

LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI CONTAMINATI: IL DRAGAGGIO AMBIENTALE

Francesca Giaime (ISPRA)

Davide Mosca (DEME Environmental Contractors-DEC nv)

Indice

1. Il dragaggio: tipologie e applicazioni
2. Tecnologie di dragaggio: il dragaggio meccanico ed idraulico
3. Effetti sull'ambiente causati dall'attività di dragaggio
4. Tecnologie di dragaggio ambientale
5. Misure di mitigazione
6. Caso di Studio: la bonifica dei fondali di San Giovanni a Teduccio (S.I.N. Napoli Orientale)

Il dragaggio: tipologie e applicazioni

Lo SCOPO principale del dragaggio è quello di APPROFONDIRE la quota del FONDALE.

Tale esigenza può portare alle seguenti tipologie di dragaggio a seconda della finalità :

- Dragaggio Manutentivo (Maintenance Dredging):
portare la profondità del fondale ad un valore originario
- Dragaggio Principale o Infrastrutturale (Capital Dredging):
portare la profondità del fondale ad un valore maggiore di quello originario
- Dragaggio di Bonifica (Environmental/Remedial Dredging):
rimuovere uno strato di sedimento del fondale perchè contaminato

Altre applicazioni per le quali si eseguono dragaggi:

- 1) Prelievo di sabbie da cave sottomarine per ripascimenti di spiagge e arenili (Beach Nourishment)
- 2) Prelievo di sedimenti da fondali per la formazione di colmate, piazzali, isole, ecc. (Land Reclamation)
- 3) Escavi di precisione per la costituzione di cunette o trincee per la posa in opera di banchine portuali, tubazioni sottomarine, gasdotti, oleodotti, ecc.

Dragaggio di Bonifica

Rimozione di sedimento risultato contaminato a seguito di caratterizzazione chimico fisica.

Gli obiettivi da perseguire per tale tipologia di intervento sono:

- Minimizzare i fenomeni di turbolenza con conseguente risospensione del sedimento nella colonna d'acqua
- Minimizzare la volumetria effettiva del sedimento dragato
- Massimizzare la precisione e l'accuratezza del dragaggio
- Evitare il contatto tra operatori e materiale contaminato



In questa ottica risulta di fondamentale importanza la **SCELTA** del **MEZZO DRAGANTE**.

Tecnologie di dragaggio: il dragaggio meccanico

Le draghe di tipo meccanico utilizzano forze meccaniche per disgregare, scavare e sollevare i sedimenti, minimizzando la quantità d'acqua rimossa insieme al sedimento.

Esse sono solitamente utilizzate in accoppiamento con bette di appoggio per la raccolta ed il trasporto del materiale. Sedimenti di tipo coesivo dragati con questo sistema rimangono intatti, con densità prossima alla densità del materiale in situ.

Le principali tipologie di draghe meccaniche sono:

1. draghe a secchie (bucket line dredgers)
2. draghe a benna o a cucchiaio (backhoe dredgers)
3. draghe a benna mordente o a grappo (grab dredgers)

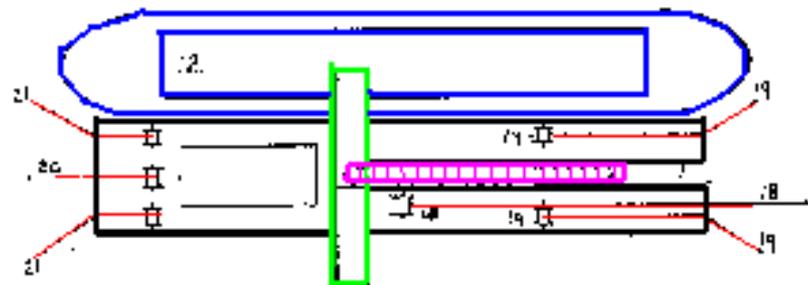
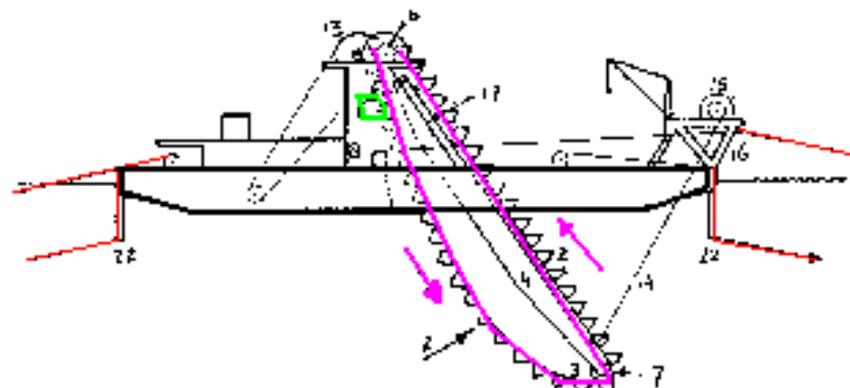
1. Draghe a secchie (bucket line dredgers-BLD)

Tipo più tradizionale di draga e il primo utilizzato in Europa.

Sono costituite da un ampio pontone dotato di un pozzo centrale ove si trova una catenaria, lungo la quale sono montate secchie dentate per il prelievo del materiale dal fondale;

arrivata in basso, la secchia penetra nel fondale, il materiale vi ricade dentro e viene poi trasportato verso l'alto man mano che la catenaria scorre;

giunta alla sommità, la secchia si capovolge, sversando il materiale in uno scivolo laterale, che convoglia il sedimento dragato in una betta, opportunamente affiancata alla draga

