

## PROGETTO ESECUTIVO N°3106

### PIANO DI CARATTERIZZAZIONE DEI FONDALI MARINI DEL PORTO DI GENOVA

#### PIANO OPERATIVO DI CARATTERIZZAZIONE

	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO
Rev. 01	Marzo 2020	Revisione	Ing. Sara Arri
Rev. 00	Gennaio 2020	Prima emissione	Ing. Sara Arri
<u>Progettisti interni:</u> Ing. Sara Arri		<u>Progettisti esterni:</u>	
Coordinatore di progetto:	VERIFICATO	VALIDATO	VISTO
 <b>Ing. S. Arri</b>	<b>Ing. F. Arena</b>	Il Responsabile Unico del Procedimento  <b>Dott. G. Canepa</b>	Il Direttore Tecnico  <b>Ing. F. Destefanis</b>

## Sommario

1.	PREMESSA	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3.	INQUADRAMENTO GENERALE GEOGRAFICO	4
4.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELLE AREE SOTTO LA GIURISDIZIONE DELL'AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MAR LIGURE OCCIDENTALE	4
4.1	Ambiti di intervento soggetti ad escavo	6
4.1.1	Individuazione delle aree oggetto di dragaggio	7
4.1.2	Dragaggi pregressi	8
5.	INDIVIDUAZIONE DEL PERCORSO DI INDAGINE	12
6.	INDAGINI PREGRESSE DI CARATTERIZZAZIONE	15
6.1	PIANO DI CARATTERIZZAZIONE PROPEDEUTICO ALLE ATTIVITA' DI ESCAVO NEL BACINO DI SAMPIERDARENA E DI REALIZZAZIONE DEL NUOVO RIEMPIMENTO DI CALATA BETTOLO	15
7.	STRATEGIE DI CAMPIONAMENTO: LE AREE UNITARIE	20
7.1	Stazioni di campionamento	24
8.	MODALITÀ DI PRELIEVO, CONSERVAZIONE ED ANALISI DEI CAMPIONI	25
9.	RELAZIONE TECNICA	29
10.	CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE ECOTOSSICOLOGICA	30
11.	CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE CHIMICA	33

## 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce, nella sua prima versione, il piano di caratterizzazione dei sedimenti delle aree interne al bacino portuale di Genova relative agli ambiti del canale di accesso, Porto Passeggeri e bacino di Sampierdarena.

La presente versione di Piano di caratterizzazione comprende le aree indicate con i rispettivi piani di campionamento e determinazioni analitiche di laboratorio, come meglio indicato negli Elaborati di Progetto.

La caratterizzazione dei sedimenti delle aree di interesse è propedeutica all'attuazione dei futuri lavori di dragaggio funzionali al ripristino della navigabilità del bacino portuale di Genova.

Allo stato attuale nel Porto di Genova, vige il Piano Regolatore Portuale redatto ai sensi della L. 84/94 e approvato dalla Regione Liguria, con D.C.R. numero 35 del 31/07/2001 rettificata con Deliberazione n. 61 del 13/11/2001. Detto piano prevede la realizzazione di opere di riqualificazione e potenziamento delle attuali aree portuali con conseguenti adeguamenti dei fondali per garantire la navigabilità lungo i canali di avvicinamento alle banchine e nei bacini di evoluzione, interventi di fondamentale importanza per garantire competitività allo scalo genovese.

In previsione dei futuri progetti di dragaggi strutturali previsti nel Porto di Genova e necessari sia per il mantenimento dei fondali al fine di non compromettere l'operatività portuale, sia per le esigenze di gigantismo navale che si sta progressivamente sviluppando, è necessario procedere previa opportuna caratterizzazione dei sedimenti di escavo da effettuarsi ai sensi del D.M. 173/2016 *“Modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”* ex articolo 109, comma 2 del d.lgs. 3 aprile 2006, n. 152.

Il seguente piano di caratterizzazione è stato quindi elaborato in osservanza dei criteri metodologici definiti al Capitolo 2 dell'Allegato Tecnico del D.M. 173/2016 con il preciso scopo di fornire specifiche tecniche esecutive delle attività di campionamento, caratterizzazione fisica, chimica, biologica ed eco tossicologica dei sedimenti dei fondali delle aree di interesse al fine di consentirne la classificazione di qualità ambientale e le successive opzioni di gestione.

## 2. Normativa di riferimento

Con Decreto del Ministero dell'Ambiente n.173/2016 del 15/07/2016 pubblicato in Gazzetta n.208 del 06/09/2016, è stato approvato il “Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”, che detta modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini. Il regolamento è in vigore dal 21 settembre 2016 ed è collegato al DM del 15 luglio n.172 per quanto vigente in materia di operazioni di dragaggio nei SIN (Siti di bonifica di Interesse Nazionale). Tale regolamento disciplina in via generale le modalità per il rilascio dell'autorizzazione di cui all'articolo 109 comma 2, del DLgs 152/2006 per l'immersione deliberata in mare dei materiali di escavo e la gestione e l'utilizzo dei sedimenti di dragaggio,



Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Ligure Occidentale

Palazzo San Giorgio - Via della Mercanzia 2 - 16124 Genova - CF/P.IVA 02443880998 - Tel. +39.010.2411  
www.portsofgenoa.com - E-mail: segreteria.generale@portsofgenoa.com - Pec: segreteria.generale@pec.porto.genova.it



definendo nell'appendice dell' Allegato Tecnico del Regolamento, l'intero percorso di caratterizzazione, classificazione e gestione dei sedimenti da movimentare provenienti dal dragaggio delle aree portuali e marino costiere non comprese in siti di interesse nazionale . Viene inoltre fornita la puntuale descrizione in paragrafi relativa alle modalità dei campionamenti, delle analisi di laboratorio (fisiche, chimiche, ecotossicologiche, biologiche) e di classificazione della qualità dei sedimenti, fino alla formulazione di ipotesi di gestione ambientalmente compatibili ed allo sviluppo di piani di monitoraggio delle attività.

### **3. Inquadramento generale geografico**

Nel 2016 il Governo ha rinnovato la governance del sistema portuale italiano con l'obiettivo di migliorarne l'efficienza ed aumentarne la capacità di creare occupazione e sviluppo economico con la finalità di attuare la cooperazione tra porti vicini e la semplificazione delle procedure, e al riguardo è stato emanato il Decreto Legislativo n.169 del 04 Agosto 2016 (pubblicato in Gazzetta Ufficiale n.203 del 31/08/2016) ed avente per disciplina la "Riorganizzazione, razionalizzazione e semplificazione della disciplina concernente le Autorità portuali di cui alla legge 28 gennaio 1994, n. 84, in attuazione dell'articolo 8, comma 1, lettera f), della legge 7 agosto 2015, n. 124".

Per quanto sopra esposto ne è derivato che il coordinamento dei porti nazionali è stato attribuito a quindici Autorità di Sistema Portuale, guidate da un presidente coadiuvato da un board di esperti in materia portuale.

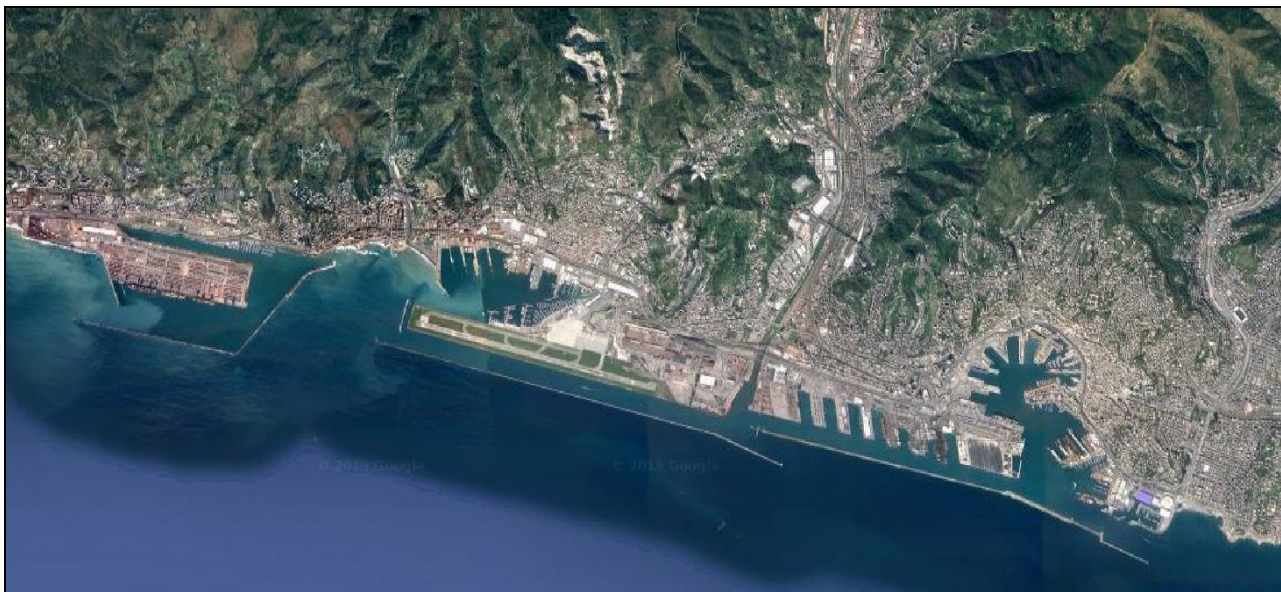
All'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale è stata attribuita la gestione coordinata dei porti di Genova, Savona e Vado Ligure, i quali fino al momento di vigenza della Legge 84/94 erano giuridicamente individuati rispettivamente in quella che ad oggi è l'ex Autorità Portuale di Genova e l'ex Autorità Portuale di Savona.

### **4. Inquadramento geografico delle aree sotto la giurisdizione dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale**

Il Porto di Genova occupa una superficie complessiva pari a circa 7 milioni di metri quadrati e si estende ininterrottamente per 20 chilometri lungo una fascia costiera protetta da dighe foranee che parte dal bacino del Porto Antico, in corrispondenza del centro storico della città, fino al suo estremo di ponente, in corrispondenza della delegazione di Voltri. Esso rappresenta una delle principali realtà portuali del Mar Mediterraneo sia per quanto riguarda i traffici marittimi, a livello europeo e intercontinentale, sia come naturale sbocco a mare della zona più industrializzata del nord Italia, trovandosi in posizione ideale per asservire l'apparato industriale ed i mercati di consumo centroeuropei.

Attraverso lo sviluppo di 13 Terminal dedicati alla gestione di tutte le attività logistiche e raccordati alle reti della viabilità autostradale e ferroviaria, il Porto di Genova, in relazione alle proprie caratteristiche strutturali, è in grado di garantire lo sbarco e l'imbarco di merci solide e liquide, containerizzate e non, di qualsiasi genere e dimensione, per navi di qualsiasi tipo e stazza.





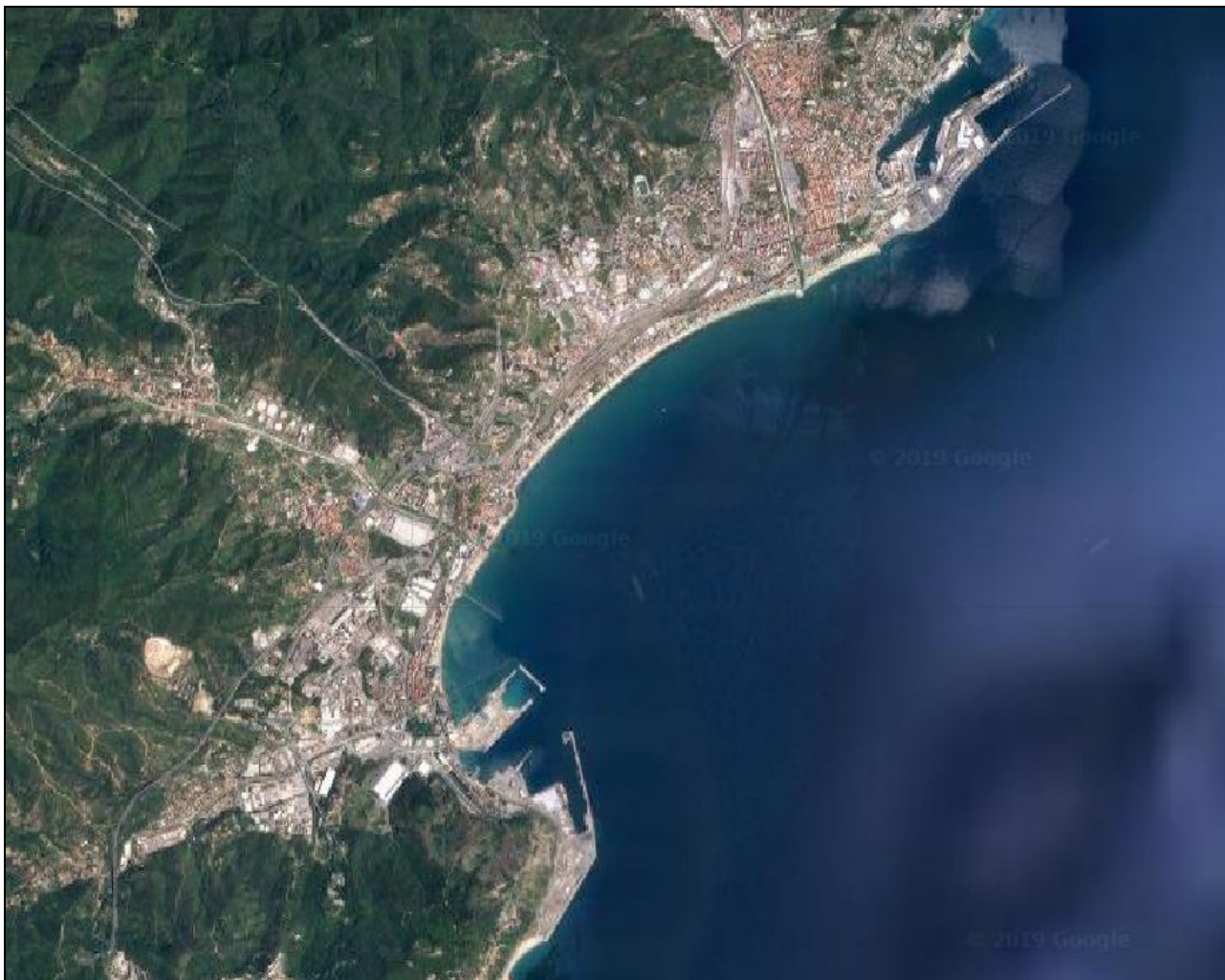
**Figura 1 - Planimetria del Porto di Genova**

Il porto di Savona è situato ad est della città di Savona e nel bacino di Vado Ligure, ed è composto dalla Darsena Nuova, dalla Darsena Vecchia da uno sporgente che delimita a Nord la Darsena Nuova, dal vecchio molo frangiflutti che si protende in mare dalla Calata Paolo Boselli e dalla Darsena Alti Fondali protetta dal Nuovo Molo Frangiflutti.

