

METODOLOGIE E TECNICHE PER IL RECUPERO E/O RIUTILIZZO DI SEDIMENTI MARINI PROVENIENTI DA DRAGAGGI NEI PORTI TURISTICI



Progetto P.O. Transfrontaliero Italia - Francia Marittimo "Rete dei Porti Turistici e sostenibilità ambientale" Sottoprogetto A "Sostenibilità Ambientale e nautica sociale"



Provincia di Livorno
Unità di Servizio
Programmazione Economica



Regione Liguria
Dipartimento Ambiente



Regione Sardegna
Assessorato al Turismo



U.P.P.C.
Union des Ports de Plaisance de
Corse

Sommario

PREMESSA.....	7
1. RASSEGNA, SUDDIVISA SECONDO L'AMBITO AMMINISTRATIVO DI APPARTENENZA DI CIASCUNO DEI QUATTRO PARTNERS, DELLE NORMATIVE EUROPEE, NAZIONALI, REGIONALI, LOCALI CHE DISCIPLINANO L'ATTIVITA' DI DRAGAGGIO DEI SEDIMENTI MARINI NEI PORTI TURISTICI E IL LORO RECUPRO E/O RIUTILIZZO.	12
1.1. Ambito amministrativo italiano	12
1.1.1. Introduzione.....	12
1.1.2. La caratterizzazione del sedimento	16
1.1.3. Il procedimento di autorizzazione per la movimentazione di sedimenti marini ed il loro ricollocamento	17
1.1.4. L'attività di dragaggio dei sedimenti marini	21
1.1.5. La gestione dei rifiuti provenienti dalle attività di dragaggio	22
1.1.6. Il trasporto del materiale dragato	26
1.1.7. Il recupero dei materiali di dragaggio e le procedure semplificate per il recupero	28
1.1.8. Il procedimento autorizzativo degli impianti di recupero o smaltimento dei sedimenti di dragaggio.....	31
1.1.9. Le procedure di autorizzazione per gli impianti mobili di trattamento	39
1.1.10. Il conferimento in discarica dei rifiuti provenienti dal dragaggio.....	40
1.1.11. VARIE	41
1.2. Ambito amministrativo francese con specifici riferimenti alla Regione Corsica.....	44
1.2.1. Introduzione.....	44
1.2.2. La caratterizzazione del sedimento	53
1.2.3. Il procedimento di autorizzazione per la movimentazione di sedimenti marini ed il loro ricollocamento	55
1.2.4. L'attività di dragaggio dei sedimenti marini	58

1.2.5.	La gestione dei rifiuti provenienti dalle attività di dragaggio	60
1.2.6.	Il trasporto del materiale dragato	63
1.2.7.	Il recupero dei materiali di dragaggio e le procedure semplificate per il recupero	65
1.2.8.	Il procedimento autorizzativo degli impianti di recupero o smaltimento dei sedimenti di dragaggio.....	67
1.2.9.	Le procedure di autorizzazione per gli impianti mobili di trattamento	72
1.2.10.	Il conferimento in discarica dei rifiuti provenienti dal dragaggio.....	73
1.2.11.	VARIE.....	75
2.	CRITERI, METODOLOGIE E TECNICHE PER L'IDONEA CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI MARINI PROVENIENTI DA DRAGAGGI NEI PORTI TURISTICI.....	77
2.1.	Introduzione.....	77
2.2.	I sedimenti provenienti dai fondali del porto turistico: peculiarità e fonti di contaminazione ..	78
2.3.	Procedure di caratterizzazione	81
2.3.1.	Criteri di campionamento e conservazione del campione	81
2.3.2.	Tattamento e preparazione del campione	89
2.3.3.	Parametri da analizzare	97
2.4.	Interpretazione dei dati di caratterizzazione.....	120
2.5.	Caratterizzazione ed opzioni di gestione dei sedimenti.....	122
2.5.1.	Sedimenti provenienti da porti turistici posti all'interno di un Sito di Interesse Nazionale .	123
2.5.2.	Sedimenti provenienti da porti turistici posti in siti ordinari	127
3.	RASSEGNA DELLE TECNOLOGIE E TECNICHE ATTUALMENTE IMPIEGATE PER IL RECUPERO E/O RIUTILIZZO DEI SEDIMENTI MARINI PROVENIENTI DA DRAGAGGI NEI PORTI TURISTICI	130
3.1.	Introduzione.....	130
3.2.	Tecniche di dragaggio portuale.....	131
3.2.1.	Il dragaggio meccanico	133
3.2.2.	Il dragaggio idraulico	134
3.3.	Il trasporto dei sedimenti di dragaggio	136

3.4.	Opzioni di trattamento	136
3.4.1.	Bioremediation	137
3.4.2.	Trattamenti termici	143
3.4.3.	Trattamenti chimico fisici	146
3.5.	Una casistica dell'applicazione industriale dei processi e dei procedimenti tecnologici per il dragaggio, il trasporto, il trattamento ed il riutilizzo/recupero dei sedimenti di dragaggio	153
3.5.1.	Interventi di stabilizzazione di massa in vasca di colmata	154
3.5.2.	La tecnologia ViroBind_BAUXSOL™	157
3.5.3.	Porto di Amburgo – Impianti Metha e Sara	159
3.6.	La valorizzazione in ambito civile ed industriale dei sedimenti provenienti dal dragaggio di porti 161	
3.6.1.	Produzione di clinker di Portland.....	161
3.6.2.	Produzione di laterizi	162
3.6.3.	Produzione di materiali ceramici	163
3.6.4.	Opere civili.....	163
4.	RASSEGNA DELLE TECNOLOGIE E TECNICHE INNOVATIVE FINALIZZATE AL RECUPERO E/O RIUTILIZZO IN CONDIZIONI ECONOMICAMENTE VALIDE, DEI SEDIMENTI MARINI PROVENIENTI DA DRAGAGGI NEI PORTI TURISTICI.....	165
4.1.	Introduzione.....	165
4.2.	Decontaminazione elettrocinetica di sedimenti di dragaggio portuale.....	166
4.3.	Sediment washing assistito	169
4.4.	Trattamento bio-meccanico	170
4.5.	Tecnologia MAPEI HPSS.....	171
4.6.	Trattamento Novosol di Solvay	178
4.7.	Trattamento Biogenesis	180
4.8.	Tecnologie DIEMME di filtrazione.....	183
4.9.	Processo Hegemann	185

5.	CRITERI E METODOLOGIE PER L'IDONEA COMPARAZIONE TRA LE TECNOLOGIE DI CUI AL CAPITOLO 3 E QUELLE DI CUI AL CAPITOLO 4	187
5.1.	Premessa	187
5.2.	I criteri di valutazione.....	188
6.	PROPOSTA DI UN PROTOTIPO PER L'APPLICAZIONE DI UNA TECNOLOGIA E TECNICA INNOVATIVA.....	210
6.1.	Premessa	210
6.2.	Progettazione di un modello sostenibile di impresa industriale per il trattamento dei sedimenti 213	
6.3.	Caratterizzazione	216
6.4.	Dragaggio	216
6.5.	Trasporto	217
6.6.	Piattaforma di trattamento	217
6.6.1.	Ubicazione e contesto di inserimento del sito.....	217
6.6.2.	Dati caratteristici piattaforma	218
6.6.3.	Classificazione impianto.....	218
6.6.4.	Tipologie di rifiuti che si intende trattare	219
6.6.5.	Banchina di ormeggio	219
6.6.6.	Area impianti	219
6.6.7.	Area direzionale	220
6.6.8.	Cicli produttivi: impianto stoccaggio trattamento e recupero.....	220
6.6.9.	Descrizione impianti	222
6.6.10.	Gestione dei rifiuti e dei materiali recuperati	237
6.6.11.	Efficienza e sostenibilità	238
6.6.12.	Ricollocazione delle materie prime seconde	239
6.7.	Valutazioni economiche del sistema proposto.....	239
7.	VALUTAZIONE DELLA TRASFERIBILITA' DEI RISULTATI DEI CONTENUTI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI NELL'INTERA AREA TRANSFRONTALIERA INTERESSATA DAL PROGETTO.	241

7.1.	Premessa.....	241
7.2.	Trasferibilità normativa.....	242
7.3.	Trasferibilità tecnica e tecnologica del prototipo:	243
7.4.	Trasferibilità delle metodiche di caratterizzazione	245
7.5.	Trasferibilità economica del prototipo	245
7.6.	Trasferibilità ambientale	247

PREMESSA

La necessità di effettuare operazioni di dragaggio nei porti turistici deriva dall'esigenza primaria di salvaguardia delle attività commerciali e turistiche.

I dragaggi possono essere classificati in base agli scopi che si prefiggono di raggiungere e possono essere così schematizzati:

- dragaggi di mantenimento, utili a conservare le profondità per la navigazione;
- dragaggi di ampliamento, praticati quando le strutture portuali necessitano di approfondire o accrescere le strutture di ormeggio.

I dragaggi di ampliamento e mantenimento sono legati a necessità di tipo economico - strutturali che possono sorgere anche diversi anni dopo la costruzione del porto.

7

Garantire una ottimale condizione di accesso e di navigabilità all'interno del bacino portuale è uno dei servizi principali di cui il gestore si fa carico, sia per assicurare ai diportisti sicurezza e confort, sia per agevolare lo sviluppo economico del porto. In alcuni casi la possibilità di ampliare il range di lunghezza e pescaggio delle imbarcazioni a cui è consentito l'ormeggio può essere un fattore di rilancio della competitività produttiva, in quanto consente di adeguare le infrastrutture alle tendenze del mercato. La composizione del parco nautico di un paese, infatti, non è statica ma risente della crescente diffusione di imbarcazioni dalle dimensioni sempre maggiori. In quest'ottica il monitoraggio del fondale e gli interventi di dragaggio assumono un'importanza decisiva per la sopravvivenza economica di qualsiasi infrastruttura portuale.

Le operazioni di dragaggio dei sedimenti, applicate in passato al solo fine di mantenere o garantire la corretta funzionalità operativa dei porti, hanno inoltre recentemente assunto, a causa della possibile contaminazione di natura organica ed inorganica dei materiali dragati, la connotazione aggiuntiva di interventi di risanamento ambientale. La movimentazione dei sedimenti è così diventata un intervento specifico, atto non solo al mantenimento di idonee condizioni per la funzionalità del porto, ma anche a garantire il mantenimento di adeguati standard di qualità dell'ambiente acquatico. Quindi a fronte di una necessità economica e strutturale, il gestore del porto che stia progettando un'attività di dragaggio non potrà ignorare i vincoli derivanti dalla tutela della fascia costiera e dell'ambiente marino e della salute pubblica.

La destinazione dei materiali di dragaggio e i trattamenti a cui possono essere sottoposti sono definiti dalla presenza o meno di contaminanti, dalla quantità e dalla natura degli stessi. Gli ingenti quantitativi di fanghi dragati possono presentare, infatti, livelli di contaminazione, che precludono l'immersione diretta in mare e necessitano di essere sottoposti a regolamentate procedure che riguardano la movimentazione, il trattamento, il recupero o lo smaltimento. I materiali prodotti dalle operazioni di scavo, una volta estratti, costituiscono infatti generalmente, in base alla normativa vigente, un rifiuto contraddistinto da un codice CER.

I lavori di dragaggio hanno negli ultimi tempi assunto una valenza economica ed ambientale tanto importante da richiedere un'approfondita ed oculata scelta dei mezzi e delle modalità di scavo e di trasporto dei materiali rimossi, e della loro gestione intesa come: deposito, trattamento e possibile riuso.

Elaborare soluzioni atte a favorire la sostenibilità economica delle operazioni di dragaggio e una corretta gestione dei sedimenti nei porti turistici, nel rispetto delle normative ambientali, è un percorso che richiede un'attenzione particolare e un corretto approccio per risolvere in maniera efficace il problema. Sono sempre più numerose, infatti, le strutture che dal punto di vista sia economico, a causa dei costi importanti che richiede il dragaggio e la gestione dei sedimenti, sia tecnico e normativo, si trovano ad affrontare situazioni critiche che se non risolte adeguatamente possono compromettere la corretta funzionalità del porto turistico, la sua operatività ed infine la sua sopravvivenza.

Le strutture che necessitano di questo tipo di intervento, nella maggioranza dei casi, sono collocate in corrispondenza di ampie baie sabbiose che, a causa dell'ingente trasporto solido longitudinale, sono oggetto di progressivo insabbiamento, con fenomeni particolarmente evidenti, e pericolosi per la navigazione, in corrispondenza del canale di accesso e dell'imboccatura. Inoltre all'interno del bacino portuale l'assenza di correnti favorisce la progressiva sedimentazione del materiale in sospensione presente nella colonna d'acqua e determina accumuli in zone interne al porto. In funzione dei meccanismi di formazione, è necessario quindi ripetere ciclicamente la rimozione dei sedimenti in ambiente portuale, al fine di garantire le profondità operative per il traffico marittimo e per le attività nautiche.

La *graduale deposizione dei sedimenti* trasportati dalle correnti prevalenti avviene, in generale:

- in zone, esterne al porto, di accumulo sul litorale sopraflutto, con conseguente e complementare erosione sul litorale sottoflutto; l'accumulo deriva dall'alterazione che la struttura portuale determina nel naturale flusso longitudinale dei sedimenti;
- davanti al molo foraneo, con la conseguente formazione di una barra davanti all'imboccatura del porto dovuta all'accumulo di sedimenti sopraflutto trasportati trasversalmente alla linea di riva dalle mareggiate più violente di carattere stagionale;
- in zone interne al bacino portuale, ad opera delle mareggiate che sospingono i sedimenti e a dinamiche interne alla struttura;

Insieme al fenomeno dell'accumulo di sedimenti, appena descritto che potremmo attribuire a dinamiche naturali dovute alla costruzione del porto, si possono verificare situazioni di deposito straordinarie e ingenti che possono essere attribuite alla progettazione della struttura stessa.

9

Il progetto interessa l'area transfrontaliera dell'Alto Mediterraneo: la Provincia di Livorno, la Regione Liguria, la Regione Sardegna e l'Unione dei Porticcioli Corsi- Union de ports de plaisance de Corse.

Le strutture dedicate alla nautica da diporto coinvolte nel progetto in esame sono più di 130. Alcune di queste strutture si trovano all'interno della perimetrazione di un Sito di Interesse Nazionale e quindi sottostanno, per quel che riguarda le attività di dragaggio e la gestione dei sedimenti coinvolti, a normative specifiche e differenti rispetto a quelle poste nei siti ordinari.

Al fine di poter progettare un piano di gestione del sedimento, che preveda un sistema applicabile e replicabile su larga scala, regionale, nazionale e sul territorio transfrontaliero, è necessario valutare una stima se pur approssimativa dei quantitativi di materiale che interessano le opere di dragaggio nei porti turistici. E' stato possibile stimare i volumi di materiale dragato negli ultimi cinque anni nei porti e approdi turistici della Provincia di Livorno: circa 55.000 tonnellate medie annue di materiale rimosso dal 2003 al 2009.

A causa della crescente necessità di effettuare opere di dragaggio, messa in risalto dagli stessi gestori portuali, si ritiene opportuno porre l'attenzione sulla ricerca di una soluzione tecnicamente ed economicamente sostenibile per la gestione dei sedimenti nei porti turistici.

Dati di letteratura ci indicano che i porti turistici, spesso, non sono caratterizzati da fondali contenenti sostanze contaminanti in concentrazioni rilevanti dal punto di vista ambientale; in alcuni casi però possono presentare superamenti della soglia di contaminazione derivati da inquinamento antropico (da

fonti interne ed esterne all'area portuale) o per contaminazione naturale dovuta all'apporto di sedimenti di dilavamento di suoli ricchi di elementi contaminanti. I contaminanti che si possono trovare nei porti turistici sono di natura organica e inorganica.

L'entità e il grado di contaminazione dei sedimenti prelevati determina la scelta dei "percorsi di recupero" applicabili. Prima di procedere alle operazioni di dragaggio è quindi necessario analizzare e caratterizzare il sedimento al fine di individuarne la possibile destinazione e per prendere misure di contenimento per i possibili impatti che ne possono derivare. E' ormai accertato infatti che l'escavazione dei fondali contaminati può essere un'attività ad elevato rischio ambientale a causa della possibile diffusione dei contaminanti nell'ambiente acquatico.

L'identità di un sedimento è definita da:

- La conoscenza del sito di provenienza. L'attività di dragaggio dei materiali può avvenire in aree collocate all'interno di Siti di Interesse nazionale o in Siti ordinari. La gestione del materiale dragato sarà regolata da contesti normativi separati.
- La qualità. Intesa come qualità, fisica chimica, microbiologica ed ecotossicologica verificata attraverso la caratterizzazione del sedimento. Fornisce elementi essenziali per verificare la presenza di specie contaminanti, entità della contaminazione, caratteristiche fisiche, natura granulometrica del materiale. La conoscenza della qualità del materiale, è indispensabile per prendere atto delle possibili soluzioni che possono essere adottate a livello gestionale e anche dei rischi di natura ambientale che possono derivare dalle attività di dragaggio, sia nel sito di rimozione sia in quello di deposizione. Il materiale inoltre a seconda della sua qualità sarà classificato come rifiuto o meno.
- Il destino. Le possibilità di gestione dei sedimenti che si presentano a fronte di attività di dragaggio sono molteplici. La classificazione di un sedimento sarà quindi determinata, oltre che dai risultati della caratterizzazione, dai percorsi di gestione che possono essere intrapresi e che risultano molteplici e dettati da scelte economiche e logistiche di chi effettua l'operazione di dragaggio, dai vincoli territoriali e nel rispetto delle normative in campo ambientale.

10

Alla luce di queste considerazioni preliminari, necessarie ad inquadrare la problematica relativa alle opere di dragaggio e di gestione dei sedimenti nel sistema della nautica da diporto, e della rassegna sulle normative di riferimento e sulle tecnologiche di trattamento applicabili ai sedimenti affrontate nei capitoli successivi, è stato elaborato il nucleo centrale del progetto.

L'obiettivo finale del presente studio è stata la progettazione e la valutazione dal punto di vista impiantistico, economico e ambientale di *un modello di impresa industriale sostenibile per il trattamento e recupero dei sedimenti marini provenienti da dragaggi nei porti turistici nel territorio transfrontaliero*.

A tale fine sono state prese in considerazione e valutate diverse soluzioni alternative attraverso:

- l'analisi normativa di riferimento (cap.1);
- la contestualizzazione dell'attività di movimentazione e recupero dei sedimenti all'interno del *cluster* della nautica da diporto intesa come rete di attività interconnesse (cap.6);
- lo studio delle tecnologie più idonee; nel presente elaborato (cap.3 e cap.4) sono riportate le *tecnologie di dragaggio, trattamento e recupero applicabili ai sedimenti* che hanno trovato largo impiego e quelle che sono in fase sperimentale o che, anche collaudate, sono di recente applicazione su larga scala;
- l'analisi delle linee di gestione in relazione alla tipologia del materiale da trattare (cap.2);
- l'individuazione di criteri di comparazione, dal punto di vista impiantistico, ambientale ed economico, allo scopo di individuare le alternative ottimali, quali strumenti di supporto alle decisioni (cap.5).

