COMUNE DI RECCO

Settembre 2021

CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI SEDIMENTI DI SOVRALLUVIONAMENTO ALLA FOCE DEL TORRENTE RECCO AI SENSI DEL D.M.173/2016 AI FINI DEL RIPASCIMENTO

Consorzio per il Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata - Livorno

Cliente: Comune di Recco, Piazza Nicoloso, n. 14, 16036 - Recco (GE)

Progetto: CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI SEDIMENTI DI SOVRALLUVIONAMENTO ALLA FOCE DEL TORRENTE RECCO AI SENSI DEL D.M.173/2016 AI FINI DEL RIPASCIMENTO

Responsabile: Nicola Bigongiari

Personale impiegato
Assistenza al campionamento e preparazione aliquote: Marco Pertusati
Analisi granulometriche ed ecotossicologiche: Ludmila Kozinkova, Matteo Oliva, Sonia Polese
Analisi chimiche: Gianluca Bontà Pittaluga, Ombretta Spinelli, Susanna Dell'ira, Chiara Manzini
Analisi composti organostannici: C.P.G. Lab. S.r.l.
Analisi mineralogiche: Bioscience Research
Stesura report: Marina Sartini, Nicola Bigongiari

23129-0	Rev. 0	07/09/2021	Emissione per osservazioni cliente	NB	GBP	CP
N° report	Revisione	Data	Descrizione revisione	Preparato	Verificato	Approvato

SOMMARIO

CAPITOLO 1 - MATERIALI E METODI 4

1.1 CAMPIONAMENTO 4
1.2 METODICHE ANALITICHE 10
1.3 ANALISI DEI DATI 12

CAPITOLO 2 - RISULTATI 15

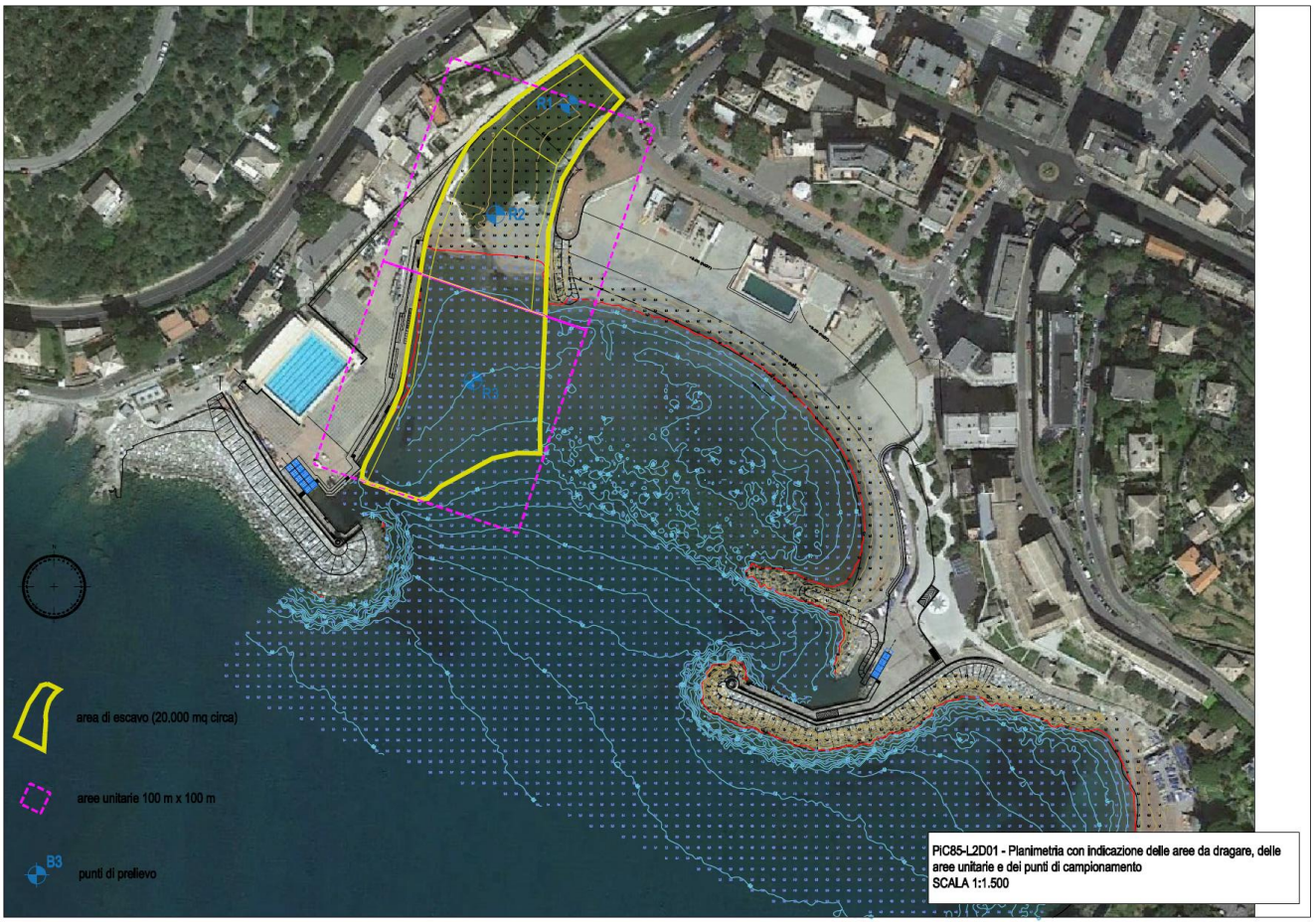
2.1 – ANALISI FISICHE 15
2.2 - ANALISI MICROBIOLOGICHE 17
2.3 - ANALISI CHIMICHE 17
2.4 - ANALISI ECOTOSSICOLOGICHE 20
2.5 - ELABORAZIONE DEI DATI CON SOFTWARE SEDIQUALSOFT 109.0® 21

ALLEGATI 25

CAPITOLO 1 - MATERIALI E METODI

1.1 Campionamento

L'area oggetto della presente caratterizzazione è la foce del torrente Recco e l'area immediatamente limitrofa, che si trovano nel comune di Recco (GE). In quest'area sono state collocate 3 stazioni di campionamento denominate R1, R2 e R3 come indicato nella seguente figura:



Ubicazione delle tre stazioni di campionamento

Nella tabella 1 sono riportate le coordinate delle 3 stazioni di campionamento.

