

# LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA

**Serena Geraldini**

ISPRA



## Indice

1. I siti di bonifica di interesse nazionale
2. La caratterizzazione delle aree marino-costiere
3. La stima dei volumi di sedimento contaminato
4. Il quadro normativo
5. Gli interventi di bonifica: analisi delle opzioni di gestione

# SIN CON PERIMETRAZIONE A MARE

L. 426/98  
 D.M. 471/99  
 L. 388/00  
 D.M. 468/01  
 L. 179/02  
 L. 266/05



L'ambiente marino costituisce, attraverso la falda ed il reticolo idrografico superficiale, nonché a causa dello sversamento diretto, il recettore ultimo degli inquinanti terrigeni, di origine sia naturale che artificiale.

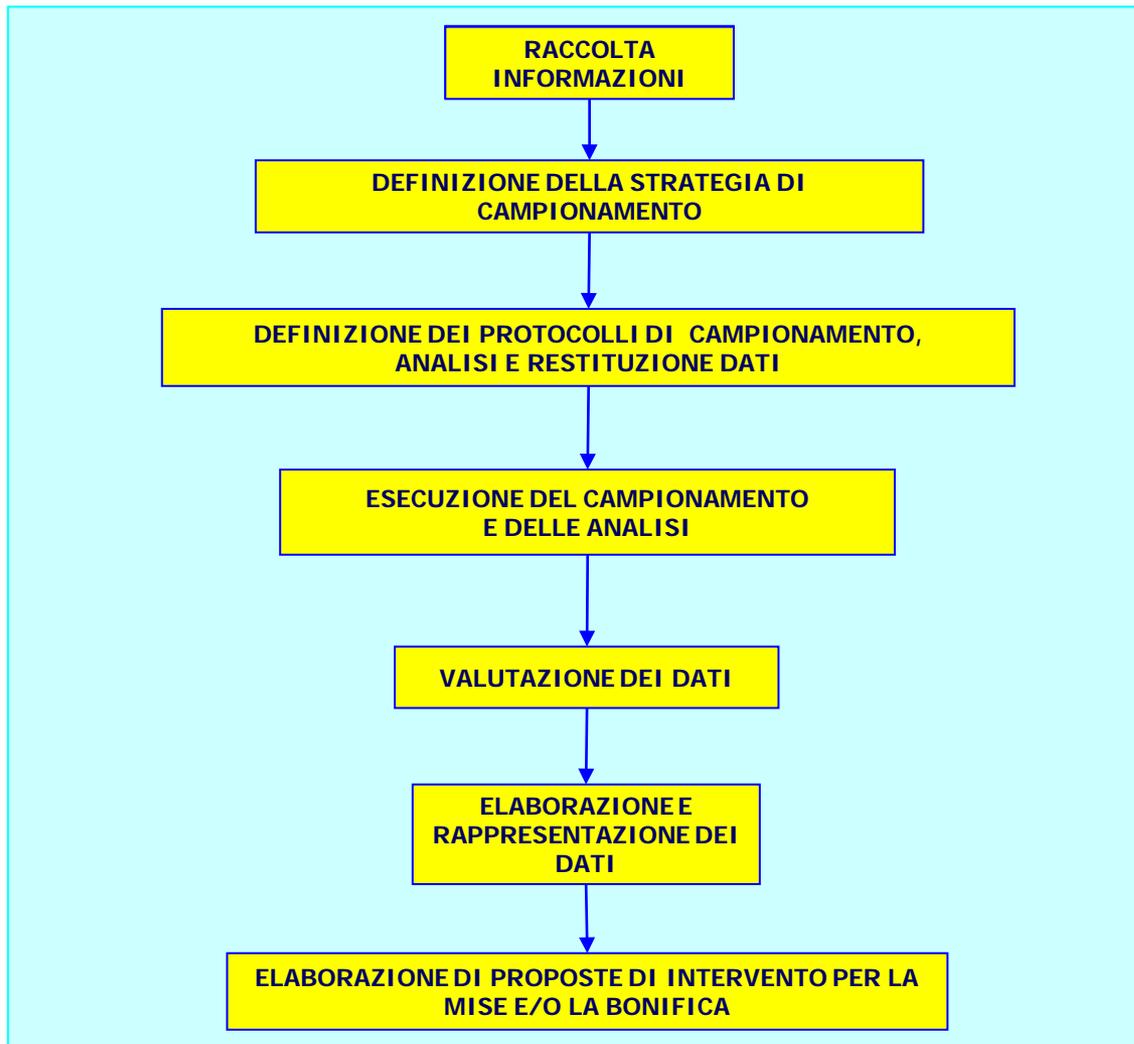
Queste sostanze, una volta raggiunto l'ambiente marino, possono indurre effetti tossici, anche a basse concentrazioni, sia a breve che a lungo termine, essere accumulate e trasferite lungo le reti trofiche, e causare profonde alterazioni dell'ecosistema marino.



## SIN CON PERIMETRAZIONE A MARE

Regioni	Nome del sito	Riferimento legislativo	Perimetrazione a mare [ha]
Abruzzo	Fiumi Saline e Alento	D.M. 468/01	778
Calabria	Crotone-Cassano-Cerchiara	D.M. 468/01	1.469
Campania	Lit. Domizio Flegreo ed Agro Aversano	L. 426/98	22.504
	Napoli Orientale	L. 426/98	1.447
	Napoli Bagnoli-Coroglio	L. 388/2000	1.493
	Aree del Litorale Vesuviano	L. 179/2002	6.700
Friuli Venezia Giulia	Laguna di Grado e Marano	D.M. 468/01	6.674
	Trieste	D.M. 468/01	1.196
Liguria	Cogoletto - Stoppani	D.M. 468/01	166
	Pitelli (La Spezia)	L. 426/98	1.564
Marche	Basso bacino del fiume Chienti	D.M. 468/01	1.191
	Falconara Marittima	L. 179/2002	1.167
Puglia	Taranto	L. 426/98	7.069
	Brindisi	L. 426/98	5.662
	Manfredonia	L. 426/98	860
Sardegna	Sulcis – Iglesiente - Guspinese	D.M. 468/01	34.100
	La Maddalena	OPCM 3716/08	-
	Aree industriali di Porto Torres	L. 179/2002	2.741
Sicilia	Gela	L. 426/98	4.562
	Priolo	L. 426/98	10.084
	Area industriale del Comune di Milazzo	Legge finanziaria n. 266 del 23 dicembre 2005	2189
Toscana	Massa e Carrara	L. 426/98	1.894
	Piombino	L. 426/98	2.014
	Livorno	D.M. 468/01	1.418
	Orbetello Area ex Sitoco	L. 179/2002	271
Veneto	Venezia (Porto Marghera)	L. 426/98	2.311

# DEFINIZIONE DI CRITERI E STRUMENTI OPERATIVI: dalla Caratterizzazione alla Bonifica



## OBIETTIVI DELLA CARATTERIZZAZIONE

Determinazione della distribuzione orizzontale e verticale delle concentrazioni dei contaminanti nei sedimenti

Determinazione delle possibili correlazioni tra la distribuzione dei contaminanti e le caratteristiche granulometriche dei sedimenti

Valutazione degli effetti della contaminazione sugli organismi marini e determinazione della biodisponibilità degli inquinanti individuati e l'eventuale trasferimento alle reti trofiche

Determinazione della concentrazione dei contaminanti lungo la colonna d'acqua in casi particolari e in aree sensibili

Valutazione del contributo naturale ed antropico per metalli ed elementi in tracce (anomalie geochimiche)

Fornire elementi utili alla progettazione degli interventi di bonifica



## STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO DEI SEDIMENTI

### TIPOLOGIE DI AREE

Area costiera prospiciente il sito di bonifica

Area portuale “chiusa” o “semi-chiusa”

