



***M. Sprovieri^a, M. Barra^b, G. Buffa^a, C. Buscaino^a, M. Del Core^a, G. Di Martino^b, F. Falco^a,
S. Gherardi^b, L. Giaramita^a, S. Giorgi^a, S. Innangi^b, E. Oliveri^a, S. Passaro^b, D. Salvagio
Manta^a, C. Spagnolo^a, S. Tamburrino^b, R. Tonielli^b, A. Traina^a, G. Tranchida^a, S. Mazzola^b***

a. Istituto per l'Ambiente Marino Costiero del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IAMC-CNR), UOS di Capo Granitola, via del Mare 3 – 91021, Torretta Granitola (Campobello di Mazara, Tp), Italia;

b. Istituto per l'Ambiente Marino Costiero del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IAMC-CNR), Calata Porta di Massa, Napoli, Italia.

**ATTIVITA' DI RICERCA SVOLTA PER L'INDIVIDUAZIONE DI
SABBIE RELITTE SULLA PIATTAFORMA SICILIANA
NELL'AREA PROSPICENTE IL GOLFO DI GELA**

***"PROGETTO DI RICERCA AFFIDATO DAL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER
L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO
IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI
PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010"***

Sommario

1. Introduzione	4
2. Survey geofisico-fase esplorativa	5
2.1 Introduzione	5
2.1.1 <i>Inquadramento dell'area</i>	6
2.1.2 <i>Le Sabbie Relitte</i>	9
2.2 Informazioni tecniche di base sulle metodologie utilizzate	11
2.2.1 <i>Rilievi Multibeam swath bathymetry</i>	11
2.2.2 <i>Metodo sismico</i>	13
2.3 Acquisizione ed elaborazione dei dati	14
2.3.1 <i>Strumentazione utilizzata</i>	14
2.3.2 <i>Esecuzione del rilievo</i>	20
2.3.3 <i>Acquisizione sismica monocanale chirp</i>	21
2.3.4 <i>Acquisizione sismica monocanale sparker</i>	22
2.4 Descrizione degli elaborati e risultati	24
2.4.1 <i>Analisi morfobatimetrica tramite indagine Multibeam</i>	24
2.4.2 <i>Stratigrafia acustica</i>	25
2.4.3 <i>Morfologia delle sabbie relitte</i>	30
2.4.4 <i>Volumetria</i>	37
3. Misure delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque dell'area di indagine	43
4. Prelievo e campionamento di carote di sedimento nell'area antistante il Golfo di Gela tramite vibrocarotiere	47
4.1 Campionamento	47
5. Analisi sedimentologica e granulometrica dei sedimenti prelevati	52
5.1 Metodologia analitica.....	52
5.2 Risultati	53
5.2.1 <i>Analisi macroscopica</i>	53
5.2.2 <i>Analisi granulometrica</i>	55
6. Analisi mineralogica dei sedimenti prelevati	76
7. Analisi chimica dei sedimenti prelevati	77
7.1 Premessa	77
7.2 Risultati	77
8. Analisi microbiologiche e prove di ecotossicità	81

8.1 Premessa	81
8.2 Risultati	81
9. Analisi mineralogica e del colore di campioni di sabbia prelevati sul litorale di Pachino (Sicilia sud-orientale)	83
9.1 Premessa	83
9.2 Mineralogia.....	83
9.3 Colore	85
10. Conclusioni relative alla prima fase esplorativa	86
11. Fase di approfondimento	87
11.1 prelievo e campionamento delle carote di sedimento tramite vibrocarotiere	87
12. Descrizione macroscopica delle carote di sedimento ed individuazione dei campioni da analizzare...	94
13. Analisi macroscopica e granulometrica dei campioni	96
13. 1. Analisi macroscopica	96
13.2. Analisi granulometrica.....	97
14. Analisi mineralogica dei campioni	100
14.1 Premessa	100
14.2 Risultati	101
15. Convergenza morfologica, similarità di facies acustiche in forme concave (mounds) e conclusioni ..	103
BIBLIOGRAFIA.....	115
Allegato I	115
Allegato II.....	125

1. Introduzione

A seguito della stipula della convenzione “Progetto di ricerca finalizzato all’individuazione di sabbie relitte sulla piattaforma siciliana nell’area prospiciente il golfo di Gela” siglato in data 19 aprile 2012 tra il Commissario straordinario per l’attuazione degli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico nella regione siciliana previsti nell’accordo di programma siglato il 30.03.2010 e l’Istituto per l’Ambiente Marino Costiero del (IAMC) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) è stato progettato e realizzato un survey geofisico mirato alla valutazione dei potenziali reservoir di sabbie relitte presenti nell’area al fine di garantire la reale comprensione delle potenzialità dei giacimenti sabbiosi da utilizzarsi come fonti di materia prima per il ripascimento dei litorali.

Il survey geofisico è stato realizzato in due fasi: una prima fase esplorativa ed una seconda fase di approfondimento. Il presente Rapporto Tecnico riporta una descrizione ed interpretazione accurata delle informazioni relative alle diverse fasi di indagine del survey geofisico e della campionatura della seconda fase di ricerca relativa all’integrazione della convenzione sopra menzionata e le valutazioni conclusive dell’intera attività di ricerca svolta. Il lavoro effettuato durante la prima fase di indagine, in accordo alle indicazioni riportate nell’Allegato Tecnico della convenzione, ha visto la realizzazione di: i) un survey geofisico tramite multibeam, sparker e subbottom profiler di un’area precedentemente individuata ii) il campionamento di 4 carote di sedimento tramite vibrocarotiere, iii) l’analisi mineralogica e chimica dei campioni prelevati in ottemperanza alle indicazioni riportate nella Tabella 2.1c del “Manuale per la Movimentazione di Sedimenti Marini” redatto da ICRAM ed APAT iv) analisi mineralogica e del colore di un numero discreto di campioni di sabbia prelevati sul litorale di Pachino (Sicilia sud-orientale).

Le fasi relative al survey geofisico nell’area di interesse nonché il prelievo e il campionamento delle carote di sedimento nell’area antistante il Golfo di Gela hanno visto la partecipazione del Dr. Gianluca Sabatino come osservatore per parte del Commissario Straordinario per le Emergenze.

Il survey geofisico effettuato ha permesso di definire in maniera accurata e puntuale le geometrie e le volumetrie del deposito, mentre la campionatura realizzata (4 carote lunghe 3 metri) non ha permesso di definire in maniera certa la tipologia di materiale presente all’interno del giacimento, nonché la sua omogeneità verticale. La tipologia di sedimento a cumuli, non tipica di sistemi classici di depositi a barre e la relativa forte variabilità spaziale del giacimento, non ha infatti permesso, con il campionamento effettuato, di intercettare in maniera incontrovertibile il giacimento e determinarne pertanto la tipologia e lo stato di omogeneità sedimentologica. Si è

ritenuto pertanto necessario, al fine di valutare su base certa la struttura e tipologia di sedimento, un'integrazione della fase di campionatura a supporto della successiva fase di dragaggio e prelievo per ripascimento. Nello specifico, è stato considerato necessario il campionamento (tramite vibrocarotiere) di 4 carote di lunghezza non inferiore a 6 metri nell'area all'interno della quale il giacimento di sabbie relitte appare più superficiale rispetto al livello del fondo marino. Inoltre, la fase di indagine proposta è stata considerata necessaria per la redazione di un piano di caratterizzazione finalizzato alla fase di estrazione e dragaggio delle sabbie relitte, in accordo con le linee guida espresse all'interno del "Manuale per la movimentazione di sedimenti marini" redatto da ICRAM. Il lavoro effettuato, in accordo alle indicazioni riportate nell'Allegato Tecnico dell'integrazione alla convenzione, ha visto i) il campionamento di 4 carote di sedimento tramite vibrocarotiere, ii) l'analisi mineralogica, granulometrica e chimica dei campioni prelevati con percentuale di sabbia significativa in ottemperanza alle indicazioni riportate nella Tabella 2.1c del "Manuale per la Movimentazione di Sedimenti Marini" redatto da ICRAM ed APAT.

2. Survey geofisico-fase esplorativa

2.1 Introduzione

Nel periodo 11 - 19 Maggio 2012 l'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero ha effettuato un rilievo morfo-batimetrico e sismico monocanale ad alta (chirp) ed altissima (sparker) risoluzione al largo della tratto di costa antistante la località di Gela. Tale rilievo si è concentrato, in particolare, su un'area situata a distanza di circa 7 miglia nautiche dalla costa, ovvero su un settore della piattaforma continentale situato nel range di profondità compreso fra i 60 ed i 100 m con estensione di circa 10 Km² Fig. 1).

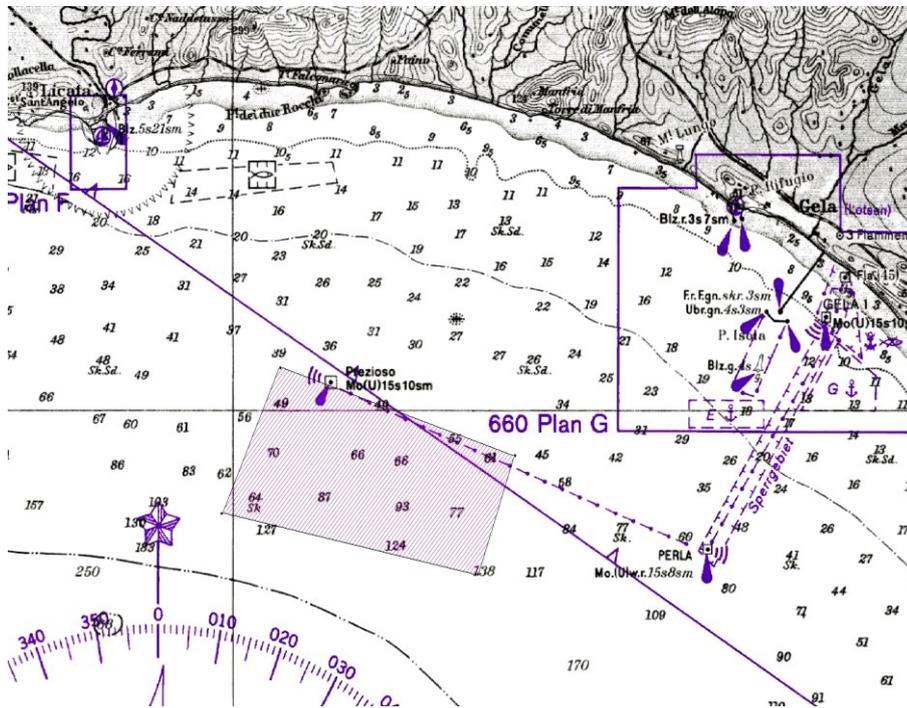


Figura 1. Area del survey nel Golfo di Gela

2.1.1 Inquadramento dell'area

L'altopiano carbonatico Ibleo appartiene alla piattaforma Pelagica nord africana, e costituisce il fronte della cintura di sovrascorrimento (Broquet, 1968; Mascle, 1973; Grandjaquet e Mascle, 1978; Amodio-Morelli *et al.*, 1979; Scandone, 1979; Broquet *et al.*, 1984; Roure *et al.*, 1990; Barrier, 1992) che separa la Sicilia dall'Africa. Il settore sud-orientale, in particolare, comprende la zona posta tra Sicilia e Tunisia-Libia, limitata a Est dalla scarpata di Sicilia-Malta. Dal punto di vista fisiografico si tratta di una piattaforma continentale caratterizzata dalla presenza di sedimenti mesozoici ricoperti da circa 2.500 m di depositi terziari e quaternari in facies di mare aperto. L'attuale assetto fisiografico è connesso alla tettonica post-miocenica che ha prodotto, tra l'altro, strutture a horst e graben (Fig. 2). Tale settore è stato interpretato come un rift tardo miocenico-pleistocenico ad andamento complessivo NW-SE (Finetti e Morelli 1972; Illies, 1981; Biju-Duval *et al.*, 1985; Reuther e Eisbather, 1985). La piattaforma carbonatica iblea è attraversata dal Graben di Gela ad andamento NE-SO e delimitante il fronte più esterno dei sovrascorrimenti delle unità terrigene delle Sicilidi e le rocce metamorfiche delle unità Calabridi, appartenenti all'Appennino Maghrebide, sollevatosi durante il Neogene a seguito della collisione tra le placche africana ed

eurasiatica (Costa e Speranza, 2003). Ad est, l'ibleo-Malta Plateau è composto da sequenze carbonatiche in cui le rocce vulcaniche si estendono dal Triassico superiore al Quaternario e sono intercalate da rocce vulcaniche (Barberi *et al.*, 1974). Il margine orientale del Plateau Ibleo-Maltese ed il Bacino di Gela sono separati da una vasta zona a controllo strutturale di tipo trascorrente laterale-destro (Gardiner *et al.*, 1995).

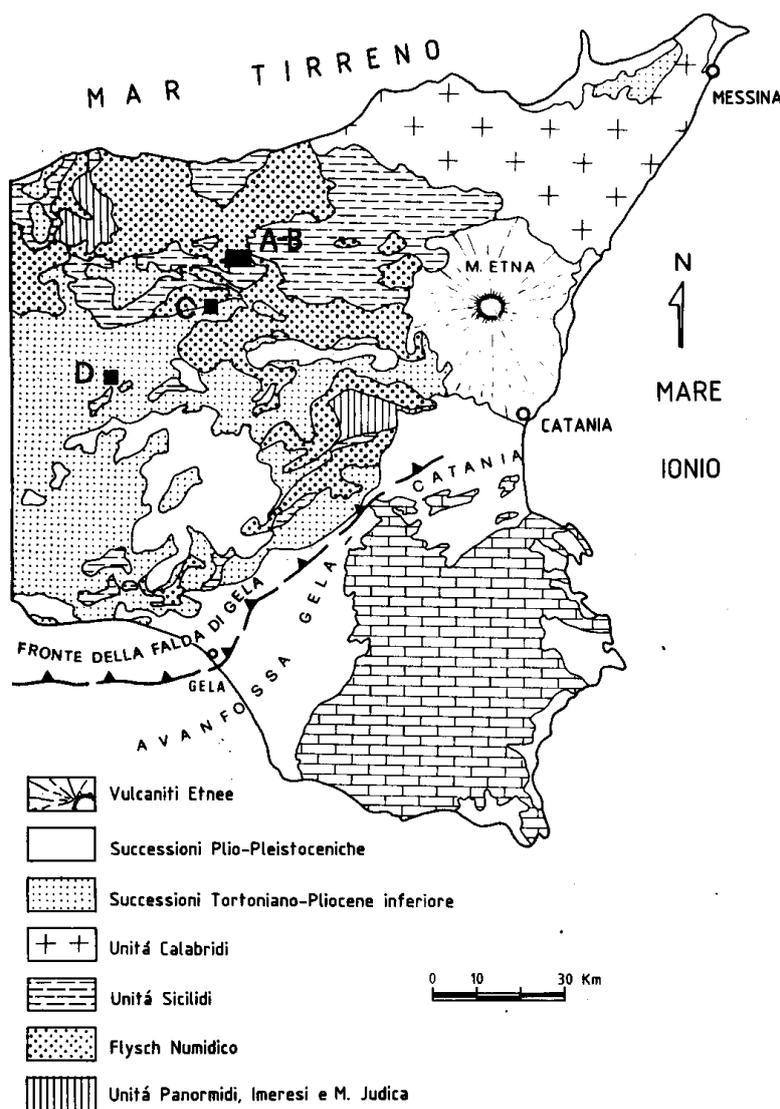


Figura 2. Geologia del settore orientale della Sicilia

La Piana di Gela è un elemento morfologico tardo-quaternario derivante dal modellamento tettono-eustatico del fronte della catena Siciliana emersa (Fig. 3). Rappresenta uno degli effetti dell'evoluzione cinematica del cuneo di accrescimento siciliano, che nelle fasi più recenti della sua costruzione è andato incontro a ripetuti disequilibri meccanici (Nigro e Renda, 2001) che hanno determinato oscillazioni relative del livello di base e quindi le condizioni per la formazione di

ingressioni marine (Pedley e Grasso, 1991). Questi fenomeni pseudo-trasgressivi sono rappresentati da un'azione abrasiva marina, che ha inciso le successioni deformate che compongono il fronte della catena e parte dell'attuale avanfossa (sistema di Gela-Catania) e che nella fase di ritiro ha lasciato dei depositi sabbioso-limosi di esile spessore a pronunciato controllo tettonico (Butler *et al.*, 1995). Le successioni del substrato mobile sono organizzate geometricamente a costituire un gruppo di unità tettoniche (Argnani *et al.*, 1986; Argnani 1987; Grasso *et al.*, 1990; Trincardi e Argnani, 1990; Catalano *et al.*, 1995), note con la denominazione di Falda di Gela, e sono rappresentate da depositi prevalentemente argillosi, evaporitici, marnosi e sabbiosi deposte in un contesto di tettonica attiva (Biebow *et al.*, 1992). Le nappe di Gela (o falda di Gela) costituiscono un saliente sud-vergente in corrispondenza del maggior tasso di avanzamento della cintura magrebide-siciliana sull'avanpaese africano. Sono formate da un cuneo assottigliato che porta in affioramento sedimenti bacinali mio-pleistocenici (Lickorish *et al.*, 1999).

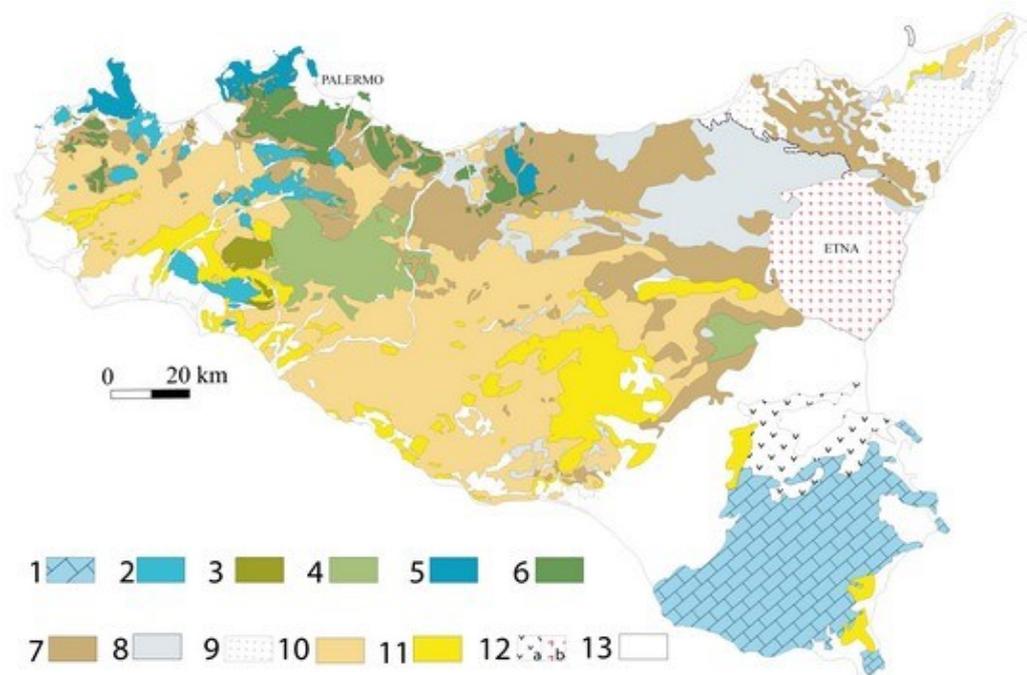


Figura 3. Carta geologica strutturale della Sicilia

A partire dalla metà del Miocene, le successioni stratigrafiche sono state seguite da sequenze deposizionali sin-orogeniche e tardo-orogeniche che rappresentano la migrazione dei sedimenti di avanfossa e dei bacini di piggy-back, che sono stati coinvolti anche nelle successive fasi di deformazione. Durante il tardo-Miocene/Pliocene inferiore la depressione associata al graben è stata colpita da forti tassi di subsidenza. La parte superiore del Miocene inferiore della Formazione di Ragusa è stata ribassata con offset fino a 400 m nell'area depocentrale (Figg. 2 e 3). Il Tardo Miocene è stato caratterizzato dalla sedimentazione di cospicui spessori di marne emipelagiche ed evaporiti, mentre durante il tardo-Pliocene sono stati depositati gessi pelagici e la formazione dei

“Trubi”. Dal Medio Pliocene in poi nessun cedimento significativo si è verificato in questo settore. Durante il Pliocene medio e fino al Pleistocene Inferiore, sono stati depositati carbonati marini poco profondi, in seguito sollevati fino a 150 m (Carbone *et al.*, 1982).

Nel sottosuolo della Piana di Gela sono presenti corpi rocciosi caotici (olistostromi) di età prevalentemente Miocene medio-Pliocene sup., a loro volta ricoperti da depositi plio-pleistocenici argilloso-sabbiosi, organizzati secondo un trend complessivamente regressivo. I dati di sottosuolo della Piana di Gela, derivano dalle ricerche minerarie ed in particolare traggono origine da prospezioni sismiche e sondaggi geognostici. Tali dati sono stati utilizzati da vari autori per la realizzazione di profili geologici e ricostruzioni paleotettoniche e paleo ambientali. La stratigrafia delle successioni miocenico-quadernarie dell'area di Gela è così composta (a partire dall'alto stratigrafico) da:

- depositi argillosi passanti verso l'alto ad argille sabbiose e sabbie. L'arricchimento in sabbia è graduale
- superficie di discordanza
- Trubi” (Pliocene inf.)
- superficie di discordanza
- gessi e marne argillose intercalate dell'unità evaporitica superiore (Messiniano)
- superficie di discordanza (erosione)
- calcari evaporitici (Calcere di base, Messiniano)
- marne diatomitiche e diatomiti (Messiniano)
- superficie di discordanza (non sempre documentabile)
- depositi silico-clastici passanti verso l'alto ad argille sabbiose e marne calcaree
- pelagiche (pre-Messiniano)

2.1.2 Le Sabbie Relitte

Le sabbie relitte sono depositi sedimentari non diagenizzati, situati lungo la piattaforma continentale in condizioni di non equilibrio con la dinamica sedimentaria attuale. La movimentazione di tali sedimenti, trovandosi al largo ad elevate profondità, non influenza il regime del moto ondoso e quindi la dinamica costiera. Tali depositi sono generalmente riferibili ad antiche spiagge (paleo-spiagge), la cui formazione viene fatta risalire al periodo di basso stazionamento del livello marino dell'ultimo glaciale o alla fase di risalita successiva che ha caratterizzato l'Olocene. Circa 22 mila anni fa, infatti, durante l'ultimo periodo glaciale, il mare ha stazionato a circa -120 m rispetto al livello attuale. Il riscaldamento globale successivo ha determinato lo scioglimento delle coltri glaciali, portando il mare a una rapida risalita, sino ad un livello prossimo all'attuale

raggiunto circa 6 mila anni fa. Lungo la piattaforma continentale si sono così potuti succedere, sino all'attuale conformazione, ambienti litorali diversi. I depositi di sabbie relitte presenti lungo le piattaforme continentali possono essere coperti dai sedimenti pelitici di deposizione recente o essere affioranti (Fig. 4). Nonostante i depositi di sabbie relitte siano presenti lungo la piattaforma continentale a profondità variabili tra i 30 e i 130 m, la fascia ottimale per il loro sfruttamento ai fini di ripascimento è attualmente quella compresa tra i 50 e i 100 m di profondità (BEACHMED, 2003). Le sabbie relitte sono costituite da depositi sedimentari non diagenizzati situati in aree di piattaforma continentale in condizioni di disequilibrio con l'attuale dinamica morfo-sedimentaria. Tali depositi sono generalmente ascrivibili (in termini di formazione) a sistemi di condizione morfologica "matura" dell'evoluzione costiera (sistemi barra-truogolo, cordoni, frecce) o paleo-spiagge.

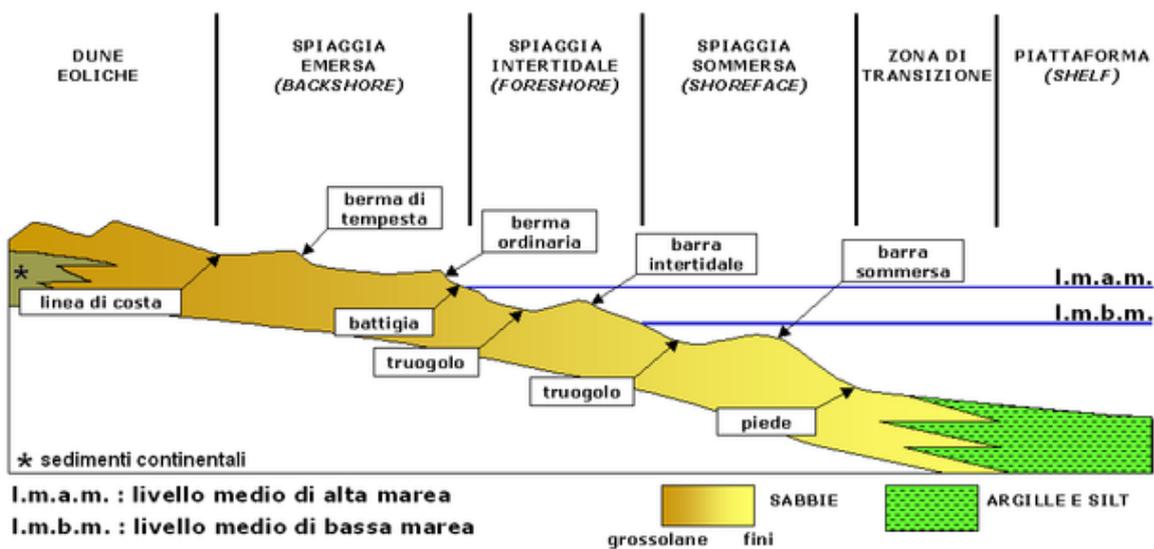


Figura 4. Morfologia di spiaggia e sistemi barra-truogolo

Queste formazioni sono solitamente messe in posto durante prolungate fasi di stazionamento alto o basso del livello eustatico e la loro posizione rispetto all'attuale linea di costa dipende essenzialmente dalle oscillazioni eustatiche, da movimenti verticali ascrivibili a strutture geologiche (faglie), all'evoluzione sedimentologica o alle variazioni di spessori di ghiacciai che hanno caratterizzato il passato geologico dell'area in esame (Fig. 5) (si vedano Shackleton, 2000; Waelbroeck *et al.*, 2002; Lambeck *et al.*, 2004; Ferranti *et al.*, 2006).

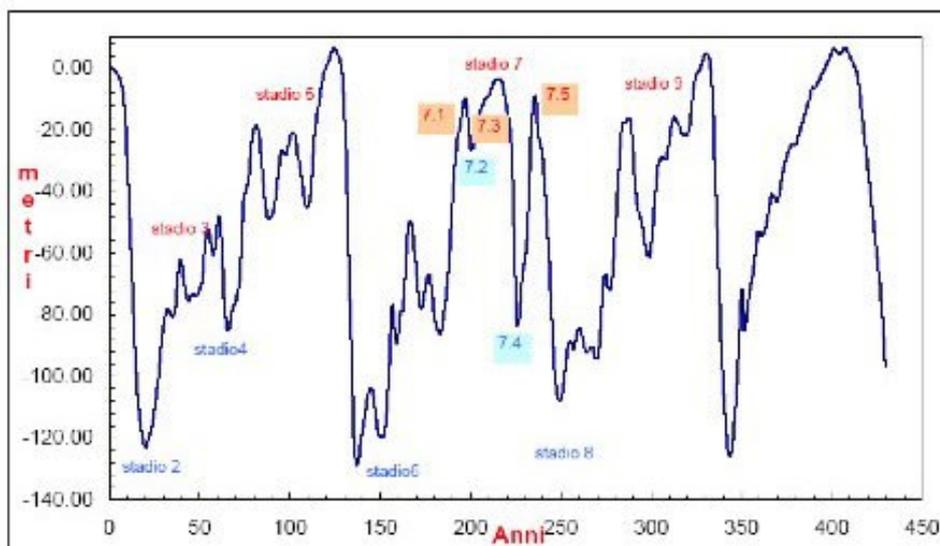


Figura 5. Variazioni del livello del mare negli ultimi 450.000 anni

2.2 Informazioni tecniche di base sulle metodologie utilizzate

2.2.1 Rilievi Multibeam swath bathymetry

La tecnica di rilievo acustico multifascio (“multibeam bathymetry” o “swath bathymetry”, Fig. 6) applicata alla ricerca di target archeologici, sfrutta l’accuratezza e la risoluzione delle strumentazioni di ultima generazione che utilizzano l’energia acustica per acquisire misure molto precise della profondità del fondale marino e quindi consente di rilevare la forma di oggetti adagiati o affioranti a fondo mare.

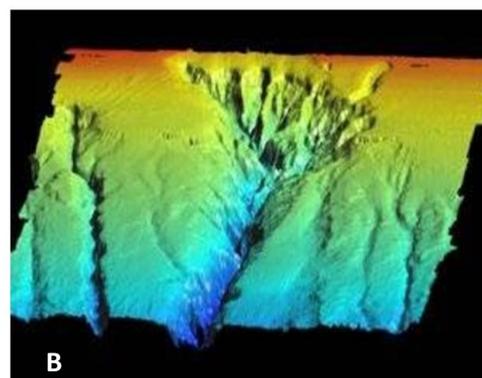


Figura 6. Tecnica di acquisizione multibeam. Il fondale viene insonificato per spazzate, in modo da ottenerne la copertura totale (A, dal sito della compagnia “Seafloor Systems”); i dati vengono poi organizzati in formato di modello digitale del terreno (DTM, B; dal sito della compagnia “Marine Geosolutions

La batimetria multifascio rappresenta uno fra i metodi più efficaci di rilievo morfo-batimetrico, in quanto consente, in tempi relativamente brevi, di ottenere una notevolissima quantità di informazioni correttamente georeferenziate sui fondali investigati. Rispetto ai limiti dell'ecoscandaglio a fascio singolo, l'ecoscandaglio multifascio (MBES multibeam echosounder) offre sostanzialmente la possibilità di "riconoscere" e posizionare tutti gli arrivi laterali, sia quelli dovuti al moto della nave che quelli legati alla morfologia irregolare del fondo. Per fare ciò il MBES realizza una spazzata (swath) acustica del fondale (Fig. 6, 7), la cui estensione è una funzione delle caratteristiche intrinseche dello strumento (numero di beams, ampiezza in gradi della spazzata) e della profondità del fondale investigato. Gli impulsi acustici vengono emessi da un trasduttore (o proiettore) e ricevuti in modo separato da una serie di ricettori (generalmente più di 100) montati generalmente lungo un arco. Per ogni ciclo di misura il proiettore genera un fascio acustico molto ampio (fino a 160°) mentre in ricezione viene formato un numero di fasci acustici uguale a quello dei ricettori. Ad esempio un MBES con una spazzata di 155° e 101 ricettori intercetta 101 fasci ognuno ampio $1,5^\circ$. L'intersezione di ogni singolo fascio acustico sul fondo determina l'impronta del MBES, detta "footprint", che esprime il grado di risoluzione spaziale che può ottenersi a una certa profondità. L'ampiezza dell'intera spazzata sul fondo è naturalmente proporzionale alla profondità, generalmente di un fattore che va da 4 a 7 volte. Ad esempio un MBES che lavora a 100 m con una spazzata di 130° insonifica una striscia di fondo di circa 420 m, cioè circa 4 volte la profondità. Il metodo di misura della distanza tra il trasduttore ed il fondo si basa sull'analisi interferometrica che permette di calcolare la profondità in funzione sia dell'ampiezza che della fase dei segnali ricevuti. Alla distanza misurata vengono apportate, in tempo reale, anche le correzioni necessarie a compensare il movimento dell'imbarcazione e le variazioni della velocità del suono nell'acqua. La misura della distanza tra i ricettori ed il fondo è affidata all'analisi interferometrica, che permette di valutare l'arrivo dei segnali sulla base della loro fase (oltre che dell'ampiezza). Questo è alla base della tecnologia MBES, in quanto se le riflessioni fossero percepite solo sulla base della loro ampiezza (cosa che avviene per gli ecoscandagli a fascio singolo) pochissima energia acustica verrebbe percepita dai settori laterali. Generalmente i MBES rilevano l'eco a seconda che questo sia percepito meglio in ampiezza o in fase. I fasci centrali sono rilevati in ampiezza, mentre l'utilizzo della fase subentra allontanandosi dal nadir.

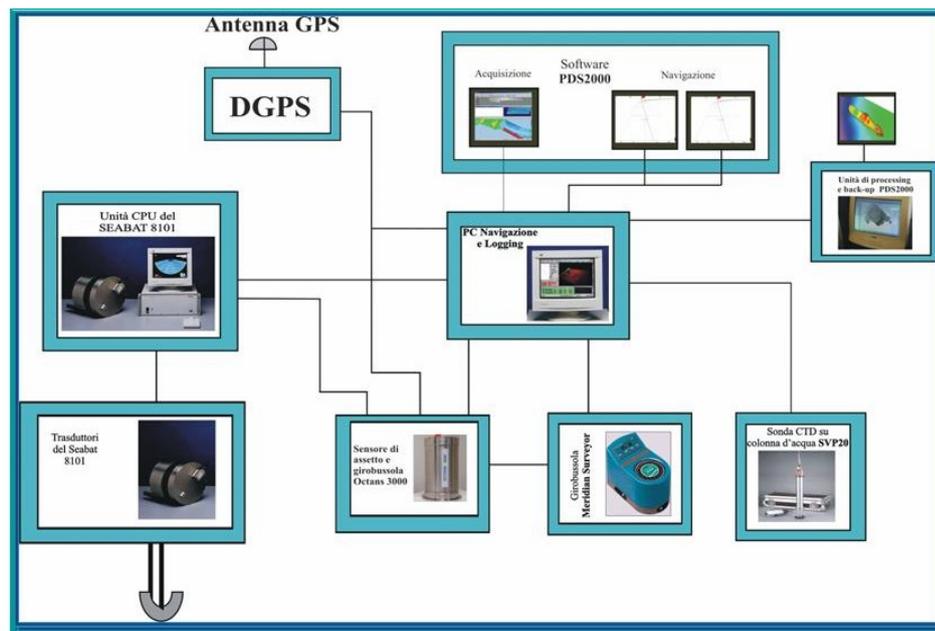


Figura 7. Schema operativo del multibeam Seabat 8111 (Reson – Thales)

2.2.2 Metodo sismico

Nelle prospezioni sismiche la fonte energizzante emette impulsi acustici di energia e frequenza caratteristiche (Tab. 1) che si propagano nella massa d'acqua e nel sottofondo. Gli echi riflessi dal fondo e dalle superfici di discontinuità interne ai sedimenti, vengono captati da idrofoni ed elaborati mediante filtri di frequenza e amplificazioni tempo-variabili, al fine di migliorare il rapporto segnale/rumore; quindi i dati vengono registrati in forma digitale e/o analogica su carta termosensibile. Il risultato è una stratigrafia (in tempi) delle prime decine di metri dei sedimenti presenti al di sotto del fondale, ricostruiti con un dettaglio che, in funzione delle frequenze utilizzate, varia da qualche metro ad alcuni decimetri (Sheriff, 1977).

Tipo di sorgente	Sparker 1kJ	Sparker 0.3kJ	Bubble Pulser	Uniboom	SBP 3.5 kHz
Energia per impulso	1000 joule	300 joule	300 joule	300 joule	5 joule
Spettro di frequenza	100÷200	200÷1000	500÷800 Hz	400÷4000 Hz	3500 Hz
Durata dell'impulso	15 ms	5 ms	1÷8 ms	0.2÷4 ms	0.3÷5 ms
Risoluzione	10 m	1÷2 m	0.5÷2 m	0.3÷0.5 m	>0.2 m
Penetrazione	0.5÷1 s	0.2÷0.75 s	0.25÷0.5 s	0.1÷5 s	>0.1 s

(SBP=Sub Bottom Profiler).

Tabella 1. Caratteristiche delle sorgenti sismiche comunemente più utilizzate

L'ubicazione dei profili sismici durante le campagne oceanografiche va effettuata mediante il sistema di localizzazione la cui precisione è in funzione del grado di dettaglio che si vuole ottenere e della fittezza della maglia sismica. Per le proprie caratteristiche, le prospezioni di sismica a riflessione ad altissima risoluzione forniscono come risultato delle profondità espresse in tempi. Per la conversione tempi-distanze si è utilizzata la velocità media del suono in acqua di 1.500 m/s (4 millisecondi = 3 metri). Tale velocità è, inoltre, abbastanza prossima a quella che si registra nei sedimenti sciolti superficiali saturi d'acqua.

2.3 Acquisizione ed elaborazione dei dati

2.3.1 Strumentazione utilizzata

Il rilievo è stato effettuato con l'utilizzo delle seguenti strumentazioni:

Sistema di posizionamento

E' stato utilizzato un ricevitore GPS Omnistar 5220HP con correzione differenziale con le seguenti caratteristiche:

- precisione di 10 - 20 cm
- utilizzo di 12 canali (L1/L2) e tre canali L1 aggiuntionali
- supporto dei protocolli: RS-232

MEA-0183 output

RTCM SC-104 input and output

ASCII input

1PPS per la sincronizzazione con altre strumentazioni



Ecoscandaglio multifascio Multibeam Reson SeaBat 8125-Hybrid

Lo strumento utilizza i trasduttori del SeaBat 8125 (Tab. 2) ed un processore della serie 7K, che permette di ottenere un upgrade delle prestazioni strumentali. Nello specifico:

- possibilità di utilizzare 512 beam (rispetto ai 240 beam originali)
- utilizzo della modalità *equidistant* o *equiangle*
- Swath direzionabile e regolabile in ampiezza
- Stabilizzazione del rollio
- Deviazione standard ridotta della metà



Lo strumento ha una frequenza operativa di 455kHz; il fascio emesso ha un'apertura angolare totale di 120° nella direzione perpendicolare alla nave, così da rilevare una fascia di fondale pari a circa 3,5 volte la profondità media; la risoluzione verticale massima è di 6 mm.

Lo strumento fornisce, oltre al dato batimetrico, anche l'informazione di intensità del segnale di backscatter, registrando sia il dato Opzione SideScan che il dato Snippet (Fig. 8).

CARATTERISTICHE TECNICHE RESON SEABAT 8125-H	
Frequenza di lavoro	455 kHz
Risoluzione verticale	6 mm
Apertura Swath	120°
Massimo range di profondità	120 m
Numero di beam	240 - 512
Cono di emissione:	
Along-Track Beamwidth	1°
Across-Track Beamwidth	0.5°
Accuratezza	IHO Special Order U.S. Army Corps of Engineers Special Order
Velocità operativa	Fino a 12 nodi
Massimo numero di spari al secondo	40 al secondo

Tabella 2. Caratteristiche tecniche Reson Seabat 8125-H

Sensore di movimento/Girobussola Ixsea Octans 3000

Lo strumento è un sensore integrato di moto e girobussola che fornisce le correzioni di heave, pitch, roll, surge e sway utilizzando tre giroscopi a fibre ottiche. Per un funzionamento ottimale, lo strumento è stato installato a palo, al di sopra del multibeam.

Le caratteristiche tecniche sono indicate nella Tabella 3.

CARATTERISTICHE TECNICHE IXSEA OCTANS 3000	
Materiale	Acciaio
Profondità massima operativa	3000 metri
Precisione	Heading: +/- 0,2° Heave: +/- 5 cm Pitch e Roll: +/- 0,01°

Tabella 3. Caratteristiche tecniche Ixsea Octans 3000

Sonda di velocità SVP 70

Lo strumento misura in continuo il valore di velocità del suono in prossimità dei trasduttori, necessario per il corretto *beam steering* del fascio.

Profilatore di velocità del suono SVP 15

La sonda fornisce il profilo di velocità del suono da inserire nel software di acquisizione per il calcolo corretto delle profondità.

Software Reson PDS2000

I dati sono stati acquisiti con il software PDS2000 della Reson, che funziona anche da sistema di navigazione. I dati provenienti da GPS e sensore di movimento sono trasmessi al processore, che funziona anche da computer di acquisizione, mediante connessioni seriali - LAN.

Il software utilizza i dati di correzione inerziale, il profilo di velocità del suono ed il valore in continuo di velocità per applicare le correzioni al dato batimetrico ed assicurare così l'accuratezza del dato.

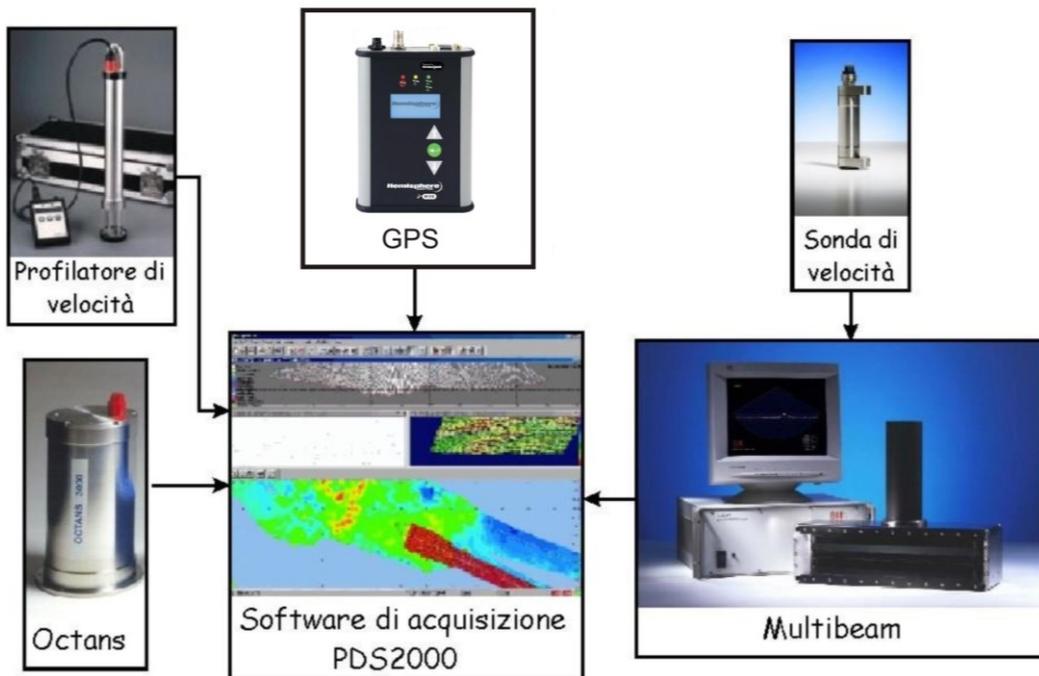


Figura 8. Schema delle connessioni tra gli strumenti

Sub-bottom Chirp Profiler

Il sistema utilizzato per l'acquisizione dei profili sub-bottom è un EdgeTech 3100 SB-424, uno strumento dalle dimensioni ridotte, concepito per utilizzo su piccole imbarcazioni e per fondali fino a 300 metri di profondità, ma in grado di assicurare un rilievo ad alta risoluzione con penetrazione fino a 100m. Le caratteristiche tecniche sono riportate in Tabella 4.



Towfish	SB - 424
Frequency Range	4 - 24 kHz
Vertical Resolution(depends on pulse selected)	4 - 8 cm
Penetration	In coarse calcareous sand 2m In clay 40m

Tabella 4. Specifiche del sistema chirp EdgeTech 3100 SB-424

Sparker

I profili sismici sono stati acquisiti con un sistema sparker della Geo Marine Survey System (Fig. 9) dalle seguenti caratteristiche:

System	1 kJ Sparker spread
Power supply	1kJ Geo-Pulse
Source	200 tips LW Geo-Spark
Receivers	2x 8 elements mini-streamer
Acquisition	Mini-trace2

Tabella 5. Specifiche del sistema sparker Geo Marine Survey System

Lo strumento è studiato per rilievi in acque basse (2 - 500 metri) e produce profili con risoluzione verticale di 20 - 30 cm; la penetrazione del segnale varia tra i 200msec ed i 300 msec in relazione al tipo di substrato. La sorgente è costituita da elettrodi distribuiti in un array piano della dimensioni 0,50m x 1.00m; questa geometria migliora la propagazione dell'energia acustica verso il fondo e riduce la lunghezza dell'impulso poichè tutti i tips sono perfettamente in fase, assicurando un rilievo ad altissima risoluzione.

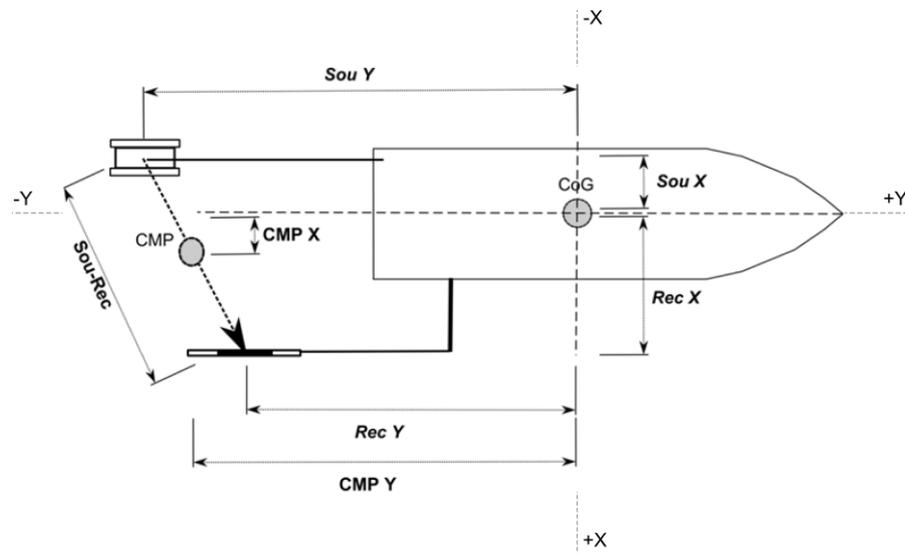


Figura 9. Catamarano del sistema geo-spark contenente la sorgente

2.3.2 Esecuzione del rilievo

Durante la fase di mob il multibeam è stato installato a palo e fissato alla murata dell'imbarcazione; mentre il sensore di movimento è stato montato su di una piastra di acciaio posta al di sopra dei trasduttori (Fig. 10).

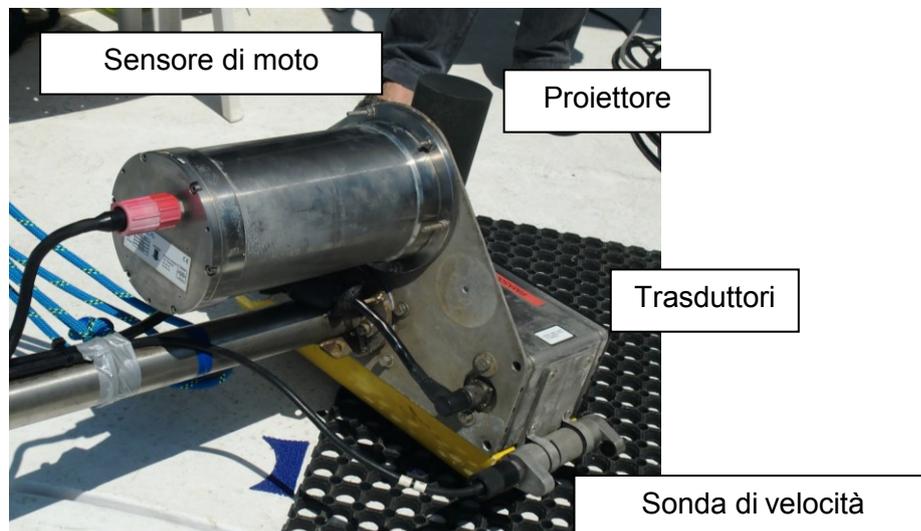


Figura 10. Multibeam Reson Seabat 8125

Dopo aver effettuato i collegamenti tra sistema di acquisizione (Fig. 11) e strumentazione è stato eseguito un test di verifica di funzionamento con esito positivo.



Figura 11. Sistema di ancoraggio all'imbarcazione del multibeam Reson Seabat 8125

Multibeam e Chirp sono stati utilizzati contemporaneamente dato che non ci sono problemi di interferenza tra le frequenze operative; il rilievo sparker invece è stato effettuato separatamente per limitare l'ingombro di strumenti a poppa nave.

Prima di iniziare le operazioni di acquisizione è stata effettuata la procedura di calibrazione del multibeam, che permette di riportare il piano di lavoro ad una perfetta situazione ortogonale, inserendo i valori angolari ottenuti nel software di acquisizione.

Il rilievo ha interessato il fondale compreso tra le batimetriche dei 60 - 100 metri di profondità; le linee di navigazione sono state navigate a velocità di 6 nodi durante l'acquisizione multibeam e chirp e di 4 nodi durante l'acquisizione sparker. L'area è stata coperta navigando lungo un grigliato di linee perpendicolari al fine di individuare la geometria dei corpi identificati e si è poi concentrata nella zona dove era evidente la presenza di un deposito sub-affiorante.

2.3.3 Acquisizione sismica monocanale chirp

Durante il rilievo sono state acquisite 35 linee sismiche mono-canale chirp (Fig. 12, 13), così suddivise:

14 ad andamento EW

14 ad andamento circa NS

1 con orientazione NW-SE

6 con orientazione NNE-SSW

La copertura lineare totale delle linee è risultata essere di 80 Km.

