



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

**AREA MARINA DI S. APOLLINARE
SOTTOPOSTA A PROGETTI DI DRAGAGGIO E BANCHINAMENTO**

- PORTO DI BRINDISI -

**VALUTAZIONE E RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE AI
FINI DELLA INDIVIDUAZIONE DELLE CORRETTE MODALITÀ DI GESTIONE**

Gennaio 2011

CII-El-PU-BR_S.Apollinare-relazione-01.09



Responsabili scientifici

Dott. Massimo Gabellini
Dott.ssa Antonella Ausili

Referenti tecnici

Ing. Francesca Giaime
D.ssa Elena Romano
Dott. Ing. Andrea Salmeri
D.ssa Antonella Tornato

Staff tecnico

D.ssa Luisa Bergamin
D.ssa Maria Celia Magno
Valentina Darida
Ing. Sara Dastoli
Ing. Nicoletta Gazzea
Ing. Serena Geraldini
D.ssa Roberta Girardi
Francesco Loreti
Dott. Ing. Elena Mumelter
Dott. Fulvio Onorati
D.ssa Maria Elena Piccione
Dott. Giancarlo Pierfranceschi
D.ssa Paola Renzi
Ing. Lorenzo Rossi
Dott. Ing. Valentina Trama
Dott. Giuseppe Trinchera
Dott. Francesco Venti



**AREA MARINA DI S. APOLLINARE SOTTOPOSTA A PROGETTI DI DRAGAGGIO E
BANCHINAMENTO – PORTO DI BRINDISI**

**VALUTAZIONE E RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELLA
CARATTERIZZAZIONE AI FINI DELLA INDIVIDUAZIONE DELLE CORRETTE
MODALITÀ DI GESTIONE**

SOMMARIO

| | |
|---|-----------|
| 1. PREMESSA | 4 |
| 2. ATTIVITA' DI CARATTERIZZAZIONE DEI FONDALI | 6 |
| 3. VALUTAZIONE DEI RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEI FONDALI | 8 |
| 4. CARATTERIZZAZIONE DELL'ARENILE DI S. APOLLINARE | 19 |
| 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE..... | 23 |

1. PREMESSA

Nell'ambito dell'Accordo Quadro tra l'ICRAM (ora ISPRA) e l'Autorità Portuale di Brindisi sottoscritto in data 9 gennaio 2003 e della convenzione specifica firmata in data 10 giugno 2005 in merito all'area di Sant'Apollinare, l'ICRAM ha predisposto il piano di caratterizzazione ambientale dell'area marina di Sant'Apollinare sottoposta a progetti di dragaggio e banchinamento mediante banchina a giorno e pontili sospesi (figura 1), inserita all'interno del sito di interesse nazionale di Brindisi (rif. ICRAM doc. # CII-PR-PU-B-S.Apollinare-01.08 del giugno 2003).

Tale piano è stato approvato dalla Conferenza di Servizi decisoria, ex art. 14, comma 2, della legge n. 241/90, del 5 agosto 2003.

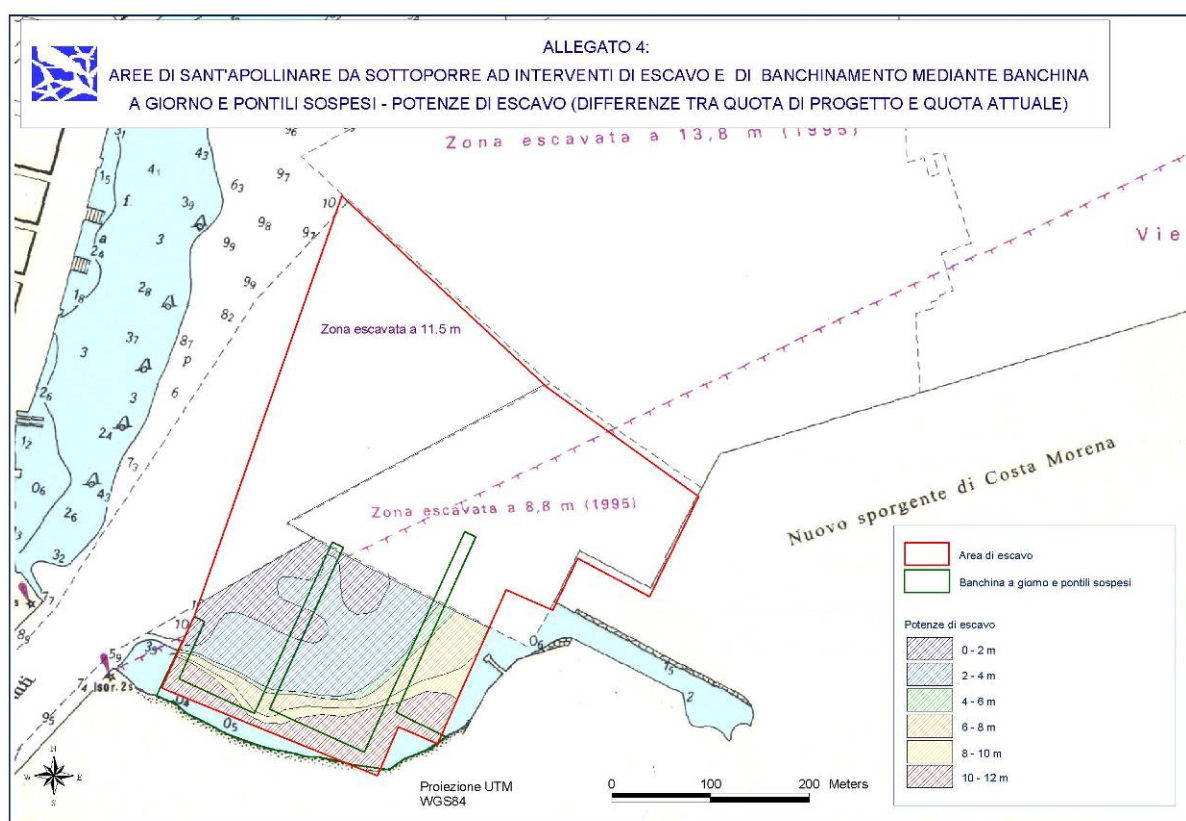


Figura 1: S.Apollinare nel Porto di Brindisi, aree oggetto dell'indagine

Il suddetto Piano prevedeva la disposizione di 65 stazioni di campionamento, su una maglia di campionamento di lato 50 m x 50 m, con il prelievo da ciascuna stazione di carote di profondità variabile tra 2 e 12 m, in relazione alle attività di dragaggio previste nell'area.

In tabella 1 è riportato il dettaglio del numero di carote da prelevare per ciascuna lunghezza prevista ed in Figura 2 è riportata l'ubicazione delle stazioni di campionamento.

Per ogni carota prelevata, il Piano di Caratterizzazione ICRAM prevedeva la raccolta di campioni corrispondenti ai livelli di seguito riportati:

- 0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm, 100-120 cm, 180-200 cm, e la sezione corrispondente agli ultimi 20 cm di ogni metro lineare di carota oltre i 2 m e la sottosezione corrispondente agli ultimi 20 cm della carota.

Dettagli dello schema del campionamento

| | |
|---------------------------------|-----|
| n. carote da 2 m | 20 |
| n. carote da 3 m | 4 |
| n. carote da 4 m | 29 |
| n. carote da 8 m | 3 |
| n. carote da 10 m | 2 |
| n. carote da 12 m | 7 |
| n. totale livelli da prelevare | 491 |
| n. totale livelli da analizzare | 260 |
| n. totale livelli da conservare | 231 |

Tabella 1: Dettagli numerici dello schema di campionamento dell'area soggetta a dragaggio e banchinamento di S.Apollinare

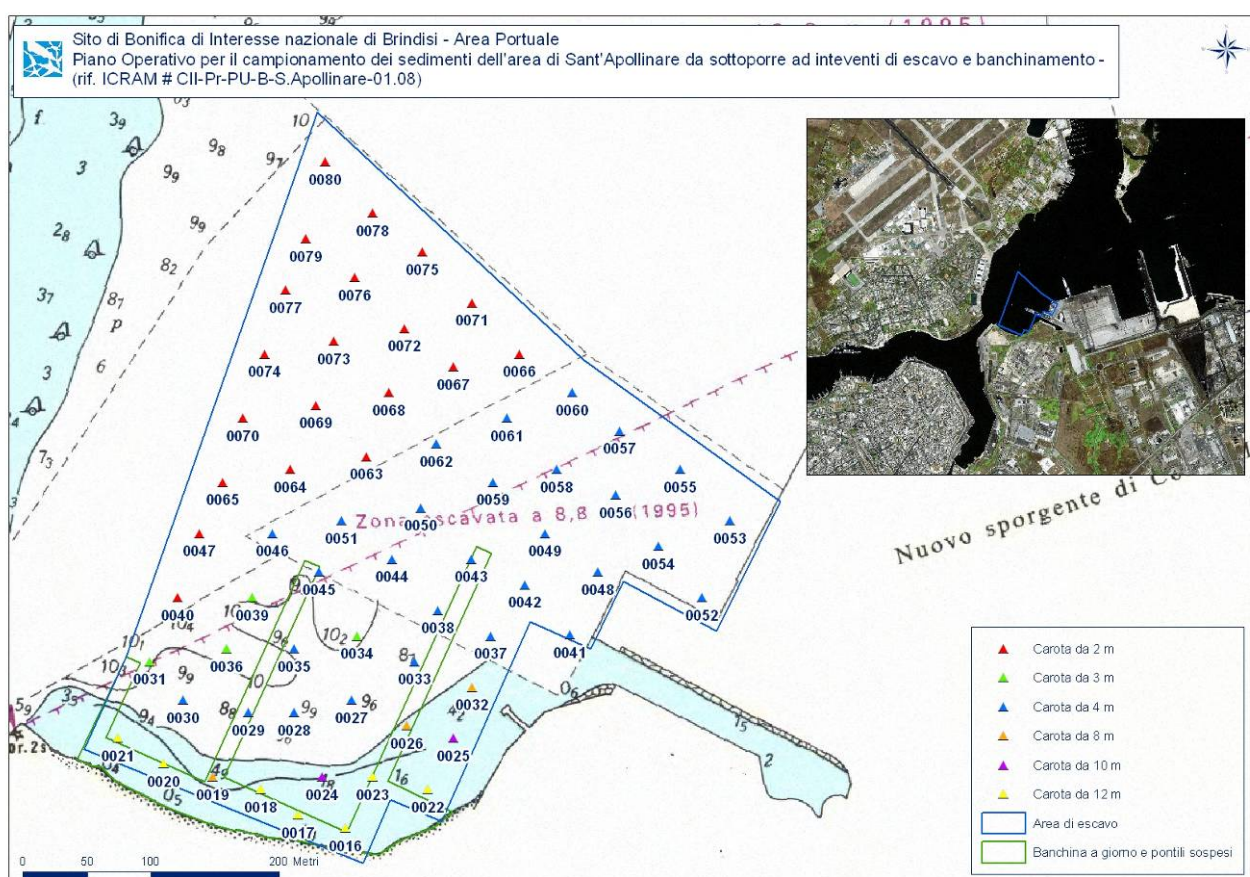


Figura 2: Stazioni di campionamento, profondità delle carote e relativi codici, previste nell'area marino costiera di S. Apollinare dal Piano di caratterizzazione ambientale dell'ICRAM