Area lagunare

### SCHEMA DI CAMPIONAMENTO DEI SEDIMENTI

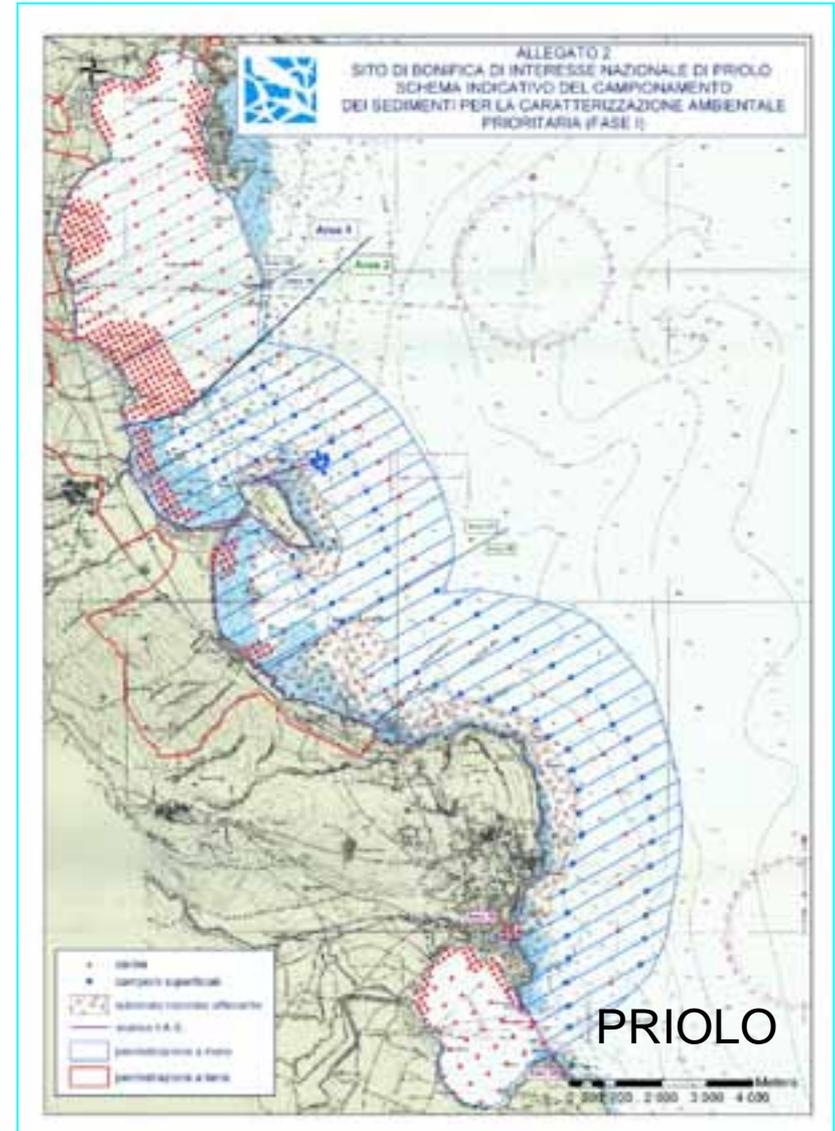
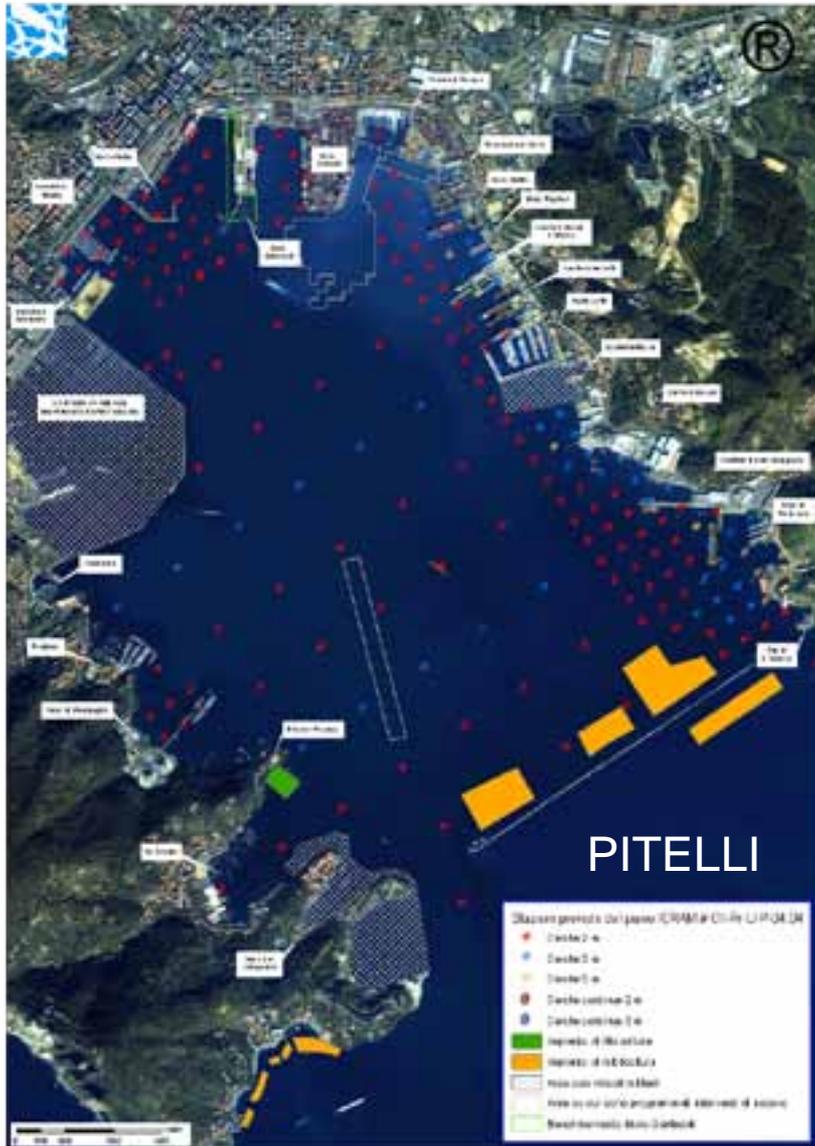
§ Sui fondali:

- maglie regolari (da 450x450 m a 150x150 m, fino a 50x50 m)  
*una stazione di campionamento a maglia (carote)*
- transetti equidistanti perpendicolari alla linea di costa  
*da 3 a 5 stazioni di campionamento a transetto  
(campioni superficiali e/o carote)*

§ Sulle aree di spiaggia (*carote*)

- transetti equidistanti perpendicolari alla linea di costa  
*da 1 a 3 stazioni di campionamento a transetto*
- maglie (indicativamente 50x50 m)  
*una stazione di campionamento a maglia*

# ESEMPI DI PIANI DI CARATTERIZZAZIONE



## SCELTA DEI CAMPIONI PER L'ESECUZIONE DI ANALISI FISICHE, CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE AI FINI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEL SIN

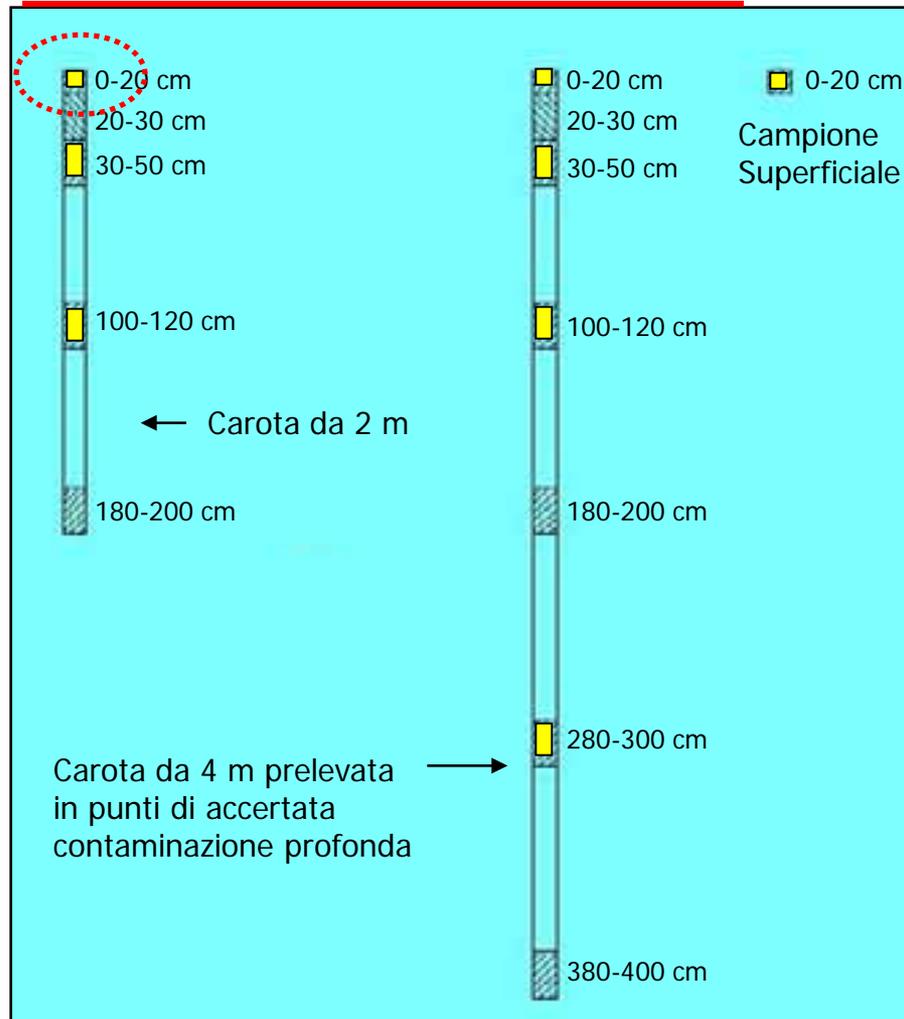
§ Carote di lunghezza  $\approx$  2 m e diametro  $\approx$  10 cm

Prelievo di sezioni specifiche lungo la carota

Prelievo con benna o box-corer di un livello rappresentativo dello strato superficiale (0-20 cm)