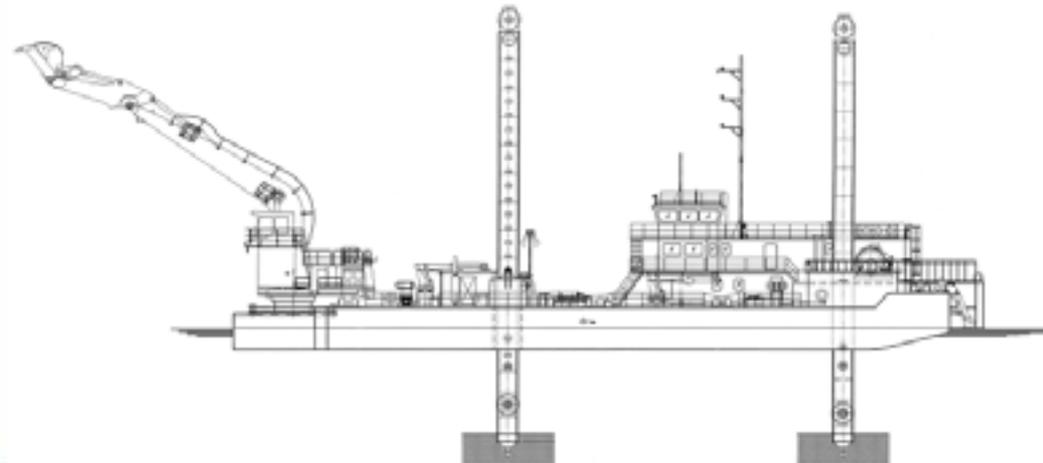




1. Draghe a secchie (bucket line dredgers - BLD)

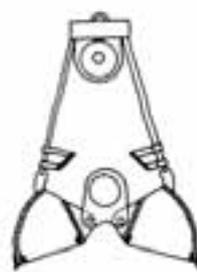
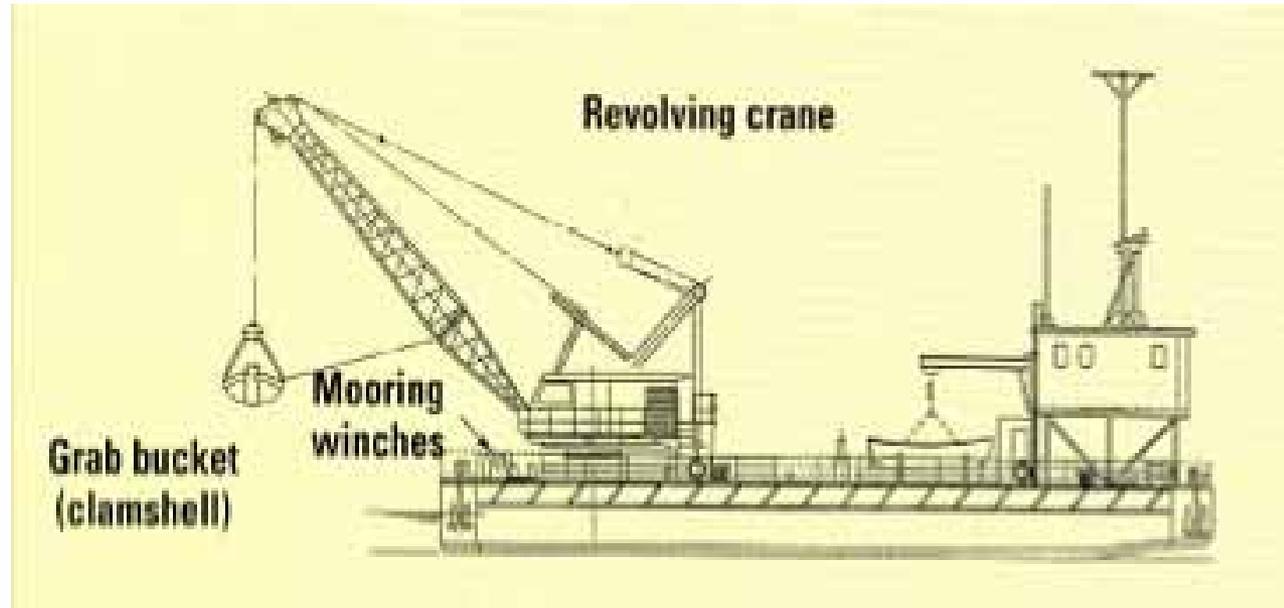
2. Draghe a benna o a cucchiaio (backhoe dredgers - BHD)

Costituite da un escavatore idraulico convenzionale montato su un pontone dotato di un sistema di pali per lo spostamento e l'ancoraggio; il materiale viene rimosso dalla benna dell'escavatore, sollevato dal braccio dell'escavatore e successivamente sversato in una betta semovente di appoggio, opportunamente affiancata alla draga.



3. Draghe a benna mordente o a grappo (grab dredgers - GD)

Costituite da una gru a cavi (Cable Crane) di tipo convenzionale montata su pontone ed equipaggiata con un grappo; il materiale viene scavato dal grappo e poi sversato, mediante un movimento rotatorio del braccio della gru, all'interno di una betta di appoggio, opportunamente affiancata al pontone.



Source: VanBath and Blaine (1971)



Source: Cable Am, Inc.

Figure 4-2. Specialized mechanical dredge buckets.



Tecnologie di dragaggio: il dragaggio idraulico

Le draghe di tipo idraulico sollevano ed allontanano idraulicamente, mediante pompaggio, il materiale rimosso miscelato con l'acqua.

Il trasporto al sito di scarico avviene mediante tubazioni o per trasporto diretto ad opera di draghe dotate di pozzo di carico o tramite bette di appoggio.

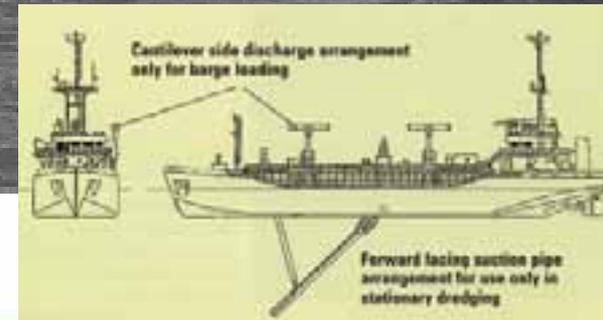
Il materiale dragato, che ha perso l'originaria densità in situ, viene così sversato nel sito di scarico unitamente ad una grande quantità d'acqua.

Le principali tipologie di draghe idrauliche sono:

1. draghe aspiranti/refluenti stazionarie
(stationary suction dredgers-SD)
2. draghe aspiranti/refluenti stazionarie con disgregatore
(cutter suction dredgers-CSD)
3. draghe a strascico aspiranti semoventi con pozzo di carico
(trailing suction hopper dredgers-TSHD)

1. Draghe aspiranti/refluenti stazionarie (stationary suction dredgers - SD)

E' la tipologia di draga idraulica più semplice. Le draghe aspiranti stazionarie (stationary suction dredgers) sono costituite da un ampio pontone da cui viene calata la tubazione aspirante, su cui è montata un'apposita pompa; il materiale viene semplicemente aspirato, unitamente ad acqua, e trasportato idraulicamente mediante apposita tubazione o sversato in apposite bette di appoggio.



2. Draghe aspiranti/refluenti stazionarie con disgregatore (cutter suction dredgers - CSD)

Disgregano il materiale mediante una testa fresante a rotazione, munita di appositi denti costituiti da materiale ad elevata durezza.



Il materiale viene poi aspirato nella tubazione mediante una pompa centrifuga e trasportato idraulicamente mediante apposita tubazione o, più raramente, sversato in apposite bette di appoggio

Effetti sull'ambiente causati dall'attività di dragaggio

L'attività di dragaggio dei sedimenti, quand'anche non contaminati, comporta una serie di effetti sull'ambiente circostante principalmente dovuti all'aumento della torbidità legata alla risospensione dei sedimenti



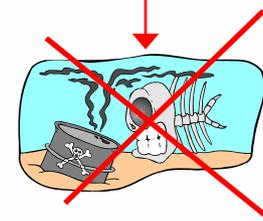
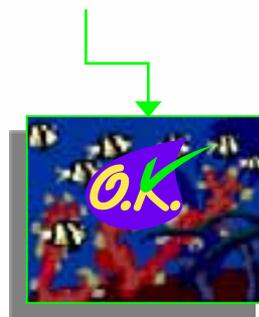
Tali effetti si hanno sia sul comparto **abiotico** che sul comparto **biotico**

Il termine **abiotico** indica la componente non vivente di un ambiente naturale (bioma). In senso letterale la parola significa “senza vita”