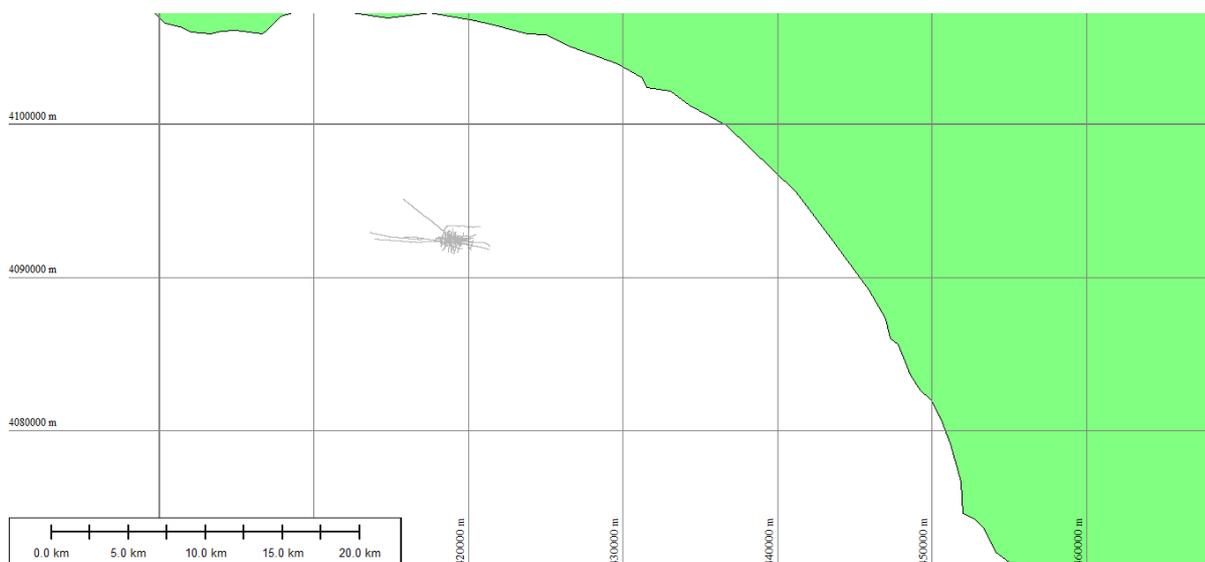


Figura 12. Navigazione delle linee sismiche mono-canale chirp acquisite durante il survey

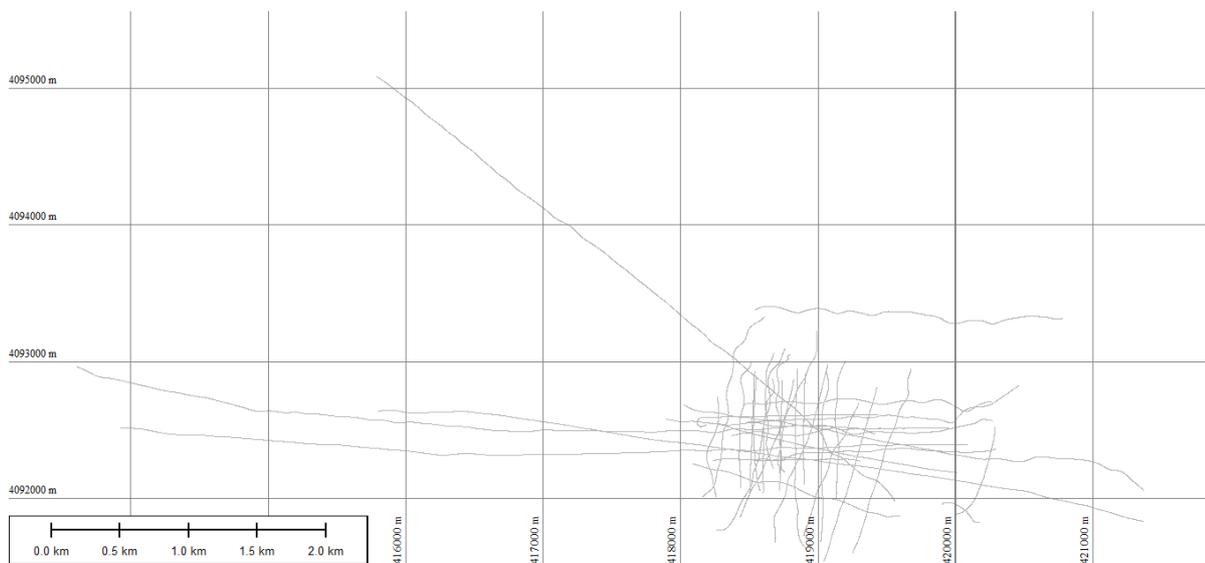


Figura 13. Navigazione delle linee sismiche mono-canale chirp acquisite durante il survey

2.3.4 Acquisizione sismica monocanale sparker

Durante il rilievo sono state acquisite 18 linee sismiche mono-canale sparker (Fig. 14, 15), così suddivise:

4 ad andamento NSNNE-SSW

7 ad andamento circa EW

La copertura lineare totale è risultata essere di 30 Km.

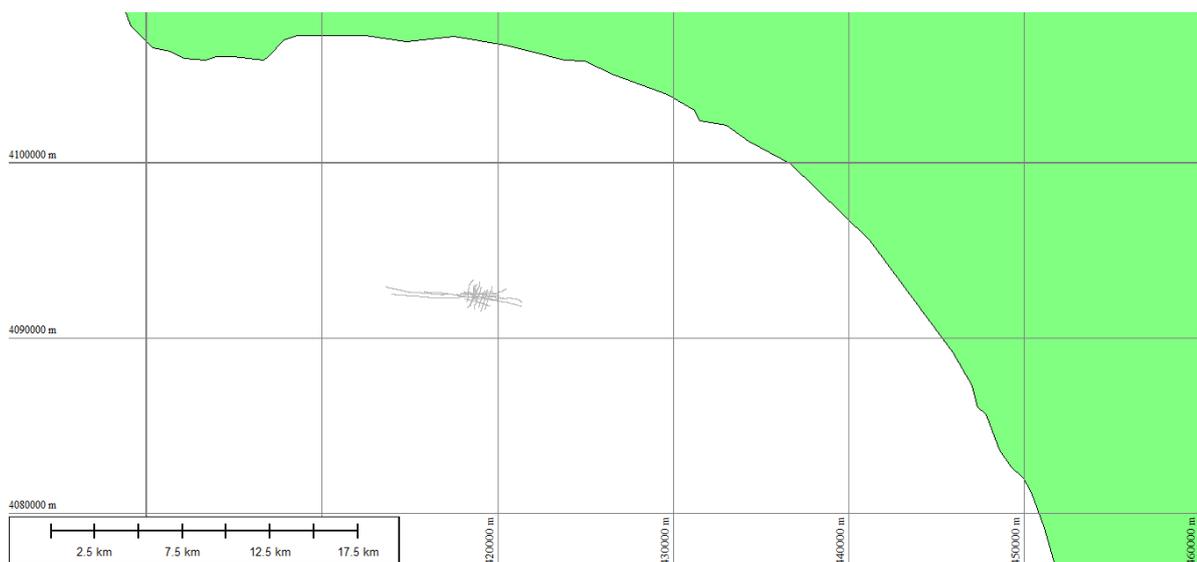


Figura 14. Navigazione delle linee sismiche mono-canale sparker acquisite durante il survey

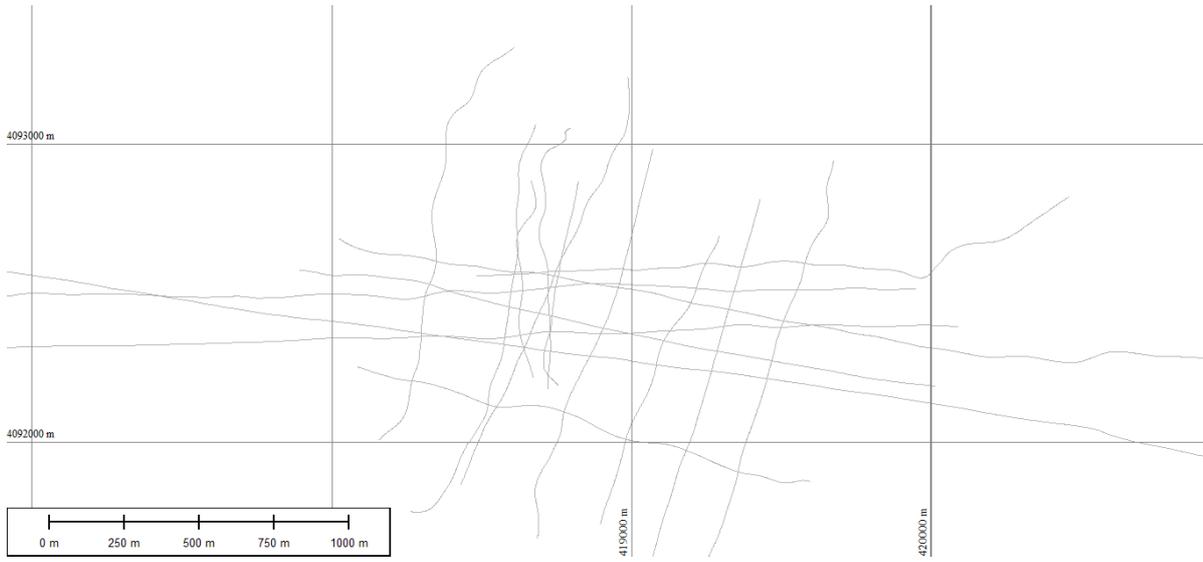
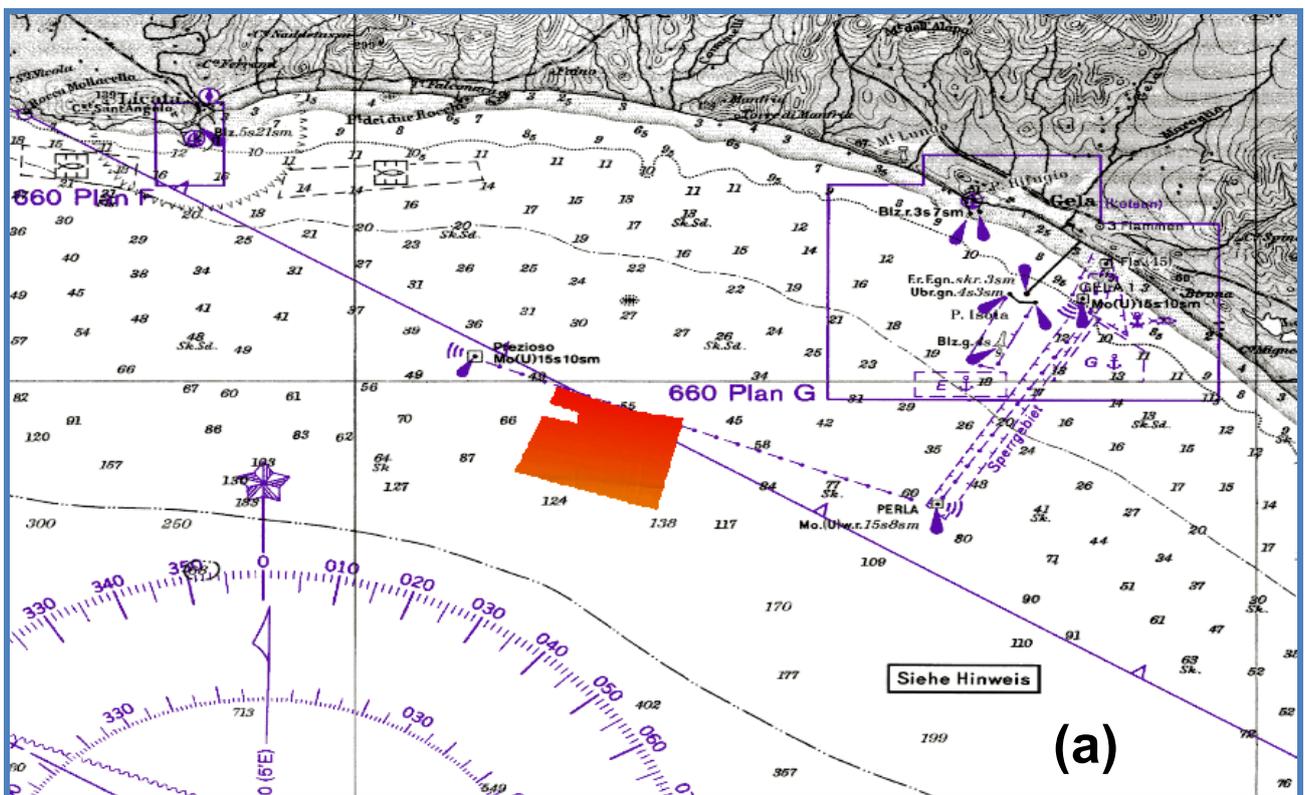


Figura 15. Navigazione delle linee sismiche mono-canale sparker acquisite durante il survey

2.4 Descrizione degli elaborati e risultati

2.4.1 Analisi morfobatimetrica tramite indagine Multibeam

Il settore investigato è compreso tra una profondità di 50 e 120 metri ed è caratterizzato da un fondale piatto leggermente pendente. Intorno ai 90 metri s'intravedono leggeri solchi, allineati in direzione N-S, con una profondità massima di circa 1 metro, che sottintendono linee di deflusso di correnti verso la parte più profonda del bacino (Fig.16 a, b). Un'analisi di grande dettaglio rivela un piccolo elemento morfologico sub-circolare di circa 20 metri di diametro che corrisponde alla culminazione della bio-duna visibile nella geofisica. Questo elemento si alza dal fondo per poco più di un metro e non presenta differenze di assorbimento acustico tali da presumere variazioni granulometriche di rilievo. Intorno ai 110 metri si intravede uno scalino morfologico riportabile all'inizio dello shelf-break. Per il resto non si riscontrano altre particolari caratteristiche morfologiche.



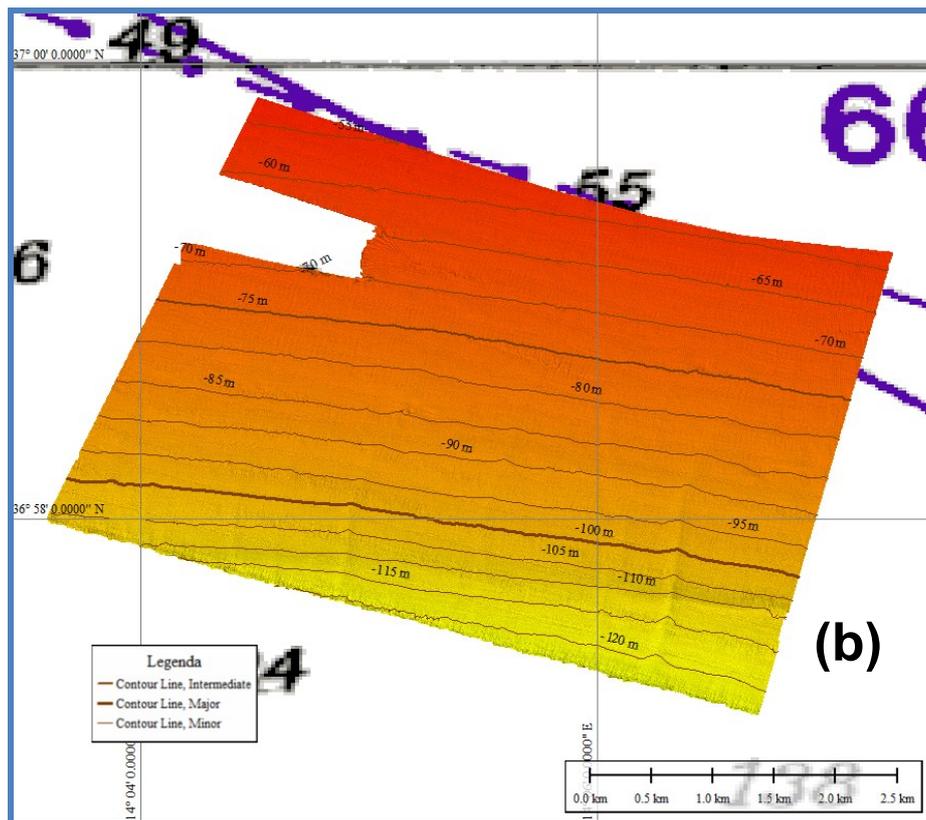


Figura 16 a, b. Ricostruzione morfobatimetrica dell'area di interesse tramite tecnologia Multibeam.

2.4.2 Stratigrafia acustica

La tipica sezione acustica acquisita sulla piattaforma continentale prospiciente la Baia di Gela mostra (dall'alto verso il basso) (Fig. 17):

- A) Superfici piano-parallele con riflessioni interne reciprocamente concordanti o paraconcordi e di buona continuità laterale, essenzialmente ascrivibili a fenomeni che hanno interessato l'intera piattaforma. Si tratta di sedimenti a granulometria sostanzialmente fine, in quanto ben attraversati dalle indagini di tipo "chirp". Tali indagini sono caratterizzate dall'utilizzo di una sorgente non lineare, con impulsi che utilizzano picchi significativi di frequenze nel range 2-7 KHz, che tendono ad essere completamente assorbite da sedimenti a granulometria siltoso-sabbiosa.
- B) Una superficie significativa di discontinuità che separa i sedimenti più superficiali, ad elevata continuità laterale e in concordanza geometrica con le successioni di A
- C) Verso il basso, si passa a sedimenti caratterizzati da geometrie clinoformi, lentiformi o articolate, con terminazioni sommitali troncate dalla superficie "B". Le successioni hanno risposte acustiche varie, a luoghi con caratteristiche disposizione interna del tipo "salt and

pepper”, ascrivibili anche (ma non esclusivamente) alla presenza di sedimenti con granulometria maggiore come le sabbie.

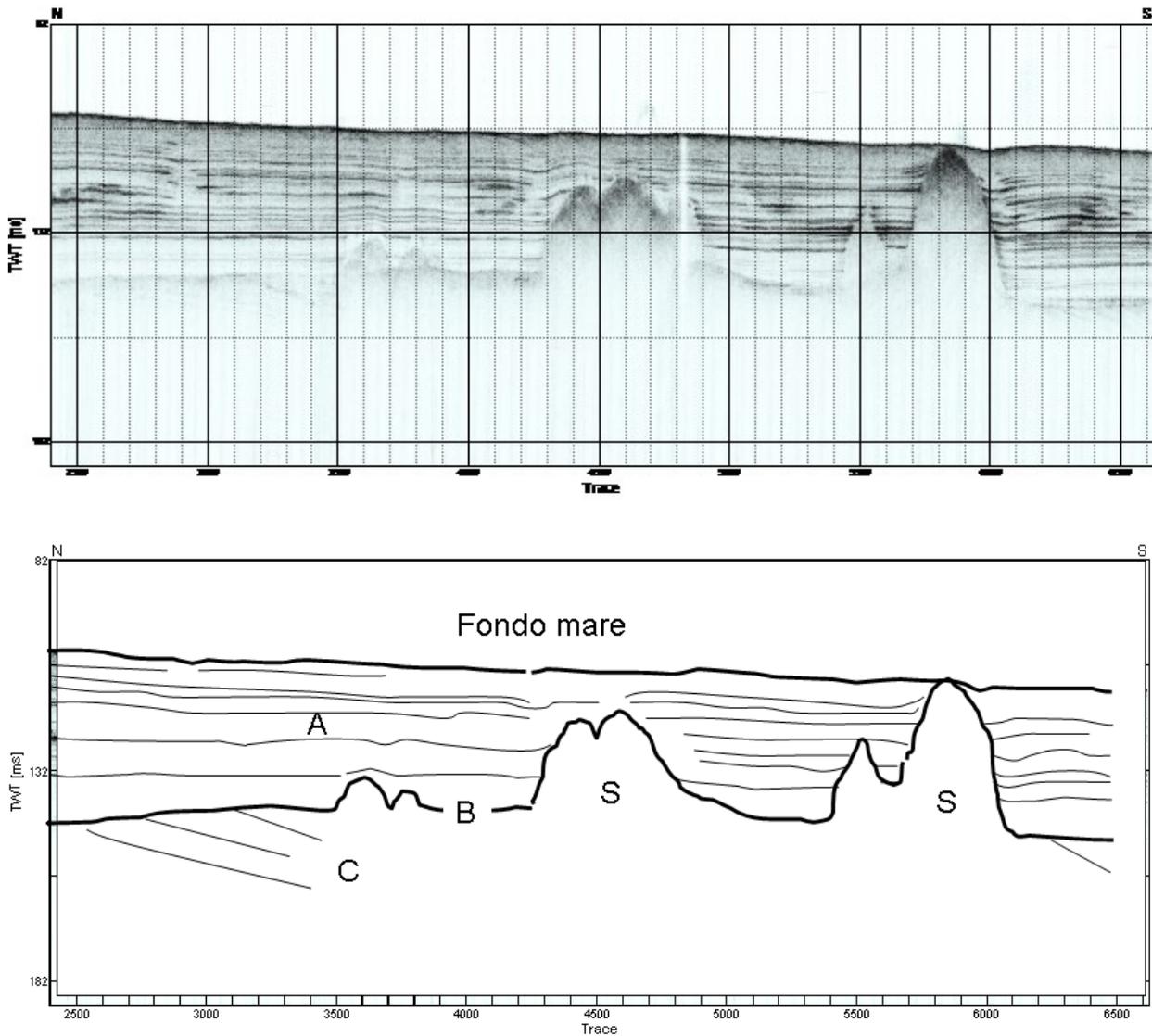


Figura 17. Esempio di interpretazione di una sezione sismo-acustica tipo chirp

Questa successione verticale è interpretabile come la parte sommitale di una sequenza deposizionale, ovvero di un corpo sedimentario costituito da una successione di strati geneticamente legati e limitati al tetto ed alla base da superfici di discordanza e di concordanza a queste correlabili (Vail *et al.*, 1977). Tali successioni sedimentarie, quindi, sono da interpretare come il risultato di una ciclicità naturale prodotta dall'interazione di tre variabili: eustatismo, attività tettonica (sollevamento e subsidenza) e apporto sedimentario (Fig. 18). All'interno di un ciclo di variazione relativa del livello marino, si possono distinguere quattro fasi: una fase di abbassamento o caduta,

una fase di stazionamento basso, una fase di risalita ed infine una fase di stazionamento alto. Durante ciascuna fase, se le condizioni al contorno lo permettono, si sviluppano specifiche associazioni di sistemi deposizionali coevi denominate Systems Tract (Brown & Fisher, 1977; Jervey, 1988).

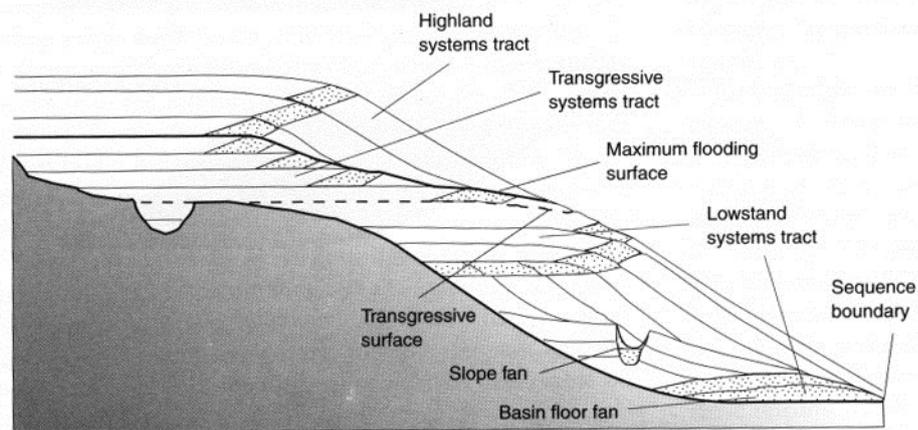


Figura 18. Esempio di system tract

La fase di abbassamento è registrata dalla formazione di gruppi di sistemi deposizionali di caduta (Falling Sea Level Systems Tract, Hunt & Tucker, 1992; Helland-Hansen & Martinsen, 1996); durante la fase successiva, si depositano i gruppi di sistemi deposizionali di stazionamento basso (Lowstand Systems Tract), mentre le fasi della risalita e dello stazionamento alto segnano lo sviluppo del Transgressive e dell'Highstand Systems Tract.

Ciascun systems tract si compone a sua volta di unità elementari, denominate parasequenze delimitate da superfici di ingressione marina, che registrano cicli di variazione relativa del livello del mare di ordine maggiore (Van Wagoner *et al.*, 1990) o fluttuazioni degli apporti sedimentari, indotte da processi autociclici.

Questa ciclicità induce variazioni relative del livello del mare, la cui espressione stratigrafica sono corpi sedimentari o sequenze deposizionali, delimitate alla base ed al tetto da superfici di discontinuità stratigrafica e/o da superfici di continuità equivalenti (i limiti di sequenza), ritenute sincrone a scala globale, che sono il frutto di variazioni significative a grande scala del regime sedimentario e rappresentano un importante marker temporale in termini di interpretazione (unconformity). Tali superfici giocano anche un ruolo chiave nelle interpretazioni di sezioni sismiche, dove appaiono come discordanze geometriche tra superfici e terminazioni laterali degli orizzonti sismici. Un limite di sequenza di tipo B è caratterizzato da esposizione subaerea di tutta

l'area della precedente piattaforma continentale, con conseguente erosione e ringiovanimento dei corsi d'acqua, spostamento verso il bacino delle facies costiere e riattacco degli onlap costieri più al largo e più in basso degli onlap degli strati più antichi.

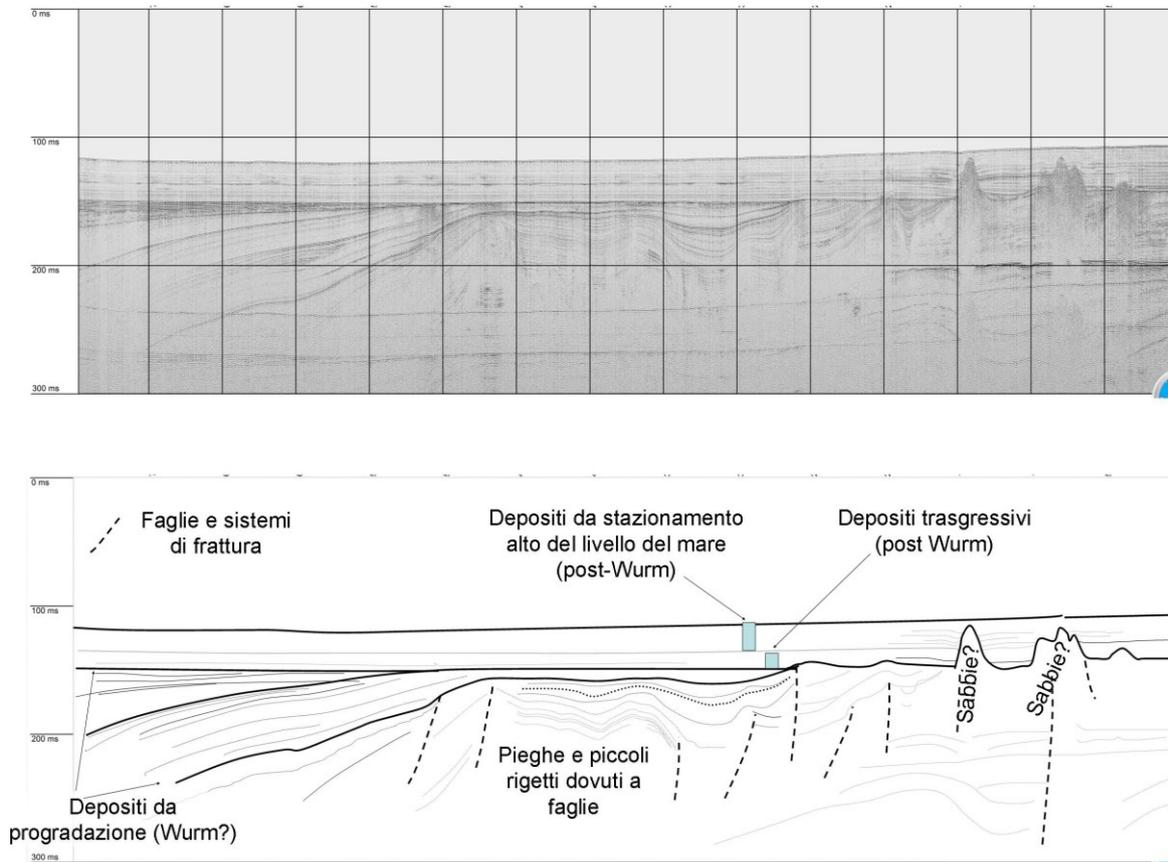


Figura 19. Interpretazione di un profilo sparker

Ciascun systems tract si compone a sua volta di unità elementari, denominate parasequenze delimitate da superfici di ingressione marina, che registrano cicli di variazione relativa del livello del mare di ordine maggiore (Van Wagoner *et al.*, 1990) o fluttuazioni degli apporti sedimentari, indotte da processi autociclici.

Nel caso investigato, quindi, si tratta di coperture pelitiche argilloso siltose Oloceniche a carattere francamente trasgressivo (unità "A"), in copertura su unità più antiche e presumibilmente ascrivibili a stazionamento basso relativo del livello del mare con sigmoidi variamente deformati che sono caratterizzati a luoghi da evidenze di deformazioni dei pacchi di strati di C. Le due facies sismo stratigrafiche sono separate da una superficie di estesa e marcata separazione stratigrafica e sedimentologica, probabilmente ascrivibile alla fine dell'ultimo low-stand glaciale (-123m, 19.000 anni, picco glaciale del "Wurm"). Tali facies sono visibili anche nei profili sparker (Fig. 19), dove però risulta con maggiore evidenza il carattere del controllo strutturale sulle morfologie.

Nell'Allegato II al presente Rapporto tecnico sono riportati i profili sub-bottom profiler chirp e sparker acquisiti durante la prima fase investigativa del survey geofisico e che sono stati utilizzati per l'interpretazione dell'intero dataset geofisico

Sebbene i meccanismi di formazione delle sabbie relitte richiedano sostanzialmente la coesistenza di 3 condizioni favorevoli (tettonica, morfo-dinamica costiera e sedimentologica), la loro formazione è solitamente abbastanza veloce (molte barre attuali sono visibili in condizioni di normale apporto sedimentario, ad esempio nel Golfo di Salerno). Tali formazioni hanno un ruolo morfologico nel "ciclo di Davis" costiero, ovvero indicano l'avvenuta redistribuzione dei sedimenti e l'equilibrio morfo-dinamico fra l'apporto sedimentario al livello di base (il livello medio del mare) per i sedimenti provenienti da ambiente subaereo (ad esempio, fiumi e torrenti) e la tendenza verso una morfologia matura della costa innescata da fattori oceanografici e sedimentologici. Ovviamente, le oscillazioni relative del livello del mare inducono una forzante nel sistema in esame, in quanto alterano il "graded stream" (profilo di equilibrio) fluviale ed innescano un meccanismo di "ringiovanimento" del profilo durante un basso eustatico relativo, con conseguente aumento del trasporto verso mare.

Nelle condizioni attuali di coste e argini fluviali fortemente antropizzate, il carattere di protezione dato agli argini stessi ha drasticamente ridotto la possibilità di trasporto dei sedimenti verso mare, risultando in un meccanismo interrotto alla fonte nel quale il sedimento da redistribuire ha volumetrie senz'altro ridotte rispetto alle potenzialità dei bacini sedimentari che alimentano (o dovrebbero alimentare) il trasporto verso mare. Questa alterazione dello stato delle cose si traduce in morfologie appena accennate di sistemi "barra trugolo" e scarsa protezione della costa, ma è certo che nel passato sedimentologico di un'area come il Golfo di Gela abbia potuto portare alla produzione di sequenze di sabbie relitte in prossimità di settori delle paleo costa. Quindi, in particolare nei settori dove possono esserci stati degli stazionamenti prolungati del livello medio del mare (e.g., Shackleton *et al.*, 2000; Waelbroek *et al.*, 2002) è possibile rinvenire questi sistemi di sabbie relitte. In particolare nel settore in esame del Golfo di Gela, però, è particolarmente complessa la definizione dei movimenti verticali verso l'alto o il basso (uplift o subsidenza, rispettivamente) innescati dalla tettonica, a causa delle caratteristiche di estrema complessità dell'insieme dei movimenti ascrivibili alla tettonica nel settore di contatto fra avanfossa di Gela e piattaforma carbonatica iblea, attraversata dal Graben di Gela ad andamento NE-SO e delimitante il fronte più esterno dei sovrascorrimenti delle unità terrigene delle Sicilidi e le rocce metamorfiche delle unità Calabridi, appartenenti all'Appennino Maghrebide, sollevatosi durante il Neogene a seguito della collisione tra le placche africana ed eurasiatica (Fig. 20). Come detto, la Piana di Gela è un elemento morfologico tardo-quadernario derivante dal modellamento tettono-eustatico del

fronte della catena Siciliana emersa e rappresenta, quindi, uno degli effetti dell'evoluzione cinematica del cuneo di accrescimento siciliano, che nelle fasi più recenti della sua costruzione è andato incontro a ripetuti disequilibri meccanici che hanno determinato oscillazioni relative del livello di base e quindi le condizioni per la formazione di ingressioni marine. Il carattere di estrema complessità dell'area è confermato dalla ripresa in compressione delle faglie del sistema del Graben di Gela ad andamento prevalente NE-SO, confermata dall'osservazione delle quote di livello di spianate e terrazzamenti di abrasione marina (ad es., Lambeck *et al.*, 2004) che indicano tassi di risalita nell'area di Gela. Questa estrema complessità della variabile tettonica nelle deve essere necessariamente tenuta in conto nella formulazione di ogni ipotesi di formazione di sabbie relitte nell'area, e potrebbe in generale essere responsabile di altri tipi di giacimenti sabbiosi, ad esempio "espulsi" dagli strati sottostanti a seguito della presenza di meccanismi di strain differenziali innescati dall'azione di sistemi transpressivi. Non siamo, comunque, in grado di definire in tal senso l'origine della sabbie relitte rinvenute.



Figura 20. Schema semplificato della geologia regionale della Sicilia.

2.4.3 Morfologia delle sabbie relitte

Per quanto attiene al calcolo ed alle caratteristiche rinvenute, gli elementi di maggiore importanza ai fini della valutazione del potenziale reservoir sono i seguenti:

- 1) Valutazione delle profondità al "tetto" delle sabbie, ovvero delle quote in profondità del giacimento al "top" delle sabbie relitte ricostruito ed interpolato grazie alle sezioni sismiche monocanale.
- 2) Valutazione del "fondo" del potenziale giacimento, molto complessa in quanto anche i sistemi sparker "multitip", come il sistema Geo-sparker da noi utilizzato, non sono in grado di attraversare elevati spessori di sabbie. Questo ci nega la sicurezza sugli spessori delle sabbie

investigate, in particolare a causa di possibili passaggi verso il basso a forme litoidi più compatte.

- 3) Valutazione degli spessori di copertura argilloso-siltosi post-wurmiani. La valutazione di questi spessori è fondamentale per la comprensione dei migliori meccanismi di sfruttamento del potenziale reservoir.
- 4) Valutazione degli spessori delle sabbie nei potenziali reservoir
- 5) Calcolo dei volumi
- 6) Di seguito, vengono riportate le cartografie delle computazioni eseguite sulle profondità delle facies sismo-acustiche ascrivibile alla presenza di sabbie relitte nell'area di studio.

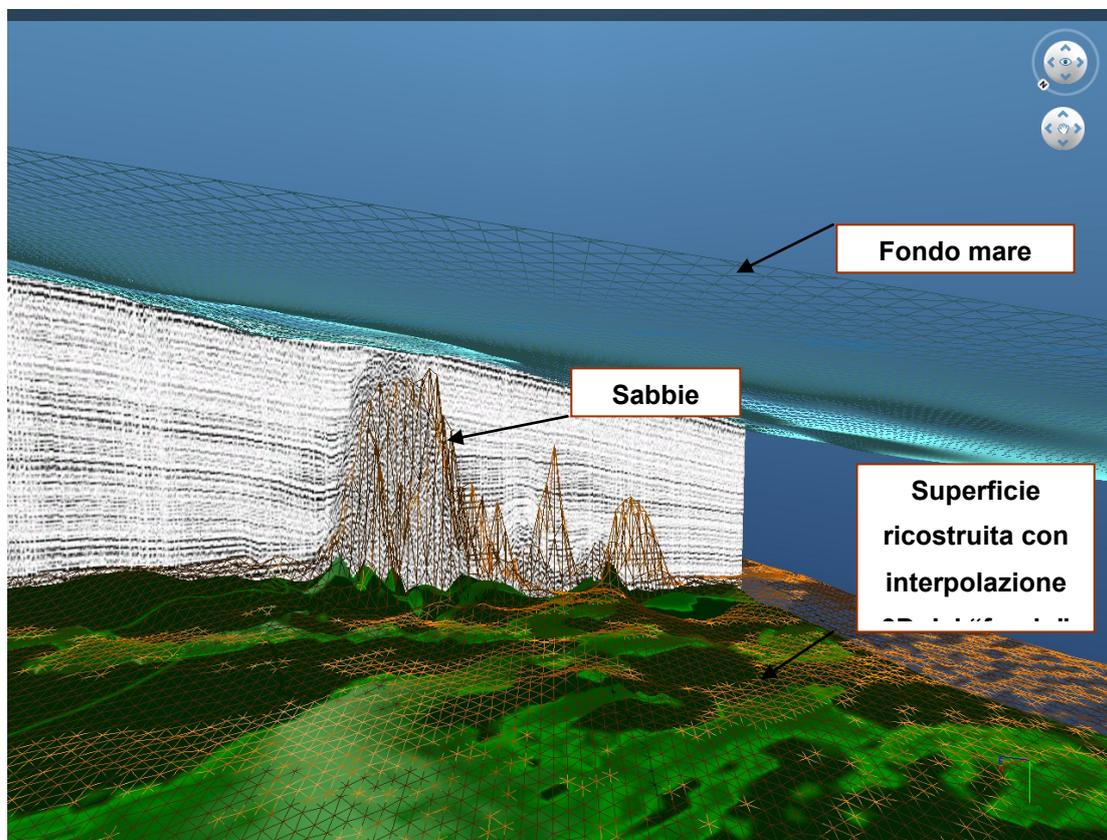


Figura 21. Ricostruzione tridimensionale del potenziale reservoir sabbioso.

La ricostruzione delle volumetrie del potenziale reservoir è stata effettuata tramite il confronto nello spazio (su tre dimensioni) delle sezioni sismiche interpretate (Fig. 21). Grazie all'interpretazione delle sezioni sismiche monocanale chirp e sparker disponibili vengono tracciati il top del giacimento sabbioso ed il fondo del giacimento per ogni sezione, e i dati vengono successivamente interpolati in tre dimensioni (Fig. 22). Ai fini della valutazione del giacimento, gli spessori di maggiore interesse da calcolare sono:

- 1) Lo spessore della copertura argilloso-siltosa piano-parallela post-Wurmiana, compresa fra il fondo mare (batimetria rilevata con multibeam) ed il top delle sabbie rilevato sulle sezioni sismiche interpretate, individuato dalla unconformity “B” al contatto sulle sabbie.
- 2) Lo spessore del potenziale reservoir vero e proprio, compreso tra l’unconformity “B” ed il fondo delle sacche di sabbia.

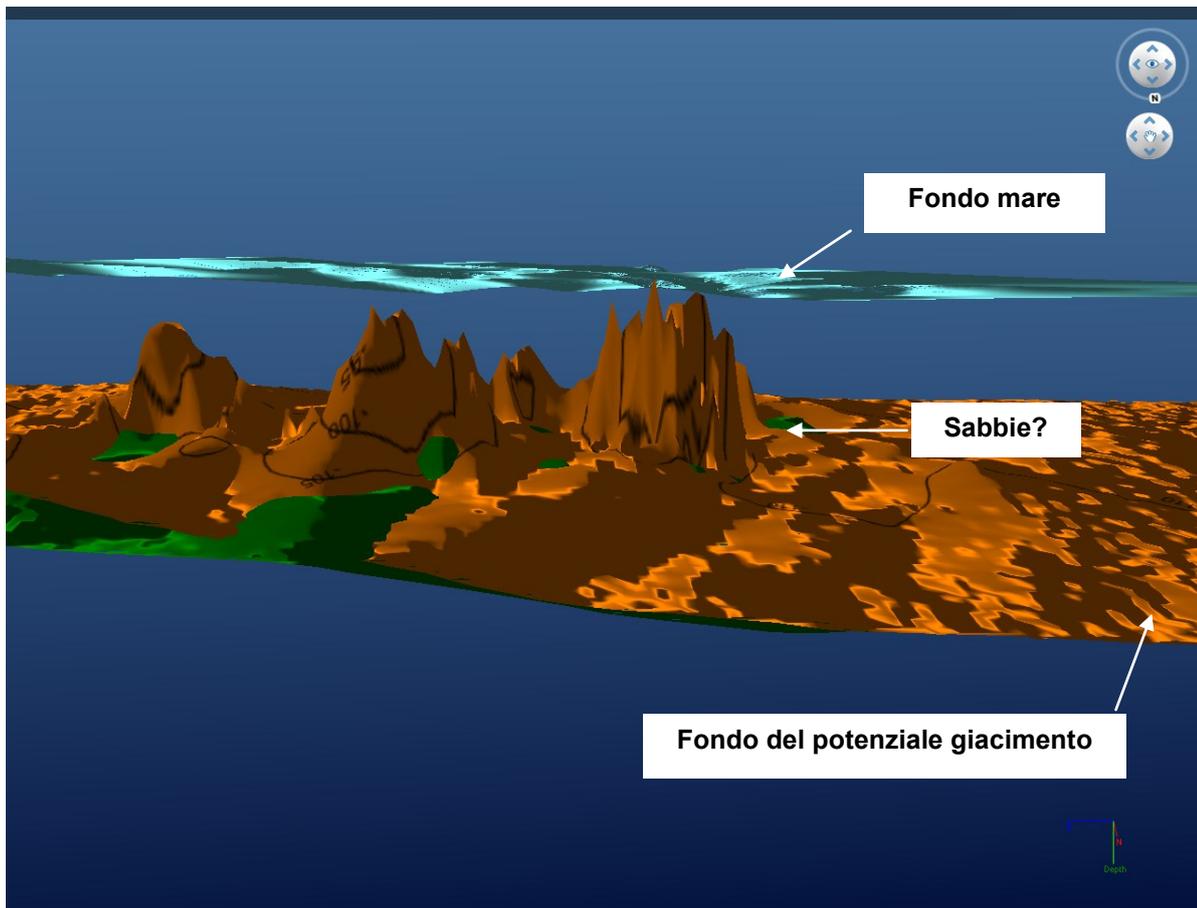


Figura 22. Ricostruzione tridimensionale del potenziale reservoir sabbioso

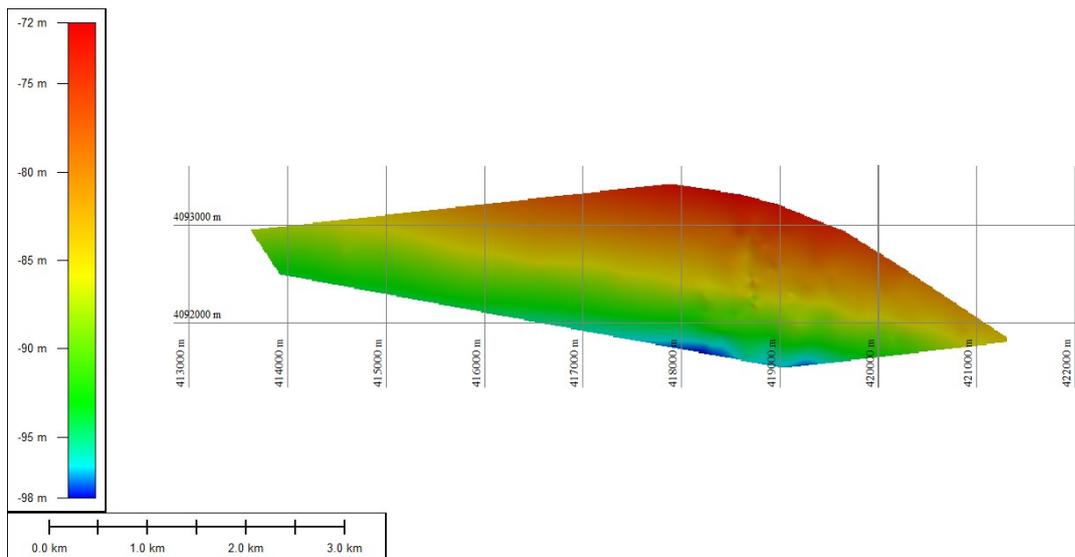


Figura 23. Carta della batimetria nell'area in esame

La carta batimetrica (Fig. 23) mostra che il settore di fondale in esame è compreso fra i -70 ed i -100 m sotto al livello del mare e si estende per circa 8.5 Km². La pendenza complessiva è di circa 3° con andamento N190E, in accordo con le caratteristiche morfologiche attese di piattaforma continentale. Non sono evidenti affioramenti rocciosi sul fondo o altri elementi significativi, eccezion fatta per un canale ad andamento circa N-S (Fig. 24). Allo stato dell'arte, non si è in grado di definire le caratteristiche genetiche del canale, la cui formazione potrebbe essere dovuta a correnti di fondo, a piccoli eventi di frana (piuttosto difficile, considerata la scarsa pendenza) oppure a caratteristiche strutturali (ad es., attività di faglia recentissima).

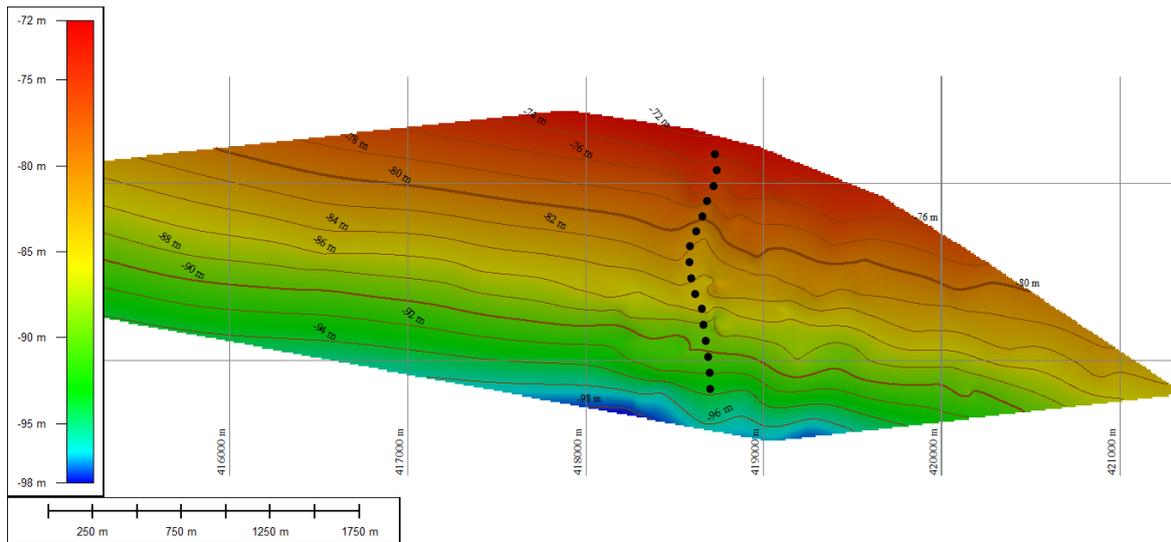


Figura 24. Dettaglio della batimetria dell'area di studio.

La valutazione degli spessori di copertura post-Wurmiana dei sedimenti francamente trasgressivi in giacitura piano-parallela è stata effettuata digitalizzando dalle sezioni sismiche monocanale l'unconformity "B", corrispondente allo stazionamento basso prolungato dello stadio 2 (periodo glaciale del Wurm), datato 19.000 anni prima dell'attuale (Fig. 25).

