



ARPAM
AGENZIA REGIONALE
PER LA PROTEZIONE AMBIENTALE
DELLE MARCHE

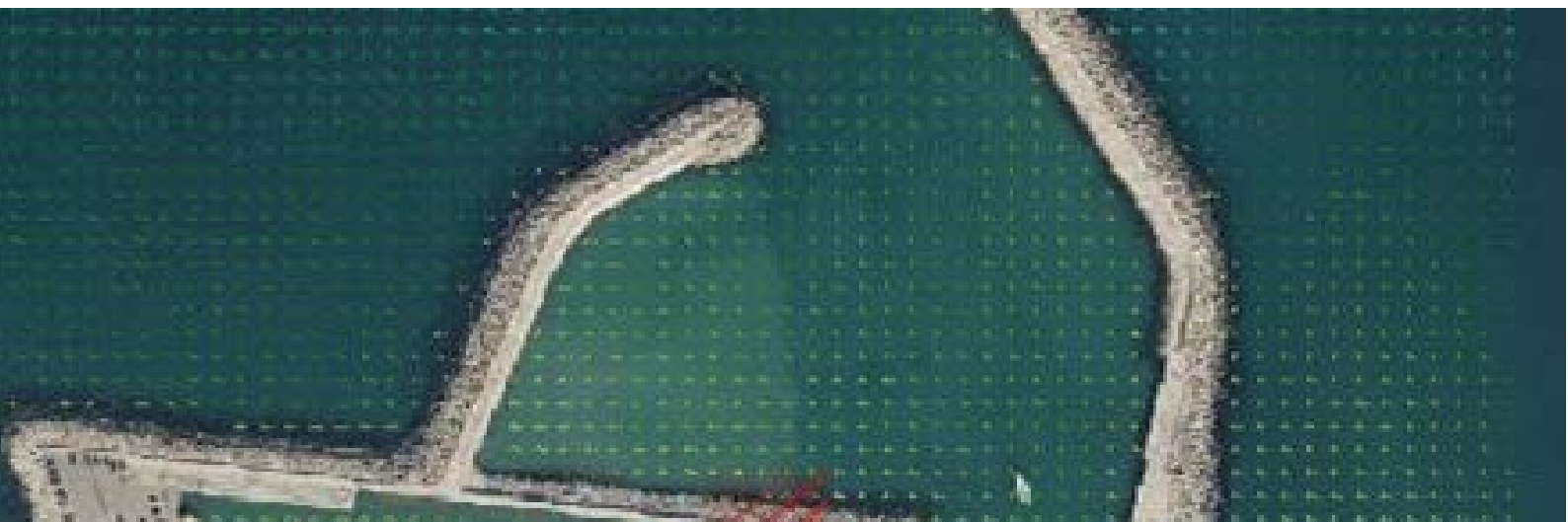


SERVIZIO TERRITORIALE DI PESARO



UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

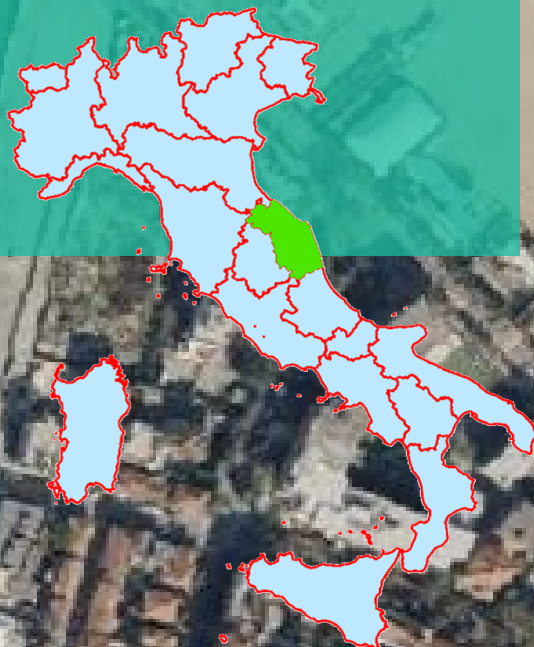
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE



**CARATTERIZZAZIONE FISICA,
CHIMICA ED ECOTOSSICOLOGICA
FINALIZZATA ALLA DEFINIZIONE
DELLA CLASSE DI QUALITÀ
E DEL PIANO DI GESTIONE DEI
SEDIMENTI DEL PORTO
DI PESARO**

RELAZIONE FINALE

MARZO 2025





ARPA MARCHE

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche
Via Luigi Ruggeri n. 5, ANCONA
dg.arpam@ambiente.marche.it

CARATTERIZZAZIONE FISICA, CHIMICA ED ECOTOSSICOLOGICA FINALIZZATA ALLA DEFINIZIONE DELLA CLASSE DI QUALITÀ E DEL PIANO DI GESTIONE DEI SEDIMENTI DEL PORTO DI PESARO RELAZIONE FINALE

Autori:
ARPAM - Servizio Territoriale di Pesaro

Data pubblicazione: **Marzo 2025**

FONTE ED ELABORAZIONE DEI DATI:

Tabelle, mappe, grafici e foto nella presente pubblicazione hanno come fonte Arpa Marche, tranne dove diversamente indicato.

ARPA Marche e le persone che agiscono per suo conto non sono responsabili per l'uso improprio delle informazioni contenute in questo volume.

È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici e in generale del contenuto del report, con la citazione della fonte.



INDICE

1. PREMESSA	6
2. ATTIVITA' DI CARATTERIZZAZIONE ESEGUITE	8
2.1 Descrizione operazioni di campionamento	8
2.2 Caratterizzazione dei campioni	9
3. CARATTERIZZAZIONE FISICA	11
3.1 Caratterizzazione granulometrica dei campioni	11
4. CARATTERIZZAZIONE ECOTOSSICOLOGICA	12
4.1 Materiali e metodi	12
4.1.1 <i>Trattamento dei campioni destinati alle analisi ecotossicologiche dopo il campionamento.</i> ..	12
4.1.2 <i>Saggio biologico con Aliivibrio fischeri in fase solida</i>	12
4.1.3 <i>Preparazione dell'elutriato per i saggi in fase liquida</i>	13
4.1.4 <i>Determinazione delle concentrazioni di ammonio su elutriati</i>	13
4.1.5 <i>Saggio biologico con Phaeodactylum tricorutum</i>	14
4.1.6 <i>Saggio di embriotossicità con Crassostrea gigas</i>	14
4.2 Risultati	15
5. CARATTERIZZAZIONE CHIMICA	21
6. INDIVIDUAZIONE DELLE CLASSI DI QUALITA' DEI SEDIMENTI	35
6.1 Classificazione del pericolo ecotossicologico dei sedimenti	35
6.2 Classificazione del pericolo chimico dei sedimenti	40
6.3 Classificazione della qualità del sedimento	42
7. RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE CLASSI DI QUALITA' DEI SEDIMENTI	46
7.1 sezioni longitudinali	46
7.1.1 Darsena Commerciale	46
7.1.2 Porto Antico	48
8. PIANO DI GESTIONE	49
9. CONCLUSIONI	51

FIGURE

Figura 2.1. Ubicazione prevista dei sondaggi (in giallo) e quella effettiva (in rosso).

Figura 3.1.1. Rappresentazione percentuale delle classi granulometriche nei campioni prelevati nell'area del Porto di Pesaro. Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

Figura 4.2.1. Risultati del saggio con *A. fischeri* in fase solida svolto sui sedimenti. Percentuale di effetto. Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

Figura 4.2.2. Risultati del saggio con *P. tricornutum*. Percentuale di crescita algale. Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

Figura 4.2.3. Risultati del saggio di embriotossicità con *C. gigas* svolto sui sedimenti. Percentuale di esemplari malformati dopo correzione di Abbott. Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

Figura 7.1.1. Sezione longitudinale dell'area denominata "Darsena Commerciale", orientata approssimativamente lungo l'asse W-E. Sono riportati esclusivamente i risultati delle maglie adiacenti situate nella zona più esterna della Darsena. L'asterisco (*) indica la maglia appartenenti alla classe di qualità "D", ma gestibili come sedimenti di classe di qualità "C".

Figura 7.1.2. Sezione longitudinale dell'area denominata "Darsena Commerciale", orientata approssimativamente lungo l'asse W-E. Sono riportati esclusivamente i risultati delle maglie adiacenti situate nell'area centrale della Darsena.

Figura 7.1.3. Sezione longitudinale dell'area denominata "Darsena Commerciale", orientata approssimativamente lungo l'asse W-E. Sono riportati esclusivamente i risultati delle maglie adiacenti situate nella zona più interna della Darsena.

Figura 7.1.4. Sezione longitudinale dell'area denominata "Darsena Commerciale", orientata approssimativamente lungo l'asse S-N. Sono inclusi tutti i campioni. Le maglie adiacenti sono separate dalle maglie non adiacenti da una colonna bianca.

Figura 7.1.5. Sezione longitudinale dell'area denominata "Porto Antico"; orientata approssimativamente lungo l'asse S-N. Sono inclusi tutti i campioni relativi all'area "Porto Antico". Le maglie non adiacenti sono separate da una colonna bianca.

TABELLE

Tabella 1.1 - Punti di campionamento e campioni prelevati nelle aree investigate del Porto di Pesaro.

Tabella 2.1. Coordinate e batimetria teorica e effettiva di campionamento.

Tabella 4.2.1. Risultati del saggio con *A. fischeri* in fase solida. Valori di bioluminescenza espressi in unità tossiche (U.T.) peso secco (p.s.) (medie \pm deviazioni standard). Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

Tabella 4.2.2. Risultati del saggio con *P. tricornutum*. Valori di crescita algale espressi in $\text{cell} \times 10^3/\text{ml}$ (medie \pm deviazioni standard). Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

Tabella 4.2.3. Risultati del saggio di embriotossicità con *C. gigas*. Valori di sviluppo espresso in % di esemplari malformati su tutti i campioni (medie \pm deviazioni standard); valori di Ammonio, in grassetto le concentrazioni

superiori al valore soglia di 3 mg L^{-1} (Quaderno ISPRA 16/2021). Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

Tabella 5.1.1. Lista dei parametri ricercati e delle metodiche analitiche utilizzate per la determinazione.

Tabella 5.1.2. Concentrazioni di metalli pesanti, composti organostannici, idrocarburi alifatici, idrocarburi policiclici aromatici (IPA). In evidenza i dati che risultano maggiori dei livelli L1 (in arancione) e L2 (in rosso), secondo la normativa vigente (DM 173/2016). Area "Darsena Commerciale".

Tabella 5.1.3. Concentrazioni di metalli pesanti, composti organostannici, idrocarburi alifatici, idrocarburi policiclici aromatici (IPA). In evidenza i dati che risultano maggiori dei livelli L1 (in arancione) e L2 (in rosso), secondo la normativa vigente (DM 173/2016). Area "Porto Antico".

Tabella 5.1.4. Concentrazioni di composti organici persistenti. In evidenza i dati che risultano maggiori dei livelli L1 (in arancione) e L2 (in rosso), secondo la normativa vigente (DM 173/2016). Area "Darsena Commerciale".

Tabella 5.1.5. Concentrazioni di composti organici persistenti. In evidenza i dati che risultano maggiori dei livelli L1 (in arancione) e L2 (in rosso), secondo la normativa vigente (DM 173/2016). Area "Porto Antico".

Tabella 6.1.1. Elaborazione della classe di pericolo ecotossicologico ottenuta mediante i criteri di integrazione ponderata sulle batterie di saggi (DM 173/2016).

Tabella 6.2.1. Classificazione del pericolo chimico dei sedimenti mediante integrazione ponderata dei dati, utilizzando come riferimenti i valori limite L1 e L2 (DM 173/2016).

Tabella 6.3.1. classificazione della qualità dei sedimenti risultante dall'applicazione dei criteri di integrazione ponderata (HQ= hazard quotient; HQc =quoziente di pericolo chimico), Tab. 2.7 del D.M. 173/16.

Tabella 6.3.2. Classificazione di qualità dei sedimenti (classe di pericolo ecotossicologico, classificazione chimica, classe di qualità del materiale).

Tabella 8.1.1. Opzioni di gestione dei sedimenti caratterizzati nell'area denominata "Darsena Commerciale".

Tabella 8.1.2. Opzioni di gestione dei sedimenti caratterizzati nell'area denominata "Darsena Commerciale"; le aree unitarie indicate in grassetto sono quelle la cui opzione di gestione è stata modificata a seguito del raggruppamento di lotti contigui secondo quanto previsto dal comma 2 del paragrafo 2.9 dell'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016.

ALLEGATI

Allegato 1 Schede di campo

Allegato 2 Schede granulometriche

Allegato 3 Rapporti di prova caratterizzazione Ecotossicologica

Allegato 4 Rapporti di Prova caratterizzazione chimica



1. PREMESSA

Il presente rapporto tecnico si riferisce alla Convenzione sottoscritta tra l'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centrale (ADSP), l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche (ARPAM) e l'Università Politecnica delle Marche (UNIVPM), finalizzata ad un'indagine tecnico-scientifica sulle criticità derivanti dagli elevati livelli di ammonio nei sedimenti portuali di Ancona e Pesaro con applicazione del recente quaderno ISPRA a casi specifici individuati nei due porti e validazione delle procedure per la loro corretta classificazione in accordo al DM 173/2016 e finalizzata alla loro gestione ambientale.

Tale indagine costituisce parte integrante della serie di studi e attività previsti dall'Accordo di Programma: "Per i dragaggi e lo sviluppo sostenibile delle aree portuali presenti nella Regione Marche" sottoscritto in data 26 febbraio 2008 dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, dalla Regione Marche, dai Comuni di Civitanova Marche, Fano, Numana e Senigallia, dall'Autorità Portuale di Ancona e dall'Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare (ICRAM), oggi Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), ed è finalizzato all'attuazione degli interventi di dragaggio delle aree portuali marchigiane. Tale atto, che ha subito una rimodulazione il 19 ottobre 2016 tra Regione Marche, il Comune di Civitanova Marche, il Comune di Fano, il Comune di Numana, l'Autorità Portuale di Ancona, ISPRA, prevede la conclusione degli interventi e una gestione integrata ambientalmente compatibile dei sedimenti rimossi attraverso la valorizzazione degli stessi.

Le attività di campionamento sono state condotte nel mese di maggio 2024 sotto la supervisione di personale ARPAM qualificato e con il supporto del personale UNIVPM. Sono stati individuati 12 punti di campionamento nella Darsena Commerciale (PU1 – PU12) e 3 punti nel Porto Antico (PU13, PU14 e PU15) e nel complesso sono stati prelevati un totale di 47 campioni (Tabella 1.1). Le successive analisi chimiche ed ecotossicologiche sul totale dei campioni sono state condotte nei mesi di maggio e giugno 2024. L'elaborazione è stata effettuata utilizzando il tool Sediqualssoft109.0®.

Cod. Campione	Area	Codice Sito	Strato (m)
M/PU/01/000-050	Darsena Commerciale	PU01	0-0.5
M/PU/01/050-100			0.5-1
M/PU/01/100-200			1-2
M/PU/02/000-050		PU02	0-0.5
M/PU/02/050-100			0.5-1
M/PU/02/100-200			1-2
M/PU/03/000-050		PU03	0-0.5
M/PU/03/050-100			0.5-1
M/PU/03/100-200			1-2
M/PU/04/000-050		PU04	0-0.5
M/PU/04/050-100			0.5-1
M/PU/04/100-200			1-2
M/PU/05/000-050		PU05	0-0.5
M/PU/05/050-100			0.5-1
M/PU/05/100-200			1-2



Cod. Campione	Area	Codice Sito	Strato (m)	
M/PU/06/000-050		PU06	0-0.5	
M/PU/06/050-100			0.5-1	
M/PU/06/100-200			1-2	
M/PU/07/000-050		PU07	0-0.5	
M/PU/07/050-100			0.5-1	
M/PU/07/100-200			1-2	
M/PU/08/000-050		PU08	0-0.5	
M/PU/08/050-100			0.5-1	
M/PU/08/100-200			1-2	
M/PU/09/000-050		PU09	0-0.5	
M/PU/09/050-100			0.5-1	
M/PU/09/100-200			1-2	
M/PU/09/200-400			2-4	
M/PU/10/000-050		PU10	0-0.5	
M/PU/10/050-100			0.5-1	
M/PU/10/100-200			1-2	
M/PU/10/200-400			2-4	
M/PU/11/000-050		PU11	0-0.5	
M/PU/11/050-100			0.5-1	
M/PU/11/100-200			1-2	
M/PU/11/200-400			2-4	
M/PU/12/000-050		PU12	0-0.5	
M/PU/12/050-100			0.5-1	
M/PU/12/100-200			1-2	
M/PU/13/000-050		Porto Antico	PU13	0-0.5
M/PU/13/050-100				0.5-1
M/PU/14/000-050			PU14	0-0.5
M/PU/14/050-100				0.5-1
M/PU/14/100-200				1-2
M/PU/15/000-050			PU15	0-0.5
M/PU/15/050-100	0.5-1			
M/PU/15/100-200	1-2			

Tabella 1.1 – Punti di campionamento e campioni prelevati nelle aree investigate del Porto di Pesaro.

2. ATTIVITA' DI CARATTERIZZAZIONE ESEGUITE

2.1 DESCRIZIONE OPERAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Le attività di campionamento si sono svolte sotto la supervisione del personale ARPAM nei giorni 7 e 8 maggio 2024, per un totale di 2 giorni di attività di campionamento. Tutte le attività sono state descritte in specifici verbali e nelle relative schede di campionamento (Allegato 1).

La caratterizzazione delle aree da sottoporre a dragaggio del Porto di Pesaro ai sensi del D.M. 173/2016 ha previsto, da piano, l'esecuzione di nr. 15 sondaggi, suddivisi tra l'area della Darsena (12 sondaggi) e l'area del Porto antico (3 sondaggi).

L'ubicazione di tali punti sondaggi è indicata in figura 2.1. In tabella 2.1 sono riportate le coordinate di progetto e le coordinate dei sondaggi effettivamente realizzati.

- Per i punti che si discostano di pochi metri rispetto a quanto previsto progettualmente, la differenza è dovuta all'oggettiva difficoltà di posizionarsi correttamente nel punto previsto a causa delle condizioni meteomarine e dell'effetto del moto ondososo;



Figura 2.1. Ubicazione prevista dei sondaggi (in giallo) e quella effettiva (in rosso).