Scelta di un numero ridotto di sezioni per le analisi

Esecuzione di carotaggi "in continuo", con analisi di alcuni elementi su livelli consecutivi di spessore ridotto, per ricostruire l'evoluzione temporale della contaminazione ed individuare gli apporti dovuti alle caratteristiche geochimiche naturali, anche al fine di identificare i valori di concentrazione di riferimento dell'area



## ANALISI CHIMICHE, FISICHE E MICROBIOLOGICHE PREVISTE SUI SEDIMENTI

### Ø PARAMETRI PRINCIPALI

(da ricercare su tutti i campioni)

- pH, potenziale redox
- Granulometria,
- Contenuto d'acqua
- Concentrazioni di:
  - Alluminio
  - Arsenico
  - Cadmio
  - Cromo
  - Mercurio
  - Nichel
  - Piombo
  - Rame
  - Zinco
  - Vanadio
  - PCB
  - IPA
  - Idrocarburi ( $\leq C_{12}$ )
  - Idrocarburi ( $> C_{12}$ )
  - Azoto e Fosforo
  - Cianuri
  - TOC

### Ø PARAMETRI CHIMICI SPECIFICI

(da ricercare su una percentuale ridotta di campioni)

- Concentrazioni di:
  - Pesticidi Organoclorurati
  - Cloroaromatici
  - Fenoli
  - Solventi Aromatici (BTEX)
  - TBT
  - .....
  - Amianto
  - Diossine e furani

### Ø ANALISI MICROBIOLOGICHE

(da ricercare su una percentuale ridotta di campioni)

- Streptococchi fecali, Salmonella,
- Spore di clostridi solfitoriduttori,
- E. coli*, Enterovirus, Miceti

## ANALISI ECOTOSSICOLOGICHE PREVISTE SUI SEDIMENTI

Da condurre (su una percentuale ridotta di campioni):

∅ su due matrici ambientali, a scelta tra:

- § Fase solida o Tal quale
- § Acqua interstiziale o Elutriato

∅ mediante impiego di batteria di saggi biologici costituita da almeno tre delle seguenti specie:

- § *Vibrio fischeri* (Bacteria)
- § *Dunaliella tertiolecta* (Chlorophyceae)
- § *Brachionus plicatilis* (Rotifera)
- § *Corophium orientale* o *Corophium insidiosum* (Amphipoda)
- § *Paracentrotus lividus* (Echinoida)
- § *Dicentrarchus labrax* (Moronidae)

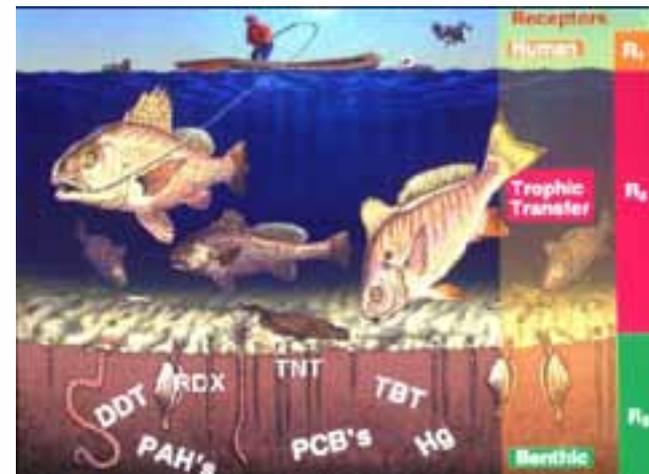
## PROVE DI BIOACCUMULO SU ORGANISMI TARGET

Organismi marini con caratteristiche idonee alla finalità dell'indagine :

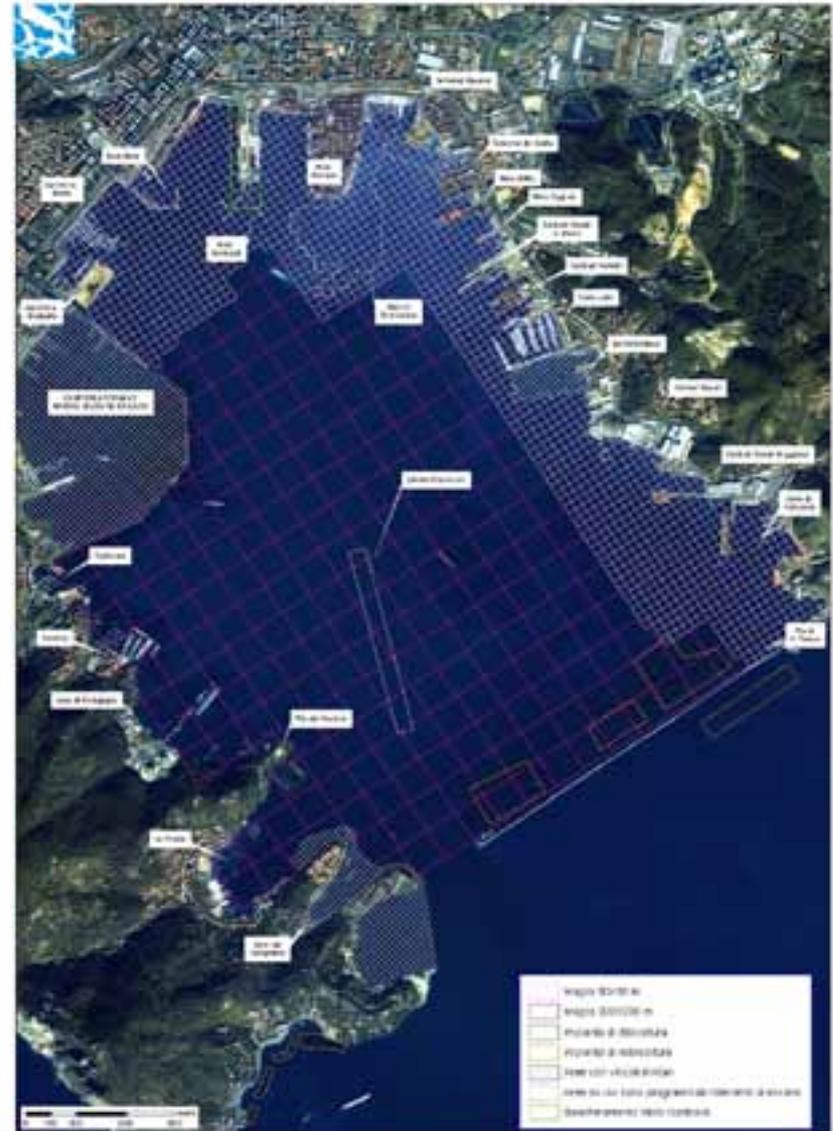
- ∅ organismi filtratori come, ad esempio, i bivalvi (*Mytilus galloprovincialis*)
- ∅ specie necto-bentoniche, scelte tra quelle a più stretto contatto con il fondale, come ad esempio la triglia di fango (*Mullus barbatus*), la salpa (*Salpa* spp), lo sciarrano (*Serranus cabrilla*) ed il cefalo (*Mugil* spp)

Analisi chimiche previste:

- § metalli ed elementi in tracce
- § IPA
- § PCB
- § Parametri specifici



(USACE, 2002)

**RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE: ELABORAZIONE DATI FISICO-CHIMICI**

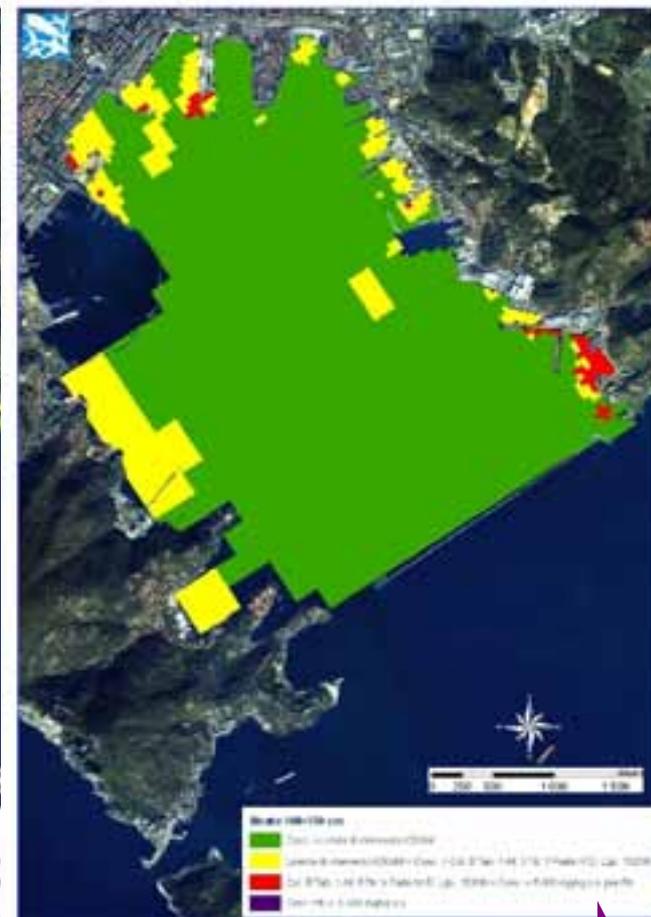
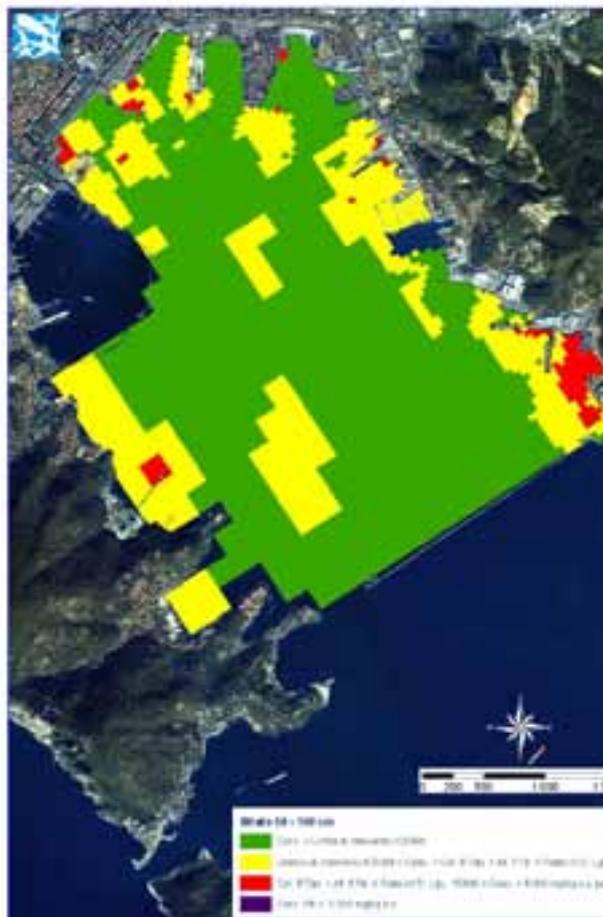
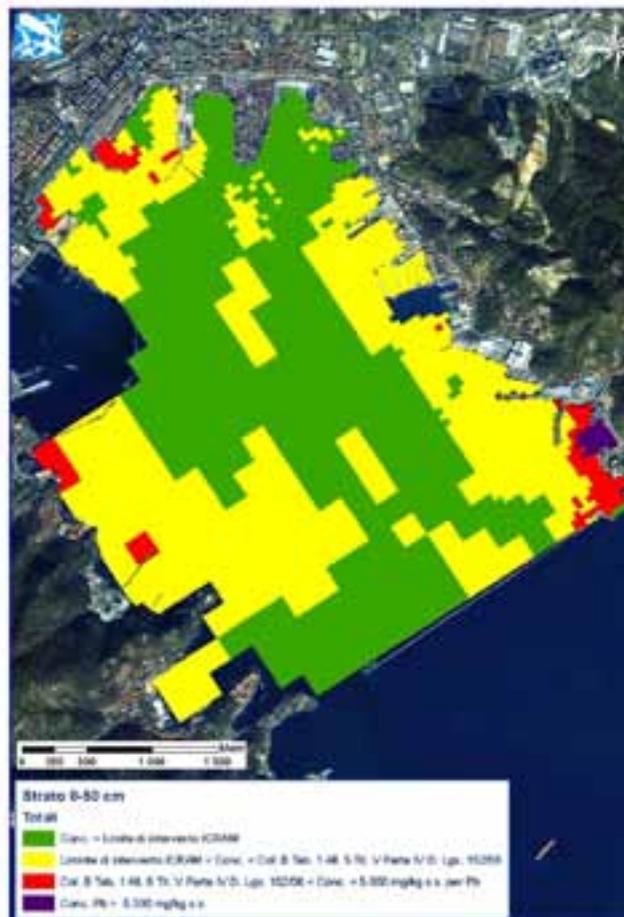
## VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DEI SEDIMENTI: I VALORI DI INTERVENTO

l'**ICRAM** ha elaborato i **VALORI DI INTERVENTO**, per i sedimenti di corpi idrici marino-costieri e lagunari contraddistinti da forti alterazioni causate dall'attività umana pregressa e/o attuale (SIN: aree adibite ad uso portuale e/o industriale, ecc.), **sulla base di criteri chimico-ecotossicologici e in funzione delle caratteristiche geochimiche locali, al fine di valutare il grado di contaminazione dei sedimenti e la relativa tossicità per l'ambiente acquatico circostante.**

Identificazione delle aree dove sono urgenti misure di intervento



# PITELLI: RISULTATI DELLE ATTIVITA' DI CARATTERIZZAZIONE



## CONTAMINAZIONE:

**Metalli Pesanti**  
**TBT**  
**Idrocarburi**  
**PCB**

## QUALITA' DEL SEDIMENTO

**SEDIMENTI  
 INDICATI IN  
 "VERDE"**

**SEDIMENTI  
 INDICATI IN  
 "GIALLO"**

**SEDIMENTI INDICATI  
 IN "ROSSO"**

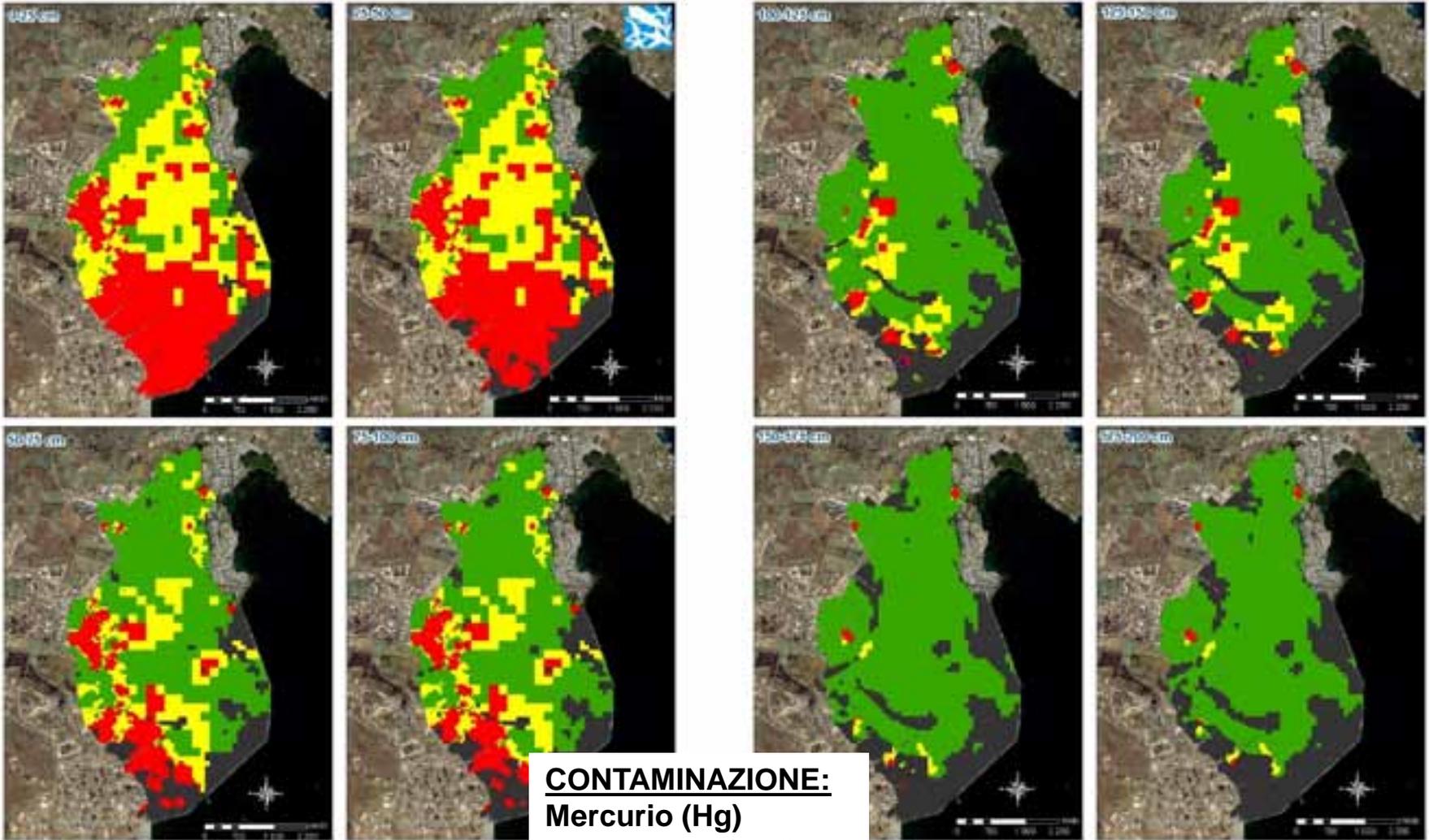
**SEDIMENTI  
 INDICATI IN  
 "VIOLA"**

## PITELLI: VOLUMI DI SEDIMENTO DA BONIFICARE

<b>Strato</b>	<b>Conc. &gt; Limiti intervento ICRAM</b>	<b>Conc. &gt; Col. B Tab.1 Dlgs 152/06</b>	<b>Pb &gt; 5.000 mg/kg s.s.</b>
[cm]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
0-50	2 870 422.49	184 276.39	27 972.61
50-100	1 670 807.09	139 163.90	0.00
100-150	749 799.65	67 603.04	0.00
150-200	373 988.61	15 374.84	0.00
<b>Totale</b>	<b>5 665 017.84</b>	<b>406 418.17</b>	<b>27 972.61</b>
		<b>434 390</b>	
<b>TOTALE</b>	<b>6 099 407</b>		



