COMUNE DI ALASSIO

PROVINCIA DI SAVONA

OPERE A DIFESA NATURALE DEL CENTRO URBANO PROSPICIENTE IL LITORALE PER LA SICUREZZA DELLE VITE UMANE E A SALVAGUARDIA DELLE STRUTTURE, INFRASTRUTTURE E DEI BENI PUBBLICI E PRIVATI ATTRAVERSO LA RICOSTITUZIONE DELLA SPIAGGIA EMERSA CONIUGATA CON MANUTENZIONE STAGIONALE E/O OPERE A MARE DI DIFESA E CONSERVAZIONE DEGLI ARENILI

PROGETTO DEFINITIVO

Oggetto: ZONA DI PRELIEVO E ZONA DI VERSAMENTO

Argomento: COMPATIBILITA' SEDIMENTOLOGICA

Relazione geologica

REDATTO NEL MESE DI LUGLIO 2020 DA:

- Ing. Franco Ferrando
- Ing. Guido FERRI
- Ing. Paolo Gaggero
- Ing. Luca Rossi
- Dott. Geol. Eros Aiello — Geologia
- Dott.ssa Frida Occelli — Archeologia

Con la consulenza:

- Prof. Enzo Pranzini — consulenza ambientale
- Geoscape (spin off università di Genova) — modellistica e verità mare
- Prof. Giovanni Besio (università di Genova) — fornitura ed elaborazione dati meteomarini

R.U.P.
Geom. Luca Corciulo

1. Premessa

La presente relazione si colloca nell'ambito dell'incarico per la progettazione definitiva, il coordinamento della sicurezza in fase di progettazione definitiva, la redazione dei modelli matematici e delle analisi chimiche/batteriologiche ed ecotossicologiche, delle "Opere a difesa naturale del centro urbano prospiciente il litorale per la sic urezza delle vite umane e a salvaguardia delle strutture, infrastrutture e dei beni pubblici e privati attraverso la ricostituzione della spiaggia emersa coniugata con manutenzione stagionale e/o opere a mare di difesa e conservazione degli arenili", affidato all'RTP costituito con mandato speciale con rappresentanza di associazione temporanea di professionisti, protocollato a questo Ente in data 1/6/2020 al n.14876, stipulato in data 27/5/2020 e registrato presso l'Agenzia delle entrate - DPSV UT di Albenga in data 16/6/2020 al n.3001041 - serie 3, tra i seguenti esperti: Ing. Franco Ferrando, Ing. Guido Ferri, Ing. Paolo Gaggero, Ing. Luca Rossi, Dott.ssa Frida Occelli, Dott. Geol. Eros Aiello.

In particolare, riguarda l'identificazione dei sedimenti utilizzabili per il ripascimento della spiaggia di Alassio e la valutazione delle loro idoneità in termini granulometrici e colorimetrici.

La prima si basa sulle analisi granulometriche effettuate su campioni di fondale raccolti nel 2019 e su altri raccolti nel 2020 nell'ambito del presente progetto, entrambi messi a confronto con i sedimenti della spiaggia di Alassi della quale esistono più campionature.

Sui dati del 2019 è stata fatta un'analisi preliminare, finalizzata all'impostazione di un successivo approfondimento che è stato effettuato nel 2020.

Questa relazione si basa quindi sui dati del 2020, e, per completezza, le elaborazioni e le interpretazioni fatte sui dati del 2019 vengono riportate solamente in Appendice.

Le analisi colorimetriche sono state commissionate dallo scrivente al Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena.

2. Compatibilità granulometrica

Dati utilizzati

La valutazione della compatibilità granulometrica dei sedimenti presenti sui fondali compresi fra l'Isola Gallinara e il porto di Alassio e quelli della spiaggia di Alassio si basa su numerosi campioni prelevati in diverse campagne (Tabelle 1 e 2).

I sedimenti di spiaggia (Native)

Per la caratterizzazione della zona di ripascimento si è fatto riferimento ai dati tessiturali relativi alla campagna di prelievi effettuata appositamente per questo studio nel Giugno 2020 da Geocoste s.n.c., quando sono stati raccolti 17 campioni di spiaggia emersa e sommersa. In via cautelativa i calcoli di stabilità sono stati fatti utilizzando i campioni a +1.0 e 0.0 m. Quelli prelevati a -1 m e -2 m entrano comunque in un composito di confronto.

Per tutti i campioni, sia quelli del Giugno 2020 sia precedenti, l'analisi granulometrica è stata effettuata per setacciatura meccanica a secco con intervallo ½, consentendo così una loro comparazione.

Tabella 1. Dati utilizzati per la caratterizzazione sedimentologica della spiaggia di Alassio

Spiaggia (Native)	N. campioni	Posizione
Marzo 2004	63	spiaggia alta, media, battigia e step;
Novembre 2004	64	spiaggia alta, media, battigia e step;
Febbraio 2012	33	+1.0, +0.5, 0.0 m
Giugno 2020	17	+1.0, 0.0, m

Nell'interpretazione dei dati si è anche tenuto conto di quanto emerso in studi precedenti, in particolare quelli effettuati nel 2004, in occasione del monitoraggio dell'efficacia del BMS (campionature in Marzo e Novembre; N = 63 e 64), e nel Febbraio 2012 (N = 33), quando venne fatta una indagine volta ad una prima identificazione di sedimenti per il ripascimento della spiaggia,

Ciò perché, essendo questo tratto di costa in erosione, si ritiene che i sedimenti oggi presenti siano residuali e non ottimali per descrivere le caratteristiche tessiturali dei sedimenti che

caratterizzavano l'arenile quando questo aveva un'estensione maggiore. In ogni caso, quelli attuali forniscono informazioni che potremmo definire più cautelative.

In Figura 1 vengono rappresentate le distribuzioni granulometriche dei cinque campioni compositi rappresentativi della spiaggia sulla base dei dati raccolti nelle varie campagne; per i dati del Giugno 2020 si è fatto riferimento sia al composito da +1m a -2m, sia a quello della sola spiaggia emersa (+1m, 0m).

Come si può vedere, vi è una notevole sovrapposizione delle curve relative agli anni 2004 (Marzo e Novembre) e 2012, con una distribuzione granulometrica ben classata e con moda a 2.5 phi (177 micron). Nel 2012 vi era una esile coda di elementi millimetrici.

I sedimenti di spiaggia descritti dalla curva del 2020 appaiono meno classati e leggermente più grossolani, con moda a 2,0 phi (250 micron), che ritorna a 2.5 phi se vengono inseriti anche i campioni a -1.0 m e -2.0 m.

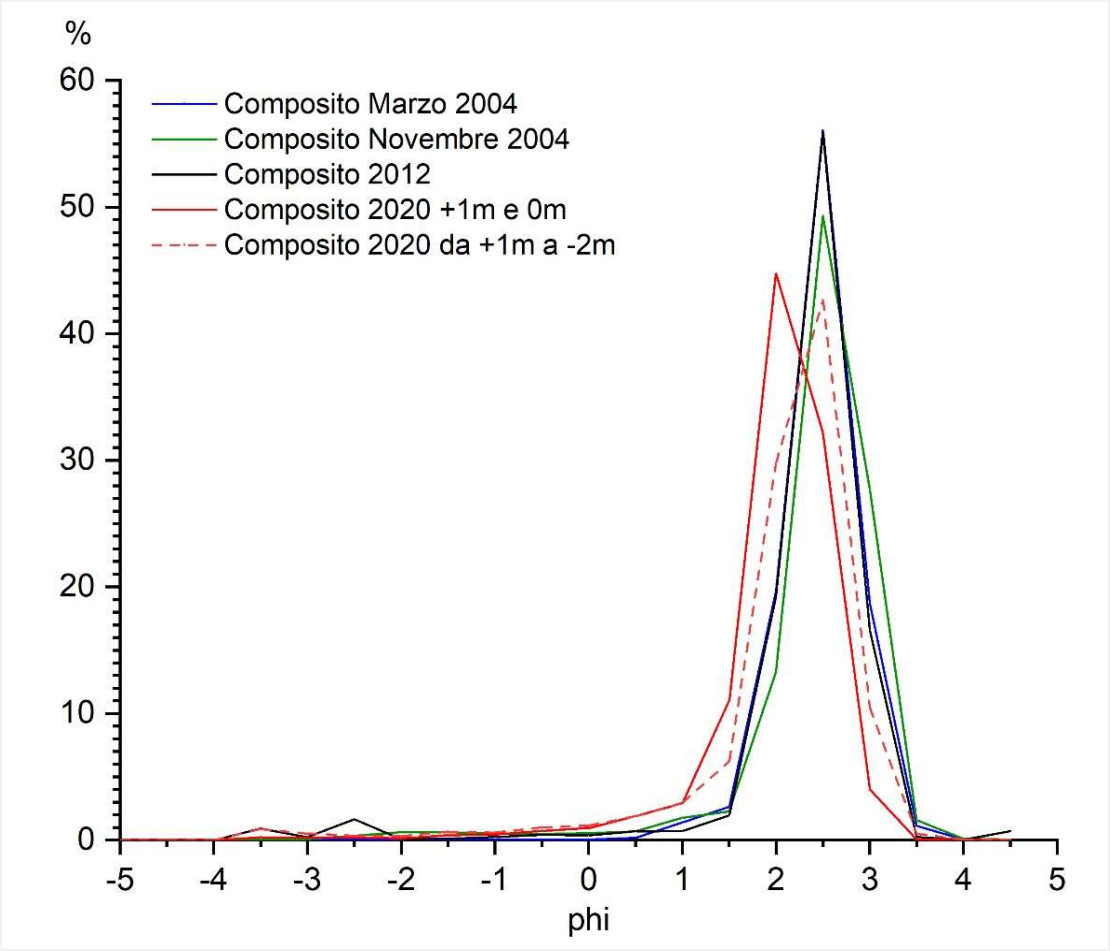


Figura 1. Distribuzione granulometrica dei campioni compositi di spiaggia rappresentativi dei va periodi.

Si può pensare che, in parte, questa differenza derivi dallo stato erosivo in cui si trova attualmente la spiaggia, assai più grave di quanto non lo fosse nei periodi precedenti: la perdita delle frazioni più fini avrebbe determinato un deposito grossolano residuale. Si deve però sottolineare come la frazione 2.0 phi non fosse molto abbondante in precedenza e questo processo potrebbe aver interessato solo lo strato superficiale dell'arenile.