11

Il prototipo per il trattamento dei sedimenti è stato integrato in un modello industriale che comprende la filiera di processi che a partire dalle attività di dragaggio arriva al ricollocazione delle materie prime seconde derivanti dalle operazioni di recupero.

Sono state fatte delle considerazioni riguardanti le possibili tecniche di dragaggio e di trasporto del materiale rimosso. La messa a punto di un processo di trattamento finalizzato al trattamento di sedimenti è stata effettuata attraverso l'integrazione di tecnologie diverse, puntando al recupero del materiale. Descritta la tipologia di impianto, l'analisi si è concentrata sugli elementi progettuali della piattaforma di trattamento: cicli produttivi, flussi di materiale in entrata e in uscita, impiantistica e stima dei costi di gestione degli impianti.

1. RASSEGNA, SUDDIVISA SECONDO L'AMBITO AMMINISTRATIVO DI APPARTENENZA DI CIASCUNO DEI QUATTRO PARTNERS, DELLE NORMATIVE EUROPEE, NAZIONALI, REGIONALI, LOCALI CHE DISCIPLINANO L'ATTIVITA' DI DRAGAGGIO DEI SEDIMENTI MARINI NEI PORTI TURISTICI E IL LORO RECUPERO E/O RIUTILIZZO.

1.1. Ambito amministrativo italiano

1.1.1. Introduzione

12

Competenze in materia ambientale

La tutela dell'ambiente è ricompresa tra le materie, elencate dal secondo comma dell'Art. 117 della Costituzione, di competenza esclusiva statale, nelle quali la potestà legislativa delle Regioni è ammessa soltanto ove sia espressamente prevista; per contro la valorizzazione dei beni ambientali è invece materia di legislazione concorrente, nella quale le fonti statali debbono soltanto individuare i principi fondamentali, libere quelle regionali di dettare autonomamente la disciplina.

Di fatto, la produzione statale non è libera. Quello della tutela e salvaguardia dell'ambiente è infatti un campo in cui le disposizioni di derivazione comunitaria sono frequenti e dettagliate. Mediante il ricorso, di norma, allo strumento della Direttiva, fin dagli anni ottanta l'Unione Europea ha perseguito l'obiettivo di fissare standard di qualità uniformi per tutti i paesi membri, e di assicurare che questi ultimi si dotassero di regimi il più possibile uniformi.

Dopo due decenni di produzione normativa disomogenea, il D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152, rubricato «*Norme in materia ambientale*» e comunemente chiamato "Codice dell'Ambiente", ha riunito in un unico *corpus* tutte le disposizioni di rango legislativo ed emanazione statale riguardanti, tra l'altro la gestione dei rifiuti, la tutela delle acque, la tutela dell'aria, la bonifica di siti inquinati, e le procedure di valutazione ambientale, precedentemente disperse in numerosi provvedimenti.

Ad ogni “parte” del Codice dell’Ambiente sono acclusi Allegati, di essenziale importanza perché in essi è ricompresa, nella maggioranza dei casi, tutta la normativa tecnica applicabile per i fini che ci interessano. Il Codice è stato interessato negli anni successivi alla sua emanazione da alcuni interventi correttivi, che ne hanno modificato struttura e contenuto, spesso per recepire innovazioni di diritto comunitario. Nella rassegna che segue si farà comunque sempre riferimento agli Artt. del Codice in vigore al momento della redazione, senza menzionare i provvedimenti modificativi.

Con la sostanziale omogeneità della normativa statale contrasta quella regionale che è, per contro, molto differenziata. Vi sono Regioni che hanno recepito ed integrato con propri provvedimenti legislativi e regolamentari la già dettagliata disciplina codicistica, e al contrario, altre che rinviando ad essa per la maggior parte delle prescrizioni. Di importanza centrale sono poi i documenti tecnici – Manuali, Linee Guida ministeriali, Regolamenti tecnici locali – che pur non potendo essere ricompresi nel concetto di fonte normativa, sono comunque citati nel testo, ove rilevanti, proprio per la funzione che rivestono, di imprescindibile riferimento ad uso degli operatori.

13

Obiettivi di qualità e pianificazione in materia di gestione dei rifiuti

Fonti:

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.), parte IV: Artt. 177-198 (principi generali e obiettivi di qualità); Artt. 199-207 (pianificazione);
- **D.Lgs. 18 agosto 2000 n. 267**: *Testo Unico sull’ordinamento degli enti locali*: Art. 19.
- **LR Toscana 18 maggio 1998, n. 25**: *Norme per la gestione dei rifiuti e per la bonifica dei siti inquinati*: Artt. 9-14;
- **LR Toscana 27 novembre 2007 n. 61**: *Modifiche alla legge regionale 18 maggio 1998, n. 25 (Norme per la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti inquinati) e norme per la gestione integrata dei rifiuti*. Capo II.
- **LR Liguria 21 giugno 1999 n. 18**: *Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia*.
- **LR Sardegna 2 giugno 2006 n. 9**. *Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali*.

Il Codice dell’Ambiente detta le regole-base affinché gli enti locali (Regioni, Province, Comuni) si dotino di strumenti di pianificazione in vista del raggiungimento degli obiettivi di qualità fissati dalle politiche

comunitarie. La conoscenza degli strumenti di pianificazione è imprescindibile perché ogni attività umana che abbia potenziali impatti ambientali deve rispettarne le prescrizioni e i limiti.

Il principio fondamentale che caratterizza l'intero sistema è quello della gestione dei rifiuti (Art. 177, c.amb.), secondo la seguente scala di prevalenza *a)* prevenzione; *b)* preparazione per il riutilizzo; *c)* riciclaggio; *d)* recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia; *e)* smaltimento, concepito come extrema ratio.

La pianificazione in materia di rifiuti si articola su vari livelli:

- Programma nazionale di prevenzione dei rifiuti da adottarsi da parte del Ministero dell'Ambiente entro il 12.12.2013 (Art. 180 commi 1bis, ss, c.amb.).
- Piani regionali di gestione dei rifiuti (PRGR) adottati con la procedura prevista all'Art. 199, c.amb., individuano le linee guida per il raggiungimento degli obiettivi di qualità, e, soprattutto, **per la localizzazione degli impianti di recupero e smaltimento dei rifiuti**, dettando anche gli indirizzi per consentire alle Province, in sede di predisposizione del Piano provinciale territoriale di coordinamento (PPTC), di localizzare le aree in cui non possono essere realizzati impianti.
- Piani provinciali di gestione dei rifiuti: adottati secondo le procedure dettate dalle varie norme regionali, costituiscono il livello di pianificazione inferiore.
- Nelle aree amministrative di riferimento risultano adottati i seguenti strumenti di pianificazione:
 - **Regione Toscana**: Piano Regionale dei rifiuti speciali anche pericolosi: Delibera Consiglio Regionale n. 384 del 21.12.1999.
 - **Provincia di Livorno**: Piano provinciale dei rifiuti speciali anche pericolosi: Delibera Consiglio Provinciale n. 51 del 25.3.2004.
 - **Regione Liguria**: Piano di Gestione dei Rifiuti. Delibera Consiglio Regionale n. 17 del 29.2.2000.
 - **Regione Sardegna**: Piano Regionale per la Gestione dei Rifiuti. Delibera Giunta n. 73/7 del 20.12.2008.

14

Obiettivi di qualità e pianificazione in materia di tutela delle acque

Fonti:

- **Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000** che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.): Artt. 55-72; 76-79; 80-90; 116-123; Allegati parte terza nn. 1; 2; 4; 11.
- **L. 18 maggio 1989, n. 183**: Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo: continuano ad applicarsi le norme sulle modalità di adozione dei piani di bacino ove non sostituite da nuove.
- **LR Toscana 31 maggio 2006 n. 20**: *Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento*: Capo IV; ed il suo **Regolamento di attuazione 8 settembre 2008, n. 46/R**.
- **LR Liguria 16 agosto 1995 n. 43** *Norme in materia di valorizzazione delle risorse idriche e di tutela delle acque dall'inquinamento*. Art. 2;
- **LR Liguria 21 giugno 1999 n. 18**: *Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia*. Artt. 81-89
- **LR Sardegna 19 luglio 2000 n. 14**. *Attuazione del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, sulla tutela delle acque dall'inquinamento, modifica alle leggi regionali 21 settembre 1993, n. 46 e 29 luglio 1998, n. 23 e disposizioni varie*. Art. 2.

15

Gli obiettivi di qualità da perseguire nella tutela delle acque, che costituiscono il parametro essenziale per enti e operatori, sono indicati agli Artt. 76-79 e all'allegato 1 alla parte III del Codice dell'Ambiente. e sono raggiunti mediante le previsioni di attuazione dei piani di tutela delle acque, articolati a loro volta su vari livelli:

- i **piani di bacino** sono attuati mediante programmi triennali di intervento (Art. 69, ss. c.amb.) ed sono articolati in **piani di gestione** (Art. 117, c.amb.). Ulteriore specificazione settoriale è data dai **piani di tutela acque** (Art. 121), che sono attuati a livello regionale dai **programmi di misura** (Art. 116). Piani di bacino, di gestione e di tutela acque sono adottati dalle Autorità di Bacino sulla base delle rilevazioni eseguite dalle Regioni.
- L'**Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca nell'Ambiente (ISPRA)**, istituito nel 2008, nel quale sono confluiti l'ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) e l'ICRAM (Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica applicata al Mare), istituisce la rete nazionale integrata di sorveglianza.

Nelle aree amministrative di riferimento risultano adottati i seguenti strumenti di pianificazione:

- **Toscana**: Piano Regionale per la Tutela delle Acque: delibera di Consiglio Regionale n. 6 del 25 gennaio 2005.

- **Liguria:** Piano Regionale di Tutela delle Acque, aggiornato da ultimo con Delibera di Giunta Regionale n. 1037 del 28 maggio 2010.
- **Sardegna:** Piano Regionale per la Tutela delle Acque: delibera di giunta Regionale n. 14/16 del 4 aprile 2006.

Da ultimo, si ricorda che l'operatore dovrà comunque rispettare gli strumenti di pianificazione urbanistica, regolati dalle normative regionali (LR Toscana 1-2005; LR Liguria 36-1997; LR Sardegna 45-1989), e segnatamente:

- a livello regionale: in **Toscana** il Piano di Indirizzo Territoriale (PIT); in **Liguria**, il Piano Territoriale Regionale (PTR); in **Sardegna**, il Piano Territoriale Paesistico (PTP).
- a livello provinciale: in **Toscana e Liguria** il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP); in **Sardegna**, il Piano Urbanistico Provinciale (PUP).
- a livello comunale: in **Toscana** il Piano Strutturale, composto dal Piano Regolatore Generale e il Regolamento Urbanistico; in **Liguria e Sardegna**, il Piano Urbanistico Comunale (PUC).

16

In **Liguria** è altresì previsto il Piano Territoriale di Coordinamento della Costa (Art. 76, LR 36-1997); in **Toscana**, il Piano Regionale di Gestione Integrata della Costa. A livello comunale sono poi previsti piani particolareggiati per gli insediamenti produttivi, e, nelle aree portuali, il Piano Regolatore Portuale previsto dall'Art. 5 della legge quadro sui porti, L. 84-1994.

1.1.2. La caratterizzazione del sedimento

Fonti:

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.): Artt. 74-78-octies; 186; titolo V; Allegato 1 alla parte terza e Allegato 2 alla parte quinta.
- **DM 24 gennaio 1996.** *Direttive inerenti le attività istruttorie per il rilascio delle autorizzazioni di cui all'Art. 11 della legge 10 maggio 1976, n. 319, e successive modifiche ed integrazioni, relative allo scarico nelle acque del mare o in ambienti ad esso contigui, di materiali provenienti da escavo di fondali di ambienti marini o salmastri o di terreni litoranei emersi, nonché da ogni altra movimentazione di sedimenti in ambiente marino.* Allegati B1 e B2.

La produzione normativa in materia di caratterizzazione dei sedimenti è limitata alla fonte statale. Il 22 dicembre 2010 è entrato in vigore il D.Lgs. 12 dicembre 2010 n. 219, di attuazione della direttiva CE 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, che ha modificato la parte terza del Codice dell'Ambiente, dedicata alla tutela delle acque. Tra le varie modifiche, particolarmente rilevante è l'abrogazione del DM 6 novembre 2003 n. 367, che indicava le modalità per il campionamento e le analisi in caso di movimentazione di sedimenti marini.

A seguito della novella (Art. 78-quinquies, c.amb.), i valori di riferimento per la caratterizzazione dei sedimenti sono ricompresi nell'allegato 1 alla parte terza del Codice. I valori per la qualificazione del sedimento successivamente al trattamento sono ricompresi nell'Allegato 2 alla parte quinta del Codice dell'Ambiente (v. *infra*. § 1.9).

In assenza di disposizioni legislative e regolamentari riguardanti le modalità di caratterizzazione, si fa riferimento al **Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini** redatto da APAT e ICRAM (cd. "Manuale ICRAM") nel maggio 2008.

17

1.1.3. Il procedimento di autorizzazione per la movimentazione di sedimenti marini ed il loro ricollocamento

Movimentazione e asporto dei sedimenti marini

Fonti:

- **Codice della navigazione:** Artt. 28-55
- **Regolamento di attuazione del codice della navigazione per la navigazione marittima:** Artt. 5-58.
- **D.Lgs. 31 maggio 1998 n. 112.** *Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della L. 15 marzo 1997, n. 59.* Art. 105 e 106.
- **D.P.C.M. 21 dicembre 1995.** *Identificazione delle aree demaniali marittime escluse della delega alle regioni ai sensi dell'Art. 59 del D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616.*
- **LR Toscana 10 dicembre 1998, n. 88:** *Attribuzione agli enti locali e disciplina generale delle funzioni amministrative e dei compiti in materia di urbanistica e pianificazione territoriale,*

protezione della natura e dell'ambiente, tutela dell'ambiente dagli inquinamenti e gestione dei rifiuti, risorse idriche e difesa del suolo, energia e risorse geotermiche, opere pubbliche, viabilità e trasporti conferite alla Regione dal decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 . Art. 27.

- **LR Liguria 28 aprile 1999 n. 13.** *Disciplina delle funzioni in materia di difesa della costa, ripascimento degli arenili, protezione e osservazione dell'ambiente marino e costiero, demanio marittimo e porti.* Art. 10.
- **LR Sardegna 2 giugno 2006 n. 9.** *Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali.* Art. 41.

Il Codice dell'Ambiente non contiene alcuna disciplina sulle procedure autorizzative per la movimentazione dei sedimenti marini; si tratta infatti di un'attività che rientra nel più vasto campo delle "opere portuali o marittime", per eseguire le quali è sempre necessario un provvedimento abilitativo **da parte dell'autorità titolare** delle funzioni in materia di demanio marittimo (Artt. 28-55 del codice della navigazione).

18

L'autorità attualmente competente in materia di demanio marittimo è in tutte le aree amministrative di riferimento il Comune, dopo che il D.Lgs. 112-1998 ha attribuito i relativi poteri alle Regioni e, per quanto riguarda le aree amministrative di riferimento, queste le hanno conferite agli enti locali.

Come tutte le attività a potenziale incidenza sull'ambiente, anche la movimentazione di sedimenti può richiedere il previo espletamento della Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), su cui v. *infra*, § 1.8.

Quanto alle modalità di esecuzione, alcuni enti locali si sono dotati di apposite linee-guida. Tra le aree amministrative di interesse, solo la Provincia di Livorno, con il **Regolamento provinciale** per la gestione dei procedimenti in materia di movimentazione dei sedimenti marini n. 62 del 15.04.2009. In Sardegna, per contro, le amministrazioni fanno espresso riferimento al **Manuale ICRAM**.

Recupero diretto tramite immersione in mare o in ambiente costiero.

Fonti:

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.): Artt. 73-75; 83-90; 109; 185 comma 3.
- **D.Lgs. 31 marzo 1998, n. 112.** *Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della L. 15 marzo 1997, n. 59.* Art. 70.
- **L. 9 dicembre 1998 n. 426** *Nuovi interventi in campo ambientale.* Art. 1.

- **DM 18 settembre 2001 n. 468** *Regolamento recante: «Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale».*
- **L. 28 gennaio 1994 n. 84.** *Riordino della legislazione in materia portuale.* Art. 5, commi da 11bis a 11sexies.
- **L. 31 luglio 2002 n. 179.** *Disposizioni in materia ambientale.* Art. 21.
- **DM 24 gennaio 1996:** *Direttive inerenti le attività istruttorie per il rilascio delle autorizzazioni di cui all'Art. 11 della legge 10 maggio 1976, n. 319, e successive modifiche ed integrazioni, relative allo scarico nelle acque del mare o in ambienti ad esso contigui, di materiali provenienti da escavo di fondali di ambienti marini o salmastri o di terreni litoranei emersi, nonché da ogni altra movimentazione di sedimenti in ambiente marino.* (vigente in attesa dell'approvazione del DM previsto dall'Art. 109, c.amb.)
- **LR Toscana 10 dicembre 1998 n. 88:** *Attribuzione agli enti locali e disciplina generale delle funzioni amministrative e dei compiti in materia di urbanistica e pianificazione territoriale, protezione della natura e dell'ambiente, tutela dell'ambiente dagli inquinamenti e gestione dei rifiuti, risorse idriche e difesa del suolo, energia e risorse geotermiche, opere pubbliche, viabilità e trasporti conferite alla Regione dal decreto legislativo 31 marzo 1998 n. 112.* Artt. 4 e 20 (come modificato dalla LR Toscana 4 aprile 2003 n. 19).
- **LR Liguria 21 ottobre 2006 n. 30:** *Disposizioni urgenti in materia ambientale.* Art. 5.
- **Regolamento Liguria 18 giugno 2007, n. 3:** *Regolamento di attuazione dell'Art. 5, comma 2 della legge regionale 31 ottobre 2006, n. 30 (disposizioni urgenti in materia ambientale), recante norme per il rilascio dell'autorizzazione all'immersione in mare di materiali ed attività di posa in mare di cavi e condotte ai sensi dell'Art. 109 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 (norme in materia ambientale).*
- **Deliberazione della Giunta regionale n. 456 del 5 maggio 2004:** *L.R. 13/99 Art. 2, c.5. Approvazione linee guida relative ai controlli tecnici sulla realizzazione delle attività di immersione in mare di materiali di cui all'Art. 35 del D.Lgs. 152/99*
- **Delibera Giunta Regionale Liguria n. 955 del 15.9.2006:** *criteri per il riutilizzo di materiale dragato da fondali portuali ai fini di riempimento in ambito costiero.*
- **Deliberazione della Giunta regionale n. 1533 del 2 dicembre 2005** *L.R. n. 18/99 Art. 2, c.1 lett. g) e L.R. n. 38/98 Art. 16 c.1 - Approvazione "Criteri diretti a salvaguardare l'habitat naturale prioritario prateria di Posidonia oceanica"*
- **LR Sardegna 12 giugno 2006 n. 9,** Art. 51 come modificato dall'Art. 15 comma 12, LR Sardegna 29 maggio 2007 n. 2.

