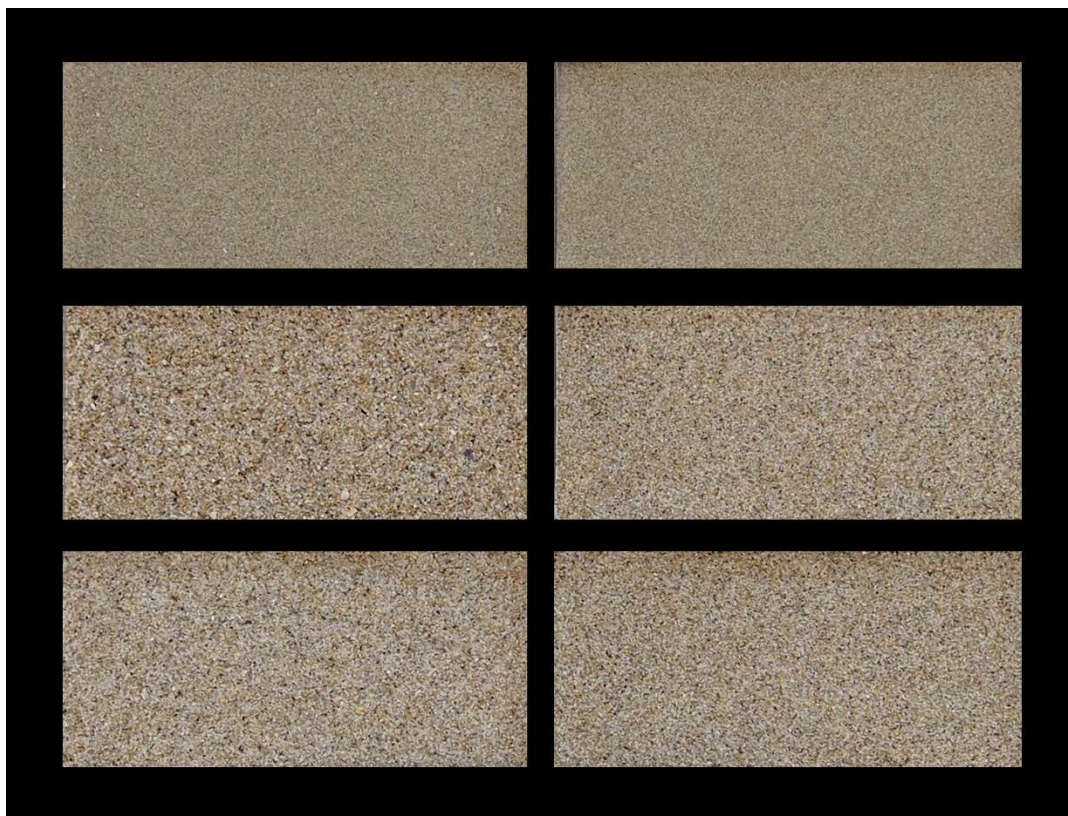


Valutazione della compatibilità dei materiali di ripascimento per la spiaggia di Alba Adriatica



Marzo 2021

Premessa

Il presente Parere *Pro bono* viene formulato spontaneamente dallo scrivente e si basa su attività svolte nell'ambito delle ricerche che da anni conduce sulla compatibilità dei sedimenti utilizzati nei ripascimenti artificiali degli arenili in Italia.

I campioni analizzati sono stati prelevati da cittadini di Alba Adriatica interessati a favorire questa ricerca, ma nessun rapporto di tipo economico li lega allo scrivente.

Il rapporto può essere utilizzato da chiunque lo ritenga utile sia per la progettazione di un ripascimento che dovesse utilizzare i sedimenti rappresentati dai campioni analizzati, sia per una lettura di quella che sarà l'evoluzione del litorale a seguito di tale intervento. Può costituire anche solo una proposta metodologica per la scelta dei sedimenti da usare in un ripascimento

Questo documento può essere riprodotto ed utilizzato liberamente purché nella sua interezza.

1. Campioni utilizzati

Per questa indagine sono stati analizzati 6 campioni: 4 di spiaggia e 2 di fondale, così denominati:

0 – Bambinopoli

1 – Calipso

2 – Barbanera

3 – Stella d'oro

Fondo 1

Fondo 2

Per quelli di spiaggia è nota la posizione (Figura 1) mentre di quelli di fondale si sa solo essere stati prelevati all'interno dell'area nella quale è previsto il dragaggio, certamente dallo strato superficiale, che non è detto sia quello che verrà dragato.



Figura 1. Posizione e foto dei campioni prelevati sull'arenile di Alba Adriatica (F1 e F2 in mare).

2. 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 è su questo punto che fino ad oggi si è focalizzato lo sforzo dei progettisti, spesso utilizzando i metodi descritti nello Shore Protection Manual (USASCE) a cui si è recentemente affiancato un metodo proposto sulla rivista Coastal Engineering.

I sedimenti di spiaggia sono generalmente indicati come Native e quelli di ripascimento Borrow, e vengono rappresentati da campioni idonei a descrivere sia la spiaggia, nelle sue varie parti, sia il complesso del giacimento da cui si estrarrà il materiale.

Nel nostro caso sia il giacimento che la spiaggia sono rappresentati da pochi campioni e raccolti senza una strategia coerente con uno specifico progetto e pertanto la valutazione che viene fatta deve essere considerata estremamente preliminare e, forse, indicativa di un percorso tutto da svolgere.

Ciò premesso, si è confrontato ciascuno dei due campioni prelevati in mare nella zona di ipotetica estrazione (Borrow) con uno rappresentativo dei sedimenti dell'arenile (Native).

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 (I_s ; 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 (I_s)**, 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.

2.1 Analisi granulometrica

I campioni sono stati sottoposti ad analisi granulometrica mediante setacciatura meccanica a secco per 10 minuti con intervallo di $1/2$ phi. Ciascuna frazione granulometrica è stata pesata con bilancia di precisione. Sono state quindi calcolate, in modo automatico, le percentuali e le percentuali cumulative di ciascuna frazione granulometrica e costruiti gli istogrammi di frequenza e le curve cumulative in scala log-probabilistica. Da queste si sono ottenuti i valori del 5°, 16°, 25°, 50°, 75°, 84° e 95° percentile da utilizzare per il calcolo dei parametri statistici di Folk e Ward (1957): Media (M_z), Classazione (σ_1), nonché altri che non vengono utilizzati in questa indagine (Allegato 1). Si è registrato anche il valore della percentuale di frazione fine - intesa come quella avente dimensioni inferiori a 0.063 mm o 4 phi (Tab. 1).

Per un'analisi più accurata dei sedimenti Borrow, in funzione delle loro dimensioni, si suggerisce che in un eventuale approfondimento dello studio venga effettuata la setacciatura dopo la separazione per via umida della frazione fine ($< 0,0625$ mm).

Tabella 1. Parametri statistici di Folk e Ward (1957) dei sedimenti della spiaggia di Alba Adriatica

	0 - Bambinopoli	1 - Calipso	2 - Barbanera	3 - Stella d'oro	Fondo 1	Fondo 2
Mz (phi)	1.584	1.925	1.854	1.964	3.054	2.981
Mz (mm)	0.334	0,263	0.277	0.256	0.120	0.128
σ_1	0.425	0.313	0.341	0.352	0.387	0.385
% fine	0,0	0,0	0,000	0,0	1.2	1.0

Anche la sole osservazione della distribuzione di frequenza dei sei campioni mostra la differenza fra quelli di spiaggia e quelli del fondale. I primi sono più grossolani, con classe modale a 2.0 phi (0.250 mm) e un valore della Media (Mz) che varia fra 1.58 e 1.96 phi (0.334 – 0.56 mm), mentre i sedimenti di fondale hanno una moda a 3.0 e 3.5 phi (0.125 e 0.88 mm), con valori di Mz pari a 3.053 e 2.981 (0.120 e 0.128 mm). Tutti i campioni sono *molto ben classati* o *ben classati*, secondo la classificazione di Folk e Ward.

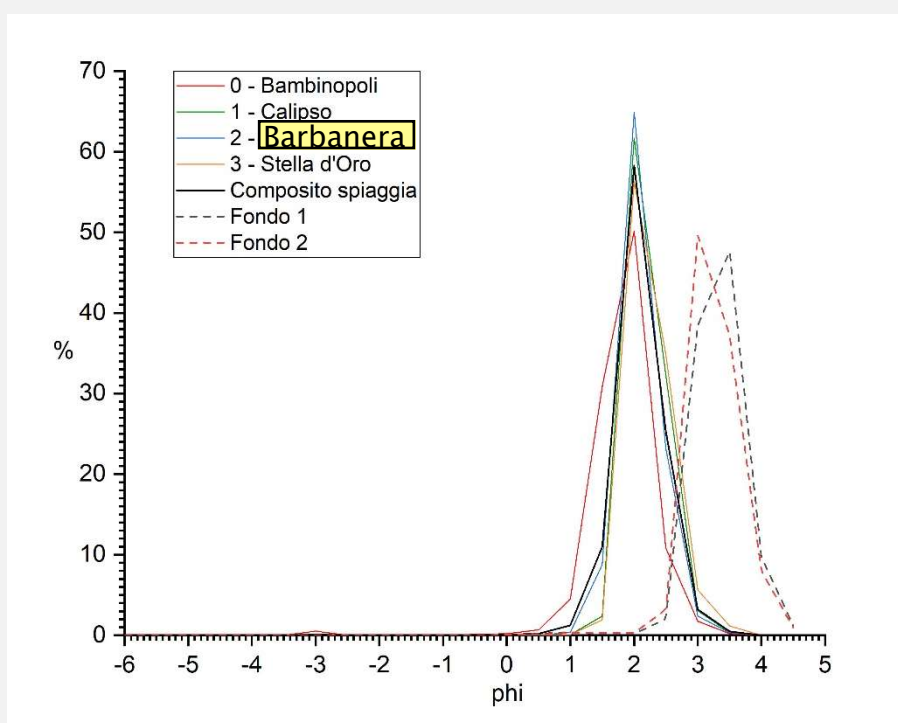


Figura 2. Distribuzione granulometrica dei campioni analizzati.

