

Contaminazione dei sedimenti costieri: problematiche ambientali e gestionali

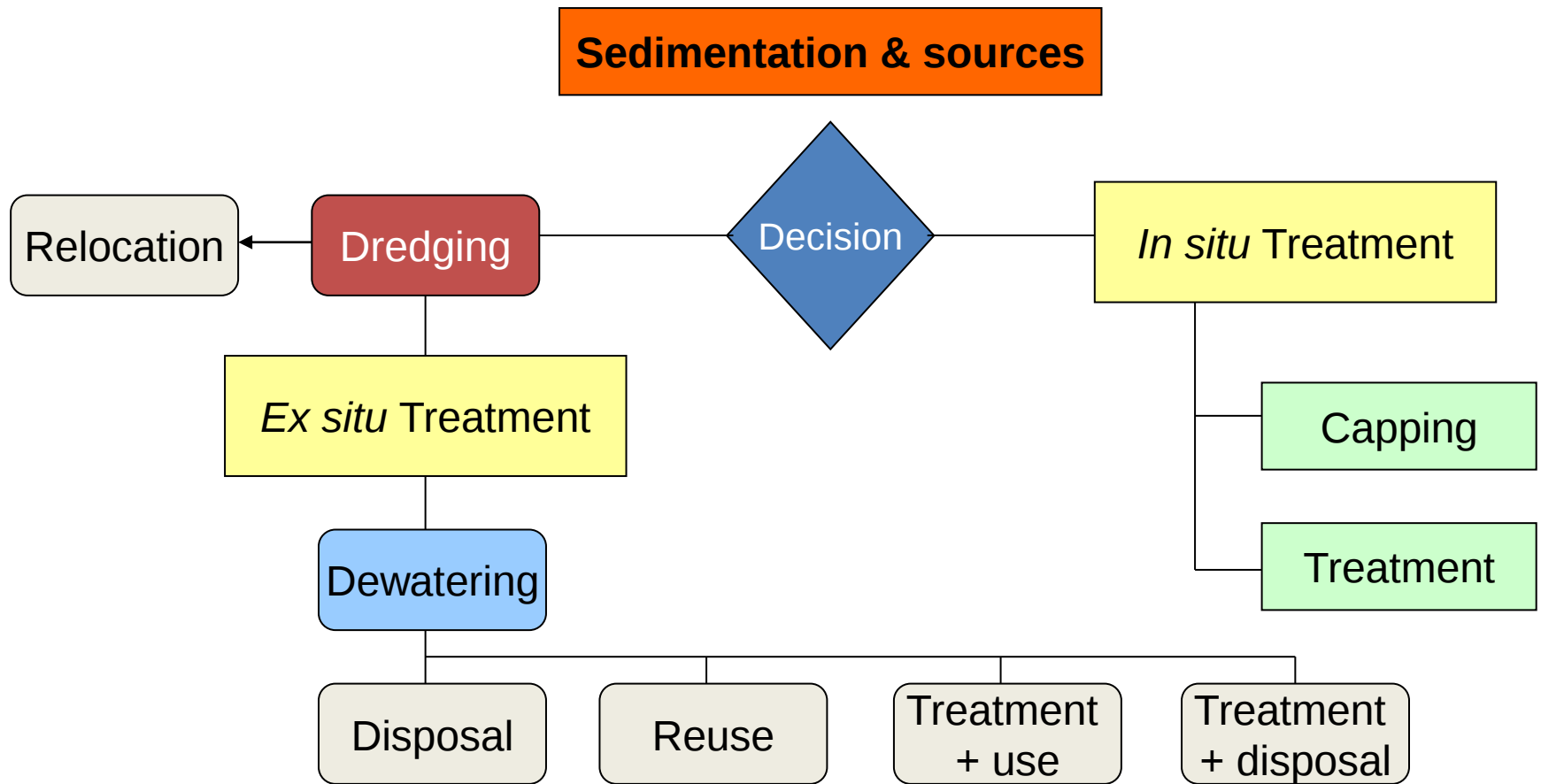
I processi di sedimentazione sono parte fondamentale del funzionamento dell'ecosistema fluviale e costiero.

