REGIONE LIGURIA

PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO

AMBITO COSTIERO 08

Unità fisiografiche del Centa, Centa Sud e Maremola

ART. 41 LEGGE REGIONALE N° 20/2006

Relazione sulla presenza e sul possibile utilizzo di sabbie relitte marine ai fini di ripascimento (RS)

Indice

1.	Introduzione	3
2.	Analisi geomorfologica e sedimentaria finalizzata allo studio della cava	4
2.1.	L'analisi dei profili sismostratigrafici e delle nuove carote	6
2.1.1.	Profili sismostratigrafici	6
2.1.2.	Carotaggi effettuati per l'area di studio	8
3.	Ipotesi di prelievo	35
4.	Analisi della prefattibilità ambientale del dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento	39
4.1.	Compatibilità chimica dei sedimenti oggetto di dragaggio	39
4.2.	Compatibilità del dragaggio in relazione agli habitat marini presenti nell'area di cava	54
4.3.	Compatibilità del dragaggio in relazione agli habitat presenti nella aree di ripascimento	59
4.4.	Compatibilità del dragaggio in relazione agli habitat presenti nell'area di deposizione della torbida e del materiale di scarto	61
4.5.	Compatibilità dell'area di dragaggio in relazione alle attività di pesca professionale	67
4.6.	Ipotesi di studio e monitoraggio	67
4.7.	Conclusioni	69

1. Introduzione

Gli interventi di ripascimento con materiale proveniente da cave sottomarine rappresentano una risorsa ormai ampiamente sfruttata sia a livello mondiale sia nell'ambito del mediterraneo. In particolare, in Italia, esperienze in tal senso sono state già effettuate sui litorali adriatici del Veneto e dell'Emilia Romagna e sulle coste tirreniche di Toscana e Lazio.

I risultati di tali esperienze e il monitoraggio degli effetti degli intereventi sia sulle spiagge che sul sito di prelievo sono a disposizione della comunità e sono ampiamente dibattuti.

Lo sfruttamento di depositi costieri relitti sommersi presenta numerosi vantaggi, primo fra tutti la disponibilità di grandi quantitativi di materiale, che le cave terrestri difficilmente potrebbero soddisfare.

Secondariamente l'impatto dei cantieri si limita al comparto marino eliminando il trasporto di migliaia di metri cubi di sabbia via terra con le conseguenti problematiche legate a traffico, inquinamento, ecc.

La Regione Liguria, nell'ambito dei progetti europei Beachmed del 2004 e Beachmed-e del 2008, ha partecipato attivamente allo studio delle problematiche tecniche, ambientali ed economiche legate allo sfruttamento di cave sottomarine.

In particolare, con la collaborazione dell'Università di Genova, ha effettuato un'approfondita ricerca di sabbie relitte nel mar Ligure individuando, tra gli altri, un'importante giacimento al largo di Ceriale che è stato preliminarmente caratterizzato nell'ambito dei progetti suddetti.

Nell'ambito del presente Piano è stata effettuata un'accurata indagine sedimentologica al fine di meglio analizzare le concrete possibilità di sfruttamento di tale deposito e valutarne le possibili criticità.

I risultati dello studio sono debitamente esplicati nella presente relazione tematica.

2. Analisi geomorfologica e sedimentaria finalizzata allo studio della cava

Lo studio ha inizialmente riguardato l'approfondimento degli studi preliminari già effettuati nell'ambito del progetto Beachmed-e dal Distav (Dipartimento di Scienze della terra, dell'Ambiente e della Vita, ex Dip.Te.Ris) dell'Università di Genova in collaborazione con la Regione Liguria, per meglio caratterizzare il deposito di sabbia a largo di Ceriale (Fig.2.1).

Si è quindi proceduto con la rianalisi dei dati già ottenuti nell'ambito del Beachmed-e per valutare come e dove approfondire lo studio preliminare, basato su presupposti geologici ed inserito in un contesto europeo di seguito brevemente descritti.

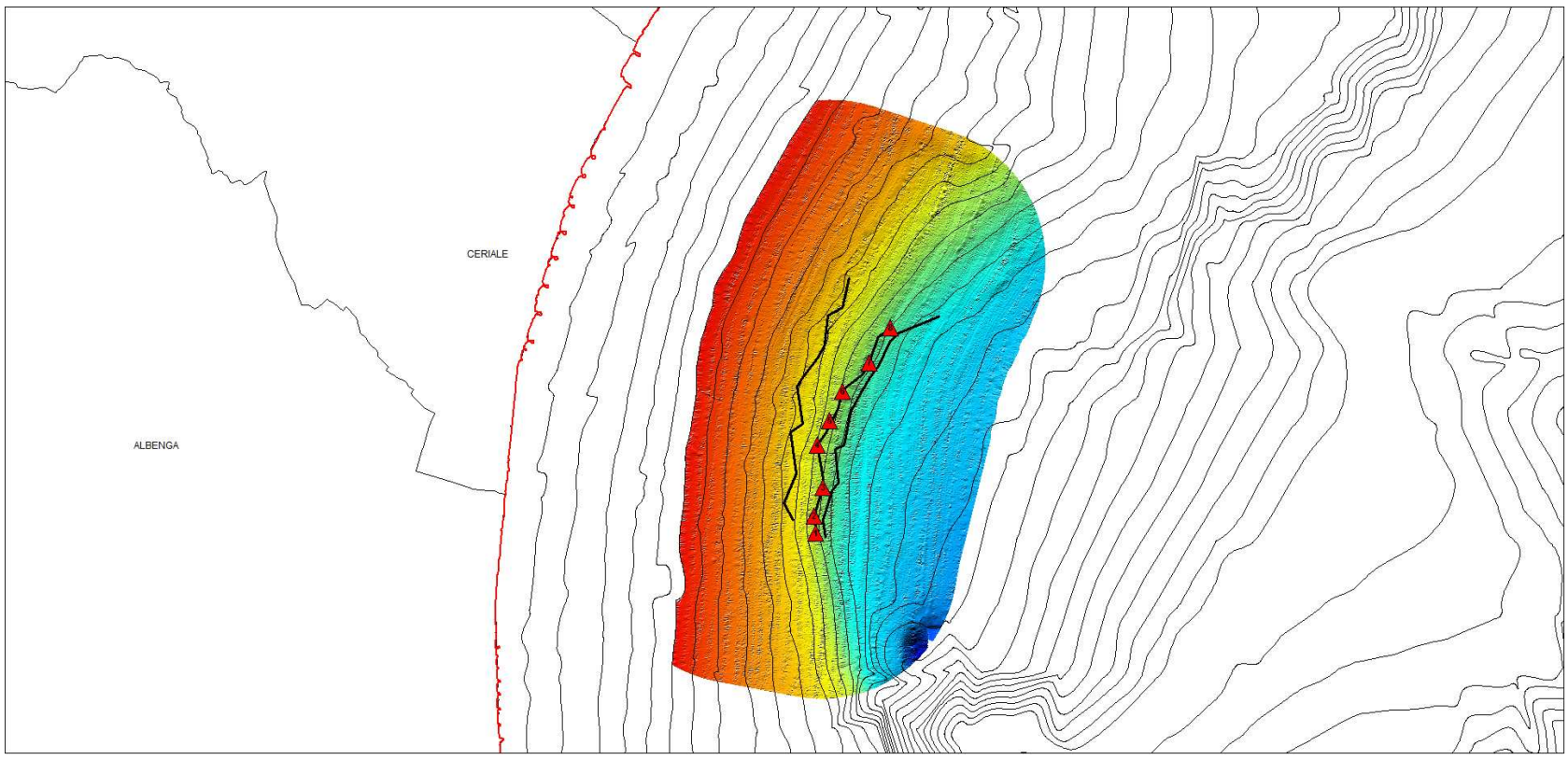


Figura 2.1. Corridoio di dragaggio individuato a largo di Ceriale, tra i 50 e i 70 m di profondità, al centro del quale è evidenziata la cresta del deposito. I triangoli rossi rappresentano il posizionamento delle 8 carote effettuate per questo studio, di cui si discute in seguito.

In Italia i primi interventi di questo tipo risalgono ai primi anni ottanta nella regione adriatica (Preti, 2002), mentre più recentemente e con un rapido incremento, si sono sviluppate esperienze anche nel settore tirrenico (Chiocci *et al.,* 1999) ed in generale nel resto d'Italia (http://www.beachmed.it).

Mentre sui fondali delle coste nord-europee l'attività di ricerca e di dragaggio si è esplicata sia sui fondali inshore (spesso connessa con la navigabilità dei canali di accesso alle aree portuali in ambiente macrotidale) sia in aree offshore, in Italia le ricerche sulla individuazione e sfruttamento di cave sottomarine ha riguardato quasi esclusivamente le piattaforme continentali ed in particolare i depositi relitti trasgressivi collegati all'ultimo ciclo glacioeustatico (Cattaneo *et al.,* 1999). Le caratteristiche e le volumetrie di tali depositi dipendono sia da fattori paleoclimatici, sia dalle caratteristiche strutturali e sedimentarie dei margini continentali.

Infatti in Liguria, dove l'assetto geologico del margine continentale conferisce alla piattaforma caratteristiche morfologiche peculiari in rapporto all'evoluzione differenziata dei settori "alpino" ed "appenninico", i depositi trasgressivi versiliani sono molto localizzati con differenti estensioni e volumetrie (Corradi *et al.,* 2004).

La piattaforma continentale ligure è per la sua quasi totalità una piattaforma di costruzione sedimentaria la cui copertura si è sovrimposta principalmente nel corso degli ultimi 2-3 milioni di anni, la sua morfogenesi e lo sviluppo dei corpi sedimentari sono riferibili al Plio-Quaternario. I cicli trasgressivo-regressivi relativi al glacio-eustatismo quaternario hanno dato alla piattaforma la sua attuale morfologia, con processi di aggradazione e/o progradazione occorsi durante le fasi trasgressive e depositi progradanti durante le fasi di basso stazionamento del livello medio mare (Corradi *et al.,* 1984).

Lo studio della deposizione durante l'ultimo ciclo trasgressivo-regressivo glacio-eustatico ha permesso di localizzare i depositi relitti durante il basso stazionamento del livello marino (circa – 120 metri), in concomitanza con l'ultimo maximum glaciale, la maggior parte delle piattaforme attuali erano esposte e i depositi litorali erano costitutiti da sistemi progradanti di basso stazionamento (LST – Lowstand System Tract). Durante la trasgressione Versiliana (20.000-6.000 anni fa) la linea di riva si è spostata dal ciglio della piattaforma fino alla sua attuale posizione, in corrispondenza delle stasi della trasgressione si sono accumulati depositi litorali e deltizi (Correggiari *et al.*, 1999; Federici *et al.*, 1972; Fanucci *et al*., 1974).

Grazie ai due già citati progetti cofinanziati dall'Unione Europea, dalla Regione Liguria e dall'Università di Genova (Beachmed 2002-04 and Beachmed-e 2005-08) è stato appunto possibilie localizzare e studiare le caratteristiche stratigrafiche e sedimentologiche sommarie dei corpi sedimentari relitti e la possibilità del loro impiego nel ripascimento delle spiagge.

Per quanto riguarda il settore di interesse, le precedenti indagini sismiche e i carotaggi erano stati eseguiti nel settore occidentale della piattaforma ligure, tra la foce del fiume Centa e la città di Loano. Le indagini geofisiche, 220 km di linee sismiche (con 3,5 kHz Sub Bottom Profiler, Boomer o Sparker 100-400 J) avevano permesso di distinguere due sistemi litorali relitti trasgressivi tra i 60 e gli 80 metri in aree che presentano una limitata copertura fangosa olocenica. I dati sedimentologici di 20 vibrocarotaggi avevano poi permesso di caratterizzare i depositi sedimentari e calibrare i dati geofisici (Fig. 2.2). Le analisi tessiturali dei campioni da carota indicavano come, al di sotto di un limitato spessore pelitico (al massimo di 3 metri), fosse possibile reperire sedimenti con frazioni sabbiose tra il 38% ed il 77% e frazioni ghiaiose tra il 22% ed il 59%.

I risultati preliminari hanno permesso quindi di stimare dei quantitativi di sedimento per il ripascimento costiero di circa 2.400.000 m^3 (Corradi *et al*., 2008).

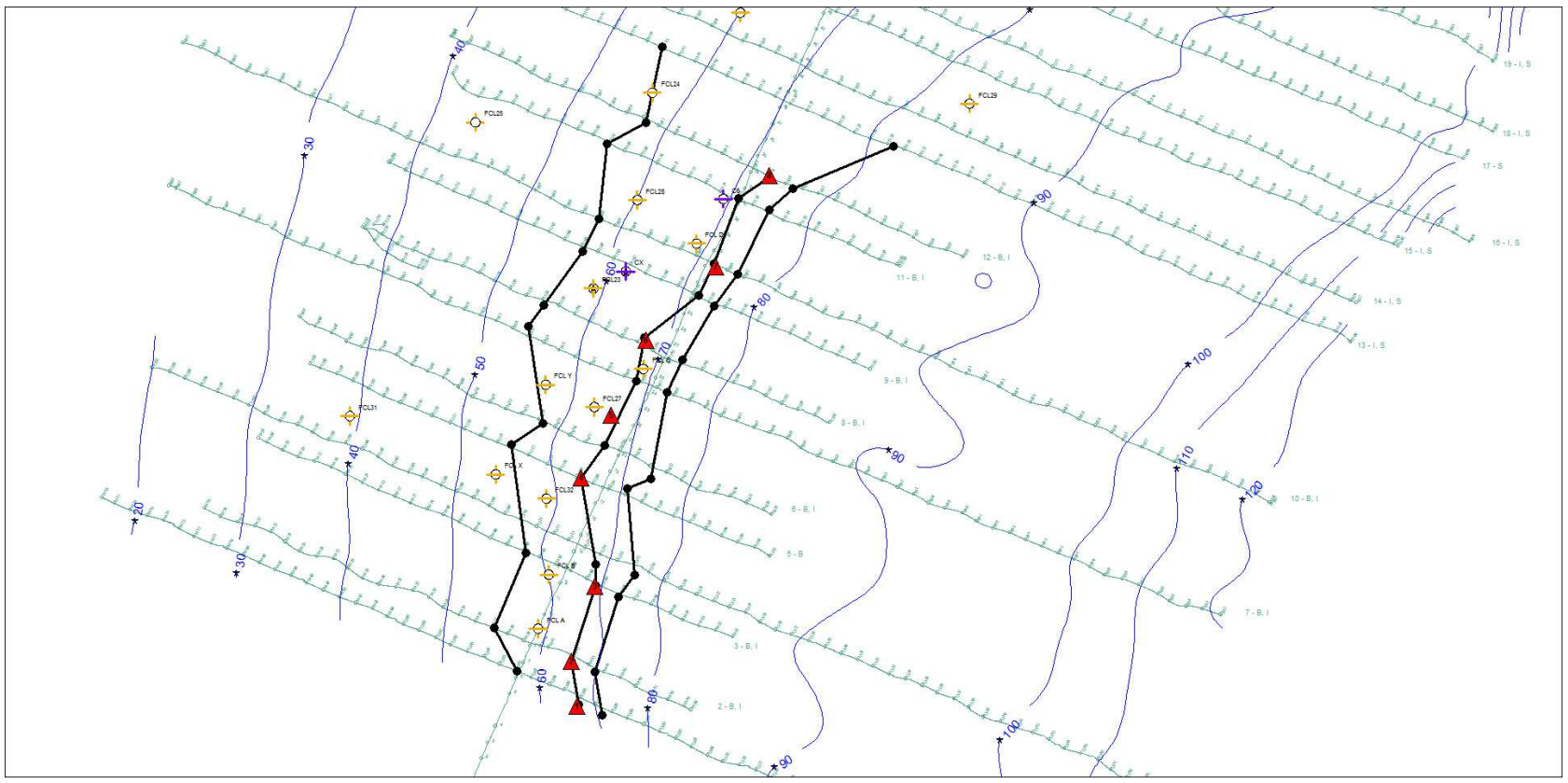


Figura 2.2. Corridoio di dragaggio individuato dal riesame dello studio preliminare effettuato dal Distav nell'ambito del progetto beachmed-e: in verde i profili sismici già effettuati, in nero i limiti del corridoio e la cresta del deposito di sabbia, in giallo i carotaggi effettuati in precedenza, in rosso i carotaggi effettuati per questo studio.

Alla luce di questi risultati preliminari sono quindi stati rianalizzati i profili sismici, e, tramite l'utilizzo del software SwanPro 200, sono stati individuati 8 nuovi punti in cui effettuare vibrocarotaggi per meglio caratterizzare il deposito trasgressivo più superficiale. La scelta dei punti in cui fare i vibrocarotaggi è ricaduta nelle zone di cresta del deposito individuate dai profili, in quanto quelle con minore copertura pelitica ma comunque con una stratigrafia del deposito rappresentativa del cordone di sabbia in esame.

2.1. L'analisi dei profili sismostratigrafici e delle nuove carote

2.1.1. Profili sismostratigrafici

Nell'ottica degli studi propedeutici al PTAMC, alla luce dei risultati ottenuti nell'analisi del territorio ed in seguito agli studi preliminari già effettuati che lasciavano ben sperare in merito alle potenzialità del deposito trasgressivo in esame, si è deciso di riprendere in mano i dati sismici già ottenuti in precedenza e di rianalizzarli tramite il software SwanPro, sia per stabilire dove effettuare con maggior probabilità di successo i nuovi carotaggi sia per mappare nel migliore dei modi possibili il deposito trasgressivo più superficiale dei due individuati nel Beachmed-e. Il secondo corpo è stato tralasciato a causa della sua profondità maggiore e delle evidenti difficoltà che si sono incontrate nel momento dell'analisi stratigrafica, la rielaborazione non sarebbe stata infatti sufficientemente realistica e quindi è stato momentaneamente messo da parte, in attesa di eventuali studi futuri che ne approfondiscano, con nuovi profili sismici più adatti, la natura.

Tra i profili Sparker e i profili Boomer si sono scelti questi ultimi per l'analisi stratigrafica, in quanto più facilmente leggibili e più chiari per l'interpretazione. Questi sono appunto stati ripassati più volte al software SwanPro, amplificandoli, contrastandoli per una maggiore definizione cromatica dei diversi orizzonti, lavorando sui parametri che il software permette di modificare per ottenere un profilo più pulito possibile, e appunto per più volte per una maggiore precisione nell'analisi stratigrafica e per dirimere i dubbi che mano a mano sorgevano in merito alla disposizione degli strati. Indicativamente per ogni Boomer sono stati individuati una ventina di punti, per ognuno dei quali si sono estrapolati i seguenti dati:

~ Coordinate geografiche
~ Profondità del fondale
~ Profondità dello strato pelitico sovrastante il cordone di sabbia
~ Profondità stimata del cordone stesso

Le difficoltà maggiori si sono riscontrate nella definizione dell'orizzonte che delimita la sabbia, in quanto non sempre e non in tutti i profili questo era netto e definito.

I dati ottenuti dall'analisi dei profili boomer sono sommariamente visibili in figura 2.3, questi sono stati adattati alla lettura GIS e poi elaborati tramite MapInfo, creando grid atti ad evidenziare gli spessori di pelite e di sabbia trovati. I grid ottenuti sono a loro volta stati confrontati tra di loro per ottenere combinazioni di spessori di sabbia e pelite, analizzati nel dettaglio nei paragrafi seguenti.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Punti	lat N	long E	Lat_gradi_centesimali	Long_gradi_centesimali	Fondo 1	Fondo 2	Fondo 3	spessore pelite	spessore sabbia	
2	1_B_1	44,04,17.555	8,15,01.192	44,07154	8,25033	49,91	55,11	57,36	5,20	2,25	
3	1_B_2	44,04,17.198	8,15,02.351	44,07144	8,25065	50,75	55,39	58,21	4,64	2,82	
4	1_B_3	44,04,16.793	8,15,03.341	44,07133	8,25093	51,46	56,24	59,61	4,78	3,37	
5	1_B_4	44,04,16.466	8,15,04.093	44,07124	8,25114	52,30	56,10	59,47	3,80	3,37	
6	1_B_5	44,04,16.148	8,15,04.989	44,07115	8,25139	52,72	57,36	60,04	4,64	2,68	
7	1_B_6	44,04,15.939	8,15,05.683	44,07109	8,25158	53,43	56,80	60,04	3,37	3,24	
8	1_B_7	44,04,15.620	8,15,06.973	44,07101	8,25194	54,13	57,79	60,04	3,66	2,25	
9	1_B_8	44,04,15.161	8,15,08.469	44,07088	8,25235	55,39	58,77	60,88	3,38	2,11	
10	1_B_9	44,04,14.661	8,15,09.956	44,07074	8,25277	56,66	59,75	62,01	3,09	2,26	
11	1_B_10_i	44,04,14.330	8,15,11.131	44,07065	8,25309	57,22	60,32	62,85	3,10	2,53	
12	1_B_11	44,04,13.978	8,15,12.401	44,07055	8,25344	59,10	61,30	65,80	2,20	4,50	
13	1_B_12	44,04,13.640	8,15,13.503	44,07046	8,25375	58,75	61,86	66,51	3,11	4,65	
14	1_B_13	44,04,13.358	8,15,14.545	44,07038	8,25404	60,32	62,57	68,18	2,25	5,61	
15	1_B_14_d	44,04,12.868	8,15,16.301	44,07024	8,25453	61,86	63,13	68,90	1,27	5,77	
16	1_B_15_f	44,04,12.352	8,15,17.765	44,07010	8,25493	63,97	64,82	67,63	0,85	2,81	
17	1_B_16	44,04,11.915	8,15,18.840	44,06998	8,25523	65,94	67,91	68,90	1,97	0,99	
18	1_B_17	44,04,11.576	8,15,19.839	44,06988	8,25551	67,49	69,32	70,58	1,83	1,26	
19	1_B_18	44,04,11.294	8,15,21,025	44,06980	8,25584	70,16	74,80	75,37	4,64	0,57	
20	1_B_19	44,04,11.020	8,15,22.218	44,06973	8,25617	72,41	76,77	77,90	4,36	1,13	
21	1_B_20	44,04,10.609	8,15,23.610	44,07267	8,25656	74,66	80,57	81,13	5,91	0,56	
22	2_B_1	44,04,21.198	8,14,58.386	44,07256	8,24400	48,72	53,9	57,55	5,18	3,65	
23	2_B_2	44,04,20.922	8,14,59.265	44,07248	8,24980	49,69	54,86	57,87	5,17	3,01	
24	2_B_3	44,04,20.680	8,15,00.040	44,07241	8,25001	50,65	55,71	59,15	5,06	3,44	
25	2_B_4	44,04,20.351	8,15,01.156	44,07232	8,25032	51,49	56,55	59,63	5,06	3,08	
26	2_B_5	44,04,20.200	8,15,01.735	44,07228	8,25048	51,97	56,19	59,95	4,22	3,76	
27	2_B_6	44,04,19.996	8,15,02.534	44,07222	8,25070	52,46	56,67	60,27	4,21	3,6	
28	2_B_7	44,04,19.891	8,15,02.994	44,07219	8,25083	52,94	56,91	60,27	3,97	3,36	
29	2_B_8	44,04,19.684	8,15,03.920	44,07213	8,25109	53,66	57,87	60,11	4,21	2,24	
30	2_B_9	44,04,19.286	8,15,05.513	44,07202	8,25153	54,38	57,87	60,75	3,49	2,88	
31	2_B_10	44,04,19.096	8,15,06.193	44,07197	8,25172	55,46	58,84	61,87	3,38	3,03	
32	2_B_11	44,04,18.864	8,15,06.980	44,07191	8,25194	55,95	59,44	61,55	3,49	2,11	
33	2_B_12	44,04,18.666	8,15,07,647	44,07185	8,25212	56,55	59,8	61,39	3,25	1,59	
34	2_B_13_i	44,04,18.368	8,15,08.523	44,07177	8,25237	57,03	60,16	62,19	3,13	2,03	
35	2_B_14	44,04,18.139	8,15,09.183	44,07171	8,25255	57,51	60,88	63,47	3,37	2,59	
36	2_B_15	44,04,17.882	8,15,09.915	44,07163	8,25275	58,59	61,24	64,75	2,65	3,51	
37	2_B_16	44,04,17.505	8,15,11.035	44,07153	8,25307	59,32	61,6	66,35	2,28	4,75	
38	2_B_17	44,04,16.975	8,15,12.426	44,07138	8,25345	60,52	62,69	67,47	2,17	4,78	
39	2_B_18	44,04,16.607	8,15,13.525	44,07128	8,25376	61,36	63,29	68,75	1,93	5,46	
40	2_B_19	44,04,16,241	8,15,15.145	44,07118	8,25421	63,41	64,11	68,27	0,70	4,16	
41	2_B_20	44,04,16.015	8,15,16.309	44,07112	8,25453	65,46	66,43	70,51	0,97	4,08	
42	2_B_21_d	44,04,15.803	8,15,17.351	44,07106	8,25482	67,31	68,75	74,99	1,44	6,24	
43	2_B_22_f	44,04,15.451	8,15,18.595	44,07096	8,25517	69,55	72,75	77,55	3,20	4,8	
44	2_B_23	44,04,15.114	8,15,19.706	44,07087	8,25547	71,95	73,31	79,31	1,36	6	
45	2_B_24	44,04,14.740	8,15,21.058	44,07076	8,25585	74,83	79,47	82,51	4,64	3,04	

Coordinate Grid

Figura 2.3. Un estratto del foglio di calcolo complessivo dei dati estrapolati dai profili Boomer passati allo SwanPro, da cui si evince anche la necessità di riconvertire le coordinate in un formato adatto all'elaborazione di cartografia GIS.

2.1.2. Carotaggi effettuati per l'area di studio

L'indagine sedimentologica dell'area di studio è stata eseguita attraverso la realizzazione di 8 sondaggi ambientali. Le operazioni di carotaggio sono state realizzate dalla ditta Watersoil di Ravenna utilizzando un Vibrocore configurato in modo tale da soddisfare i criteri di penetrazione richiesti, configurazione da 6 m, su fondali con un battente d'acqua compreso tra i 63,00/70,00 metri ed una profondità di penetrazione massima pari a 5,20 m. Dalle carote estratte, dopo la descrizione stratigrafica di cantiere, sono stati prelevati campioni per analisi chimiche e microbiologiche di laboratorio (elaborate poi per stabilire la bontà e l'utilizzabilità del sedimento). Inoltre dai sondaggi effettuati sono stati prelevati 72 campioni per analisi granulometriche, oggetto di analisi e discussione di questa tesi. I sondaggi sono stati denominati PTAMC001 – PTAMC008, da ovest verso est. Di seguito in tabella 2.1 un breve riassunto dei sondaggi con i parametri principali.

Nome sondaggio	Coordinate WGS84 UTM 32	Profondità del fondale (m)	Profondità sondaggio (m)
PTAMC001	X: 440313,37 Y: 4879912,04	63,00	5,20
PTAMC002	X: 440300 Y: 4880040	65,00	1,80
PTAMC003	X: 440364,65 Y: 4880253,93	65,00	5,00
PTAMC004	X: 440325 Y: 4880565	65,00	5,00
PTAMC005	X: 440411,66 Y: 4880745,41	65,00	3,50
PTAMC006	X: 440509,96 Y: 4880959,09	64,00	4,60
PTAMC007	X: 440710,83 Y: 4881168,50	70,00	5,20
PTAMC008	X: 440864,68 Y: 4881429,20	70,00	5,10

Tabella 2.1. Elenco dei sondaggi, coordinate GPS, rilievo metrico del fondale, profondità di sondaggio. Dai sondaggi effettuati si sono prelevati 72 campioni per analisi granulometriche, di seguito analizzati al dettaglio.

Dall'indagine preliminare effettuata da Watersoil è emerso che i fondali indagati risultano a composizione di tipo granulare, principalmente sabbie e limi sabbiosi, con orizzonti ghiaiosi, ma in alcuni casi tali strati sono sottostanti a livelli superficiali a composizione coesiva, argille e argille limose. Questo rientra perfettamente nella descrizione stratigrafica che si era ricavata dai profili Boomer: un cordone di sabbia sovrastato da uno spessore pelitico variabile.

Nello specifico procedendo dal sondaggio denominato PTAMC001 a PTAMC008 vi è un passaggio da litologie a prevalente composizione granulare, sabbie e ghiaia, ad una a composizione coesivo granulare, argille e argille limose sovrastanti sabbie e sabbie limose.

Di seguito è riportata la documentazione fotografica resa disponibile da Watersoil, la rielaborazione dei dati di dettaglio di ogni sezione di ogni carota effettuata successivamente in fase di studio e costruzione di questo elaborato di tesi, e per ogni carota è stato associato il profilo Boomer relativo analizzato per la caratterizzazione dell'area in generale e per la scelta dei punti di carotaggio.

Per ogni sezione di ogni carota è stato estrapolato il diametro medio dei sedimenti, e per una maggiore precisione nella determinazione della tipologia del sedimento anche le percentuali di ghiaia, sabbia e pelite di ogni subcampione, rappresentate anche tramite diagrammi a torta disponibili al piede di ogni ricostruzione stratigrafica di ogni carota analizzata, per una migliore visualizzazione della composizione del sedimento disponibile.