Da ciascuna carota prelevata nell'area di escavo e di banchinamento il piano di caratterizzazione prevedeva l'analisi di 4 sezioni, partendo dal top:

- 0-10 cm, 30-50 cm, 100-120 cm e 180-200 cm (o la sezione corrispondente agli ultimi 20 cm di sedimento incoerente) per le carote da 2 metri;
- 0-10 cm, 30-50 cm, 100-120 cm 180-200 cm e l'ultima sezione prelevata (o la sezione corrispondente agli ultimi 20 cm di sedimento incoerente) per le carote da 3, 4, 8, 10 e 12 metri.



Inoltre il piano di caratterizzazione ICRAM sui campioni prelevati nell'area di Sant'Apollinare prevedeva le determinazioni analitiche di seguito riportate:

- pH e potenziale redox su tutti i campioni prelevati e prescelti per l'analisi (n. 260)
- granulometria, peso specifico e contenuto d'acqua, concentrazioni di metalli (Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn, V), IPA, PCB, HCB, pesticidi organoclorurati, azoto e fosforo, carbonio organico totale, cianuri, idrocarburi C>12 e idrocarburi C≤12, Azoto e Fosforo, Cianuri, Carbonio organico (TOC) su tutte le sezioni prescelte per le analisi (n. 260);
- concentrazioni di composti organostannici (TBT) su n. 16 campioni;
- concentrazioni di Cromo VI su n. 15 campioni;
- diossine e furani su n. 13 campioni.
- Amianto su n. 7 campioni
- parametri microbiologici (Streptococchi fecali, Salmonella, Spore di clostridi solfitoriduttori) su n. 65 campioni
- indagini ecotossicologiche su n. 8 campioni.

Il presente documento (rif. ISPRA doc. # CII-El-PU-BR_S.Apollinare-relazione-01.09) contiene la valutazione dei risultati della caratterizzazione dell'area di dragaggio e banchinamento dell'area marina costiera di S. Apollinare.

Nel capitolo 4 viene inoltre riportata la valutazione dei risultati della caratterizzazione degli arenili di S. Apollinare eseguita dalla Autorità portuale di Brindisi a fini ambientali nell'ambito della caratterizzazione dell'intera area inserita nel sito di bonifica di interesse nazionale di Brindisi.

2. ATTIVITA' DI CARATTERIZZAZIONE DEI FONDALI

Ai fini dell'esecuzione delle attività di caratterizzazione delle aree di escavo e banchinamento di Sant'Apollinare, l'ICRAM ha elaborato i seguenti documenti:

- il "Protocollo di campionamento, analisi e restituzione dei dati per l'esecuzione delle attività di caratterizzazione dei sedimenti dell'area marino-costiera di S. Apollinare, sottoposta a progetti di dragaggio e banchinamento mediante banchina a giorno e pontili sospesi", del maggio 2005 (rif. doc. # CII-Pr-PU-B-S.Apollinare-01.08_v.1) contenente le specifiche operative per il campionamento dei sedimenti, degli organismi e della colonna d'acqua, le procedure analitiche per la determinazione dei parametri da ricercare ed i limiti di quantificazione da raggiungere, nonché, le specifiche per la restituzione dei dati, al fine di agevolarne la successiva gestione ed elaborazione.
- il "Piano operativo di campionamento dei sedimenti per l'esecuzione delle attività di caratterizzazione ai fini della bonifica dei fondali e delle spiagge del Porto di Brindisi: S.Apollinare" dell'ottobre 2005 (rif. doc. #CII-Pr-PU-B-S.Apollinare-01.08) contenente i codici delle stazioni di campionamento, le relative coordinate, i codici delle sezioni da prelevare e da conservare per ciascuna carota e le analisi da effettuare su ciascuna sezione prescelta per le analisi.

Le attività di prelievo sono state dirette dall'Università degli Studi di Lecce ed eseguite in collaborazione con le ditte IDROGEO s.r.l. di Lecce, relativamente alle attività di campionamento, e STESS, relativamente alla movimentazione mediante pontone, dal 1 dicembre 2005 al 18 gennaio 2006.



Nel suddetto periodo sono state prelevate n. 64 carote corrispondenti ai codici da BR01/0016 a BR01/0080, che sono state successivamente suddivise nei livelli come da piano di caratterizzazione e dal piano operativo di campionamento, ad eccezione del sondaggio BR01/0022, che, trovandosi in buona parte nelle argille è stato interrotto a una quota di 7.30 m (anziché di 12 m previsti). Inoltre per il sondaggio numero BR01/0035 è stato isolato, prelevato ed analizzato il livello compreso tra 1.50-1.60 cm, poiché dall'osservazione della carota si è evidenziata, una condizione di sospetta contaminazione.

Come previsto dalla convenzione sopra citata, tra il 30 novembre ed il 7 dicembre 2005 il personale ICRAM è stato presente durante le attività di campionamento dei sedimenti effettuate presso le aree di escavo e banchinamento di S.Apollinare, al fine di fornire assistenza tecnico scientifica e verificare che tutte le operazioni fossero rispondenti a quanto indicato nel protocollo di campionamento ed analisi fornito (rif. ICRAM doc. # CII-Pr-PU-B-S.Apollinare-01.08_v.1).

Una descrizione dettagliata delle attività di supervisione, insieme con il resoconto giornaliero delle attività di campionamento relative ai giorni di presenza dell'ICRAM, sono riportati nella relazione "Supervisione delle attività e della conformità ai protocolli di campionamento e di analisi" (doc. ICRAM rif. # CII-EI-PU-BR_Capo Bianco-supervisione-01.03), trasmessa con nota prot. n. 11025/06 del 15 dicembre 2006.

Poiché nel corso di tale campagna di caratterizzazione sono state riscontrate concentrazioni anomale di Arsenico, non in linea con quelle mediamente determinate nell'area portuale di Brindisi nel corso di precedenti caratterizzazioni, ed in considerazione del fatto che APAT e ISS, su richiesta della Conferenza di Servizi decisoria del 13 marzo 2006, stavano elaborando una metodologia per affrontare il problema del fondo naturale di Arsenico nell'area di Brindisi e verificare che a tale fondo naturale non corrispondesse un rischio inaccettabile per la salute umana e per l'ambiente, la Conferenza di Servizi decisoria del 19 ottobre 2006 ha ritenuto necessario richiedere un approfondimento analogo anche per i sedimenti dell'area in esame.

Tale approfondimento si rendeva necessario per identificare lo stato in cui è presente l'Arsenico nei sedimenti, se in forma più o meno disponibile per l'ecosistema marino, ed il relativo grado di tossicità, al fine di stabilire la necessità o meno di eseguire interventi di messa in sicurezza e/o bonifica ed infine di individuare le corrette modalità di rimozione dei sedimenti, nell'ambito degli interventi di bonifica e dei successivi interventi di dragaggio per le finalità portuali.

Tale attività di approfondimento era inoltre mirata ad acquisire ulteriori informazioni utili all'interpretazione delle risposte ecotossicologiche positive riscontrate nel corso della caratterizzazione effettuata.

L'approfondimento consisteva nelle seguenti attività di caratterizzazione integrative sui fondali dell'area di S. Apollinare:

- esecuzione delle estrazioni sequenziali (del solo elemento Arsenico) su un numero complessivo di n. 8 campioni di sedimento già prelevati e opportunamente conservati, corrispondenti a diverse stazioni e profondità (codici ICRAM: BR01/0019/SC0780-0800, BR01/0023/SC1180-1200, BR01/0024/SC0980-1000, BR01/0031/SC0280-0300, BR01/0034/SC0280-0300, BR01/0037/SC0380-0400, BR01/0039/SC0280-0300 e BR01/0054/SC0380-0400), sui quali erano stati eseguiti in precedenza i saggi di ecotossicità,
- esecuzione di una nuova campagna di campionamento di sedimenti superficiali, da prelevare in corrispondenza delle n. 8 stazioni di prelievo effettivamente campionate nel corso della precedente campagna di caratterizzazione, di seguito elencate con i corrispettivi codici ICRAM: BR01/0019, BR01/0023, BR01/0024, BR01/0031, BR01/0034, BR01/0037, BR01/0039 e BR01/0054.

Su tali campioni doveva essere effettuata la determinazione dei seguenti parametri:



- pH e potenziale redox,
- granulometria,
- concentrazioni di Arsenico.

Inoltre, sempre su tali campioni dovevano essere effettuate le estrazioni sequenziali (sul solo elemento Arsenico) ed i saggi ecotossicologici con modalità analoghe a quanto già effettuato per i campioni profondi, aggiungendo alla batteria utilizzata (Paracentrotus lividus e Brachionus plicatilis) anche il saggio Microtox[®] spt (solid phase test).

Le attività integrative di caratterizzazione sono state effettuate sempre a cura dell'Università degli Studi di Lecce nel gennaio 2007.

3. VALUTAZIONE DEI RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEI FONDALI

I risultati relativi alle attività della prima campagna di caratterizzazione sono stati trasmessi dall'Autorità Portuale di Brindisi con nota prot. n. 4530 del 31 maggio 2006 ed acquisiti dal Ministero dell'Ambiente, della tutela del Territorio e del Mare al prot. n. 10818/QdV/DI del 1/06/2006.