Il porto di Savona dispone di uno specchio acqueo la cui superficie è di circa 553.000 mq, si sviluppa con banchine per complessivi 3950 m a Savona e per complessivi 3660 m a Vado Ligure. Le aree operative coperte di cui dispone ammontano a complessivi 880.000 mq circa e le aree operative scoperte di cui dispone si estendono per circa 114.100 mq.

Attraverso lo sviluppo di 11 Terminal, il Porto di Savona - Vado in relazione alle proprie caratteristiche strutturali, è in grado di garantire l'esercizio dei settori crocieristico, cantieristico, di pesca e relativi servizi legati all'espletamento delle operazioni portuali.





**Figura 2 - Planimetria del Porto di Savona Vado**

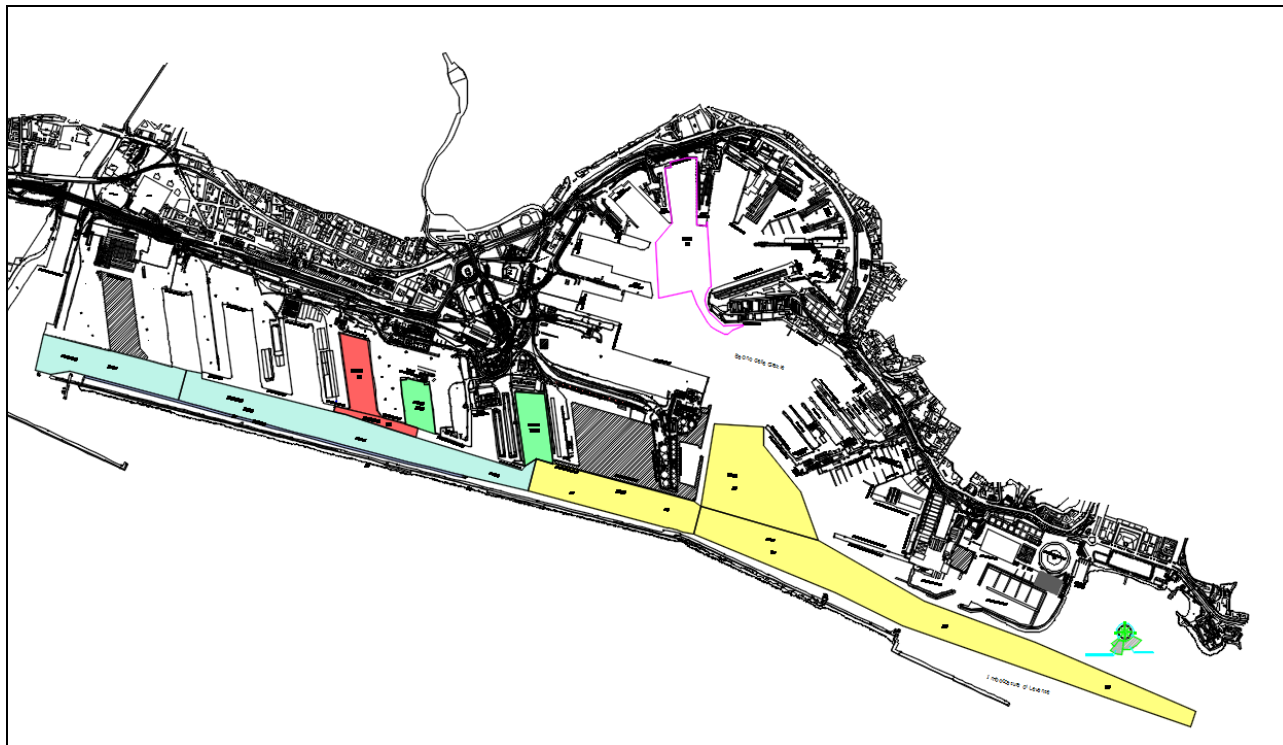
#### **4.1 Ambiti di intervento soggetti ad escavo**

Gli ambiti interessati dalle operazioni di dragaggio si collocano all'interno del Porto di Genova e riguardano l'adeguamento dei fondali relativi agli ambiti di:

- porto passeggeri
- bacino di Sampierdarena (porto commerciale)
- canale di accesso all'imboccatura di levante

#### 4.1.1 Individuazione delle aree oggetto di dragaggio

Nel mese di marzo 2019 è stato svolto il rilievo batimetrico multibeam del Porto di Genova che è stato utilizzato come base per attuare la strategia di campionamento a maglie unitarie descritto nei paragrafi che seguono. Si riporta nella figura seguente un estratto del rilievo batimetrico inerente le aree che saranno oggetto del dragaggio.



**Figura 3 - planimetria aree da dragare**

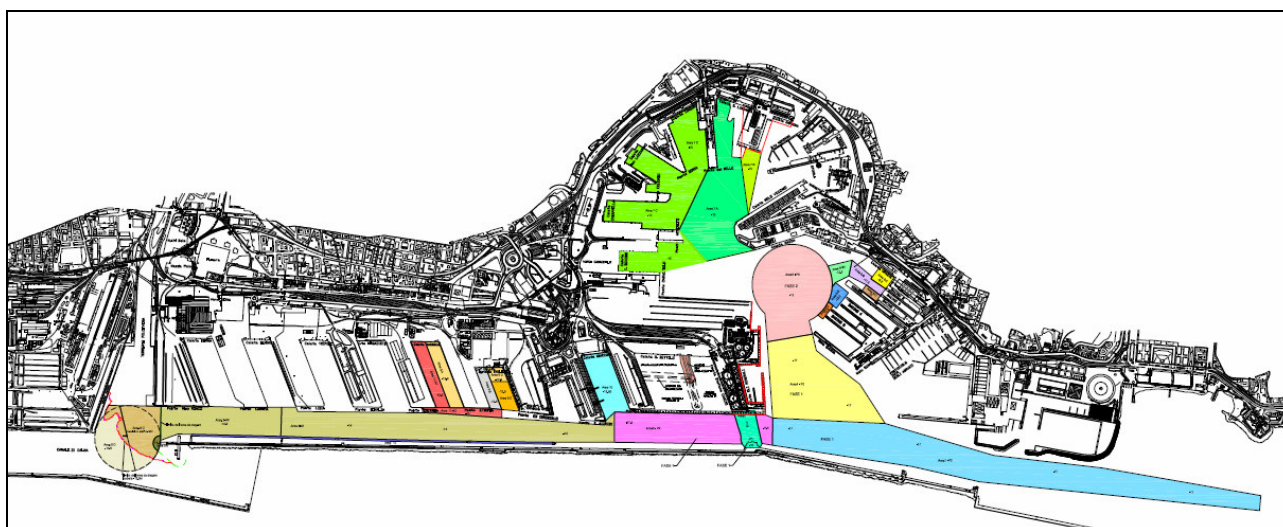
In funzione dei fondali da garantire, il volume da dragare che è stato possibile quantificare con detto rilievo ammonta a mc 560.000 nominali.

Denominazione aree	Quota di progetto fondale [ m s.l.m.m.]
<b>Area 1</b>	<b>-17,00</b>
<b>Area 4</b>	<b>-17,00</b>
<b>Area 2</b>	<b>-17,00</b>
<b>Area 9</b>	<b>-12,50</b>
<b>Area 10</b>	<b>-12,50</b>
<b>Area 8-A1</b>	<b>-14,50</b>
<b>Area 8-A2</b>	<b>-14,50</b>

<b>Area 11-A2</b>	<b>-14,00</b>
<b>Area 11</b>	<b>-14,00</b>
<b>Area 12</b>	<b>-12,00</b>
<b>Area 7</b>	<b>-11,00</b>

#### 4.1.2 Dragaggi pregressi

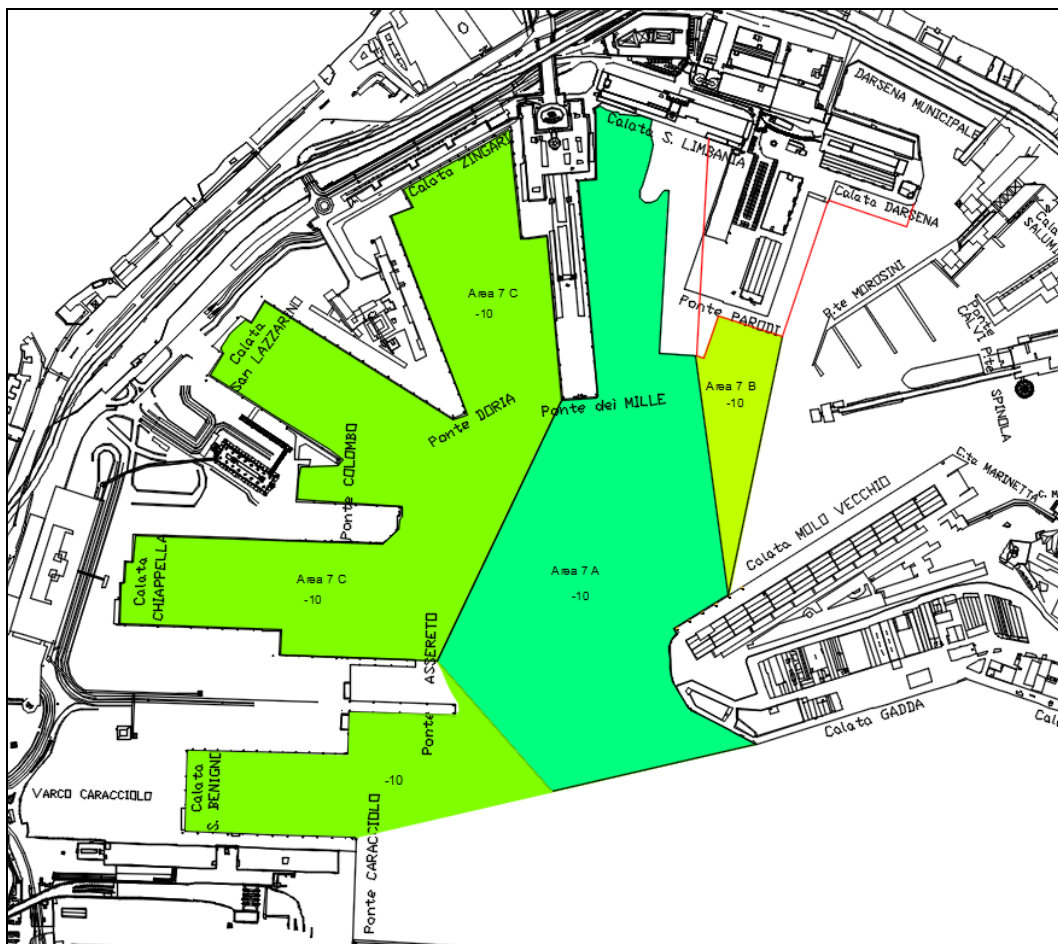
Si riporta inoltre, l'elaborato rappresentativo delle quote di progetto dei fondali di ciascun ambito definite e realizzate negli anni 2009 - 2012 relativamente all'Appalto "P.2460 Recupero funzionale di Calata Olii Minerali e ampliamento di Calata Bettolo" aggiudicato dall'Ex. Autorità Portuale di Genova mediante indizione di gara.