I sedimenti sono stati contaminati in passato e, presumibilmente, lo saranno anche in futuro (ca. 200 Mm³/anno in Europa, di cui 10-20% contaminati!).

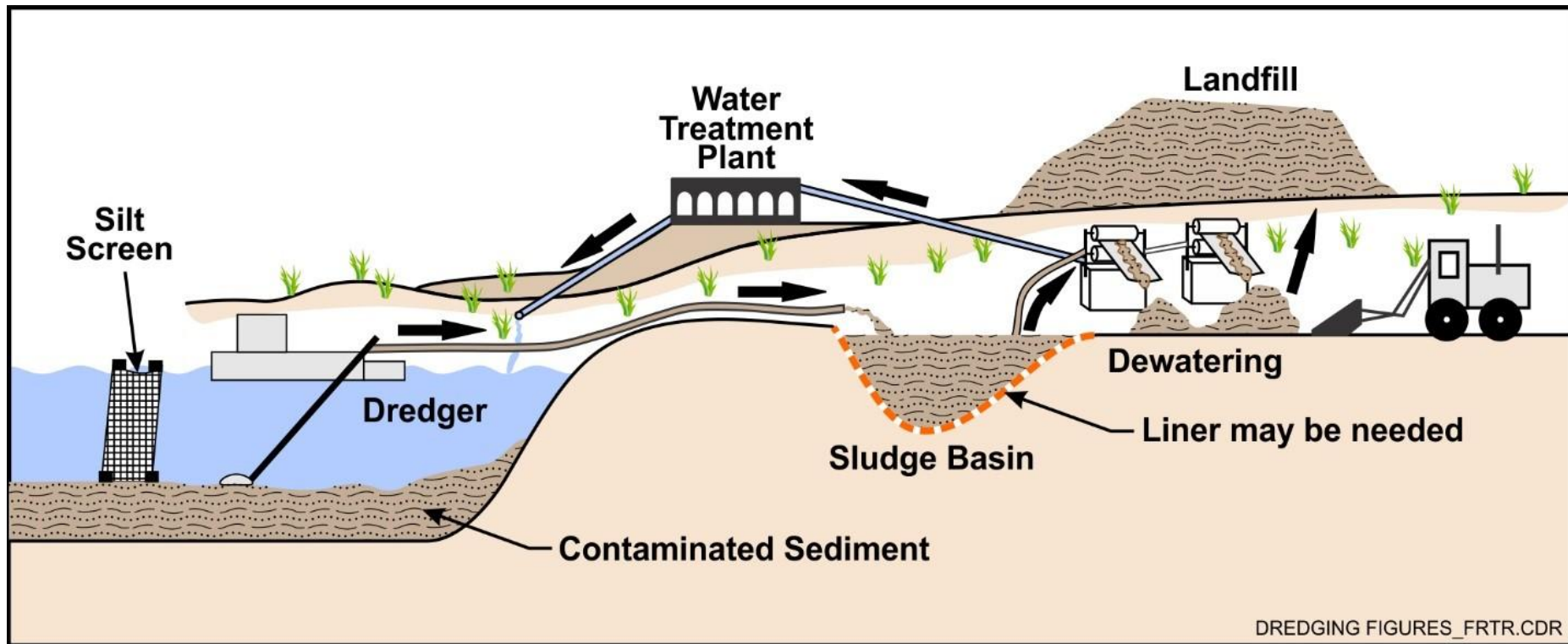
- Il dragaggio dei sedimenti, quando contaminati, determina un problema di gestione.
- Vi è un crescente interesse nella ricerca di nuove soluzioni per sedimenti contaminati provenienti dai dragaggi (diminuzione delle aree di stoccaggio e dell'accettazione da parte dell'opinione pubblica, costi crescenti).
- La normativa esistente è alquanto complessa e spesso al confine tra acqua, suolo e rifiuti.
- A livello europeo non vi è comune normativa nei confronti del materiale proveniente da dragaggi.
- L'approccio legato all'applicazione di limiti o livelli soglia è restrittivo!
- Necessità di sviluppare un approccio integrato (es. speciazione, mobilità, biodisponibilità, ecc.)