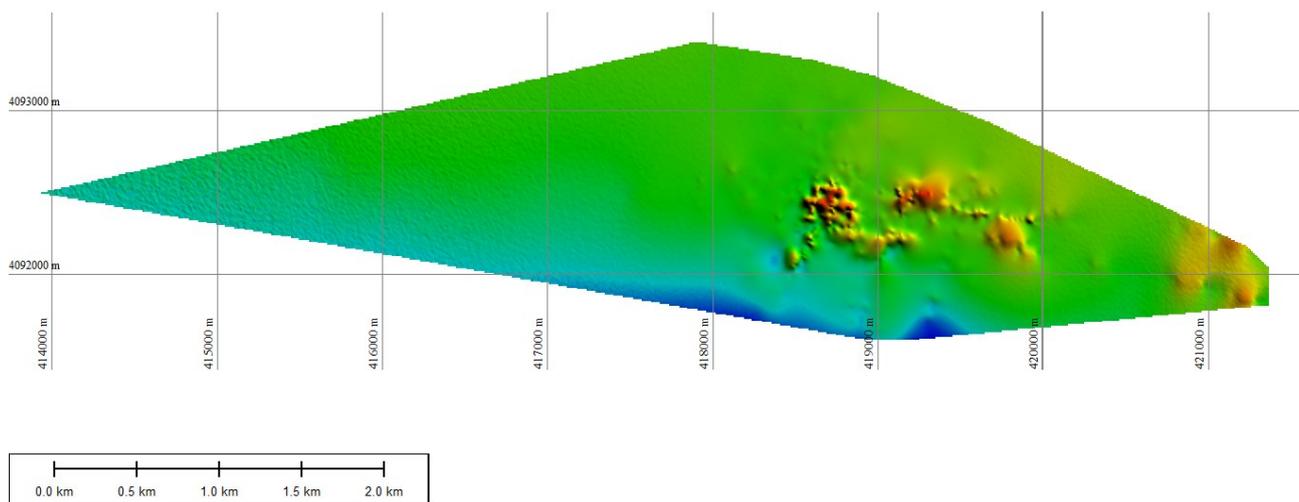


Figura 25. Carta delle profondità del top della facies sismo-acustica interpretabile come potenziale giacimento di sabbie relitte

Nel dettaglio presentato di seguito viene evidenziata la presenza di quattro alti relativi dell'unconformity, in corrispondenza di facies acustiche presumibilmente sabbiose rilevate dalle

sezioni sismiche (Fig. 26). Tali risalite relative dell'unconformity corrispondono, quindi, alle profondità al top dei potenziali reservoir individuati.

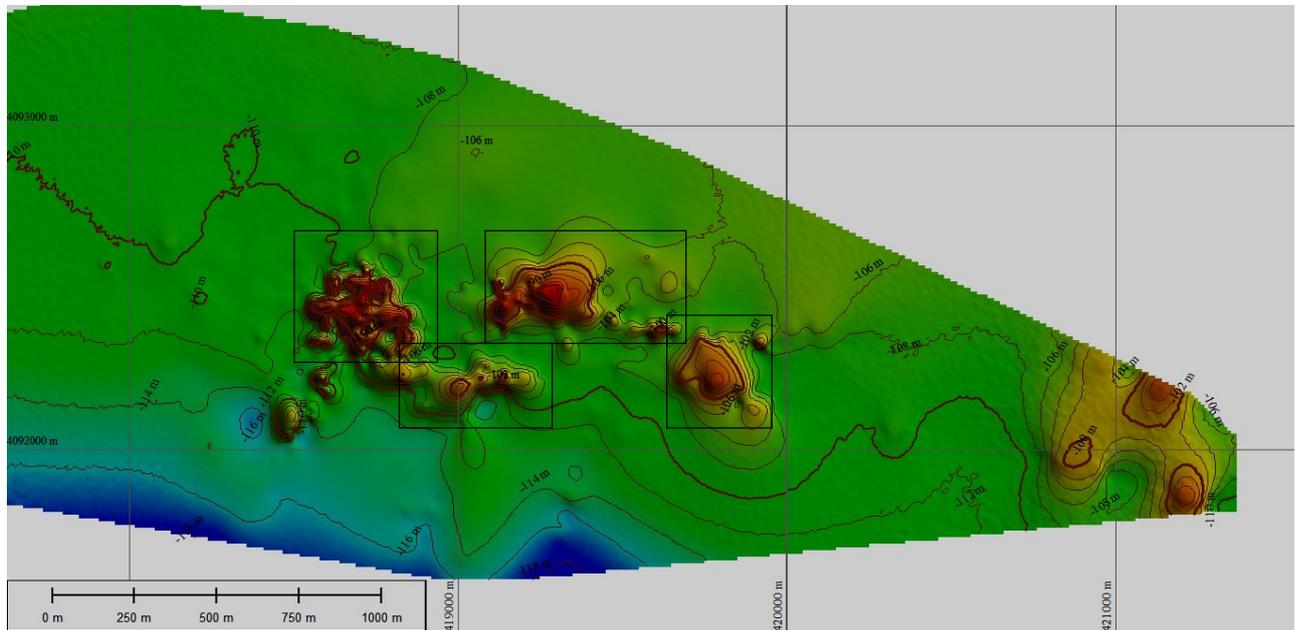


Figura 26. Dettaglio dalla carta delle profondità del top della facies sismo-acustica interpretabile come potenziale giacimento di sabbie relitte

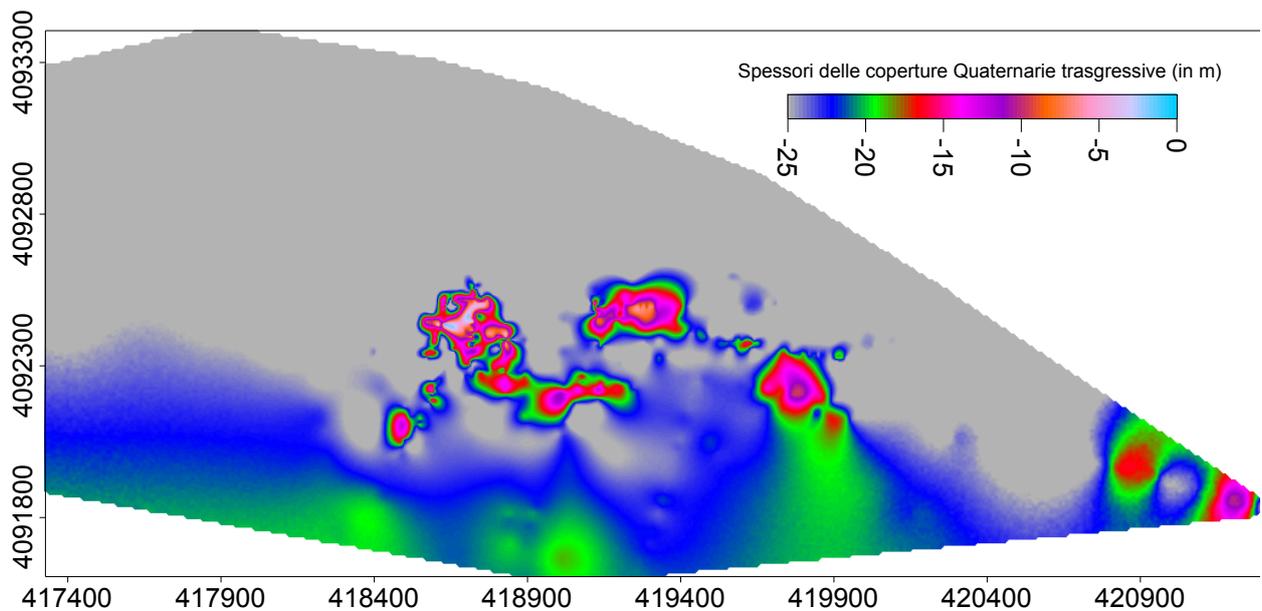


Figura 27. Spessori di copertura trasgressiva post Wurmiana

La differenza in profondità fra le superfici della batimetria (Fig. 24) ed il top della facies sismo-acustica interpretabile come potenziale giacimento di sabbie relitte (Fig. 25) consente di calcolare gli spessori di copertura trasgressiva post-wurmiana (Fig. 27), che evidenziano l'assottigliamento della copertura nelle aree individuate dalla risalita delle sacche di potenziale reservoir evidenziate in Figura 26). Il calcolo di questi spessori è di fondamentale importanza, in quanto anche se nell'area fossero presenti importanti reservoir sabbiosi, la presenza di spessori elevati di copertura siltoso-argillosa potrebbero renderne impossibile il recupero.

A questo punto, il passaggio più complicato è relativo alla caratterizzazione volumetrica dei potenziali reservoir sabbiosi. Tale scelta riguarda la digitalizzazione del fondo delle potenziali sacche di sabbia, che deve essere eseguito necessariamente ipotizzando la terminazione sabbiosa (verso il basso) delle sacche sulla base delle interpretazioni delle sezioni sismiche. Laddove non sono presenti potenziali reservoir, la superficie del fondo delle sacche di potenziale reservoir deve necessariamente coincidere con l'unconformity "B", allo scopo di evitare di inquinare il calcolo degli spessori. Il fondo dei reservoir è stato tracciato nella visualizzazione tridimensionale delle singole sezioni sismiche monocanale interpretate (Fig. 21 e 22), successivamente interpolate allo scopo di ottenere la superficie di riferimento verso il basso del calcolo volumetrico. Con questo passaggio si vanno quindi a determinare gli spessori di sabbie relitte nei potenziali reservoir (Fig. 28).

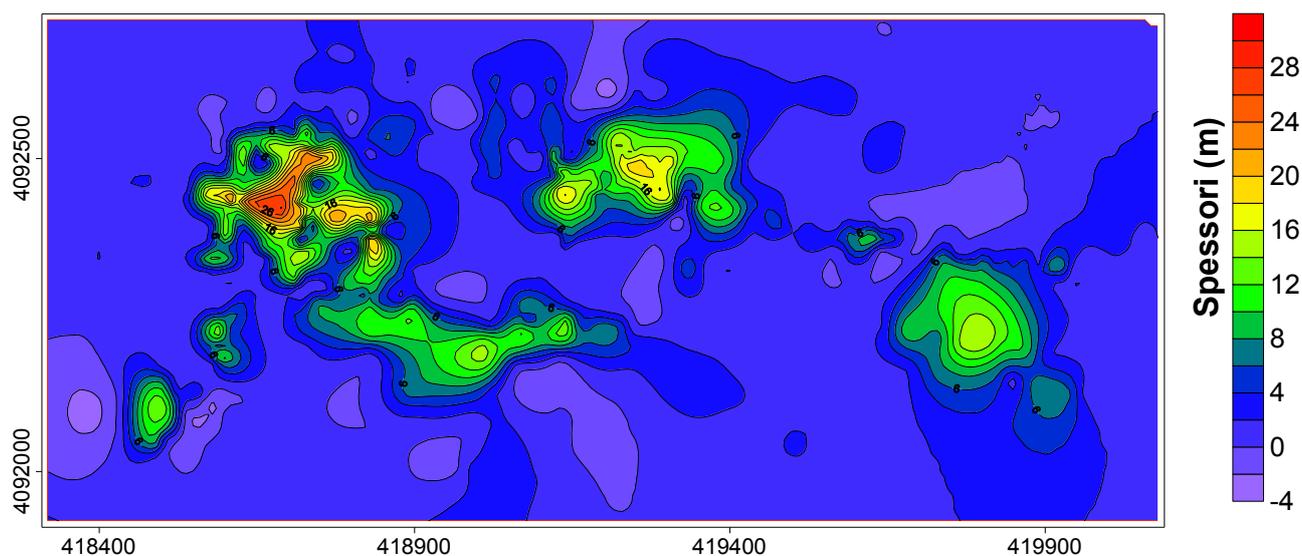


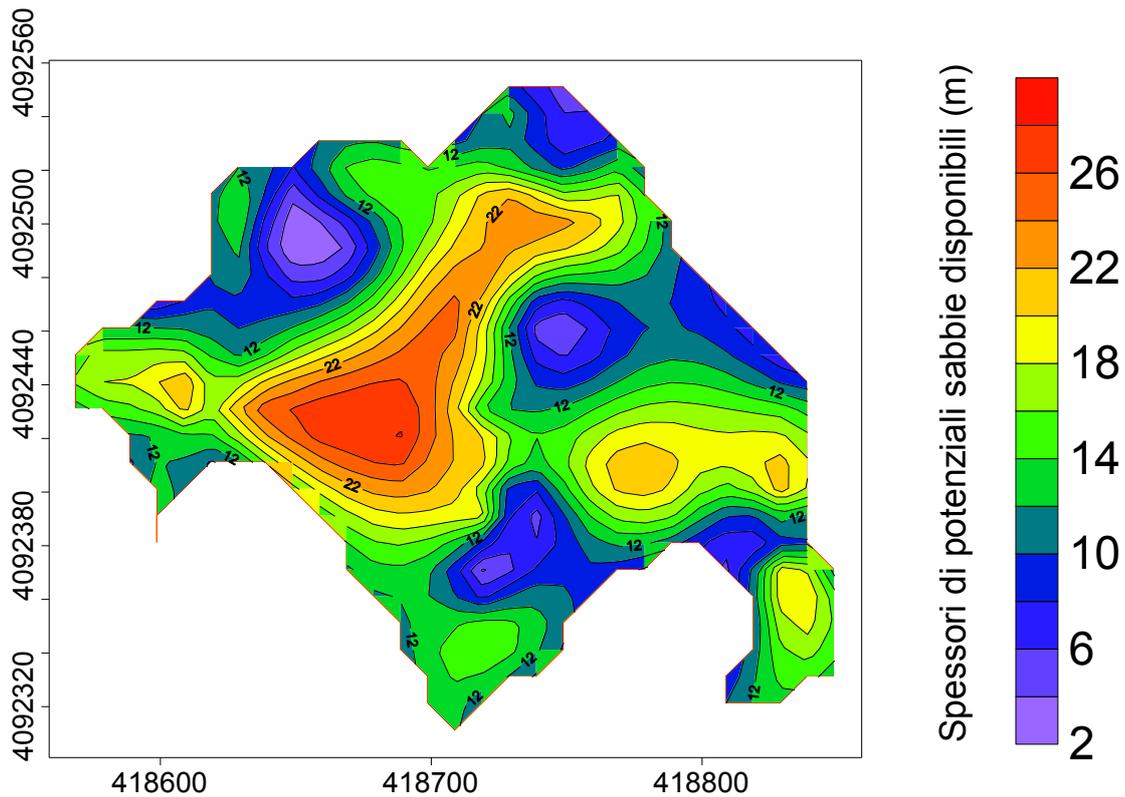
Figura 28. Spessori di sabbia disponibili nei potenziali reservoir

Questa computazione ci consente di definire la forma e l'estensione dei potenziali reservoir, già evidenziati nelle computazioni precedenti (Fig. 26 e 27). Benchè la facies acustica indica presumibilmente presenza di sabbie in corrispondenza di tali facies, è da sottolineare come la forma complessiva non sia quella tipica delle sabbie relitte (paleo-barre, cordoni, etc.) ma si tratti piuttosto di forme complessivamente arrotondate (tipo mounds) oltre che allungate che potrebbero essersi formati a seguito di meccanismi più complessi dell'equilibrio eustatico-tettonico-sedimentario connesso con le tipiche formazioni ascrivibili alla porzione di stazionamento basso relativo del livello del mare del "system tract". Tale morfologia rende debole la valutazione delle superfici di fondo dei potenziali reservoir, e potrebbe inficiare notevolmente il calcolo degli spessori di sabbia disponibili e, conseguentemente, dei volumi. In realtà, se morfosculture a "mound" di questo tipo si sono messe in posto per questioni connesse anche ad un regime di stress tettonico, possibilità suggerita anche dalla presenza di potenziale attività recente di faglia evidenziata al fondo mare, la composizione granulometrica media dei mounds potrebbe essere molto diversa da quanto potenzialmente atteso. Questa incertezza suggerisce almeno per il mound "A", che ci sembra essere per scarsa copertura argilloso-siltosa e per estensione complessiva, il più promettente dei potenziali reservoir, un'ulteriore campagna di campionature dirette (carotaggi), allo scopo di fugare ogni dubbio sulla sua natura granulometrica.

2.4.4 Volumetria

I volumi dei potenziali reservoir sono stati calcolati isolando in diverse matrici i modelli digitali del terreno riferiti agli spessori dei quattro elementi individuati, e calcolandone la somma dei volumi dei prismi formati dal prodotto dagli spessori di sabbia per l'area di ciascun elemento. Di seguito viene riportato il calcolo dettagliato dei volumi per ciascuno degli elementi.

Potenziale reservoir "A"



Upper Surface

Grid Size: 27 rows x 31 columns
 X Minimum: 418558.9255
 X Maximum: 418858.9256
 X Spacing: 10.000003333333
 Y Minimum: 4092300.986
 Y Maximum: 4092560.987
 Y Spacing: 10.000038461545
 Z Minimum: 2.0672452248521
 Z Maximum: 28.084580548224

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

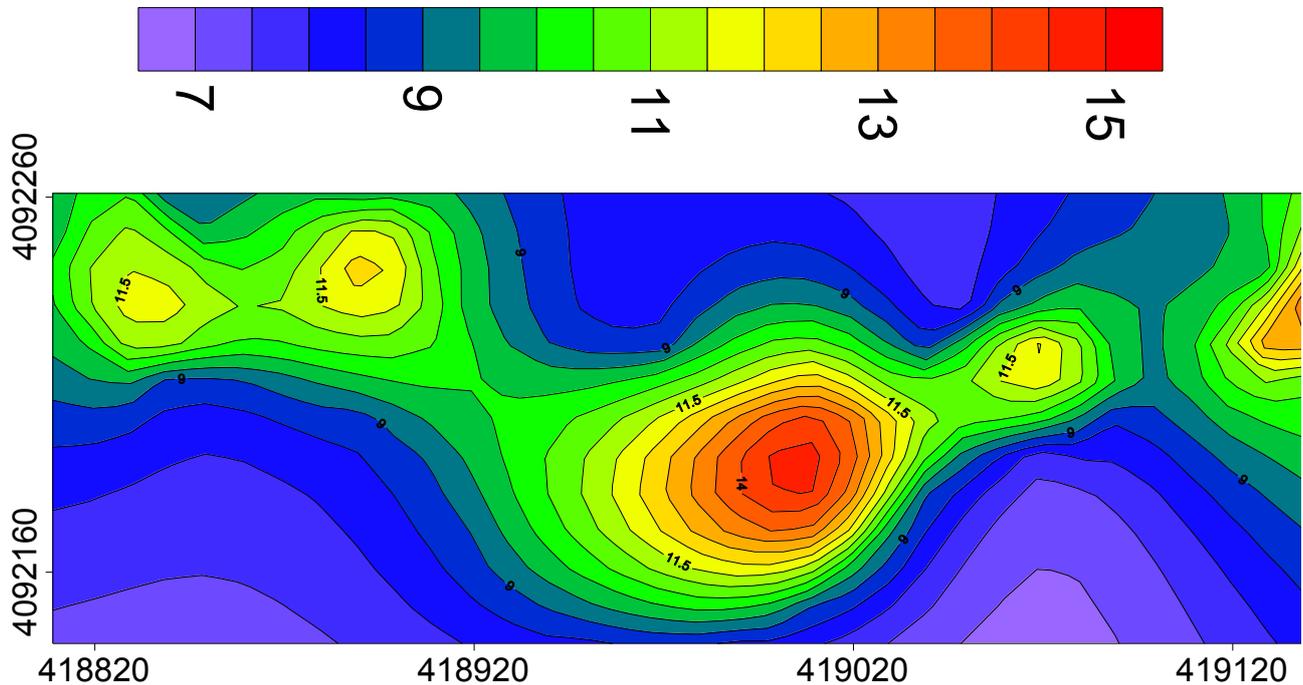
Total Volumes by Trapezoidal Rule: 603989.07486766

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 603989.07486766
 Negative Volume [Fill]: 0
 Net Volume [Cut-Fill]: 603989.07486766

Potenziale reservoir "B"

Spessori di potenziali sabbie disponibili (m)



Upper Surface

Grid Size: 13 rows x 34 columns
X Minimum: 418808.9255
X Maximum: 419138.9256
X Spacing: 10.000003030303
Y Minimum: 4092140.986
Y Maximum: 4092260.987
Y Spacing: 10.000083333347
Z Minimum: 6.7991382316479
Z Maximum: 14.684095466089

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

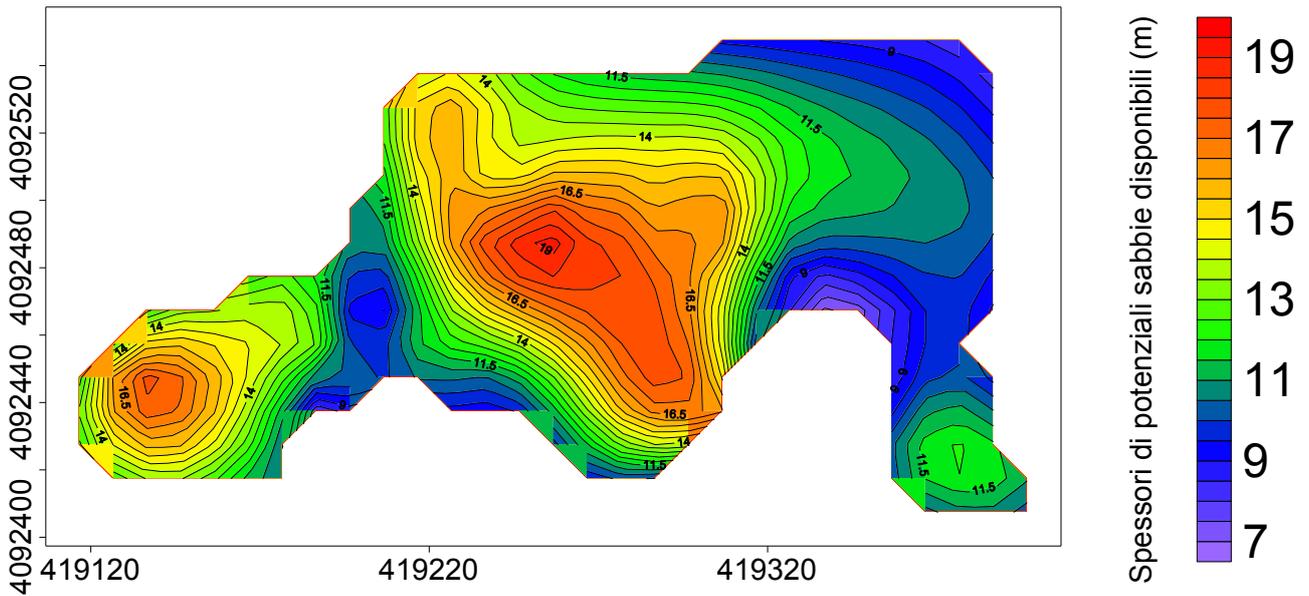
Volumes

Z Scale Factor: 1
Total Volumes by Trapezoidal Rule: 374307.57790477

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 374305.78533332
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 374305.78533332

Potenziale reservoir "C"



Upper Surface

Grid Size: 17 rows x 31 columns
 X Minimum: 419106.6972
 X Maximum: 419406.6973
 X Spacing: 10.000003333333
 Y Minimum: 4092397.391
 Y Maximum: 4092557.392
 Y Spacing: 10.00006250001
 Z Minimum: 6.9013096785726
 Z Maximum: 19.224017025637

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

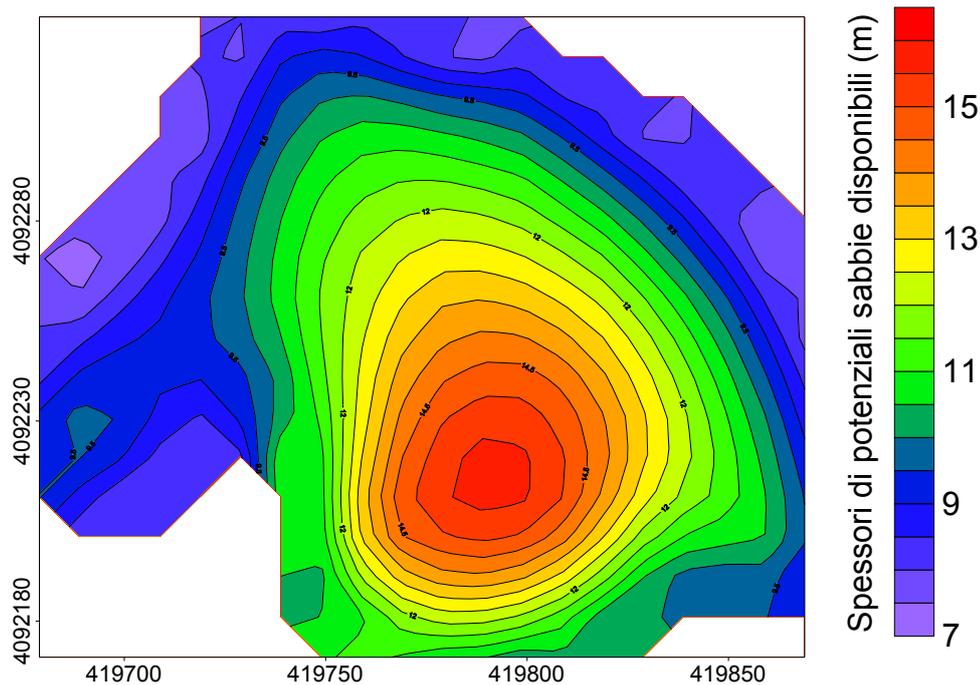
Z Scale Factor: 1

Total Volumes by Trapezoidal Rule: 349167.00372082

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 349167.00372082
 Negative Volume [Fill]: 0
 Net Volume [Cut-Fill]: 349167.00372082

Potenziale reservoir "D"



Upper Surface

Grid Size: 17 rows x 20 columns
 X Minimum: 419678.9255
 X Maximum: 419868.9256
 X Spacing: 10.000005263158
 Y Minimum: 4092170.986
 Y Maximum: 4092330.987
 Y Spacing: 10.00006250001
 Z Minimum: 7.452415605122
 Z Maximum: 15.701172863233

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1
Total Volumes by Trapezoidal Rule: 277875.77904045

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 277875.77904045
 Negative Volume [Fill]: 0
 Net Volume [Cut-Fill]: 277875.77904045

Riassunto delle computazioni volumetriche

<i>Potenziale giacimento</i>	<i>Volume (mc)</i>
<i>A</i>	603989
<i>B</i>	374306
<i>C</i>	349167
<i>D</i>	277875
<u><i>Totale</i></u>	<u>1605337</u>

3 Misure delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque dell'area di indagine

Nell'area di indagine sono state effettuate le misurazioni delle variazioni dei valori di temperatura, salinità e torbidità delle acque, in funzione della profondità, con l'ausilio di una sonda multiparametrica CTD.

In particolare, tali misurazioni sono state effettuate in corrispondenza di N.6 stazioni indicate in Figura 29.

Dalla ricostruzione dei profili verticali (Fig.30) non si evincono significative differenze tra le stazioni. In particolare, i valori di temperatura mostrano un tipico andamento decrescente dalla superficie verso il fondo, variando da 16,6-16,2°C in superficie a 14,6-15,1 a 50 m di profondità. Il gradiente di temperatura più rilevante è registrato tra 0-10 m circa, per mantenersi a valori quasi costanti, tra 10 e 50 m. I rilevati valori di torbidità e di salinità si mantengono pressoché costanti lungo la colonna d'acqua e variano rispettivamente, tra 12,36 - 12,33 NTU, e 38,7- 39,5 psu, nell'intera area di indagine.

I valori dei parametri misurati rappresentano il background naturale che dovrà essere considerato in una potenziale successiva fase di movimentazione e dragaggio del fondo marino in accordo al “Manuale per la Movimentazione di Sedimenti Marini” redatto da ICRAM.

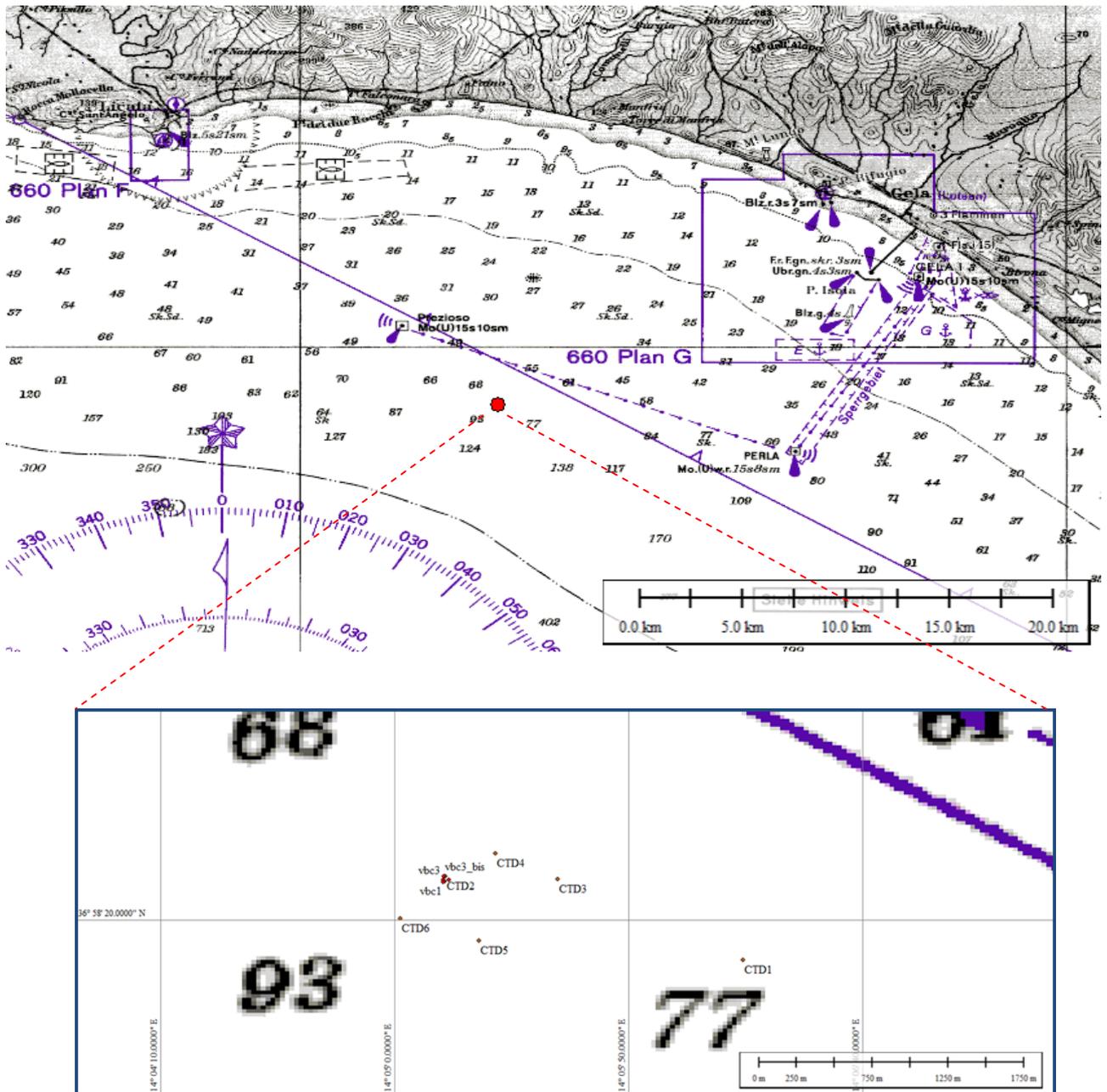
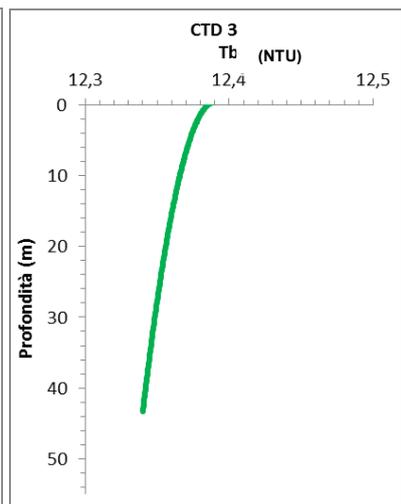
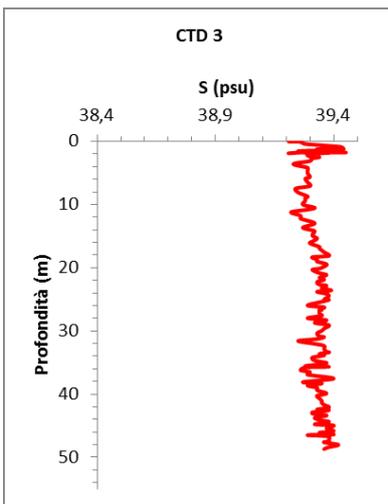
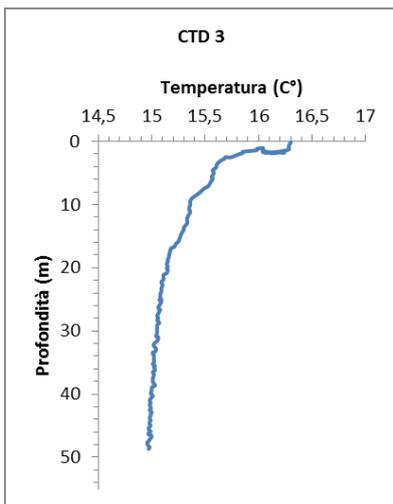
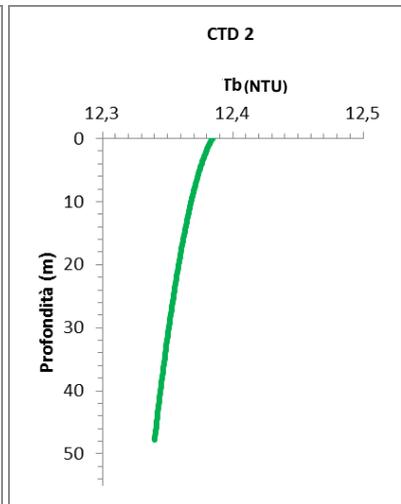
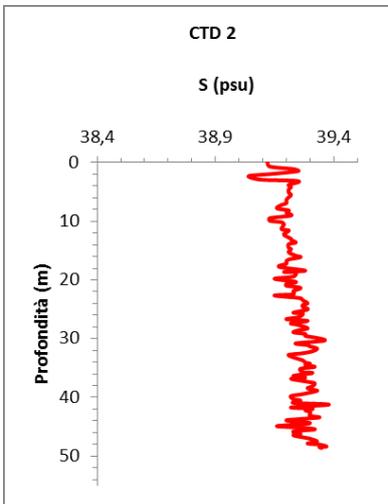
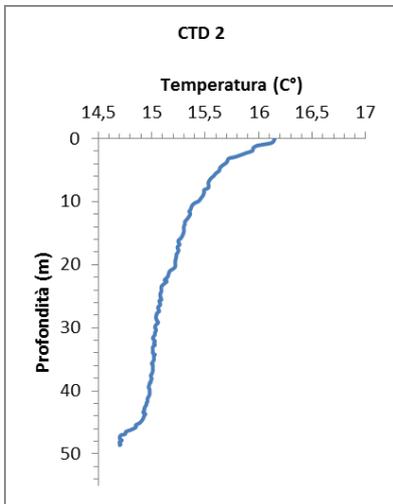
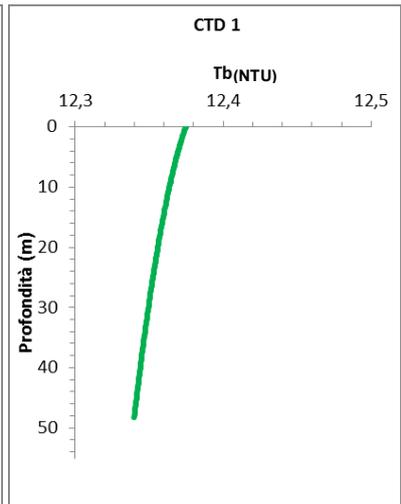
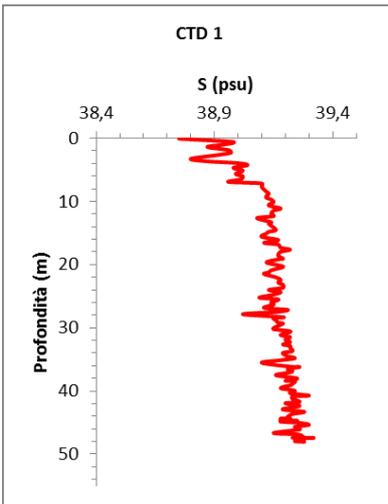
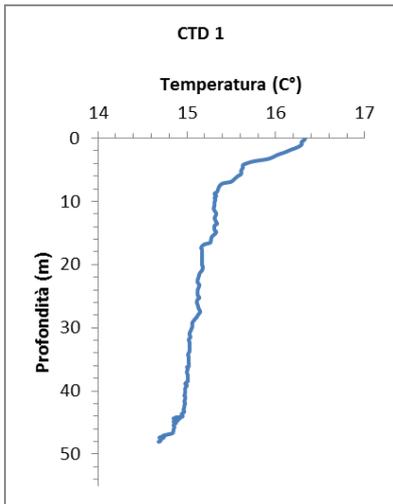


Figura 29. Mappa dei punti di campionamento delle carote (vbc) e delle stazioni CTD effettuate.



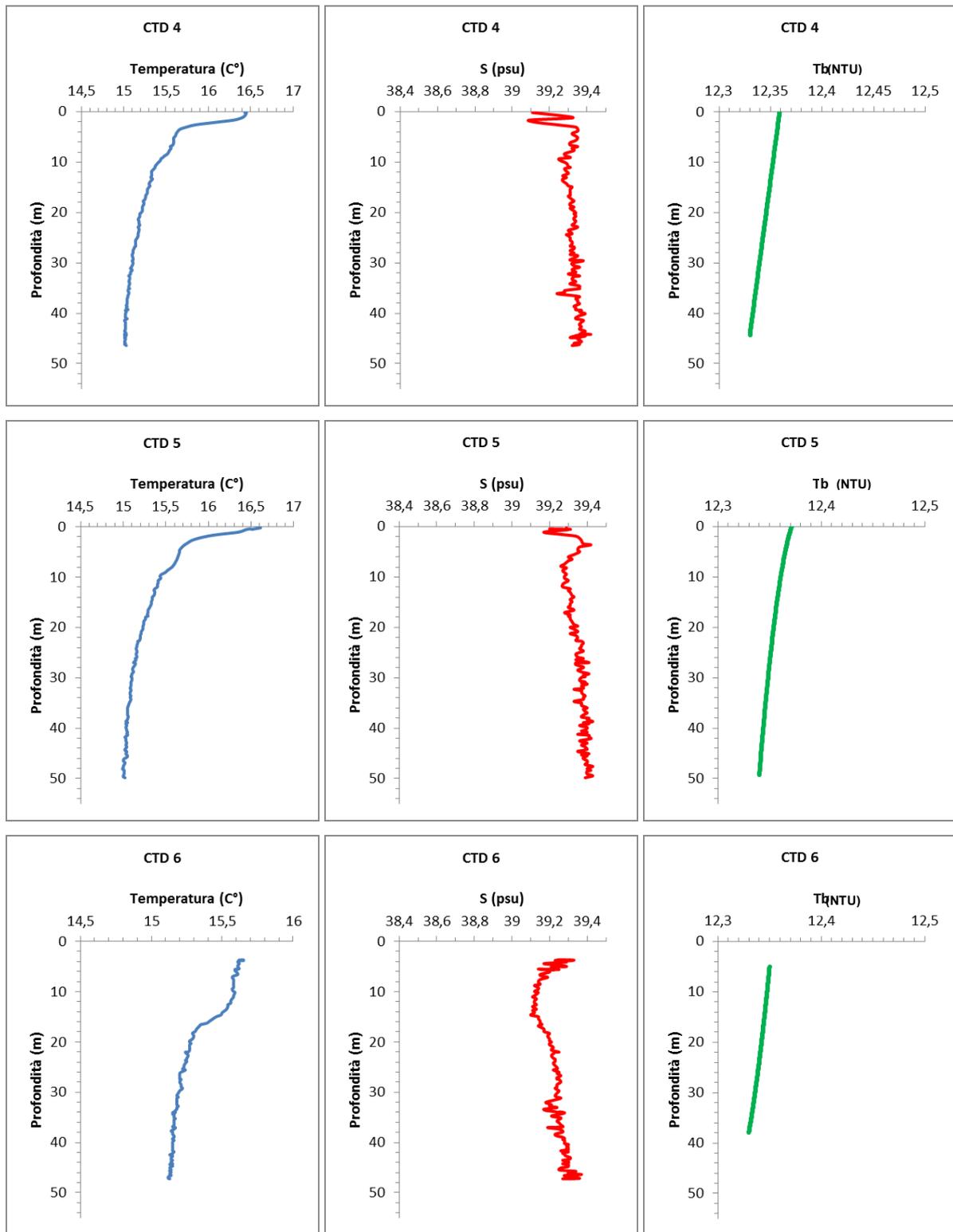


Figura 30. Profili verticali dei valori di Temperatura, Salinità e Torbidità misurati nell'area di interesse.

4. Prelievo e campionamento di carote di sedimento nell'area antistante il Golfo di Gela tramite vibrocarotiere

4.1 Campionamento

La scelta dell'ubicazione delle stazioni di prelievo è stata realizzata sulla base delle informazioni ottenute durante il survey geofisico effettuato. Complessivamente sono stati ubicati 4 punti di campionamento denominati "VBR 1, VBR 2, VBR 3 e VBR 4" (Tab. 6; Fig. 29).

I campioni sono stati prelevati mediante carotiere subacqueo "VGP 30/3" (Fig. 31) in grado di prelevare adeguatamente sedimenti non consolidati fino ad una profondità di 300 cm ed in grado di minimizzare i disturbi e le contaminazioni dei campioni grazie alle tre differenti modalità di penetrazione (vibrazione, percussione e spinta idraulica).

L'operazione di campionamento è stata eseguita dalla ditta GecoGroup s.r.l. in data 7 giugno 2012 a bordo della M/B Medma.

Le carote di sedimento prelevate (Fig. 32a) sono state suddivise in tre pezzi da 100 cm messi in una cassetta catalogatrice (Fig. 32b) e campionati ogni 50 cm.

Dopo una descrizione macroscopica preliminare, i campioni, sono stati conservati in appositi contenitori in cella frigorifera e pronti ad essere trasportati in laboratorio per sottoporli alle relative analisi.

CAMPIONE	COORDINATE		PROFONDITA' metri
	Easting	Northing	
VBR 1	418652.91	4092481.37	82
VBR 2	418714.24	4092471.45	82
VBR 3	418652.85	4092458.46	83
VBR 4	418685.1	4092458.01	81

Tabella 6. Ubicazione campioni



Figura 31. Vibrocarotiere subacqueo “VGP 30/3”



Figura 32a. Esempio di carota pronta per il campionamento



Figura 32b. Cassetta catalogatrice

3.2 Analisi di parametri fisici (pH, Eh, Temperatura) dei sedimenti prelevati

Sui campioni appena prelevati, sono stati misurati i valori di (pH, Eh e Temperatura) (Tab. 7a, b, c, d) (Fig. 33) ed è stata effettuata una descrizione macroscopica consistente nella valutazione delle dimensioni granulometriche prevalenti per stima visiva e nella definizione del colore attraverso la comparazione con la “Munsell Rock Color Chart”(1975) 2009 Revision.

CAROTA VBR 1			
CAMPIONE	pH	Eh (mV)	T(°C)
VBR 1 0-50	7.02	-150	22.02
VBR 1 50-100	7.02	-120	22.05
VBR 1 100-150	7.02	-180	22.00
VBR 1 150-200	7.02	-180	22.00
VBR 1 200-250	7.02	-175	23.00
VBR 1 250-300	7.02	-190	22.07

Tabella 7a. Valori Ph – Eh e T (°C) relativi alla carota VBR 1

CAROTA VBR 2			
CAMPIONE	pH	Eh (mV)	T(°C)
VBR 2 0-50	7.03	-140	18.02
VBR 2 50-100	7.03	-185	19.02
VBR 2 100-150	7.02	-187	19.00
VBR 2 150-200	7.03	-190	19.05
VBR 2 200-250	7.02	-185	19.05
VBR 2 250-300	7.03	-180	20.00

Tabella 7b. Valori Ph – Eh e T(°C) relativi alla carota VBR 2

CAROTA VBR 3			
CAMPIONE	pH	Eh (mV)	T(°C)
VBR 3 0-50	7.03	-145	20.00
VBR 3 50-100	7.02	-170	19.00
VBR 3 100-150	7.02	-175	18.04
VBR 3 150-200	7.03	-180	20.00
VBR 3 200-250	7.03	-190	19.03
VBR 3 250-300	7.02	-190	20.00

Tabella 7c. Valori Ph – Eh e T(°C) relativi alla carota VBR 3

CAROTA VBR 4			
CAMPIONE	pH	Eh (mV)	T(°C)
VBR 4 0-50	7.04	-160	21.07
VBR 4 50-100	7.04	-180	20.04
VBR 4 100-150	7.02	-180	20.04
VBR 4 150-200	7.03	-184	21.00
VBR 4 200-250	7.03	-187	21.00
VBR 4 250-300	7.03	-190	21.00

Tabella 7d. Valori Ph – Eh e T(°C) relativi alla carota VBR 4



Figura 33. Sonde per la misura di pH, Eh e Temperatura (°C)

5. Analisi sedimentologica e granulometrica dei sedimenti prelevati

5.1 Metodologia analitica

I campioni sono stati trattati in laboratorio con una soluzione di perossido di idrogeno ed acqua distillata per l'eliminazione della sostanza organica e quindi sottoposti a ripetuti lavaggi per l'eliminazione di sali cementati (principalmente cloruro di sodio).

Successivamente, il campione è stato sottoposto all'analisi granulometrica in umido utilizzando il granulometro laser Horiba Partica La 950A.

Il software utilizzato per tale tipo di analisi è "HORIBA LA950 for Windows Ver. 5.20" che calcola ed elabora la distribuzione granulometrica, consentendo anche la costruzione di istogrammi di frequenza utili per il calcolo dei parametri statistici secondo il metodo grafico di Folk & Ward (1957).

Tutti i dati sono stati poi elaborati con un software open source "GRADISTAT, S.J. BLOTT & K. PYE, 2001" che permette di ricavare i parametri statistici di Folk & Ward.

5.2 Risultati

5.2.1 Analisi macroscopica

Dall'esame macroscopico effettuato preliminarmente sui campioni (Tab. 8a, b,c,d) è stato possibile distinguere la componente granulometrica principale e il colore grazie alla comparazione con la "Musell Rock Color Chart" (1975) 2009 Revision.

Tutti i campioni presentano un colore corrispondente alla sigla 10Y 5/4 (Light Olive).

CAROTA VBR 1		
CAMPIONE sigla	DESCRIZIONE CAMPIONI DOPO IL PRELIEVO	COLORE sigla
VBR 1 0-50	PELITE	10Y 5/4
VBR 1 50-100	PELITE	10Y 5/4
VBR 1 100-150	PELITE	10Y 5/4
VBR 1 150-200	PELITE	10Y 5/4
VBR 1 200-250	PELITE	10Y 5/4
VBR 1 250-300	PELITE	10Y 5/4

Tabella 8a. Analisi macroscopica effettuata sui sedimenti al momento del prelievo della carota VBR 1

CAROTA VBR 2		
CAMPIONE sigla	DESCRIZIONE CAMPIONI DOPO IL PRELIEVO	COLORE sigla
VBR 2 0-50	PELITE	10Y 5/4
VBR 2 50-100	PELITE	10Y 5/4
VBR 2 100-150	PELITE	10Y 5/4
VBR 2 150-200	PELITE	10Y 5/4
VBR 2 200-250	PELITE	10Y 5/4
VBR 2 250-300	PELITE	10Y 5/4

Tabella 8b. Analisi macroscopica effettuata sui sedimenti al momento del prelievo della carota VBR 2

CAROTA VBR 3		
CAMPIONE sigla	DESCRIZIONE CAMPIONI DOPO IL PRELIEVO	COLORE sigla
VBR 3 0-50	PELITE	10Y 5/4
VBR 3 50-100	PELITE	10Y 5/4
VBR 3 100-150	PELITE	10Y 5/4
VBR 3 150-200	PELITE	10Y 5/4
VBR 3 200-250	PELITE	10Y 5/4
VBR 3 250-300	PELITE	10Y 5/4

Tabella 8c. Analisi macroscopica effettuata sui sedimenti al momento del prelievo della carota VBR 3

CAROTA VBR 4		
CAMPIONE sigla	DESCRIZIONE CAMPIONI DOPO IL PRELIEVO	COLORE sigla
VBR 4 0-50	PELITE	10Y 5/4
VBR 4 50-100	PELITE	10Y 5/4
VBR 4 100-150	PELITE	10Y 5/4
VBR 4 150-200	PELITE	10Y 5/4
VBR 4 200-250	PELITE	10Y 5/4
VBR 4 250-300	PELITE CON SABBIA	10Y 5/4

Tabella 8d. Analisi macroscopica effettuata sui sedimenti al momento del prelievo della carota VBR 4

5.2.2 Analisi granulometrica

L'analisi granulometrica dei singoli campioni ha permesso di ottenere i valori dei percentili essenziali per ricavare attraverso il metodo grafico i parametri statistici di Folk & Ward (Tab. 9a, b, c, d.) (Fig. 34a, b, c, d) e le percentuali di sabbia, silt e argilla presenti in ogni singolo campione (Tab. 10a, b, c, d) (Fig. 35a, b, c, d).

I campioni sono stati suddivisi in classi granulometriche secondo la scala Udden - Wentworth (1922), i cui limiti di classe sono espressi in phi ($\phi = -\log_2$ del diametro dei granuli espresso in mm), secondo la scala proposta da Krumbein (1934).

La distinzione delle principali classi dimensionali (sabbia, silt ed argilla) è stata utilizzata per la classificazione dei sedimenti secondo il diagramma triangolare di Shepard (1954) (Fig. 36a, b, c, d).

Carota VBR 1:

Le curve di frequenza dei sei campioni analizzati che compongono l'intera carota, evidenziano una spiccata moda principale ricadente nel campo del Silt (da medio a molto fine).