I risultati delle analisi granulometriche eseguite sui campioni prelevati sono stati utilizzati ai fini di una loro classificazione. In particolare, è stata utilizzata la classificazione di Shepard (1954), una classificazione ternaria che tiene conto delle principali classi granulometriche, quali sabbia, silt e argilla, per definire la tipologia di sedimento.

Tali risultati sono stati quindi elaborati utilizzando la metodologia geostatistica del *Block Co-kriging*, al fine di stimare la variabilità spaziale della granulometria partendo da misurazioni puntuali di percentuali granulometriche.

Il metodo del *Block Co-kriging* permette di stimare contemporaneamente le percentuali delle principali classi granulometriche (sabbia, limo e argilla), rispettando in ogni punto il vincolo fisico che impone che la somma delle tre percentuali dia sempre cento.

Si costruiscono, preventivamente, i variogrammi diretti ed incrociati delle singole frazioni granulometriche, ovvero i modelli tridimensionali della variabilità spaziale delle percentuali dei passanti ai singoli vagli e delle loro correlazioni; una volta costruiti i variogrammi, questi vengono utilizzati per stimare, tramite il *Block Co-kriging*, le percentuali medie di ogni frazione granulometrica rispettando il vincolo imposto.

Per la stima della variabilità granulometrica nello spazio, l'area d'indagine è stata discretizzata con una griglia tridimensionale di celle della dimensione di 20x20x0,5 m, fino alla profondità di 2 m dalla superficie del fondale, profondità oltre la quale il numero dei campioni disponibili ai fini dell'elaborazione geostatistica è risultato poco significativo. Oltre i 2 m, si hanno solo per alcuni livelli rappresentazioni puntuali granulometriche delle tipologie di sedimento presenti.

L'elaborazione dei dati ha evidenziato una discreta omogeneità nelle caratteristiche tessiturali dei sedimenti marini che nel livello più superficiale (livello 0-50; Figura 3) sono rappresentate da una prevalenza di sabbie limose e sabbie, quest'ultime limitate al settore più costiero sia a ridosso dell'area di banchinamento che dell'arenile, mentre, nei livelli sottostanti, tendono a ridursi come estensione lasciando il posto a limi sabbiosi (da Figura 4 a Figura 6) localizzati prevalentemente nel settore più esterno dell'area indagata.

Nei livelli sottostanti, e prevalentemente nella fascia antistante gli arenili, i sedimenti risultano prevalentemente di natura sabbiosa e limoso sabbiosa. Una maggiore variabilità si riscontra nel livello 380-400, dove peraltro ci sono anche maggiori risultati, con sedimenti che variano tra le classi del limo, limo sabbioso, loam, sabbia limosa e sabbia (Figura 7).

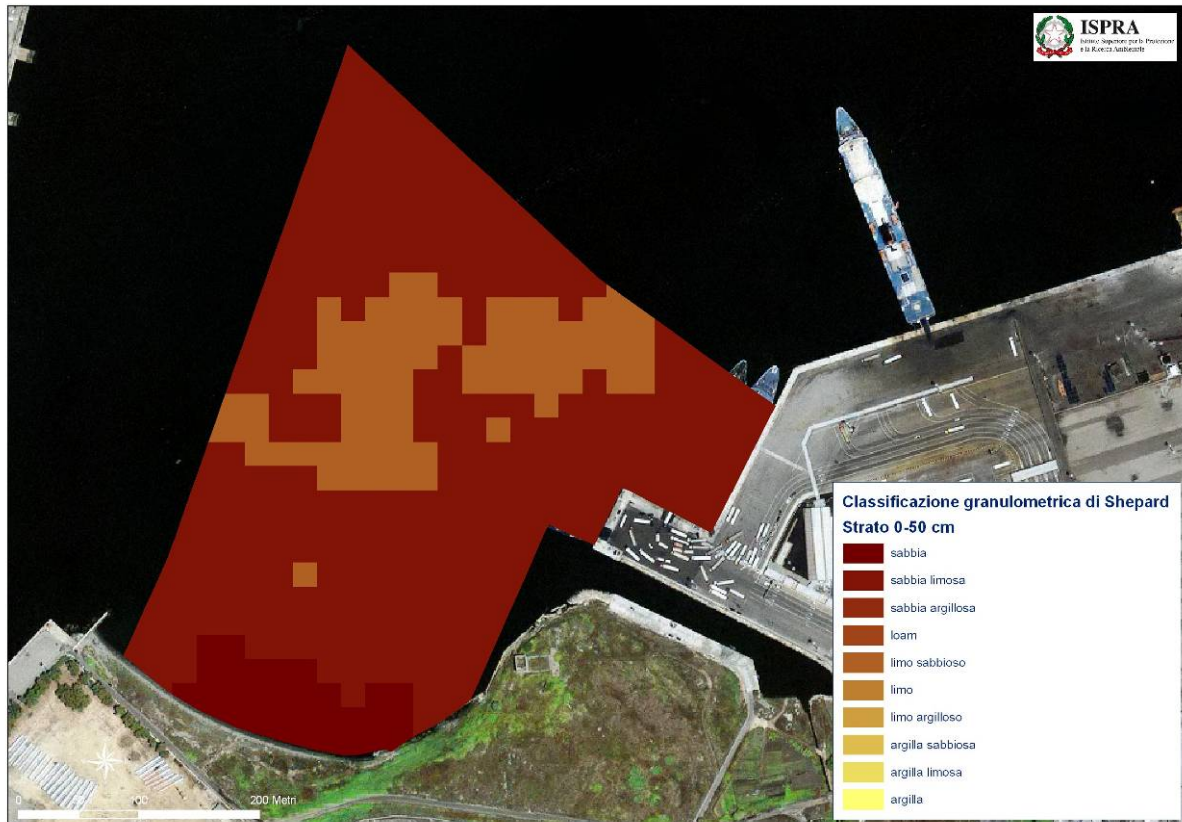


Figura 3: Livello 0-50. Distribuzione granulometrica dei sedimenti (classificazione di Shepard, 1954).

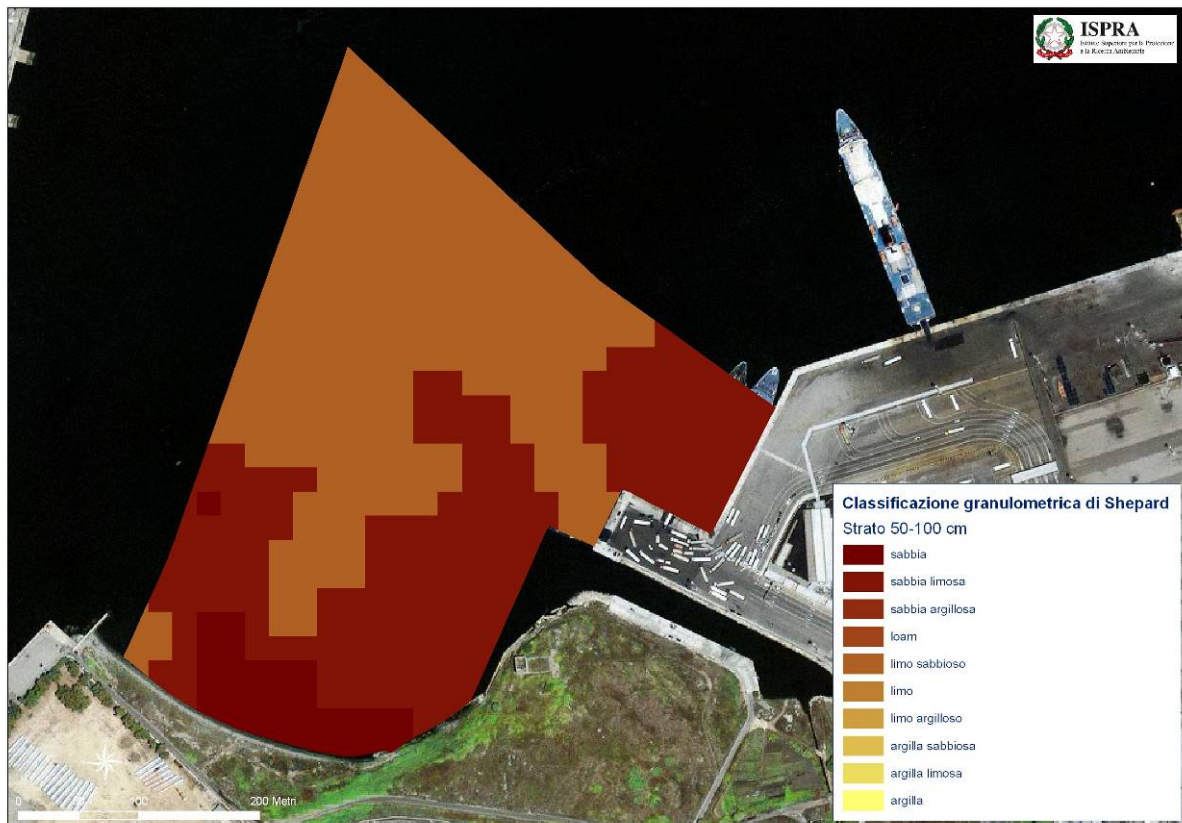


Figura 4: Livello 50-100. Distribuzione granulometrica dei sedimenti (classificazione di Shepard, 1954).