Tabella 1 – Coordinate delle stazioni di campionamento

Stazione		
R1	511224	4912065
R2	511206	4912010
R3	511190*	4911941*

*coordinate teoriche

Nell'area di escavo, in corrispondenza delle stazioni R1 e R2, sono stati effettuati i carotaggi fino alla profondità di 2 m, due carotaggi in corrispondenza del punto di campionamento R1 e due carotaggi nel punto di campionamento R2. Per quanto concerne le specifiche delle attività di carotaggio (attività non di competenza CIBM) si rimanda al report della ditta che l'ha effettuato.

Dopo il carotaggio le carote sono state descritte e fotografate da personale addetto al campionamento.

Per entrambe le stazioni R1 e R2, le aliquote di sedimento di una delle due carote prelevate è stata utilizzata tal quale per l'analisi granulometrica, vista la cospicua presenza di ciotoli. Per le rimanenti analisi le aliquote di sedimento sono state prelevate dall'altra carota scartando manualmente i clasti di dimensioni più grossolane in accordo al D.M. 173/2016.

Le carote sono state suddivise in 3 sezioni, una sezione superficiale dello spessore di 50 cm, una sezione intermedia da 50 cm ad 1 m di profondità e una sezione profonda da 1 m fino a 2 m di profondità.

Le sezioni superficiali (0-50 cm) delle carote R1 e R2 sono state miscelate ed omogeneizzate tra loro per ottenere un unico campione superficiale. La stessa cosa è stata fatta per le altre due sezioni. Per quanto riguarda la stazione R3, vista la scarsa profondità del fondale e la difficoltà nell'eseguire i carotaggi, i prelievi sono stati effettuati da un operatore subacqueo. Sono stati prelevati 2 campioni, uno rappresentativo dei 50 cm superficiali del fondale e, dopo l'esecuzione di un limitato scavo mediante pompa, un campione rappresentativo dello strato profondo compreso tra 50 cm e 1 m dal fondale.

Di seguito si riporta uno schema dei prelievi e degli accorpamenti eseguiti:

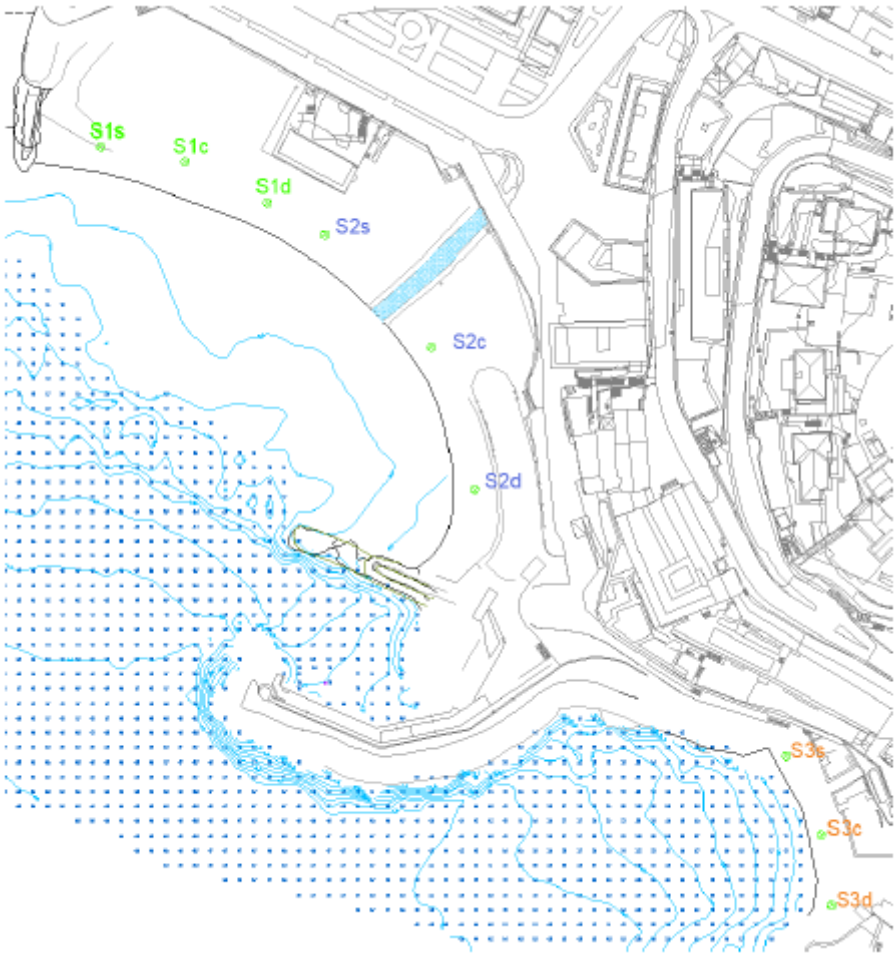
Denominazione stazione	Sezioni prelevate	Sigle campioni
R1	0 - 0,5 m	T1
	0,5 - 1 m	
	1 - 2 m	T2
R2	0 - 0,5 m	
	0,5 - 1 m	T3
	1 - 2 m	
R3	0 - 0,5 m	M1
	0,5 - 1 m	M2

Nella fase di miscelazione e omogenizzazione del campione sono state rimosse manualmente le componenti di origine antropica (frammenti di plastica, vetro, metallo, ecc.) e naturale (ciottoli, organismi del macrobenthos) di dimensioni superiori a 5 mm. Dopo tali operazioni, i sedimenti sono stati posti in appositi contenitori siglati e conservati refrigerati fino all'inizio delle analisi previste. All'atto del

confezionamento sono stati compilati i verbali di campionamento riportati in allegato. Il prelievo, la miscelazione, la preparazione, la conservazione e l'analisi dei campioni è stata eseguita secondo quanto riportato nel D.M. 173/2016.