In ciascuno dei punti campionati, il numero di campioni prelevati e le relative profondità di campionamento sono indicati nella tabella 1.1 e 2.1

Il campionamento è stato realizzato conformemente a quanto indicato dalle istruzioni operative ARPAM MD_DG_10 rev_00 al capitolo 4.7.1, procedendo quindi alla decorticazione della carota, al prelievo dell'aliquota destinata alla frazione volatile, all'omogenizzazione del campione e al conseguente prelievo delle successive diverse aliquote compresa quella del controcampione, al momento conservata da ARPAM.

Sondaggio	X Teorica UTM33	Y Teorica UTM33	X Effettiva UTM33	Y Effettiva UTM33	Δ punto teorico - effettivo (m)	Batimetria Teorica (m)	Batimetria Effettiva (m)
PU1	331634,5976	4865656,375	331634,8620	4865655,867	0,6	3,0	3,0
PU2	331670,6940	4865656,373	331671,6880	4865655,613	1,3	3,0	3,2
PU3	331720,5800	4865656,125	331719,4200	4865655,603	1,3	3,0	3,2
PU4	331780,1250	4865656,542	331780,0720	4865656,182	0,4	3,0	3,1
PU5	331635,5070	4865611,730	331635,7390	4865611,490	0,3	3,0	3,0
PU6	331699,2080	4865597,784	331699,2170	4865597,816	0,0	3,0	2,9
PU7	331783,4790	4865596,350	331783,5090	4865596,349	0,0	3,0	3,0
PU8	331859,3250	4865649,375	331859,4260	4865649,388	0,1	3,0	3,1
PU9	331860,6250	4865577,000	331860,6150	4865576,861	0,1	2,5	3,0
PU10	331828,0530	4865542,908	331826,0120	4865543,327	0,7	2,5	2,8
PU11	331784,1740	4865530,075	331784,8720	4865531,299	1,4	2,5	3,2
PU12	331740,9160	4865539,009	331741,5500	4865539,259	2,1	3,0	3,0
PU13	331801,2140	4865334,504	331803,1550	4865334,143	2,0	3,5	4,0
PU14	331816,4520	4865113,336	331815,1720	4865113,229	1,3	3,0	2,6
PU15	331773,8970	4864952,935	331774,1230	4864953,248	0,4	2,5	2,0

Tabella 2.1. Coordinate e batimetria teorica e effettiva di campionamento.

2.2 CARATTERIZZAZIONE DEI CAMPIONI

Tra maggio e giugno 2024 sono state eseguite le seguenti determinazioni analitiche sui campioni di sedimento prelevati dalle aree sopracitate.

Su tutti i campioni prelevati sono state effettuate le seguenti analisi:

- Analisi granulometria;
- Analisi chimica, volta a ricercare i seguenti parametri: TOC, metalli ed elementi in tracce (Al, As, Cd, Cr VI, Cr tot, Fe, Hg, Ni, Pb, Cu, V, Zn), Policlorobifenili (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), Idrocarburi policiclici aromatici (Naftalene, Acenaftilene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Fluorantene, Pirene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3-cd) pirene e loro sommatoria), Idrocarburi C>12, Organostannici (Monobutil, Dibutil, Tributilstagno e loro Sommatoria), Pesticidi organo clorurati (Aldrin, Dieldrin, Eldrin, α -esaclorocicloesano, β -esaclorocicloesano, γ -esaclorocicloesano (Lindano), Clordano, DDD, DDT, DDE, HCB, eptacloro epossido);



Nel 10% dei campioni è stata determinata la sommatoria T.E. di PCDD e PCDF (1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF, 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF, 1,2,3,4,7,8-HxCDD, 1,2,3,4,7,8-HxCDF, 1,2,3,6,7,8-HxCDD, 1,2,3,6,7,8-HxCDF, 1,2,3,7,8,9-HxCDD, 1,2,3,7,8,9-HxCDF, 1,2,3,7,8-PeCDD, 1,2,3,7,8-PeCDF, 2,3,4,6,7,8-HxCDF, 2,3,4,7,8-PeCDF, 2,3,7,8-TCDD, 2,3,7,8-TCDF, OCDD, OCDF).

- saggi ecotossicologici su una batteria costituita da n. 3 organismi appartenenti a gruppi tassonomici scelti dalla combinazione di cui alla Tabella 2.3 dell'Allegato Tecnico del D.M. 173/16 (bioluminescenza in *Aliivibrio fischeri* su fase solida, crescita algale in *Phaeodactylum tricornutum* su elutriato, embriotossicità in *Crassostrea gigas* su elutriato).

Le metodologie utilizzate in ciascuna analisi, ed i risultati ottenuti, sono dettagliati nei capitoli successivi.

3. CARATTERIZZAZIONE FISICA

3.1 CARATTERIZZAZIONE GRANULOMETRICA DEI CAMPIONI

Tutti i campioni prelevati sono stati sottoposti ad analisi granulometrica delle principali classi:

ghiaia ($> 2 \text{ mm}$);

sabbia ($2 \text{ mm} > x > 0,063 \text{ mm}$);

pelite (silt: $0,063 \text{ mm} > x > 0,004 \text{ mm}$ + argilla: $< 0,004 \text{ mm}$)

Le analisi granulometriche sono state condotte utilizzando il diffrattometro Mastersizer® 3000, prodotto dalla società Malvern Instruments Ltd, e seguendo la metodica ISO 13320:2020. I rapporti di prova con i risultati delle analisi granulometriche sono forniti nell' Allegato 2. Nei grafici sottostanti è rappresentata la composizione granulometrica percentuale dei campioni analizzati, ed una breve descrizione dei risultati ottenuti.

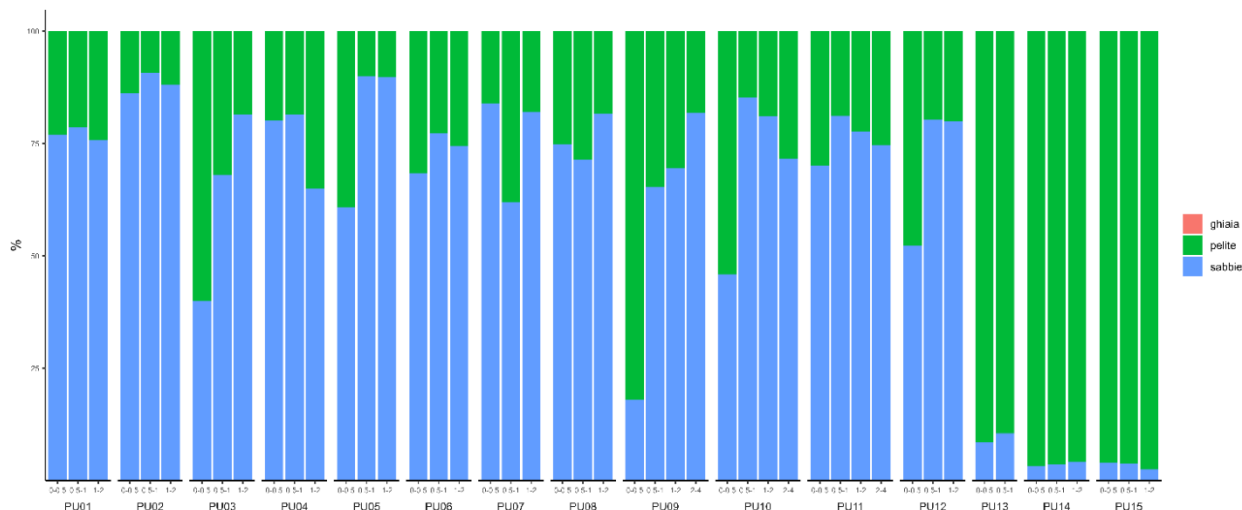


Figura 3.1.1. Rappresentazione percentuale delle classi granulometriche nei campioni prelevati nell'area del Porto di Pesaro. Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

Nel grafico in Figura 3.1.1 vengono riportate le caratteristiche granulometriche dei sedimenti secondo quanto indicato dal DM 173/2016. Nella quasi totalità dei campioni prelevati nell'area della Darsena Commerciale si osserva che la granulometria prevalente è costituita dalle sabbie, con un'abbondanza relativa compresa tra il 50% e il 90%. Fanno eccezione i campioni M/PU/03/000-050, M/PU/09/000-050 e M/PU/10/000-050, nei quali prevale il contenuto di pelite. Nell'area del Porto Antico (PU/13, PU/14, PU/15), invece, si osserva una netta predominanza di pelite, con una media del 95%.

In conclusione, tra i 47 campioni di sedimento analizzati, 11 (pari al 23% del totale) mostrano una prevalenza di pelite, mentre in 36 campioni (77%) la classe granulometrica predominante è la sabbia.



4. CARATTERIZZAZIONE ECOTOSSICOLOGICA

4.1 MATERIALI E METODI

La caratterizzazione ecotossicologica dei sedimenti è stata effettuata dal Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente di UNIVPM, con le metodiche di sotto riportate.

4.1.1 *Trattamento dei campioni destinati alle analisi ecotossicologiche dopo il campionamento*

Immediatamente dopo il prelievo, i campioni destinati alle analisi ecotossicologiche sono stati trasportati in contenitori privi di spazio d'aria presso i laboratori del Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università Politecnica delle Marche, dove sono stati mantenuti a 4 – 6 °C al buio: in accordo al D.M. 173/2016, entro 3 giorni dal campionamento i sedimenti sono stati analizzati a fresco per l'esecuzione del saggio in fase solida, ed utilizzati per la preparazione degli elutriati, successivamente conservati a -20°C fino all'esecuzione dei saggi su fase liquida.

Le analisi ecotossicologiche dei sedimenti sono state effettuate applicando una batteria di saggi (bioluminescenza batterica in fase solida, crescita algale ed embriotossicità su fase liquida), secondo quanto previsto dal D.M. n. 173 del 15 luglio 2016 "*Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini*". I risultati analitici ottenuti sono stati successivamente elaborati mediante il software SediQualsoft 109.0®, applicando i criteri di integrazione ponderata per determinare l'indice di qualità ecotossicologica $HQ_{batteria}$. I rapporti di prova relativi alla caratterizzazione ecotossicologica sono forniti nell'Allegato 3.

4.1.2 *Saggio biologico con Aliivibrio fischeri in fase solida*

Questo saggio è stato applicato entro 3 giorni dal campionamento direttamente alla fase solida. Il metodo utilizzato è riconducibile al protocollo standard ISO 11348 (2006) e al protocollo ISPRA (ISPRA, Quaderni Laboratorio 4/2021: "Procedura operativa per il saggio in fase solida mediante Aliivibrio fischeri"). In particolare, ai campioni di sedimento centrifugato è stato applicato il protocollo Solid Phase Test (SPT) con la procedura Large Sample Method (Azur Environmental, 1995) organizzato con 9-12 diluizioni e 3 controlli a seconda della granulometria del campione. Il test prevede una prima esposizione di 20 minuti durante i quali i batteri si trovano a diretto contatto con il sedimento ed una seconda fase di ulteriori 10 minuti in cui la risospensione batterica viene incubata nel luminometro. Poiché il test in fase solida viene effettivamente applicato sulla frazione granulometrica < 1 mm e poiché la componente naturale della tossicità è funzione della frazione pelitica, l'analisi granulometrica è stata necessaria per la valutazione del reale livello di tossicità acuta. L'emissione della bioluminescenza è stata misurata all'interno del luminometro M500, dotato di pozzetti termostatati a 15 °C per i controlli e i campioni, e a 4°C per il reagente. La relazione dose-risposta, ovvero concentrazione del campione-inibizione



della bioluminescenza, è stata elaborata mediante il software dedicato (Microtox OmniTM v. 1.16).

4.1.3 Preparazione dell'elutriato per i saggi in fase liquida

La preparazione dell'elutriato del sedimento è stata effettuata, secondo quanto riportato nel Quaderno ISPRA 16/2021 (ISPRA, Quaderni Ricerca Marina 16/2021: "Aspetti metodologici finalizzati all'applicazione dei saggi biologici previsti dall'allegato tecnico al D.M.173/16: Protocollo per la preparazione dell'elutriato").

Per il saggio biologico con *Phaeodactylum tricornutum*, l'elutriato è stato realizzato con quattro parti di acqua di mare filtrata combinate in peso con una parte di sedimento. Per quanto riguarda la conduzione dei saggi in fase liquida a lungo termine/cronici indicati come saggi della terza tipologia del D.M.173/2016 (saggio di embriotossicità con *Crassostrea gigas*), la preparazione dell'elutriato del sedimento è stata effettuata con il rapporto sedimento tal quale – acqua di 1:10.

Sub-campioni di surnatante sono stati congelati e utilizzati nei vari test, in modo da impiegare sempre lo stesso campione nel corso dei vari esperimenti. Il congelamento, infatti, non altera in modo significativo le caratteristiche dei nutrienti (NO₃ e PO₄) della fase liquida (Clementson e Wayte, 1992) e non determina differenze significative tra la tossicità di campioni di matrici acquose appena estratte o congelate (Carr e Chapman, 1995). Il congelamento è pertanto un passaggio indispensabile per garantire la confrontabilità fra i dati sperimentali, in quanto permette di stoccare adeguatamente i sub-campioni rendendoli disponibili per la ripetizione del saggio in periodi diversi.

4.1.4 Determinazione delle concentrazioni di ammonio su elutriati

Per la determinazione dell'ammonio negli elutriati 1:10 destinati al saggio di embriotossicità, aliquote dei campioni sono state pretrattate per l'abbattimento dei cloruri, specie chimica che interferisce con l'analisi dell'ammonio. Tale pretrattamento è stato effettuato mediante l'utilizzo di uno specifico kit di eliminazione dei cloruri Hach-Lange LCW 925.

Lo ione ammonio viene determinato come azoto ammoniacale attraverso il metodo Hach-Lange LCK 303, conforme al metodo IRSA-CNR (APAT Manuali e Linee Guida 29/2003) numero 4030-A1 "Determinazione spettrofotometrica all'indofenolo".

Per i campioni di elutriato destinati al test di embriotossicità con *Crassostrea gigas*, qualora le concentrazioni di ammonio siano superiori al valore soglia di 3 mg L⁻¹ (NH₄⁺) riportato al paragrafo 2.3.1 del Quaderno ISPRA 16/2021, si può procedere con l'analisi del campione diluito al 50%.

4.1.5 Saggio biologico con *Phaeodactylum tricornutum*

La metodica utilizzata nel saggio algale è riportata nella norma UNI ISO 10253 (2006) che prevede l'utilizzo di *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin, o *Skeletonema costatum*. Per i campioni in esame, il saggio biologico è stato eseguito con *P. tricornutum*.

Il principio del test consiste nell'espore una coltura algale pura in fase di crescita esponenziale per diverse generazioni a concentrazioni note di campione, in condizioni fisico-chimiche standardizzate e con un definito e omogeneo apporto di nutrienti. Al termine del periodo d'incubazione viene confrontata la crescita algale nel campione con quella del controllo.

Mantenimento della coltura algale madre e fasi preparatorie

Le colture cellulari madri sono state mantenute in opportuno mezzo di crescita con periodici rinnovi per mantenerle nella fase di crescita esponenziale. A partire dalla coltura madre, una pre-coltura con una densità cellulare compresa tra 2×10^3 e 10^4 cell/ml è stata preparata 2-4 giorni prima dell'inizio del test ed incubata alle stesse condizioni previste per il test. La densità cellulare raggiunta dalla pre-coltura è stata poi valutata immediatamente prima dell'utilizzo, per la preparazione della coltura di inoculo a densità cellulare definita.

Metodologia di esecuzione del test

L'elutriato ottenuto da ciascun campione di sedimento è stato testato tal quale. Un'aliquota della coltura di inoculo è stata quindi addizionata alla soluzione test (elutriato puro) insieme ad una appropriata quantità di mezzo di coltura concentrato. La soluzione così ottenuta, con una densità cellulare compresa tra 8×10^3 e 1.2×10^4 cell/ml, è stata distribuita in triplice replica in piastre monouso sterili a 6 pozzetti e posta per 72h in camera termostatica a $21 \pm 2^\circ\text{C}$, con regime di illuminazione continua del tipo cool white e con una intensità compresa tra 7.000 e 8.000 lux. Acqua di mare sintetica filtrata, è stata considerata come controllo negativo. In contemporanea, un controllo positivo è stato effettuato utilizzando bicromato di potassio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) come tossico di riferimento per controllare la procedura e la sensibilità del test. Al termine del prefissato periodo di incubazione è stata determinata la crescita algale di ogni replicato, attraverso letture al microscopio ottico.

4.1.6 Saggio di embriotossicità con *Crassostrea gigas*

Il test di embriotossicità è stato condotto con l'ostrica, *Crassostrea gigas*, utilizzando il metodo riconducibile al protocollo ICES (2013). Le ostriche (*C. gigas*) adulte sono state acquistate presso un impianto di acquacoltura (*Guernsey Sea Farms*) che garantisce la maturità sessuale dei bivalvi in qualsiasi periodo dell'anno. All'interno di una camera termostata, gli esemplari vengono posti in acquari di vetro contenenti acqua di mare dotati di un sistema di aereazione e di filtraggio.



Periodicamente vengono controllati temperatura ($16 \pm 2^\circ\text{C}$), salinità (33‰ - 36‰), pH (7,8 - 8,2), ammoniaca e nitrati. In questo modo le ostriche sono mantenute in condizioni stabili.

Modalità di esecuzione del test di embriotossicità

La fase vera e propria del test consiste nell'ottenere gli zigoti attraverso l'unione della sospensione spermatica con la sospensione di uova in un rapporto spermatozoi:uova di 10:1. Il saggio di embriotossicità viene eseguito esponendo una concentrazione fissa di uova fecondate alla soluzione test in cella termostatica al buio, a $24 \pm 2^\circ\text{C}$ per 48h, al fine di garantire che tutti gli zigoti raggiungano lo stadio di larva nel controllo negativo. Oltre ai campioni e al controllo negativo, viene allestito un controllo positivo con un tossico di riferimento (nitrato di rame) per controllare la sensibilità dell'organismo test. I campioni e il controllo positivo sono allestiti in 3 repliche, il controllo negativo in 6 repliche. Dopo il tempo di esposizione previsto il test viene fermato con fissativo di Lugol ed etanolo. La stima della percentuale di larve normali avviene contando 100 larve.

Elaborazione dei dati

L'effetto tossico del campione viene determinato dalla percentuale di embrioni malformati rispetto a un controllo di acqua di mare applicando la correzione di Abbott (ASTM, 1995). Il test viene considerato valido se la percentuale di larve normoformate nel controllo è superiore all'80% del totale degli embrioni contati.