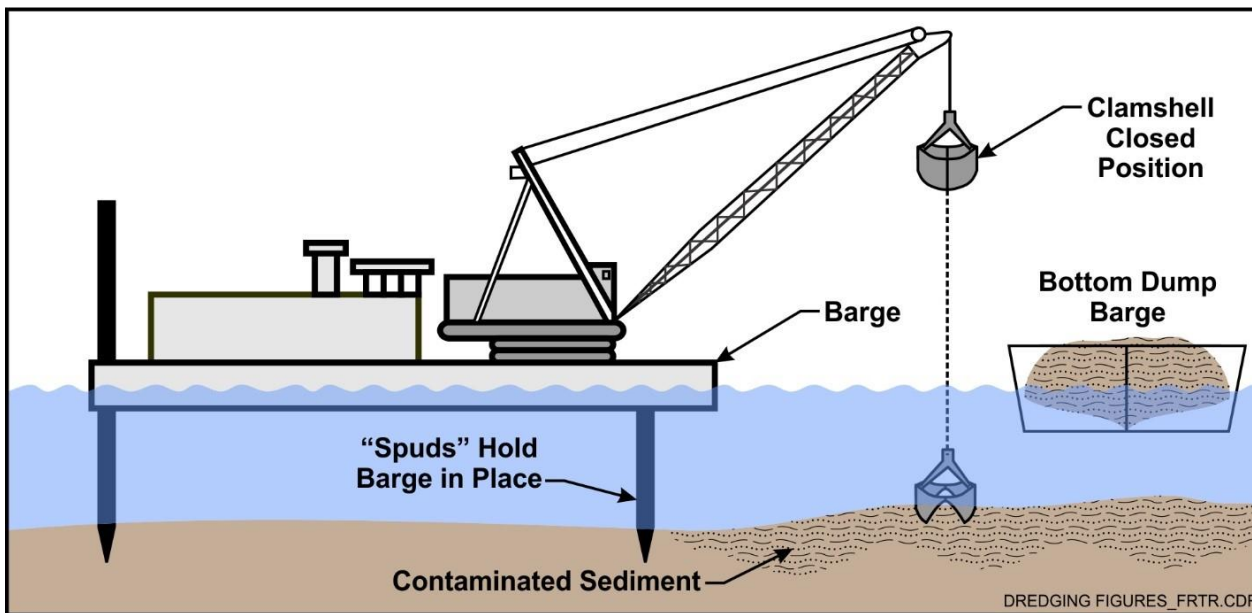
Gestione dei sedimenti: quali le opzioni?

confinamento, dragaggio e/o trattamento dei materiali?