I due campioni di fondo sono più simili di quanto non appaia dalle rispettive classi modali dato che si ha una inversione fra le due seconde classi di frequenza.

2.2 Compatibilità granulometrica

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),

Per la determinazione dei due valori si può fare riferimento ai nomogrammi presenti sullo Shore Protection Manual (Figure 3 e 4), anche se il calcolo del Rapporto critico è piuttosto semplice.

Tabella 4. Valori per il calcolo di $R_{\Phi_{crit}}$ e R_A e risultati						
	M_z	σ_Φ	x	y	$R_{\Phi_{crit}}$	R_A
Composito Native	1.86	0.32				
Fondo 1	3.09	0.33	3.87	1.02	$\gg 20$ (3.58^{69})	$\gg 10$
Fondo 2	3.03	0.33	3.67	1.04	$\gg 20$ (2.99^{39})	$\gg 10$

I valori di Media e Classazione del composito di spiaggia e dei due campioni di fondo pongono le due combinazioni sul bordo inferiore del campo di possibilità di calcolo del Rapporto critico ($R_{\Phi_{crit}}$) che, in modo analitico, ha un valore che si avvicina all'infinito (8^{50}) e infatti siamo sul limite del campo di impossibilità del calcolo.

In pratica si dovrebbe versare un volume enorme per ottenere un metro cubo di sedimenti con distribuzione granulometrica uguale a quella dei sedimenti nativi.

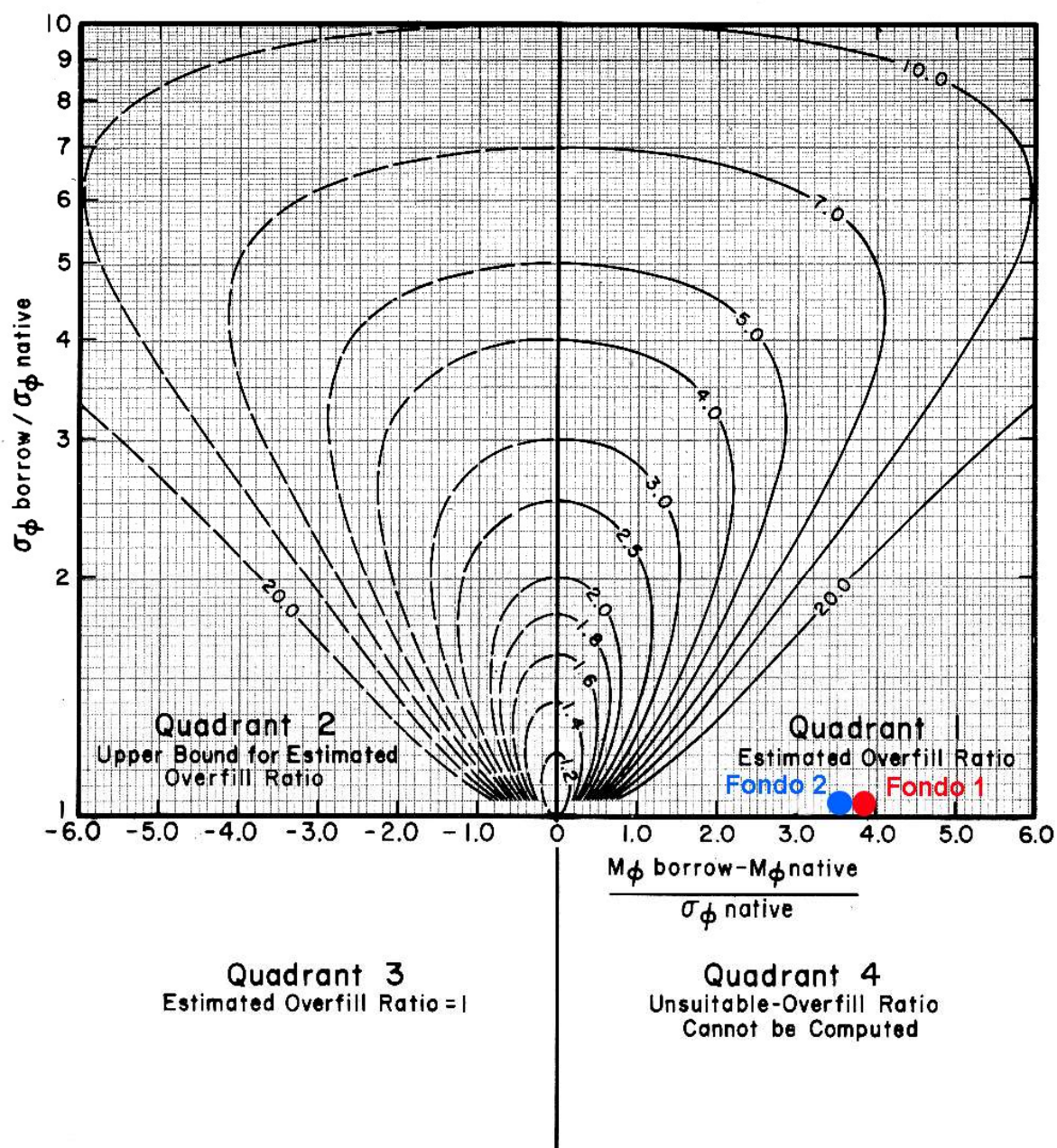


Figura 3. Nomogrammi per il calcolo de Rapporto critico ($R_{\phi crit}$).

Non molto diverso è quanto risulta dall'Overfill factor (R_A), che non traccia curve passanti per i due punti che rappresentano il nostro caso. Di fatto l'uso di sedimenti così più fini di quelli nativi per il ripascimento dei litorali non viene neppure previsto.

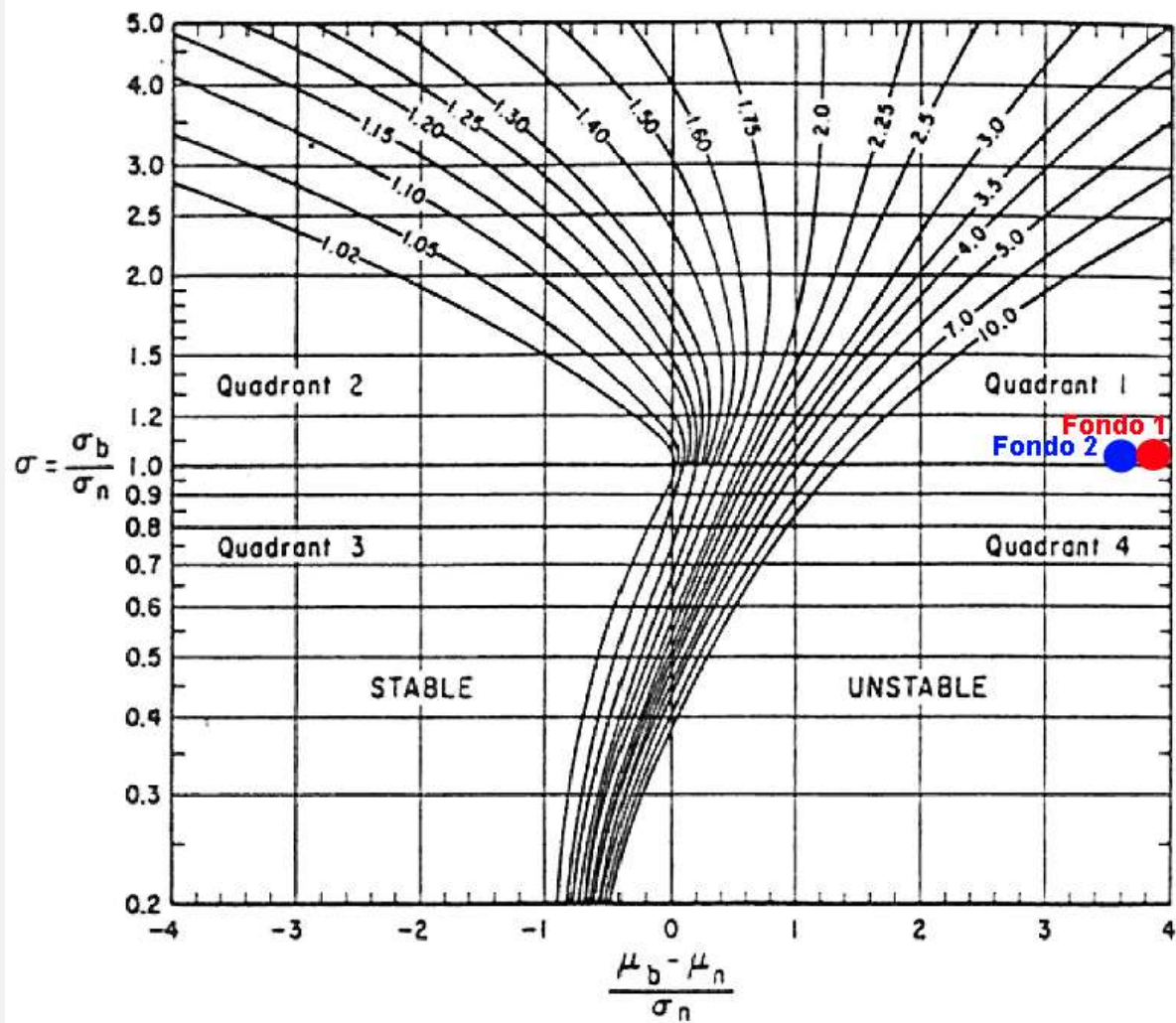


Figura 4. Nomogrammi per il calcolo dell'Overfill factor (R_A)

A risultati analoghi si giunge con il calcolo dell'Indice di stabilità (I_s) che ha valore pari a 0.021 per il campione Fondo 1, e 0.026 per il campione Fondo 2.