4.2 RISULTATI

Nelle Figure 4.2.1-4.2.3 e nelle Tabelle 4.2.1-4.2.3 vengono riportati i risultati dei singoli saggi ecotossicologici ottenuti sui campioni di sedimento con *A. fischeri* in fase solida, e con *P. tricornutum* e *C. gigas* in fase liquida.

Per quanto riguarda il saggio con il batterio *A. fischeri* effettuato sul sedimento in fase solida, i risultati ottenuti per l'area "Darsena Commerciale" (PU01-PU12) presentano, per la maggior parte dei campioni, valori di percentuale di inibizione della bioluminescenza compresi tra 0% e 48%; i campioni M/PU/03/000-050, M/PU/03/050-100 e M/PU/05/000-050 mostrano un range di percentuale di effetto tra 50% e 70% e in 5 campioni si evidenzia una tossicità superiore al 75% (M/PU/01/100-200, M/PU/02/000-050, M/PU/04/000-050, M/PU/05/100-200, M/PU/09/050-100).

Nell'area "Porto Antico" (PU13-PU15), i campioni mostrano percentuali di inibizione minori del 50%, ad eccezione dei campioni M/PU/13/000-050, M/PU/14/050-100 e M/PU/14/100-200 con circa il 60% (Tabella 4.2.1, Figura 4.2.1).

Il saggio effettuato con l'alga *P. tricornutum* sui sedimenti dell'area "Darsena Commerciale" ha evidenziato una percentuale di inibizione della crescita algale compresa tra 2.8% (M/PU/02/000-050) e 63.6% (M/PU/05/050-100); il 26% dei campioni hanno invece evidenziato un lieve fenomeno di biostimolazione della crescita algale inferiore al 30% (tutti gli strati del sito PU06, gli strati più profondi del sito PU07, e i campioni M/PU/10/000-050 e M/PU/11/100-200). Il campione superficiale del sito PU12 mostra un fenomeno di biostimolazione pari al 55%.

I campioni dell'area "Porto Antico" hanno evidenziato un generale fenomeno di biostimolazione della crescita algale, con l'eccezione del campione M/PU/15/100-200 che presenta un effetto di inibizione percentuale pari a 49% (Tabella 4.2.2, Figura 4.2.2).

I risultati del saggio di embriotossicità con l'ostrica *C. gigas* vengono riportati nella Figura 4.2.3 dopo correzione di Abbott, mentre nella Tabella 4.2.3 i risultati vengono espressi come percentuale di esemplari malformati in tutti i campioni (compresi i controlli); nella stessa Tabella vengono anche riportate le concentrazioni di ammonio misurate negli elutriati ed indicati i 6 campioni, nei quali le concentrazioni di NH_4^+ sono risultate superiori al valore soglia di 3 mg L^{-1} e per i quali si è pertanto proceduto con l'analisi del campione diluito al 50% (Quaderno ISPRA 16/2021).

Per quanto riguarda l'area "Darsena Commerciale", i risultati riflettono una sostanziale assenza di tossicità per tutti i campioni con l'unica eccezione del campione "M/PU/03/050-100" che mostra un effetto del 66%.

Nell'Area "Porto Antico", gli effetti biologicamente più rilevanti sono stati ottenuti nel 50% dei campioni (4 campioni) con una percentuale di malformati superiore al 77%.

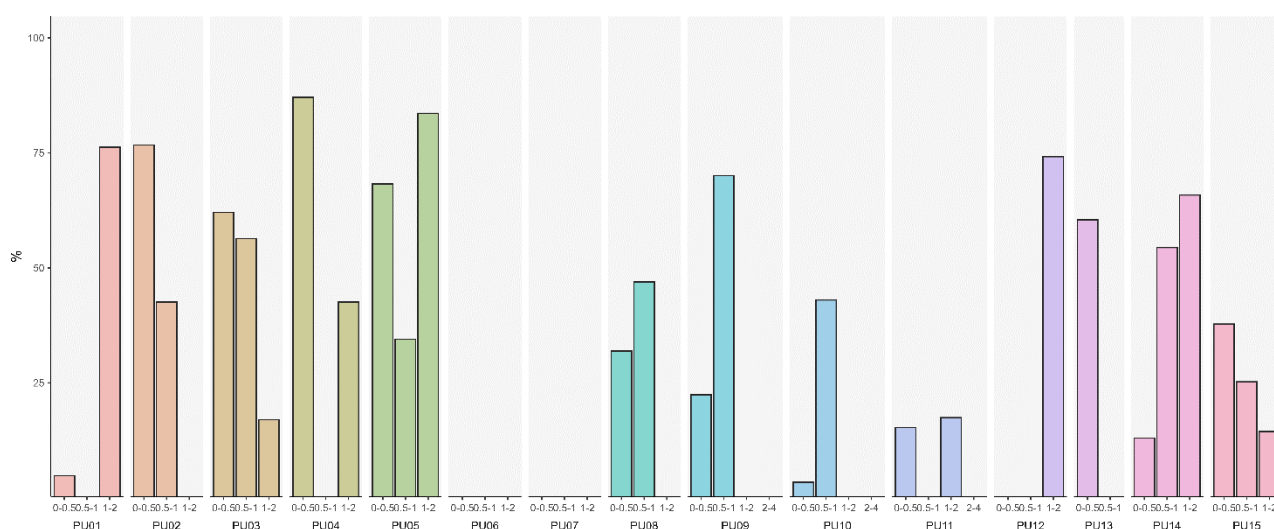


Figura 4.2.1. Risultati del saggio con *A. fischeri* in fase solida svolto sui sedimenti. Percentuale di effetto. Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

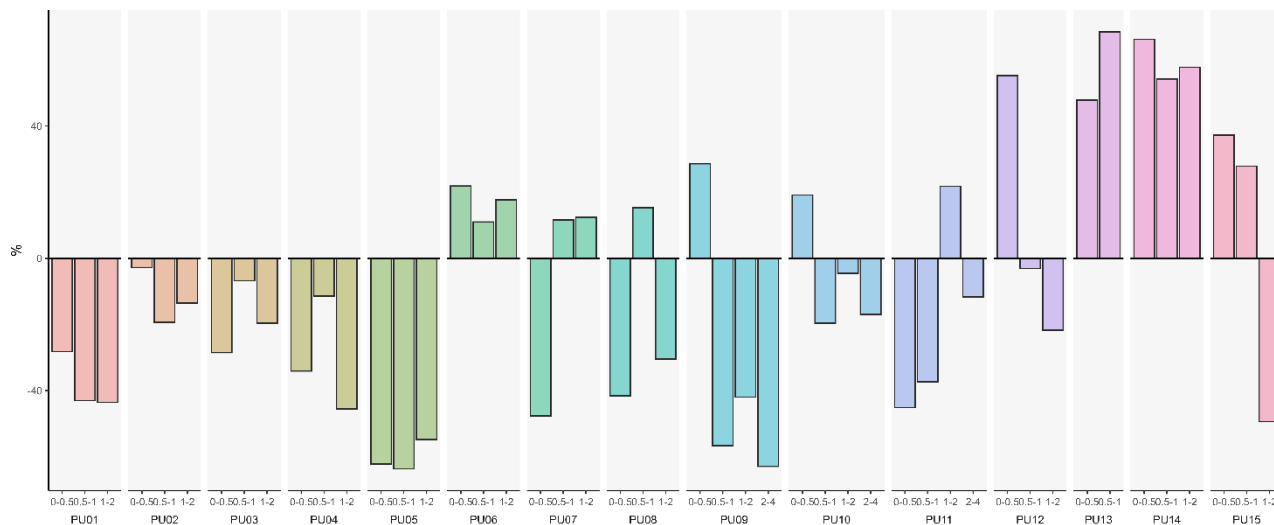


Figura 4.2.2. Risultati del saggio con *P. tricornutum*. Percentuale di crescita algale. Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

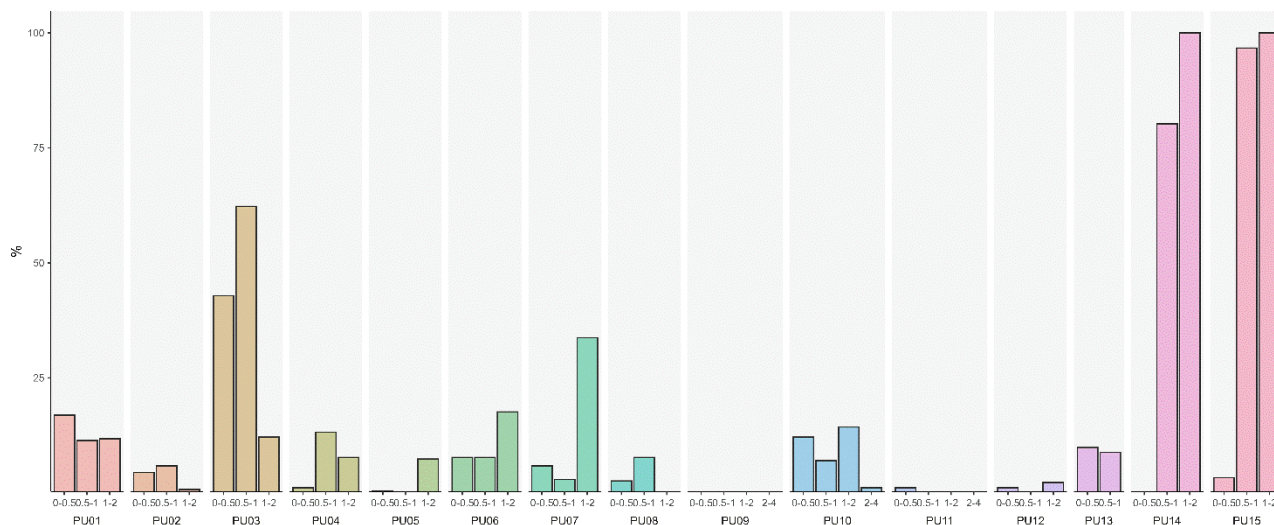


Figura 4.2.3. Risultati del saggio di embriotossicità con *C. gigas* svolto sui sedimenti. Percentuale di esemplari malformati dopo correzione di Abbott. Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

CAMPIONE	CONTROLLO		TRATTATO	
	U.T.	U.T.	U.T.	U.T.
PU/01/0.0-0.5m	97,3	± 8,7	102,2	± 19,0
PU/01/0.5-1.0m	92,1	± 6,8	64,0	± 7,6
PU/01/1.0-2.0m	101,1	± 7,1	425,4	± 42,9
PU/02/0.0-0.5m	68,5	± 2,3	293,9	± 20,8
PU/02/0.5-1.0m	54,4	± 7,0	94,8	± 15,7
PU/02/1.0-2.0m	62,6	± 13,5	22,9	± 1,5
PU/03/0.0-0.5m	213,3	± 7,6	562,4	± 49,0
PU/03/0.5-1.0m	125,4	± 3,3	287,1	± 27,2
PU/03/1.0-2.0m	83,4	± 4,5	100,5	± 16,9
PU/04/0.0-0.5m	87,6	± 3,8	678,2	± 61,2

CAMPIONE	CONTROLLO			TRATTATO		
	U.T.			U.T.		
PU/04/0.5-1.0m	83,2	±	3,3	50,2	±	13,3
PU/04/1.0-2.0m	134,8	±	6,0	234,7	±	31,3
PU/05/0.0-0.5m	147,9	±	5,8	465,7	±	31,5
PU/05/0.5-1.0m	56,5	±	4,2	86,2	±	17,0
PU/05/1.0-2.0m	57,1	±	2,9	347,8	±	50,3
PU/06/0.0-0.5m	124,4	±	14,6	104,7	±	5,2
PU/06/0.5-1.0m	96,3	±	15,6	45,2	±	11,6
PU/06/1.0-2.0m	105,4	±	20,2	99,5	±	27,2
PU/07/0.0-0.5m	75,8	±	7,1	37,0	±	3,6
PU/07/0.0-0.5m	144,5	±	17,7	62,5	±	12,4
PU/07/1.0-2.0m	81,5	±	10,5	42,5	±	3,7
PU/08/0.0-0.5m	104,3	±	17,2	153,1	±	44,9
PU/08/0.5-1.0m	114,8	±	14,0	216,3	±	51,3
PU/08/1.0-2.0m	83,0	±	9,4	33,4	±	2,6
PU/09/0.0-0.5m	281,7	±	11,0	363,1	±	60,3
PU/09/0.5-1.0m	134,0	±	15,1	447,3	±	43,3
PU/09/1.0-2.0m	120,6	±	6,6	61,1	±	14,7
PU/09/2.0-4.0m	82,0	±	4,6	60,9	±	14,6
PU/10/0.0-0.5m	194,5	±	13,1	201,4	±	27,9
PU/10/0.5-1.0m	71,3	±	1,5	125,1	±	37,0
PU/10/1.0-2.0m	84,7	±	6,9	59,9	±	2,0
PU/10/2.0-4.0m	113,9	±	5,6	31,3	±	5,3
PU/11/0.0-0.5m	119,1	±	2,0	140,5	±	11,1
PU/11/0.5-1.0m	84,2	±	1,9	44,4	±	10,3
PU/11/1.0-2.0m	95,3	±	3,1	115,4	±	10,3
PU/11/2.0-4.0m	104,6	±	22,8	45,6	±	10,6
PU/12/0.0-0.5m	174,5	±	10,3	113,1	±	40,6
PU/12/0.5-1.0m	87,1	±	1,4	52,4	±	4,4
PU/12/1.0-2.0m	87,9	±	2,2	340,5	±	36,0
PU/13/0.0-0.5m	311,8	±	16,4	788,1	±	79,8
PU/13/0.5-1.0m	305,4	±	47,0	305,4	±	81,1
PU/14/0.0-0.5m	328,3	±	34,5	377,4	±	77,6
PU/14/0.5-1.0m	327,2	±	22,7	717,7	±	129,2
PU/14/1.0-2.0m	325,3	±	28,9	951,8	±	113,1
PU/15/0.0-0.5m	325,9	±	19,4	523,6	±	31,1
PU/15/0.5-1.0m	326,6	±	11,9	436,7	±	58,2
PU/15/1.0-2.0m	330,3	±	37,3	385,9	±	30,5

Tabella 4.2.1. Risultati del saggio con *A. fischeri* in fase solida. Valori di bioluminescenza espressi in unità tossiche (U.T.) peso secco (p.s.) (medie ± deviazioni standard). Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

Campione	cellx10 ³ /ml
CTRL	91,3 ± 22,4
PU/01/0.0-0.5m	65,5 ± 2
PU/01/0.5-1.0m	52 ± 14,3
PU/01/1.0-2.0m	51,5 ± 0,1
PU/02/0.0-0.5m	88,8 ± 15,7
PU/02/0.5-1.0m	73,7 ± 3,2
PU/02/1.0-2.0m	79 ± 11,7
PU/03/0.0-0.5m	65,3 ± 19,7
PU/03/0.5-1.0m	85,1 ± 29



Campione	cellx10 ³ /ml
PU/03/1.0-2.0m	73,5 ± 18,1
PU/04/0.0-0.5m	60,2 ± 10,3
PU/04/0.5-1.0m	80,9 ± 15
PU/04/1.0-2.0m	49,7 ± 28,9
PU/05/0.0-0.5m	34,5 ± 7,3
PU/05/0.5-1.0m	33,2 ± 9,4
PU/05/1.0-2.0m	41,3 ± 29,7
PU/06/0.0-0.5m	111,3 ± 11,2
PU/06/0.5-1.0m	101,4 ± 26,6
PU/06/1.0-2.0m	107,5 ± 16
PU/07/0.0-0.5m	47,8 ± 0,7
PU/07/0.0-0.5m	102 ± 34,2
PU/07/1.0-2.0m	102,7 ± 54
PU/08/0.0-0.5m	53,4 ± 13,1
PU/08/0.5-1.0m	105,3 ± 10,1
PU/08/1.0-2.0m	63,5 ± 7,5
PU/09/0.0-0.5m	117,5 ± 23,7
PU/09/0.5-1.0m	39,6 ± 10,6
PU/09/1.0-2.0m	53 ± 12,6
PU/09/2.0-4.0m	33,9 ± 2,8
PU/10/0.0-0.5m	108,8 ± 12
PU/10/0.5-1.0m	73,4 ± 11,2
PU/10/1.0-2.0m	87,2 ± 7
PU/10/2.0-4.0m	75,9 ± 6,4
PU/11/0.0-0.5m	50,1 ± 5,2
PU/11/0.5-1.0m	57,2 ± 11,8
PU/11/1.0-2.0m	111,2 ± 33,5
PU/11/2.0-4.0m	80,7 ± 27,7
PU/12/0.0-0.5m	141,8 ± 65,3
PU/12/0.5-1.0m	88,5 ± 3,1
PU/12/1.0-2.0m	71,5 ± 22,5
PU/13/0.0-0.5m	135 ± 30,3
PU/13/0.5-1.0m	153,9 ± 20,8
PU/14/0.0-0.5m	151,8 ± 6,9
PU/14/0.5-1.0m	140,9 ± 14
PU/14/1.0-2.0m	144,1 ± 9,5
PU/15/0.0-0.5m	125,4 ± 26,5
PU/15/0.5-1.0m	116,8 ± 12,6
PU/15/1.0-2.0m	46,2 ± 14,6

Tabella 4.2.2. Risultati del saggio con *P. tricornutum*. Valori di crescita algale espressi in cellx10³/ml (medie ± deviazioni standard). Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

Campione	% esemplari malformati	NH ₄ ⁺ mg/L
CTRL	9 ± 3,9	
PU/01/0.0-0.5m	23,3 ± 15,3	0,8
PU/01/0.5-1.0m	19,3 ± 10,2	1,7
PU/01/1.0-2.0m	19,6 ± 7,7	0,9
PU/02/0.0-0.5m	13 ± 5,2	0,7
PU/02/0.5-1.0m	14,3 ± 4	0,6
PU/02/1.0-2.0m	8,3 ± 2,5	0,9



Campione	% esemplari malformati	NH₄⁺ mg/L
PU/03/0.0-0.5m	48 ± 4,3	4,9
PU/03/0.5-1.0m	65,6 ± 7,7	6,3
PU/03/1.0-2.0m	20 ± 5,1	1,5
PU/04/0.0-0.5m	8,3 ± 3,2	1,2
PU/04/0.5-1.0m	21 ± 9,8	1,6
PU/04/1.0-2.0m	16 ± 6,2	1,8
PU/05/0.0-0.5m	7 ± 3	0,7
PU/05/0.5-1.0m	4,6 ± 1,5	7,2
PU/05/1.0-2.0m	15,6 ± 0,5	0,9
PU/06/0.0-0.5m	17,3 ± 12	0,8
PU/06/0.5-1.0m	14 ± 2	0,7
PU/06/1.0-2.0m	21 ± 12	0,6
PU/07/0.0-0.5m	14,3 ± 2,8	0,3
PU/07/0.5-1.0m	11,6 ± 2	1,3
PU/07/1.0-2.0m	39,6 ± 52,2	0,4
PU/08/0.0-0.5m	9,6 ± 5,6	0,7
PU/08/0.5-1.0m	16 ± 2,6	1,3
PU/08/1.0-2.0m	5 ± 0	0,6
PU/09/0.0-0.5m	6 ± 1	0,4
PU/09/0.5-1.0m	9 ± 1,7	0,8
PU/09/1.0-2.0m	7 ± 6	0,3
PU/09/2.0-4.0m	7,3 ± 2,5	0,9
PU/10/0.0-0.5m	20,6 ± 2	0,7
PU/10/0.5-1.0m	31,3 ± 4,1	0,8
PU/10/1.0-2.0m	25,6 ± 4,7	1,6
PU/10/2.0-4.0m	11,6 ± 4,7	0,5
PU/11/0.0-0.5m	7,6 ± 2	7,6
PU/11/0.5-1.0m	7,6 ± 2,5	0,6
PU/11/1.0-2.0m	4,3 ± 1,5	0,6
PU/11/2.0-4.0m	7 ± 1	1,3
PU/12/0.0-0.5m	8,3 ± 3,7	1,4
PU/12/0.5-1.0m	5,6 ± 1,5	0,9
PU/12/1.0-2.0m	9,3 ± 2,8	0,8
PU/13/0.0-0.5m	21 ± 3,6	0,9
PU/13/0.5-1.0m	13 ± 4	2,8
PU/14/0.0-0.5m	13,6 ± 4,1	2,5
PU/14/0.5-1.0m	77,3 ± 5,6	5,8
PU/14/1.0-2.0m	100 ± 0	7,7
PU/15/0.0-0.5m	14 ± 2	2,9
PU/15/0.5-1.0m	98,3 ± 1,5	0,7
PU/15/1.0-2.0m	100 ± 0	0,6

Tabella 4.2.3. Risultati del saggio di embriotossicità con *C. gigas*. Valori di sviluppo espresso in % di esemplari malformati su tutti i campioni (medie ± deviazioni standard); valori di Ammonio, in grassetto le concentrazioni superiori al valore soglia di 3 mg L⁻¹ (Quaderno ISPRA 16/2021). Area "Darsena Commerciale": siti da PU01 a PU12; Area "Porto Antico": siti PU13, PU14 e PU15.