I materiali di ripascimento (Borrow)

Nel tratto di mare potenzialmente interessato dal dragaggio sono state identificate due zone; una più esterna (Zona A), fra i fondali di 17 m e di 26 m, nella quale sono stati presi 62 campioni, l'altra, più vicina al porto di Alassio (Zona B), lungo una fascia di fondale compreso fra -3 m e – 14 m, nella quale sono stati prelevati 24 campioni (Tabella 2). Tutti i campioni sono stati prelevati ed analizzati da Geocoste s.n.c nel Giugno 2020.

Tabella 2. Dati utilizzati per la caratterizzazione sedimentologica delle zone di prelievo

Fondali (Borrow)		
Zona A - 2020	62	Da -17 a -26 m
Zona B - 2020	24	Da -3 a – 14 m

Per tutti questi campioni l'analisi granulometrica è stata effettuata per setacciatura meccanica a secco con intervallo ½ dopo aver rimosso la frazione fine (inferiore a 63 micron) per via umida.

L'analisi preliminare delle distribuzioni granulometriche dei campioni raccolti nella Zona A mostra come questi siano decisamente più fini di quelli presenti sulla spiaggia di Alassio. Hanno infatti le mode comprese fra 3.0 e 4.0 Phi (125 – 63 micron) mentre in quelli della spiaggia è posta in quasi tutti a 2.5 phi (177 micron) come appare dalla Figura 2. Vi è inoltre una percentuale di frazione fine (inferiore a 63 micron) compresa fra 18.9 % e il 29.7 %, con un valore medio del 22.7%.

Ritenendo improbabile una loro utilizzazione per il ripascimento della spiaggia, si sono indirizzate le indagini verso un tratto di fondale, sempre della stessa zona, ma più vicino alla costa (Zona B).

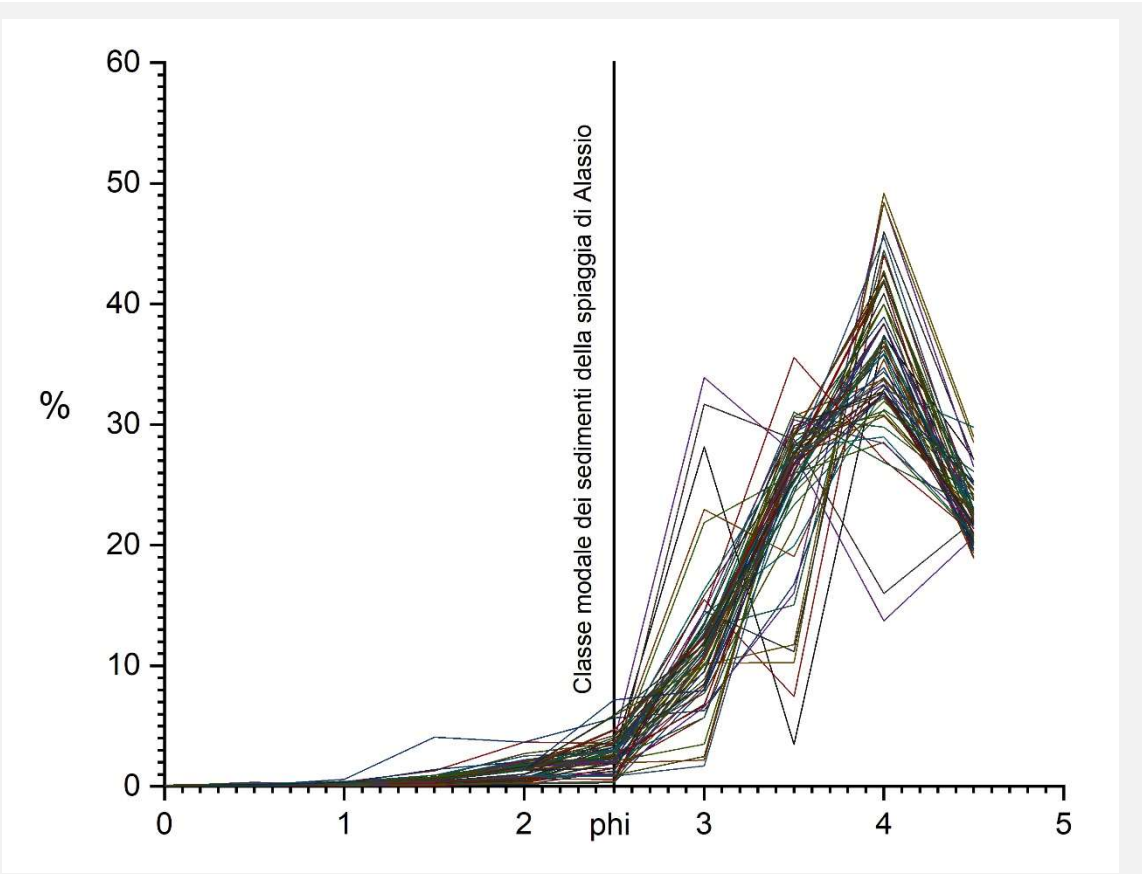


Figura 2 Distribuzione granulometrica dei sedimenti campionati nella Zona A

Tutti i campioni qui raccolti hanno la classe modale a 2.5 phi (177 micron), la stessa della gran parte dei sedimenti che costituiscono la spiaggia di Alassio.

La variabilità di questi materiali è inferiore a quella dei sedimenti della Zona A (anche perché in numero minore), ma comunque si nota la presenza di due campioni che presentano una percentuale più elevata di granuli di dimensioni inferiori a 2.5 phi, e sono i campioni N1 ed N2, all'estremità occidentale dell'area indagata.

Qualora i volumi reperibili nel rimanente tratto di fondale fossero sufficienti per l'intervento di ripascimento, si ritiene preferibile non estendere il dragaggi su questa porzione del fondale.

Le valutazioni sulla stabilità dei sedimenti vengono quindi fatte senza tenere conto di N1 ed N2.

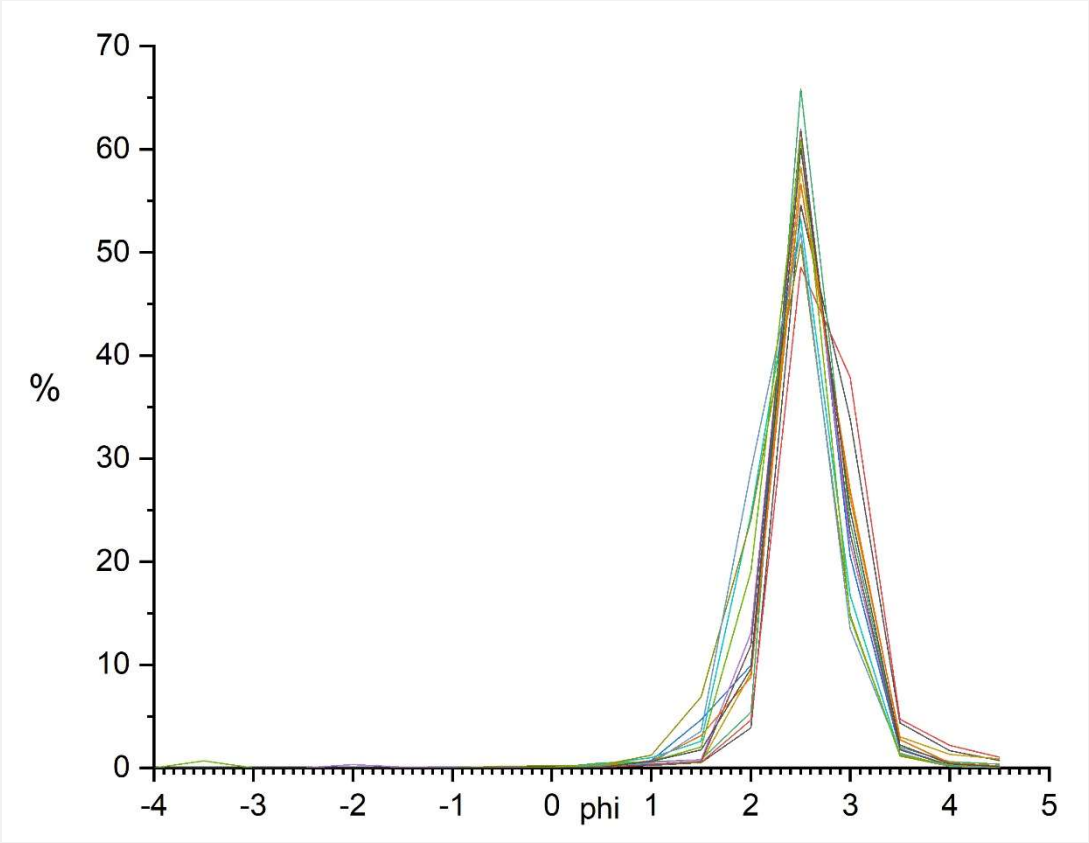


Figura 2 Distribuzione granulometrica dei sedimenti campionati nella Zona B.

Idoneità dei materiali al ripascimento

L'efficacia di un ripascimento, in termini di stabilità dei materiali immessi, è determinata quasi esclusivamente dalle dimensioni dei granuli , ed (Tabella 3) è su questo punto che fino ad oggi si è focalizzato lo sforzo dei progettisti, spesso utilizzando i metodi proposti dallo Shore Protection Manual (USASCE) a cui si è recentemente affiancato un metodo proposto sulla rivista Coastal Engineering.

Per ciascuna coppia Native – Borrow sono stati calcolati il Rapporto critico ($R_{\Phi crit}$; Krumbein e James, 1965), l'Overfill factor (R_A; James, 1975) e l'Indice di stabilità (Is; Pranzini et al., 2018).

Il **Rapporto critico ($R_{\Phi crit}$)** e **l'Overfill factor (R_A)** tendono a valutare, in forma leggermente diversa, la quantità di sedimenti Borrow che deve essere messa sulla spiaggia affinché, dopo l'azione selettiva del mare, rimanga un volume unitario di sedimenti con la stessa distribuzione granulometrica del sedimento Native. Se alcune classi granulometriche mancano, il raggiungimento non può avvenire.