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

Ripascimenti con valore di I_s così basso non sono mai stati trovati dallo scrivente e, in generale, già un $I_s = 0.400$ sconsiglia il ripascimento a meno che non venga realizzato come intervento stagionale per consentire l'attività turistico-balneare in una breve stagione.

Tabella 4. Calcolo dell'Indice di stabilità (Is).per il campione Fondo 2

Phi	Comp-spiag.	Cum-comp	Cum-inv	Fs	Comp-Rip.	Is
-6	0.000	0.000	100.000	1.000	0.000	0.000
-5.5	0.000	0.000	100.000	1.000	0.000	0.000
-5	0.000	0.000	100.000	1.000	0.000	0.000
-4.5	0.000	0.000	100.000	1.000	0.000	0.000
-4	0.000	0.000	100.000	1.000	0.000	0.000
-3.5	0.000	0.000	100.000	1.000	0.000	0.000
-3	0.128	0.128	99.872	0.999	0.000	0.000
-2.5	0.000	0.128	99.872	0.999	0.000	0.000
-2	0.013	0.142	99.858	0.999	0.000	0.000
-1.5	0.010	0.152	99.848	0.999	0.000	0.000
-1	0.007	0.159	99.841	0.998	0.000	0.000
-0.5	0.044	0.203	99.797	0.998	0.000	0.000
0	0.072	0.275	99.725	0.998	0.014	0.014
0.5	0.191	0.465	99.535	0.996	0.207	0.206
1	1.247	1.713	98.287	0.989	0.373	0.369
1.5	10.983	12.696	87.304	0.928	0.167	0.155
2	58.267	70.962	29.038	0.582	0.183	0.106
2.5	25.305	96.268	3.732	0.164	2.021	0.331
3	3.212	99.479	0.521	0.021	38.484	0.818
3.5	0.496	99.976	0.024	0.003	47.640	0.130
4	0.014	99.989	0.011	0.000	9.732	0.002
-4.5	0.011	100.000	0.000	0.000	1.180	0.000
	100.000				100.000	0.021

Tabella 3. Calcolo dell'Indice di stabilità (Is).per il campione Fondo 2

Phi	Comp-spiag.	Cum-comp	Cum-inv	Fs	Comp-Rip.	Is
-6	0.000	0.000	100.000	1.000	0.000	0.000
-5.5	0.000	0.000	100.000	1.000	0.000	0.000
-5	0.000	0.000	100.000	1.000	0.000	0.000
-4.5	0.000	0.000	100.000	1.000	0.000	0.000
-4	0.000	0.000	100.000	1.000	0.000	0.000
-3.5	0.000	0.000	100.000	1.000	0.000	0.000
-3	0.128	0.128	99.872	0.999	0.000	0.000
-2.5	0.000	0.128	99.872	0.999	0.000	0.000
-2	0.013	0.142	99.858	0.999	0.000	0.000
-1.5	0.010	0.152	99.848	0.999	0.000	0.000
-1	0.007	0.159	99.841	0.998	0.000	0.000
-0.5	0.044	0.203	99.797	0.998	0.000	0.000
0	0.072	0.275	99.725	0.998	0.093	0.093
0.5	0.191	0.465	99.535	0.996	0.068	0.067
1	1.247	1.713	98.287	0.989	0.333	0.329
1.5	10.983	12.696	87.304	0.928	0.282	0.262
2	58.267	70.962	29.038	0.582	0.293	0.171
2.5	25.305	96.268	3.732	0.164	3.166	0.519
3	3.212	99.479	0.521	0.021	49.619	1.055

3.5	0.496	99.976	0.024	0.003	37.184	0.101
4	0.014	99.989	0.011	0.000	8.010	0.001
-4.5	0.011	100.000	0.000	0.000	0.953	0.000
	100.000				100.000	0.026

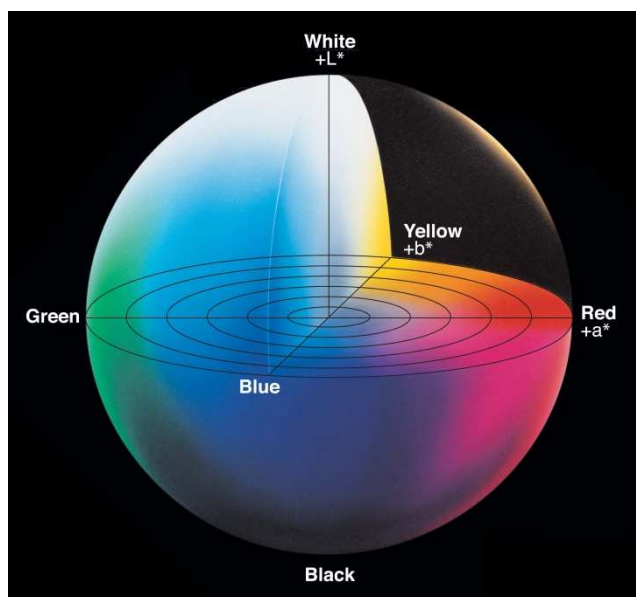
In definitiva, sia gli indici dello Shore Protection Manual, il Rapporto critico ($R_{\Phi crit}$) e l'Overfill Ratio (R_A), sia l'Indice di stabilità (I_s), indicano che i sedimenti rappresentati dai campioni Fondo 1 e Fondo 2 non sono granulometricamente idonei ad essere utilizzati in un ripascimento della spiaggia di Alba Adriatica.

2.3 Valutazione della compatibilità colorimetrica

Il colore dei sedimenti di ripascimento è stato definito nello spazio colorimetrico CIEL*a*b* come indicato nelle *Linee Guida per la Difesa della Costa dai fenomeni di Erosione e dagli effetti dei Cambiamenti climatici* elaborato dal Tavolo Nazionale sull'Erosione Costiera MATTM-Regioni con il coordinamento tecnico di ISPRA.

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.

Il parametro L^* definisce la luminosità (da 0 = Nero a 100 = Bianco), mentre i parametri a^* e b^* danno la cromaticità (a^* da Verde a Rosso; b^* da Blu a Giallo) con valori da -100 a +100 (Figura 7).



Lo spazio CIEL*a*b*.

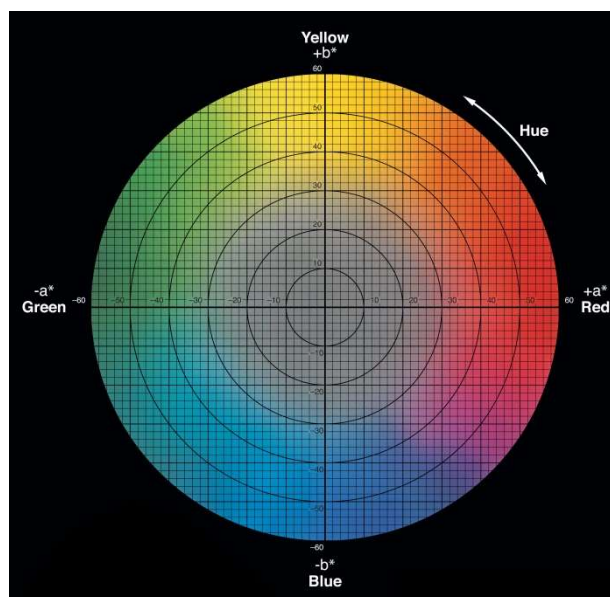


Diagramma di cromaticità a^*, b^* dello spazio colore CIEL*a*b*.

Prima è stato determinato il colore dei 4 campioni di spiaggia (Native) e dei due dell'ipotetica zona di dragaggio (Borrow), successivamente si sono messe a confronto le coordinate colorimetriche di ciascun campione Borrow con i quattro campioni Native.

Data l'omogeneità che si riscontra all'interno di ciascun gruppo, i confronti portano a risultati praticamente uguali e, per semplicità, si sarebbe potuto fare un confronto unico fra un campione composito Native ed uno, sempre composito, Borrow.

Definite quindi le coordinate L^* , a^* e b^* dei campioni Native e Borrow la valutazione dell'idoneità è avvenuta facendo riferimento ai limiti suggeriti dalle Linee guida del Ministero dell'Ambiente, ossia:

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

e una distanza euclidea (dE) non superiore a 8.