5. CARATTERIZZAZIONE CHIMICA

La caratterizzazione chimica dei sedimenti è stata effettuata dal Laboratorio Multisito di ARPAM.

I parametri determinati, e le metodiche analitiche utilizzate per la loro determinazione sono indicati nella sottostante tabella 5.1.1.

Parametro	Unità di misura	Metodo
Cromo VI	mg/kg ss	EPA 3060A 1996 + EPA 7196A 1992
Idrocarburi pesanti C>12	µg/kg ss	UNI EN ISO 16703:2011
TOC	% ss	UNI EN 13137:2002
Acenaftene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Acenaftilene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Antracene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Benzo(a)antracene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Benzo(a)pirene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Benzo(b)fluorantene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Benzo(g,h,i)perilene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Benzo(k)fluorantene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Dibenzo(a,h)antracene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Crisene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Fenantrene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Fluorantene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Fluorene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Indeno (1,2,3-cd) pirene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Naftalene	µg/kg ss	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018
Pirene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Sommatoria IPA	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Aldrin	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Dieldrin	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Endrin	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
alfa-HCH	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018



beta-HCH	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
gamma-HCH (Lindano)	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Clordano	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
DDD	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
DDT	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
DDE	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Esaclorobenzene	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Eptacloro epossido	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
Monobutilstagno	µg/kg ss	UNI EN ISO 23161:2019
Dibutilstagno	µg/kg ss	UNI EN ISO 23161:2019
Tributilstagno	µg/kg ss	UNI EN ISO 23161:2019
Somma Composti Organostannici	µg/kg ss	UNI EN ISO 23161:2019
PCB 28	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
PCB 52	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
PCB 77	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
PCB 81	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
PCB 101	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
PCB 118	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
PCB 126	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
PCB 128	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
PCB 138	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
PCB 153	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
PCB 156	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
PCB 169	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
PCB 180	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
PCB Tot	µg/kg ss	EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018
2,3,7,8-TCDD	ng/Kg	EPA 8280B 2007
1,2,3,7,8-PeCDD	ng/Kg	EPA 8280B 2007
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/Kg	EPA 8280B 2007
1,2,3,6,7,8-HxCDD	ng/Kg	EPA 8280B 2007

1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/Kg	EPA 8280B 2007
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ng/Kg	EPA 8280B 2007
OCDD	ng/Kg	EPA 8280B 2007
2,3,7,8-TCDF	ng/Kg	EPA 8280B 2007
1,2,3,7,8-PeCDF	ng/Kg	EPA 8280B 2007
2,3,4,7,8-PeCDF	ng/Kg	EPA 8280B 2007
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/Kg	EPA 8280B 2007
1,2,3,6,7,8-HxCDF	ng/Kg	EPA 8280B 2007
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/Kg	EPA 8280B 2007
2,3,4,6,7,8-HxCDF	ng/Kg	EPA 8280B 2007
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ng/Kg	EPA 8280B 2007
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/Kg	EPA 8280B 2007
OCDF	ng/Kg	EPA 8280B 2007
Somma T.E. PCDD+PCDF+PCB-Dioxin like	µg WHO- TEQ/kg	Calcolo
Somma T.E. PCDD+PCDF	ng WHO- TEQ/Kg	Calcolo
Arsenico	mg/kg ss	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018
Cadmio	mg/kg ss	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018
Cromo	mg/kg ss	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018
Rame	mg/kg ss	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018
Nichel	mg/kg ss	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018
Mercurio	mg/kg ss	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018
Zinco	mg/kg ss	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018
Piombo	mg/kg ss	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018
Vanadio	mg/kg ss	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018
Alluminio	mg/kg ss	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018
Ferro	mg/kg ss	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018

Tabella 5.1.1. Lista dei parametri ricercati e delle metodiche analitiche utilizzate per la determinazione.

I relativi rapporti di prova dei campioni di sedimenti analizzati sono forniti nell'Allegato 4.

Nelle Tabelle 5.1.2-5.1.5 vengono riportate le concentrazioni di tutti i metalli e composti organici misurati nei campioni di sedimento secondo quanto indicato dal DM 173/2016; per alcuni degli analiti determinati le tabelle riportano anche i limiti normativi L1 e L2 (DM 173/2016).

Per quanto riguarda i metalli in traccia, i valori ottenuti dai campioni di sedimento dell'Area "Darsena Commerciale" sono sempre piuttosto bassi per tutti i parametri analizzati e solo occasionalmente si riscontrano valori superiori al limite L1 del DM173/2016 per arsenico (As) e nichel (Ni) (Tabella 5.1.2). L'area "Porto Antico" invece mostra, oltre ad alcuni superamenti del limite L1 per As, Ni, Cu, Zn e Pb, anche campioni con concentrazioni superiori al limite L2 di Cu e Zn (Tabella 5.1.3).



Le concentrazioni di TBT risultano piuttosto variabili, con valori che oscillano da valori inferiori al limite di rilevazione del metodo analitico adottato (0.5 ng/g ps), fino a circa 527 ng/g (ps), superando spesso il valore di riferimento relativo a L1. Le concentrazioni totali di composti organostannici (OSn), sono comprese tra circa 0.5 e 876 ng/g (ps) e in totale 10 campioni superano il livello fissato dal limite normativo L2 nell'area della Darsena Commerciale e, soprattutto, in quella del Porto Antico.

Le concentrazioni degli idrocarburi alifatici C>12 variano tra 6 e 384 µg/g (p.s.), risultando superiori al valore di L2 in 11 campioni della Darsena Commerciale e in tutti quelli del Porto Antico.

I risultati relativi agli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) mostrano in generale livelli bassi per tutti i congeneri, con concentrazioni superiori al limite L1 solo per tre analiti (Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene e Benzo(a)pirene) in alcuni campioni: le concentrazioni di IPA totali, comprese tra circa 5 e 456 ng/g (p.s.), sono sempre risultate inferiori a L1 in tutti i campioni della Darsena Commerciale e del Porto Antico.

Per quanto riguarda i pesticidi clorurati, pesticidi organofosfati, policlorobifenili (PCB), ritardanti di fiamma organobrominati ed altre sostanze xenobiotiche organiche alogenate, i valori riscontrati sono generalmente risultati inferiori ai rispettivi limiti di rilevabilità o comunque più bassi di L1 (Tabelle 5.1.4-5.1.5). Fanno eccezione le concentrazioni di DDD, che in 15 campioni sono risultate superiori al valore L1, e più alte anche di L2 nel campione PU/06/000-050. Le concentrazioni di DDE sono più elevate del riferimento L1 nei campioni PU/14/100-200 e PU/15/100-200, e superiori a L2 nel campione PU/06/000-050.



Tabella 5.1.2. Concentrazioni di metalli pesanti, composti organostannici, idrocarburi alifatici, idrocarburi policiclici aromatici (IPA). In evidenza i dati che risultano maggiori dei livelli L1 (in arancione) e L2 (in rosso), secondo la normativa vigente (DM 173/2016). Area "Darsena Commerciale".

Analita	u/m	PU/01/000-050	PU/01/050-100	PU/01/100-200	PU/02/000-050	PU/02/050-100	PU/02/100-200	PU/03/000-050	PU/03/050-100	PU/03/100-200	PU/04/000-050	L1	L2
Al	µg/g (p.s.)	5252,31	2903,48	1274,51	3286,11	641,41	1662,78	13049,45	8112,68	3143,71	4841,58		
As	µg/g (p.s.)	9,82	7,96	8,04	10,04	8,29	9,92	14,52	12,14	11,18	9,31	12	20
Cd	µg/g (p.s.)	0,13	0,13	0,11	0,18	0,09	0,13	0,17	0,16	0,10	0,11	0,3	0,8
Cr	µg/g (p.s.)	20,62	13,59	14,71	29,32	11,45	24,12	35,32	26,68	15,17	18,81	50	150
Cu	µg/g (p.s.)	12,96	4,86	5,10	14,17	0,59	9,53	21,98	24,49	5,79	10,50	40	52
Fe	µg/g (p.s.)	13548,01	9710,62	10784,31	17955,53	7351,49	15947,10	22468,60	17469,64	11526,95	12772,28		
Hg	µg/g (p.s.)	0,03	0,02	0,01	0,04	0,01	0,02	0,05	0,05	0,01	0,03	0,3	0,8
Ni	µg/g (p.s.)	24,15	15,54	20,00	32,07	9,87	29,37	31,79	28,27	17,37	20,40	30	75
Pb	µg/g (p.s.)	12,57	11,65	10,98	16,14	8,09	14,78	29,43	22,30	16,57	19,60	30	70
V	µg/g (p.s.)	14,73	8,74	9,02	17,71	6,32	13,22	25,31	18,91	9,18	13,66		
Zn	µg/g (p.s.)	48,69	30,30	25,49	54,11	19,14	37,53	71,82	71,07	25,95	40,40	100	150
CrVI	µg/g (p.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		
MBT	ng/g (p.s.)	14,0	8,0	<0,5	7,0	98,0	<0,5	23,0	35,0	<0,5	9,0		
DBT	ng/g (p.s.)	9,0	2,8	<0,5	2,3	252,0	<0,5	10,0	19,0	<0,5	4,5		
TBT	ng/g (p.s.)	18,0	3,6	4,0	2,8	527,0	<0,5	13,0	24,0	<0,5	7,0	5	
Composti organostannici totali	ng/g (p.s.)	41,0	15,0	4,0	12,0	876,00	0,5	46,0	78,00	<0,5	20,0		72
Idrocarburi C>12	µg/g (p.s.)	64,70	19	13,6	62,80	6	29,9	75,70	53,50	18	42,8		50
Naftalene	ng/g (p.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	35	391
Acenafilene	ng/g (p.s.)	1,00	<1	<1	<1	<1	<1	1,00	1,00	<1	<1		
Acenaftene	ng/g (p.s.)	1,00	<1	<1	<1	<1	<1	1,00	1,00	<1	1,00		
Fluorene	ng/g (p.s.)	1,00	<1	<1	1,00	<1	<1	2,00	2,00	<1	1,00	21	144
Fenantrene	ng/g (p.s.)	16,00	2,00	1,00	6,00	2,00	2,00	14,00	13,00	3,00	6,00	87	544
Antracene	ng/g (p.s.)	2,00	1,00	<1	1,00	<1	<1	2,00	2,00	<1	1,00	24	245
Fluorantene	ng/g (p.s.)	22,00	6,00	<1	8,00	2,00	3,00	23,00	19,00	2,00	10,00	110	1494
Pirene	ng/g (p.s.)	21,00	6,00	<1	10,00	2,00	7,00	27,00	22,00	2,00	11,00	153	1398
Benzo(a)antracene	ng/g (p.s.)	4,00	2,00	<1	3,00	1,00	1,00	5,00	4,00	1,00	3,00	75	500
Crisene	ng/g (p.s.)	2,00	1,00	<1	1,00	<1	<1	3,00	3,00	<1	1,00	108	846
Benzo(b)fluorantene	ng/g (p.s.)	16,00	8,00	1,00	12,00	2,00	6,00	22,00	21,00	3,00	12,00	40	500
Benzo(k)fluorantene	ng/g (p.s.)	4,00	3,00	1,00	3,00	1,00	2,00	6,00	6,00	2,00	4,00	20	500
Benzo(a)pirene	ng/g (p.s.)	8,00	4,00	<1	5,00	1,00	3,00	10,00	9,00	2,00	5,00	30	100
Dibenzo(ah)antracene	ng/g (p.s.)	1,00	1,00	<1	1,00	<1	1,00	2,00	2,00	<1	1,00		
Benzo(ghi)perilene	ng/g (p.s.)	5,00	2,00	1,00	4,00	1,00	3,00	7,00	7,00	1,00	4,00	55	100
Indeno(123cd)pirene	ng/g (p.s.)	8,00	4,00	<1	5,00	1,00	3,00	11,00	12,00	1,00	5,00	70	100
IPA Totali	ng/g (p.s.)	112	40	5	62	14	32	136	123	17	68	900	4000

Tabella 5.1.2. Continua.

Analita	u/m	PU/04/050-100	PU/04/100-200	PU/05/000-050	PU/05/050-100	PU/05/100-200	PU/06/000-050	PU/06/050-100	PU/06/100-200	PU/07/000-050	PU/07/050-100	L1	L2
Al	µg/g (p.s.)	3293,12	6436,71	6156,90	10280,10	3202,85	4297,65	2991,88	2858,28	3024,91	6598,53		
As	µg/g (p.s.)	9,69	15,13	12,71	9,14	10,28	10,74	11,10	8,14	7,51	11,71	12	20
Cd	µg/g (p.s.)	0,09	0,13	0,12	0,07	0,11	0,13	0,10	0,10	0,09	0,13	0,3	0,8
Cr	µg/g (p.s.)	14,24	20,24	21,25	9,34	12,85	16,71	12,68	12,11	12,26	22,62	50	150
Cu	µg/g (p.s.)	3,56	13,17	15,89	3,97	6,92	11,34	5,94	5,76	4,94	12,30	40	52
Fe	µg/g (p.s.)	11471,52	18867,92	15044,69	9088,20	11664,69	13479,90	11442,44	11016,28	10231,32	15181,58		
Hg	µg/g (p.s.)	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,3	0,8
Ni	µg/g (p.s.)	15,03	33,22	23,63	13,31	20,17	22,68	20,21	19,85	15,82	29,97	30	75
Pb	µg/g (p.s.)	17,41	22,41	21,45	13,91	15,82	22,28	18,82	15,28	16,21	21,83	30	70
V	µg/g (p.s.)	11,27	12,97	15,69	5,76	8,50	12,34	8,92	8,14	8,50	14,49		
Zn	µg/g (p.s.)	28,28	40,29	51,24	20,66	28,27	42,38	26,35	23,42	24,32	50,21	100	150
CrVI	µg/g (p.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		
MBT	ng/g (p.s.)	<0,5	<0,5	17,0	<0,5	<0,5	15,0	<0,5	<0,5	3,6	6,0		
DBT	ng/g (p.s.)	<0,5	<0,5	12,0	<0,5	<0,5	9,0	<0,5	<0,5	0,8	1,7		
TBT	ng/g (p.s.)	2,1	0,7	10,0	<0,5	<0,5	7,0	1,2	<0,5	1,8	2,4	5	
Composti organostannici totali	ng/g (p.s.)	2,5	0,7	39,0	<0,5	<0,5	31,0	1,4	<0,5	6,0	10,0		72
Idrocarburi C>12	µg/g (p.s.)	23,5	23,8	44	20,4	24,7	64,50	26,7	22,9	28,6	33,7		50
Naftalene	ng/g (p.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	35	391
Acenafilene	ng/g (p.s.)	1,00	<1	<1	<1	1,00	<1	<1	<1	<1	<1		
Acenaftene	ng/g (p.s.)	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	<1	<1	<1	<1	1,00		
Fluorene	ng/g (p.s.)	1,00	1,00	6,00	<1	<1	1,00	1,00	<1	<1	1,00	21	144
Fenantrene	ng/g (p.s.)	4,00	3,00	79,00	2,00	3,00	6,00	25,00	3,00	4,00	6,00	87	544
Antracene	ng/g (p.s.)	1,00	<1	18,00	<1	<1	1,00	4,00	<1	1,00	1,00	24	245
Fluorantene	ng/g (p.s.)	6,00	2,00	79,00	1,00	1,00	13,00	28,00	1,00	5,00	6,00	110	1494
Pirene	ng/g (p.s.)	7,00	4,00	80,00	1,00	1,00	14,00	26,00	1,00	5,00	7,00	153	1398
Benzo(a)antracene	ng/g (p.s.)	2,00	1,00	20,00	<1	<1	3,00	5,00	<1	1,00	1,00	75	500
Crisene	ng/g (p.s.)	1,00	<1	12,00	<1	<1	2,00	3,00	<1	1,00	1,00	108	846
Benzo(b)fluorantene	ng/g (p.s.)	8,00	6,00	63,00	2,00	1,00	16,00	17,00	2,00	6,00	7,00	40	500
Benzo(k)fluorantene	ng/g (p.s.)	3,00	2,00	18,00	1,00	1,00	5,00	6,00	1,00	2,00	2,00	20	500
Benzo(a)pirene	ng/g (p.s.)	3,00	2,00	31,00	1,00	1,00	7,00	9,00	1,00	3,00	2,00	30	100
Dibenzo(ah)antracene	ng/g (p.s.)	<1	<1	5,00	<1	<1	1,00	1,00	<1	1,00	1,00		
Benzo(ghi)perilene	ng/g (p.s.)	2,00	2,00	15,00	1,00	1,00	5,00	5,00	1,00	2,00	2,00	55	100
Indeno(123cd)pirene	ng/g (p.s.)	3,00	2,00	27,00	<1	<1	8,00	8,00	1,00	3,00	2,00	70	100
IPA Totali	ng/g (p.s.)	44	27	456	11	10	84	138	12	35	41	900	4000

Tabella 5.1.2. Continua.