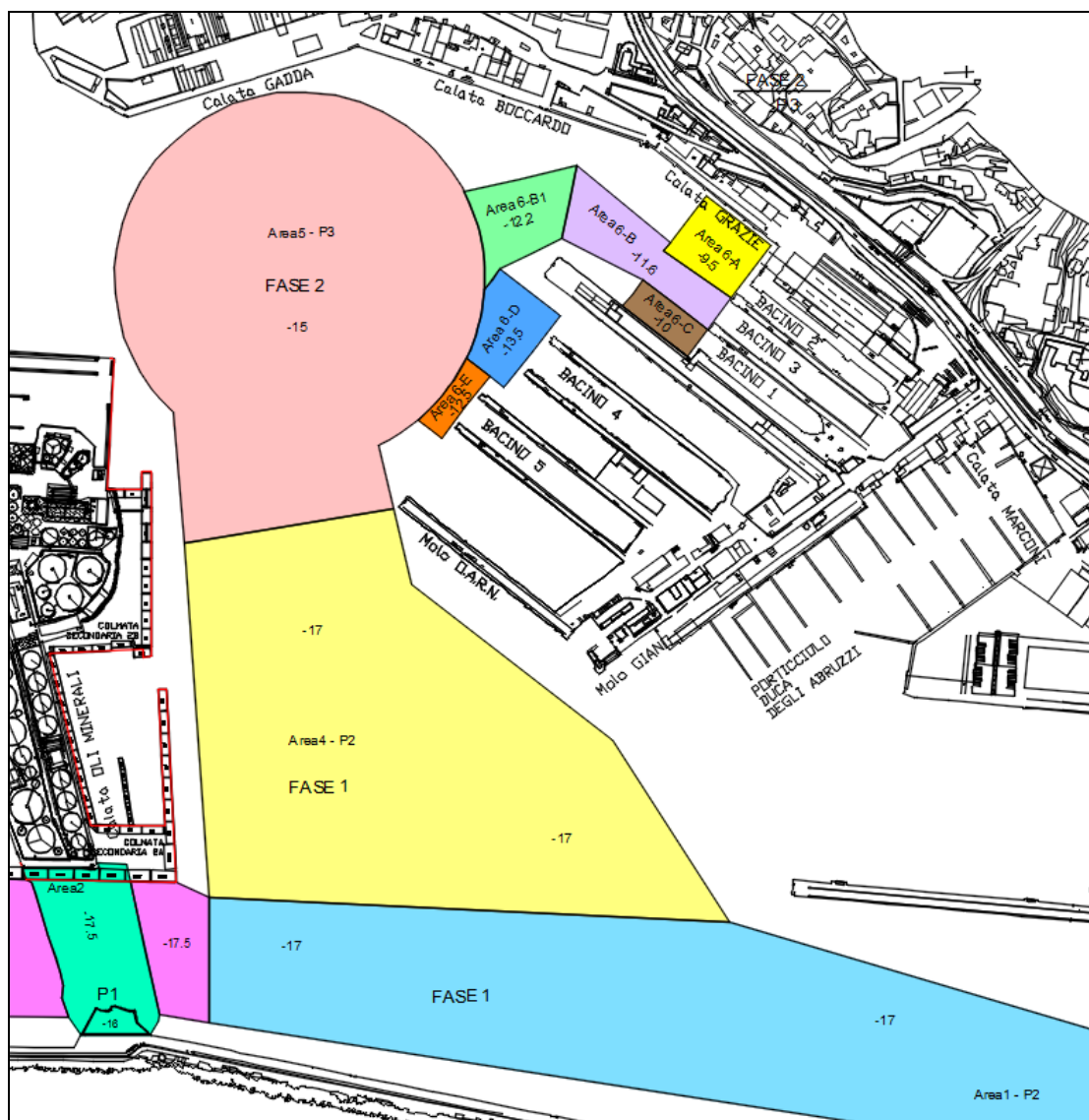
**Figura 4 - Quadro di unione delle quote di Progetto dei fondali nel Porto di Genova dei dragaggi pregressi**

Si riporta il dettaglio (da **Figura 5** a **Figura 8**) delle aree individuate nel quadro di unione dei fondali di progetto di **Figura 4**, per una maggiore facilità di lettura:

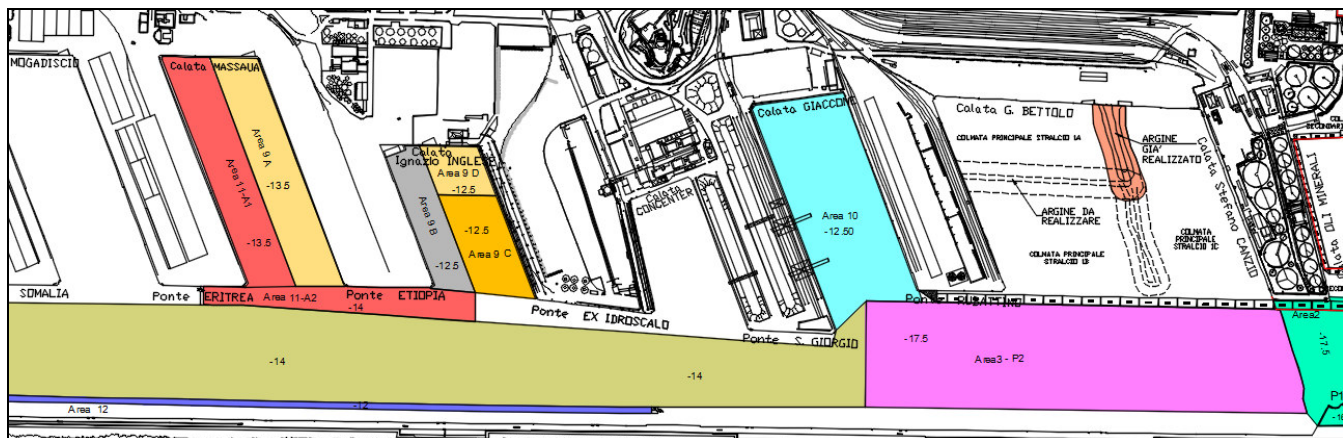




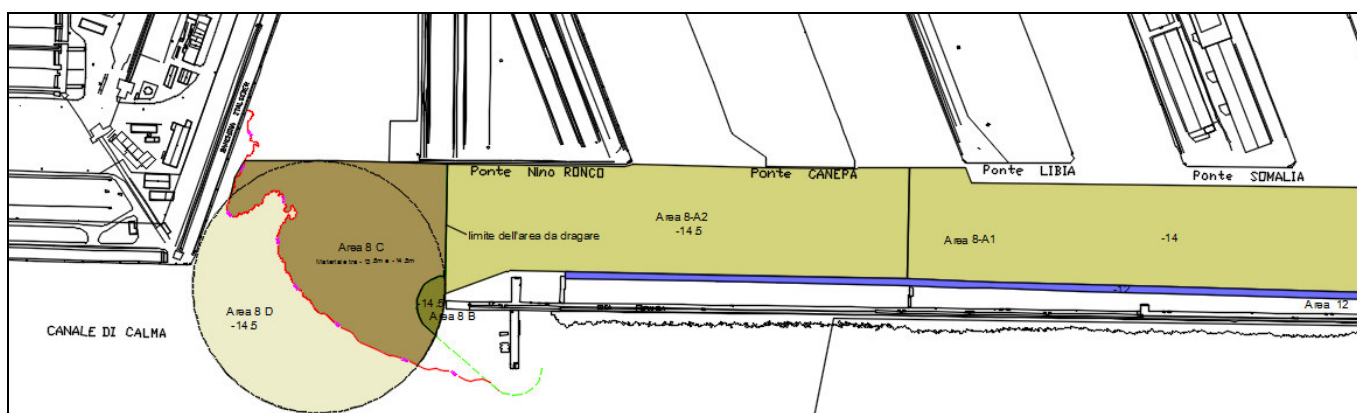
**Figura 5 - Dettaglio area 7A,7B,7C (Porto Passeggeri)**



**Figura 6 - Dettaglio area 1, 2, 4, 5, 5 A, 5B, 6 A, 6B, 6C, 6D, 6E, 6B1**



**Figura 7 - Dettaglio area 2,3,10, 8 A1, 9 A,9B,9C,9D, 11 A1, 11 A2,12**



**Figura 8 - Dettaglio area 8 A1, 8 A2,8B, 8C, 8D, 12**

Nella

**Tabella 1** sono riportare le quote di progetto definite per ogni area individuata nel quadro di unione sopra rappresentato:

Denominazione bacino/aree	Quota di progetto fondale [ m s.l.m.m.]
Area 1	-17,00
Area 2	-17,50
Area 3	-17,50
Area 4	-17,00
Area 5	-15,00
Area 6 A	-9,50
Area 6 B	-11,60
Area 6 B1	-12,20
Area 6 C	-10,00
Area 6 D	-13,50

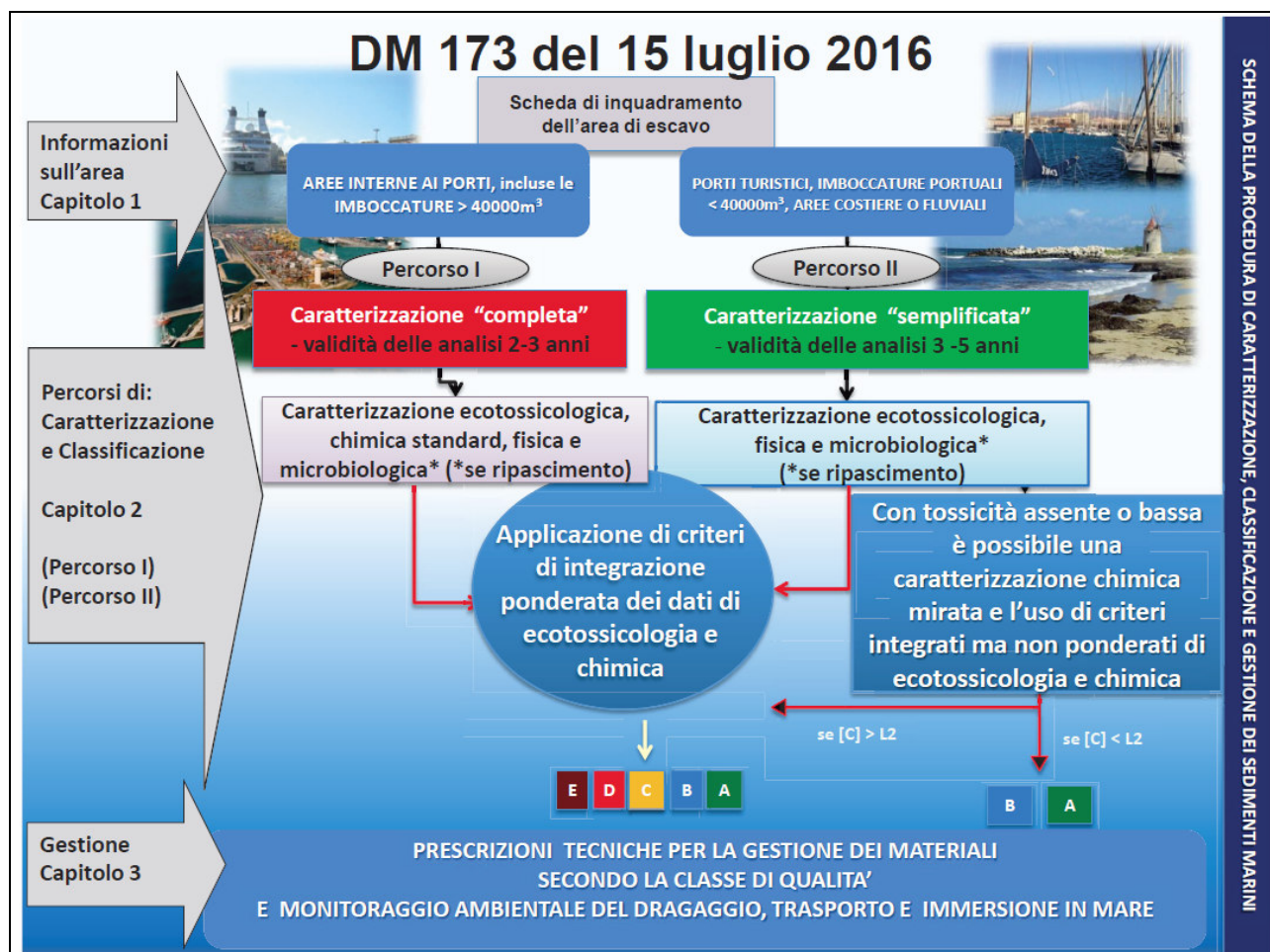
Area 6 E	-12,50
Area 8 A1	-14,00
Area 8 A2	-14,50
Area 8 B	-14,50
Area 8 C	-14,50
Area 8 D	-14,50
Area 9 A	-13,50
Area 9 B	-12,50
Area 9 C	-12,50
Area 9 D	-12,50
Area 10	-12,50
Area 11_A1	-13,50
Area 11_A2	-14,00
Area 12_A2	-12,00
Area 7 A	-10,00
Area 7 B	-10,00
Area 7 C	-10,00

**Tabella 1- Quote di progetto dei dragaggi pregressi suddivisi per aree di intervento all'interno del Porto di Genova**

## 5. INDIVIDUAZIONE DEL PERCORSO DI INDAGINE

In accordo con le indicazioni di cui al Capitolo 2 dell'Allegato Tecnico del D.M. 173/2016, per la valutazione di qualità dei sedimenti e la determinazione delle opzioni di gestione, dovrà essere seguito uno specifico percorso di indagine (Percorso I o Percorso II) da definirsi sulla base della tipologia dell'area di escavo.





Per la tipologia del porto in esame, il percorso di indagine è da individuarsi nel Percorso I, trattandosi di “area interna ad un porto anche parzialmente industriale, commerciale, di servizio passeggeri, pescherecci ed area portuale esterna e/o passo di accesso al porto per un volume complessivo > 40.000 mc di sedimenti da dragare”.



## Percorso I

- **Strategia di campionamento per aree portuali**

### *Aree unitarie*

Sono previste tre tipologie di aree unitarie, da posizionare a ridosso dei manufatti interni al porto (Tipologia 1), nelle zone centrali del porto (Tipologia 2) e presso le zone all'ingresso dei porti (Tipologia 3).

- **Tipologia «1»**

Lungo la perimetrazione interna caratterizzata dalla presenza di manufatti, quali ad esempio pontili, darsene e banchine, all'area da sottoporre a escavo deve essere sovrapposta una griglia a maglia quadrata di 50 m x 50 m. Eventuali aree residue, risultanti dal frazionamento nei lotti di 2.500 m<sup>2</sup>, possono essere tralasciate se di superficie inferiore a 1.500 m<sup>2</sup> (figure 1 - 4).

- **Tipologia «2»**

Nelle zone interne a distanze dai manufatti superiori a 50 m, all'area da sottoporre a dragaggio deve essere sovrapposta una griglia a maglia quadrata di lato pari a 100 m. Tale griglia di aree unitarie deve essere posizionata in contiguità con le eventuali aree unitarie di tipo «1» e «3». Eventuali aree residue, risultanti dal frazionamento nei lotti di 10.000 m<sup>2</sup>, possono essere tralasciate se di superficie inferiore a 5.000 m<sup>2</sup> (figure 1-2).

- **Tipologia «3»**

Nell'ambito delle imboccature portuali, delle zone esterne al porto a esso adiacenti, lungo le dighe di protezione esterna e le barriere frangiflutto, all'area da sottoporre a dragaggio deve essere sovrapposta una griglia a maglia quadrata di lato pari a 200 m. Tale griglia di aree unitarie deve essere posizionata in contiguità con le griglie di aree unitarie «1» e «2» ove presenti. Eventuali aree residue, risultanti dal frazionamento nei lotti di 40.000 m<sup>2</sup>, possono essere tralasciate se di superficie inferiore a 10.000 m<sup>2</sup> (figura 2).