Carota 1

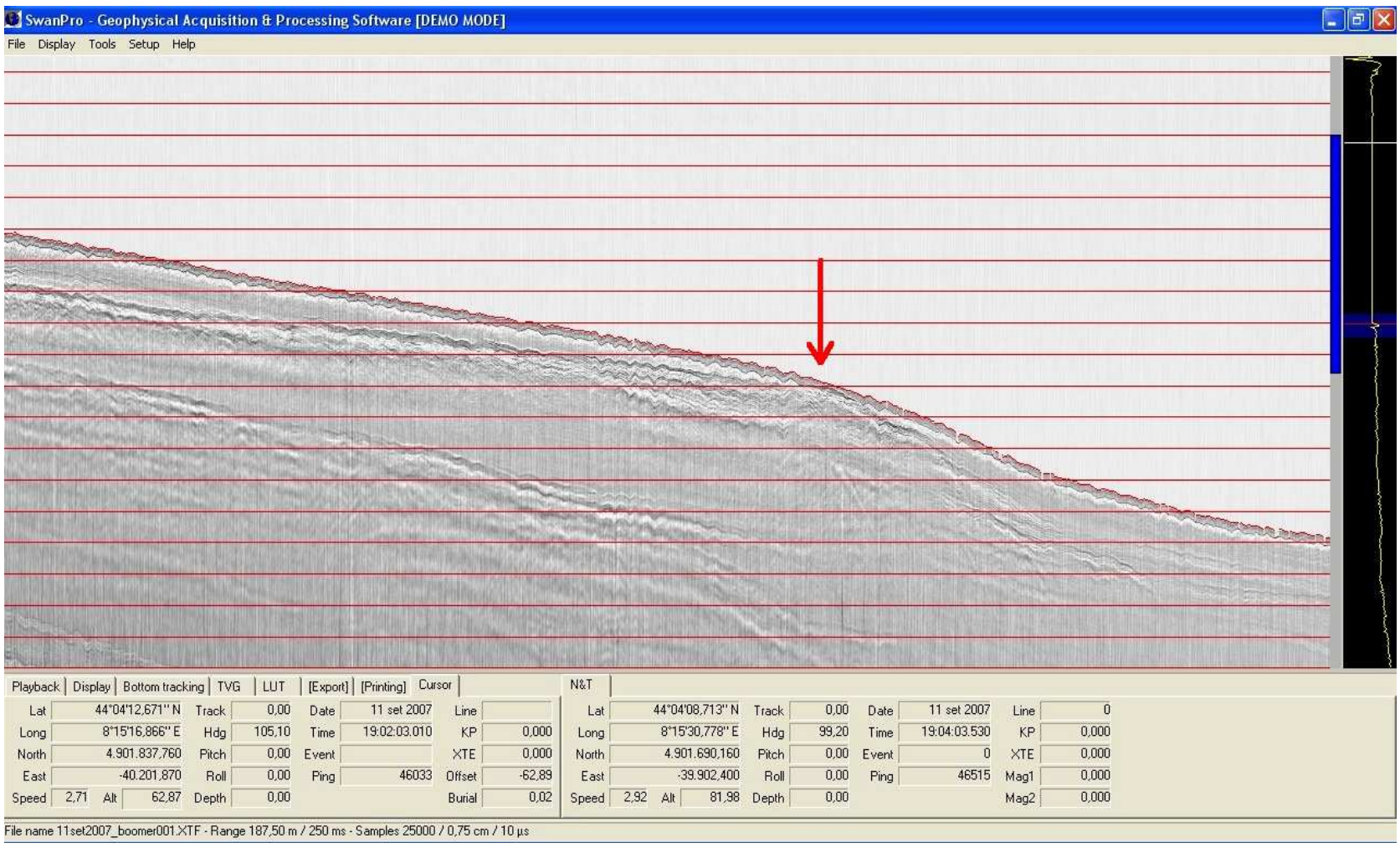


Figura 2.4. Profilo Boomer001, relativo alla Carota 1





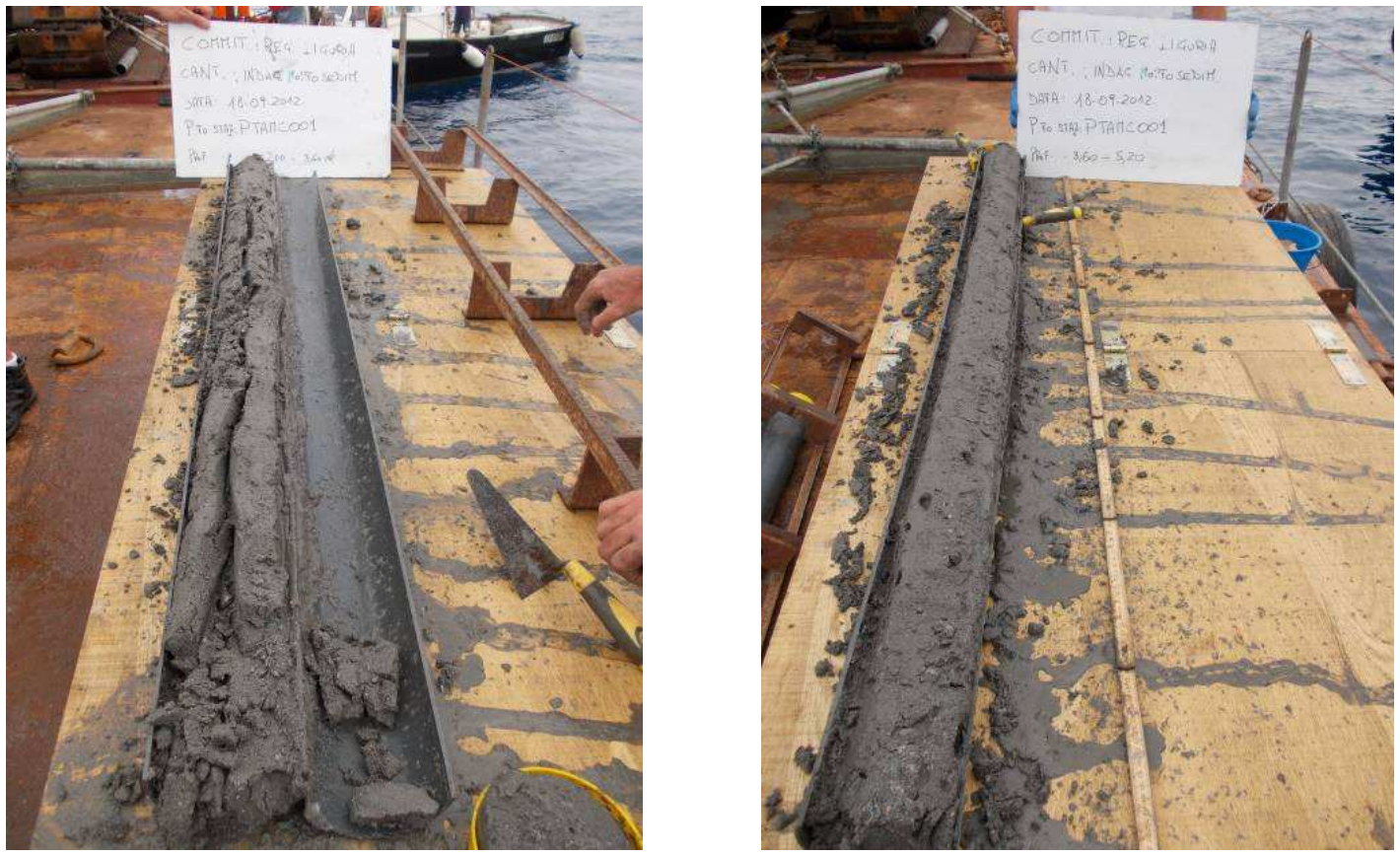


Figura 2.5. PTAMC001 – nelle quattro immagini sono visibili i quattro spezzoni che compongono l'intera carota, lunga 5,20 m. Sotto la stratigrafia di dettaglio.

intervallo (m)		Analisi chimiche	D50 (mm)	%ghiaia (>2mm)	%sabbia (<2mm)	%pelite (<0,063)	def. granulometrica per subcampione	descrizione stratigrafica per tratto omogeneo
0,0	0,1	1A						
0,1	0,2	sabbia f					*(1) Sabbia limosa*	
0,2	0,3	Solo metalli	**0,21**	**0**	**87,1**	*12,9*		Sabbia fine e media di colore grigio, poco addensata, con presenza di frammenti conchigliari di dimensioni millimetriche
0,3	0,4							
0,4	0,5							
0,5	0,6							
0,6	0,7						*(2) Sabbia debolmente limosa*	
0,7	0,8		**0,24**	**0,2**	**92**	*7,8*		
0,8	0,9							
0,9	1,0							
1,0	1,1	1B						
1,1	1,2	sabbia mf					*(3) Sabbia debolmente limosa*	
1,2	1,3		**0,22**	**0**	**91,8**	*8,2*		
1,3	1,4	Solo metalli						Sabbia da fine a media di colore grigio, con ghiaia fine poligenica e con presenza di conchiglie e frammenti conchigliari millimetrici e centimentrici
1,4	1,5							
1,5	1,6							
1,6	1,7						*(4) Sabbia debolmente limosa*	
1,7	1,8		**0,21**	**0**	**93,4**	*6,6*		
1,8	1,9							
1,9	2,0							
2,0	2,1						*(5) Sabbia limosa*	
2,1	2,2							
2,2	2,3							
2,3	2,4		**0,17**	**2,4**	**78**	*19,6*		
2,4	2,5							

2,5	2,6						
2,6	2,7						
2,7	2,8						
2,8	2,9		**0,24**	**2**	**87,3**	*10,7*	*(6) Sabbia limosa*
2,9	3,0						
3,0	3,1						
3,1	3,2						
3,2	3,3						
3,3	3,4		**0,27**	**4,8**	**85,1**	*10,1*	*(7) Sabbia limosa debolmente ghiaiosa*
3,4	3,5						
3,5	3,6						
3,6	3,7						
3,7	3,8						
3,8	3,9		**0,23**	**5,2**	**83,6**	*11,2*	*(8) Sabbia limosa debolmente ghiaiosa*
3,9	4,0						
4,0	4,1						
4,1	4,2						
4,2	4,3	1C					
4,3	4,4	sabbia m					
4,4	4,5		**0,25**	**7,4**	**82,4**	*10,2*	*(9) Sabbia limosa debolmente ghiaiosa*
4,5	4,6	Solo metalli					
4,6	4,7						
4,7	4,8						
4,8	4,9						*(10) Sabbia ghiaiosa debolmente limosa*
4,9	5,0		**0,28**	**12,7**	**78,4**	*8,90*	
5,0	5,1						
5,1	5,2						
5,2	5,3	beach rock					

Sopra si può apprezzare la stratigrafia della carota nel suo insieme, di seguito (Figura) sono riportati i grafici a torta per ogni spezzone. In media, sul totale del PTAMC001 sono presenti il 3,47% di ghiaia, l'85,91% di sabbia e il 10,62% di pelite, con un diametro medio stimato del sedimento di 0,23 mm. Nell'insieme la granulometria del sedimento e la bassa percentuale di pelite sembrano compatibili con quella caratteristica di spiaggia, in particolare la pelite è presente con una bassa percentuale in tutte le sezioni, ma non c'è un tratto della carota dominato dalla pelite, come si vede dai grafici a torta. Il sedimento di questa carota è quindi potenzialmente tutto utile, dal punto di vista granulometrico.

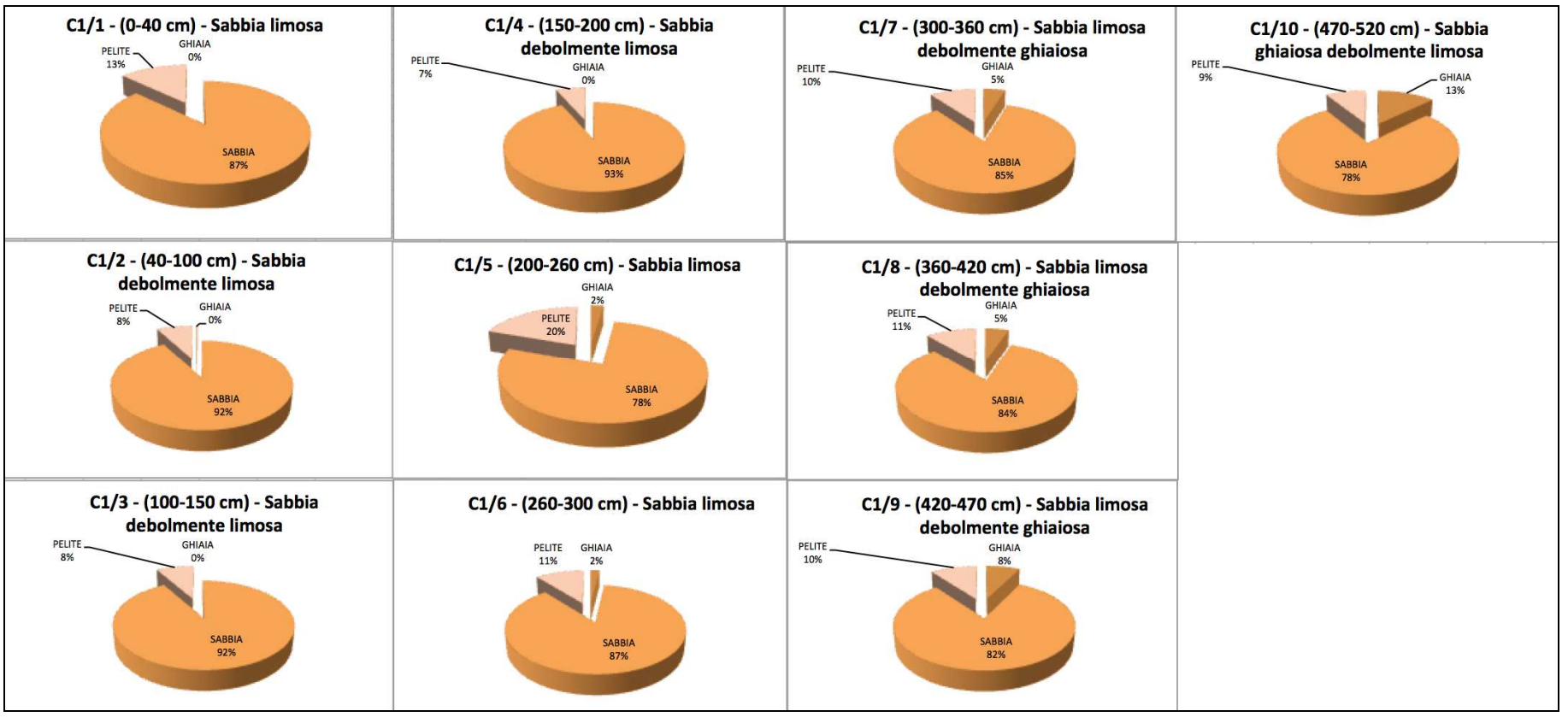


Figura 2.6. Distribuzione granulometrica per sezioni della Carota1, vi è prevalenza di sabbia (86% in media) con una media del 10% di pelite per ogni spezzone. Nell'insieme la granulometria del sedimento pare compatibile con la destinazione spiaggia.

Carota 2

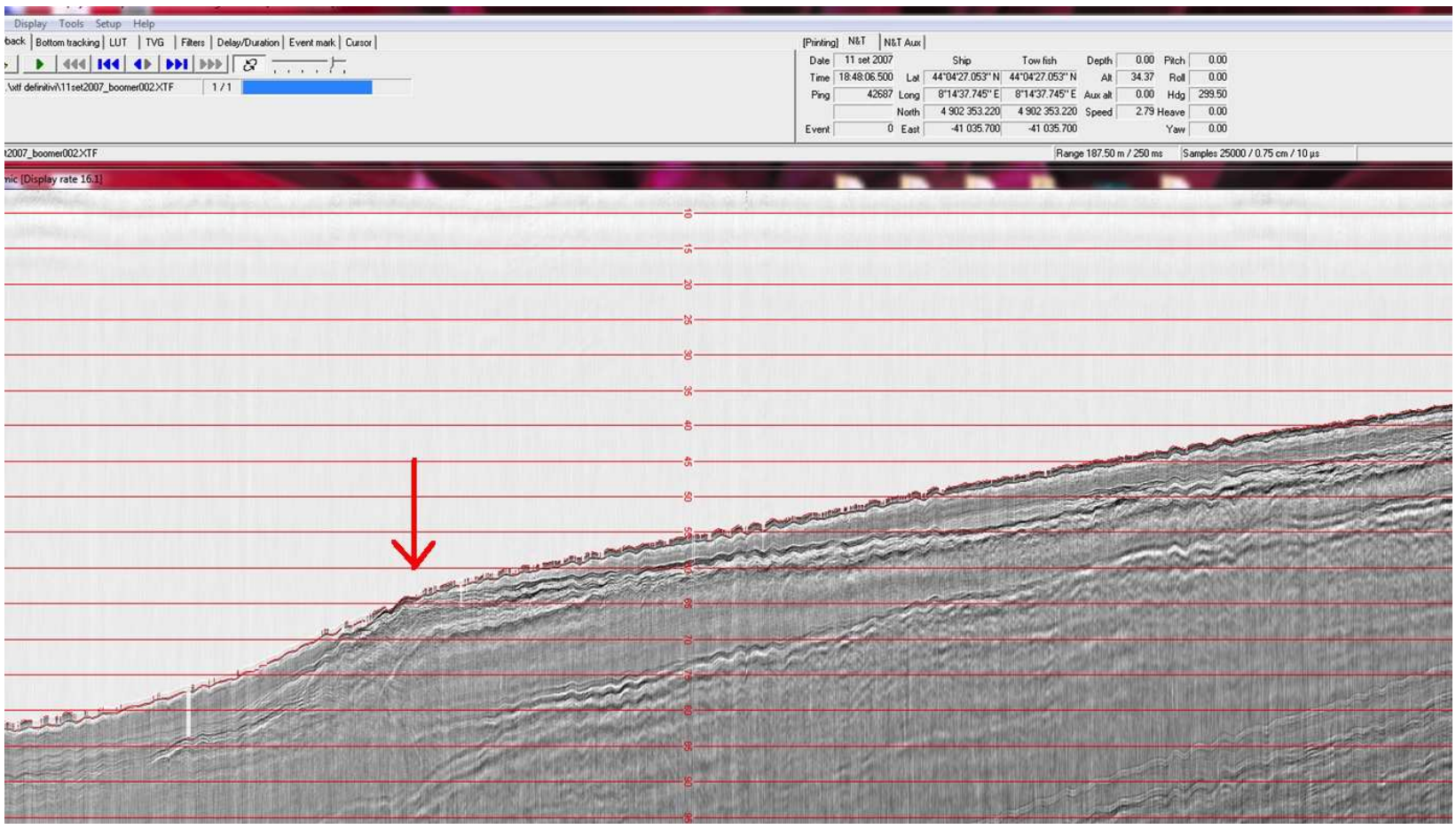


Figura 2.7. Profilo Boomer002, relativo alla Carota 2

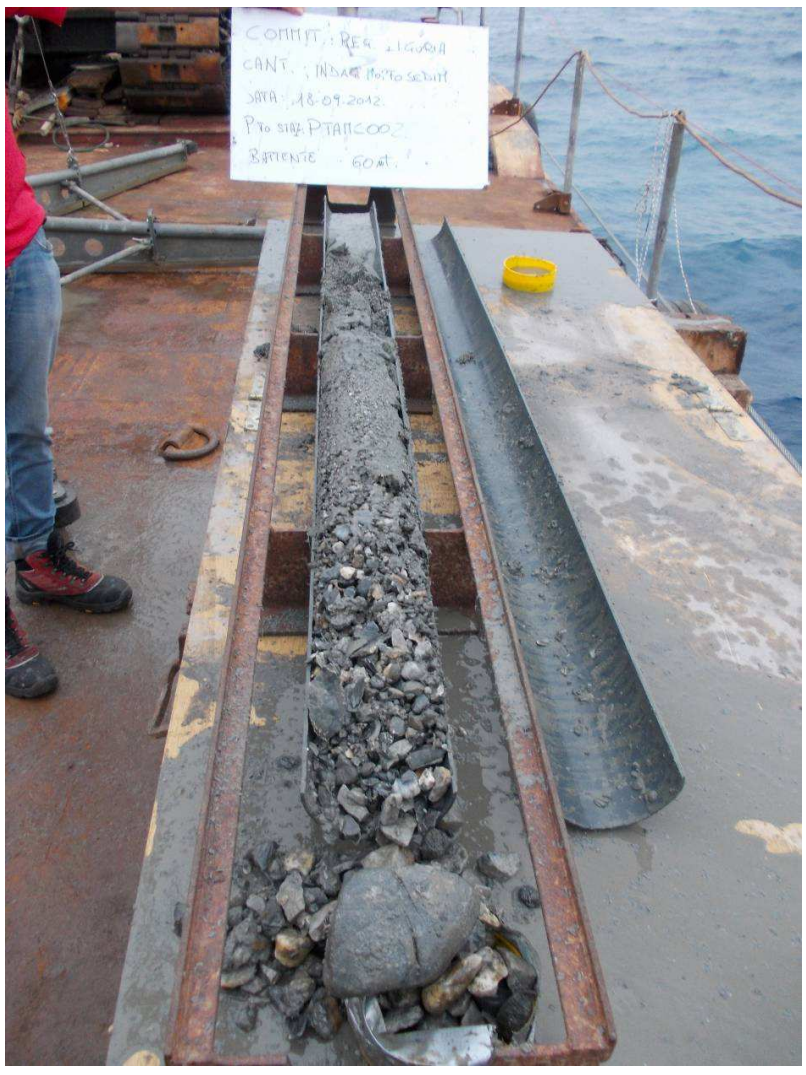


Figura 2.8. PTAMC002 – in questa unica immagine è visibile la seconda carota, lunga solo 1,80 m in quanto il carotaggio è stato fermato probabilmente dalla ghiaia che è appunto visibile nella parte terminale

intervallo (m)		Analisi chimiche	D50 (mm)	%ghiaia (>2mm)	%sabbia (<2mm)	%pelite (<0,063)	def. granulometrica per subcampione	descrizione stratigrafica per tratto omogeneo
0,0	0,1							
0,1	0,2							
0,2	0,3							
0,3	0,4						*(1) Sabbia limosa*	Sabbia media e grossolana di colore grigio con ghiaia fine e con presenza di frammenti conchigliari di dimensioni millimetriche
0,4	0,5	2A	**0,41**	**0,3**	**82,1**	*17,6*		
0,5	0,6	sabbia-gh						
0,6	0,7	Solo metalli						
0,7	0,8						*(2) sabbia limosa debolmente ghiiosa*	
0,8	0,9		**0,87**	**6,5**	**77,3**	*16,2*		
0,9	1,0							
1,0	1,1						*(3) Sabbia con limo debolmente ghiosa*	Sabbia fine e media, grigia, mediamente addensata, con framm. conchigliari millimetrici
1,1	1,2		**0**	**6,7**	**48,5**	*44,8*		
1,2	1,3						*(4) ghiaia con sabbia limosa*	Ghiaia fine e media con presenza di framm. conchigliari di dimensioni millimetriche
1,3	1,4		**1,73**	**45,2**	**39,7**	*15,1*		
1,4	1,5							
1,5	1,6						*(5) ghiaia debolmente sabbiosa e limosa*	Ghiaia media e grossolana, poligenica, con presenza di conchiglie e frammenti conchigliari di dimensioni centimentriche. Subordinata presenza di ciottoli
1,6	1,7		**6,28**	**83,9**	**9,7**	*6,4*		
1,7	1,8							
1,8	1,9	beach rock						

Sopra si può apprezzare la stratigrafia della carota nel suo insieme, di seguito (Fig. 2.9) sono riportati i grafici a torta per ogni spezzone. In media, sul totale del PTAMC002 sono presenti per ogni sezione il 28,52% di ghiaia, il 51,46% di sabbia e il 20,02% di pelite, con un diametro medio stimato del sedimento di 1,858 mm. Nell'insieme la granulometria del sedimento e la presenza di ghiaia che ha probabilmente fermato il Vibrocore sono informazioni positive nell'ottica di un ripascimento di spiaggia.

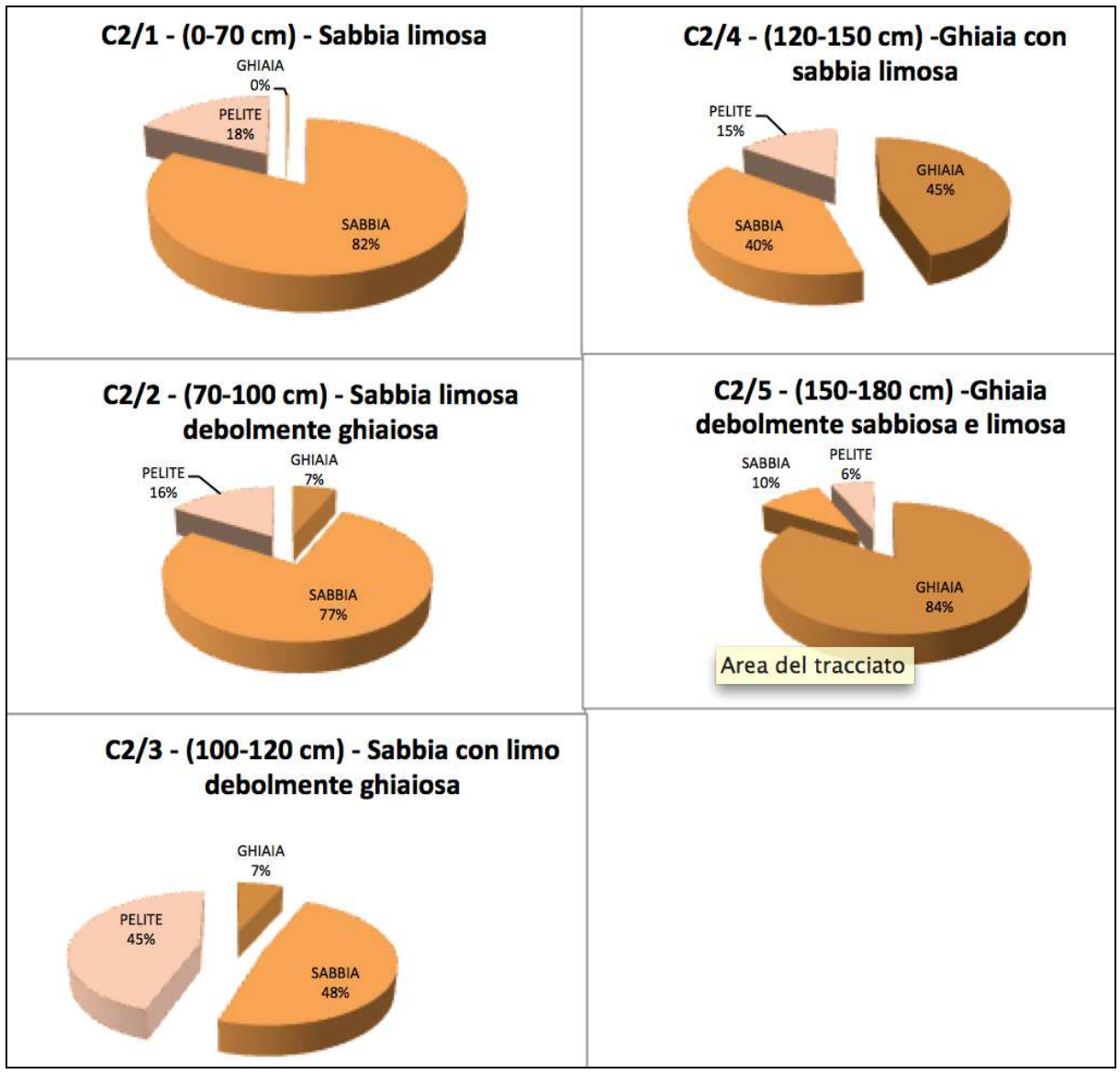


Figura 2.9. Distribuzione granulometrica per sezioni della Carota2, vi è prevalenza di sabbia (51% in media) ma anche una elevata quantità di ghiaia, specie nella parte terminale. Nell'insieme la granulometria del sedimento pare compatibile con la destinazione spiaggia.

Carota 3

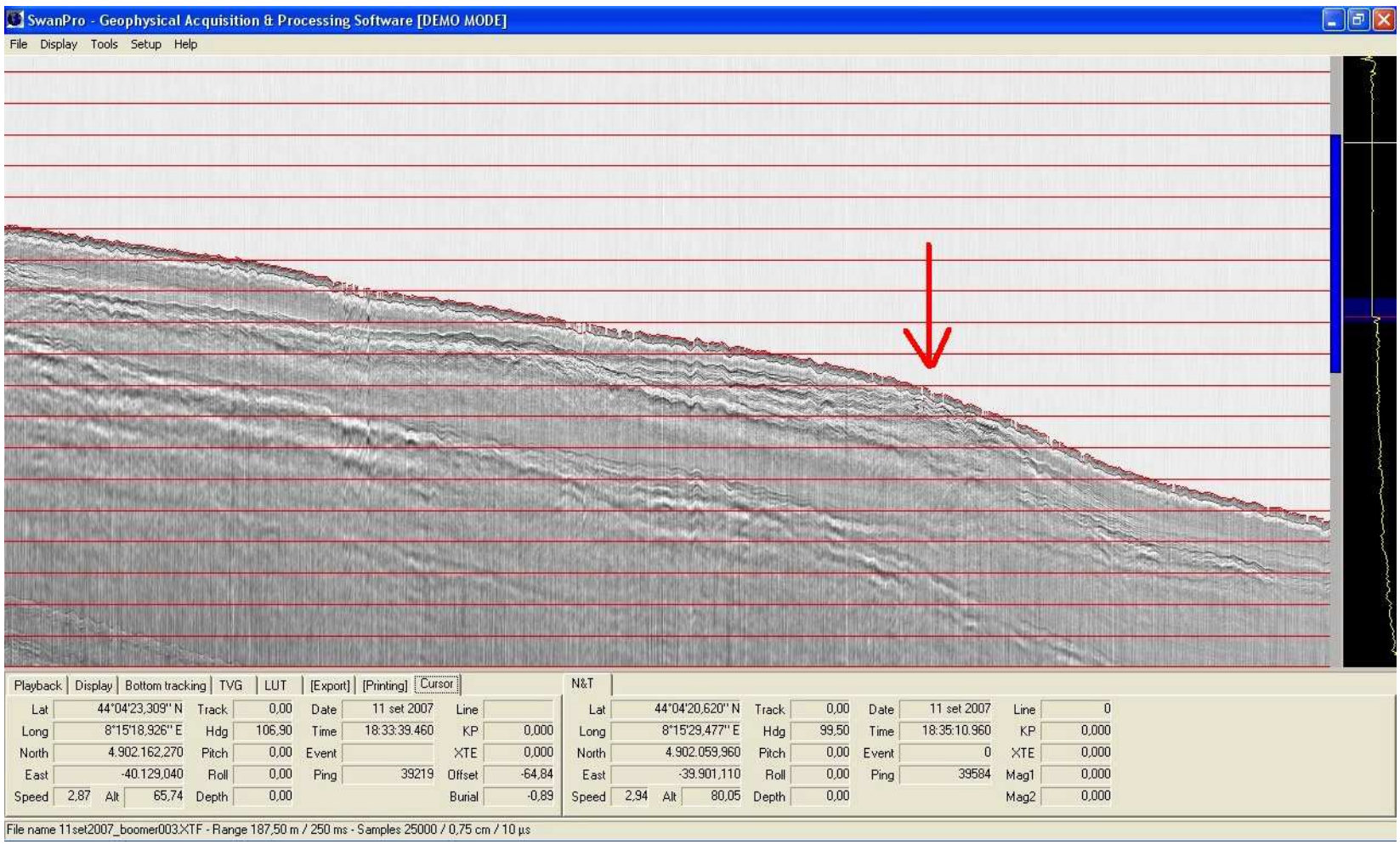


Figura 2.10. Profilo Boomer003, relativo alla Carota 3

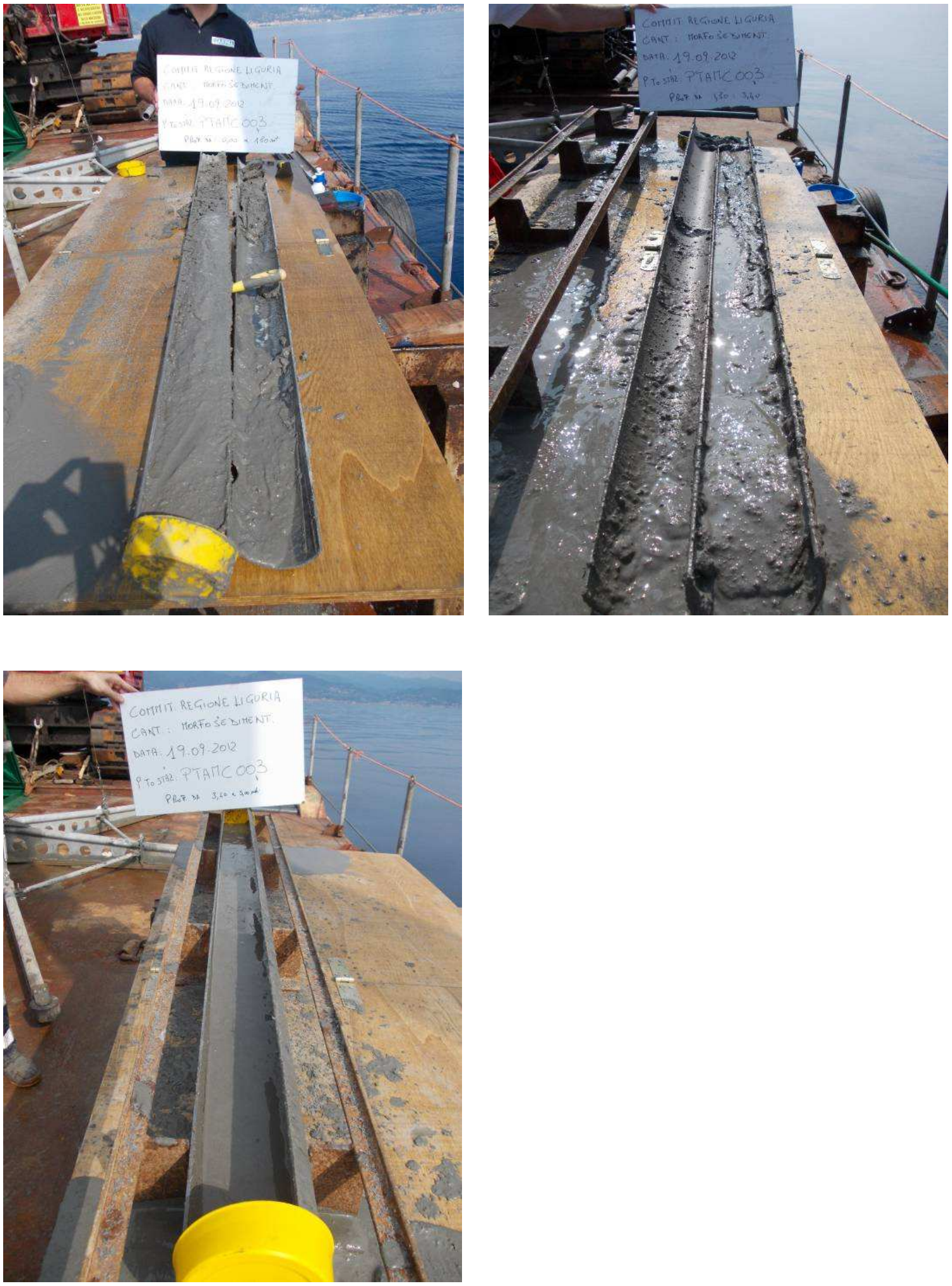


Figura 2.11. PTAMC003 – i tre spezzoni in cui è stata divisa la terza carota, lunga 5 m.

intervallo (m)		Analisi chimico fisiche	D50 (mm)	%ghiaia (>2mm)	%sabbia (<2mm)	%pelite (<0,063)	def. granulometrica per subcampione	descrizione stratigrafica per tratto omogeneo
0,0	0,1	3A						Limo argilloso di colore grigio, mediamente compatto, con presenza di
0,1	0,2	argilla org					*(1) sabbia con limo*	
0,2	0,3	Analisi totale	**0**	**0**	**55,9**	*44,1*		
0,3	0,4							

0,4	0,5	3B						frammenti conchigliari di dimensioni millimetriche
0,5	0,6	limo						
0,6	0,7	Solo metalli	**0**	**9**	**58**	*33*	*(2) sabbia con limo debolmente ghiaiosa*	
0,7	0,8							
0,8	0,9							
0,9	1,0							
1,0	1,1							
1,1	1,2		**0**	**0**	**61,9**	*38,1*	*(3) sabbia con limo*	
1,2	1,3							
1,3	1,4							
1,4	1,5							
1,5	1,6							
1,6	1,7		**0**	**0**	**63,3**	*36,7*	*(4) sabbia con limo*	
1,7	1,8							
1,8	1,9							
1,9	2,0							
2,0	2,1							
2,1	2,2							
2,2	2,3		**0,22**	**16,2**	**63,2**	*20,6*	*(5) sabbia limosa e ghiosa*	
2,3	2,4							
2,4	2,5							
2,5	2,6							
2,6	2,7		**0**	**11,9**	**61,4**	*26,7*	*(6) sabbia limosa e ghiaiosa*	
2,7	2,8							
2,8	2,9							
2,9	3,0							
3,0	3,1							
3,1	3,2							
3,2	3,3		**0,21**	**17**	**62,92**	*20,08*	*(7) sabbia limosa e ghiaiosa*	
3,3	3,4							
3,4	3,5							Sabbia fine di colore grigio da debolmente limosa a limosa, talore debolmente ghiaiosa (ghiaia fine e media) e con presenza di frammenti conchigliari di dimensioni millimetriche
3,5	3,6							
3,6	3,7		**0,19**	**15**	**60,8**	*24,2*	*(8) sabbia limosa e ghiaiosa*	
3,7	3,8							
3,8	3,9							
3,9	4,0							
4,0	4,1							
4,1	4,2							
4,2	4,3	3C	**0**	**13,4**	**58,7**	*27,9*	*(9) sabbia con limo ghiaiosa*	
4,3	4,4	sabbia fine						
4,4	4,5	limosa						
4,5	4,6							
4,6	4,7							
4,7	4,8							
4,8	4,9		**0,18**	**15,4**	**58,8**	*25,8*	*(10) sabbia con limo ghiaiosa*	
4,9	5,0							
5,0	5,1	beach rock						

Sopra si può apprezzare la stratigrafia della carota nel suo insieme, di seguito (Fig. 2.12) sono riportati i grafici a torta per ogni spezzone. In media, sul totale del PTAMC003 sono presenti per ogni sezione

il 9,79% di ghiaia, il 60,49 % di sabbia e il 29,72% % di pelite, con un diametro medio stimato del sedimento, quando determinabile, di 0,16 mm. In questa carota la pelite ha percentuali maggiori per sezione rispetto alle precedenti, ed è principalmente concentrata nelle sezioni più superficiali. Nello spezzone utile, tra 2 e 5 m, la sabbia infatti raggiunge una media del 61%e e la pelite del 24%. In ogni caso la percentuale di sabbia totale è tale da poter ritenere anche questa carota rappresentativa di un buon sedimento adatto a ripascimenti di spiaggia.