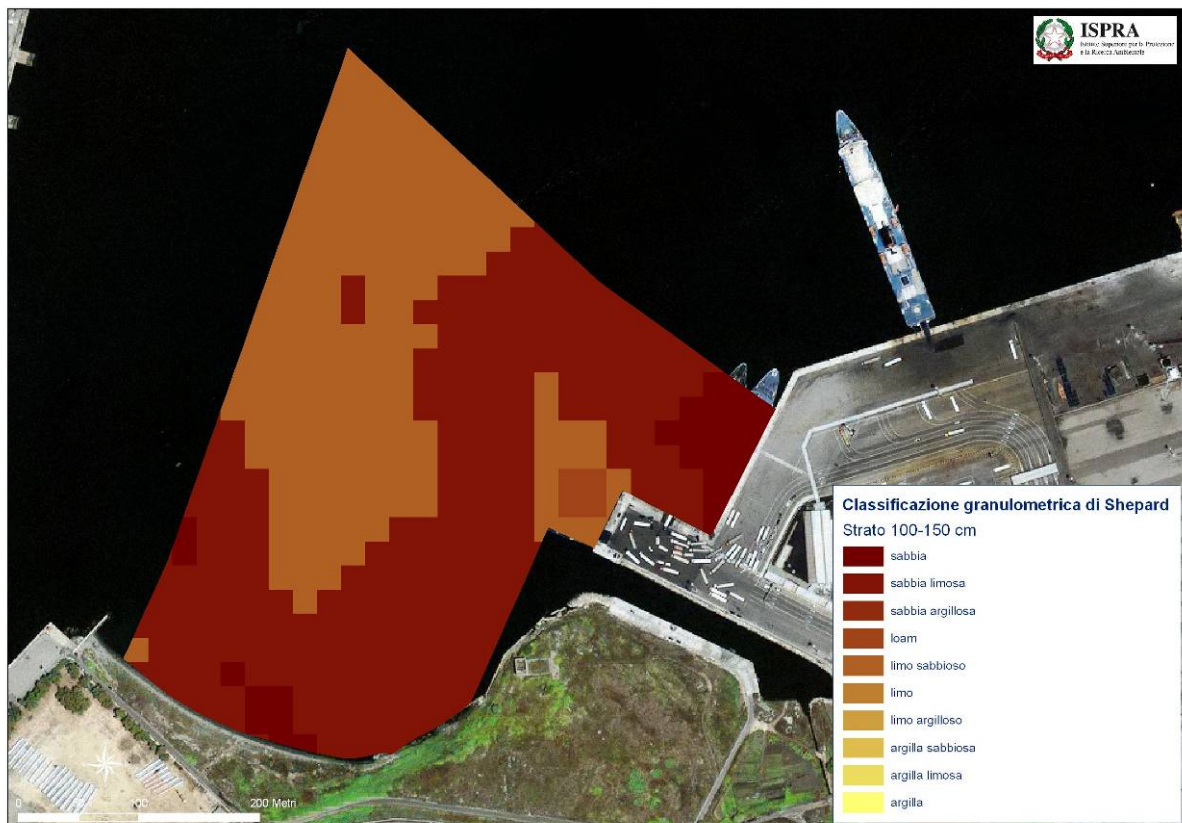


Figura 5: Livello 100-150. Distribuzione granulometrica dei sedimenti (classificazione di Shepard, 1954).

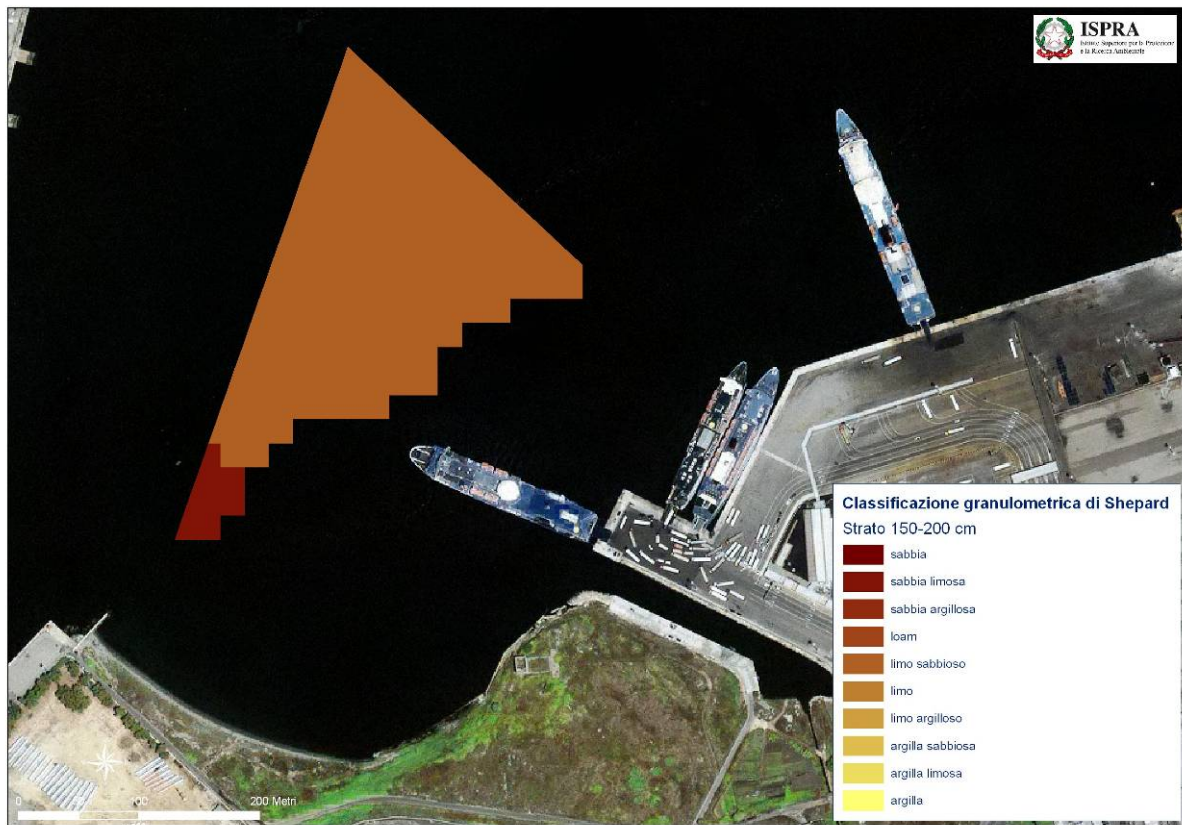


Figura 6: Livello 150-200. Distribuzione granulometrica dei sedimenti (classificazione di Shepard, 1954).

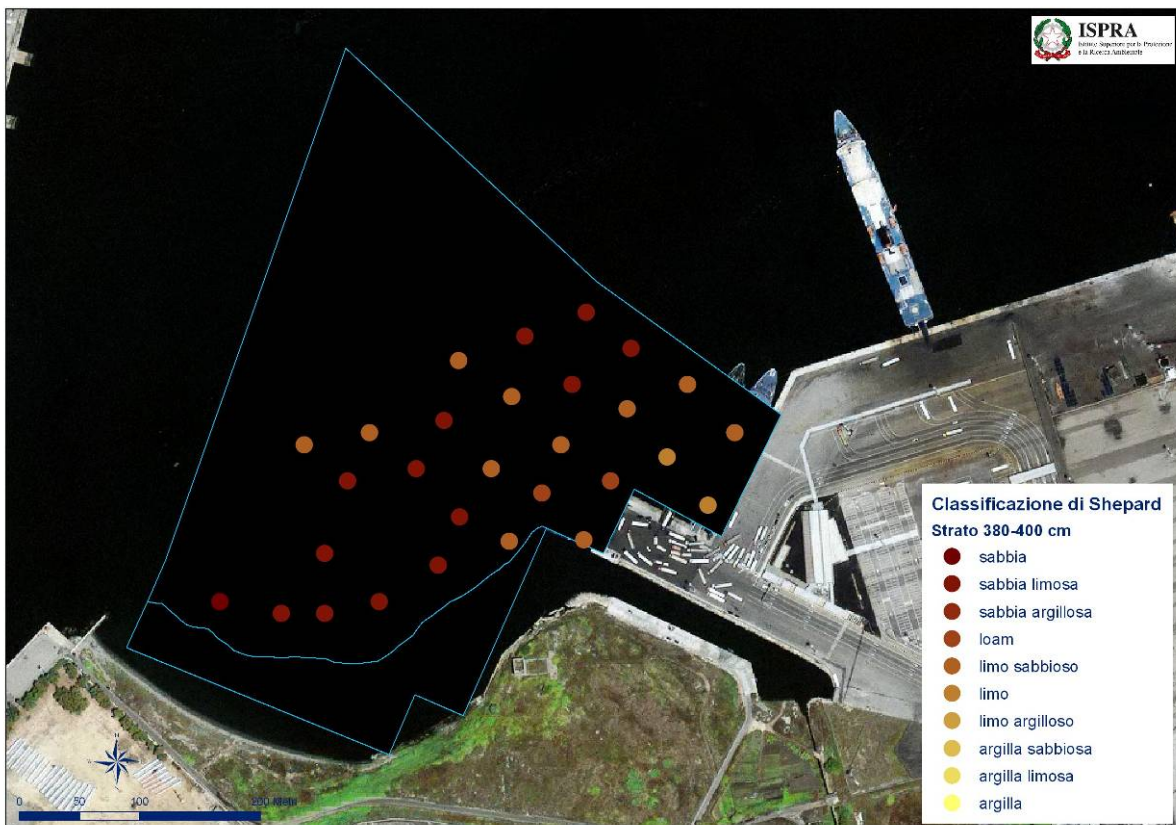


Figura 7: Livello 380-400. Distribuzione granulometrica dei sedimenti (classificazione di Shepard, 1954).

Al fine di valutare il grado di contaminazione dei sedimenti analizzati, relativi comunque ad aree a forte compromissione, e la relativa potenziale pericolosità per l'ambiente acquatico, l'ICRAM ha definito i valori di intervento per sedimenti di aree contraddistinte da forti alterazioni causate da attività antropiche attuali e pregresse, con particolare riferimento al sito di bonifica di interesse nazionale di Brindisi (rif. ICRAM doc. # CII-Pr-PU-B-standard sedimenti-01.01)

La tabella contenente i valori di intervento e le sue modalità applicative sono state approvate dalla Conferenza di Servizi "decisoria" del 20 aprile 2004.

Dal confronto dei risultati delle indagini nelle aree di escavo e banchinamento di Sant'Apollinare con i valori di intervento, l'area indagata è risultata, per la maggior parte dei parametri ricercati, esente da contaminazione, ad eccezione di alcuni superamenti dei valori di intervento per il Piombo (da Figura 8 a Figura 11), di un superamento dei valori di intervento per il Naftalene nel livello 100-120 cm della stazione BR01/0019 (Figura 12), e di concentrazioni anomale di Arsenico.