Ciò si basa su test di percezione della differenza cromatica di sabbie e su analisi di gradimento da parte dei frequentatori delle spiagge, che, se una differenza deve esservi, preferiscono uno spostamento verso sabbie chiare e giallo/rosse, rispetto a quelle blu/verdi. Questi limiti sono proposti per interventi in spiagge antropizzate, mentre per spiagge in aree naturali il range di variabilità dovrebbe essere minore.

Dal confronto, e tenendo conto dei limiti indicati dalle Linee guida Nazionali, emerge che non vi sono problemi di compatibilità colorimetrica per l'uso dei sedimenti della zona Borrow sulla spiaggia di Alba Adriatica.

Solo la Luminosità (L^*) della sabbia Borrow risulta in alcuni confronti leggermente inferiore a quella dei sedimenti Nativi, ma lo scostamento è talmente modesto (< 2) che, anche in considerazione dei bassi valori di Distanza euclidea (max. 2.27), si ritiene che gli utenti dell'arenile difficilmente possano apprezzare le differenze.

E' comunque consigliabile la piena partecipazione di queste valutazioni.

Bagno a Ripoli, 5 marzo 2021

Enzo Pranzini



Allegato 1 – Analisi granulometriche

Considerazione generali sul progetto

Il ripascimento artificiale dei litorali costituisce un metodo efficace e poco impattante per fronteggiare l'erosione costiera pur non eliminando le cause che l'hanno determinata.

Si deve quindi considerare come parte di una strategia di adattamento, che può essere portata avanti per anni ma che non risolve il problema in modo definitivo (sempre che un modo ci sia).

Dove possibile, le esperienze internazionali suggeriscono soluzioni basate sull'arretramento strategico, assai più sostenibile sul lungo tempo e che consente di dedicare una maggiore attenzione alle zone dove questa misura non è applicabile, come nei centri urbani o aree di particolare valore economico o culturale.

Il progetto prevede un ripascimento concentrato sulla 'moda' del Sand motor, che viene praticato da decenni prima che venisse battezzato con questo nome. Dati i volumi mobilizzati, e sempre usando la nuova terminologia, si potrebbe definire un Mini Sand Engine.

I progetti di questo tipo i sedimenti si muovono lungo la costa, ma anche verso i fondali antistanti poiché la campana che si forma costituisce una protuberanza che si spinge verso il largo.

In genere vengono accompagnati da una modellistica numerica che valuta tale dispersione e il flusso lungo riva, che avviene prevalentemente in un senso (quello del trasporto netto) ma anche nel senso inverso.

Ovviamente quanto si muove lungo riva non va considerato come perso, ma va ad alimentare altri tratti di litorale.

Il problema che qui si pone è che le dimensioni delle sabbie da riportare (se rappresentate dai campioni analizzati) fanno presupporre che la dispersione verso il largo sia rilevante. Sarebbe opportuno che venissero fornite informazioni in merito a ciò.

I due pennelli previsti sono giustificati con la necessità di ritardare il rilascio della sabbia versata, ma non si capisce come questi possano agire fino a quando sono completamente immersi nel deposito.

Il loro effetto di trattenimento si realizzerà solo quando la loro testata si troverà aggettante sul mare, ma a quel punto la gran parte della sabbia versata se ne sarà andata e la loro funzione sarà solo quella di ostacolare il flusso sedimentario prevalente diretto da nord verso sud. Di ciò si avvantaggerà certamente la spiaggia posta sopraflutto, un po' quella fra e due strutture, ma sarà penalizzata quella posta sottoflutto.

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **0 - Bambinopoli**

ANALYST & DATE: Irene,

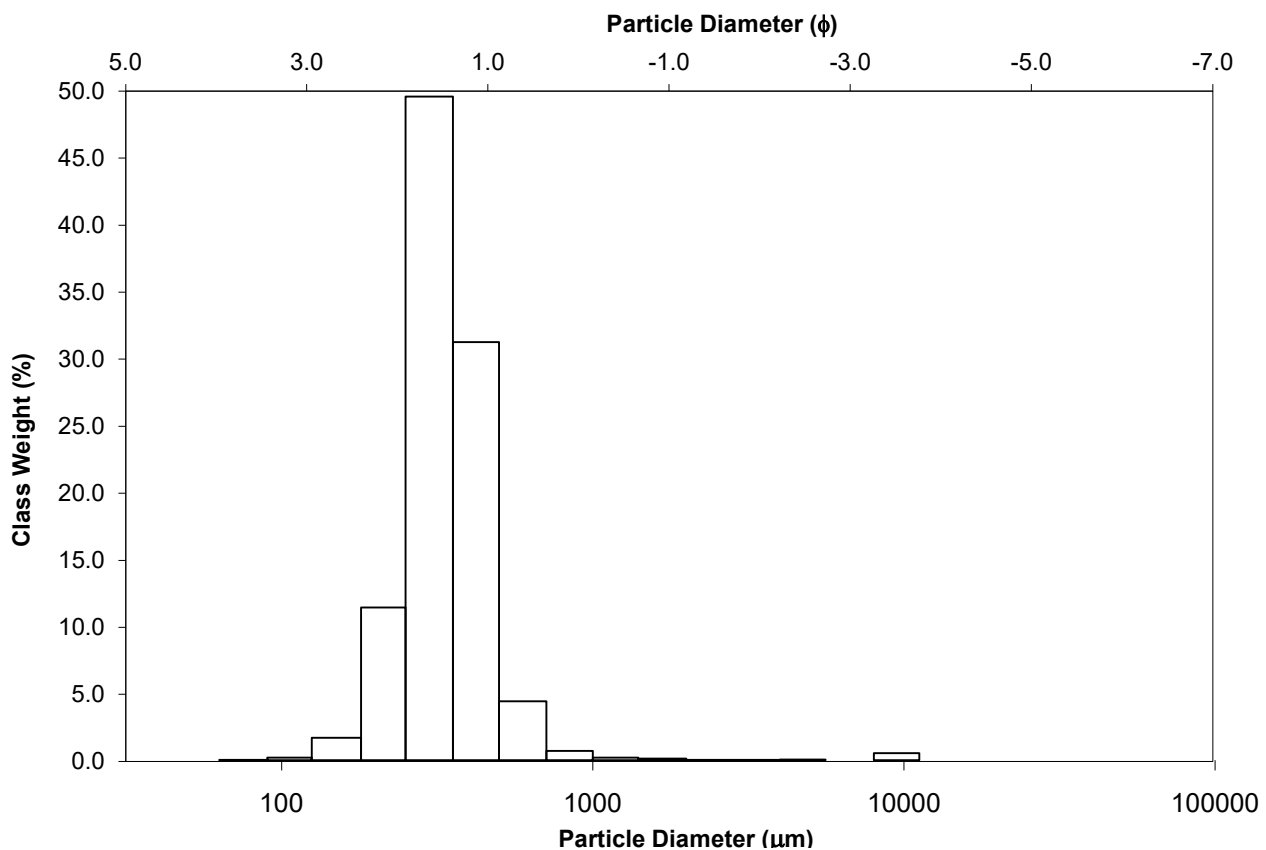
SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Medium Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	302.5	1.747	GRAVEL: 0.6%	COARSE SAND: 5.2%		
MODE 2:			SAND: 99.4%	MEDIUM SAND: 81.1%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 12.6%		
D ₁₀ :	229.5	1.062		V FINE SAND: 0.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	324.2	1.625	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	479.0	2.123	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	2.087	2.000	MEDIUM GRAVEL: 0.5%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	249.5	1.061	FINE GRAVEL: 0.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.490	1.442	V FINE GRAVEL: 0.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	133.4	0.575	V COARSE SAND: 0.3%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	401.5	335.7	1.575	333.6	1.584	Medium Sand
SORTING (σ):	683.1	1.480	0.565	1.343	0.425	Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	12.74	3.383	-3.383	0.089	-0.089	Symmetrical
KURTOSIS (K):	170.0	31.65	31.65	1.048	1.048	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **1 - Calipso**