### RADA DI AUGUSTA: RISULTATI DELLE ATTIVITA' DI CARATTERIZZAZIONE



**CONTAMINAZIONE:**  
 Mercurio (Hg)  
 Idrocarburi IC>12  
 HCB  
 Metalli pesanti e PCB

■ Class. 1 (contaminazione trascurabile)  
■ Contaminazione moderata (IC>12) + Cont. = C40-500 μg/l + 100-1000 μg/l + 10-100 μg/l + 10-100 μg/l  
■ Contaminazione elevata (IC>12) + Cont. = C40-500 μg/l + 100-1000 μg/l + 10-100 μg/l + 10-100 μg/l  
■ Cont. = 100 μg/l o più per Hg

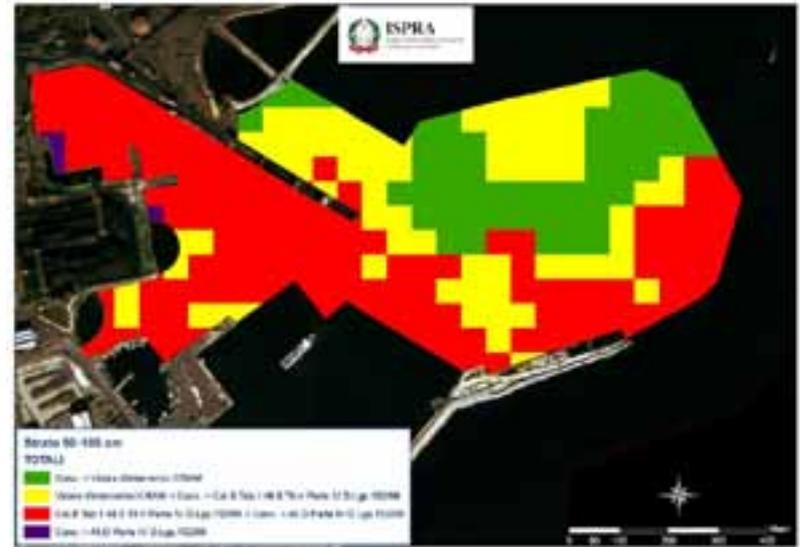
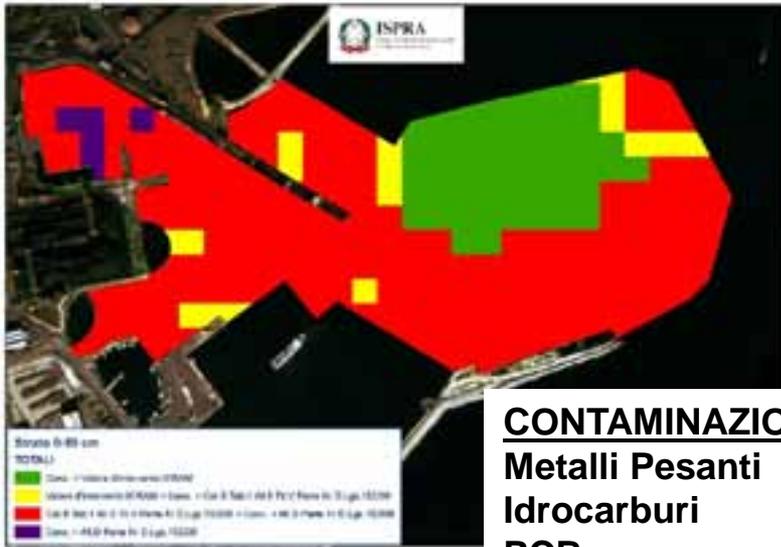
■ Substrato non contaminabile  
 Contaminazione moderata (IC>12) + Cont. = C40-500 μg/l + 100-1000 μg/l + 10-100 μg/l + 10-100 μg/l  
 Contaminazione elevata (IC>12) + Cont. = C40-500 μg/l + 100-1000 μg/l + 10-100 μg/l + 10-100 μg/l  
 Cont. = 100 μg/l o più per Hg



### RADA DI AUGUSTA: VOLUMI DI SEDIMENTO DA BONIFICARE

Strato	V.I. < conc < Col. B	Col. B < conc < 500 mg/kg s.s. (per Hg)	Conc. > 500 mg/kg s.s. (per Hg)
[cm]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
0-50	3 771 277	4 329 479	
50-100	2 192 440	1 511 751	
100-150	922 861	364 278	7 231
150-200	130 266	74 600	
<b>Totale</b>	<b>7 016 844</b>	<b>6 280 108</b>	<b>7 231</b>
		<b>6 287 339</b>	
<b>TOTALE</b>	<b>13 304 183</b>		

# PIOMBINO: RISULTATI DELLE ATTIVITA' DI CARATTERIZZAZIONE



**CONTAMINAZIONE:**  
**Metalli Pesanti**  
**Idrocarburi**  
**PCB**



## PIOMBINO: VOLUMI DI SEDIMENTO DA BONIFICARE

<b>STRATO</b>	<b>Valori Intervento ICRAM &lt;Conc&lt; Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 &lt;Conc&lt; All.D Parte IV D.Lgs.152/06 [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Conc &gt; All.D Parte IV D.Lgs.152/06 [m<sup>3</sup>]</b>
0-50 cm	18.284	205.668	5.834
50-100 cm	78.295	146.811	1.655
100-150 cm	86.865	130.016	1.655
150-200 cm	104.849	84.105	-
200-250 cm	55.415	18.014	-
250-300 cm	48.866	16.905	-
<b>TOTALE fino a 3 m</b>	<b>392.574</b>	<b>601.519</b>	<b>9.144</b>
	<b>1.003.237</b>		

## COSA SI INTENDE PER BONIFICA?

La **bonifica**, nel senso più vasto del termine, comprende tutti gli interventi atti a ripristinare la qualità dell'ambiente considerato, eliminando, o almeno minimizzando, i rischi per l'ecosistema acquatico e, di conseguenza, per l'uomo.

Rimozione della fonte di contaminazione.



**Soluzioni per la BONIFICA???**

## LE OPZIONI PER LA BONIFICA (1/2)

In generale, un intervento di “**bonifica**” può essere più o meno invasivo in funzione della gravità della contaminazione.

La PRIORITA' DELL'INTERVENTO dipende da:

- concentrazioni di contaminanti rispetto ai valori soglia definiti;
- concentrazioni di contaminanti biodisponibili e/o persistenti;
- rischio di risospensione del sedimento e quindi di diffusione della contaminazione.

Può consistere:

- nell'avvio di una intensa e mirata attività di **monitoraggio** finalizzata alla valutazione degli eventuali processi di **attenuazione naturale**;
- nell'introduzione di **limitazioni d'uso dell'area** (limitazioni al traffico navale in termini di traiettorie, velocità, pescaggi consentiti, limitazione di acquacoltura), in concomitanza con un monitoraggio intensivo;
- in interventi di **trattamento in situ**;
- nella **rimozione dei sedimenti contaminati**.

## LE OPZIONI PER LA BONIFICA (2/2)

La selezione delle diverse tecnologie di **bonifica** effettivamente attuabili dovrà essere decisa sulla base:

- degli obiettivi fissati per la bonifica;
- dei volumi di sedimento da bonificare;
- dell'impatto sull'ambiente dell'intervento stesso;
- della realizzabilità tecnica nel sito in esame;
- della continuità spaziale dell'ambiente marino;
- dei tempi di realizzazione;
- dell'analisi costi-benefici.

Per tutte le fasi previste dai singoli interventi di bonifica dovrà essere previsto ed attuato un **piano di monitoraggio** estensivo per il controllo dell'assenza di effetti nocivi sull'ambiente circostante e per la verifica dell'efficacia dell'intervento.

## ATTENUAZIONE NATURALE E MONITORAGGIO (1/2)

Il **RECUPERO NATURALE**, vale a dire l'opzione cosiddetta di “**non intervento**” o “**opzione zero**”, si basa sul principio della degradazione naturale a forme meno tossiche dei contaminanti presenti nei sedimenti.

E' generalmente applicabile in condizioni di rischio “**basso**”, laddove:

- le concentrazioni di contaminanti nel biota e nelle matrici biologiche presenti non superino i livelli di rischio;
- i contaminanti siano poco biodisponibili e siano in forme che si trasformano velocemente in sostanze meno tossiche;
- il fondale sia ragionevolmente stabile;
- il riutilizzo dell'area sia compatibile con i tempi del recupero.