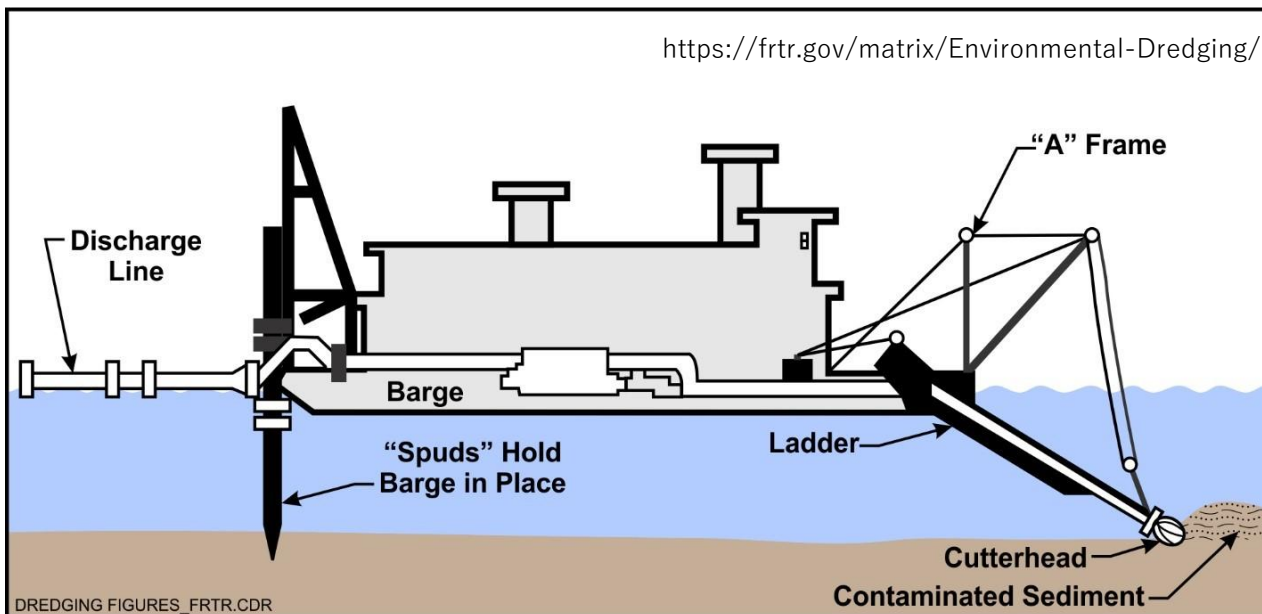


Example of Dredging, Dewatering and Water Treatment Process





Schematic of Mechanical Dredge and Haul Barge



Schematic of Hydraulic Dredge and Pipeline









Water injection dredging



E' un metodo di dragaggio che utilizza getti d'acqua sviluppato da una società olandese (<https://www.vanoord.com>). La tecnica consiste nell'iniettare grandi quantità di acqua, a bassa pressione, in sedimenti di limo o sabbia fine riportandoli in sospensione.

Questa azione rompe la coesione tra i grani permettendo al sedimento di formare una miscela con l'acqua iniettata. La miscela si trasforma in una corrente di densità, che, essendo un fluido, si muoverà sotto l'influenza della gravità e dei gradienti di densità. Grandi quantità di sedimenti possono essere spostate in questo modo in un breve lasso di tempo.



Gestione dei sedimenti dragati: quale soluzione?

In ordine di “preferenza”:

1. Ricollocazione

Se la ricollocazione non è desiderabile o impossibile per motivazioni di ordine ambientale, morfologico o di spazi disponibili, si possono applicare alcune opzioni alternative:

2. Impiego “utile”

2.1 diretto (sedimento non trattato)

2.2 post-trattamento

3. Confinamento (es. discarica o cassa di colmata)

Gestione dei sedimenti: soluzioni *ad hoc* sito specifiche

Esistono numeroso tecnologie di trattamento, non un'unica soluzione!

Gli aspetti da considerare sono molteplici e la scelta per la soluzione più appropriata va valutata caso per caso.

Se i sedimenti sono contaminati, prima di decidere la loro destinazione sono da considerare alcuni aspetti:

- Valutazione sul sedimento, se cioè il dragaggio è la soluzione necessaria per effetto di un rischio ambientale non accettabile oppure per mancanza di alternative (es. interrimento canali, ampliamento aree portuali).
- Stima della fattibilità dei differenti trattamenti, considerando sia le condizioni locali che le normative.
- Confronto tra le differenti filiere di trattamento al fine di supportare al meglio la decisione finale.

TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO

Le tecnologie di trattamento per i sedimenti contaminati possono essere applicate *in situ* o *ex situ* e possono essere raggruppate in 3 tipologie:

Trattamenti biologici: si basano sulla biodegradazione, cioè sull'ossidazione biologica della sostanza organica. Tale tecnologia sfrutta la capacità di funghi e batteri di degradare composti organici complessi in forme più semplici: è un processo che avviene naturalmente nei terreni e nei sedimenti contaminati in presenza di inquinanti organici (**biorisanamento naturale**), ma può anche essere indotto somministrando appositamente i microrganismi necessari (es. **batteri**).

Trattamenti chimico-fisici: sono differenziabili in processi di natura fisica, in cui viene favorita la separazione di una certa componente solida del sedimento a cui sono associati i contaminanti, e processi di natura chimica, in cui viene modificata la struttura chimica dei contaminanti con formazione di composti meno tossici o più facilmente separabili dalla matrice del sedimento e, infine, processi di natura elettrochimica e chimico-fisica.