**Figura 10 - Strategia di campionamento per aree portuali**

**Rientrano nel Percorso I:**

- le aree interne ai porti anche parzialmente industriali, commerciali, di servizio passeggeri, pescherecci (paragrafo 1.1.1);
- le aree poste all'esterno dell'imboccatura dei porti e/o le aree soggette a ostruzione ricorrente o accidentale del passo marittimo di accesso per volumi annui complessivi di materiale uguali o superiori a 40.000 m<sup>3</sup>.

**Figura 11 - Percorso I secondo DM 173/2016**

Il Percorso I di indagine prevede l'attuazione di una caratterizzazione completa dei sedimenti, comprendente il prelievo e l'analisi chimica, fisica, eco tossicologica e microbiologica di tutti i campioni delle varie profondità di interesse, ottenuti dalle varie sezioni di carota rappresentativa dell'intero spessore oggetto di dragaggio.

## **6. Indagini pregresse di caratterizzazione**

E' stata svolta una campagna di caratterizzazione propedeutica ai dragaggi da effettuarsi nell'appalto p.2460 "Recupero funzionale di Calata Olii Minerali ed ampliamento di Calata Bettolo". A tal fine l'Ex Autorità Portuale di Genova ha redatto il progetto P. 2539 "Campagna di carotaggi per la caratterizzazione ambientale dei sedimenti presenti all'interno dello specchio acqueo del porto di Genova", contrattualizzato con l'operatore economico Promogeo s.r.l. negli anni 2004-2005

### **6.1 PIANO DI CARATTERIZZAZIONE PROPEDEUTICO ALLE ATTIVITA' DI ESCAVO NEL BACINO DI SAMPIERDARENA E DI REALIZZAZIONE DEL NUOVO RIEMPIMENTO DI CALATA BETTOLO**

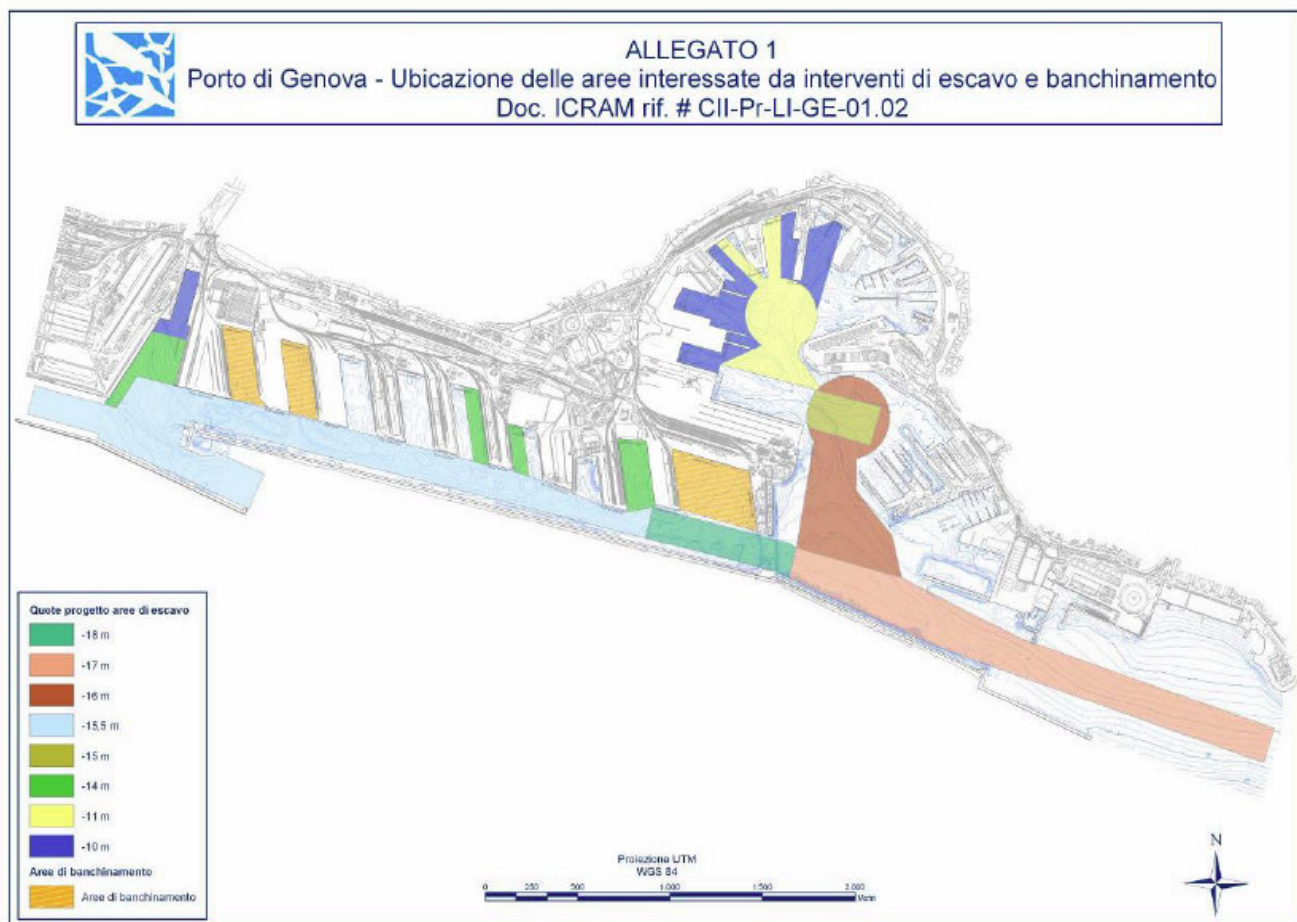
A partire dal 2004 l'ex Autorità Portuale di Genova aveva definito di dare avvio in accordo con quanto previsto nel piano regolatore portuale e rappresentato nella Figura 4, alle seguenti attività:

- attività di escavo nei bacini di Sampierdarena e del Porto Antico, unitamente all'area dell'imboccatura di levante fino al bacino delle Grazie, per un totale di circa 2.700.000 mc di sedimento da dragare;
- realizzazione di una cassa di colmata in corrispondenza della Calata Bettolo, destinata al conferimento di quella porzione di sedimento dragato che avesse presentato valori di concentrazione compatibili con tale destinazione d'uso.

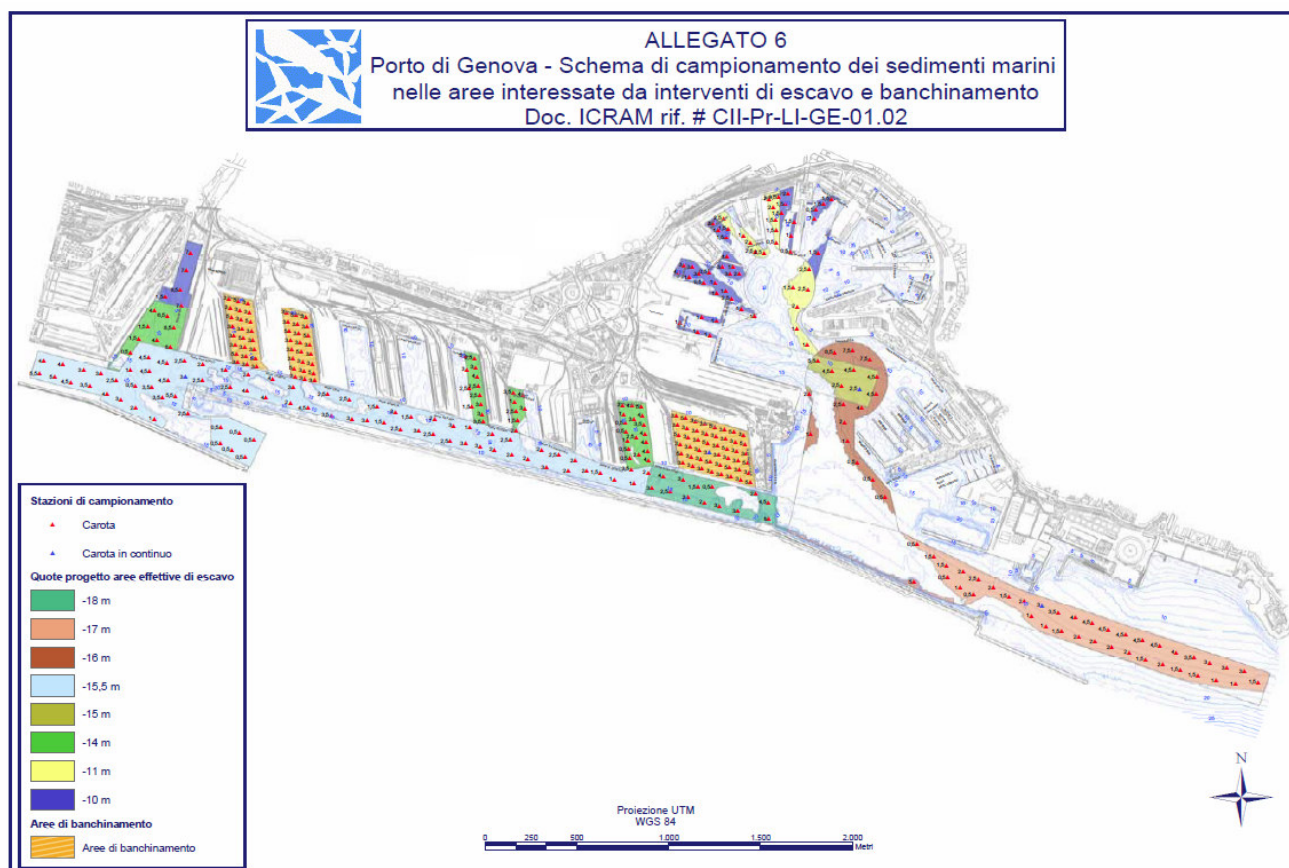
Nell'ambito di tale programma di attività, l'ex Autorità Portuale di Genova aveva incaricato l'ICRAM (Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Applicata al Mare), quale organo scientifico competente in materia di progettare le attività di caratterizzazione, elaborazione e valutazione dei risultati e monitoraggio ambientale propedeutiche ai lavori di dragaggio e di banchinamento, articolate in più fasi, e di controllarne l'esecuzione.



E' stato pertanto redatto il Piano di caratterizzazione ambientale dell'area marina interna al Porto di Genova interessata dalle operazioni di escavo, di banchinamento e di costruzione della vasca di colmata.



**Figura 12 - Ubicazione delle aree destinate ad interventi di escavo e di banchinamento**



**Figura 13 - Schema generale del campionamento dei sedimenti marini interessati dagli interventi di escavo e banchinamento**

La strategia di caratterizzazione dei fondali che era stata attuata, è stata costituita integrando quella proposta dal D.M. 24 Gennaio 1996 ("Direttive inerenti le attività istruttorie per il rilascio delle autorizzazioni di cui all'art. 11 della legge 10 maggio 1976, n. 319, e successive modifiche ed integrazioni, relative allo scarico nelle acque del mare o in ambienti ad esso contigui, di materiali provenienti da escavo di fondali di ambienti marini o salmastri o di terreni litoranei emersi, nonché da ogni altra movimentazione di sedimenti in ambiente marino"), con le indicazioni contenute nelle "Linee Guida per i Dragaggi Portuali" elaborate dall'ICRAM ("Aspetti tecnico scientifici per la salvaguardia ambientale nelle attività di movimentazioni dei fondali marini - dragaggi portuali", Gennaio 2002). Ciò al fine di consentire la realizzazione di un dragaggio selettivo, tenendo conto di fattori rilevanti quali: l'eterogeneità batimetrica dei fondali, la variabilità qualitativa dei sedimenti, l'articolazione strutturale interna del porto. La strategia di campionamento delle aree oggetto degli interventi è stata quindi modulata in funzione della loro ubicazione all'interno dell'area portuale.

Il piano di caratterizzazione che era stato redatto, si componeva sostanzialmente di 4 parti:



Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Ligure Occidentale

Palazzo San Giorgio - Via della Mercanzia 2 - 16124 Genova - CF/P.IVA 02443880998 - Tel. +39.010.2411  
www.portsofgenoa.com - E-mail: segreteria.generale@portsofgenoa.com - Pec: segreteria.generale@pec.porto.genova.it



- nella prima era stato fornito il quadro ambientale dell'area in esame, analizzando: le caratteristiche geologiche, correntometriche e anemometriche, le attività e le realtà portuali specifiche, che costituiscono potenziali fonti di contaminazione; le principali sostanze inquinanti che entrano in gioco in ambito portuale; gli effetti sulle matrici ambientali;
- nella seconda è stato riportato il modello concettuale del sito;
- nella terza è stata inserita la descrizione delle attività e gli obiettivi da perseguire;
- nella quarta è stata illustrata la strategia di campionamento dei fondali marini oggetto degli interventi.

Per avere una panoramica sulle condizioni del sottosuolo nell'area del Porto di Genova, estesa dalla Foce al Ponte Canepa, erano stati esaminati 138 sondaggi dai quali sono state tratte le seguenti indicazioni. Il substrato roccioso, rappresentato dalle argille marnose (Argille di Ortovero) è stato raggiunto presso la Calata Gadda e nell'area del Mandraccio (Area Expò) in almeno 6 sondaggi, a profondità molto variabili, presso il Ponte Parodi, il Ponte Morosini, la Calata Salumi, la Calata S.Limbania, la Calata Zingari e la Calata S.Lazzarino. Il substrato dei calcari marnosi (Calcari del M.Antola) è stato raggiunto sul piazzale ad est del bacino galleggiante, alla Calata Marconi, nel porticciolo Duca degli Abruzzi, al cantiere del nuovo bacino, nei bacini n. 2,4,5 della Fincantieri, alla Calata Gadda, al Molo Vecchio, nell'area del Mandraccio (Area Expò), alla Calata Zingari, alla Calata Chiappella. La coltre sedimentaria soprastante a tali substrati rocciosi è risultata costituita dalle seguenti litofacies: limo sabbioso; limo talora con sostanze organiche e conchiglie; sabbia grossolana; ghiaietto; limo argilloso e sabbioso; ciottolame; trovanti calcarei; limo argilloso e bituminoso; sabbia a grana fine e a grana media.