L'**Indice di stabilità (Is),** dopo numerose applicazioni in Italia ed in altri paesi, è stato pubblicato su Coastal engineering. Si basa sull'ipotesi che un granulo, di dimensioni maggiori del più grande granulo presente sulla spiaggia, abbia una stabilità pari ad 1, mentre uno più piccolo del più piccolo presente sulla spiaggia abbia stabilità 0. Per ciascuna distribuzione granulometrica la stabilità di ogni frazione è proporzionale all'inverso del suo valore nella curva cumulativa.

Tabella 3. Parametri statistici dei sedimenti compositi della spiaggia di Alassio nel 2004, 2012 e 2020, delle Zone A e B.

	Native Composito 2020 (da +1a -2m	Native Composito 2020 (+1 e 0m)	Native Composito 2012	Native Marzo 2004	Native Novembre 2004	Borrow Composito Zona A 2020	Borrow Composito Zona B 2020
Mz (phi	1,97	1.79	2,17	2,21	0,26	3,92	2,32
Mz (mm	0,26	0,25	0,22	0,22	0,21	0,066	0,20
σ_I	0,69	0.69	0,49	0,36	0,51	1,25	0,39
% fine	0,01	0,01	0,70	0,01	0,03	22,72	0,32

N.B. I campioni che costituiscono i compositi non rappresentano sempre lo stesso tratto del litorale di Alassio.

Sia il Rapporto critico ($R_{\Phi crit}$) sia l'Overfill factor (R_A) usano per il calcolo i valori di Media e Classazione nella formulazione di Inman (1952), che vengono riportati in Tabella 4. Con tali valori si determinano quelli delle coordinate x e y del punto rappresentativo del confronto Native/Borrow sui due nomogrammi di Figura 3 (Spiaggia 2020: x = 0.71 e y = 0.70; Spiaggia 2012: x = 0.35 e y = 0.89).

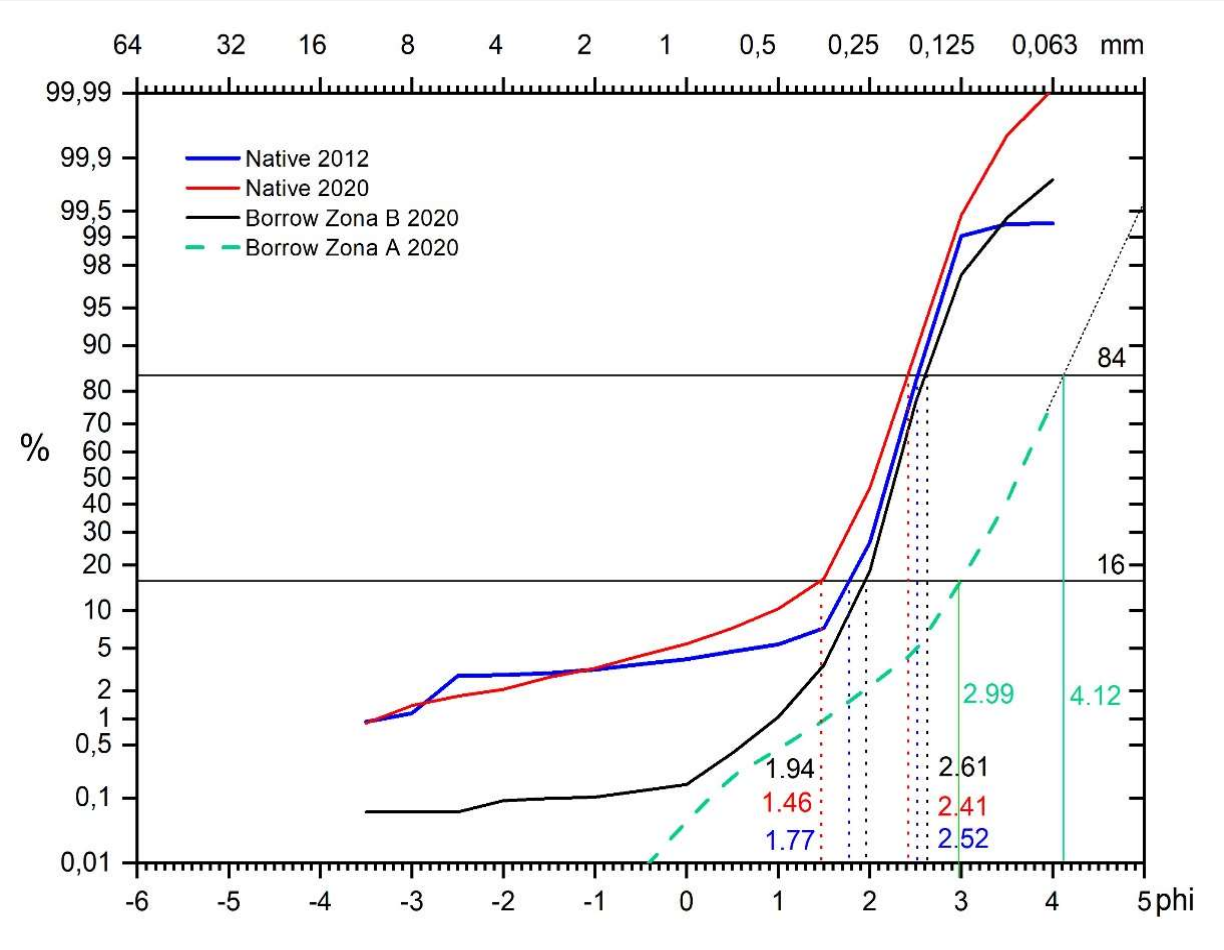


Figura 3. Curva cumulativa in scala log-probabilistica della distribuzione granulometrica dei campion compositi Native 2020 e Borrow Zona A 2020 e Borrow Zona B. Sono indicati i valori del 16° e del l'84 percentile per il calcolo del Rapporto critico ($R_{\Phi crit}$) e dell'Overfill factor (R_A).

Tabella 4. Valori per il calcolo di $R_{\Phi crit}$ e R_A e risultati

Composito	16°	84°	M_Φ	σ_Φ	x	y	$R_{\Phi cri}$	R_A
Spiaggia 2012	1.77	2.52	2.15	0.38				
Spiaggia 2020	1.46	2.41	1.94	0.48				
Zona A	2.99	4.12	3.56	0.57				
Zona B	1.94	2.61	2.27	0.33				
Borrow Zona A vs. Spiaggia 201					3.76	1.51	N.C.	N.C.
Borrow Zona A vs. Spiaggia 202					3.41	1.19	N.C.	N.C.
Borrow vs. Spiaggia 2012					0.35	0.89	N.C.	10
Borrow vs. Spiaggia 2020					0.72	0.71	N.C.	2.5

Facendo il confronto con la spiaggia del 2020, sul nomogramma del Rapporto critico (Figura 4) il punto rappresentativo non è posizionabile ma cade nel settore di instabilità; mentre sul nomogramma dell'Overfill factor cade, sempre nel settore dell'instabilità me è possibile posizionarlo in prossimità dell'isolinea di 10 (Figura 5). Sarebbero quindi necessari 10 mc di materiale di ripascimento per ottenerne uno con la stessa distribuzione granulometrica dei sedimenti di spiaggia.

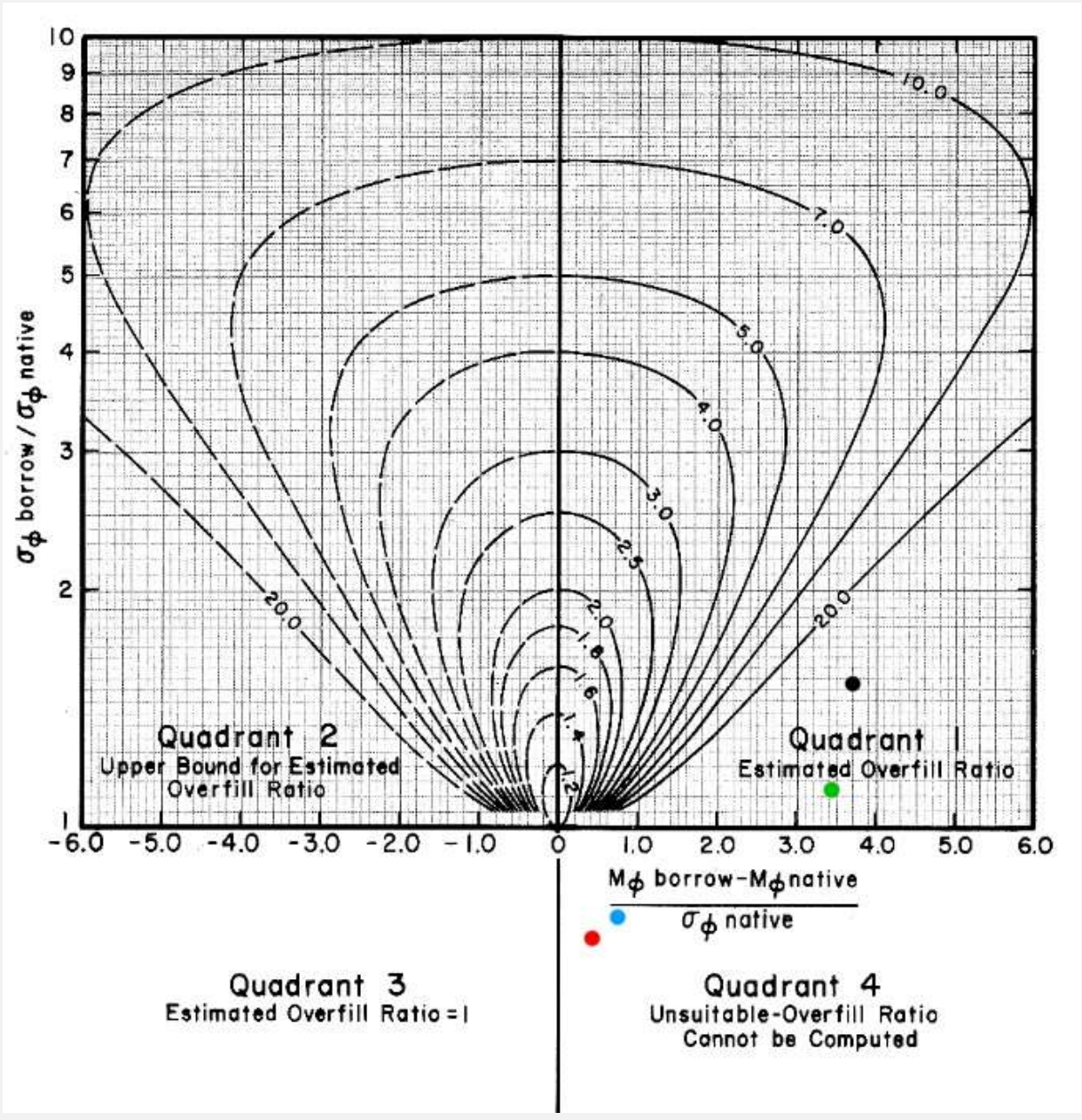


Figura 4. Nomogrammi per il calcolo de Rapporto critico ($R_{\Phi crit}$).