Analisi sul maeriale di spiaggia

E' prevista anche la caratterizzazione granulometrica di tre aree oggetto di ripascimento: la spiaggia centrale lato ponente (S1), la spiaggia centrale lato levante (S2) e la "spiaggia dei frati" (S3). In ciascuna delle tre frazioni di spiaggia sono state prelevate 3 aliquote di sedimento: una nella parte di ponente, una nella parte centrale e una nella parte di levante come indicato nella planimetria seguente e nella tabella sottostante.



Ubicazione delle stazioni di prelievo sulla spiaggia

Stazioni di prelievo	s1s + s1c + s1d	s2s + s2c + s2d	s3s + s3c + s3d
Sigla campione	S1	S2	S3

Nella tabella 3 sono riportate le coordinate dei 9 punti di prelievo da spiaggia.

Tabella 3 – Coordinate dei punti di prelievo da spiaggia

Stazione	Longitudine	Latitudine	Sigla campione
s1s	511252	4911967	**S1**
s1c	511283	4911961	
s1d	511317	4911947	
s2s	511335	4911938	**S2**
s2c	511358	4911909	
s2d	511379	4911854	
s3s	511485	4911762	**S3**
s3c	511499	4911729	
s3d	511503	4911711	

Nella tabella 4 viene riportata la tipologia dei contenitori all'interno dei quali è stato introdotto il sedimento e la temperatura a cui è stato mantenuto dal momento del campionamento fino all'inizio delle analisi.

Tabella 4 – Tipologia di contenitore e temperatura di conservazione del sedimento

Analisi	Materiale Contenitore	Temp. di conservazione (°C)
Granulometria	Plastica 10 litri*	4-6
Ecotossicologia	Polietilene alta densità (HDPE) 1000ml	4-6
Metalli e Composti Organici	Polietilene alta densità (HDPE) 500 ml	4-6
Mineralogia	Polietilene (PE) 125 ml	4-6
Microbiologia	Polietilene sterile (PE) 60 ml	4-6