Il termine **biotico** indica la componente vivente di un ambiente naturale



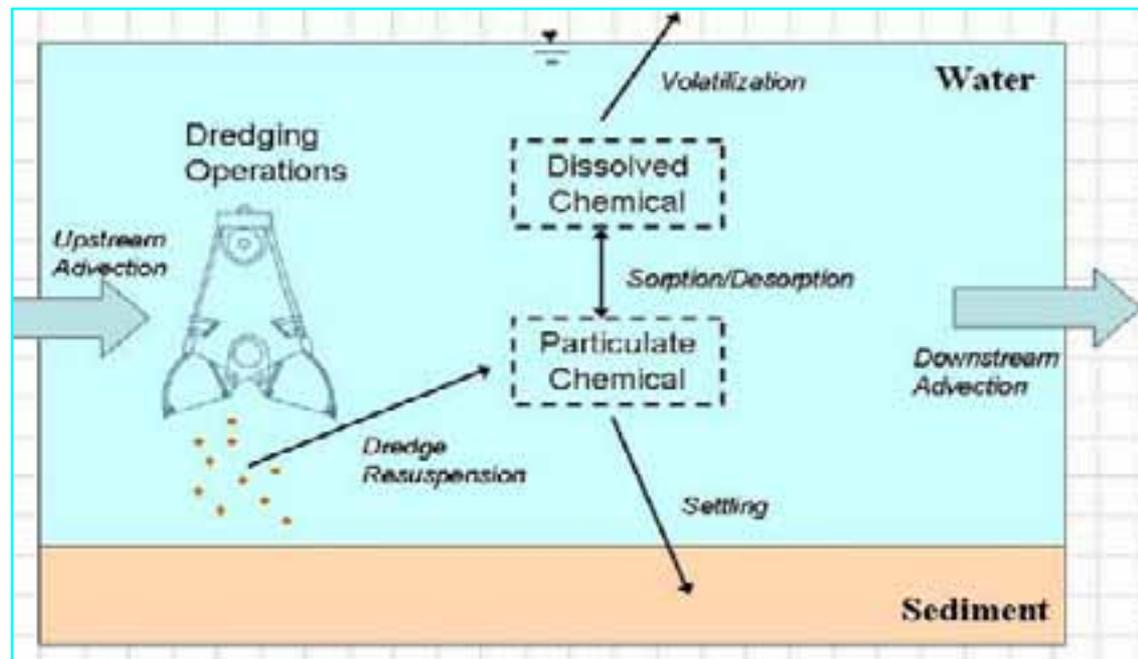
MOVIMENTAZIONE
DEI FONDALI MARINI



Quando i sedimenti sono contaminati, a tali effetti di tipo prevalentemente fisico si aggiungono quelli causati dalla dispersione delle sostanze contaminanti presenti nei sedimenti

Effetti sul comparto abiotico

- l'aumento della torbidità associata alla risospensione dei sedimenti
- la diminuzione temporanea della concentrazione di ossigeno disciolto nella colonna d'acqua



- la variazione della concentrazione dei nutrienti nella colonna d'acqua
- la mobilizzazione dei contaminanti associati alle particelle in sospensione
- la solubilizzazione di contaminanti in seguito al cambiamento delle condizioni chimico-fisiche del sedimento

Effetti sul comparto biotico

- impatti diretti di tipo propriamente fisico sugli organismi e sulle biocenosi sensibili, causati dall'aumento della torbidità e della concentrazione di particelle di solidi in sospensione (diminuzione della penetrazione della luce e conseguentemente dell'attività fotosintetica; intrappolamento e trascinarsi sul fondo; aumento dell'attività di filtrazione; ricopertura; danni all'apparato respiratorio; abrasione dei tessuti; disturbo alle aree di nursery, etc.)
- effetti dei contaminanti rimessi in circolo dalle attività di dragaggio, presenti in fase disciolta nella colonna d'acqua o associati alle particelle di solidi in sospensione, su differenti organismi marini
- possibile contaminazione microbiologica degli organismi presenti nell'area
- possibile bioaccumulo dei contaminanti nei tessuti degli organismi, con conseguente trasferimento nella catena trofica, biomagnificazione ed eventuale ingresso nella catena alimentare (particolarmente critico, ad esempio, nel caso di presenza di attività di pesca e di impianti di acquacoltura)
- possibili alterazioni qualitative delle biocenosi sensibili presenti nell'area potenzialmente influenzata dall'aumento della torbidità



Altri Effetti

Le stesse draghe e le imbarcazioni utilizzate a servizio delle draghe possono potenzialmente avere effetti sulla qualità dell'acqua e dell'aria circostante.

La qualità dell'aria può essere compromessa a causa:

- dell'eventuale sollevamento e trasporto aereo del particolato (materiale dragato)
- dalle emissioni di gas di scarico dei macchinari utilizzati
- dal rumore provocato dai motori.

Tali effetti sono genericamente di basso impatto poiché le attività si svolgono spesso in ambienti spaziosi e arieggiati, distanti dai centri residenziali propriamente detti.

Gli effetti sulla qualità dell'acqua possono essere causati da:

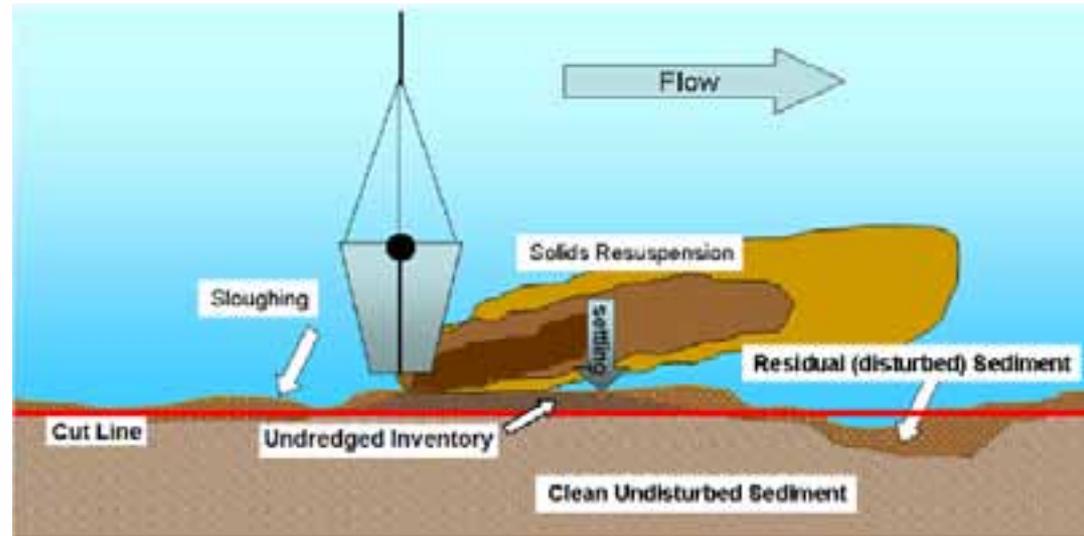
- perdite durante la procedura di rifornimento dei mezzi utilizzati
- smaltimenti inappropriati dei rifiuti e degli oli di scarto.