Analita	u/m	PU/07/100-200	PU/08/000-050	PU/08/050-100	PU/08/100-200	PU/09/000-050	PU/09/050-100	PU/09/100-200	PU/09/200-400	PU/10/000-050	PU/10/050-100	L1	L2
Al	µg/g (p.s.)	3513,62	9264,71	6437,13	3424,52	7226,87	6835,94	2962,89	5795,68	4601,89	2809,53		
As	µg/g (p.s.)	8,88	12,75	14,57	9,98	14,15	16,80	9,18	16,11	13,99	8,72	12	20
Cd	µg/g (p.s.)	0,11	0,12	0,13	0,10	0,14	0,17	0,12	0,13	0,12	0,10	0,3	0,8
Cr	µg/g (p.s.)	13,82	26,47	22,95	15,77	24,72	25,59	12,97	21,61	17,93	12,98	50	150
Cu	µg/g (p.s.)	6,51	15,88	15,17	5,99	20,14	18,16	5,39	9,82	9,46	5,62	40	52
Fe	µg/g (p.s.)	11695,62	16127,45	17165,67	11481,63	17992,42	19042,97	14914,21	15717,09	13598,74	10269,33		
Hg	µg/g (p.s.)	0,01	0,03	0,03	0,01	0,03	0,04	0,01	0,01	0,02	0,01	0,3	0,8
Ni	µg/g (p.s.)	22,70	28,04	28,54	20,17	29,90	30,27	18,95	39,29	22,47	18,41	30	75
Pb	µg/g (p.s.)	21,12	27,06	25,55	22,56	22,73	24,22	19,35	18,07	16,75	13,37	30	70
V	µg/g (p.s.)	9,28	18,63	17,37	9,38	18,54	18,55	8,38	15,13	12,81	9,11		
Zn	µg/g (p.s.)	26,65	57,06	55,29	27,76	64,39	70,90	23,74	39,49	41,78	28,29	100	150
CrVI	µg/g (p.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		
MBT	ng/g (p.s.)	<0,5	10,0	12,0	<0,5	14,0	24,0	<0,5	1,0	15,0	7,0		
DBT	ng/g (p.s.)	<0,5	3,2	6,0	<0,5	4,6	12,0	<0,5	1,5	19,0	6,0		
TBT	ng/g (p.s.)	0,5	4,0	8,0	<0,5	4,3	11,0	<0,5	2,4	45,0	5,0	5	
Composti organostannici totali	ng/g (p.s.)	0,5	17,0	26,0	<0,5	22,9	47,0	<0,5	4,9	80,00	19,0		72
Idrocarburi C>12	µg/g (p.s.)	23	72,80	62,90	21	61,30	70,30	22,1	23,9	40,9	28,6		50
Naftalene	ng/g (p.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	35	391
Acenafilene	ng/g (p.s.)	<1	<1	1,00	<1	<1	1,00	<1	2,00	<1	1,00		
Acenafene	ng/g (p.s.)	<1	1,00	1,00	<1	1,00	1,00	<1	<1	<1	1,00		
Fluorene	ng/g (p.s.)	<1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	<1	<1	<1	<1	21	144
Fenantrene	ng/g (p.s.)	2,00	10,00	19,00	4,00	9,00	13,00	2,00	2,00	4,00	7,00	87	544
Antracene	ng/g (p.s.)	<1	2,00	3,00	<1	2,00	3,00	<1	3,00	1,00	2,00	24	245
Fluorantene	ng/g (p.s.)	1,00	12,00	24,00	3,00	12,00	21,00	1,00	39,00	8,00	13,00	110	1494
Pirene	ng/g (p.s.)	1,00	13,00	27,00	3,00	14,00	24,00	1,00	46,00	9,00	14,00	153	1398
Benzo(a)antracene	ng/g (p.s.)	<1	3,00	5,00	1,00	3,00	6,00	<1	24,00	2,00	8,00	75	500
Crisene	ng/g (p.s.)	<1	2,00	3,00	<1	2,00	3,00	<1	16,00	1,00	5,00	108	846
Benzo(b)fluorantene	ng/g (p.s.)	1,00	13,00	22,00	3,00	18,00	29,00	2,00	106,00	12,00	42,00	40	500
Benzo(k)fluorantene	ng/g (p.s.)	1,00	4,00	6,00	2,00	4,00	8,00	1,00	29,00	4,00	13,00	20	500
Benzo(a)pirene	ng/g (p.s.)	<1	5,00	10,00	2,00	7,00	12,00	1,00	48,00	5,00	19,00	30	100
Dibenzo(ah)antracene	ng/g (p.s.)	<1	1,00	2,00	<1	1,00	2,00	<1	8,00	<1	2,00		
Benzo(ghi)perilene	ng/g (p.s.)	1,00	4,00	7,00	1,00	7,00	10,00	1,00	36,00	4,00	12,00	55	100
Indeno(123cd)pirene	ng/g (p.s.)	<1	6,00	11,00	2,00	10,00	15,00	1,00	63,00	4,00	19,00	70	100
IPA Totali	ng/g (p.s.)	8	76	141	23	91	147	11	422	54	157	900	4000

Tabella 5.1.2. Continua.

Analita	u/m	PU/10/100-200	PU/10/200-400	PU/11/000-050	PU/11/050-100	PU/11/100-200	PU/11/200-400	PU/12/000-050	PU/12/050-100	PU/12/100-200	L1	L2
Al	µg/g (p.s.)	9133,56	4877,08	4910,36	3115,76	5646,11	3484,25	8030,93	2622,72	2531,77		
As	µg/g (p.s.)	13,97	10,31	12,95	11,83	11,59	12,20	12,29	8,91	8,34	12	20
Cd	µg/g (p.s.)	0,16	0,12	0,13	0,11	0,13	0,11	0,12	0,11	0,10	0,3	0,8
Cr	µg/g (p.s.)	34,74	20,22	20,12	14,79	21,01	15,94	24,39	12,27	11,91	50	150
Cu	µg/g (p.s.)	16,17	9,32	10,56	5,72	10,41	6,50	17,25	5,34	4,77	40	52
Fe	µg/g (p.s.)	18616,49	15909,99	14541,83	12571,48	15661,82	13779,53	17896,09	10193,98	8886,02		
Hg	µg/g (p.s.)	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,04	0,02	0,01	0,3	0,8
Ni	µg/g (p.s.)	35,94	29,34	25,30	21,30	35,94	25,00	31,53	17,62	17,08	30	75
Pb	µg/g (p.s.)	25,75	17,45	19,32	16,76	20,23	18,31	22,21	14,45	16,28	30	70
V	µg/g (p.s.)	22,36	14,08	13,35	9,27	14,14	10,43	17,25	8,12	7,35		
Zn	µg/g (p.s.)	67,48	39,06	47,21	31,35	44,78	30,31	98,55	33,06	27,20	100	150
CrVI	µg/g (p.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		
MBT	ng/g (p.s.)	40,0	<0,5	14,0	<0,5	<0,5	79,0	13,0	<0,5	0,6		
DBT	ng/g (p.s.)	42,0	<0,5	11,0	<0,5	<0,5	52,0	5,0	<0,5	0,6		
TBT	ng/g (p.s.)	75,0	0,6	8,0	<0,5	<0,5	52,0	6,0	<0,5	<0,5	5	
Composti organostannici totali	ng/g (p.s.)	157,00	0,6	33,0	<0,5	<0,5	183,00	24,0	<0,5	1,2		72
Idrocarburi C>12	µg/g (p.s.)	63,00	24,7	45,8	26	29,6	27,5	63,10	26,2	24		50
Naftalene	ng/g (p.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	35	391
Acenafilene	ng/g (p.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,00		
Acenaftene	ng/g (p.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,00	1,00	<1		
Fluorene	ng/g (p.s.)	1,00	1,00	2,00	<1	<1	<1	4,00	<1	<1	21	144
Fenantrene	ng/g (p.s.)	8,00	3,00	12,00	7,00	2,00	3,00	8,00	2,00	2,00	87	544
Antracene	ng/g (p.s.)	1,00	<1	3,00	1,00	<1	<1	2,00	<1	<1	24	245
Fluorantene	ng/g (p.s.)	12,00	1,00	13,00	3,00	1,00	1,00	6,00	1,00	1,00	110	1494
Pirene	ng/g (p.s.)	14,00	1,00	13,00	2,00	1,00	1,00	8,00	1,00	1,00	153	1398
Benzo(a)antracene	ng/g (p.s.)	3,00	<1	3,00	<1	<1	<1	2,00	<1	<1	75	500
Crisene	ng/g (p.s.)	2,00	<1	1,00	<1	<1	<1	1,00	<1	<1	108	846
Benzo(b)fluorantene	ng/g (p.s.)	15,00	2,00	13,00	1,00	2,00	1,00	11,00	1,00	1,00	40	500
Benzo(k)fluorantene	ng/g (p.s.)	4,00	1,00	4,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	20	500
Benzo(a)pirene	ng/g (p.s.)	5,00	1,00	6,00	1,00	<1	1,00	3,00	1,00	<1	30	100
Dibenzo(ah)antracene	ng/g (p.s.)	<1	<1	1,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1		
Benzo(ghi)perilene	ng/g (p.s.)	4,00	1,00	4,00	1,00	1,00	1,00	4,00	<1	<1	55	100
Indeno(123cd)pirene	ng/g (p.s.)	6,00	1,00	6,00	<1	<1	<1	5,00	<1	<1	70	100
IPA Totali	ng/g (p.s.)	75	13	82	18	10	9	59	8	8	900	4000

Tabella 5.1.3. Concentrazioni di metalli pesanti, composti organostannici, idrocarburi alifatici, idrocarburi policiclici aromatici (IPA). In evidenza i dati che risultano maggiori dei livelli L1 (in arancione) e L2 (in rosso), secondo la normativa vigente (DM 173/2016). Area "Porto Antico".

Analita	u/m	PU/13/000-050	PU/13/050-100	PU/14/000-050	PU/14/050-100	PU/14/100-200	PU/15/000-050	PU/15/050-100	PU/15/100-200	L1	L2
Al	µg/g (p.s.)	10758,50	10137,80	10145,22	14746,91	11507,31	11788,21	12509,93	11558,98		
As	µg/g (p.s.)	12,97	14,76	11,74	14,15	15,41	14,19	13,50	13,83	12	20
Cd	µg/g (p.s.)	0,12	0,16	0,13	0,18	0,24	0,13	0,17	0,25	0,3	0,8
Cr	µg/g (p.s.)	33,41	34,06	32,23	41,45	38,13	35,36	37,33	35,37	50	150
Cu	µg/g (p.s.)	42,64	56,50	50,93	69,15	71,91	73,93	77,64	58,68	40	52
Fe	µg/g (p.s.)	20780,11	20472,44	19793,12	24312,48	23557,88	23226,77	24672,36	24254,10		
Hg	µg/g (p.s.)	0,05	0,09	0,04	0,06	0,13	0,04	0,06	0,09	0,3	0,8
Ni	µg/g (p.s.)	35,57	35,24	36,60	40,06	37,53	40,96	40,71	41,10	30	75
Pb	µg/g (p.s.)	23,97	25,79	20,09	26,11	34,97	21,98	27,60	29,24	30	70
V	µg/g (p.s.)	22,79	22,83	21,29	28,90	25,29	23,38	24,62	23,32		
Zn	µg/g (p.s.)	94,12	130,91	84,54	146,47	173,84	281,72	140,98	135,15	100	150
CrVI	µg/g (p.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		
MBT	ng/g (p.s.)	8,0	43,0	6,0	95,0	200,0	9,0	77,0	154,0		
DBT	ng/g (p.s.)	3,6	30,0	1,6	49,0	161,0	3,8	51,0	128,0		
TBT	ng/g (p.s.)	4,2	28,0	2,1	51,0	181,0	3,2	27,0	179,0	5	
Composti organostannici totali	ng/g (p.s.)	16,0	101,00	10,0	196,00	542,00	16,0	155,00	461,00	72	
Idrocarburi C>12	µg/g (p.s.)	88,10	125,20	65,20	148,00	367,00	76,60	159,10	384,40	50	
Naftalene	ng/g (p.s.)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	35	391
Acenafilene	ng/g (p.s.)	<1	1,00	<1	1,00	1,00	<1	<1	<1		
Acenaftene	ng/g (p.s.)	1,00	1,00	<1	1,00	2,00	1,00	<1	<1		
Fluorene	ng/g (p.s.)	1,00	1,00	1,00	4,00	3,00	3,00	1,00	3,00	21	144
Fenantrene	ng/g (p.s.)	18,00	18,00	4,00	11,00	16,00	8,00	7,00	10,00	87	544
Antracene	ng/g (p.s.)	4,00	4,00	1,00	2,00	4,00	1,00	1,00	3,00	24	245
Fluorantene	ng/g (p.s.)	23,00	35,00	4,00	17,00	32,00	8,00	8,00	18,00	110	1494
Pirene	ng/g (p.s.)	25,00	46,00	6,00	23,00	52,00	11,00	16,00	28,00	153	1398
Benzo(a)antracene	ng/g (p.s.)	6,00	10,00	1,00	4,00	9,00	2,00	2,00	3,00	75	500
Crisene	ng/g (p.s.)	3,00	6,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	2,00	108	846
Benzo(b)fluorantene	ng/g (p.s.)	27,00	48,00	7,00	29,00	59,00	13,00	20,00	32,00	40	500
Benzo(k)fluorantene	ng/g (p.s.)	7,00	12,00	2,00	7,00	13,00	3,00	4,00	7,00	20	500
Benzo(a)pirene	ng/g (p.s.)	12,00	19,00	2,00	10,00	21,00	4,00	6,00	9,00	30	100
Dibenzo(ah)antracene	ng/g (p.s.)	2,00	3,00	1,00	2,00	4,00	1,00	1,00	2,00		
Benzo(ghi)perilene	ng/g (p.s.)	10,00	16,00	4,00	12,00	23,00	7,00	10,00	14,00	55	100
Indeno(123cd)pirene	ng/g (p.s.)	14,00	25,00	3,00	15,00	32,00	6,00	10,00	17,00	70	100
IPA Totali	ng/g (p.s.)	154	244	36	142	278	69	88	149	900	4000



Tabella 5.1.4. Concentrazioni di composti organici persistenti. In evidenza i dati che risultano maggiori dei livelli L1 (in arancione) e L2 (in rosso), secondo la normativa vigente (DM 173/2016). Area "Darsena Commerciale".

Analita		u/m	PU/01/000-050	PU/01/050-100	PU/01/100-200	PU/02/000-050	PU/02/050-100	PU/02/100-200	PU/03/000-050	PU/03/050-100	PU/03/100-200	PU/04/000-050	L1	L2
Aldrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Alfa-esaclorocicloesano (Alfa-HCH)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Beta-esaclorocicloesano (Beta-HCH)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Clordano	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,3	4,8
Dieldrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7	4,3
Endrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,7	10
Eptacloro epossido	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
Esaclorobenzene	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	50
Gamma-esaclorocicloesano (Lindani)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
2,4'-DDD	ng/g (p.s.)	1,00	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	<0,1	<0,1	1		
4,4'-DDD	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDD	ng/g (p.s.)	1,00	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	<0,1	<0,1	1,00	0,8	7,8
2,4'-DDE	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
4,4'-DDE	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDE	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	1	<0,1	<0,1	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,8	3,7
2,4'-DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
4,4'-DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	4,8
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ng/kg (p.s.)	2,2												
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ng/kg (p.s.)	<0,5												
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/kg (p.s.)	<0,5												
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/kg (p.s.)	<0,5												
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)	<0,5												
1,2,3,6,7,8-HxCDD	ng/kg (p.s.)	<0,5												
1,2,3,6,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)	<0,5												
1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/kg (p.s.)	<0,5												
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/kg (p.s.)	<0,5												
1,2,3,7,8-PeCDD	ng/kg (p.s.)	<0,25												
1,2,3,7,8-PeCDF	ng/kg (p.s.)	<0,25												
2,3,4,6,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)	<0,5												
2,3,4,7,8-PeCDF	ng/kg (p.s.)	<0,5												
2,3,7,8-TCDD	ng/kg (p.s.)	<0,25												
2,3,7,8-TCDF	ng/kg (p.s.)	<0,25												
OCDD	ng/kg (p.s.)	21,2												
OCDF	ng/kg (p.s.)	3,3												
2,3,3',4,4',5-HxCB (PCB-156)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
2,3',4,4',5-PeCB (PCB-118)	ng/g (p.s.)	0,5	0,4	<0,1	0,6	0,1	0,9	0,6	0,4	0,1	0,5			
3,3',4,4',5,5'-HxCB (PCB-169)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
3,3',4,4',5-PeCB (PCB-126)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
3,3',4,4'-TeCB (PCB-77)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
3,4,4',5-TeCB (PCB-81)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
2',3,3',4,4',4'-HxCB (PCB-128)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
2,2',3,4,4',5,5'-HpCB (PCB-180)	ng/g (p.s.)	0,2	0,1	<0,1	0,4	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	<0,1	0,2		
2,2',3,4,4',5,5'-HxCB (PCB-138)	ng/g (p.s.)	0,4	0,3	<0,1	0,6	0,1	0,9	0,6	0,4	0,1	0,4			
2,2',4,4',5,5'-HxCB (PCB-153)	ng/g (p.s.)	0,5	0,4	<0,1	0,8	0,2	1,2	0,9	0,7	0,1	0,6			
2,2',4,5,5'-PeCB (PCB-101)	ng/g (p.s.)	0,6	0,5	<0,1	0,7	0,2	0,9	0,8	0,5	0,1	0,6			
2,2',5,5'-TeCB (PCB-52)	ng/g (p.s.)	0,3	0,3	<0,1	0,3	<0,1	0,2	0,3	0,2	<0,5	0,4			
2,4,4'-TrCB (PCB-28)	ng/g (p.s.)	0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	0,2	0,1	<0,1	0,1			
Somma PCB D.lgs 172/2015	ng/g (p.s.)	2,7	2,2	<0,1	3,7	0,9	4,7	3,8	2,6	0,4	2,8		8	60
Diossine(somma medium-bound dei 7 congeneri di PCDD)	ng/kg (p.s.)	24,4												
Furani(somma medium-bound dei 10 congeneri di PCDF)	ng/kg (p.s.)	5,2												
Diossine WHO-TEQ(somma medium-bound)	ng/kg (p.s.)	<0,5												
Diossine+PCB diossina simili WHO-TEQ(somma medium-bound)	ng/g (p.s.)	<0,0007												



Tabella 5.1.4. Continua.