Trattamenti termici: operano con la rimozione, distruzione o immobilizzazione di un'ampia gamma di contaminanti organici ed inorganici presenti nei sedimenti; in generale si parla di **desorbimento termico** e di **termodistruzione** quando le temperature di trattamento sono, rispettivamente, inferiori a 550–650°C e comprese tra 600°C e 2000°C.

Trattamento dei sedimenti dragati: quale soluzione?

Le tecniche di trattamento e ricollocazione dei sedimenti sono conosciute e diffuse in ambito mondiale.

Derivano spesso da esperienze relative a trattamenti sui suoli e dall'industria mineraria e sono adattate ai sedimenti.

Da cosa dipende l'applicabilità o meno di una tecnica?

- Caratteristiche fisico-chimiche dei sedimenti.
- Relazione tra granulometria e contaminazione dei sedimenti: più le particelle sono fini e maggiore il contenuto di sostanza organica nei sedimenti, più elevato sarà il grado di contaminazione.

Processing Principle	
1. Relocation	1. Open water disposal
	2. Injection dredging
2. Mechanical separation	1. Classification
	2. Sorting
3. Dewatering	1. Evaporation
	2. Mechanical dewatering
4. Contaminant separation	1. Chemical extraction
	2. Thermal desorption
5. Contaminant destruction	1. Biological reduction
	2. Chemical oxidation
	3. Thermal oxidation
6. Contaminant immobilization	1. Chemical immobilization
	2. Thermal immobilization
7. Disposal	1. Sub-aquatic confined disposal
	2. Upland disposal

modif. da Bortone et al. (2004), J Soils & Sediments

Trattamento dei sedimenti dragati: quale soluzione?

Sulla base del tipo di sedimento, del livello di contaminazione e del tipo di contaminanti!