L'Art. 109, c.amb. che riproduce il previgente Art. 35 del D.Lgs. 152-1999 costituisce la norma-base sulla procedura per l'immersione deliberata in mare da navi ovvero aeromobili e da strutture ubicate nelle acque del mare o in ambiti ad esso contigui, quali spiagge, lagune e stagni salmastri e terrapieni costieri, dei materiali seguenti:

- a) materiali di escavo di fondali marini o salmastri o di terreni litoranei emersi, purché sia dimostrata l'impossibilità tecnica o economica del loro utilizzo ai fini di ripascimento o di recupero oppure del loro smaltimento alternativo
- b) inerti, materiali geologici inorganici e manufatti al solo fine di utilizzo, ove ne sia dimostrata la compatibilità e l'innocuità ambientale, previa autorizzazione dell'Autorità competente.

Autorità competente al rilascio dell'autorizzazione e procedura da seguire non sono indicate in un testo normativo unico. Quest'ultima è delineata, in estrema sintesi, dall'Art. 21, l. 179-2002 e soprattutto dal DM 24-1-1996, in attesa che sia adottato uno specifico nuovo regolamento previsto dall'Art. 109 del Codice dell'Ambiente. Le normative di Toscana e Sardegna vi si rifanno, oltre a rinviare ai dei manuali rilasciati da organismi ministeriali tecnici (ICRAM), mentre la Regione Liguria ha adottato apposite linee guida (DGR 955-2006) e uno specifico Regolamento (n. 3-2007).

20

L'autorità competente è diversa a seconda degli ambiti locali esaminati:

- In Toscana è la Provincia territorialmente competente.
- In Liguria è la Regione: la legge regionale 13-1999 che attribuisce funzioni agli enti locali in materia di acque non si occupa di questa procedura; la competenza regionale è stata poi ribadita dalla LR 30-2006.
- In Sardegna è la Provincia territorialmente competente.

All'autorità competente sono affidati i compiti di controllo, potendo inoltre servirsi anche delle strutture della Capitaneria di Porto, dell'Azienda Sanitaria Locale, e soprattutto, delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPAL).

I **siti di interesse nazionale** (SIN), originariamente previsti dalla L. 426-1998 e dal DM 468-2001, sono aree del territorio nazionale definite in relazione alle caratteristiche del sito, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, all'impatto sull'ambiente circostante in termini di rischio sanitario ed ecologico e di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali. Limitatamente ad essi è prevista una procedura in deroga, molto semplificata, per i dragaggi previsti nell'ambito di operazioni di bonifica. L'Art. 5, commi

11ter e 11quater della l. 84-1994 consente infatti, salve le competenze regionali in materia, la reimmissione del materiale dragato o il ripascimento dietro autorizzazione del Ministero dell'Ambiente che vi provvede contestualmente all'approvazione del progetto di dragaggio e bonifica.

I materiali possono essere utilizzati anche per il ripascimento degli arenili previa autorizzazione dell'Autorità competente a seconda della Regione.

Inoltre, 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 possono essere confluiti in **vasche di colmata costiere** dietro approvazione del progetto da parte del Ministero delle Infrastrutture e del Ministero dell'Ambiente.

Ripascimento (peculiarità)

21

Fonti:

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.): Art. 183, comma 1; 184bis; 184ter; 185 comma 3

L'ultima modifica della parte terza del Codice dell'Ambiente (D.Lgs. 219-2010) ha introdotto una specifica norma relativa al rinascimento (Art. 185 comma 3): *«fatti salvi gli obblighi derivanti dalle normative comunitarie specifiche, sono esclusi dall'ambito di applicazione della Parte Quarta del presente decreto i sedimenti spostati all'interno di acque superficiali ai fini della gestione delle acque e dei corsi d'acqua o della prevenzione di inondazioni o della riduzione degli effetti di inondazioni o siccità o ripristino dei suoli se è provato che i sedimenti non sono pericolosi ai sensi della decisione 2000/532/CE della Commissione del 3 maggio 2000, e successive modificazioni»*

1.1.4. L'attività di dragaggio dei sedimenti marini

Fonti:

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.): Art. 252.
- **L. 28 gennaio 1994 n. 84**. Riordino della legislazione in materia portuale. Art. 3; Art. 5 commi da 11bis a 11sexies; 14;

- D.Lgs. 15 marzo 2010 n. 66. Codice dell'ordinamento militare: Art. 134 e 135;
- D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81: *Attuazione dell'Art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.*
- **Decreto Ministero dell'Ambiente 7 novembre 2008.** *Disciplina delle operazioni di dragaggio nei siti di bonifica di interesse Nazionale. ai sensi dell'Art.1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n. 296*

Chi esegue operazioni di dragaggio all'interno di porti turistici deve ovviamente rispettare la normativa a tutela della sicurezza del lavoro, della sicurezza nei cantieri, e della sicurezza in mare. Il controllo su quest'ultimo aspetto spetta alla Capitaneria di Porto competente, che può emanare **ordinanze prescrittive speciali** ove riscontri profili di rischio.

Non vi sono norme tecniche adottate a livello statale né regionale per la disciplina dell'attività di dragaggio, ad eccezione che **per i siti di interesse nazionale** (DM 7-11-2008). In quest'ultimo caso, è necessario che le operazioni di dragaggio si coordinino con attività di bonifica e che il progetto di dragaggio sia presentato dall'Autorità Portuale territorialmente competente o dall'ente competente per il progetto al Ministero delle Infrastrutture, adottato e trasmesso al Ministero per l'Ambiente per l'approvazione.

22

Per quanto riguarda i siti non di interesse nazionale, gli operatori possono fare riferimento al già citato **Manuale ICRAM** per la movimentazione dei sedimenti marini, ed altresì alle **"Linee Guida per le problematiche connesse alle attività di dragaggio nei porti e di possibilità e modalità di riutilizzo dei materiali dragati"** del 28.5.2008 redatto a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

1.1.5. La gestione dei rifiuti provenienti dalle attività di dragaggio

Definizione e catalogazione del rifiuto.

Fonti:

- **Direttiva 2008/98/CE** del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 in materia di rifiuti.

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb), parte IV, Artt. 181-bis; 183-191; Allegati D, G, H e I alla parte quarta.
- **DM 5 febbraio 1998** *Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli Artt. 31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22* (in vigore nelle more dell'adozione del DM richiamato all'Art. 181bis, comma 2, c.amb.).
- **DM 12 giugno 2002 n. 161**: *Regolamento attuativo degli Artt. 31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate* (in vigore nelle more dell'adozione del DM richiamato all'Art. 181bis, comma 2, c.amb.).
- **Circolare del Ministero dell'ambiente 28 giugno 1999**, prot. n 3402/V/MIN (in vigore nelle more dell'adozione del DM richiamato all'Art. 181bis, comma 2, c.amb.).
- **LR Toscana 18 maggio 1998, n. 25**: *Norme per la gestione dei rifiuti e per la bonifica dei siti inquinati*.

23

Con l'ultima modifica alla parte quarta del Codice dell'Ambiente (D.Lgs. 205-2010) è **rifiuto** qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o abbia l'obbligo di disfarsi (Art. 183, c.amb.).

I rifiuti si classificano in (Art. 184, c.amb.): rifiuti urbani e rifiuti speciali, rifiuti pericolosi e non pericolosi. I rifiuti sono pericolosi per caratteristiche o sostanze contenute quando queste corrispondono ai valori indicati agli Allegati G; H ed I alla parte quarta del Codice dell'Ambiente.

Ad ogni tipologia di rifiuto è attribuito un **codice identificativo europeo (CER)**, l'elenco dei quali è contenuto nell'allegato D al codice.

Per l'attività in esame vengono in considerazione i seguenti codici CER:

- 170505* fanghi di dragaggio, contenente sostanze pericolose;
- 170506: fanghi di dragaggio, diversa da quella di cui alla voce 170505.

Fino alla novella del dicembre 2010 vi era la definizione di "**materia prima secondaria**" (Art. 181bis, c.amb.), espunta dal Codice e sostituita da quella di "**sottoprodotto**" (Art. 184bis, c.amb.): qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;

- b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;
- c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

L'Art. 184ter infine riporta le condizioni affinché una sostanza cessi di essere rifiuto una volta sottoposta a un'operazione di recupero, incluso il riciclaggio e la preparazione per il riutilizzo.

Il sistema di tracciabilità del rifiuto

24

Fonti:

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.): Artt. 177; 188; 188bis; 188ter; 189, 190; 193; Allegato 6.
- **Legge 27 dicembre 2006, n. 296**: legge finanziaria 2007. Art. 1, comma 1116.
- **L. 25 gennaio 1994 n. 70**: *Norme per la semplificazione degli adempimenti in materia ambientale, sanitaria e di sicurezza pubblica, nonché per l'attuazione del sistema di ecogestione e di audit ambientale.*
- **DM 1 aprile 1998 n. 148**: *Regolamento recante l'approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli Artt. 12, 18 comma 2 lettera m) e 18 comma 4 del D.Lgs. 5 febbraio 1997 n. 22*, con relativa circolare esplicativa ministeriale del 4.8.1998.
- **DM 1 aprile 1998 n. 145**: *Regolamento recante l'approvazione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento ai sensi degli Artt. 12, 18 comma 2 lettera m) e 18 comma 4 del D.Lgs. 5 febbraio 1997 n. 22* con relativa circolare esplicativa ministeriale del 4.8.1998.
- **DM 2 maggio 2006**: *Approvazione dei modelli di registro di carico e scarico dei rifiuti, ai sensi dell'Art. 195, commi 2, lettera n), e 4, del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152.*
- **DM 17 dicembre 2009**, *Istituzione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRI), modificato da ultimo dal DM 22 dicembre 2010* (cd. "V decreto SISTRI").

Il rispetto del sistema di tracciabilità del rifiuto, di derivazione comunitaria, è obbligatorio, ed è volto a garantire il costante monitoraggio del rifiuto in tutto il suo ciclo vitale, dalla produzione, al trasporto, al recupero o smaltimento, per soddisfare evidenti esigenze di trasparenza.

Attualmente in Italia vi è una fase di passaggio da un regime introdotto negli anni 90, ad un regime informatizzato – denominato “**sistema integrato di tracciabilità dei rifiuti (SISTRI)**” (Art. 188bis e 188ter, c.amb.) – la cui entrata a regime è prevista per giugno 2011.

Il regime attuale prevede i seguenti adempimenti:

- Obbligo, per chiunque effettui attività di raccolta o trasporto rifiuti, nonché per chi li produca, di effettuare la comunicazione annuale al Catasto Rifiuti (Art. 189, c.amb.), secondo le modalità previste dalla l. 70-1994 (cd. “**MUD - Modello Unico di Dichiarazione**”).
- Obbligo, per i soggetti tenuti alla comunicazione al Catasto, di tenere un **registro di carico e scarico** (Art. 190, c.amb.) su cui devono annotare le informazioni sulle caratteristiche qualitative e quantitative dei rifiuti, da utilizzare ai fini della comunicazione annuale al Catasto. Le modalità di tenuta dei registri sono indicate nell’Allegato 6 e nel DM 2 maggio 2006.
- Obbligo, di chiunque eserciti attività di trasporto di rifiuti, di predisporre un **formulario di identificazione del rifiuto (FIR)** su cui debbono essere riportati i dati identificati di quest’ultimo, e dei soggetti coinvolti nel trasporto (Art. 193, c.amb.).

25

Controlli e sanzioni

Fonti:

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.): Artt. 197; 258; 260bis e 260-ter.
- **DM 17 dicembre 2009**, *Istituzione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRI)*.
- **Regolamento 25 febbraio 2004, n. 14/R** *Regolamento regionale di attuazione ai sensi della lettera e), comma 1, dell' Art. 5 della legge regionale 18 maggio 1998, n. 25 (Norme per la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti inquinati), contenente norme tecniche e procedurali per*

l'esercizio delle funzioni amministrative e di controllo attribuite agli enti locali nelle materie della gestione dei rifiuti e delle bonifiche. Artt. 17-19.

- **Codice penale**, Art. 483.

La competenza in materia di controllo e irrogazione delle sanzioni è affidata alla **Provincia** nel cui territorio è stata eseguita la violazione, che si affida, di norma, alle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA).

Il controllo sui dati rilevati dal SISTRI è effettuato dal Comando Carabinieri per la Tutela dell'Ambiente

Le sanzioni penali e amministrative sono elencate agli Artt. 258, 260-bis e 260-ter del c.amb., nonché nell'Art. 483 del codice penale.

26

1.1.6. Il trasporto del materiale dragato

Fonti:

- **Regolamento CE 1013/2006 del 14 giugno 2006** relativo alle spedizioni di rifiuti.
- **Regolamento CE n. 1272/2008 del 16 dicembre 2008**, *relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e che reca modifica al regolamento (CE) n. 1907/2006.*
- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.): Artt. 193 – 196; 212; 217-226.
- **D.Lgs. 3 febbraio 1997 n. 52**. *Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose.*
- **D.P.R. 6 giugno 2005 n. 134** *Regolamento recante disciplina per le navi mercantili dei requisiti per l'imbarco, il trasporto e lo sbarco di merci pericolose.*
- **DM 28 aprile 1998, n. 406** *Regolamento recante norme di attuazione di direttive dell'Unione europea, avente ad oggetto la disciplina dell'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti* (in vigore fino dell'adozione del DM previsto dall'Art. 212, comma 15, c.amb.).

- **D.M. 28 febbraio 2006** *Recepimento della direttiva 2004/73/CE recante XXIX adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose.*
- **D.M. 28 aprile 1997** *Attuazione dell'Art. 37, commi 1 e 2, del D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose.*
- **D.M. 3 settembre 1998, n. 370** *Regolamento recante norme concernenti le modalità di prestazione della garanzia finanziaria per il trasporto transfrontaliero di rifiuti. (in vigore fino all'approvazione del nuovo regolamento attuativo previsto dall'Art. 194, c.amb.).*
- **Decr. Com. Generale Capitanerie di Porto 21 marzo 2006 n. 278/2006** *Procedure per il rilascio dell'autorizzazione all'imbarco e trasporto marittimo e per il nulla osta allo sbarco e al reimbarco su altre navi (transshipment) delle merci pericolose.*
- **LR Toscana 18 maggio 1998, n. 25:** *Norme per la gestione dei rifiuti e per la bonifica dei siti inquinati. Art. 6.*
- **LR Liguria 21 giugno 1999 n. 18:** *Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia. Art. 46.*
- **LR Sardegna 2 giugno 2006 n. 9.** *Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali. Art. 59.*

27

Chiunque effettui trasporto di rifiuti è tenuto **all'iscrizione all'Albo Gestori Ambientali** previsto dall'Art. 212 del Codice dell'Ambiente (v. *infra*, § 1.8).

Durante la raccolta ed il trasporto i rifiuti pericolosi devono essere imballati ed etichettati in conformità alle norme vigenti in materia di imballaggio e etichettatura delle sostanze pericolose (Reg. CE 1272/2008; Artt. 217 – 226, c.amb.; D.Lgs. 52-1997, e successive modifiche e attuazioni).

Le spedizioni transfrontaliere sono disciplinate dal Regolamento 1013-2006 – oltre che dal relativo regolamento interno di attuazione (DM 370-1998) – che prevede due procedure distinte:

- la procedura detta dell'«elenco verde» si applica ai rifiuti non pericolosi destinati ad essere recuperati;
- la procedura di notifica si applica alle spedizioni di tutti i rifiuti destinati ad essere smaltiti e ai rifiuti pericolosi destinati ad essere recuperati.

La procedura di notifica impone alle autorità competenti dei paesi interessati dalla spedizione (paesi di partenza, paesi in cui transitano i rifiuti e paesi di destinazione) di rilasciare un'autorizzazione prima che abbia luogo qualsiasi spedizione.

L'Art. 196 del Codice dell'Ambiente individua le Regioni come «autorità di spedizione e destinazione» ai sensi del Regolamento 1013-2006. Queste ultime hanno poi attribuito le funzioni amministrative alle **Province** in base alle disposizioni generali (LR Toscana 25-1998; LR Liguria 18-1999; LR Sardegna 9-2006).

Il **trasporto via mare** di rifiuti è regolato in via transitoria dall'Art. 265 comma 2, c.amb., secondo il quale *«in attesa delle specifiche norme regolamentari e tecniche in materia di trasporto dei rifiuti i rifiuti sono assimilati alle merci per quanto concerne il regime normativo in materia di trasporti via mare e la disciplina delle operazioni di carico, scarico, trasbordo, deposito e maneggio in aree portuali. In particolare i rifiuti pericolosi sono assimilati alle merci pericolose»*.

I controlli sono curati dalle sezioni regionali dell'Albo, dalle Province, avvalendosi delle ARPA.

L'Art. 256, c.amb. prevede le sanzioni anche penali per chi effettua attività di trasporto non autorizzata, parificata a qualsiasi altra attività di gestione dei rifiuti. A livello comunitario il regime sanzionatorio per le spedizioni transfrontaliere è delegato agli Stati Membri, ai sensi dell'Art. 50 del Regolamento 1013-2006.

28

1.1.7. Il recupero dei materiali di dragaggio e le procedure semplificate per il recupero

Fonti:

- **Regolamento 14 giugno 2006, n. 1013/2006/Ce** relativo alle spedizioni di rifiuti. Allegato III – “lista verde di rifiuti”
- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.): Art. 183; 197; 199; 212 commi 18-21; 214 – 216; Allegato C; colonne A e B, tabella I dell'Allegato 5 alla parte quarta.
- **DM 5 febbraio 1998** *Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli Artt. 31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22* (in vigore nelle more dell'adozione del DM richiamato all'Art. 181bis, comma 2, c.amb.).
- **L. 7 agosto 1990 n. 241**: *Norme sul procedimento amministrativo*. Artt. 19, 20, 21.
- **LR Toscana 18 maggio 1998, n. 25**: *Norme per la gestione dei rifiuti e per la bonifica dei siti inquinati*. Art. 6.
- **Regolamento 25 febbraio 2004, n. 14/R** *Regolamento regionale di attuazione ai sensi della lettera e), comma 1, dell' Art. 5 della legge regionale 18 maggio 1998, n. 25 (Norme per la*

gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti inquinati), contenente norme tecniche e procedurali per l'esercizio delle funzioni amministrative e di controllo attribuite agli enti locali nelle materie della gestione dei rifiuti e delle bonifiche. Art. 13; allegati 5, 5a.