Ciò è dovuto alla maggiore classazione del cumulativo Borrow rispetto a quello Native; in pratica il primo non ha granuli delle dimensioni che invece ha il Native, e quindi è teoricamente impossibile che ne replichi la distribuzione granulometrica.

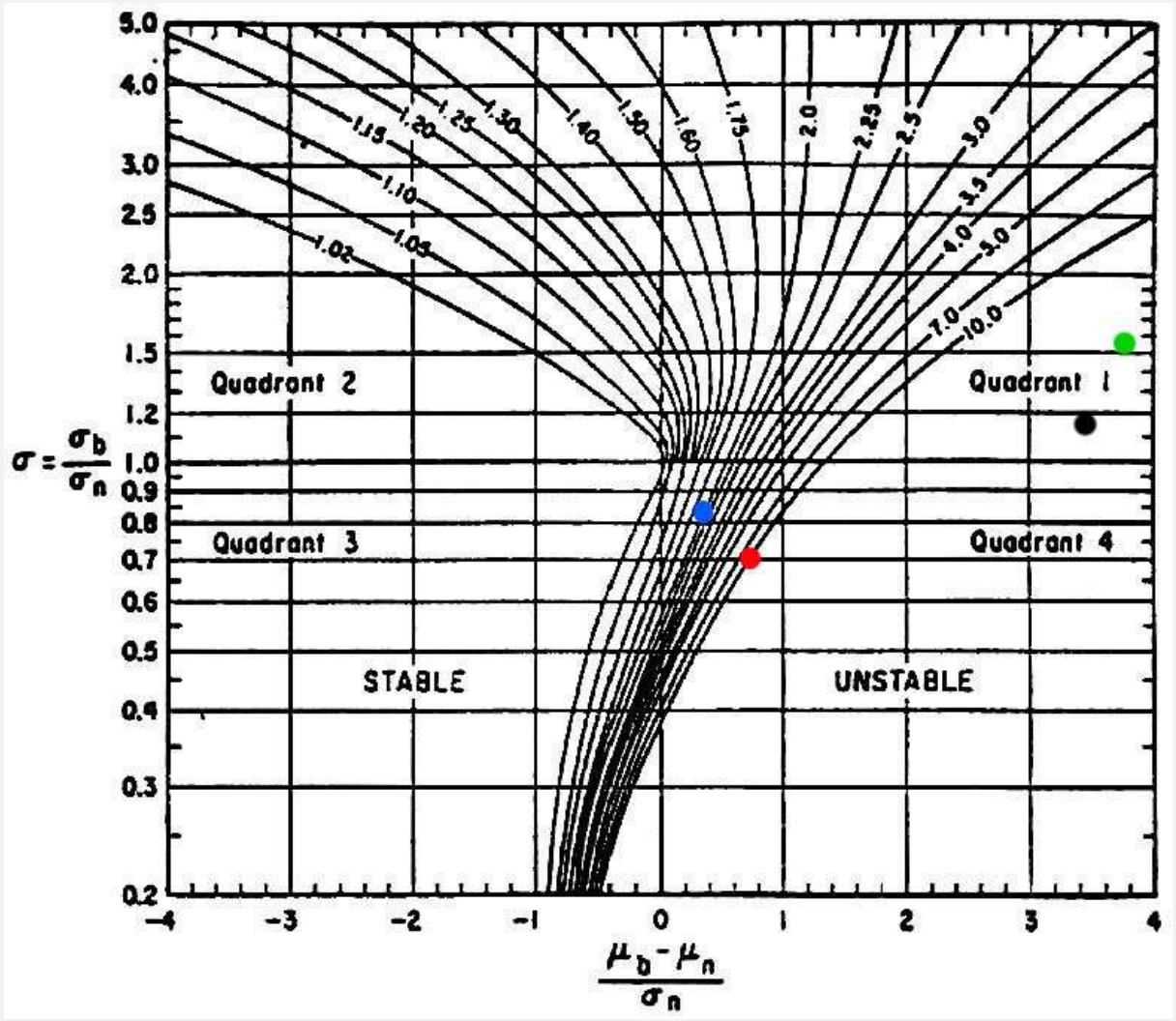


Figura 5. Nomogrammi per il calcolo dell'Overfill factor (R_A)

È proprio per tener conto di questi casi che è stato sviluppato l'Indice di stabilità (Is), che, pur non fornendo valori come quelli di R_{crit} e R_A (dai quali, comunque, mancando il fattore tempo, non si traggono informazioni maggior), consente il confronto fra potenziali sedimenti Borrow in tutte le condizioni.

I valori dell'Indice di stabilità del composito della Zona, A calcolato per la spiaggia del 2012 (Tabella 5) è 0,047; mentre per la Spiaggia 2020 (solo emersa) è 0,034 e per quella da +1 m a – 2 m è 0,033 (per queste due non si ritiene neppure opportuno riportare il calcolo).

Tabella 5. Calcolo dell'Indice di stabilità (Is) per i sedimenti della Zona A depositati sulla Spiaggia 2012.

Phi	Comp-sp20	Cum-com	Cum-inv	Fs	Composito Zona A	Is
	0.	0.0	100.0	1.0	0.00	0.0
-5	0.	0.0	100.0	1.0	0.00	0.0
	0.	0.0	99.9	1.0	0.00	0.0
-4	0.	0.0	99.9	1.0	0.00	0.0
	0.	0.0	99.9	1.0	0.00	0.0
-3	0.	0.9	99.0	0.9	0.00	0.0
	0.	1.1	98.8	0.9	0.00	0.0
-2	1.	2.7	97.2	0.9	0.00	0.0
	0.	2.8	97.1	0.9	0.00	0.0
-1	0.	2.9	97.0	0.9	0.00	0.0
	0.	3.2	96.7	0.9	0.00	0.0
-0	0.	3.6	96.3	0.9	0.01	0.0
	0.	3.9	96.0	0.9	0.04	0.0
0	0.	4.6	95.3	0.9	0.15	0.1
	0.	5.4	94.5	0.9	0.24	0.2
1	1.	7.3	92.6	0.9	0.52	0.4
	19.	26.5	73.4	0.8	1.25	1.0
2	55.	82.4	17.5	0.4	2.51	1.1
	16.	99.0	0.9	0.0	11.43	1.0
3	0.	99.2	0.7	0.0	25.08	0.2
	0.	99.3	0.6	0.0	36.05	0.2
4	0.	100.0	0.0	0.0	22.72	0.0
	100.0				100.0	**0.0**

Al contrario un indice più accettabile lo si ottiene per il Composito della Zona B Tabella 6), che da un valore di Is = 0.334 per la Spiaggia 2020 e Is = 0.422 per la Spiaggia 2012 (Tabella 7).

Tabella 6. Calcolo dell'Indice di stabilità (Is) per i sedimenti della Zona B depositati sulla Spiaggia 2020.

P	Comp-sp20	Cum-cor	Cum-		Comp-Rip (nc N1.2)	
	0.	0.0	100.0	1.0	0.0	0.0
-5	0.0	0.0	100.0	1.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	100.0	1.0	0.0	0.0
-4	0.0	0.0	100.0	1.0	0.0	0.0

	0.0	0.0	100.0	1.0	0.0	0.0
-3	0.8	0.8	99.1	0.9	0.0	0.0
	0.5	1.3	98.6	0.9	0.0	0.0
-2	0.3	1.7	98.2	0.9	0.0	0.0
	0.3	2.0	97.9	0.9	0.0	0.0
-1	0.6	2.7	97.2	0.9	0.0	0.0
	0.5	3.3	96.6	0.9	0.0	0.0
-0	1.0	4.3	95.6	0.9	0.0	0.0
	1.1	5.4	94.5	0.9	0.0	0.0
0	1.8	7.3	92.6	0.9	0.2	0.2
	2.9	10.2	89.7	0.9	0.6	0.5
1	6.2	16.5	83.4	0.8	2.5	2.1
	29.7	46.3	53.6	0.6	14.9	10.2
2	42.6	88.9	11.0	0.3	58.4	18.9
	10.4	99.4	0.5	0.0	20.6	1.1
3	0.5	99.9	0.0	0.0	1.8	0.0
	0.0	99.9	0.0	0.0	0.3	0.0
4	0.0	100.0	0.0	0.0	0.1	0.0
	100.0				100.0	**0.3**

Tabella 7. Calcolo dell'Indice di stabilità (Is) per i sedimenti della Zona B depositati sulla Spiaggia 2012.

Phi	Comp-sp2012	Cum-com	Cum-inv	Fs	Comp-Rip (non N1.2	Is
	0.	0.0	100.0	1.0	0.0	0.0
-5	0.	0.0	100.0	1.0	0.0	0.0
	0.	0.0	99.9	1.0	0.0	0.0
-4	0.	0.0	99.9	1.0	0.0	0.0
	0.	0.0	99.9	1.0	0.0	0.0
-3	0.	0.9	99.0	0.9	0.0	0.0
	0.	1.1	98.8	0.9	0.0	0.0
-2	1.	2.7	97.2	0.9	0.0	0.0
	0.	2.8	97.1	0.9	0.0	0.0
-1	0.	2.9	97.0	0.9	0.0	0.0
	0.	3.2	96.7	0.9	0.0	0.0
-0	0.	3.6	96.3	0.9	0.0	0.0
	0.	3.9	96.0	0.9	0.0	0.0
0	0.	4.6	95.3	0.9	0.2	0.2
	0.	5.4	94.5	0.9	0.5	0.5
1	1.	7.3	92.6	0.9	2.1	2.0
	19.	26.5	73.4	0.8	13.3	11.0
2	55.	82.4	17.5	0.4	57.3	26.0
	16.	99.0	0.9	0.0	22.9	2.1
3	0.	99.2	0.7	0.0	2.2	0.0
	0.	99.3	0.6	0.0	0.6	0.0
4	0.	100.0	0.0	0.0	0.3	0.0
	100.0				100.0	**0.4**

Prendendo in considerazione di dati delle 5 carote che rappresentano la Zona B, l'Indice di stabilità sale a 0.372 col confronto con la spiaggia del 2020 (Tabella 8) e a 0.480 da quello con la spiaggia del 2012 (Tabella 9).