In diversi sondaggi sono stati attraversati nella parte iniziale manufatti di origine antropica e scogliere artificiali di appoggio sugli stessi fondali.

Le attività di caratterizzazione dei sedimenti prevedevano inizialmente il prelievo di n. 348 carote, di lunghezza compresa tra 0,50 m e 8,00 m (**Figura 13**); tale numero è stato successivamente ridotto a n. 336 carote a causa dell'esclusione, dall'area da caratterizzare, di quella relativa alla foce del torrente Polcevera.

Per ciascuna carota era previsto, a meno di osservazioni particolari sulla stratigrafia della carota, il prelievo di campioni per la determinazione di pH e Potenziale Redox e per l'esecuzione delle analisi chimico-fisiche, in corrispondenza di sezioni corrispondenti ai livelli.

La caratterizzazione dei sedimenti dei fondali interessati dalle opere in oggetto rappresenta la premessa indispensabile per l'individuazione delle adeguate proposte di gestione del materiale da movimentare. Risulta quindi fondamentale l'individuazione di una strategia di campionamento tale da garantire una significativa caratterizzazione dell'intero volume di materiale da sottoporre a dragaggio. A tal fine, per l'elaborazione del presente piano di caratterizzazione, si è ritenuto necessario tenere conto dei seguenti fattori:

- eterogeneità batimetrica dei fondali dell'area oggetto di studio sulla base delle informazioni fornite dall'allora Autorità Portuale di Genova (indagini batimetriche effettuate a partire dal 2000);
- risultati di caratterizzazioni pregresse realizzate in diverse zone del porto, che hanno evidenziato una variabilità qualitativa dei sedimenti presenti;



- articolazione strutturale interna dell'area portuale in oggetto.

La strategia di campionamento proposta prevede l'adozione di una maglia di indagine ragionata, di dimensione tale da consentire una caratterizzazione di maggior dettaglio nelle aree che presentino un maggior rischio ambientale e/o sanitario. Tali aree sono state individuate sulla base dei seguenti fattori:

- Prossimità di banchine e manufatti, in cui si presume vi sia una maggiore variabilità a corto raggio della contaminazione;
- Vicinanza a potenziali sorgenti di contaminazione (scarichi civili e industriali, foci dei fiumi, ecc);
- Risultati di indagini pregresse effettuate all'interno del sito.

La strategia proposta prevede:

- per le aree di escavo, il campionamento secondo una maglia di indagine ragionata di estensione pari 100x100 m, opportunamente infittita in corrispondenza delle aree in cui è stata presunta una maggiore variabilità qualitativa dei sedimenti, fino al raggiungimento di una maglia 50x50 m;
- per le aree destinate a banchinamento, il campionamento secondo uno schema a maglie 50x 50 m.

Questo tipo di approccio ha rispecchiato la volontà di ottenere una caratterizzazione delle aree articolata in funzione della loro localizzazione, al fine di ottenere un maggior dettaglio in prossimità di manufatti, darsene (zone ad elevata variabilità qualitativa) ed aree destinate a banchinamento.

All'interno di ciascuna maglia di indagine è stata prevista una stazione di campionamento, in cui sarà prelevata una carota di lunghezza minima pari a 50 cm. La lunghezza effettiva delle carote è stata definita in modo da determinare la distribuzione spaziale (orizzontale e verticale) della concentrazione dei contaminanti ricercati lungo tutto lo spessore di sedimento. Nelle aree di escavo, al fine di garantire la caratterizzazione dell'intero volume di sedimento da rimuovere, la profondità delle carote è stata individuata in funzione di:

- quote del fondale (riferite alle batimetriche aggiornate fornite dall'Autorità Portuale di Genova);
- quote di progetto;
- risultati di indagini pregresse effettuate nel corso degli anni in alcune zone interne all'area oggetto di studio.

Nelle aree di banchinamento la profondità delle carote è stata determinata in funzione di:

- destinazione d'uso prevista;
- risultati di indagini pregresse effettuate nel corso degli anni in alcune zone interne all'area oggetto di studio.



**Figura 14- strategia di monitoraggio**

## 7. STRATEGIE DI CAMPIONAMENTO: LE AREE UNITARIE

In accordo con le modalità definite nell'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016 la caratterizzazione dei sedimenti all'interno di un ambito portuale deve essere eseguita all'interno di Aree Unitarie di indagine, da definirsi secondo un criterio di prossimità ai manufatti portuali.

Al fine di consentire una caratterizzazione rappresentativa dell'intera superficie e del volume di sedimenti da sottoporre a movimentazione all'interno delle aree di interesse, sono state determinate una serie di tipologie di aree unitarie di indagine, come meglio rappresentato negli Elaborati grafici allegati al presente progetto, in conformità a quanto previsto dal Capitolo 2 dell'Allegato Tecnico, di cui si richiamano le definizioni:

- **"aree unitarie di Tipologia 1"**: Lungo la perimetrazione interna caratterizzata dalla presenza di manufatti, quali ad esempio pontili, darsene e banchine, all'area da sottoporre a escavo deve essere sovrapposta una griglia a maglia quadrata di 50 m x 50 m. Eventuali aree residue, risultanti dal frazionamento nei lotti di 2.500 m<sup>2</sup>, possono essere tralasciate se di superficie inferiore a 1.500 m<sup>2</sup>;
- **"aree unitarie di Tipologia 2"**: Nelle zone interne a distanze dai manufatti superiori a 50 m, all'area da sottoporre a dragaggio deve essere sovrapposta una griglia a maglia quadrata di lato pari a 100



Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Ligure Occidentale

Palazzo San Giorgio - Via della Mercanzia 2 - 16124 Genova - CF/P.IVA 02443880998 - Tel. +39.010.2411  
www.portsofgenoa.com - E-mail: segreteria.generale@portsofgenoa.com - Pec: segreteria.generale@pec.porto.genova.it



m. Tale griglia di aree unitarie deve essere posizionata in contiguità' con le eventuali aree unitarie di tipo «1» e «3». Eventuali aree residue, risultanti dal frazionamento nei lotti di 10.000 m<sup>2</sup>, possono essere tralasciate se di superficie inferiore a 5.000 m<sup>2</sup>.

- “aree unitarie di **Tipologia 3**”: Nell’ambito delle imboccature portuali, delle zone esterne al porto a esso adiacenti, lungo le dighe di protezione esterna e le barriere frangiflutto, all’area da sottoporre a dragaggio deve essere sovrapposta una griglia a maglia quadrata di lato pari a 200 m. Tale griglia di aree unitarie deve essere posizionata in contiguità con le griglie di aree unitarie «1» e «2» ove presenti. Eventuali aree residue, risultanti dal frazionamento nei lotti di 40.000 m<sup>2</sup>., possono essere tralasciate se di superficie inferiore a 10.000 m<sup>2</sup>.



## Percorso I

- **Strategia di campionamento per aree portuali**

### *Aree unitarie*

Sono previste tre tipologie di aree unitarie, da posizionare a ridosso dei manufatti interni al porto (Tipologia 1), nelle zone centrali del porto (Tipologia 2) e presso le zone all'ingresso dei porti (Tipologia 3).

- **Tipologia «1»**

Lungo la perimetrazione interna caratterizzata dalla presenza di manufatti, quali ad esempio pontili, darsene e banchine, all'area da sottoporre a escavo deve essere sovrapposta una griglia a maglia quadrata di 50 m x 50 m. Eventuali aree residue, risultanti dal frazionamento nei lotti di 2.500 m<sup>2</sup>, possono essere tralasciate se di superficie inferiore a 1.500 m<sup>2</sup> (figure 1 - 4).

- **Tipologia «2»**

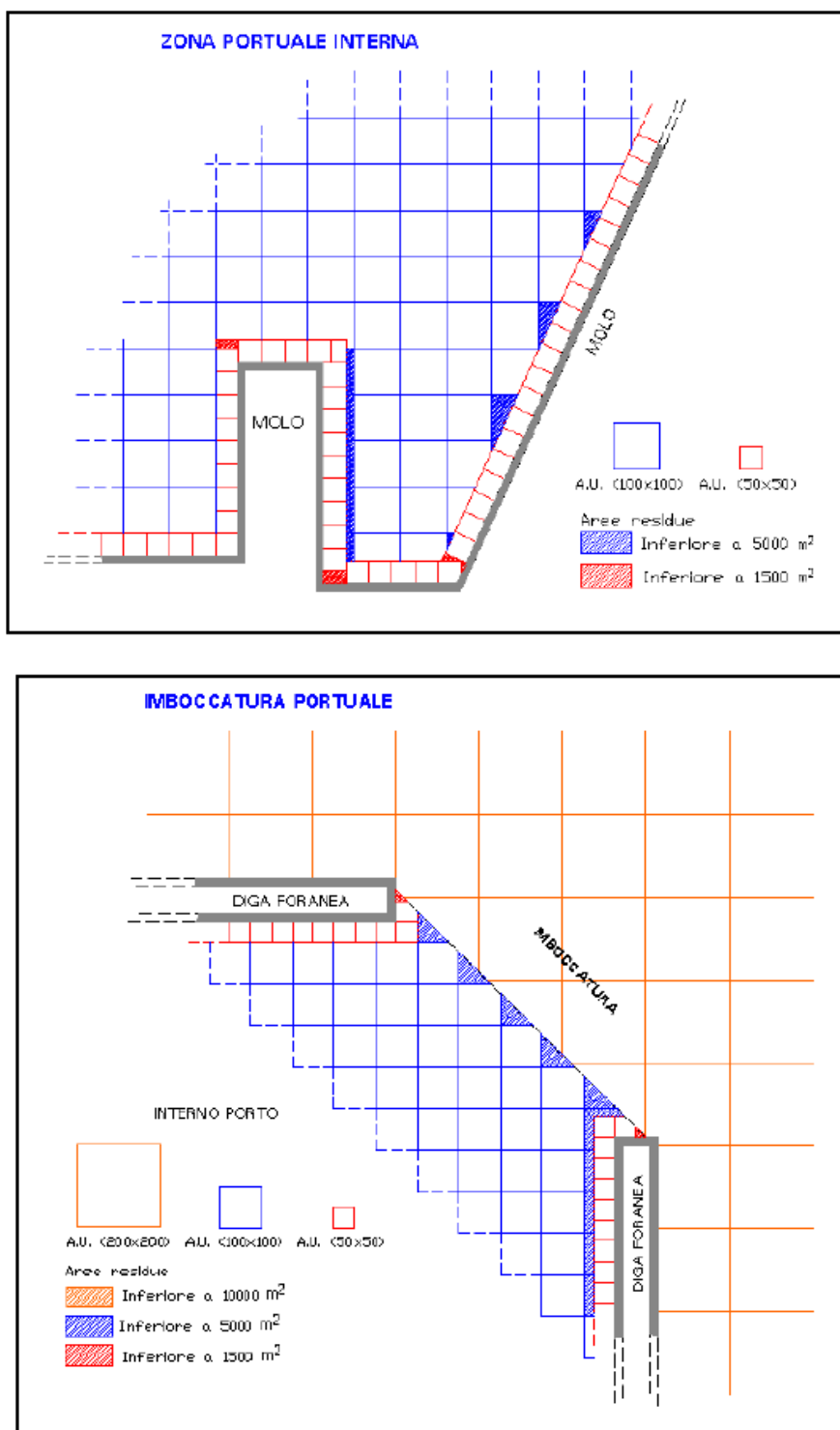
Nelle zone interne a distanze dai manufatti superiori a 50 m, all'area da sottoporre a dragaggio deve essere sovrapposta una griglia a maglia quadrata di lato pari a 100 m. Tale griglia di aree unitarie deve essere posizionata in contiguità con le eventuali aree unitarie di tipo «1» e «3». Eventuali aree residue, risultanti dal frazionamento nei lotti di 10.000 m<sup>2</sup>, possono essere tralasciate se di superficie inferiore a 5.000 m<sup>2</sup> (figure 1-2).

- **Tipologia «3»**

Nell'ambito delle imboccature portuali, delle zone esterne al porto a esso adiacenti, lungo le dighe di protezione esterna e le barriere frangiflutto, all'area da sottoporre a dragaggio deve essere sovrapposta una griglia a maglia quadrata di lato pari a 200 m. Tale griglia di aree unitarie deve essere posizionata in contiguità con le griglie di aree unitarie «1» e «2» ove presenti. Eventuali aree residue, risultanti dal frazionamento nei lotti di 40.000 m<sup>2</sup>, possono essere tralasciate se di superficie inferiore a 10.000 m<sup>2</sup> (figura 2).