- **LR Liguria 21 giugno 1999 n. 18:** *Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia. Art. 34.*
- **LR Liguria 21 ottobre 2006 n. 30:** *Disposizioni urgenti in materia ambientale. Art. 2.*
- **DGR Liguria 28 novembre 2008 n. 1567.** *Indirizzi operativi per lo svolgimento delle funzioni connesse alle procedure semplificate di autorizzazione alle attività di recupero di rifiuti non pericolosi e pericolosi di cui agli Artt. 214 e seguenti del d.lgs. 152/2006.*

In virtù del principio di derivazione comunitaria secondo cui lo smaltimento costituisce l'ultima possibilità possibile per il trattamento dei rifiuti, questi ultimi debbono essere avviati con preferenza al recupero. È recupero «*qualsiasi operazione il cui principale risultato sia di permettere ai rifiuti di svolgere un ruolo utile, sostituendo altri materiali che sarebbero stati altrimenti utilizzati per assolvere una particolare funzione o di prepararli ad assolvere tale funzione, all'interno dell'impianto o nell'economia in generale*». L'allegato C della parte IV del Codice riporta un elenco non esaustivo di operazioni di recupero.

29

Trattamento/recupero in forma semplificata

Per alcuni rifiuti, espressamente individuati nella cd. "lista verde" (Allegato III al Regolamento CE 1013-2006), è consentito il recupero attraverso un iter abilitativo semplificato rispetto a quello ordinariamente previsto per le attività di recupero standard (su cui v. *infra*, § 1.8 e 1.9). Per quanto concerne il rifiuto "fanghi di dragaggio" poiché contemplato nella lista verde solo ove non sia contaminato da cloruri, possono essere avviati alla procedura semplificata di recupero i soli fanghi provenienti da aree portuali di acqua dolce.

Gli impianti per il recupero di rifiuti attraverso le procedure semplificate devono essere contemplati nel Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti, tranne che in caso di apposito accordo di programma stipulato con il Ministero dell'ambiente, il Ministero per le attività produttive, e la Regione, e alle condizioni previste dall'Art. 199 comma 12, c.amb.

La costruzione degli impianti di recupero per rifiuti ammessi alle procedure semplificate è comunque sottoposta alle normative ordinarie anti-inquinamento. Se nello stesso impianto si esercitano attività non soggette ad autorizzazione semplificata servono le autorizzazioni ordinarie.

La procedura per l'autorizzazione degli impianti è delineata dall'Art. 214 e 216, c.amb. La comunicazione da inviarsi ex Art. 216 è sostituita dall'AIA se presente (Art. 29quater, 213, c.amb., v. *infra*, § 1.8).

La procedura semplificata di autosmaltimento di recupero è delineata all'Art. 215, c.amb., e non contempla alcuna autorizzazione preventiva, potendo l'operatore intraprendere l'attività decorsi novanta giorni dalla presentazione di una dichiarazione di inizio attività (DIA) alla Provincia territorialmente competente, che iscrive l'impresa interessata in un apposito Registro.

La DIA deve essere rinnovata ogni cinque anni e, comunque, in caso di modifica sostanziale delle operazioni di autosmaltimento.

Le norme tecniche e il contenuto della domanda sono contenute nell'Art. 215, c.amb. e DM 5.2.1998 per i rifiuti non pericolosi.

30

Procedura non semplificata di recupero

- Per i rifiuti che non possono essere ammessi alle procedure semplificate si applica la procedura ordinaria.
- Per la disciplina sulle caratterizzazioni, v. *supra*, § 1.2.
- Per la disciplina sui titoli autorizzativi per gli impianti, v. *infra*, § 1.8 e 1.9.

Esito del materiale recuperato

Il sedimento trattato e recuperato può essere riutilizzato tramite immersione in mare – o in vasca di colmata – ovvero tramite ricollocazione diversa dall'ambiente marino (arginature, edilizia, profilati stradali). Per il primo aspetto si rinvia a *supra*, § 1.3, essendo il regime autorizzativo e amministrativo non differente da quello previsto per la riutilizzazione diretta.

Per il recupero diverso dalla riutilizzazione in mare è necessario sottoporre il materiale recuperato alle analisi previste dalle colonne A e B, tabella I dell'Allegato 5 alla parte quarta del Codice dell'Ambiente; l'utilizzo finale dipenderà dall'esito delle suddette analisi.

Ulteriori indicazioni tecniche sono previste nel **Manuale ICRAM** più volte citato.

Controlli e sanzioni.

I controlli in materia di procedure semplificate di recupero sono affidati alla provincia territorialmente competente (Art. 197, lettera c, c.amb.; Art. 6, LR Toscana 18 maggio 1998 n. 25; Reg. Toscana 25 febbraio 2004 n. 14/R, Artt. 17-19).

Per le sanzioni, previste in linea generale per l'attività di gestione dei rifiuti non sorretta da titolo abilitativo, si rinvia *infra* § 1.8 e 1.9.

31

- 1.1.8. Il procedimento autorizzativo degli impianti di recupero o smaltimento dei sedimenti di dragaggio

Albo Gestori Ambientali.

Fonti:

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.): Art. 212.
- **DM 28 aprile 1998, n. 406** *Regolamento recante norme di attuazione di direttive dell'Unione europea, avente ad oggetto la disciplina dell'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti* (in vigore fino dell'adozione del DM previsto dall'Art. 212, comma 15, c.amb.).

L'iscrizione all'Albo è requisito per lo svolgimento delle attività di raccolta e trasporto di rifiuti non pericolosi, di raccolta e trasporto di rifiuti pericolosi, di bonifica dei siti, di bonifica dei beni contenenti amianto, di commercio ed intermediazione dei rifiuti senza detenzione dei rifiuti stessi, nonché di

gestione di impianti di smaltimento e di recupero di titolarità di terzi e di gestione di impianti mobili di smaltimento e di recupero di rifiuti.

L'iscrizione ha durata quinquennale ed è rinnovabile previa procedura di rinnovo.

Impianti fissi sottoposti a autorizzazione integrata ambientale (AIA).

Fonti:

- **Direttiva 2008/1/CE 15 gennaio 2008** di riordino della disciplina della IPPC.
- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.), Artt. da 29bis a 29quatordecies ; Allegati VIII, IX, X, XI, XII. L'allegato XI si applica fino all'approvazione di un apposito DM.
- **D.Lgs. 29 giugno 2010 n. 128**, cd. "terzo correttivo".
- **DM 24 aprile 2004**: *Modalità, anche contabili, e tariffe da applicare in relazione alle istruttorie e ai controlli previsti in materia di AIA, in vigore fino all'approvazione di nuovo DM.*
- **DM 28 aprile 1998, n. 406** *Regolamento recante norme di attuazione di direttive dell'Unione europea, avente ad oggetto la disciplina dell'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti* (in vigore fino dell'adozione del DM previsto dall'Art. 212, comma 15, c.amb..
- **LR Toscana 22 dicembre 2003, n. 61**. *Modifiche alla legge regionale 18 maggio 1998, n. 25 (Norme per la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti inquinati) e norme per la gestione integrata dei rifiuti.* Artt. 1-4.
- **LR Liguria 21 giugno 1999 n. 18**: *Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia.* Art. 19.
- **LR Sardegna 11 maggio 2006 n. 4** *Disposizioni varie in materia di entrate, riqualificazioni della spesa, politiche sociali e di sviluppo.* Art. 22.

32

La Parte seconda del codice dell'ambiente costituisce attuazione della Direttiva 2008/1/CE 15 gennaio 2008 (*Integrated Pollution Prevention and Control*), già oggetto del D.Lgs. 18 febbraio 2005 n. 59, abrogato dal 2010 perché trasferito nel codice.

L'AIA è obbligatoria per i progetti di cui all'allegato VIII del codice (Art. 6, comma 13, c.amb.) e per le loro modifiche e integrazioni. L'autorità competente a rilasciare l'AIA è:

- Il **Ministero dell'Ambiente** per i progetti di cui all'allegato XII ("AIA statale")

- La Provincia del luogo in cui si svolge l'attività per gli altri progetti (cd. "AIA regionale"). L'Art. 7, c.amb. attribuisce la competenza alle Regioni; Toscana, Liguria e Sardegna, in sede di ripartizione delle competenze, hanno conferito tali funzioni alle Province.

Le linee guida sulla procedura sono indicate nell'Allegato XI alla parte I del Codice dell'Ambiente, in attesa dell'emanazione di un apposito decreto ministeriale attuativo. La procedura da seguire è indicata nel Codice dell'Ambiente e nelle normative regionali sopra indicate; l'autorizzazione ha durata quinquennale e sostituisce ad ogni effetto le autorizzazioni riportate nell'elenco dell'allegato IX, c.amb., e la comunicazione di cui all'Art. 216 in caso di procedura semplificata: ogni AIA deve contenere la lista delle autorizzazioni sostituite.

Impianti fissi non sottoposti ad AIA: regime di Autorizzazione Unica (titolo I, capo IV, c. amb.)

33

Fonti:

- D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 (c.amb.): Art. 196 ; 208-213; 267-281; Allegati alla parte quinta.
- LR Toscana 18 maggio 1998, n. 25: *Norme per la gestione dei rifiuti e per la bonifica dei siti inquinati*. Artt. 6, 21.
- DM 28 aprile 1998, n. 406 *Regolamento recante norme di attuazione di direttive dell'Unione europea, avente ad oggetto la disciplina dell'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti* (in vigore fino dell'adozione del DM previsto dall'Art. 212, comma 15, c.amb.).
- LR Sardegna 2 giugno 2006 n. 9. *Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali*. Art. 59.
- LR Liguria 21 giugno 1999 n. 18: *Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia*. Art. 19, 20, 24, 34; 64-69.
- Regolamento 25 febbraio 2004, n. 14/R *Regolamento regionale di attuazione ai sensi della lettera e), comma 1, dell' Art. 5 della legge regionale 18 maggio 1998, n. 25 (Norme per la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti inquinati), contenente norme tecniche e procedurali per*

l'esercizio delle funzioni amministrative e di controllo attribuite agli enti locali nelle materie della gestione dei rifiuti e delle bonifiche. Allegati 1, 2, 3.

Tutti gli impianti per i quali non è necessario ottenere l'AIA debbono essere autorizzati in regime di **Autorizzazione Unica**, che sostituisce a tutti gli effetti anche l'autorizzazione alle emissioni e l'autorizzazione agli scarichi.

Il Codice dell'Ambiente attribuisce alle Regioni la competenza istruttoria e amministrativa per le Autorizzazione Unica; Toscana, Liguria e Sardegna hanno affidato in linea generale le funzioni amministrative riguardanti la gestione dei rifiuti alle **Province**. (Art. 6, LR Toscana 18 maggio 1998 n. 25; Art. 59 LR Sardegna 12 giugno 2006 n. 9; Art. 19 LR Liguria 21 giugno 1999 n. 18).

La domanda deve contenere il progetto definitivo dell'impianto e la documentazione tecnica prevista per la realizzazione del progetto stesso dalle disposizioni vigenti in materia urbanistica, di tutela ambientale, di salute di sicurezza sul lavoro e di igiene pubblica; nonché la comunicazione del progetto all'autorità competente per la VIA.

34

La procedura è delineata dall'Art. 208 del c.amb. e dalle singole normative di rango legislativo e regolamentare regionale.

L'autorizzazione individua le condizioni e le prescrizioni; l'Art. 208, c.amb. ne individua i contenuti minimi; ha durata per un periodo di dieci anni ed è rinnovabile.

La Valutazione Ambientale Strategica (VAS)

Fonti:

- **Direttiva 2001/42/CE** del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 giugno 2001, concernente la valutazione degli impatti di determinati piani e programmi sull'ambiente (Direttiva VAS).
- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.), Artt. 5, 6, 7 e da 11 a 18. Allegati I, VI,
- **D.P.R. 14 maggio 2007 n. 90**: *Regolamento per il riordino degli organismi operanti presso il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.*
- **LR Toscana 12 febbraio 2010, n. 10**: *Norme in materia di valutazione ambientale strategica (VAS), di valutazione di impatto ambientale (VIA) e di valutazione di incidenza.* Titolo II
- **LR Liguria 28 aprile 2008 n. 10** *Disposizioni collegate alla legge finanziaria 2008.* Art. 46.

- LR Sardegna 2 giugno 2006 n. 9. *Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali*. Art. 48 e 49.
- DGR Sardegna 23 aprile 2008 n. 24/23: *Direttive per lo svolgimento delle procedure di valutazione di impatto ambientale e di valutazione ambientale strategica*.

Sono sottoposti a VAS i piani e i programmi che possono avere impatti significativi sull'ambiente e sul patrimonio culturale. La VAS può essere

- **statale** (Art. 7 comma 1, c.amb): per i piani e programmi di cui all'Art. 6, commi da 1 a 4, la cui approvazione compete ad organi dello Stato. L'autorità competente è il Ministero dell'Ambiente.
- **regionale** (Art. 7 comma 2, c.amb.): per i piani e programmi di cui all'Art. 6, commi da 1 a 4, la cui approvazione compete alle regioni e province autonome o agli enti locali. L'individuazione dell'autorità competente è demandata alle leggi regionali.
 - **TOSCANA:** (Titolo II della LR 10-2010) L'autorità competente è la stessa competente per l'approvazione dei piani e dei programmi sottoposti a VAS; gli Artt. da 21 a 33 disciplinano il procedimento, strutturato sulla falsariga di quello statale; l'Art. 29 regola il monitoraggio, affidato all'ARPAT. La Giunta è delegata all'approvazione di un regolamento attuativo, ancora non adottato.
 - **LIGURIA:** l'autorità competente è la Regione. Le linee guida da adottarsi con Delibera di Giunta ai sensi dell'Art. 46 della LR 10-2008 non sono state ancora approvate.
 - **SARDEGNA:** Secondo l'Art. 48 della LR 9-2006 sono di competenza della Regione le procedure di VAS relative ai piani e programmi di livello regionale o provinciale. Spetta alle Province la competenza sulla VAS per piani e programmi di livello comunale e sub-provinciale. Le direttive applicative sono state approvate con delibera di giunta n. 24/23 del 2008.

35

Norme procedurali generali per la VAS statale sono elencate agli Artt. da 9 a 17 del Codice dell'Ambiente.

La Valutazione di impatto ambientale (VIA)

Riferimenti normativi:

- **Direttiva 85/337/CEE del Consiglio del 27 giugno 1985**, concernente la valutazione di impatto ambientale (VIA) di determinati progetti pubblici e privati, come modificata ed integrata con la direttiva 97/11/CE del Consiglio del 3 marzo 1997 e con la direttiva 2003/35/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 maggio 2003.
- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.), Artt. 5, 6, 7 e da 20 a 28. Allegati II, III, IV, V, VII.
- **D.P.R. 14 maggio 2007 n. 90**: *Regolamento per il riordino degli organismi operanti presso il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.*
- LR Toscana 12 febbraio 2010, n. 10: *Norme in materia di valutazione ambientale strategica (VAS), di valutazione di impatto ambientale (VIA) e di valutazione di incidenza.* Titolo III; Allegati A1, A2, A3; B1, B2, B3.
- LR Liguria 30 dicembre 1998, n. 38. *Disciplina della valutazione di impatto ambientale.*
- LR Liguria 21 giugno 1999 n. 18. *Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia.* Art. 10.
- LR Sardegna 2 giugno 2006 n. 9. *Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali.* Art. 48 e 49.
- DGR Sardegna 23 aprile 2008 n. 24/23: *Direttive per lo svolgimento delle procedure di valutazione di impatto ambientale e di valutazione ambientale strategica.*

36

La VIA è il procedimento mediante il quale vengono preventivamente individuati gli effetti sull'ambiente di un progetto. La valutazione d'impatto ambientale, riguarda i progetti che possono avere impatti significativi e negativi sull'ambiente e sul patrimonio culturale. Sono sottoposti a VIA:

In ogni caso (Art. 20, comma 6, c.amb.):

- a) i progetti di cui agli allegati II (VIA statale) e III (VIA regionale) al Codice dell'Ambiente;
- b) i progetti di cui all'allegato IV al codice (VIA regionale) che ricadono, anche parzialmente, all'interno di aree naturali protette.

Solo ove «*si ritenga che possano produrre impatti significativi e negativi sull'ambiente*» (comma 7):

- a) i progetti elencati nell'allegato II che servono esclusivamente o essenzialmente per lo sviluppo ed il collaudo di nuovi metodi o prodotti e non sono utilizzati per più di due anni;
- b) le modifiche o estensioni dei progetti elencati nell'allegato II che possono avere impatti significativi e negativi sull'ambiente;
- c) i progetti elencati nell'allegato IV.

Per la VIA statale l'autorità competente è Ministero dell'Ambiente di concerto con il Ministro per i beni e le attività culturali (Art. 7 comma 5, c.amb.).

Per la VIA regionale, l'individuazione dell'autorità competente è demandata alle regioni: (Art. 7 comma 7, c.amb.).

– **TOSCANA.** Gli allegati alla legge su VAS e VIA (LR 10-2010) individuano le opere o impianti sottoposti a VIA regionale in ogni caso (Allegati A1, A2, A3) o a VIA previa verifica (Allegati B1, B2, B3). La Regione è l'autorità competente per le procedure relative ai progetti indicati nell'allegato A1; la Provincia è competente per la VIA su progetti compresi negli allegati A2 e B2 e sui progetti compresi negli allegati A3 e B3, la cui localizzazione interessa il territorio di due o più comuni. Gli altri progetti sono di competenza comunale, o degli Enti Parco, secondo quanto indicato dall'Art. 45.

Il procedimento è delineato dagli Artt. 48-63.

L'Art. 60 attribuisce all'autorità competente il potere di controllare, inibire ed eventualmente realizzare gli interventi necessari a spese dell'interessato.

L'Art. 65 prevede che la Giunta adotti un regolamento attuativo, ancora non emanato.

– **LIGURIA.** La LR 38-1998 – norma base regionale, più volte integrata nel testo e negli allegati – individua all'Art. 2 le opere sottoposte a VIA di competenza della Regione: di regola quelle ricomprese nell'Allegato 2, nonché, se ricorrono determinate condizioni, nell'Allegato 3. I Capi II e III riguardano rispettivamente la VIA su piani e programmi e la VIA su progetti. Il Capo IV delinea il procedimento.

– **SARDEGNA.** Secondo l'Art. 48 della LR 9-2006 è di competenza della Regione la VIA dei progetti, delle opere e interventi che interessano i territori di più province o che rivestono un interesse regionale sul piano ambientale, programmatico, economico e sociale. Spettano alle Province tutte le funzioni amministrative non ritenute di rilievo regionale e lo svolgimento della valutazione di impatto ambientale dei progetti, delle opere e interventi di valenza provinciale.

Le direttive applicative sono state approvate con delibera di giunta n. 24/23 del 2008.

La procedura della VIA statale è delineata dagli Artt. da 20 a 26, c.amb.

