1
<i>Aphrodita aculeata</i> (Linnaeus, 1758)		1											
<i>Aricia</i> sp.			1										
<i>Diplocirrus</i> sp. (Haase, 1915)												1	
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)										1		1	
<i>Glycera unicornis</i> (Lamarck, 1818)										1			
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)			1							1			
<i>Lumbrineris latreilli</i>				1									

(Audouin & Milne Edwards, 1834)													
<i>Macrochaeta clavicornis</i> (M. Sars, 1835)											1		
<i>Macroclymene santanderensis</i> (Rioja, 1917)											1		
<i>Mastobranchus trinchessii</i> (Eisig, 188)											1		
<i>Melinna palmata</i> (Grube, 1870)									1				
<i>Owenia fusiformis</i> (Delle Chiaje, 1844)			1		3		1						
<i>Pherusa plumosa</i> (Müller, 1776)										1			
<i>Scoloplos armiger</i> (Müller, 1776)												1	
<i>Therochaeta flabellata</i> (Sars in Sars, 1872)									1				
NEMERTINI													
<i>Cephalothrix linearis</i>				1									

(Rathke, 1799)													
<i>Cephalothrix rufifrons</i> (Johnston, 1837)			1										
<i>Tetrastemma ambiguum</i> (Riches, 1893)					1								
MOLLUSCHI - BIVALVI													
<i>Parvicardium pinnulatum</i> (Conrad, 1831)				1 (ø 2 mm)					1 (ø 2 mm)				
MOLLUSCHI - GASTEROPODI													
<i>Bittium latreillii</i> (Payraudeau, 1826)		2 (di cui 1 di 5 mm)	3 (di cui 1 ø 3 mm)	3 (di cui 1 ø 6 mm)	4 (di cui 1 ø 5 mm, 2 ø 4 mm e 1 ø 2,5 mm)			5	1	6 (di cui 1 ø 5 mm, 2 ø 4 mm e 1 ø 6 mm)	2 (di cui 1 ø 5 mm)		
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)		4											
<i>Calliopaea bellula</i> (d'Orbigny, 1837)		1 (ø 3 mm)							1 (ø 2 mm)				

<i>Haminoea navicula</i> (da Costa, 1778)		1 (∅ 6 mm)						1 (∅ 4 mm)					
ECHINODERMI													
<i>Acrocnida brachiata</i> (Montagu, 1804)								1 (∅ 5 mm)					

Tabella 5 – Specie rinvenute nei campioni di fondo molle dell’area commerciale, divise per Phylum

Sito A

Il sito A indagato al fine di identificare il limite superiore della prateria a *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 è il promontorio intorno a Torre del Martello, dietro la Capitaneria di Porto di Portoferraio.

La zona è particolarmente trafficata sia da navi commerciali sia da naviglio diportistico. Il percorso eseguito dagli operatori scientifici subacquei è rappresentato nell'immagine seguente (figura 12):



Figura 12 - Sito A. Percorso eseguito dagli operatori in immersione

Le coordinate dei punti mostrati nella figura 12 sono riportati di seguito (tabella 6):

PUNTO	LAT. N	LONG. E	PROFONDITA' METRI MAX
TA in	42°48.674'	10°19.908'	16
TA.2	42°48.712'	10°19.871'	3
TA.3	42°48.702'	10°19.809'	3

Tabella 6 - Coordinate in WGS84 dei punti nel sito A

Il percorso è stato di circa 200 metri ma sul substrato è assente la pianta. Il fondale comunque è molto ripido, coperto da uno strato di sedimento molto fine e poco vegetato (figura 13).



Figura 13 - Fondale sito A

Sito B

Il sito B indagato al fine di identificare il limite superiore della prateria a *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 è situato all'esterno dell'area a mare in concessione ai Cantieri navali Esaom Cesa.

Come si evidenzia nella figura 14 è stato eseguito un transetto di circa 500 metri a partire dal punto "inizio T", avente coordinate (sistema di riferimento WGS84): 42°48.470' N 10°19.404' E e situato ad una profondità di 8 metri.



Figura 14 - Sito B. Transetto effettuato

Durante tutto il percorso eseguito in immersione ARA non è stato rinvenuto nessun ciuffo di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813; il substrato è fangoso e in alcune parti è presente uno spesso strato di feltro algale. In alcune aree è abbondante anche accumuli di mucillagine (figura 15).



Figura 15 – Fondale sito B

Sito C

Il sito C indagato al fine di identificare il limite superiore della prateria a *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 è situato in località Terme di S. Giovanni, di fronte l'Hotel Airone.

Neanche in quest' area è stato possibile individuare il limite superiore della prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813.

Allo scopo di verificare con precisione la sua assenza, è stato fatto un transetto di 500 metri in direzione costa-largo (in figura 16 la mappa del sito di campionamento e indicazione del transetto percorso) partendo dal punto di Inizio T indicato in figura avente coordinate (sistema di riferimento WGS84): 42°48.448' N 10°19.442' E.



Figura 16 - Sito C antistante le Terme di S. Giovanni (Hotel Airone)

Verso il mare aperto, il substrato è caratterizzato da una copertura algale di tipo feltro con un sedimento molto fine e fangoso (figura 17).



Figura 17 – Sito C: substrato con feltro algale

Avvicinandosi verso costa, a circa 250 metri di distanza, il substrato inizia ad essere colonizzato da *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, 1870 (figura 18).

Le coordinate in WGS84 del punto in cui inizia la *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, 1870 (indicato in figura 16) sono: 42° 48.314' N 10° 19.351' E.

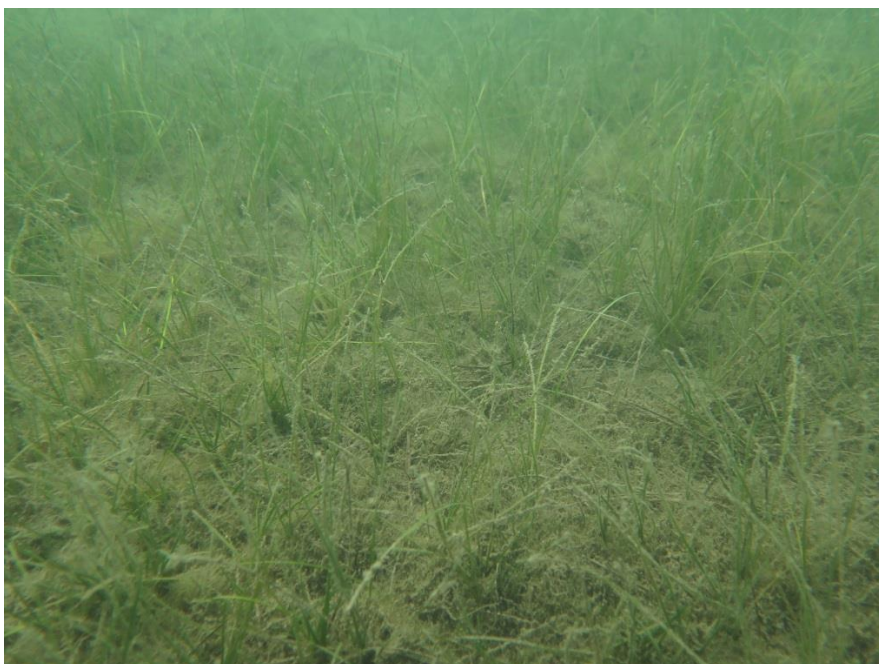


Figura 18 – Sito C. Substrato colonizzato da *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, 1870

Tale prato è presente fino alla scogliera di protezione dell'Hotel Airone; durante tutto questo percorso è stato individuato un solo ciuffo, isolato, di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 (figura 19).



Figura 19 - Unico ciuffo di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 incontrato durante il percorso di 500 metri

Sito D

Il sito C indagato al fine di identificare il limite superiore della prateria a *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 è situato in località Magazzini.

In figura 20 la mappa dei campionamenti effettuati.



Figura 20 – Sito D. Campionamenti in località Magazzini

In questa area è stato individuato il limite superiore della prateria a *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 e su questo sono stati eseguiti campionamenti con retino da plancton lungo 5 transetti a distanza l'uno dall'altro di circa 30 metri.

E' stato inoltre effettuato, per ogni transetto, il conteggio dei fasci delle piante con il metodo del "quadrat relevè" per stabilire lo stato attuale di densità legato al numero di fasci per m², in numero di 4 repliche per transetto.

Di seguito in tabella 7 sono riportati i numeri di fasci per m² per ogni transetto e ogni replica.

TRANSETTO	Coordinate (Sistema di riferimento WGS84)	Replica 1	Replica 2	Replica 3	Replica 4	Media	Note
1	42°48.129' N 10°21.515' E	613	619	500	469	550	Fiori e frutti
2	42°48.136' N 10°21.523' E	556	450	446	419	468	Fiori e frutti
3	42°48.138' N 10°21.537' E	600	444	450	407	476	Fiori
4	42°48.137' N 10°21.560' E	594	619	469	513	549	Fiori e frutti
5	42°48.148' N 10°21.575' E	588	488	388	425	473	Fiori e frutti

Tabella 7 – Numero di fasci per m²

La media totale del numero dei fasci per m² (densità) per i campionamenti effettuati nella prateria a *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813 in località Magazzini è di 504 fasci/m².

Secondo la classificazione di Giraud (1977) la prateria risulta essere di Classe II: densa.



Figura 21 - Operatore sub impegnato nel conteggio dei fasci di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813

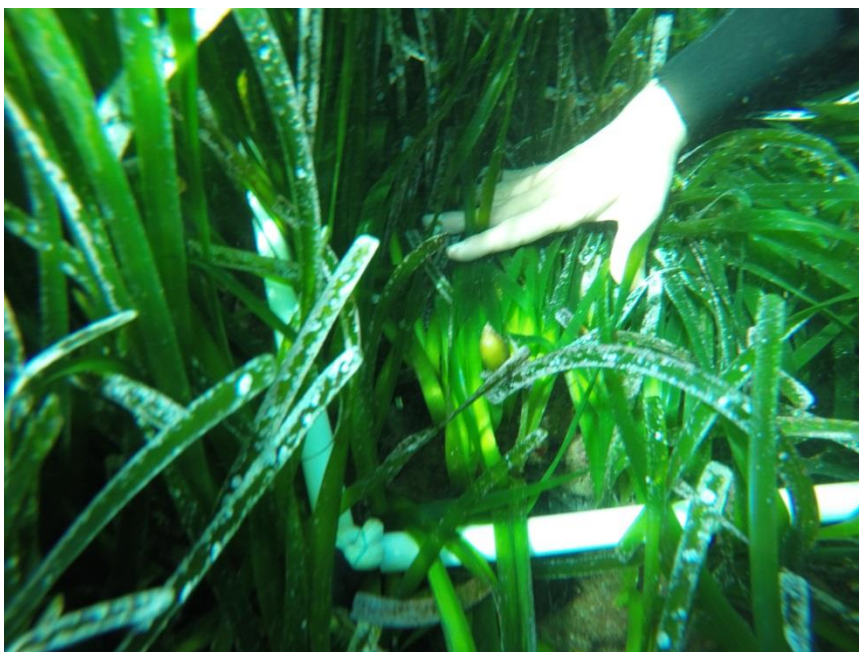


Figura 22 - Frutti di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 osservati durante i campionamenti

Nella seguente tabella 8 sono elencati gli organismi campionati con retino da plancton nella località di Magazzini.

TAXA	TRANSET TO 1	TRANSET TO 2	TRANSET TO 3	TRANSET TO 4	TRANSET TO 5
CROSTACEI - DECAPODI					
<i>Hippolyte inermis</i> (Leach, 1816)	6	8	16	11	11
MOLLUSCHI - GASTEROPODI					
<i>Alvania lineata</i> (Risso, 1826)	45	26	36	7	5
<i>Bittium incile</i> (R. B. Watson, 1897)			1		
<i>Bittium latreillii</i> (Payraudeau, 1826)	22	9	28	4	2 + 2 juv.
<i>Jujubinus exasperatus</i> (Pennant, 1777)	1				
<i>Rissoa auriscalpium</i> (Linnaeus, 1758)	24	9	13		13
<i>Rissoa membranacea</i> (J. Adams, 1800)			1		
<i>Rissoa ventricosa</i> (Desmarest, 1814)				2	2
<i>Smaragdia viridis</i> (Linnaeus, 1758)				1	
<i>Tricolia speciosa</i> (Megerle von Mühlfeld, 1824)	1				

Tabella 8 – Specie campionate su prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813, divise per phylum

Risultati Cavo

Tecnica del “grattaggio”

Sono stati eseguiti 11 campionamenti su substrato duro tramite la tecnica del “grattaggio”, sia nella parte dedicata al diporto nautico sia nella parte commerciale dove attraccano i traghetti e l’aliscafo. Oltre che alle 7 stazioni puntiformi (denominate da 1 a 7 e individuate con cerchietti gialli nella figura 1) sono state campionate, con la stessa metodologia, anche le stazioni di partenza dei 4 transetti (denominate T1, T2, T3, e T4).

In figura 23 si riportano i punti interessati dalla tecnica del “grattaggio” e di seguito, in tabella 9, le coordinate in WGS84 dei punti di indagine:



Figura 23 - Punti interessati dalla tecnica del "grattaggio", evidenziati in giallo.

PUNTO	LAT. N	LONG. E	PROFONDITÀ METRI
1	42°51.618'	10°25.452'	3
2	42°51.611'	10°25.458'	3
3	42°51.631'	10°25.481'	3
4	42°51.635'	10°25.473'	3
5	42°51.613'	10°25.309'	3
6	42°51.606'	10°25.309'	3
7	42°51.590'	10°25.354'	1,5
T1	42°51.603'	10°25.350'	2,4
T2	42°51.591'	10°25.382'	2,3

T3	42°51.596'	10°25.443'	3
T4	42°51.618'	10°25.452'	3

Tabella 9 - coordinate in WGS84 dei punti di indagine interessati dalla tecnica del “grattaggio”

Si precisa che nei punti 7, T1 e T2 non è stato possibile raggiungere la profondità di -3 mt per il campionamento con la tecnica del “grattaggio” per mancanza di fondale.