Le attività di dragaggio possono, inoltre, avere effetti di tipo socioeconomico, in particolare di disturbo alla navigazione, alle attività di pesca ed alle attività ricreative.

Tecnologie di dragaggio ambientale

Requisiti per un dragaggio di tipo ambientale

- Elevata selettività e precisione nel posizionamento e nel taglio
- Prevenzione e minimizzazione della perdita di materiale (“spill”)
- Prevenzione e minimizzazione dell’incremento di torbidità e della dispersione dei contaminanti
- Ottimizzazione della concentrazione del materiale dragato, in relazione alla sua destinazione finale (trattamento e recupero)
- Sicurezza
- Monitoraggio



Draghe meccaniche di tipo “ambientale”

Draghe meccaniche di tipo “ambientale” sono ottenute dalle tipologie già descritte mediante l’adozione di semplici accorgimenti costruttivi, mirati principalmente ad impedire le perdite di materiale lungo la colonna d’acqua e l’aggiunta di acqua al materiale dragato.

Per i sistemi di rimozione meccanica il grado di riempimento (della benna, del cucchiaio o delle secchie) è un fattore determinante per la buona riuscita del processo di minimizzazione degli impatti ambientali: non deve essere né eccessivo, per evitare fenomeni di perdite di materiale, né basso, per evitare un elevato contenuto d’acqua nel materiale e difficoltà di gestione del materiale nelle fasi successive del processo

1. Draghe a secchie (bucket line dredgers-BLD)

Causa di torbidità:

- lavaggio del materiale che è rimasto attaccato alla secchia;
- rilascio dell'aria intrappolata durante l'immersione quando la secchia si inclina nelle vicinanze del fondale;
- risospensione che si verifica al contatto delle secchie con il fondale;
- rilascio del gas eventualmente presente nel sedimento;
- perdita di materiale dalle secchie durante la risalita;
- perdite dallo scivolo della tramoggia non utilizzato



Modifiche di tipo ambientale:

- posizionamento di un contenitore di raccolta al di sotto delle secchie nel loro percorso di ritorno e/o nell'incapsulamento della catenaria
- una precauzione aggiuntiva di tipo operativo consiste nella riduzione della velocità delle secchie e nel controllo del loro grado di riempimento



2. Draghe a benna o a cucchiaio (backhoe dredgers - BHD)

Causa di torbidità:

- risospensione del sedimento nel momento in cui la benna tocca il fondale
- perdita di materiale dalla benna nel momento della risalita del cucchiaio
- lavaggio del materiale attaccato alla benna



Modifiche di tipo ambientale:

Un semplice accorgimento tecnico, per una diminuzione degli effetti sull'ambiente, consiste nel disporre una guaina di chiusura del cucchiaio, che riduce al minimo il contatto diretto tra il materiale dragato e la colonna d'acqua durante la fase di risalita della benna.

Una tipologia speciale di cucchiaio è stata appositamente costruita per poter dragare strati sottili di sedimento con densità elevata e minima torbidità:

il Visor Bucket o ECOBUCKET, provvisto di una visiera girevole che, azionata da due pistoni (cilindri idraulici), richiude il cucchiaio prima della risalita verso la superficie



3. Draghe a benna mordente o a grappo (grab dredgers - GD)

Causa di torbidità:

- risospensione del sedimento nel momento in cui la benna o il grappo toccano il fondale
- fuoriuscita del materiale dragato dal grappo non perfettamente chiuso, nel movimento dal fondo verso la superficie, o dall'apertura posta sulla sommità del grappo
- lavaggio del materiale attaccato alla benna



Modifiche di tipo ambientale:

- adozione di una benna a chiusura ermetica
- o uso di una benna idraulica, le cui azioni di apertura e chiusura possono essere monitorate

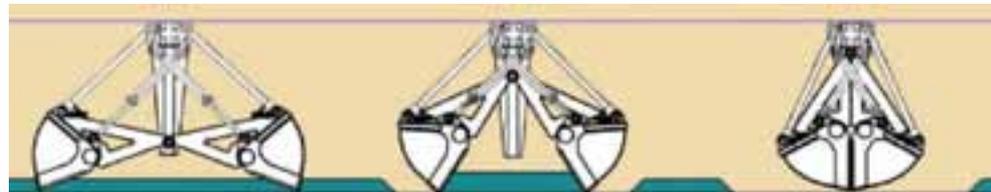
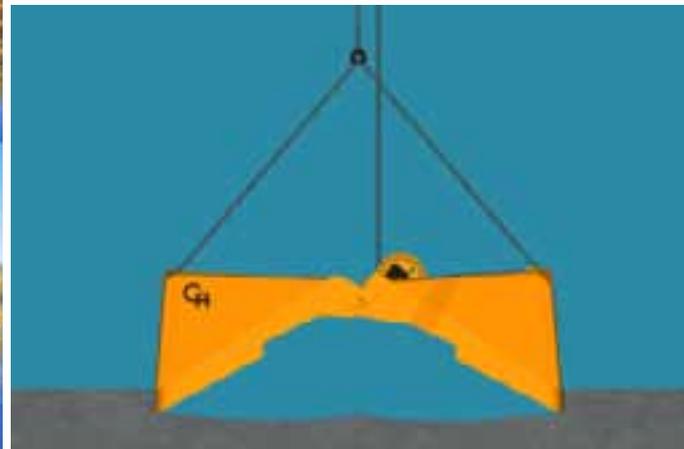


ECOGRAB dredger - environmental grab dredger

Grappo bivalve che realizza un profilo di escavo secondo piani orizzontali. Grazie al movimento orizzontale di chiusura, questa tipologia di benna può dragare con elevata precisione anche strati relativamente sottili di materiale, pur limitando la quantità d'acqua dragata e realizzando quindi un buon grado di riempimento della benna.

Il grappo bivalve è chiuso ermeticamente sia nella parte superiore che lateralmente ed inferiormente, in modo tale da evitare la fuoriuscita di materiale nella fase di risalita.

Questa particolare benna può essere montata sia su una grab dredger tradizionale che su un backhoe dredger, permettendo in quest'ultimo caso, grazie al braccio meccanico dell'escavatore, un miglior posizionamento (horizontal profiling grab).



Horizontal profiling grab

Draghe idrauliche di tipo “ambientale”

Le draghe di tipo idraulico non hanno i requisiti necessari ad eseguire un dragaggio di tipo ambientale.



1. il processo di dragaggio aggiunge una notevole quantità d'acqua al sedimento rimosso, rendendo più difficoltose ed onerose le successive fasi di gestione del materiale dragato (disidratazione, trattamento delle acque, etc.)
2. a causa della elevata torbidità prodotta dalla testa disgregatrice dei cutter suction dredgers (CSD) e dall'overflow effettuato sui trailing suction hopper dredgers (TSHD)

Svantaggi delle draghe idrauliche

1. Draghe aspiranti/refluenti stazionarie (SD)

Pur non producendo una torbidità elevata (causata dal trascinamento della tubazione sul fondale), tendono ad eseguire profili di dragaggio piuttosto irregolari, essendo il processo di aspirazione scarsamente controllabile, e a lasciare in situ una rilevante quantità di sedimento smosso (spill).