I processi che contribuiscono alla attenuazione naturale della contaminazione possono essere:

- **biodegradazione;**
- **adsorbimento;**
- **reazioni chimiche;**
- **dispersione e diluizione.**

## ATTENUAZIONE NATURALE E MONITORAGGIO (2/2)

L'**EPA** riconosce che l'attenuazione naturale può essere usata come rimedio quando:

- la sorgente della contaminazione sia stata rimossa;
- i processi di diluizione o di sedimentazione siano veloci;
- i sedimenti naturali non vengano rimobilizzati da attività umane o naturali;
- le azioni di bonifica risultino eccessivamente impattanti.

I **limiti** dell'attenuazione naturale sono i seguenti:

- tempi lunghi;
- i prodotti di degradazione intermedi possono essere più mobili e tossici di quelli di partenza;
- il processo può essere usato in assenza di potenziali recettori sensibili;
- i contaminanti possono migrare durante la loro degradazione;
- il sito non può essere riutilizzato prima che sia stato decontaminato;
- è necessario un monitoraggio continuo e costante dello stato ambientale.

## LIMITAZIONE D'USO DELLE AREE

Nel caso di uno stato di qualità ambientale compromesso, qualora vi sia una continua migrazione della contaminazione verso i potenziali recettori, sia in termini di comparti ambientali (colonna d'acqua, aree costiere, etc.) che in termini di catena trofica (organismi marini, esseri umani), si può ricorrere all'adozione di limitazioni d'uso dell'area.

Quali misure di limitazioni d'uso è possibile ricorrere a:

- restrizioni del traffico navale in termini di traiettorie, velocità, pescaggi consentiti;
- divieto di pesca nell'area di interesse e in aree limitrofe ad essa;
- divieto di esercizio di impianti di acquicoltura nell'area di interesse e in aree limitrofe ad essa;
- divieto di balneazione nell'area di interesse e in aree limitrofe ad essa.

Anche in questo caso risulta comunque necessaria un'azione di monitoraggio intensivo dell'area in esame e di quelle limitrofe, al fine di verificare l'efficacia delle limitazioni adottate.

## TRATTAMENTI IN SITU

**Vantaggi**: non necessitano della rimozione del sedimento contaminato e quindi possono rappresentare una buona soluzione dal punto di vista sia economico sia ecologico.

I trattamenti in situ possono essere:

- biologici;
- chimici e chimico-fisici;
- di fitorisanamento.

Tali tecnologie presentano comunque alcuni **svantaggi** che, oltre ai limiti ambientali (condizione di saturazione, ambiente anaerobico e temperatura), riguardano soprattutto la difficoltà di assicurare la completa miscelazione dei reagenti eventualmente utilizzati nel trattamento, la difficoltà di controllo dei parametri di processo, la previsione dei tempi di intervento e la possibilità, nel caso di trattamento chimico o biologico, di una contaminazione secondaria.



## TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO IN SITU DEI SEDIMENTI

### Trattamenti biologici:

ossidazione biologica della sostanza organica da parte di microrganismi

### Trattamenti chimici:

Processi di neutralizzazione, precipitazione, ossidazione e dealogenazione

### Solidificazione/stabilizzazione:

Aggiunta di prodotti per bloccare il rilascio di contaminazione dalla matrice solida

### Confinamento (capping)

### Fitorisanamento

## VANTAGGI DELLE TECNOLOGIE IN SITU

Le tecnologie in situ comportano un minore impatto da un punto di vista sia economico sia ecologico in quanto:

- non creano torbidità dovuta alle operazioni di dragaggio;
- non comportano scompensi sedimentologici e quindi non prevedono ripristini morfobatimetrici successivi alle operazioni di escavo;
- non comportando rimozione dei sedimenti, non rimuovono le comunità biologiche e microbiologiche che vengono invece utilizzate ed incrementate ai fini della degradazione biologica dei contaminanti organici;
- non comportano difficoltà logistiche (trovare spazi a terra, normative per impianti, problemi di gestione dei materiali trattati, etc.).
- contribuiscono al risparmio di risorse economiche.

## BONIFICA MEDIANTE RIMOZIONE

Nel caso in cui la tecnologia di bonifica prescelta preveda la rimozione dei sedimenti contaminati deve essere effettuata preliminarmente ad essa una specifica ricognizione per l'individuazione di masse metalliche, trovanti, corpi morti, catene ed eventuali ordigni bellici sepolti. Inoltre, le modalità di rimozione dei sedimenti contaminati devono essere di tipo "ambientale".

**-Ricerca di masse metalliche**

**-Attività di rimozione**

## RICERCA DI MASSE METALLICHE

Anche nel caso in cui siano state eseguite indagini puntuali finalizzate all'individuazione di eventuali residuati bellici sepolti nei fondali marini contestualmente all'attività di campionamento dei sedimenti, prima dell'esecuzione di eventuali interventi di bonifica mediante rimozione dei sedimenti è necessario effettuare indagini estensive su ciascuna area interessata da interventi di bonifica mediante rimozione.

Il rilievo per la ricerca e localizzazione nell'area marina interessata da attività di dragaggio di eventuali residuati bellici, masse metalliche, trovanti, corpi morti e catenarie viene effettuato mediante sistemi magnetometrici, manovrati da idonea imbarcazione, integrando le indagini con rilievi a mezzo di Side Scan Sonar. Qualora siano individuate eventuali anomalie magnetiche ascrivibili ad oggetti sepolti (non indagabili pertanto mediante osservazione diretta), a completamento dell'indagine può essere effettuato un rilievo sismostratigrafico del fondale fino alla profondità di perforazione, utilizzando un profilatore acustico di sedimenti (Sub Bottom Profiler).

Terminate le operazioni di ricerca e localizzazione, sarà quindi possibile passare alla fase di rimozione, mediante scavi subacquei effettuati nei punti individuati in precedenza.

## ATTIVITA' DI RIMOZIONE - DRAGAGGIO

Nel caso in cui la tecnologia di bonifica prescelta preveda la rimozione dei sedimenti

contaminati, tale attività (“remedial dredging”), deve essere svolta secondo opportune modalità, in modo da minimizzare gli impatti sull’ambiente.

L’attività di dragaggio dei sedimenti, quand’anche non contaminati, comporta una serie di effetti sull’ambiente circostante, sia sul comparto abiotico che sul comparto biotico, principalmente dovuti all’aumento della torbidità legata alla risospensione dei sedimenti. Quando i sedimenti sono contaminati, a tali effetti di tipo prevalentemente fisico si aggiungono quelli causati dalla dispersione delle sostanze contaminanti presenti nei sedimenti.

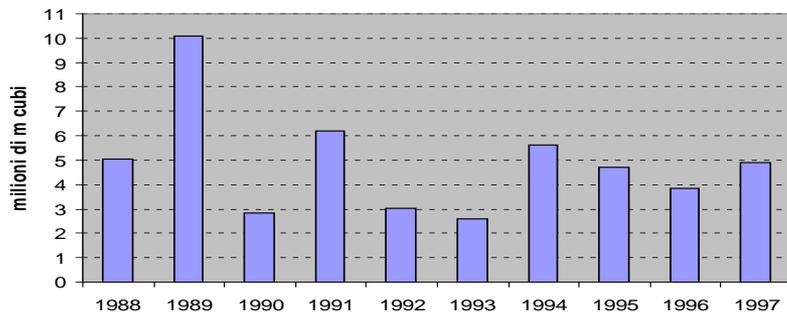
Nel caso di dragaggio di sedimenti contaminati, le attività di rimozione richiedono pertanto un approccio particolare, volto alla minimizzazione degli impatti sull’ambiente. Tale **dragaggio** viene definito di tipo “**ambientale**”.

## ATTIVITA' DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

Una volta selezionata la tipologia di dragaggio ambientale più adeguata all'intervento di bonifica mediante rimozione ed individuate le opportune misure di mitigazione, risulta indispensabile prevedere ed attuare un piano di monitoraggio estensivo per la verifica dell'assenza di effetti sull'ambiente circostante e per il controllo dell'efficacia delle misure di mitigazione adottate.

Una delle principali finalità dei piani di monitoraggio per il controllo di attività antropiche è quella di salvaguardare l'ambiente, le risorse viventi e gli usi legittimi del mare attraverso l'acquisizione di informazioni volte a prevenire i possibili effetti negativi.