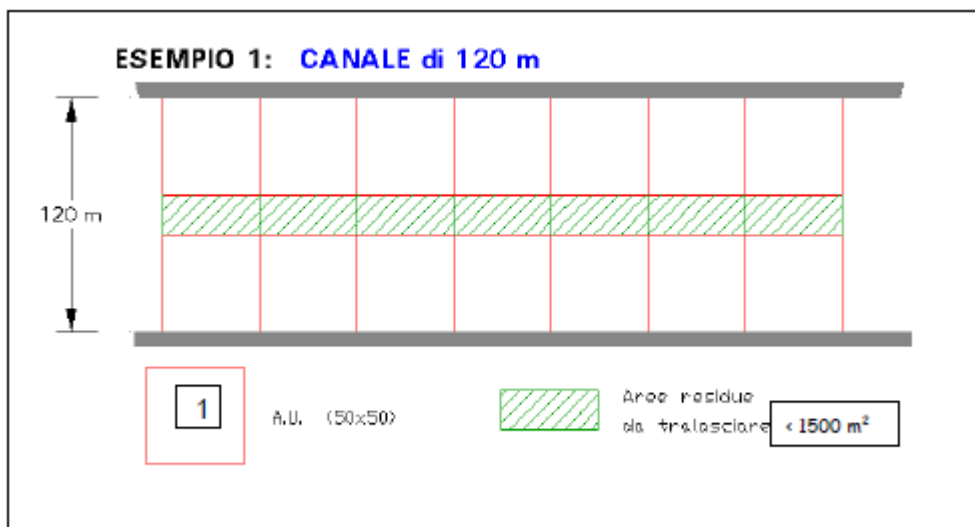
Nell'immagine seguente (estratto da Allegato Tecnico del DM 173/2016) è riportata la rappresentazione delle aree unitarie di indagine e delle rispettive griglie a maglie quadrate con riferimento al contesto-tipo di riferimento per l'area di interesse.



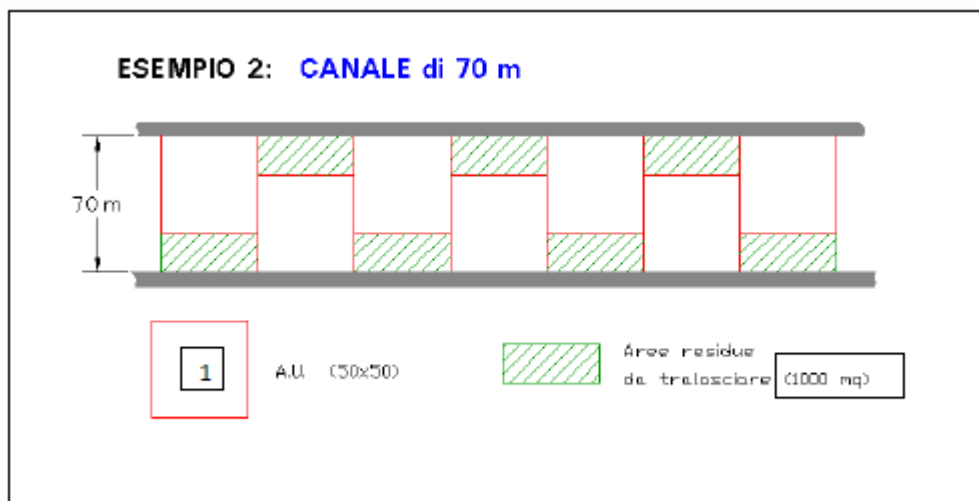


**Figura 15 - Estratto da DM 173/2016: esempio di posizionamento delle aree unitarie di tipologia 1,2,3.**





**Figura 16 - Esempio di posizionamento delle aree unitarie di tipologia 1 in canali di larghezza superiore a 100 m**



**Figura 17 - Esempio di posizionamento delle aree unitarie di tipologia 1 in canali di larghezza inferiore a 100 m**

## 7.1 Stazioni di campionamento

La procedura per la definizione delle stazioni campionamento è stata eseguita in accordo con le indicazioni dell'Allegato Tecnico del DM 173/2016, in base al quale all'interno di ciascuna area unitaria (maglia quadrata di campionamento) e per tutte le tipologie si individua un punto di campionamento rappresentativo

dell'area unitaria. Detto punto è posizionato in funzione del volume di materiale da dragare, della morfologia del fondale e della distanza dal punto delle aree unitarie contigue.

Conseguentemente nelle aree di indagine definite nel presente progetto sono state posizionate, sul poligono rappresentante l'area di dragaggio, le maglie quadrate di campionamento raffiguranti le singole aree unitarie, come riportato negli elaborati di progetto.

All'interno delle aree unitarie sono state individuate le singole stazioni di campionamento in corrispondenza delle quali dovrà essere eseguito il prelievo dei sedimenti da caratterizzare.

Per poter garantire adeguata rappresentatività delle caratteristiche dei sedimenti sulla verticale di dragaggio di ciascuna area unitaria, le stazioni di campionamento sono state ubicate adottando un criterio di analisi morfologica del fondale, evitandone quando necessario la collocazione al centro.

L'ubicazione delle stazioni di campionamento non ha seguito pertanto un criterio uniforme di distribuzione geometrica, ma è stata determinata in funzione dei seguenti fattori:

- esigenze di dragaggio (massima quota di approfondimento come da progetto);
- morfologia del fondale dell'area unitaria di indagine;
- distanza del punto di campionamento dai punti già ubicati nelle aree unitarie contigue.

Per ciascuna maglia di caratterizzazione, pertanto, il punto di campionamento è stato collocato in corrispondenza dei fondali a minor quota batimetrica in modo da consentire il prelievo di carote rappresentative dell'intero orizzonte sedimentario oggetto di dragaggio, garantendo al contempo un'adeguata distribuzione geometrica di insieme dei punti di prelievo al fine di garantire la massima rappresentatività dei campioni rispetto al volume di dragaggio della maglia di riferimento.

## **8. Modalità di prelievo, conservazione ed analisi dei campioni**

### Campionamento

La tecnica di campionamento da utilizzare è prioritariamente quella del carotaggio.

Nel caso di indagini riguardanti strati maggiori di 50 cm, l'altezza di ciascuna carota deve essere almeno pari allo spessore di materiale da asportare previsto nel punto di campionamento, minimizzando rimescolamenti o diluizioni della matrice solida del sedimento.

Nel caso di indagini limitate ai primi 50 cm del fondale possono essere utilizzate anche altre tecniche, quali benne o box-corer.

Le carote di sedimento devono essere preventivamente decorticate della parte più esterna a contatto con le pareti interne al liner o al carotiere, per evitare la contaminazione da trascinamento.

Le attrezzature utilizzate che prevedono il contatto con il sedimento devono essere accuratamente pulite prima del loro reimpiego.

Per ciascuna carota devono essere individuate sezioni di 50 cm, 100 cm o 200 cm, o sezioni residue di almeno 20 cm rappresentative del livello più profondo, secondo le seguenti modalità:

- le carote fino a 1 m di altezza devono essere suddivise in due sezioni, di cui la prima di 50 cm a partire dalla sommità;
- per carote con altezza superiore ai 1 metro e fino a 2 m, oltre alle 2 sezioni di cui al punto precedente, deve essere individuata almeno una sezione rappresentativa del metro successivo al primo;
- per carote con altezza superiore ai 2 m, oltre alle 3 sezioni di cui ai punti precedenti, deve essere individuata una sezione rappresentativa di ogni successivo intervallo di 2 m;
- qualora sia accertato il raggiungimento del substrato geologico naturale costitutivo dell'area, opportunamente documentato nella relazione tecnica, per il quale si possa escludere qualunque contaminazione antropica, è sufficiente l'individuazione di sezioni rappresentative dell'intero strato.

#### Preparazione del campione

Da ciascuna sezione deve essere prelevata una aliquota di sedimento in modo tale da garantire la massima rappresentatività del campione.

Il campione prelevato deve essere omogeneizzato e suddiviso nelle aliquote previste per le diverse analisi.

La quantità di materiale prelevata per ciascun campione deve essere sufficiente a garantire tutte le analisi fisiche, chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche, compresa l'aliquota di riserva da conservare per eventuali approfondimenti e/o verifiche.

Dal campione, prima delle analisi, devono essere rimosse manualmente le componenti di origine antropica (es.: frammenti di plastica, vetro, metallo, ecc.) e naturale (ciottoli, organismi del macrobenthos) di dimensioni comunque superiori a 5 mm. Qualora il campione così ottenuto sia costituito da oltre l'80% di ghiaia (diametro > 2 mm), le analisi chimiche possono essere omesse, a meno di macroscopiche evidenze di inquinamento. In questo caso, la classe di qualità deve seguire il criterio riportato al paragrafo 2.7.

All'atto del campionamento deve essere compilata una apposita "Scheda di campo" contenente almeno le informazioni identificative della stazione di prelievo (coordinate proiettate UTM WGS84 fuso 32/33) e dei campioni da avviare alle successive analisi.



#### **Percorso I**

Per le aree del Percorso I tutti campioni prelevati devono essere avviati alla successiva fase di analisi e classificazione.

Qualora, per ragioni tecniche e/o economiche, il proponente intenda perseguire come unica opzione di gestione la deposizione in ambiente conterminato, analogamente a quanto previsto per il Percorso II e ad esclusione di aree collocate all'interno di Siti di Bonifica (Paragrafo 2.8), viene introdotta la possibilità di formare campioni composti per le successive analisi, ottenuti miscelando i campioni singoli provenienti da aree unitarie contigue aventi caratteristiche macroscopiche simili, fermo restando la possibilità di analizzare i singoli campioni di cui deve essere sempre disponibile una aliquota conservata.

I campioni composti da sottoporre ad analisi, ottenuti per miscelazione "a fresco" di aliquote di pari volume (minimo 100 cc), rappresentative di ciascun campione da miscelare, possono rappresentare volumi contigui massimi da dragare di 10.000 m<sup>3</sup> se provenienti da aree unitarie di Tipologia 1 (50 x 50 m), di 20.000 m<sup>3</sup> se provenienti da aree unitarie di Tipologia 2 (100 x 100 m) e di 40.000 m<sup>3</sup> se provenienti da aree unitarie di Tipologia 3 (200 x 200 m) (Percorso II - Tabella 2.1).

Deve comunque essere conservata a -20 °C una aliquota di almeno 250 ml di ciascun campione (accorpato e non accorpato) per eventuali accertamenti o approfondimenti.

#### Conservazione del campione

Le modalità di trasporto e di conservazione dei campioni sono indicate nella Tabella seguente.

Il periodo di conservazione dell'aliquota di materiale destinata a eventuali controanalisi e/o verifiche non deve essere inferiore a 3 mesi dal termine delle attività di gestione dei materiali dragati. Si precisa che non viene considerato il periodo necessario alle attività di monitoraggio Post operam.

Le metodologie analitiche da utilizzare per la determinazione dei parametri fisici, chimici, microbiologici ed ecotossicologici devono essere conformi a protocolli nazionali e/o internazionali standardizzati o riportati su Manuali e Linee Guida del Sistema Nazionale delle Agenzie.



PARAMETRO	CONTENITORE	TRASPORTO (°C)	CONSERVAZIONE (°C)
GRANULOMETRIA	plastica o vetro	4 – 6	4 – 6
SOSTANZA ORGANICA O TOC	vetro o polietilene	4 – 6	≤ -20 <sup>(1)</sup>
CHIMICA ORGANICA	Vetro o polietilene	4 – 6	≤ -20 <sup>(1)</sup>
METALLI E INORGANICI	polietilene o vetro	4 – 6	≤ -20 <sup>(1)</sup>
MICROBIOLOGIA <sup>(2)</sup>	polietilene o polistirolo sterili	4 – 6	4 – 6
ECOTOSSICOLOGIA <sup>(3)</sup>	polietilene o vetro	4 – 6	4 – 6

<sup>(1)</sup> solo per campioni che non siano stati liofilizzati

<sup>(2)</sup> da allestire in coltura sui campioni fresco entro 36 ore

<sup>(3)</sup> da eseguire sul campione fresco (paragrafo 3.1).

**Tabella 1 : modalità di trasporto e di conservazione dei campioni**

### Qualità del dato

A garanzia della qualità del dato:

- devono essere garantite le prestazioni di qualità di cui al D.Lgs 219/2010, come recepimento della Direttiva 90/2009/EC, fatta eccezione per quanto riportato al Capitolo 3;
- le indagini devono essere condotte da Enti e/o Istituti Pubblici di comprovata esperienza, oppure da laboratori privati accreditati da organismi riconosciuti ai sensi della norma UNI CEI EN 17011/05 per i parametri utilizzati ai fini della classificazione di qualità dei materiali di cui al presente Capitolo 1; in entrambi i casi viene richiesto il possesso di certificazioni nazionali e/o internazionali relative all'inserimento in circuiti di calibrazione specifici (es. QUASIMEME, etc.) laddove esistenti, che diano dimostrazione della qualità delle analisi;
- i risultati delle analisi e delle relative misure di controllo qualità per ciascun parametro fisico, chimico, ecotossicologico, devono essere riportati su rapporti di prova rilasciati dai laboratori e nella Relazione tecnica che deve contenere anche i dati relativi all'analisi delle comunità bentoniche e delle biocenosi presenti redatti da tecnico qualificato, secondo le indicazioni riportate nei paragrafi specifici.

Le risultanze analitiche sono considerate valide per un periodo diverso per il Percorso I o per il Percorso II, a seconda si tratti di sedimenti soggetti a rimescolamento o sedimenti dello strato profondo non interessato da fenomeni di perturbazione. In linea generale si assume che in un'area portuale, costiera o fluviale, i primi 50 cm di fondale siano soggetti a fenomeni di perturbazione.



#### **Percorso I**

Le risultanze analitiche sono considerate valide per un periodo di 2 anni, purché non si siano verificati eventi naturali o artificiali che abbiano modificato la situazione ambientale dal momento del campionamento. Tale validità può essere estesa fino a 3 anni, con la sola ripetizione delle analisi fisiche ed ecotossicologiche, almeno sui campioni compositi dello strato superficiale (0-50 cm) del fondale, ottenuti con i medesimi criteri di miscelazione descritti per la procedura semplificata nel presente paragrafo.

L'estensione della validità delle analisi per l'intero spessore viene confermata se il livello di tossicità della batteria di saggi ecotossicologici ripetuti (secondo le modalità di cui al paragrafo 2.3), risulti uguale o inferiore a quello precedentemente ottenuto, e comunque "basso" o "assente". Nel caso il livello di tossicità dei campioni ripetuti risulti più alto o comunque "medio" o "alto", dovranno essere ripetute anche le analisi chimiche sui medesimi campioni (secondo le modalità di cui al paragrafo 2.4) e lo strato di sedimenti nuovamente caratterizzato dovrà essere classificato secondo i criteri di cui alle tabelle 2.5 o 2.6 (criterio tabellare o ponderato). In tal caso la validità delle analisi e la conseguente classificazione degli strati sottostanti viene comunque estesa in funzione del percorso.