2. Draghe aspiranti/refluenti stazionarie con disgregatore (CSD)

Sebbene in grado di eseguire profili di dragaggio maggiormente accurati, generano una rilevante risospensione dei sedimenti, e quindi una elevata torbidità a causa della rotazione della testa dragante, e lasciano in situ un discreto strato di sedimento smosso e non aspirato dalla pompa centrifuga.

3. Draghe aspiranti semoventi con pozzo di carico (TSHD)

Meno accurate di quelle con disgregatore, ma migliori in merito alla produzione di spill, non producono una torbidità elevata attorno alla testa dragante. Tuttavia, al fine di massimizzare il contenuto solido del carico del pozzo ed aumentarne la densità, il processo di dragaggio viene solitamente prolungato anche a riempimento conseguito del pozzo, provocando la fuoriuscita (overflow) del fango in eccesso, costituito per lo più da acqua molto ricca di solidi in sospensione.

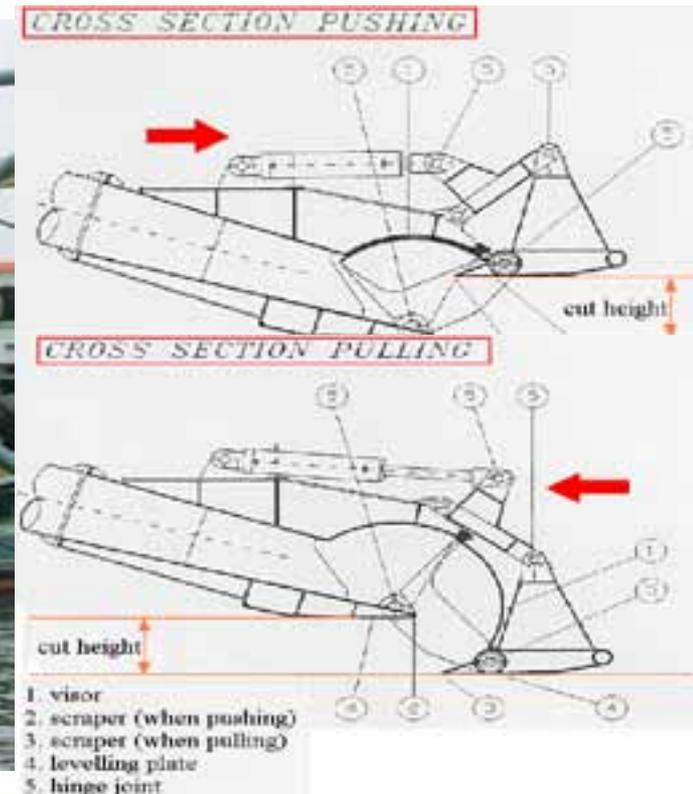
Draga idraulica di tipo “ambientale”: disgregatore ambientale a disco (Disc bottom dredger o Environmental disc cutter)

Draga costituita da una testa fresante cilindrica a fondo piatto e chiuso, regolabile sia in senso longitudinale che trasversale, dotata di lame e di un rivestimento verticale mobile che consente di adattare la testa fresante allo spessore di sedimento da dragare, consentendo quindi un dragaggio molto accurato e selettivo, ma con minime perdite di materiale e produzione di torbidità. All'interno della testa fresante si trova una bocca aspirante attraverso la quale il sedimento movimentato viene raccolto ed allontanato.



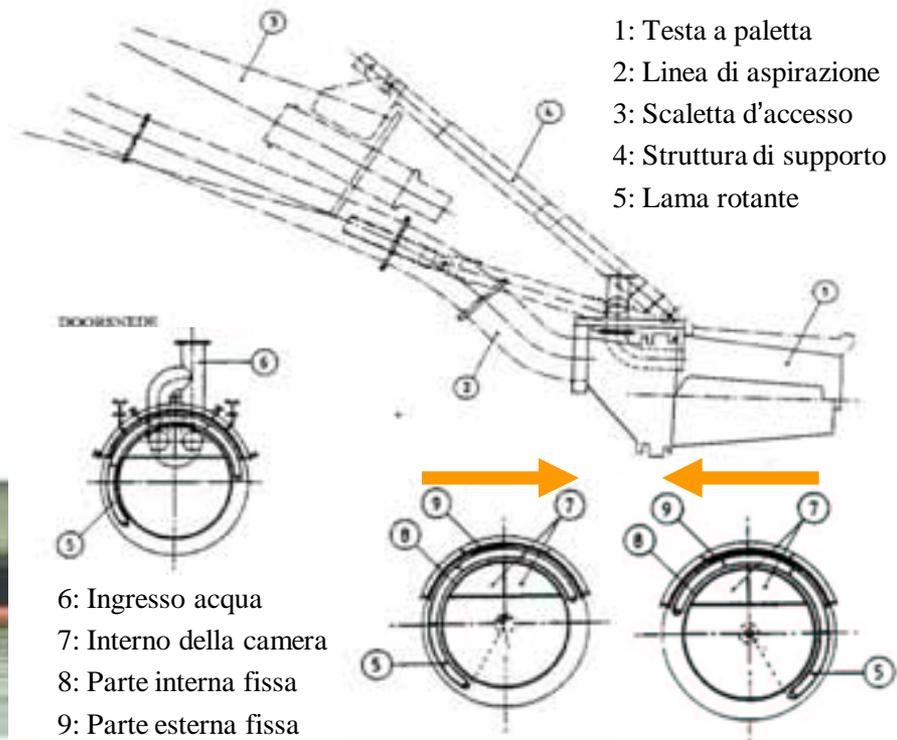
Draga idraulica di tipo “ambientale”: scoop dredger

Draga simile ad una classica draga aspirante stazionaria con disgregatore, ma munita di una testa di dragaggio appositamente progettata per consentire l’asporto di sedimenti a densità simile a quella in situ e senza eccessiva produzione di torbidità, grazie al particolare disegno della pompa di dragaggio ed alla particolare testa raccogliitrice.



Draga idraulica di tipo “ambientale”: sweep dredger

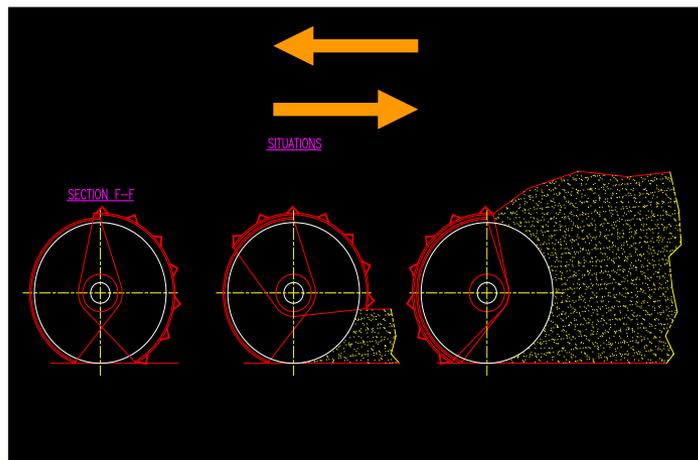
Draga munita di una speciale testa dragante, dotata di una visiera regolabile sia orizzontalmente che verticalmente. Controllando continuamente l’apertura della bocca di aspirazione, tale sistema può essere adattato all’altezza dello spessore da rimuovere e minimizzare l’ingresso di acqua in eccesso, realizzando quindi un profilo accurato di dragaggio ad alta densità e con minimo incremento di torbidità e produzione di *spill*.