Nella tabella 10 sono elencati gli organismi campionati:

TAXA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 6	PUNTO 7	PUNTO T1	PUNTO T2	PUNTO T3	PUNTO T4
ANELLIDI - POLICHETI											
<i>Hilbigneris gracilis</i> (Ehlers, 1868)							1				
<i>Nereis splendida</i> (Grube, 1840)								2			
<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)						1					
<i>Platynereis coccinea</i> (Delle Chiaje, 1822)		1				1		5			3
<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)			1	1							
<i>Semivermilia crenata</i> (O. G. Costa, 1861)						1					
<i>Serpula concharum</i> (Langerhans, 1880)	1										
<i>Spirobranchus polytrema</i> (Philippi, 1844)	1					1					
<i>Syllis variegata</i> (Grube, 1860)				1						1	
<i>Vermiliopsis monodiscus</i> (Zibrowius, 1968)					1						
MOLLUSCHI - BIVALVI											
<i>Musculus costulatus</i> (Risso, 1826)					1 di 3 mm						

MOLLUSCHI - GASTEROPODI										
<i>Alvania lineata</i> (Risso, 1826)						1				
<i>Bittium latreillii</i> (Payraudeau, 1826)			1		2	1				
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)		1 juv.								
<i>Cerithium vulgatum</i> (Bruguière, 1792)					1					
<i>Gibberula miliaria</i> (Linnaeus, 1758)					1			1 di 2 mm		
<i>Jujubinus exasperatus</i> (Pennant, 1777)							1 (♂ 2 mm)			
<i>Rissoa auriscalpium</i> (Linnaeus, 1758)								1		
<i>Rissoa membranacea</i> (J. Adams, 1800)								1		
<i>Tricolia pullus</i> (Linnaeus, 1758)				1 di 3 mm				4 di cui 2 di 2 mm e 1 di 3 mm		
CROSTACEI - DECAPODI										
<i>Macropodia rostrata</i> (Linnaeus, 1761)						1 ♀				
<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)			1 (♂ 2 mm)							
CROSTACEI - TANAIDI										
<i>Apseudopsis latreillii</i> (Milne Edwards, 1828)									1	
<i>Chondrochelia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	1	3								
CROSTACEI - ANFIPODI										
<i>Bathyporeia lindstromi</i> (Stebbing, 1906)		2								
<i>Lysianassa costae</i> (H. Milne Edwards, 1830)	1									
<i>Lysianassina longicornis</i> (Lucas, 1846)		1								1
<i>Phtisica marina</i> (Slabber, 1769)			1							

SIPUNCULIDI											
<i>Aspidosiphon</i> (<i>Aspidosiphon</i>) <i>muelleri</i> <i>muelleri</i> (Diesing, 1851)					2	3				2	1
<i>Phascolosoma</i> (<i>Phascolosoma</i>) <i>granulatum</i> (Leuckart, 1828)										1	1

Tabella 10 – Specie campionate negli 11 punti di grattaggio, divise per Phylum

Campionamenti di fondo molle

Per quanto riguarda i transetti e i relativi campionamenti di fondo molle effettuati a 15 e a 30 metri di distanza dalla banchina, in tabella 11 sono elencati gli organismi rinvenuti:

TAXA	Distanza da banchina (mt)	TRANSETTO 1		TRANSETTO 2		TRANSETTO 3		TRANSETTO 4	
		15	30	15	30	15	30	15	30
CROSTACEI - ANFIPODI									
<i>Bathyporeia lindstromi</i> (Stebbing, 1906)		1							
<i>Jassa marmorata</i> (Holmes, 1905)						2			
CROSTACEI - DECAPODI									
<i>Liocarcinus marmoreus</i> (Leach, 1814)					1 (ø 3 mm)				
MOLLUSCHI - BIVALVI									
<i>Diplodonta rotundata</i> (Montagu, 1803)						1 di 3 mm			
<i>Papillicardium papillosum</i> (Poli, 1791)				1 (ø 2 mm)		1 (ø 2 mm)			
SIPUNCULIDI									
<i>Aspidosiphon (Aspidosiphon) muelleri muelleri</i> (Diesing, 1851)		1		1				2	
<i>Phascolosoma (Phascolosoma) agassizii</i> (Keferstein, 1866)				1					
<i>Phascolosoma (Phascolosoma) granulatum</i> (Leuckart, 1828)				1					

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabella 11 – Specie rinvenute nei campioni di fondo molle, divise per Phylum

Analisi delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813

Nei tre siti interessati dai campionamenti e analisi della prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 è stato individuato il limite superiore della prateria; in ogni area sono stati eseguiti campionamenti con retino da plancton lungo 5 “trasetti” a distanza l’uno dall’altro circa 20 metri.

È stato inoltre effettuato, per ogni sito, il conteggio delle piante con il metodo del “*quadrat relevé*” per stabilire lo stato attuale di densità legato al numero di fasci per m², in numero di 4 repliche per sito di campionamento.

In tabella 12 si riportano le coordinate esatte in WGS84 dei siti:

SITO	LAT. N	LONG. E	PROFONDITÀ METRI
A	42°51.623’	10°25.510’	8
B	42°51.661’	10°25.417’	6,1
C	42°51.821’	10°25.339’	6

Tabella 12 – Coordinate dei siti di analisi della prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813

Di seguito in tabella 13 sono riportati i numeri relativi alla densità dei fasci per m² per ogni sito e ogni replica e le medie relative ad ogni sito:

SITO	Replica 1	Replica 2	Replica 3	Replica 4	Media
A	425	400	519	532	469
B	475	607	744	469	574
C	750	775	669	700	724

Tabella 13 – Densità dei fasci (numero di fasci per m²) nei 4 siti

La densità media dei fasci di *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813 nel sito A è risultata essere di 469 fasci/m² e quindi, secondo la classificazione di Giraud (1977), in questo sito la prateria risulta essere di Classe II: densa.

La densità media dei fasci di *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813 nel sito B è risultata essere di 574 fasci/m² e quindi, secondo la classificazione di Giraud (1977), in questo sito la prateria risulta essere di Classe II: densa.

La densità media dei fasci di *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813 nel sito C è risultata essere di 724 fasci/m² e quindi, secondo la classificazione di Giraud (1977), in questo sito la prateria risulta essere di Classe I: molto densa.



Figura 23 - Operatore sub impegnato nel conteggio dei fasci di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813



Figura 24 - Operatore sub impegnato nel campionamento con retino da plancton sulla prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813

Nella seguente tabella 14 sono elencati gli organismi campionati con retino da plancton lungo i 5 “transetti” nel sito A denominati A1, A2, A3, A4 e A5.

TAXA	CAMPIONAMENTI				
	A1	A2	A3	A4	A5
CROSTACEI - DECAPODI					
<i>Hippolyte inermis</i> (Leach, 1816)	2	3	3	8 di cui 2 di 5 mm e 3 di 6 mm	7 di cui 3 di 5 mm e 2 di 6 mm
CROSTACEI - ISOPODI					
<i>Stenosoma appendiculatum</i> (Risso, 1826)			1		
MOLLUSCHI - GASTEROPODI					
<i>Bittium incile</i> (R. B. Watson, 1897)			1 di 4 mm		
<i>Bittium latreillii</i> (Payraudeau, 1826)		3 di cui 1 di 6 mm	1 di 6 mm	1 di 3 mm	
<i>Rissoa parva</i> (da Costa, 1778)		1 di 3 mm			
<i>Rissoa ventricosa</i> (Desmarest, 1814)					1
<i>Rissoa violacea</i> (Desmarest, 1814)	3	6 di cui 3 di 3 mm e 2 di 4 mm		3 di cui 1 di 4 mm e 2 di 6 mm	6 di cui 2 di 3 mm e 4 di 2 mm
<i>Tricolia speciosa</i> (Megerle von Mühlfeld, 1824)	1				

Tabella 14 – Sito A. Specie campionate sulla prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813, divise per phylum.

Nella tabella 15 sono elencati gli organismi campionati con retino da plancton lungo i 5 “transetti” nel sito B denominati B1, B2, B3, B4 e B5.

TAXA	CAMPIONAMENTI				
	B1	B2	B3	B4	B5
CROSTACEI - DECAPODI					
<i>Hippolyte inermis</i> (Leach, 1816)	10 di cui 2 di 5 mm, 4 di 6 mm, 2 di 7 mm	6 di cui 1 di 5 mm, 1 di 7 mm, 1 di 8 mm	15 di cui 2 di 5 mm, 3 di 6 mm, 1 di 9 mm, 1 di 1,1 cm, 5 di 1,4 cm, 2 di 1,2 cm	8 di cui 1 di 5 mm, 3 di 6 mm e 3 di 7 mm	14 di cui 3 di 5 mm, 2 di 8 mm, 3 di 9 mm, 3 di 1,1 cm, 1 di 1,4 cm e 1 di 1,8 cm
MOLLUSCHI - GASTEROPODI					
<i>Barleeia unifasciata</i> (Montagu, 1803)			2		
<i>Bittium incile</i> (R. B. Watson, 1897)	1				
<i>Mitrella gervillii</i> (Payraudeau, 1826)			1		
<i>Rissoa auriscalpium</i> (Linnaeus, 1758)	6 di cui 3 di 6 mm e 3 di 7 mm	5 di cui 2 di 6 mm e 3 di 7 mm	9 di cui 2 di 4 mm, 3 di 6 mm e 4 di 8 mm	5 di cui 1 di 6 mm e 1 di 7 mm	13 di cui 3 di 5 mm e 6 di 6 mm
<i>Rissoa membranacea</i> (J. Adams, 1800)	2 di cui 1 di 5 mm			1	2
<i>Rissoa monodonta</i> (Philippi, 1836)				1	
<i>Rissoa parva</i> (da Costa, 1778)		1			
<i>Rissoa violacea</i> (Desmarest, 1814)	5 di cui 2 di 2 mm e 3 di 3 mm	5 di cui 2 di 2 mm e 3 di 3 mm	1		1 di 5 mm
<i>Smaragdia viridis</i> (Linnaeus, 1758)					1
<i>Tricolia pullus</i> (Linnaeus, 1758)			1	2 di cui 1 di 3 mm e 1 di 6 mm	
<i>Tricolia speciosa</i> (Megerle von Mühlfeld, 1824)	1	1			

PESCI					
<i>Apletodon dentatus</i> (Facciolà, 1887)		1 di 8 mm			

Tabella 15 – Sito B. Specie campionate sulla prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813, divise per phylum.

Nella tabella 16 sono elencati gli organismi campionati con retino da plancton lungo i 5 “trasetti” nel sito C denominati C1, C2, C3, C4 e C5.

TAXA	CAMPIONAMENTI				
	C1	C2	C3	C4	C5
CROSTACEI - DECAPODI					
<i>Hippolyte inermis</i> (Leach, 1816)	3 di cui 1 di 4 mm, 1 di 6 mm, 1 di 1,6 cm		10 di cui 3 di 6 mm, 2 di 7 mm, 4 di 9 mm	9 di cui 3 di 5 mm, 3 di 6 mm	9 di cui 2 di 5 mm e 3 di 6 mm
MOLLUSCHI - GASTEROPODI					
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)		1			
<i>Rissoa auriscalpium</i> (Linnaeus, 1758)	8 di cui 2 di 5 mm e 1 di 6 mm	5 di cui 2 di 6 mm	6	5 di cui 2 di 6 mm	5 di cui 2 di 5 mm e 3 di 6 mm
<i>Rissoa guerinii</i> (Récluz, 1843)	2	1			
<i>Rissoa monodonta</i> (Philippi, 1836)		5 di cui 1 di 3 mm e 3 di 4 mm			
<i>Rissoa ventricosa</i> (Desmarest, 1814)		1		1	
<i>Rissoa violacea</i> (Desmarest, 1814)	5 di cui 2 di 2 mm e 3 di 3 mm	5 di cui 2 di 2 mm e 3 di 3 mm	1 di 2 mm		3 di 2 mm
<i>Smaragdia viridis</i> (Linnaeus, 1758)		1			
<i>Tricolia pullus</i> (Linnaeus, 1758)		1 di 3 mm			
<i>Tricolia speciosa</i> (Megerle von Mühlfeld, 1824)			1		

Tabella 16 – Sito C. Specie campionate sulla prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813, divise per phylum.

Alcune immagini degli organismi campionati



Figura 25 - *Serpula concharum* (Langerhans, 1880) a sinistra e *Mastobranthus trinchessii* (Eisig, 1887) a destra



Figura 26 - *Vermiliopsis monodiscus* (Zibrowius 1968) a sinistra e *Aphrodita aculeata* (Linnaeus, 1758) a destra

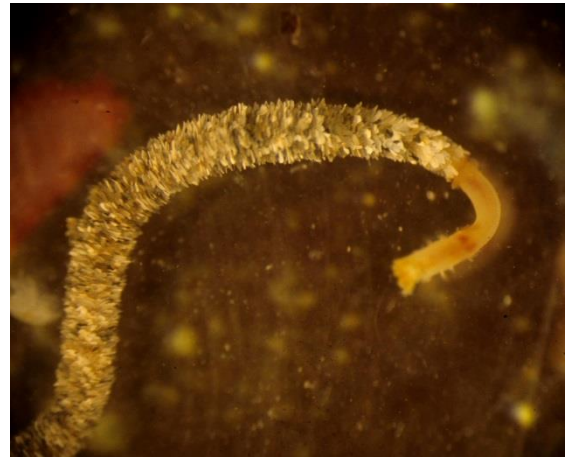


Figura 27 - *Euclymene oerstedii* (Claparède, 1863) a sinistra e *Owenia fusiformis* (Delle Chiaje, 1844) a destra



Figura 28 - *Therochaeta flabellata* (Sars in Sars, 1872) a sinistra e *Harmothoe spinifera* (Ehlers, 1864) a destra



Figura 29 - *Macrochaeta clavicornis* (M. Sars, 1835)

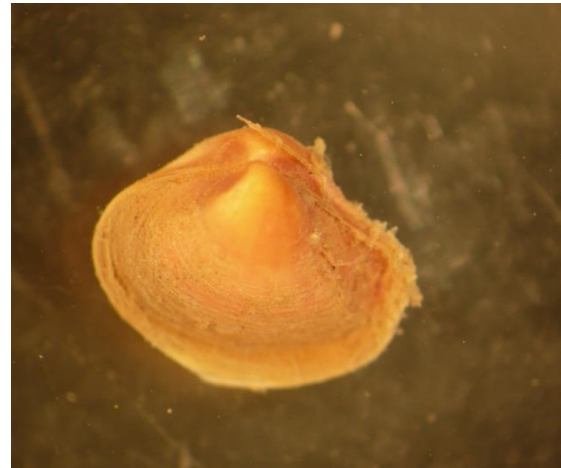


Figura 30 - *Chama gryphoides* (Linnaeus, 1758) a sinistra e *Corbula gibba* (Olivi, 1792) a destra



Figura 31 - *Musculus costulatus* (Risso, 1826) a sinistra e *Rocellaria dubia* (Pennant, 1777) a destra



Figura 32 - *Diodora graeca* (Linnaeus, 1758) a sinistra e *Haminoea navicula* (da Costa, 1778) a destra



Figura 33 - *Calliopaea bellula* (d'Orbigny, 1837) a sinistra e *Alvania lineata* (Risso, 1826) a destra



Figura 34 - *Bittium latreilli* (Payraudeau, 1826) a sinistra e *Pusia tricolor* (Gmelin, 1791) a destra



Figura 35 - *Tricolia pullus* (Linnaeus, 1758) a sinistra e *Macropodia linaresi* (Forest & Zariquiey-Álvarez, 1964)



Figura 36 - *Alpheus dentipes* (Guérin, 1832) a sinistra e *Pilumnus hirtellus* (Linnaeus, 1761) a destra



Figura 37 - *Cestopagurus timidus* (Roux, 1830) a sinistra e *Anthura gracilis* (Montagu, 1808) a destra



Figura 38 - *Dexamine spinosa* (Montagu, 1813) a sinistra e *Microdeutopus stationis* (Della Valle, 1893) a destra