## **9. Relazione tecnica**

Tutti i dati relativi al campionamento, alla caratterizzazione, alle prestazioni analitiche (QA/QC), alla classificazione e alle opzioni di gestione proposte devono essere riportate in una relazione tecnica con allegate:

- la Scheda di inquadramento dell'area di escavo di cui al Capitolo 1;
- le "Schede di campo" di cui ai Capitoli 1 e 5;
- i rapporti di prova.

La classificazione delle singole aree unitarie deve essere rappresentata (per livelli) su carta rispetto alla batimetria, a partire dalla quota di dragaggio e fino alla quota l.m.m. del fondale al momento del campionamento. Un esempio viene riportato in Figura 18.



Sigla carota	P1	P2	P3	P4	P5
Profondità (cm)	CLASSE	CLASSE	CLASSE	CLASSE	CLASSE
Livello medio mare					
Superficie del fondale					
300-400	C B	C C	D C		
400-500	B	B	C	D D	E C
500-600	A	A	B	B	C
600-700	A	A		A	A
700-800	A	A	A	A	A
800-900	A	A	A	A	A
Profondità di dragaggio (- 9 m)					

**Fig. 18: Sezione longitudinale del volume di sedimento da dragare: rappresentazione delle classi di qualità riferite a ciascuna sezione delle carote dragate prelevate (P1 - P5)**

## 10. Caratterizzazione e classificazione ecotossicologica

### Batteria di saggi biologici

I saggi biologici devono essere eseguiti su tutti i campioni destinati alle analisi, singoli o accorpati. I risultati devono essere riportati su rapporti di prova rilasciati dai laboratori, indicando, oltre ai dati grezzi, il metodo ed i parametri statistici necessari, a supporto della affidabilità del dato, così come riportato in Appendice 2A; in particolare:

- nel caso di utilizzo dei criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B, i risultati devono essere espressi come effetto misurato nel campione ( $\pm$  scarto tipo  $\delta$ ) e nel controllo negativo ( $\pm$  scarto tipo  $\delta$ ), riferito alla massima concentrazione del campione testata (compatibilmente al metodo del saggio impiegato);
- nel caso della classificazione ecotossicologica secondo il criterio tabellare ottenuto nell'ambito della batteria di saggi biologici utilizzata, i risultati devono essere espressi come EC20 e/o EC50 con i relativi limiti fiduciali o come effetto ( $\pm$  scarto tipo  $\square$ ) rispetto al controllo negativo (riportando il

dato anche di quest'ultimo) e riferito alla massima concentrazione del campione testata in relazione al metodo del saggio impiegato.

I medesimi risultati, inclusi i dati relativi ai controlli positivi (rapportati alla carta di controllo del laboratorio), in forma riepilogativa tabellare, devono essere comunque riportati e discussi nella Relazione tecnica.

Salvo specifiche indicazioni del metodo adottato, il sedimento intero o la frazione solida del sedimento deve essere saggiata a fresco (non congelata, non essiccata né liofilizzata) prima possibile e comunque non oltre 15 giorni di conservazione a 4 - 6 °C al buio; la frazione liquida (acqua interstiziale o elutriato 1:4 p/v) deve essere preparata entro 10 giorni dal sedimento tal quale conservato a 4°C al buio e, se non saggiata entro le 24 h dalla preparazione, conservata a -20°C fino al momento dell'analisi. I contenitori con la matrice di prova non devono presentare spazio d'aria. La batteria di minima deve essere composta da almeno 3 organismi appartenenti a gruppi tassonomici ben distinti, scegliendo una delle combinazioni di cui alla Tabella 2.: per ciascuna delle tipologie 1, 2 e 3 deve essere selezionato un saggio biologico a scelta tra quelli indicati con il segno "X". La combinazione deve essere la stessa per la totalità dei campioni previsti nell'ambito della medesima istruttoria.

A titolo esemplificativo una combinazione è la seguente:

- 1ª tipologia: saggio sulla fase solida. Bioluminescenza con *Vibrio fischeri* su sedimento privato dell'acqua interstiziale;
- 2ª tipologia: saggio su fase liquida. Inibizione di crescita algale con *Pheodactylum tricornutum* o *Dunaliella tertiolecta* o *Skeletonema costatum* su elutriato;
- 3ª tipologia: saggio con effetti cronici/sub-letali/a lungo termine e di comprovata sensibilità. Embriotossicità con *Paracentotus lividus*, *Mytilus galloprovincialis* o *Crassostrea gigas* su elutriato.

In caso di sedimento con percentuali di sabbia/ghiaia (diametro > 0,63 mm) maggiori del 90%, in considerazione dei possibili falsi positivi o della impossibilità di eseguire il saggio, la prova su fase solida può essere sostituita con almeno un ulteriore saggio a scelta su fase liquida tra quelli indicati in Tabella 2.3 come 2a tipologia.

Gruppo	Batteri		Alghe	Crostei					Molluschi Bivalvi		Echinodermi		
Specie	Vibrio fischeri (Bacteria)		Dunaliella tertiolecta  Pheodactylum tricornutum Skeletonema costatum (Algae)	Amphibalanus amphitrite (Crustacea)	Corophium spp (Crustacea)	Acartia tonsa (Crustacea)		Tigriopus fulvus (Crustacea)	Crassostrea gigas (Bivalvia)	Mytilus galloprovincialis (Bivalvia)	Paracentrotus lividus (Echinodermata)		
Matrice	fase liquida	fase solida	fase liquida	fase liquida	Sed. intero	fase liquida		Sed. intero	fase liquida	fase liquida	fase liquida	fase liquida	
Endpoint	Bioluminescenza		Crescita algale	Mortalità	Mortalità	Mort. (48 h)	Mort. (7 gg)	Sviluppo larvale	Mortalità	Sviluppo larvale	Sviluppo larvale	Fecon- dazione	Sviluppo larvale
1ª tipologia		XA			XA			XC					
2ª tipologia	XA		XC	XA		XA			XA			XA	
3ª tipologia							XC			XC	XC		XC

A = saggio acuto

C = saggio cronico/a lungo termine/subcronico/risp. subletale

**Tabella 2: saggi biologici utili per l'allestimento della batteria**

#### Classificazione ecotossicologica

Completata la fase di campionamento e analisi, sulla base delle risultanze ottenute si procede con la classificazione ecotossicologica di ciascun campione di sedimento basata sull'utilizzo dei criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B.

Tuttavia, nell'ambito di indagini con elevata numerosità campionaria, in cui la stragrande maggioranza dei campioni risulti particolarmente tossica o non mostri effetti, è possibile semplificare la procedura di classificazione avvalendosi del criterio tabellare riportato in Figura 6.

In particolare, il criterio tabellare può essere applicato a tutti i campioni analizzati nei seguenti casi:

- oltre il 90% dei campioni analizzati mostrino Tossicità "assente" per l'intera batteria di saggi biologici impiegati e le concentrazioni chimiche dei medesimi campioni risultino < L2 (Capitolo 2.4, tabella 2.5);
- oltre il 90% dei campioni analizzati mostrino Tossicità  $\geq$  "alta" per l'intera batteria di saggi biologici impiegati;
- debba essere confermata l'estensione della validità delle analisi di cui al Capitolo 2;

Tossicità Assente	==	Tutti i saggi hanno EC20 > 100% o Effetto < 20% o effetto ormetico < 100%
Tossicità Bassa	==	Solo un saggio presenta una EC20 < 100% ma EC50 > 100% o un effetto netto compreso tra 20 e 50% o un effetto ormetico > 100%
Tossicità Media	==	Due o più saggi presentano EC20 < 100% ma EC50 > 100% o effetti compresi tra 20 e 50%, oppure un solo saggio con EC50 < 100% o effetto > 50%
Tossicità Alta	==	Due o più saggi con EC50 < 100% o effetto > 50%

**Figura 19: classificazione eco tossicologica tabellare ottenuto nell'ambito della batteria di saggi biologici utilizzata**

## 11. Caratterizzazione e classificazione chimica

### Caratterizzazione chimica

La caratterizzazione chimica può risultare differente nei due percorsi.

#### Percorso I

- Caratterizzazione chimica standard: per la totalità dei campioni è prevista l'analisi dei parametri chimici standard (Tabella 2.4).

Sulla base di indagini pregresse e/o delle caratteristiche desunte dalla Scheda di Inquadramento dell'area di escavo (Capitolo 1) è facoltà dell'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione, che può avvalersi di soggetto del Sistema Nazionale delle Agenzie (ISPRA-ARPA-APPA) o di altro Istituto Scientifico Pubblico diverso da quello coinvolto nelle indagini ambientali di caratterizzazione dell'area, richiedere l'analisi di sostanze aggiuntive di cui si presume la pericolosità ambientale e/o sanitaria.



PARAMETRI CHIMICI	SPECIFICHE	LIMITE DI QUANTIFICAZIONE
METALLI E METALLOIDI	As, Cd, Cr <sub>tot.</sub> , Cr VI*, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, V*, Al*, Fe*	0,03 mg kg <sup>-1</sup> (Cd, Hg); 1 mg kg <sup>-1</sup> (altri)
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene e loro sommatoria	1 µg kg <sup>-1</sup>
IDROCARBURI C>12*		5 mg kg <sup>-1</sup>
PESTICIDI ORGANOCLORURATI	Aldrin, Dieldrin, Endrin, α-HCH, β-HCH, γ-HCH (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza la somma degli isomeri 2,4 e 4,4), HCB, eptacloro epossido	0,1 µg kg <sup>-1</sup>
POLICLOROBIFENILI	Congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e loro sommatoria	0,1 µg kg <sup>-1</sup>
COMPOSTI ORGANOSTANNICI	Monobutil, Dibutil, Tributilstagno e loro sommatoria	1 µg kg <sup>-1</sup>
CARBONIO ORGANICO TOTALE O SOSTANZA ORGANICA TOTALE		0,1 %
SOMMAT. T.E. PCDD,PCDF (DIOSSINE E FURANI) E PCB DIOSSINA SIMILI*	ELENCO DI CUI alle note della tabella 3/A di cui al D.lgs 172/2015	D.lgs 172/2015

\* da considerare come sostanze aggiuntive.

Qualora il campione sia costituito da oltre l'80% di ghiaia (diametro > 2 mm), le analisi chimiche possono essere omesse, a meno di macroscopiche evidenze di inquinamento.

I risultati delle analisi chimiche devono essere riportati su rapporti di prova rilasciati dai laboratori. Le seguenti informazioni:

- percentuale di recupero rispetto a materiali standard certificati;
- limite di quantificazione (garantendo quelli di cui alla Tabella 2.4);
- incertezza estesa;
- valutazioni di QA/QC;

possono essere inserite sui medesimi rapporti o riportate nella Relazione tecnica. I medesimi risultati, in forma riepilogativa tabellare, devono essere riportati e discussi nella Relazione tecnica.

#### Caratterizzazione chimica dei materiali

La classificazione chimica dei materiali è basata sui livelli chimici di riferimento (L1 e L2), di cui alla Tabella 2.5. Tali valori possono essere aggiornati a livello nazionale.

I valori di riferimento L1 relativi al gruppo degli "Elementi in tracce" possono essere sostituiti su base locale dai valori corrispondenti al cosiddetto "fondo naturale" e inseriti nei Piani di gestione dei bacini idrografici.

In alternativa, i valori di riferimento L1 per la totalità dei parametri chimici possono altresì essere sostituiti su base locale (L1loc) secondo quanto riportato nell'Appendice 2D. Nel caso in cui il valore di L1loc calcolato per un "elemento in tracce" risulti uguale o superiore al valore di L2 nazionale, dovrà essere stabilito dall'Autorità competente al rilascio, sulla base delle indagini del sistema nazionale delle agenzie e



Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Ligure Occidentale

Palazzo San Giorgio - Via della Mercanzia 2 - 16124 Genova - CF/P.IVA 02443880998 - Tel. +39.010.2411  
www.portsofgenoa.com - E-mail: segreteria.generale@portsofgenoa.com - Pec: segreteria.generale@pec.porto.genova.it



con il supporto degli Enti scientifici nazionali (ISPRA, CNR, ISS), un valore di L2 "locale", seguendo il medesimo criterio utilizzato per il calcolo dell'L2 nazionale.

Qualora per le analisi ecotossicologiche siano stati applicati i criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B, si dovrà seguire il medesimo criterio anche per le analisi chimiche, la cui procedura è descritta in Appendice 2C; il tool applicativo per eseguire automaticamente tale elaborazione dei dati è scaricabile dal sito istituzionale dell'ISPRA.

Qualora non siano stati utilizzati i criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B per le analisi ecotossicologiche, i risultati delle analisi chimiche devono essere confrontati con i Livelli chimici di riferimento (L1 e L2) di cui alla Tabella 2.5.