Qualora sia ipotizzabile un impatto ambientale transfrontaliero, il Ministero dell'Ambiente, di concerto con il Ministero degli Esteri attiva la procedura prevista dalla legge 640-1994 di ratifica della Convenzione di Espoo 1993, secondo le modalità previste dall'Art. 32, c.amb.

Il provvedimento di valutazione dell'impatto ambientale sostituisce o coordina tutte le autorizzazioni, intese, concessioni, licenze, pareri, nulla osta e assensi comunque denominati in materia ambientale, necessari per la realizzazione e l'esercizio dell'opera o dell'impianto.

Controlli e sanzioni.

L'**AIA** deve prevedere le modalità di comunicazione dei dati per l'esecuzione dei controlli. Per l'AIA statale i dati devono essere comunicati all'ISPRA, che esegue il controllo; per l'AIA regionale l'autorità preposta al controllo è l'ARPA.

Per la **VAS statale** (Art. 18, c.amb.), il monitoraggio è effettuato dalla **autorità procedente** in collaborazione con il Ministero dell'Ambiente anche avvalendosi delle ARPA e dell'ISPRA.

Per la **VIA statale** (Artt. 28 e 29 c.amb.) il monitoraggio è effettuato dalla **autorità competente** anche avvalendosi delle ARPA e dell'ISPRA.

Per le **VIA regionali** e per l'**Autorizzazione Unica** è l'autorità competente a curare i controlli, avvalendosi delle ARPA.

Le sanzioni penali e amministrative per violazioni in materia di **AIA** sono indicate all'Art.29-quaterdecies c.amb. Le suddette sanzioni sostituiscono tutte quelle delle eventuali discipline di settore.

Le sanzioni speciali, penali e amministrative per violazioni in materia di **VIA statale** sono indicate all'Art.29 c.amb.; dall'Art. 19 della LR Liguria 38-1998.

Le sanzioni speciali, penali e amministrative per violazioni in materia di **Autorizzazione Unica** sono indicate agli Artt. 256-258 c.amb.

Le sanzioni penali e amministrative per violazioni alla disciplina regionale toscana in materia di gestione dei rifiuti sono previste agli Artt. 30 e 30-bis della LR 25-1998.

Le sanzioni pecuniarie previste per la violazione delle norme in materia di tutela dell'aria nella Regione Liguria sono indicate all'Art. 70, LR Liguria 18-1999.

1.1.9. Le procedure di autorizzazione per gli impianti mobili di trattamento

Fonti:

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.): Artt. 208.
- **LR Toscana 18 maggio 1998, n. 25**: *Norme per la gestione dei rifiuti e per la bonifica dei siti inquinati*. Art. 6.
- **LR Sardegna 2 giugno 2006 n. 9**. *Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali*. Art. 59.
- **Regolamento 25 febbraio 2004, n. 14/R** *Regolamento regionale di attuazione ai sensi della lettera e), comma 1, dell' Art. 5 della legge regionale 18 maggio 1998, n. 25 (Norme per la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti inquinati), contenente norme tecniche e procedurali per l'esercizio delle funzioni amministrative e di controllo attribuite agli enti locali nelle materie della gestione dei rifiuti e delle bonifiche*. Art. 32.

39

Il Codice dell'Ambiente prevede che gli impianti mobili di smaltimento o di recupero sono autorizzati, in via definitiva, dalla regione ove l'interessato ha la sede legale o la società straniera proprietaria dell'impianto ha la sede di rappresentanza, potendo le normative regionali conferire le attribuzioni agli enti locali. In Toscana, Liguria e Sardegna le regioni hanno affidato in linea generale le funzioni amministrative riguardanti la gestione dei rifiuti alle province.

L'autorità competente al **rilascio** e al **controllo** è quindi la **Provincia** dove si trova la sede dell'operatore che intende realizzare un impianto mobile.

L'operatore ha l'obbligo di comunicare l'inizio dell'attività alla Regione almeno sessanta giorni prima dell'installazione. La comunicazione va corredata con l'autorizzazione, le specifiche dettagliate di intervento e l'iscrizione all'Albo Gestori Ambientali.

La provincia nel cui territorio si trova il sito prescelto può dettare prescrizioni o chiedere integrazioni.

Controlli e sanzioni sono disciplinati dalla normativa generale in materia di impianti (v. *supra*, § 1.8).

1.1.10. Il conferimento in discarica dei rifiuti provenienti dal dragaggio

Fonti:

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.): Art.182
- **D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36** *Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti.*
- **Decreto Ministero dell'Ambiente 27 settembre 2010.** *Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005.*
- **DGR Liguria 23 dicembre 2003 n. 1803:** *Primi indirizzi regionali per l'applicazione del decreto legislativo 13 gennaio 2003 n. 36 "Attuazione della Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti" e del decreto ministeriale 13 marzo 2003.*
- **DGR Liguria 16 novembre 2007 n. 1361** *Linee guida per le attività di trattamento sui rifiuti preliminari al conferimento in discarica. D.Lgs. 36/2003.*

40

La normativa nazionale quadro in materia di discariche, attuazione della direttiva CE 1999/31 è il D.Lgs. 36-2003, che definisce le tipologie di discarica (Artt. 2, 3; Allegato 1); indica gli obiettivi di minimizzazione dei conferimenti in discarica; elenca le tipologie di rifiuti non conferibili (Art. 6) e l'obbligo del previo trattamento (Art. 7).

Gli Artt. da 8 a 11 e l'Allegato 2 disciplinano le modalità di richiesta e rilascio dell'autorizzazione alla discarica. L'autorità competente è quella in linea generale per gli impianti di trattamento e smaltimento rifiuti.

Le sanzioni per le violazioni della normativa speciale, fatte salve quelle previste in linea generale per gli impianti di trattamento rifiuti sono previste all'Art. 16.

1.1.11. VARIE

Sorte delle acque di trattamento

Fonti:

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152** (c.amb.), modificato da ultimo dal D.Lgs. 10 dicembre 2010 n. 219: Artt. 73-75; 79; 101; 105; 108; 124-140; Allegato 5 alla parte terza.
- **D.Lgs. 30 maggio 2008 n. 116**: *Attuazione della direttiva 2006/7/CE relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione.*
- **LR Toscana 31 maggio 2006 n. 20**: *Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento* ed il suo Regolamento di attuazione 8 settembre 2008, n. 46/R: titolo II.
- **LR Liguria 16 agosto 1995 n. 43** *Norme in materia di valorizzazione delle risorse idriche e di tutela delle acque dall' inquinamento.* Artt. 3; 7-13; 22-27;
- **LR Sardegna 2 giugno 2006 n. 9**. *Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali.* Art. 51.
- **LR Sardegna 19 luglio 2000 n. 14**. *Attuazione del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, sulla tutela delle acque dall'inquinamento, modifica alle leggi regionali 21 settembre 1993, n. 46 e 29 luglio 1998, n. 23 e disposizioni varie.* Art. 3.
- **Deliberazione Giunta Regionale Sardegna n. 69/25 del 10.12.2008**: *Direttiva regionale in materia di "disciplina regionale degli scarichi".*

41

Il regime amministrativo della sorte delle acque risultanti dai processi di disidratazione dei fanghi di dragaggio è diversificato a seconda che l'impianto di trattamento dei fanghi sia fisso o mobile.

In caso di impianto fisso è l'AIA o l'Autorizzazione Unica che deve prevedere le modalità di scarico o riutilizzo delle acque di percolato. Qualora l'impianto sia mobile trova applicazione la normativa generale in materia di scarichi.

Tutti gli scarichi devono essere autorizzati e devono comunque rispettare i valori limite previsti nell'Allegato 5 alla parte terza del c.amb. Salvo diversa disciplina regionale – che non vi è nelle aree amministrative di riferimento – la domanda di autorizzazione non in pubblica fognatura è presentata alla Provincia, che provvede entro novanta giorni dalla ricezione della domanda

Le prescrizioni in materia di procedura sono contenute anche in fonti regionali.

- **Toscana**: nel titolo II del Regolamento n. 46-2008.

- **Liguria:** negli Artt. da 7 a 13 della LR 43-1995.
- **Sardegna:** Art. 3 LR 14-2000 e DGR 69/25

L'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione deve eseguire controlli periodici sulla base di un programma prestabilito, rilevamenti, ispezioni, formulare diffide, sospensioni e la revoca dell'autorizzazione. Può avvalersi del sistema delle ARPA. La Capitaneria di Porto è competente in linea generale per i rischi di contaminazione delle acque marine.

Ulteriori disposizioni sono previsti nelle normative regionali in tema di tutela delle acque dall'inquinamento.

- **Toscana:** La disciplina delle attività di controllo delle acque reflue si trova nell'Art. 3 del Regolamento Regionale: l'autorità preposta al controllo è la stessa titolare del potere autorizzativo: nel nostro caso la Provincia definisce, d'intesa con l'ARPAT, il programma di monitoraggio degli scarichi di propria competenza che l'ARPAT è tenuta ad attuare.
- **Liguria:** Per ogni tipologia di scarico, ai sensi dell'Art. 6 della LR 18-1999 l'ARPAL costituisce l'organo tecnico della pubblica amministrazione preposto al controllo tecnico ed al controllo dell'istruttoria necessaria al rilascio dell'autorizzazione.
- **Sardegna:** il controllo è demandato alla stessa autorità preposta al rilascio dell'autorizzazione (la Provincia: Art. 24 della Direttiva Regionale).

42

Le sanzioni amministrative pecuniarie per le violazioni in tema di tutela delle acque sono indicate all'Art. 135, c.amb. L'Autorità competente all'irrogazione è la Regione. Le singole normative regionali possono delegare la competenza agli enti locali. In Toscana l'Art. 22 della LR 20-2006: attribuisce competenza agli enti di amministrazione attiva.

Le sanzioni penali speciali sono indicate agli Artt. 138-140, c.amb.

Riutilizzo delle acque di ingegneria

Fonti:

- **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 (c.amb.): Art. 99.**

- **DM 12 giugno 2003 n. 185.** *Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'Art. 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152.* Ancora in vigore fino all'approvazione di un nuovo decreto, poiché quello adottato con DM 2 maggio 2006 ha perso efficacia non avendo ottenuto il visto di registrazione della Corte dei Conti.
- **LR Sardegna 19 luglio 2000 n. 14.** *Attuazione del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, sulla tutela delle acque dall'inquinamento, modifica alle leggi regionali 21 settembre 1993, n. 46 e 29 luglio 1998, n. 23 e disposizioni varie.* Art. 3.
- **DGR Sardegna n. 14/16 del 4 aprile 2006.** *Approvazione del piano regionale di tutela delle acque.*
- **Delibera Sardegna 75/15 del 30.12.2008:** *direttive regionali concernenti il riutilizzo delle acque reflue depurate.*

Il riutilizzo diretto delle acque derivanti dai processi di trattamento dei fanghi di dragaggio non trova una disciplina specifica. Si dovrà quindi fare riferimento a quella prevista per il **riutilizzo delle acque reflue** (Art. 99, c.amb. e DM 185-2003).

43

L'Art. 2 del DM 185-2003 definisce il riutilizzo come l'impiego di acqua reflua recuperata di determinata qualità per specifica destinazione d'uso, per mezzo di una rete di distribuzione, in parziale o totale sostituzione di acqua superficiale o sotterranea. Le destinazioni d'uso ammissibili sono indicate nell'Art. 3, mentre i requisiti di qualità delle acque reflue ai fini del riutilizzo sono stabilite nell'Art. 4.

L'Art. 6 concerne l'autorizzazione allo scarico con finalità di riutilizzo: nell'ambito dello scarico con finalità di riutilizzo, sono dettate le prescrizioni atte a garantire che l'impianto autorizzato osservi i valori limite e le norme del regolamento e della normativa regionale di attuazione. L'impianto di recupero è soggetto al controllo da parte dell'autorità competente per la verifica del rispetto delle prescrizioni contenute nell'autorizzazione, come stabilito dall'Art. 7.

A livello regionale solo la Sardegna prevede espressamente la competenza della Provincia per l'autorizzazione al riutilizzo delle acque reflue (Artt. 13 e 14 della DGR 75/15); lo stesso ente locale si occupa anche di organizzare e coordinare i controlli. Per quanto concerne le regioni Toscana e Liguria, nel silenzio della normativa si dovrà far riferimento alle prescrizioni generali in materia di scarichi, che individua comunque la Provincia come amministrazione competente.

Nell'assenza di specifiche disposizioni sanzionatorie si dovrà far riferimento a quelle previste in linea generale per gli scarichi.

1.2. Ambito amministrativo francese con specifici riferimenti alla Regione Corsica

1.2.1. Introduzione

Competenze in materia ambientale.

In Francia solo lo Stato ha potestà legislativa; le Regioni – tra le quali la Collectivité Territoriale de Corse – possono solo emanare regolamenti nelle materie ad essere delegate, tra cui vi è la tutela dell'ambiente.

44

L'articolazione amministrativa inferiore alle Regioni è il **Dipartimento**, sostanzialmente corrispondente alla Provincia italiana. Il vertice burocratico del dipartimento è il **Prefetto**, non eletto dalla cittadinanza, ma nominato dal Ministero dell'Interno. Nel prosieguo del testo, quando si farà riferimento al **"Prefetto"** o alla **"Prefettura"** si intenderà sempre il prefetto o la **prefettura dipartimentale**. Qualora ci si riferisca alla **prefettura Regionale**, lo si indicherà espressamente.

La produzione normativa francese è ampiamente fondata sulla **codification**, cioè sul raggruppamento di tutte le disposizioni legislative, e spesso anche regolamentari, riguardanti una certa materia in un unico testo. Per quanto qui interessa, si segnalano soprattutto il *Code de l'Environnement*, ma anche il *code des transports*; il *code du travail*; il *code général de la propriété publique* e il *code des ports maritimes*. È necessario precisare che il *Code des transports* è di nuova istituzione: è entrato in vigore nel 2010 e raggruppa la parte legislativa di vari codici speciali, tra cui il *code des ports maritimes*, che quindi resta in vigore solo per la parte regolamentare, in attesa della redazione e promulgazione di quella relativa al *Code des transports*.

Per quanto riguarda la tutela ambientale le norme di derivazione o comunque di ispirazione comunitaria sono frequenti e dettagliate. Mediante il ricorso, di norma, allo strumento della Direttiva, fin dagli anni ottanta l'Unione Europea ha perseguito l'obiettivo di fissare standard di qualità uniformi per tutti i paesi membri, e di assicurare che questi ultimi si dotassero di regimi il più possibile uniformi.

Il Code de l'Environnement è suddiviso in due parti, una legislativa, e una regolamentare che comprende le discipline di dettaglio, ossia le norme specifiche della parte legislativa. L'articolazione degli argomenti trattati nella parte legislativa è speculare alla trattazione degli argomenti nella parte regolamentare.

Ad esempio: le misure tecniche nazionali per la prevenzione dell'inquinamento nell'aria sono disciplinate a livello generale nel Libro II, Titolo II, Capitolo IV, articoli da L224-1 fino a L224-5 (dove L sta per *Partie Législative*). Le corrispondenti disposizioni del dettaglio regolamentare seguono la stessa classificazione: Libro II, Titolo II, Capitolo IV, articoli R224-1 a R224-60 (dove R sta per *Partie Réglementaire*). La nomenclatura degli articoli L224/R224 trasmette, attraverso i numeri 2 (Libro II) – 2 (Titolo II) – 4 (Capitolo IV), la collocazione dello stesso articolo all'interno del Codice.

Nel testo che segue quando verrà indicato l'articolo di un codice senza l'ultima cifra (preceduta da un trattino), si intenderà far riferimento a tutti gli articoli di un certo capitolo. Ad esempio «*Articoli L514 e L515*» significa: «*tutti gli articoli della parte legislativa, libro 5, titolo 1, capitolo 4 e libro 5, titolo 1, capitolo 5*».

45

Il sistema di numerazione è identico anche per gli altri codici francesi. La suddivisione interna del *Code de Transports*, vista l'ampiezza degli argomenti trattati, prevede anche le "Parti", prima di Libri, Titoli e Capitoli. Quindi, ad esempio, l'articolo L5242-2 del *code* significa "articolo 2 della Parte Seconda, Libro II, Titolo IV, Capitolo 2".

Il sistema delle ICPE (*Installations Classées pour la Protection de l'Environnement*).

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** Libro V, titolo I. articoli L512 e R512

Il sistema, tipicamente francese, di classificazione degli impianti in base alle attività ivi esercitate e alla pericolosità di queste ultime, detto "ICPE" è assai risalente nel tempo, ed ha costituito peraltro il termine di paragone per tutta la produzione normativa europea in materia di IPPC. Il procedimento per l'ottenimento di un titolo abilitativo (*autorisation, enregistrement, déclaration*) è complesso, dovendo l'interessato preparare tanti *dossiers* quante sono le attività classificate esercitate nell'impianto, ma consente di concentrare in un'unica sede tutti gli aspetti inerenti la tutela dell'ambiente: tutela

dell'acqua, protezione contro l'inquinamento, gestione dei rifiuti. In altri termini, la filosofia che ispira il sistema ICPE è la stessa che poi ha portato all'introduzione, in Italia, dell'Autorizzazione Integrata Ambientale, procedura che infatti non esiste in Francia.

Chiunque voglia realizzare o sfruttare un impianto classificato deve essere munito di un titolo abilitativo, che deve essere richiesto unitamente all'eventuale permesso di costruire (art. L512-15, c.env.). Costituiscono ICPE «*tutte le officine, magazzini, depositi, cantieri, e generalmente, tutti gli impianti sfruttati o detenuti da qualsiasi persona fisica o giuridica, pubblica o privata*» (*les usines, ateliers, dépôts, chantiers et, d'une manière générale, les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée*).

L'articolo R511-9 ed il suo allegato individuano una lista di attività, definite «*nomenclatures ICPE*», il cui regime giuridico è differenziato in base alla loro pericolosità. Le attività elencate, per essere abilitate, possono essere sottoposte ad *Autorisation* – per gli impianti a più elevata pericolosità - oppure a *Déclaration* - per gli impianti meno pericolosi. Una categoria intermedia, di recentissima introduzione (2010) è l'*Enregistrement*.

46

Prima della messa in esercizio di una installation classée sottoposta a *Déclaration*, il gestore dell'impianto deve presentare il *dossier de déclaration* (contenente documentazione tecnica) all'Ufficio Ambiente (*Bureau de l'Environnement*) della Prefettura. Il prefetto controlla la completezza del dossier, lo valida e rilascia una ricevuta di dichiarazione, assieme alle prescrizioni generali previste dalla legge per le nomenclatures relative all'impianto (artt. L512-9). L'*iter* amministrativo è delineato agli articoli da R512-47 a R512-66.