Il Diametro Medio (Tab. 9a) (Fig. 34a) ricadente nel campo delle (Argille) con valori compresi tra $9,201 \phi$ ($1,699 \mu\text{m}$) e $8,549 \phi$ ($2,670 \mu\text{m}$)

CAROTA VBR 1								
CAMPIONE	PARAMETRI DI TENDENZA CENTRALE					$\sigma_1 \phi$	Sk1	KG
	M1 ϕ	M2 ϕ	M3 ϕ	Mz ϕ	m ϕ			
VBR 1 0-50	7,511	11,82	-	8,806	8,261	2,220	0,386	0,737
VBR 1 50-100	7,511	11,82	-	8,715	8,160	2,169	0,410	1,083
VBR 1 100-150	7,315	12,41	-	9,198	8,518	2,520	0,401	0,607
VBR 1 150-200	7,511	11,82	-	8,797	8,227	2,218	0,401	0,737
VBR 1 200-250	7,315	11,82	-	8,549	8,028	2,443	0,326	1,051
VBR 1 250-300	7,315	12,41	-	9,201	8,488	2,534	0,414	0,606

M = moda; **Mz** = diametro medio; **m** = mediana; **σ_1** = classazione; **Sk1** = Skewness; **KG** = Kurtosis

Tabella 9a. Parametri statistici di Folk & Ward relativi alla carota VBR1

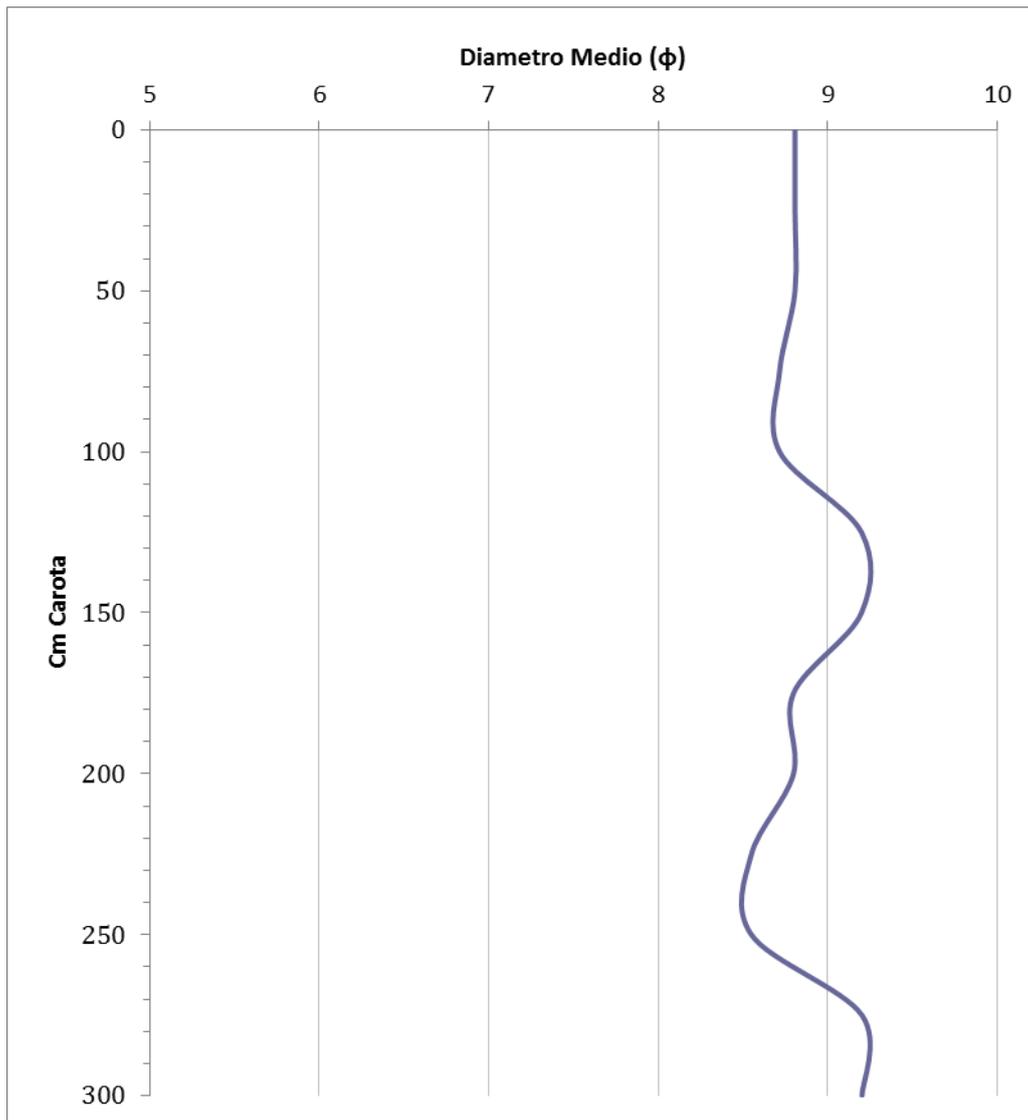


Figura 34a. Variazione del Diametro Medio lungo la Carota VBR 1

CAROTA VBR 1					
CAMPIONE	COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA				CLASSIFICAZIONE SHEPARD (1954)
Sigla	%ghiaia	%sabbia	%silt	%argilla	
VBR 1 0-50		0,00	43,52	56,48	Argilla Siltosa
VBR 1 50-100		0,00	45,55	54,45	Argilla Siltosa
VBR 1 100-150		0,00	39,52	60,48	Argilla Siltosa
VBR 1 150-200		0,00	44,18	55,82	Argilla Siltosa
VBR 1 200-250		0,53	48,84	50,63	Argilla Siltosa
VBR 1 250-300		0,00	39,86	60,14	Argilla Siltosa

Tabella 10a. Composizione Granulometrica relativi alla carota VBR1

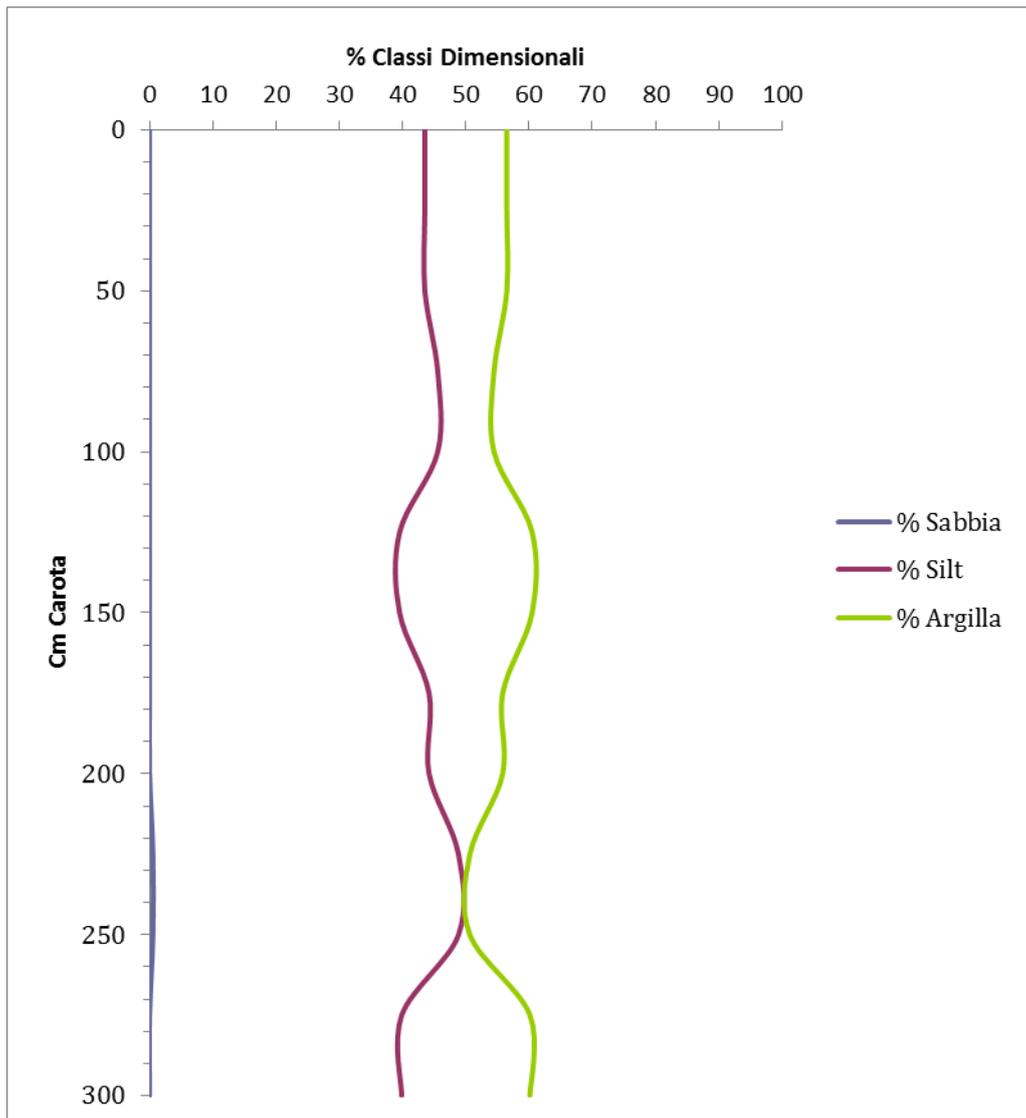


Figura 35a. Variazione della composizione granulometrica lungo la Carota VBR 1

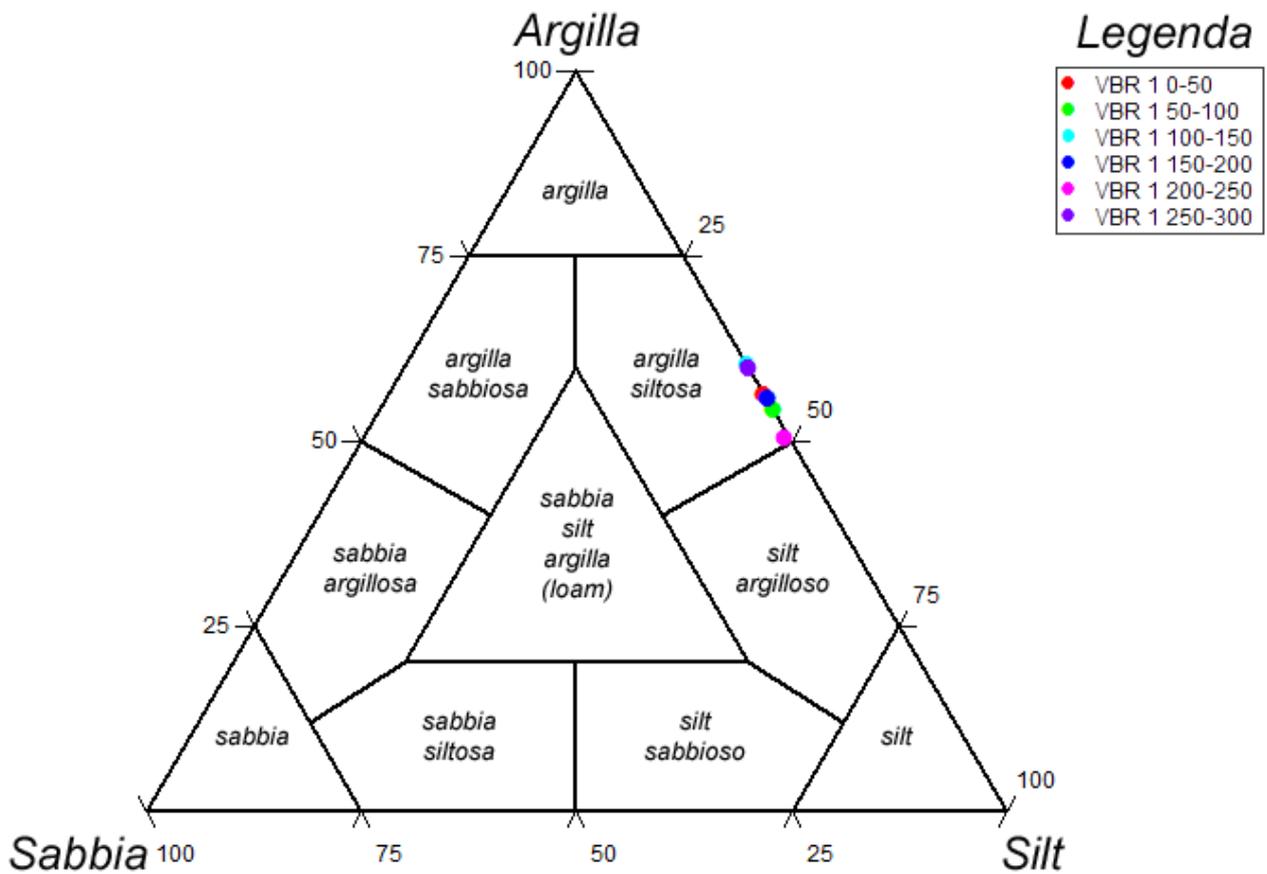


Figura 36a. Ubicazione dei campioni della carota VBR1 nel diagramma triangolare di Shepard (1954).

Carota VBR 2:

Le curve di frequenza dei sei campioni analizzati che compongono l'intera carota, evidenziano una spiccata moda principale ricadente nel campo delle Argille.

Il Diametro Medio (Tab. 9b) (Fig. 34b) ricade nel campo delle Argille con valori compresi tra 9,285 ϕ (1,603 μm) e 8,548 ϕ (2,672 μm).

CAROTA VBR 2								
CAMPIONE	PARAMETRI DI TENDENZA CENTRALE					$\sigma 1 \varphi$	Sk1	KG
Sigla	M1 φ	M2 φ	M3 φ	Mz φ	m φ			
VBR 2 0-50	7,315	12,01	-	9,088	8,509	2,288	0,401	0,591
VBR 2 50-100	7,511	12,41	-	9,161	8,470	2,563	0,388	0,631
VBR 2 100-150	7,119	12,01	-	9,052	8,481	2,334	0,389	0,588
VBR 2 150-200	12,60	8,294	6,140	9,285	8,729	2,656	0,293	0,605
VBR 2 200-250	7,707	11,82	-	8,787	8,218	2,421	0,315	1,032
VBR 2 250-300	7,315	11,62	-	8,548	8,032	2,363	0,332	0,988

M = moda; **Mz** = diametro medio; **m** = mediana; **$\sigma 1$** = classazione; **Sk1** = Skewness; **KG** =

Kurtosis

Tabella 9b. Parametri statistici di Folk & Ward relativi alla carota VBR2

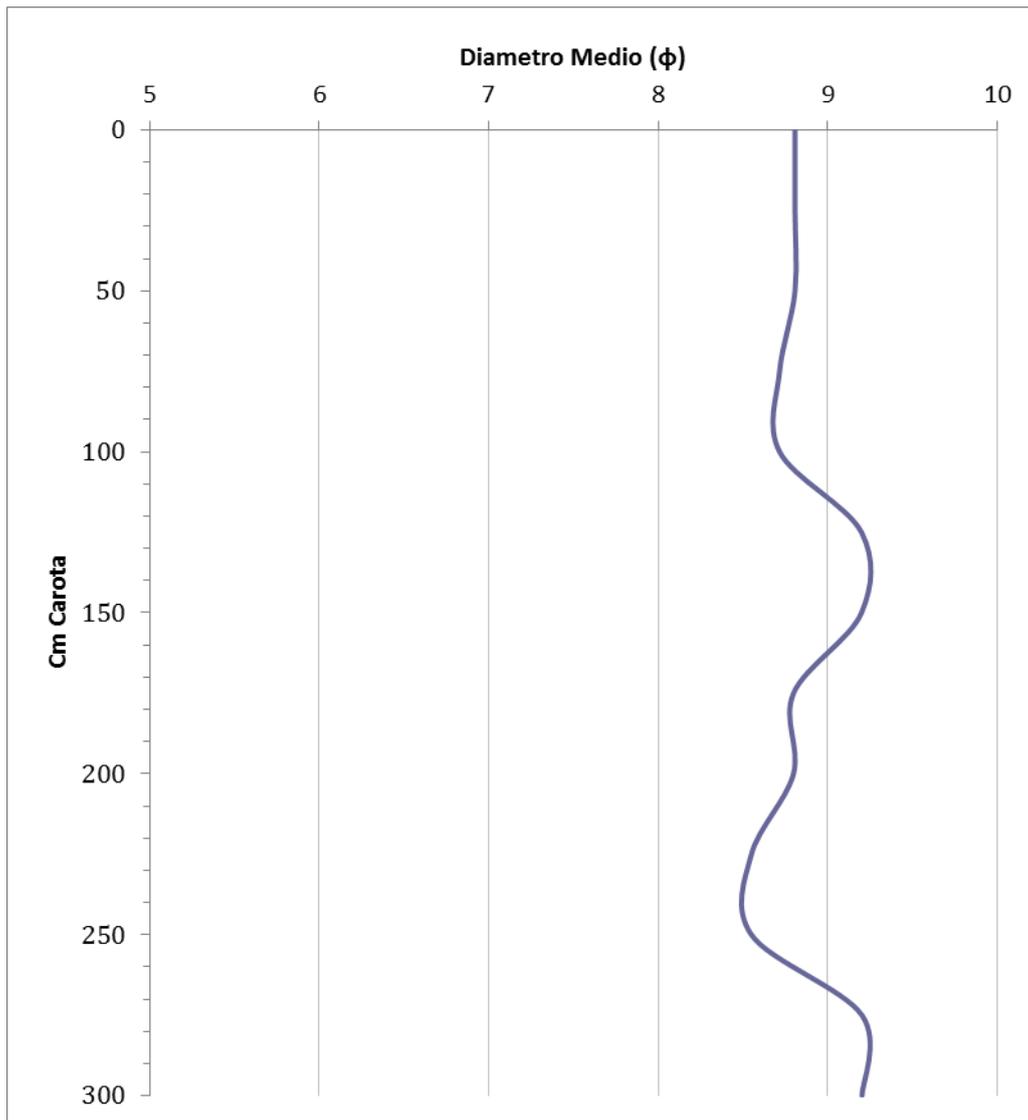


Figura 34b. Variazione del Diametro Medio lungo la Carota VBR 2

CAROTA VBR 2					
CAMPIONE	COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA				CLASSIFICAZIONE SHEPARD (1954)
Sigla	%ghiaia	%sabbia	%silt	%argilla	
VBR 2 0-50		0,00	39,25	60,77	Argilla Siltosa
VBR 2 50-100		0,21	39,93	59,86	Argilla Siltosa
VBR 2 100-150		0,00	40,54	59,46	Argilla Siltosa
VBR 2 150-200		0,63	30,24	69,13	Argilla Siltosa
VBR 2 200-250		3,21	41,06	55,73	Argilla Siltosa
VBR 2 250-300		0,45	48,83	50,72	Argilla Siltosa

Tabella 10b. Composizione Granulometrica relativa alla carota VBR 2

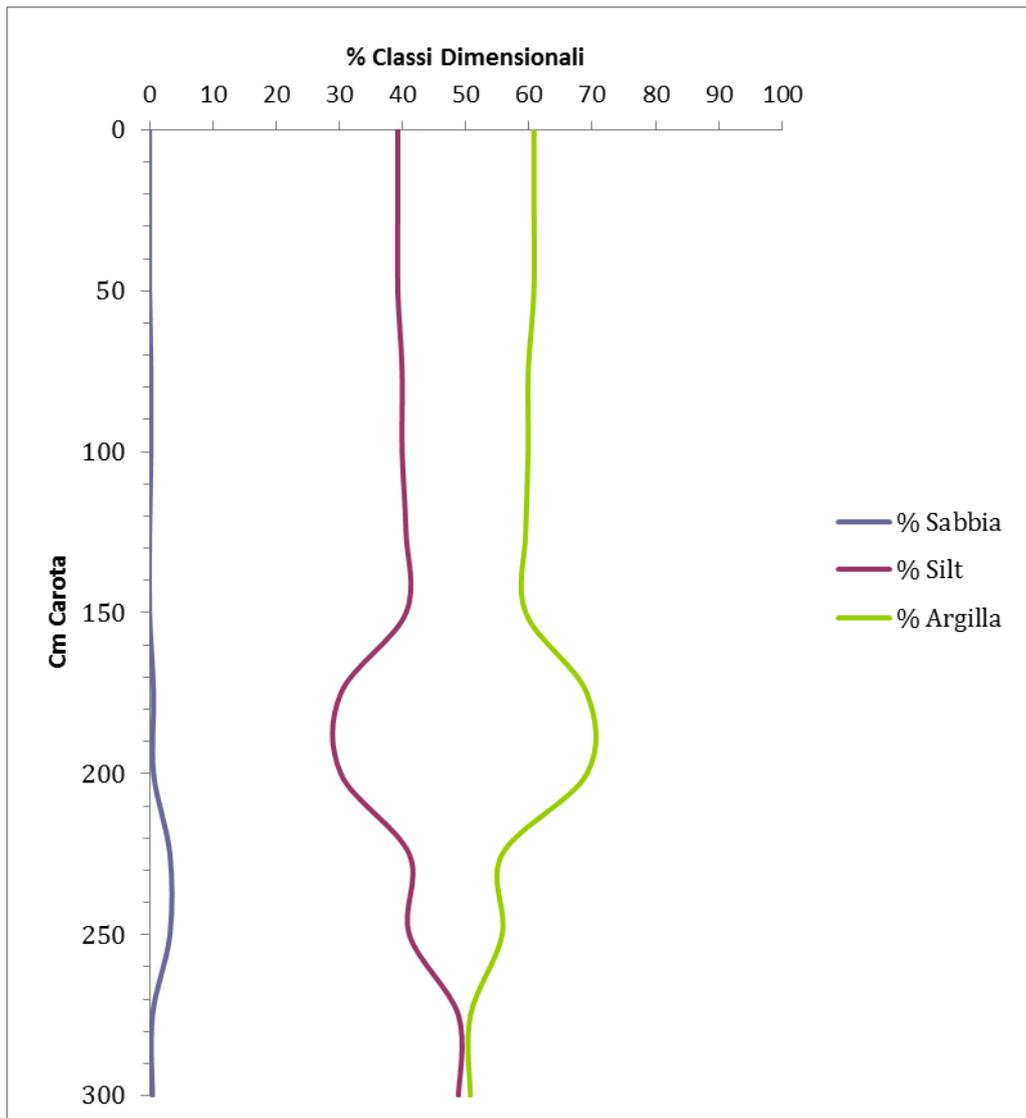


Figura 35b. Variazione della composizione granulometrica lungo la Carota VBR 2

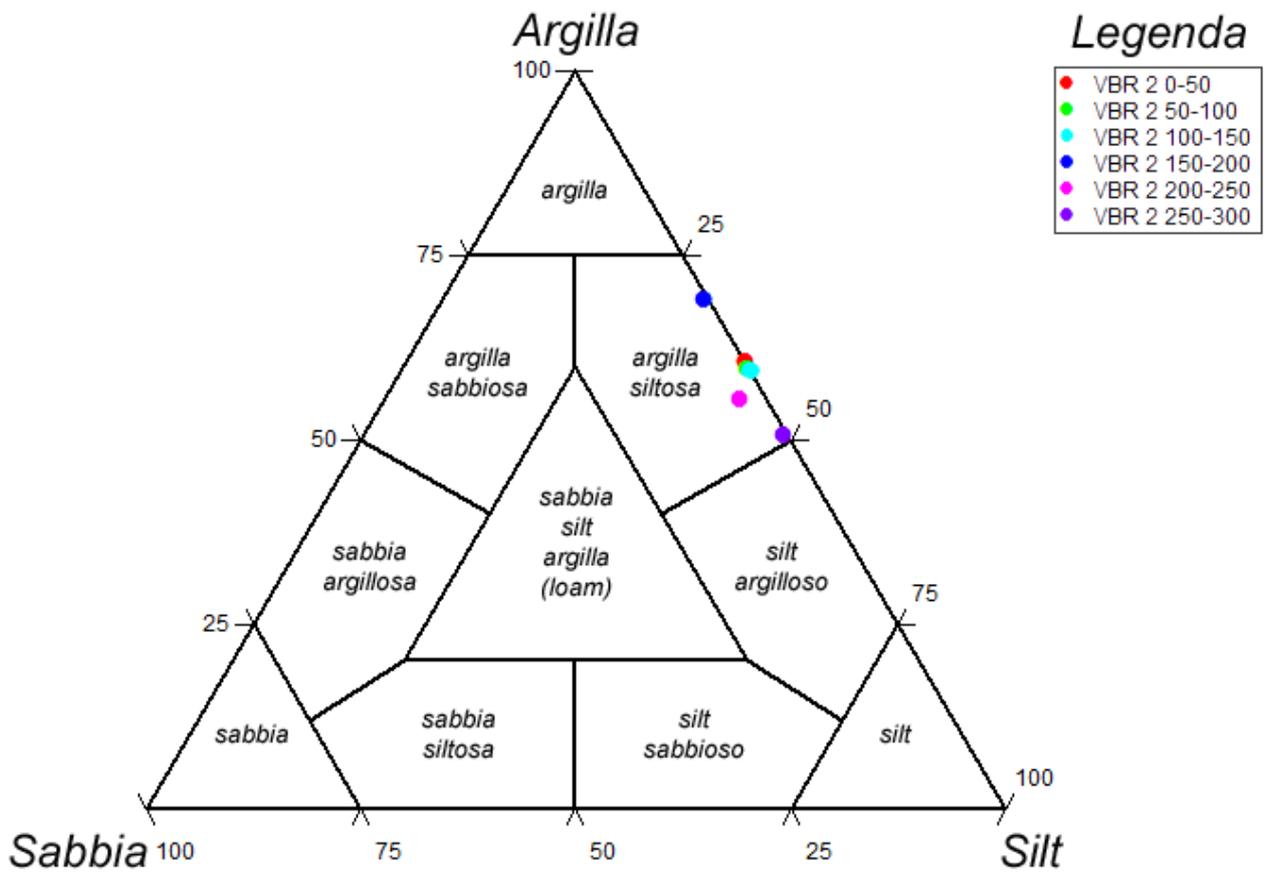


Figura 36b Ubicazione dei campioni relativi alla carota VBR 2 nel diagramma triangolare di Shepard (1954).

Carota VBR 3:

Le curve di frequenza dei sei campioni analizzati che compongono l'intera carota, evidenziano una spiccata moda principale ricadente nel campo delle Argille)

Il Diametro Medio (Tab. 9c) (Fig. 34c) ricadente nel campo delle Argille con valori compresi tra 9,336 ϕ (1,547 μm) e 8,692 ϕ (2,418 μm).

CAROTA VBR 3

CAMPIONE	PARAMETRI DI TENDENZA CENTRALE					$\sigma_1 \varphi$	Sk1	KG
	Sigla	M1 φ	M2 φ	M3 φ	Mz φ			
VBR 3 0-50	7,315	12,41	-	9,065	8,293	2,573	0,427	0,633
VBR 3 50-100	7,511	12,41	-	9,174	8,377	2,421	0,488	0,622
VBR 3 100-150	12,60	8,284	6,522	9,336	8,698	2,545	0,349	0,608
VBR 3 150-200	12,60	8,294	6,140	9,308	8,729	2,605	0,315	0,605
VBR 3 200-250	7,511	11,82	-	8,692	8,122	2,182	0,417	1,081
VBR 3 250-300	7,511	11,82	-	8,761	8,151	2,323	0,396	0,886

M = moda; **Mz** = diametro medio; **m** = mediana; **σ_1** = classazione; **Sk1** = Skewness; **KG** = Kurtosis

Tabella 9c. Parametri statistici di Folk & Ward relativi alla carota VBR 3

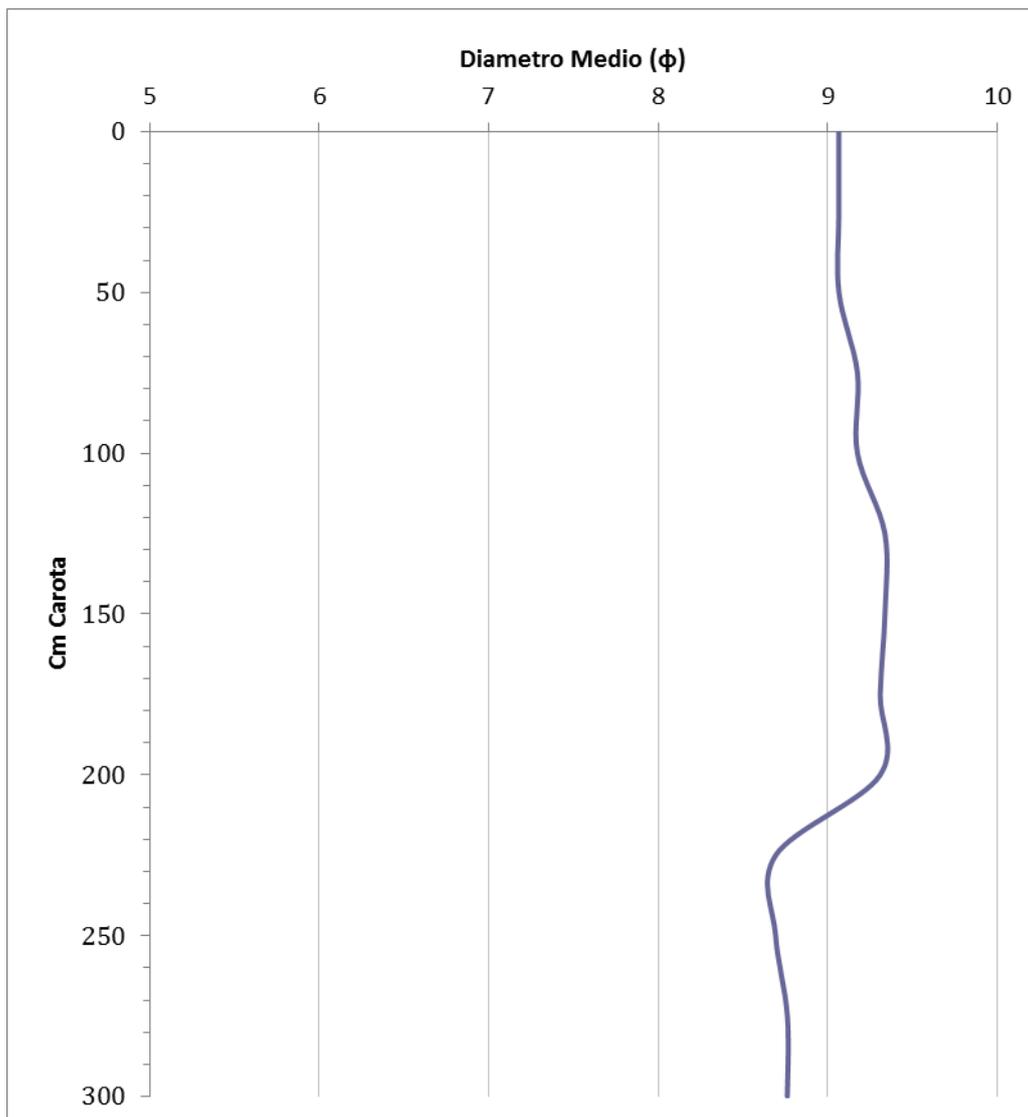


Figura 34c. Variazione del Diametro Medio lungo la Carota VBR 3

CAROTA VBR 3					
CAMPIONE	COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA				CLASSIFICAZIONE SHEPARD (1954)
Sigla	%ghiaia	%sabbia	%silt	%argilla	
VBR 3 0-50		0,00	43,50	56,50	Argilla Siltosa
VBR 3 50-100		0,00	39,95	60,05	Argilla Siltosa
VBR 3 100-150		0,24	29,71	70,05	Argilla Siltosa
VBR 3 150-200		0,63	30,24	69,13	Argilla Siltosa
VBR 3 200-250		0,00	46,73	53,27	Argilla Siltosa
VBR 3 250-300		0,00	46,12	53,88	Argilla Siltosa

Figura 10c. Composizione Granulometrica relativa alla carota VBR 3

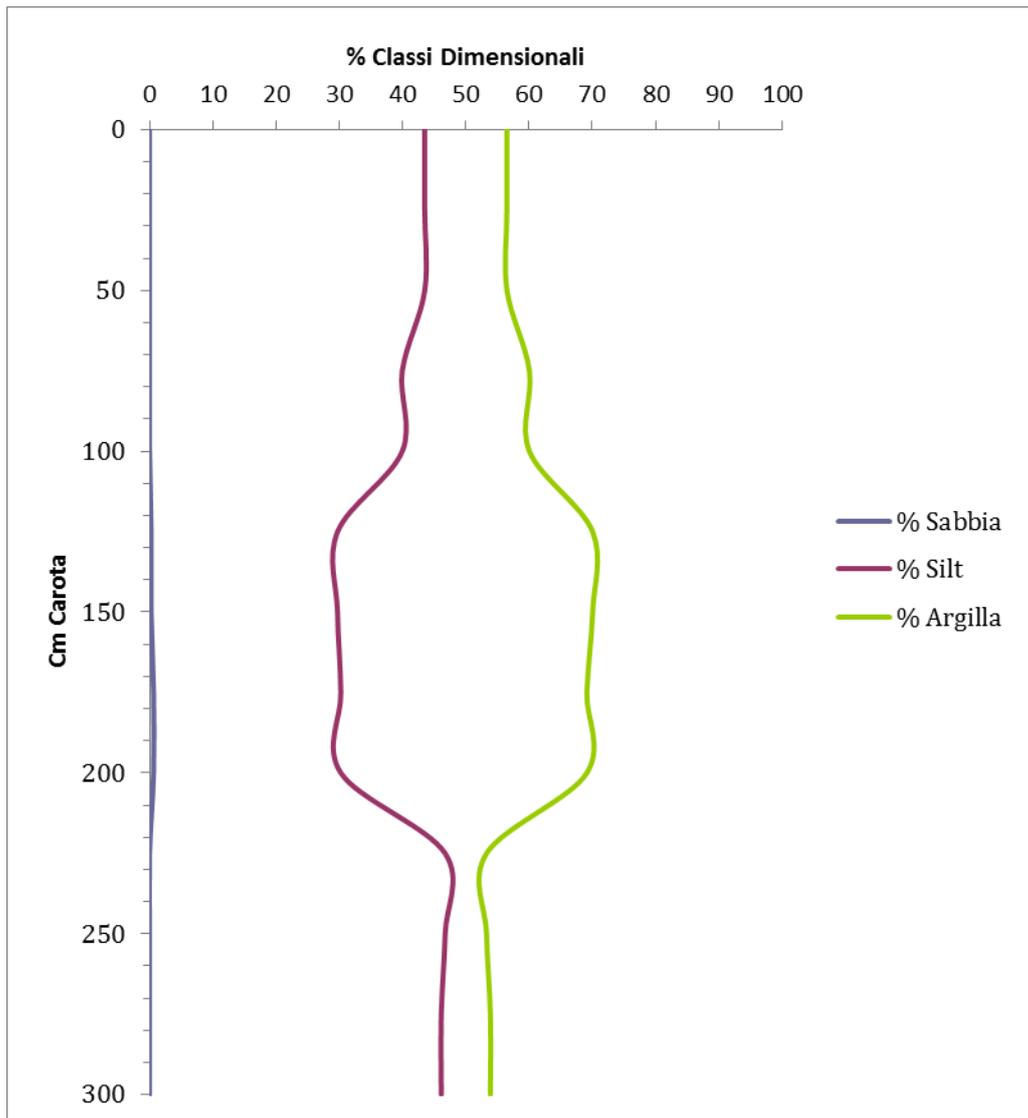


Figura 35c. Variazione della composizione granulometrica lungo la carota VBR 3

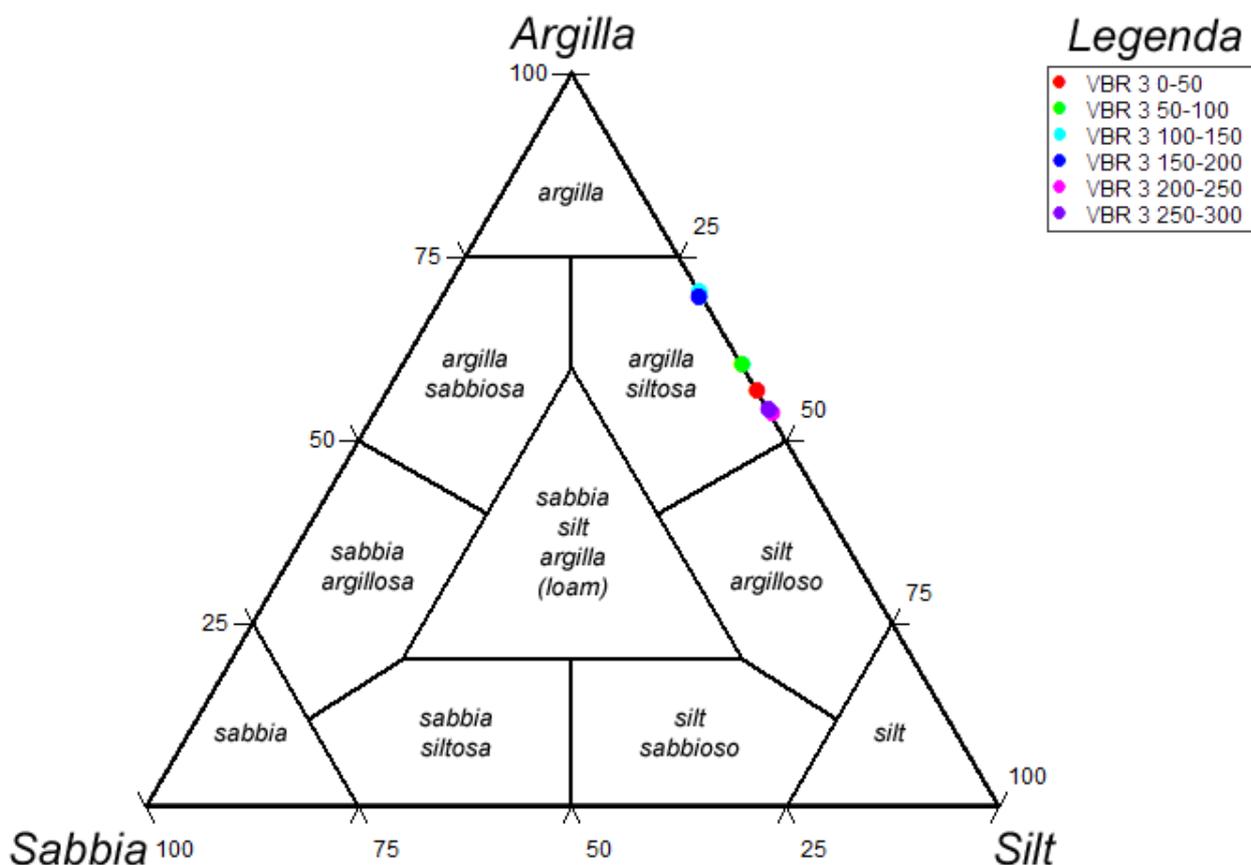


Figura 36c. Ubicazione dei campioni relativi alla carota VBR3 nel diagramma triangolare di Shepard (1954).

Carota VBR 4:

La carota VBR 4 nell'intervallo 0-250 presenta una spiccata moda principale ricadente nel campo delle Argille, nell'intervallo 250-300 presenta una spiccata moda principale ricadente nel campo delle Sabbie Grossolane.

Il Diametro Medio (Tab. 9d) (Fig.34d) nell'intervallo 0-250 ricade nel campo delle Argille con valori compresi tra $9,359 \phi$ ($1,523 \mu\text{m}$) e $8,956 \phi$ ($2,014 \mu\text{m}$). Il Diametro Medio nell'intervallo 250-280 ricade nel campo del Silt (da medio a molto fine) con il valore di $5,772 \phi$ ($18,300 \mu\text{m}$), tra 280-300 ricade nel campo del Silt Grossolano con il valore di $4,591 \phi$ ($41,493 \mu\text{m}$).

Il campione VBR 4 250 – 300 è stato passato al setaccio $63 \mu\text{m}$ (Fig.37) al fine di eliminare la componente pelitica e quindi caratterizzare in maniera più approfondita la componente sabbiosa.

Il campione è stato successivamente essiccato in stufa e analizzato tramite setacciatura a secco ottenendo come Diametro Medio il valore di $-0,34 \phi$ ($1265,75 \mu\text{m}$).

CAROTA VBR 4								
CAMPIONE	PARAMETRI DI TENDENZA CENTRALE					$\sigma 1 \phi$	Sk1	KG
Sigla	M1 ϕ	M2 ϕ	M3 ϕ	Mz ϕ	m ϕ			
VBR 4 0-50	12,60	8,294	6,140	9,359	8,777	2,590	0,303	0,626
VBR 4 50-100	7,702	12,41	-	9,237	8,418	2,366	0,518	0,606
VBR 4 100-150	7,511	11,82	-	8,956	8,333	2,854	0,426	0,650
VBR 4 150-200	12,60	8,294	6,532	9,201	8,682	2,741	0,271	0,614
VBR 4 200-250	7,511	12,41	-	9,195	8,490	2,497	0,420	0,611
VBR 4 250-280	0,853	7,707	11,43	5,772	6,715	3,871	-0,176	0,674
VBR 4 280-300	0,462	7,707	12,41	4,591	3,451	4,325	0,459	0,691

M = moda; **Mz** = diametro medio; **m** = mediana; **$\sigma 1$** = classazione; **Sk1** = Skewness; **KG** = Kurtosis

Tabella 9d. Parametri statistici di Folk & Ward relativi alla carota VBR 4

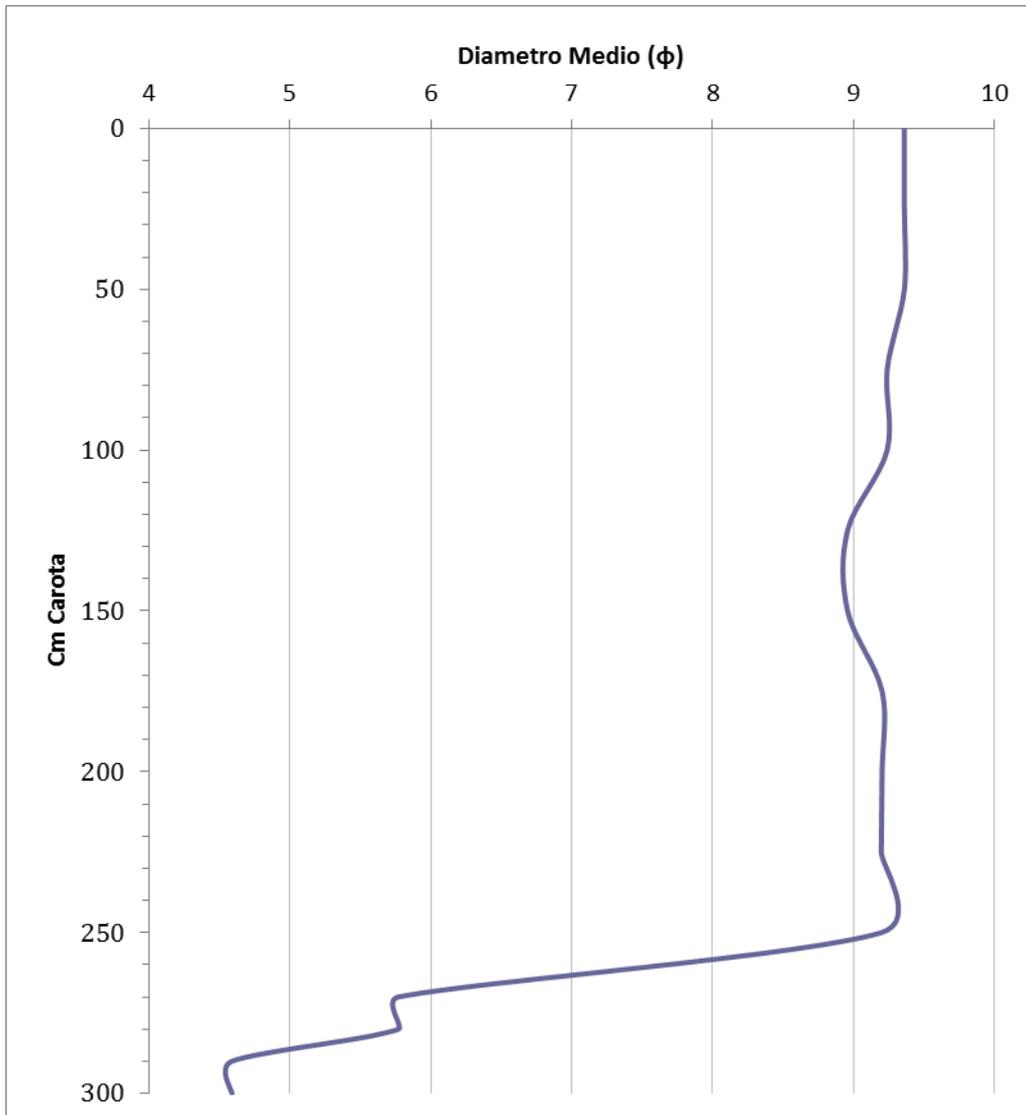


Figura 34d. Variazione del Diametro Medio lungo la Carota VBR 4

CAROTA VBR 4					
CAMPIONE	COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA				CLASSIFICAZIONE SHEPARD (1954)
Sigla	%ghiaia	%sabbia	%silt	%argilla	
VBR 4 0-50		0,00	28,56	71,44	Argilla Siltosa
VBR 4 50-100		0,00	38,27	61,73	Argilla Siltosa
VBR 4 100-150		0,00	41,66	58,34	Argilla Siltosa
VBR 4 150-200		0,00	33,13	66,87	Argilla Siltosa
VBR 4 200-250		0,00	39,40	60,60	Argilla Siltosa
VBR 4 250-280		35,65	30,82	33,53	Loam
VBR 4 280-300		52,76	18,49	28,75	Sabbia Argillosa

Tabella 10d. Composizione Granulometrica relativa alla carota VBR 4

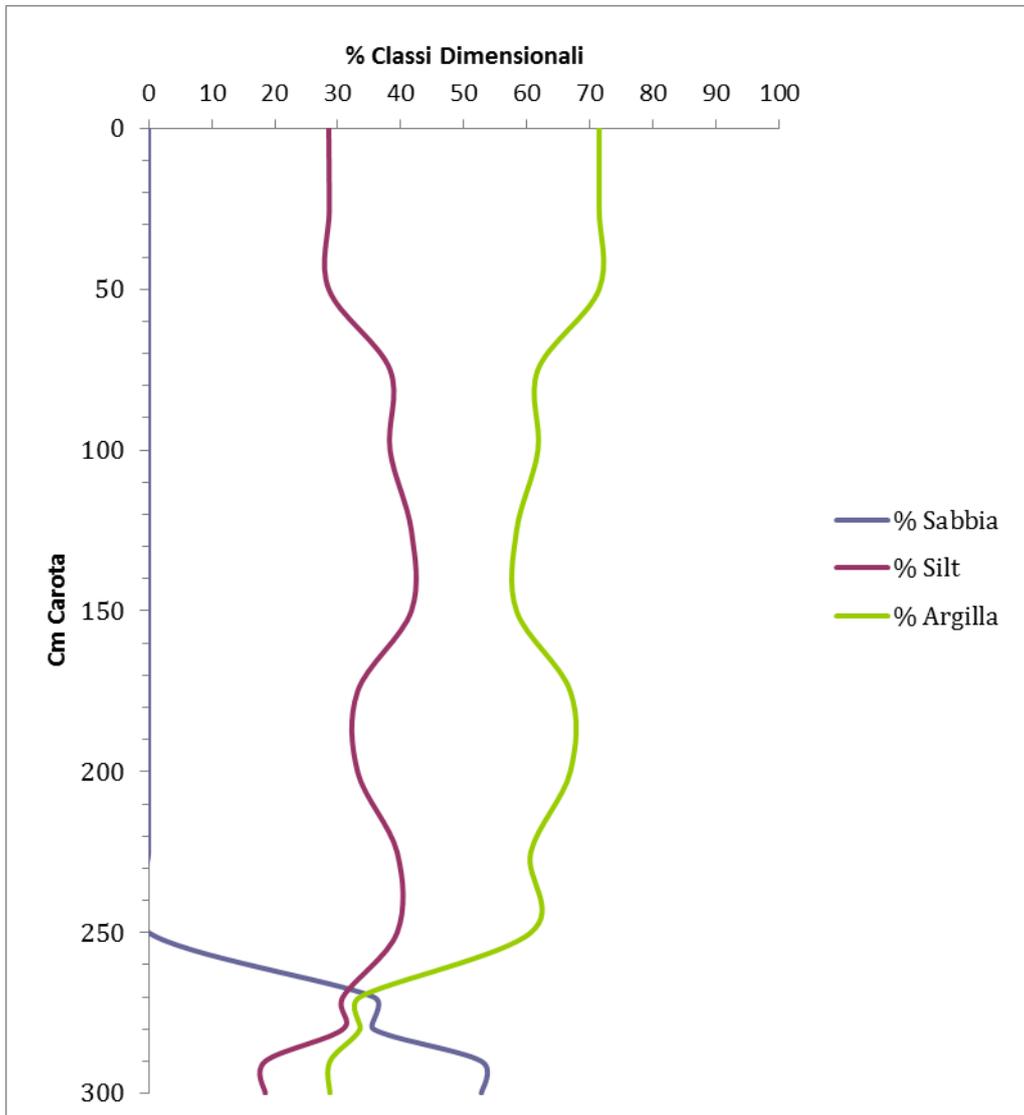


Figura 35d. Variazione della composizione granulometrica lungo la carota VBR 4

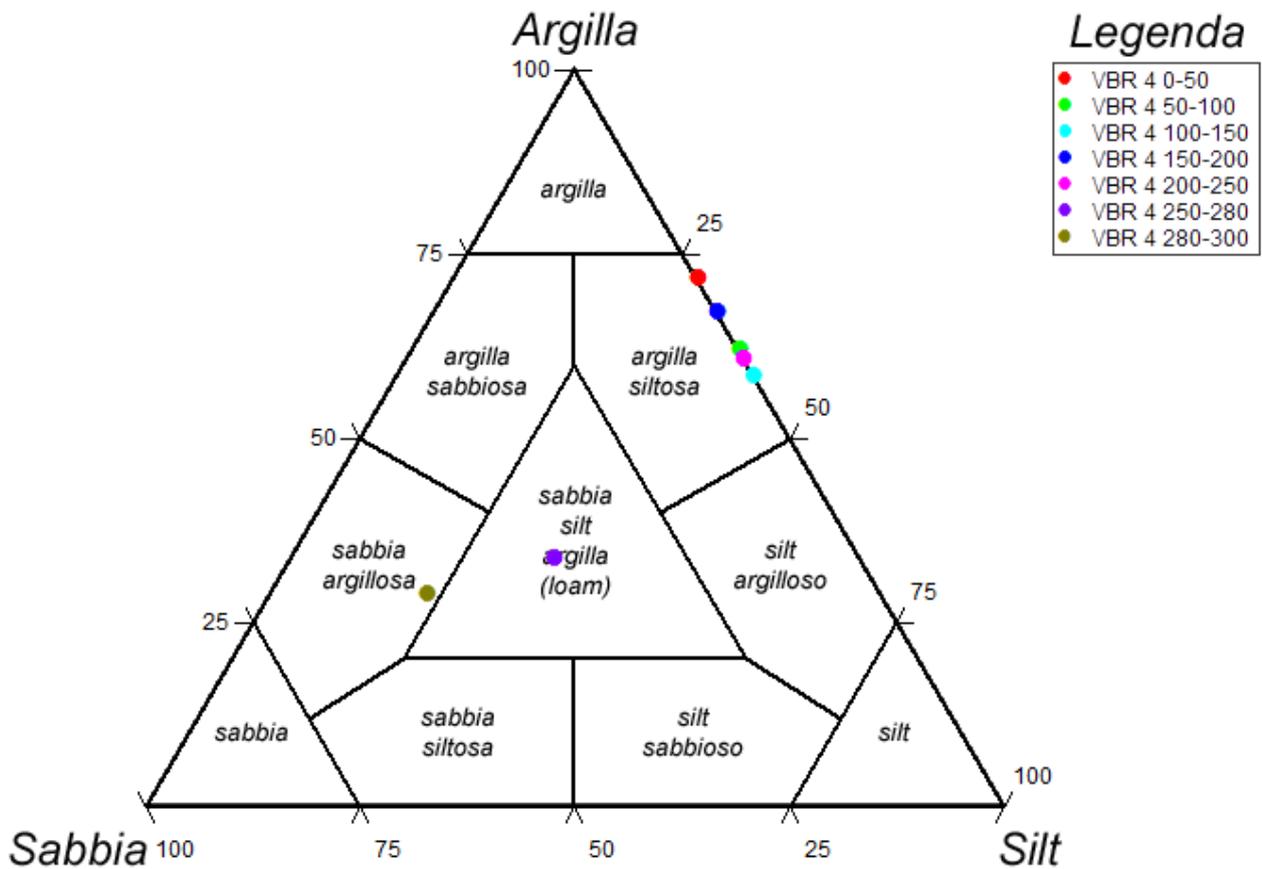


Figura 36d. Ubicazione dei campioni relativi alla carota VBR 4 nel diagramma triangolare di Shepard (1954).



a)



b)

Figura 37. Separazione della frazione sabbiosa (b) nel campione VBR4 250-300 per mezzo di setaccio (a)

6. Analisi mineralogica dei sedimenti prelevati

Dall'analisi diffrattometrica eseguita sui campioni si evince che la composizione mineralogica di tutti i sedimenti provenienti dalle carote prelevate sono caratterizzata principalmente da Minerali Argillosi con proporzioni variabili nel contenuto di Quarzo e Calcite. Dall'analisi semiquantitativa dei diffrattogrammi risulta che i Minerali Argillosi hanno una percentuale che varia da 46 a 70%, il Quarzo varia da 11 a 26 % e la Calcite da 14 a 28%. Ogni campione mostra discreti contenuti di kaolinite (da 4 a 8%), mentre dolomite, siderite e plagioclasio sono presenti come minerali accessori (1-3%) (Tab. 11).