*solo per M1 e M2: Polietilene (PE) 125 ml

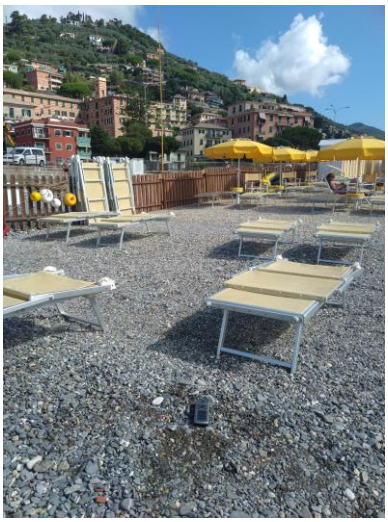
Galleria fotografica



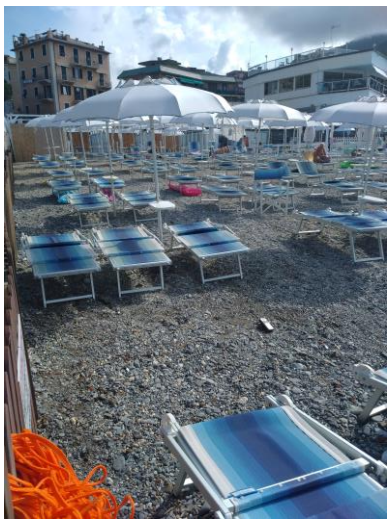
Stazione R1



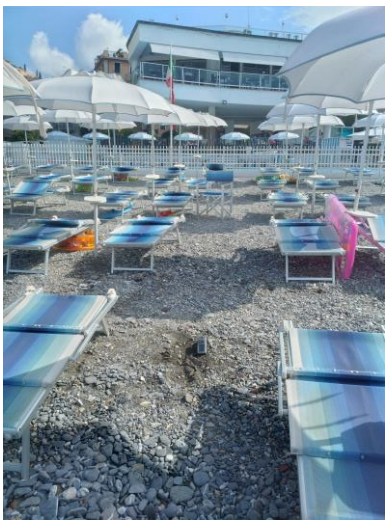
Stazione R2



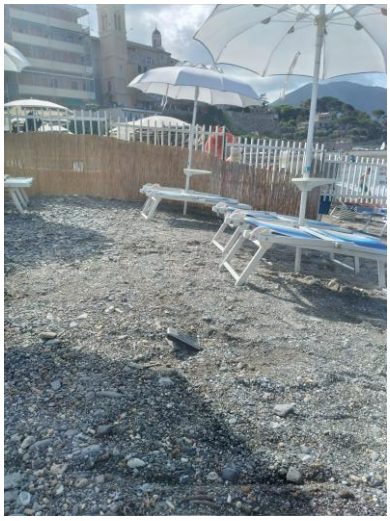
s1s



s1c



s1d



s2s



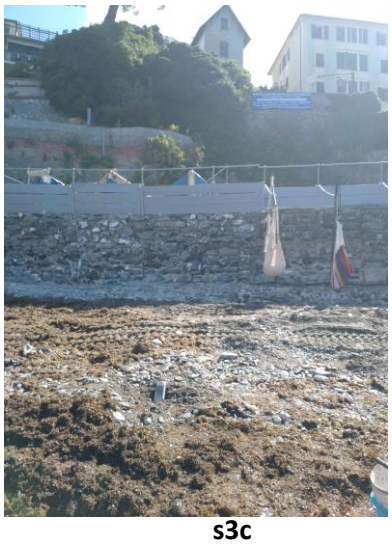
s2c



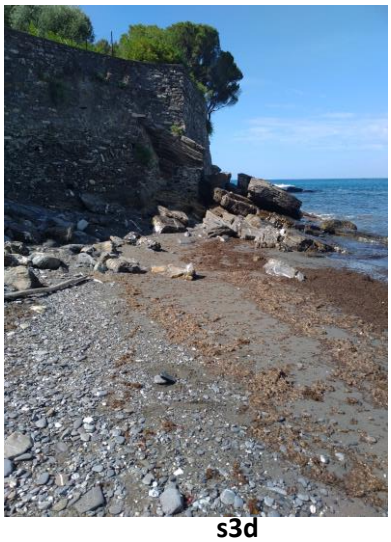
s2d



s3s



s3c



s3d

1.2 Metodiche analitiche

Sulla base del D.M. 15/07/2016 n° 173, su ciascun campione sono state effettuate le seguenti analisi:

- Analisi Fisiche: granulometria per via meccanica (scala Wentworth) passante ½ phi, mineralogia e colorimetria.
- Analisi Chimiche: mercurio, cadmio, piombo, arsenico, cromo, cromo esavalente, rame, ferro, nichel, zinco, alluminio, vanadio, idrocarburi C>12, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Policlorobifenili (PBC), Pesticidi organo clorurati, Composti organostannici e Sostanza Organica Totale.
- Analisi Microbiologiche: Coliformi fecali e totali, Streptococchi fecali (enterococchi), salmonelle, spore clostridi solfito riduttori, ifomiceti e lieviti.
- Analisi ecotossicologiche: Saggio biologico su sedimento con *Corophium orientale*, saggio biologico con l'alga *Phaeodactylum tricornutum*, test di embriotossicità con *Crassostrea gigas.*

I campioni per le analisi microbiologiche sono stati processati entro 24 h dal prelievo, mentre quelli per le analisi ecotossicologiche sono stati saggiati entro 10 giorni dal campionamento.
Nella tabella seguente vengono elencate le metodiche analitiche per ogni prova effettuata. Sono indicate, inoltre, l'unità di misura e il limite di quantificazione per ciascuna analisi.

Parametro	Metodica	U.M.	LdQ
Granulometria	ICRAM Metogologie analitiche di riferimento - Sedimenti (2001) Scheda 3	%	-
Mineralogia	Analisi qualitativa in diffrattometria	-	-
Colore (Spazio CIELAB)	ISO/CIE 11664-4:2019	-	-
Alluminio	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	% s.s.	0,03
Arsenico	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	1,0
Cadmio	EPA 3051A 2007 + EPA 7010 2007	mg/kg s.s.	0,02
Cromo	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	1,0
Cromo esavalente	CNR IRSA 16 Q 64 Vol. 3 1986	mg/kg s.s.	1,0

Parametro	Metodica	U.M.	LdQ
Rame	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	1,0
Ferro	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	% s.s.	0,03
Mercurio	EPA 7473 2007	mg/kg s.s.	0,005
Nichel	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	1,0
Piombo	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	1,0
Vanadio	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	1,0
Zinco	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	1,0
Sostanza organica totale	Calcinazione a 375°C – MI/C/01	%	0,1
Idrocarburi pesanti C>12	UNI EN ISO 16703:2011	mg/kg	5
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg	1
Policlorobifenili (PCB)	EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg	0,1
Pesticidi organo clorurati	EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg	0,1
Composti organostannici	UNI EN ISO 23161:2019	µg/kg	1
Tossicità acuta di sedimenti marini ed estuarini con *Corophium orientale* (test 10 gg)	ISO 16712:2005	%	--
Test di inibizione della crescita algale con *Phaeodactylum tricornutum*	UNI EN ISO 10253 2017	%	--
Test di embriotossicità con *Crassostrea gigas* (ostrica)	ISO 17244:2015	%	--
Coliformi fecali	CNR IRSA metodi analitici acque 2003 7020A	MPN/g	3
Coliformi totali	CNR IRSA metodi analitici acque 2003 7010A	MPN/g	3
Streptococchi fecali (enterococchi)	Rapporti ISTISAN 14/18 2014	MPN/g	3
Salmonelle	Rapporti ISTISAN 14/18 2014	Presenza Assenza	-

Parametro	Metodica	U.M.	LdQ
Spore clostridi solfito riduttori	Rapporti ISTISAN 14/18 2014	CFU/g	3
Ifomiceti e lieviti	CNR IRSA Quad.64 - 1983	CFU/g	3

1.3 Analisi dei dati

I dati sono stati raccolti in due matrici (stazioni x contaminanti e stazioni x saggi ecotossicologici) ed elaborati tramite il software SediQualSoft 109.0® per la definizione del pericolo chimico e del pericolo ecotossicologico dei sedimenti. La classificazione chimica si basa sull'indice *Hazard Quotient_chimico* (HQc) che considera la tipologia, il numero e l'entità dei parametri non conformi rispetto ai livelli chimici di riferimento (L1 e L2) riportati nella tab. 2.5 del D.M. 173/2016, mentre la classificazione ecotossicologica si basa su un giudizio di pericolo ecotossicologico (*Hazard Quotient_batteria)* che varia da Assente a Molto alto, elaborato dalla integrazione ponderata dei risultati dei saggi biologici impiegati. Il software non consente di utilizzare i limiti regionali locali (D.G.R. 1446/09) della Regione Liguria.