Tabella 8. Calcolo dell'Indice di stabilità (Is) per i sedimenti delle carote prelevata nella Zona B depositati sulla Spiaggia 2020

Phi	Comp-sp2020	Cum-comp	Cum-inv	Fs	Carote	Is
	0.	0.0	100.0	1.0	0.0	0.0
-5	0.	0.0	100.0	1.0	0.0	0.0
	0.	0.0	100.0	1.0	0.0	0.0
-4	0.	0.0	100.0	1.0	0.0	0.0
	0.	0.0	100.0	1.0	0.0	0.0
-3	0.	0.8	99.1	0.9	0.0	0.0
	0.	1.3	98.6	0.9	0.0	0.0
-2	0.	1.7	98.2	0.9	0.0	0.0
	0.	2.0	97.9	0.9	0.0	0.0
-1	0.	2.7	97.2	0.9	0.0	0.0
	0.	3.3	96.6	0.9	0.0	0.0
-0	1.	4.3	95.6	0.9	0.0	0.0
	1.	5.4	94.5	0.9	0.0	0.0
0	1.	7.3	92.6	0.9	0.2	0.1
	2.	10.2	89.7	0.9	1.3	1.1
1	6.	16.5	83.4	0.8	4.3	3.7
	29.	46.3	53.6	0.6	20.9	14.3
2	42.	88.9	11.0	0.3	51.1	16.5
	10.	99.4	0.5	0.0	19.2	1.1
3	0.	99.9	0.0	0.0	1.8	0.0
	0.	99.9	0.0	0.0	0.4	0.0
-4	0.	100.0	0.0	0.0	0.3	0.0
	100.0				100.0	**0.3**

Tabella 8. Calcolo dell'Indice di stabilità (Is) per i sedimenti delle carote prelevata nella Zona B depositati sulla Spiaggia 2012

Phi	Comp-sp2012	Cum-comp	Cum-inv	Fs	Carote	Is
	0.	0.0	100.0	1.0	0.00	0.0
-5	0.	0.0	100.0	1.0	0.00	0.0
	0.	0.0	99.9	1.0	0.00	0.0
-4	0.	0.0	99.9	1.0	0.00	0.0
	0.	0.0	99.9	1.0	0.00	0.0
-3	0.	0.9	99.0	0.9	0.00	0.0
	0.	1.1	98.8	0.9	0.00	0.0
-2	1.	2.7	97.2	0.9	0.02	0.0
	0.	2.8	97.1	0.9	0.01	0.0

-1	0.	2.9	97.0	0.9	0.01	0.0
	0.	3.2	96.7	0.9	0.00	0.0
-0	0.	3.6	96.3	0.9	0.02	0.0
	0.	3.9	96.0	0.9	0.02	0.0
0	0.	4.6	95.3	0.9	0.20	0.1
	0.	5.4	94.5	0.9	1.30	1.2
1	1.	7.3	92.6	0.9	4.36	4.0
	19.	26.5	73.4	0.8	20.91	17.3
2	55.	82.4	17.5	0.4	51.19	23.2
	16.	99.0	0.9	0.0	19.26	1.7
3	0.	99.2	0.7	0.0	1.86	0.0
	0.	99.3	0.6	0.0	0.50	0.0
4	0.	100.0	0.0	0.0	0.34	0.0
	100.0				100.0	**0.4**

Si ricorda che un sedimento Borrow con distribuzione granulometrica identica a quella del composito Nativo ha un Is = 0.500; valori superiori indicano una maggiore stabilità e inferiori una minore.

Per entrambe le spiagge di riferimento i sedimenti della Zona B sono meno stabili di quelli nativi, ma per la Spiaggia 2012 il valore si avvicina notevolmente a 0.500, anche se, per i motivi di cautela sopra esposti, non si può non considerare anche la spiaggia nelle condizioni iniziali e che i sedimenti che si andrebbero a dragare sono, almeno in parte, stati persi dalla spiaggia emersa di Alassio.

Sebbene dal punto di vista dimensionale non possano essere considerati i sedimenti ottimali per il ripascimento, considerazioni economiche, logistiche ed ambientali gli attribuiscono un rapporto costi/benefici estremamente favorevole.

Riferimenti bibliografici

Folk, R.L., Ward, W.C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Research, 27(1), 3-26.

http://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/

Inman D.L. (1952), Measures for describing the size distribution of sediments. *Journ. Sedim. Petrol*, 22, 125-144.

James W.R., 1975. “Techniques in evaluating suitability of borrow material for beach nourishment”. T.M. 60, CERC, US Army Corps of Engineers, Fort Belvoir.

Krumbein W.C. (1934) - Size frequency distributions of sediments. Journ. Sedimentary Petrology, 4: 65-77.

Krumbein, W.C., James, W.R., 1965. “A lognormal size distribution model for estimating

stability of beach fill material". T.M. 16, US Army Corps of Engineers, Beach Erosion Board.
Pranzini E., Anfuso G., Munoz-Perez J.J. (2018) - A probabilistic approach to borrow sediment selection in beach nourishment projects. Coastal Engineering, 139: 32–35.
USACE, 2002. Coastal Engineering Manual, V-4-24 EM 1110-2-1100. Webpage

2. Compatibilità colorimetrica

L'analisi del colore è stata effettuata su di un campione rappresentativo della spiaggia di Alassio (Nativo) e su due prelevati nelle zone indicate per il possibile dragaggio (Zona A, Campione C19; Zona B, Campione ALB8). Questi sono stati fotografati a fianco di quello della spiaggia di riferimento e con una scala cromatica ColorChecker della X-RITE (Figura 1).



Figura 1. Il campione rappresentativo della spiaggia di Alassio e i due raccolti nelle potenziali aree di dragaggio (Xrite color checker per confronto).

La determinazione del colore è stata effettuata nello spazio colore CIEL*a*b* (Figura 2), come suggerito dalle *Linee Guida per la Difesa della Costa dai fenomeni di Erosione e dagli effetti dei Cambiamenti climatici* (MATTM-Regioni, 2018).

Lo spazio CIEL*a*b* costituisce un riferimento codificato e certificato dalla Commission Internazionale de l'Éclairage (CIE); l'Illuminante adottato è il D65, che corrisponde allo spettro solare in condizioni di cielo sereno.

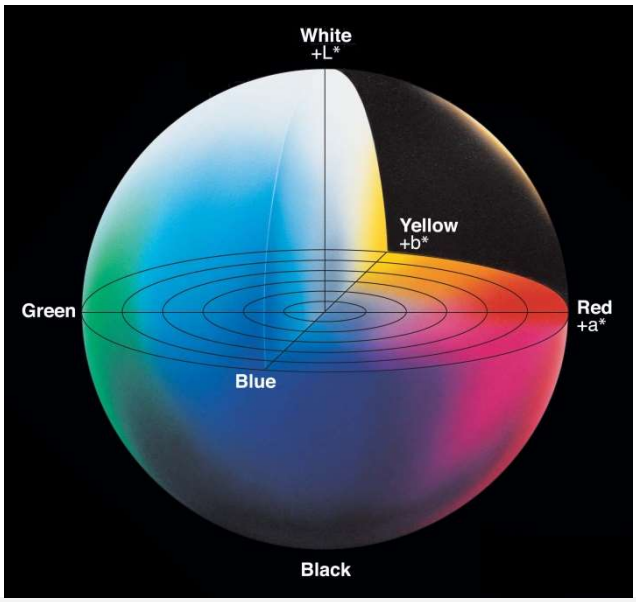


Figura 2a - Lo spazio CIEL*a*b*.

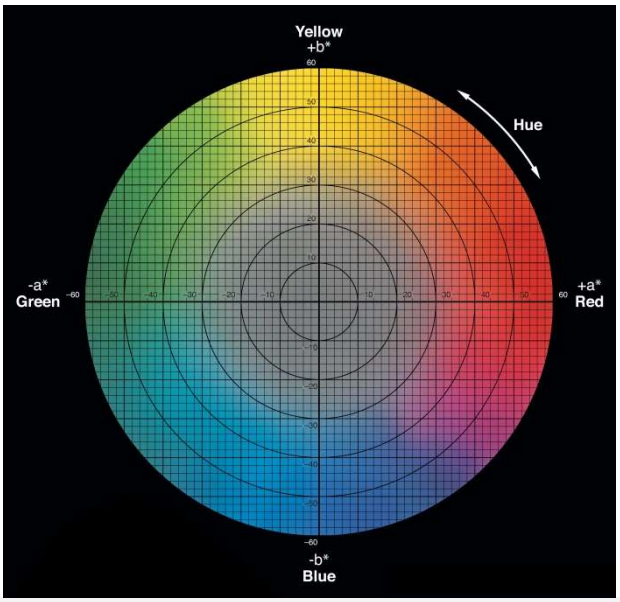


Figura 2b - Diagramma di cromaticità a*,b* dello spazio colore CIEL*a*b*.

Le misure sono state effettuate con un colorimetro Konica Minolta CR-410 presso il Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena (Tabella 1). I dati sono stati anche convertiti nel Sistema Munsell con il software CMC20 Full rel. 12.20.1. e denominati approssimando i valori HVC a quelli più vicini presenti sulle Munsell Soil Color Cart.

Tabella 1. Coordinate colorimetriche CIEL*a*b* del composito di spiaggia 2020 e dei due campioni di fondo ALB8 e C19.