Campione	Minerali argillosi	Quarzo	Calcite	Kaolinite	dolomite	siderite	Plagioclasio
vbr 1 sup	58	15	20	4	1	2	1
vbr 1 50-100	56	14	20	7	1	2	
vbr 1 100-150	53	15	21	7	1	2	
vbr 1 150-200	56	13	19	6	1	2	3
vbr 1 200-250	59	26	0	8	2	3	2
vbr 1 250-300	50	16	24	7	1	2	
vbr 2 sup							
vbr 2 50-100	60	13	18	5	1	2	2
vbr 2 100-150	53	16	21	7	1	2	
vbr 2 150-200	47	16	28	6		3	
vbr 2 200-250							
vbr 2 250-300							
vbr 3 sup	48	21	21	7	1	2	
vbr 3 50-100	66	11	17	5		2	
vbr 3 100-150	61	13	19	5		2	
vbr 3 150-200	57	18	20	4	1	1	
vbr 3 200-250	64	12	19	4		1	
vbr 3 250-300	46	17	24	7	1	1	2
vbr 4 sup	47	16	26	4		3	3
vbr 4 50-100	54	14	22	5	1	3	1
vbr 4 100-150	70	11	14	4	1	1	
vbr 4 150-200	47	22	23	6		3	
vbr 4 200-250	54	15	22	6	1	2	
vbr 4 250-300	52	15	24	5		1	2
vbr 4 280-300	59	15	16	7		3	

Tabella 11. Analisi mineralogica delle carote (i valori sono espressi in %)

7. Analisi chimica dei sedimenti prelevati

7.1 Premessa

Le analisi chimiche dei 24 campioni prelevati tramite vibrocarotiere nell'area antistante il Golfo di Gela hanno riguardato gli analiti riportati in Tabella 2.1c del "Manuale per la movimentazione di sedimenti marini" redatto da ICRAM e che riguardano la caratterizzazione di sedimenti di aree marine non costiere.

Le analisi effettuate hanno riguardato la distribuzione di un numero di metalli pesanti, IPA, PCB, Pesticidi organo-clorurati, clorobenzeni, P totale, in tutti i campioni di sedimento prelevati, in accordo alle richieste della Tabella 2.1c del "*Manuale per la Movimentazione di Sedimenti Marini*" redatto da ICRAM e APAT, considerato testo di riferimento per opportuno trattamento e movimentazione di sedimenti marini da adibire a ripascimento costiero.

Le metodiche analitiche utilizzate per le indagini chimiche dei sedimenti prelevati sono riportate in Allegato I.

Tutte le analisi chimiche sono state eseguite presso il laboratorio di geochimica dell'IAMC-CNR.

7.2 Risultati

Tutti i dati relativi alla distribuzione di metalli pesanti e dei composti organici dei campioni analizzati sono riportati in Tabella 12-13. I risultati si riferiscono alla frazione granulometrica inferiore ai 2mm e al peso secco del campione .

Le indagini hanno verificato che tutti i valori di concentrazione dei metalli pesanti sono inferiori ai livelli chimici di base (LCB) riportati nella Tabella 2.3a tranne per il Cd, che risulta comunque presente con concentrazioni inferiori ai valori soglia (LCL) indicati nella Tabella 2.3b del "*Manuale per la Movimentazione di Sedimenti Marini*". Anche la distribuzione dei 16 congeneri prioritari di IPA e dei PCB, riportati come somma, risulta inferiore ai limiti di riferimento previsti nella Tabella 2.3a del sopraccitato manuale. Le concentrazioni dei pesticidi organo-clorurati e dell'esaclorobenzene sono, nella quasi totalità dei campioni, al di sotto dei valori LCB riportati nella Tabella 2.3A e dei valori chimici cautelativi per le sostanze Pericolose Prioritarie riportati nella Tabella 2.3C del manuale ICRAM. Solamente in tre campioni (VBR3 (0-50); VBR3 (50-100) e VRB1 (100-150) il contenuto di esaclorobenzene e α -esaclorocicloesano ha superato, i sopraccitati limiti, fissati, rispettivamente, a 0,1 e 0,2 $\mu\text{g Kg}^{-1}$.

In Tabella 13 sono riportate anche le concentrazioni di P totale che nei campioni variano da 659 a 1891 mg Kg⁻¹.

	Al	As	Cd	Cr totale	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn
	% p.s.	mg Kg ⁻¹ p.s.								
VBR1 (0-50)	12,61	16,1	0,52	83,7	7,5	0,025	24,0	<2	114,6	54,1
VBR1 (50-100)	12,07	17,4	0,66	81,4	7,7	0,018	24,7	<2	113,3	51,4
VBR1 (100-150)	9,16	16,9	0,47	89,7	4,7	0,018	25,2	<2	130,9	60,5
VBR1 (150-200)	12,25	17,3	0,68	80,2	6,0	0,017	23,7	<2	112,8	49,5
VBR1 (200-250)	11,07	15,4	0,50	76,4	3,9	0,016	22,4	<2	111,2	46,9
VBR1 (250-300)	12,06	15,7	0,56	78,4	5,4	0,016	23,4	<2	113,5	48,4
VBR2 (0-50)	8,34	17,2	0,37	83,8	7,0	0,019	24,5	<2	121,5	58,4
VBR2 (50-100)	10,48	15,4	0,57	79,8	7,2	0,017	24,3	<2	112,2	50,8
VBR2 (100-150)	12,13	14,5	0,69	79,9	6,9	0,018	24,4	<2	111,9	50,8
VBR2 (150-200)	9,88	16,0	0,63	77,7	7,2	0,017	23,5	<2	108,9	50,7
VBR2 (200-250)	11,05	16,2	0,69	79,9	7,0	0,018	24,3	<2	111,8	54,0
VBR2 (250-300)	6,54	15,6	0,71	82,2	6,6	0,017	24,1	<2	114,6	52,0
VBR3 (0-50)	7,35	18,8	0,33	80,4	6,2	0,078	23,5	<2	119,9	62,4
VBR3 (50-100)	8,48	16,1	0,54	87,4	6,6	0,018	25,1	<2	128,3	60,5
VBR3 (100-150)	7,86	21,5	0,46	89,3	7,1	0,017	26,0	<2	131,4	63,4
VBR3 (150-200)	7,89	5,5	<dl	61,4	18,3	0,017	26,0	<2	14,6	69,6
VBR3 (200-250)	8,20	20,3	0,50	85,7	5,5	0,018	24,1	<2	127,2	57,7
VBR3 (250-300)	9,80	15,1	0,65	77,7	5,3	0,016	22,6	<2	111,3	48,1
VBR4 (0-50)	7,47	17,0	0,47	79,3	10,4	0,026	23,2	<2	120,5	58,3
VBR4 (50-100)	10,32	17,4	0,57	88,5	6,9	0,017	24,9	<2	130,9	61,1
VBR4 (100-150)	9,46	15,2	0,68	88,9	8,5	0,022	25,2	<2	131,6	60,3
VBR4 (150-200)	9,01	14,6	0,69	74,7	7,3	0,018	22,6	<2	101,4	47,7
VBR4 (200-250)	8,28	16,1	0,54	87,0	6,3	0,018	24,2	<2	131,4	57,0
VBR4 (250-300)	9,30	17,0	0,32	66,4	4,8	0,012	19,8	<2	97,0	41,4

Tabella 12. Concentrazione dei metalli pesanti nei campioni di sedimento (tutti i dati sono riferiti al peso secco (p.s.) del campione.

	NAPHTALENE	ACENAFTILENE	ACENAFTENE	FLUORENE	FENANTRENE	ANTRACENE	FLUORANTENE	PIRENE
	<i>mg Kg⁻¹ p.s.</i>							
VBR1 (0-50)	0,003	0,007	0,002	0,002	0,014	0,0011	0,006	0,003
VBR1 (50-100)	0,004	0,015	0,003	0,005	0,014	0,0014	0,003	0,002
VBR1 (100-150)	0,003	0,008	0,002	0,003	0,015	0,0009	0,002	0,002
VBR1 (150-200)	0,002	0,018	0,004	0,005	0,006	0,0003	0,002	0,002
VBR1 (200-250)	0,002	0,009	0,003	0,003	0,008	0,0004	0,002	0,002
VBR1 (250-300)	0,003	0,008	0,003	0,003	0,006	0,0003	0,001	0,001
VBR2 (0-50)	0,002	0,010	0,003	0,003	0,014	0,0013	0,005	0,004
VBR2 (50-100)	0,002	0,013	0,003	0,003	0,006	0,0003	0,002	0,002
VBR2 (100-150)	0,002	0,016	0,002	0,004	0,015	0,0016	0,002	0,001
VBR2 (150-200)	0,002	0,009	0,002	0,003	0,009	0,0004	0,002	0,002
VBR2 (200-250)	0,002	0,013	0,002	0,003	0,011	0,0006	0,002	0,002
VBR2 (250-300)	0,002	0,017	0,001	0,003	0,009	0,0008	0,002	0,001
VBR3 (0-50)	0,003	0,015	0,001	0,003	0,010	0,0030	0,006	0,005
VBR3 (50-100)	0,002	0,005	0,002	0,001	0,009	0,0014	0,004	0,003
VBR3 (100-150)	0,004	0,015	0,002	0,002	0,008	0,0005	0,002	0,002
VBR3 (150-200)	0,003	0,007	0,003	0,002	0,007	0,0005	0,001	0,002
VBR3 (200-250)	0,003	0,014	0,005	0,004	0,008	0,0006	0,002	0,002
VBR3 (250-300)	0,002	0,011	0,003	0,003	0,009	0,0005	0,002	0,002
VBR4 (0-50)	0,003	0,010	0,002	0,002	0,017	0,0025	0,016	0,008
VBR4 (50-100)	0,001	0,008	0,002	0,001	0,007	0,0004	0,003	0,002
VBR4 (100-150)	0,004	0,015	0,002	0,004	0,009	0,0004	0,002	0,002
VBR4 (150-200)	0,004	0,011	0,003	0,002	0,009	0,0006	0,002	0,002
VBR4 (200-250)	0,003	0,012	0,002	0,002	0,011	0,0006	0,001	0,001
VBR4 (250-300)	0,004	0,010	0,005	0,008	0,008	0,0005	0,001	0,001

	BENZO(a) ANTRACENE	CHRISENE	BENZO(B) FLUORANTENE	BENZO(K+J) FLUORANTENE	BENZO(a) PIRENE	BENZO(E) PIRENE	PERILENE	INDENO[123,CD] PIRENE
	<i>mg Kg⁻¹ p.s.</i>							
VBR1 (0-50)	0,0031	0,008	0,006	0,0054	0,004	0,002	0,017	0,0037
VBR1 (50-100)	0,0012	0,003	0,003	0,0010	0,002	0,001	0,019	0,0011
VBR1 (100-150)	0,0005	0,002	0,002	0,0006	0,002	0,000	0,019	0,0007
VBR1 (150-200)	0,0007	0,002	0,002	0,0011	0,002	0,001	0,016	0,0005
VBR1 (200-250)	0,0008	0,002	0,002	0,0004	0,002	0,001	0,017	0,0008
VBR1 (250-300)	0,0006	0,002	0,001	0,0009	0,002	0,001	0,018	0,0006
VBR2 (0-50)	0,0026	0,005	0,004	0,0037	0,003	0,002	0,020	0,0022
VBR2 (50-100)	0,0008	0,002	0,002	0,0011	0,002	0,000	0,019	0,0007
VBR2 (100-150)	0,0008	0,002	0,002	0,0011	0,002	0,001	0,020	0,0008
VBR2 (150-200)	0,0008	0,002	0,002	0,0009	0,002	0,000	0,017	0,0006
VBR2 (200-250)	0,0007	0,002	0,002	0,0012	0,002	0,000	0,019	0,0006
VBR2 (250-300)	0,0007	0,002	0,002	0,0009	0,002	0,000	0,019	0,0006
VBR3 (0-50)	0,0037	0,009	0,005	0,0050	0,005	0,003	0,013	0,0033
VBR3 (50-100)	0,0020	0,006	0,004	0,0038	0,004	0,002	0,015	0,0030
VBR3 (100-150)	0,0008	0,002	0,002	0,0012	0,002	0,001	0,017	0,0008
VBR3 (150-200)	0,0007	0,002	0,002	0,0010	0,002	0,000	0,017	0,0004
VBR3 (200-250)	0,0011	0,002	0,002	0,0011	0,002	0,001	0,019	0,0009
VBR3 (250-300)	0,0007	0,002	0,002	0,0010	0,002	0,001	0,015	0,0007
VBR4 (0-50)	0,0091	0,014	0,009	0,0090	0,007	0,006	0,027	0,0048
VBR4 (50-100)	0,0017	0,004	0,003	0,0016	0,003	0,001	0,018	0,0015
VBR4 (100-150)	0,0009	0,003	0,002	0,0004	0,002	0,001	0,020	0,0008
VBR4 (150-200)	0,0008	0,002	0,002	0,0009	0,002	0,000	0,017	0,0000
VBR4 (200-250)	0,0006	0,002	0,002	0,0012	0,002	0,000	0,019	0,0006
VBR4 (250-300)	0,0004	0,001	0,001	0,0004	0,001	0,000	0,010	0,0004

	DIBENZO[A,H] ANTRACENE	BENZO[GHI] PERILENE	Σ IPA	Σ PCB	α- esaclorocicloesano	β- esaclorocicloesano	γ-esaclorocicloesano (lindano)
	mg Kg ⁻¹ p.s.	mg Kg ⁻¹ p.s.	mg Kg ⁻¹ p.s.	mg Kg ⁻¹ p.s.	μg Kg ⁻¹ p.s.	μg Kg ⁻¹ p.s.	μg Kg ⁻¹ p.s.
VBR1 (0-50)	0,0007	0,004	0,093	<0,1	<0,10	<0,10	<0,10
VBR1 (50-100)	0,0004	0,002	0,080	<0,1	0,10	<0,10	0,17
VBR1 (100-150)	0,0002	0,001	0,065	<0,1	0,11	<0,10	<0,10
VBR1 (150-200)	0,0002	0,001	0,065	<0,1	<0,10	<0,10	0,11
VBR1 (200-250)	0,0003	0,001	0,056	<0,1	<0,10	<0,10	0,11
VBR1 (250-300)	0,0002	0,002	0,053	<0,1	<0,10	<0,10	<0,10
VBR2 (0-50)	0,0006	0,003	0,091	<0,1	<0,10	<0,10	0,10
VBR2 (50-100)	0,0002	0,001	0,061	<0,1	<0,10	<0,10	<0,10
VBR2 (100-150)	0,0003	0,002	0,075	<0,1	<0,10	<0,10	<0,10
VBR2 (150-200)	0,0002	0,001	0,057	<0,1	<0,10	<0,10	0,12
VBR2 (200-250)	0,0002	0,002	0,066	<0,1	0,15	0,14	0,11
VBR2 (250-300)	0,0003	0,001	0,065	6,6	0,23	<0,10	<0,10
VBR3 (0-50)	0,0009	0,004	0,097	<0,1	0,27	<0,10	0,24
VBR3 (50-100)	0,0006	0,003	0,070	<0,1	0,25	<0,10	<0,10
VBR3 (100-150)	0,0003	0,002	0,063	<0,1	0,17	0,19	<0,10
VBR3 (150-200)	0,0004	0,001	0,052	<0,1	<0,10	0,16	0,21
VBR3 (200-250)	0,0003	0,002	0,069	<0,1	<0,10	<0,10	0,12
VBR3 (250-300)	0,0002	0,001	0,055	<0,1	0,15	<0,10	0,19
VBR4 (0-50)	0,0011	0,005	0,152	0,4	0,20	<0,10	<0,10
VBR4 (50-100)	0,0004	0,002	0,061	<0,1	<0,10	<0,10	<0,10
VBR4 (100-150)	0,0008	0,001	0,071	<0,1	0,11	0,21	<0,10
VBR4 (150-200)	0,0002	0,001	0,059	<0,1	<0,10	<0,10	0,23
VBR4 (200-250)	0,0002	0,001	0,061	<0,1	<0,10	0,10	<0,10
VBR4 (250-300)	0,0002	0,001	0,053	<0,1	0,21	0,17	0,15

	Aldrin	Dieldrin	DDD (2,4+4,4)	DDT (2,4+4,4)	DDE (2,4+4,4)	esa-clorobenzene	P totale
	μg Kg ⁻¹ p.s.	mg Kg ⁻¹ p.s.					
VBR1 (0-50)	0,11	<0,10	0,14	0,10	0,62	0,11	1413
VBR1 (50-100)	<0,10	<0,10	0,12	0,18	0,50	0,11	1123
VBR1 (100-150)	0,16	<0,10	0,18	0,16	0,26	0,21	1764
VBR1 (150-200)	0,15	<0,10	0,18	<0,10	<0,10	<0,10	1324
VBR1 (200-250)	0,10	<0,10	0,15	<0,10	0,24	<0,10	1464
VBR1 (250-300)	<0,10	<0,10	<0,10	0,11	0,11	<0,10	659
VBR2 (0-50)	0,23	<0,10	0,46	0,18	0,75	<0,10	1212
VBR2 (50-100)	0,22	<0,10	0,26	<0,10	0,32	<0,10	1547
VBR2 (100-150)	<0,10	<0,10	<0,10	0,32	0,37	<0,10	1375
VBR2 (150-200)	<0,10	0,11	0,23	0,56	0,20	<0,10	1489
VBR2 (200-250)	0,13	<0,10	0,20	0,14	0,35	<0,10	1259
VBR2 (250-300)	0,11	<0,10	<0,10	<0,10	0,29	0,10	1490
VBR3 (0-50)	0,11	<0,10	0,63	1,05	1,40	0,16	1285
VBR3 (50-100)	0,14	<0,10	0,54	0,27	0,52	<0,10	1222
VBR3 (100-150)	0,14	<0,10	0,13	0,35	0,17	<0,10	1411
VBR3 (150-200)	0,40	0,13	0,46	0,35	0,23	<0,10	1275
VBR3 (200-250)	0,13	0,15	<0,10	<0,10	0,28	<0,10	1596
VBR3 (250-300)	0,16	<0,10	0,20	0,15	0,45	<0,10	1259
VBR4 (0-50)	0,12	0,11	0,11	0,38	0,74	<0,10	1784
VBR4 (50-100)	<0,10	<0,10	0,17	0,35	0,24	<0,10	1891
VBR4 (100-150)	<0,10	<0,10	0,14	0,46	0,31	<0,10	1630
VBR4 (150-200)	<0,10	<0,10	0,16	0,39	0,38	<0,10	1019
VBR4 (200-250)	0,15	0,13	0,20	0,37	0,22	<0,10	1030
VBR4 (250-300)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,45	<0,10	1762

Tabella 13. Distribuzione di IPA, PCB, Pesticidi organoclorurati, Esaclorobenzene e Fosforo (P) totale nei campioni prelevati (tutti i dati sono riferiti al peso secco (p.s.) del campione).

8. Analisi microbiologiche e prove di ecotossicità

8.1 Premessa

Le analisi microbiologiche sono state condotte su tutti i 24 campioni prelevati tramite vibrocarotiere nell'area antistante il Golfo di Gela, ed hanno riguardato la conta dei batteri e dei miceti indicati in Tabella 2.1c del “Manuale per la movimentazione di sedimenti marini” redatto da ICRAM e che riguardano la caratterizzazione di sedimenti di aree marine non costiere. Le metodiche utilizzate per tali indagini sono riportate in Allegato I.

Le prove di ecotossicità sono state eseguite su 1/3 del numero totale dei campioni, specificatamente sui due campioni più superficiali (0-50 cm; 50-100 cm) di ciascuna delle 4 carote prelevate. Per saggi biologici di tossicità sono utilizzate specie-test appartenenti a gruppi tassonomici diversi, selezionate dall'elenco riportato nel paragrafo 2.2.2. del sopracitato manuale ICRAM. Le metodiche utilizzate per tali indagini e le specie-test scelte sono indicate in Allegato II.

Tutte le prove di ecotossicità e le analisi microbiologiche sono state eseguite presso il laboratorio Chelab di Treviso, i relativi certificati di analisi sono riportati in Allegato II.

8.2 Risultati

I risultati relativi alle analisi microbiologiche e alle prove di ecotossicità sono riportati, rispettivamente, in Tabella 14 e 15.

I dati relativi alle analisi microbiologiche hanno rivelato in tutti campioni l'assenza di Salmonella, Escherichia Coli, Stafilococchi Coagulasi-Positivi. Anche gli altri batteri e i Miceti sono assenti o presenti in numero irrilevante. Il valore più alto è stato ottenuto nel campione VBR3 (0-50 cm) relativamente al contenuto di Anerobi solfito riduttori (310 *UFC/Ig*) e di spore di solfito riduttori (110 *UFC/Ig*) (Tab. 14).

I risultati dei saggi biologici (Tab. 15) hanno verificato l'appartenenza dei campioni, alla colonna A della Tabella 2.4 del manuale ICRAM, che definisce i requisiti ecotossicologici dei sedimenti.

	COLIFORMI TOTALI	ESCHERICHIA COLI	STAFILOCOCCI COAGULASI-POSITIVI	STREPTOCOCCI FECALI	SALMONELLA SPP	ANAEROBI SOLFITO RIDUTTORI	Miceti		SPORE DI ANAEROBI SOLFITO RIDUTTORI
							Muffe	Lieviti	
	MPN/1 g	UFC/1 g	UFC/1 g	MPN/1 g	/50 g	UFC/1 g	UFC/1 g	UFC/1 g	UFC/1 g
VBR1 (0-50)	<3	<10	<10	<3	assente	<10	<10	<10	<10
VBR1 (50-100)	<3	<10	<10	4	assente	<10	<10	<10	<10
VBR1 (100-150)	<3	<10	<10	4	assente	<10	<10	<10	<10
VBR1 (150-200)	<3	<10	<10	<3	assente	<10	<10	<10	<10
VBR1 (200-250)	<3	<10	<10	<3	assente	<10	<10	<10	<10
VBR1 (250-300)	<3	<10	<10	<3	assente	<10	<10	<10	<10
VBR2 (0-50)	<3	<10	<10	<3	assente	<10	<10	<10	<10
VBR2 (50-100)	<3	<10	<10	4	assente	<10	<10	<10	<10
VBR2 (100-150)	<3	<10	<10	4	assente	N. stimato 36	<10	<10	<10
VBR2 (150-200)	<3	<10	<10	<3	assente	<10	<10	<10	<10
VBR2 (200-250)	<3	<10	<10	<3	assente	<10	<10	<10	<10
VBR2 (250-300)	<3	<10	<10	4	assente	<10	<10	<10	<10
VBR3 (0-50)	<3	<10	<10	<3	assente	310	N. stimato 45	<10	110
VBR3 (50-100)	<3	<10	<10	<3	assente	N. stimato 36	<10	<10	<10
VBR3 (100-150)	<3	<10	<10	25	assente	<10	<10	<10	<10
VBR3 (150-200)	11	<10	<10	25	assente	<10	<10	<10	<10
VBR3 (200-250)	<3	<10	<10	<3	assente	<10	<10	<10	<10
VBR3 (250-300)	<3	<10	<10	25	assente	<10	<10	<10	<10
VBR4 (0-50)	<3	<10	<10	<3	assente	<10	<10	<10	<10
VBR4 (50-100)	<3	<10	<10	<3	assente	<10	<10	<10	<10
VBR4 (100-150)	<3	<10	<10	25	assente	<10	<10	<10	<10
VBR4 (150-200)	<3	<10	<10	25	assente	<10	<10	<10	<10
VBR4 (200-250)	<3	<10	<10	25	assente	<10	<10	<10	<10
VBR4 (250-300)	<3	<10	<10	25	assente	<10	<10	<10	<10

Tabella 14. Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui sedimenti campionati.

campione	TOSSICITA' ACUTA BRACHIONUS SPP (EC50)	TOSSICITA' ACUTA COROPHIUM	INIBIZIONE CRESCITA ALGALE ACQUE MARINE (EC50)
VBR1 0-50	EC20 >90% EC50 >100%	Delta Mortalità <15%	EC20 >90% EC50 >100%
VBR1 50-100	EC20 >90% EC50 >100%	Delta Mortalità <15%	EC20 >90% EC50 >100%
VBR2 0-50	EC20 >90% EC50 >100%	Delta Mortalità <15%	EC20 >90% EC50 >100%
VBR2 50-100	EC20 >90% EC50 >100%	Delta Mortalità <15%	EC20 >90% EC50 >100%
VBR3 0-50	EC20 >90% EC50 >100%	Delta Mortalità <15%	EC20 >90% EC50 >100%
VBR3 50-100	EC20 >90% EC50 >100%	Delta Mortalità <15%	EC20 >90% EC50 >100%
VBR4 0-50	EC20 >90% EC50 >100%	Delta Mortalità <15%	EC20 >90% EC50 >100%
VBR4 50-100	EC20 >90% EC50 >100%	Delta Mortalità <15%	EC20 >90% EC50 >100%

Tabella 15. Risultati dei test di ecotossicità condotti su un numero selezionato di sedimenti campionati.

9. Analisi mineralogica e del colore di campioni di sabbia prelevati sul litorale di Pachino (Sicilia sud-orientale)

9.1 Premessa

Come indicato nell'allegato tecnico della convenzione "Progetto di ricerca finalizzato all'individuazione di sabbie relitte sulla piattaforma siciliana nell'area prospiciente il golfo di Gela" si è proceduto all'analisi mineralogica e del colore di 20 campioni di sabbia prelevati sul litorale di Pachino (Sicilia sud-orientale) al fine di determinare la reale compatibilità con le sabbie relitte da individuare nell'area antistante il Golfo di Gela. I campioni sono stati consegnati dal Dr. G. Sabatino in occasione della campagna di survey geofisico al Sig. Carmelo Buscaino.

9.2 Mineralogia

Dall'indagine diffrattometrica con analisi semi-quantitativa delle fasi mineralogiche eseguita sulle polveri risulta che i sedimenti sono costituiti principalmente da Quarzo e Calcite. In particolare, il Quarzo varia da 13 a 60% e la Calcite magnesiaca varia da 13 a 76%. In generale, la mica e i feldspati (K-feldspato e plagioclasio) sono presenti come minerali secondari, con percentuali che non superano il 18-20%, tranne in alcuni campioni in cui il plagioclasio è presente con percentuali del 27 e 45% (rispettivamente nel T3P4 e T5P1) ed il K-feldspato varia tra il 26-47% (nei campioni: T1P3, T3P2, T5P4, PA-7). Dolomite e Siderite, quando presenti, hanno percentuali minore del 3% e sono dunque, da considerarsi minerali accessori (Tab.16).

Campione	Quarzo	MgCalcite	Plagioclasio	K- Feldspato	mica	dolomite	siderite
T1 P1	60	33	0	6	0	0	1
T1P2	42	33	11	11	2		1
T1P3	39	27	1	26	7	0	0
T1P4	30	40	2	17	11	1	0
T1 P5	52	42	3	0	0	0	2
T2 P1	40	38	16	5	0		1
T2P2	37	36	20		4	1	1
T2P3	60	29	5	5	0		2
T2P4	49	22	8	4	16	0	0
T2 P5	28	36	14	4	17	0	1
T3P1	19	76	2				3
T3P2	21	25	8	47	0		0
T3P3	36	35	19	0	10		
T3P4	20	42	27	7	4	0	0
T3P5	23	54	1	3	18		1
T4P1	47	45	4	4			
T4P2	55	35	2	3	4	1	0
T4P3	53	44					3
T4P4	26	29	13	16	14	1	1
T5P1	33	13	45	9			1
T5P2	41	43	3		10		3
T5P3	60	38					2
T5P4	28	40	2	27	3	0	1
T5P5	41	56	1				2
PB -10m	43	45	0	6	6	0	1
PA -7m	13	35	1	35	15	1	0

Tabella 16. Analisi delle fasi mineralogiche presenti nei campioni di sabbia prelevati sul litorale di Pachino (i valori sono riportati in %)

9.3 Colore

Dall'esame macroscopico effettuato preliminarmente sui campioni (Tab. 17) è stato possibile distinguere la componente granulometrica principale ossia sabbie fini.

Dalla comparazione con la "Musell Rock Color Chart" (1975) 2009 Revision, Tutti i campioni presentano un colore corrispondente alla sigla 10YR 6/6 (Dark Yellowish Orange) tranne il campione T5 P4 che presenta un colore corrispondente alla sigla 10YR 5/4 (Moderate Yellowish Brown).

CAMPIONE sigla	DESCRIZIONE CAMPIONI DOPO IL PRELIEVO	COLORE sigla
T1 P2	Sabbia fine	10YR 6/6
T1 P4	Sabbia fine	10YR 6/6
T2 P2	Sabbia fine	10YR 6/6
T2 P4	Sabbia fine	10YR 6/6
T3 P2	Sabbia fine	10YR 6/6
T3 P4	Sabbia fine	10YR 6/6
T4 P2	Sabbia fine	10YR 6/6
T4 P4	Sabbia fine	10YR 6/6
T5 P2	Sabbia fine	10YR 6/6
T5 P4	Sabbia fine	10YR 5/4
PB - 10m	Sabbia fine	10YR 6/6

Tabella 17. Analisi macroscopica effettuata sui sedimenti subito dopo il prelievo.

10. Conclusioni relative alla prima fase esplorativa

I principali risultati emersi da questa attività di ricerca vengono sintetizzati nei seguenti punti:

- Il survey geofisico effettuato ha permesso di individuare un giacimento di sabbia potenzialmente sfruttabile di 1.6 milioni di mc. In particolare, la struttura a “mound” evidenzia una particolare facilità di sfruttamento per almeno due aree specifiche;
- La sabbia individuata alla base di una delle quattro carote campionate, tramite vibrocarotiere, risulta compatibile con i valori di riferimento (LCB, LCL) riportati nel “Manuale per la movimentazione di sedimenti marini” redatto da ICRAM, per tutti gli inquinanti analizzati; inoltre, risulta avere i requisiti microbiologici ed ecotossicologici richiesti;
- La sabbia individuata risulta avere un diametro medio di circa 1.265 mm ed sostanzialmente di natura bioclastica;
- Una diretta comparazione mineralogica con i campioni di sabbia prelevati sul litorale di Pachino indica un'apparente scarsa compatibilità a causa della diversa genesi del materiale;

11. Fase di approfondimento

11.1 prelievo e campionamento delle carote di sedimento tramite vibrocarotiere

La campagna oceanografica per il campionamento si è svolta nel periodo 28-30 agosto 2012 ed ha interessato l'area A identificata a pag. 27 del Rapporto Tecnico Intermedio - luglio 2012. Il mezzo navale impiegato, M/P Atlante (Fig. 38), è stato corredato di un sistema di navigazione PDS2000, PS differenziale con leading a doppia antenna, per ottenere la massima precisione nell'individuazione dei punti di campionamento scelti.



Figura 38. Mezzo navale utilizzato per il campionamento, M/P Atlante.

COORDINATE PUNTI CAMPIONATI				
Stazione	X	Y	Profondità del fondo (mt)	prelievo campioni
VBC 1	418673,2	4092435	83,6	si
VBC 2	418665	4092433	84	si
VBC 3	418667	4092444,4	83,9	no
VBC 3 BIS	418670	4092470	83,5	si
VBC 4 NEW	418698	4092446	84	si

Tabella 18. Coordinate dei punti di campionamento.

Sono stati realizzati cinque carotaggi di 6 mt di lunghezza in corrispondenza dei punti indicati in Figura 39 e in Tabella 18, con l'ausilio di un carotiere subacqueo "SHSBD-A" (Fig. 40) studiato per il prelievo di sedimenti non consolidati ed in grado di minimizzare i disturbi e le contaminazioni dei campioni. Le caratteristiche tecniche del suddetto carotiere sono riportate in Tabella 19.

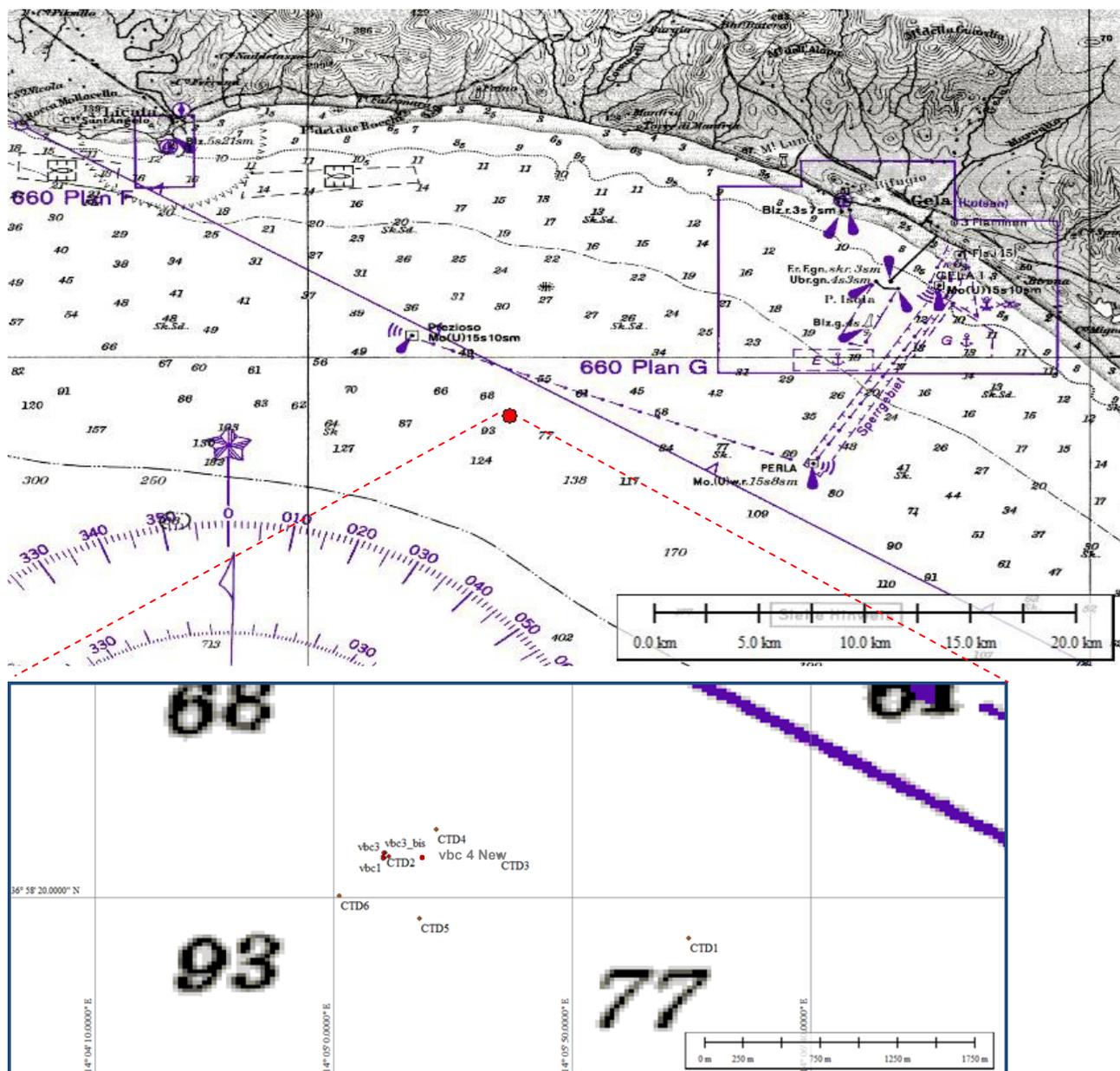


Figura 39. Mappa dei punti di campionamento delle carote (vbc) effettuate.

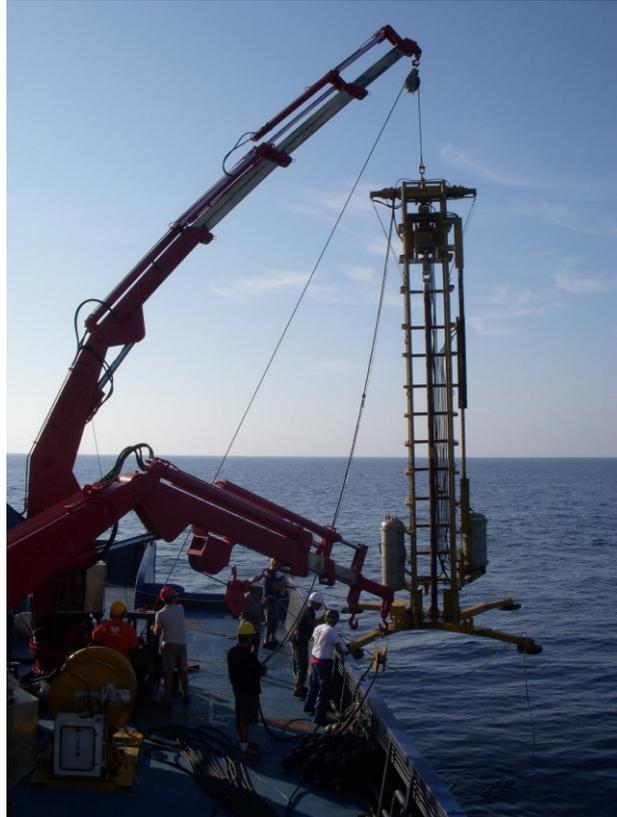


Figura 40. Carotiere subacqueo “SHSBD-A” utilizzato per il campionamento.

Modello	SHSBD-A
Produttore	Geopolaris S.r.l.
Altezza	760 cm
Diametro di base aperto	388 cm
Peso in aria	1650 Kg
Lunghezza aste	6 mt
Profondità Operativa	270 mt
Frequenza di vibrazione	variabile
Massa battente	110 joule
Liner	Φ 110 mm
	in PVC PE. PC.

Tabella 19 Caratteristiche tecniche del carotiere subacqueo “SHSBD-A”.

Il primo carotaggio è stato effettuato sul punto denominato **VBC 1**, con fondale di 83,6 mt. Il carotiere è riuscito a penetrare i sedimenti fino a 1,70 mt, a causa di un livello roccioso presente a tale profondità. Il primo metro di sedimento è stato perso nella fase di risalita. Conseguentemente la porzione di carota recuperata (Fig. 41) è risultata essere di soli 0,70 mt, così costituiti:

1. 0,20 mt di sabbia, bioclasti e pelite;
2. 0,50 mt di frammenti di calcare organogeno.



Figura 41. Carota VBC 1.

Il secondo carotaggio è stato effettuato nel punto denominato **VBC 3**, con un fondale di 83,9 mt. Il carotiere è riuscito a penetrare uno spessore superiore ai 3 mt di sedimento, ma al momento dell'estrusione delle aste, la prima asta di 3 mt è rimasta incastrata sul fondale (Fig. 42). Sono stati recuperati solamente alcuni frammenti di roccia calcarea rimasti incastrati all'interno della seconda asta.

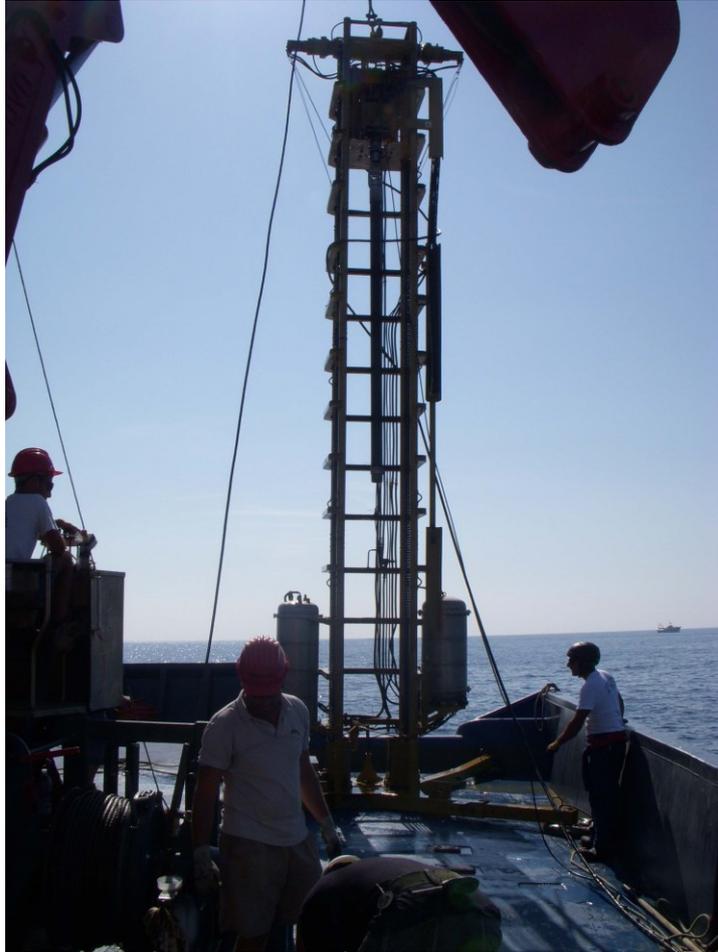


Figura 42. Carotiere recuperato dopo il fallito campionamento della carota VBC 3.

Il terzo carotaggio è stato realizzato nel punto denominato **VBC 2**, con un fondale di 84 mt. Il carotiere è riuscito a penetrare nei sedimenti fino a 2,70 mt, a causa di un livello roccioso che non ha permesso la continuazione del campionamento a maggiori profondità.

La carota (Fig. 43) è stata estrusa con un recupero complessivo di 0,60 mt di lunghezza di sedimenti indisturbati costituiti da:

1. 0,50 mt di pelite;
2. 0,10 mt di sabbie, bioclasti e pelite.



Figura 43. Carota VBC 2.

Il quarto carotaggio è stato realizzato nel punto denominato **VBC 4 NEW** con un fondale di 84 mt. Anche in questo caso il carotaggio si è fermato a causa di un impenetrabile strato roccioso incontrato alla profondità di 2,60 mt. Il recupero complessivo della porzione indisturbata di carota (Fig. 44) è stato di 1,80 mt di sedimenti così suddivisi:

1. 0,20 mt di pelite;
2. 1,00 mt di sabbie, bioclasti e pelite;
3. 0,60 mt di frammenti di calcare organogeno.



Figura 44. Carota VBC4 NEW.

Il quinto ed ultimo carotaggio, denominato **VBC 3 BIS**, è stato effettuato in prossimità del punto di campionamento VBC 3, in corrispondenza del quale, come riportato prima, si era verificata la rottura dell'asta del carotiere. In questo nuovo sito il carotiere è riuscito a penetrare fino alla profondità di 4,70 mt.

Dalla carota recuperata (Fig. 45) sono stati campionati solo gli ultimi 3 mt di sedimento, poiché la restante parte era costituita da campione disturbato.

Nella porzione di carota recuperata sono state individuate 4 differenti sezioni:

1. 2 mt di pelite,
2. 0,50 m di sabbie, bioclasti e pelite
3. 0,25 cm di pelite
4. 0,25 cm di frammenti di calcare organogeno

In totale sono state prelevate 4 carote e da ciascuna di esse sono stati opportunamente campionati i sedimenti da sottoporre alle analisi granulometriche e chimiche.