Draga idraulica di tipo “ambientale”: draga BLANI

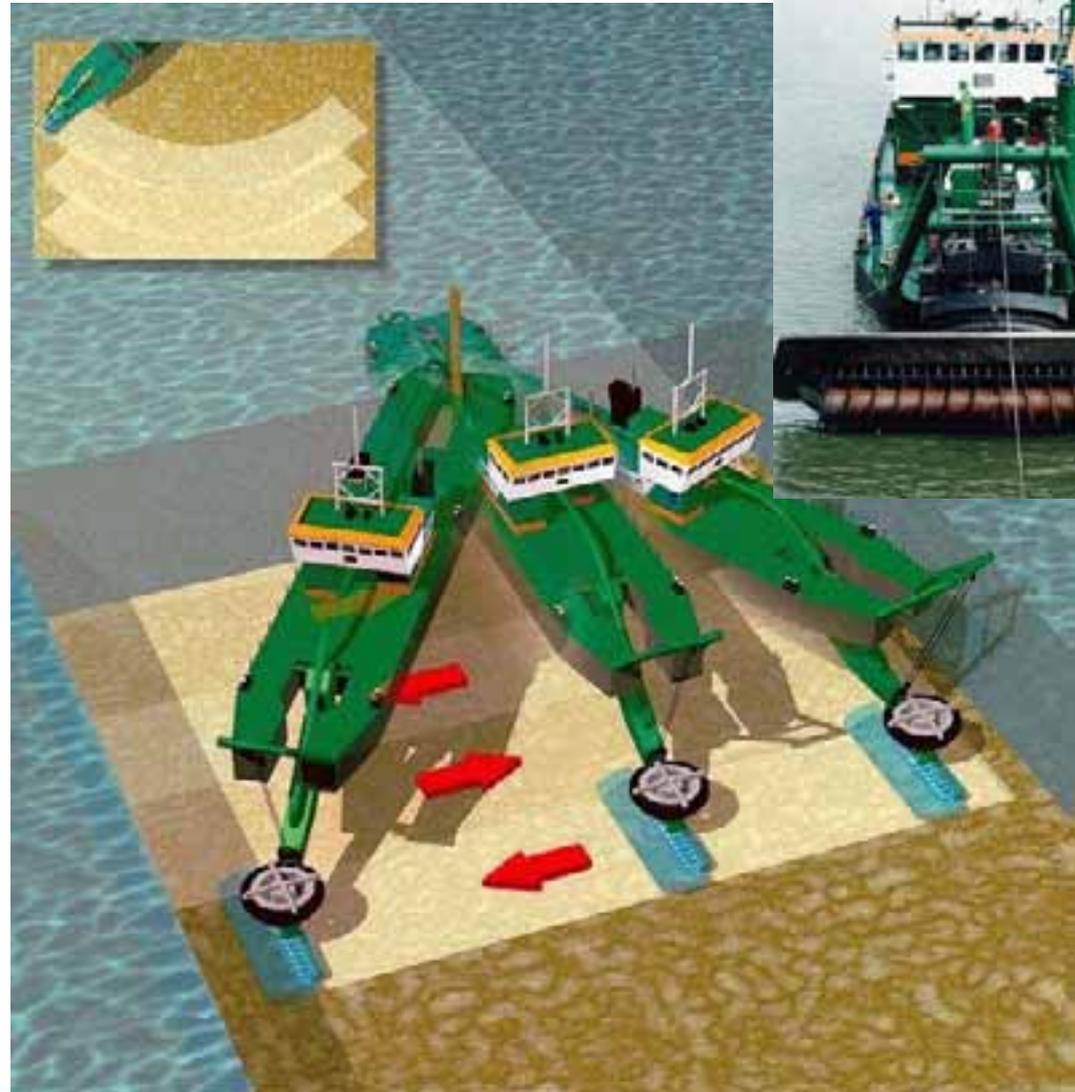
Sistema costituito da una tradizionale draga idraulica con disgregatore ma modificata in modo da adattarsi all'altezza dello spessore da rimuovere e ridurre fenomeni di torbidità e quantità d'acqua in entrata.

La modifica consiste nel montaggio di due coperture intorno al disgregatore che ruotano intorno allo stesso asse teorico.



Draga idraulica di tipo “ambientale”: auger dredger

Simile ad una classica draga aspirante stazionaria, è dotata però di una ruota collegata ad una coclea: la ruota ha la funzione di direzionare la coclea, che costituisce la testa dragante vera e propria. La coclea è dotata di eliche dirette simmetricamente verso il centro ed è circondata da un tettuccio protettivo d'acciaio e da un grembiule flessibile di chiusura; questi elementi consentono, insieme al lento movimento di rotazione della ruota, di ridurre al minimo le perdite di materiale e la produzione di torbidità.



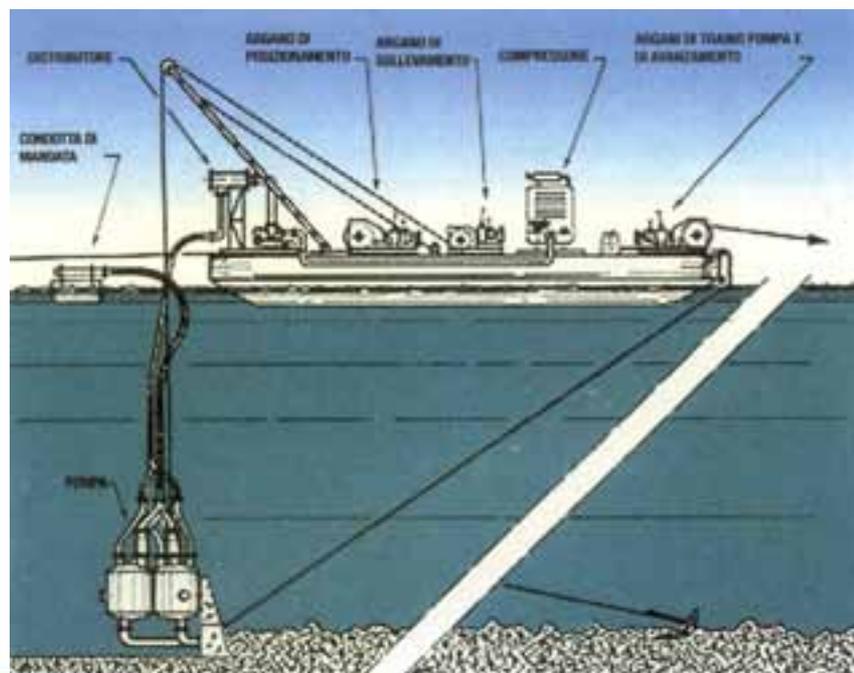
Draga idraulica di tipo “ambientale”: Pneuma system

Sistema di dragaggio che consiste nel trascinamento, tramite cavo sul fondale, ad opera di un pontone semovente o di una imbarcazione, di un corpo pompa.