ANALYST & DATE: Irene,

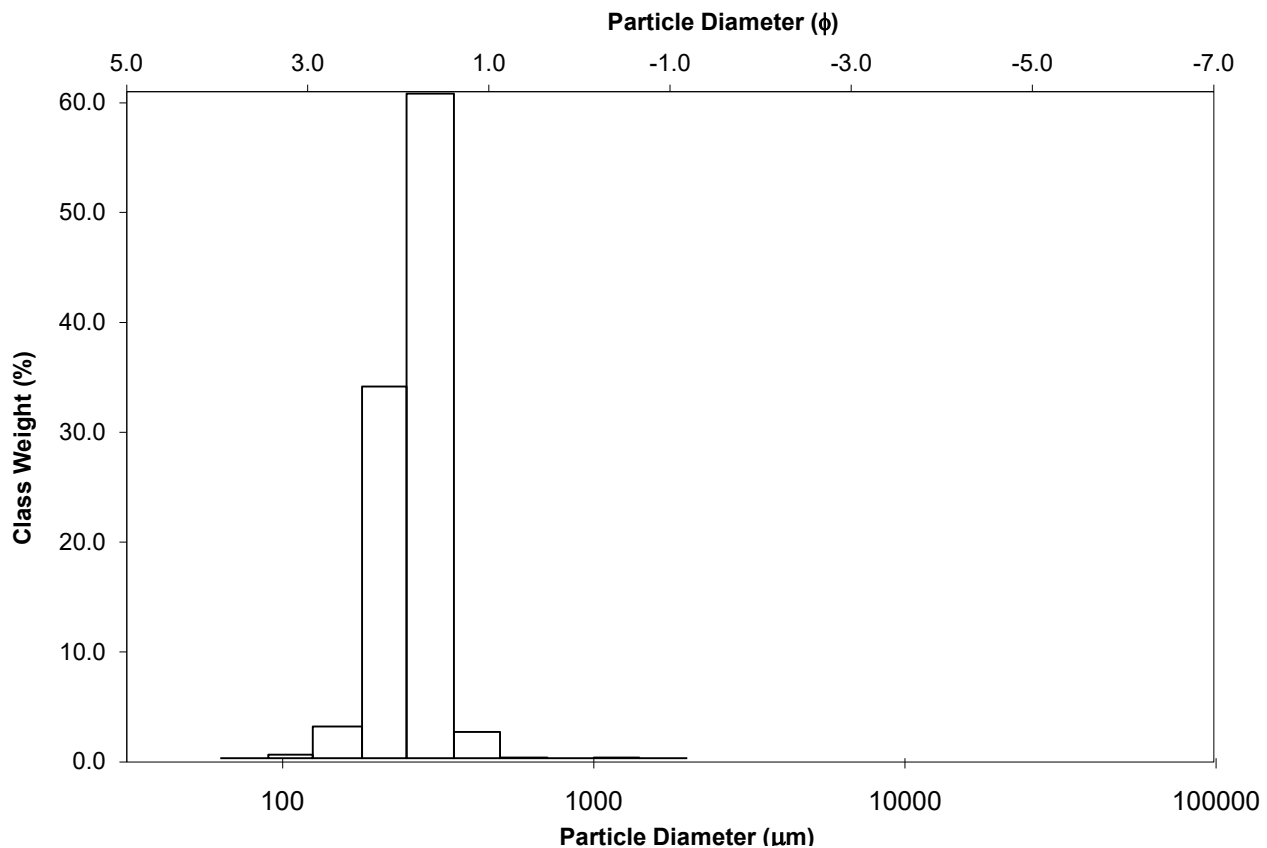
SAMPLE TYPE: Unimodal, Very Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Sand

SEDIMENT NAME: Very Well Sorted Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	302.5	1.747	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.1%		
MODE 2:			SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 64.1%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 35.4%		
D ₁₀ :	192.5	1.555		V FINE SAND: 0.3%		
MEDIAN or D ₅₀ :	271.1	1.883	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	340.3	2.377	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	1.768	1.529	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	147.8	0.822	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.394	1.286	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	88.32	0.479	V COARSE SAND: 0.1%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	272.9	263.1	1.926	263.3	1.925	Medium Sand
SORTING (σ):	59.07	1.235	0.304	1.242	0.313	Very Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.070	-0.463	0.463	-0.199	0.199	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	53.63	5.857	5.857	0.801	0.801	Platykurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: 2 - **Barbanera**

ANALYST & DATE: Irene,

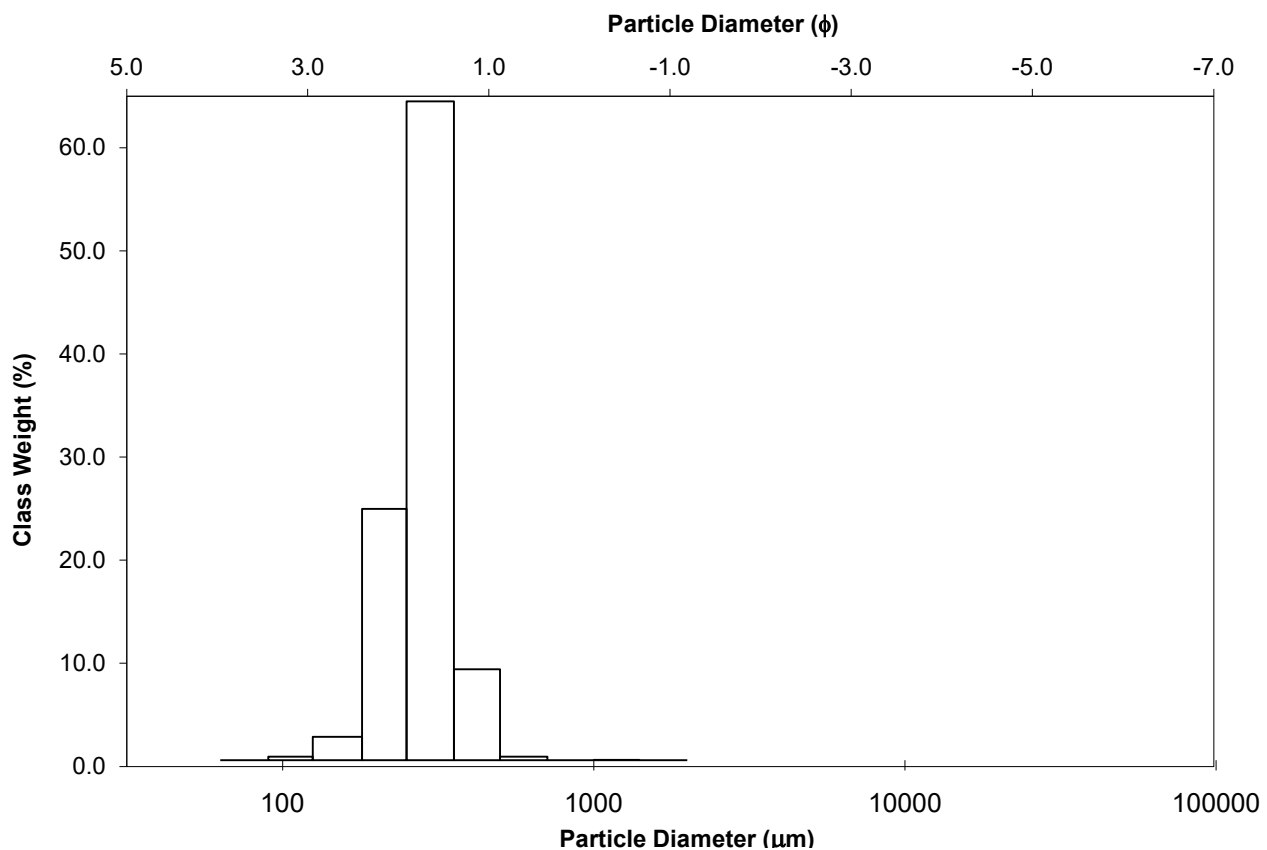
SAMPLE TYPE: Unimodal, Very Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Sand

SEDIMENT NAME: Very Well Sorted Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	302.5	1.747	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.4%		
MODE 2:			SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 73.6%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 25.6%		
D ₁₀ :	199.5	1.501		V FINE SAND: 0.3%		
MEDIAN or D ₅₀ :	284.7	1.813	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	353.4	2.326	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	1.772	1.550	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	153.9	0.825	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.321	1.248	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	79.21	0.402	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	290.3	278.9	1.842	276.5	1.854	Medium Sand
SORTING (σ):	66.01	1.257	0.330	1.267	0.341	Very Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.789	-0.983	0.983	-0.123	0.123	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	24.42	14.64	14.64	1.192	1.192	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **3 - Stella d'oro**

ANALYST & DATE: Irene,

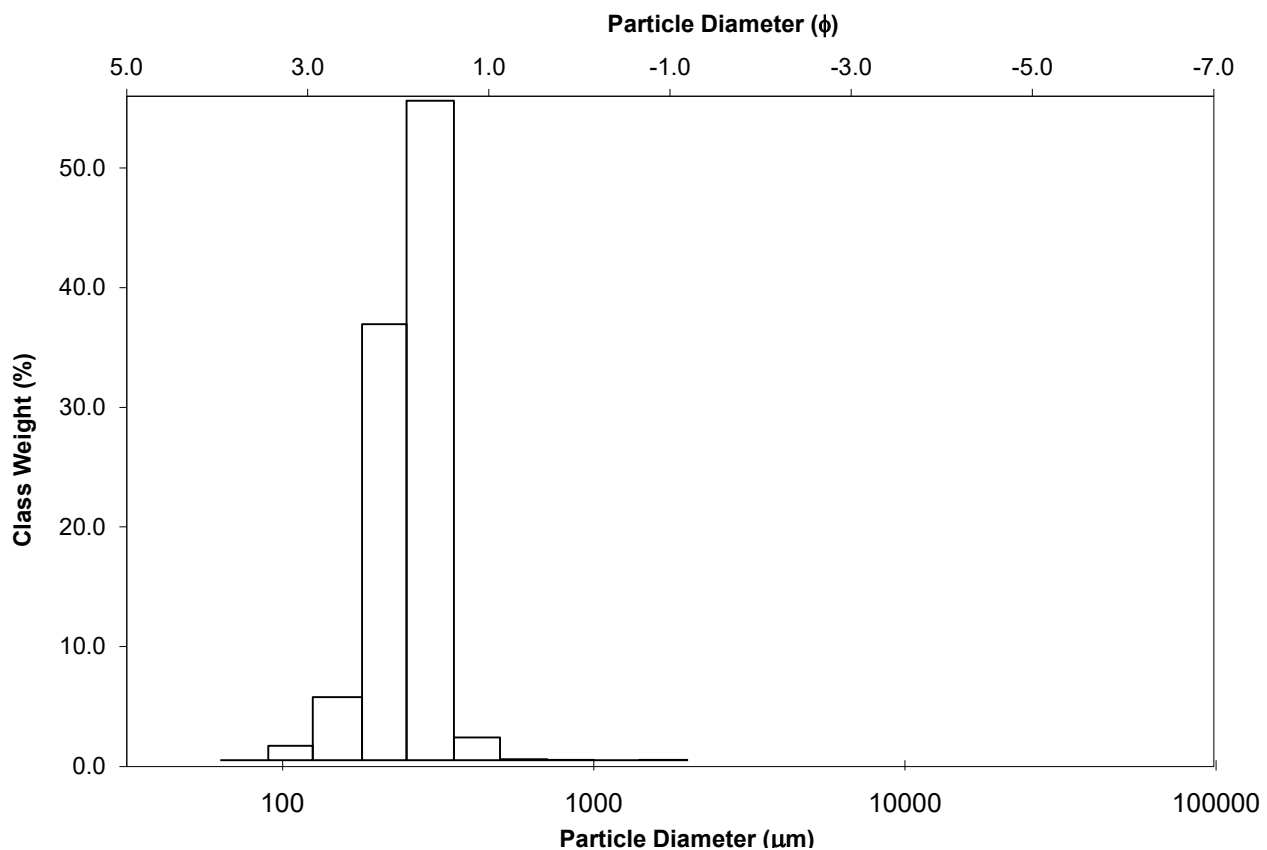
SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Sand