Nativo			ALB8			C19		
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
49.76	1.17	7.86	46.44	1.10	8.02	41.44	0.87	6.35
49.79	1.11	7.76	45.99	1.06	8.01	42.03	0.89	6.53
50.10	1.22	7.94	46.61	1.08	8.05	41.53	0.88	6.40
49.54	1.16	7.86	45.72	1.09	7.88	41.04	0.84	6.31
49.33	1.09	7.96	46.25	1.07	0.08	41.46	0.82	6.40
48.59	1.10	7.65	45.70	1.03	7.89	41.68	0.88	6.44
49.35	1.15	7.79	46.52	1.07	8.09	41.22	0.82	6.38
49.35	1.15	7.79	46.01	1.08	0.08	41.68	0.85	6.42
49.34	1.15	7.79	45.82	1.07	7.91	41.39	0.83	6.33
49.81	1.12	7.90	45.30	1.11	7.95	41.31	0.50	6.39
49.50	**1.14**	**7.83**	**46.04**	**1.08**	**6.40**	**41.48**	**0.82**	**6.40**

Tabella 2. Notazione e colore dei campioni considerati nel Sistema Munsell

	Hue	Value	Chroma	Colore
Nativo	1.88YR	4,80	1,12	Reddish gray
ALB8	0,03YR	4,46	0,96	Reddish gray
C19	2,03YR	4,03	0,82	Dark reddish gray

Per la compatibilità colorimetrica si è fatto riferimento a quanto suggerito dalle *Linee Guida per la Difesa della Costa dai fenomeni di Erosione* ... (MATTAM-Regioni, 2012) in cui, per le spiagge urbane, si indicano questi limiti per i singoli parametri:

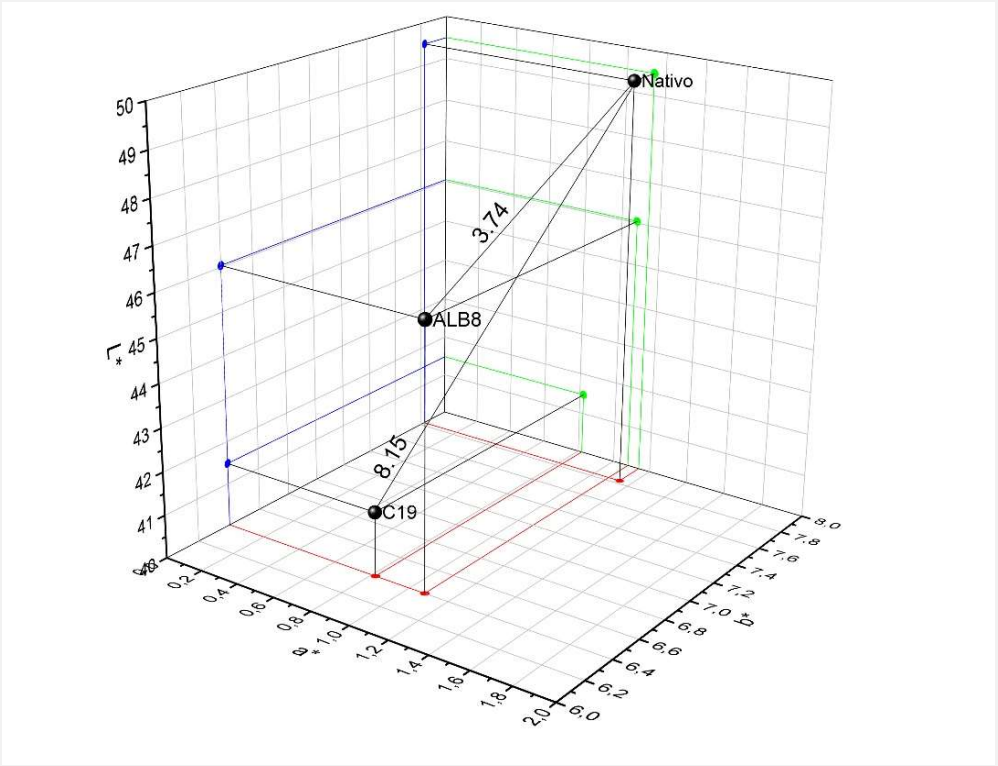
$$-1<\Delta L^*<+7,\ -2<a^*<+4\ \text{ e }\ -2<b^*<+4$$

In questo caso entrambi i campioni sono fuori per la Luminosità: ALB8 è leggermente più scuro, mentre C19 lo è in modo più marcato; mentre i valori di a* e b* sono ampiamente entro il range suggerito.

Comunque, per la distanza dei punti nello spazio colore ΔE*a*b* il Manuale suggerisce che sia inferiore ad 8. Il campione ALB8 rispetta ampiamente questa indicazione (ΔE*a*b* = 3.74), mentre il Campione n. 19 ne esce, seppur in maniera minima (ΔE*a*b* = 8.15) (Tabella 4; Figura 3).

Tabella 4. Distanza dei campioni ALB8 e C19 dal campione composito di spiaggia nello spazio CIEL*a*b*

	ΔL*	Δa*	Δb*	ΔE*ab
ALB8 vs Nativo	-3.46	-0.06	-1.43	3.74
C19 vs Nativo	-8.02	0.32	-1.43	8.15



Distanza ΔE*ab dei punti rappresentativi del colore dei campioni ALB8 e C19 da quello rappresentativo della spiaggia di Alassio (Nativo) nello spazio CIEL*a*b*.

In definitiva si ritiene che i sedimenti presenti nella Zona A, rappresentati dal campione ALB8 siano ampiamente compatibili, dal punto di vista colorimetrico, con quelli della spiaggia di Alassio, dalla quale, comunque, secondo gli studi che fanno parte del presente progetto, dovrebbero provenire.

Riferimenti bibliografici

MATTM-Regioni, 2018. Linee Guida per la Difesa della Costa dai fenomeni di Erosione e dagli effetti dei Cambiamenti climatici. Versione 2018 - Documento elaborato dal Tavolo Nazionale sull'Erosione Costiera MATTM-Regioni con il coordinamento tecnico di ISPRA, 305 pp.

Pranzini E., Simonetti D., Vitale G. (2011) - Sand colour rating and chromatic compatibility of borrow sediments. Journal of Coastal Research, 26: 798-808.

Appendice

Valutazione della stabilità dei sedimenti campionati nella Zona A nel 2019

Come detto in Premessa, la prima fase dell'indagine si è basata sull'analisi dei dati tessiturali relativi alla campagna di prelievo di campioni di sedimenti presenti fra la costa e l'Isola Gallinara effettuata nel 2019 su fondali compresi fra 17 m e di 26 m. In questa occasione furono prelevati 24 campioni dai quali si è avuta disponibilità delle schede di laboratorio

I campioni risultano essere stati sottoposti ad analisi granulometrica con intervallo di setacciatura di ½ phi, salvo alcuni scostamenti dalla serie logaritmica. In particolare, mancano i setacci di 125 e 88 micorn (luce netta).

Per questo non è stato possibile effettuare il calcolo dei tradizionali parametri statistici di Folk & Ward (1957), ma è stata analizzata la distribuzione spaziale delle varie classi granulometriche (Figura A1) e quella granulometrica di un campione composito costituito con la somma dei singoli campioni (Figura A2).

Dai dati risulta una notevole differenza dimensionale fra i sedimenti presenti su questi fondali e quelli della spiaggia da ripascere. La mancanza dei setacci da 177 e da 88 micron ha obbligato ad una ridistribuzione dei valori lasciando alcuni intervalli vuoti (Figura A3).

L'elevata frequenza delle classi granulometriche 3.0 phi e 4.0 phi (Figura A4), quasi assenti nelle sabbie native, sconsiglia comunque l'utilizzazione di questi materiali nella loro totalità e si è quindi cercato di identificare zone in cui i sedimenti fossero più idonei al ripascimento.

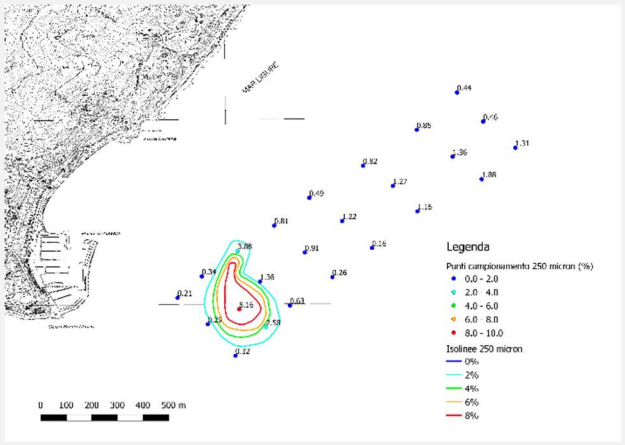
Essendo la moda principale della distribuzione granulometrica dei sedimenti di spiaggia emersa di Alassio posizionata su 2.5 phi (177 micron) si è pensato che potesse essere utile ripetere la campionatura e le analisi laddove, sulla base dei primi dati, si fosse rilevata una discreta presenza di granuli compresi fra 250 e 125 micron (Figura 5), nella speranza di trovarne una percentuale significativa con dimensioni più prossime al limite superiore.

La scarsa presenza di frazione fine (inferiore a 63 micron) rendeva infatti interessante il giacimento.

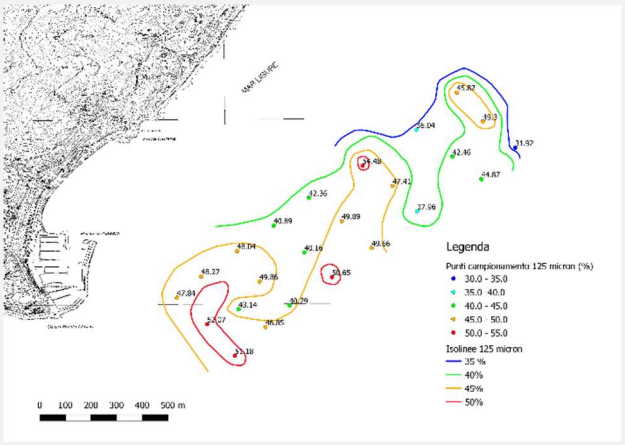
Sulla base di queste, il piano di campionamento già previsto è stato indirizzato ad approfondire le indagini nelle zone in cui vi erano sedimenti potenzialmente migliori per il ripascimento; in particolare laddove vi era una maggiore abbondanza di sedimenti di dimensioni superiori a 125 micron (Figura A5). I punti di prelievo sono stati disporti all'interno di maglie quadrate di 200m x 200m (Figura A6) in modo che i campioni potessero essere utilizzati anche per la caratterizzazione eco-tossicologica.

Nella stessa fase sono stati definiti i punti di campionamento della spiaggia, lungo gli stessi transetti di campionamento di campagne precedenti (Figura A7).