Figura 39 - *Ophiothrix fragilis* (Abildgaard in O.F. Müller, 1789) a sinistra e *Acrocnida brachiata* (Montagu, 1804) a destra



Figura 40 - *Aspidosiphon (Aspidosiphon) muelleri muelleri* (Diesing, 1851) a sinistra e *Phascolosoma (Phascolosoma) agassizii* (Keferstein, 1866) a destra

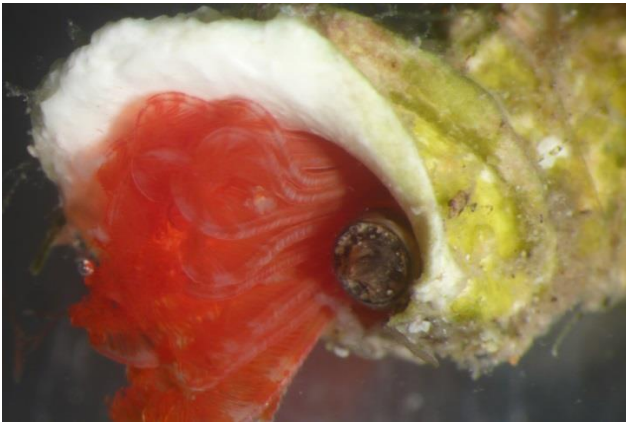


Figura 41 - *Semivermilia crenata* (O. G. Costa, 1861) a sinistra e *Bonellia viridis* (Rolando, 1822) a destra



Figura 42 - *Serpula vermicularis* (Linnaeus, 1767) a sinistra e *Dodecaceria concharum* (Orsted, 1843) a destra

Di seguito alcune immagini degli organismi campionati sulla prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813 nel sito D:



Figura 43 - *Bittium incile* (R. B. Watson, 1897) a sinistra e *Hippolyte inermis* (Leach, 1816) a destra



Figura 44 - *Jujubinus exasperatus* (Pennant, 1777) a sinistra e *Rissoa auriscalpium* (Linnaeus, 1758) a destra



Figura 45 - *Rissoa ventricosa* (Desmarest, 1814) a sinistra, *Smaragdia viridis* (Linnaeus, 1758) al centro e *Tricolia speciosa* (Megerle von Mühlfeld, 1824) a destra

Conclusioni

I campionamenti effettuati in tutta l'area del porto di Portoferraio hanno mostrato una situazione ambientale buona, con la presenza di molte specie giovanili ed anche di specie protette nei grattaggi delle banchine, mentre i campionamenti su fondo molle hanno presentato una situazione ambientale alterata. Le praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 si trovano distanti da riva, dato l'intenso traffico di navi e susseguente intorbidimento dell'acqua vicino riva, oltre gli ancoraggi. Nell'area di Magazzini la prateria appare in buono stato sia per la presenza di specie che per la presenza di fiori e frutti ed una densità che varia in media da 470 a 550 fasci per m², quindi di classe II secondo Giraud (1977), cioè densa. Nonostante ciò, dal confronto con una ricerca effettuata nel 2003 (*Epiphytic communities on Posidonia oceanica (L.) Delile leaves along the North Tyrrhenian Coasts (N.W. Mediterranean Sea, Italy)*; Bedini R., Canali M. G. and Bertuccelli M.; Mediterranean Marine Science Vol. 4/2, 2003, 99-114), è emerso che la prateria di *Posidonia oceanica* è in arretramento in tutta l'area del porto commerciale e di quella antistante i cantieri Esaom Cesa, con una diminuzione delle specie sessili ed erranti lungo le pareti delle banchine, mentre la situazione delle specie catturate con retino da plancton sulle e tra le foglie di *Posidonia oceanica* sono nel complesso simili se rapportate al numero di campionamenti effettuati.

L'indagine nell'area marina del porto di Cavo ha mostrato una situazione nel complesso buona. Scarsa è apparsa la presenza di specie nei campionamenti di fondo molle mentre nella norma quelle catturate con la tecnica del grattaggio. Nelle praterie di *Posidonia* le specie campionate con retino da plancton sono risultate numerose. Il conteggio dei fasci ha qualificato da densa a molto densa lo stato della prateria, Giraud (1977). La situazione ambientale è simile a quella documentata nello studio effettuato per il rifacimento del pontile nel 2011 e successivi controlli. Le specie animali sessili e sedentarie sono presenti in numero simile alle indagini precedenti che indicano uno stato ecologico normale.

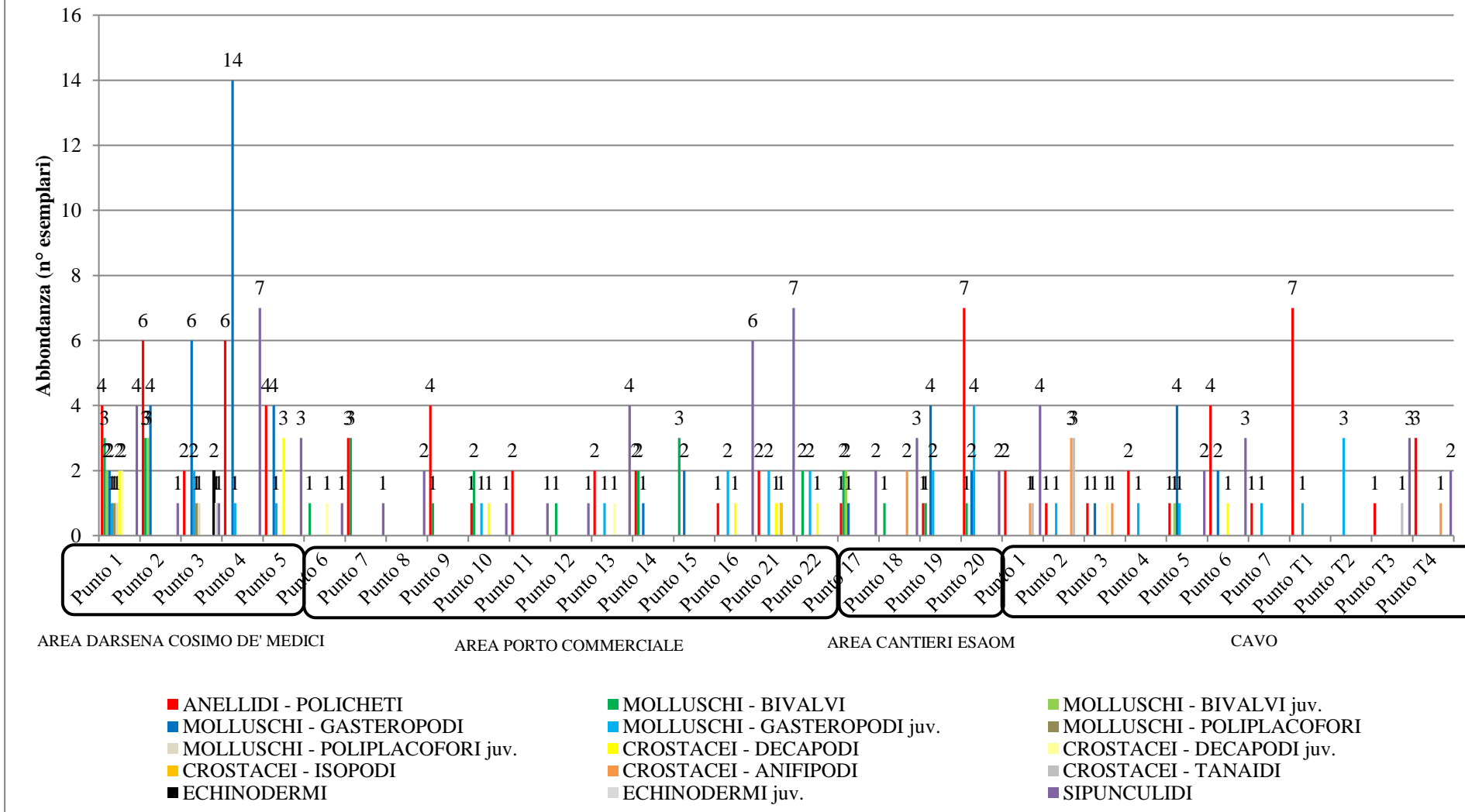
L'arretramento delle praterie di *Posidonia oceanica* ha degli effetti negativi anche su altri ecosistemi, basti pensare che la perdita di un solo metro lineare di prateria può portare alla scomparsa di diversi metri della spiaggia antistante. Inoltre, la regressione delle praterie comporta una perdita di biodiversità e un deterioramento della qualità delle acque. Le cause della regressione delle praterie di *Posidonia oceanica* sono diverse, tra i più importanti vi sono fattori legati alla pesca a strascico, il raschiamento delle ancore sul fondale e l'inquinamento derivante dalle attività marittime delle navi in transito.

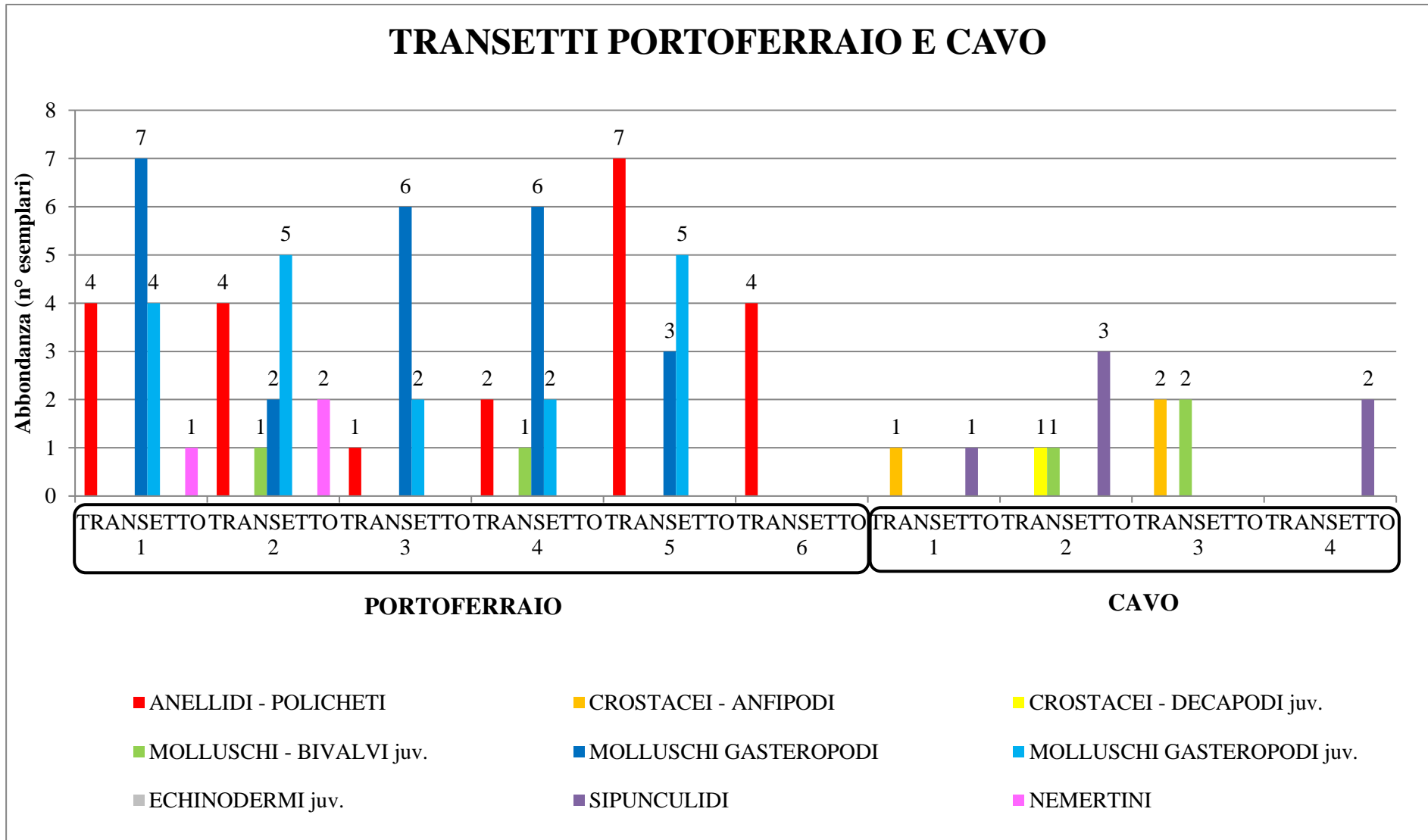
Confrontando lo stato delle praterie di *Posidonia oceanica* con quelle di Portoferraio, è emerso che nel porto di Cavo la densità varia in media da 470 a 720 fasci di *Posidonia* per m², arrivando quindi ad un livello molto denso. Lo stato di salute e densità delle praterie di *Posidonia* del porto di Cavo rispetto a quelle presenti nel porto di Portoferraio, risultano quindi sostanzialmente migliori. Questa differenza è dovuta al relativo numero ridotto di navi transitanti nel porto di Cavo rispetto a Portoferraio, con delle conseguenti ridotte emissioni di inquinanti emessi dalle navi durante le attività marittime.