La domanda di *Autorisation*, presentata in Prefettura, viene sottoposta ad istruttoria che ne verifica la completezza (artt. R512-2 → R512-10). Successivamente a tale verifica, la domanda è sottoposta ad una seconda istruttoria a cui partecipano il Consiglio Municipale del Comune interessato, ed altri servizi che rilasciano pareri tecnici ed amministrativi tra cui la **DREAL** (*Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement*) (artt. R512-11 → R512-27). Alla fine dell'istruttoria, l'Autorità competente comunica la sua decisione attraverso decreto (*arrêté*), fissando le prescrizioni tecniche alle quali l'impianto dovrà sottostare. Può anche rifiutare l'autorizzazione ove non sussistano i presupposti (artt. R512-28 → R512-39).

Tra gli elaborati che debbono far parte del *dossier d'autorisation* vi è anche l'*étude d'impact*, regolato dall'art. L122-1, c.env., il cui contenuto, di norma indicato dall'art. R122-3, è, per le ICPE, prescritto dall'art. R512-8. La procedura di EIE (*Étude d'impact environnementale*), equivalente alla VIA italiana, si svolge in seno alla procedura autorizzativa ICPE; a pronunciarsi sulla EIE sarà però l'*autorité environnementale* (v. *infra* 1.8)

Se l'impianto ha impatti ultradipartimentali o ultraregionali, ed è espressamente previsto nelle *noménclatures* di riferimento, l'autorizzazione è rilasciata dal Ministero dell'Ecologia e dello Sviluppo Sostenibile. (art. R512-40, c.env.).

La procedura di *autorisation* è delineata dagli articoli L512-1 e L512-6-1, da R512-11 a R512-26 e da R512-28 a R512-30 del Code de l'Environnement.

L'***Enregistrement*** (articoli L512-7 e seguenti, c.env.) è una procedura di autorizzazione semplificata destinata alle ICPE la cui pericolosità può essere prevenuta rispettando le prescrizioni generali adottate con *arrêté* ministeriale, in virtù delle caratteristiche dell'attività o delle dimensioni dell'impianto. Qualora nella lista delle *noménclatures* sia indicata la procedura di *enregistrement* questa non ha luogo se non sono state ancora approvate le prescrizioni generali. Il Code de l'Environnement disciplina la procedura di *enregistrement* agli articoli da R512-46-1 a R512-46-24.

47

Per quanto attiene ai controlli ed alle sanzioni in caso di infrazione delle norme sulle ICPE si fa riferimento al Libro V, titolo I, capitolo 4: *Contrôle et contentieux des installations classées* - Section 1 : *Contrôle et sanctions administratifs* (Articoli da L514-1 a L514-8)

Dal marzo 2009, in Corsica è stata costituita a livello regionale una nuova istituzione, la *Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement* - **DREAL**, che sostituisce le preesistenti DRE (Directions Régionales de l'Équipement), DRIRE (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement), DIREN (Directions Régionales de l'Environnement). Ogni riferimento normativo o regolamentare in ogni atto a questi organismi, dal Marzo 2009 deve intendersi riferito alla DREAL. La DREAL organizza, sotto l'autorità del Prefetto di Dipartimento, le ispezioni.

I controlli standard, da eseguirsi a campione, sono eseguiti dagli *inspecteurs des installations classées* in forza presso i vari enti preposti (principalmente la DREAL, per conto del Prefetto del Dipartimento). Per alcune *nomenclatures* di ICPE caratterizzate dalla sigla "DC" (***Déclaration Contrôlée***) sono previsti

controlli periodici, che devono essere eseguiti da enti o organismi muniti di autorizzazione ministeriale (articoli da R512-55 a R512-66, c.env.).

Il sistema delle *noménclatures* introdotto dalla "loi sur l'eau".

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** Articoli L214 e R214.

La "*loi sur l'eau*", ed i relativi *décrets* integrativi, sono confluiti nel 2007 nel Titolo I del Libro II del Code de l'Environnement. Il Titolo I racchiude tutta la normativa nazionale di recepimento delle direttive europee in materia. Per *milieux aquatiques*, traducibile con "ambiente acquatico", si intende ogni risorsa naturale legata all'acqua: acque marine, fluviali, lacustri, piovane, sotterranee.

48

Il Libro II, Titolo I, Capitolo 4 (articoli L214 e R214) disciplina la procedura abilitativa a protezione della risorsa idrica, che deve essere seguita prima di realizzare o intraprendere ogni impianto, installazione, attività, lavoro od opera (IOTA: *Installations, Ouvrages, Travaux, Activités*). La procedura è simile a quella relativa alle ICPE ma **non deve essere confusa** con quest'ultima.

Chiunque intenda intraprendere una IOTA che preveda attività o impianti ricompresi nella lista prevista dal Code de l'Environnement all'articolo R214-1 (cd. "*noménclature EAU*", distinte dalle "*noménclature ICPE*"), deve

- chiedere l'**autorizzazione** al **Prefetto**, per le IOTA più pericolose.
- **dichiarare** al **Prefetto** l'inizio dell'attività, per le IOTA meno pericolose.

In entrambi i casi è necessario presentare un dossier tecnico e sottostare alle eventuali prescrizioni adottate.

Per la procedura di **Autorisation** (artt. L214-3; L214-4; R214-6 → R214-31; R214-41 → R214-56, c.env.), la domanda si indirizza al prefetto del dipartimento, corredata di dossier tecnico. Il prefetto può chiedere di completare il dossier se è incompleto. Ove sia necessaria una procedura di EIE, *l'étude d'impact* è allegato alla domanda (art. R214-6; R122-5, c.env.). L'autorizzazione può essere concessa o

respinta con *arrêté préfectoral* motivato, che fissa anche la durata dell'autorizzazione. La procedura di rinnovo è regolata dall'art. R214-20.

Per la procedura di **Déclaration** (artt. L 214-3; R214-32 → R214-56) la dichiarazione si indirizza al prefetto del dipartimento, munita di dossier tecnico, completo di *étude d'impact* se necessario ai sensi degli articoli R122-5 e seguenti, c.env.. Entro 15 giorni il Prefetto può bloccare l'attività (*opposition*) o chiedere integrazioni al dossier; se ciò non avviene la IOTA può essere intrapresa. Se mutano le condizioni di attività, il Prefetto ha il diritto di emanare prescrizioni, anche successivamente all'inizio delle attività.

Se lo stesso operatore deve realizzare più IOTA nello stesso sito può proporre una domanda unica (art. R214-42, c.env.).

L'articolo L214-7 descrive i **rapporti tra la procedura ICPE e la procedura secondo la loi sur l'eau**. Se una IOTA prevede attività già ricomprese nelle nomenclature ICPE, l'abilitazione (*autorisation* o *déclaration*) rilasciata ai sensi della normativa ICPE è valida anche per la normativa EAU.

49

Obiettivi di qualità e pianificazione in materia di tutela delle acque.

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** Titolo I, libro 2: *Eau et milieux aquatiques*. Articoli L211-1 → L211-6; L212; L219; R211-1 → R211-21; R212;
- **Arrêté du 17 mars 2006** *relatif au contenu des Schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux*, modificato dagli arrêtés 27 janvier 2009 e 8 juillet 2010.

Il Libro II del *Code de l'Environnement* si occupa di individuare le norme prescrittive per la tutela dei componenti ambientali indicando i valori soglia di tolleranza e le misure tecniche nazionali per la salvaguardia dell'ambiente e della salute umana.

Il Capitolo 1, dal titolo *Régime général et gestion de la ressource* (artt. L212 e R212), detta le disposizioni generali per la gestione della risorsa-acqua, per la tutela delle acque superficiali e sotterranee, stabilisce i poteri in caso di intervento di sicurezza in emergenza, assegna al Prefetto

Regionale ampi poteri in materia di coordinamento e controllo. Gli obiettivi di qualità indicati negli artt. L212-2 e L212-3 e decreti attuativi richiamati devono essere rispettati dagli atti di pianificazione.

Lo **SDAGE** (*Schéma Directeur d'Amenagement et de Gestion de l'Eau*) è il documento adottato da ogni Autorità di Bacino (Conseil de Bassin) per la tutela dei milieux aquatiques. Previsto dall'art. L212-1 del Code de l' Env., è adottato dal *Conseil de Bassin* ed il contenuto è in linea generale indicato dall'Arrêté 17 marzo 2006.

Il Bacino della Corsica (sottobacino del Bassin Rhone-Méditerranée-Corse) ha approvato lo **SDAGE relativo agli anni 2010-2015 il 16 Ottobre 2009**. Lo SDAGE è un documento indirizzato in primo luogo alle amministrazioni, ma anche ai privati perché stabilisce gli obiettivi per il miglioramento di medio periodo della qualità dei milieux aquatiques e indica in linea generale le azioni per raggiungerli.

I dossiers tecnici che devono essere predisposti assieme ai progetti preliminari (*avant-projects*) per la costruzione, l'estensione e l'ammodernamento di un porto turistico, così come quelli per ottenere il visto (autorizzazione o silenzio-assenso in caso di dichiarazione) per il regime ICPE o il regime IOTA, debbono essere compatibili con lo SDAGE.

50

È previsto un mezzo di pianificazione a livello locale (dall' art. L212-3 all'art. L212-11 e R212-26 ss.), il **SAGE** (*Schéma de Aménagement et Gestion de l'Eau*) relativo a singole aree interne al Bacino.

In Corsica risultano attualmente adottati i SAGE per

- **Dipartimento della Haute-Corse:** Etang de Biguglia.
- **Dipartimento della Corse-du-Sud:** Prunelli-Gravonne.

Il nuovo Libro II, titolo I, capitolo 9 del *Code de l'Environnement*, introdotto dalla legge 788-2010 (cd. "*loi Grénelle II*") ha aggiunto nuovi obiettivi per la tutela e la valorizzazione dell'ambiente marino, da codificarsi in un documento di «*stratégie nationale pour la mer et le littoral*». Le amministrazioni dovranno perseguire in nuovi obiettivi entro termini ristretti, modificando, se necessario, gli strumenti di pianificazione già adottati.

Per ogni regione o sotto-regione marina come indicata dall'art. 4 della Direttiva 2008/56/CE dovrà essere adottato un *plan d'action pour le milieu marin*, parte integrante del documento strategico nazionale.

L'art. L219-8 include il fondo marino nell'ambito delle *eaux marines*, la cui salvaguardia è interesse fondamentale (L219-7)

I decreti attuativi del capitolo 9 non sono stati ancora adottati.

Controlli e sanzioni in materia di tutela dell'acqua

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** Articoli L216 e R216.

Il Libro II, titolo 1, Capitolo 6 (articoli L216 e R216) indica i soggetti abilitati a controllare e le sanzioni amministrative e penali per le violazioni delle norme a tutela dell'acqua.

51

Sono considerati agenti ispettivi:

1. Funzionari dei services d'Etat (DREAL principalmente).
2. Gli Ispettori ICPE.
3. Gli ingegneri del Laboratoire central.
4. Agenti della dogana.
5. Agenti dell'Office national de la chasse et de la faune sauvage e de l'Office national de l'eau.
6. I tecnici dell'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.
7. Gli Officiers de Port (Comandanti del Porto).
8. Gli agenti e I tecnici dell'Office national des forêts.
9. Gli agenti dei Parchi Nazionali.

La violazione delle norme in materia di *autorisation* e *déclaration* comporta l'applicazione delle sanzioni previste all'articolo R216-12, c.env.

Obiettivi di qualità e pianificazione in materia di gestione dei rifiuti.

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** Libro V, titoli 1 e 4 (ad eccezione del capitolo 2); articoli L541-11 → L541-14-1; R541-29 → R541-41

La normativa per la gestione dei rifiuti è interamente di derivazione comunitaria. Le direttive comunitarie che in Italia hanno portato al Decreto Ronchi 22 del 1997 e poi al Codice dell'Ambiente, nonché a varie altre leggi collegate, in Francia sono state recepite quasi integralmente nel *Code de l'Environnement*. Le parti di riferimento per la gestione dei rifiuti sono i titoli 1 e 4 del libro V (Prevenzione dell'inquinamento, dei rischi e delle nocività - *Prévention des pollutions, des risques et des nuisances*). Il titolo 1 riguarda le procedure ICPE che coprono pertanto ogni autorizzazione di tipo ambientale, il titolo 4 (capitoli 1 e 3 perché il capitolo 2 si occupa dei rifiuti radioattivi) riguarda nello specifico i rifiuti.

52

Il principio fondamentale che caratterizza l'intero sistema è quello della gerarchia nella gestione dei rifiuti: *a)* prevenzione; *b)* preparazione per il riutilizzo; *c)* riciclaggio; *d)* recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia; *e)* smaltimento come *extrema ratio* (art. L541-1, c.env.)

Le recenti riforme al *Code de l'environnement* operate dalla *Loi Grénelle II* hanno introdotto l'obbligo di adottare, a livello regionale e dipartimentale, un ***Plan de gestion e prévention des déchets***, sia pericolosi che non. Nelle more sono in vigore gli strumenti di pianificazione già in vigore secondo la precedente normativa: per quanto ci riguarda, il **PREDIS** (*Plan régional d'élimination des déchets industriels spéciaux* – Piano Regionale di Eliminazione dei Rifiuti industriali speciali) è previsto dall'art. L541-13 del *Code de l'Environnement* e deve essere adottato in ogni regione o unione di regioni.

La Corsica lo ha adottato con **arrêté préfectoral n° 4-0638 del 21.9.2004**.

il contenuto e la procedura di approvazione dei nuovi *Plans de Gestion e Prévention* sono indicate agli artt. da R541-29 a R541-41, c.env.

Pianificazione Urbanistica

La pianificazione ambientale dovrà comunque coordinarsi con gli altri strumenti di pianificazione e *aménagement* del territorio previsti dalla normativa:

- Lo «*schéma régional d'aménagement et de développement durable du territoire (SRADDT)*» nel quale sono precisati gli orientamenti fondamentali e a medio termine dello sviluppo sostenibile di un territorio regionale, e i suoi principi di governo.
- Lo «*schéma de mise en valeur de la mer*» (SMVM), previsto dall'articolo 57 della l. 83-8 du 7 janvier 1983 è uno strumento di governo del territorio litoraneo che prevede le misure di tutela del mare. Viene adottato dal **prefetto** del dipartimento o della Regione ed ogni intervento che coinvolga il litorale deve rispettarne le prescrizioni.
- Lo «*schéma de cohérence territoriale*» (SCOT) che indica gli orientamenti fondamentali per l'organizzazione del territorio, previsto dalla legge 2000-1208 du 13 décembre 2000 *relative à la solidarité et au renouvellement urbains*
- Il «*plan local d'urbanisme*» (PLU) (articolo L123-1 del *Code de l'urbanisme*) è il principale documento di pianificazione a livello comunale o intercomunale. In mancanza, i piccoli comuni possono dotarsi di una *carte communale*.

53

1.2.2. La caratterizzazione del sedimento

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** articoli R212-10 ; R212-11 ; R212-18.
- **Arrêté du 25 janvier 2010** *relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement.*
- **Circolare del Ministero dell'Ambiente** del 18 giugno 1997 istitutiva del *Réseau national de surveillance de la qualité de l'eau et des sédiments des ports marittime – REPOM.*

- **Circulaire no 2000-62 du 14 juin 2000** *relative aux conditions d'utilisation du référentiel de qualité des sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire défini par l'arrêté interministériel.*
- **Circulaire du 4 juillet 2008** *relative à la procédure concernant la gestion des sédiments lors de travaux ou d'opérations impliquant des dragages ou curages maritimes et fluviaux.*

L'esecuzione della caratterizzazione non è regolata a livello normativo. Vi sono tuttavia prassi tecniche emanate da un apposito Gruppo di Lavoro costituito a livello ministeriale, il **GEODE** (Groupe d'Études et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement), i cui elaborati sono reperibili sul sito internet www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/geode/.

Un altro, importante, testo tecnico di riferimento, seppure abbastanza datato, è la **Guide pour la gestion des opérations de dragage**, a cura della *Fédération Française des Ports de Plaisance*, edita nel dicembre 2005.

54

Vi è da considerare l'attività della REPOM (*Réseau national de surveillance de la qualité de l'eau et des sédiments des ports maritime*). Istituita con Circolare del Ministero dell'Ambiente del 18.6.1997, è una rete nazionale che unisce istituzioni e strutture portuali e racchiude le singole **CQEL** (*Céllule Qualité des Eaux Littorales*) attive a livello dipartimentale, e le altre reti permanenti di monitoraggio della qualità delle acque del litorale. Le CQEL sono organismi misti che eseguono i controlli sulla qualità delle acque e sui sedimenti dei bacini portuali.

La circolare individua la frequenza dei controlli come da tabella seguente (relativa ai porti turistici):

Programma	Classe 2	Classe 3
	da 500 a 1000 ormeggi	più di 1000 ormeggi
Acqua (frequenza di analisi, numero minimo, punti di prelievo)	2 volte per anno (1 in estate, 1 in inverno) 1 punto di prelievo	4 volte per anno (3 in estate, 1 in inverno) 1 punto di prelievo
Sedimenti (frequenza di analisi)	1 volta in tre anni	1 volta in tre anni

La REPOM segnala al prefetto l'eventuale mancato rispetto delle prescrizioni previste dal regime abilitativo.

1.2.3. Il procedimento di autorizzazione per la movimentazione di sedimenti marini ed il loro ricollocamento

Movimentazione e asporto dei sedimenti marini

Fonti:

- **Regolamento CE n. 725/2004 del 31 marzo 2004** *relativo al miglioramento della sicurezza delle navi e degli impianti portuali.*
- **Code de l'Environnement (c.env.):** articoli L214 e R214; L218-42 → L218-47.
- **Code général de la propriété des personnes publiques** Articoli L2111; L2124.
- **Arrêté du 23 février 2001** *fixant les prescriptions générales applicables aux travaux d'aménagement portuaires et autres ouvrages réalisés en contact avec le milieu aquatique soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 4.1.2.0 (2°) de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié.*
- **Arrêté du 23 février 2001** *fixant les prescriptions générales applicables aux travaux de dragage et rejet y afférent soumis à déclaration en application de l'article 10 de la loi no 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et relevant de la rubrique 3.4.0 (2o, a, II-2o, b, II, et 3o, b) de la nomenclature annexée au décret no 93-743 du 29 mars 1993 modifié.*
- **Arrêté du 2 août 2001** *fixant les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 3.1.0 de la nomenclature annexée au décret no 93-743 du 29 mars 1993 modifié.*
- **Arrêté du 9 août 2006** *relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993.*
- **Arrêté du 18 juillet 2000** *réglementant le transport et la manutention des matières dangereuses dans les ports maritimes.*

55

Chiunque debba iniziare un dragaggio deve munirsi del titolo abilitativo ai sensi del Libro II, titolo I del *Code de l'Environnement (loi sur l'eau)*, differenziato a seconda del tipo di attività. di seguito si riportano i regimi giuridici delle varie *Nomenclatures Eau* attinenti con l'attività di dragaggio, movimentazione e

asporto di sedimenti marini. Il titolo abilitativo per il dragaggio ricomprende anche quello per il successivo scarico del materiale dragato, dato che la destinazione del materiale deve essere definita prima di intraprendere l'attività

Nel quadro del sistema delle *noménclature* ai sensi della *loi sur l'eau* (*supra*, § 1.2.1) possiamo individuare alcune attività da considerare ai fini che ci interessano:

Rubrique n. 4.1.2.0. *Lavori di organizzazione e ristrutturazione portuale ed altre opere realizzate in contatto con il mare ed aventi incidenza diretta su di esso:*

- Se l'importo è uguale o superiore a euro 1.900.000: **Autorisation**.
- Se è superiore o uguale a euro 160.000 ma inferiore a euro 1.900.000: **Déclaration**.