Analita	u/m	PU/04/050-100	PU/04/100-200	PU/05/000-050	PU/05/050-100	PU/05/100-200	PU/06/000-050	PU/06/050-100	PU/06/100-200	PU/07/000-050	PU/07/050-100	L1	L2
Aldrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Alfa-esaclorocicloesano (Alfa-HCH)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Beta-esaclorocicloesano (Beta-HCH)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Clordano	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,3	4,8
Dieldrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7	4,3
Endrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,7	10
Eptacloro ossido	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
Esaclorobenzene	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	50
Gamma-esaclorocicloesano (Lindano)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
2,4'-DDD	ng/g (p.s.)	1	<0,1	1	<0,1	<0,1	9	1,00	<0,1	<0,1	1,00		
4,4'-DDD	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDD	ng/g (p.s.)	1,00	<0,1	1,00	<0,1	<0,1	11	1,00	<0,1	<0,1	1,00	0,8	7,8
2,4'-DDE	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
4,4'-DDE	ng/g (p.s.)	1	<0,1	1	<0,1	<0,1	5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDE	ng/g (p.s.)	1	<0,1	1	<0,1	<0,1	5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,8	3,7
2,4'-DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
4,4'-DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	4,8
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ng/kg (p.s.)						2						
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ng/kg (p.s.)						1,6						
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/kg (p.s.)						<0,5						
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/kg (p.s.)						<0,5						
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)						<0,5						
1,2,3,6,7,8-HxCDD	ng/kg (p.s.)						<0,5						
1,2,3,6,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)						<0,5						
1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/kg (p.s.)						<0,5						
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/kg (p.s.)						<0,5						
1,2,3,7,8-PeCDD	ng/kg (p.s.)						<0,25						
1,2,3,7,8-PeCDF	ng/kg (p.s.)						<0,25						
2,3,4,6,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)						<0,5						
2,3,4,7,8-PeCDF	ng/kg (p.s.)						<0,25						
2,3,7,8-TCDD	ng/kg (p.s.)						<0,25						
2,3,7,8-TCDF	ng/kg (p.s.)						<0,25						
OCDD	ng/kg (p.s.)						24,4						
OCDF	ng/kg (p.s.)						3,5						
2,3,3',4,4',5'-HxCB (PCB-156)	ng/g (p.s.)	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
2,3',4,4',5'-PeCB (PCB-118)	ng/g (p.s.)	0,9	0,1	0,5	<0,1	<0,1	0,4	0,2	<0,1	0,2	0,3		
3,3',4,4',5,5'-HxCB (PCB-169)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
3,3',4,4',5'-PeCB (PCB-126)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
3,3',4,4'-TeCB (PCB-77)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
3,4,4',5'-TeCB (PCB-81)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
2',3,3',4,4'-HxCB (PCB-128)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
2,2',3,4,4',5,5'-HpCB (PCB-180)	ng/g (p.s.)	0,3	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	0,2	0,1	<0,1	0,1	0,1		
2,2',3,4,4',5,5'-HxCB (PCB-138)	ng/g (p.s.)	0,7	0,1	0,5	0,1	<0,1	0,3	0,1	<0,1	0,2	0,3		
2,2',4,4',5,5'-HxCB (PCB-153)	ng/g (p.s.)	0,9	0,1	0,7	0,1	<0,1	0,5	0,2	<0,1	0,3	0,4		
2,2',4,5,5'-PeCB (PCB-101)	ng/g (p.s.)	1	0,1	0,7	<0,1	<0,1	0,4	0,2	<0,1	0,2	0,4		
2,2',5,5'-TeCB (PCB-52)	ng/g (p.s.)	0,4	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	0,2	0,2	<0,1	0,1	0,2		
2,4,4'-TrCB (PCB-28)	ng/g (p.s.)	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
Somma PCB D.Lgs 172/2015	ng/g (p.s.)	4,5	0,4	3,4	0,3	<0,1	2,3	1,1	<0,1	1,1	1,8	8	60
Diossine(somma medium-bound dei 7 congeneri di PCDD)	ng/kg (p.s.)						27,4						
Furani(somma medium-bound dei 10 congeneri di PCDF)	ng/kg (p.s.)						6,8						
Diossine WHO-TEQ(somma medium-bound)	ng/kg (p.s.)						0,50						
Diossine+PCB diossina simili WHO-TEQ(somma medium-bound)	ng/g (p.s.)						<0,0007						



Tabella 5.1.4. Continua.

Analita	u/m	PU/07/100-200	PU/08/000-050	PU/08/050-100	PU/08/100-200	PU/09/000-050	PU/09/050-100	PU/09/100-200	PU/09/200-400	PU/10/000-050	PU/10/050-100	L1	L2
Aldrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Alfa-esaclorocicloesano (Alfa-HCH)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Beta-esaclorocicloesano (Beta-HCH)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Clordano	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,3	4,8
Dieldrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7	4,3
Endrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,7	10
Eptacloro epossido	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
Esaclorobenzene	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	50
Gamma-esaclorocicloesano (Lindano)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
2,4'-DDD	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	1,00	1,00	<0,1	2,00	1,00	<0,1		
4,4'-DDD	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDD	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	1,00	1,00	<0,1	2,00	1,00	<0,1	0,8	7,8
2,4'-DDE	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
4,4'-DDE	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDE	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,8	3,7
2,4'-DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
4,4'-DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	4,8
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ng/kg (p.s.)		1,6										
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ng/kg (p.s.)		<0,5										
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/kg (p.s.)		<0,5										
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/kg (p.s.)		<0,5										
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)		<0,5										
1,2,3,6,7,8-HxCDD	ng/kg (p.s.)		<0,5										
1,2,3,6,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)		<0,5										
1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/kg (p.s.)		<0,5										
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/kg (p.s.)		<0,5										
1,2,3,7,8-PeCDD	ng/kg (p.s.)		<0,25										
1,2,3,7,8-PeCDF	ng/kg (p.s.)		<0,25										
2,3,4,6,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)		<0,5										
2,3,4,7,8-PeCDF	ng/kg (p.s.)		<0,25										
2,3,7,8-TCDD	ng/kg (p.s.)		<0,25										
2,3,7,8-TCDF	ng/kg (p.s.)		<0,25										
OCDD	ng/kg (p.s.)		19,9										
OCDF	ng/kg (p.s.)		3,4										
2,3,3',4,4',5'-HxCB (PCB-156)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	0,6	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1		
2,3',4,4',5'-PeCB (PCB-118)	ng/g (p.s.)	<0,1	0,3	1,1	0,1	0,5	0,8	<0,1	0,2	0,5	0,2		
3,3',4,4',5,5'-HxCB (PCB-169)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
3,3',4,4',5'-PeCB (PCB-126)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
3,3',4,4'-TeCB (PCB-77)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
3,4,4',5'-TeCB (PCB-81)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
2',3,3',4,4'-HxCB (PCB-128)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
2,2',3,4,4',5,5'-HpCB (PCB-180)	ng/g (p.s.)	<0,1	0,1	4,4	<0,1	0,2	0,3	<0,1	0,1	0,5	0,2		
2,2',3,4,4',5,5'-HxCB (PCB-138)	ng/g (p.s.)	<0,1	0,3	4,6	0,1	0,4	0,7	<0,1	0,3	0,6	0,2		
2,2',4,4',5,5'-HxCB (PCB-153)	ng/g (p.s.)	<0,1	0,5	6,9	0,1	0,6	1	<0,1	0,3	1	0,2		
2,2',4,5,5'-PeCB (PCB-101)	ng/g (p.s.)	<0,1	0,4	2,8	0,1	0,5	0,8	<0,1	0,1	0,7	0,1		
2,2',5,5'-TeCB (PCB-52)	ng/g (p.s.)	<0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	0,4	<0,1	<0,1	0,2	0,1		
2,4,4'-TrCB (PCB-28)	ng/g (p.s.)	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
Somma PCB D.Lgs 172/2015	ng/g (p.s.)	<0,1	2,0	21,00	0,7	2,7	4,3	<0,1	1,1	3,8	1	8	60
Diossine(somma medium-bound dei 7 congeneri di PCDD)	ng/kg (p.s.)		22,5										
Furani(somma medium-bound dei 10 congeneri di PCDF)	ng/kg (p.s.)		5,3										
Diossine WHO-TEQ(somma medium-bound)	ng/kg (p.s.)		<0,5										
Diossine+PCB diossina simili WHO-TEQ(somma medium-bound)	ng/g (p.s.)		<0,0007										



Tabella 5.1.4. Continua.

Analita	u/m	PU/10/100-200	PU/10/200-400	PU/11/000-050	PU/11/050-100	PU/11/100-200	PU/11/200-400	PU/12/000-050	PU/12/050-100	PU/12/100-200	L1	L2
Aldrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Alfa-esaclorocicloesano (Alfa-HCH)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Beta-esaclorocicloesano (Beta-HCH)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Clordano	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,3	4,8
Dieldrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7	4,3
Endrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,7	10
Eptacloro epossido	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
Esaclorobenzene	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	50
Gamma-esaclorocicloesano (Lindano)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
2,4'-DDD	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	<0,1		
4,4'-DDD	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDD	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	<0,1	<0,1	1,00	<0,1	<0,1	0,8	7,8
2,4'-DDE	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
4,4'-DDE	ng/g (p.s.)	1,00	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDE	ng/g (p.s.)	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,8	3,7
2,4'-DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
4,4'-DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	4,8
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ng/kg (p.s.)			1,4								
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ng/kg (p.s.)			<0,5								
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/kg (p.s.)			<0,5								
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/kg (p.s.)			<0,5								
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)			<0,5								
1,2,3,6,7,8-HxCDD	ng/kg (p.s.)			<0,5								
1,2,3,6,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)			<0,5								
1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/kg (p.s.)			<0,5								
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/kg (p.s.)			<0,5								
1,2,3,7,8-PeCDD	ng/kg (p.s.)			<0,25								
1,2,3,7,8-PeCDF	ng/kg (p.s.)			<0,25								
2,3,4,6,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)			<0,5								
2,3,4,7,8-PeCDF	ng/kg (p.s.)			<0,25								
2,3,7,8-TCDD	ng/kg (p.s.)			<0,25								
2,3,7,8-TCDF	ng/kg (p.s.)			<0,25								
OCDD	ng/kg (p.s.)			15,9								
OCDF	ng/kg (p.s.)			<1,25								
2,3,3',4,4',5'-HxCB (PCB-156)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
2,3',4,4',5'-PeCB (PCB-118)	ng/g (p.s.)	0,3	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	<0,1		
3,3',4,4',5',5'-HxCB (PCB-169)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
3,3',4,4',5'-PeCB (PCB-126)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
3,3',4,4'-TeCB (PCB-77)	ng/g (p.s.)	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
3,4,4',5'-TeCB (PCB-81)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
2',3,3',4,4'-HxCB (PCB-128)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
2,2',3,4,4',5',5'-HpCB (PCB-180)	ng/g (p.s.)	0,3	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1		
2,2',3,4,4',5',5'-HxCB (PCB-138)	ng/g (p.s.)	0,5	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	<0,1		
2,2',4,4',5',5'-HxCB (PCB-153)	ng/g (p.s.)	0,7	<0,1	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	<0,1	<0,1		
2,2',4,5,5'-PeCB (PCB-101)	ng/g (p.s.)	0,4	<0,1	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	<0,1		
2,2',5,5'-TeCB (PCB-52)	ng/g (p.s.)	0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1		
2,4,4'-TrCB (PCB-28)	ng/g (p.s.)	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1		
Somma PCB D.Lgs 172/2015	ng/g (p.s.)	2,6	<0,1	1,8	<0,1	<0,1	<0,1	2,3	0,2	<0,1	8	60
Diossine(somma medium-bound dei 7 congeneri di PCDD)	ng/kg (p.s.)			18,3								
Furani(somma medium-bound dei 10 congeneri di PCDF)	ng/kg (p.s.)			<2,5								
Diossine WHO-TEQ(somma medium-bound)	ng/kg (p.s.)			<0,5								
Diossine+PCB diossina simili WHO-TEQ(somma medium-bound)	ng/g (p.s.)			<0,0007								

Tabella 5.1.5. Concentrazioni di composti organici persistenti. In evidenza i dati che risultano maggiori dei livelli L1 (in arancione) e L2 (in rosso), secondo la normativa vigente (DM 173/2016). Area "Porto Antico".

Analita	u/m	PU/13/000-050	PU/13/050-100	PU/14/000-050	PU/14/050-100	PU/14/100-200	PU/15/000-050	PU/15/050-100	PU/15/100-200	L1	L2
Aldrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Alfa-esaclorocicloesano (Alfa-HCH)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Beta-esaclorocicloesano (Beta-HCH)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
Clordano	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,3	4,8
Dieldrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7	4,3
Endrin	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,7	10
Eptacloro epossido	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
Esaclorobenzene	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	50
Gamma-esaclorocicloesano (Lindano)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	10
2,4'-DDD	ng/g (p.s.)	<0,1	1,00	<0,1	1,00	1,00	<0,1	<0,1	<0,1		
4,4'-DDD	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDD	ng/g (p.s.)	<0,1	1,00	<0,1	1,00	1,00	<0,1	<0,1	<0,1	0,8	7,8
2,4'-DDE	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
4,4'-DDE	ng/g (p.s.)	<0,1	1,00	<0,1	1,00	2,00	<0,1	1,00	2,00		
DDE	ng/g (p.s.)	<0,1	1	<0,1	1	2,00	<0,1	1	2,00	1,8	3,7
2,4'-DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
4,4'-DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
DDT	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	4,8
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ng/kg (p.s.)						4				
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ng/kg (p.s.)						<0,5				
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/kg (p.s.)						<0,5				
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/kg (p.s.)						<0,5				
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)						<0,5				
1,2,3,6,7,8-HxCDD	ng/kg (p.s.)						<0,5				
1,2,3,6,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)						<0,5				
1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/kg (p.s.)						1,2				
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/kg (p.s.)						<0,5				
1,2,3,7,8-PeCDD	ng/kg (p.s.)						<0,25				
1,2,3,7,8-PeCDF	ng/kg (p.s.)						<0,25				
2,3,4,6,7,8-HxCDF	ng/kg (p.s.)						<0,5				
2,3,4,7,8-PeCDF	ng/kg (p.s.)						<0,25				
2,3,7,8-TCDD	ng/kg (p.s.)						<0,25				
2,3,7,8-TCDF	ng/kg (p.s.)						<0,25				
OCDD	ng/kg (p.s.)						28,4				
OCDF	ng/kg (p.s.)						3,7				
2,3,3',4,4',5'-HxCB (PCB-156)	ng/g (p.s.)	0,1	0,4	<0,1	0,2	0,7	<0,1	0,2	0,4		
2,3',4,4',5'-PeCB (PCB-118)	ng/g (p.s.)	0,5	3,3	0,2	1,5	6,5	0,3	1,3	3,8		
3,3',4,4',5',5'-HxCB (PCB-169)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,10000	<0,1	<0,1	<0,1		
3,3',4,4',5'-PeCB (PCB-126)	ng/g (p.s.)	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1		
3,3',4,4'-TeCB (PCB-77)	ng/g (p.s.)	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
3,4,4',5'-TeCB (PCB-81)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
2',3,3',4,4'-HxCB (PCB-128)	ng/g (p.s.)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
2,2',3,4,4',5',5'-HpCB (PCB-180)	ng/g (p.s.)	0,3	1,3	0,1	0,8	2,6	0,2	0,6	1,6		
2,2',3,4,4',5',5'-HxCB (PCB-138)	ng/g (p.s.)	0,6	3,1	0,2	1,7	6	0,4	1,4	3,6		
2,2',4,4',5',5'-HxCB (PCB-153)	ng/g (p.s.)	0,8	4,2	0,3	2,3	7,9	0,5	2	4,7		
2,2',4,5,5'-PeCB (PCB-101)	ng/g (p.s.)	0,5	3,5	0,2	1,7	7,1	0,3	1,4	4,2		
2,2',5,5'-TeCB (PCB-52)	ng/g (p.s.)	0,2	1,4	0,1	0,6	2,5	0,1	0,5	1,5		
2,4,4'-TrCB (PCB-28)	ng/g (p.s.)	0,1	0,3	<0,1	0,2	0,7	<0,1	0,2	0,6		
Somma PCB D.Lgs 172/2015	ng/g (p.s.)	3	18,00	1,1	9,00	34,00	1,8	7,8	21,00	8	60
Diossine(somma medium-bound dei 7 congeneri di PCDD)	ng/kg (p.s.)						34,4				
Furani(somma medium-bound dei 10 congeneri di PCDF)	ng/kg (p.s.)						5,6				
Diossine WHO-TEQ(somma medium-bound)	ng/kg (p.s.)						0,60				
Diossine+PCB diossina simili WHO-TEQ(somma medium-bound)	ng/g (p.s.)						0,0008				

6. INDIVIDUAZIONE DELLE CLASSI DI QUALITÀ' DEI SEDIMENTI

Le risultanze delle analisi fisico-chimiche ed ecotossicologiche sono state elaborate applicando i criteri di integrazione ponderata di cui alle Appendici 2B e 2C dell'Allegato tecnico al D.M. 173/2016. Nello specifico, le elaborazioni sono state effettuate mediante l'applicazione del tool Sediqualsoft 109.0[®] distribuito da ISPRA.