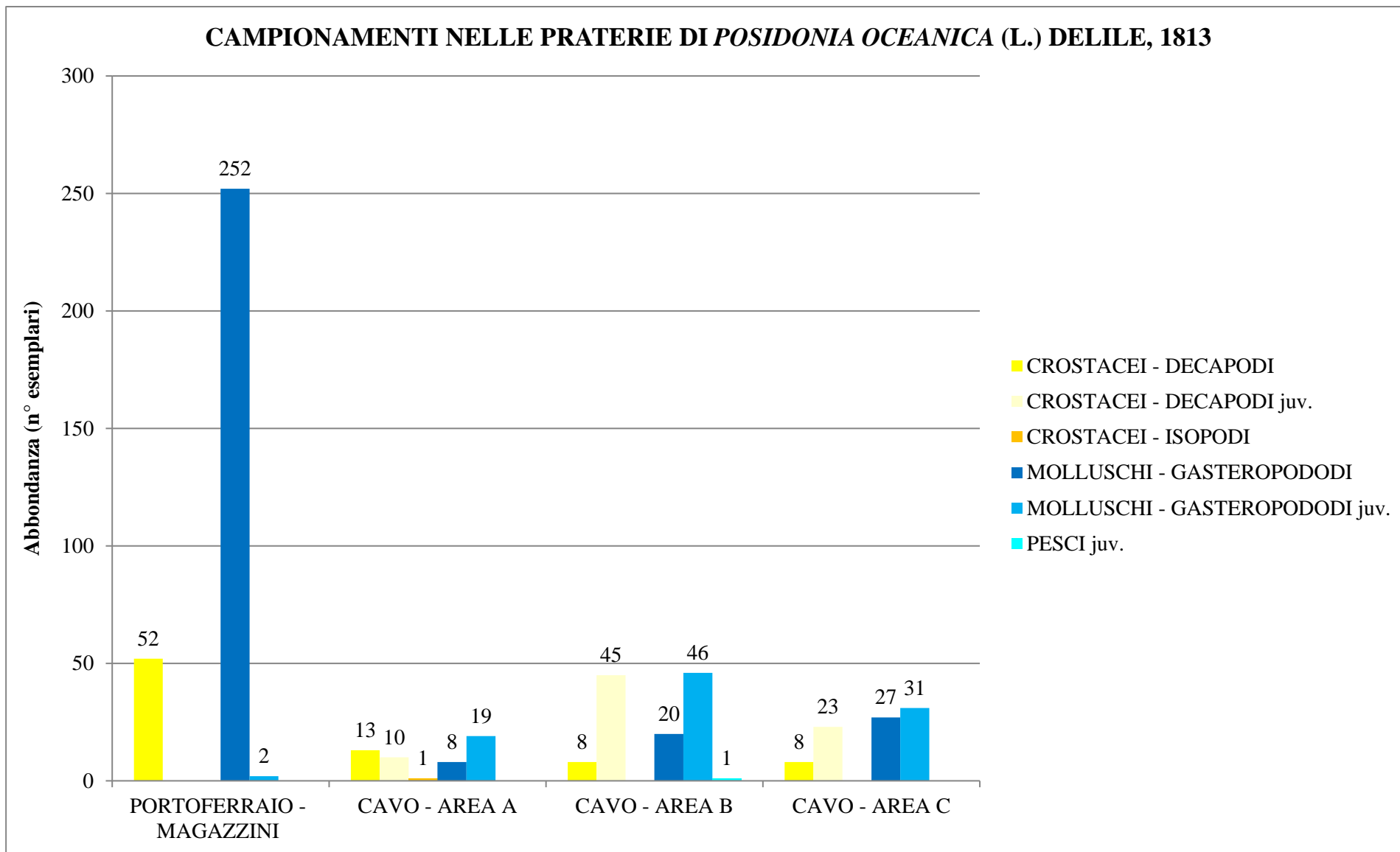
L'utilizzo del GNL come combustibile alternativo per la propulsione marittima può contribuire a ridurre l'impatto ambientale sia in atmosfera che sugli ecosistemi marini. Infatti, la composizione

chimica del GNL presenta quantità esigue di elementi inquinanti rispetto all'olio combustibile marittimo. Oltre a ciò, per via delle sue condizioni chimico-fisiche, il GNL non può dare luogo a sversamenti in mare, infatti, trovandosi ad una temperatura è di circa $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$, un eventuale sversamento di GNL tenderebbe ad evaporare in poco tempo tornando allo stato gassoso, non andando quindi a disciogliersi in mare.

GRATTAGGI PORTOFERRAIO E CAVO







Bibliografia

Abbiati M. 1991. Metodi di campionamento biologico subacqueo. In: *Lezioni del Corso Formativo per Ricercatore Scientifico Subacqueo*. Pisa, I.S.S.D.: 67-83.

Balduzzi A., Bianchi C. N., Cattaneo-Vietti R., Cerrano C., Cocito S., Cotta S., Diviacco G., Degli'Innocenti F., Morgigni M., Morri C., Pansini M., Salvatori L., Senes L., Sgorbini S., Tunesi L. 1994. Primi lineamenti di bionomia bentica dell'isola Gallinara (Mar Ligure). *Atti X Congr. A.I.O.L.*: 603-617.

Bedini R., 1995. L'ecosistema a *Posidonia oceanica* (L.) Delile come bioindicatore della qualità delle acque". *Atti "Lo stato dell'Ambiente in Toscana"* Edizioni Regione Toscana. Vol 4.: 27 – 42.

Bedini R., Canali M. G., Bertuccelli M. 2003. Epiphytic communities on *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves along the North Tyrrhenian coasts (N.W. Mediterranean Sea, Italy). Congresso "oceanographical aspects for a sustainable Mediterranean", Atene 27/29 Settembre 2002. *Mediterranean Marine Sciences* 4/2: 83-97.

Bedini R., Nannelli A., Giachini F., Maestrini M., Bocia B. 2006. Indagine preliminare sulle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813 antistanti Ansedonia e Talamone (Grosseto). *Codice Armonico – Primo Congresso di scienze naturali della Regione Toscana*. Zadig Roma. 141 – 144.

Bedini R., Canali M. G., Bertuccelli M. 2008. Spatio-temporal and colour distribution of *Hippolyte inermis* Leach, 1815 (Crustacea, Decapoda, Hippolytidae) related to five *Posidonia oceanica* (L.) delile, 1813 meadows in the North Tyrrhenian Sea (Italy). *IX Colloquium Crustacea Mediterranea*, Torino September 2-6. 17-29.

Bedini R., Pertusati M., Batistini F., Piazzini L. 2011. Spatial and temporal variation of motile macro-invertebrate assemblages associated with *Posidonia oceanica* meadows. *Acta adriatica*. Vol 52 (2): 201-214.

Bianchi C. N., Cocito S., Morri C., Sgorbini S. 1991. Rilevamento bionomico subacqueo. In: *Lezioni del Corso Formativo per Ricercatore Scientifico Subacqueo*. Pisa, I.S.S.D.: 67-83.

Bilyard G. R. 1987. The value of benthic in fauna in marine pollution monitoring studies. *Mar. Poll. Bull.*, **18**: 581-585.

Cinelli F., Fresi E., Mazzella L. 1976. Ricerche sui popolamenti bentonici di substrato duro nel Porto di Ischia. Infralitorale fotofilo (Macrofite e Isopodi liberi). *Arch. Oceanogr. Limnol.* **18**(3): 169-188.

Cinelli F., Fresi E., Mazzella L., Pansini M., Pronzato R., Svoboda A. 1977. Distribution of phyto and zoocenosis along a light gradient in a superficial marine cave. In: B. F. Keagan, P. O'Ceidig, P. S. S. Boaden (Eds.): *Biology of benthic organisms*, Pergamon Press, Oxford: 173-183.

Crema R., Bonvicini Pagliai A. M., Cognetti Variale A. M., Morselli I., Zunarelli Vandini R. 1983. Ruolo della comunità macrozoobentoniche nel monitoraggio biologico dell'ambiente marino costiero. In: *Eutrofizzazione dell'Adriatico. Ricerche e linee di intervento*. Regione Emilia Romagna: 379-384.

Giaccone G., Sortino M., Pizzi-Longo L. 1974. Zonazione della vegetazione marina delle isole Egadi. *Lav. Ist. Bot. E Giard. Col. Palermo*, **25**: 166-183.

Giraud G. 1977. Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. *Bot.Mar.*, 20: 487-491.

Harmelin-Vivien M. L., Harmelin J. G. 1975. Présentation d'une méthode d'évaluation in situ de la faune ichtyologique. *Trav. Sci. Parc Nation. Port Cros*, **1**: 47-52.

Sarà M., Balduzzi A., Boero F., Pansini M., Pessani D., Pronzato R. 1978. Analisi di un popolamento bentonico di Falesia del Promontorio di Portofino: dati preliminari. *Bul. Mus. Ist. Biol. Univ.*, 46.

Thomson B. W., Riddle M. J., Stark J. S. 2003. Cost-efficient methods for marine pollution monitoring at Casey Station, East Antarctica: the choice of sieve mesh-size and taxonomic resolution. *Mar. Poll. Bull.*, **46**: 232-243.

Per la determinazione degli organismi marini trovati nei campionamenti:

Testi generici

R. Bedini, 2003 – Gli Animali delle Praterie a *Posidonia oceanica*: dai Macroinvertebrati ai Pesci. Atlante per il riconoscimento e l'identificazione delle specie. Ed. Bandecchi e Vivaldi.

R. Riedel, 1991 - Fauna e Flora del Mediterraneo. Ed. Muzzo.

F. Costa, M. Costa, L. Salpietro, F. Turano, 2002 – Enciclopedia illustrata degli invertebrati marini. Arborio Editori.

Testi specialistici

Alghe

G. Bressan, L. Babbini, 2003 – Biodiversità marina delle coste italiane: Corallinales del Mar Mediterraneo: guida alla determinazione. Vol. 10 (suppl. 2). S.I.B.M.

G. Bressan e M. Fabris, 1992 – Guida alla determinazione di microalghe bentoniche presenti in aree portuali. ENEA.

J. Ribier et J. C. Godineau, 1984 –Les Algues. Ed. La Maison Rustique. Flammarion.

Briozoi

J. S. Ryland, P. J. Hayward, 1977 – British Anascan Bryozoans. Synopses of the British fauna No. 10. Ed. Brill, Backhuys.

M. Prenant et G. Bobin, 1956 – Faune de France 60 – Bryozoaires (premiere partie). Ed. Paul Lecherahier.

M. Prenant et G. Bobin, 1966 – Faune de France 68 – Bryozoaires (deuxième partie). Fédération française des sociétés des sciences naturelles.

M. Zabala & P. Maluquer, 1988 – Illustrated keys for the classification of Mediterranean Bryozoa. Numero 4. Ajuntament de Barcelona Treballs del Museu de Zoologia.

P. J. Hayward, 1985 – Ctenostome Bryozoans. Synopses of the British fauna No. 33. Ed. D. M. Kermack and R. S. K. Barnes

P. J. Hayward and J. S. Ryland, , 1979 – British Ascophoran Bryozoans. Synopses of the British fauna No. 14. Ed. Brill, Backhuys.

P. J. Hayward and J. S. Ryland, 1985 - Cyclostome Bryozoans. Synopses of the British fauna No. 34. Ed. Brill, Backhuys.

P. J. Hayward and J. S. Ryland, 1999 – Cheilostomatous Bryozoa. Part 2. Hippothooidea – Celleporoidea. Synopses of the British fauna No. 14 (second edition). Ed. R. S. K. Barnes and J. H. Crothers.

Poriferi

Sarà, M., 1971/1972 – Guida ai Poriferi della Fauna italiana. In: Quaderni della Civica Stazione Idrobiologia di Milano (pag. 53-63).

Nemertini

R. Gibson, 1982 - British Nemerteans. Synopses of the British fauna (New Series) No. 24. Cambridge University Press.

Molluschi

A. Graham, F.R.S., 1988 – Molluscs: Prosobranch and Pyramidellid Gastropods. Keys and notes for the identification of the species. Synopses of the British fauna (New Series) No. 2. Ed. E. J. Brill, Dr W. Backhuys.

A. M. Jones and J. M. Baxter, 1987 – Molluscs: Caudofoveata Solenogastres, Polyplacophora and Scaphopoda. Synopses of the British fauna (New Series) No. 37. Ed. E. J. Brill, Dr W. Backhuys.

B. Sabelli, 1984 – Atti del Simposio: Sistematica dei Prosobranchi del Mediterraneo. Società Italiana Malacologia. Ed. FALT Milano.

C. Cachia, C. Mifsud & P. M. Sammut, 1996 – The Marine Mollusca of the Maltese Islands. Part two. Neotaenioglossa. Brachhuys Publishers.

C. Cachia, C. Mifsud & P. M. Sammut, 2001 – The Marine Mollusca of the Maltese Islands. Part three. Sub- class Prosobranchia to sub-class Pulmonata. Brachhuys Publishers.

N. Tebble, 1976 – British Bivalve Seashells. A handbook for identification. Second Edition. Her Majesty's stationery office.

T.E. Thompson, 1988 - Molluscs: Benthic Opisthobranchs. Keys and notes for the identification of the species. Synopses of the British fauna (New Series) No. 8. Ed. E. J. Brill, Dr W. Backhuys.

Anellidi

C. N. Bianchi, 1981 – Policheti serpuloidi. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane – AQ/1/96. 5. C.N.R. Ed. Monotipia erredi – Genova.

F. Pleijel and R. P. Dales, 1991 – Polychaetes: British Phyllodoceideans, Typhloscolecoideans and Tomopteroideans. Synopses of the British fauna (New Series) No. 45. Ed. D. M. Kermack and R. S. K. Barnes.

J. D. George, G. Hartmann-Schröder, 1985 – Polychaetes: British Amphinomida, Spintherida and Eunicida. Synopses of the British fauna (New Series) No. 32. Ed. E. J. Brill, Dr W. Backhuys.

P. Fauvel, 1975 - Faune de France 5: Polychetes errantes. Kraus Reprint.

P. Fauvel, 1977 - Faune de France 16: Polychetes sedentaires. Kraus Reprint.

S. J. Chambers and A. I. Muir, 1997 – Polychaetes: British Chrysopetaloidea, Pisionoidea and Aphroditoidea. Synopses of the British fauna (New Series) No. 54. Ed. R. S. K. Barnes and J. H. Crothers.

Crostacei

D. Bellan-Santini, G. Karaman, 1982 - The Amphipoda of the Mediterranean parte I. Ruffo.

D. Bellan-Santini, G. Karaman, 1989 - The Amphipoda of the Mediterranean parte II. Ruffo.

D. Bellan-Santini, G. Karaman, 1993 - The Amphipoda of the Mediterranean parte III. Ruffo.

D. M. Holdich and J. A. Jones, 1983 – Tanaids. Ed. D. M. Kermack and R. S. K. Barnes.

E. Naylor, 1972 – British Marine Isopods. Synopses of the British fauna No. 3. Academic Press London and New York.

L. Falciai, R. Minervini, 1992 - Guida dei Crostacei Decapodi d'Europa. Ed. Muzzio.

M. Cottiglia, 1983 – Crostacei Decapodi Lagunari. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane – AQ/1/225. 10. Ed. Monotipia erredi – Genova.

R. W. Ingle, 1980 – British Crabs. Oxford University Press, Inc., New York.

R. W. Ingle, 1996 – Shallow – water Crabs. Synopses of the British fauna No. 25 (second edition). Ed. R. S. K. Barnes and J. H. Crothers.

R. W. Ingle and M. E. Christiansen, 2004 – Lobster, Mud Shrimps and Anomuran Crabs. Synopses of the British fauna No. 55. Ed. J. H. Crothers and P. J. Hayward.

R. Zariquiey Alvarez, 1968 - Crustáceos Decápodos Ibéricos. Imprenta Juvenil

Z. Kabata 2003 – Copepods Parasitic on Fishes. Ed. J. H. Crothers and P. J. Hayward.

Echinodermi

E. C. Southward, A. C. Campbell, 2006 – Echinoderms. Synopses of the British fauna No. 56. Ed. Field Studies Council Shrewsbury.

E. Tortonese, 1965 – Fauna d'Italia. Vol VI. Echinodermata. Ed. Calderini Bologna.

Sipunculidi

P. E. Gibbs, 1977 – British Sipunculans. Synopses of the British fauna No. 12. Ed. Academic Press London, New York, San Francisco.