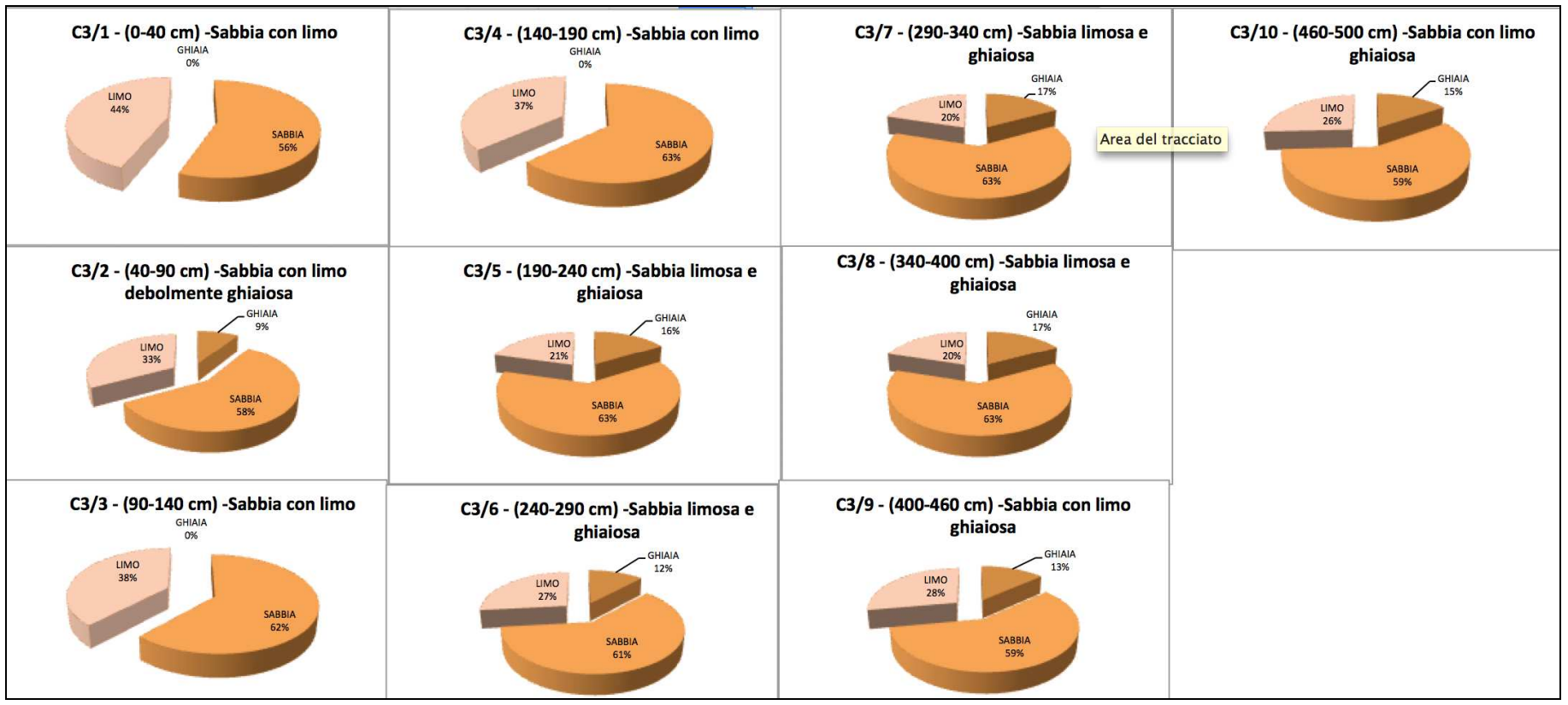


Figura 2.12. Distribuzione granulometrica per sezioni della Carota3, vi è prevalenza di sabbia (60,49 % in media), e la percentuale di pelite si aggira intorno al 30% per sezione. Nell'insieme la granulometria della parte utile del sedimento (dalla sezione 5 alla 9) pare compatibile con la destinazione spiaggia.

Carota 4

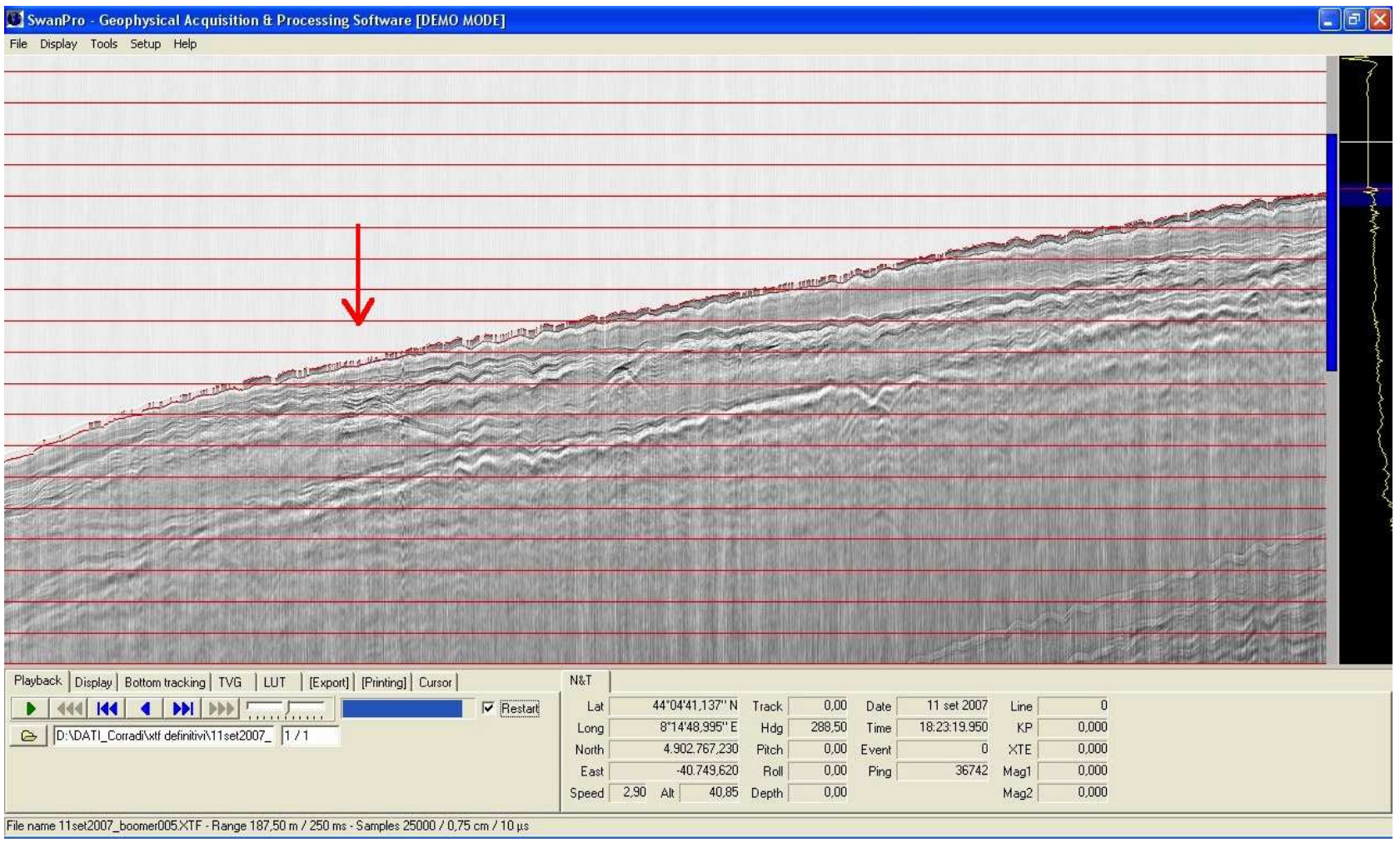


Figura 2.13. Profilo Boomer005, relativo alla Carota 4

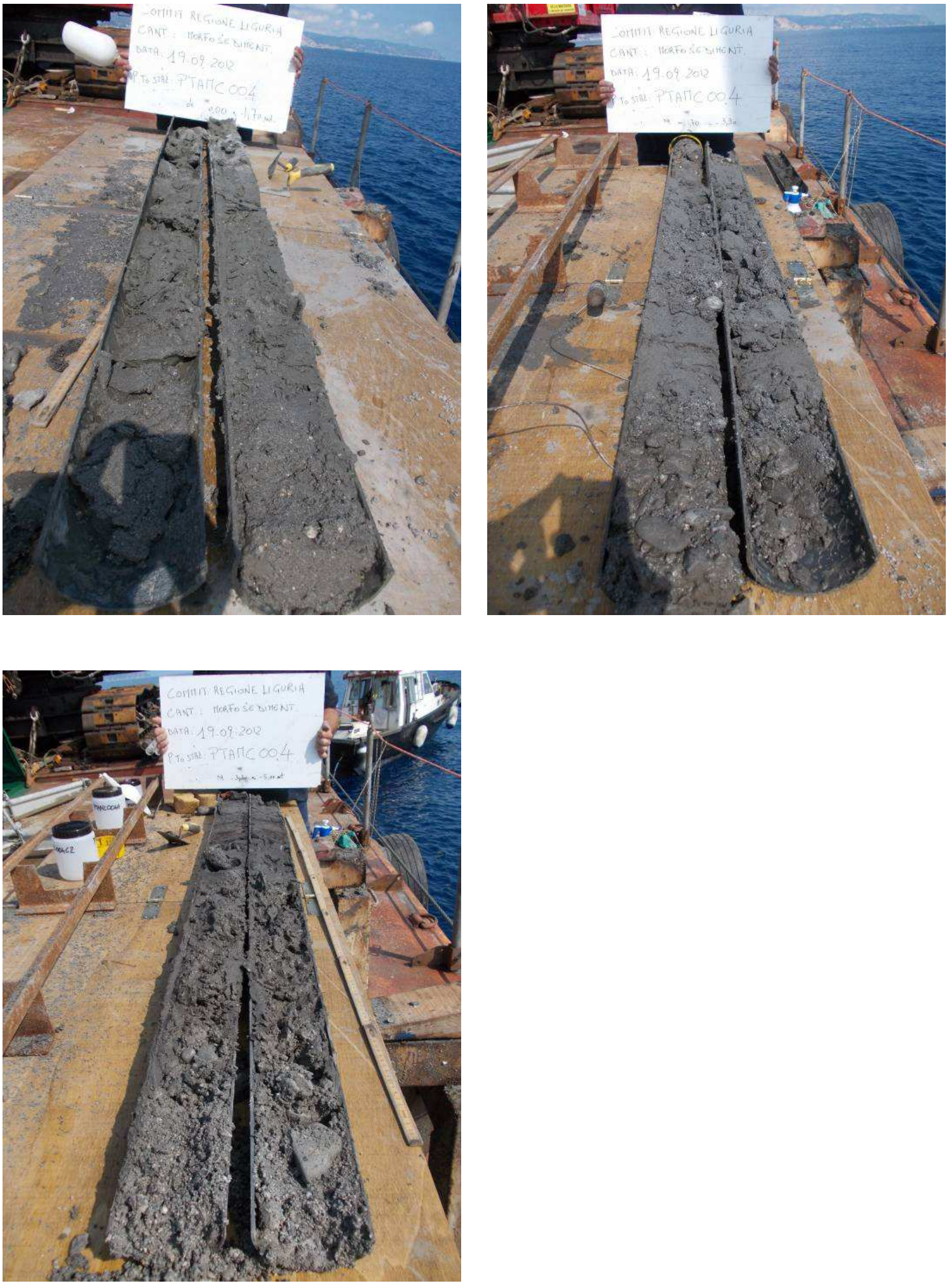


Figura 2.14. PTAMC004 – i tre spezzoni della quarta carota, lunga 5 m.

intervallo (m)		Analisi chimiche	D50 (mm)	%ghiaia (>2mm)	%sabbia (<2mm)	%pelite (<0,063)	def. granulometrica per subcampione	descrizione stratigrafica per tratti omogenei
0,0	0,1	4A					*(1) limo debolmente sabbioso*	Argilla limosa di colore grigio, mediamente compatta, con intercalati livelli millimetrici di limo grigio e con presenza di
0,1	0,2	argilla						
0,2	0,3	Analisi totale	**0**	**1,7**	**5,3**	*93,00*		
0,3	0,4							

0,4	0,5							frammenti conchigliari di dimensioni millimetriche
0,5	0,6							
0,6	0,7							
0,7	0,8		**0**	**0,5**	**52,7**	*46,80*	*(2) sabbia con limo*	
0,8	0,9							
0,9	1,0							
1,0	1,1							
1,1	1,2							
1,2	1,3							
1,3	1,4		**0**	**4,3**	**60,4**	*35,30*	*(3) sabbia con limo*	Sabbia fine e media di colore grigio, mediamente addensata, talora debolmente argillosa) con presenza di frammenti conchigliari di dimensioni millimetriche
1,4	1,5							
1,5	1,6							
1,6	1,7							
1,7	1,8							
1,8	1,9							
1,9	2,0		**0,21**	**2,7**	**84,4**	*12,90*	*(4) sabbia limosa*	
2,0	2,1							
2,1	2,2							Sabbia media e grossolana di colore grigio con intercalati livelli di ghiaia poligenica fine e media. Presenza di subordinata ghiaia grossolana. Presenza di conchiglie e frammenti conchigliari
2,2	2,3	4B						
2,3	2,4	sabbia gros						
2,4	2,5		**0,35**	**14,5**	**82,2**	*3,3*	*(5) sabbia ghiaiosa*	
2,5	2,6							
2,6	2,7							
2,7	2,8							
2,8	2,9							
2,9	3,0		**0,23**	**5,7**	**90,6**	*3,7*	*(6) sabbia debolmente ghiaiosa*	
3,0	3,1							
3,1	3,2							
								Ghiaia da fine a grossolana in matrice di sabbia debolmente limosa
3,2	3,3							
3,3	3,4							
3,4	3,5		**0**	**0,9**	**16,7**	*82,4*	*(7) limo sabbioso*	
3,5	3,6							
3,6	3,7	beach rock?						Sabbia fine limosa debolmente argillosa di colore grigio. Presenza di subordinati ciottoli (diam max. 6 cm)
3,7	3,8	4C						
3,8	3,9	sabbia lim.						
3,9	4,0	legno	**0**	**1,8**	**40,3**	*57,9*	*(8) limo con sabbia*	
4,0	4,1	clasti						
4,1	4,2	nessuna analisi						
4,2	4,3	4D						
4,3	4,4	sabbia gr in						
4,4	4,5	matr. limosa	**3,58**	**57,4**	**29,9**	*12,7*	*(9) ghiaia con sabbia limosa*	Ghiaia fine e media, talora grossolana, in matrice di sabbia limosa di colore grigio. Presenza di ciottoli (diam max. 6 cm)
4,5	4,6							
4,6	4,7	Solo metalli						
4,7	4,8						*(10) ghiaia con sabbia limosa*	
4,8	4,9		**3,01**	**53,3**	**33,4**	*13,3*		
4,9	5,0							

Sopra si può apprezzare la stratigrafia della carota nel suo insieme, di seguito (Fig. 2.15) sono riportati i grafici a torta per ogni spezzone. In media, sul totale del PTAMC004 sono presenti per ogni sezione

il 14,28% di ghiaia, il 49,59% di sabbia e il 36,13% % di pelite, con un diametro medio stimato del sedimento, quando riscontrabile, di 1,48 mm. In questo caso la parte di sedimento interessante ai fini del ripascimento è concentrata prevalentemente nella parte centrale della carota, stretta tra due sezioni a componente principalmente pelitica, che poi si chiude con una sezione a componente principalmente ghiaiosa. La parte sabbiosa e ghiaiosa (dalla sezione 4 alla 6 e poi la 8 e la 9) sarebbe però adatta allo scopo, con una media del 23% di ghiaia, 50% di sabbia e solo 17% di pelite. Ovviamente in questo caso si deve porre maggiore attenzione alla distribuzione della pelite.

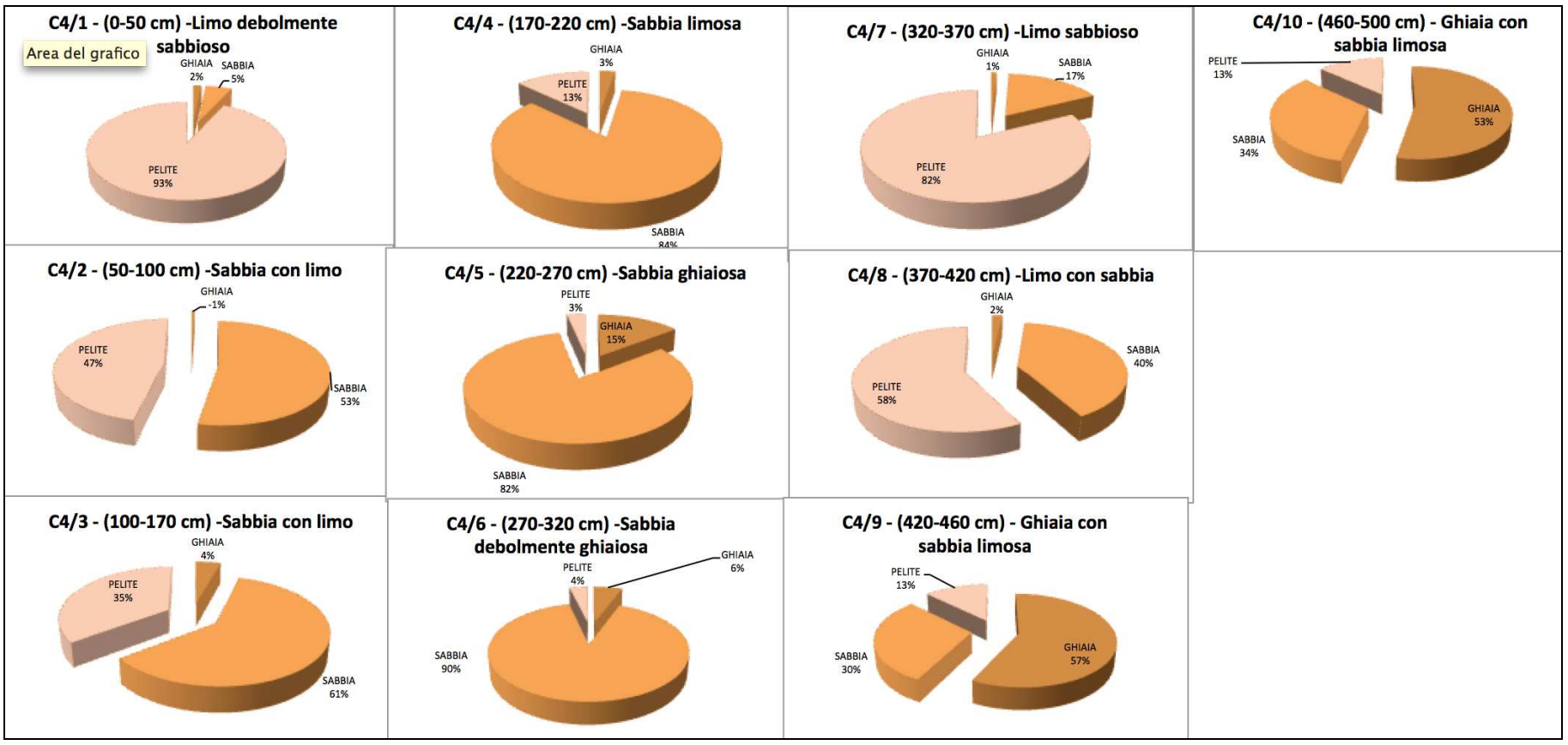


Figura 2.15. Distribuzione granulometrica per sezioni della Carota 4, vi è in media prevalenza di sabbia (49,59%), la percentuale di pelite si aggira intorno ad una media del 36% per spezzone, anche se principalmente concentrata nella prima parte della carotaa. Nell'insieme la granulometria del sedimento utile (sezioni 4, 5, 6, 8, 9,10) pare quindi comunque compatibile con la destinazione spiaggia, con una percentuale di pelite intorno al 17%, meno della media toale.

Carota 5

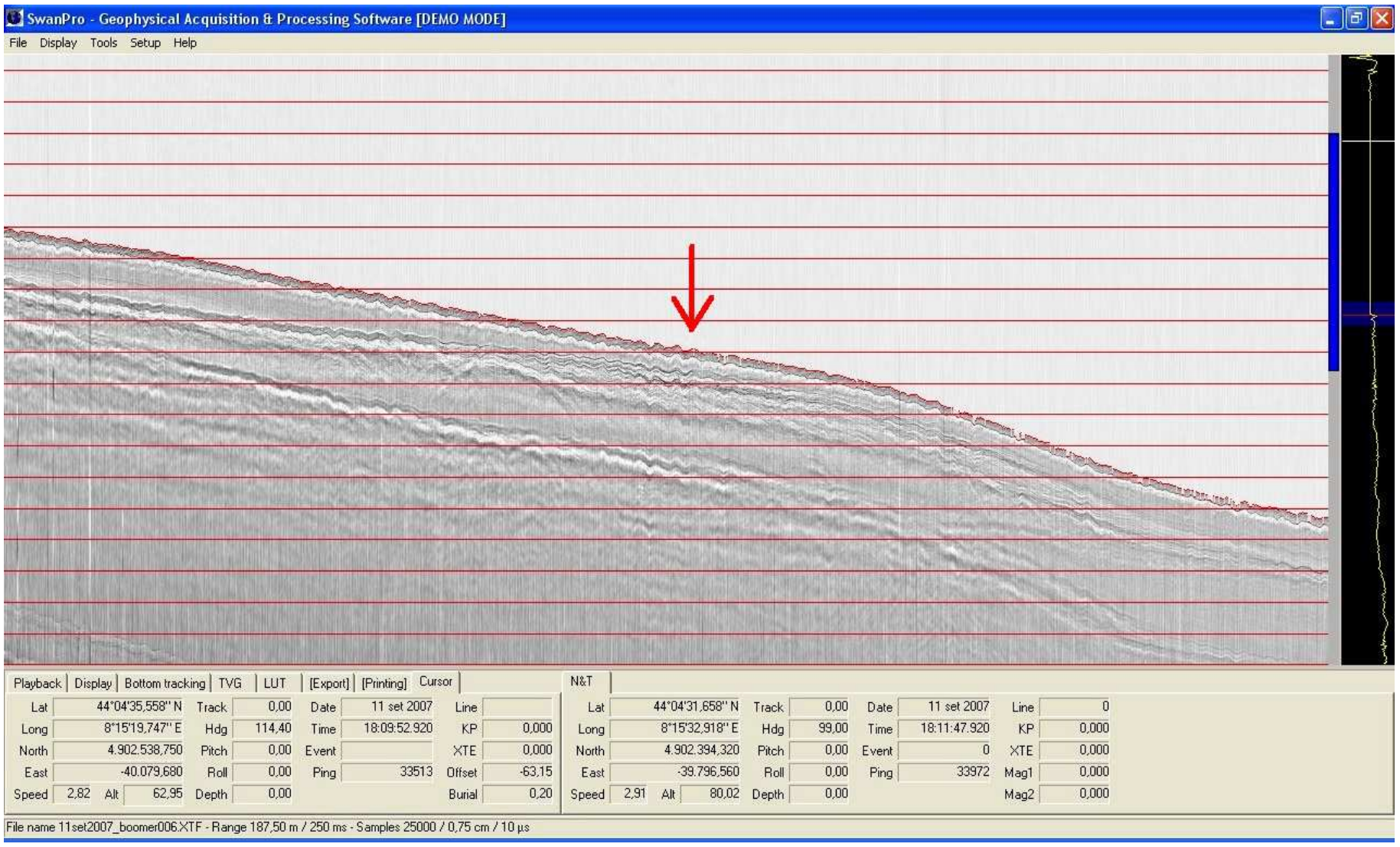


Figura 2.16. Profilo Boomer6, relativo alla Carota 5



Figura 2.17. PTAMC005 – due spezzoni fotografici che ritraggono la quinta carota, lunga 3,50 m.

intervallo (m)		Analisi chimico-fisica	D50 (mm)	%ghiaia (>2mm)	%sabbia (<2mm)	%pelite (<0,063)	def. granulometrica per subcampione	descrizione stratigrafia per tratto omogeneo
0,0	0,1	5A						
0,1	0,2	argilla						
0,2	0,3	nessuna analisi	**0**	**0**	**14,1**	*85,9*	*(1) limo sabbioso*	Limo argilloso di colore grigio, mediamente compatto
0,3	0,4							
0,4	0,5							
0,5	0,6							
0,6	0,7							
0,7	0,8		**0**	**0**	**3,5**	*96,5*	*(2) limo*	
0,8	0,9							
0,9	1,0							
1,0	1,1	5B						
1,1	1,2	sabbia lim						
1,2	1,3	organogena	**0**	**0**	**41,7**	*58,3*	*(3) limo con sabbia*	Limo sabbioso (sabbia fine) di colore grigio debolmente argilloso, mediamente compatto, con presenza di frammenti conchigliari di dimensioni millimetriche
1,3	1,4							
1,4	1,5	Solo metalli						
1,5	1,6							
1,6	1,7							
1,7	1,8		**0**	**0**	**54,6**	*45,4*	*(4) sabbia con limo*	
1,8	1,9							
1,9	2,0							
2,0	2,1	5C						
2,1	2,2	sabbia	**0,22**	**0**	**90,4**	*9,6*	*(5) sabbia debolmente limosa*	Sabbia da fine a grossolana di colore grigio, mediamente addensata, con presenza di frammenti conchigliari
2,2	2,3							
2,3	2,4	Solo metalli						
2,4	2,5							
2,5	2,6		**0,22**	**0**	**95,1**	*4,9*	*(6) sabbia debolmente limosa*	
2,6	2,7							
2,7	2,8	5D						
2,8	2,9	sabbia						
2,9	3,0		**2,21**	**51,5**	**44,7**	*3,8*	*(7) ghiaia con sabbia*	Sabbia grossolana di colore grigio ghiaiosa (ghiaia da fine a grossolana) e con subordinati ciottoli poligenici (diam. Max 8 cm)
3,0	3,1							
3,1	3,2							
3,2	3,3	nessuna analisi					*(8) sabbia con ghiaia debolmente limosa*	
3,3	3,4							
3,4	3,5		**1,37**	**36,5**	**55,7**	*7,8*		
3,5	3,6	beach rock						

Sopra si può apprezzare la stratigrafia della carota nel suo insieme, di seguito (Fig. 2.18) sono riportati i grafici a torta per ogni spezzone. In media, sul totale del PTAMC005 sono presenti per ogni sezione il 11,00% di ghiaia, il 49,98 % di sabbia e il 39,03% % di pelite, con un diametro medio stimato del sedimento di 1,01 mm, considerato su quelli determinati. Anche in questo caso la parte utile di sedimento rimane confinata sotto a quasi 2 m di pelite dal 5 spezzone in poi, ed è solo in questa parte che la percentuale di pelite media scende intorno al 6,53%.