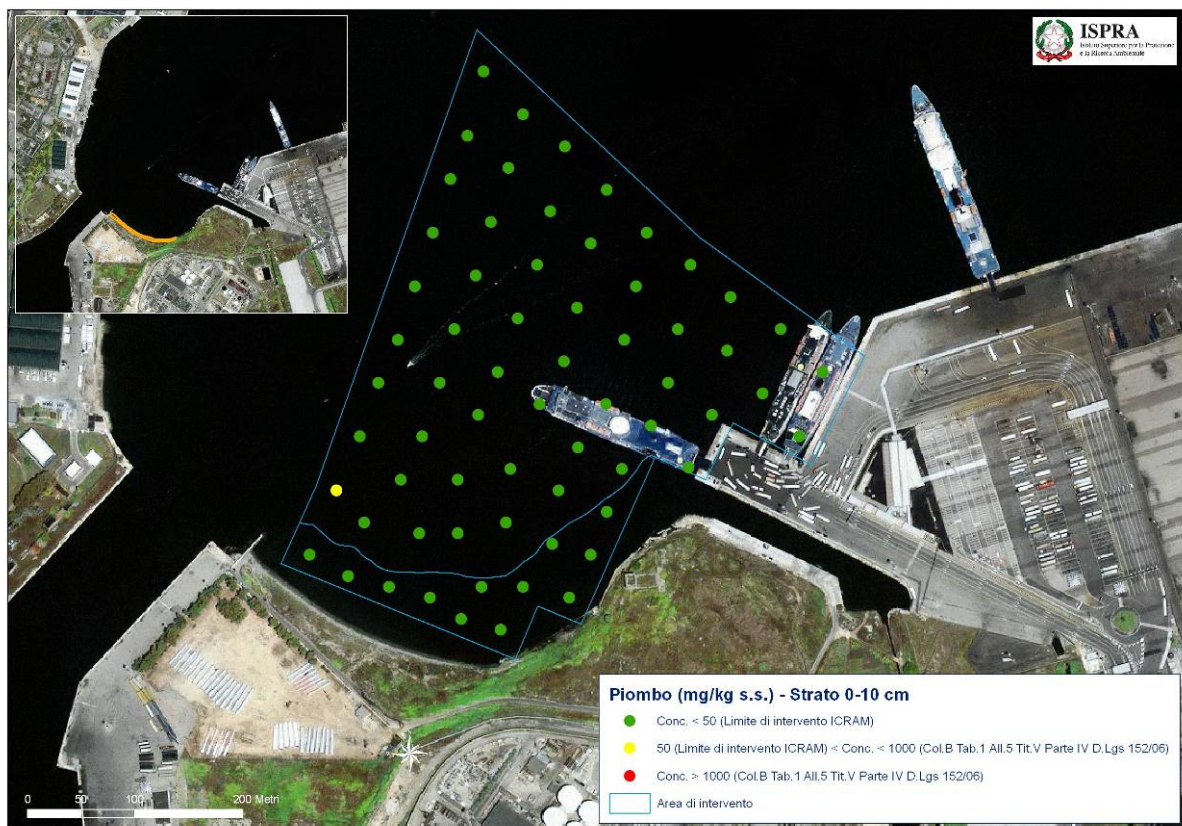


Figura 8: Concentrazioni di Piombo nello strato 0-10 cm

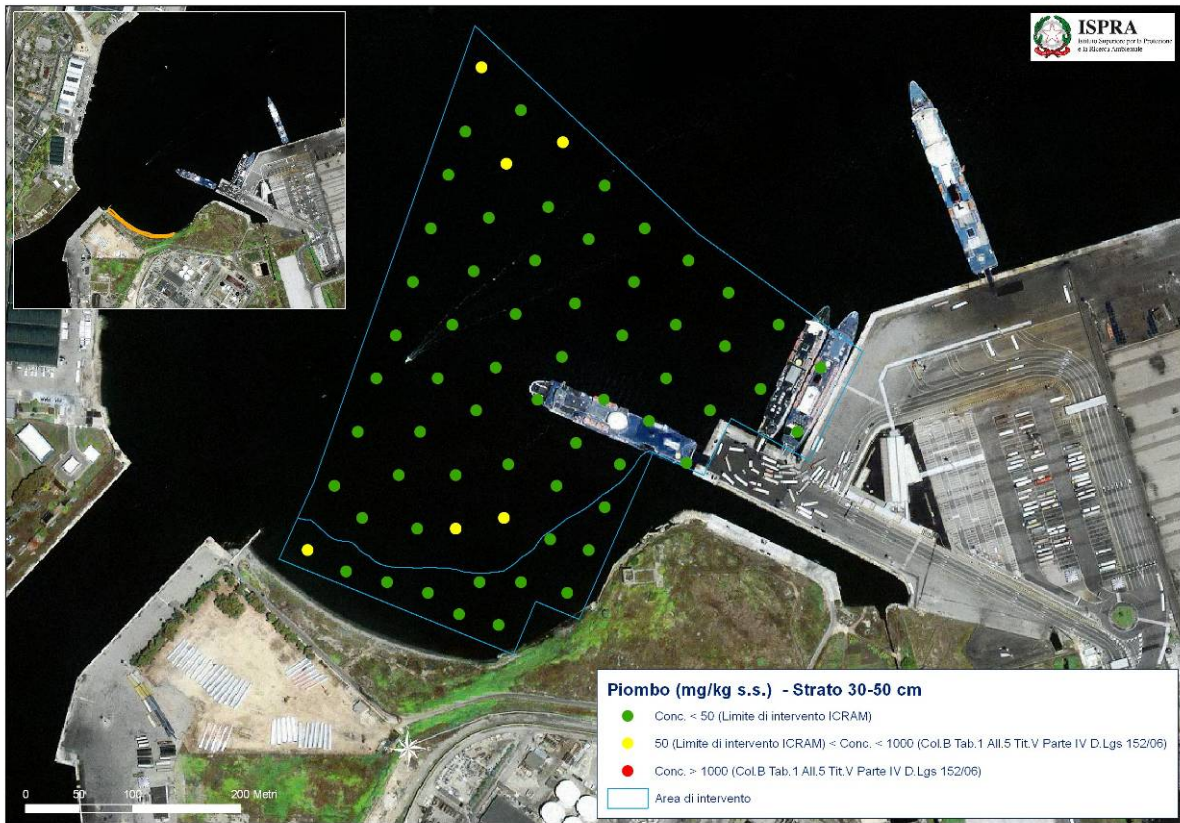


Figura 9: Concentrazioni di Piombo nello strato 30-50 cm

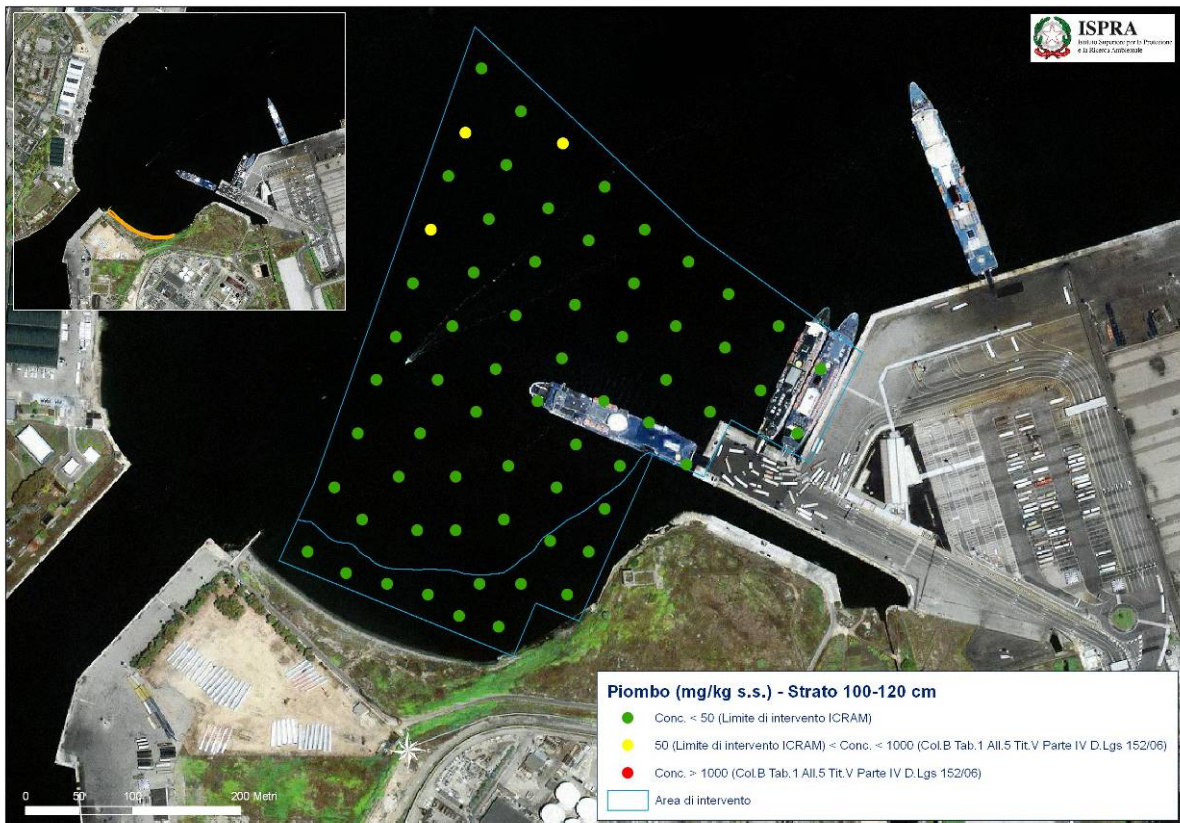


Figura 10: Concentrazioni di Piombo nello strato 100-120 cm

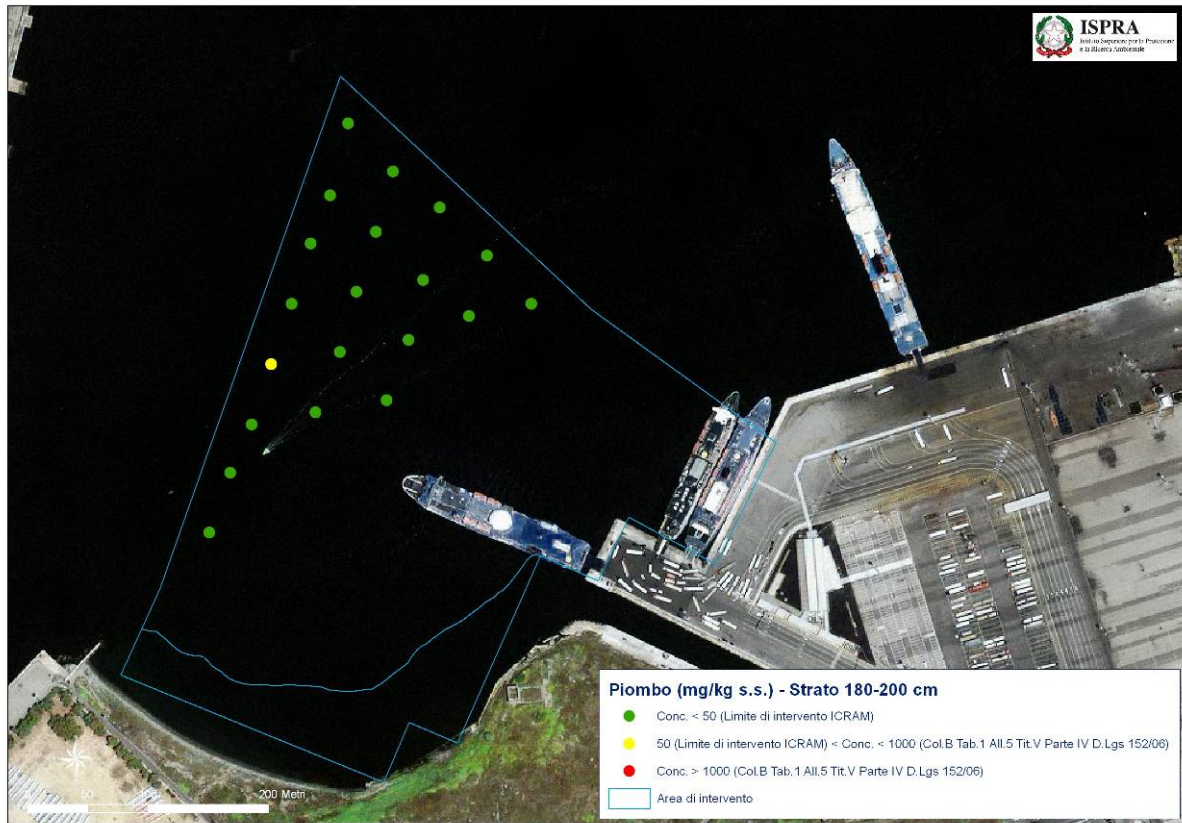


Figura 11: Concentrazioni di Piombo nello strato 180-200 cm

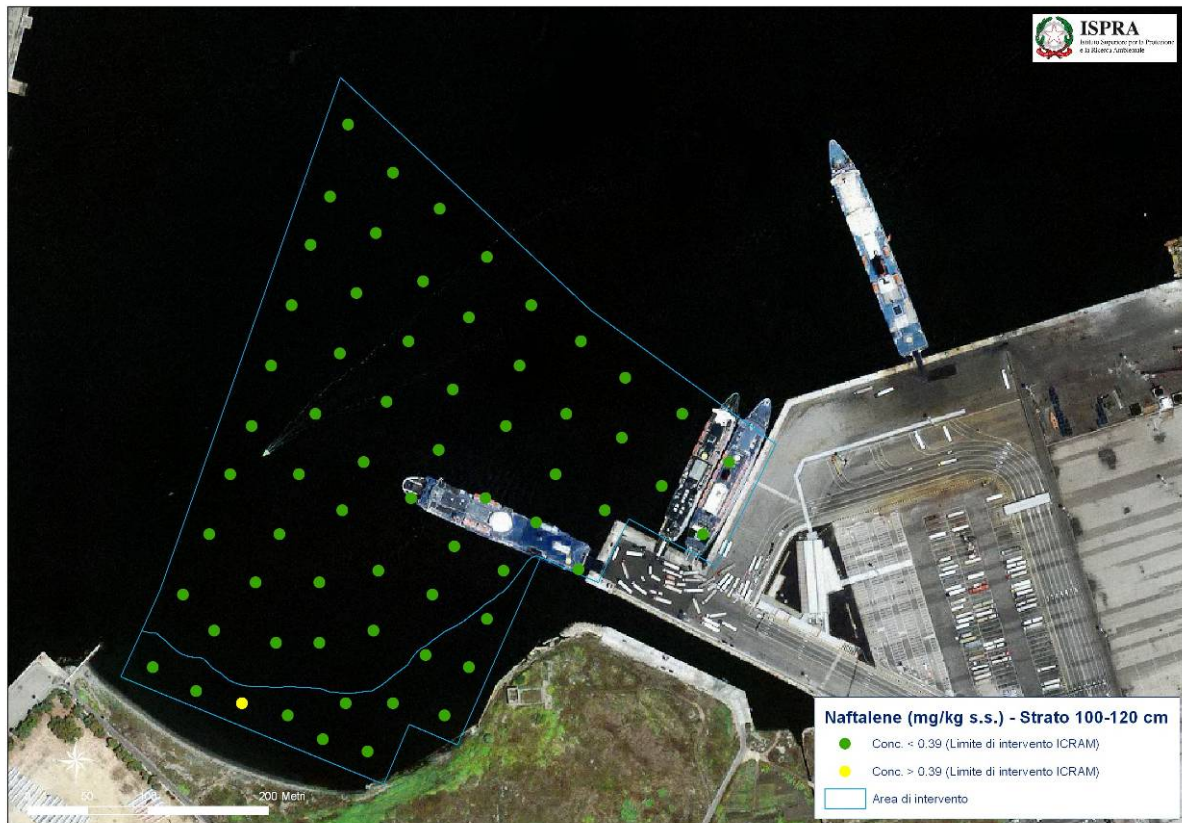


Figura 12: Concentrazioni di Naftalene nello strato 100-120 cm



Per quanto riguarda l'arsenico, le concentrazioni riscontrate risultavano per lo più comprese tra 45 e 120 mg/kg s.s., superando quindi di gran lunga sia i valori di intervento definiti per tale area (pari a 20 mg/kg), che il valore di concentrazione soglia di contaminazione riportato in colonna B della tab. 1 dell'all. 5 al Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/06, e distribuite sia su un'ampia superficie sia a diversi livelli di profondità. Tale intervallo risultava inoltre estremamente elevato se confrontato con le concentrazioni riscontrate in altre aree marine del porto di Brindisi già caratterizzate (Seno di Ponente, Costa Morena, Capo Bianco), comprese tra 5 e 20 mg/kg s.s..

Per quanto riguarda la analisi ecotossicologiche, queste sono state condotte su n. 8 campioni di sedimento utilizzando una batteria di saggi biologici costituita da 2 specie (*Paracentrotus lividus*, *Brachionus plicatilis*), con le quali si sarebbero dovute indagare almeno due matrici ambientali.

In merito al test con il rotifero *B. plicatilis*, dall'esame della documentazione fornita esso sembrerebbe applicato anche al sedimento tal quale, per il quale, tuttavia, non è riportata la metodologia, né risulta noto un protocollo riconosciuto, seppur a livello nazionale, specifico del rotifero da applicare alla fase solida. Nella sezione relativa ai risultati sono poi presenti due tabelle per *B. plicatilis* che, tuttavia, riportano entrambe il riferimento ad "elutriato tal quale". Pertanto non è chiaro se e come sia stata indagata la fase solida.