SEDIMENT NAME: Well Sorted Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	302.5	1.747	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.1%		
MODE 2:			SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 58.2%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 40.5%		
D ₁₀ :	185.5	1.566		V FINE SAND: 1.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	263.3	1.925	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	337.8	2.430	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	1.821	1.552	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	152.3	0.865	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.440	1.309	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	94.04	0.526	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	264.6	253.5	1.980	256.2	1.964	Medium Sand
SORTING (σ):	64.31	1.276	0.351	1.277	0.352	Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	4.197	-1.084	1.084	-0.221	0.221	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	94.44	11.35	11.35	0.874	0.874	Platykurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **A.A. Composito spiaggia**

ANALYST & DATE: Irene,

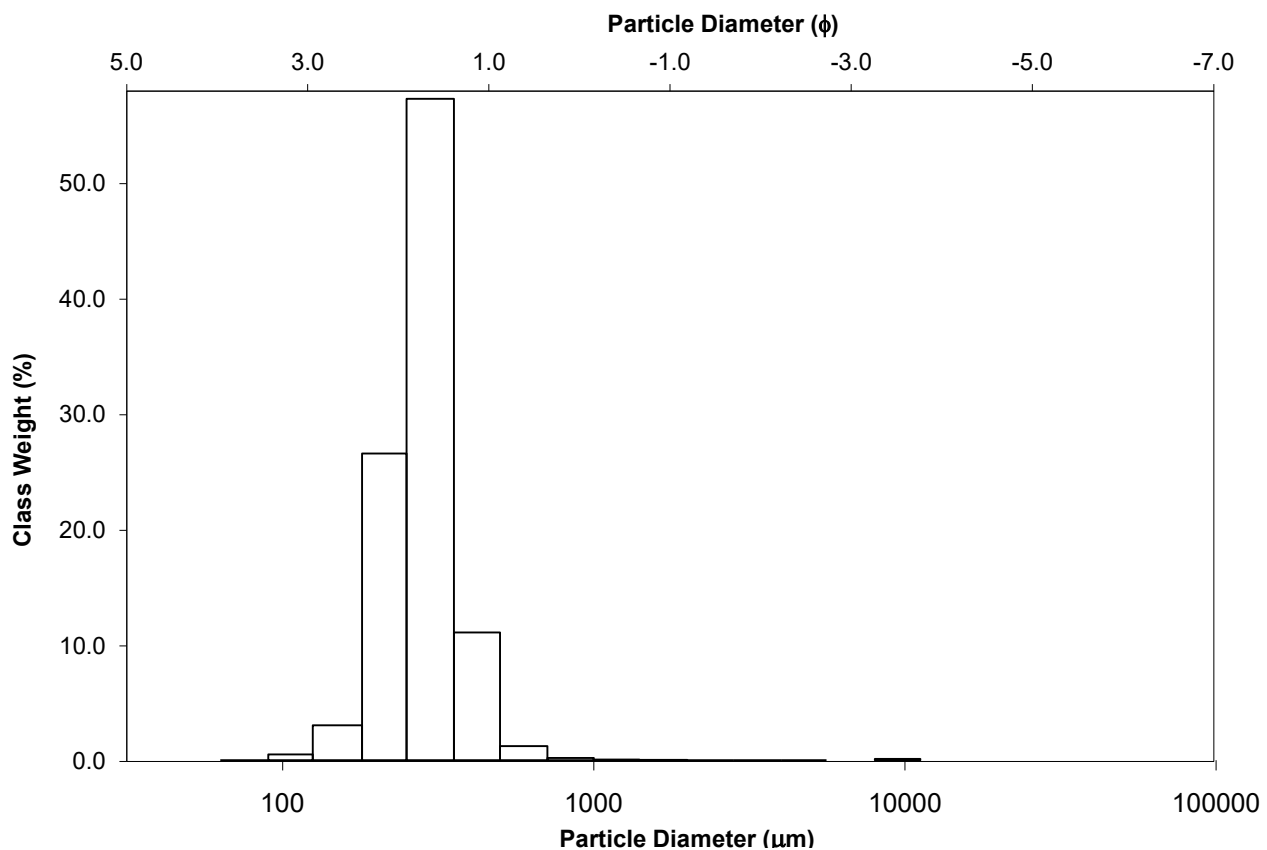
SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Medium Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	302.5	1.747	GRAVEL: 0.2%	COARSE SAND: 1.4%		
MODE 2:			SAND: 99.8%	MEDIUM SAND: 69.2%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 28.5%		
D ₁₀ :	195.3	1.373		V FINE SAND: 0.5%		
MEDIAN or D ₅₀ :	283.6	1.818	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	386.1	2.357	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	1.978	1.717	MEDIUM GRAVEL: 0.1%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	190.9	0.984	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.390	1.297	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	92.43	0.475	V COARSE SAND: 0.1%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	307.3	281.1	1.831	275.2	1.862	Medium Sand
SORTING (σ):	350.3	1.348	0.431	1.299	0.378	Well Sorted
SKEWNESS (S_k):	24.39	2.156	-2.156	-0.076	0.076	Symmetrical
KURTOSIS (K):	640.6	32.32	32.32	1.124	1.124	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **A.A. Fondo 1**

ANALYST & DATE: Irene, 02 03 2021

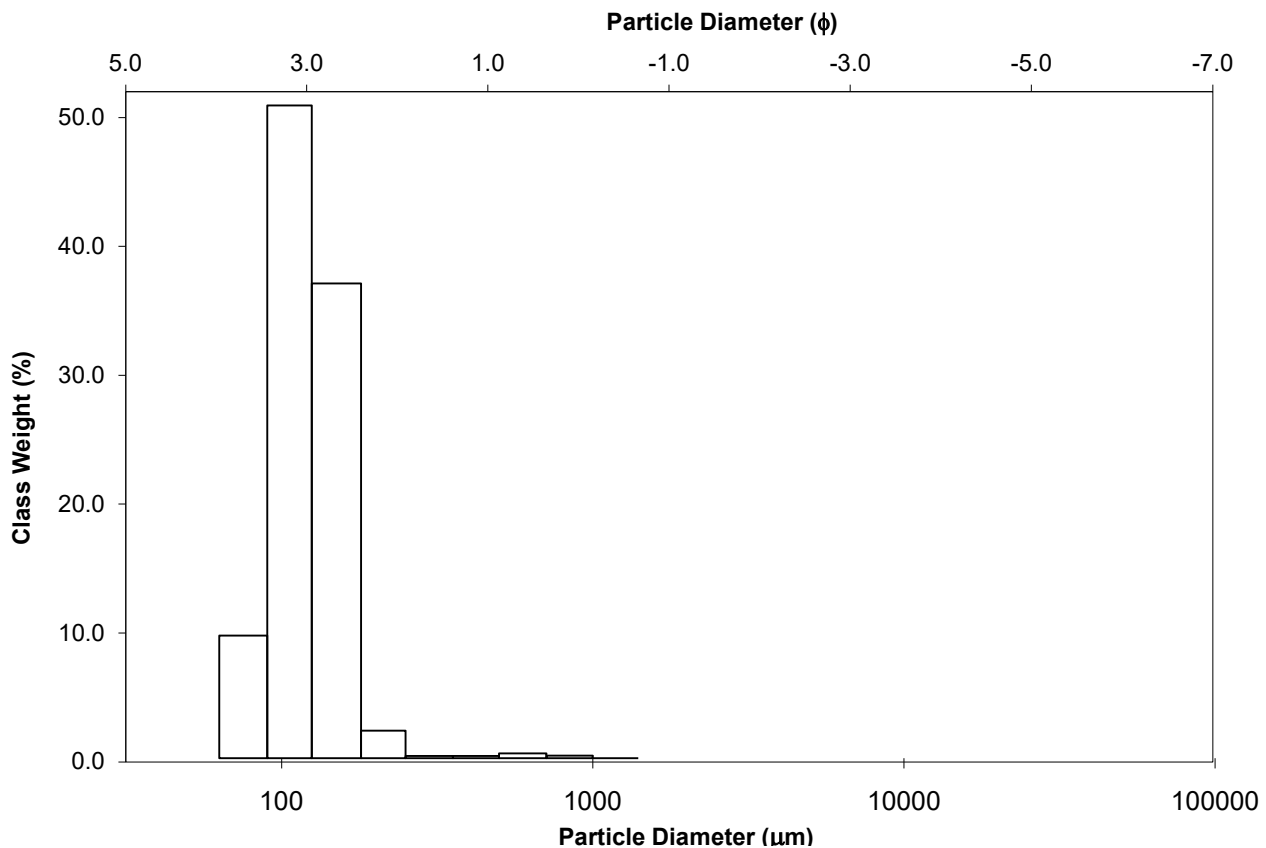
SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Sand