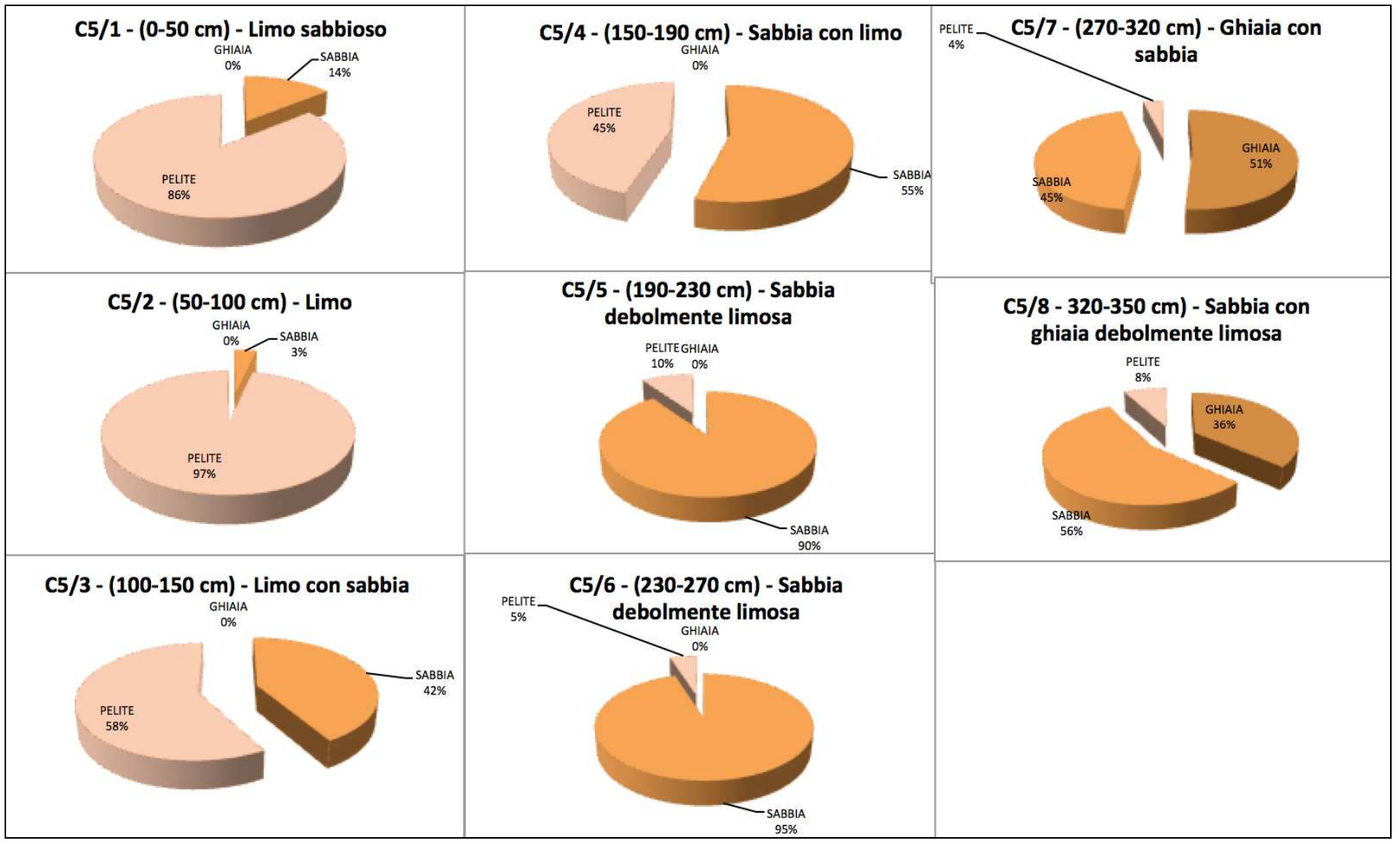


Figura 2.18. Distribuzione granulometrica per sezioni della Carota 5, vi è in media prevalenza di sabbia (49,98 %), la pelite si aggira intorno al 39%, principalmente concentrata nella parte superiore della carota, nella parte utile di sedimento invece la pelite scende ad una media del 6%, a fronte del 71% di sabbia.

Carota 6

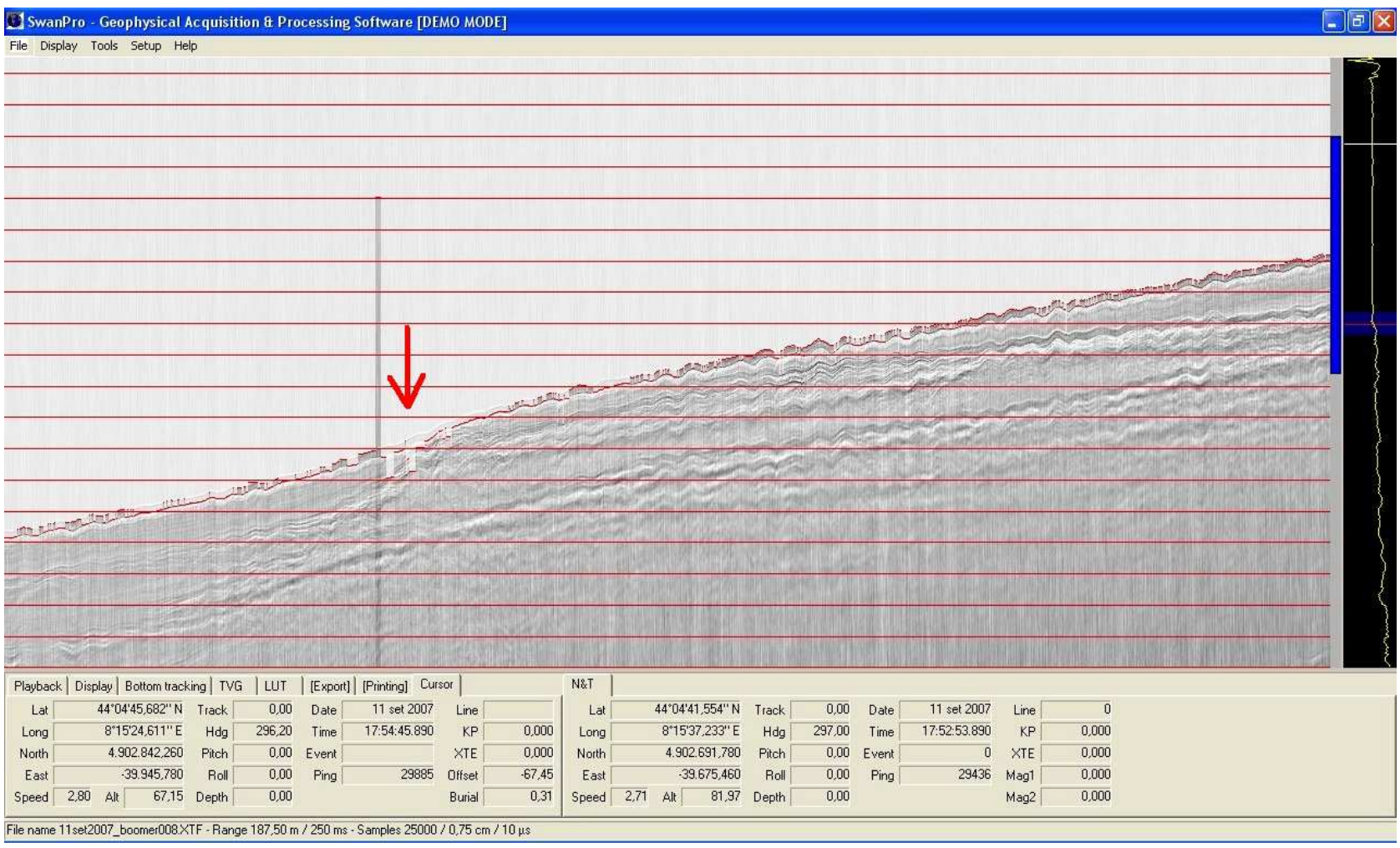


Figura 2.19. profilo Boomer008, relativo alla Carota 6



Figura 2.20. PTAMC006 – tre immagini che identificano la sesta carota, lunga 4,60 m.

intervallo (m)		Analisi chimico-fisiche	D50 (mm)	%ghiaia (>2mm)	%sabbia (<2mm)	%pelite (<0,063)	def. granulometrica per subcamione	descrizione stratigrafica per tratto omogeneo
0,0	0,1	6A						Argilla debolmente limosa di colore grigio, mediamente compatta
0,1	0,2	argilla						
0,2	0,3	Analisi totoale	**0,21**	**3,6**	**58,8**	*37,6*	*(1) sabbia con limo*	
0,3	0,4							
0,4	0,5							

0,5	0,6							
0,6	0,7							
0,7	0,8		**0,45**	**6,1**	**85,1**	*8,8*	*(2) sabbia debolmente limosa e ghiaiosa*	
0,8	0,9							
0,9	1,0							
1,0	1,1							
1,1	1,2						*(3) sabbia con limo debolmente ghiaiosa*	Argilla limosa grigia, mediamente compatta, con intercalati livelli millimetrici di limo grigio e presenza di frammenti conchigliari di dimensioni mm
1,2	1,3		**0,20**	**8,9**	**65,9**	*25,2*		
1,3	1,4							
1,4	1,5							
1,5	1,6		**0,18**	**0**	**82,1**	*17,9*	*(4) sabbia limosa*	
1,6	1,7							
1,7	1,8							
1,8	1,9							
1,9	2,0							
2,0	2,1	6B						
2,1	2,2	sabbia fine						
2,2	2,3		**0**	**0**	**77,7**	*22,3*	*(5) sabbia limosa*	Sabbia fine e media di colore grigio, mediamente addensata, con presenza di conchiglie e frammenti conchigliari
2,3	2,4	Solo metalli						
2,4	2,5							
2,5	2,6							
2,6	2,7						*(6) sabbia debolmente limosa*	
2,7	2,8							
2,8	2,9		**0,21**	**0**	**89,9**	*10,1*		
2,9	3,0							
3,0	3,1							
3,1	3,2							
3,2	3,3		**5,3**	**56,8**	**42,2**	*1*	*(7) ghiaia con sabbia*	
3,3	3,4							
3,4	3,5							
3,5	3,6	6C						
3,6	3,7	ghiaia						
3,7	3,8							
3,8	3,9	Solo metalli	**3,46**	**57,9**	**40,8**	*1,3*	*(8) ghiaia con sabbia*	Ghiaia poligenica prevalentemente fine e media, subordinata grossolana
3,9	4,0							
4,0	4,1							
4,1	4,2							
4,2	4,3							
4,3	4,4		**3,41**	**60,7**	**35,4**	*3,9*	*(9) ghiaia con sabbia*	
4,4	4,5							
4,5	4,6							

Sopra si può apprezzare la stratigrafia della carota nel suo insieme, di seguito (Fig. 2.21) sono riportati i grafici a torta per ogni spezzone. In media, sul totale del PTAMC006 sono presenti per ogni sezione il 21,56 % di ghiaia, il 64,21 % di sabbia e il 14,23 % di pelite, con un diametro medio stimato del sedimento di 1,49 mm. Questa carota presenta percentuali di pelite inferiori alle precedenti, e una buona distribuzione di ghiaia nella parte inferiore. Anche questa, con le dovute cautele, sembra contenere sedimento adatto a fini di ripascimento.

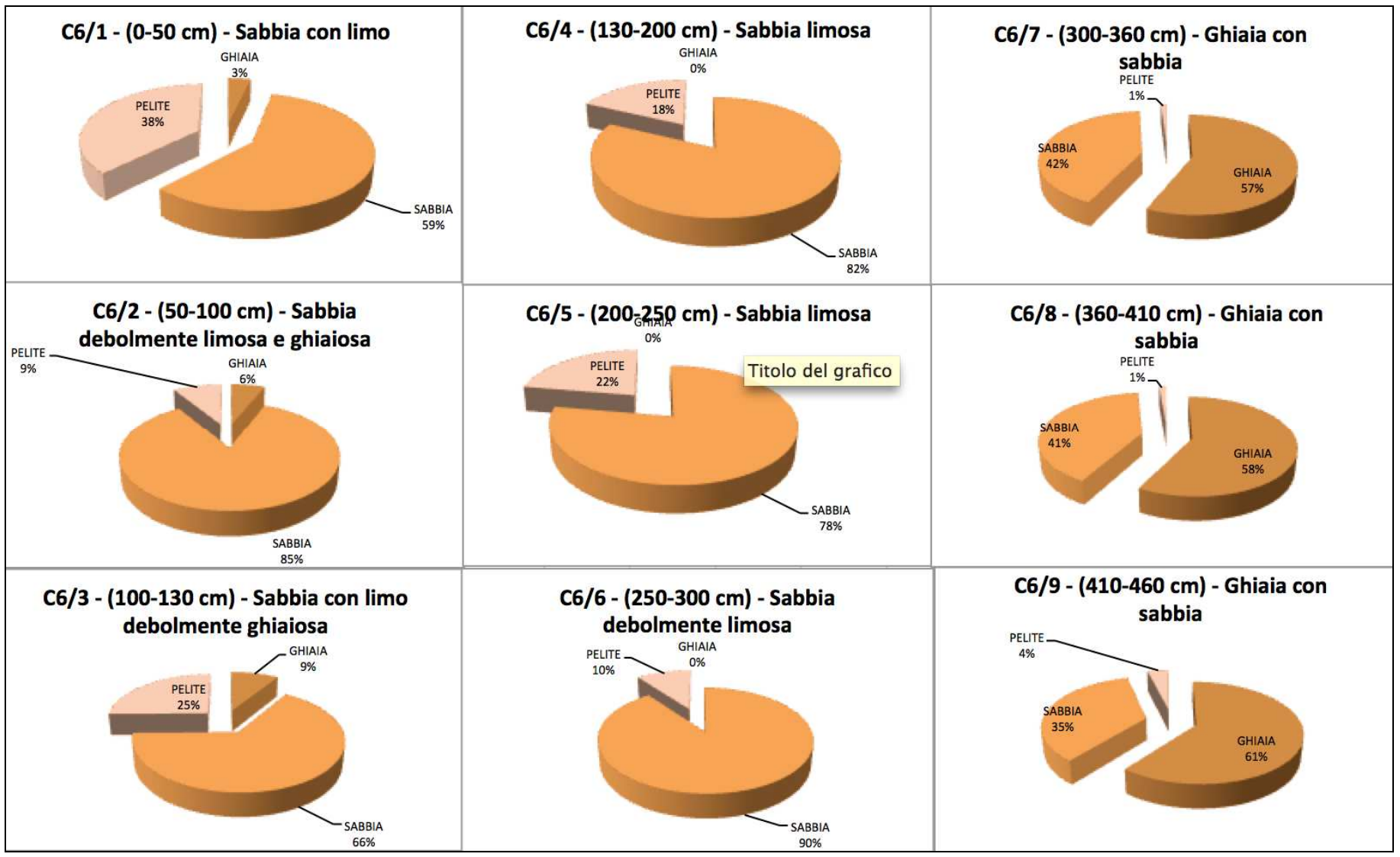


Figura 2.21. Distribuzione granulometrica per sezioni della Carota 6, vi è in media prevalenza di sabbia (64,21 %), con basse percentuali di pelite nella parte inferiore (sotto la settima sezione intorno al 2%), dove aumenta invece la ghiaia. Nell'insieme la granulometria del sedimento utile pare compatibile con la destinazione spiaggia.

Carota 7

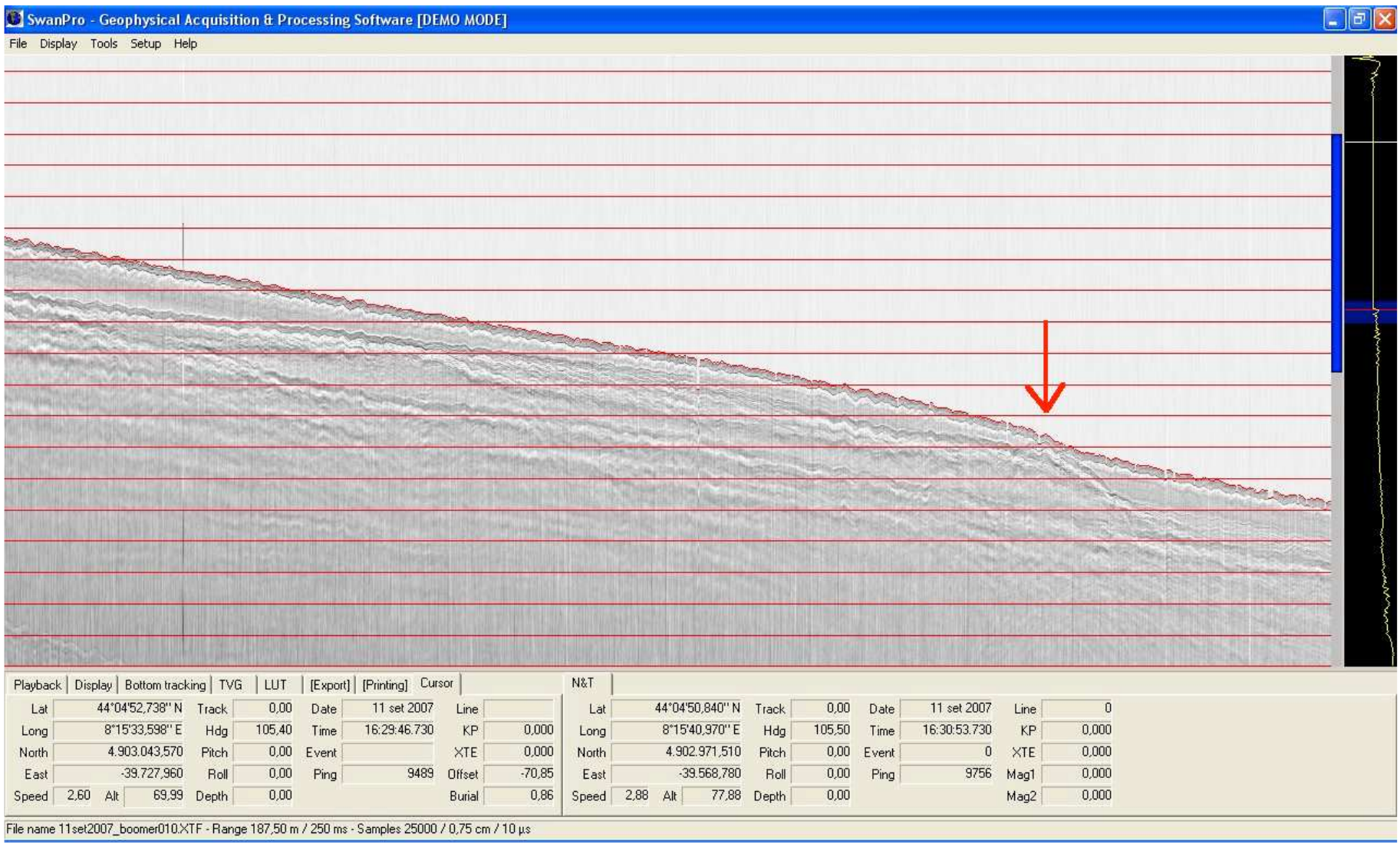


Figura 2.22. Profilo Boomer010, rappresentativo della Carota 7

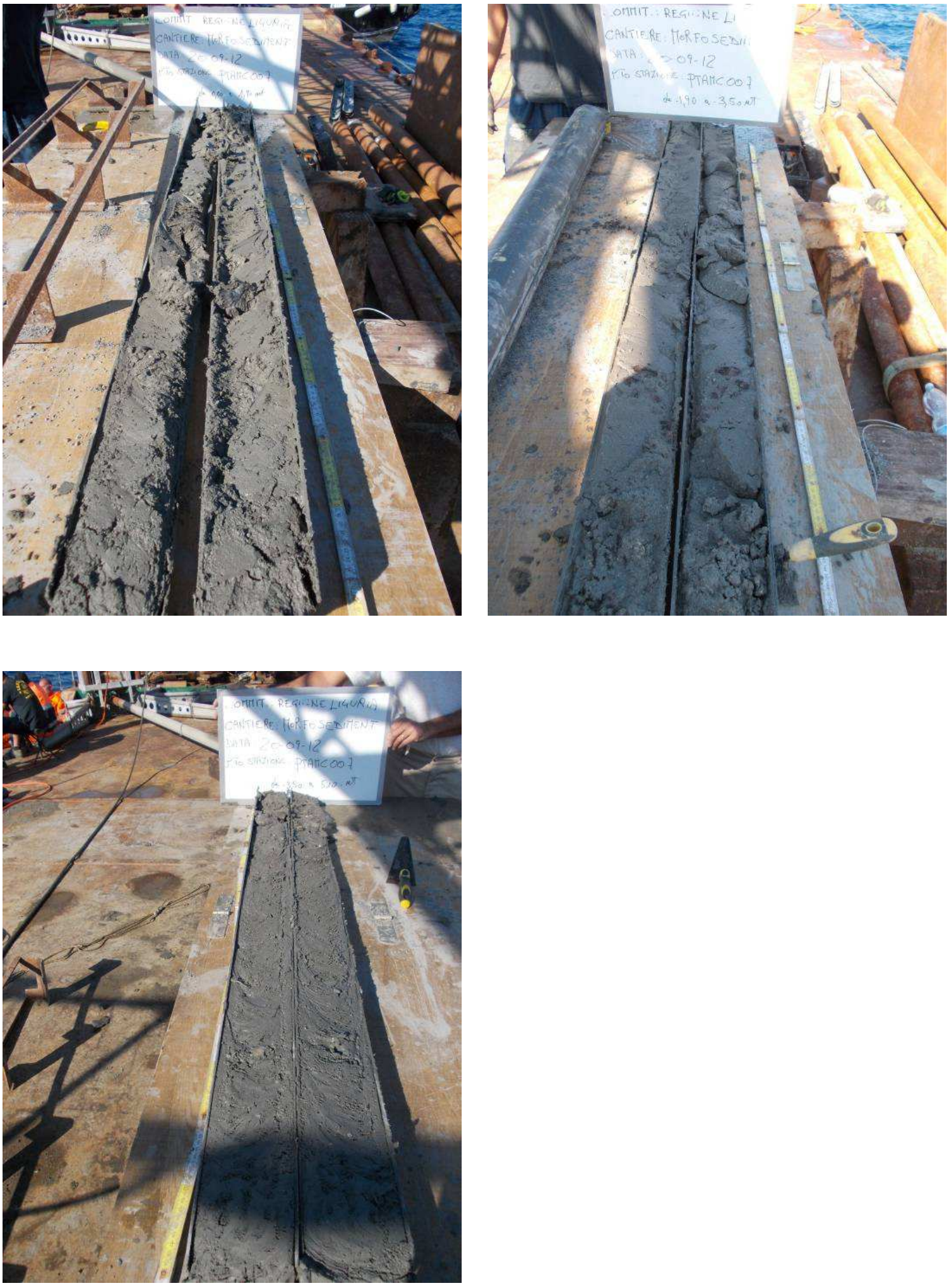


Figura 2.23. PTAMC007 – i tre spezzoni fotografici della Carota 7, lunga 5,20m.

intervallo (m)		Analisi chimica	D50 (mm)	%ghiaia (>2mm)	%sabbia (<2mm)	%pelite (<0,063)	def. granulometrica per subcampione	descrizione stratigrafia per tratto omogeneo
0,0	0,1	7A						Argilla limosa di colore grigio, mediamente compatta.
0,1	0,2	argilla						
0,2	0,3	Analisi totale	**0**	**0,5**	**47,1**	*52,4*	*(1) limo con sabbia*	
0,3	0,4							
0,4	0,5							

0,5	0,6							
0,6	0,7							
0,7	0,8		**0,28**	**3,6**	**73,1**	*23,3*	*(2) sabbia limosa*	
0,8	0,9							
0,9	1,0							
1,0	1,1							
1,1	1,2							
1,2	1,3		**0**	**4,8**	**62,1**	*33,1*	*(3) sabbia con limo*	Limo argilloso di colore grigio, mediamente compatto, con presenza di gusci di conchiglie interi e in frammenti
1,3	1,4							
1,4	1,5							
1,5	1,6							
1,6	1,7		**0**	**1,8**	**58**	*40,2*	*(4) sabbia con limo*	
1,7	1,8							
1,8	1,9							
1,9	2,0							
2,0	2,1							
2,1	2,2		**0**	**2,3**	**68**	*29,7*	*(5) sabbia con limo*	
2,2	2,3							
2,3	2,4							Sabbia fine limosa di colore grigio, mediamente addensata, con presenza frammenti conchigliari
2,4	2,5							
2,5	2,6							
2,6	2,7		**0**	**0**	**67,4**	*32,6*	*(6) sabbia con limo*	
2,7	2,8							
2,8	2,9							
2,9	3,0							
3,0	3,1							
3,1	3,2							
3,2	3,3							
3,3	3,4		**0**	**0**	**67**	*33*	*(7) sabbia con limo*	
3,4	3,5							
3,5	3,6							
3,6	3,7	7B sabbia lim organogena						
3,7	3,8							
3,8	3,9		**0**	**0**	**57,5**	*42,5*	*(8) sabbia con limo*	Sabbia da fine a grossolana di colore grigio con subordinata ghiaia fine e presenza di conchiglie e agglomerati cementati di conchiglie
3,9	4,0							
4,0	4,1	Solo i metalli						
4,1	4,2							
4,2	4,3							
4,3	4,4		**0**	**1,9**	**65,9**	*32,2*	*(9) sabbia con limo*	Limo da debolmente sabbioso a sabbioso di colore grigio, compatto, con presenza di abbondandi conchiglie frammenti conchigliari
4,4	4,5							
4,5	4,6							
4,6	4,7							
4,7	4,8							
4,8	4,9		**0**	**3,3**	**58,9**	*37,8*	*(10) sabbia con limo*	
4,9	5,0							
5,0	5,1							
5,1	5,2							

Sopra si può apprezzare la stratigrafia della carota nel suo insieme, di seguito (Fig. 2.24) sono riportati i grafici a torta per ogni spezzone. In media, sul totale del PTAMC007 sono presenti per ogni sezione il 1,82 % di ghiaia, il 62,50 % di sabbia e il 35,68 % di pelite, con un diametro medio stimato del

sedimento di 0,28 mm, dove è stato possibile misurarlo. La percentuale media di pelite risulta quindi piuttosto elevata rispetto alle altre considerate, specialmente rappresentando circa la metà del sedimento rispetto alla sabbia presente. In questo caso il sedimento potrebbe non essere utile ai fini di un ripascimento di spiaggia, in quanto effettivamente troppo contaminato dal fine.

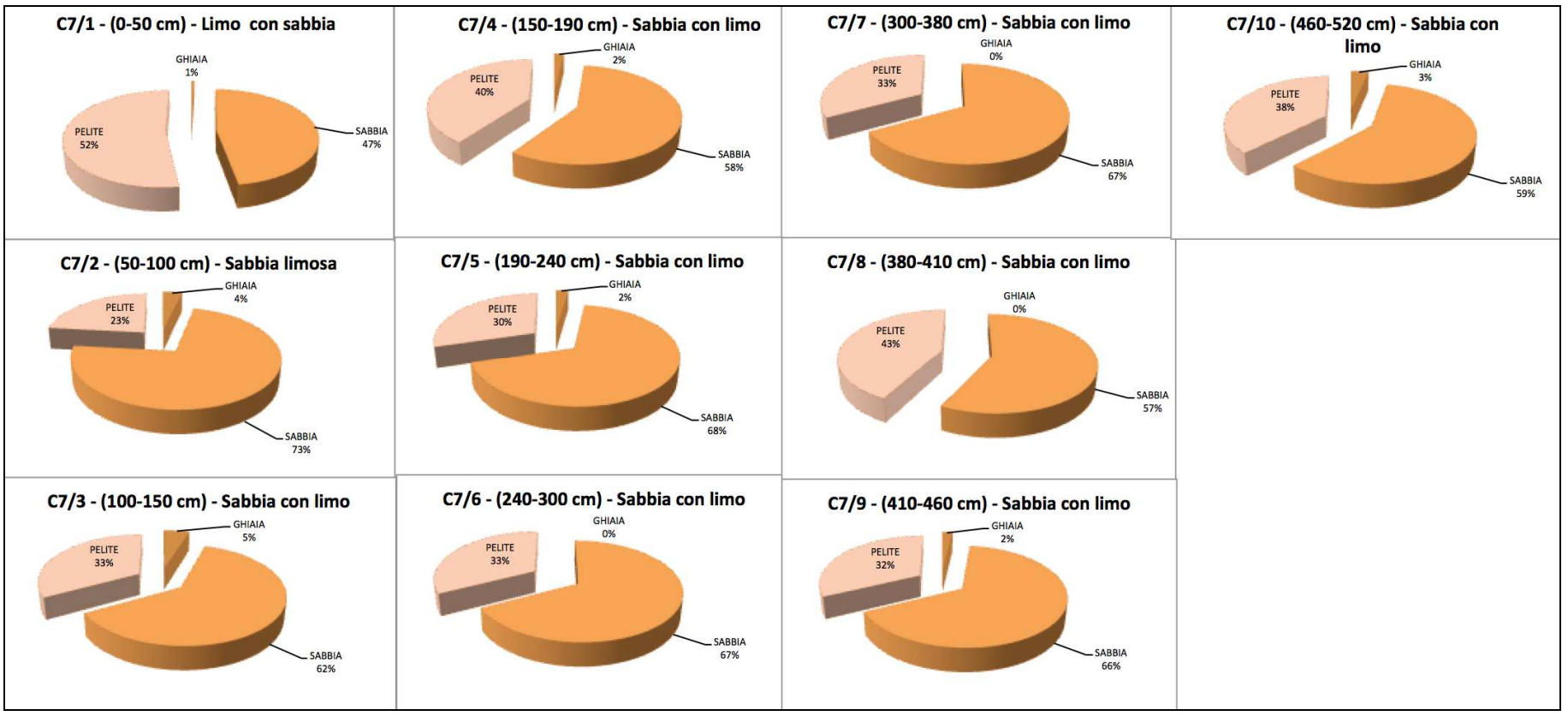


Figura 2.24. Distribuzione granulometrica per sezioni della Carota 7, vi è in media prevalenza di sabbia (62,50 %), con percentuali di pelite che si aggirano intorno al 35%, rappresentative di quasi tutte le sezioni. Nell'insieme la granulometria del sedimento utile, quindi la parte sabbiosa, pare compatibile con la destinazione spiaggia, però in questo caso la pelite potrebbe avere un peso eccessivo.