Per quanto invece i risultati ecotossicologici, i criteri di integrazione ponderata elaborano un indice di pericolo che pesa diversamente le caratteristiche specifiche dei singoli saggi biologici utilizzati nella batteria, tra cui la rilevanza tossicologica della risposta biologica misurata, l'entità e la significatività statistica della differenza di effetto tra campione e controllo, la sensibilità della specie testata, la tipologia di esposizione (acuta o cronica) e la matrice testata (Piva et al., 2011; Benedetti et al., 2012; Regoli et al., 2019).

Per i risultati derivanti dall'analisi chimica, i criteri di integrazione ponderata elaborano un indice di pericolo chimico complessivo basato sul confronto tra le concentrazioni delle sostanze misurate nei sedimenti e i riferimenti normativi nazionali L1 e L2 (D.M. 173/2016), valutando il numero dei contaminanti che eccedono tali riferimenti, la pericolosità di tali parametri e l'entità dei superamenti misurati.

Di seguito si riportano i risultati della classificazione ecotossicologica, della classificazione chimica e la risultante classificazione di qualità dei sedimenti oggetto di escavo basata sull'utilizzo dei criteri di integrazione ponderata.

6.1 CLASSIFICAZIONE DEL PERICOLO ECOTOSSICOLOGICO DEI SEDIMENTI

La classificazione ecotossicologica è stata ottenuta, come da Appendice 2.A del sopracitato D.M. 173/2016. Di seguito è riportata la classificazione del pericolo ecotossicologico (*Hazard quotient*, *HQ*) dei campioni testati con la batteria dei tre saggi biologici, con l'indicazione del contributo percentuale fornito dai singoli saggi.

La classe di pericolo ecotossicologico elaborata per i vari campioni di sedimento è risultata:

- per l'area "Darsena Commerciale": Assente o Bassa in 24 campioni, Media in 7 campioni, e Alta in 8 campioni (tabella 6.1.1);
- per l'area "Porto Antico": Assente o Bassa in 3 campioni, Media in 2 campioni, e Alta in 3 campioni (tabella 6.1.1).

Complessivamente, i risultati della caratterizzazione ecotossicologica dei 47 campioni di sedimento del Porto di Pesaro hanno evidenziato un livello di pericolo ecotossicologico Assente o Basso in 24 campioni (il 62% di quelli della Darsena Commerciale e il 37.5% di quelli del Porto

Antico), Medio in 9 campioni (il 18% di quelli della Darsena Commerciale e il 25% di quelli del Porto Antico), e Alto in 11 campioni (il 20% di quelli della Darsena Commerciale e il 37.5% di quelli del Porto Antico).

Area	Campione	Specie	Contr % HQ	HQ _{batteria}	Classificazione ecotossicologica
Darsena commerciale	PU/01/000-050	<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,84	ASSENTE
		<i>Crassostrea gigas</i>			
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
	PU/01/050-100	<i>Aliivibrio fischeri</i>	0,0	1,12	BASSO
		<i>Crassostrea gigas</i>	5,3		
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	94,7		
	PU/01/100-200	<i>Aliivibrio fischeri</i>	58,2	4,38	ALTO
		<i>Crassostrea gigas</i>	6,3		
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	35,5		
	PU/02/000-050	<i>Aliivibrio fischeri</i>	98,0	2,3	MEDIO
		<i>Crassostrea gigas</i>	1,2		
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	0,8		
	PU/02/050-100	<i>Aliivibrio fischeri</i>	77,0	1,28	BASSO
<i>Crassostrea gigas</i>		4,2			
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>		18,8			
PU/02/100-200	<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,09	ASSENTE	
	<i>Crassostrea gigas</i>				
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>				
PU/03/000-050	<i>Aliivibrio fischeri</i>	52,0	3,23	ALTO	
	<i>Crassostrea gigas</i>	37,7			
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	10,4			
PU/03/050-100	<i>Aliivibrio fischeri</i>	43,6	3,1	ALTO	
	<i>Crassostrea gigas</i>	55,0			
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	1,4			
PU/03/100-200	<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,69	ASSENTE	
	<i>Crassostrea gigas</i>				
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>				
PU/04/000-050	<i>Aliivibrio fischeri</i>	83,4	3,37	ALTO	
	<i>Crassostrea gigas</i>	0,0			
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	16,6			
PU/04/050-100	<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,13	ASSENTE	
	<i>Crassostrea gigas</i>				
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>				
PU/04/100-200	<i>Aliivibrio fischeri</i>	39,3	2,92	MEDIO	
	<i>Crassostrea gigas</i>	3,2			
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	57,6			



Area	Campione	Specie	Contr % HQ	HQ _{batteria}	Classificazione ecotossicologica
PU/05/000-050		<i>Aliivibrio fischeri</i>	49,9	4,56	ALTO
		<i>Crassostrea gigas</i>	0,0		
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	50,1		
PU/05/050-100		<i>Aliivibrio fischeri</i>	25,2	3,28	ALTO
		<i>Crassostrea gigas</i>	0,0		
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	74,8		
PU/05/100-200		<i>Aliivibrio fischeri</i>	57,4	5,04	ALTO
		<i>Crassostrea gigas</i>	3,5		
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	39,1		
PU/06/000-050		<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,04	ASSENTE
		<i>Crassostrea gigas</i>			
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
PU/06/050-100		<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,03	ASSENTE
		<i>Crassostrea gigas</i>			
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
PU/06/100-200		<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,06	ASSENTE
		<i>Crassostrea gigas</i>			
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
PU/07/000-050		<i>Aliivibrio fischeri</i>	0,0	1,29	BASSO
		<i>Crassostrea gigas</i>	3,4		
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	96,6		
PU/07/050-100		<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,01	ASSENTE
		<i>Crassostrea gigas</i>			
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
PU/07/100-200		<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,13	ASSENTE
		<i>Crassostrea gigas</i>			
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
PU/08/000-050		<i>Aliivibrio fischeri</i>	30,6	2,24	MEDIO
		<i>Crassostrea gigas</i>	0,2		
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	69,3		
PU/08/050-100		<i>Aliivibrio fischeri</i>	87,7	1,26	BASSO
		<i>Crassostrea gigas</i>	12,3		
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	0,0		
PU/08/100-200		<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,32	ASSENTE
		<i>Crassostrea gigas</i>			
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
PU/09/000-050		<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,49	ASSENTE
		<i>Crassostrea gigas</i>			
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
PU/09/050-100		<i>Aliivibrio fischeri</i>	53,1	4,39	ALTO



Area	Campione	Specie	Contr % HQ	HQ _{batteria}	Classificazione ecotossicologica
		<i>Crassostrea gigas</i>	0,0		
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	46,9		
	PU/09/100-200	<i>Aliivibrio fischeri</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Phaeodactylum tricornutum</i>		0,99	ASSENTE
	PU/09/200-400	<i>Aliivibrio fischeri</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Phaeodactylum tricornutum</i>	0,0 0,0 100,0	1,87	MEDIO
	PU/10/000-050	<i>Aliivibrio fischeri</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Phaeodactylum tricornutum</i>		0,26	ASSENTE
	PU/10/050-100	<i>Aliivibrio fischeri</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Phaeodactylum tricornutum</i>	54,5 34,7 10,9	1,8	MEDIO
	PU/10/100-200	<i>Aliivibrio fischeri</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Phaeodactylum tricornutum</i>		0,28	ASSENTE
	PU/10/200-400	<i>Aliivibrio fischeri</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Phaeodactylum tricornutum</i>		0,13	ASSENTE
	PU/11/000-050	<i>Aliivibrio fischeri</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Phaeodactylum tricornutum</i>	11,9 0,0 88,1	1,72	MEDIO
	PU/11/050-100	<i>Aliivibrio fischeri</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Phaeodactylum tricornutum</i>		0,88	ASSENTE
	PU/11/100-200	<i>Aliivibrio fischeri</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Phaeodactylum tricornutum</i>		0,38	ASSENTE
	PU/11/200-400	<i>Aliivibrio fischeri</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Phaeodactylum tricornutum</i>		0,07	ASSENTE
	PU/12/000-050	<i>Aliivibrio fischeri</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Phaeodactylum tricornutum</i>		0,3	ASSENTE
	PU/12/050-100	<i>Aliivibrio fischeri</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Phaeodactylum tricornutum</i>		0,02	ASSENTE
	PU/12/100-200	<i>Aliivibrio fischeri</i> <i>Crassostrea gigas</i>	91,1 0,0	2,43	MEDIO

Area	Campione	Specie	Contr % HQ	HQ _{batteria}	Classificazione ecotossicologica
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	8,9		
Porto Antico	PU/13/000-050	<i>Aliivibrio fischeri</i>	71,1	2,47	MEDIO
		<i>Crassostrea gigas</i>	11,9		
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	16,9		
	PU/13/050-100	<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,32	ASSENTE
		<i>Crassostrea gigas</i>			
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
	PU/14/000-050	<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,61	ASSENTE
		<i>Crassostrea gigas</i>			
		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>			
PU/14/050-100	<i>Aliivibrio fischeri</i>	34,5	3,82	ALTO	
	<i>Crassostrea gigas</i>	56,0			
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	9,5			
PU/14/100-200	<i>Aliivibrio fischeri</i>	34,4	4,91	ALTO	
	<i>Crassostrea gigas</i>	58,3			
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	7,3			
PU/15/000-050	<i>Aliivibrio fischeri</i>		0,87	ASSENTE	
	<i>Crassostrea gigas</i>				
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>				
PU/15/050-100	<i>Aliivibrio fischeri</i>	9,4	2,72	MEDIO	
	<i>Crassostrea gigas</i>	90,6			
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	0,0			
PU/15/100-200	<i>Aliivibrio fischeri</i>	3,7	4,44	ALTO	
	<i>Crassostrea gigas</i>	64,4			
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	31,8			

Tabella 6.1.1. Elaborazione della classe di pericolo ecotossicologico ottenuta mediante i criteri di integrazione ponderata sulle batterie di saggi (DM 173/2016).

6.2 CLASSIFICAZIONE DEL PERICOLO CHIMICO DEI SEDIMENTI

Applicando il modulo "classificazione chimica" del tool Sediqualssoft109.0[®], è stato possibile ottenere la classificazione del pericolo chimico (HQ_c). Tale classificazione è stata elaborata riferendosi ai livelli chimici nazionali L1 ed L2 riportati nella Tabella 2.5 dell'Allegato tecnico del D.M. 173/2016.

Come indicato nella Tabella 6.2.1, l'elaborazione ha evidenziato l'assenza di pericolo chimico rispetto ai riferimenti normativi L1 (DM 173/2016) in soli 15 campioni di sedimento nell'area della Darsena Commerciale e in nessuno di quelli del Porto Antico, e 7 campioni dell'area Darsena Commerciale presentano un pericolo chimico "Trascurabile/Basso". I campioni che presentano una classe di pericolo chimico "Media" nei confronti di L1 sono 6 e 2, rispettivamente nelle aree della Darsena Commerciale e del Porto Antico. Inoltre, diciassette campioni dell'area del Porto di Pesaro hanno mostrato un livello di pericolo chimico "Alto" o "Molto Alto" nei confronti di L1 (11 per l'area Darsena Commerciale e 6 per l'area Porto Antico). I composti che contribuiscono maggiormente all'indice di pericolo chimico sono TBT, DDD, Benzo(b)fluorantene, somma PCBe alcuni metalli pesanti (As, Ni e Zn).

Relativamente al livello di riferimento L2 (DM 173/2016), il livello di pericolo elaborato è risultato compreso tra "Assente" e "Basso" in 35 campioni dell'area Darsena Commerciale e in 2 campioni del Porto Antico; 5 campioni hanno evidenziato un pericolo chimico "Medio" nei confronti di L2 (3 campioni della Darsena Commerciale e 2 campione del Porto Antico). I restanti 5 campioni presentano una classe di pericolo "Alta" o "Molto Alta" nei confronti di L2 (1 della Darsena Commerciale e 4 del Porto Antico). I composti che hanno fornito il contributo percentualmente maggiore all'indice di pericolo chimico sono stati i composti organostannici totali e gli idrocarburi alifatici C>12.

Tabella 6.2.1. Classificazione del pericolo chimico dei sedimenti mediante integrazione ponderata dei dati, utilizzando come riferimenti i valori limite L1 e L2 (DM 173/2016).

Campione	L1				L2			
	HQ	% max/HQ	Par non conf.	Livello Pericolo	HQ	% max/HQ	Par non conf.	Livello Pericolo
PU/01/000-050	6.5	74.2 - TBT	2	MEDIO	1.4	100 - Idr. C>12	1	BASSO
PU/01/050-100	0.14		0	ASSENTE	0.07		0	ASSENTE
PU/01/100-200	0.11		0	ASSENTE	0.06		0	ASSENTE
PU/02/000-050	3.01	58 - S DDD	2	MEDIO	1.37	100 - Idr. C>12	1	BASSO
PU/02/050-100	137.09	100 - TBT	1	MOLTO ALTO	15.86	100 - S Os	1	MOLTO ALTO
PU/02/100-200	0.15		0	ASSENTE	0.09		0	ASSENTE
PU/03/000-050	7.63	45.8 - TBT	4	ALTO	1.68	100 - Idr. C>12	1	BASSO
PU/03/050-100	7.48	86 - TBT	2	ALTO	2.59	56.8 - S Os	2	BASSO



Campione	L1				L2			
	HQ	% max/HQ	Par non conf.	Livello Pericolo	HQ	% max/HQ	Par non conf.	Livello Pericolo
PU/03/100-200	0.11		0	ASSENTE	0.07		0	ASSENTE
PU/04/000-050	3.61	52.8 - TBT	2	MEDIO	0.12		0	ASSENTE
PU/04/050-100	1.8	100 - S DDD	1	BASSO	0.09		0	ASSENTE
PU/04/100-200	2.58	50.9 - As1	2	BASSO	0.1		0	ASSENTE
PU/05/000-050	9.03	30 - TBT	5	ALTO	0.18		0	ASSENTE
PU/05/050-100	0.08		0	ASSENTE	0.06		0	ASSENTE
PU/05/100-200	0.1		0	ASSENTE	0.07		0	ASSENTE
PU/06/000-050	23.53	76.7 - S DDD	3	MOLTO ALTO	4.99	37.6 - S DDD	3	MEDIO
PU/06/050-100	1.82	100 - S DDD	1	BASSO	0.09		0	ASSENTE
PU/06/100-200	0.09		0	ASSENTE	0.06		0	ASSENTE
PU/07/000-050	0.12		0	ASSENTE	0.07		0	ASSENTE
PU/07/050-100	1.81	100 - S DDD	1	BASSO	0.12		0	ASSENTE
PU/07/100-200	0.1		0	ASSENTE	0.07		0	ASSENTE
PU/08/000-050	1.26	100 - As1	1	TRASCURABILE	1.56	100 - Idr. C>12	1	BASSO
PU/08/050-100	8.55	41 - S PCB	4	ALTO	1.4	100 - Idr. C>12	1	BASSO
PU/08/100-200	0.12		0	ASSENTE	0.07		0	ASSENTE
PU/09/000-050	3.03	57.9 - S DDD	2	MEDIO	1.35	100 - Idr. C>12	1	BASSO
PU/09/050-100	7.25	40.9 - TBT	4	ALTO	1.57	100 - Idr. C>12	1	BASSO
PU/09/100-200	0.1		0	ASSENTE	0.07		0	ASSENTE
PU/09/200-400	13.67	25.6 - Benzo(b)fluorantene	6	MOLTO ALTO	0.14		0	ASSENTE
PU/10/000-050	14.64	80.7 - TBT	3	MOLTO ALTO	1.56	100 - S Os	1	BASSO
PU/10/050-100	1.58	100 - Benzo(b)fluorantene	1	BASSO	0.09		0	ASSENTE
PU/10/100-200	22.17	88.7 - TBT	3	MOLTO ALTO	4.22	69.2 - S Os	2	MEDIO
PU/10/200-400	0.13		0	ASSENTE	0.08		0	ASSENTE
PU/11/000-050	4.94	43.5 - TBT	3	MEDIO	0.13		0	ASSENTE
PU/11/050-100	0.11		0	ASSENTE	0.08		0	ASSENTE
PU/11/100-200	1.42	100 - Ni	1	BASSO	0.1		0	ASSENTE
PU/11/200-400	14.63	93 - TBT	2	MOLTO ALTO	3.39	100 - S Os	1	MEDIO
PU/12/000-050	5.53	30.3 - S DDD	4	MEDIO	1.39	100 - Idr. C>12	1	BASSO
PU/12/050-100	0.09		0	ASSENTE	0.07		0	ASSENTE
PU/12/100-200	0.09		0	ASSENTE	0.07		0	ASSENTE
PU/13/000-050	3.7	37.8 - Ni	3	MEDIO	1.91	100 - Idr. C>12	1	BASSO
PU/13/050-100	18.89	39.1 - TBT	8	MOLTO ALTO	5.58	46.2 - Idr. C>12	3	MEDIO
PU/14/000-050	2.77	51.3 - Ni	2	MEDIO	1.43	100 - Idr. C>12	1	BASSO
PU/14/050-100	22.42	59.8 - TBT	7	MOLTO ALTO	7.99	45.2 - S Os	3	ALTO
PU/14/100-200	65.31	72.3 - TBT	10	MOLTO ALTO	19.85	49.8 - S Os	4	MOLTO ALTO
PU/15/000-050	7.51	38.3 - Zn	4	ALTO	4.93	38.9 - Zn	3	MEDIO
PU/15/050-100	13.2	54 - TBT	5	MOLTO ALTO	7.62	42.6 - Idr. C>12	3	ALTO
PU/15/100-200	57.1	81.8 - TBT	7	MOLTO ALTO	17.32	48.6 - S Os	3	MOLTO ALTO

6.3 CLASSIFICAZIONE DELLA QUALITÀ DEL SEDIMENTO

L'attribuzione della classe di qualità ai sedimenti esaminati è derivata dall'integrazione della classificazione ecotossicologica e chimica, ottenuta attraverso l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata. Si riportano in Tabella 6.3.1 i criteri di integrazione previsti dal D.M. 173/2016 per la classificazione della qualità dei sedimenti.

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

Tabella 6.3.1. classificazione della qualità dei sedimenti risultante dall'applicazione dei criteri di integrazione ponderata (HQ= hazard quotient; HQ_C =quoziente di pericolo chimico), Tab. 2.7 del D.M. 173/16.

Nella Tabella 6.3.2 sono riassunte per ogni campione di sedimento la percentuale di pelite, la Classe di pericolo ecotossicologico, il contributo percentuale fornito a questo pericolo dall'elutriato, la Classe di pericolo chimico, la Classe di Qualità complessiva del materiale e le opzioni gestionali eventualmente previste in seguito alla classificazione dei sedimenti ottenuta mediante DM 173/2016.