SEDIMENT NAME: Well Sorted Very Fine Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	107.5	3.237	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.6%		
MODE 2:			SAND: 98.8%	MEDIUM SAND: 0.3%		
MODE 3:			MUD: 1.2%	FINE SAND: 40.5%		
D ₁₀ :	87.04	2.570		V FINE SAND: 57.4%		
MEDIAN or D ₅₀ :	117.8	3.085	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.2%		
D ₉₀ :	168.4	3.522	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.2%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	1.935	1.370	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.2%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	81.35	0.952	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.2%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.473	1.201	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.2%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	46.90	0.559	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.2%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	127.5	117.1	3.095	120.4	3.054	Very Fine Sand
SORTING (σ):	57.08	1.499	0.584	1.308	0.387	Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	7.647	-2.917	2.917	0.015	-0.015	Symmetrical
KURTOSIS (K):	92.01	26.34	26.34	0.943	0.943	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **A.A. Fondo 2**

ANALYST & DATE: Irene, 02 03 2021

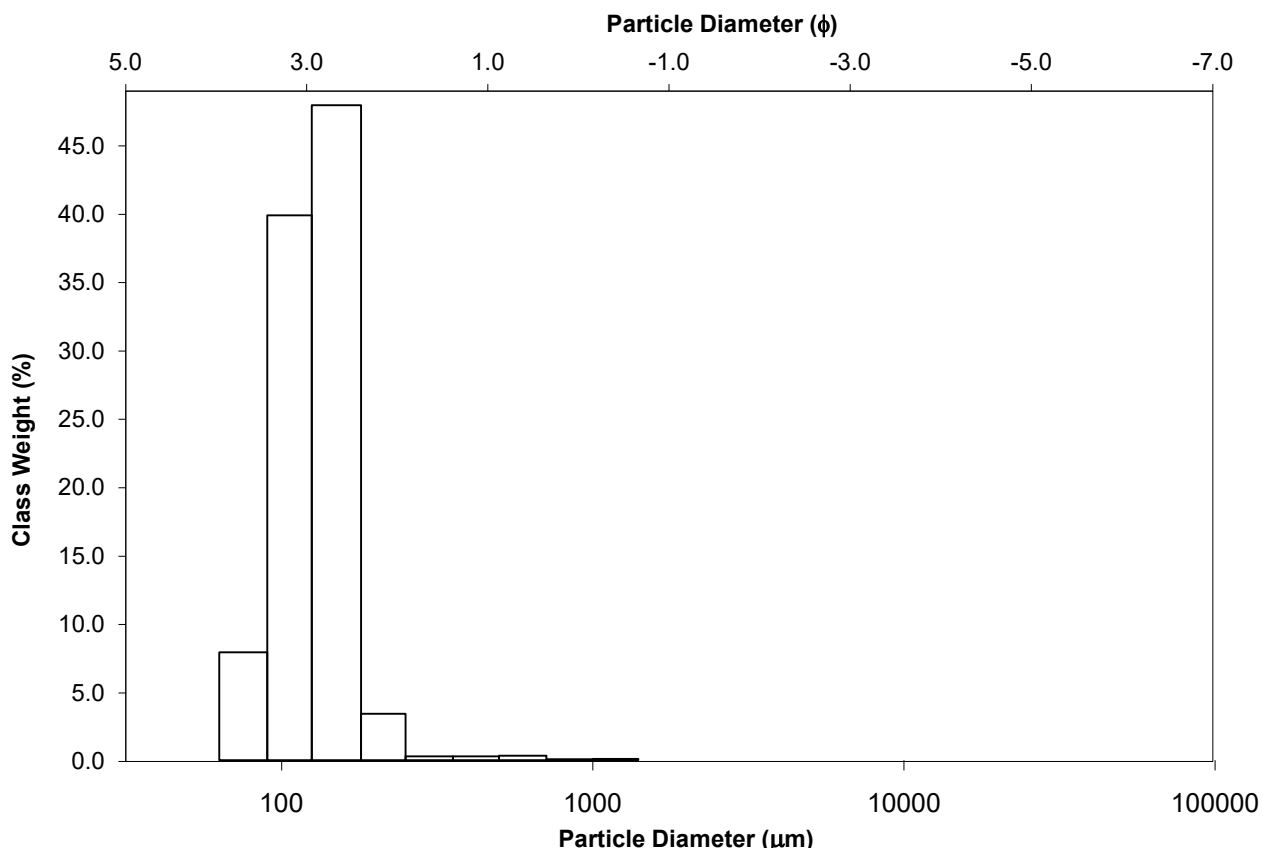
SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Sand

SEDIMENT NAME: Well Sorted Fine Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	152.5	2.737	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.4%		
MODE 2:			SAND: 99.0%	MEDIUM SAND: 0.6%		
MODE 3:			MUD: 1.0%	FINE SAND: 52.8%		
D ₁₀ :	90.83	2.535		V FINE SAND: 45.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	128.6	2.959	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.2%		
D ₉₀ :	172.5	3.461	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.2%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	1.900	1.365	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.2%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	81.70	0.926	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.2%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.490	1.214	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.2%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	50.83	0.575	V COARSE SAND: 0.1%	CLAY: 0.2%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	134.7	124.2	3.009	126.7	2.981	Fine Sand
SORTING (σ):	58.95	1.474	0.560	1.306	0.385	Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	8.757	-2.889	2.889	-0.158	0.158	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	130.0	27.53	27.53	0.888	0.888	Platykurtic

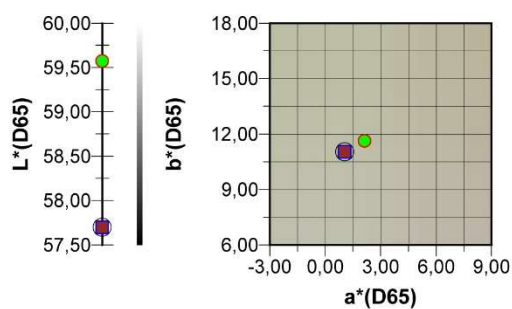
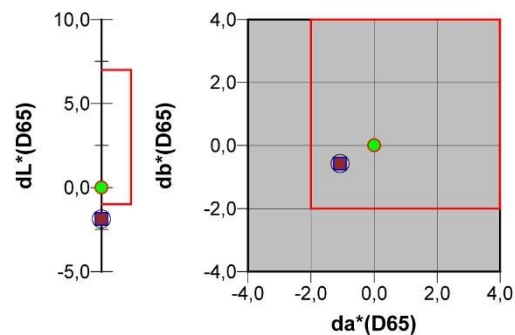
GRAIN SIZE DISTRIBUTION



Allegato 2 – Analisi colorimetriche

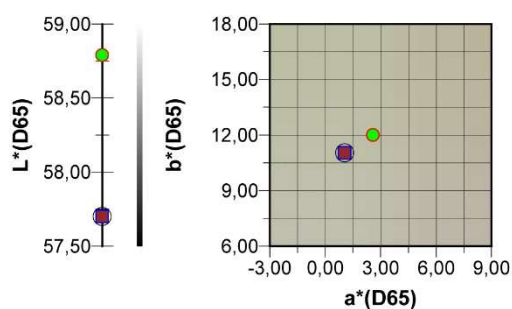
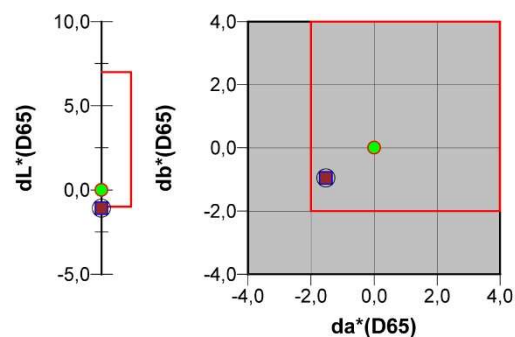
Nome sample	A.A. Fondo 1
Nome target	2 - Barbanera

	Sample	Target
L*	57,70	59,57
a*	1,06	2,13
b*	11,04	11,62
	Diff.	Giudizio
dL*	-1,87	NG
da*	-1,07	OK
db*	-0,58	OK
dE*ab	2,23	OK
Giudizio totale	NG	