Al pericolo chimico HQc e al pericolo ecotossicologico vengono assegnate delle classi di pericolo da assente a molto alto come riportato nella seguente tabella (da D.M. n.173/2016):

Classificazione del pericolo chimico ed ecotossicologico

HQ chimica	HQ ecotossicologia	Classe di pericolo
0 - < 1.3	<1	Assente / Trascurabile
1.3 - < 2.6	≥1 – 1,5	Basso
2.6 - < 6.5	≥1,5 – 3,0	Medio
6.5 - < 13.0	≥3,0 – 6,0	Alto
≥ 13.0	≥6,0 – 10,0	Molto Alto

Successivamente, attraverso il Sediqualsoft viene individuata la Classe di qualità dei materiali di escavo mediante l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata dei pericoli chimici ed ecotossicologici come rappresentato nella tabella 2.7 del D.M. 173/2016 e riportata di seguito;

Classi di qualità del sedimento

Classe di pericolo ecotossicologico elaborato per l'intera batteria ($HQ_{Batteria}$)	Classificazione chimica	Classe di Qualità del materiale
Assente	HQ_C (L2) ≤ Trascurabile	A
	Basso ≤ HQ_C (L2) ≤ Medio	B
	HQ_C (L2) = Alto	C
	HQ_C (L2) > Alto	D
Basso	HQ_C (L1) ≤ Basso	A
	HQ_C (L1) ≥ Medio e HQ_C (L2) ≤ Basso	B
	Medio ≤ HQ_C (L2) ≤ Alto	C
	HQ_C (L2) > Alto	D
Medio	HQ_C (L2) ≤ Basso	C
	HQ_C (L2) ≥ Medio	D
≥ Alto	HQ_C (L2) ≤ Basso	D
	HQ_C (L2) ≥ Medio	E

La valutazione integrata prevede 5 classi di qualità con le rispettive opzioni di gestione che vanno dalla A alla E, dove la classe A corrisponde ai sedimenti di qualità ambientale più elevata mentre la E identifica la classe peggiore che prevede un'eventuale rimozione in sicurezza del sedimento dall'ambiente marino dopo la valutazione di rischio. Di seguito si riportano le opzioni di gestione compatibili con la classe di qualità del sedimento.

Classe	Opzioni di gestione
A	. **RIPASCIMENTO** della spiaggia emersa con pelite ≤10% o altro valore stabilito su base regionale; . **RIPASCIMENTO** della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente; . **IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE** (oltre 3 mn); . **IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO MARINO COSTIERO**.
B	. **IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE** (oltre 3 mn) con monitoraggio ambientale; . **IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO** in ambito portuale incluso capping, con monitoraggio ambientale.
C	. **IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO** in ambito portuale in grado di trattenere tutte le frazioni granulometriche del sedimento, incluso capping all'internodi aree portuali con idonee misure di monitoraggio ambientale.
D	. **IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO IMPERMEABILIZZATO**, con idonee misure di monitoraggio ambientale.
E	. **EVENTUALE RIMOZIONE IN SICUREZZA DELL'AMBIENTE MARINO DOPO VALUTAZIONE DI RISCHIO**, secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Controllo qualità saggi biologici

Specie-Test	End-point	Matrice	N° repliche	Tempo esposizione	Tossico di riferimento	LC/EC50 (Limiti fiduciali)
C. orientale	Sopravvivenza	Solida	4	10 giorni	$CdCl_2$ (mg/l)	3,32 mg/l (3,02-3,64)
C. gigas	Sviluppo larvale	Elutriato	3	24 h	Cu^{2+}(µg/l)	11,87 µg/l (11,17-12,62)
P. tricornutum	Densità algale	Elutriato	3	72 h	Cr^{2+}(mg/l)	3,43 mg/l (3,22-3,71)

I valori di LC/EC50 e i relativi limiti fiduciali determinati per ciascuna specie-test rientrano all'interno del range di variabilità del laboratorio.

Macrodescrizione delle carote



CAROTA R1

Ghiaia mista a sabbia con presenza di limo argilloso, inodore, poco idratata, assenza di residui vegetali



CAROTA R2

Ghiaia mista a sabbia con una modesta componente di limo argilloso, inodore, poco idratata, assenza di residui vegetali.

CAPITOLO 2 - RISULTATI

2.1 – Analisi fisiche

Granulometria

Campione	Ghiaia ± incertezza (%)			Sabbia ± incertezza (%)			Frazione < 63 µm ± incertezza (%)		
T1 (0-0,5m)	71,8	±	3,4	25,8	±	1,9	2,4	±	0,6
T2 (0,5-1m)	71,5	±	3,4	25,3	±	1,9	3,2	±	0,6
T3 (1-2m)	67,6	±	3,3	27,6	±	1,9	4,8	±	0,7
M1 (0-0,5m)	0,2	±	0,5	99,8	±	0,8	0,0	±	0,6
M2 (0,5-1m)	0,1	±	0,5	99,9	±	0,8	0,0	±	0,6
S1	80,0	±	3,4	19,7	±	1,7	0,4	±	0,5
S2	61,7	±	3,3	36,9	±	2,1	1,3	±	0,6
S3	59,4	±	3,2	40,4	±	2,1	0,1	±	0,5

Suddivisione della frazione sabbiosa (%)