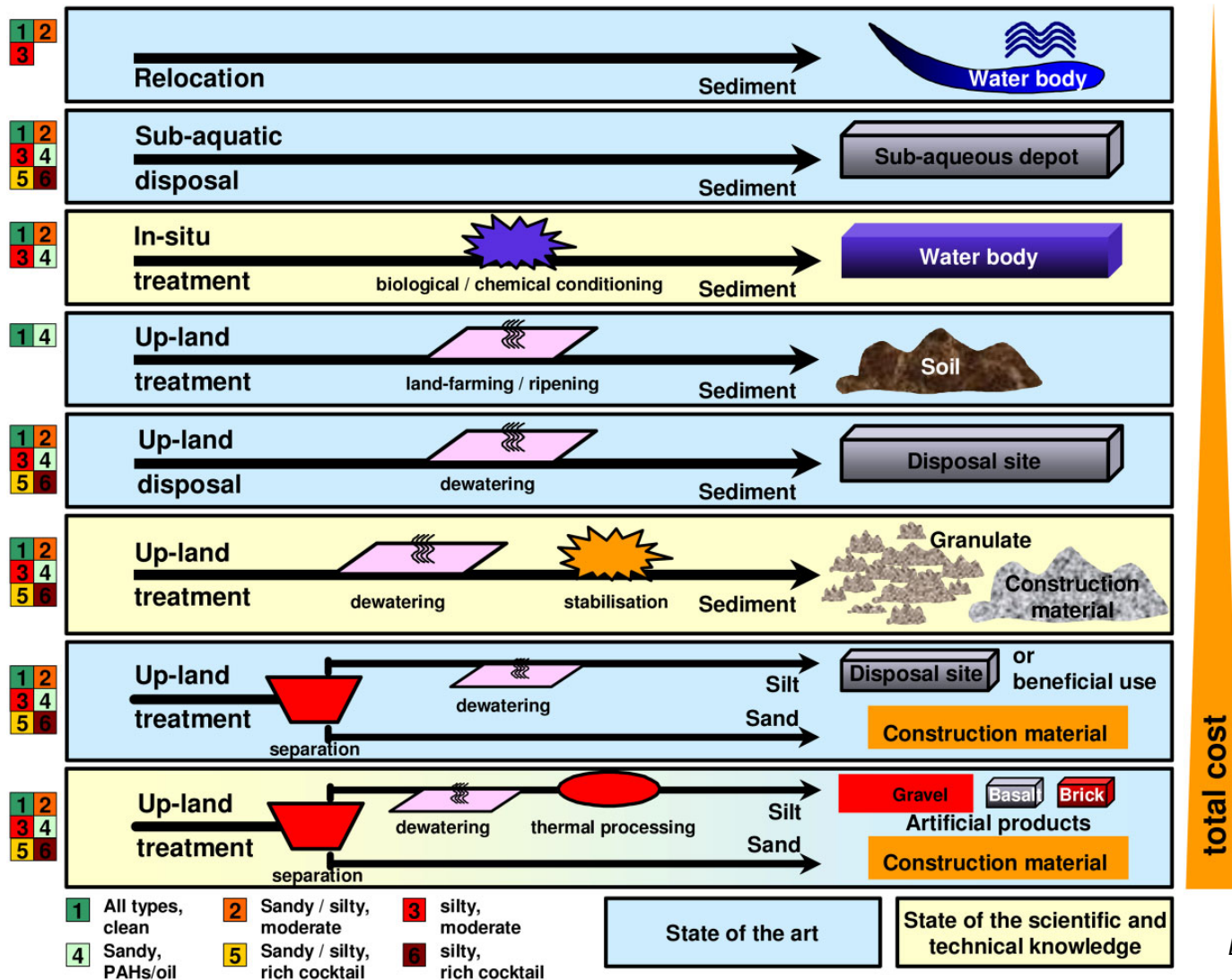
Process principle	Type of sediment			Level of contamination			Type of contamination	
	Silty	Silty / Sandy	Sandy	Low	Medium	High	Organic	In-organic
1.1. Open water disposal	+	+	+	+	+/-	-	+	+
1.2. Injection dredging	+	+/-	-	+	+/-	-	+	+
2.1. Classification	+/-	+	+	+	+	+	+	+
2.2. Sorting	+/-	+	+	+	+	+	+	+
3.1. Evaporation	+	+	+	+	+	+	+	+
3.2. Mechanical dewatering	+	+	+	+	+	+	+/-	+
4.1. Chemical extraction	+	+	+	+/-	+	+	-	+
4.2. Thermal desorption	+	+	+	+/-	+	+	+	-
5.1. Biological reduction	+/-	+	+	+	+	+/-	+	+/-
5.2. Chemical oxidation	+	+	+	+/-	+	+	+	-
5.3. Thermal oxidation	+	+	+	+/-	+	+	+	-
6.1. Chemical immobilisation	+	+	+/-	+	+	+	+/-	+
6.2. Thermal immobilisation	+	+	+/-	+	+	+	+/-	+
7.1. Sub-aquatic disposal	+	+	+	+	+	+	+	+
7.2. Upland disposal	+	+	+	+	+	+	+	+