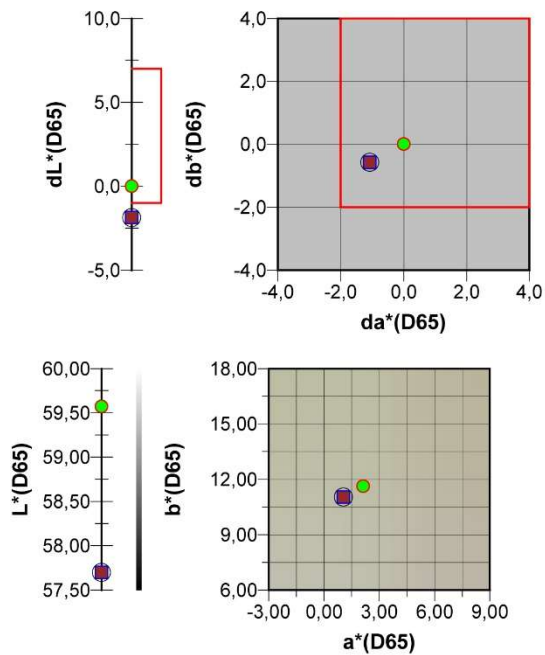
Nome sample	A.A. Fondo 1
Nome target	0 - Bambinopoli

	Sample	Target
L*	57,70	58,79
a*	1,06	2,58
b*	11,04	11,99
	Diff.	Giudizio
dL*	-1,09	NG
da*	-1,52	OK
db*	-0,96	OK
dE*ab	2,10	OK
Giudizio totale	NG	



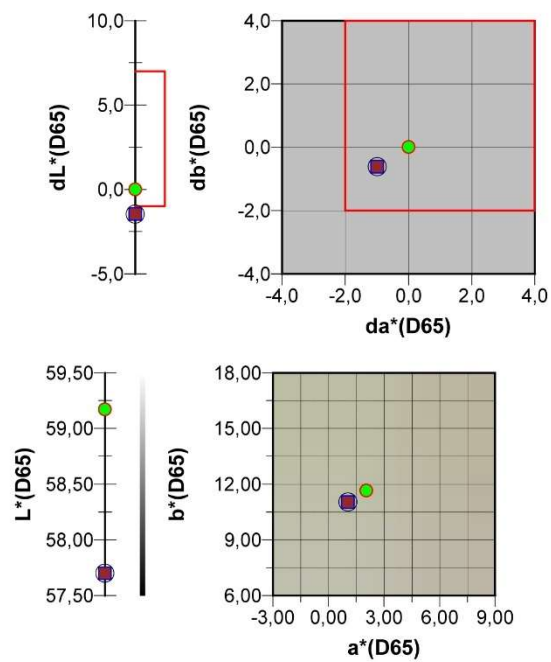
Nome sample	A.A. Fondo 1
Nome target	2 - Barbanera

	Sample	Target
L*	57,70	59,57
a*	1,06	2,13
b*	11,04	11,62
	Diff.	Giudizio
dL*	-1,87	NG
da*	-1,07	OK
db*	-0,58	OK
dE*ab	2,23	OK
Giudizio totale	NG	



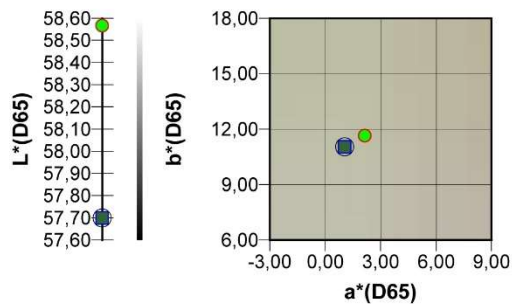
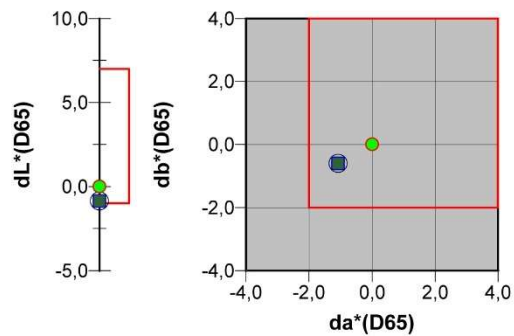
Nome sample	A.A. Fondo 1
Nome target	1 - Calipso

	Sample	Target
L*	57,70	59,17
a*	1,06	2,05
b*	11,04	11,65
	Diff.	Giudizio
dL*	-1,47	NG
da*	-0,99	OK
db*	-0,61	OK
dE*ab	1,87	OK
Giudizio totale	NG	



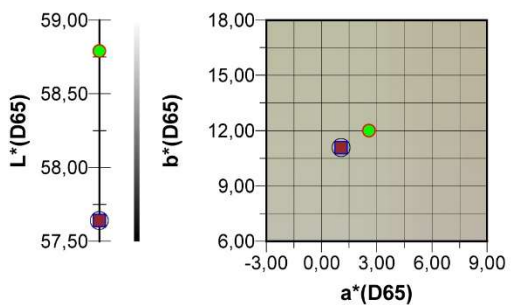
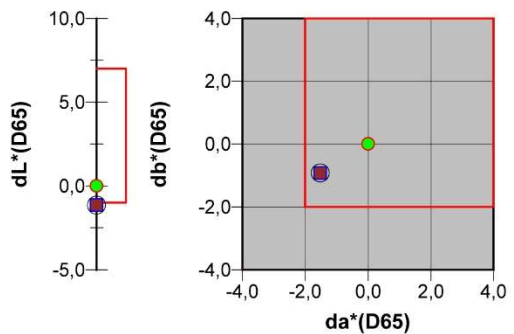
Nome sample	A.A. Fondo 1
Nome target	3 - Stella d'oro

	Sample	Target
L*	57,70	58,57
a*	1,06	2,14
b*	11,04	11,64
	Diff.	Giudizio
dL*	-0,87	OK
da*	-1,08	OK
db*	-0,60	OK
dE*ab	1,51	OK
Giudizio totale	OK	



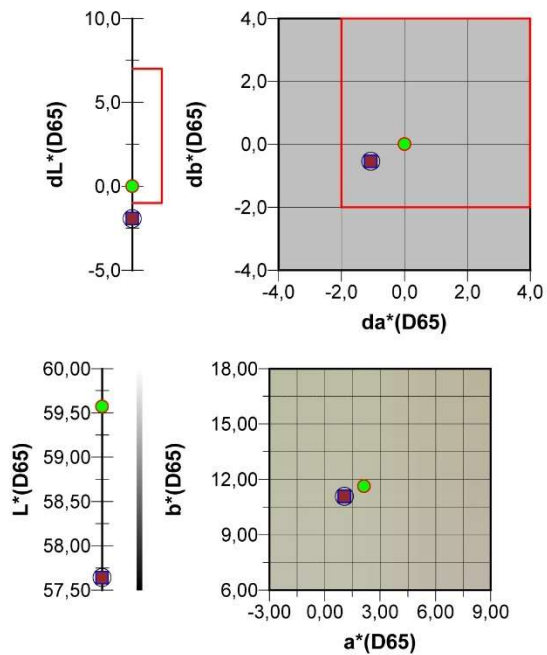
Nome sample	A.A. Fondo 2
Nome target	0 - Bambinopoli

	Sample	Target
L*	57,64	58,79
a*	1,07	2,58
b*	11,07	11,99
	Diff.	Giudizio
dL*	-1,15	NG
da*	-1,52	OK
db*	-0,92	OK
dE*ab	2,11	OK
Giudizio totale	NG	



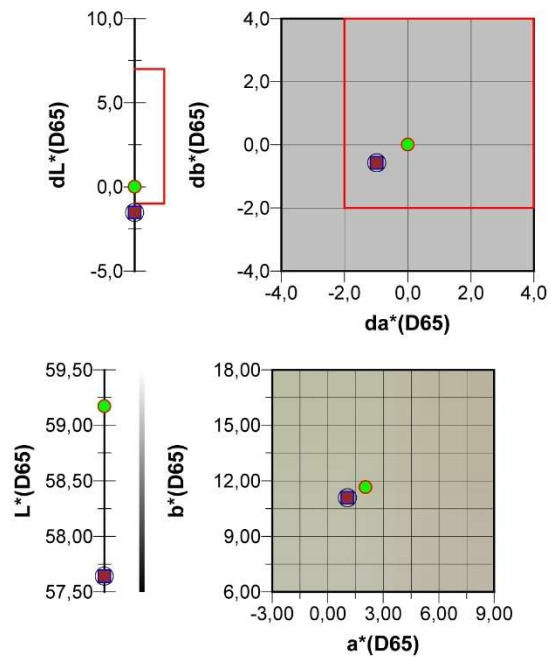
Nome sample	A.A. Fondo 2
Nome target	2 Barbanera

	Sample	Target
L*	57,64	59,57
a*	1,07	2,13
b*	11,07	11,62
	Diff.	Giudizio
dL*	-1,93	NG
da*	-1,07	OK
db*	-0,54	OK
dE*ab	2,27	OK
Giudizio totale	NG	



Nome sample	A.A. Fondo 2
Nome target	1 - Calipso

	Sample	Target
L*	57,64	59,17
a*	1,07	2,05
b*	11,07	11,65
	Diff.	Giudizio
dL*	-1,53	NG
da*	-0,98	OK
db*	-0,58	OK
dE*ab	1,91	OK
Giudizio totale	NG	



Nome sample	A.A. Fondo 2
Nome target	3 - Stella d'oro

	Sample	Target
L*	57,64	58,57
a*	1,07	2,14
b*	11,07	11,64
	Diff.	Giudizio
dL*	-0,93	OK
da*	-1,07	OK
db*	-0,56	OK
dE*ab	1,52	OK
Giudizio totale	OK	