In tutti i saggi effettuati, inoltre, non è stato indicato il numero di repliche adottate e i limiti fiduciali delle misure effettuate (e/o lo scarto tipo), parametri questi particolarmente rilevanti nella valutazione della affidabilità dei risultati, soprattutto nei casi in cui sia stata testata un'unica concentrazione (100%). Ciò impedisce quindi di valutare la significatività del risultato, non essendo, fra l'altro, disponibili rapporti di prova specifici dai quali risalire ai dati grezzi.

In ordine alla valutazione del rischio ecotossicologico, assumendo come affidabili e statisticamente significative le misure effettuate, si procede ai sensi del DM 56/2009, in base al quale sono considerati tossici i campioni per i quali è stato misurato un effetto superiore al 15% ($EC_{20} < 90\%$). Il giudizio è riepilogato e limitato ai saggi applicati all'elutriato, date le perplessità metodologiche, nella tabella seguente (Tabella 2) ed è illustrato nella Figura 13.

| Codice campione | <i>Brachionus plicatilis</i> | <i>Paracentrotus lividus</i> |
|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | elutriato | elutriato |
| BR01/ 0019/ SC0780-0800 | Elevata | Elevata |
| BR01/ 0023/ SC1180-1200 | Presente | Elevata |
| BR01/ 0024/ SC0980-1000 | Presente | Elevata |
| BR01/ 0031/ SC0280-0300 | Elevata | Molto elevata |
| BR01/ 0034/ SC0280-0300 | Presente | Elevata |
| BR01/ 0037/ SC0380-0400 | Elevata | Elevata |
| BR01/ 0039/ SC0280-0300 | Elevata | Elevata |
| BR01/ 0054/ SC0380-0400 | Presente | Presente |

Tabella 2: Giudizio di tossicità relativo ai saggi biologici effettuati nel corso della campagna di caratterizzazione del 2006



Figura 13: Giudizio di tossicità relativo ai saggi biologici effettuati nel corso della campagna di caratterizzazione del 2006

In base a ciò, premesse le incertezze e perplessità metodologica espresse, tutti i campioni hanno determinato effetti biologici significativi in entrambe gli organismi-test. Tali effetti sono spesso piuttosto importanti, tali da supporre un potenziale pericolo ecotossicologico dei sedimenti indagati, per i quali sono evidentemente presenti miscele di contaminanti in forma biodisponibile.

In seguito alle prescrizioni formulate dalla Conferenza di Servizi decisoria del 19 ottobre 2006 in merito agli esiti della prima campagna di caratterizzazione, l'Autorità Portuale di Brindisi ha quindi realizzato una campagna di indagini integrative e ne ha trasmesso i risultati con nota prot. n. 3468 del 1 aprile 2009, acquisita dal MATTM al prot. n. 7394/QdV/DI del 7 aprile 2009.