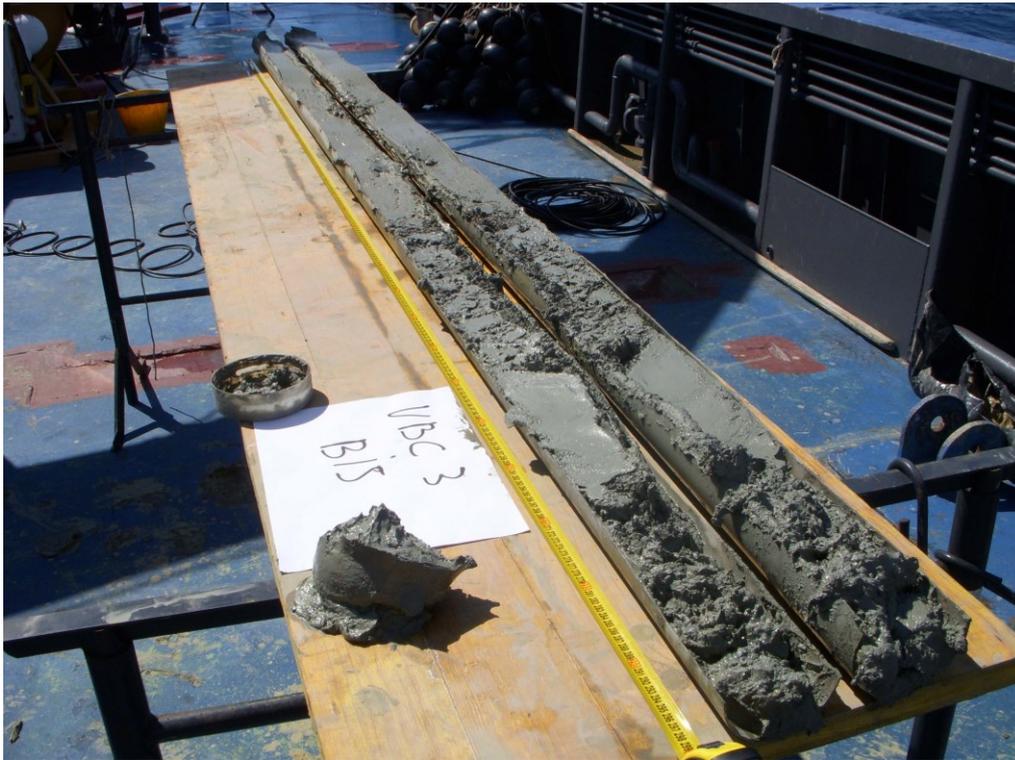


Figura 45. Carota di VBC3 BIS.

12. Descrizione macroscopica delle carote di sedimento ed individuazione dei campioni da analizzare

In Figura 46 sono raffigurate le caratteristiche litologiche delle quattro carote (VBC 1, VBC 2, VBC 3 BIS, VBC 4 NEW) prelevate. E' altresì riportata la carota VBR 4, campionata nella precedente campagna (7 giugno 2012), l'unica a contenere un livello stratigrafico di sabbia rinvenuto tra 250-300 cm, caratterizzato da percentuali di sabbia superiori al 50% nell'intervallo 280-300 cm (Tab. 10d).

Partendo dalla superficie, le carote rinvenute sono costituite da: i) una copertura pelitica superiore, ii) un breve intervallo più sabbioso contenente frammenti bioclastici, ed infine iii) uno strato di roccia costituita da calcare organogeno e sabbia cementata, fortemente consolidati.

In particolare, in Figura 47 viene riportato un dettaglio relativo ai campioni prelevati dallo strato roccioso presente al di sotto della copertura più superficiale. E' possibile notare l'elevato livello di cementazione di materiale grossolano e di origine organogena. Gusci di bivalvi e frammenti di organismi carbonatici sono inseriti all'interno di una matrice più fine definitivamente cementata. E'

proprio questo strato di roccia costituito da calcare organogeno e sabbia grossolana cementata che costituisce il *mound* identificato dall'indagine sismica effettuata e potenzialmente attribuito ad un giacimento di sabbia relitta.

Le analisi chimiche e granulometriche sono state effettuate esclusivamente sui campioni relativi all'intervallo sabbioso, come previsto dal "Manuale per Movimentazione di Sedimenti Marini" redatto da ICRAM e APAT. In particolare, sono stati analizzati N. 3 campioni, prelevati dalle carote VBC 1, VBC 3 BIS, VBC 4 NEW, essendo esiguo il quantitativo del livello sabbioso nella carota VCB 2.

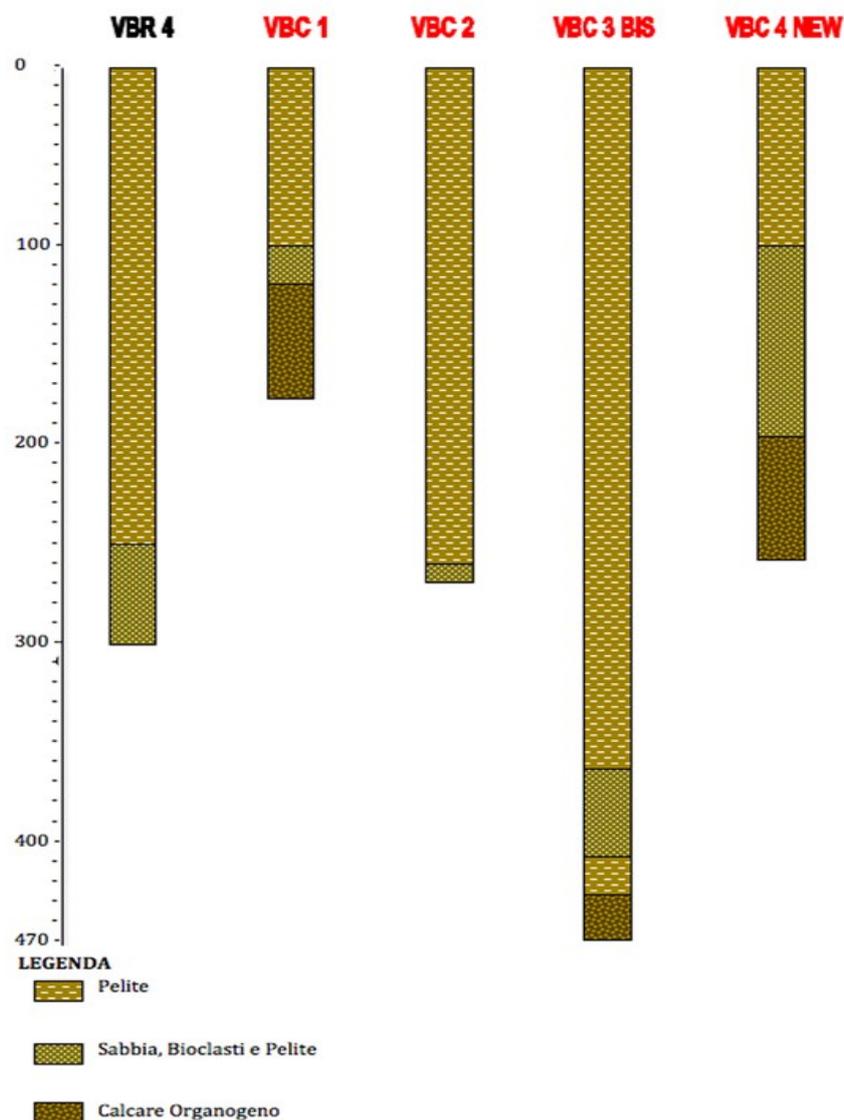


Figura 46. Stratigrafia delle carote (in ordinate è riportata la profondità espressa in cm).



Figura 47. Particolare di un campione di roccia organogena presente al di sotto della copertura superficiale.

13. Analisi macroscopica e granulometrica dei campioni

13. 1. Analisi macroscopica

Dall'esame macroscopico effettuato preliminarmente sui campioni (Tab. 20) è stato possibile distinguere la componente granulometrica principale e il colore grazie alla comparazione con la "Musell Rock Color Chart" (1975) 2009 Revision.

Tutti i campioni presentano un colore corrispondente alla sigla 10Y 5/4 (Light Olive).

CAMPIONE	DESCRIZIONE	COLORE
Sigla	CAMPIONI	Sigla
VBC 1	SABBIE, MATERIALE ORGANOGENO E PELITI	10Y 5/4
VBC 3 BIS	SABBIE, MATERIALE ORGANOGENO E PELITI	10Y 5/4
VBC 4 NEW	SABBIE, MATERIALE ORGANOGENO E PELITI	10Y 5/4

Tabella 20. Analisi macroscopica effettuata sui campioni.

13.2. Analisi granulometrica

Le metodiche utilizzate per l'analisi granulometrica dei campioni sono le stesse utilizzate per i campioni relativi alla precedente campagna, e sono riportate nel paragrafo 5.1. L'analisi granulometrica dei singoli campioni ha permesso di ottenere i valori dei percentili essenziali per ricavare attraverso il metodo grafico i parametri statistici di Folk & Ward (Tab. 21) e le percentuali di ghiaia, sabbia, silt e argilla presenti nei campioni (Tab. 22).

I campioni sono stati suddivisi in classi granulometriche secondo la scala Udden - Wentworth (1922), i cui limiti di classe sono espressi in phi ($\phi = -\log_2$ del diametro dei granuli espresso in mm), secondo la scala proposta da Krumbein (1934).

La distinzione delle principali classi dimensionali (ghiaia, sabbia, silt ed argilla) è stata utilizzata per la classificazione dei sedimenti secondo il diagramma triangolare di Shepard modificato Schlee (1973) (Fig. 48).

Le curve di frequenza dei campioni (VBC 1 e VBC 4 NEW), evidenziano una spiccata moda principale ricadente nel campo dei Granuli, mentre diversamente la curva di frequenza del campione VBC 3 BIS, evidenzia una spiccata moda principale ricadente nel campo del Silt da medio a molto fine. Tutti e tre i campioni risultano essere trimodali.

Il campione VBC1 presenta un diametro medio ricadente nel campo delle sabbie fini con un valore pari a 2.558ϕ (0.170 mm).

Il campione VBC3 BIS presenta un diametro medio ricadente nel campo del Silt da medio a molto fine con un valore pari a 5.392 ϕ (0.024 mm).

Il campione VBC4 NEW presenta un diametro medio ricadente nel campo del Silt grossolano con un valore pari a 4.281 ϕ (0,051 mm).

In tutti i campioni sono stati misurati alti valori di $\sigma_1 \phi$, compresi tra 4.686 ϕ (0,039 mm) e 4.313 ϕ (0,050 mm), indicanti una classazione molto bassa dei sedimenti, e dunque un ambiente deposizionale a bassa energia (Tab. 21).

Infine, come si evince dalla Tabella 22 e dal diagramma triangolare di Shepard modificato Schlee (1973) (Fig. 12), risulta che:

- il campione VBC 1 ricade nel campo dei sedimenti ghiaiosi;
- il campione VBC 3 BIS ricade nel campo Sabbia, Silt, Argilla, (Ghiaia<10%);
- il campione VBC 4 NEW ricade nel campo dei sedimenti ghiaiosi.

CAMPIONE	PARAMETRI DI TENDENZA CENTRALE					$\sigma_1 \phi$	Sk1	KG
	M1 ϕ	M2 ϕ	M3 ϕ	Mz ϕ	m ϕ			
VBC 1	-1,243	7,545	1,826	2,558	0,596	4,313	0,635	0,680
VBC 3 BIS	7,545	-0,731	1,826	5,392	7,024	4,337	-0,383	0,764
VBC 4 NEW	-1,243	7,545	0,817	4,281	4,559	4,686	0,022	0,661

M = moda; **Mz** = diametro medio; **m** = mediana; **σ_1** = classazione; **Sk1** = Skewness; **KG** = Kurtosis

Tabella 21. Parametri statistici di Folk & Ward ottenuti dalle analisi granulometriche dei campioni.

CAMPIONE	COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA				CLASSIFICAZIONE SHEPARD MODIFICATO SCHLEE (1973)
	%ghiaia	%sabbia	%silt	%argilla	
VBC 1	21,3	47,2	8,3	23,2	Sedimenti Ghiaiosi
VBC 3 BIS	6,9	30,9	20,8	41,4	Sabbia, Silt, Argilla, (Ghiaia<10%)
VBC 4 NEW	15,5	34,0	15,2	35,3	Sedimenti Ghiaiosi

Tabella 22. Composizione Granulometrica dei campioni.

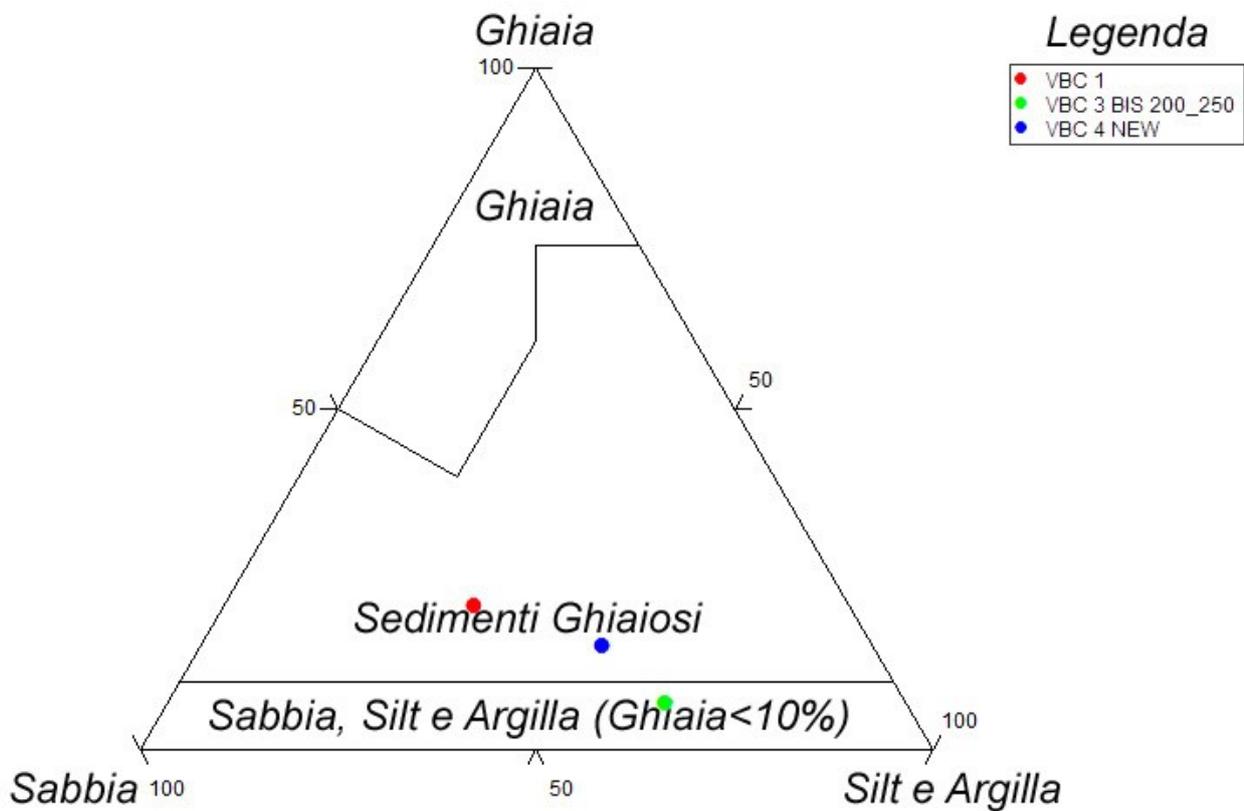


Figura 48. Ubicazione dei campioni analizzati nel diagramma triangolare di Shepard modificato Schlee (1973).

14. Analisi mineralogica dei campioni

Dall'indagine diffrattometrica con analisi semiquantitativa delle fasi mineralogiche eseguita sulle polveri risulta che le i sedimenti sono costituiti principalmente da Calcite magnesiaca e minerali argillosi. Il Quarzo risulta un minerale secondario, mentre K-feldspato, Hematite, Kaolinite Dolomite e Siderite sono presenti come minerali accessori (Tab. 23).

In particolare, la percentuale della Calcite magnesiaca varia da 35 a 43%, quella dei minerali argillosi da 15 a 34 % ed infine il Quarzo varia da 9 a 16%. I minerali accessori presentano percentuali che variano da 1 al 10% (Tab. 23).

	Kaolinite	Minerali argillosi	Quarzo	Mg- Calcite	Dolomite	Siderite	K-feldspato	Hematite
VBC 1	3	15	16	43	1	5	8	10
VBC 3 Bis	4	28	10	43	1	3	5	6
VBC 4	6	34	9	35		2	7	8

Tabella 23. Risultati delle analisi mineralogiche dei campioni.

14. Analisi chimica dei campioni

14.1 Premessa

Le analisi chimiche dei campioni hanno riguardato gli analiti riportati nella Tabella. 2.1c del "Manuale per la Movimentazione di Sedimenti Marini" redatto da ICRAM e APAT, considerato testo di riferimento per opportuno trattamento e movimentazione di sedimenti marini da adibire a ripascimento costiero.

Sono state dunque determinate le concentrazioni di un numero di metalli pesanti, IPA, PCB, Pesticidi organo-clorurati, clorobenzoni, in accordo alle richieste del suddetto manuale.

Le metodiche analitiche utilizzate per le indagini chimiche dei campioni sono riportate nell' Allegato I del " Rapporto Tecnico Intermedio - luglio 2012"

Tutte le analisi chimiche sono state condotte presso i Laboratori di Geochimica dell'IAMC-CNR.

14.2 Risultati

Le concentrazioni dei metalli pesanti e dei composti organici misurate nei campioni sono riportate in Tabelle 24 e 25. I dati sono riferiti alla frazione granulometrica inferiore ai 2 mm e al peso secco del campione.

Le indagini hanno verificato che tutti i valori di concentrazione dei metalli pesanti sono inferiori ai livelli chimici di base (LCB) riportati nella Tabella 2.3a del “*Manuale per la Movimentazione di Sedimenti Marini*”- ICRAM.

Anche la distribuzione dei 16 congeneri prioritari di IPA e dei PCB, quest'ultimi riportati come somma, risulta inferiore ai limiti di riferimento previsti nella Tabella 2.3a del sopraccitato manuale nella quasi totalità dei campioni. Solamente il campione VBC 1 presenta una concentrazione di PCB superiore al LCB della Tabella 2.3a, tuttavia tale valore risulta essere inferiore al valore soglia (LCL) indicato nella Tabella 2.3b. Le concentrazioni dei pesticidi organo-clorurati e dell'esaclorobenzene sono al di sotto dei valori LCB riportati nella Tabella 2.3a e dei valori chimici cautelativi previsti per le sostanze Pericolose Prioritarie ai sensi del D.M. 367/99, riportati nella Tabella 2.3c del manuale ICRAM. Infine, tutti i test microbiologici effettuati hanno dato esito negativo con i valori relativi alle diverse comunità microbiche al di sotto dei livelli di rilevabilità strumentale.

	Al	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	Hg
	mg Kg ⁻¹									
VBC 1	1,33	23,90	<dl*	16,3	3,7	9,5	<dl**	30,09	15,32	0,003
VBC 3 Bis	4,10	9,13	<dl*	43,5	4,9	13,7	<dl**	61,72	32,15	0,008
VBC 4	3,13	18,49	0,04	37,7	4,2	11,9	<dl**	55,89	30,30	0,007

* 0,04 mg Kg⁻¹

** 4 mg Kg⁻¹

Tabella 24. Concentrazione dei metalli pesanti nei campioni (i dati sono riferiti al peso secco (p.s.) del campione).

Contaminanti Organici <i>(mg Kg⁻¹ p.s.)</i>	VBC 1	VBC 3 Bis	VBC 4
NAPHTALENE	0,001	0,001	0,011
ACENAFTENE	0,002	0,004	0,002
FLUORENE	0,006	0,011	0,003
FENANTRENE	0,025	0,023	0,013
ANTRACENE	0,002	0,002	0,001
FLUORANTENE	0,006	0,002	0,002
PIRENE	0,002	0,001	0,001
BENZO(a)ANTRACENE	0,001	<0,001	<0,001
CHRISENE	0,001	<0,001	<0,001
BENZO(B)FLUORANTENE	0,001	<0,001	0,002
BENZO(K+J)FLUORANTENE	0,001	<0,001	0,003
BENZO(a)PIRENE	0,001	0,001	0,003
INDENO[123,CD]PIRENE	<0,001	<0,001	0,002
DIBENZO[A,H]ANTRACENE	<0,001	<0,001	<0,001
BENZO[GHI]PERILENE	<0,001	0,001	0,002
PCB	0,006	0,490	0,550
ALFA-ESACLOROCICLOESANO	<0,001	<0,001	<0,001
BETA-ESACLOROCICLOESANO	<0,001	<0,001	<0,001
LINDANO (gamma-esacl.)	<0,001	<0,001	<0,001
ALDRIN	<0,001	<0,001	<0,001
DIELDRIN	<0,001	<0,001	<0,001
DDE	<0,001	<0,001	<0,001
DDD	<0,001	<0,001	<0,001
DDT	<0,001	<0,001	<0,001
ESACLOROBENZENE	<0,001	<0,001	<0,001

Tabella 25. Concentrazionidi IPA, PCB, Pesticidi organoclorurati, Esaclorobenzene nei campioni (i dati sono riferiti al peso secco (p.s.) del campione).

15. Convergenza morfologica, similarità di facies acustiche in forme concave (mounds) e conclusioni

La ricostruzione tridimensionale della facies corrispondente al potenziale reservoir sabbioso effettuata nella prima fase di attività (Rapporto tecnico intermedio del luglio 2012) ha evidenziato caratteristiche di risposta sismica che non hanno consentito, sulla base del campionamento allora effettuato con carote di lunghezza inferiore a i 3 metri, di sciogliere i dubbi in merito all'effettiva consistenza granulometrica dei litotipi investigati, a causa della mancanza di geometrie deposizionali ascrivibili a sistemi chiaramente e francamente sabbiosi (quali paleo-cordoni o paleo-barre costiere). Nell'area di studio, infatti, i rilievi all'interno del sedimento ascrivibile alla progradazione pre-wurmiana si presentano come “*mound*” (letteralmente traducibile come “a collina”), ovvero morfologie con carattere conico o tronco-conico arrotondato (Fig.49).

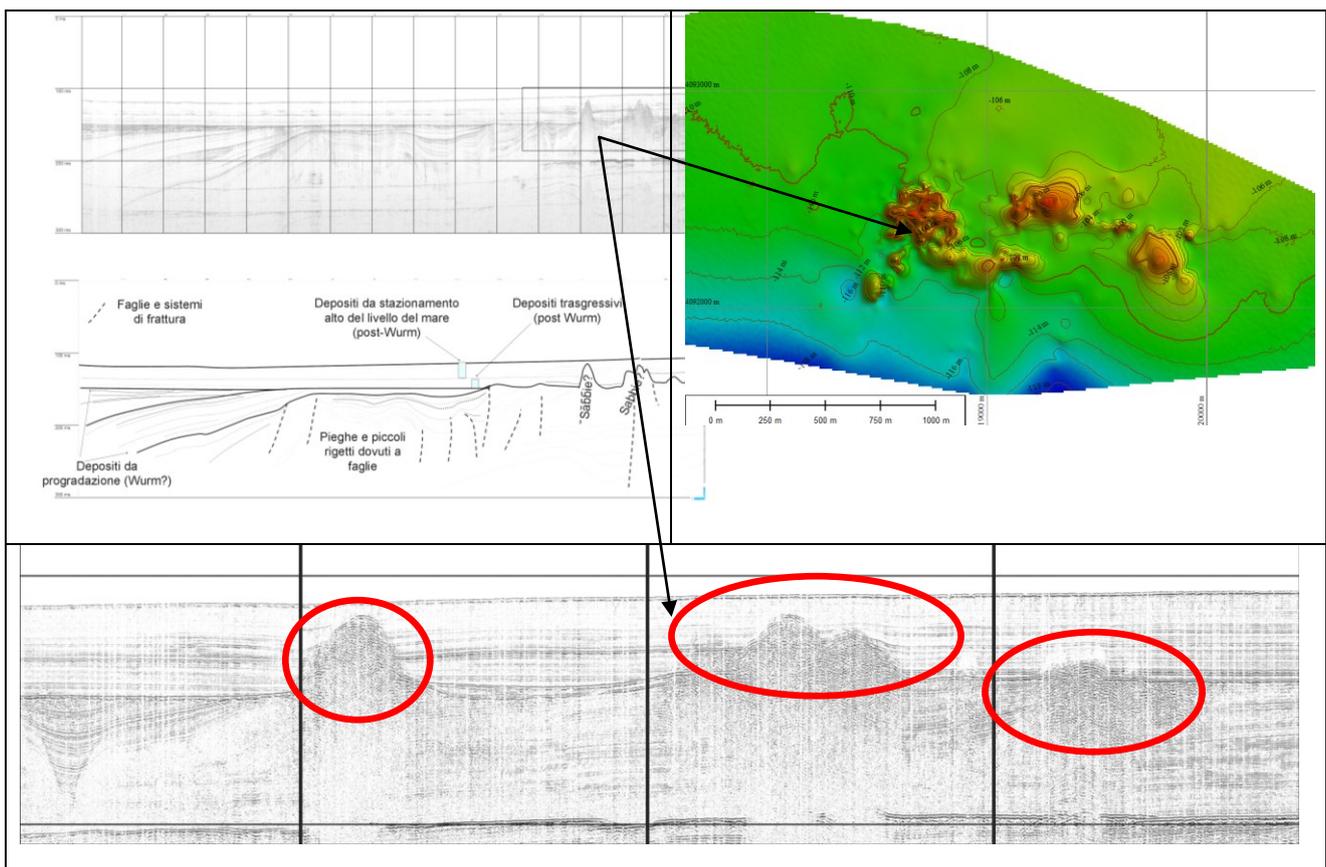
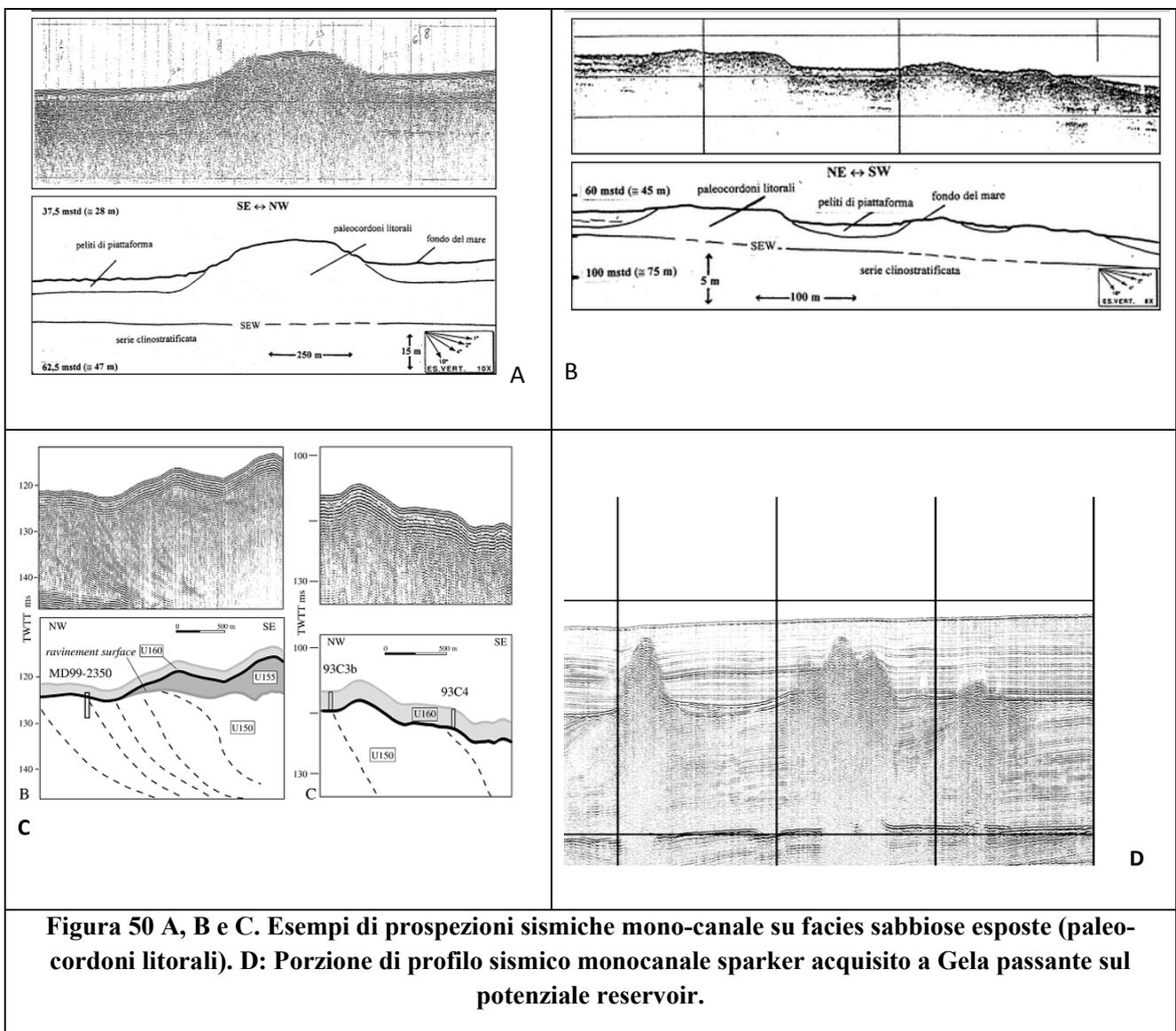


Figura 49. Acquisizione geofisica (profilo sparker) sulla zona di potenziali reservoir sabbioso. Le morfologie a “mound” che sono state cartografate non garantiscono una interpretazione univoca sulla natura granulometrica, e lasciano dei margini di incertezza sull'interpretazione dei dati.

Tali morfologie possono formarsi in diversi contesti geomorfologici/geologici e, conseguentemente, avere una differente composizione sedimentologica.

Dal punto di vista della risposta acustica, inoltre, il dato di una sezione sismica (sia essa mono o multi-canale) rappresenta la risposta delle facies del sottosuolo in termini di “contrasto di impedenza acustica”, ovvero di gradienti nel prodotto delle velocità e densità di facies contigue. Se ne evince che in realtà la risposta acustica di un litotipo avente determinate specifiche granulometriche (ad esempio, argilla) non possiede una facies acustica unica, bensì offre risposte diverse se collocata all'interno di diverse successioni sedimentarie, come effetto del contrasto di impedenza acustica che si realizza rispetto alle unità sismiche che la circondano.



Le sabbie relitte, in particolare, possono avere risposte acustiche differenti se situate in diversi contesti stratigrafici. Facies sismo-acustiche ascrivibili ad imponenti banchi sabbiosi affioranti (Fig. 50 A, B, C e D; Fig. 16), ovvero senza copertura di altri litotipi sedimentari, possono presentarsi in sezione sia con stratificazioni interne, sia con firma acustica caotica sia con bordo di contatto netto (Figg. 50 e 51).

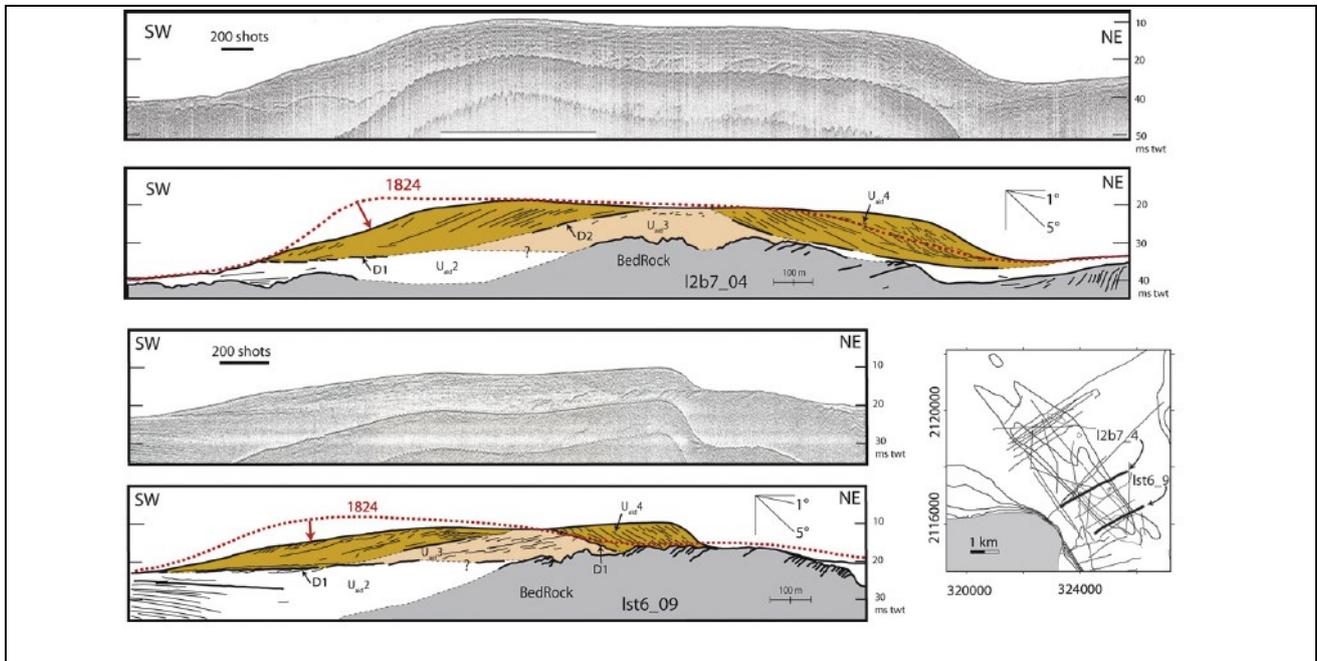


Figura 51. Facies acustiche ascrivibili a sabbie rinvenute sul margine Atlantico francese (Chaumillon et al., 2008).

Come logica conseguenza, l'analisi sismo-stratigrafica deve necessariamente tenere conto anche della geometria deposizionale del sistema, allo scopo di interpretare correttamente le litologie dei rilievi sepolti. Purtroppo, nel caso delle prospezioni effettuate nell'area di Gela, lo studio della geometria deposizionale si è rivelato infruttuoso, a causa delle forme a *mound* che non forniscono indicazioni incontrovertibili sul contesto di formazione.

Di seguito vengono riportati alcuni esempi di morfologie a *mound* formatesi in contesti diversi ed aventi diversa natura composizionale, ovvero: forme costituite da sedimenti fangosi (ad es., vulcani di fango), da sabbie (vulcani di sabbie e fenomeni di iniezione sabbiosa in generale) e sabbie o ghiaie di origine organogena litificate (biocostruzioni).

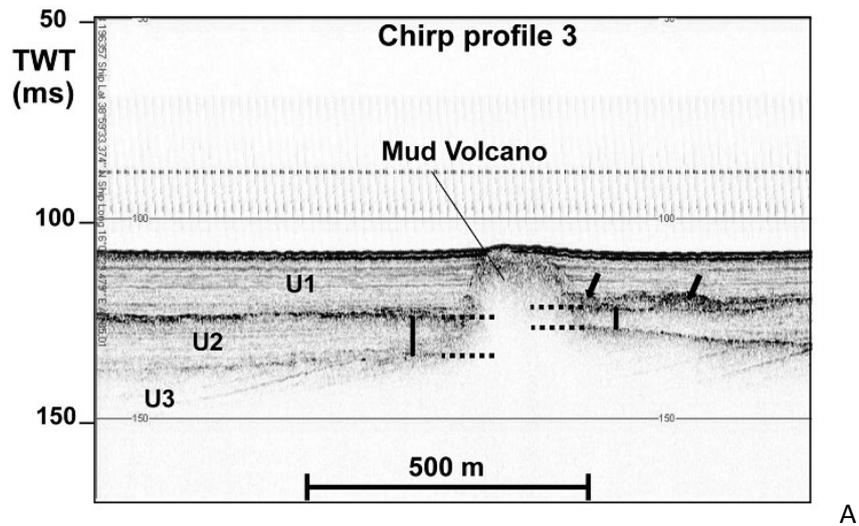
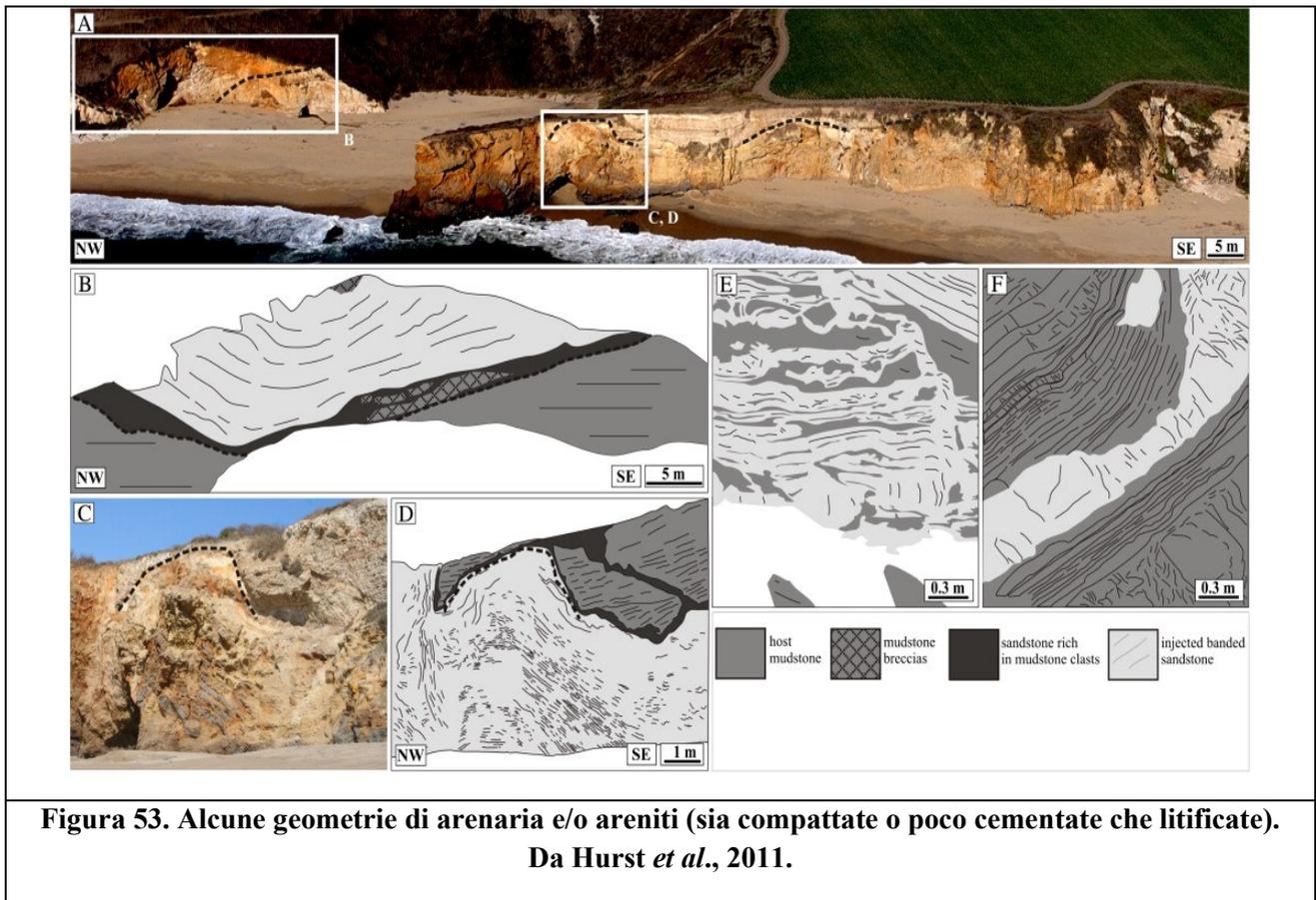


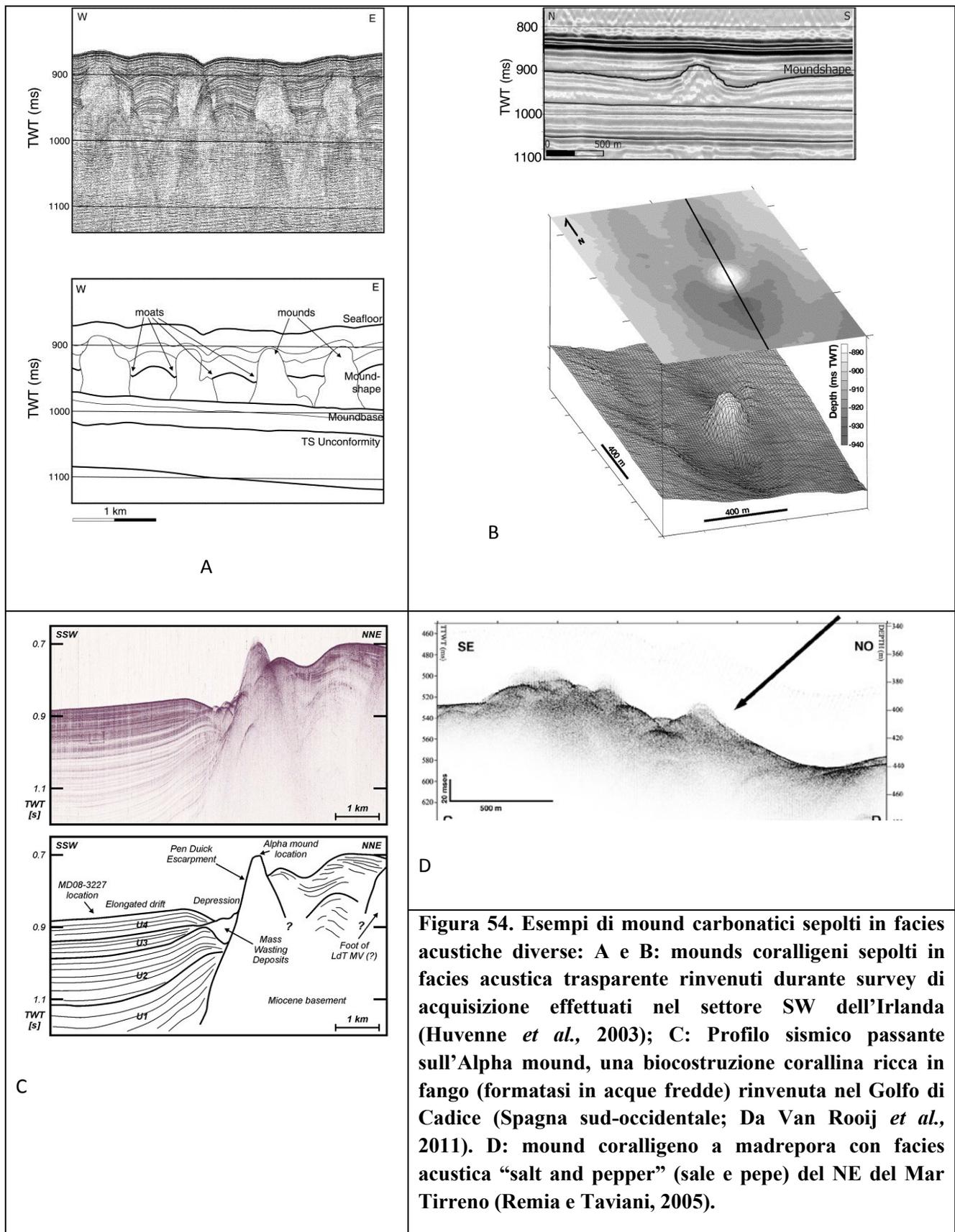
Figura 52. Sezione su *mud volcano* sulla costa tirrena della Calabria; da Loreto *et al.*, in press.

I “*mud volcano*” (vulcani di fango, Fig. 52) sono features sedimentarie generate dall’espulsione di miscele di fluidi (generalmente CO₂ e CH₄ prevalenti) ricchi di componenti a grana fine, spesso associati a frammenti di roccia consolidata e fango dette “*mud breccia*” (Cita *et al.*, 1981 ; Staffini *et al.*, 1993;.). Il riconoscimento di questa facies sedimentaria specifica (la *mud-breccia*, appunto) è una caratteristica essenziale per l’identificazione di un *mud volcano*. I vulcani di fango sottomarini sono spesso inizialmente individuati sulla base della loro distintiva “firma” acustica (da dati multibeam e sidescan sonar) per elevato backscatter, che si ritiene sia il risultato della rugosità indotta dalle emissioni sul fondo marino e dei clasti che compongono le *mud-breccia* (Volgin e Woodside, 1996).



**Figura 53. Alcune geometrie di arenaria e/o areniti (sia compattate o poco cementate che litificate).
Da Hurst *et al.*, 2011.**

Le “iniezioni sabbiose” (*sand injectites*, Fig. 53) sono particolarmente studiate in letteratura a causa delle potenzialità in termini di giacimenti di idrocarburi (sono spesso indicate come rocce serbatoio). Sono rinvenute in molti contesti geodinamici e geologici a livello globale, in tutto il record stratigrafico (Hurst e Cartwright, 2007), e in genere sono granulometricamente composte da sabbia silicoclastica a grana media o grossolana (Hubbard *et al.*, 2007; Hurst *et al.*, 2011). Le iniezioni di sabbia si verificano quando la sabbia fluida è costretta da sovra-pressioni ad insinuarsi in strati attraverso specifiche reti di fratture, creando in tal modo una rete di intrusioni. Queste producono una grande varietà di forme (stratificate, a dicco ad alto e a basso angolo, lamellari, irregolari, ecc.) anche non litificate. Fra queste forme si annoverano esempi conosciuti di giacimenti *mound-shaped*, come nel caso delle forme collinari o ad anello rinvenute in Giappone (Takahama *et al.*, 2000) o mound erosionali campionati in Danimarca (Hamberg *et al.*, 2007). Sempre afferenti alla categoria delle iniezioni di sabbia sono le “estrusioni sabbiose”, che annoverano anche forme coniche denominate “vulcani di sabbia”, tipicamente caratterizzati da geometria conica ellittica con crateri apicali in arenaria (Fig. 54), che possono raggiungere notevoli dimensioni (80 m di altezza per 50 milioni di mc di materiale sabbioso mobilitato; Andresen *et al.*, 2009). Tali forme sono associate anche a estrusioni durante terremoti (sismici) come effetto dello shock co-sismico su acquiferi in pressione (Montenat *et al.*, 2007).



I mounds corallini (Fig. 54) sono essenzialmente formazioni diagenizzate di carbonati derivanti da precipitazione controllata biologicamente. Prodotti dalla proliferazione di tappeti algali (soprattutto

a Charophyceae) e più limitatamente da molluschi (molto importanti i bivalvi e in particolare i gasteropodi, che producono veri e propri banchi conchigliari). Gli ostracodi (crostacei con guscio bivalve) formano localmente banchi sabbiosi che per cementazione possono dare vere e proprie biocostruzioni. Anche le biocostruzioni, così come le iniezioni di sabbia e i vulcani di fango, possiedono risposte sismiche derivanti da contrasti di impedenza acustica estremamente differenziata. I mounds corallini sono abbastanza diffuse in ambiente profondo, ma si rinvencono anche a profondità ridotte, dove sono solitamente sepolte da coperture fangose molto sottili (ad es. Remia e Taviani, 2005) e sono spesso caratterizzate dalla presenza di formazioni concave (“moat”) a ridosso degli edifici (Huvenne *et al.*, 2003). Sono stati classificati anche mounds di fanghi carbonatici litificati, consistenti in depositi con rilievo topografico e pochi o nessun stromatoliti o in scheletri posto. I mounds di fango carbonatico possono essere di origine organica e / o inorganica, e può essere difficile distinguere le loro origini (Riding, 2002). Le facies acustiche che caratterizzano queste formazioni possono essere trasparenti, caotiche, a bassa ed elevata riflettività secondo le caratteristiche del contrasto di impedenza acustica fra i il mound stesso ed i litotipi adiacenti.

Concludendo, contrariamente a quanto accade per i sistemi di barre, cordoni e frecce litorali (di natura francamente sabbiosa) le morfologie a “mounds” (ovvero convesse più o meno scoscese) non si prestano ad una interpretazione univoca, ma costituiscono un caso di convergenza morfologica. In particolare, tali morfosculture possono formarsi in contesti geologici/geomorfologici molto diversi fra loro, dove l’azione di specifiche dinamiche sedimentarie da luogo a forme di accumulo caratterizzate da granulometrie estremamente varie, come: vulcani di fango o di sabbia, iniezioni sabbiose e biocostruzioni. Da quanto esposto, si deduce che l’individuazione della geometria deposizionale a “mounds” non ci ha consentito di ottenere risposte definitive sulle caratteristiche sedimentologiche dell’accumulo. Anche la firma acustica delle “anomalie morfologiche”, inizialmente interpretate come potenziali reservoir di sabbia, non poteva fornire alcuna certezza a riguardo. Infatti, i contrasti di impedenza acustica all’interno di successioni sedimentarie a granulometria fine (come nel caso delle sequenze trasgressive) individuano corpi che, a causa dell’elevato contrasto con fanghi e silt, risultano difficilmente distinguibili gli uni dagli altri, inoltre, la presenza di eventuali lenti di sabbia (di dimensione anche ridotte) può alterare la risposta acustica al contorno dei corpi di accumulo. La risposta sismica del sistema indagato risulta dunque, assolutamente analoga e indistinguibile da quella relativa alla presenza di sabbia sotto un sottile strato argilloso e pelitico. Infine, anche il complesso setting geologico del Golfo di Gela non permette di escludere a priori nessuna delle opzioni sul possibile ambiente di formazione (e, conseguentemente, sulla natura sedimentologica) dei mounds.

Alla luce di quanto esposto, risulta chiaro che né il contrasto di impedenza acustica né la geometria deposizionale hanno offerto risposte definitive sulla natura sedimentologia dei mounds, spingendoci verso la necessità di una nuova campagna di acquisizioni di dati sedimentologici e granulometrici, che ha purtroppo verificato l'assenza di significativi giacimenti di sabbia relitta nell'area di studio. D'altro canto, il prelievo di carote di sedimento di 3 m, effettuato nella prima fase di campionamento, aveva portato all'individuazione di uno spessore di argilla sabbiosa (con percentuali di sabbia superiori al 50%) alla base della carota di sedimento prelevata sul mound più superficiale, offrendo una possibilità concreta circa la presenza di un giacimento francamente sabbioso al di sotto del medesimo livello. Inoltre, il ritrovamento di una sottile lente con alto contenuto di sabbia sui mounds stessi ha aumentato la similarità acustica fra il gruppo di mounds individuati e le morfosculture tipicamente sabbiose. In definitiva, solo il campionamento diretto dei corpi poteva sciogliere il dubbio legato alla loro origine e caratteristica sedimentaria. Di qui, la scelta di eseguire l'ulteriore fase di indagine con campionamento tramite un carotiere in grado di penetrare a maggiore profondità, allo scopo di fornire indicazioni definitive sulla: i) reale presenza di sabbia nell'area identificata, ii) stima della grandezza del giacimento e ii) verifica dell'omogeneità fisico-chimica dei sedimenti.