Il corpo di pompa immerso, inizialmente vuoto, viene mantenuto chiuso fino al raggiungimento del fondo da dragare; raggiunto il fondo viene aperta la bocca che permette l'ingresso del sedimento da dragare ad opera della pressione idrostatica esercitata dalla colonna d'acqua sovrastante; non appena il corpo pompa è riempito la valvola di ingresso si chiude automaticamente e l'aria compressa, fornita da un compressore attraverso un distributore e una tubazione dell'aria, agisce come un

pistone e la miscela acqua-sedimento è forzata ad uscire; quando il corpo pompa è completamente vuoto, il distributore permette lo scarico dell'aria compressa nell'atmosfera ed il cilindro può essere nuovamente riempito con il materiale da dragare.

Tale sistema permette di effettuare il dragaggio con scarsa produzione di torbidità e di massimizzare il contenuto solido del fango di dragaggio

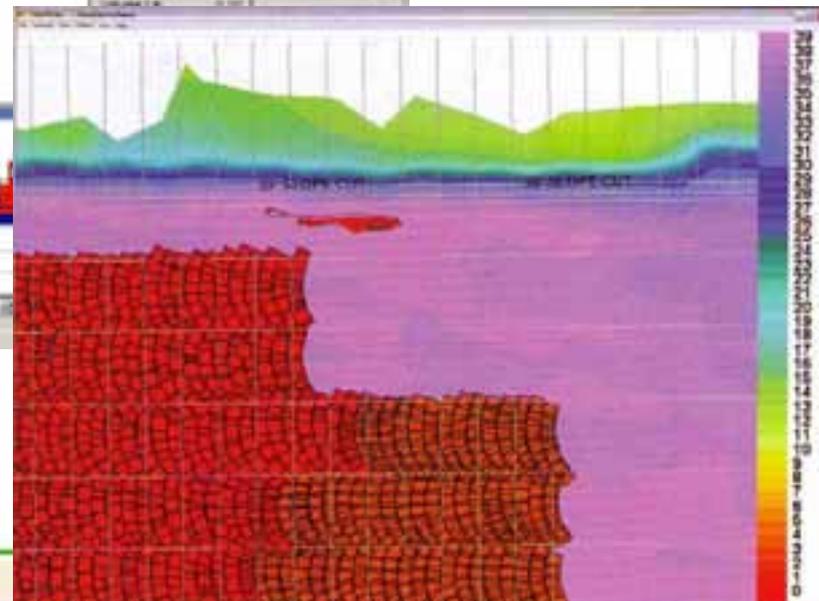
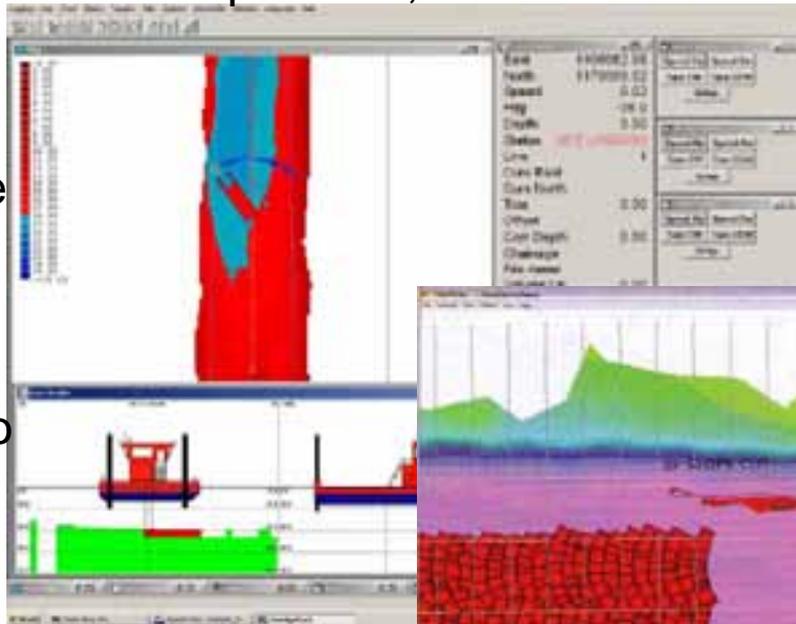


Ottimizzazione delle attività di dragaggio

Notevoli miglioramenti negli anni sono stati ottenuti in relazione alle attività di monitoraggio del processo di dragaggio

Le draghe ambientali più moderne possono contare, in maniera più o meno completa, su una elevata accuratezza del sistema di posizionamento e su processi automatizzati che consentono la visualizzazione in tempo reale, su un accurato modello del fondale (Digital Terrain Model), di:

- profondità di dragaggio
- posizione della testa dragante
- volume dragato
- portata di aspirazione
- densità del fango di dragaggio
- velocità di avanzamento o rotazione



La conoscenza e la visualizzazione di tali dati consente di regolare immediatamente le modalità operative del sistema dragante in funzione degli obiettivi stabiliti.

Misure di mitigazione

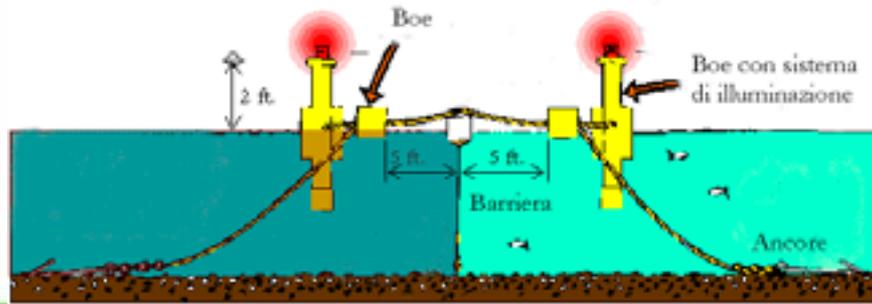
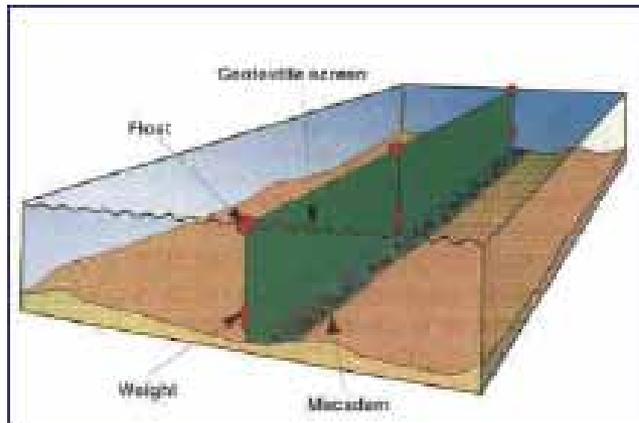
Le misure di mitigazione possono:

- **agire sulla sorgente dei potenziali impatti ambientali con:**
 - accorgimenti costruttivi o d'uso delle draghe
 - prescrizioni sulla frequenza delle attività di manutenzione e sulle modalità di esecuzione delle attività di dragaggio o ad esse complementari
 - limitazioni temporali delle attività di dragaggio
 - utilizzo di barriere antitorbidità attorno alla draga
- **agire sui possibili bersagli con:**
 - limitazioni temporanee d'uso dell'area
 - barriere antitorbidità a protezione degli obiettivi sensibili
- **riguardare le modalità di gestione e controllo delle operazioni di dragaggio:**
 - pianificazione attenta delle attività
 - costante controllo delle operazioni
 - esecuzione di un piano di monitoraggio degli effetti delle attività di dragaggio e dell'efficacia delle misure di mitigazione adottate
 - adozione di misure di compensazione degli effetti attesi o riscontrati
 - informazione costante e trasparente sulle attività intraprese sugli effetti attesi e su quelli riscontrati in base ai risultati forniti dal monitoraggio

Panne antitorbidità

Uno degli strumenti più conosciuti di mitigazione degli impatti è l'utilizzo di barriere fisiche per limitare la diffusione dei sedimenti movimentati dall'attività di dragaggio e degli eventuali contaminanti associati alla loro frazione fine, individuando un'area di controllo ben definita.

Le barriere antitorbidità sono utilizzate per limitare sia l'estensione e la visibilità della nube di torbidità potenzialmente causata dalle attività di dragaggio, sia le potenziali interazioni chimiche acqua-sedimento, grazie alla riduzione del volume di interazione



Panne antitorbidità

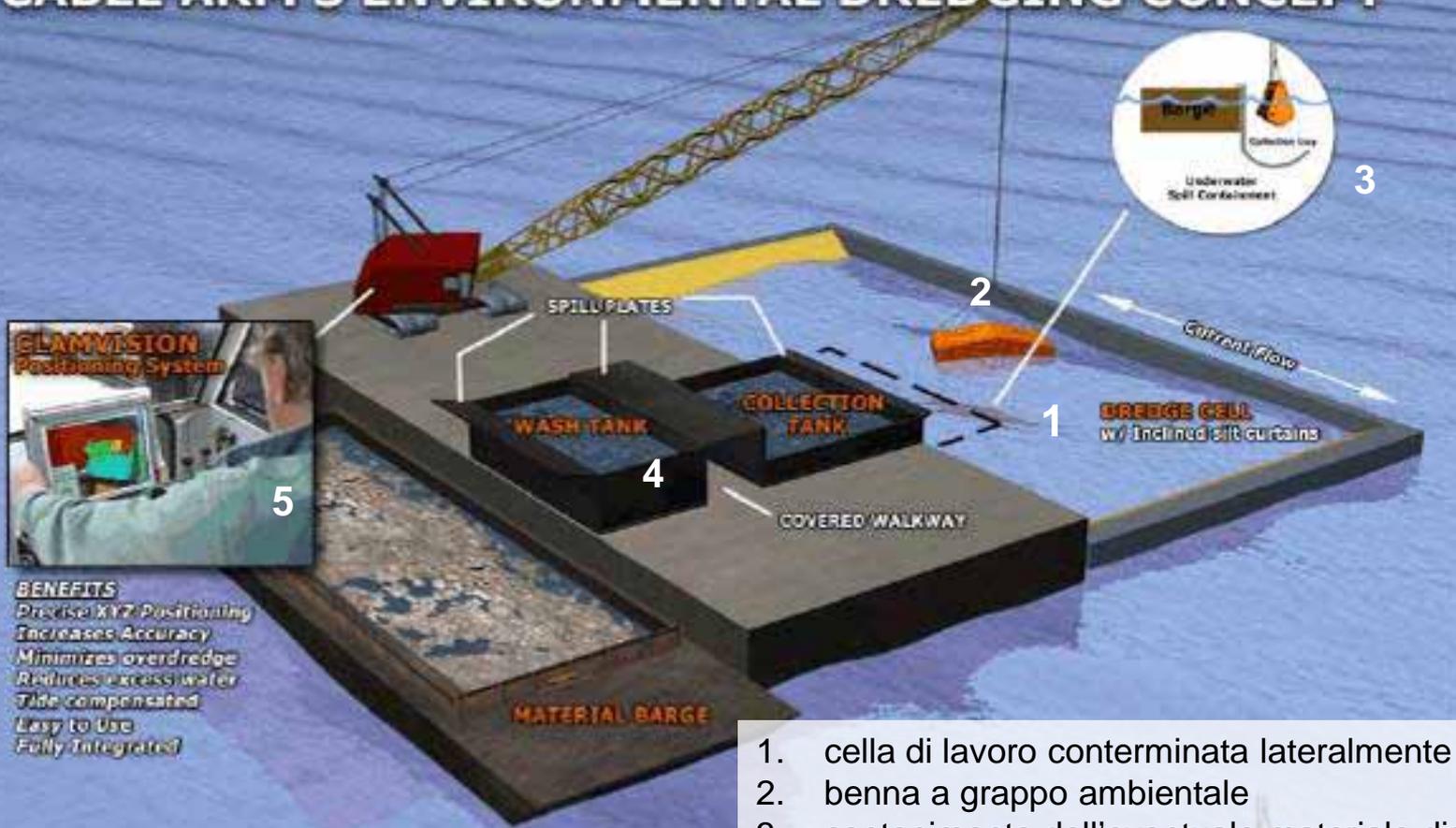
Vari utilizzi delle barriere fisiche:

- *inglobamento totale del sistema dragante*, nel caso di sistemi di dragaggio di tipo stazionario;
- *chiusura parziale dell'area di escavo*, a valle delle operazioni, nel caso di flusso unidirezionale della corrente;
- *chiusura totale dell'area di escavo*, solitamente nel caso di utilizzo di draghe di tipo meccanico (benna o grappo), con eventuale realizzazione di un'intercapedine per il passaggio delle imbarcazioni;
- *protezione di un'area sensibile nei pressi delle attività di dragaggio*, nel caso in cui si voglia evitare che i solidi eventualmente risospesi dall'attività di dragaggio raggiungano un obiettivo sensibile (impianti di acquacoltura, popolamenti del precoralligeno o coralligeno, praterie di Posidonia oceanica, etc.)





CABLE ARM'S ENVIRONMENTAL DREDGING CONCEPT



BENEFITS
 Precise XYZ Positioning
 Increases Accuracy
 Minimizes over-dredge
 Reduces excess water
 Tide compensated
 Easy to Use
 Fully Integrated!

Sponsor of
WDDCON XVII
 HAMBURG, GERMANY
 9/27/2004 - 10/1/2004

1. cella di lavoro conterminata lateralmente da panne
2. benna a grappo ambientale
3. contenimento dell'eventuale materiale disperso in fase di uscita dall'acqua della benna mordente ambientale
4. vasca ripiena d'acqua per il risciacquo della benna
5. l'operatore della gru dirige ciascun "morso" usando un sistema accurato di visualizzazione in tempo reale della benna rispetto al fondale

CONTATTI

francesca.giaime@isprambiente.it