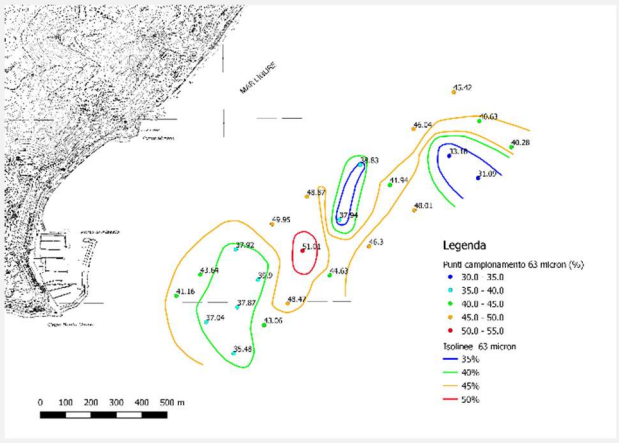
Si è però verificata una certa non corrispondenza fra la posizione dei campioni sulla carta e le loro coordinate; di conseguenza la nuova campionatura è stata effettuata con diverso copertura.



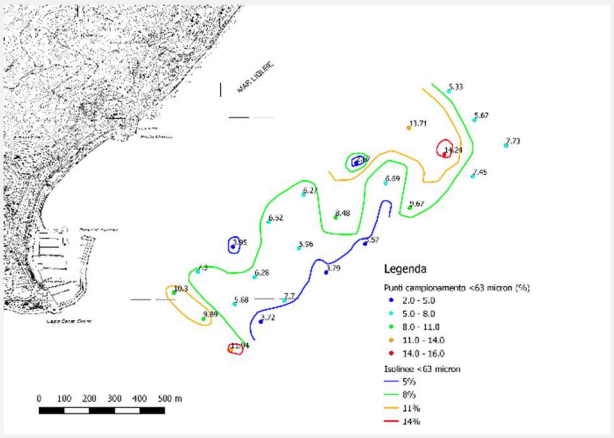
Percentuale di frazione trattenuta dal setaccio 250 micron.



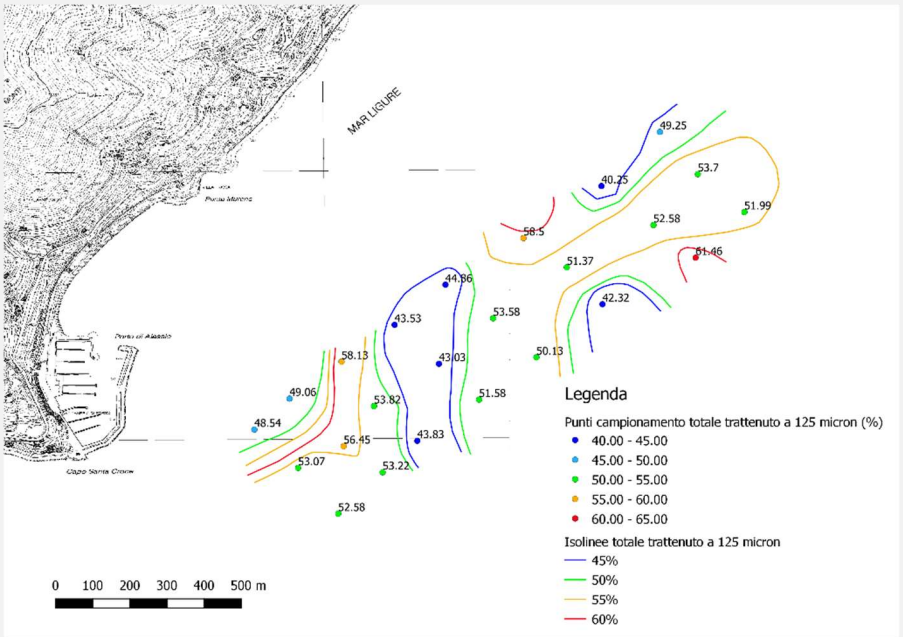
Percentuale di frazione trattenuta dal setaccio 125 micron.



Percentuale di frazione trattenuta dal setaccio 63 micron.



Percentuale di frazione passante al setaccio 63 micron.



Percentuale della frazione superiore a 125 micron.

Figura A1: Carte della percentuale delle varie frazioni granulometriche presenti nei sedimenti della Zona A (campionamento 2019).

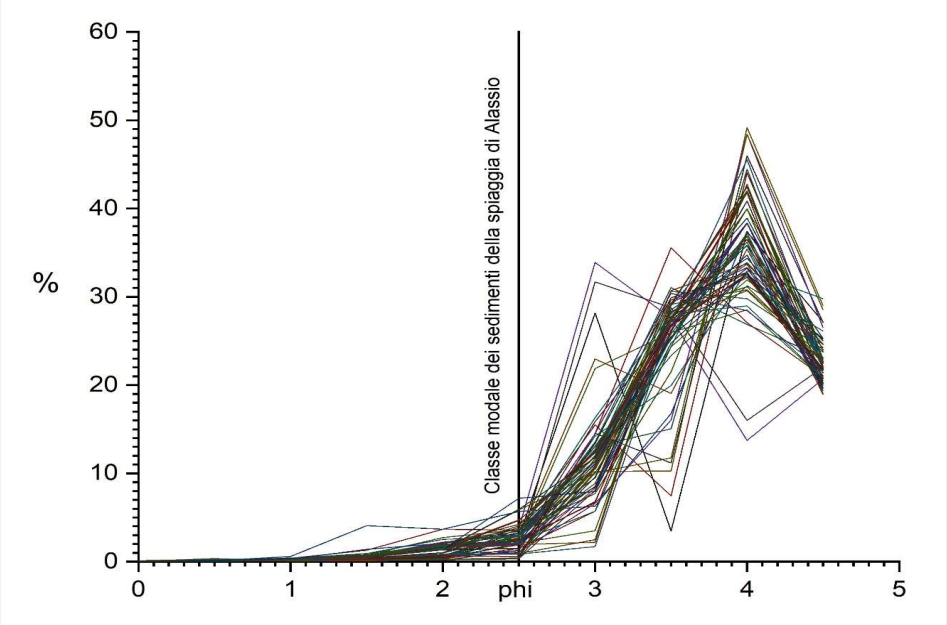


Figura A2. Distribuzione granulometrica dei sedimenti campionati nella Zona A nel 2019.

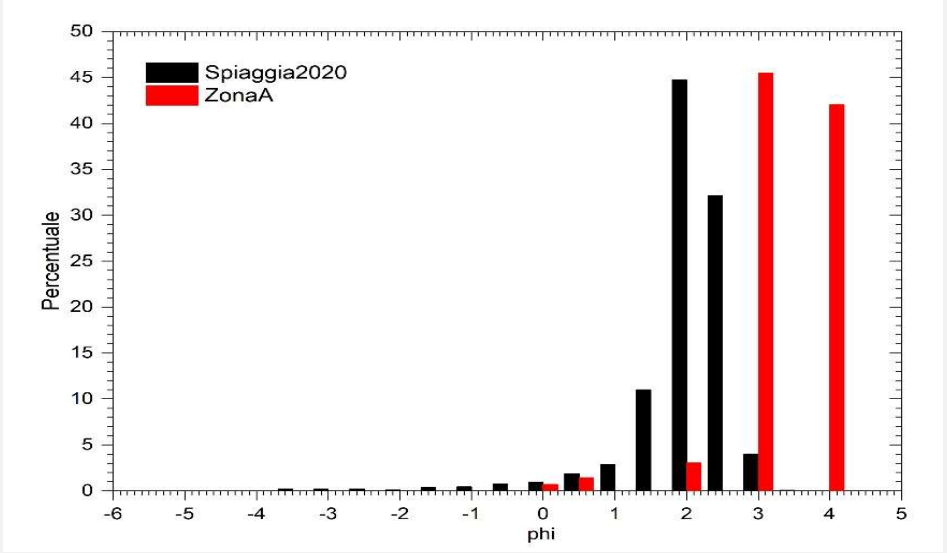


Figura A3. Distribuzione granulometrica del campione composito rappresentativo della spiaggia di Alassio (Campagna 2020) e di quello dei sedimenti presenti fra il porto e l'Isola Gallinara (Zona A, Campagna 2019); per quest'ultimi è stato necessario riscalare i valori per tenere conto del diverso intervallo di setacciatura fra 1 e 4 phi..

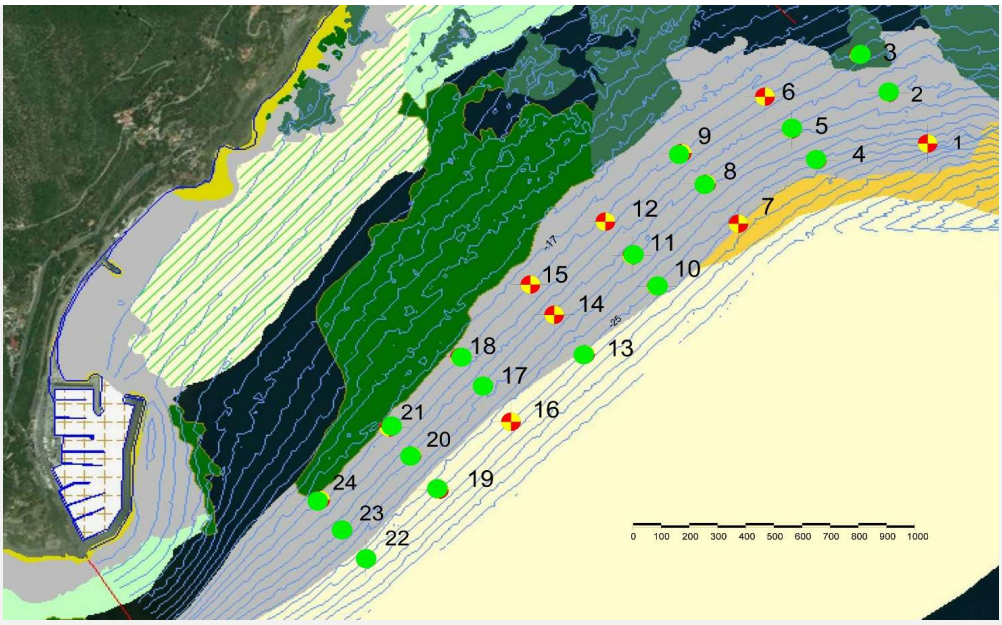


Figura A4. Punti di campionamento 2019. In giallo i campioni con classe modale a 125 micron; in tutti gli altri è a 63 micron (n.b. i setacci con luce netta 177 e 88 micron non erano stati utilizzati).