Carota 8

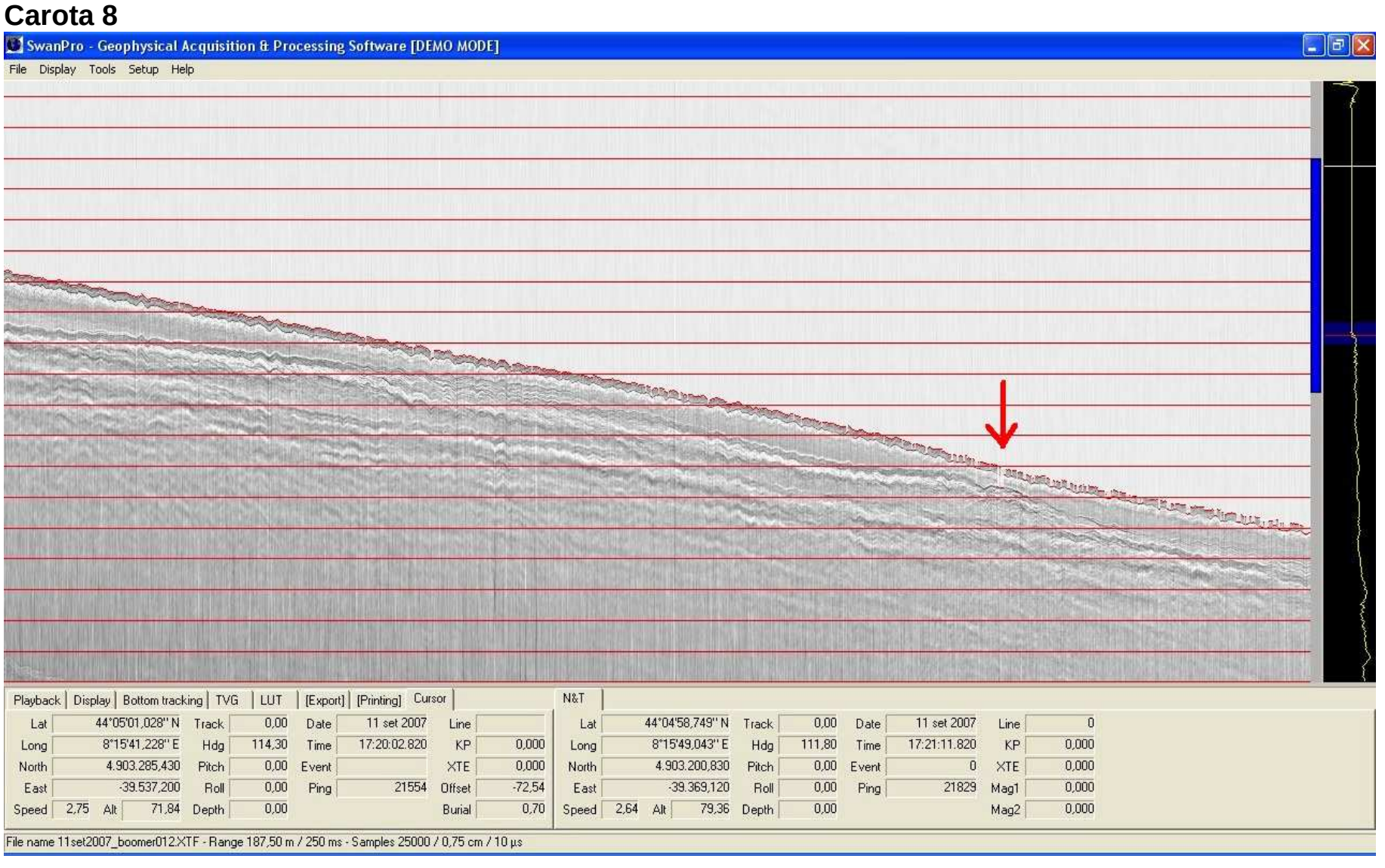


Figura 2.25. Profilo Boomer012, rappresentativo della Carota 8



Figura 2.26. PTAMC008 - spezzoni fotografici dell'ultima carota, lunga 5,10 m.

intervallo (m)		Analisi chimico-fisica	D50 (mm)	%ghiaia (>2mm)	%sabbia (<2mm)	%pelite (<0,063)	def. granulometrica per subcamione	descrizione stratigrafia per tratti omogenei
0,0	0,1	8A					*(1) sabbia con limo*	Argilla limosa di colore grigio, mediamente compatta. Presenza di un livello di frustoli
0,1	0,2	argilla						
0,2	0,3	nessuna analisi	**0,2**	**3,4**	**61,8**	*34,8*		
0,3	0,4							

0,4	0,5							vegetali in matrice limosa di colore nerastro tra quota -0,60 e 0,70. Presenza di livelli millimetrici di limo grigiastro tra quota -1,10 e -1,40
0,5	0,6							
0,6	0,7							
0,7	0,8		**0,42**	**4,4**	**73**	*22,6*	*(2) sabbia limosa*	
0,8	0,9							
0,9	1,0							
1,0	1,1							
1,1	1,2							
1,2	1,3		**0,23**	**5,6**	**72,2**	*22,2*	*(3) sabbia limosa*	
1,3	1,4							
1,4	1,5							Limo di colore grigio, mediamente compatto, talora debolmente sabbioso, con presenza di frammenti conchigliari di dimensioni millimetriche
1,5	1,6							
1,6	1,7		**0**	**0**	**46,1**	*53,9*	*(4) limo con sabbia*	
1,7	1,8							
1,8	1,9							
1,9	2,0		**0**	**0**	**43,1**	*56,9*	*(5) limo con sabbia*	
2,0	2,1							
2,1	2,2							
2,2	2,3							Sabbia fine limosa di colore grigio, mediamente addensata, con presenza frammenti conchigliari
2,3	2,4							
2,4	2,5		**0**	**0**	**78**	*22*	*(6) sabbia limosa*	
2,5	2,6							
2,6	2,7							
2,7	2,8							
2,8	2,9		**0,21**	**18,3**	**64,3**	*17,4*	*(7) sabbia ghiaiosa e limosa*	
2,9	3,0							
3,0	3,1	8B						Sabbia da fine a grossolana di colore grigio con subordinata ghiaia fine e presenza di conchiglie
3,1	3,2	sabbia lim						
3,2	3,3		**0,19**	**3,1**	**77,5**	*19,4*	*(8) sabbia limosa*	
3,3	3,4	nessuna analisi						
3,4	3,5							
3,5	3,6							
3,6	3,7							
3,7	3,8		**0**	**2,8**	**74,9**	*22,3*	*(9) sabbia limosa*	
3,8	3,9							
3,9	4,0							
4,0	4,1							Limo da debolmente sabbioso a sabbioso di colore grigio, compatto, con presenza di abbondandi conchiglie frammenti conchigliari
4,1	4,2							
4,2	4,3		**0**	**0**	**65,9**	*34,1*	*(10) sabbia con limo*	
4,3	4,4							
4,4	4,5							
4,5	4,6							
4,6	4,7	8C						
4,7	4,8	sabbia f lim						
4,8	4,9	conchiglie						
4,9	5,0	nessuna analisi						

Sopra si può apprezzare la stratigrafia della carota nel suo insieme, di seguito (Fig. 2.27) sono riportati i grafici a torta per ogni spezzone. In media, sul totale del PTAMC008 sono presenti per ogni sezione

il 3,76% di ghiaia, il 65,68% di sabbia e il 30,56% di pelite, con un diametro medio stimato del sedimento di 0,25 mm, dove è stato possibile determinarlo. Anche in questo caso la pelite spesso supera in percentuale di presenza la metà della sabbia, ed il rapporto 1:2 potrebbe non essere ottimale in ottica di estrazione e ripascimento.

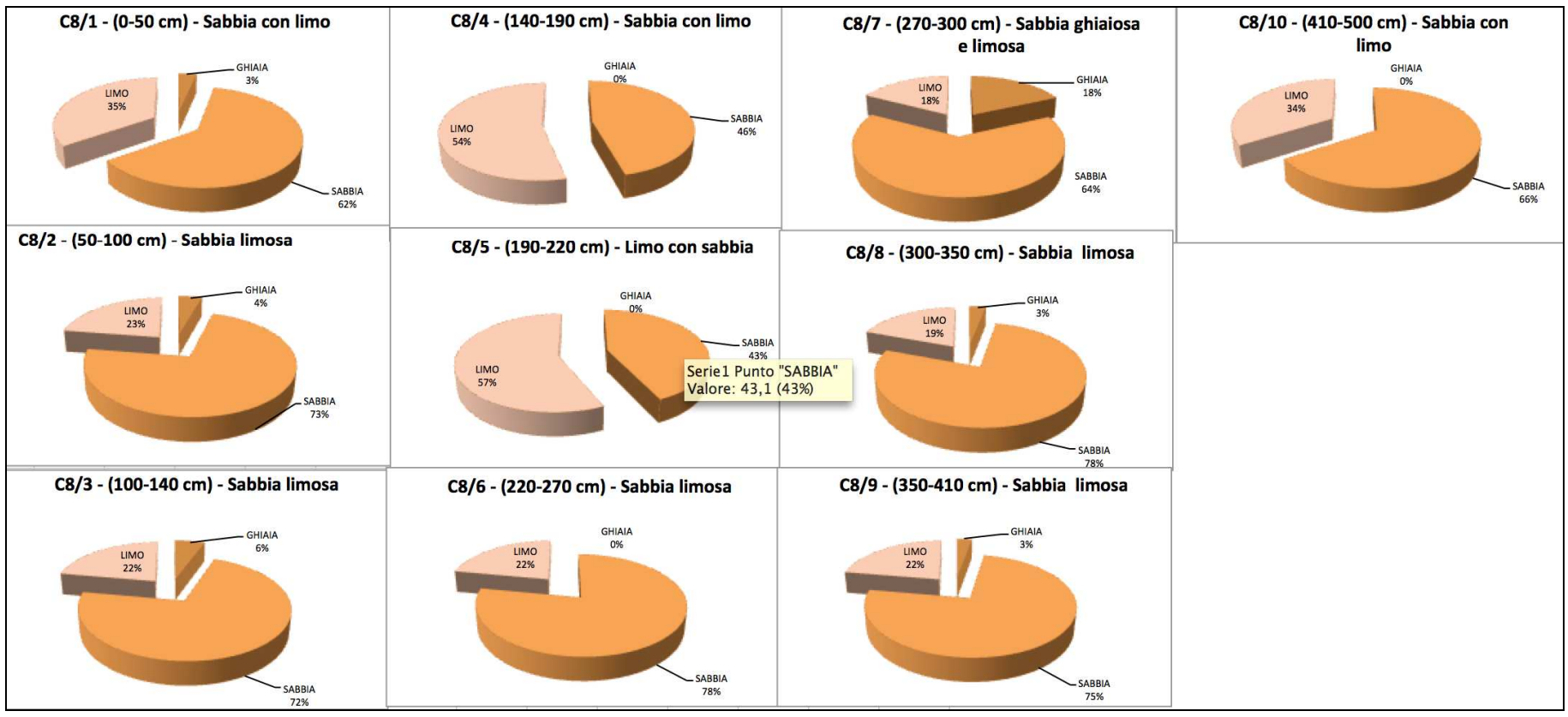
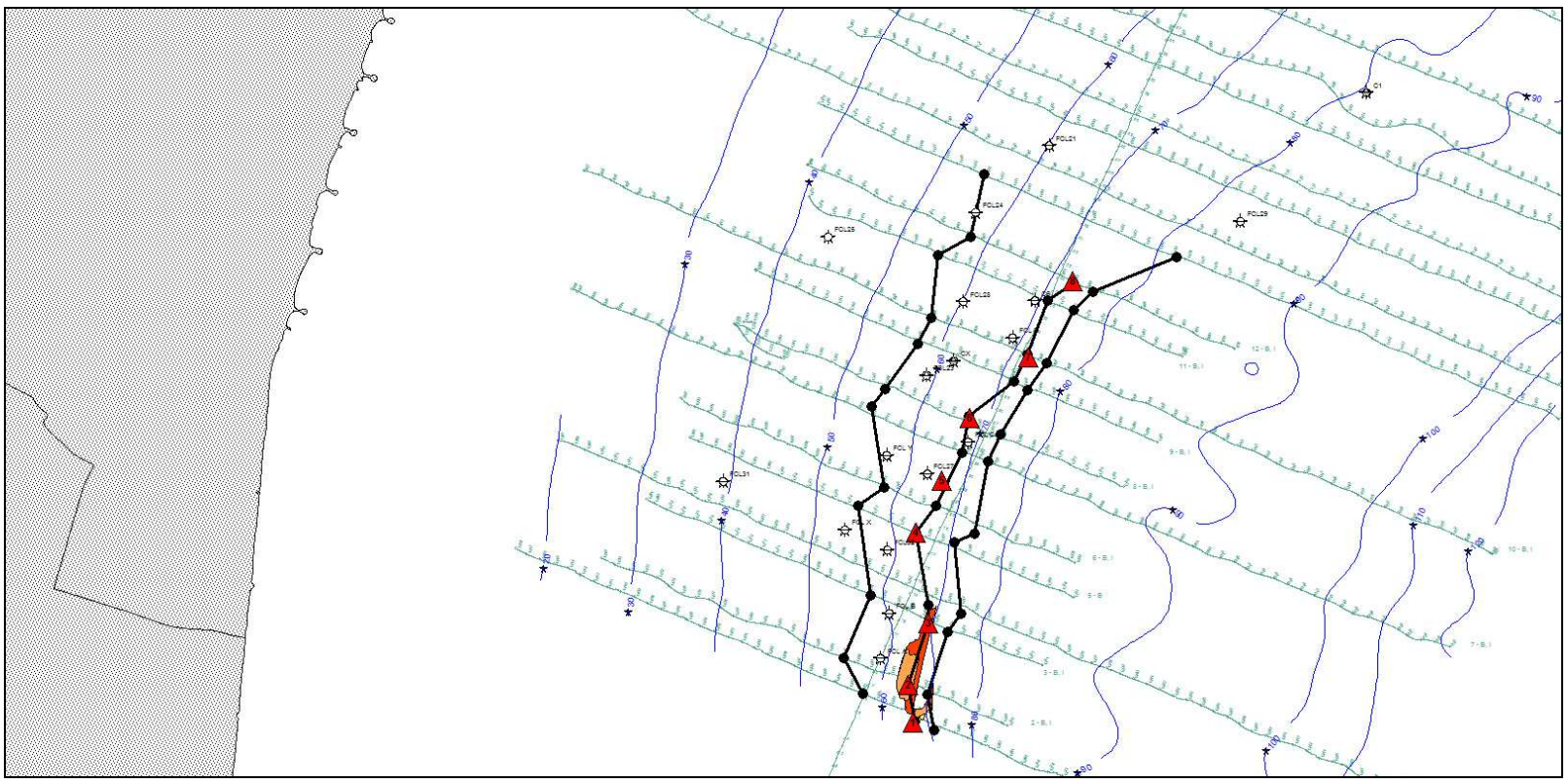


Figura 2.27. Distribuzione granulometrica per sezioni della Carota 8, vi è in media prevalenza di sabbia (65,68%). La pelite occupa però percentuali importanti in tutta la carota, pertanto potrebbe risultare difficile l'estrazione della sola sabbia.

3. Ipotesi di prelievo

Come già anticipato in precedenza sono state fatte in sede di studio elaborazioni e confronti tra i grid ottenuti con Vertical Mapper relativi agli spessori di sabbia e pelite. Si sono ipotizzati tre scenari di potenziale estrazione, e per ognuno si sono calcolati i volumi. Intanto è risultato evidente che la migliore delle ipotesi di estrazione è quella che prevede il minimo di pelite a copertura del massimo di sabbia possibile, ed i tre scenari sono stati sviluppati in questo modo, andando a considerare i volumi di sabbia presenti sotto a spessori pelitici via via crescenti, fino ad un massimo di 3 m di spessore. Oltre non avrebbe infatti senso andare a cavare, in quanto il volume di pelite da spostare sarebbe eccessivo (Studi Costieri n°13 e n°19). I tre scena ri, che vanno da quello più restrittivo a quello meno restrittivo, sono i seguenti (valga la legenda cromatica in questo modo: verde, tra 0 e 1 m di spessore di sabbia; giallo, tra 2 e 3 m; arancio tra 3 e 5 m; rosso tra 5 e 7,7 m di spessore di sabbia):

Scenario 1: zona di cava potenziale con meno di 1,5 m di copertura pelitica, corrispondente ad un volume di 24.400 m^3. In questa zona sarebbero disponibili circa 113.000 m^3 di sabbia. Interesserebbe sedimento campionato dalle Carote 1, 2 e 3.



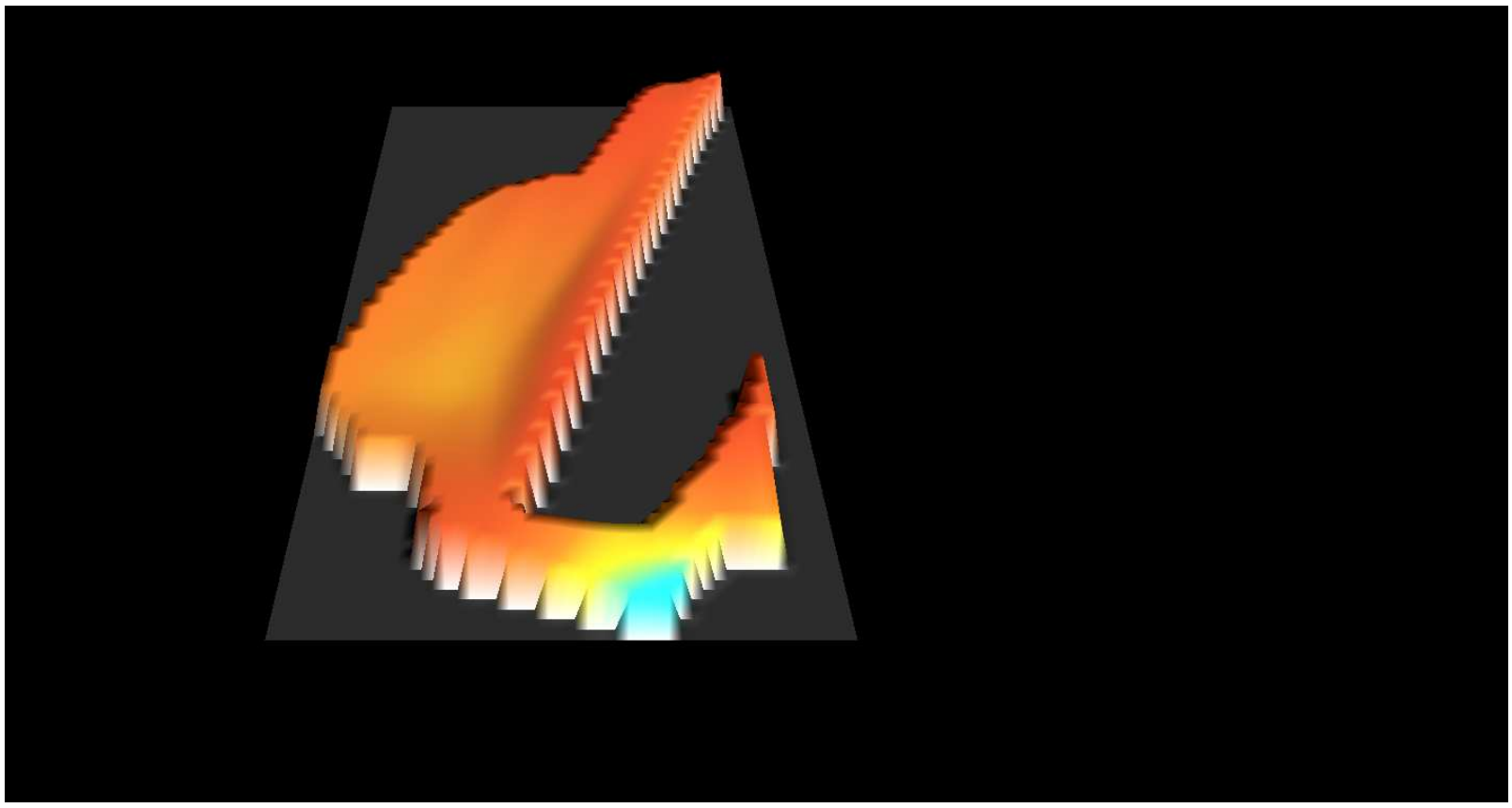
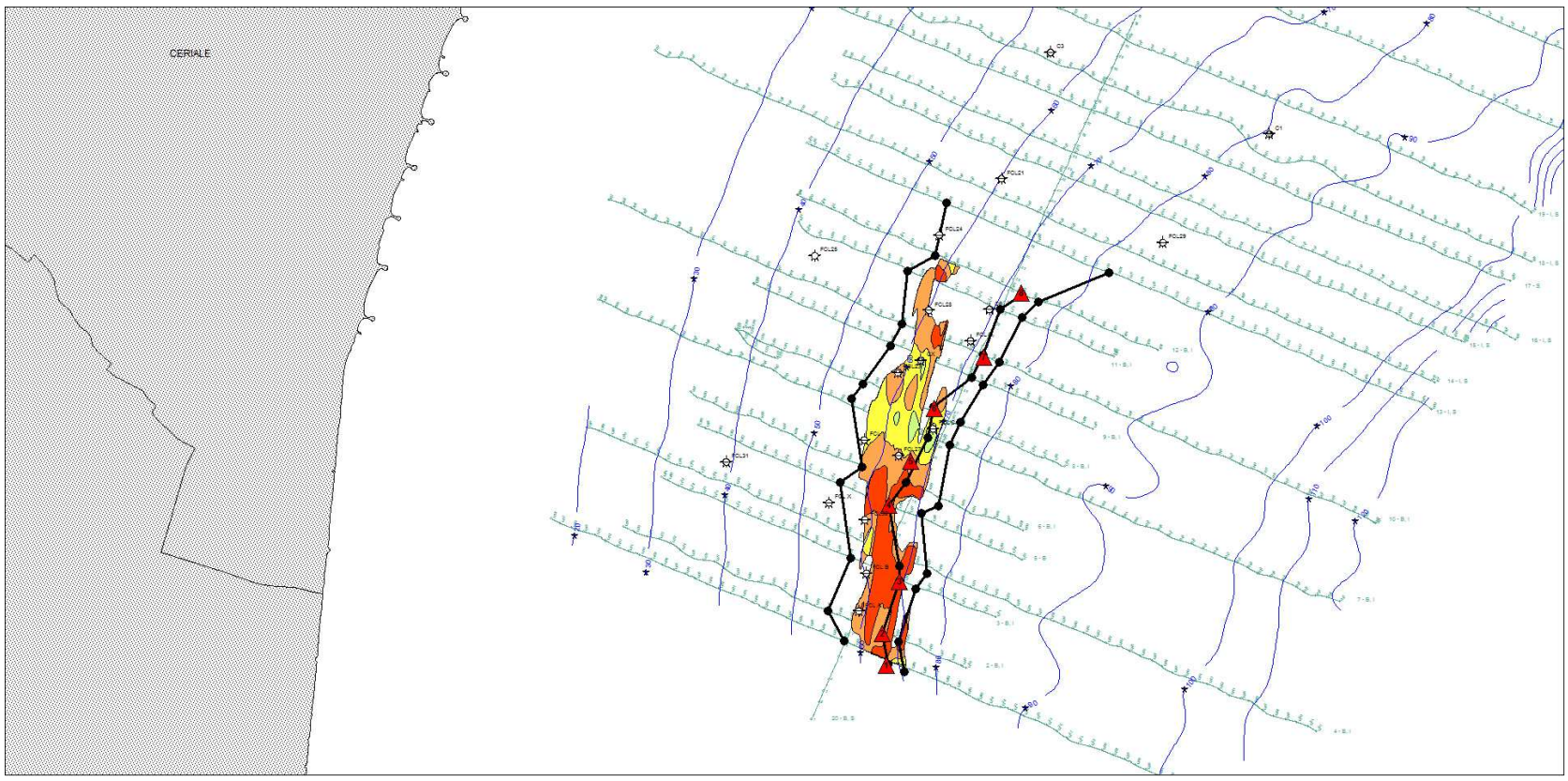


Figura 3.1. La zona di potenziale estrazione con meno di 1,5 m di copertura pelitica contestualizzata nel corridoio di dragaggio ipotizzato, e la rappresentazione 3D del deposito di sabbia sottostante.

Scenario 2: zona di cava potenziale coperta da meno di 2,5 m di pelite, corrispondente ad un volume di circa 568.000 m^3, che renderebbe disponibile circa 1.165.000 m^3 di sabbia. Escluderebbe le carote 7 e 8.



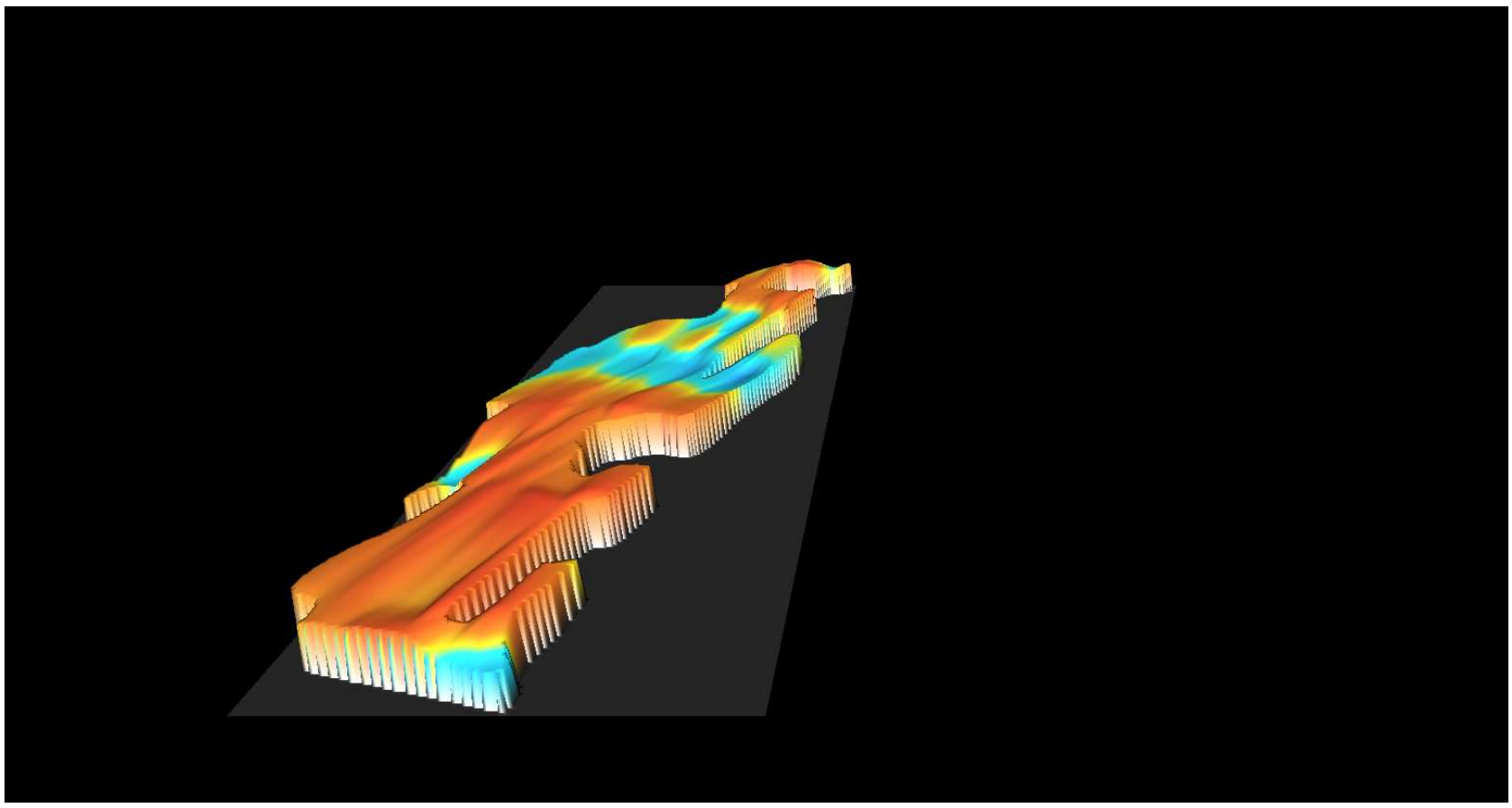
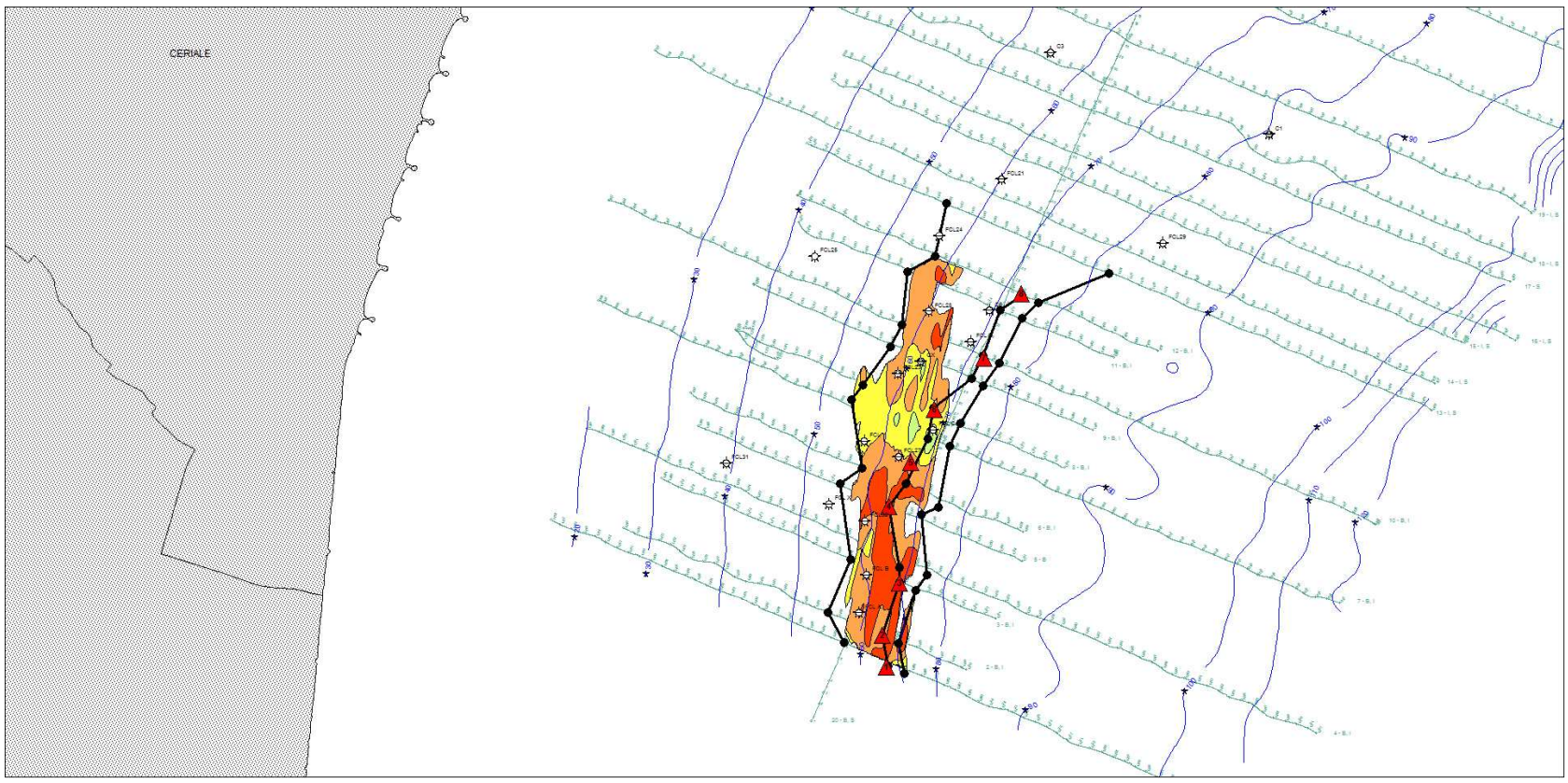


Figura 3.2. La zona di potenziale estrazione con meno di 2,5 m di copertura pelitica contestualizzata nel corridoio di dragaggio ipotizzato, e la rappresentazione 3D del deposito di sabbia sottostante.

Scenario 3: zona coperta da meno di 3 m di pelite, corrispondente ad un volume di 886.000 m^3, renderebbe disponibile circa 1.575.000 m^3 di sabbia. In questo caso il sedimento sarebbe rapresentato da tutte le carote effettuate tranne la 7 e la 8, che in ogni caso erano le due peggiori dal punto di vista garanulometrico.



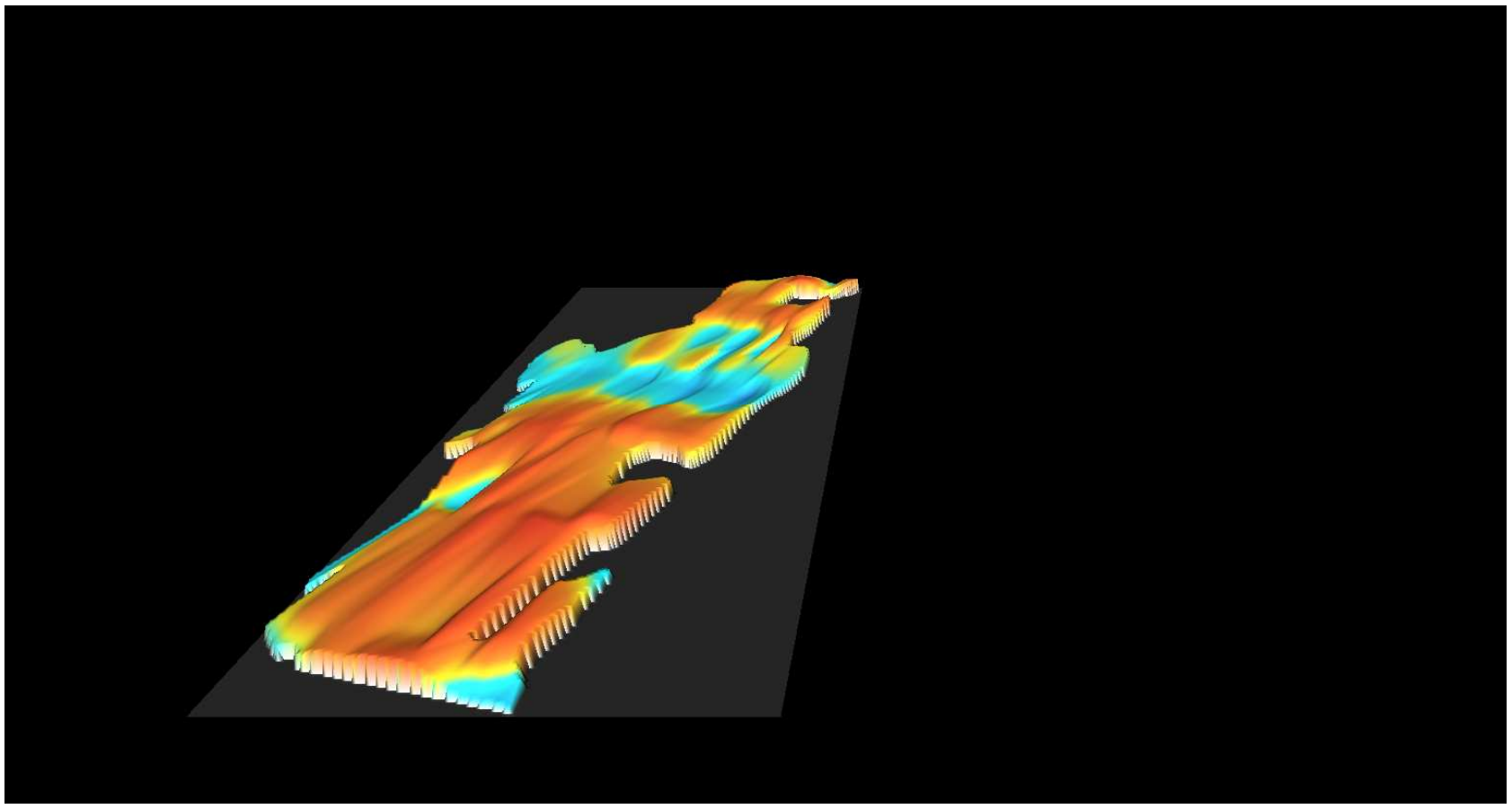


Figura 3.3. La zona di potenziale estrazione con meno di 3 m di copertura pelitica contestualizzata nel corridoio di dragaggio ipotizzato, e la rappresentazione 3D del deposito di sabbia sottostante.