Campione	≥2000 µm	1400 µm	1000 µm	710 µm	500 µm	355 µm	250 µm	180 µm	125 µm	90 µm	63 µm	< 63 µm
T1 (0-0,5m)	71,8	5,0	4,6	3,8	4,2	4,0	2,3	0,9	0,5	0,3	0,2	2,4
T2 (0,5-1m)	71,5	4,4	4,2	3,5	3,9	3,9	2,5	1,3	0,7	0,5	0,3	3,2
T3 (1-2m)	67,6	5,2	4,7	3,8	4,1	3,9	2,6	1,4	0,8	0,6	0,4	4,8
M1 (0-0,5m)	0,2	0,0	0,1	0,1	0,7	5,3	23,5	47,7	21,0	1,1	0,1	0,0
M2 (0,5-1m)	0,1	0,1	0,2	0,4	2,3	10,3	31,7	42,6	11,6	0,6	0,1	0,0
S1	80,0	4,4	4,0	3,4	3,4	2,7	1,1	0,4	0,2	0,1	0,0	0,4
S2	61,7	4,1	4,0	5,1	8,5	8,6	3,9	1,5	0,7	0,3	0,2	1,3
S3	59,4	4,4	4,7	4,5	6,9	9,0	6,9	3,3	0,7	0,1	0,0	0,1

Suddivisione della ghiaia

Campione	≥45000 µm	31500 µm	21400 µm	16000 µm	11200 µm	8000 µm	5600 µm	4000 µm	2800 µm	2000 µm
T1 (0-0,5m)	0,0	5,2	4,6	7,4	10,1	11,0	12,6	9,2	6,6	5,2
T2 (0,5-1m)	0,0	4,6	6,4	7,8	9,0	11,0	13,0	8,4	6,6	4,6
T3 (1-2m)	1,2	2,2	4,3	5,8	9,9	10,2	12,2	8,9	6,9	5,9
M1 (0-0,5m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
M2 (0,5-1m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
S1	2,7	3,6	7,6	9,4	14,1	13,3	12,9	7,6	4,8	3,9
S2	5,6	4,6	7,7	6,5	6,8	5,9	6,1	5,3	7,7	5,5
S3	0,8	1,5	2,5	7,5	10,1	10	12,2	7,4	5,9	1,6

Colorimetria (Spazio CIE L*a*b*)

Campione	L*	a*	b*
T1 (0-0,5m)	33,11	1,81	7,33
T2 (0,5-1m)	36,21	2,40	8,42
T3 (1-2m)	38,65	6,50	13,12
M1 (0-0,5m)	29,27	2,72	8,03
M2 (0,5-1m)	45,86	0,31	8,07
S1	44,62	1,10	8,82
S2	46,93	1,01	9,05
S3	40,28	0,45	7,12

2.2 - Analisi microbiologiche

Campione	Streptococchi fecali (Enterococchi) (MPN/g)	Coliformi totali (MPN/g)	Coliformi fecali (MPN/g)	*Salmonella* spp.	Spore di clostridi solfito-riduttori (UFC/g)	Lieviti e Ifomiceti (UFC/g)
T1 (0-0,5m)	< 3	9,3 (1,5-35)	9,3 (1,5-35)	A	< 10	< 10
T2 (0,5-1m)	< 3	< 3	< 3	A	< 10	< 10
T3 (1-2m)	< 3	3,6 (0,2-1,7)	9,3 (1,5-35)	P	< 10	< 10
M1 (0-0,5m)	< 3	< 3	< 3	A	< 10	< 10
M2 (0,5-1m)	< 3	< 3	< 3	A	< 10	< 10

2.3 - Analisi chimiche

Parametro	U.M.	T1 (0-0,5m)	T2 (0,5-1m)	T3 (1-2m)	M1 (0-0,5m)	M2 (0,5-1m)
Sostanza organica	% s.s.	0,88	0,66	0,81	0,61	0,60
Idrocarburi pesanti (C>12)	mg/kg s.s.	49,44	97,11	75,57	21,78	19,29
METALLI						
Alluminio	% s.s.	1,10	1,21	1,16	1,04	1,30
Arsenico	mg/kg s.s.	5,56	10,66	4,29	9,46	9,58
Cadmio	mg/kg s.s.	0,078	0,089	0,10	0,077	0,079
Cromo	mg/kg s.s.	69,36	45,75	55,11	40,40	44,81
Rame	mg/kg s.s.	35,62	14,22	24,56	13,73	14,61
Ferro	% s.s.	1,67	1,83	1,63	1,69	1,78
Nichel	mg/kg s.s.	52,56	49,17	42,13	41,44	44,08
Piombo	mg/kg s.s.	12,76	13,67	10,24	11,47	13,26
Vanadio	mg/kg s.s.	18,57	21,14	20,18	19,75	22,98
Zinco	mg/kg s.s.	57,50	66,43	54,98	53,34	57,90
Mercurio	mg/kg s.s.	0,018	0,027	0,038	0,026	0,028
Cromo (VI)	mg/kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI						
Acenaftene	µg/Kg s.s.	1,17	57,11	2,71	3,08	2,75
Acenaftilene	µg/Kg s.s.	3,40	4,49	3,73	3,18	8,34