In attuazione alle prescrizioni formulate, sono state effettuate le seguenti attività:

- su n. 8 campioni di sedimento, corrispondenti al livello profondo, prelevati nel corso della prima campagna di campionamento (individuati dai codici BR01/0019/SC0780-0800, BR01/0023/SC1180-1200, BR01/0024/SC0980-1000, BR01/0031/SC0280-0300, BR01/0034/SC0280-0300, BR01/0037/SC0380-0400, BR01/0039/SC0280-0300 e BR01/0054/SC0380-0400), e conservati, è stata ripetuta la determinazione di Arsenico totale e sono state effettuate estrazioni sequenziali (sul solo elemento Arsenico);
- sono stati prelevati n. 8 campioni superficiali, di spessore indicativamente compreso tra 0 cm e 20 cm, in corrispondenza delle stazioni di campionamento contrassegnate dai codici BR01/0019, BR01/0023, BR01/0024, BR01/0031, BR01/0034, BR01/0037, BR01/0039 e BR01/0054. Su tali campioni sono state effettuate le seguenti determinazioni analitiche:
 - pH e potenziale redox,
 - granulometria,
 - concentrazioni di Arsenico totale,



- estrazioni sequenziali (sul solo elemento Arsenico),
- indagini ecotossicologiche tramite una batteria di saggi costituita dagli organismi *Paracentrotus lividus* e *Brachionus plicatilis*, applicati alla fase elutriato, e *Vibrio fischeri*, applicato al sedimento tal quale.

In merito alla determinazione dell'Arsenico totale sui campioni di sedimento, l'esame dei risultati delle indagini integrative ha evidenziato una riduzione sistematica, pari ad un ordine di grandezza, delle concentrazioni riscontrate nel corso della prima campagna di caratterizzazione, sia sui campioni profondi conservati (da un intervallo di concentrazioni tra 14 e 65 mg/kg s.s. della prima caratterizzazione ad un intervallo tra 2.8 e 5.4 mg/kg s.s.) che sui nuovi campioni superficiali prelevati nella campagna di caratterizzazione integrativa (intervallo di concentrazioni determinate tra 2 e 11 mg/kg s.s.), con valori quindi inferiori al limite di intervento. I livelli di Arsenico determinati nel corso della campagna integrativa sono quindi risultati dello stesso ordine di grandezza delle concentrazioni mediamente determinate nell'area portuale di Brindisi nel corso delle caratterizzazioni eseguite nelle diverse aree.

Per quanto riguarda le estrazioni sequenziali, queste sono state effettuate secondo il protocollo ICRAM (C. Maggi, J. Bianchi, M. Dattolo, S. Mariotti, A. Cozzolino and M. Gabellini - 2006. CHEMICAL SPECIATION & BIOAVAILABILITY; Vol. 18 (3); pp. 95-103).

I risultati, relativi sia ai campioni profondi conservati che ai campioni superficiali prelevati nella campagna di caratterizzazione integrativa, non evidenziano concentrazioni di Arsenico significative legate alla frazione scambiabile ed ai carbonati. Risultano più elevate le frazioni corrispondenti alle forme ossi-idrossidi, mediamente disponibili, che potrebbero conferire a tale frazione una potenziale pericolosità ambientale, e ai solfuri, forma generalmente non biodisponibile.

Occorre tuttavia osservare come nei campioni profondi conservati sia presente una percentuale importante di Arsenico nella frazione residuo solido finale derivante dal processo di estrazione sequenziale, completamente assente invece nei campioni superficiali, a conferma di una sostanziale diversità geochimica del sedimento superficiale rispetto a quello profondo.

Per quanto riguarda i saggi ecotossicologici sui campioni superficiali prelevati nella campagna di caratterizzazione integrativa, questi sono effettuati utilizzando una batteria di saggi biologici costituita da 3 specie (*Vibrio fischeri*, *Paracentrotus lividus*, *Brachionus plicatilis*) con le quali, anche in questo caso, si sarebbero dovute indagare almeno due matrici ambientali.

Tuttavia, dall'esame della documentazione fornita, se nella sezione dei materiali e metodi il batterio marino *V. fischeri* sembrerebbe applicato alla fase solida, nella sezione relativa ai risultati la tabella specifica risulta riferita ad "elutriato tal quale". Inoltre, l'unica lettura, effettuata a 15', appare insufficiente, data l'elevata sensibilità dell'organismo alle componenti volatili e alla naturale variabilità della bioluminescenza "naturale" in funzione del tempo. Pertanto, sulla base dei risultati riportati, sembrerebbe che l'intera batteria sia stata applicata unicamente all'elutriato.

In tutti i casi, inoltre, non sono stati indicati il numero di repliche adottate ed i limiti fiduciali delle misure effettuate (e/o lo scarto tipo), parametri questi particolarmente rilevanti nella valutazione della affidabilità dei risultati, soprattutto nei casi in cui sia stata testata un'unica concentrazione (100%). Ciò impedisce quindi di valutare la significatività del risultato, non essendo, fra l'altro, disponibili rapporti di prova specifici dai quali risalire ai dati grezzi.

In ordine alla valutazione del rischio ecotossicologico, assumendo come affidabili e statisticamente significative le misure effettuate, si procede ai sensi del DM 56/2009, in base al quale sono considerati tossici i campioni per i quali è stato misurato un effetto superiore al 15% (EC20 < 90%). Il giudizio è riepilogato nella tabella seguente (Tabella 3) ed illustrato in Figura 14.

| Codice campione | <i>Vibrio fischeri</i> | <i>Brachionus plicatilis</i> | <i>Paracentrotus lividus</i> |
|-------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | elutriato | elutriato | elutriato |
| BR01/ 0019/ BN0000-0010 | Assente/trascurabile | Assente/trascurabile | Presente |
| BR01/ 0023/ BN0000-0010 | Presente | Assente/trascurabile | Assente/trascurabile |
| BR01/ 0024/ BN0000-0010 | Assente/trascurabile | Presente | Assente/trascurabile |
| BR01/ 0031/ BN0000-0010 | Presente | Presente | Presente |
| BR01/ 0034/ BN0000-0010 | Assente/trascurabile | Presente | Presente |
| BR01/ 0037/ BN0000-0010 | Presente | Presente | Assente/trascurabile |
| BR01/ 0039/ BN0000-0010 | Assente/trascurabile | Assente/trascurabile | Assente/trascurabile |
| BR01/ 0054/ BN0000-0010 | Presente | Presente | Presente |

Tabella 3: Giudizio di tossicità relativo ai saggi biologici effettuati nel corso della caratterizzazione integrativa

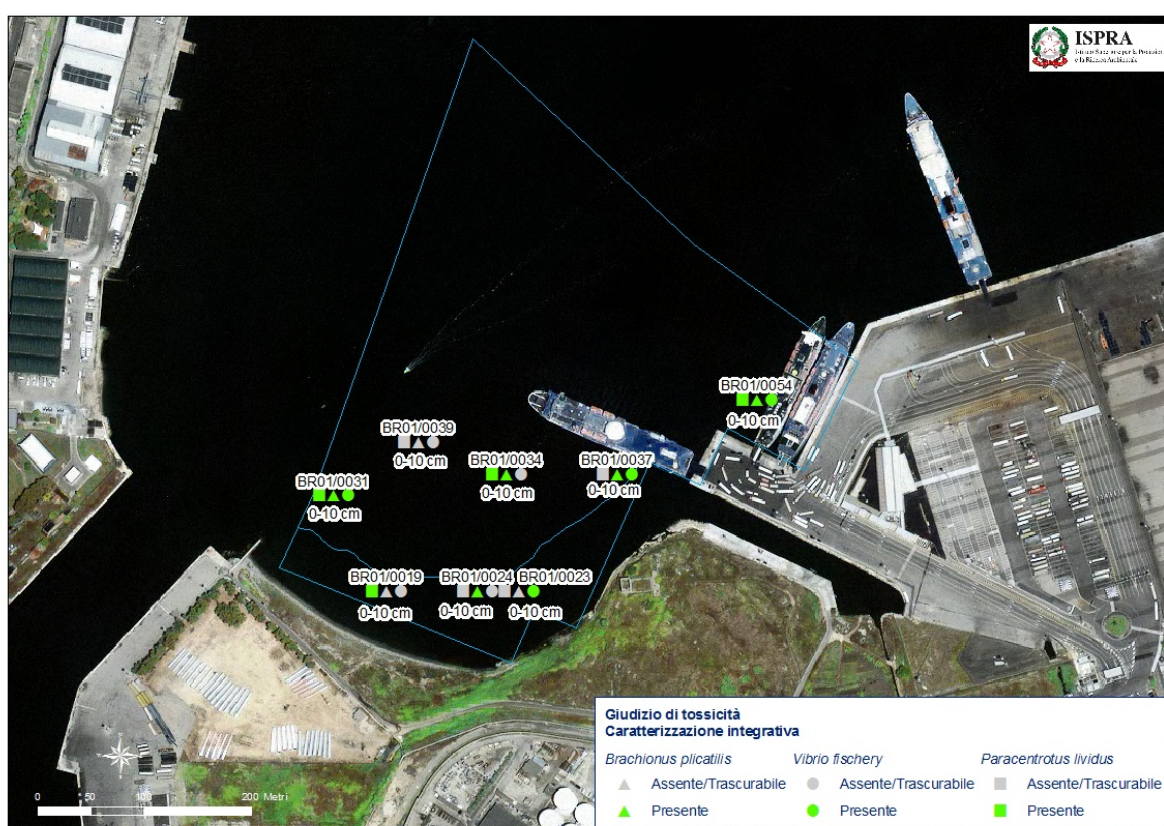


Figura 14: Giudizio di tossicità relativo ai saggi biologici effettuati nel corso della caratterizzazione integrativa

In base a ciò tutti i campioni, con l'eccezione di BR01/0039/BN0000-0020, hanno determinato effetti biologici in almeno un organismo-test. Sebbene tali effetti siano stati relativamente modesti, considerando la sensibilità delle specie e la tipologia degli end-point considerati, è ragionevole ipotizzare un potenziale seppur lieve rischio ecotossicologico dei sedimenti analizzati.

In conclusione, le analisi integrative dimostrano che le concentrazioni di Arsenico dell'area sono un ordine di grandezza inferiore rispetto alla caratterizzazione precedente, come nelle restanti aree portuali; che una delle forme più abbondanti dell'Arsenico è quella legata alle forme ossi-idrossidi, e quindi abbastanza disponibile, e che i saggi ripetuti hanno confermato la tossicità già evidenziata nella precedente caratterizzazione.