## SCENARIO NORMATIVO DI RIFERIMENTO



Fino al 1999 la principale destinazione è stata l'immersione in mare (in siti specifici posti oltre le 3 miglia nautiche dalla costa)

- **Protocollo del 28 aprile 1993** recante criteri di sicurezza ambientale per gli interventi di escavazione, trasporto e reimpiego dei fanghi estratti dai canali di Venezia, emanato dal Ministero dell'Ambiente
- **D.M. 24/1/96** (direttive inerenti le attività istruttorie per il rilascio delle autorizzazioni relative allo scarico nelle acque del mare o negli ambienti ad esso contigui di materiale proveniente da escavo di fondali di ambienti marini o salmastri o di terreni litoranei emersi, nonché da ogni altra movimentazione di sedimenti in ambiente marino)
- **D.Lgs. 258/2000, art.35** (D.Lgs. 152/99 oggi normato dall'art. 109 della legge 152/2006), l'immersione in mare viene a costituire una possibile opzione di gestione del materiale derivante da escavo soltanto una volta accertata l'impossibilità di realizzare gestioni alternative: **sedimento = RISORSA**

## Legge finanziaria 2007 – modifica l'articolo 5 della Legge 28 gennaio 1994, n. 84 sul "Riordino della legislazione in materia portuale"

nazione le porti già esistenti di opere previste nel piano regolatore portuale e nelle relative varianti ovvero qualificate come adeguamenti tecnico-funzionali sono da intendersi quali attività di ampliamento, ammodernamento e riqualificazione degli stessi.

993. Gli atti di concessione demaniale rilasciati dalle autorità portuali, in ragione della natura giuridica di enti pubblici non economici delle autorità medesime, rimangono assegnati alla sola imposta proporzionale di registro ad i relativi canoni non costituiscono corrispettivi imponibili ai fini dell'imposta sul valore aggiunto. Gli atti impositivi o surrogatori fondati sull'applicazione dell'imposta sul valore aggiunto ai canoni demaniali marittimi introdotti dalle autorità portuali perdono efficacia ed i relativi procedimenti tributari si estinguono.

994. È autorizzato un contributo di 15 milioni di euro annui per quindici anni a decorrere dall'anno 2007, a valore sulle risorse per la realizzazione delle opere strategiche di preminente interesse nazionale, di cui alla legge 21 dicembre 2001, n. 443, e successive modificazioni, quale contributo per i ruoli contratti nell'anno 2007 per la realizzazione di grandi infrastrutture portuali che risultino immediatamente realizzabili.

995. Con decreto del Ministro dei trasporti, da adottare d'intesa con il Ministro dell'economia e delle finanze, sono stabilite le disposizioni attuative del comma 994 al fine di assicurare il rispetto del limite di spesa di cui al medesimo comma 994.

996. L'articolo 5 della legge 28 gennaio 1994, n. 84, dopo il comma 11 sono aggiunti i seguenti:

11-ter. 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. Ai fini 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 approvazione del Ministero del

l'ambiente e della tutela del territorio e del mare deve intervenire entro trenta giorni dalla suddetta trasmissione. Il decreto di autorizzazione produce gli effetti previsti dal comma 6 del citato articolo 252 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, nonché, limitatamente alle attività di dragaggio inerenti al progetto, gli effetti previsti dal comma 7 dello stesso articolo.

11-ter. I materiali derivanti dalle attività di dragaggio, che presentano caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche, analoghe al fango naturale con riferimento al sito di prelievo e idonee con riferimento al sito di destinazione, nonché non subiscono positività a test ecotossicologici, possono essere immessi o refluiti in mare ovvero impiegati per fini non costieri, su autorizzazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, che provvede nell'ambito del procedimento di cui al comma 11-bis. Restano salve le eventuali competenze della regione territorialmente interessata. I materiali di dragaggio arcaici e caratteristiche di cui sopra possono essere utilizzati anche per il ripascimento degli arenili, su autorizzazione della regione territorialmente competente.

11-quater. I materiali derivanti dalle attività di dragaggio o 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 solidifica-

**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**

- 191 -

razione in porti già esistenti di opere private nel piano regolatore portuale e nelle relative varianti ovvero qualificate come adeguamenti tecnico-funzionali sono da intendersi quali attività di ampliamento, ammodernamento e riqualificazione degli stessi.

993. Gli atti di concessione demaniale rilasciati dalle autorità portuali, in ragione della natura giuridica di enti pubblici non economici delle autorità medesime, restano assoggettati alla sola imposta proporzionale di registro ed i relativi canoni non costituiscono corrispettivi imponibili ai fini dell'imposta sul valore aggiunto. Gli atti impositivi o sanzionatori fondati sull'applicazione dell'imposta sul valore aggiunto ai canoni demaniali marittimi intestati dalle autorità portuali perdono efficacia ed i relativi procedimenti tributari si estinguono.

994. L'autorizzato va contribuito di 15 milioni di euro annui per quindici anni a decorrere dall'anno 2007, a valere sulle risorse per la realizzazione delle opere strategiche di permanente interesse nazionale, di cui alla legge 21 dicembre 2001, n. 443, e successive modificazioni, quale contributo per i costi connessi nell'anno 2007 per la realizzazione di grandi infrastrutture portuali che risultino immediatamente realizzabili.

995. Con decreto del Ministro dei trasporti, da adottare d'intesa con il Ministro dell'economia e delle finanze, sono stabilite le disposizioni attuative del comma 994 al fine di assicurare il rispetto del limite di spesa di cui al medesimo comma 994.

996. All'articolo 5 della legge 28 gennaio 1994, n. 84, dopo il comma 11 sono aggiunti i seguenti:

«11-bis. Nei casi 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 evitate 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 decreto di approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare deve intervenire entro trenta giorni dalla suddetta trasmissione. Il decreto di autorizzazione produce gli effetti previsti dal comma 6 del citato articolo 252 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, nonché, limitatamente alle attività di dragaggio inerenti al progetto, gli effetti previsti dal comma 7 dello stesso articolo.

«11-ter. I materiali derivanti dalle attività di dragaggio, che presentano caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche, analoghe al fondo naturale con riferimento al sito di prelievo e idonee con riferimento al sito di destinazione, nonché non esibiscono positività a test ecotossicologici, possono essere immessi o refluiti in mare ovvero impiegati per formare terreni costieri, su autorizzazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, che provvede nell'ambito del procedimento di cui al comma 11-bis. Restano salve le eventuali competenze della regione territorialmente interessata. I materiali di dragaggio aventi le caratteristiche di cui sopra possono essere utilizzati anche per il ripascimento degli arenili, su autorizzazione della regione territorialmente competente.

«11-quater. 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 solidifica-

I materiali derivanti dalle attività di dragaggio, che presentano caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche, analoghe al fondo naturale con riferimento al sito di prelievo e idonee con riferimento al sito di destinazione, nonché non esibiscono positività a test ecotossicologici, possono essere immessi o refluiti in mare ovvero impiegati per formare terreni costieri, su autorizzazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, che provvede nell'ambito del procedimento di cui al comma 11-bis. Restano salve le eventuali competenze della regione territorialmente interessata. I materiali di dragaggio aventi le caratteristiche di cui sopra possono essere utilizzati anche per il ripascimento degli arenili, su autorizzazione della regione territorialmente competente.

# RIPASCIMENTO





di livello di fine di essere del tipo di inquinazione derivante 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, il cui progetto è approvato dal Ministero delle Infrastrutture e del Mare, d'intesa con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. 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 a  $1,0 \times 10^{-9}$  m/s e spessore maggiore o uguale a 1 m.

Nel caso in cui al termine delle attività di reflimento, i materiali di cui sopra presentino livelli di inquinamento superiori ai valori limite di cui alla tabella I, 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.

1) L'attività di dragaggio è finalizzata alla rimozione degli inquinanti, ad esclusione quindi dei processi finalizzati all'immobilizzazione degli inquinanti stessi, come quelli di solidificazione/stabilizzazione. I materiali così prodotti 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, il cui progetto è approvato dal Ministero delle Infrastrutture e del Mare, d'intesa con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. 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 a  $1,0 \times 10^{-9}$  m/s e spessore maggiore o uguale a 1 m. Nel caso in cui al termine delle attività di reflimento, i materiali di cui sopra presentino livelli di inquinamento superiori ai valori limite di cui alla tabella I, 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.

2) L'attività di dragaggio è finalizzata alla rimozione degli inquinanti, ad esclusione quindi dei processi finalizzati all'immobilizzazione degli inquinanti stessi, come quelli di solidificazione/stabilizzazione. I materiali così prodotti 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, il cui progetto è approvato dal Ministero delle Infrastrutture e del Mare, d'intesa con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. 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 a  $1,0 \times 10^{-9}$  m/s e spessore maggiore o uguale a 1 m. Nel caso in cui al termine delle attività di reflimento, i materiali di cui sopra presentino livelli di inquinamento superiori ai valori limite di cui alla tabella I, 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.

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, il cui progetto è approvato dal Ministero delle Infrastrutture e del Mare, d'intesa con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. 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 a  $1,0 \times 10^{-9}$  m/s e spessore maggiore o uguale a 1 m.

Nel caso in cui al termine delle attività di reflimento, i materiali di cui sopra presentino livelli di inquinamento superiori ai valori limite di cui alla tabella I, 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.