In definitiva, i risultati emersi dall'indagine hanno permesso di stabilire che il blocco di mounds individuato non risulta costituito da sabbia, bensì da un substrato roccioso di origine organogena e da sabbia grossolana definitivamente cementata e non sfruttabile dal punto di vista del ripascimento dei litorali.

BIBLIOGRAFIA

- Amodio-Morelli, M., Bonardi, G., Dietrich, D., Giunta, G., Ippolito, F., Lorenzoni, S., Perrone, V., Picaretto, V., Russo, M., Scandone, P., Zanettin, E. and Suppelto, A., 1979. L'arco calabro-peloritano nell'orogene appenninico-maghrebide. *Mem. Sot. Geol. Ital.*, 17: 1-160.
- Andresen, K.J., Clausen, O.R., Huuse, M., 2009. A giant (5.3×10^7 m³) middle Miocene (c. 15 Ma) sediment mound (M1) above the Siri Canyon, Norwegian–Danish Basin: Origin and significance. *Marine and Petroleum Geology* 26, 1640–1655.
- Argnani A., 1987. The Gela Nappe: evidence of accretionary melange in the Maghrebic foredeep of Sicily. *Mem. Soc. Geol. It.*, 38, 419-428.
- Argnani A., Cornini S., Torelli L. Zitellini N., 1986. Neogene-Quaternary Foredeep System in the Strait of Sicily. *Mem. Soc. Geol. It.*, 36, 123-130.
- Barberi, F., Civetta, L., Gasparini, P., Innocenti, F., Scandone, R. and Villari, L., 1974. Evolution of a section of the Africa-europe plate boundary: paleomagnetic and volcanological evidence from Sicily. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 22, 123-132.
- Barrier, E., 1992. Tectonic analysis of a flexed foreland: the Ragusa Platform. *Tectonophysics*. 206, 91- 111
- Biebow N., Hamich A., Schiebel A. A., Soding E., Backer H., Brenner W., Thiede J., 1992. Evidence for accretionary prisms in the southeastern part of the Caltanissetta Basin. In Max, M. D. and Colantoni, P. (Eds.). *Geological Development of the Sicilian-Tunisian Platform. Proceedings of International Scientific Meeting held at the University of Urbino, Italy, 4-6 November, 1992. UNESCO reports in Marine Science*, 58, 31-36.
- Biju-Duval, B., Borsetti, A.M. and Colantoni, P., 1985. Géologie des fosses du détroit Siculo-Tunisien. *Rev. Inst. Fr. Pet.*, 40: 692-722.
- Broquet, P., Duee, G., Mascle, G. and Truillet, R., 1984. Evolution structurale alpine recente de la Sicile et sa signification géodynamique. *Rev. Geol. Dyn. Géogr. Phys.*, 25 (2): 75-85.
- Broquet, P., Duee, G., Mascle, G. and Truillet, R., 1984. Evolution structurale alpine recente de la Sicile et sa signification géodynamique. *Rev. Geol. Dyn. Géogr. Phys.*, 25 (2): 75-85.
- Butler R. W. H., Grasso M., La Manna F., 1992. Origin and deformation of the Neogene-Recent Maghrebic foredeep at the Gela Nappe, SE Sicily. *Journ. Geoph. Res.*, 149, 547-556.
- Carbone S., Di Geronimo I., Grasso M., Iozzia S., Lentini F., 1982. I terrazzi marini quaternari dell'area iblea. *Contr. alla realizz. della Carta Neotettonica d'Italia C.N.R., P.F. Geodinamica*, No. 506, (Giannini Ed.) Napoli.
- Catalano R., Infuso S., Sulli A., 1995. The submerged Maghrebic Sicilian Chain from southern Tyrrhenian to the Pelagian foreland. *Terra Nova*, 7, 179-188.
- Chaumillon, E., Bertin, X., Falchetto, H., Allard, J., Weber, N., Walker, P., Pouvreau, N., Woppelmann, G., 2008. Multi time-scale evolution of a wide estuary linear sandbank, the Longe de Boyard, on the French Atlantic coast. *Marine Geology*, 251 (3-4), pp. 209-223.

- Cita, M.B., Ryan, W.B.F., Paggi, L., 1981. Prometheus mud breccia. An example of shale diapirism in the Western Mediterranean Ridge. *Annales géologiques des pays Helleniques* 30, 543–569.
- Costa, E., Speranza F., 2003. Paleomagnetic analysis of curved thrust belts reproduced by physical models. *Journal of Geodynamics*, 36, 633-654.
- Ferranti, L., Antonioli, F., Mauz, B., Amorosi, A., Dai Pra, G., Mastronuzzi, G., Monaco, C., Orrù, P., Pappalardo, M., Radtke, U., Renda, P., Romano, P., Sansò, P., Verrubbi, V., 2006. Markers of the last interglacial sea-level highstand along the coast of Italy: tectonic implications. *Quaternary International* 145-146, 30-54.
- Finetti, I. and Morelli, C., 1972. Regional reflexion seismic exploration of the strait of Sicily. *Saclantcen Conf. Proc.*,7: 208-223.
- Gardiner W, Grasso M, Sedgeley D, 1995. Plio-Pleistocene fault movement as evidence for mega-block kinematics within the Hyblean–Malta Plateau, central Mediterranean. *J Geodynamics* 19,:35–51.
- Grandjacquet, C. and Mascle, G., 1978. The structure of the Ionian Sea, Sicily and Calabria-Lucania. In: A.E.M. Nairn (Editor), *The Oceans Basins and Margins*. Plenum, New York, pp. 257-329.
- Grasso M., Butler R. W. H., La Manna F., 1990. Thin-skinned deformation and structural evolution in the NE segment of the Gela Nappe, SE Sicily. *Studi Geol. Camerti*, vol. spec. 1990b, 9-17
- Hamberg, L., Jepsen, A.M., Borch, N.T., Dam, G., Engkilde, M.K., Svendsen, J.B., 2007. Mounded Structures of Injected Sandstones in Deep-marine Paleocene Reservoirs, Cecile Field, Denmark. In: Hurst, A., Cartwright, J. (Eds.), *Sand Injectites: Implications for Hydrocarbon Exploration and Production: American Association of Petroleum Geologists Memoir*, Tulsa, pp. 69–79.
- Hubbard, S.M., Romans, B.W., Graham, S.A., 2007. An outcrop example of large-scale conglomeratic intrusions sourced from deep-water channel deposits, Cerro Toro Formation, Magallanes basin, southern Chile. In: Hurst, A., Cartwright, J. (Eds.), *Sand Injectites: Implications for Hydrocarbon Exploration and Production: American Association of Petroleum Geologists Memoir*, Tulsa, pp. 199–207.
- Hurst, A., Cartwright, J.A. (Eds.), 2007. *Implications for Hydrocarbon Exploration and Production: American Association of Petroleum Geologists Memoir*, Tulsa. 274 pp.
- Hurst, A., Scott, A., Vigorito, M., 2011. Physical characteristics of sand injectites. *Earth-Science Reviews*, 106 (3-4), pp. 215-246.
- Huvenne V.A.I., De Mol B., Henriot J.-P, 2003. A 3D seismic study of the morphology and spatial distribution of buried coral banks in the Porcupine Basin, SW of Ireland. *Marine Geology*, 198 (1-2), 5-25.
- Illies, J.H., 1981. Graben formation-the Maltese Islands-a case history. *Tectonophysics*, 73: 151-168.
- Lambeck, K., Antonioli, F., Purcell, A., Silenzi, S., 2004. Sea-level change along the Italian coast for the past 10 000 yr. *Quaternary Science Reviews* 23, 1567-1598.

- Lickorish, W.H., Grasso, M., Butler, R.W.H., Argnani, A., Maniscalco, R., 1999. Structural styles and regional tectonic setting of the “Gela Nappe” and frontal part of the Maghrebian thrust belt in Sicily. *Tectonics* 18, 655–668.
- Loreto et al., in press. Search of New Imaging for Historical Earthquakes: a new geophysical survey offshore western Calabria (southern Tyrrhenian Sea, Italy). *Bollettino di geofisica teorica e applicata*, DOI: 10.4430/bgta0046.
- Masclé, G., 1973. Etude géologique des monts Sicani, Sicile. *These Sciences, Univ. Paris*, 691 pp.
- Montenat C., Barrier P., d'Estevou P.O., Hibscher C., 2007. Seismites: an attempt at critical analysis and classification. *Sedimentary Geology*, 196, 5–30.
- Nigro F., Renda P., 2001. Late Miocene-Quaternary stratigraphic record in the Sicilian Belt (Central Mediterranean): tectonics versus eustasy. *Boll. Soc. Geol. It.*, 120, 151-164.
- Patacca, E., Scandone, P., Giunta, G. and Liguori, V., 1979. Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (SE Sicily). *Geol. Romana*, 18, 331-369.
- Pedley H. M., Grasso M., 1991. Sea-level change around the margins of Catania- Gela Through and Hyblean Plateau, southeast Sicily (African-European plate convergence zone): A problem of Plio-Quaternary plate buoyancy? *Spec. Publ. Int. Ass. Sedim.*, 12, 451-464.
- Remia, A., Taviani, M., 2005. Shallow-buried Pleistocene Madrepora-dominated coral mounds on a muddy continental slope, Tuscan Archipelago, NE Tyrrhenian Sea. *Facies*, 50 (3-4), pp. 419-425.
- Reuther, C.D. and Eisbacher, G.H., 1985. Pantelleria Riftcrustal extension in a convergent intraplate setting. *Geol. Rundsch.*, 73 (4): 585-597.
- Riding, R., 2002. Structure and composition of organic reefs and carbonate mud mounds: concepts and categories. *Earth Sci.Rev.* 58, 163-231.
- Roure, F., Howell, D.G., Muller, C. and Moretti, I., 1990. Late Neogene subduction complex of Sicily. *J. Strat. Geol.*, 12 (2): 259-266.
- Scandone, P., 1979. Origin of the Tyrrhenian Sea and Calabrian arc. *Bull. Sot. Geol. Ital.*, 98: 27-36.
- Shackleton, N.J., 2000. The 100,000-year Ice-age cycle identified and found to lag temperature, carbon dioxide, and orbital eccentricity. *Science* 289, 1897-1902.
- Staffini, F., Spezzaferri, S., Aghib, F., 1993. Mud diapirs of the Mediterranean Ridge: sedimentological and paleontological study of the mud breccia. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 99 (2), 225–254.
- Takahama, N., Otsuka, T., Brahmantyo, B., 2000. A new phenomenon in ancient liquefaction—the draw-in process, its final stage. *Sedimentary Geology* 135, 157–165.
- Trincardi F., Argnani A., 1990. Gela submarine slide: a major basin-wide event in the Plio-Quaternary foredeep of Sicily. *Geomarine Letters*, 10, 13-21.
- US EPA Method 3052, Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices.
- US EPA Method 6010C Inductively Coupled Plasma- Atomic Emission Spectrometry.

- Van Loon, A.J., Maulik, P., 2011. Abraded sand volcanoes as a tool for recognizing paleo-earthquakes, with examples from the Cisuralian Talchir Formation near Angul (Orissa, eastern India). *Sedimentary Geology*, 238, 145–155.
- Van Rooij D., Blamart D., De Mol L., Mienis F., Pirlet H., Wehrmann L.M., Barbieri R., (...), Henriot J.-P., 2011. Cold-water coral mounds on the Pen Duick Escarpment, Gulf of Cadiz: The MiCROSYSTEMS project approach. *Marine Geology*, 282, 102-117.
- Volgin, A.V., Woodside, J.M., 1996. Sidescan sonar images of mud volcanoes from the Mediterranean Ridge: possible causes of variations in backscatter intensity. *Marine Geology* 132 (1-4), 39–53.
- Waelbroeck, C., Labeyrie, L., Michel, E., Duplessy, J.C., McManus, J.F., Lambeck, K., Baldon, E., Labracherie, M., 2002. Sea level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. *Quaternary Science Reviews* 21, 295-305.

Allegato I

METODICHE ANALITICHE

Fosforo (P) totale

Preparazione del campione

Il campione di sedimento, preventivamente essiccato a 30° per 24 ore, viene pesato in quantità pari a circa 40 mg (con la precisione di 0,1 mg) ed è introdotto in un contenitore da reazione (vessel da digestione). Utilizzando una pipetta, viene addizionata, in ogni vessel, una quantità di 25 ml di soluzione ossidante costituita da: 45 grammi di persolfato di potassio ($K_2S_2O_8$); 9,5 grammi di idrossido di sodio (NaOH); 1 litro di acqua ultrapura.

Ciascun contenitore di reazione, opportunamente munito di tappo, camicia e controdilatore assiale, è trasferito nel microonde CEM Mars-5, disposto nell'apposito alloggiamento e sottoposto alla procedura CEM di digestione che prevede due step consecutivi: il microonde MDS viene programmato per dieci minuti al 100% della potenza (961 Watts) e il controllore della pressione è settato a 30 psi; il microonde MDS viene programmato per trenta minuti al 100% della potenza (961 Watts) e il controllore della pressione è settato a 135 psi. Durante ogni ciclo di digestione è prevista tra i campioni la presenza di un bianco, costituito esclusivamente da 25 ml di soluzione ossidante. Al termine del processo, ciascun vessel è lasciato raffreddare alla temperatura ambiente e, successivamente, la soluzione viene diluita a 100 ml in un matraccio tarato.

Determinazione del P utilizzando il Metodo colorimetrico

Il metodo si basa sulla formazione di un complesso fosfomolibdico di colore blu (del gruppo dei blu di molibdeno) la cui concentrazione viene misurata per via colorimetrica. In particolare gli ioni ortofosfato formano, con gli ioni molibdato in soluzione solforica, acido fosfomolibdico; quest'ultimo viene ridotto con acido ascorbico a blu di fosfomolibdeno, la cui concentrazione viene determinata fotometricamente. In seguito alla fase di ossidazione del campione e di successiva filtrazione, un'aliquota pari a 5 ml viene pipettata in una provetta e trattata con i Kit della Merck Spectroquant per analisi fotometriche. Lo spettrofotometro utilizzato è il Varian Cary 50. Il Kit utilizzato (1.14848.0001) presenta le seguenti caratteristiche operative: lunghezza d'onda pari a 710 nm, valore corrispondente al massimo dell'assorbanza; cuvetta caratterizzata da un cammino ottico pari a 10 mm; intervallo di misura degli ioni ortofosfato: $0,2 \div 15,3 \text{ mg/l PO}_4^{3-}$. Dopo l'aggiunta dei reattivi presenti nel Kit, nelle opportune quantità e modalità, e dopo un tempo di reazione di circa cinque minuti, il campione viene passato allo spettrofotometro. La tecnica di quantificazione utilizzata è quella dello standard esterno con retta di calibrazione a 5 punti.

Al fine di valutare la riproducibilità dei risultati, l'analisi relativa al 20% dei campioni è stata ripetuta due volte, con un errore associato alla singola misura pari a $\pm 10\%$.

Metalli pesanti (Al, As, Cd, Cr totale, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn)

La determinazione delle concentrazioni di tutti i metalli pesanti (tranne del Hg) è stata effettuata utilizzando uno spettrometro ad emissione atomica con sorgente al plasma (ICP-AES; iCAP6000 Thermo), previa mineralizzazione dei campioni con attacco acido totale in forno a microonde (MicroWaves Anton Paar).

Le concentrazioni di Hg sono state ottenute utilizzando un analizzatore diretto (DMA analyzer).

Digestione acida in forno a microonde

La mineralizzazione dei sedimenti è stata eseguita seguendo il metodo EPA 3052 per l'attacco acido totale di sedimenti e rocce.

Un' aliquota di circa 0,250 g di campione, precedentemente essiccato (a $T= 30^{\circ}\text{C}$) ed omogeneizzato, è stata posta in degli appositi contenitori di teflon; ad essa sono stati aggiunti i seguenti reagenti:

- 2 cc di Acqua ossigenata (H_2O_2)
- 8 cc di Acido Nitrico (HNO_3)
- 3 cc di Acido Cloridrico (HCl)
- 1,5 cc di Acido Fluoridrico (HF)

I contenitori una volta chiusi ermeticamente, sono stati posti nel forno a microonde, ed i campioni sono stati sottoposti ad un ciclo di riscaldamento graduale, con una fase finale di mantenimento della $T= 190\pm 5^{\circ}\text{C}$, per un $t= 120'$.

Una volta raffreddati, a ciascun campione sono stati aggiunti 7,5 cc di H_3BO_3 al 4%, per tamponare l'acido fluoridrico utilizzato nell'attacco e per stabilizzare in soluzione alcuni composti (per es. i fluoruri) che altrimenti potrebbero precipitare. Dopo tale aggiunta, i campioni sono stati sottoposti ad un ulteriore ciclo di riscaldamento in forno a microonde ($T=160\pm 5^{\circ}\text{C}$; $t=60'$).

Infine, le soluzioni ottenute sono state recuperate e portate a $V= 100\text{cc}$ con H_2O Milli-Q e conservate in frigo a $T=-5^{\circ}\text{C}$ sino al momento delle analisi.

Analisi delle concentrazioni di metalli pesanti in ICP-AES

Le analisi quantitative in ICP-AES sono state condotte seguendo il metodo EPA 6010C, utilizzando una curva di calibrazione esterna (intensità vs concentrazione) costruita interpolando le letture di un bianco e di 4-8 standard a concentrazione nota, ottenuti per diluizione da soluzioni a concentrazione certificata.

I parametri operativi dello strumento sono stati scelti in modo da ottenere il massimo rapporto segnale/rumore (Fig.1) e le lunghezze d'onda lette per ciascun elemento sono state selezionate sulla base della loro intensità e dell'incidenza delle interferenze (Tab. A).

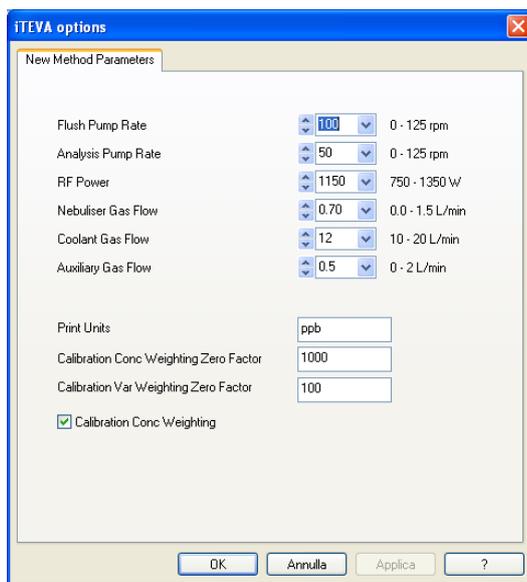


Figura 1. Parametri operativi selezionati per l'analisi in ICP-AES.

Elemento	Lunghezza d'onda (λ) (nm)
As	189.0
Cd	228.8
Cr	283.5
Cu	327.3
Ni	231.6
Pb	182.2
V	292.4
Zn	213.8
Al	309.2

Tabella A Lunghezze d'onda (λ) selezionate per ciascun elemento.

La precisione analitica, calcolata sulla base della deviazione standard associata alle tre letture consecutive eseguite per ciascun campione (RSD%; n=3) è in generale tra 3-7% , mai superiore al 10%.

L'accuratezza della procedura di preparazione e della metodica analitica è stata definita utilizzando uno standard di riferimento internazionale (*Reference Standard Material*, RSM), il PACS-2. Il valore dell'accuratezza, calcolato come differenza % tra il valore trovato e quello certificato, varia tra 0,4-15%, risultando più che soddisfacente.

Le procedure di preparazione ed analisi dei campioni sono state effettuate utilizzando cappe chimiche, materiale plastico preventivamente pulito con HCl e HNO₃ al 10% e reagenti con alto grado di purezza (*ultragate per analisi di elementi in tracce*), in modo da limitare al massimo il rischio di contaminazione dall'esterno.

I risultati ottenuti sono riportati in mg kg⁻¹ e sono riferiti al peso secco (T=105°C) del campione.

Determinazione delle concentrazioni di Mercurio (Hg)

Vengono pesati, utilizzando una bilancia di precisione, circa 0,100 g di campione, precedentemente essiccato, omogeneizzato e polverizzato.

Il campione, posto in apposite navicelle, viene analizzato mediante analizzatore diretto di mercurio DMA-80 specifico per analisi di mercurio in matrici liquide e solide.

La precisione analitica (RSD%; n=3) è stata mediamente del 5% e l'accuratezza della metodica, calcolata utilizzando come matrice certificata, il PACS-2, è stata del 7%.

I risultati delle concentrazioni sono riportati in mg kg⁻¹ e sono riferiti al peso secco (T=105°C) del campione.

Idrocarburi Policiclici Aromatici

Principio del metodo

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (tabella 1) sono estratti da campioni di sedimento precedentemente essiccato all'aria setacciato e pestato, con una miscela di Esano:Acetone 80:20, concentrati a circa 1 ml, purificati su colonna di gel di silice ed analizzati in GC-MS in modalità SIM. La procedura prevede lo spiking del campione in fase di preparazione con standard di estrazione (SS) composto da sette IPA deuterati, ed interno (IS) composto da tre IPA deuterati, in grado di monitorare i valori del recupero dei diversi analiti nelle varie fasi di lavoro (estrazione, purificazione ed analisi).

Procedimento

La prima fase prevede un'estrazione mediante ASE 200 (Accelerated Solvent Extractor Dionex) secondo il **metodo EPA 3545 A** (pressurized fluid extraction).

2g di campione essiccato all'aria, pesati con la precisione di ± 0.01 g, vengono trasferiti insieme a 2g di terra di diatomee in un tubo d'estrazione in acciaio da 33 mL per ASE a cui viene aggiunto 1 ml di standard SS. Si sottopone ad estrazione accelerata con una miscela Esano- Acetone 80:20 per pesticidi (miscela estraente)

L'estratto raccolto in una vial in vetro scuro da 40 ml viene completamente portato a secco mediante TurboVap II sotto corrente di azoto anidro. Si effettua il cambio di solvente aggiungendo 1 ml di Cicloesano per pesticidi. Si effettua una purificazione del campione secondo **metodo EPA 3630 C** (Silica gel clean up): l'estratto viene trasferito su colonna di gel di silice contenente uno strato di sodio solfato anidro di 1 cm (previamente attivata con 25 ml di esano per pesticidi) ed eluito prima con 10 ml di esano che vengono scartati, e successivamente con 20 ml di una miscela Cicloesano+Acetone 70:30 che vengono raccolti in una vial e concentrati a circa 1 ml. L'eluato è infine trasferito in una vial da 1 ml per autocampionatore dove è portato completamente a secco mediante corrente di azoto e ripreso con 400 μ l della miscela standard IS.

1 μ l di tale soluzione è iniettato al GC-MS in modalità SIM (**metodo EPA 8270D**: semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry GC/MS)

Condizioni gas-cromatografiche

Temperatura Max di esercizio della colonna: 350°C

Gas di trasporto: He; Flusso: 1.2 ml/min

Modalità Iniezione:

Splitless

Splitless time: 1.50 min

Temperatura Iniettore: 280°C.

Temperatura Sorgente: 280°C.

Programmata termica del Forno:

	15°C/min.		7°C/min.	
80°C	-----	200°C	-----	305°C
1.5min.				10 min.
Run Time: 34.50 minuti				Volume di iniezione: 1 μ l.

TABELLA 1

- Naphthalene
- Acenaphthene
- Fluorene
- Phenanthrene
- Antracene
- Fluoranthene
- Pyrene
- Benz[a]anthracene
- Chrysene
- Benzo[b]fluoranthene
- Benzo[k]fluoranthene
- Benzo[e]pyrene
- Benzo[a]pyrene
- Perylene
- Indeno[1,2,3-cd]pyrene
- Benzo[ghi]perylene
- Dibenzo[a,h]antracene

Policlorobifenili

Principio del metodo

I policlorobifenili (PCB) (Tabella 1) sono estratti da campioni di sedimento precedentemente essiccato all'aria setacciato e pestato, con una miscela di Esano ÷ Acetone 80:20, concentrati a circa 1 ml, purificati su colonna Florisil ed analizzati in GC-Ion Trap in modalità MS-MS.

La procedura prevede lo spiking del campione in fase di preparazione con standard di estrazione(SS)composto da PCB-105 ed interno (IS) composto da PCB-209, in grado di monitorare i valori del recupero dei diversi analiti nelle varie fasi di lavoro (estrazione, purificazione ed analisi).

Procedimento

La prima fase prevede un'estrazione mediante ASE 200 (Accelerated Solvent Extractor Dionex) secondo il metodo EPA 3545 A (pressurized fluid extraction).

2g di campione essiccato all'aria (granulometria < 2 mm), pesati con la precisione di $\pm 0.01g$, vengono trasferiti insieme a 2g di terra di diatomee in un tubo d'estrazione in acciaio da 33 mL per ASE a cui viene aggiunto 1 ml di standard SS. Si sottopone ad estrazione accelerata con una miscela Esano- Acetone 80:20 per pesticidi (miscela estraente).

L'estratto raccolto in una vial in vetro da 40 ml viene completamente portato a secco mediante una pompa da vuoto. Si riprende il campione con 1 ml una miscela Esano: Isoottano 1:1 per pesticidi.

Si effettua una purificazione del campione secondo metodo EPA 3620C (florisil clean up): l'estratto viene trasferito su colonna Florisil da 1g-6ml contenente uno strato di sodio solfato anidro di 1 cm (previamente attivata con 10 ml di esano per pesticidi) ed eluito con 20 ml di Esano: isottano 1:1

che vengono raccolti in una vial e concentrati a circa 1 ml. L'eluato è infine trasferito in una vial da 1 ml per autocampionatore dove è portato completamente a secco mediante corrente di azoto e ripreso con 600 µl della miscela standard IS.

Condizioni gascromatografiche

Temp. Max di esercizio della colonna: 350°C

Gas di trasporto: He; Flusso: 1.4 ml/min

Modalità Iniettore: Splitless; Splitless time 1.50 min; Temp. Iniettore: 250°C.

Temp. Detector: 300°C.

Programmata termico del Forno:

	18°C/min.		10°C/min. .		50°C/min	
70°C	-----	170°C	-----	300°C	-----	315°C
1min.						7.14min

Volume di iniezione: 1µl.

PCB Congeneri analizzati

28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169 e la loro sommatoria

Pesticidi organoclorurati e esaclorobenzene

I pesticidi organoclorurati (tabella 1) sono estratti da campioni di sedimento precedentemente essiccato all'aria setacciato e pestato, con una miscela di Esano ÷ Acetone 80:20, concentrati a circa 1 ml, purificati su colonna Florisil ed analizzati in GC-Ion Trap in modalità MS-MS.

La procedura prevede lo spiking del campione in fase di preparazione con standard di estrazione(SS) composto da α-esaclorocicloesano-d, ed interno (IS) composto da DDE-d, in grado di monitorare i valori del recupero dei diversi analiti nelle varie fasi di lavoro (estrazione, purificazione ed analisi).

Procedimento

La prima fase prevede un'estrazione mediante ASE 200 (Accelerated Solvent Extractor Dionex) secondo il metodo EPA 3545 A (pressurized fluid extraction).

2g di campione essiccato all'aria (granulometria < 2 mm), pesati con la precisione di ± 0.01g, vengono trasferiti insieme a 2g di terra di diatomee in un tubo d'estrazione in acciaio da 33 mL per ASE a cui viene aggiunto 1 ml di standard SS. Si sottopone ad estrazione accelerata con una miscela Esano- Acetone 80:20 per pesticidi (miscela estraente).

L'estratto raccolto in una vial in vetro da 40 ml viene completamente portato

a secco mediante una pompa da vuoto. Si riprende il campione con 1 ml una miscela Esano: Isoottano 1:1 per pesticidi.

Si effettua una purificazione del campione secondo metodo EPA 3620C (florisil clean up): l'estratto viene trasferito su colonna Florisil da 1g-6ml contenente uno strato di sodio solfato anidro di 1 cm (previamente attivata con 10 ml di esano per pesticidi) ed eluito con 20 ml di Esano: isottano 1:1 che vengono raccolti in una vial e concentrati a circa 1 ml. L'eluato è infine trasferito in una vial da 1 ml per autocampionatore dove è portato completamente a secco mediante corrente di azoto e ripreso con 600 µl della miscela standard IS.

Condizioni gascromatografiche

Temp. Max di esercizio della colonna: 350°C

Gas di trasporto: He; Flusso: 1.4 ml/min

Modalità Iniettore: Splitless; Splitless time 1.50 min; Temp. Iniettore: 250°C.

Temp. Detector: 300°C.

Programmata termico del Forno:

	18°C/min.		10°C/min. .		50°C/min	
70°C	-----	170°C	-----	300°C	-----	315°C
1min.						7.14min

Volume di iniezione: 1µl.

Pesticidi analizzati

Aldrin

Dieldrin

esaclorocicloesano

esaclorocicloesano

esaclorocicloesano (lindano)

DDT, DDD, DDE (somma degli isomeri 2,4 e 4,4)

Analisi microbiologiche

Per le analisi microbiologiche sono stati applicati i protocolli standard e le metodiche riportate nel Manuale ICRAM, ottobre 2002. Le schede relative ai risultati sono riportate nell'Allegato 9.

Preparazione del campione

Per ottenere una dispersione omogenea dei microrganismi, subito dopo la consegna in laboratorio, il campione di sedimento è stato sottoposto ad una fase di diluizione-omogeneizzazione in soluzione fisiologica tamponata, su agitatore magnetico per 15 minuti. Successivamente, dalla sospensione sono state effettuate diluizioni seriali decimali utilizzate per l'inoculo in terreni di coltura specifici.

Ricerca spore di clostridi solfito-riduttori

Dopo omogeneizzazione, la sospensione di sedimento è stata sottoposta ad un pretrattamento a 75°C per 15 minuti per eliminare le forme vegetative dei batteri sporigeni. Il conteggio delle spore di clostridi solfito-riduttori è stato effettuato utilizzando la tecnica dell'inclusione in terreno di coltura SPS, così come descritto dal manuale ICRAM-Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, scheda 6 – Analisi di spore di clostridi solfito-riduttori.

Escherichia coli

Il conteggio di *E. coli* è stato condotto secondo la tecnica MPN utilizzando un terreno di coltura a base di MUG (4-metilumbelliferil- β -D-Glucuronide), peptone, salicina e Triton X. *E. coli*, se presente nel campione, idrolizza il MUG in 4-metilumbelliferone e nel suo costituente glucuronide. La produzione di 4-metilumbelliferone, indicata dalla comparsa di una fluorescenza blu, può essere osservata con l'ausilio di una lampada UV a 366 nm. L'utilizzo di una elevata concentrazione di peptone e salicina consente un eccellente recupero dei batteri da ambienti stressanti, mentre il Triton X favorisce la dispersione dei microrganismi e del fluorogeno nel terreno di coltura.

L'uso di questo specifico terreno è stato reso necessario per aumentare la specificità e sensibilità del metodo in relazione alla particolare natura dei campioni da esaminare.

Streptococchi fecali

Il conteggio degli streptococchi fecali è stato condotto secondo la tecnica MPN utilizzando un terreno di coltura a base di MUD (4-metilumbelliferil- β -D-Glicoside). La particolare composizione del terreno di coltura consente un ottimo

recupero di questi batteri da ambienti marini. L'elevata concentrazione di peptone e galattosio permette una rapida crescita anche dei batteri stressati, il polisorbato, il monopotassio fosfato e l'idrogenocarbonato di sodio migliorano la resa del terreno, l'acido nalidixico blocca al replicazione del DNA nei batteri sensibili e il tallio acetato inibisce la maggior parte della microflora contaminante. In questo modo si assicura una conta ottimale di streptococchi fecali in quasi completa assenza di altri batteri. Gli streptococchi, se presenti nel campione inoculato, idrolizzano il MUD in 4-metilumbelliferone e glucosio. La produzione di 4-metilumbelliferone,

indicata dalla comparsa di una fluorescenza blu, può essere osservata con l'ausilio di una lampada UV a 366 nm.

L'uso di questo specifico terreno è stato reso necessario per aumentare la specificità e sensibilità del metodo in relazione alla particolare natura dei campioni da esaminare.

Salmonella spp.

Dal campione omogeneizzato sono stati prelevati 10 g ed inoculati in 90 mL di acqua peptonata tamponata. Dopo incubazione sono stati effettuati due arricchimenti, uno in Selenite broth ed un altro in Tetrathionate Broth. Gli arricchimenti sono stati incubati a 37°C fino a 5 giorni. Subculture sono state preparate inoculando McConkey agar e SS agar. Dopo incubazione a 37°C per 24 ore sono state selezionate le colonie con morfologia tipica, che sono state sottoposte ad analisi biochimiche e sierologiche.

Espressione dei risultati

Per Salmonella i risultati sono stati riportati come presenza o assenza in 10g di sedimento (peso umido), mentre per streptococchi fecali, spore di clostridi solfito-riduttori, ed E. coli le concentrazioni sono state espresse come UFC o MPN g-1 di sedimento (peso umido).

Allegato II

Profili Subbottom Profiler Chirp

19052012_1.004

Original file name: 19052012_1.004.sgy
 Total length: 963.51 m
 Heading: 185°
 Shots count: 1552
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTMzone 32N
 EPSG Code: 32632

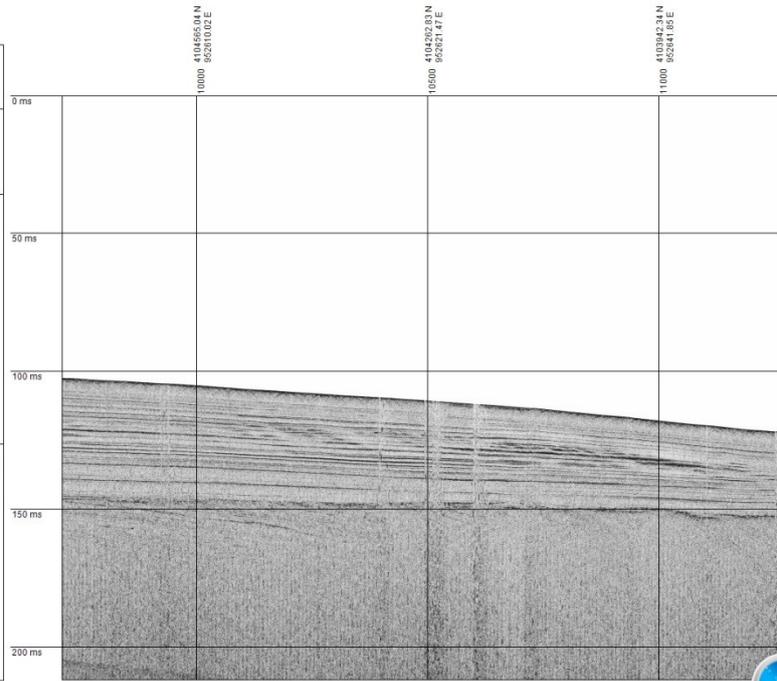
Processing operators:
 - Inpet: SegY File
 - A.G.C.
 - Mille (oil water column)
 - Gian (Constant or TVG)
 - Sweil

Transform to WGS84:
 dx: 0
 dy: 0
 dz: 0
 rx: 0
 ry: 0
 rz: 0
 scale: 0

Projection: UTMzone 32N
 Origin Latitude: 0
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Area: World - Hemisphere: 0°E to 12°E - by country
 South: 0
 North: 84
 West: 0
 East: 12

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30/03/2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



150 m



Made with GeoStructure

gela13_05_2012_1

Original file name: gela13_05_2012_1.sgy
 Total length: 2.31 Km
 Heading: 272°
 Shots count: 4243
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 100.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTMzone 32N
 EPSG Code: 32632

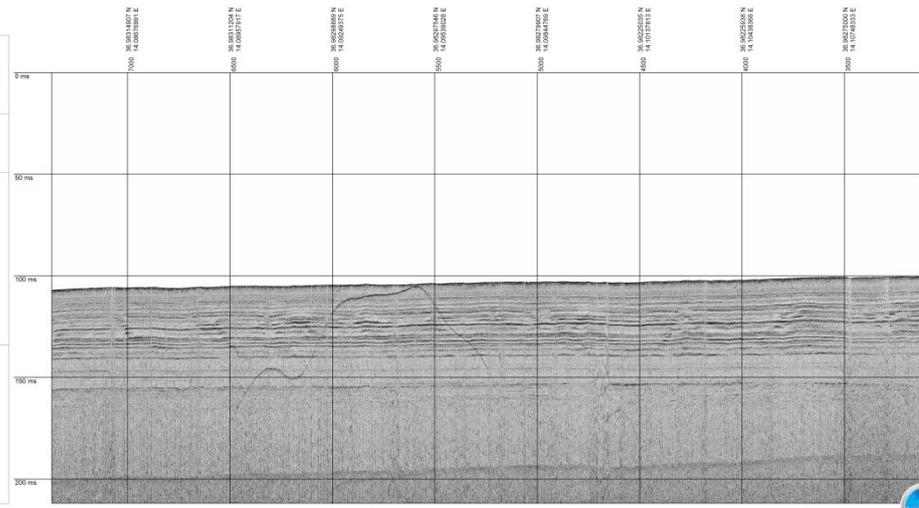
Processing operators:
 - Inpet: SegY File
 - A.G.C.
 - Mille (oil water column)
 - Gian (Constant or TVG)

Transform to WGS84:
 dx: 0
 dy: 0
 dz: 0
 rx: 0
 ry: 0
 rz: 0
 scale: 0

Projection: UTM zone 32N
 Origin Latitude: 0
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Area: World - Hemisphere: 0°E to 12°E - by country
 South: 0
 North: 84
 West: 0
 East: 12

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30/03/2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



1 Km



Made with GeoStructure

gela2012_40.002

Original file name: gela2012_40.002.sgy
 Total length: 2.7 Km
 Heading: 272°
 Shots count: 4243
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 100.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632

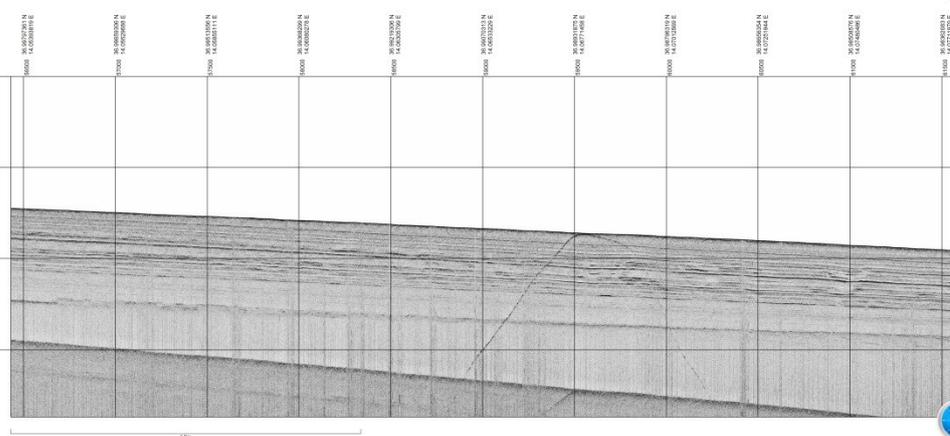
Processing operators:
 - Inpet: SegY File
 - A.G.C.
 - Mille (oil water column)
 - Gian (Constant or TVG)

Transform to WGS84:
 dx: 0
 dy: 0
 dz: 0
 rx: 0
 ry: 0
 rz: 0
 scale: 0

Projection: UTM zone 32N
 Origin Latitude: 0
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Area: World - Hemisphere: 0°E to 12°E - by country
 South: 0
 North: 84
 West: 0
 East: 12

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30/03/2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



1 Km



Made with GeoStructure

gela18052012_1.005

Original file name: gela18052012_1.005.sgy
 Total length: 761.27 m
 Heading: 181°
 Shots count: 989
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424518
 Flat inv: 298.257223563

Transform: to WGS84:
 dX: 0
 dY: 0
 dZ: 0
 dX: 0
 dY: 0
 dZ: 0
 scale: 0

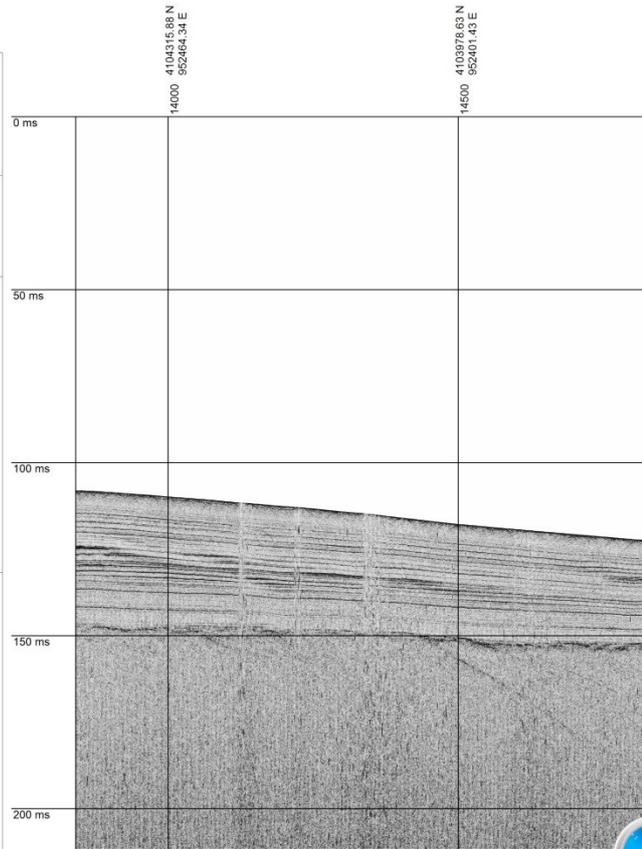
Projection: UTM zone 32N
 Origin Latitude: 0
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country
 Bounds:
 South: 0
 North: 84
 West: 6
 East: 12

Processing operators:

- Input: SegY File
- A.G.C.
- Mute (cut water column)
- Gain (Constant or TVG)
- Swell

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



100 m



Made with Geosuite

gela2012_40.006

Original file name: gela2012_40.006.sgy
 Total length: 2.25 Km
 Heading: 131°
 Shots count: 3780
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 100.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424518
 Flat inv: 298.257223563

Transform: to WGS84:
 dX: 0
 dY: 0
 dZ: 0
 dX: 0
 dY: 0
 dZ: 0
 scale: 0

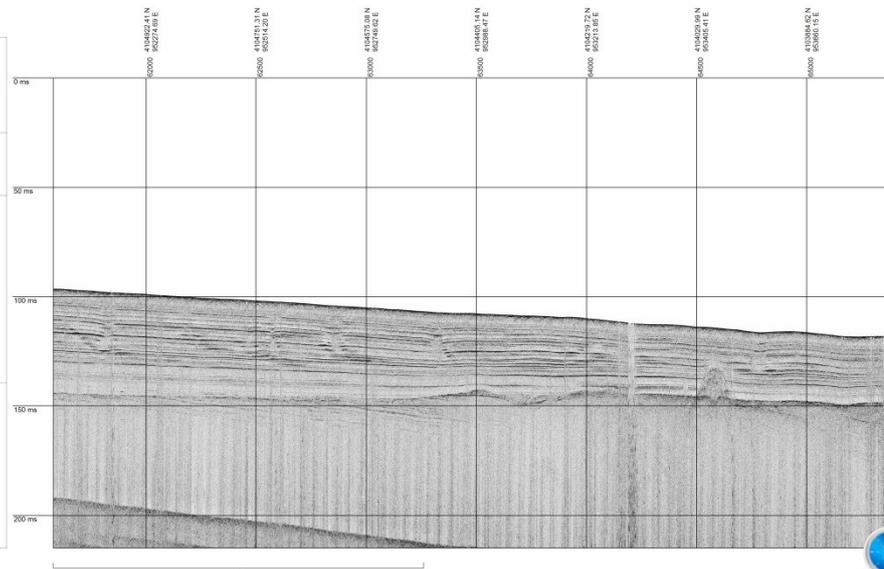
Projection: UTM zone 32N
 Origin Latitude: 0
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country
 Bounds:
 South: 0
 North: 84
 West: 6
 East: 12

Processing operators:

- Input: SegY File
- A.G.C.
- Mute (cut water column)
- Gain (Constant or TVG)
- Swell

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



1 km



Made with Geosuite

19052012_1.003

Original file name: 19052012_1.003.sgy
 Total length: 914.64 m
 Heading: 2°
 Shots count: 1543
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632
 Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424518
 Flat ev: 298.257222663

Transform: to WGS84
 dx: 0
 dy: 0
 dz: 0
 rx: 0
 ry: 0
 rz: 0
 scale: 0

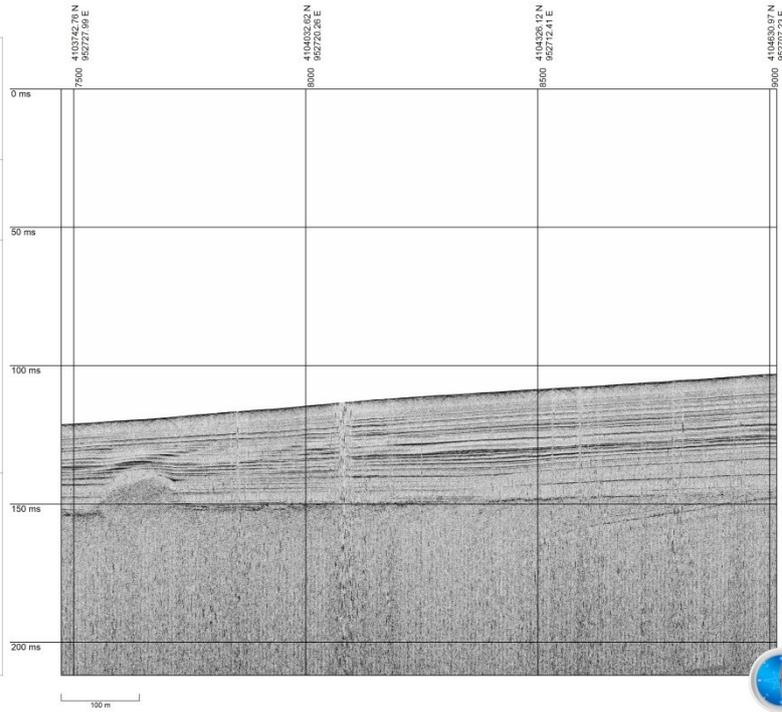
Projection: UTM zone 32N
 Origin Latitude: 0
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Axis: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country
 Source:
 South: 0
 North: 84
 West: 8
 East: 12

Processing operators:

- Input: SegY File
 - A.G.C.
 - Make (of water column)
 - Gain (Constant or TVG)
 - Snel

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



gela18052012_1.004

Original file name: gela18052012_1.004.sgy
 Total length: 845.83 m
 Heading: 358°
 Shots count: 1453
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632
 Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424518
 Flat ev: 298.257222663

Transform: to WGS84
 dx: 0
 dy: 0
 dz: 0
 rx: 0
 ry: 0
 rz: 0
 scale: 0

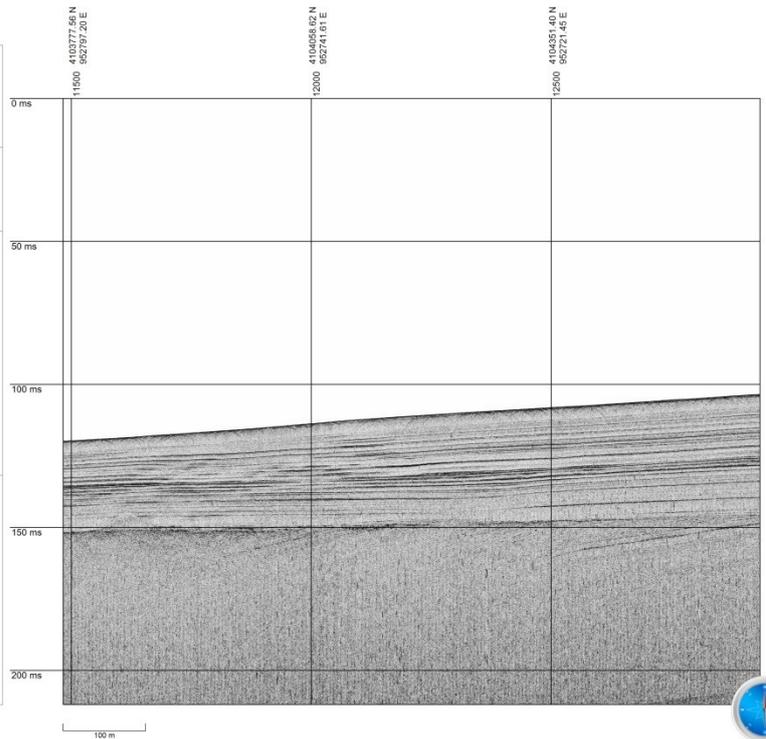
Projection: UTM zone 32N
 Origin Latitude: 0
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Axis: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country
 Source:
 South: 0
 North: 84
 West: 8
 East: 12