Piombino, 21/11/2019

Istituto di Biologia ed Ecologia Marina di Piombino

Il Direttore
Prof. Roberto Bedini



Consiglio Nazionale delle Ricerche

ISMAR - Istituto di Scienze Marine

UOS di Bologna

Via P. Gobetti, 101 - 40129 Bologna, Italy

Tel +39 051 6398891 Fax +39 051 6398939

segreteria@bo.ismar.cnr.it

C.F. 80054330586 - P.IVA 02118311006



RILIEVO GEOFISICO MARINO CON VEICOLO AUTONOMO DI SUPERFICIE A PORTOFERRAIO E CAVO (SETTEMBRE 2019)



settembre 2019

SEDE ISTITUTO Castello 2737/f 30122 Venezia Tel. +39 041 2404711 Fax +39 041 5204126 segreteria@ismar.cnr.it	Ancona Largo Fiera della Pesca 1 60125 AN Tel +39 071 207881 Fax +39 071 55313 segreteria@ismar.cnr.it	Genova Via De Marini, 6 16149 GE Tel +39 010 64751 Fax +39 010 6475400 segreteria@ge.ismar.cnr.it	Lesina Via Pola, 4 71010 FG Tel +39 0882 992702 Fax +39 0882 991352 segreteria@fg.ismar.cnr.it	Pozzuolo di Lerici Forte Santa Teresa 19032 SP Tel +39 0187 978300 Fax +39 0187 970585 segreteria@sp.ismar.cnr.it	Trieste Francesco Vercelli Viale Romolo Gessi, 2 34123 TS Tel +39 040 305312 Fax +39 040 308941 segreteria@ts.ismar.cnr.it
--	--	---	--	---	--

Rilievo geofisico marino con veicolo autonomo di superficie a Portoferraio e Cavo, Isola d'Elba (settembre 2019)

Autori:

Luca Gasperini, Giuseppe Stanghellini, Alessandra Mercorella, Andrea Gallerani

Istituto di Scienze Marine (ISMAR-CNR)

10 ottobre 2019, Bologna

Responsabile Scientifico:

Luca Gasperini



Indice

Premessa – Scopo del lavoro

1- Aree rilevate

2- Metodi e strumentazione

3- Risultati

4- Conclusioni

Bibliografia

Premessa – Scopo del lavoro

Il rilievo geofisico realizzato all’Isola d’Elba nel settembre 2019 per mezzo di un veicolo autonomo di superficie costituisce un primo studio pilota per verificare le potenzialità di un sistema automatico di acquisizione dati in un’area particolarmente difficile come l’interno di un porto o una fascia costiera di acqua bassa, caratterizzata dalla presenza di ostacoli antropici e naturali.

È stata sperimentata una tecnologia di acquisizione mediante passaggi lungo linee di progetto con uno strumento del tipo Multibeam Echo Sounder (MBES) per il monitoraggio dello stato del fondale (immagini *side-scan sonar*) e della quota dell’interfaccia acqua-sedimento (batimetria).

Si è trattato del primo rilievo per verificare le potenzialità del metodo e fornire un supporto cartografico al team di specialisti che si sono occupati contestualmente di indagini ambientali.

I dati acquisiti sono stati elaborati con tecniche innovative per compilare mappe tematiche, che includono un modello digitale del fondale e un mosaico di immagini del *backscatter*, assimilabili a foto aeree, per la determinazione del tipo di habitat marino (fondo roccioso, sabbioso, fangoso, vegetato, ecc.).

Lo scopo di questa relazione è descrivere i dati acquisiti e le elaborazioni, nonché il formato dei dati distribuiti.

1.0 - Aree rilevate e diario delle operazioni

Sono state rilevate due aree costiere dell'Isola d'Elba, e in particolare Portoferraio e Porto Cavo (**Figura 1**).



Figura 1 – Aree di acquisizione dei dati

Il rilievo è stato effettuato attraverso l'esecuzione di una singola traccia che ha permesso di realizzare la "copertura" di una fascia della larghezza di circa 100 m del fondale marino. Questa operazione, alle velocità di circa 2 nodi, ha richiesto circa 1 giornata di lavoro (*mob-demob* compresi) per ciascuna area. Sono state comunque necessarie, data l'estrema accuratezza che si voleva raggiungere nella qualità dei dati, alcune passate di test per la calibrazione degli strumenti.

Contrariamente alle aspettative, durante quasi tutte le giornate del rilievo le condizioni meteomarine non sono state particolarmente favorevoli, con vento costante dai quadranti NW, e onda fino a 10 - 20 cm di altezza. Questo ha limitato molto le prestazioni dello strumento, che sono quindi da considerarsi molto lontane dalle migliori possibili. Tuttavia, le elaborazioni post-acquisizione hanno migliorato molto la qualità dei dati che è da considerarsi più che accettabile, in assoluto, e per gli scopi del progetto.

Sono state coinvolte nel rilievo le seguenti unità di personale:

- Alessandra Mercorella, Istituto di Scienze Marine, CNR, UOS Bologna
- Giuseppe Stanghellini, Istituto di Scienze Marine, CNR, UOS Bologna
- Andrea Gallerani, Istituto di Scienze Marine, CNR, UOS Bologna

Il responsabile scientifico dell'attività di ricerca è stato Luca Gasperini, dell'Istituto di Scienze Marine del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Le operazioni sono iniziate il giorno 10/09/2019 e terminate il giorno 11/09/2019.

2.0 – Metodi e strumenti

2.1 Il veicolo SWAP

Il rilievo è stato eseguito interamente utilizzando un mezzo autonomo di superficie a della classe SWAP (**Figura 2**), realizzato nell'ambito del progetto NAIADI (Gasperini et al., 2012), con a bordo l'ecoscandaglio *multibeam* interferometrico HC3500 della Klein (**Figura 3**).



Figura 2 - Il veicolo autonomo della classe SWAP utilizzato nel rilievo

SWAP è un catamarano in ABS delle dimensioni di 1,2 x 1 metri, del peso in aria di 70 kg, equipaggiato con 4 motori elettrici da ROV della Bluerobotics e realizza le funzioni di un veicolo autonomo di superficie, cioè è in grado di effettuare percorsi predeterminati con la precisione di circa 30 cm sull'accuratezza della rotta in condizioni meteomarine ottimali, ed può essere equipaggiato con una MRU (Motion Reference Unit), un sistema GPS-RTK, e un *payload* modulare di strumenti geofisici, oceanografici o geochimici.

Il veicolo è stato “lanciato” da terra, ma si è ritenuto necessario predisporre una piccola imbarcazione di appoggio per intervenire in caso di emergenza o malfunzionamento ed effettuare delle misure delle proprietà fisico-chimiche della colonna d'acqua. Le misure sulla colonna d'acqua sono state realizzate per mezzo di una sonda auto-registrante multiparametrica EXO (**Figura 4**) calata dall'imbarcazione con una cima in nylon.



Figura 3 – Il multibeam interferometrico Hydrochart 3500 della Klein



Figura 4 – La sonda multiparametrica EXO

2.2 L' HydroChart 3500

L' *HydroChart 3500* è un sonar batimetrico professionale a standard idrografico IHO per operazioni in acque poco profonde che integra le caratteristiche di un side-scan sonar con quelle di un ecoscandaglio *multibeam* interferometrico. Si tratta di un sistema portatile che include un'unità MRU (*motion reference unit*) un sensore di rotta e un sensore di velocità del suono, situato nella testa del sonar. Con *HydroChart 3500* è possibile generare contemporaneamente DTM batimetrici e immagini Side-Scan geo-referenziate, oltre che un file di metadati per ogni *ping* di insonificazione che includono l'incertezza sulla stima della profondità e degli angoli dei *beam* utilizzati per il *ray-tracing*. In questo modo, il modello di incertezza di propagazione del sonar è integrato nel flusso di elaborazione dei dati per fornire stime di incertezza per le singole misurazioni di profondità tali da poter essere utilizzate senza problemi con la post-elaborazione batimetrica di terze parti.

Le caratteristiche dello strumento sono indicate di seguito:

- Wide Swath Bathymetry, up to 12x water depth or altitude
- Co-registered, High-resolution Side Scan Imagery
- Supports IHO sP-44 Special Order accuracies
- Over 200° View Angle, Dual Array Configuration
- No Nadir Gap and Multipath Suppression
- Better Spatial Resolution than MBES
- Portable, Turnkey Solution
- Versatile Mounting Options
- Integrated Calibration File
- Rapid Post-Processing

Le frequenze centrali a cui può operare il sistema SSS sono 445 kHz e 900 kHz, e quella del sistema MBI 445 kHz. Sono inoltre esplicitate le risoluzioni *across-track* (1.5 cm) e *along-track* (0.21 deg.) del sistema SSS ragionevolmente ottenibili operando alla frequenza più alta pari a 900 kHz. Da queste si deduce che le risoluzioni *across-track* e *along-track* del sistema SSS, operante alla frequenza di 445 kHz, dovrebbero salire a sopra i 3.0 cm e a circa 0.42deg, rispettivamente (numeri che si avvicinano alle risoluzioni *across* e *along-track* di 5.0 cm e 0.4 deg. dichiarate per il sistema MBI operante a 445 kHz).

Conoscendo le caratteristiche dello strumento e la configurazione del sistema di acquisizione basato sul software SonarPro®, è stato possibile progettare un sistema integrato di acquisizione da installare su un veicolo autonomo che integrasse, oltre all'acquisizione dei dati sonar, tutte le informazioni sull'assetto di navigazione (*Heading, Roll, Pitch, Heave*). Il veicolo SWAP (*Shallow Water Prospector*) utilizza le stesse informazioni per la navigazione, e in particolare per effettuare rilievi ripetuti con una accuratezza migliore di +/-20 cm in condizioni meteomarine ottimali.

I dati di assetto sono acquisiti per mezzo di una MRU, in grado di fornire le informazioni per mezzo di accelerometri e un sistema GPS-RTK a doppia antenna. Le stesse informazioni sono fornite in tempo reale ad un computer di acquisizione (con sistema operativo Windows™) sul quale è installato SonarPro®.

I dati resi disponibili da Klein per l'HC3500 attraverso il software SonarPro®, sono memorizzati in *files* di formato SDF. Si tratta di un formato proprietario che, sebbene molto funzionale all'acquisizione dei datagrammi contenenti il modello digitale del terreno e le immagini Side-scan sonar, non consente di manipolare il segnale ultrasonico ricevuto dallo strumento alla massima risoluzione teorica.

Per superare il problema e per fornire al gruppo del Politecnico di Milano i dati in uscita diretta dal sonar si è dovuti ricorrere ad una soluzione *ad hoc*.

Ogni file SDF contiene al suo interno i dati *raw* di ogni singolo array ricevitore, ma non li rende immediatamente disponibili alle operazioni di elaborazione, dato che la maggior parte dei software richiede semplicemente la “nuvola” di punti georeferenziati, dopo applicazione delle opportune correzioni per la velocità di propagazione del suono nell'acqua.

Nel nostro caso, occorre ottenere la serie digitalizzata degli ecogrammi senza i passaggi intermedi di SonarPro®, e per questo è stato necessario consultarsi con Klein, che ha fornito le specifiche del file e l'architettura hardware dello strumento, ed effettuare una operazione di “*reverse engineering*” sui dati.

Il programma di conversione sviluppato nei laboratori di ISMAR-CNR nel corso di questa attività è utilizzato per convertire il formato SDF in un file ASCII organizzato in gruppi di linee (7 linee per ogni *ping*), separate da CR e LF, con campi delimitati da spazi e organizzati come segue:

Linea1:

numero ping; giorno; mese; anno; ore; minuti; secondi; centesimi; heading; pitch; roll; lat.; long.;

Linee2-7:

Dati dei trasduttori sotto forma di array, uno per ogni linea.

Queste sette linee si ripetono per ogni ping fino alla fine del file.

Il programma è stato scritto in MatLab e Python ed è stato fornito a ENI per distribuirlo al Gruppo del Politecnico di Milano, insieme ad un primo set di dati decodificati al fine di mettere a punto le procedure di elaborazione in vista del rilievo nell'area di Capo Colonna.

In questo modo viene stabilita una catena di acquisizione ed elaborazione dei dati:

- 1) I dati morfobatimetrici acquisiti per mezzo di un Klein HC3500 a bordo del veicolo autonomo SWAP (*Shallow-Water Prospector*) in formato SDF per mezzo del software SonarPro®; e contestualmente a posizione e *motion reference unit* (MRU).
- 2) Il software di decrittazione provvede a fornire al gruppo di elaborazione delle “immagini” acustiche del fondale i dati e tutti i parametri utilizzabili per le correzioni geometriche in una fase successiva all'acquisizione.

2.3 Il sistema di posizionamento

Per ottenere il posizionamento di precisione del veicolo è stato montato a bordo un ricevitore GPS TRIMBLE SPS461 HP/XP doppia antenna con correzione differenziale del dato attraverso un sistema VRTK via rete GSM. Il dato ricevuto dalle stazioni a terra (servizio SPINN - Servizio di Posizionamento Interregionale GNSS) ha fornito una precisione orizzontale centimetrica.

3.0 – Risultati

Il rilievo è stato realizzato lungo tracciati preordinati che includessero i siti di campionatura di IBEM nell'area in esame di Portoferraio e Cavo. I risultati sono visualizzati sotto forma di mappa, ma sono disponibile in versione digitale in formato da concordare.

Le figure 5a/b riportano le mappe batimetriche del settore investigato rispettivamente a Portoferraio e Cavo, le figure 6a/b riportano le mappe side-scan sonar settore investigati rispettivamente a Portoferraio e Cavo.

Gli stessi elaborati sono disponibili in formato PDF a risoluzione più alta sotto forma di allegati.



Figura 5a - Morfobatimetria area Portoferraio

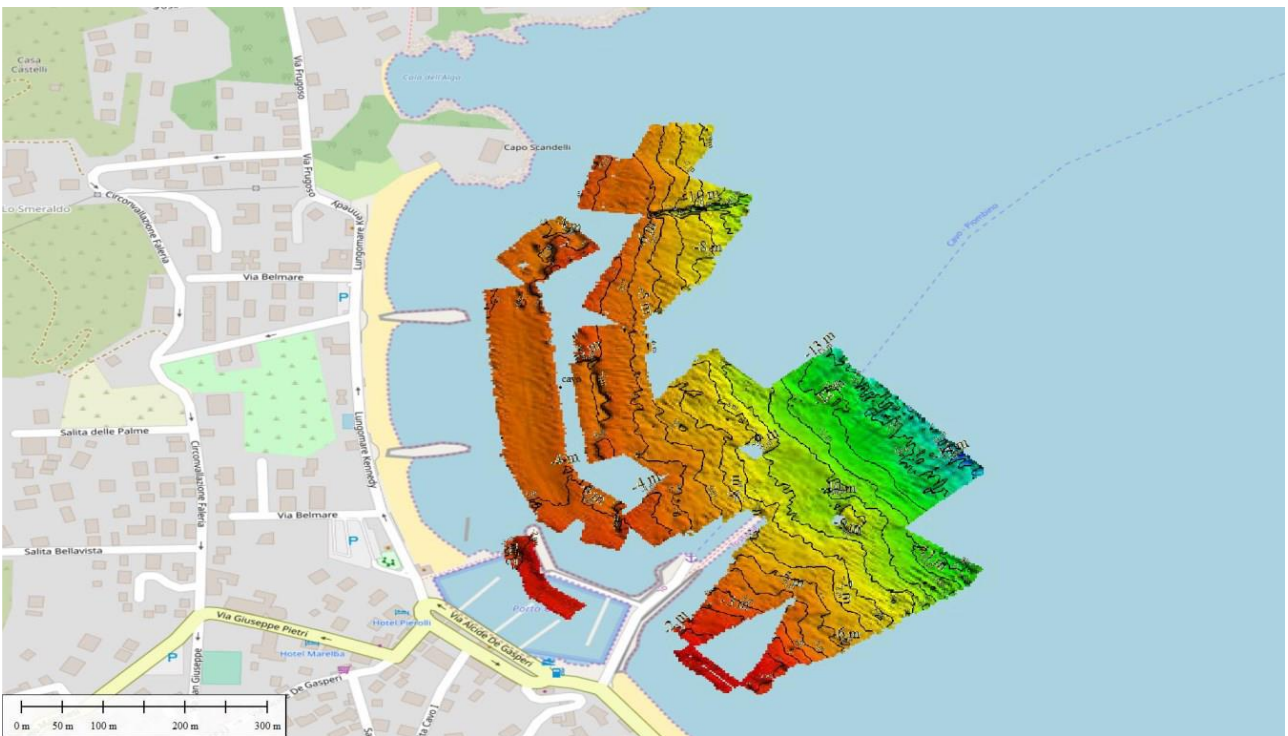


Figura 5b - Morfobatimetria area Cavo



Figura 6a – Mappa side-scan sonar area Portoferraio



Figura 6b – Mappa side-scan sonar area Cavo

3.1 Morfobatimetria

I dati di morfobatimetria sono stati registrati in file formato *sdf* del programma SonarPro.