Prescrizioni generali contenute nell'Arrêté du 23 février 2001.

Rubrique n. 4.1.3.0. *Dragaggi e/o scarichi in mare.*

56

- 1) Se il contenuto dei sedimenti estratti è superiore o uguale al valore di riferimento N2 per almeno un elemento: **Autorisation**.
- 2) Se il contenuto dei sedimenti estratti è compreso tra i valori N1 e N2 per almeno un elemento, e:
 - Il volume massimo dragato in sito in 12 mesi consecutivi è superiore o uguale a 5000 mc: **Autorisation**
 - Il volume massimo dragato è inferiore a 5000 mc: **Déclaration**.
- 3) Se il contenuto dei sedimenti è inferiore o uguale al valore N1 per tutti gli elementi e:
 - il volume massimo dragato in sito in 12 mesi consecutivi è superiore o uguale a 500.000 mc: **Autorisation**.
 - Il volume massimo dragato è superiore a 500 mc e inferiore a 500.000 mc: **Déclaration**.

Le prescrizioni generali sono adottate con gli Arrêtés del 23 febbraio 2001 e del 2 agosto 2001. Gli elementi e i valori di riferimento N1 e N2 e sono riportati nell'Arrêté del 9 agosto 2006.

Il Libro II, titolo 1, Capitolo 6 (articoli L216 e R216) del *Code de l'environnement* indica i soggetti abilitati a controllare e le sanzioni amministrative e penali per le violazioni delle norme a tutela dell'acqua.

Sono considerati agenti ispettivi:

1. Funzionari dei services d'Etat (DREAL principalmente).
2. Gli Ispettori ICPE.
3. Gli ingegneri del Laboratoire central.
4. Agenti della dogana.
5. Agenti dell'Office national de la chasse et de la faune sauvage e de l'Office national de l'eau.
6. I tecnici dell'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.
7. Gli Officiers de Port (Comandanti del Porto).
8. Gli agenti e I tecnici dell'Office national des forêts.
9. Gli agenti dei Parchi Nazionali.

La violazione delle norme in materia di *autorisation* e *déclaration* comporta l'applicazione delle sanzioni previste all'articolo R216-12, c.env.

57

Recupero diretto tramite immersione in mare, ripascimento o in ambiente costiero.

Fonti:

- **Direttiva 2008/98/CE del 19 novembre 2008**, cd. *"direttiva quadro sui rifiuti"*.
- **Code de l'Environnement (c.env.)**: articoli L321 e L322 ; da L281-42 a L218-57; R218-3; L541-1-1.
- **Arrêté du 9 août 2006** *relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993.*
- **Circulaire du 4 juillet 2008** *relative à la procédure concernant la gestion des sédiments lors de travaux ou d'opérations impliquant des dragages ou curages maritimes et fluviaux.*

L'autorizzazione al dragaggio copre anche lo scarico (art. R218-3, c.env.); è vietato lo scarico in mare di qualsiasi materiale, ad eccezione del materiale di dragaggio (*déblais de dragage*) purché abilitato ai sensi della procedura ai sensi della loi sur l'eau (art. L218-44, c.env.). Il materiale riutilizzabile che non può essere definito rifiuto – perché inferiore alle soglie N1 contenute nell'Arrêté 9 agosto 2006 – può

essere ricollocato in ambiente marino (*rejet*) avvalendosi del titolo abilitativo rilasciato per il dragaggio (art. L541-1-1, c.env.).

Le sanzioni, anche penali sono indicate agli articoli L218-48, c.env. e seguenti. Gli organi incaricati di accertare le violazioni sono indicati all'articolo L218-53.

1.2.4. L'attività di dragaggio dei sedimenti marini

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** articolo L321-8.
- **Code des transports (c.tp.) :** articoli L5311 ; L5331 ; L5332 ; L5336; da L5242-1 a L5242-13 ; L5243; L5314.
- **Code des Ports Maritimes (c.p.m.):** articoli R155 ; R301 ; R302 ; R321.
- **Code général des collectivités territoriales(c.g.c.t.):** Parte IV, libro IV, titolo II : *La Collectivité Territoriale de Corse*, in particolare l'articolo L4424-22.
- **Décret n° 2009-877 du 17 juillet 2009** *portant règlement général de police dans les ports maritimes de commerce et de pêche*, in particolare l'art. 30.
- **Décret n°2003-1022 du 22 octobre 2003** *relatif aux ports d'Ajaccio et de Bastia et modifiant le code des ports maritimes*.
- **Code du Travail (c.tv.):** Quatrième partie : *Santé et sécurité au travail*.

58

L'attività di dragaggio è considerata una IOTA rilevante ai fini della *loi sur l'eau*: il regime abilitativo è già stato esaminato *supra*, § 1.2.1 L'ordinamento vede comunque con occhio di favore l'attività di dragaggio portuale, considerata opera di manutenzione delle infrastrutture, tant'è che l'articolo L321-8 del Code de l'environnement, secondo cui è proibita l'estrazione di materiali dai fondali se vi è rischio di compromettere l'ambiente litoraneo, espressamente «*non può essere di ostacolo all'attività di dragaggio di porti e canali*».

Con l'abrogazione della maggior parte della *Partie Législative* del *Code des ports maritimes*, la procedura per l'autorizzazione alla realizzazione delle infrastrutture portuali e per le modifiche sostanziali di esse è disciplinata secondo prescrizioni generali, valide per ogni infrastruttura di trasposto agli articoli L1612 del *Code des transports*. L'attività di dragaggio portuale, tuttavia, è difficilmente inquadrabile in una «*modifica sostanziale*» delle infrastrutture.

L'attività in sé non è regolata, purché rispetti le eventuali prescrizioni rilasciate dal Prefetto nell'ambito della procedura abilitativa. Vi sono tuttavia prassi tecniche emanate da un apposito Gruppo di Lavoro costituito a livello ministeriale, il **GEODE** (Groupe d'Études et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement), i cui elaborati sono reperibili sul sito internet www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/geode/.

Un altro testo tecnico di riferimento, seppure abbastanza datato, è la *Guide pour la gestion des opérations de dragage*, a cura della *Fédération Française des Ports de Plaisance*, edita nel dicembre 2005.

59

Nell'esecuzione del dragaggio, l'operatore dovrà comunque rispettare le prescrizioni dell'*Autorité portuaire*, dell'*autorité investie du pouvoir de police*, e dell'autorità competente in materia di sicurezza della navigazione, oltre che, ovviamente, delle normativa generale sulla sicurezza del lavoro.

Dopo le leggi di decentramento del 1983, i **Comuni** sono divenuti competenti per la creazione, la gestione e lo sfruttamento dei porti esclusivamente turistici (art. L5314-4, c.tp.). Lo Stato e le comunità territoriali – Regioni per i porti commerciali, Dipartimenti per i porti di pesca (artt. L5314-1 e 2, c.tp.) – mantengono le competenze sugli approdi turistici ricompresi nelle altre installazioni.

La *Loi sur la Corse*, che ha modificato la Parte IV, libro IV, titolo II del *Code général des collectivités territoriales*, attribuisce alla Colléctivité Territoriale de Corse la competenza per la realizzazione e la gestione dei porti di commercio e pesca, ad eccezione dei porti dipartimentali già esistenti (Porto-Vecchio, Propiano, Bonifacio, l'Ile-Rousse). I porti di interesse nazionale di Ajaccio e Corsica sono comunque stati trasferiti alla Regione, che è quindi l'autorità competente.

La *Autorité portuaire* (L5331-5, c.tp.) e la *Autorité investie du pouvoir de police* (L5331-6, c.tp.), che esercita nel senso più stretto la polizia, variano a seconda della tipologia di porto. In Corsica, dal 2002 non esistono più porti di rilevanza nazionale: l'autorità è quindi *l'exécutif de la collectivité territoriale*: e

cioè il Presidente del Conseil Général per i porti dipartimentali esistenti fino al 2002 (Bonifacio, Propriano) e il Sindaco per tutti gli altri. La gestione degli approdi turistici ricompresi nei porti di Bonifacio e Propriano è stata comunque delegata ai sindaci con **Arrêté del 26 settembre 1984**, senza però che sia mutata l'Autorità portuale.

L'autorità portuale programma e predispone un *plan de sûreté*, e, se del caso, il **Regolamento della polizia portuale**, che integra il *Règlement general* approvato con Décret 877-2009. In Corsica risultano approvati:

- Porto di Bastia. Prefettura della Haute-Corse (Arrêté 03/191 du 19 janvier 2003)

Gli agenti della polizia portuale sono gli *Officiers de Ports*, gli *Officiers de ports adjoints*, i *surveillants de port agréés* e gli altri componenti le Capitnerie, che sono investiti del potere di accertare le violazioni e comminare le sanzioni (articoli da L 5331-11 a L5331-13, c.tp.; articoli da L5336-1 a L5336-9, c.tp.).

60

1.2.5. La gestione dei rifiuti provenienti dalle attività di dragaggio

Definizione e catalogazione del rifiuto

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** articoli L541 e da R541-7 a R541-11.

È considerato *déchet* (rifiuto) qualsiasi sostanza o bene mobile di cui ci si disfi o abbia l'obbligo di disfarsi (art. L541-1-1, c.env.); mentre è rifiuto ultimo (*déchet ultime*) il rifiuto che non può essere riutilizzato o valorizzato secondo le migliori tecnologie disponibili. I *déchets ultimes* sono gli unici che possono essere conferiti in discarica (*stockage*). È **rifiuto pericoloso** qualsiasi rifiuto che presenta le caratteristiche indicate nell'*Annexe* / all'articolo R541-8, c.env.

È **sottoprodotto**, secondo l'art. L541-4-2, c.env. la sostanza o la materia prodotta dall'attività umana che possiede le caratteristiche indicate dalla norma così da non essere considerata rifiuto. L'art. L541-4-3

determina le condizioni affinché un rifiuto, una volta sottoposto a trattamento, cessi di essere considerato rifiuto.

Ad ogni tipologia di rifiuto è attribuito un **codice identificativo europeo (CER)**, l'elenco dei quali è contenuto nell'Annexe II all'art. R541-8 del Code de l'Environnement.

Per l'attività in esame vengono in considerazione i seguenti codici CER

- 170505* fanghi di dragaggio, contenente sostanze pericolose
- 170506: fanghi di dragaggio, diversa da quella di cui alla voce 170505.

Il sistema di tracciabilità del rifiuto (*circuit de gestion des déchets*).

61

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** articoli L541-7, da R541-42 a R542-48.
- **Arrêté du 7 juillet 2005** *fixant le contenu des registres mentionnés à l'article 2 du décret n° 2005-635 du 30 mai 2005 relatif au contrôle des circuits de traitement des déchets et concernant les déchets dangereux et les déchets autres que dangereux ou radioactifs.*
- **Arrêté du 30 octobre 2006** *fixant le contenu des registres mentionnés à l'article 2 du décret n° 2005-635 du 30 mai 2005 relatif au contrôle des circuits de traitement des déchets et le formulaire du bordereau de suivi des déchets radioactifs mentionné à l'article 4.*
- **Arrêté du 31 janvier 2008** *relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets.*
- **Circulaire du 13 mars 2008** *relative à l'application de l'arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets.*
- **Arrêté du 29 juillet 2005** *fixant le formulaire du bordereau de suivi des déchets dangereux mentionné à l'article 4 du décret n° 2005-635 du 30 mai 2005.*
- **Arrêté du 20 décembre 2005** *relatif à la déclaration annuelle à l'administration, pris en application des articles 3 et 5 du décret n° 2005-635 du 30 mai 2005 relatif au contrôle des circuits de traitement des déchets.*

Tutte le imprese che producono, importano, esportano, eliminano o trasportano rifiuti, o che si dedicano ad attività di intermediazione di rifiuti, sono tenute a fornire all'Amministrazione tutte le informazioni concernenti l'origine, la natura, le caratteristiche, le quantità, la destinazione e le modalità di eliminazione dei rifiuti stessi (art. L541-7, c.env.).

I soggetti che producono o smaltiscono rifiuti, compresi quelli non pericolosi, hanno l'obbligo di trasmettere una **déclaration annuelle** sulla quantità, la natura, la destinazione e l'origine dei rifiuti.

Produttori, trasportatori, intermediatori e smaltitori di rifiuti tengono un registro cronologico della produzione, del carico, dello scarico e del trattamento dei rifiuti (**régistre des déchets**: articolo R541-43, c.env.).

Tutti i produttori di rifiuti debbono tenere e compilare un formulario di accompagnamento. È il "**Bordereau de Suivi des Déchets** (BSD) che deve essere compilato usando il "formulaire CERFA 12571*01". Il BSDD non si compila in caso di trasporto dei rifiuti appartenenti alle "categorie particolari" di cui agli articoli che iniziano con R543 (oli usati, veicoli, apparecchi elettrici, carta, ecc.).

62

Controlli e sanzioni

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** articoli da L541-44 a L541-48 da R541-76 a R541-78.
- **Code pénal**, Art. R632-1 .

I soggetti abilitati a constatare le infrazioni e a comminare le sanzioni sono previsti dall'art. L541-44. Questi soggetti sono autorizzati ad effettuare «*la recherche et la constatation des infractions aux dispositions du présent chapitre, et des règlements pris pour son application*». Una competenza generale, dunque, che comprende anche il controllo sul "*circuit de traitement*", cioè sul rispetto delle normative in materia di registri, formulari ecc.

I soggetti abilitati (art. L541-44, c.env.) sono:

- agenti di polizia giudiziaria;
- funzionari di polizia e polizia municipale;

- agenti incaricati della repressione frodi;
- agenti del service des ponts et chaussées, du service du génie rural, des eaux et forêts, de l'Office National des forêts, du service des mines et des services extérieurs de la marine marchande;
- agenti del servizio di sanità;
- ispettori ICPE;
- funzionari e tecnici de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer;
- agenti delle dogane.

Le sanzioni anche penali in materia di abbandono di rifiuti, abbandono di veicoli, di circolazione dei rifiuti sono indicate agli articoli da L541-45 a L541-48 e da R541-76 a R541-78 del Code de l'Environnement.

1.2.6. Il trasporto del materiale dragato

Fonti:

- **Regolamento (CEE) 881/92 del Consiglio del 26 marzo 1992** *relativo all'accesso al mercato dei trasporti di merci per strada nella Comunità*
- **Code de l'Environnement (c.env.):** articoli L541-7; L541-8; da L541-40 a L541-42-2; da L541-44 a L541-48; da R541-50 a R541-54; R541-79, da R541-83 a R541-85.
- **Code des transports (c.tp.) :** articoli L1252 ; L1252-11 ; L3211 ; L3411 ; L3452 ; L5242 ; L5243.
- **Décret n°80-369 du 14 mai 1980** *portant publication de la convention internationale de 1974 pour la sauvegarde de la vie humaine en mer, faite a Londres le 01-11-1974 (SOLAS 74)*
- **Décret n°84-810 du 30 août 1984** *relatif à la sauvegarde de la vie humaine, à l'habitabilité à bord des navires et à la prévention de la pollution*
- **Décret n°99-752 du 30 août 1999** *relatif aux transports routiers de marchandises*
- **Arrêté du 29 mai 2009** *relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres* (cd. « arrêté TMD »).

- **Arrêté du 12 août 1998** *relatif à la composition du dossier de déclaration et au récépissé de déclaration pour l'exercice de l'activité de transport de déchets.*

Qualsiasi impresa che esercita l'attività di trasporto di merci deve essere titolare di una **licenza** rilasciata o ai sensi del Regolamento CE 881/92 o dell'articolo L3411-1 e L3211-1 (norme di attuazione dettate con Décret 99-752).

La raccolta e il trasporto di rifiuti sono sottoposti a autorizzazione se presentano pericoli per l'ambiente o a semplice dichiarazione se non lo presentano (art. L541-8, c.env.): ogni trasportatore ha l'obbligo infatti di effettuare una **dichiarazione annuale** con il contenuto previsto dall'articolo R541-50, c.env. al **prefetto** del dipartimento dove si trova la sede, ma se il rifiuto è classificato come merce pericolosa ai sensi dell'Accordo europeo ADR è sottoposto ad apposita **autorizzazione**, secondo le modalità previste nel cd. *arrêté TMD*.

64

L'autorizzazione alla professione di trasportatore è disciplinata dagli articoli L3211, c.tp.

Le spedizioni transfrontaliere sono disciplinate dal Regolamento 1013-2006 – oltre che dagli articoli L541-40 e seguenti, *Code de l'Environnement* – che prevede due procedure distinte:

- la procedura detta dell'«elenco verde» si applica ai rifiuti non pericolosi destinati ad essere recuperati;
- la procedura di notifica si applica alle spedizioni di tutti i rifiuti destinati ad essere smaltiti e ai rifiuti pericolosi destinati ad essere recuperati.

La procedura di notifica impone alle autorità competenti dei paesi interessati dalla spedizione (paesi di partenza, paesi in cui transitano i rifiuti e paesi di destinazione) di rilasciare un'autorizzazione prima che abbia luogo qualsiasi spedizione.

Il trasporto di rifiuti via mare è regolato allo stesso modo del trasporto di merci; se si tratta di rifiuti pericolosi si applicheranno le norme in materia di trasporto merci pericolose (Convenzione SOLAS 74 di Londra e relative norme di attuazione: *Décrets* 80-369 e 84-810).

Controlli e sanzioni

Le disposizioni in materia di controlli sul trasporto delle merci pericolose sono ricomprese negli articoli da L1252-2 a L1252-4, c.tp.; quelle in materia di trasporto di rifiuti negli articoli da L541-44 a L541-45, c.env.; quelle sul rispetto delle disposizioni in materia di professione di trasportatore negli articoli L3241, c.tp.

A livello comunitario il regime sanzionatorio per le spedizioni transfrontaliere è delegato agli Stati Membri, ai sensi dell'articolo 50 del Regolamento 1013-2006, recepiti agli articoli da L541-83 a L541-85, c.env.

Le sanzioni penali e amministrative in materia di trasporto su strada sono previste dagli articoli da L541-46 a L541-48, e L541-79, c.env.; dagli articoli L1252-5 a L1252-8, e dagli articoli da L3452-1 a L3452-10, c.tp.