Processing operators:

- Input: SegY File
 - A.G.C.
 - Make (of water column)
 - Gain (Constant or TVG)
 - Snel

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



gela18052012_1.003

Original file name: gela18052012_1.003.sgy

Total length: 808.94 m

Heading: 181°

Shots count: 1132

Sampling Frequency: 43.48 KHz

Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N

EPSG Code: 31433

Ellipsoid: WGS 84
a: 6378137
b: 6356752.31424518
Flat inv: 298.257222563

Transform: to WGS84
dx: 0
dy: 0
dz: 0
rx: 0
ry: 0
rz: 0
scale: 0

Projection: UTM zone 32N
Origin Latitude: 0
Origin Longitude: 0
False Easting: 500000
False Northing: 0
Scale Factor: 0.9996

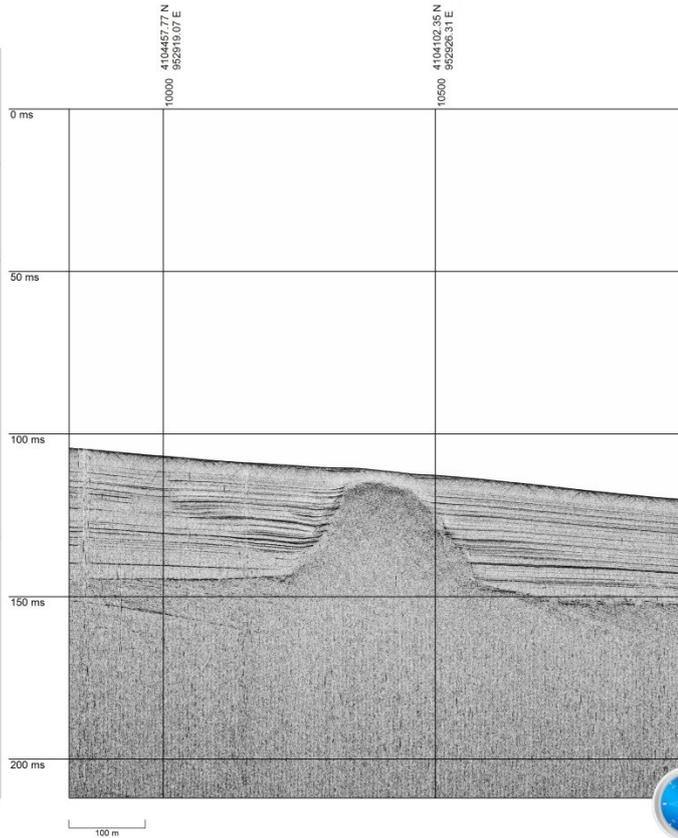
Area: World - N hemisphere - 0°E to 12°E - by country

Bound:
South: 0
North: 84
West: 6
East: 12

Processing operators:

- Input: SegY File
- A.G.C.
- Mute (cut water column)
- Gain (Constant or TVG)
- Sweep

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



Made with GeoSuite

19052012_1.001

Original file name: 19052012_1.001.sgy

Total length: 1.38 Km

Heading: 351°

Shots count: 2317

Sampling Frequency: 43.48 KHz

Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N

EPSG Code: 31433

Ellipsoid: WGS 84
a: 6378137
b: 6356752.31424518
Flat inv: 298.257222563

Transform: to WGS84
dx: 0
dy: 0
dz: 0
rx: 0
ry: 0
rz: 0
scale: 0

Projection: UTM zone 32N
Origin Latitude: 0
Origin Longitude: 0
False Easting: 500000
False Northing: 0
Scale Factor: 0.9996

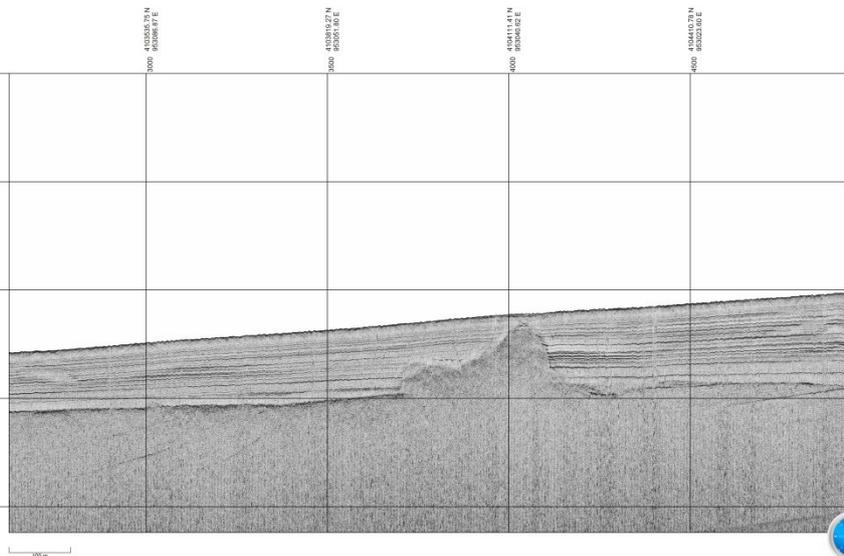
Area: World - N hemisphere - 0°E to 12°E - by country

Bound:
South: 0
North: 84
West: 6
East: 12

Processing operators:

- Input: SegY File
- A.G.C.
- Mute (cut water column)
- Gain (Constant or TVG)

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



Made with GeoSuite

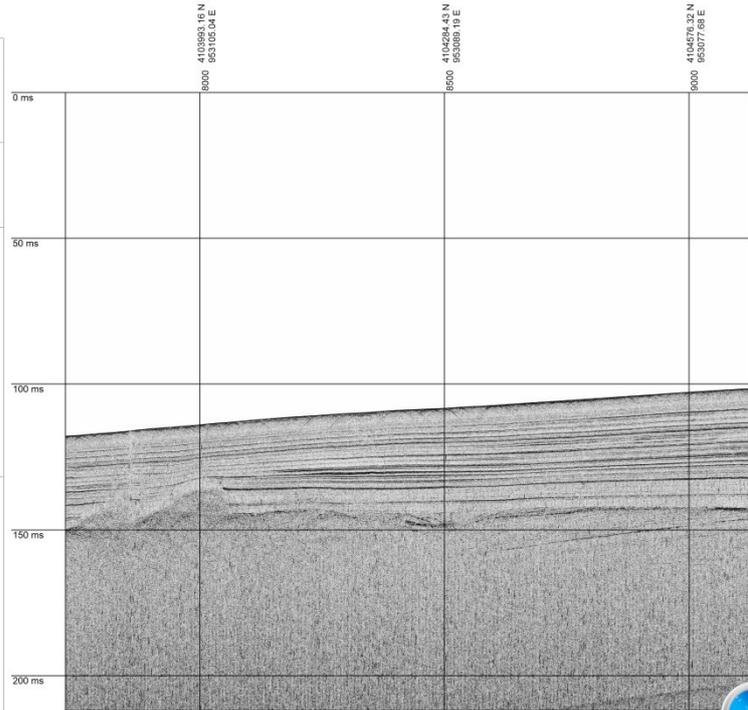
gela18052012_1.002

Original file name: gela18052012_1.002.sgy
 Total length: 813.93 m
 Heading: 0°
 Shots count: 1401
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632
 Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424516
 Flat inv: 298.257223563
 Transform to WGS84:
 dx: 0
 dy: 0
 dz: 0
 rx: 0
 ry: 0
 rz: 0
 scale: 0
 Projection: UTM zone 32N
 Origin Latitude: 0
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996
 Area: World - N hemisphere - 0°E to 12°E - by country
 Bounds:
 South: 0
 North: 84
 West: 6
 East: 12

Processing operators:
 - Input: SegY File
 - A.G.C.
 - Mute (out water column)
 - Gain (Constant or TVG)
 - Swell

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



100 m



Made with GeoSuite

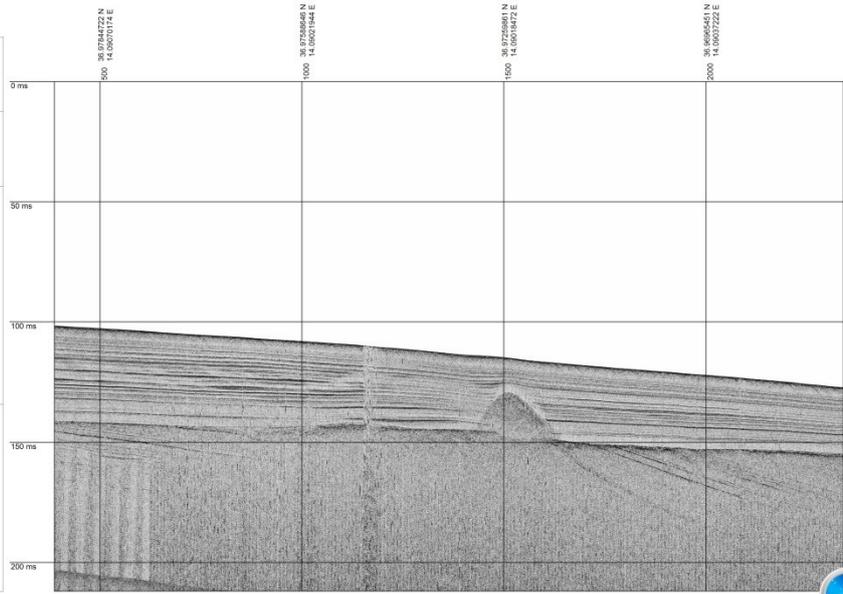
19052012_1

Original file name: 19052012_1.sgy
 Total length: 1.27 Km
 Heading: 192°
 Shots count: 1955
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632
 Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424516
 Flat inv: 298.257223563
 Transform to WGS84:
 dx: 0
 dy: 0
 dz: 0
 rx: 0
 ry: 0
 rz: 0
 scale: 0
 Projection: UTM zone 32N
 Origin Latitude: 0
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996
 Area: World - N hemisphere - 0°E to 12°E - by country
 Bounds:
 South: 0
 North: 84
 West: 6
 East: 12

Processing operators:
 - Input: SegY File
 - A.G.C.
 - Mute (out water column)
 - Gain (Constant or TVG)
 - Swell

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



100 m



Made with GeoSuite

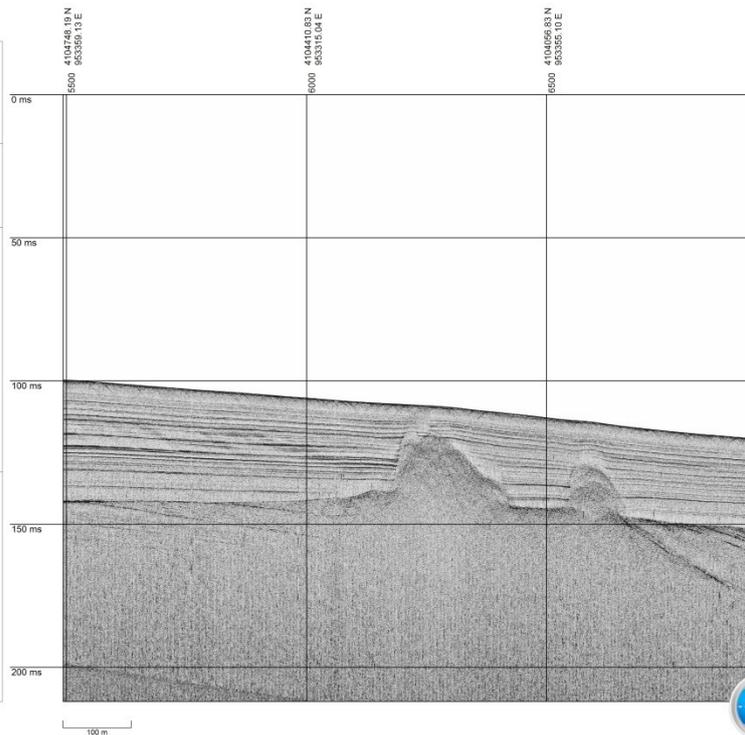
gela18052012_1.001

Original file name: gela18052012_1.001.sgy
 Total length: 1.02 Km
 Heading: 184°
 Shots count: 1449
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632
 Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424518
 Flat inv.: 298.257222563
 Transform to WGS84:
 dx: 0
 dy: 0
 dz: 0
 rx: 0
 ry: 0
 rz: 0
 scale: 0
 Projection: UTM zone 32N
 Origin Latitude: 0
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996
 Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country
 Bounds:
 South: 0
 North: 84
 West: 6
 East: 12

Processing operators:
 - Input: SegY File
 - A.G.C.
 - Mute (out water column)
 - Gain (Constant or TVD)
 - Swell

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



Made with GeoSuite

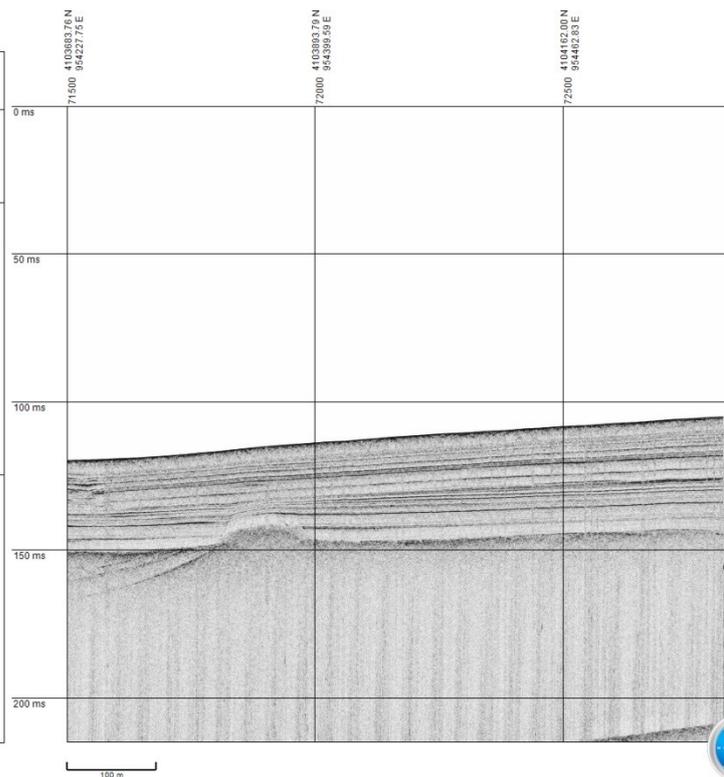
gela2012_40.007_b

Original file name: gela2012_40.007_b.sgy
 Total length: 755.7 m
 Heading: 25°
 Shots count: 1351
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632
 Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424518
 Flat inv.: 298.257222563
 Transform to WGS84:
 dx: 0
 dy: 0
 dz: 0
 rx: 0
 ry: 0
 rz: 0
 scale: 0
 Projection: UTM zone 32N
 Origin Latitude: 0
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996
 Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country
 Bounds:
 South: 0
 North: 84
 West: 6
 East: 12

Processing operators:
 - Input: SegY File
 - A.G.C.
 - Mute (out water column)
 - Gain (Constant or TVD)
 - Swell

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



Made with GeoSuite

19052012_1.005

Original file name: 19052012_1.005.sgy
 Total length: 1.08 Km
 Heading: 90°
 Shots count: 1534
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CSD Name: WGS 84 / UTM zone 32N

EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84

a: 6378137

b: 6356752.31424519

Flatt: 1/298.2572225003

Transform: to WGS84

dx: 0

dy: 0

dz: 0

rx: 0

ry: 0

rz: 0

scale: 0

Projection: UTM zone 32N

Origin Latitude: 0

Origin Longitude: 9

False Easting: 500000

False Northing: 0

Scale Factor: 0.9996

Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country

Bound: South: 0

North: 84

West: 6

East: 12

Processing operators:

- Invel: Sisy7 File

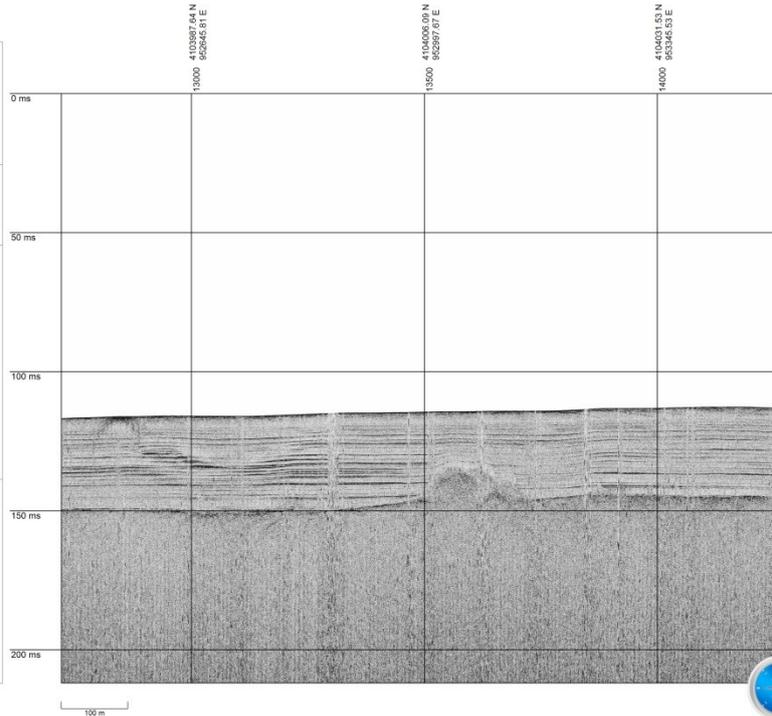
- A.G.C.

- Multi (out water column)

- Gain (Constant or TVG)

- Savel

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



gela2012_40_1

Original file name: gela2012_40_1.sgy
 Total length: 1.78 Km
 Heading: 87°
 Shots count: 2864
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CSD Name: WGS 84 / UTM zone 32N

EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84

a: 6378137

b: 6356752.31424519

Flatt: 1/298.2572225003

Transform: to WGS84

dx: 0

dy: 0

dz: 0

rx: 0

ry: 0

rz: 0

scale: 0

Projection: UTM zone 32N

Origin Latitude: 0

Origin Longitude: 9

False Easting: 500000

False Northing: 0

Scale Factor: 0.9996

Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country

Bound: South: 0

North: 84

West: 6

East: 12

Processing operators:

- Invel: Sisy7 File

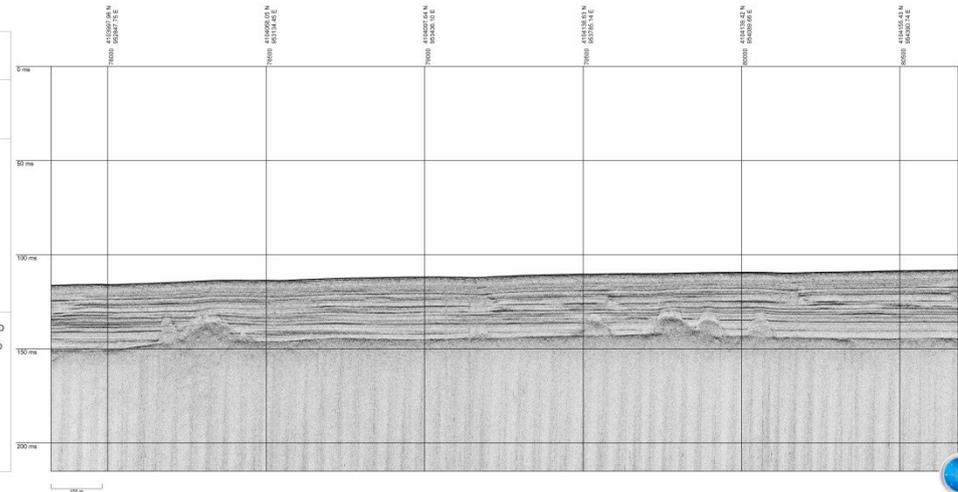
- A.G.C.

- Multi (out water column)

- Gain (Constant or TVG)

- Savel

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



gela2012_40.007_c

Original file name: gela2012_40.007_c.sgy
 Total length: 1.66 Km
 Heading: 20°
 Shots count: 4271
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CSD Name: WGS 84 / UTM zone 32N

EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84

a: 6378137

b: 6356752.31424519

Flatt: 1/298.2572225003

Transform: to WGS84

dx: 0

dy: 0

dz: 0

rx: 0

ry: 0

rz: 0

scale: 0

Projection: UTM zone 32N

Origin Latitude: 0

Origin Longitude: 9

False Easting: 500000

False Northing: 0

Scale Factor: 0.9996

Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country

Bound: South: 0

North: 84

West: 6

East: 12

Processing operators:

- Invel: Sisy7 File

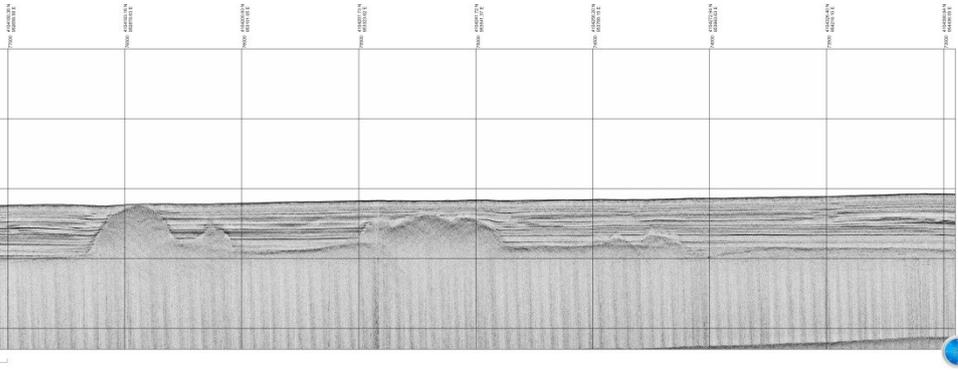
- A.G.C.

- Multi (out water column)

- Gain (Constant or TVG)

- Savel

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



19052012_1.006

Original file name: 19052012_1.006.sgy
 Total length: 1.23 Km
 Heading: 274°
 Shots count: 2208
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 60.0 trapes / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

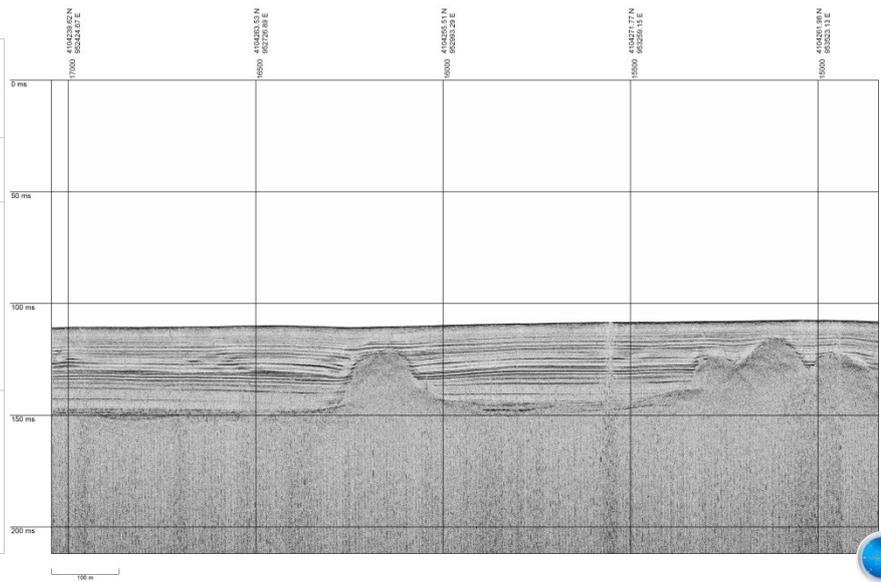
CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356583.244418
 Flat ev: 298.257222563

Projection: UTM zone 32N
 Origin Longitude: 0
 Origin Latitude: 0
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Axis: North - Hemisphere: N
 Units: 1° to 12°E - by country
 Bounds: South: 0
 East: 12

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANTOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



19052012_1.007

Original file name: 19052012_1.007.sgy
 Total length: 1.44 Km
 Heading: 87°
 Shots count: 2115
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 60.0 trapes / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

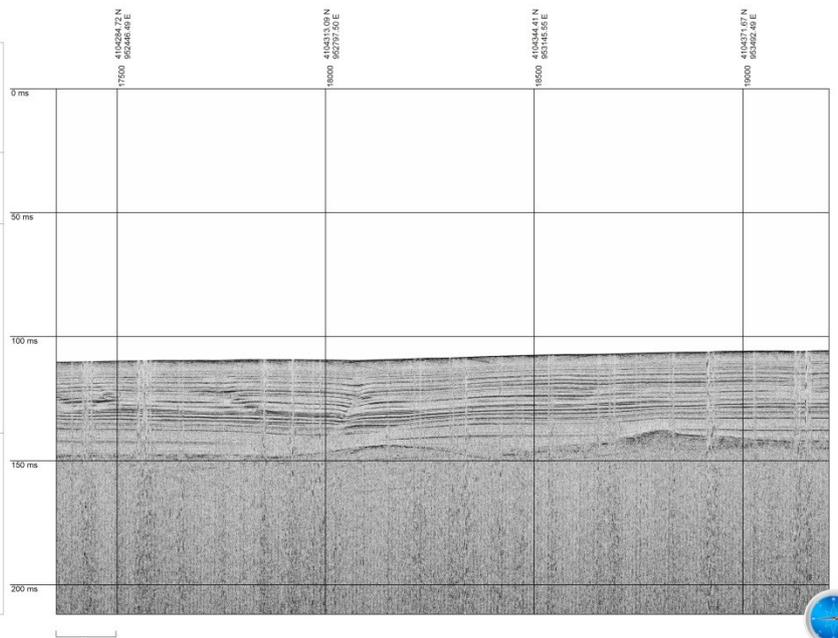
CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356583.244418
 Flat ev: 298.257222563

Projection: UTM zone 32N
 Origin Longitude: 0
 Origin Latitude: 0
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Axis: World - N hemisphere - 0°E to 12°E - by country
 Bounds: South: 0
 East: 12

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANTOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



gela2012_60_2

Original file name: gela2012_60_2.sgy
 Total length: 1.88 Km
 Heading: 207°
 Shots count: 4002
 Sampling Frequency: 43.48 KHz
 Horizontal scale: 10.0 trapes / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

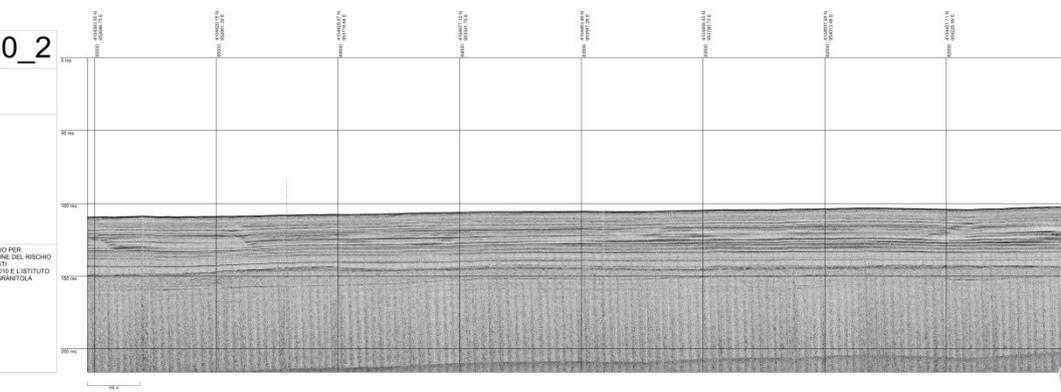
CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356583.244418
 Flat ev: 298.257222563

Projection: UTM zone 32N
 Origin Longitude: 0
 Origin Latitude: 0
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Axis: North - Hemisphere: N
 Units: 1° to 12°E - by country
 Bounds: South: 0
 East: 12

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANTOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



Profili *Sparker 300J 300ms*

P-11-CH-1

Original file name: P-11-CH-1.sgy
 Total length: 2.16 Km
 Heading: 100°
 Shots count: 1948
 Sampling Frequency: 10 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424518
 Flat inv.: 298.257223863

Transform: to WGS84:

dx: 0
 dy: 0
 dz: 0
 rx: 0
 ry: 0
 rz: 0
 scale: 0

Projection: UTM zone 32N

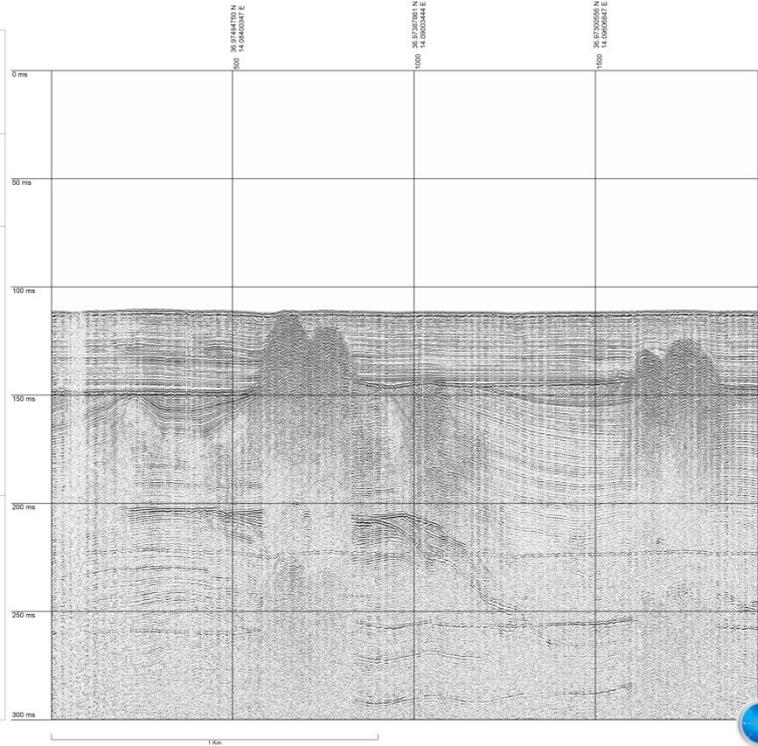
Origin Longitude: 0
 Origin Latitude: 0
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country

Bounds:
 South: 0
 North: 84
 West: 6
 East: 12

Processing operators:
 - Input: SegY File
 - Filter
 - A.G.C.
 - Gain (Constant or TVG)
 - Mute (cut water column)
 - Gain (Constant or TVG)
 - Swell
 - Normalize

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



P-02-CH-1

Original file name: P-02-CH-1.sgy
 Total length: 3.47 Km
 Heading: 281°
 Shots count: 4273
 Sampling Frequency: 10 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424518
 Flat inv.: 298.257223863

Transform: to WGS84:

dx: 0
 dy: 0
 dz: 0
 rx: 0
 ry: 0
 rz: 0
 scale: 0

Projection: UTM zone 32N

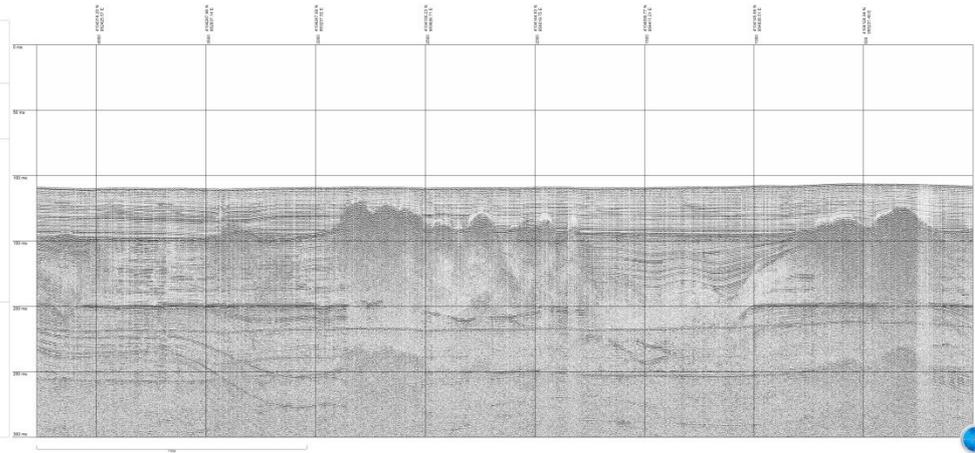
Origin Longitude: 0
 Origin Latitude: 0
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country

Bounds:
 South: 0
 North: 84
 West: 6
 East: 12

Processing operators:
 - Input: SegY File
 - Filter
 - A.G.C.
 - Gain (Constant or TVG)
 - Mute (cut water column)
 - Gain (Constant or TVG)
 - Swell
 - Normalize

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



P-03-CH-1

Original file name: P-03-CH-1.sgy
Total length: 1.47 Km
Heading: 199°
Shots count: 1594
Sampling Frequency: 10 KHz
Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
a: 6378137
b: 6356752.31424518
Flat inv: 298.257223563

Transform to WGS84:
dx: 0
dy: 0
dz: 0
rx: 0
ry: 0
rz: 0
scale: 0

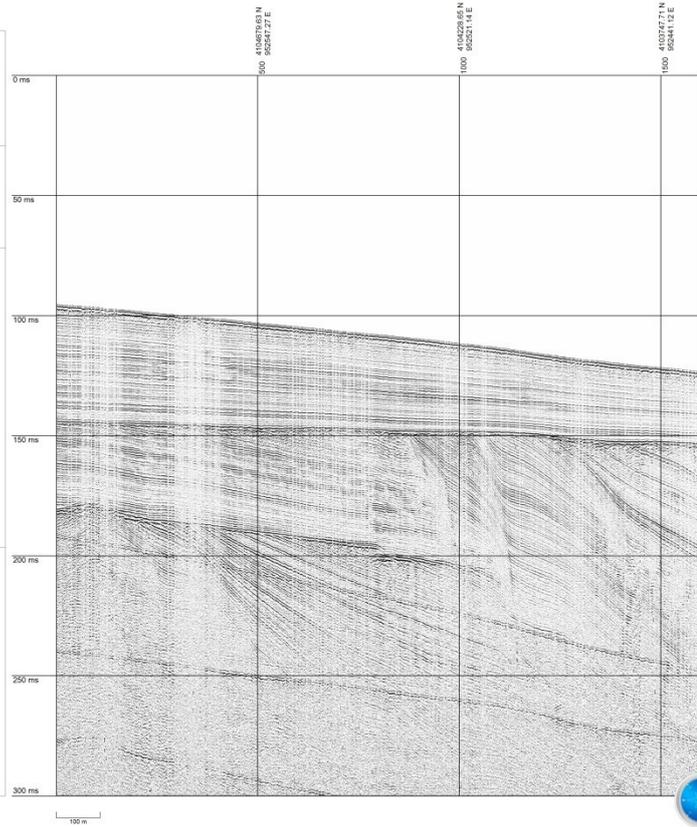
Projection: UTM zone 32N
Origin Latitude: 0
Origin Longitude: 9
False Easting: 500000
False Northing: 0
Scale Factor: 0.9996

Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country
Bounds:
South: 0
North: 84
West: 6
East: 12

Processing operators:

- Input: SegY File
- Filter
- A.G.C.
- Gain (Constant or TVG)
- Mute (cut water column)
- Swell
- Gain (Constant or TVG)

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



P-04-CH-1

Original file name: P-04-CH-1.sgy
Total length: 1.44 Km
Heading: 18°
Shots count: 1647
Sampling Frequency: 10 KHz
Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
a: 6378137
b: 6356752.31424518
Flat inv: 298.257223563

Transform to WGS84:
dx: 0
dy: 0
dz: 0
rx: 0
ry: 0
rz: 0
scale: 0

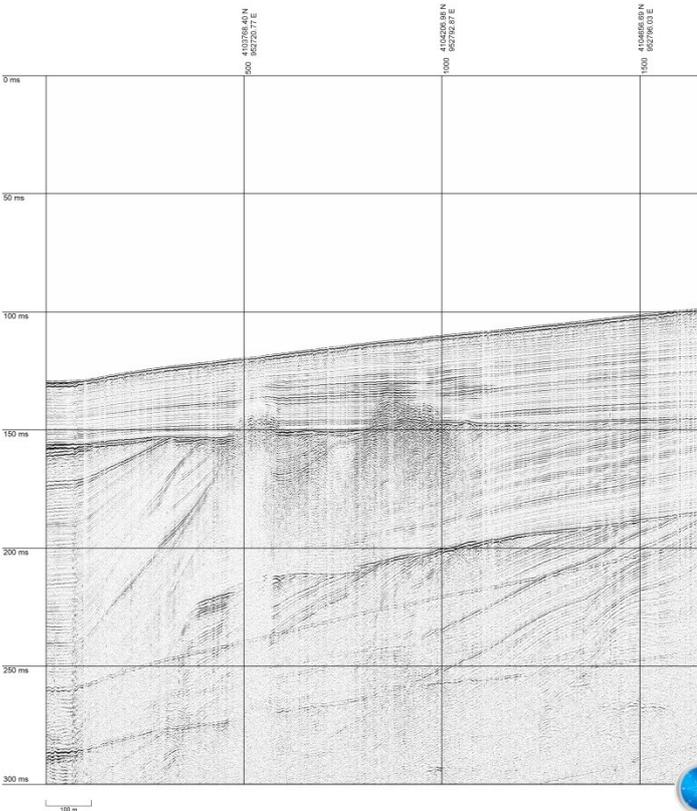
Projection: UTM zone 32N
Origin Latitude: 0
Origin Longitude: 9
False Easting: 500000
False Northing: 0
Scale Factor: 0.9996

Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country
Bounds:
South: 0
North: 84
West: 6
East: 12

Processing operators:

- Input: SegY File
- Filter
- A.G.C.
- Normalize
- Gain (Constant or TVG)
- Mute (cut water column)
- Swell
- Gain (Constant or TVG)

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



P-05-CH-1

Original file name: P-05-CH-1.sgy
 Total length: 1.5 Km
 Heading: 202°
 Shots count: 1682
 Sampling Frequency: 10 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424518
 Flat inv: 298.257223563

Transform to WGS84:

dX: 0
 dY: 0
 dZ: 0
 rX: 0
 rY: 0
 rZ: 0
 scale: 0

Projection: UTM zone 32N
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

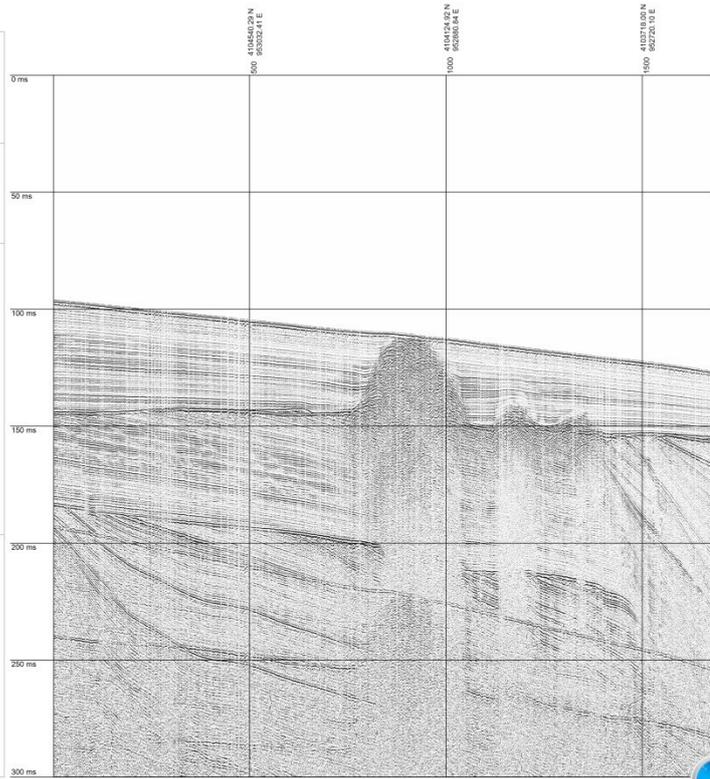
Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country

Bounds:
 South: 0
 North: 84
 West: 6
 East: 12

Processing operators:

- Input: SegY File
 - Filter
 - A.G.C.
 - Normalize
 - Gain (Constant or TVG)
 - Mute (cut water column)
 - Swell
 - Gain (Constant or TVG)

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



100 m

P-06-CH-1

Original file name: P-06-CH-1.sgy
 Total length: 1.38 Km
 Heading: 17°
 Shots count: 1530
 Sampling Frequency: 10 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424518
 Flat inv: 298.257223563

Transform to WGS84:

dX: 0
 dY: 0
 dZ: 0
 rX: 0
 rY: 0
 rZ: 0
 scale: 0

Projection: UTM zone 32N
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

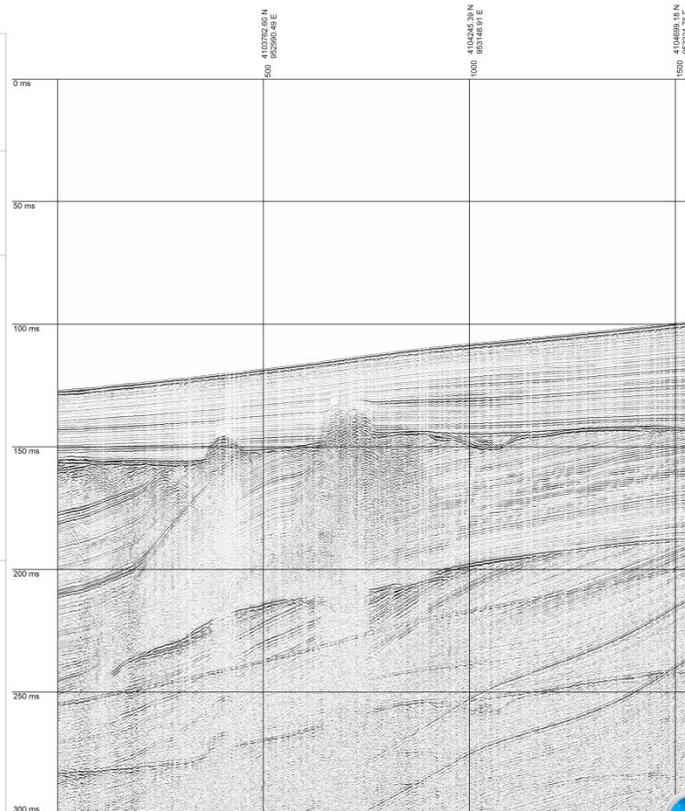
Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country

Bounds:
 South: 0
 North: 84
 West: 6
 East: 12

Processing operators:

- Input: SegY File
 - Filter
 - A.G.C.
 - Normalize
 - Gain (Constant or TVG)
 - Mute (cut water column)
 - Swell
 - Gain (Constant or TVG)

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



100 m

P-07-CH-1

Original file name: P-07-CH-1.sgy
 Total length: 1.06 Km
 Heading: 202°
 Shots count: 1193
 Sampling Frequency: 10 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424518
 Flat inv: 298.257223563

Transform. to WGS84:
 dx: 0
 dy: 0
 dz: 0
 rx: 0
 ry: 0
 rz: 0
 scale: 0

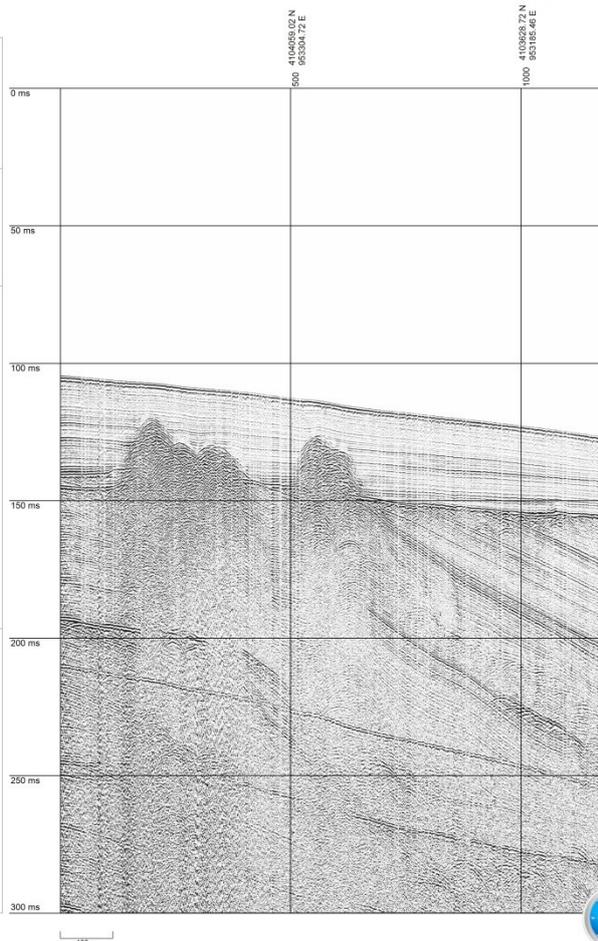
Projection: UTM zone 32N
 Origin Latitude: 0
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country
 Bounds:
 South: 0
 North: 64
 West: 6
 East: 12

Processing operators:

- Input: SegY File
- Filter
- A.G.C.
- Mute (cut water column)
- Gain (Constant or TVG)
- Swell
- Gain (Constant or TVG)

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



P-08-CH-1

Original file name: P-08-CH-1.sgy
 Total length: 1.34 Km
 Heading: 17°
 Shots count: 1444
 Sampling Frequency: 10 KHz
 Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
 EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
 a: 6378137
 b: 6356752.31424518
 Flat inv: 298.257223563

Transform. to WGS84:
 dx: 0
 dy: 0
 dz: 0
 rx: 0
 ry: 0
 rz: 0
 scale: 0

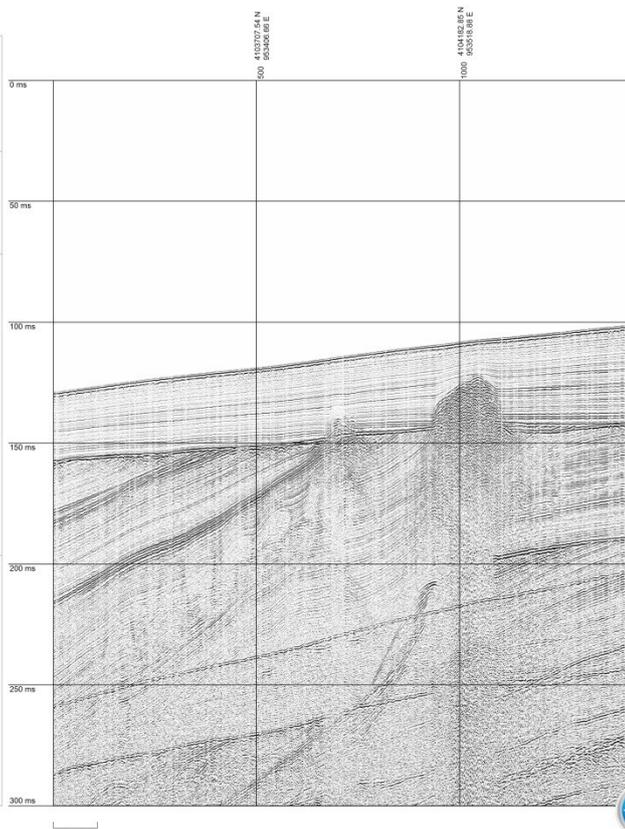
Projection: UTM zone 32N
 Origin Latitude: 0
 Origin Longitude: 9
 False Easting: 500000
 False Northing: 0
 Scale Factor: 0.9996

Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country
 Bounds:
 South: 0
 North: 64
 West: 6
 East: 12

Processing operators:

- Input: SegY File
- Filter
- A.G.C.
- Gain (Constant or TVG)
- Mute (cut water column)
- Swell
- Gain (Constant or TVG)

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



P-09-CH-1

Original file name: P-09-CH-1.sgy
Total length: 1.42 Km
Heading: 197°
Shots count: 1589
Sampling Frequency: 10 KHz
Horizontal scale: 60.0 traces / cm - Vertical scale: 10.0 ms / cm

CRS Name: WGS 84 / UTM zone 32N
EPSG Code: 32632

Ellipsoid: WGS 84
a: 6378137
b: 6356752.31424518
Flat inv: 298.257223563

Transform: to WGS84:
dx: 0
dy: 0
dz: 0
rx: 0
ry: 0
rz: 0
scale: 0

Projection: UTM zone 32N
Origin Latitude: 0
Origin Longitude: 9
False Easting: 500000
False Northing: 0
Scale Factor: 0.9996

Area: World - N hemisphere - 6°E to 12°E - by country
Bounds:
South: 0
North: 84
West: 6
East: 12

Processing operators:

- Input: SegY File
- A.G.C.
- Filter
- Gain (Constant or TVG)
- Mute (cut water column)
- Swell
- Normalize
- Gain (Constant or TVG)

CONVENZIONE TRA IL COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA REGIONE SICILIANA PREVISTI NELL'ACCORDO DI PROGRAMMA SIGLATO IL 30.03.2010 E L'ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO UOS DI CAPO GRANITOLA (IAMC) - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