4. Analisi della prefattibilità ambientale del dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento

L'analisi di prefattibilità ambientale del dragaggio ai fini di ripascimento è stata svolta in merito ai seguenti argomenti

- Compatibilità chimica dei sedimenti oggetto di dragaggio
- Compatibilità del dragaggio in relazione agli habitat marini presenti nell'area di cava
- Compatibilità del dragaggio in relazione agli habitat presenti nell'area di deposizione della torbida e del materiale di scarto
- Compatibilità dei ripascimenti in relazione agli habitat costieri
- Compatibilità dell'area di dragaggio in relazione alle attività di pesca professionale

4.1. Compatibilità chimica dei sedimenti oggetto di dragaggio

La qualità dei sedimenti in termini di assenza di contaminazione da ogni forma significativa di inquinamento è la prima prerogativa di ogni attività di ripascimento; per quanto riguarda i sedimenti marini la normativa nazionale ambientale (il Testo Unico sulle Acque, D.lgs. 152/06) ha indicato standard di qualità chimica che la Regione ha da tempo introdotto come elemento di valutazione per l'approvazione degli interventi.

Se da un lato l'utilizzo di sabbie relitte (deposte in ambienti di spiaggia in epoche precedenti allo sviluppo industriale) esclude la possibilità di contaminazione sul corpo della paleo spiaggia è pur vero che tali sedimenti si trovano oggi in larga misura coperti da una coltre sedimentaria di origini più recenti.

È stata pertanto prevista, in parallelo alla caratterizzazione sedimentologica e granulometrica del deposito già discussa nei capitoli precedenti, una campagna di caratterizzazione chimica effettuata sui campioni prelevati dalle carote già descritte.

Dalle carote estratte sono stati prelevati campioni per le analisi chimiche di laboratorio condotte da ARPAL, i cui risultati chimici sono stati in questo studio interpretati e confrontati, per poter stabilire la bontà e l'utilizzabilità del sedimento.

ARPAL ha analizzato da un punto di vista chimico alcuni spezzoni rappresentativi di diverse profondità delle 8 carote, eseguendo per alcuni campioni un'analisi totale e per altri solo quella relativa ai metalli.

Nella scelta del profilo analitico si è posta particolare attenzione ai campioni degli strati superficiali: essi sono infatti quelli maggiormente esposti a fenomeni di inquinamento, sia per il fatto di rappresentare i fenomeni di deposizione più recenti, sia per il fatto di essere caratterizzati da alte frazioni granulometriche pelitiche, ove gli inquinanti tendono a concentrarsi elettivamente. Per questo

motivo alla maggior parte dei campioni superficiali è stato applicato un profilo analitico completo, comprensivo cioè di tutti i principali inquinanti ambientali, mentre alla maggior parte degli altri campioni è stato applicato un profilo analitico limitato alla presenza dei metalli.

Per la valutazione dei risultati si è fatto riferimento alla DGR 1446/09 “Criteri generali da osservarsi nella progettazione degli interventi stagionali di ripascimento degli arenili”, che facendo propri i criteri stabiliti dalla normativa sulla classificazione dei corpi idrici (D.M. 260/2010) stabilisce i seguenti parametri ed i relativi standard di qualità:

	Valori soglia µg/kg peso secco	Fonte
Organometalli		
Tributilstagno	6	260/2010
PCB		
PCB totali	10	260/2010
Idrocarburi		
Idrocarburi totali	60000	D.M. 471
Idrocarburi Policiclici Aromatici		
Fenantrene	90	CSQG
Antracene	54	260/2010
Fluorantene	130	260/2010
Benzo(k)fluorantene	24	260/2010
Benzo(a)antracene	80	CSQG
Benzo(b)fluorantene	48	260/2010
Benzo(ghi)perilene	66	260/2010
Crisene	110	CSQG
Benzo(a)pirene	40	260/2010
Dibenzo(ah)antracene	70	NOAA
Indeno(1,2,3-cd)pirene	84	260/2010
Pirene	160	CSQG
IPA totali	960	260/2010
Pesticidi e fitofarmaci		
DDT	1,2	260/2010

DDE	2,1	260/2010
DDD	1,0	260/2010
HCH alfa	0,3	260/2010
HCH beta	0,3	260/2010
HCH gamma	0,3	260/2010
Esaclorobenzene	0,5	260/2010
Aldrin	0,3	260/2010
Dieldrin	0,3	260/2010
Endrin	2,7	CSQG

Tabella 4.1.1. Standard di qualità dei principali inquinanti ambientali previsti dalla normativa regionale sui ripascimenti

Per quanto riguarda la presenza dei metalli la normativa regionale applica i seguenti valori sito specifici (riferiti cioè alle diverse unità fisiografiche in cui è suddivisibile la costa ligure), desunti dal chimismo dei bacini versanti sulla base dei risultati dell'Atlante Geochimico regionale:

Metalli	Limiti				UM
	UF_10	UF_11	UF_12	Limite Inferiore	
Arsenico	19	19	38	19	mg/Kg s.s.
Cadmio	0,5	0,5	0,7	0,5	mg/Kg s.s.
Cromo	50	50	50	50	mg/Kg s.s.
Mercurio	0,3	0,3	0,3	0,3	mg/Kg s.s.
Nichel	58	58	44	44	mg/Kg s.s.
Piombo	56	56	67	56	mg/Kg s.s.
Rame	55	55	48	48	mg/Kg s.s.
Zinco	134	134	136	134	mg/Kg s.s.

Tabella 4.1.2. Valori limite per i metalli suddivisi per Unità Fisiografica

Di seguito sono riportate le stratigrafie delle carote con l'indicazione delle sezioni analizzate, il profilo analitico applicato e i corrispondenti risultati delle analisi:

	analisi completa
	solo metalli
	campione non analizzato

Carota 1

Intervallo (m)		carota 1	
0,0	0,1	1A sabbia fine	Analisi relativa solo ai metalli.
0,1	0,2		
0,2	0,3		
0,3	0,4		
0,4	0,5		
0,5	0,6		
0,6	0,7		
0,7	0,8		
0,8	0,9		
0,9	1,0		
1,0	1,1	1B sabbia mediofine	Analisi relativa solo ai metalli.
1,1	1,2		
1,2	1,3		
1,3	1,4		
1,4	1,5		
1,5	1,6		
1,6	1,7		
1,7	1,8		
1,8	1,9		
1,9	2,0		
2,0	2,1		
2,1	2,2		
2,2	2,3		
2,3	2,4		
2,4	2,5		
2,5	2,6		
2,6	2,7		
2,7	2,8		
2,8	2,9		
2,9	3,0		
3,0	3,1		
3,1	3,2		
3,2	3,3		
3,3	3,4		
3,4	3,5		
3,5	3,6		
3,6	3,7		
3,7	3,8		
3,8	3,9		
3,9	4,0		
4,0	4,1		
4,1	4,2		
4,2	4,3	1C sabbia media	Analisi relativa solo ai metalli.
4,3	4,4		
4,4	4,5		
4,5	4,6		
4,6	4,7		
4,7	4,8		
4,8	4,9		
4,9	5,0		
5,0	5,1		
5,1	5,2		
5,2	5,3	beach rock	La carota è interrotta da uno strato roccioso compatto

Carota 1	Parametro	Risultato	UM
PTAMC001A	Alluminio	4858	mg/Kg s.s.
PTAMC001A	Arsenico	8	mg/Kg s.s.
PTAMC001A	Cadmio	0,1	mg/Kg s.s.
PTAMC001A	Cromo esavalente	1	mg/Kg s.s.
PTAMC001A	Cromo totale	10	mg/Kg s.s.
PTAMC001A	Ferro	9739	mg/Kg s.s.
PTAMC001A	Mercurio	0,01	mg/Kg s.s.
PTAMC001A	Nichel	12	mg/Kg s.s.
PTAMC001A	Piombo	3	mg/Kg s.s.
PTAMC001A	Rame	2	mg/Kg s.s.
PTAMC001B	Alluminio	4258	mg/Kg s.s.
PTAMC001B	Arsenico	6	mg/Kg s.s.
PTAMC001B	Cadmio	0,09	mg/Kg s.s.
PTAMC001B	Cromo esavalente	1	mg/Kg s.s.
PTAMC001B	Cromo totale	8	mg/Kg s.s.
PTAMC001B	Ferro	8909	mg/Kg s.s.
PTAMC001B	Mercurio	0,01	mg/Kg s.s.
PTAMC001B	Nichel	10	mg/Kg s.s.
PTAMC001B	Piombo	3	mg/Kg s.s.
PTAMC001B	Rame	2	mg/Kg s.s.
PTAMC001C	Alluminio	4567	mg/Kg s.s.
PTAMC001C	Arsenico	8	mg/Kg s.s.
PTAMC001C	Cadmio	0,08	mg/Kg s.s.
PTAMC001C	Cromo esavalente	1	mg/Kg s.s.
PTAMC001C	Cromo totale	9	mg/Kg s.s.
PTAMC001C	Ferro	9546	mg/Kg s.s.
PTAMC001C	Mercurio	0,01	mg/Kg s.s.
PTAMC001C	Nichel	10	mg/Kg s.s.
PTAMC001C	Piombo	4	mg/Kg s.s.
PTAMC001C	Rame	2	mg/Kg s.s.

Tabella 4.1.3. PTAMC001 – sezione A, B e C con i corrispondenti risultati delle analisi chimiche

Carota 2

intervallo		carota 2	
0,0	0,1		Analisi relativa solo ai metallio
0,1	0,2		
0,2	0,3		
0,3	0,4		
0,4	0,5	2A	

0,5 0,6 0,7 0,8 0,9	0,6 0,7 0,8 0,9 1,0	sabbia-ghiaia	
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7	1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8		
1,8 1,9	1,9 2,0	beach rock	La carota è interrotta da uno strato roccioso compatto

Carota 2	Parametro	Risultato	UM
PTAMC002A	Alluminio	5717	mg/Kg s.s.
PTAMC002A	Arsenico	12	mg/Kg s.s.
PTAMC002A	Cadmio	0,04	mg/Kg s.s.
PTAMC002A	Cromo esavalente	< 0,2	mg/Kg s.s.
PTAMC002A	Cromo totale	16	mg/Kg s.s.
PTAMC002A	Ferro	15770	mg/Kg s.s.
PTAMC002A	Mercurio	0,02	mg/Kg s.s.
PTAMC002A	Nichel	14	mg/Kg s.s.
PTAMC002A	Piombo	8	mg/Kg s.s.
PTAMC002A	Rame	1	mg/Kg s.s.

Tabella 4.1.4. PTAMC002 – sezione con i corrispondenti risultati delle analisi chimiche

Carota 3

Intervallo (m)		carota 3	
0,0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9	0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0	3A argilla	Analisi completa
		3B limo	Analisi relativa solo ai metalli.
1,0 1,1 1,2 1,3	1,1 1,2 1,3 1,4		

1,4	1,5		
1,5	1,6		
1,6	1,7		
1,7	1,8		
1,8	1,9		
1,9	2,0		
2,0	2,1		
2,1	2,2		
2,2	2,3		
2,3	2,4		
2,4	2,5		
2,5	2,6		
2,6	2,7		
2,7	2,8		
2,8	2,9		
2,9	3,0		
3,0	3,1		
3,1	3,2		
3,2	3,3		
3,3	3,4		
3,4	3,5		
3,5	3,6		
3,6	3,7		
3,7	3,8		
3,8	3,9		
3,9	4,0		
4,0	4,1		
4,1	4,2		
4,2	4,3	3C sabbia fine limosa	Analisi completa
4,3	4,4		
4,4	4,5		
4,5	4,6		
4,6	4,7		
4,7	4,8		
4,8	4,9		
4,9	5,0		
5,0	5,1	beach rock	La carota è interrotta da uno strato roccioso compatto
5,1	5,2		
5,2	5,3		

Carota 3	Parametro	Risultato	UM
PTAMC003A	Alluminio	15969	mg/Kg s.s.
PTAMC003A	Arsenico	17	mg/Kg s.s.
PTAMC003A	Cadmio	0,2	mg/Kg s.s.
PTAMC003A	Cromo esavalente	0,3	mg/Kg s.s.
PTAMC003A	Cromo totale	39	mg/Kg s.s.
PTAMC003A	Ferro	25670	mg/Kg s.s.

PTAMC003A	Mercurio	0,1	mg/Kg s.s.
PTAMC003A	Nichel	40	mg/Kg s.s.
PTAMC003A	Piombo	18	mg/Kg s.s.
PTAMC003A	Rame	21	mg/Kg s.s.
PTAMC003A	IPA Totali	0,038	mg/Kg s.s.
PTAMC003A	PCB Totali	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC003A	pesticidi	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC003A	tributilstagno	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC003B	Alluminio	9000	mg/Kg s.s.
PTAMC003B	Arsenico	11	mg/Kg s.s.
PTAMC003B	Cadmio	0,1	mg/Kg s.s.
PTAMC003B	Cromo esavalente	< 0.2	mg/Kg s.s.
PTAMC003B	Cromo totale	27	mg/Kg s.s.
PTAMC003B	Ferro	18132	mg/Kg s.s.
PTAMC003B	Mercurio	0,03	mg/Kg s.s.
PTAMC003B	Nichel	24	mg/Kg s.s.
PTAMC003B	Piombo	9	mg/Kg s.s.
PTAMC003B	Rame	6	mg/Kg s.s.
PTAMC003C	Alluminio	6302	mg/Kg s.s.
PTAMC003C	Arsenico	8	mg/Kg s.s.
PTAMC003C	Cadmio	0,1	mg/Kg s.s.
PTAMC003C	Cromo esavalente	0,3	mg/Kg s.s.
PTAMC003C	Cromo totale	19	mg/Kg s.s.
PTAMC003C	Ferro	13364	mg/Kg s.s.
PTAMC003C	Mercurio	0,02	mg/Kg s.s.
PTAMC003C	Nichel	21	mg/Kg s.s.
PTAMC003C	Piombo	7	mg/Kg s.s.
PTAMC003C	Rame	3	mg/Kg s.s.
PTAMC003C	IPA Totali	0,041	mg/Kg s.s.
PTAMC003C	PCB Totali	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC003C	pesticidi	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC003C	tributilstagno	< l.q.	µg/Kg s.s.

Tabella 4.1.5. PTAMC003 – sezione A, B e C con i corrispondenti risultati delle analisi chimiche

Carota 4

Intervallo (m)		carota 4	
0,0	0,1	4A	
0,1	0,2	argilla	Analisi completa
0,2	0,3		
0,3	0,4		
0,4	0,5		
0,5	0,6		
0,6	0,7		

0,7	0,8		
0,8	0,9		
0,9	1,0		
1,0	1,1		
1,1	1,2		
1,2	1,3		
1,3	1,4		
1,4	1,5		
1,5	1,6		
1,6	1,7		
1,7	1,8		
1,8	1,9		
1,9	2,0		
2,0	2,1		
2,1	2,2		
2,2	2,3	4B sabbia gros	Analisi completa
2,3	2,4		
2,4	2,5		
2,5	2,6		
2,6	2,7		
2,7	2,8		
2,8	2,9		
2,9	3,0		
3,0	3,1		
3,1	3,2		
3,2	3,3		
3,3	3,4		
3,4	3,5		
3,5	3,6		
3,6	3,7	beach rock?	
3,7	3,8	4C sabbia lim. legno clasti	Campione non analizzato
3,8	3,9		
3,9	4,0		
4,0	4,1		
4,1	4,2		
4,2	4,3	4D sabbia gr in matr. limosa	Analisi relativa solo ai metalli.
4,3	4,4		
4,4	4,5		
4,5	4,6		
4,6	4,7		
4,7	4,8		
4,8	4,9		
4,9	5,0		
5,0	5,1		
5,1	5,2		
5,2	5,3		

Carota 4	Parametro	Risultato	UM
PTAMC004A	Arsenico	15	mg/Kg s.s.
PTAMC004A	Cadmio	0,2	mg/Kg s.s.
PTAMC004A	Cromo esavalente	0,3	mg/Kg s.s.
PTAMC004A	Cromo totale	47	mg/Kg s.s.

PTAMC004A	Mercurio	0,07	mg/Kg s.s.
PTAMC004A	Nichel	50	mg/Kg s.s.
PTAMC004A	Piombo	24	mg/Kg s.s.
PTAMC004A	Rame	31	mg/Kg s.s.
PTAMC004A	IPA Totali	0,05	mg/Kg s.s.
PTAMC004A	PCB Totali	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC004A	pesticidi	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC004A	tributilstagno	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC004B	Arsenico	6	mg/Kg s.s.
PTAMC004B	Cadmio	0,1	mg/Kg s.s.
PTAMC004B	Cromo esavalente	0,4	mg/Kg s.s.
PTAMC004B	Cromo totale	5	mg/Kg s.s.
PTAMC004B	Mercurio	0,01	mg/Kg s.s.
PTAMC004B	Nichel	7	mg/Kg s.s.
PTAMC004B	Piombo	4	mg/Kg s.s.
PTAMC004B	Rame	2	mg/Kg s.s.
PTAMC004B	IPA Totali	0,029	mg/Kg s.s.
PTAMC004B	PCB Totali	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC004B	pesticidi	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC004B	tributilstagno	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC004D	Arsenico	10	mg/Kg s.s.
PTAMC004D	Cadmio	0,2	mg/Kg s.s.
PTAMC004D	Cromo esavalente	< 0,2	mg/Kg s.s.
PTAMC004D	Cromo totale	25	mg/Kg s.s.
PTAMC004D	Mercurio	0,28	mg/Kg s.s.
PTAMC004D	Nichel	23	mg/Kg s.s.
PTAMC004D	Piombo	12	mg/Kg s.s.
PTAMC004D	Rame	12	mg/Kg s.s.

Tabella 4.1.6. PTAMC004 – sezione A, B e D con i corrispondenti risultati delle analisi chimiche

Carota 5

Intervallo (m)		carota 5	
0,0 0,1 0,2 0,3	0,1 0,2 0,3 0,4	5A argilla	Campione non analizzato
0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9	0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0		
1,0 1,1	1,1 1,2	5B sabbia lim	Analisi relativa solo ai metalli.

1,2 1,3 1,4 1,5	1,3 1,4 1,5 1,6	organogena	
1,6 1,7 1,8 1,9	1,7 1,8 1,9 2,0		
2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6	2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6 2,7	5C sabbia	Analisi relativa solo ai metalli.
2,7 2,8 2,9	2,8 2,9 3,0	5D sabbia	
3,0 3,1 3,2 3,3 3,4	3,1 3,2 3,3 3,4 3,5		Campione non analizzato
3,5 3,6 3,7	3,6 3,7 3,8		
3,8 3,9	3,9 4,0	beach rock	La carota è interrotta da uno strato roccioso compatto

Carota 5	Parametro	Risultato	UM
PTAMC005B	Arsenico	17	mg/Kg s.s.
PTAMC005B	Cadmio	0,1	mg/Kg s.s.
PTAMC005B	Cromo esavalente	< 0,2	mg/Kg s.s.
PTAMC005B	Cromo totale	32	mg/Kg s.s.
PTAMC005B	Mercurio	0,03	mg/Kg s.s.
PTAMC005B	Nichel	29	mg/Kg s.s.
PTAMC005B	Piombo	11	mg/Kg s.s.
PTAMC005B	Rame	9	mg/Kg s.s.
PTAMC005C	Arsenico	5	mg/Kg s.s.
PTAMC005C	Cadmio	0,09	mg/Kg s.s.
PTAMC005C	Cromo esavalente	< 0.2	mg/Kg s.s.
PTAMC005C	Cromo totale	7	mg/Kg s.s.
PTAMC005C	Mercurio	0,009	mg/Kg s.s.
PTAMC005C	Nichel	9	mg/Kg s.s.
PTAMC005C	Piombo	4	mg/Kg s.s.
PTAMC005C	Rame	2	mg/Kg s.s.

Tabella 4.1.7. PTAMC005 – sezione B e D con i corrispondenti risultati delle analisi chimiche

Carota 6

Intervallo (m)		carota 6	
0,0	0,1	6A argilla	Analisi completa
0,1	0,2		
0,2	0,3		
0,3	0,4		
0,4	0,5		
0,5	0,6		
0,6	0,7		
0,7	0,8		
0,8	0,9		
0,9	1,0		
1,0	1,1		
1,1	1,2		
1,2	1,3		
1,3	1,4		
1,4	1,5		
1,5	1,6		
1,6	1,7		
1,7	1,8		
1,8	1,9		
1,9	2,0		
2,0	2,1	6B sabbia fine	Analisi relativa solo ai metalli
2,1	2,2		
2,2	2,3		
2,3	2,4		
2,4	2,5		
2,5	2,6		
2,6	2,7		
2,7	2,8		
2,8	2,9		
2,9	3,0		
3,0	3,1		
3,1	3,2		
3,2	3,3		
3,3	3,4		
3,4	3,5		
3,5	3,6	6C ghiaia	Analisi relativa solo ai metalli.
3,6	3,7		
3,7	3,8		
3,8	3,9		
3,9	4,0		
4,0	4,1		
4,1	4,2		
4,2	4,3		
4,3	4,4		
4,4	4,5		
4,5	4,6		
4,6	4,7		
4,7	4,8		
4,8	4,9		

4,9	5,0

Carota 6	Parametro	Risultato	UM
PTAMC006A	Arsenico	13	mg/Kg s.s.
PTAMC006A	Cadmio	0,1	mg/Kg s.s.
PTAMC006A	Cromo esavalente	0,3	mg/Kg s.s.
PTAMC006A	Cromo totale	48	mg/Kg s.s.
PTAMC006A	Mercurio	0,1	mg/Kg s.s.
PTAMC006A	Nichel	47	mg/Kg s.s.
PTAMC006A	Piombo	21	mg/Kg s.s.
PTAMC006A	Rame	23	mg/Kg s.s.
PTAMC006A	IPA Totali	0,063	mg/Kg s.s.
PTAMC006A	PCB Totali	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC006A	pesticidi	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC006A	tributilstagno	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC006B	Arsenico	5	mg/Kg s.s.
PTAMC006B	Cadmio	0,08	mg/Kg s.s.
PTAMC006B	Cromo esavalente	< 0,2	mg/Kg s.s.
PTAMC006B	Cromo totale	10	mg/Kg s.s.
PTAMC006B	Mercurio	0,01	mg/Kg s.s.
PTAMC006B	Nichel	12	mg/Kg s.s.
PTAMC006B	Piombo	4	mg/Kg s.s.
PTAMC006B	Rame	2	mg/Kg s.s.
PTAMC006C	Arsenico	2	mg/Kg s.s.
PTAMC006C	Cadmio	0,07	mg/Kg s.s.
PTAMC006C	Cromo esavalente	< 0,2	mg/Kg s.s.
PTAMC006C	Cromo totale	5	mg/Kg s.s.
PTAMC006C	Mercurio	0,01	mg/Kg s.s.
PTAMC006C	Nichel	11	mg/Kg s.s.
PTAMC006C	Piombo	5	mg/Kg s.s.
PTAMC006C	Rame	3	mg/Kg s.s.

Tabella 4.1.8. PTAMC006 – sezione A, B e C con i corrispondenti risultati delle analisi chimiche

Carota 7

intervallo		carota 7	
0,0	0,1	7A argilla	Analisi completa
0,1	0,2		
0,2	0,3		
0,3	0,4		
0,4	0,5		
0,5	0,6		
0,6	0,7		
0,7	0,8		
0,8	0,9		

0,9	1,0		
1,0	1,1		
1,1	1,2		
1,2	1,3		
1,3	1,4		
1,4	1,5		
1,5	1,6		
1,6	1,7		
1,7	1,8		
1,8	1,9		
1,9	2,0		
2,0	2,1		
2,1	2,2		
2,2	2,3		
2,3	2,4		
2,4	2,5		
2,5	2,6		
2,6	2,7		
2,7	2,8		
2,8	2,9		
2,9	3,0		
3,0	3,1		
3,1	3,2		
3,2	3,3		
3,3	3,4		
3,4	3,5		
3,5	3,6		
3,6	3,7	7B sabbia lim organogena	Analisi relativa solo ai metalli.
3,7	3,8		
3,8	3,9		
3,9	4,0		
4,0	4,1		
4,1	4,2		
4,2	4,3		
4,3	4,4		
4,4	4,5		
4,5	4,6		
4,6	4,7		
4,7	4,8		
4,8	4,9		
4,9	5,0		

Carota 7	Parametro	Risultato	UM
PTAMC007A	Arsenico	15	mg/Kg s.s.
PTAMC007A	Cadmio	0,2	mg/Kg s.s.
PTAMC007A	Cromo esavalente	0,5	mg/Kg s.s.
PTAMC007A	Cromo totale	57	mg/Kg s.s.
PTAMC007A	Mercurio	0,2	mg/Kg s.s.
PTAMC007A	Nichel	5	mg/Kg s.s.
PTAMC007A	Piombo	25	mg/Kg s.s.
PTAMC007A	Rame	23	mg/Kg s.s.
PTAMC007A	IPA Totali	0,069	mg/Kg s.s.
PTAMC007A	PCB Totali	< 2,7	µg/Kg s.s.

PTAMC007A	pesticidi	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC007A	tributilstagno	< l.q.	µg/Kg s.s.
PTAMC007B	Arsenico	11	mg/Kg s.s.
PTAMC007B	Cadmio	0,08	mg/Kg s.s.
PTAMC007B	Cromo esavalente	< 0,2	mg/Kg s.s.
PTAMC007B	Cromo totale	14	mg/Kg s.s.
PTAMC007B	Mercurio	0,02	mg/Kg s.s.
PTAMC007B	Nichel	13	mg/Kg s.s.
PTAMC007B	Piombo	5	mg/Kg s.s.
PTAMC007B	Rame	2	mg/Kg s.s.

Tabella 4.1.9. PTAMC007 – sezione A, B e C con i corrispondenti risultati delle analisi chimiche

I risultati sopra esposti mostrano che i sedimenti analizzati risultano indenni da qualsiasi tipo di contaminazione significativa: la presenza dei metalli risulta in linea con i valori .tipici della natura geochimica del territorio; l'unico valore leggermente superiore allo standard (valore 57 a fronte del limite di 50) ricade all'interno della tolleranza del 20% ammessa dalla normativa e nella variabilità statistica della misura; per quanto riguarda gli IPA inquinanti ubiquitari dovuti alle attività umane, la situazione appare molto confortante con tutti i valori ampiamente all'interno dello standard; anche la categoria dei PCB risulta praticamente assente con tutte le misure al di sotto del limite di rilevabilità strumentale.

Risultano assenti anche i pesticidi, la categoria di composti che sulla base dell'analisi territoriale e dei dati pregressi costituisce la maggiore criticità dell'ambito, a causa della valenza agricola del territorio.

E' importante sottolineare che la buona qualità chimica del sedimento è confermata anche per lo strato pelitico superficiale che per la facile movimentabilità nell'ambiente marino durante eventuali attività di dragaggio rappresenta una delle possibili criticità.

Una ulteriore indicazione sulla qualità dei sedimenti superficiali viene dal calcolo dell'indice M-AMBI permessa dall'analisi della comunità bentonica eseguita per la caratterizzazione bionomica dell'area (vedi capitolo successivo); l'indice M-AMBI è un algoritmo che a partire dalla composizione quali quantitativa dei macroinvertebrati presenti nel sedimento ne fornisce un valore di qualità, sensibile a fenomeni di inquinamento dovuto a scarichi di natura civile e industriale.

I valori ottenuti dalla 10 stazioni di campionamento sono molto rassicuranti, ricadendo tutti nella classe di qualità migliore (delle 5 esistenti nel sistema di classificazione).

Stations	AMBI	Diversity	Richness	X	Y	Z	M-AMBI	Status
Bad	**6**	**0**	**0**	**5,03**	**-4,60**	**-3,79**	**0,00**	**Bad**
High	**0,5**	**4**	**30**	**-1,04**	**0,33**	**0,38**	**1,00**	**High**
PTAMC 01	1,499	4,63	46	-1,03	1,36	0,83	1,09	**High**
PTAMC 02	2,090	4,54	36	-0,35	0,51	0,41	0,96	**High**
PTAMC 03	1,670	4,28	44	-0,73	1,05	0,56	1,03	**High**

PTAMC 04	2,043	4,22	22	0,10	-0,51	-0,07	0,84	**High**
PTAMC 05	1,496	3,76	24	-0,12	-0,41	-0,14	0,86	**High**
PTAMC 06	2,417	4,09	26	0,30	-0,40	-0,15	0,82	**High**
PTAMC 07	2,123	4,49	32	-0,21	0,22	0,28	0,92	**High**
PTAMC 08	2,032	4,61	31	-0,30	0,23	0,34	0,93	**High**
PTAMC 09	1,566	4,02	34	-0,44	0,32	0,22	0,94	**High**
PTAMC 10	1,730	5,01	53	-1,21	1,90	1,13	1,15	**High**

Tabella 4.1.10. Valori indice M-AMBI nei 10 punti di analisi del benthos

Anche questi dati confermano che l'area in oggetto risultano indenne da sensibili fenomeni di inquinamento.

4.2. Compatibilità del dragaggio in relazione agli habitat marini presenti nell'area di cava

Ai fini della caratterizzazione naturalistica dell'area che potrebbe essere direttamente interessata dal prelievo delle sabbie fossili sono state realizzate nell'ambito della redazione del piano le seguenti attività di approfondimento:

Rilievo morfologico di dettaglio: nell'area rappresentata dalla figura, comprendente una superficie di circa 9,5 chilometri quadrati nell'intorno dell'area potenziale di cava (individuata dalle linee nere), compresa tra 30 e 90 metri di profondità, è stato eseguito un rilievo morfologico mediante tecnologia multi-beam; esso ha permesso di ottenere un modello digitale del terreno con maglia da 2 metri.