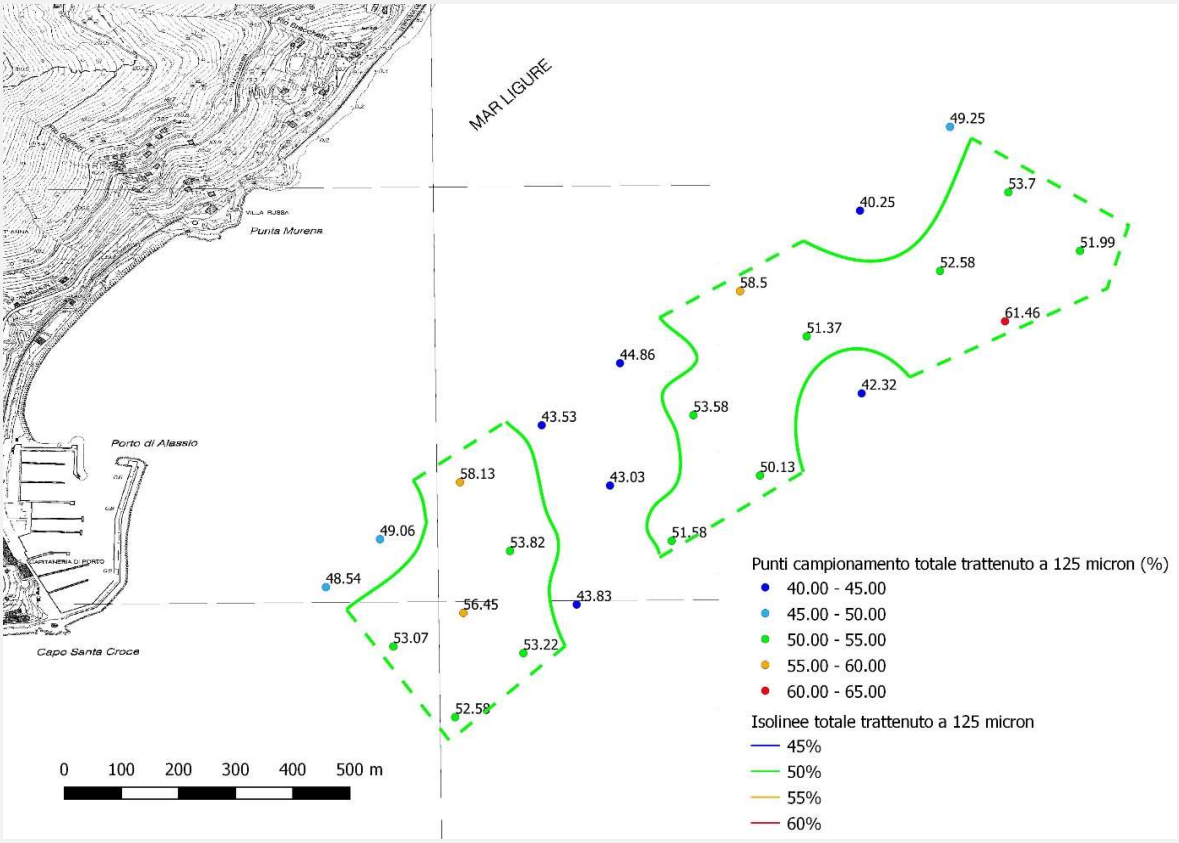


Figura A5. Delimitazione delle aree da sottoporre a campionatura di accertamento definite sulla percentuale di frazione superiore a 125 micron.

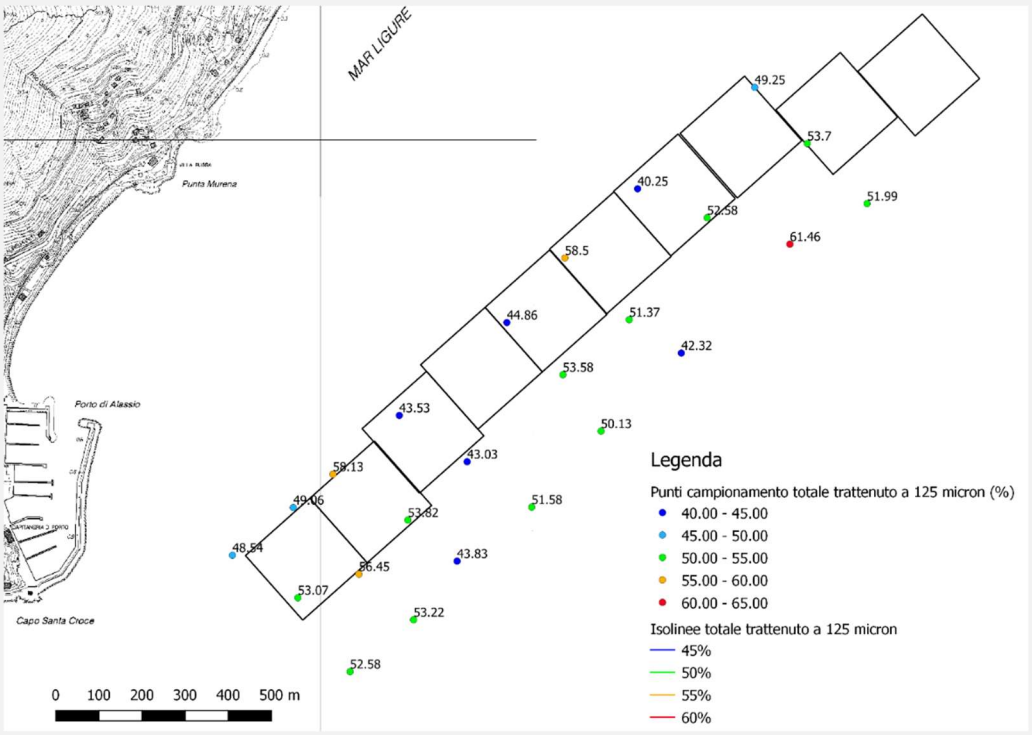


Figura A6. Posizione delle griglie di campionamento definite sulla base della percentuale di frazione superiore a 125 micron (Campagna 2019)

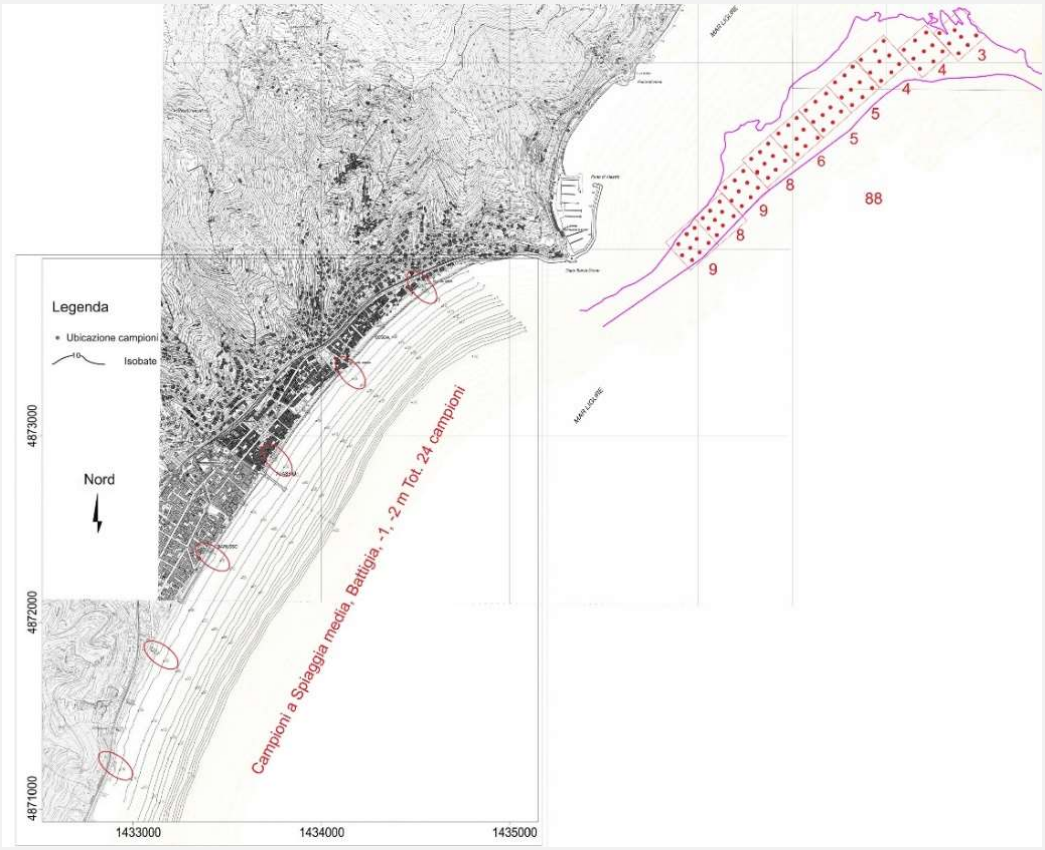


Figura A7. Posizione dei campioni all'interno delle griglie di campionamento definite sulla base della percentuale di frazione superiore a 125 micron (Campagna 2019). E' determinata anche la posizione dei campioni da prelevare sulla spiaggia emersa e sommersa nella zona di ripascimento.

I dati relativi ai nuovi campioni, prodotti tramite setacciatura con intervallo di ½ phi, previa separazione ad umido della frazione fine (inferiore a 63 micron), hanno fornito informazioni diverse, in particolare per quando riguarda la frazione pelitica, mediamente del 22% e non del 7% come indicavano i dati precedenti.
Inoltre, nell'intervallo 250 - 125 micron la gran parte dei granuli si posizionava sul margine inferiore e non intorno ai 177 micron come quelli della spiaggia di progetto.
Si è quindi ritenuto opportuno non utilizzare i dati del 2019 per la valutazione della stabilità dei sedimenti della Zona A per l'alimentazione della spiaggia di Alassio e concentrare le indagini sulla campionatura 2020.

Il presente studio è stato effettuato con la consulenza del Prof. Enzo Pranzini