I sedimenti nell'area della "Darsena Commerciale" mostrano:

- 15 campioni di Classe A ma con un contenuto di pelite superiore a quello previsto per il ripascimento della spiaggia emersa. Secondo le indicazioni del DM 173/2016, questi sedimenti sarebbero compatibili con opzioni di gestione quali il ripascimento sommerso, l'immersione deliberata in aree marine non costiere o in ambiente conterminato marino-costiero;
- 8 campioni di Classe B e dunque compatibili con l'immersione deliberata in aree marine non costiere o in ambiente conterminato marino-costiero;
- 7 campioni di Classe C e dunque compatibili con l'immersione in ambiente conterminato;
- 7 campioni di Classe D, compatibili con l'immersione in ambiente conterminato impermeabilizzato, di cui 2 (M/PU/02/050-100, M/PU/04/000-050) declassati dalla classe

D a C secondo quanto previsto dal par. 2.8 dell'Allegato tecnico, ed indicati in tabella da un asterisco;

I sedimenti nell'area del "Porto Antico" mostrano:

- 3 campioni di Classe B e dunque compatibili con l'immersione deliberata in aree marine non costiere o in ambiente conterminato marino-costiero;
- 1 campione di Classe C e dunque compatibili con l'immersione in ambiente conterminato;
- 1 campione di Classe D, compatibile con l'immersione in ambiente conterminato impermeabilizzato;
- 3 campioni di Classe E da rimuovere eventualmente in sicurezza dall'ambiente marino dopo valutazione di rischio, secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Tabella 6.3.2. Classificazione di qualità dei sedimenti (classe di pericolo ecotossicologico, classificazione chimica, classe di qualità del materiale).

Area	Campione	% Pelite	Classe di pericolo ecotossicologico	Contr. % elutriato	Classe di pericolo chimico L2	Calcolo Classe di Qualità	Classe di qualità del materiale	Note
Darsena Commerciale	PU/01/000-050	23	ASSENTE	87,5	BASSO	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	B	
	PU/01/050-100	21,3	BASSO	100,0	ASSENTE	HQc(L1) <= Basso	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/01/100-200	24,2	ALTO	41,6	ASSENTE	HQc(L2) <= Basso	D	
	PU/02/000-050	13,8	MEDIO	19,6	BASSO	HQc(L2) <= Basso	C	
	PU/02/050-100	9,3	BASSO	18,7	MOLTO ALTO	HQc(L2) > Alto	C*	Sedimenti di classe D da considerare come di classe C (par. 2.8 Allegato tecnico)
	PU/02/100-200	11,9	ASSENTE	100,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/03/000-050	60,1	ALTO	38,8	BASSO	HQc(L2) <= Basso	D	
	PU/03/050-100	32	ALTO	42,6	BASSO	HQc(L2) <= Basso	D	
	PU/03/100-200	18,6	ASSENTE	45,8	ASSENTE	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/04/000-050	19,9	ALTO	17,1	ASSENTE	HQc(L2) <= Basso	C*	Sedimenti di classe D da considerare come di classe C (par. 2.8 Allegato tecnico)
	PU/04/050-100	18,5	ASSENTE	100,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/04/100-200	35	MEDIO	54,7	ASSENTE	HQc(L2) <= Basso	C	



Area	Campione	% Pelite	Classe di pericolo ecotossicologico	Contr. % elutriato	Classe di pericolo chimico L2	Calcolo Classe di Qualità	Classe di qualità del materiale	Note
	PU/05/000-050	39,1	ALTO	49,4	ASSENTE	HQc(L2) <= Basso	D	
	PU/05/050-100	10	ALTO	66,4	ASSENTE	HQc(L2) <= Basso	D	
	PU/05/100-200	10,2	ALTO	43,2	ASSENTE	HQc(L2) <= Basso	D	
	PU/06/000-050	31,6	ASSENTE	100,0	MEDIO	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	B	
	PU/06/050-100	22,7	ASSENTE	100,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/06/100-200	25,6	ASSENTE	100,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/07/000-050	16,1	BASSO	100,0	ASSENTE	HQc(L1) <= Basso	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/07/050-100	38,1	ASSENTE	100,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/07/100-200	17,9	ASSENTE	100,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/08/000-050	25,2	MEDIO	58,3	BASSO	HQc(L2) <= Basso	C	
	PU/08/050-100	28,6	BASSO	95,9	BASSO	HQc(L1) >= Medio e HQc(L2) <= Basso	B	
	PU/08/100-200	18,4	ASSENTE	100,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/09/000-050	81,9	ASSENTE	0,0	BASSO	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	B	
	PU/09/050-100	34,7	ALTO	46,4	BASSO	HQc(L2) <= Basso	D	
	PU/09/100-200	30,4	ASSENTE	100,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/09/200-400	18,1	MEDIO	100,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Basso	C	
	PU/10/000-050	54,1	ASSENTE	71,0	BASSO	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	B	
	PU/10/050-100	14,7	MEDIO	34,4	ASSENTE	HQc(L2) <= Basso	C	
	PU/10/100-200	19	ASSENTE	100,0	MEDIO	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	B	
	PU/10/200-400	28,3	ASSENTE	100,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/11/000-050	29,9	MEDIO	76,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Basso	C	
	PU/11/050-100	18,8	ASSENTE	100,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)



Area	Campione	% Pelite	Classe di pericolo ecotossicologico	Contr. % elutriato	Classe di pericolo chimico L2	Calcolo Classe di Qualità	Classe di qualità del materiale	Note
	PU/11/100-200	22,4	ASSENTE	0,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/11/200-400	25,3	ASSENTE	100,0	MEDIO	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	B	
	PU/12/000-050	47,7	ASSENTE	100,0	BASSO	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	B	
	PU/12/050-100	19,7	ASSENTE	100,0	ASSENTE	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico, Figura 7)
	PU/12/100-200	20	MEDIO	89,1	ASSENTE	HQc(L2) <= Basso	C	
Porto Antico	PU/13/000-050	91,5	MEDIO	26,6	BASSO	HQc(L2) <= Basso	C	
	PU/13/050-100	89,5	ASSENTE	99,9	MEDIO	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	B	
	PU/14/000-050	96,8	ASSENTE	53,0	BASSO	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	B	
	PU/14/050-100	96,4	ALTO	53,2	ALTO	HQc(L2) => Medio	E	
	PU/14/100-200	95,8	ALTO	54,3	MOLTO ALTO	HQc(L2) => Medio	E	
	PU/15/000-050	96	ASSENTE	39,9	MEDIO	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	B	
	PU/15/050-100	96,3	MEDIO	71,6	ALTO	HQc(L2) => Medio	D	
PU/15/100-200	97,4	ALTO	89,1	MOLTO ALTO	HQc(L2) => Medio	E		

7. RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE CLASSI DI QUALITÀ DEI SEDIMENTI

7.1 SEZIONI LONGITUDINALI

7.1.1 Darsena Commerciale

Sigla carota	M/PU/01	M/PU/02	M/PU/03	M/PU/04		M/PU/08
Profondità (cm)	CLASSE	CLASSE	CLASSE	CLASSE		CLASSE
Livello medio mare						
Superficie del fondale						
300-350	B	C	D	C*		C
350-400	A	C*	D	A		B
400-500	D	A	A	C		A
Profondità di dragaggio (-5m)						
Profondità stimata	3	3	3	3		3
Profondità misurata						

Figura 7.1.1. Sezione longitudinale dell'area denominata "Darsena Commerciale", orientata approssimativamente lungo l'asse W-E. Sono riportati esclusivamente i risultati delle maglie adiacenti situate nella zona più esterna della Darsena. L'asterisco (*) indica la maglia appartenenti alla classe di qualità "D", ma gestibili come sedimenti di classe di qualità "C".

Sigla carota	M/PU/05	M/PU/06	M/PU/07	M/PU/09
Profondità (cm)	CLASSE	CLASSE	CLASSE	CLASSE
Livello medio mare				
Superficie del fondale				
200-250				B
250-300				D
300-350	D	B	A	A
350-400	D	A	A	A
400-500	D	A	A	C
Profondità di dragaggio (-5m)				
Profondità stimata	3	3	3	2,5
Profondità misurata				

Figura 7.1.2. Sezione longitudinale dell'area denominata "Darsena Commerciale", orientata approssimativamente lungo l'asse W-E. Sono riportati esclusivamente i risultati delle maglie adiacenti situate nell'area centrale della Darsena.

Sigla carota	M/PU/12	M/PU/11	M/PU/10
Profondità (cm)	CLASSE	CLASSE	CLASSE
Livello medio mare			
Superficie del fondale			
200-250		C	B
250-300		A	C
300-350	B	A	B
350-400	A	A	B
400-500	C	B	A
Profondità di dragaggio (-5m)			
Profondità stimata	3	2,5	2,5
Profondità misurata			

Figura 7.1.3. Sezione longitudinale dell'area denominata "Darsena Commerciale", orientata approssimativamente lungo l'asse W-E. Sono riportati esclusivamente i risultati delle maglie adiacenti situate nella zona più interna della Darsena.

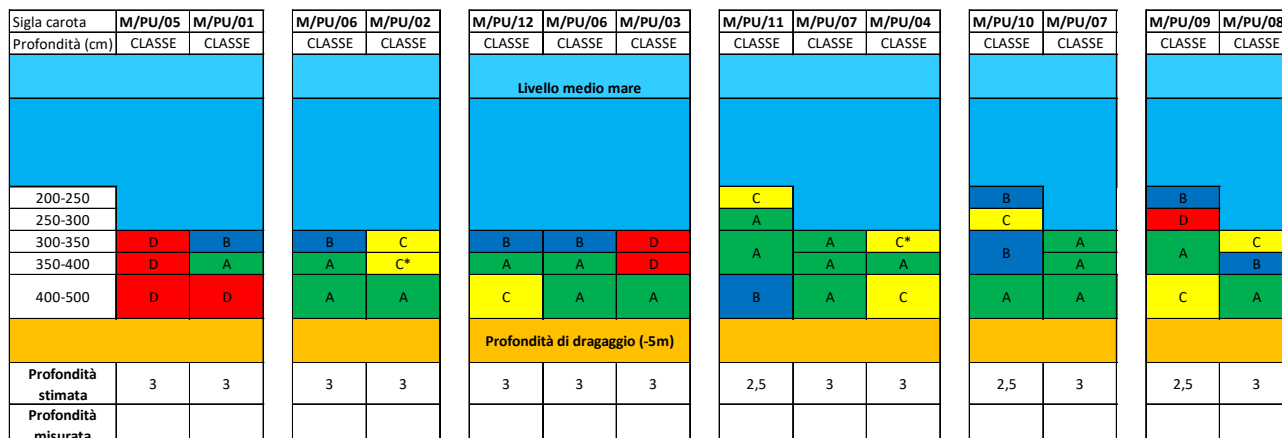


Figura 7.1.4. Sezione longitudinale dell'area denominata "Darsena Commerciale", orientata approssimativamente lungo l'asse S-N. Sono inclusi tutti i campioni. Le maglie adiacenti sono separate dalle maglie non adiacenti da una colonna bianca.

7.1.2 Porto Antico

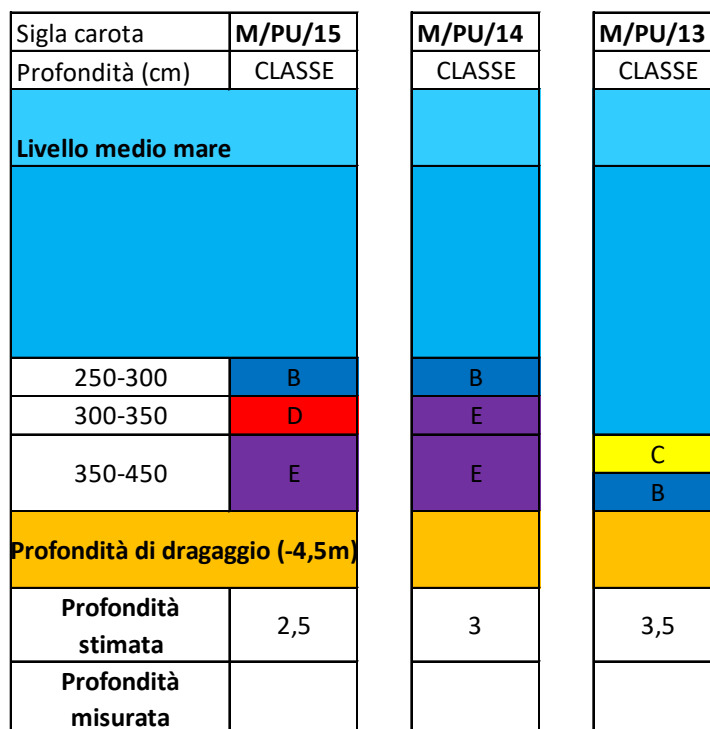


Figura 7.1.5. Sezione longitudinale dell'area denominata "Porto Antico"; orientata approssimativamente lungo l'asse S-N. Sono inclusi tutti i campioni relativi all'area "Porto Antico". Le maglie non adiacenti sono separate da una colonna bianca.

8.PIANO DI GESTIONE

Darsena Commerciale

Nella sottostante tabella 8.1.1 sono riportate le opzioni di gestione dei sedimenti per ciascun livello batimetrico e per ciascuna area unitaria della zona dell'area definita "Darsena commerciale".

Intervallo di dragaggio (m dal l.m.m.)*		AREA UNITARIA DRAGAGGIO	Opzione di gestione	Note
Top	Base			
3,0 - 3,5		PU/7	Ripascimento della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente (A)	pelite > 10%
		PU/1; PU/6; PU/9; PU/10; PU/12;	Immersione deliberata in aree marine non costiere (B)	
		PU/2; PU/4; PU/8; PU/11	immersione in ambiente conterminato in ambito portuale (C)	
		PU/3; PU/5	Immersione in ambiente conterminato impermeabilizzato (D)	
3,5 - 4,0		PU/1; PU/4; PU/6; PU/7; PU/11; PU12	Ripascimento della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente (A)	pelite > 10%
		PU/8	Immersione deliberata in aree marine non costiere (B)	
		PU/2; PU10	immersione in ambiente conterminato in ambito portuale (C)	
		PU/3; PU/5; PU/9	Immersione in ambiente conterminato impermeabilizzato (D)	
4,0 - 5,0		PU/2; PU/3; PU/6; PU/7; PU/8; PU/9; PU/11	Ripascimento della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente (A)	pelite > 10%
		PU/10	Immersione deliberata in aree marine non costiere (B)	
		PU/4; PU/12	immersione in ambiente conterminato in ambito portuale (C)	
		PU/1; PU/5	Immersione in ambiente conterminato impermeabilizzato (D)	
5,0 - 7,0		PU/10	Ripascimento della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente (A)	pelite > 10%
		PU/11	Immersione deliberata in aree marine non costiere (B)	
		PU/9	immersione in ambiente conterminato in ambito portuale (C)	

Tabella 8.1.1. Opzioni di gestione dei sedimenti caratterizzati nell'area denominata "Darsena Commerciale".

* Valore medio considerando le differenze di batimetria riportate nella tabella 2.1



Porto Antico

Nella sottostante tabella 8.1.1 sono riportate le opzioni di gestione dei sedimenti per ciascun livello batimetrico e per ciascuna area unitaria della zona dell'area definita "Porto Antico".

Intervallo di dragaggio (m dal l.m.m.)*		AREA UNITARIA DRAGAGGIO	Opzione di gestione	Note
Top	Base			
2,0	2,5	PU/15	Immersione deliberata in aree marine non costiere (B)	
2,50 - 3,00		PU/14	Immersione deliberata in aree marine non costiere (B)	
		PU/15	Immersione in ambiente conterminato impermeabilizzato (D)	
3,1	4,6	PU/14 (due campioni);	Rimozione in sicurezza (E)	
3,0	4,0	PU/15	Rimozione in sicurezza (E)	
4,0	4,5	PU/13	immersione in ambiente conterminato in ambito portuale (C)	
4,5	5,0	PU/13	Immersione deliberata in aree marine non costiere (B)	

Tabella 8.1.2. Opzioni di gestione dei sedimenti caratterizzati nell'area denominata "Darsena Commerciale"; le aree unitarie indicate in grassetto sono quelle la cui opzione di gestione è stata modificata a seguito del raggruppamento di lotti contigui secondo quanto previsto dal comma 2 del paragrafo 2.9 dell'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016.

* Valore medio considerando le differenze di batimetria riportate nella tabella 2.1



9. CONCLUSIONI

I principali risultati ottenuti sono:

- nell'area denominata "Darsena Commerciale" i sedimenti mostrano una qualità complessiva nella maggior parte ascrivibile alle classi A (15/39 campioni) seppur con concentrazioni di pelite > 10% quindi con un contenuto superiore a quanto previsto per il ripascimento della spiaggia emersa secondo le indicazioni del DM 173/2016 ma compatibili con il ripascimento della spiaggia sommersa, immersione deliberata in aree marine non costiere o ambiente conterminato marino-costiero. 8 campioni su 39 risultano in classe B, mentre sette campioni sono ascrivibili alla classe C (7/39) e due campioni in classe (2/39) D sono stati declassati alla classe C (par. 2.8 Allegato tecnico). Sette campioni sono classificati in classe (7/39) D;
- nell'area denominata "Porto Antico" solo tre campioni sono ascrivibili alla classe B (3/8) mentre dei restanti solo uno ricade nella classe C (1/8) e D (1/8). I restanti sono stati classificati come classe E (3/8) e dovranno essere rimossi.
- A seguito dell'ottenimento di sedimenti di classe di qualità "E", così come previsto dal paragrafo 2.8 dell'Allegato tecnico, è stata effettuata la Stima del Livello Ecotossicologico Grave (LEG) utilizzando la procedura descritta nell'appendice 2F all'Allegato Tecnico. Tuttavia, a seguito delle elaborazioni effettuate è stato possibile concludere che la procedura prevista dall'Appendice 2F non sia applicabile nel caso in questione, e di conseguenza i sedimenti appartenenti alle aree unitarie di dragaggio rappresentate dai campioni PU/14/050-100, PU/14/100-200, PU/15/100-200 (Porto Antico). Tali sedimenti restano pertanto ascrivibili alla classe di qualità "E", e come tali devono essere gestiti.



ARPAM
AGENZIA REGIONALE
PER LA PROTEZIONE AMBIENTALE
DELLE MARCHE



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

SERVIZIO TERRITORIALE DI PESARO



UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