## CASSE DI COLMATA





# TRATTAMENTO DEI SEDIMENTI



Matrice complessa e dinamica

- DISTRIBUZIONE DEI CONTAMINANTI**
1. colonna d'acqua;
  2. interfaccia acqua/sedimento;
  3. acqua degli interstizi;
  4. superficie dei granuli del sedimento

## **TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO EX SITU DEI SEDIMENTI**

### **Trattamenti chimico-fisici:**

- Lavaggio del sedimento
- Ossidazione
- Decontaminazione elettrocinetica
- Estrazione con solventi
- Estrazione per flottazione
- Riduzione
- Chelazione
- Solidificazione/stabilizzazione
- Elettrocinesi

### **Trattamenti biologici:**

- Landfarming.
- Bio-pile.
- Compostaggio
- Bioreattori Bioslurry

### **Trattamenti termici:**

- Desorbimento
- Termodistruzione
- Vetrificazione

## Rimozione dei sedimenti: SOLUZIONI INTEGRATE



### Bonifica di sedimenti contaminati

(dragaggio)

### Sviluppo portuale

- dragaggio per approfondimento fondali e contestuale bonifica
- costruzione di casse di colmata da adibire a moli e banchine in cui refluire sedimenti contaminati

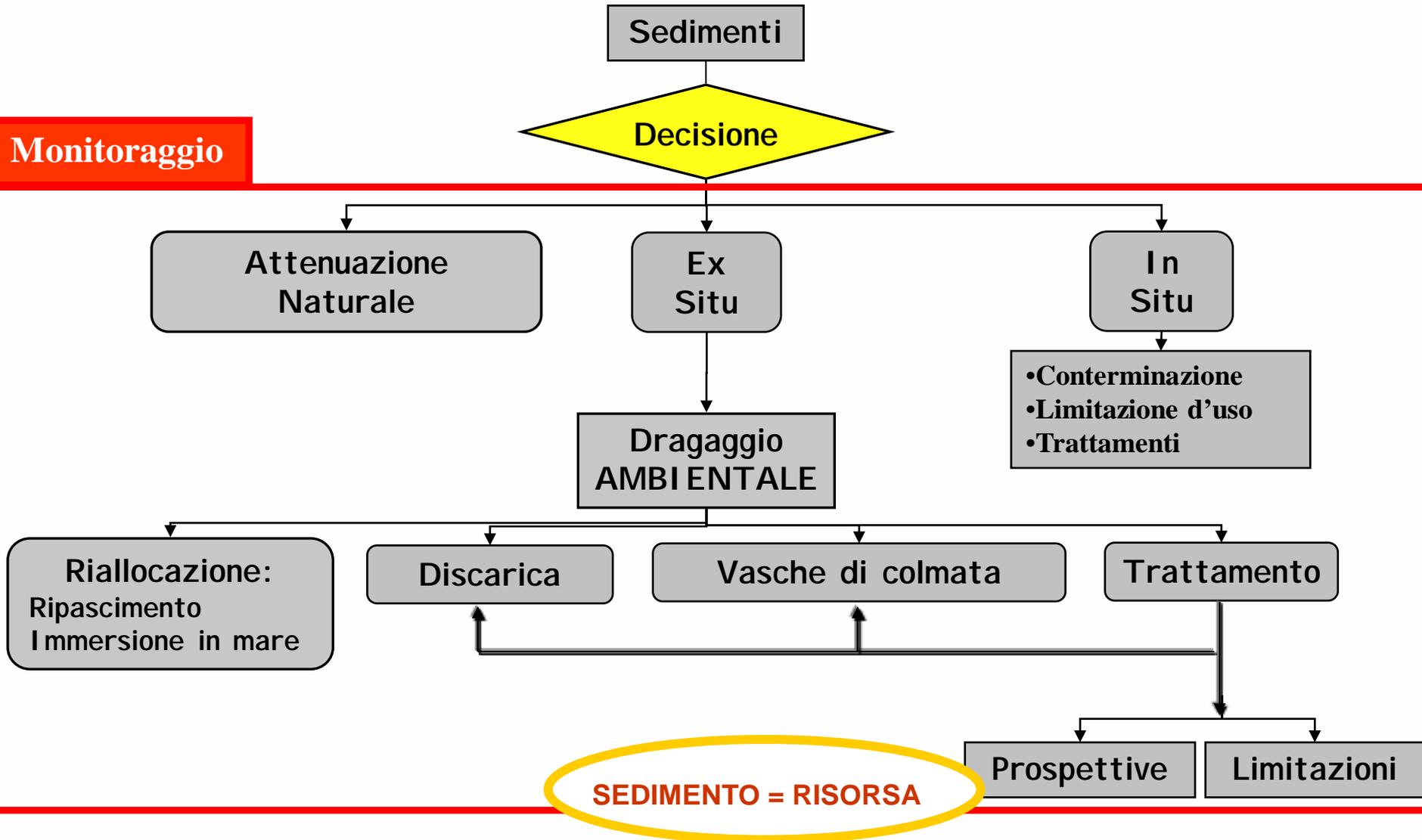
**Quantitativi enormi di sedimenti contaminati da gestire!!!**



## **ACCORDI DI PROGRAMMA**

# OPZIONI DI BONIFICA

**Monitoraggio**





**ICRAM**

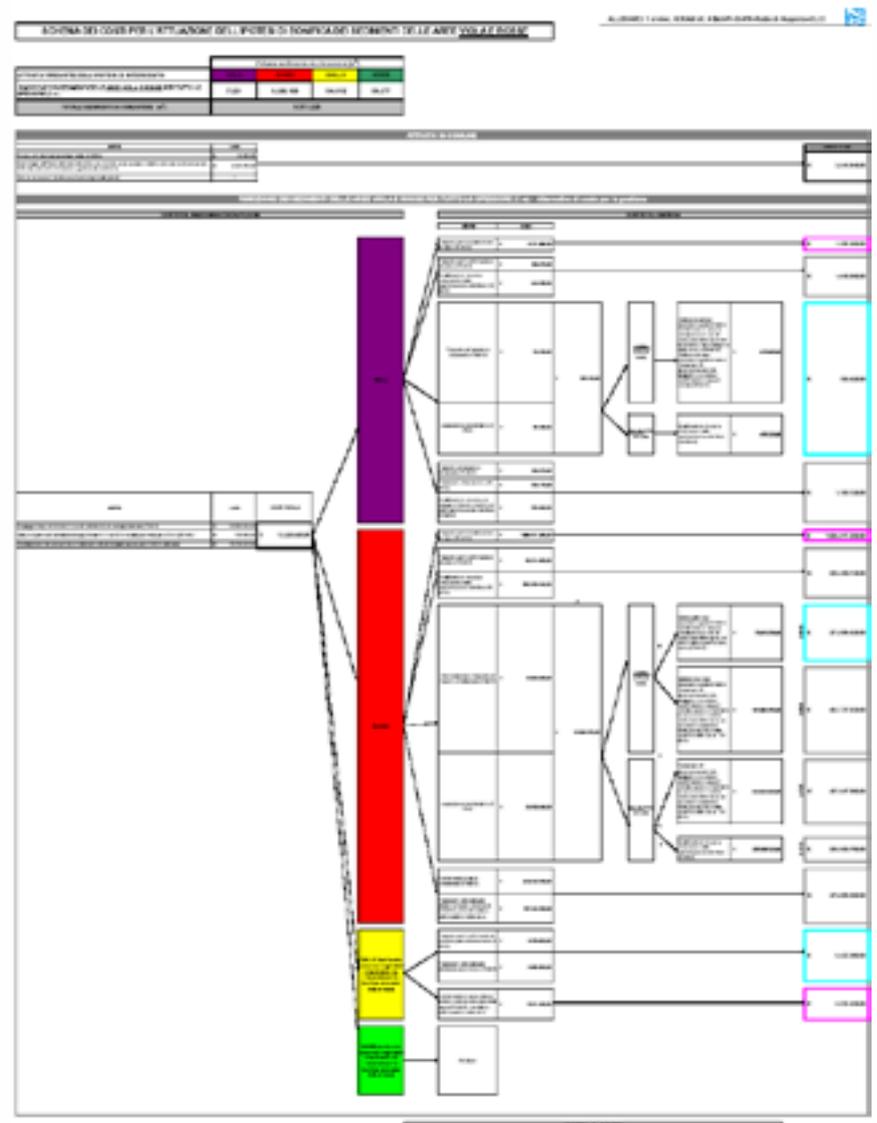
ISTITUTO CENTRALE PER LA RICERCA  
SCIENTIFICA E TECNOLOGICA APPLICATA AL MARE

**PROGETTO PRELIMINARE DI BONIFICA  
DELLA RADA DI AUGUSTA  
INCLUSA NEL SITO DI BONIFICA DI INTERESSE NAZIONALE DI PRIORITÀ  
FASE I e II**

**ELABORAZIONE DEFINITIVA**

Giugno 2008

Bol-Pr-SI-PR-Rada di Augusta-03.22



## CONTATTI

**[serena.geraldini@isprambiente.it](mailto:serena.geraldini@isprambiente.it)**