Sono state eseguite 9 calate CTD mediante una sonda multi-parametrica YSI EXO2. In particolare, sono stati misurati i valori di temperatura, salinità, pressione e profondità ad intervalli di 1 secondo. I valori misurati sono stati successivamente elaborati utilizzando la formula di Chen and Millero (1977) per ottenere la velocità di propagazione del suono in acqua utilizzata per correggere i dati batimetrici.

L'elaborazione dei dati è stata condotta a Bologna mediante il software CARIS HIPS & SIPS.

I dati sono stati convertiti nel formato interno di CARIS ed è stata applicata la sequenza di elaborazione riportata di seguito:

- 1) *Sound Velocity Correction*: per una più accurata ricostruzione delle misure batimetriche, sono stati applicati ai dati i profili di velocità del suono acquisiti nelle diverse aree.
- 2) *Tide Correction*: per una più accurata ricostruzione delle misure batimetriche, si è tenuto conto anche delle oscillazioni del livello medio del mare durante il periodo dei rilievi. Dal sito della Rete Mareografica Nazionale (www.mareografico.it) sono stati scaricati i dati relativi alle variazioni del livello idrometrico nella stazione mareografica di Crotone, situata presso il porto e dotata con un nuovo sensore radar denominato SIAP+MICROS TLR con precisione millimetrica. per tenere conto delle oscillazioni giornaliere del livello medio del mare.
- 3) *Navigation Editing*: filtraggio degli *spikes* dovuti a misure errate del GPS, *smoothing* delle rotte ed eliminazione delle accostate.
- 4) *QC* preliminare: sono state create delle griglie preliminari per effettuare un controllo di qualità sui dati e mettere in evidenza gli errori in corrispondenza dei *beams* centrali e di quelli esterni.
- 5) *Editing dei beams centrali e laterali*: una volta individuato il tipo di rumore sono stati applicati dei filtri automatici per *range* di profondità e *azimuth*.
- 6) *Editing manuale degli spikes*. In questa fase sono stati rimossi manualmente gli spikes dovuti a rumore casuale.
- 7) Esportazione di una griglia batimetrica regolare (0.25 m per Area-1 e 0.50 m per Area-2) nel formato ASCII xyz.

3.2 Side-scan sonar

I dati di Side-Scan Sonar sono stati visualizzati senza effettuare alcun tipo di elaborazione e sono stati esportati in formato di testo ASCII in cui sono presenti Latitudine, Longitudine ed Intensità (dB) del segnale retro-diffuso.

L'intero *dataset* è stato utilizzato per ottenere un mosaico, che potrà fornire una base per cartografare gli ambienti.

Preliminarmente a questo, i dati sono stati estratti dagli originali SDF per ottenere solo il segnale side-scan sonar e registrati in formato XTF (Triton Elics) utilizzando il software Sonarpro.

4.0 – Conclusioni

È stato eseguito un rilievo geofisico marino nell'offshore di Portoferraio all'Isola d'Elba per mezzo di un veicolo autonomo di superficie, nell'ambito di un progetto in collaborazione con IBEM Piombino per l'implementazione di tecnologie innovative per l'acquisizione di dati sui fondali marini a scopi di tutela ambientale.

I dati acquisiti, anche dopo una elaborazione preliminare hanno mostrato ottime potenzialità per gli scopi del progetto che consistono nel registrare un'immagine dei fondali controllabile nel tempo. È stato eseguito un passaggio per ognuna delle aree investigate.

Si è trattato del primo studio pilota che potrà essere riprodotto nelle stesse aree con diversa estensione o in altre aree portuali soggette a controllo periodico.

Bibliografia

Chen C.T and F.J. Millero, Speed of sound in seawater at high pressures (1977) J. Acoust. Soc. Am. 62(5) pp 1129-1135 Chen e Millero, 1977.

Gasperini L., Del Bianco F., Stanghellini G., Priore F., 2014. Acquisition of geophysical data in shallow water environments using autonomous vehicles: state of the art, perspectives and case histories 2014/11. Atti del 33 Convegno del GNGTS.



Consiglio Nazionale delle Ricerche

ISMAR - Istituto di Scienze Marine

UOS di Bologna

Via P. Gobetti, 101 - 40129 Bologna, Italy

Tel +39 051 6398891 Fax +39 051 6398939

segreteria@bo.ismar.cnr.it

C.F. 80054330586 - P.IVA 02118311006



ANALISI GEOCHIMICHE XRF CAMPIONI PORTOFERRAIO E CAVO

Le analisi geochimiche XRF sono state effettuate tramite analizzatore TRACER5 della BRUKER.

L'obiettivo di questo tipo di analisi è quello di valutare lo stato degli ecosistemi costieri nei sedimenti a fondo mare, e iniziare a capire quanti e quali processi geochimici, naturali ed anche antropici avvengono nei piccoli porti turistici insulari ad elevato traffico marittimo.

Metodi

Un analizzatore XRF portatile permette di condurre analisi geochimiche elementari non distruttive *in situ* e in laboratorio tramite l'analisi della radiazione di fluorescenza emessa dagli atomi del campione a seguito dell'incidenza di un fascio di raggi X.

Il fascio primario di raggi X viene emesso dall'analizzatore. Se il fascio primario ha una energia maggiore dell'energia di legame degli atomi, incidendo sul campione genera instabilità, causando lo spostamento di un elettrone dagli orbitali interni ad uno più esterno. Per compensare la posizione vacante, un elettrone situato in un orbitale a maggior energia lascia la sua posizione per occupare quella rimasta vuota, emettendo energia durante la transizione. La radiazione emessa è data dalla differenza di energia che caratterizza i due orbitali tra i quali è avvenuto il passaggio di elettroni, a sua volta legata alla distanza che intercorre tra gli orbitali, che è caratteristica fissa di ogni elemento. L'energia emessa dipende dal numero atomico di ogni elemento chimico analizzato, perciò ad ogni elemento corrisponde una differente emissione di energia. Tale energia è rilevata dal detector installato sullo strumento. Tramite questo metodo è possibile individuare elementi dal Mg all'U.

In fase di pre-acquisizione è possibile impostare una serie di parametri (voltaggio, corrente, eventuali filtri e tempo di acquisizione) coerentemente con l'intento dello studio; inoltre, lo strumento può essere calibrato mediante l'analisi di campioni a composizione nota.

Nel momento dell'acquisizione, lo strumento mostra il dato qualitativo *raw* tramite lo schermo integrato. È inoltre possibile visualizzare in fase di acquisizione e, in seguito, elaborare i dati (in formato. pdz) tramite il software Artax.

Il software mostra, inoltre, le impostazioni selezionate al momento dell'acquisizione (Figura 7).

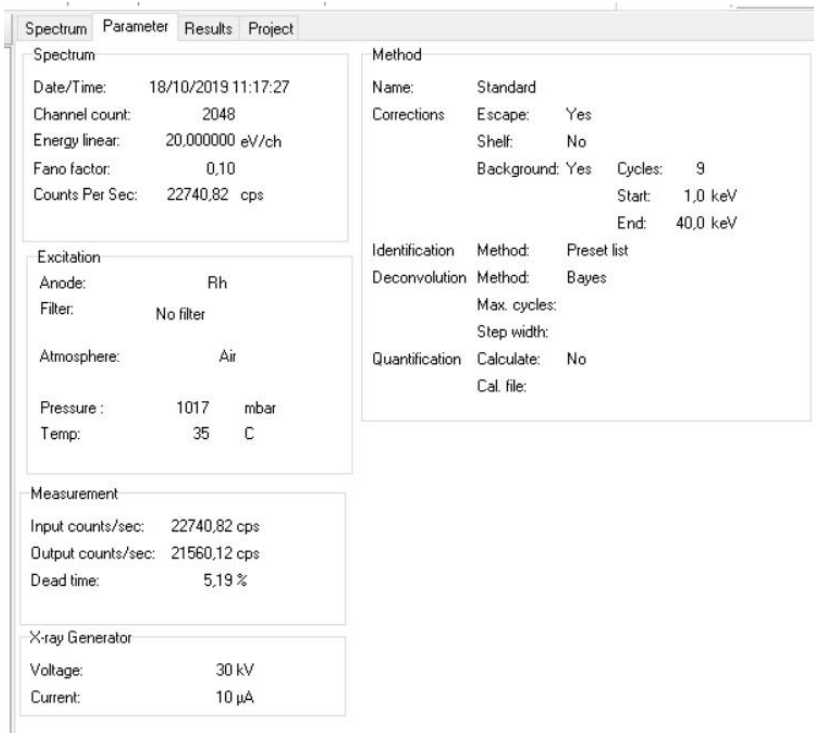


Figura 7 - Impostazioni dello strumento al momento dell'acquisizione.

All'interno della finestra di esecuzione, si accede direttamente ai dati *raw* sotto forma di spettro in un sistema di riferimento energia**counts* (Figura 8).

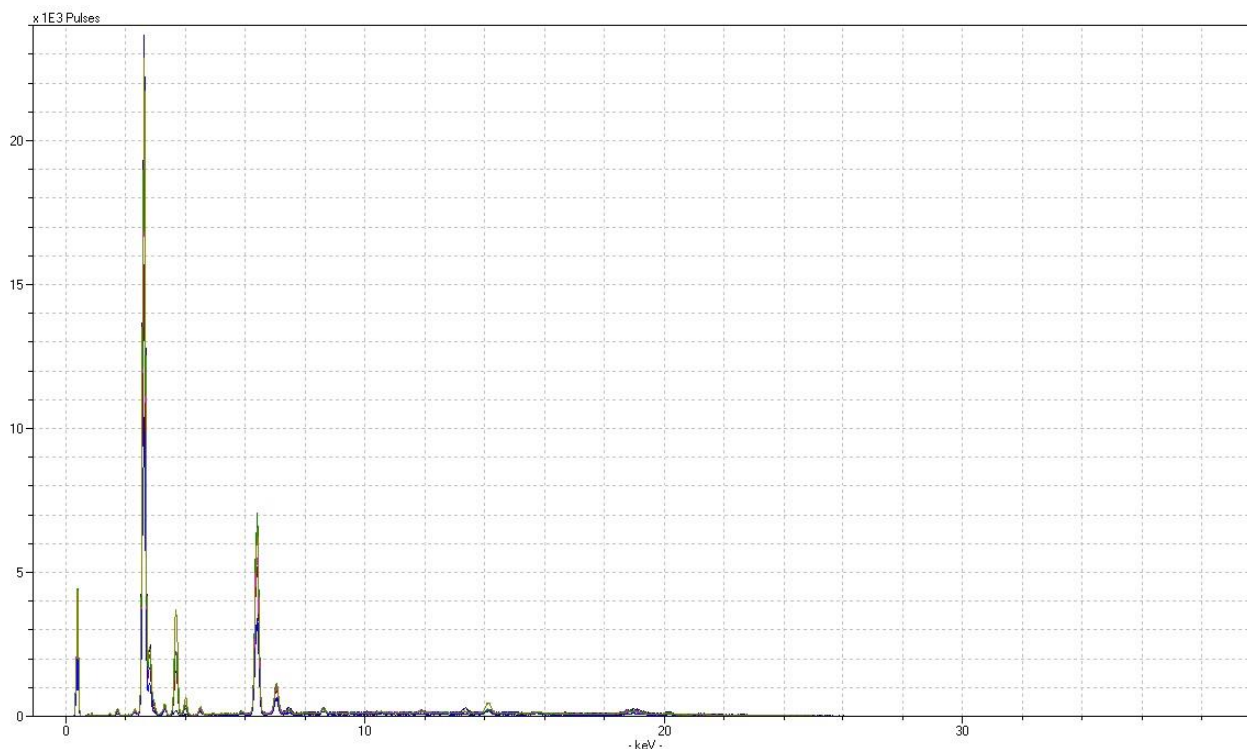


Figura 8 - Spettri sovrapposti dei campioni analizzati

Tramite l'analisi elementare si ottiene un dato di tipo qualitativo utilizzabile per definire la composizione del materiale. Questo è possibile anche nel caso di campioni non omogenei, per il quale è impossibile effettuare una precisa calibrazione dello strumento prima dell'analisi. Infatti, un approccio qualitativo (o semi-quantitativo, tramite operazioni sugli spettri) è particolarmente adatto per l'analisi di campioni di rocce e sedimenti, che spesso presentano tessitura e struttura irregolari, stratificazione, inclusi e alterazione superficiale.

I dati qualitativi forniti sotto forma di spettro possono essere elaborati per ottenere risultati semi-quantitativi effettuando il rapporto delle aree sottese dai picchi degli elementi di interesse, in base al valore dei *counts*. I *counts* non sono direttamente proporzionali al valore di concentrazione di un dato elemento all'interno di un campione ma, confrontando i valori (in *counts*) di ogni elemento all'interno dei vari campioni è possibile, a partire dallo spettro, ottenere un rapporto proporzionale al rapporto tra le concentrazioni di un elemento. Il logaritmo del rapporto di intensità tra due elementi è, infatti, proporzionale al logaritmo del rapporto delle concentrazioni.

Il software Artax permette di attribuire un elemento chimico ad ogni picco dello spettro mediante una tavola periodica integrata (Figura 9).