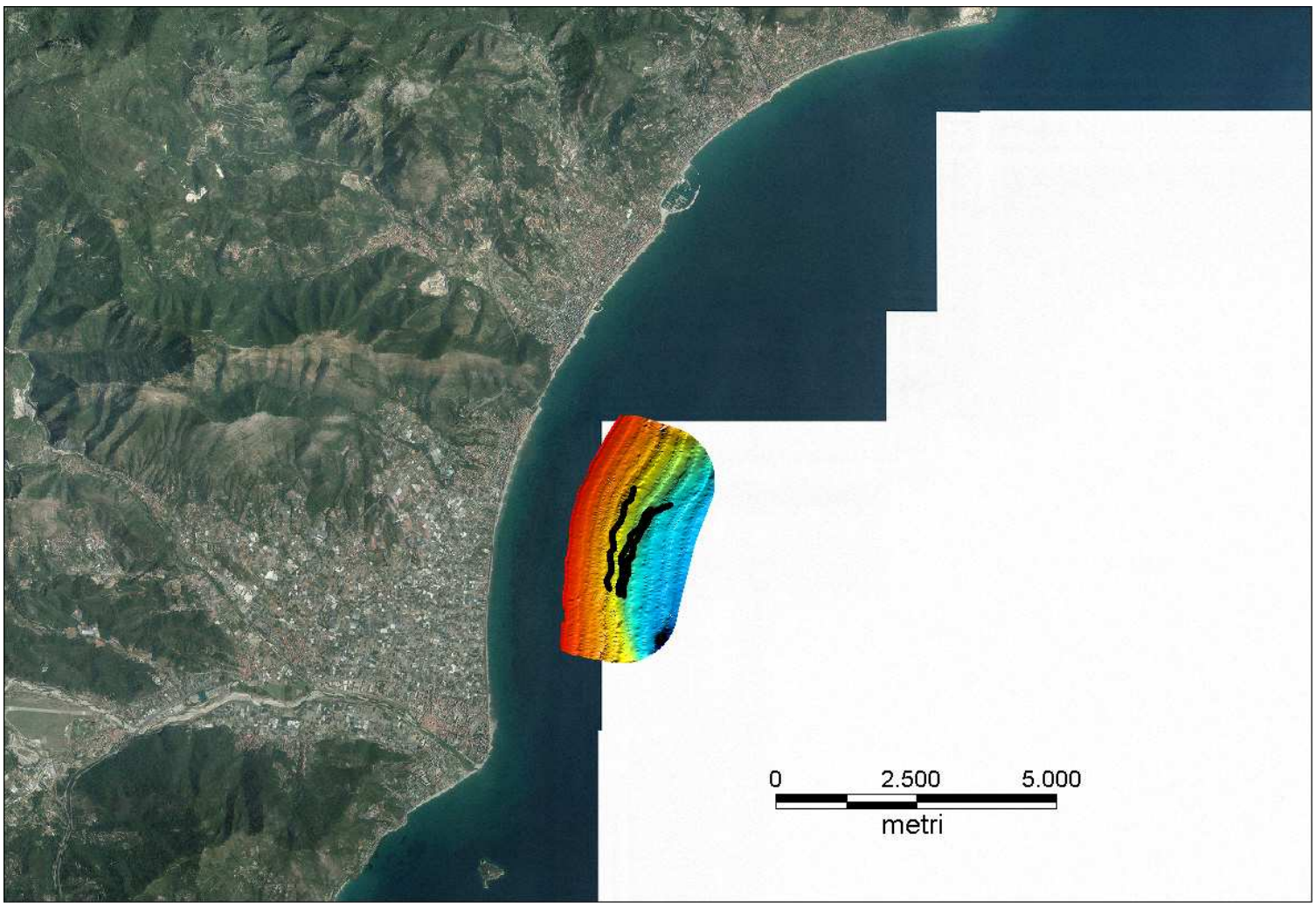


Figura 4.2.1. DTM ottenuto dal rilievo multibeam nell'intorno dell'area di cava (compresa tra le linee nere)

Rilievo morfosedimentologico di dettaglio: la stessa area già indagata mediante multi-beam è stata contestualmente oggetto di un rilevo acustico con tecnologia side-scan-sonar finalizzato a caratterizzare la natura sedimentaria del fondale ed eventuali morfologie particolari.

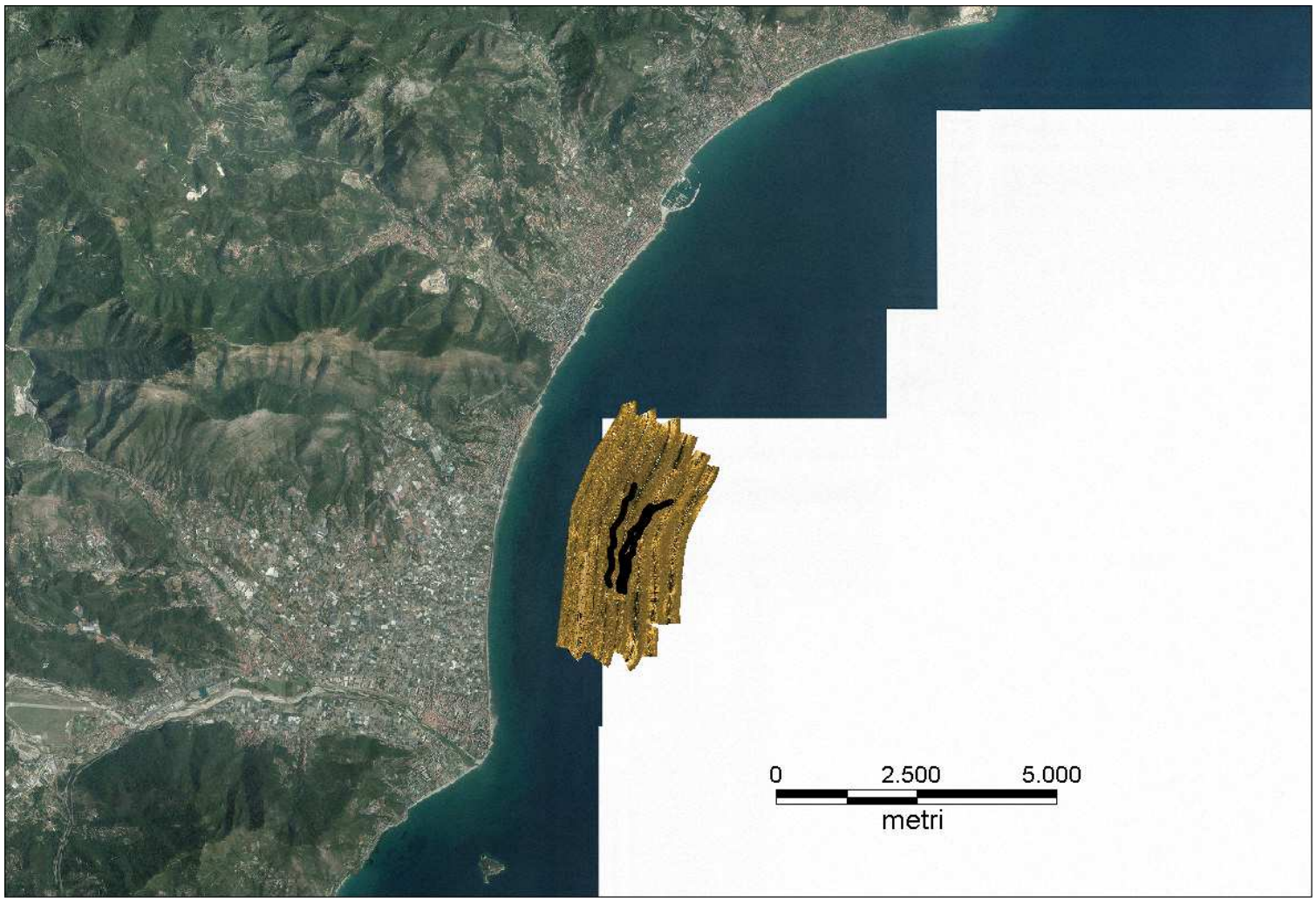
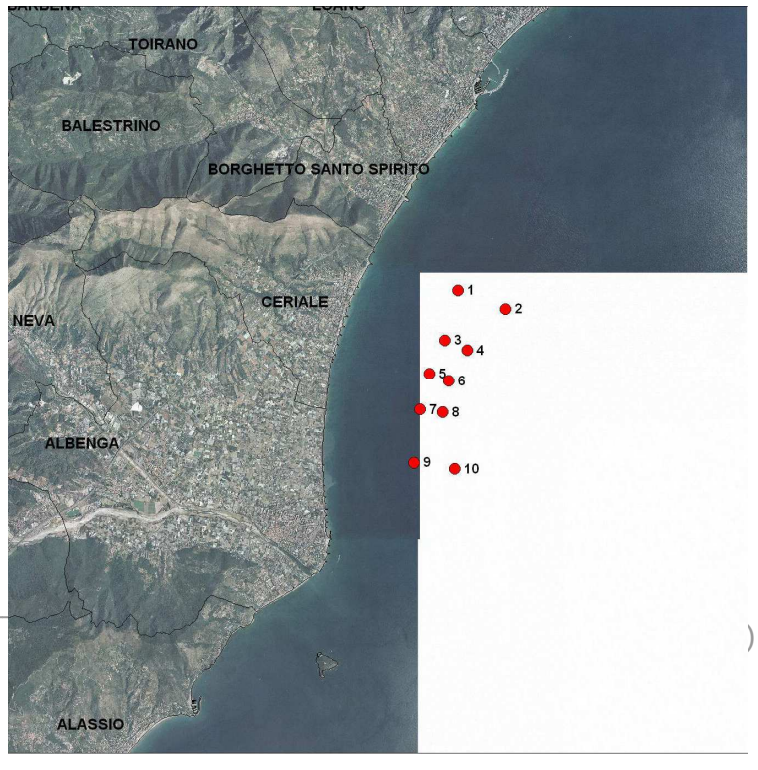


Figura 4.2.2. Mosaicatura dei sonogramma del rilievo SSS nell'intorno dell'area di cava (compresa tra le linee nere)

Caratterizzazione bionomica: in seguito alla caratterizzazione morfosedimentologica dell'area è stata pianificata una campagna di approfondimento sulle comunità bentoniche presenti; tale attività è stata realizzata da Arpal, mediante il prelievo con benna di campioni di sedimento nei 10 punti riportati nella tabella sottostante; le comunità di macroinvertebrati presenti sono stati oggetto di analisi tassonomica per la classificazione bionomica dell'area; ai fini di acquisire ulteriori informazioni Arpal ha inoltre effettuato indagini ROV nell'intorno dei tre punti raffigurati con cerchio blu.

Punto	Prof.	Latitudine	Longitudine
"1"	43 m	44° 05' 40,92 N	08° 15' 34,344 E
"2"	71 m	44° 05' 28,68 N	08° 16' 18,192 E
"3"	55 m	44° 05' 07,44 N	08° 15' 22,176 E
"4"	75 m	44° 05' 00,96 N	08° 15' 43,452 E
"5"	50 m	44° 04' 44,76 N	08° 15' 08,568 E
"6"	71 m	44° 04' 40,08 N	08° 15' 26,496 E
"7"	48 m	44° 04' 21,00 N	08° 15' 00,252 E



"8"	71 m	44° 04’ 19,20 N	08° 15’ 20,808 E
"9"	44 m	44° 03’ 45,72 N	08° 14’ 54,744 E
"10"	79 m	44° 03’ 41,40 N	08° 15’ 32,544 E

Tabella 4.2.1. Punti di campionamento del macrozoobenthos

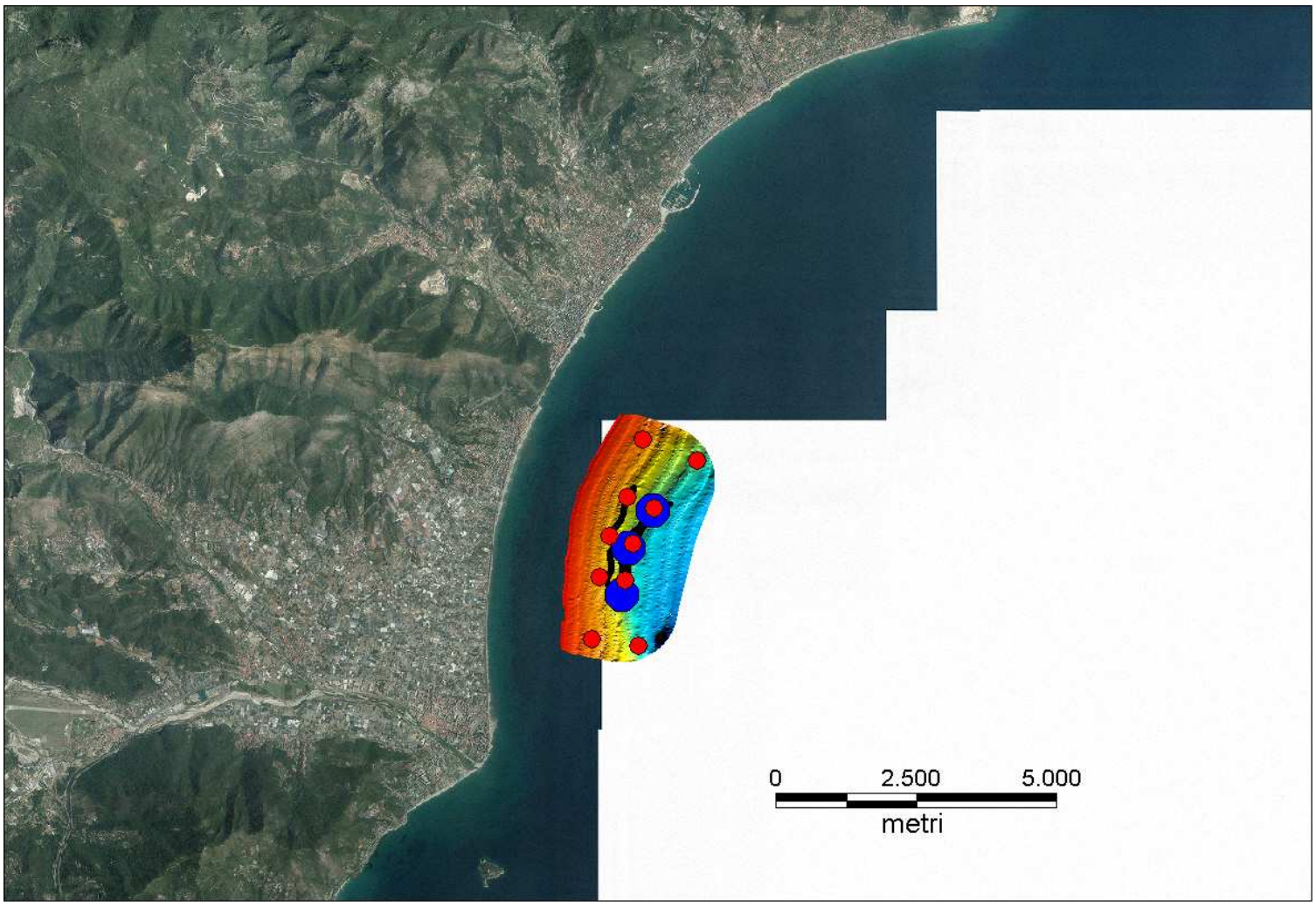


Figura 4.2.3. Prelievi con benna e indagini ROV nell’intorno dell’area di cava

I risultati di queste attività mostrano che tutta l’area indagata risulta caratterizzata dal punta di vista naturalistico da fondi mobili costituiti da sedimenti di natura limosa - sabbiosa. Il fondale digrada con regolarità verso la scarpata continentale senza formare morfologie particolari come canyon o secche; i sonogrammi non hanno evidenziato la presenza di aree con affioramenti rocciosi che potessero potenzialmente ospitare popolamenti coralligeni o grotte sottomarine, né zone di fondale con risposta acustica tipica di facies del Detritico Costiero di particolare rilevanza per la biodiversità (come ad esempio i fondi a Maërl).

L’analisi dei popolamenti macrozoobentonici e dei video effettuati con ROV conferma quanto sopra e permette di fornire la seguente descrizione :

La totalità dell’area in oggetto è rappresentata dai fondi mobili appartenenti al piano circalitorale trattandosi di una zona compresa tra i 43 e i 79 m di profondità.

I sedimenti mobili che si rinvengono sono costituiti sia da elementi di origine terrigena sia da materiale organogeno che ne costituisce la componente grossolana.

Le particelle fini provenienti dal fiume Centa si depositano, quindi, insieme a frammenti conchigliari e scorie organogene di varia natura; detriti, sabbia e fango sono presenti in quantità variabile, ma il fango predomina in tutte le stazioni.

STAZIONE 1 (SFBC)

Profondità: 43 m

Coordinate: 44°05’ 40,92 N 08°15’ 34,344 E

Il campione presenta un’elevata eterogeneità in biocenosi.

Tuttavia la presenza delle specie caratteristiche *Mactra stultorum*, *Nephtys hombergi* e *Pharus legume* appartenenti alla biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC) fanno supporre che il campione appartenga proprio a questa classe bionomica.

Si rinviene anche la presenza di *Terebellides stroemi*, *Lumbrineris gracilis* e *Alpheus glaber* tipiche specie accompagnatrici delle biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC), *Tellina donacina* specie caratteristica del detritico costiero (DC) e *Amphiura chiajei* specie accompagnatrice nelle biocenosi dei fondi detritici infangati (DE).

STAZIONE 2 (VTC)

Profondità: 71 m

Coordinate: 44°05’ 28,68 N 08°16’ 18,192

Anche in questa stazione predomina la componente fangosa e la biocenosi presente è tipica dei fanghi terrigeni costieri (VTC).

La stazione è caratterizzata dalla presenza delle specie *Goneplax rhomboides*, *Nephtys hystricis*, *Sternaspis scutata*, dalla specie preferenziale *Trachythyone elongata renziale* e dalla presenza di specie accompagnatrici come *Amphiura filiformis* e *Terebellides stroemi*.

STAZIONE 3 (SFBC)

Profondità: 55 m

Coordinate: 44°05’ 07,44 N 08°15’ 22,176 E

La predominante presenza del polichete *Nephtys hombergi* considerata specie preferenziale della classe bionomica delle sabbie fini ben calibrate permette di assegnare il campione in oggetto alla suddetta classe; presente anche *Pharus legume* come specie accompagnatrice.

STAZIONE 4 (VTC)

Profondità: 75 m

Coordinate: 44°05’ 00,96 N 08°15’ 43,452 E

Il sedimento ha una componente fangosa predominante e sebbene la popolazione presente è assai scarsa la presenza dei decapodi *Alpheus glaber* e *Goneplax rhomboides* e dei policheti *Sternapsis scutata* e *Lumbrineris gracilis*, specie caratteristiche dei fanghi terrigeni costieri consentono di assegnare il campione a questa classe bionomica.

STAZIONE 5 (VTC)

Profondità: 50 m

Coordinate: 44°04’ 44,76 N 08°15’ 08,568 E

Questo campione appartiene alla classe dei fanghi terrigeni costieri con la presenza della specie caratteristica *Goneplax rhomboides*, della specie *Trachythyone elongata* la quale predilige queste biocenosi e delle specie accompagnatrici *Alpheus glaber* e *Terebellides stroemi*.

STAZIONE 6 (SFBC)

Profondità: 71 m

Coordinate: 44°04’ 40,08 N 08°15’ 26,496 E

Il campione è abbastanza povero sia in specie che in individui; la sola presenza del polichete *Nephtys hombergi*, specie preferenziale della biocenosi delle sabbie fini ben calibrate permette però di assegnare il campione a questa zona bionomica.

STAZIONE 7 (VTC)

Profondità: 48 m

Coordinate: 44°04’ 21,00 N 08°15’ 00,252 E

La frazione fangosa del sedimento è sempre più predominante man mano che ci si avvicina alla foce del fiume Centa.

La presenza della specie caratteristica *Goneplax rhomboides* e delle specie accompagnatrici *Lumbrineris gracilis* e *Alpheus glaber* confermano quindi l’appartenenza del campione alla classe bionomica dei fanghi terrigeni costieri.

STAZIONE 8 (DE)

Profondità: 71 m

Coordinate: 44°04’ 19,20 N 08°15’ 20,808 E

La stazione è caratterizzata da elevata eterogeneità; abbiamo specie appartenenti alla biocenosi delle sabbie fini ben calibrate come il polichete *Nephtys hombergi* e il decapode *Goneplax rhomboides* caratteristico dei fanghi terrigeni costieri accompagnato dal decapode *Alpheus glaber* .

Tuttavia la presenza del bivalve *Tellina serrata* esclusiva dei fondi detritici infangati e *Amphiura chiajei* quale specie accompagnatrice permette di assegnare il campione proprio a quest’ultima classe bionomica.

STAZIONE 9 (SFBC su VTC)

Profondità: 44 m

Coordinate: 44°03’ 45,72 N 08°14’ 54,744 E

L’abbondante presenza del polichete *Nephtys hombergi*, permette di riconoscere in questa stazione un’ importante componente delle sabbie fine ben calibrate su fondali fangosi piuttosto fluidi e ridotti in prossimità della foce fluviale e caratterizzati dalla presenza del decapode *Goneplax rhomboides* accompagnato dalle specie *Alpheus glaber* e *Lumbrineris gracilis* tipici dei fanghi terrigeni costieri.

STAZIONE 10 (VTC)

Profondità: 79 m

Coordinate: 44°03’ 41,40 N 08°15’ 32,544 E

E’ il campione con la maggiore abbondanza di specie; gli elementi più rappresentativi di questa stazione sono ascrivibili alla biocenosi dei fanghi terrigeni costieri con la presenza di *Goneplax rhomboides*, *Amphiura filiformis* e *Alpheus glaber*. Presente anche una specie delle sabbie fini ben calibrate: *Nephtys hombergi* e una del detritico infangato, *Amphiura chiajei*.

L’inquadramento bionomico permette pertanto di attribuire all’area in esame le biocenosi dei Fanghi Terrigeno Costieri (VTC) e delle Sabbie Fini ben Calibrate (SFBC).

Si tratta di popolamenti scarsamente sensibili rispetto all’impatto prodotto da attività di escavazione in quanto

- si tratta di comunità molto comuni e presenti su grandi superfici su tutto il territorio regionale
- è dimostrato che tali comunità, anche se completamente asportate da un singolo evento di dragaggio, sono in grado in tempi relativamente molto brevi (mesi) di ricolonizzare l’area a partire dalla zone limitrofe, ricostituendo popolamenti strutturalmente maturi del tutto analoghi a quelli di origine.

4.3. Compatibilità del dragaggio in relazione agli habitat presenti nella aree di ripascimento

Nel territorio dell’ambito gli habitat sensibili rispetto a possibili ripascimenti strutturali sono i seguenti:

- le praterie di *Posidonia oceanica*
- le beach-rock

Nel caso di *Posidonia oceanica* l’ipotesi di ampliamento o ricostruzione delle spiagge esistenti o comunque esistite nel corso dell’ultimo secolo non dovrebbe rappresentare un evento destabilizzante: tutto il litorale dalla foce del Centa fino al Porto di Loano è caratterizzato da una estesa prateria che si è sviluppata in equilibrio dinamico con le ampie spiagge alimentate dai sedimenti provenienti dal fiume Centa.

Come mostrato dall’incrocio degli studi meteo marini sul moto ondoso, sedimentologici e biologici l’attuale limite superiore del posidonieto appare attestato con ottima approssimazione sul limite di chiusura della spiaggia sommersa (profondità compresa tra 7 e 8 metri circa, corrispondente ad una distanza dalla costa compresa tra 350 e 400 metri): si tratterebbe pertanto di una situazione abbastanza vicina a condizioni di naturalità, non evidentemente condizionata in maniera significativa da impatti di natura antropica. Anche laddove la spiaggia è entrata, negli ultimi decenni del secolo scorso, in crisi erosiva, come nel tratto tra Albenga e Ceriale (oggi privo di spiaggia emersa e caratterizzato da una linea di costa costituita per circa 3 chilometri dalla massicciata ferroviaria), la situazione del posidonieto rispetto questo modello concettuale. E’ pertanto possibile supporre che, laddove l’intervento di ripascimento preveda la ricostruzione del profilo di spiaggia emersa e sommersa fino e non oltre al raccordo con l’attuale profilo di chiusura, non possano insorgere problemi di conflittualità con la salvaguardia del posidonieto. Occorre sottolineare che questo

ragionamento presuppone l'utilizzo di sedimenti a granulometria non inferiore rispetto a quelli nativi; l'uso di materiale proveniente da una paleospiaggia locale dovrebbe rispettare tale requisito.

Nel caso delle beach-rock la situazione è invece molto diversa in quanto si tratta di habitat che nel territorio dell'ambito si trovano molto vicine alla costa (poche decine di metri); i rapporti spaziali e sedimentologici con le spiagge di cui costituiscono talvolta il piede è tale per cui al di sopra di una certa entità un ripascimento strutturale determinerebbe il seppellimento dello scalino subverticale che rappresenta il margine erosivo (esposto al moto ondoso) della beach-rock; nelle situazioni in cui la beach-rock è in equilibrio con la spiaggia questo scalino rappresenta il target ambientale, sede di numerosi microhabitat e di elevata biodiversità, da porre come obiettivo di conservazione; nei tratti in cui la spiaggia non è presente l'impatto del seppellimento riguarda anche l'ambiente delle pozze di scogliera a sviluppo sub orizzontale. Nel lungo periodo (secoli) eventi di seppellimento e scoprimento delle beach-rock possono naturalmente succedersi in relazione a mutate condizioni dei regimi sedimentologici costieri; tuttavia è pur vero che le beach-rock nella loro attuale configurazione rappresentano un bene naturalistico da preservare nell'ambito della pianificazione delle attività umanenel breve e medio periodo.

Per questo motivo tutti gli interventi di manutenzione delle spiagge in presenza di beach-rock devono essere commisurati al mantenimento di questi target ambientali.

Quanto detto rimane valido fatti salvi i due seguenti imprescindibili prerequisiti :

- il materiale deve essere compatibile dal punto di vista chimico: tale compatibilità è già stata verificata nel precedente paragrafo 1.2.1.
- il materiale deve essere compatibile dal punto di vista granulometrico: la caratterizzazione sedimentologica del deposito sottomarino presentata nella prima parte della relazione mostra che la frazione grossolana di ghiaia e sabbia del deposito ha caratteristiche idonee al ripascimento ma evidenzia anche la presenza di una componente pelitica significativa: essa è presente soprattutto nello strato apicale (la coltre sedimentaria più recente) ma talvolta caratterizza fortemente anche strati intermedi intervallati a quelli a maggiore granulometria; considerata la natura "una tantum" dell'intervento si può indicare come standard di compatibilità ambientale il valore meno restrittivo indicato dalla normativa regionale e pertanto l'8% di frazione pelitica (come valore medio); la fattibilità dell'intervento rimane quindi condizionata al fatto che il progetto possa garantire tale requisito prestazionale; le pregresse esperienze condotte in Lazio sullo sfruttamento di cave sottomarine indica che tale requisito è di norma raggiunto in virtù della minore densità e della volatilità in acqua della pelite che sfugge naturalmente alle capacità di prelievo delle tramogge e viene ulteriormente ridotta dal processo di over-flow in fase di carico.

Considerando i seguenti parametri

- ✓ percentuale di pelite : 8%;
- ✓ densità del materiale : 2000 kg per metro cubo;
- ✓ un ripascimento .strutturale di grande entità, pari a 200 m^3 per metro lineare di spiaggia;

- ✓ una risospensione di tutta la pelite dalla spiaggia e la sua rideposizione sui fondali antistanti in un periodo di 4 mesi (120 giorni);
- ✓ la rideposizione interamente concentrata nella fascia batimetrica 0 -50 metri (lunghezza lineare di 2000 metri);

si ottiene un tasso di deposizione pari a : (0,08 x 2000x 200) /(2000 x 120) = 0,13 kg al metro quadrato al giorno, un valore che, come esposto al capitolo successivo, è coerente con gli standard di cautela per la salvaguardia degli habitat sensibili.

4.4. Compatibilità del dragaggio in relazione agli habitat presenti nell'area di deposizione della torbida e del materiale di scarto

Le attività di dragaggio delle sabbie relitte potrebbero avere degli impatti su habitat marini sensibili anche distanti dalle aree di prelievo e di ripascimento in seguito alla sospensione, diffusione e rideposizione di nuvole torbide di sedimenti fini movimentati sulla colonna d'acqua a partire dall'area di dragaggio.

Il requisito prestazionale indicato al paragrafo 1.2.3 implica che sia effettuata una gestione del dragaggio tale da garantire la separazione e la adeguata rideposizione, in mare aperto, della maggior parte dei sedimenti pelitici.

A tale riguardo occorre focalizzare l'attenzione sullo strato di sedimenti a forte componente limosa che rappresenta la coltre sedimentaria più recente, non idonea a fini di ripascimento; le stime quantitative di questo "cappello pelitico" indicano che esso costituisce circa un terzo dei volumi totali da movimentare, frazione sicuramente significativa visti i considerevoli volumi in gioco.

	Spessore pelite (m)	Volume pelite (m^3)	Volume sabbia e ghiaia (m^3)
Scenario 1	< 1,5	24.400	113.000
Scenario 2	< 2,5	568.000	1.165.000
Scenario 3	3	886.000	1.575.000

Tabella 4.4.1. Quantitativi relativi a tre scenari di sfruttamento della cava

Se pertanto la rimozione preventiva del cappello pelitico rappresenta una condizione progettuale necessaria alla fattibilità ambientale dell'intervento di ripascimento la movimentazione di tali materiali nell'area di cava rappresenta una potenziale criticità ambientale di cui tenere debitamente conto.

Al fine di minimizzare i potenziali impatti di questa operazione si indicano i seguenti requisiti prestazionali da risolvere in fase progettuale:

a) individuare un'area di deposizione, più profonda di quella di scavo, ove contenere con sufficiente precisione i materiai di scarto; una stima su basi modellistiche dovrà garantire una dispersione al di fuori di tale area non superiore al 25%;

b) verificare l’assenza di target ambientali (come definiti in seguito) nell’area di deposizione di cui sopra;
c) scaricare i sedimenti di scarto evitando di disperderli per tracimazione dalla draga lungo tutta la colonna d’acqua ma indirizzandoli direttamente sul fondale (ad esempio usando la stessa pompa della draga utilizzata per la fase di carico).

Riguardo ai punti a) e b) le analisi ad oggi eseguite evidenziano, ad esempio, l’esistenza di un’area potenzialmente idonea, adiacente a quella di prelievo.

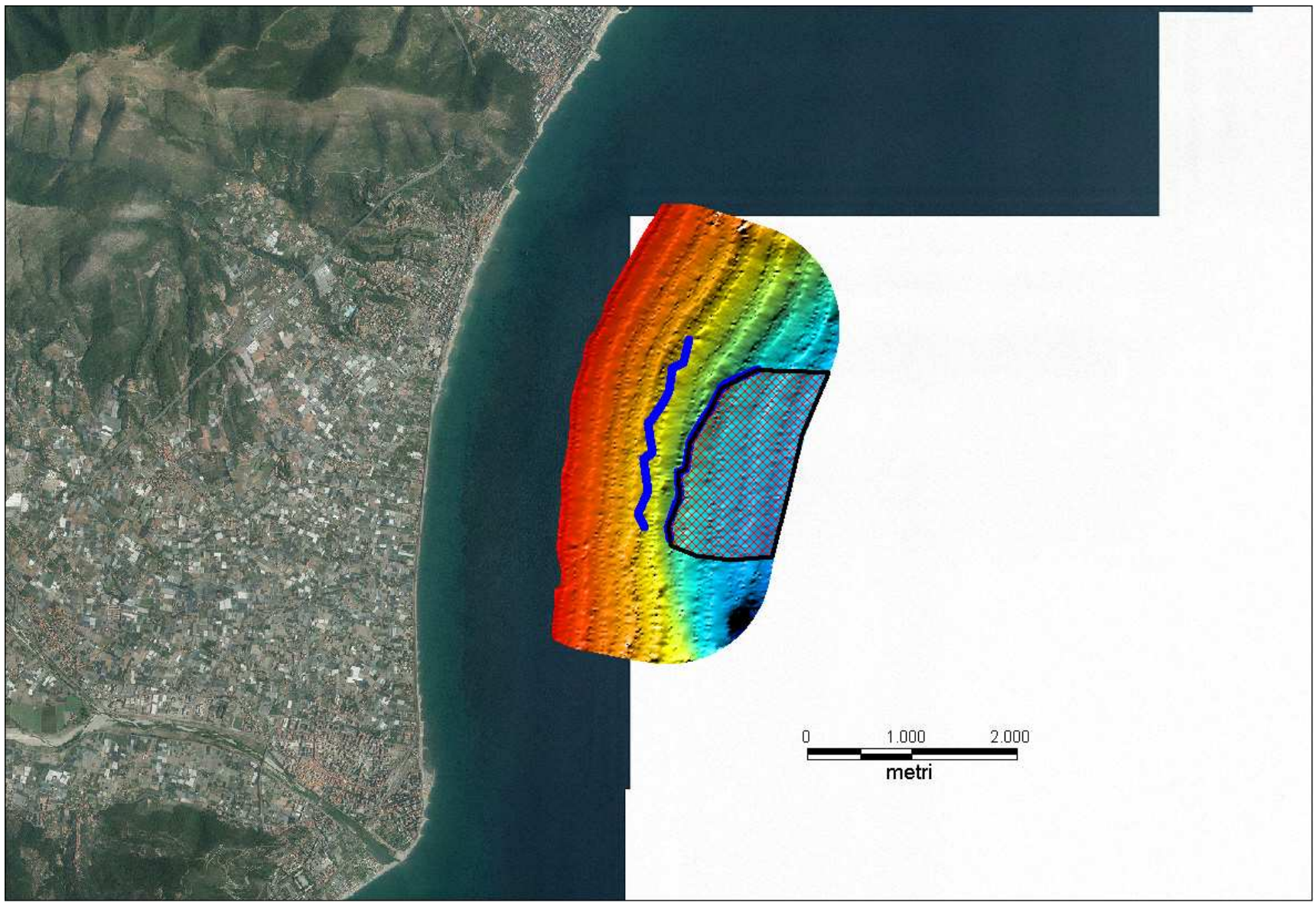


Figura 4.4.1. Possibile area di rideposizione del cappello pelitico (retinatura rossa) adiacente alla potenziale area di dragaggio (compresa tra le linee blu).