Parametro	U.M.	T1 (0-0,5m)	T2 (0,5-1m)	T3 (1-2m)	M1 (0-0,5m)	M2 (0,5-1m)
Antracene	µg/Kg s.s.	9,43	135,69	11,49	12,29	18,92
Benz[a]antracene	µg/Kg s.s.	22,15	164,14	21,77	23,77	38,20
Benzo[a]pirene	µg/Kg s.s.	30,51	145,80	23,97	30,16	52,10
Benzo[b]fluorantene	µg/Kg s.s.	23,63	116,03	23,93	25,75	38,28
Benzo[ghi]perilene	µg/Kg s.s.	22,96	63,34	17,18	20,94	29,57
Benzo[k]fluorantene	µg/Kg s.s.	13,14	68,31	11,88	14,15	20,14
Crisene	µg/Kg s.s.	22,83	149,50	23,16	22,39	38,46
Dibenzo[a,h]antracene	µg/Kg s.s.	3,45	11,04	3,55	4,58	7,46
Fluorantene	µg/Kg s.s.	66,36	626,94	69,41	59,34	127,23
Fluorene	µg/Kg s.s.	2,77	51,40	4,07	5,97	7,42
Indeno[1,2,3-cd]pirene	µg/Kg s.s.	21,47	74,58	16,82	20,51	31,36
Naftalene	µg/Kg s.s.	3,76	9,02	4,90	4,21	5,28
Fenantrene	µg/Kg s.s.	26,87	495,89	41,57	26,35	55,92
Pirene	µg/Kg s.s.	41,13	407,87	46,34	43,42	76,87
Σ IPA	µg/Kg s.s.	315,02	2581,14	326,48	320,10	558,31
POLICLOROBIFENILI						
PCB 28	µg/Kg s.s.	0,31	0,16	0,18	0,24	0,26
PCB 52	µg/Kg s.s.	1,18	0,40	0,30	0,40	0,41
PCB 77	µg/Kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ
PCB 81	µg/Kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ
PCB 101	µg/Kg s.s.	0,68	0,86	0,51	0,86	0,68
PCB 118	µg/Kg s.s.	0,88	1,25	0,66	1,25	0,84
PCB 126	µg/Kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ
PCB 128	µg/Kg s.s.	0,16	0,29	0,21	0,29	0,13
PCB 138	µg/Kg s.s.	0,47	0,35	0,48	0,96	0,44
PCB 153	µg/Kg s.s.	0,54	1,18	0,57	1,18	0,46
PCB 156	µg/Kg s.s.	< LDQ	0,21	0,13	0,21	< LDQ
PCB 169	µg/Kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ
PCB 180	µg/Kg s.s.	0,25	0,65	0,38	0,65	0,21
Σ PCB	µg/Kg s.s.	4,47	5,37	3,42	6,06	3,42
PESTICIDI						

Parametro	U.M.	T1 (0-0,5m)	T2 (0,5-1m)	T3 (1-2m)	M1 (0-0,5m)	M2 (0,5-1m)
2,4'-DDD	µg/Kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ
4,4'-DDD	µg/Kg s.s.	0,18	< LDQ	0,16	0,17	0,28
Σ (DDD)	µg/Kg s.s.	0,18	< LDQ	0,16	0,17	0,28
2,4'-DDE	µg/Kg s.s.	0,18	< LDQ	0,14	< LDQ	< LDQ
4,4'-DDE	µg/Kg s.s.	2,10	< LDQ	1,39	0,50	0,77
Σ (DDE)	µg/Kg s.s.	2,27	< LDQ	1,53	0,50	0,77
2,4'-DDT	µg/Kg s.s.	1,43	< LDQ	0,65	< LDQ	< LDQ
4,4'-DDT	µg/Kg s.s.	2,61	< LDQ	1,29	0,51	0,92
Σ (DDT)	µg/Kg s.s.	4,04	< LDQ	1,94	0,51	0,92
Aldrin	µg/Kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ
Alfa-HCH	µg/Kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ
Beta-HCH	µg/Kg s.s.	0,15	< LDQ	0,15	0,15	0,15
Dieldrin	µg/Kg s.s.	0,52	< LDQ	0,30	0,25	0,35
Endrin	µg/Kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ
Gamma-HCH	µg/Kg s.s.	0,18	< LDQ	0,15	0,10	0,11
Eptaclor epossido	µg/Kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ
Esaclorobenzene	µg/Kg s.s.	0,17	<LDQ	0,16	0,14	0,20
Cis-clordano	µg/Kg s.s.	0,15	< LDQ	0,13	< LDQ	< LDQ
Trans-clordano	µg/Kg s.s.	0,18	< LDQ	0,15	0,10	0,11
Σ (Clordano)	µg/Kg s.s.	0,33	< LDQ	0,28	0,10	0,11
ORGANOSTANNICI						
Monobutilstagno	µg/Kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ
Dibutilstagno	µg/Kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ
Tributilstagno	µg/Kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ
Σ organostannici	µg/Kg s.s.	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ	< LDQ

2.4 - Analisi ecotossicologiche

Saggio biologico con *Corophium orientale*

Campione	Sopravvivenza media (± dev. st. %)	Mortalità media (± incertezza %)	Mortalità media corretta (%)
Controllo metodologico	**100 ± 0,00**	**0 ± 0,00**	**0**
T1 (0-0,5m)	86 ± 2,31	14 ± 3,67	14
T2 (0,5-1m)	76 ± 3,27	24 ± 5,19	24
T3 (1-2m)	73 ± 3,83	27 ± 6,09	27
M1 (0-0,5m)	93 ± 6,83	7 ± 10,86	7
M2 (0,5-1m)	77 ± 3,83	23 ± 6,09	23

Saggio biologico con *Phaeodactylum tricornutum*

Campione	Densità algale media alla max concentrazione (n. cellule ± DS)	ΔG 72 h (%)	EC20 (%)	EC50 (%)
Controllo metodologico	**776667 ± 15275**	-	-	-
T1 (0-0,5m)	766667 ± 70946	-1,29	≥100	>100
T2 (0,5-1m)	876667 ± 15275	12,88	≥100	>100
T3 (1-2m)	816667 ± 5774	5,15	≥100	>100
M1 (0-0,5m)	763333 ± 75056	-1,72	≥100	>100
M2 (0,5-1m)	700000 ± 43589	-9,87	≥100	>100

Saggio biologico con *Crassostrea gigas*

Campione	Conc. %	% larve normali (± dev.st. %)			% media larve malformate	Corr. ABBOTT (larve malformate)	EC20 (%)	EC50 (%)
Controllo metodologico	-	**87**	**±**	**1,53**	**13**	**0**	-	-
T1 (0-0,5m)	100	64	±	1,53	36	27	81,7	≥100
	50	80	±	1,53	20	8		
	25	86	±	1,00	14	2		
T2 (0,5-1m)	100	65	±	1,15	35	25	81,1	≥100
	50	78	±	1,73	22	11		
	25	85	±	1,53	15	3		
T3 (1-2m)	100	60	±	0,58	40	31	63,5	≥100
	50	73	±	1,53	27	16		
	25	83	±	1,53	17	5		
M1 (0-0,5m)	100	59	±	2,00	41	32	56,5	≥100
	50	71	±	1,73	29	19		
	25	81	±	1,53	19	7		
M2 (0,5-1m)	100	56	±	1,53	44	36	48,7	≥100
	50	68	±	1,53	32	23		
	25	80	±	1,53	20	8		

2.5 - Elaborazione dei dati con software SediQualSoft 109.0®

In questa sezione vengono riportati i risultati dell'analisi effettuata con il software SediQualSoft 109.0® che permette di determinare sia la classe di pericolo per ciascuna caratterizzazione effettuata (chimica ed ecotossicologia) sia la loro valutazione integrata con l'attribuzione di una classe univoca di qualità del sedimento.