+ Process is technically available or not negatively affected

+/- Process is technically mostly available or mostly not negatively affected

- Process is technically not available or negatively affected

da Bortone et al. (2004), J Soils & Sediments

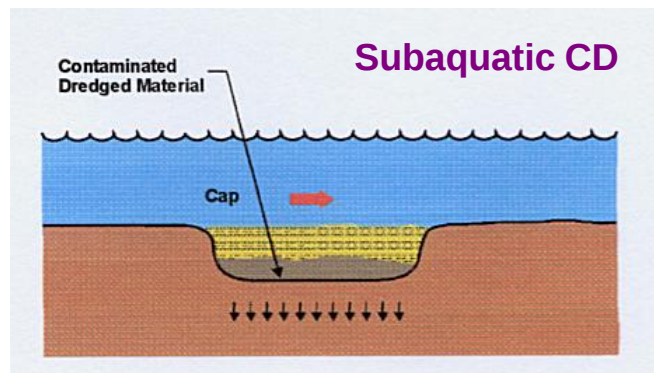
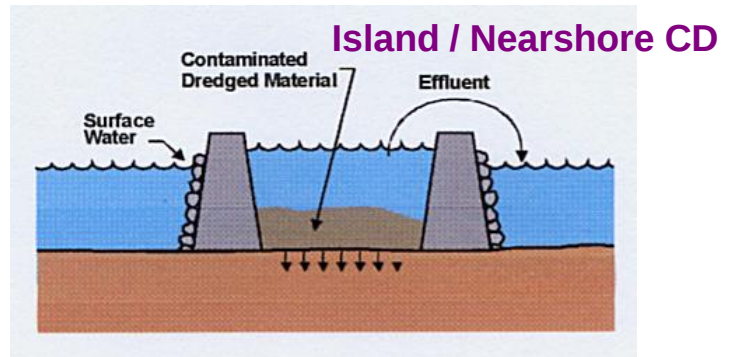
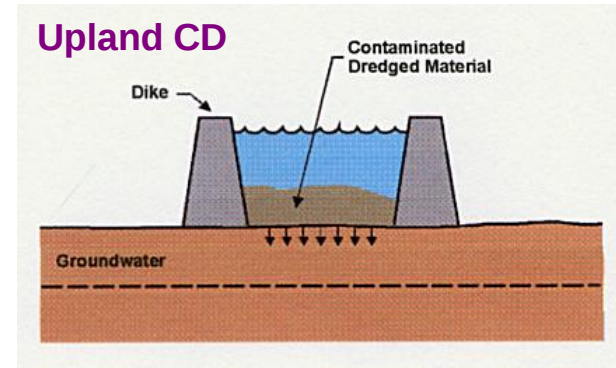


Confinamento (Confined Disposal)

Terrestre – 1) il carico idraulico dell'acqua agisce in modo da provocare potenzialmente un deflusso nella falda sottostante; 2) il materiale contaminato può, una volta essiccato ed ossidato, aumentare la capacità di rilascio dei contaminanti.

Marino costiero – la struttura di confinamento è ubicata in acqua ed il materiale è stoccato parzialmente sotto il l.m.m., talvolta con l'escavazione del fondale per aumentare la capacità d'invaso; effluenti da controllare nel tempo!

Subacqueo – materiale stoccato totalmente sotto la superficie marina, sotto una copertura ("capping"); le pressioni al di sotto della struttura sono simili a quelle circostanti quindi non vi è alcun flusso d'acqua; da considerare l'impatto con gli organismi acquatici durante le operazioni di messa a dimora.





Caso studio: IJseeloog Confined Disposal Facility (subaquatic)

Lake Ketelmeer (Paesi Bassi)

- Contaminazione da reflui industriali con PCB, IPA e metalli (1950-90)
- L'idea: struttura circolare per lo stoccaggio di sedimenti contaminati.
- Altezza dei degli argini di contenimento: 10 m.
- Profondità della fossa escavata 45 m
- Capacità di invaso: 23 milioni m³
- Strato di argilla di 1 m alla base della fossa
- Sottobacini per la separazione del materiale più sabbioso (sabbia > 50-70 %)



da Deztner et al.. (1995), *Europ. Water Poll. Contr.*

IMPIEGHI UTILI e PRINCIPALI RECUPERI

- ❖ Difesa della costa, arginature dei canali, ecc.
- ❖ Ingegneria civile: infrastrutture portuali (banchine, terrapieni, casse di colmata) e sottofondi stradali.
- ❖ *Topsoil* per recuperi paesaggistici ricoprimento di discariche, attività ricreative e sportive (campi golf e parchi pubblici).
- ❖ Materiali da costruzione: aggregati tipo lapidei, mattoni, cemento, materiali vetrificati.



Caso studio: *Thermal immobilization* e produzione di mattoni

Amburgo (Germania)

- Processo: utilizza 30,000 t di silt (con sostanza organica al 50-55%) proveniente dall'impianto METHA in sostituzione di argilla naturale.
- Produttività: 5 Milioni di mattoni/anno
- Fruibilità: costruzioni commerciali ed industriali.
- Costi d'investimento: 45 M € per 200,000 m³ di sedimento deidratato (15 – 20 €/ m³ *in situ*) ammortizzabili in 20 anni, qualora la vendita del prodotto sia garantita.
- Mercato: necessaria una politica "aggressiva" di marketing.