4. CARATTERIZZAZIONE DELL'ARENILE DI S. APOLLINARE

Nell'ambito della caratterizzazione ambientale da effettuarsi nel sito di bonifica di Brindisi ai sensi del D.M. 471/99 l'ICRAM (ora ISPRA) ha predisposto, per gli arenili individuati all'interno dell'area portuale di Brindisi, il "Piano di caratterizzazione ambientale dell'area marino costiera prospiciente il sito di bonifica di interesse nazionale di Brindisi-Stralcio: arenili dell'area portuale" (rif. doc. ICRAM # CII-Pr-PU-B-02.3_Stralcio Arenili Area Portuale del Luglio 2004) approvato nella Conferenza di Servizi decisoria, ex art. 14, comma 2, della legge n. 241/90, per il sito di bonifica "Brindisi" del 22 settembre 2004, ed integrativo del piano di caratterizzazione dell'area marino costiera di Brindisi (rif. doc. ICRAM # CII-Pr-PU-B-01.04).

Il suddetto piano prevedeva per l'arenile di S. Apollinare il prelievo, lungo transetti ad interasse pari a 150 m, un totale di n. 2 carote di lunghezza pari a 2 m.

Da ciascuna carota il piano prevedeva il prelievo e l'analisi dei livelli di seguito riportati:

- 0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm, 100-120 cm, 180-200 cm;

per un totale di n. 8 campioni da prelevare e analizzare.



Figura 15: Ubicazione dei punti di campionamento degli Arenili dell'Area di S. Apollinare

Il programma dei lavori prevedeva, sui tutti i campioni la determinazione dei seguenti parametri:

- pH e potenziale redox su tutti i campioni prelevati (n. 8);
- granulometria, peso specifico e contenuto d'acqua, concentrazioni di metalli (Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn, V), Policlorobifenili (PCB), Esaclorobenzene (HCB) Idrocarburi C>12 e Idrocarburi C<12, Azoto e Fosforo, Cianuri, Carbonio organico (TOC), Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): Naftalene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benz(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3-cd)pirene su tutte le sezioni prescelte per le analisi (n. 8);
- concentrazioni di Organostannici (TBT) e Cromo VI su n. 2 campioni;
- BTEX su n. 2 campioni;
- parametri microbiologici (Streptococchi fecali, Salmonella, Spore di clostridi solfitoriduttori, E-coli, Enterovirus e Miceti) su n. 2 campioni;
- concentrazioni di Diossine e furani e Amianto su n. 2 campioni.

La ditta IDROGEO, per conto dell'Autorità Portuale di Brindisi ha eseguito, in data 24 ottobre 2005, il campionamento dell'arenile dell'area di S. Apollinare (quale stralcio del piano di caratterizzazione degli Arenili Area Portuale).

L'Università degli Studi di Lecce ha successivamente eseguito tutte le determinazioni analitiche previste dal suddetto piano di caratterizzazione.

Per quanto concerne i composti organici determinati (IPA, Idrocarburi leggeri e pesanti, PCB, esaclorobenzene, diossine e furani), in tutti i campioni sottoposti ad analisi sono state rilevate concentrazioni inferiori al limite di quantificazione dei relativi metodi di analisi utilizzati.

Relativamente a metalli ed elementi in tracce non sono state rilevate particolari criticità; i dati analitici riscontrati risultano compresi in un intervallo piuttosto ristretto di concentrazione, senza evidenze di picchi di concentrazione particolarmente significativi.

Un discorso a parte merita l'Arsenico, per il quale sono stati riscontrati superamenti della colonna B della tab.1 dell'all. 5 al Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/06, evidenti in modo particolare lungo l'intero spessore della carota prelevata nella stazione denominata BR01/0001.



Figura 16: Concentrazioni di Arsenico nello strato 0-10 cm



Figura 17: Concentrazioni di Arsenico nello strato 30-50 cm



Figura 18: Concentrazioni di Arsenico nello strato 100-120 cm



Figura 19: Concentrazioni di Arsenico nello strato 180-200 cm



5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dal confronto dei risultati delle indagini condotte sui fondali con i valori di intervento, l'area indagata è risultata, per la maggior parte dei parametri ricercati, esente da contaminazione, ad eccezione di alcuni superamenti dei valori di intervento per il Piombo e per il Naftalene.

Per quanto riguarda l'Arsenico, l'esame dei risultati delle indagini integrative ha evidenziato una riduzione sistematica, pari ad un ordine di grandezza, delle concentrazioni riscontrate nel corso della prima campagna di caratterizzazione, con valori quindi inferiori al limite di intervento e dello stesso ordine di grandezza delle concentrazioni mediamente determinate nell'area portuale di Brindisi nel corso di precedenti caratterizzazioni.

Le analisi integrative hanno inoltre dimostrato che una delle forme più abbondanti dell'Arsenico è quella legata alle forme ossi-idrossidi, e quindi abbastanza disponibile, e che i saggi ripetuti hanno confermato la tossicità già evidenziata nella precedente indagine.

Per quanto riguarda l'arenile, sono state riscontrate concentrazioni di arsenico superiori ai valori di colonna B della tab.1 dell'all. 5 al Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/06.

Poiché l'area in esame è interessata da un progetto di dragaggio e banchinamento mediante banchina a giorno e pontili sospesi, e ricade all'interno del Sito di bonifica di Interesse Nazionale di Brindisi, il progetto di dragaggio potrà essere presentato ai sensi dell'articolo 5 della legge 28 gennaio 1994, n. 84, così come aggiornato dall'art. 1, comma 996 della Legge 27 dicembre 2006, n. 296, che stabilisce che *“nei siti oggetto di interventi di bonifica di interesse nazionale ai sensi dell'articolo 252 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, il cui perimetro comprende in tutto o in parte la circoscrizione dell'Autorità portuale, le operazioni di dragaggio possono essere svolte anche contestualmente alla predisposizione del progetto relativo alle attività di bonifica. Al fine di evitare che tali operazioni possano pregiudicare la futura bonifica del sito, il progetto di dragaggio, basato su tecniche idonee ad evitare la dispersione del materiale, è presentato dall'Autorità portuale, o laddove non istituita, dall'ente competente, al Ministero delle infrastrutture, che lo approva entro trenta giorni sotto il profilo tecnico-economico e lo trasmette al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare per l'approvazione definitiva.”*

Il progetto di dragaggio dovrà essere redatto secondo le specifiche e con i contenuti previsti dal Decreto 7 novembre 2008 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare *“Disciplina delle operazioni di dragaggio nei siti di bonifica di interesse nazionale, ai sensi dell'articolo 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n. 296”*.

Tale decreto, all'art. 1, comma 3, precisa infatti che *“Al fine di non pregiudicare la bonifica del sito di interesse nazionale il progetto di dragaggio, per quanto concerne gli aspetti ambientali, deve contenere: i risultati della caratterizzazione delle analisi del materiale da dragare, condotta ai sensi dell'Allegato "A" del presente decreto, le tecniche idonee per la rimozione e il trasporto del materiale nonché le modalità per l'immersione in mare, per formare terrapieni costieri o per il ripascimento degli arenili, ovvero per il conferimento presso strutture di contenimento”*.

Inoltre il decreto, all'art. 5, precisa che *“Al termine delle operazioni di dragaggio, si procede all'analisi del fondale dragato da effettuarsi ai sensi dell'allegato "A" limitatamente allo strato superficiale e per i parametri che superano i valori di intervento. Nel caso i valori di concentrazione misurati nei sedimenti di detto strato superino i limiti di intervento individuati dall'ISPRA per ciascun sito di interesse nazionale, si deve attivare la procedura di bonifica”*.

In tal caso, dall'esame dei risultati delle caratterizzazioni effettuate si rileva la necessità che in tutte le operazioni che richiedono movimentazione di sedimenti, tutte le fasi di intervento (asportazione del materiale, trasporto del materiale, conferimento provvisorio del materiale in area a terra, ecc.) siano svolte minimizzando gli impatti sull'ambiente circostante. Le modalità di rimozione del materiale dovranno rispettare i principi di uno scavo subacqueo di tipo ambientale, minimizzando la



risospensione dei sedimenti e la perdita del materiale, con conseguente rilascio di inquinanti. Dovranno all'occorrenza essere previste misure di contenimento dell'area di escavo, e dovrà essere effettuato un monitoraggio al fine di verificare l'assenza di impatti sull'ambiente e l'efficacia delle misure di mitigazione e di contenimento adottate.

Per quanto riguarda la gestione dei sedimenti di dragaggio, l'art. 1, comma 996 della Legge 27 dicembre 2006, n. 296, individua alcune possibilità di gestione dei materiali a seconda delle caratteristiche chimiche, fisiche, microbiologiche ed ecotossicologiche degli stessi, ferme restando le specifiche competenze delle Regioni e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, nei diversi casi.

Alla luce degli esiti delle caratterizzazioni condotte, i sedimenti dell'area indagata possono essere gestiti ai sensi del comma 11-quater, che precisa che *“i materiali derivanti dalle attività di dragaggio e di bonifica, se non pericolosi all'origine o a seguito di trattamenti finalizzati esclusivamente alla rimozione degli inquinanti, ad esclusione quindi dei processi finalizzati all'immobilizzazione degli inquinanti stessi, come quelli di solidificazione/stabilizzazione, possono essere refluiti, su autorizzazione della regione territorialmente competente, all'interno di casse di colmata, di vasche di raccolta, o comunque di strutture di contenimento poste in ambito costiero...omissis... Le stesse devono presentare un sistema di impermeabilizzazione naturale o completato artificialmente al perimetro e sul fondo, in grado di assicurare requisiti di permeabilità almeno equivalenti a: K minore o uguale $1,0 \times 10^{-9}$ m/s e spessore maggiore o uguale a 1 m. Nel caso in cui al termine delle attività di refluimento, i materiali di cui sopra presentino livelli di inquinamento superiori ai valori limite di cui alla tabella 1, allegato 5, parte quarta, titolo V, del decreto legislativo n. 152 del 2006 deve essere attivata la procedura di bonifica dell'area derivante dall'attività di colmata in relazione alla destinazione d'uso”*.