Classificazione del pericolo chimico

Campione	RTR_L1	RTR_L2	L1 max_% contr_HQc	L2 max_% contr_HQc	L1 Param. non_conf.	L2 Param. non_conf.	Classe L1	Classe L2
T1(0-0,5m)	11,95	0,25	45,6% (Somma DDT)	0% ( )	5	0	ALTO	ASSENTE
T2(0,5-1m)	52,20	4,11	14,1% (Antracene)	50,6% (Idroc. C>12)	15	2	MOLTO ALTO	MEDIO
T3(1-2m)	5,60	1,68	48,8% (Somma DDT)	100% (Idroc. C>12)	3	1	MEDIO	BASSO
M1(0-0,5m)	3,24	0,15	53,8% (Ni)	0% ( )	2	0	MEDIO	ASSENTE
M2(0,5-1m)	6,96	0,18	35% (Benzo(a)pirene)	0% ( )	4	0	ALTO	ASSENTE

Classificazione del pericolo ecotossicologico

Campione	Specie test	HQ_specifico	HQ_batteria	Classe_ecotox
M1(0-0,5m)	*Corophium_orientale*	0,27	0,47	ASSENTE
	Phaeodactylum_tricornutum	0,04		
	Crassostrea_gigas	2,00		
M2(0,5-1m)	*Corophium_orientale*	4,59	1,57	MEDIO
	Phaeodactylum_tricornutum	0,15		
	Crassostrea_gigas	2,22		
T1(0-0,5m)	*Corophium_orientale*	2,79	0,90	ASSENTE
	Phaeodactylum_tricornutum	0,03		
	Crassostrea_gigas	1,64		
T2(0,5-1m)	*Corophium_orientale*	4,80	1,40	BASSO
	Phaeodactylum_tricornutum	0,00		
	Crassostrea_gigas	1,57		
T3(1-2m)	*Corophium_orientale*	5,40	1,68	MEDIO
	Phaeodactylum_tricornutum	0,00		
	Crassostrea_gigas	1,93		

Classe di qualità dei sedimenti

Campione	Classificazione ecotossicologica	Classificazione chimica	Pelite %	Classe qualità
T1(0-0,5m)	ASSENTE	HQc(L2) ≤ Trascurabile	2,4	**A**
T2(0,5-1m)	BASSO	HQc(L2) ≥ Medio e HQc(L2) ≤ Alto	3,2	**C**
T3(1-2m)	MEDIO	HQc(L2) ≤ Basso	4,8	**C**
M1(0-0,5m)	ASSENTE	HQc(L2) ≤ Trascurabile	0,0	**A**
M2(0,5-1m)	MEDIO	HQc(L2) ≤ Basso	0,0	**C**

DISCUSSIONE DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

La composizione granulometrica dei campioni prelevati nell'area di escavo e nell'area di ripascimento è costituita per oltre il 95% da ghiaia e sabbia ad eccezione dei campioni M1 e M2 che risultano invece costituiti quasi esclusivamente da sabbia.
Le analisi microbiologiche mostrano che Streptococchi, Spore di Clostridi solfito-riduttori, Lieviti e Ifomiceti risultano non rilevati così come gli indicatori di inquinamento fecale ad eccezione dei campioni T3(1-2m) e T1 (0-0,5m) che comunque mostrano basse concentrazioni di Coliformi; per quanto riguarda la Salmonella è da evidenziarne la presenza nel campione T3(1-2m) e l'assenza negli altri campioni.

Per quanto concerne le analisi chimiche, dall'elaborazione con Sediqualsoft si osserva un pericolo Medio relativamente al campione T2(0,5-1m) dovuto prevalentemente all'elevata concentrazione degli Idrocarburi C>12 e un pericolo Basso nel campione T3(1-2m) dovuto esclusivamente agli Idrocarburi C>12. Gli altri campioni presentano un pericolo chimico Assente.
L'integrazione dei risultati della batteria di saggi biologici applicata a ciascun campione evidenzia un pericolo ecotossicologico Medio nei campioni T3(1-2 m) e M2(0,5-1 m), Basso nel campione T2(0,5-1m) e Assente nei rimanenti campioni. E' da rilevare che nei campioni in cui è presente un pericolo ecotossicologico, la tossicità viene rilevata prevalentemente dal saggio biologico in fase solida con *C. orientale.*

La classificazione della qualità del sedimento ottenuta dall'integrazione dei dati chimici ed ecotossicologici secondo i criteri di classificazione riportati nella Tabella 2.7 del D.M. 173/2016 (*Classificazione della Qualità dei sedimenti secondo i criteri di integrazione ponderata*), mostra che i campioni T2(0,5-1m), T3(1-2m), M2(0,5-1m) sono risultati di classe C mentre i campioni T1(0-0,5m) e M1(0-0,5m) sono risultati di classe A e quindi idonei per essere impiegati in operazioni di ripascimento.

ALLEGATI

- **Verbali di campionamento**
- **Rapporti di Prova**
- **Curva di distribuzione granulometrica cumulata**
- **Analisi mineralogiche**
- **Output del software Sediqualsoft**