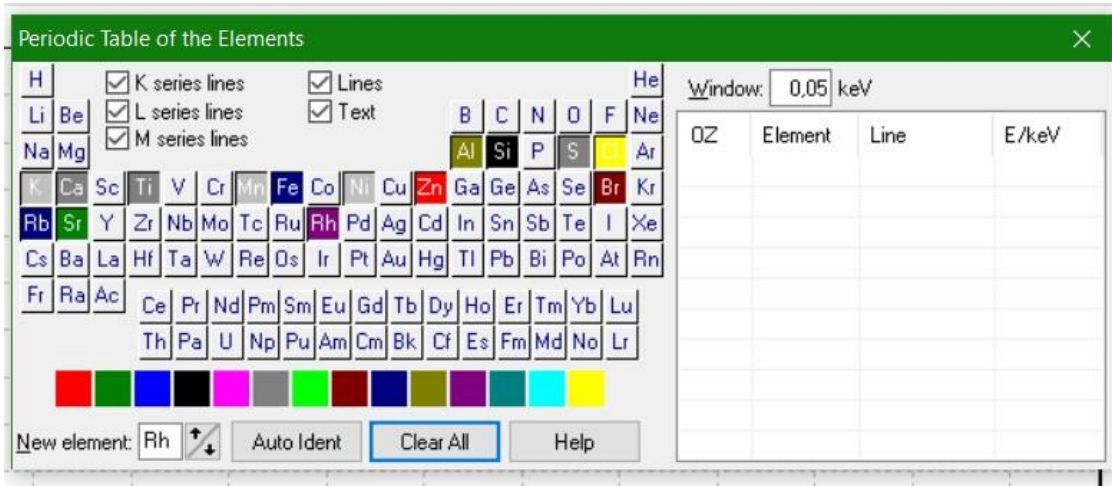


Figura 9 - Tavola periodica degli elementi integrata nel software (sono evidenziati gli elementi di interesse)

Per ogni elemento della tavola periodica sono mostrate le posizioni (keV) dei picchi principali e secondari. È possibile condurre questa operazione in maniera automatica, ricorrendo alla funzione *Auto identification*, oppure manualmente (Figure 10 e 11).

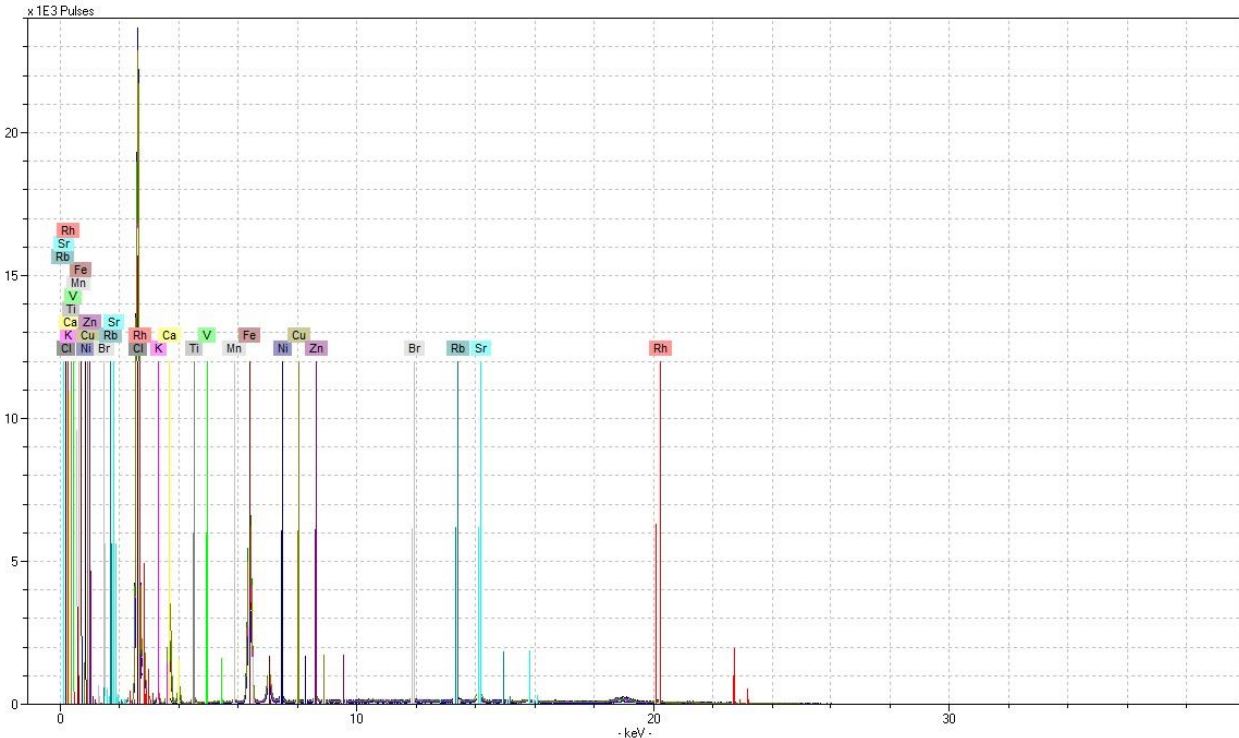


Figura 10 - Interpretazione dei picchi tramite funzione automatica.

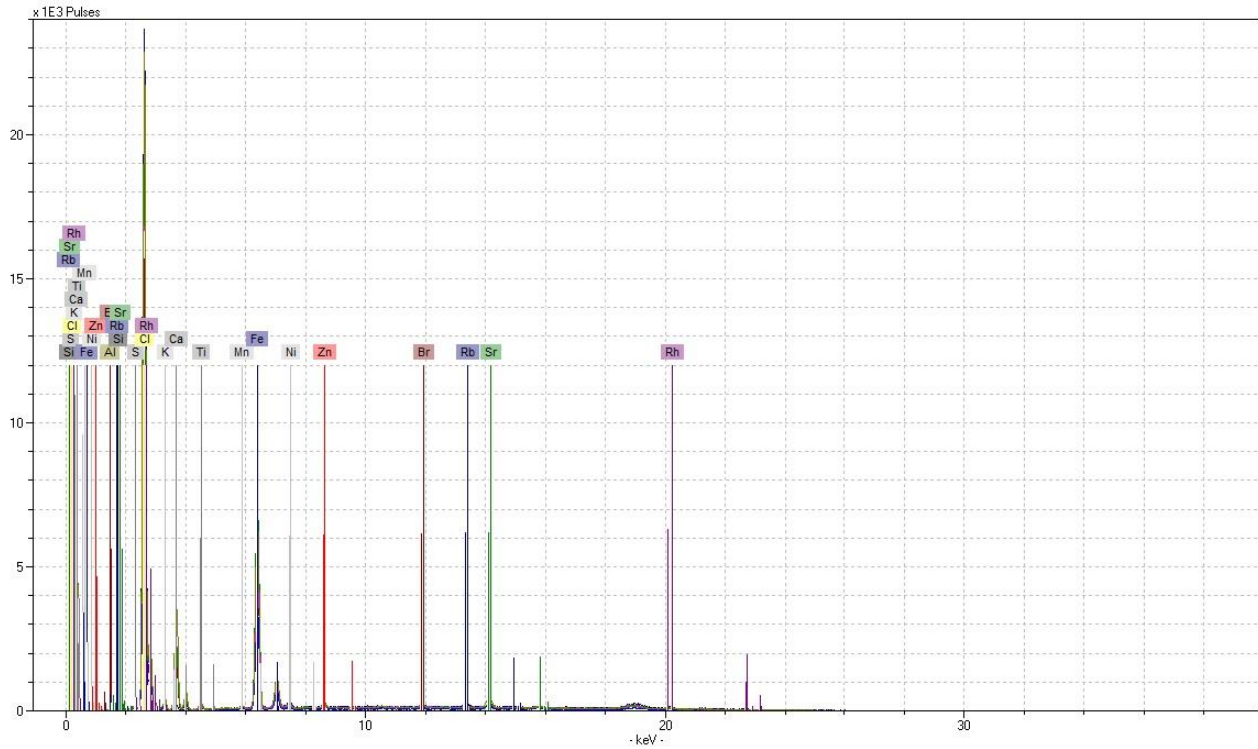


Figura 11 - Interpretazione dei picchi condotta manualmente tramite tavola periodica integrata

Risultati Portoferraio

Gli spettri ottenuti mostrano un picco ad intensità maggiore, riconducibile al cloro; gli altri picchi principali corrispondono agli elementi calcio e ferro; tra gli elementi secondari risultano principalmente Sr e Ti (Figura 12).

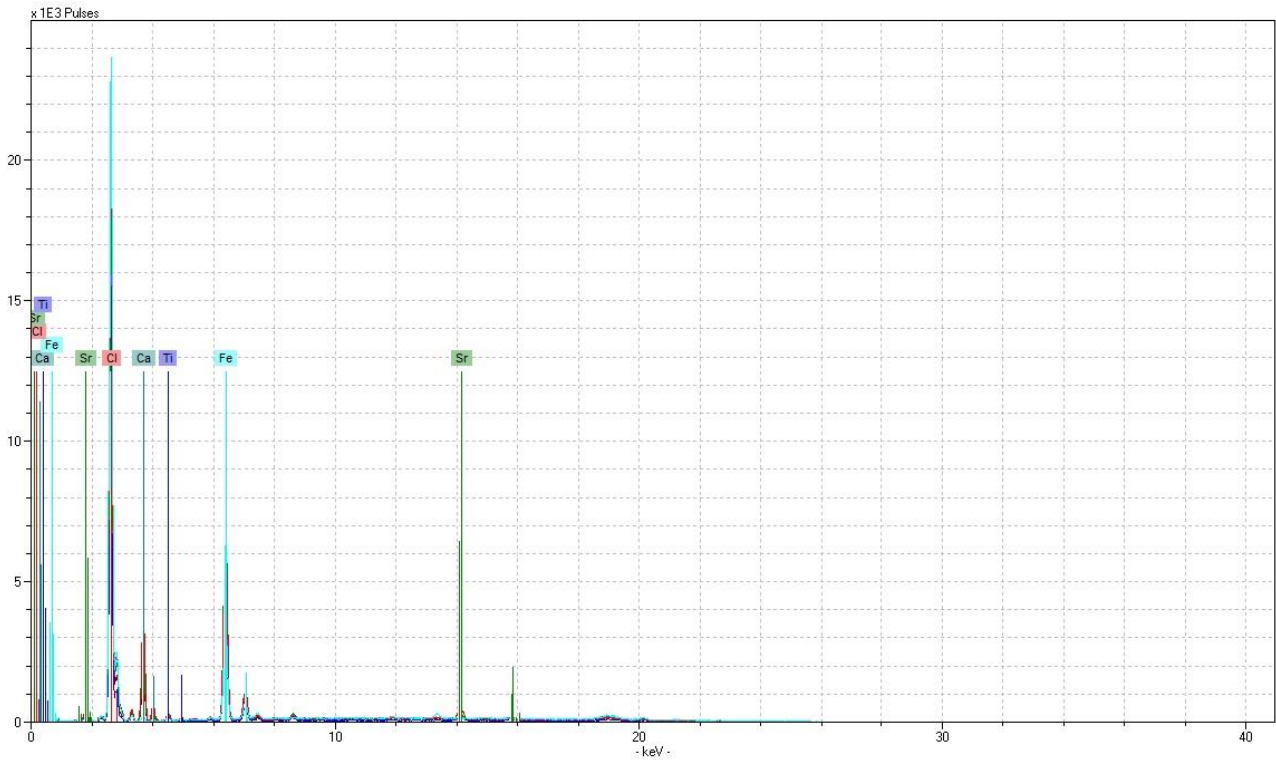


Figura 12 - Elementi corrispondenti ai picchi a maggiore intensità

Importando i valori di intensità su un foglio di lavoro Excel è possibile osservare in maniera più dettagliata la variazione di intensità di uno stesso elemento nei diversi campioni (Figura 13).

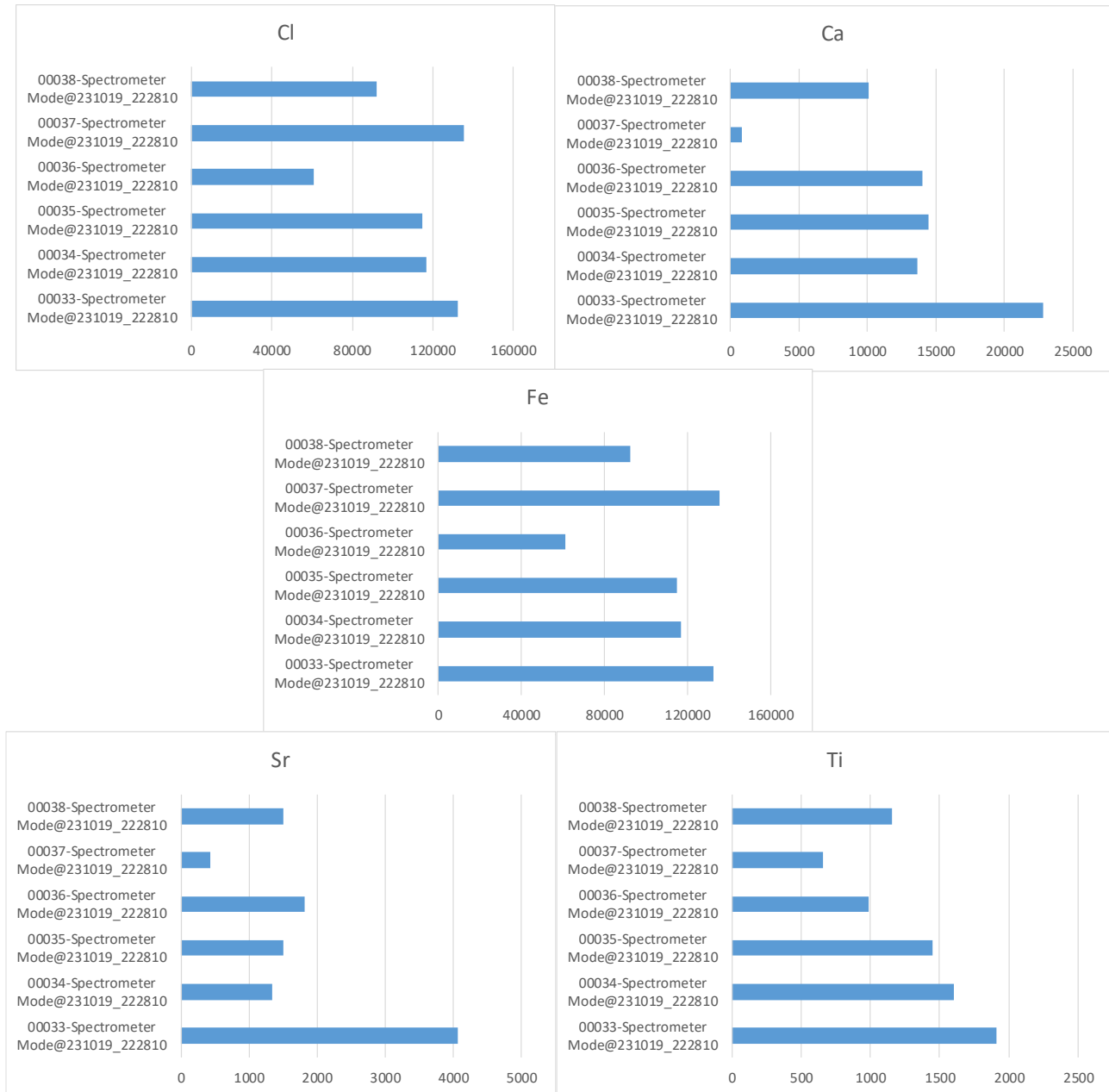


Figura 13 - Variazioni di intensità (valori in counts) dei principali elementi individuati tramite l'analisi dello spettro.