PARAMETRO	L1	L2
<b>Elementi in tracce</b>	<b>[mg kg<sup>-1</sup>] p.s.</b>	
Arsenico	12	20
Cadmio	0,3	0,80
Cromo	50	150
Cr VI	2	2
Rame	40	52
Mercurio	0,3	0,80
Nichel	30	75
Piombo	30	70
Zinco	100	150
<b>Contaminanti organici</b>	<b>[µg kg<sup>-1</sup>] p.s.</b>	
Composti organostannici	5 <sup>(1)</sup>	77 <sup>(2)</sup>
Σ PCB <sup>(3)</sup>	8	60
Σ DDD <sup>(4)</sup>	0,8	7,8
Σ DDE <sup>(4)</sup>	1,8	3,7
Σ DDT <sup>(4)</sup>	1,0	4,8
Clordano	2,3	4,8
Aldrin	0,2	10 <sup>7</sup>
Dieldrin	0,7	4,3
Endrin	2,7	10

**Figura 20: livelli chimici di riferimento nazionali**

PARAMETRO	L1	L2
$\alpha$ -HCH	0,2	10 <sup>7</sup>
$\beta$ -HCH	0,2	10 <sup>7</sup>
$\gamma$ -HCH (Lindano)	0,2	1,0
Eptacloro epossido	0,6	2,7
HCB	0,4	50 <sup>7</sup>
Idrocarburi C>12	Non disponibile	50000
$\Sigma$ IPA(16) <sup>(3)</sup>	900	4000
Antracene	24	245
Benzo[a]antracene	75	500
Benzo[a]pirene	30	100
Benzo[b]fluorantene	40	500 <sup>7</sup>
Benzo[k]fluorantene	20	500 <sup>7</sup>
Benzo[g,h,i]perilene	55	100 <sup>7</sup>
Crisene	108	846
Indenopirene	70	100 <sup>7</sup>
Fenantrene	87	544
Fluorene	21	144
Fluorantene	110	1494
Naftalene	35	391
Pirene	153	1398
$\Sigma$ T.E. PCDD,PCDF <sup>(6)</sup> (Diossine e Furani) e PCB diossina simili	2 x 10 <sup>-3</sup>	1 X 10 <sup>-2*</sup>

<sup>(1)</sup> riferito al solo TBT

<sup>(2)</sup> riferito alla sommatoria di MBT, DBT, TBT;

<sup>(3)</sup> come sommatoria dei seguenti congeneri: 28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169, 180;

<sup>(4)</sup> come sommatoria degli isomeri 2,4 e 4,4;

<sup>(5)</sup> come sommatoria dei 16 IPA di maggior rilevanza ambientale indicati dall'USEPA (Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene;

<sup>(6)</sup> L'Elenco dei congeneri e relativi Fattori di Tossicità Equivalenti (EPA, 1989) e l'elenco congeneri PCB Diossina simili (WHO, 2005) e quello riportato alle note della tabella 3/A di cui al D.Lgs.172/2015.

<sup>(7)</sup> Concentrazione valida solo per attività di ripascimento emerso;

\* relativa alla sommatoria di PCDD e PCDF

### Caratterizzazione fisica

La descrizione delle caratteristiche fisiche è riportata nella tabella seguente.

La descrizione macroscopica deve essere particolarmente accurata per l'area di prelievo e per l'area di deposizione nel caso una possibile opzione di gestione dei materiali da dragare possa essere l'attività di ripascimento costiero; in particolare per la descrizione del colore devono essere utilizzate tavole cromatiche con la medesima scala per entrambi i siti.



Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Ligure Occidentale

Palazzo San Giorgio - Via della Mercanzia 2 - 16124 Genova - CF/P.IVA 02443880998 - Tel. +39.010.2411  
www.portsofgenoa.com - E-mail: segreteria.generale@portsofgenoa.com - Pec: segreteria.generale@pec.porto.genova.it



PARAMETRI FISICI		UNITÀ DI MISURA
DESCRIZIONE MACROSCOPICA	Colore, odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale e/o antropica	-
GRANULOMETRIA	Frazioni granulometriche al $\frac{1}{2}\phi$ Dove $\phi = -\log_2(\text{diametro in mm}/\text{diametro unitario in mm})$	%
MINERALOGIA	Principali caratteristiche mineralogiche (facoltative)	

La descrizione macroscopica deve essere riportata nella “scheda di campo” assieme ai dati di campo ritenuti più significativi.

Nella Relazione tecnica devono essere riportate le principali classi granulometriche per ciascun campione analizzato, ovvero:

- ghiaia ( $> 2$  mm);
- sabbia ( $2 \text{ mm} < x < 0,063$  mm);
- pelite (silt:  $0,063 \text{ mm} < x < 0,004$  mm + argilla:  $< 0,004$  mm).

Nel caso di ripascimenti costieri deve essere prodotta anche la curva di distribuzione granulometrica cumulata e la ripartizione delle differenti frazioni sabbiose.

La metodologia preferibile per le analisi mineralogiche (facoltative) è mediante tecniche di diffrazione a raggi X.

#### Caratterizzazione biologica

##### Caratterizzazione microbiologica

Dragaggio, immersione in mare oltre le 3 mn e ripascimenti costieri

Attualmente non risulta possibile definire valori limite di carattere sanitario per le abbondanze di indicatori di contaminazione fecale e singoli microrganismi patogeni nei sedimenti e nelle sabbie.

Sulla base delle informazioni di cui alla Scheda di inquadramento dell'area (Capitolo 1), qualora i siti di dragaggio e/o di immersione oltre le 3 mn e/o di ripascimento siano situati nei pressi di aree destinate all'acquacoltura o alla balneazione, in queste ultime deve essere garantito il rispetto dei requisiti di qualità previsti nella normativa vigente per il comparto acque (decreto legislativo 152/2006; Reg. CE 854/2004; Decreto Legislativo 30 maggio 2008, n. 116 e Decreto 30 marzo 2010 del Ministero della Salute).

In caso di ripascimenti costieri, i sedimenti possono essere collocati nel sito di destinazione solo al di fuori della stagione balneare.

#### Analisi delle comunità bentoniche

Fornire una descrizione:

- delle comunità fito - zoobentoniche esistenti nell'area di intervento (lista specie, gruppi ecologici, gruppi trofici), con l'identificazione delle biocenosi più importanti, con particolare riferimento alla eventuale presenza di biocenosi di elevato pregio conservazionistico (praterie di fanerogame marine, coralligeno, beach rocks, ecc.), anche desumibili dalla Scheda di inquadramento dell'area di escavo;



- delle popolazioni ittiche demersali ed aree di nursery, con particolare riferimento a specie di interesse commerciale.

#### Classificazione di qualità dei materiali di escavo

Qualora per le analisi ecotossicologiche e chimiche siano stati applicati i criteri di integrazione ponderata di cui alle Appendici 2B e 2C, si deve procedere con la loro integrazione, al fine di determinare la classe di qualità dei sedimenti.

#### Classificazione ponderata

L'attribuzione della Classe di Qualità dei materiali scaturisce dalla integrazione della classificazione chimica ed ecotossicologica ottenute attraverso l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata di cui alle Appendici 2B BeO Z ZA 2C.

In particolare, la classificazione ecotossicologica è basata su un giudizio di pericolo ecotossicologico (da Assente a Molto alto) elaborato dalla integrazione ponderata dei risultati di tutte le componenti dell'intera batteria di saggi biologici.

La classificazione chimica è basata sull'elaborazione di un indice Hazard Quotient chimico (HQc) che considera la tipologia e il numero dei parametri non conformi, nonché l'entità di tali superamenti e sulla sua successiva attribuzione in una classe di pericolo (da assente a Molto alto).

Qualora non siano stati utilizzati i criteri di integrazione ponderata in base ai casi, deve essere adottata la classificazione dei materiali secondo quanto riportato in tabella 2.8.

Con concentrazioni chimiche > L2 e tossicità "assente" o "bassa" la classificazione dovrà procedere comunque con i criteri di integrazione ponderata di cui alla Tabella 2.7.

Qualora il campione sia costituito da oltre l'80% di ghiaia (diametro > 2 mm) e quindi non sia possibile definire una classe chimica, la classe di qualità del materiale corrisponde alla migliore tra quelle previste dalla classe di tossicità rilevata (Tabella 2.8).



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

**Tabella 2.7 - Classificazione della Qualità dei sedimenti secondo i criteri di integrazione ponderata.**

Classe di tossicità	Classe chimica	Classe di Qualità del materiale
<b>Assente</b>	$[C] \leq L2$	<b>A</b>
	$[C] > L2$	Da determinare secondo i criteri ponderati di cui alla tabella 2.5
<b>Bassa</b>	$[C] \leq L1$	<b>A</b>
	$L1 < [C] \leq L2$	<b>B</b>
	$[C] > L2$	Da determinare secondo i criteri ponderati di cui alla tabella 2.5
<b>Media</b>	$[C] \leq L2$	<b>C</b>
	$[C] > L2$	<b>D</b>
<b><math>\geq</math> Alta</b>	$[C] \leq L2$	<b>D</b>
	$[C] > L2$	<b>E</b>

**Tabella 2.8 - Classificazione dei sedimenti basata sui criteri tabellari; [C] = concentrazione chimica.**

#### Opzioni di gestione

Le opzioni di gestione, in funzione della classe di qualità dei materiali determinata secondo quanto riportato nelle tabelle 2.7 e 2.8, sono rappresentate nella figura seguente, con ulteriori indicazioni di seguito descritte.





**Figura 21 – Opzioni di gestione compatibili con la classificazione di qualità dei materiali da dragare**

Sedimenti di classe “A” che possono essere utilizzati per ripascimenti in presenza di impianti di acquacoltura

Per i sedimenti destinati a ripascimento della spiaggia emersa e/o sommersa, qualora nel raggio di 3 mn dal sito di destinazione siano presenti in mare impianti di acquacoltura, devono essere applicate specifiche misure di prevenzione e di controllo degli organismi destinati all'alimentazione umana, come dettagliato nel Capitolo 3.

Sedimenti di classe “D” che possono essere immersi in ambienti conterminati in grado di trattenere tutte le frazioni granulometriche del sedimento

I sedimenti di classe D possono essere trattati come di classe C e pertanto immersi in ambienti conterminati in grado di trattenere tutte le frazioni granulometriche del sedimento nei seguenti casi:

- con tossicità del sedimento “Assente” o “Bassa” (secondo il criterio ponderato o tabellare), purché collocati non a contatto con le pareti laterali o il fondo del bacino conterminato parzialmente o totalmente emerso;
- la tossicità del sedimento valutata secondo i criteri tabellari di cui alla figura 5 sia interamente dovuta alla fase solida;
- il pericolo ecotossicologico valutato secondo i criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B sia dovuto per 2/3 alla fase solida.

Sedimenti di classe "E" che possono essere immersi in ambienti conterminati impermeabilizzati:

- stima del Livello di Effetto Ecotossicologico Grave (LEG)

In relazione al potenziale pericolo ecotossicologico valutato tramite criteri di integrazione ponderata, al fine di meglio discriminare la qualità dei materiali di classe E, viene indicata una procedura statistica per la derivazione di un ulteriore Livello Chimico di riferimento sito specifico:

- il Livello di Effetto Grave (LEG).

Tale livello, stabilito per ottimizzare la gestione di sedimenti dragati da collocare in ambienti conterminati impermeabilizzati, può essere definito come "la concentrazione del contaminante in corrispondenza del quale sono attesi effetti ecotossicologici gravi (medi, alti o molto alti) con una probabilità del 95%" e per i quali occorre adottare particolari misure di salvaguardia ambientale.

Nel caso sia possibile calcolare il LEG, la procedura è descritta in Appendice 2F e il relativo tool applicativo è disponibile sul sito istituzionale ISPRA.

I materiali da dragare di classe E che presentano BO Z ZA o valori di contaminazione chimica inferiori al LEG possono essere gestiti secondo quanto previsto per i materiali di classe D.

I materiali da dragare che presentano valori di contaminazione chimica superiore al LEG rimangono di classe E, e devono essere gestiti con particolari cautele ambientali, in tutte le fasi di gestione, dal dragaggio alla destinazione finale.

Sedimenti posti all'interno di Siti di Interesse Nazionale da gestire all'esterno dei SIN. Qualora, all'interno di un Sito di bonifica di Interesse Nazionale, si intenda gestire i sedimenti da dragare al di fuori del corpo idrico da cui provengono (ovvero al di fuori del SIN), deve essere attuata una caratterizzazione che soddisfi quanto previsto dall'Allegato A al D.M. 7 novembre 2008 e dal presente Allegato Tecnico.

Entrambe le procedure di caratterizzazione vengono soddisfatte operando secondo quanto di seguito riportato.

Riguardo alla caratterizzazione ecotossicologica devono essere eseguite le analisi secondo quanto previsto al Capitolo 2 del presente Allegato Tecnico sui campioni dei livelli delle carote prelevate ai sensi dell'Allegato A al D.M. 7 novembre 2008, come di seguito specificato:

- 0-50 cm;
- 50-100 cm;
- 100-200 cm (aliquota derivante dall'accorpamento e successiva omogeneizzazione dei livelli 100-150 cm e 150-200 cm);
- 200-400 cm (aliquota derivante dall'accorpamento e successiva omogeneizzazione dei livelli 200-300 cm e 300-400 cm) e analogamente per gli eventuali successivi livelli da 2 m o frazioni superiori al metro.

Riguardo alla caratterizzazione chimica è fatto salvo quanto previsto dal D.M. 7 novembre 2008, ritenendo valide le risultanze analitiche ottenute. In particolare, per le aliquote derivanti dagli accorpamenti sopra indicati è ammesso l'utilizzo dei valori medi delle concentrazioni riferite ai due campioni analizzati separatamente. Per i parametri chimici di cui al presente Allegato Tecnico non previsti dall'Allegato A al D.M. 7 novembre 2008 si dovrà procedere all'analisi dei campioni sopra indicati.

#### Ulteriori semplificazioni inerenti la gestione

Nell'ottica di isolare eventuali "hot spot" ed ottimizzare la gestione compatibile, una volta completata la caratterizzazione e alla luce delle risultanze analitiche, sono possibili successive e ulteriori caratterizzazioni delle aree unitarie con risoluzioni minime fino a 300 m<sup>3</sup> di materiale da dragare.

Con la finalità di ottimizzare la gestione di lotti di materiale il più possibile omogenei da sottoporre alla medesima opzione di gestione, ad esclusione delle attività di ripascimento della spiaggia emersa e ad esclusione dei casi in cui sia stata operata una riduzione dei campioni nella fase di caratterizzazione (mediante formazione di campioni compositi), una volta ottenuta la classificazione dei singoli volumi unitari associati a ciascun campione (non composito), è possibile gestire con la medesima opzione lotti contigui accorpati appartenenti al medesimo livello batimetrico, purché la differenza sia di una sola classe di qualità e il volume di materiale di classe peggiore non costituisca più del 20% del volume complessivo.