Tale area compresa tra la profondità di 75 e 90 metri e con superficie di circa 2 km^2, risulta in effetti priva di target ambientali sensibili e uniformemente caratterizzata da popolamenti di macroinvertebrati di fondi mobili, dotati di elevata resilienza rispetto ad eventi di dragaggio e sedimentazione (vedasi per maggiori dettagli il capitolo 1.2.2). Anche la pendenza e la morfologia del sito, mostrati nella sezione sottostante appaiono a livello di prefattibilità compatibili con questa ipotesi.

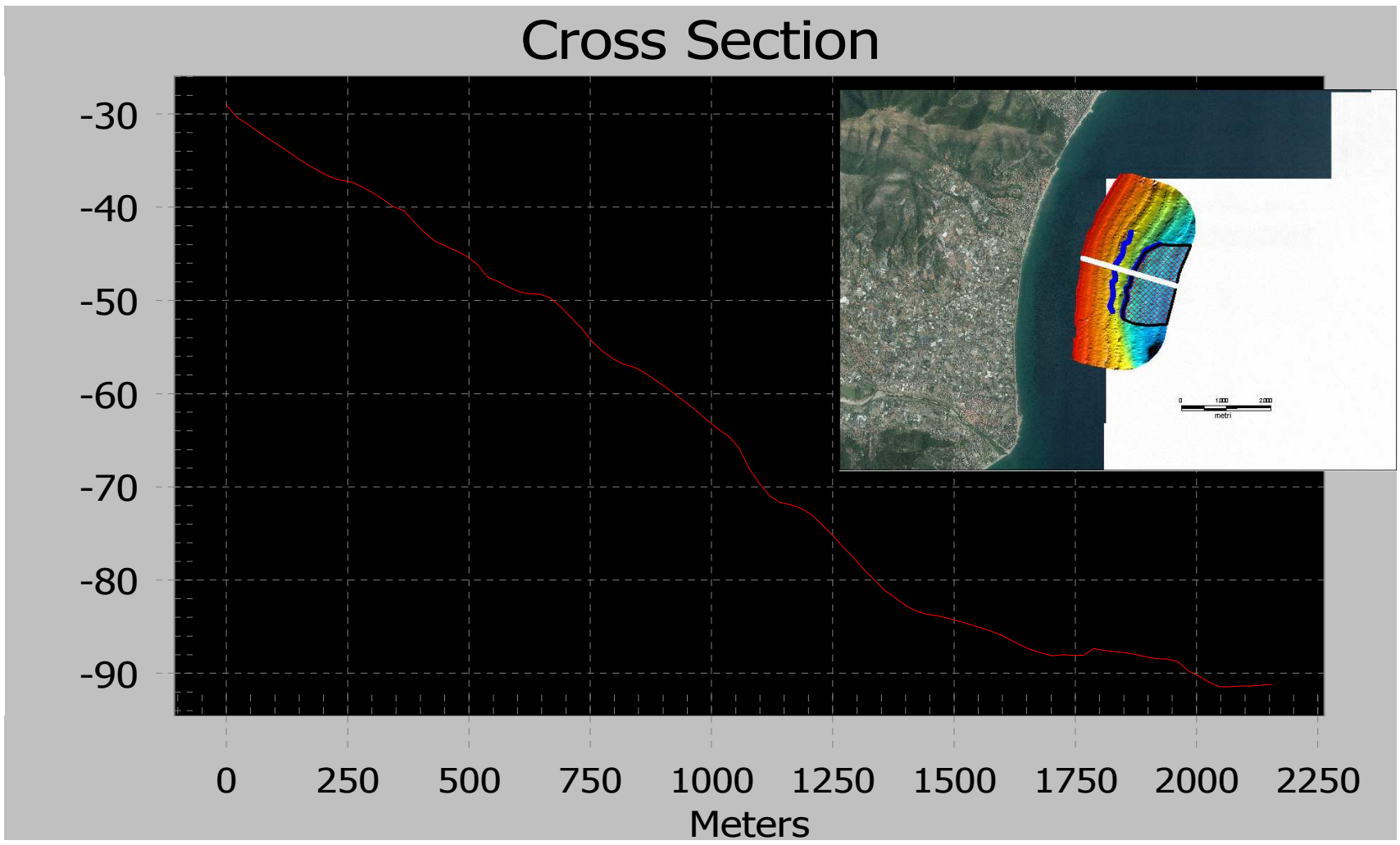


Figura 4.4.2. Sezione del fondale marino lungo una sezione (linea bianca) della potenziale area di cava

Fatti salvi i precedenti prerequisiti prestazionali sulla rimozione e gestione del cappello pelitico verranno ora valutati i possibili impatti dovuti alla movimentazione dei sedimenti dragati ai fini di ripascimento; nell'area di dragaggio la colonna d'acqua, a vari livelli, sarà infatti necessariamente interessata da nuvole torbide dovute alla movimentazione dei sedimenti aspirati sul fondo e dalla fuoriuscita per over-flow dal corpo di carico della draga, che potranno essere trasportate e disperse dalle correnti.

Le principali perturbazioni ambientali sull'area vasta sono pertanto le seguenti:

- l'aumento dei solidi sospesi in colonna d'acqua, con il relativo aumento di torbidità; tale effetto è destinato ad esaurirsi col tempo una volte terminata l'operazione di dragaggio;
- le variazioni indotte sul fondo ove possa verificarsi un significativo tasso di sedimentazione dovuto alla dispersione della nuvola torbida; tale effetto è di natura più persistente.

Questa pressione ambientale potrebbe generare un impatto in corrispondenza di alcuni habitat marini particolarmente sensibili e in particolare

a. Coralligeno
b. Popolamenti delle grotte sottomarine
c. Beach - rock
d. Praterie di *Posidonia oceanica*
e. Facies a Maërl del Detritico Costiero
f. Coralligeno profondo

La rassegna di questi habitat è stata presentata in ordine decrescente di criticità: le tipologie a), b) e c) sono caratterizzate dalla presenza di organismi animali sessili filtratori (gorgonie, coralli, briozoi, spugne, alghe calcaree) potenzialmente vulnerabili rispetto allo stress sedimentario.

E’ noto da studi bibliografici che l’aumento del tasso di sedimentazione sui popolamenti bentonici può indurre una diminuzione della biodiversità e una dominanza delle specie opportunistiche.

Alcuni studi effettuati in aree costiere con popolamenti coralligeni hanno evidenziato che in risposta ad un aumento della sedimentazione (superiore a 200 g/m^2/gg) le alghe erette tendono a scomparire, lasciando il posto come componente dominante al feltro algale.

Le praterie di *Posidonia oceanica* possono subire effetti negativi in relazione ad un aumento persistente (superiore ad alcuni mesi) della torbidità dell’acqua mentre l’ipotesi del seppellimento deve essere considerata solo per tassi di sedimentazione molto alti (centimetri all’anno).

La tipologia e) ed f) sono ambienti scarsamente conosciuti in ambito mediterraneo ed anche il grado di sensibilità di questi habitat rispetto allo stress sedimentario non è noto; a titolo cautelativo la loro eventuale presenza in siti potenzialmente idonei dell’area vasta è stata comunque presa in considerazione.

Per valutare la presenza e i rapporti spaziali con l’area di eventuale prelievo del deposito marino di tali habitat è stato utilizzato l’atlante degli habitat marini regionale, aggiornato in base alle nuove conoscenze acquisite per la redazione del Piano.

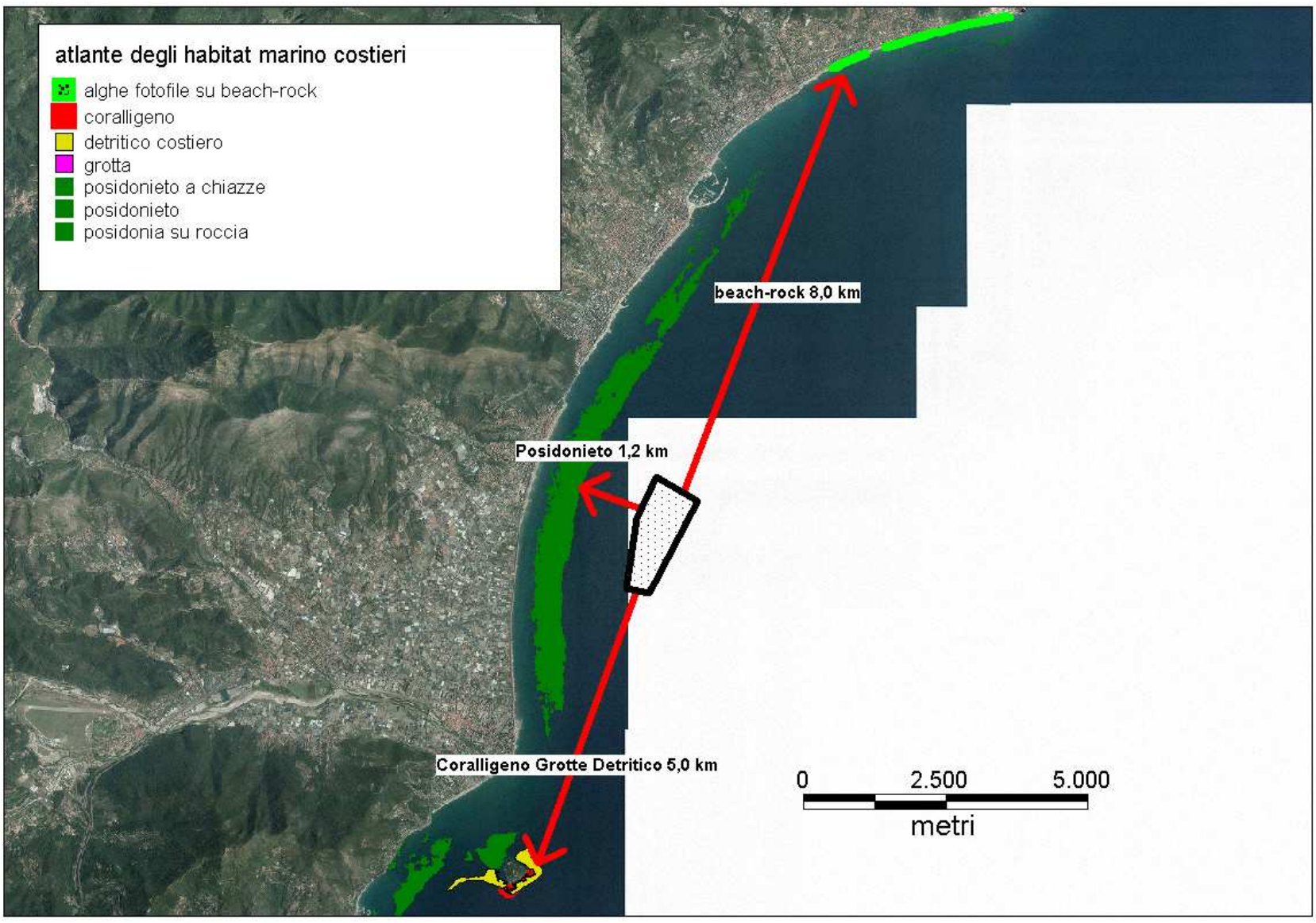


Figura 4.4.3. Distanza minima dei principali habitat sensibili rispetto alla potenziale area di prlievo

L’analisi spaziale evidenzia che l’unico target entro il raggio di 5 chilometri dall’area di intervento (distanza oltre la quale gli effetti possono essere considerati trascurabili) è rappresentato dalla prateria di *Posidonia oceanica* presente tra Albenga e Ceriale.

Tale posidonieto è una dei più estesi della Liguria, con il limite superiore ad una profondità minima di circa 8 m e il limite inferiore ad una profondità massima di 20 m.

Numerosi sono gli effetti documentati indotti dall'aumento della torbidità sulle praterie di fanerogame; una delle cause principali del regresso e del deterioramento delle praterie risulta essere la diminuzione della luce disponibile in seguito ad aumento della torbidità presso siti costieri interessati da grandi e prolungati versamenti di materiali di scavo.

In realtà temporanee fluttuazioni della torbidità non comportano danni irreversibili e possono essere sopportate senza troppi sforzi dalle piante: esperimenti effettuati sia sul campo che in laboratorio hanno dimostrato che alcune fanerogame sono in grado di sopravvivere con valori di intensità di luce inferiori al loro valore critico anche per alcuni mesi; l'ipotesi di sfruttamento della cava sottomarina prevede un evento di prelievo e ripascimento unico, in grado di risolvere le esigenze di ricostruzione strutturale delle spiagge; in base ai quantitativi in gioco il periodo di lavoro dei dragaggi non dovrebbe superare i tre mesi e tale ipotesi risolve le possibili criticità anche con scenari di tipo conservativo in cui si ipotizzasse un regime delle correnti del tutto sfavorevole (costantemente rivolto verso costa).

Riguardo invece alla valutazione del processo di seppellimento dovuto ad un aumentato tasso di sedimentazione esistono due precedenti studi effettuati nel contesto ligure ai quali fare riferimento:

- Il progetto Europero BeachMed-e (anno 2008) che per primo ha valutato l'esistenza e la possibilità di sfruttamento del deposito sottomarino in questione; in questo ambito sono state condotte specifiche indagini per valutare i tassi di sedimentazione naturali presso il posidonieto tra Albenga e Ceriale e stimare conseguentemente un limite di accettabilità cautelativo per l'incremento dovuto alle attività di dragaggio.
- La "Valutazione della predicibilità dell'impatto della movimentazione dei fanghi di fondo nella costruzione del nuovo sporgente" (anno 2010) realizzato nell'ambito della progettazione di un nuovo terminal portuale nella rada di Vado; questa valutazione di impatto ha ulteriormente sviluppato la metodologia dello studio beachmed per poterla applicare a tecniche di monitoraggio in continuo delle attività di dragaggio.

In base a queste esperienze è possibile indicare i seguenti valori di incremento massimo per l'eccesso di sedimentazione rispetto al background, riferiti ad eventi non continuativi e di durata inferiore all'anno.

Livello di impatto	Eccesso di sedimentazione rispetto al background
nessuno	Sedimentazione < 0,1 kg/m^2/die
lieve	Sedimentazione < 0,25 kg/m^2/die
moderato	Sedimentazione < 0,5 kg/m^2/die
severo	Sedimentazione > 0,1 kg/m^2/die

Tabella 4.4.2. Schema di correlazione tra sedimentazione e impatto

Tali valori, eventualmente ridefiniti alla luce di ulteriori approfondimenti, potranno essere messi alla base di un monitoraggio in continuo dei solidi sospesi in prossimità dei target ambientali che durante le attività di dragaggio potrà garantire la sospensione dei lavori nel caso del raggiungimento di condizioni potenzialmente impattanti.

Negli ultimi anni la Regione Liguria ha adottato questa strategia di controllo delle attività di dragaggio in ambito costiero, realizzata concretamente in due casi di grande rilevanza

- i dragaggio del Porto di Genova
- i dragaggi correlati alla realizzazione del nuovo terminal contenitori del porto di Vado

Tali esperienza hanno dimostrato la reale fattibilità e l'efficacia della strategia di controllo.

Per quanto riguarda il potenziale impatto su habitat marini profondi quali i coralli profondi occorre precisare che si tratta di ambienti poco noti e studiati sia in termini di localizzazione che in termini ecologici (e quindi anche rispetto al grado di vulnerabilità). Nell'intorno dell'area vasta in esame sono disponibili solo Indicazioni generica sulla presenza di queste biocenosi in corrispondenza del "Canyon di Alassio", particolare morfologia valliva presente al largo di capo Mele la cui distanza dall'area di intervento, superiore a 10 km, è sicuramente sufficiente ad escludere qualsiasi tipo di impatto; a titolo cautelativo è possibile segnalare la presenza di una morfologia meno pronunciata ma simile dal punto di vista geomorfologico a circa due chilometri a sud della potenziale area di cava; tale sito potrebbe essere considerato cautelativamente come target da sottoporre a indagini di approfondimento o per il quale individuare particolari prescrizioni in fase attuativa.

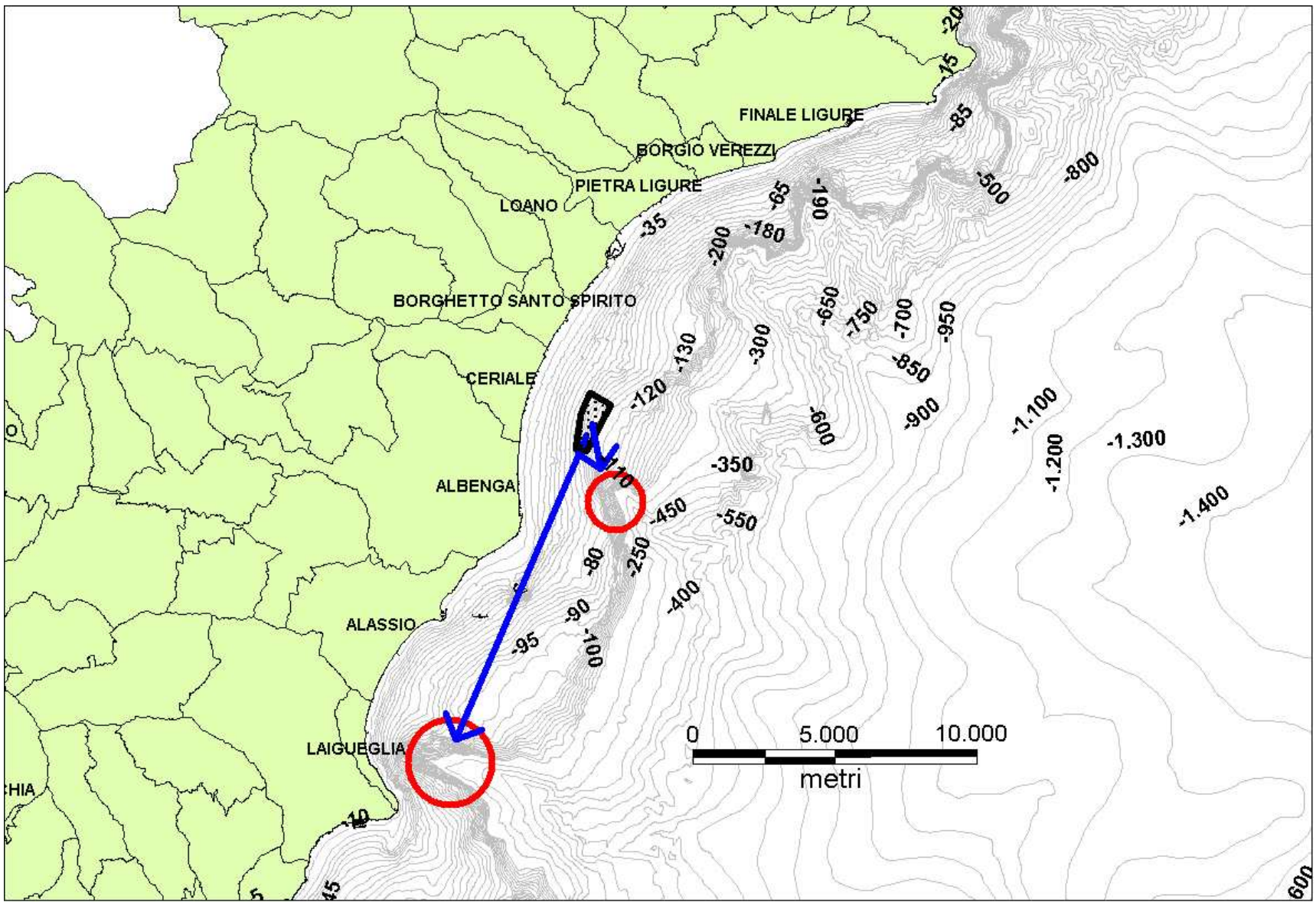


Figura 4.4.4. Siti potenziali per la presenza di coralli profondi

4.5. Compatibilità dell'area di dragaggio in relazione alle attività di pesca professionale

Nell'ambito della redazione del Piano è stata commissionata ad Arpal ed Olpa una analisi preliminare di questa problematica, con particolare riferimento ai tipi di pesca condotti nell'area, alle zone più utilizzate dai pescatori professionisti ed alla esistenza di siti di particolare rilevanza per la produttività della risorsa come aree di deposizione e di nurseri. Fermo restando che si tratta di una indagine propedeutica è non esaustiva, i primi risultati non hanno evidenziato situazioni di particolare interesse per la zona direttamente coinvolta dalle ipotesi di prelievo.

L'area potenzialmente interessata dal prelievo del deposito sottomarino, situata indicativamente tra la profondità di 60 e 75 metri, è attualmente fruibile per attività di pesca professionale e in particolare

- ✓ Pesca a strascico
- ✓ Piccola pesca costiera con attrezzi da posta (imbrocco, tremaglio, incastellata).

Ferma restando che l'assenza di impatti significativi sulla risorsa ittica in termini di produttività dell'area vasta devono essere trattati nell'ambito della valutazione dell'impatto sugli habitat, le possibili ulteriori interferenze, alla scala di sito di intervento, sono le seguenti:

- Non fruibilità dell'area nella fase di cantiere
- Minore fruibilità dell'area escavata a causa di modifiche indotte dal dragaggio sula morfologia del fondale (tale impatto può riguardare la sola pesca a strascico).

A livello di prefattibilità non è possibile approfondire la tematica, che dovrà essere sviluppata nella eventuale fase di progettazione ed approvazione del'intervento prevedendo

- Il coinvolgimento dei competenti uffici regionali e degli operatori locali;
- L'utilizzo di modalità operative di dragaggio che minimizzino le possibili alterazioni morfologiche sui fondali;
- L'eventuale ricorso a finanziamenti risarcitori per gli impatti non mitigabili.

4.6. Ipotesi di studio e monitoraggio

Come già anticipato nei capitoli precedenti, il fattore di maggiore criticità ambientale per la fattibilità dell'intervento risulta la dispersione e rideposizione di sedimenti al di fuori delle aree di dragaggio e ripascimento; tale fenomeno andrà adeguatamente stimato e caratterizzato quantitativamente in fase di progettazione e adeguatamente misurato e controllato in fase esecutiva.
Per la stima, in fase di progettazione dell'intervento, è necessario applicare un approccio modellistico che possa fornire gli scenari del potenziale impatto.

Le informazioni necessarie per questo tipo di analisi sono le seguenti:

- modello morfobatimetrico di sufficiente dettaglio dell'area vasta (entro 10 km dall'area di prelievo): già disponibile, da integrare eventualmente per subaree di particolare interesse
- mappatura degli habitat sensibili: già disponibile, da integrare eventualmente per subaree di particolare interesse
- dati quali quantitativi e topologici dei sedimenti potenzialmente movimentabili: dati già disponibili.
- campo correntometrico dell'area vasta misurato o calcolato con adeguati strumenti modellistici: questo aspetto è da sviluppare

A partire da queste informazioni andranno calcolati, attraverso un adeguato modello di dispersione idrodinamico, gli scenari di dispersione e sedimentazione delle seguenti fasi di lavorazione

- spostamento del cappello pelitico
- trasporto del materiale da ripascimento
- ripascimento delle spiagge

per diverse situazioni climatologiche di corrente e moto ondoso.

Le simulazioni dovranno consentire di confrontare i tassi di sedimentazione calcolati con le soglie di accettabilità stabilite in base ai criteri di cui al precedente capitolo 1.2.4.

Per il controllo in fase di esecuzione dell'intervento occorre prevedere un sistema di monitoraggio in continuo dei solidi sospesi nella colonna d'acqua in grado di rilevare con sufficiente prontezza il verificarsi di condizioni potenzialmente impattanti, correlato con un protocollo di gestione delle operazioni di dragaggio.

Le precedenti concrete applicazioni di questo tipo di monitoraggio in Liguria (dragaggi del porto di Genova e Vado ligure) sfruttano sonde con tecnologie del tipo ADCP posizionate su stazioni fisse o montate su stazioni mobili; tali sonde sono in grado di rilevare in continuo e lungo l'intero profilo verticale della colonna d'acqua la corrente e la torbidità, convertendola in tempo reale (mediante opportune previe procedure di calibrazione) in concentrazioni di solidi in sospensione.

Per il caso in questione sembrerebbe ottimale l'utilizzo di un battello attrezzato in grado di effettuare il controllo mobile delle nuvole torbide posizionandosi tra la fonte e i diversi target ambientali individuati, adattando la frequenza e la posizione dei controlli in funzione delle condizioni contingenti.

Tale monitoraggio, sulla base di adeguati valori soglia di attenzione e di allarme, dovrà fornire indicazioni operative al dragaggio finalizzate ad evitare potenziali situazioni di impatto.

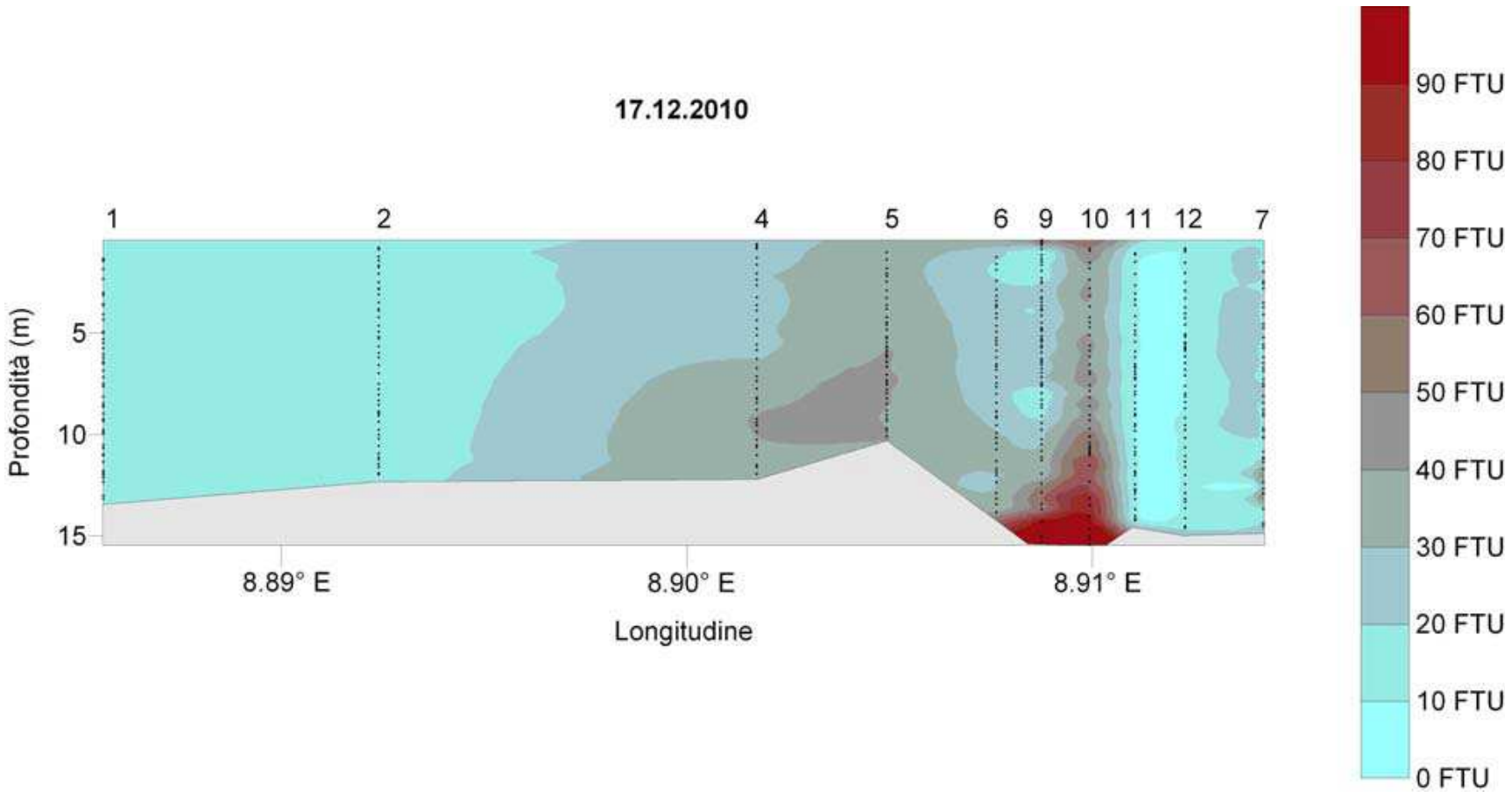


Figura 4.6.1. Distribuzione verticale della torbidità lungo un transetto ADCP durante il monitoraggio del dragaggio del porto di Genova (fonte Distav – UNIGE)

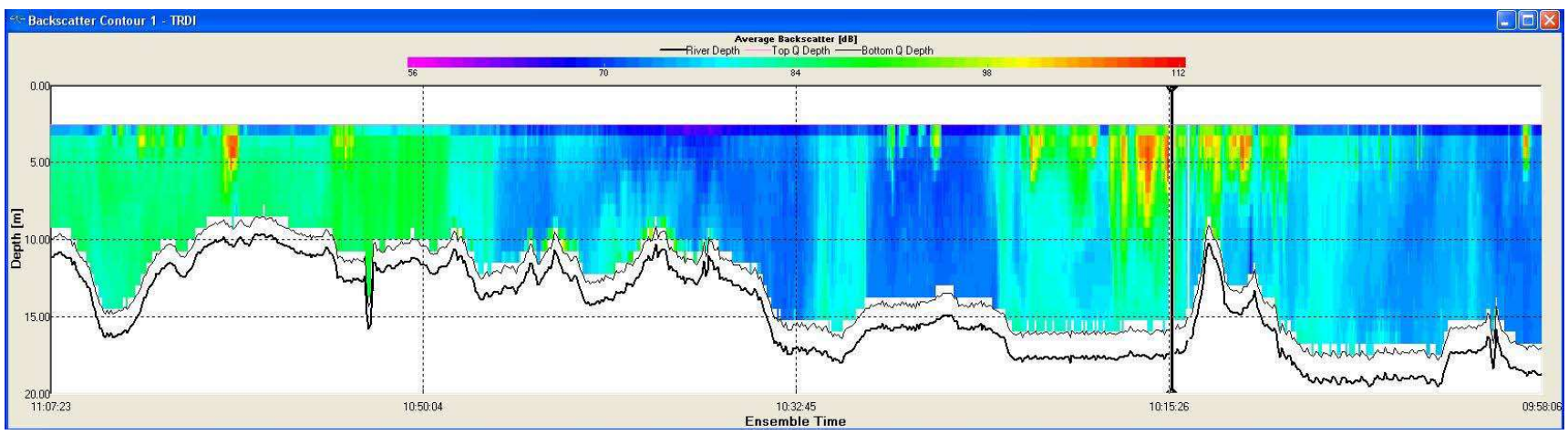


Figura 4.6.2. Backscatter (indicatore della quantità di solidi sospesi) lungo un transetto ADCP durante il monitoraggio del dragaggio del porto di Genova (fonte Distav – UNIGE)

4.7. Conclusioni

Questa analisi di prefattibilità permette di non poter escludere, allo stato attuale delle conoscenze, la sostenibilità ambientale di un possibile sfruttamento ai fini di ripascimento del deposito sottomarino di sabbie fossili presente al largo di Albenga e Ceriale.

Ciò a condizione che vengano approfonditi e risolti i seguenti argomenti

- ✓ Possibilità di garantire la separazione e la rideposizione, in un'area adeguata, dei sedimenti del cappello di copertura pelitica del deposito di sabbie fossili.
- ✓ Possibilità di garantire, nel sedimenti portati a ripascimento, una percentuale di pelite inferiore all'8 %.

- ✓ Calibrazione degli interventi di ripascimento al fine di non fare avanzare il piede della spiaggia sommersa di progetto oltre l'attuale limite superiore del posidonieto.
- ✓ Previsione dei tassi di sedimentazione delle nuvole di torbida, in relazione alla presenza di target ambientali, attraverso strumenti modellistici.
- ✓ Monitoraggio in corso d'opera delle nuvole di torbida correlato a procedure operative sulle attività di dragaggio..
- ✓ Modalità di mitigazione e compensazione sulle interferenze con la pesca professionale