Nella tabella sottostante sono riportate le corrispondenze tra il numero di campione analizzato dallo strumento e il punto di campionatura.

Punto di Campionatura (Portoferraio)	Sigla analisi XRF
Punto 1	00034
Punto 2	00036
Punto 3	00038
Punto 4	00037
Punto 5	00035
Punto 6	00033

Conclusioni Portoferraio

Una prima interpretazione dei dati qualitativi messi a disposizione dall'analisi tramite XRF portatile ha permesso di identificare gli elementi principali contenuti nei sedimenti analizzati e l'entità della loro variazione in differenti campioni. Successive e più approfondite analisi qualitative degli spettri saranno opportune per definire in maniera più accurata gli elementi secondari. Dove ritenuto necessario, si procederà inoltre realizzando analisi semi-quantitative.

Risultati Cavo

In figura 14 si riporta il grafico relativo a tutti gli elementi rilevati dall'analisi.

In figura 15 si riporta il grafico relativo ai principali elementi rilevati dall'analisi e in figura 16 uno zoom dello stesso.

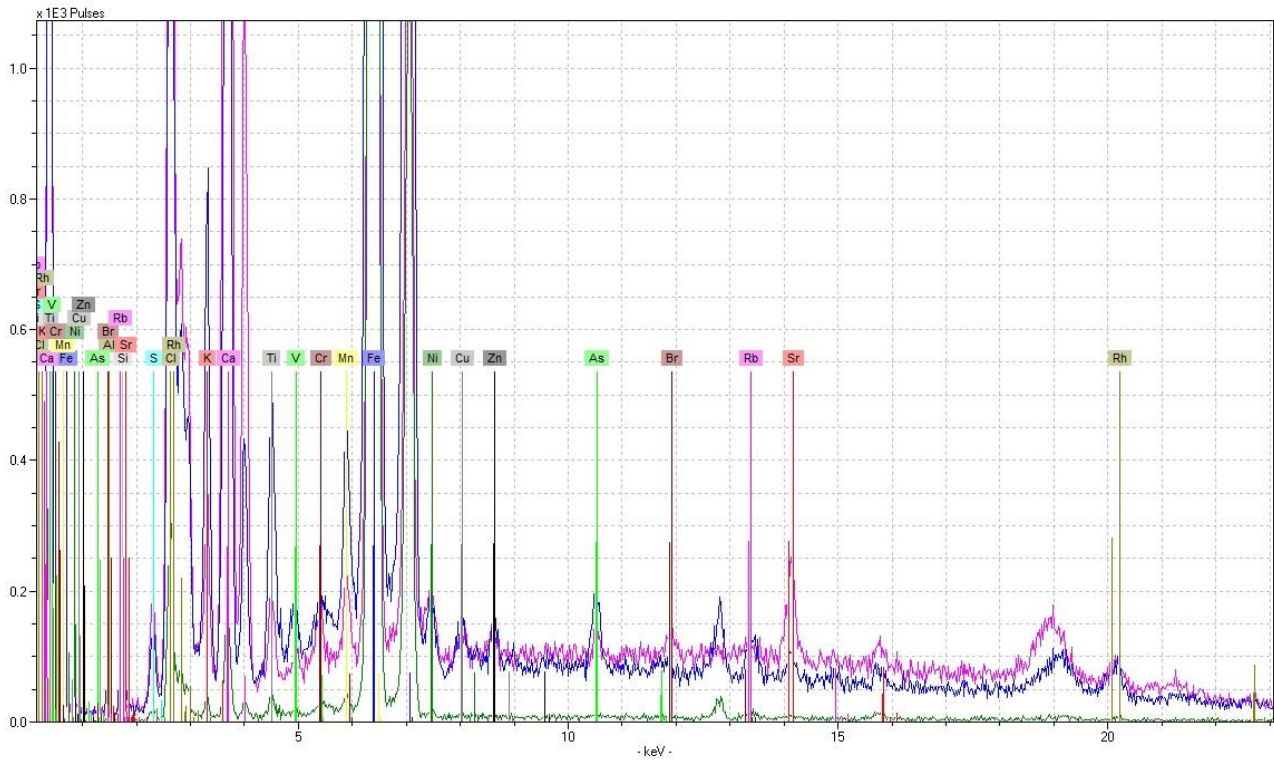


Figura 14 – Grafico che riporta tutti gli elementi rilevati ed i relativi picchi di intensità.

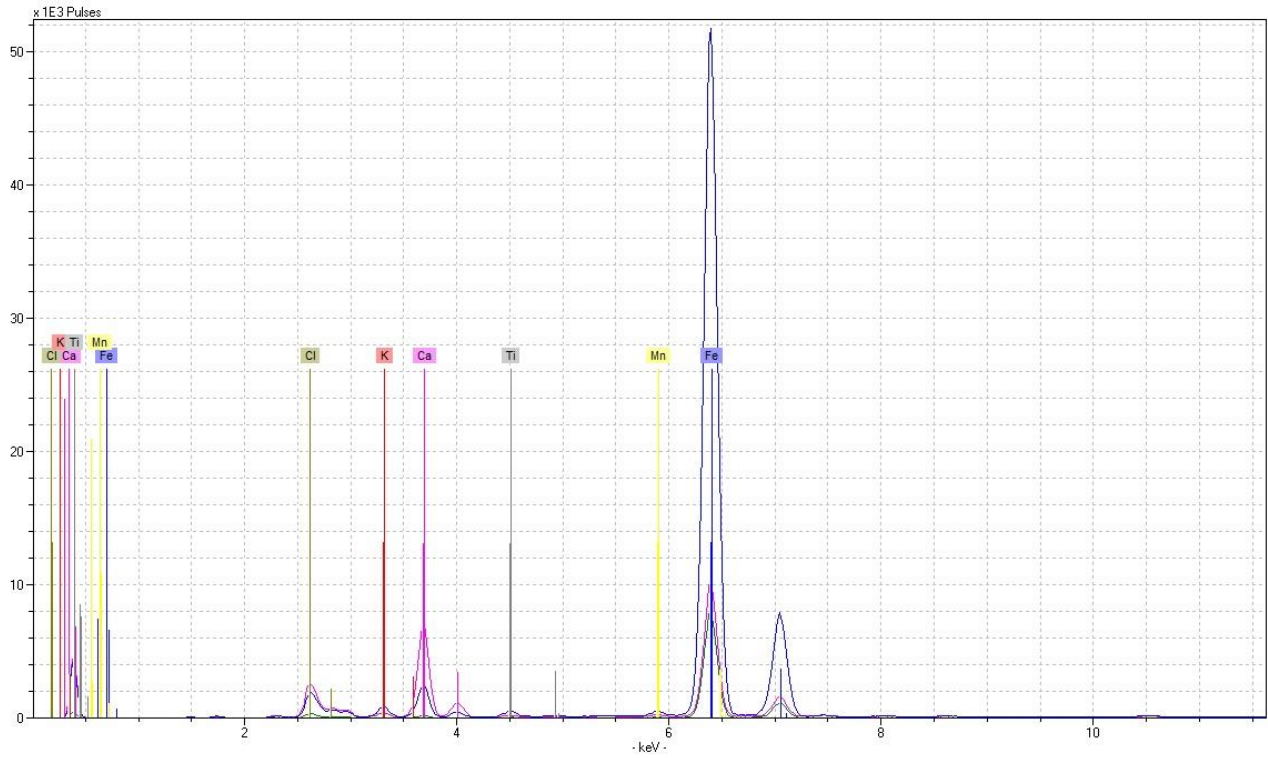


Figura 15 – Grafico che riporta i principali elementi rilevati e i loro picchi di intensità.

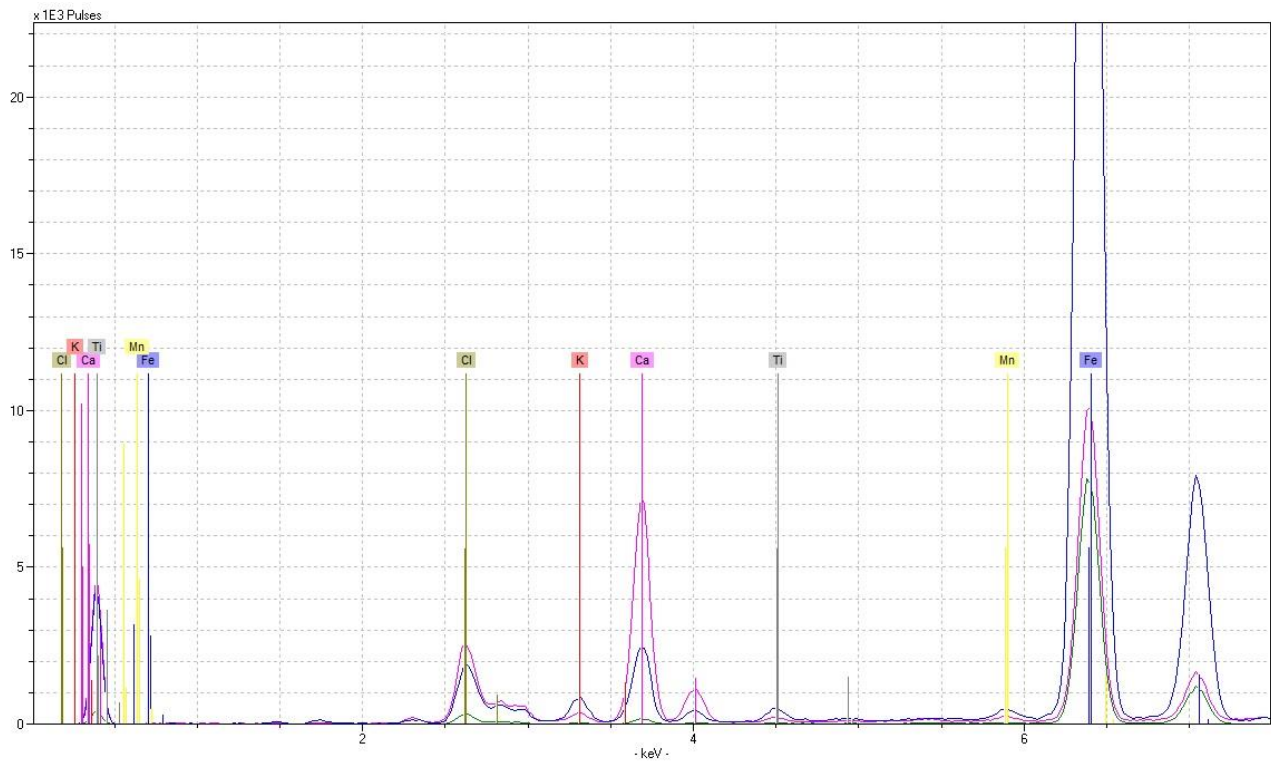


Figura 16 – Zoom del grafico che riporta i principali elementi rilevati e i loro picchi di intensità.

Gli spettri ottenuti mostrano un picco ad intensità maggiore, riconducibile al ferro; gli altri picchi principali corrispondono agli elementi calcio, cloro e titanio.

Importando i valori di intensità su un foglio di lavoro Excel è possibile osservare in maniera più dettagliata la variazione di intensità di uno stesso elemento nei diversi campioni (Figura 17).

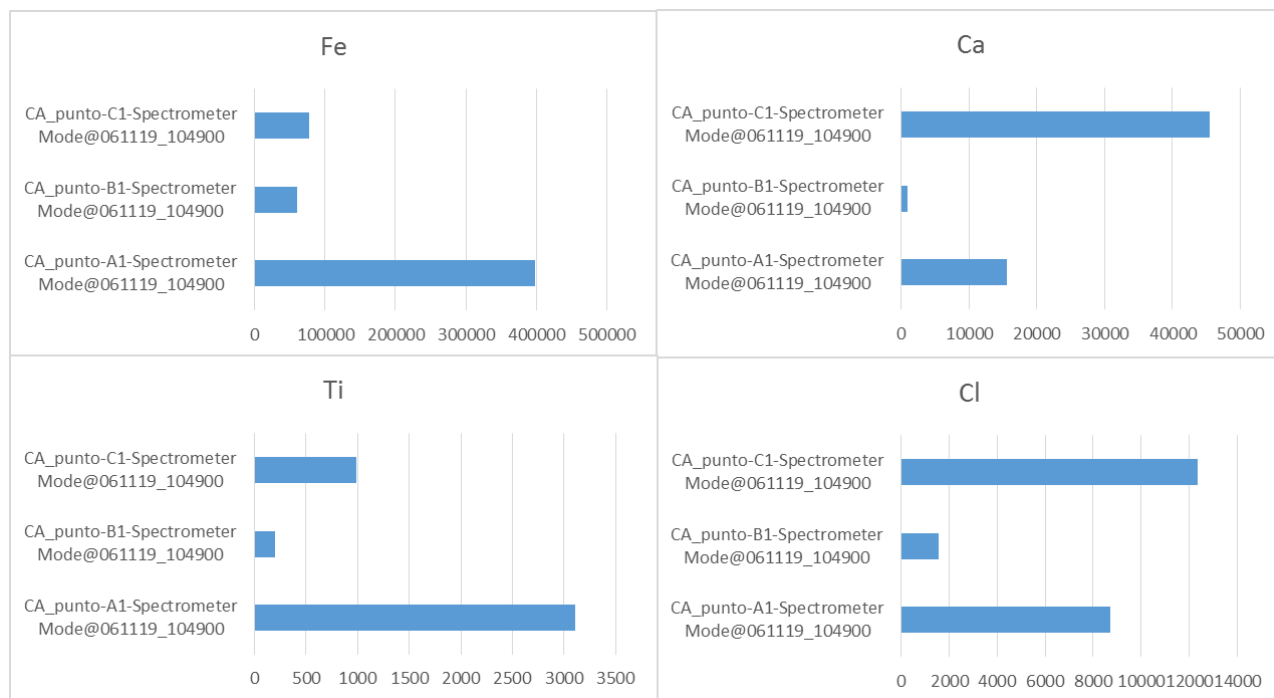


Figura 17 - Variazioni di intensità (valori in *counts*) dei principali elementi individuati tramite l'analisi dello spettro.

Conclusioni Cavo

Una prima interpretazione dei dati qualitativi messi a disposizione dall'analisi tramite XRF portatile ha permesso di identificare gli elementi principali contenuti nei sedimenti analizzati e l'entità della loro variazione in differenti campioni.

Si sottolinea che è stata effettuata per i tempi e le risorse al momento disponibili un'analisi qualitativa generale ed è stato possibile utilizzare solamente i campioni caratterizzati da una matrice più omogenea e fine di tipo fangoso. Dato il sedimento molto eterogeneo, successive e più approfondite analisi qualitative degli spettri saranno opportune per definire in maniera più accurata gli elementi secondari. Dove ritenuto necessario, si procederà inoltre realizzando analisi semi-quantitative.