65

Le sanzioni in materia di sicurezza della navigazione sono prevista dagli articoli da L5242-1 a L5242-13 c.tp.; quelle in particolare relative all'inquinamento dagli articoli L5232-7 e seguenti. Vi è inoltre una sanzione penale speciale per le violazioni in materia di gestione delle merci pericolose in ambito portuale: L5336-17, c.tp.

1.2.7. Il recupero dei materiali di dragaggio e le procedure semplificate per il recupero

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** articoli L541-31 a L541-39
- **Circulaire du 4 juillet 2008** *relative à la procédure concernant la gestion des sédiments lors de travaux ou d'opérations impliquant des dragages ou curages maritimes et fluviaux.*

In virtù del principio di derivazione comunitaria secondo cui lo smaltimento costituisce l'ultima possibilità possibile per il trattamento dei rifiuti, questi ultimi debbono essere avviati con preferenza al recupero.

I sedimenti sono “sottoprodotti” di un’attività – il dragaggio – che non ha come obiettivo lo sfruttamento di un materiale in vista della sua utilizzazione; non costituiscono la finalità dell’attività di dragaggio e sono, di norma, destinati all’abbandono: è il motivo per cui i sedimenti sono in numerosi casi, considerati come rifiuti.

Procedura di recupero

Per la disciplina sulle caratterizzazioni, v. *supra*, § 1.2.2.

Per la disciplina sui titoli autorizzativi per gli impianti, v. *infra*, § 1.2.8 e 1.2.9.

Esito del materiale recuperato.

66

Il sedimento trattato e recuperato può essere riutilizzato tramite immersione in mare – o in vasca di colmata – ovvero tramite ricollocazione diversa dall’ambiente marino (arginature, edilizia, profilati stradali). Per il primo aspetto si rinvia a *supra*, § 1.2.3.

La circolare del 4 luglio 2008 chiarisce che la gestione a terra dei sedimenti di dragaggio non classificati come pericolosi che non possono essere reimmersi sarà trattata nel quadro delle procedure abilitative secondo la *loi sur l’eau* e la normativa ICPE.

Chi intende utilizzare i sedimenti per un ricollocaimento a terra deve dimostrare l’idoneità degli stessi, seguendo la prassi procedurale dettata anche dalle norme NF EN 12920 «*Caractérisation des déchets – Méthodologie pour la détermination du comportement à la lixiviation d’un déchet dans des conditions spécifiques*».

1.2.8. Il procedimento autorizzativo degli impianti di recupero o smaltimento dei sedimenti di dragaggio

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** articoli L541 e R541, specialmente l'articolo L541-22 ; R541-8 (annexe).
- **Arrêté du 30 juin 1997** *relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique no 2515 (Broyage, concassage, criblage, ensachage, pulvérisation, nettoyage, tamisage, mélange de pierres, cailloux, minerais et autres produits minéraux naturels ou artificiels).*
- **Arrêté du 30 juin 1997** *relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique no 2516 (Station de transit de produits minéraux pulvérulents non ensachés tels que ciments, plâtres, chaux, sables fillérisés).*
- **Arrêté du 30 juin 1997** *relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique no 2517 (Station de transit de produits minéraux solides, à l'exclusion de ceux visés par d'autres rubriques).*
- **Arrêté du 16 octobre 2010** *relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2716.*

67

La norma base in tema di procedimento autorizzativo per gli impianti di trattamento e recupero di rifiuti è l'articolo L541-22, c.env.: il trattamento dei rifiuti ricompresi nell'elenco delle *noménclatures ICPE*, è consentito solo all'interno di un impianto ICPE, e nel rispetto delle prescrizioni generali previste dagli arrêtés attuativi e nelle prescrizioni contenute nel titolo abilitativo.

In Francia non esiste una procedura equivalente né alla Autorizzazione Integrata Ambientale, né all'Autorizzazione unica, vigenti in Italia. Il sistema delle ICPE impone infatti la valutazione congiunta di tutti gli aspetti di tutela ambientale e consente di ottenere un titolo abilitativo unico. La procedura di ICPE è per certi versi, la progenitrice della procedura IPPC dettata a livello europeo.

Ogni impianto di trattamento o recupero di rifiuti deve pertanto essere abilitato ai sensi della normativa sulle ICPE. Per quanto interessa possiamo richiamare le seguenti *noménclatures* rilevanti:

Rubrique n. 2515 : *Triturazione, frantumazione, vagliatura, insaccaggio, polverizzazione, pulizia, setacciatura, mescolamento di pietre, rocce, minerali ed altri prodotti minerali naturali o artificiali o di rifiuti non pericolosi inerti.*

- Se la potenza della totalità delle macchine fisse che concorrono al funzionamento dell'impianto è superiore a 200 kW: **Autorisation.**
- Se la potenza della totalità delle macchine fisse che concorrono al funzionamento dell'impianto è superiore a 40 kW ma inferiore o pari a 200 kW: **Déclaration**

Prescrizioni generali dettate con **Arrêté du 30 juin 1997** .

Rubrique n. 2516 : *Stazioni di transito di prodotti minerali pulverulenti non imballati, come cemento, polvere, gesso, sabbia, o rifiuti non pericolosi inerti*

68

- Se la capacità di stoccaggio è superiore a 25.000 m³: **Autorisation.**
- Se la capacità di stoccaggio è superiore a 5.000 m³ ma inferiore o pari a 25.000 m³: **Déclaration.**

Prescrizioni generali dettate con **Arrêté du 30 juin 1997** .

Rubrique n. 2517 : *Stazioni di transito di prodotti minerali o rifiuti non pericolosi inerti diversi dalle altre rubriques.*

- Se la capacità di stoccaggio è superiore a 75.000 m³: **Autorisation.**
- Se la capacità di stoccaggio è superiore a 15.000 m³ ma inferiore o pari a 75.000 m³: **Déclaration.**

Prescrizioni generali dettate con **Arrêté du 30 juin 1997** .

Rubrique n. 2566 : *Lavaggio e decapaggio dei metalli tramite trattamento termico: **Autorisation.***

Rubrique n. 2716 : *Impianti di transito, raggruppamento o raccolta di rifiuti non pericolosi non inerti, tranne gli impianti di cui alle rubriques n. 2710, 2711, 2712, 2713, 2714, 2715 e 2719.*

- 1) Se il volume dei rifiuti trattabili è pari o superiore a 1000 m³: **Autorisation.**
- 2) Se il volume dei rifiuti trattabili è pari o superiore a 100 m³ ma inferiore a 1000 m³: **Déclaration Controlée.**

Prescrizioni generali dettate con **Arrêté du 16 octobre 2010**.

Rubrique n. 2717 : *Impianti di transito, raggruppamento o raccolta di rifiuti contenenti sostanze pericolose o preparazioni pericolose menzionate all'articolo R511-10 del Code de l'environnement, tranne gli impianti di cui alle rubriques 1313, 2710, 2711, 2712 e 2719.*

- 1) Se la quantità delle sostanze o preparazioni pericolose suscettibili di essere presenti nell'impianto è pari o superiore alle soglie AS delle prescrizioni di impiego o di stoccaggio di tali sostanze: **Autorisation con servitù di utilità pubblica.**
- 2) Se la quantità delle sostanze o preparazioni pericolose suscettibili di essere presenti nell'impianto è pari o superiore alle soglie A ma inferiore alle soglie AS delle prescrizioni di impiego o di stoccaggio di tali sostanze: **Autorisation.**

Rubrique n. 2718 : *Impianti di transito, raggruppamento o raccolta di rifiuti pericolosi o rifiuti contenenti sostanze o preparazioni pericolose menzionate all'articolo R511-10 del Code de l'environnement, tranne gli impianti di cui alle rubriques 1313, 2710, 2711, 2712 e 2719.*

69

- 1) Se la quantità dei rifiuti trattabili è superiore o uguale a 1ton: **Autorisation.**
- 2) Se la quantità dei rifiuti trattabili è inferiore a 1ton: **Déclaration Controlée.**

Rubrique n. 2719 : *Impianti temporanei di transito di rifiuti derivanti da inquinamenti accidentali marini o fluviali o di rifiuti derivanti da catastrofi naturali, ove il volume di rifiuti suscettibili di essere presenti sia superiore a 100 m³ : **Déclaration.***

Rubrique n. 2790 : *Impianti di trattamento di rifiuti pericolosi o contenenti sostanze o preparazioni pericolose di cui all'articolo R511-10, c.env., tranne gli impianti indicati nelle rubriques 1313, 2720, 2760 e 2770.*

- 1) Se i rifiuti da trattare contengono sostanze o preparazioni pericolose e:
 - a. la quantità delle sostanze o preparazioni pericolose suscettibili di essere presenti nell'impianto è pari o superiore alle soglie AS delle prescrizioni di impiego o di stoccaggio di tali sostanze: **Autorisation con servitù di utilità pubblica.**
 - b. la quantità delle sostanze è inferiore a tale soglia: **Autorisation**
- 2) Se i rifiuti da trattare non contengono sostanze o preparazioni pericolose: **Autorisation.**

Rubrique n. 2791 : *Impianti di trattamento di rifiuti non pericolosi diversi da quelli indicati nelle rubriques n. 2720, 2760, 2771, 2780, 2781 e 2782.*

- 1) Se la quantità di rifiuti da trattare è pari o superiore a 10 ton / giorno: **Autorisation**.
- 2) Se la quantità di rifiuti da trattare è inferiore a 10 ton / giorno: **Déclaration Contrôlée**.

La EIPPE – Évaluation des Incidences de certains Plans et Programmes sur l'Environnement
(Valutazione Ambientale Strategica)

Fonti:

- **Direttiva 2001/42/CE** del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 giugno 2001, concernente la valutazione degli impatti di determinati piani e programmi sull'ambiente (Direttiva VAS) – Allegato II.
- **Code de l'Environnement (c.env.)**: articoli da L122-4 a L122-12 ; da R122-17 a R122-24.
- **Code de l'Urbanisme (c.urb.)** : articoli da L121-10 a L121-15.
- **Code Générale des Collectivités Territoriales** : articoli L4424-9 e L4433-7.
- **Arrêté du 30 juin 2006** *relatif aux installations de traitements de surfaces soumises à autorisation au titre de la rubrique 2565 de la nomenclature des installations classées.*
- **Arrêté du 30 juin 1997** *relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique no 2565 (Métaux et matières plastiques [traitement des] pour le dégraissage, le décapage, la conversion, le polissage, la métallisation, etc., par voie électrolytique, chimique ou par emploi de liquides halogénés).*
- **Arrêté du 16 octobre 2010** *relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2716.*

Sono sottoposti a EIPPE i piani e i programmi che possono avere impatti significativi sull'ambiente e sul patrimonio culturale, e che si applicano alla realizzazione di lavori o a progetti di gestione del territorio indicati dall'art. L122-4 e R122-17, c.env. Anche se l'autorità competente all'adozione di detti piani non

ritenga necessaria la valutazione, trasmetterà comunque gli atti all'autorità ambientale competente affinché si pronunci sulla necessità o meno della valutazione.

L'autorità ambientale competente, è diversa a seconda del tipo di piano da sottoporre a valutazione (art. R122-19).

Se il tipo di piano o programma da sottoporre a valutazione non prevede una *enquête publique* o altra forma di consultazione pubblica, il provvedimento di valutazione deve essere pubblicizzato, secondo le modalità previste nell'articolo R122-21.

La EIE – Étude d'Impacts Environnementaux (Valutazione d'Impatto Ambientale)

Fonti:

- **Direttiva 85/337/CEE del Consiglio del 27 giugno 1985**, concernente la valutazione di impatto ambientale (VIA) di determinati progetti pubblici e privati, come modificata ed integrata con la direttiva 97/11/CE del Consiglio del 3 marzo 1997 e con la direttiva 2003/35/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 maggio 2003 – specialmente l'Allegato III.
- **Code de l'Environnement (c.env.)**: articoli da L122-1 a L122-3-5 ; da R122-1 a R122-16.

71

La EIE è il procedimento mediante il quale vengono preventivamente individuati gli effetti sull'ambiente di un progetto. La valutazione, riguarda i progetti che possono avere impatti significativi e negativi sull'ambiente e sul patrimonio culturale: «*Les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements publics et privés qui, par leur nature, leurs dimensions ou leur localisation sont susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement ou la santé humaine sont précédés d'une étude d'impact*».

Gli articoli da R122-5 a R122-8 prevedono casi in cui determinati progetti, potenzialmente incidenti sull'ambiente sono esentati dalla procedura di EIE, tra cui possono essere citati

- Tutti gli impianti ricadenti sotto il regime di *déclaration* ICPE
- Tutte le opere e i lavori, non riguardanti impianti sottoposti ad *autorisation* o *enregistrement* ICPE, di montante inferiore a € 1.900.000, salvo quelle indicate all'art. 122-8

Il contenuto dell'*étude* è indicato all'art. R122-3. L'art. R512-8, c.env. prescrive che il dossier da presentare per la procedura ICPE debba contenere anche uno studio di impatto ambientale: l'EIE viene

quindi eseguito nel corso della procedura ICPE, ed il contenuto dell'*étude* è determinato dallo stesso articolo invece che dall'art. R122-3.

L'*autorité environnementale*, investita del potere di dare il parere sull'EIE è variabile in relazione al tipo di progetto ed è indicata all'art. R122-1-1, c.env. Di norma, per gli impianti a rilevanza regionale, o che non prevedono una forma autorizzativa ministeriale, l'*autorité environnementale* è il **prefetto della Regione** competente per territorio che deve previamente consultare il prefetto del dipartimento.

Se il progetto da sottoporre a valutazione non prevede una *enquête publique* o altra forma di consultazione pubblica, il provvedimento di valutazione deve essere pubblicizzato, secondo le modalità previste nell'articolo R122-12.

72

Controlli e sanzioni.

Secondo l'art. L122-3-4, c.env. l'autorità competente all'approvazione del progetto sottoposto a EIE è altresì competente al controllo.

Per gli impianti di trattamento, ricadenti nella disciplina sulle ICPE, v. *retro*, § 1.2.1

1.2.9. Le procedure di autorizzazione per gli impianti mobili di trattamento

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** articolo R512-37.
- **Circulaire DPPR/SEI n° 95-251 du 10 mai 1995** *relative aux installations classées pour la protection de l'environnement : Réglementation des installations mobiles*

A differenza di quanto prevede il codice dell'ambiente italiano, il diritto francese non individua una procedura speciale per l'autorizzazione degli impianti mobili di trattamento dei rifiuti. Questi ultimi, sia fissi che mobili, come si è visto sono ricompresi tra gli ICPE, e il loro regime abilitativo è diversificato a seconda del tipo di impianto: normalmente, per essere messi in esercizio, necessitano dell'*autorisation*.

L'articolo R512-37 del *Code de l'environnement* fissa una procedura semplificata di *autorisation*, valida per gli impianti il cui funzionamento è limitato nel tempo, e non è superiore ad un anno. In tal caso, l'esercente l'impianto avanza al prefetto del luogo dove deve essere installato una domanda di *autorisation* particolare, che segue una procedura semplificata, e ha durata di sei mesi, rinnovabili una volta sola. Secondo la Circolare DPPR/SEI n. 95-251, gli impianti mobili di trattamento destinati a attività classificate come ICPE sottoposte a *autorisation* debbono essere autorizzati tramite detta procedura.

La richiamata circolare ricorda tuttavia che, in certi casi la procedura semplificata potrebbe non essere applicabile: o perché la frequenza di attivazione dell'impianto è troppo elevata oppure perché la durata cumulata dei singoli periodi di esercizio supera il termine massimo annuale. In tal caso raccomanda la richiesta di un'*autorisation* standard da parte del responsabile del sito su cui l'impianto mobile sarà installato.

73

1.2.10. Il conferimento in discarica dei rifiuti provenienti dal dragaggio.

Fonti:

- **Direttiva 1999/31/CE del 26 aprile 1999** *sulle discariche di rifiuti*: art. 2
- **Code de l'Environnement (c.env.)**: articoli L541-22 da L541-30-1.
- **Arrêté du 30 décembre 2002** *relatif au stockage de déchets dangereux*.
- **Arrêté du 9 septembre 1997** *relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux*.
- **Arrêté du 28 octobre 2010** *relatif aux installations de stockage de déchets inertes*.
- **Arrêté du 15 mars 2006** *fixant la liste des types de déchets inertes admissibles dans des installations de stockage de déchets inertes et les conditions d'exploitation de ces installations*.

La discarica (*stockage*) di rifiuti è consentita con il consenso del terreno in cui si trova. La procedura amministrativa è delineata agli articoli da L541-27 a L541-30-2 del *Code de l'environnement*.

La discarica di rifiuti **inerti**, questi ultimi definiti dall'articolo 2 della Direttiva 1999/31/CE, è sottoposta ad **autorizzazione**. L'Arrêté del 15.3.2006 indica i rifiuti che possono essere conferiti ad una discarica di inerti; la procedura di autorizzazione è delineata dagli articoli da R541-65 a R541-75 del *Code de l'environnement*. L'autorità competente è il Prefetto.

Alle discariche di rifiuti **non inerti** è dedicata un'apposita voce tra le *Nomenclatures* ICPE:

Rubrique n. 2720: *Discariche; Impianti di stoccaggio di rifiuti risultanti dall'indagine l'estrazione, il trattamento e lo stoccaggio delle risorse minerarie e dello sfruttamento delle cave (siti scelti per l'accumulo o la discarica dei rifiuti solidi, liquidi, in soluzione e in sospensione).*

74

- 1) Discariche di rifiuti pericolosi: **Autorisation.**
- 2) Discariche di rifiuti non pericolosi non inerti: **Autorisation.**

Prescrizioni generali dettate con

Arrêté du 9 septembre 1997 *relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux.*

Arrêté du 28 octobre 2010 *relatif aux installations de stockage de déchets inertes*

Arrêté du 15 mars 2006 *fixant la liste des types de déchets inertes admissibles dans des installations de stockage de déchets inertes et les conditions d'exploitation de ces installations.*

Arrêté du 30 décembre 2002 *relatif au stockage de déchets dangereux.*

Rubrique n. 2760: *Impianti di stockaggio di rifiuti diversi da quelli menzionati alla rubrique 2720 o di quelli indicati all'articolo L540-30-1 del code de l'environnement: **Autorisation.***

Per i controlli e le sanzioni in via generale si rinvia a quanto osservato per il sistema delle ICPE. Sono previste altresì sanzioni penali agli articoli da R541-80 a R541-82, c.env.

1.2.11. VARIE

Sorte delle acque di trattamento

Fonti:

- **Code de l'Environnement (c.env.):** Articoli L214 e R214; R214-1;
- **Arrêté du 23 février 2001** *fixant les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et relevant de la rubrique 2.3.0 (1°, b, et 2°, b) de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié.*
- **Arrêté du 23 février 2001** *fixant les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et relevant de la rubrique 3.2.0 (1°, b, et 2°, b) de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié.*
- **Arrêté du 9 août 2006** *relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993.*

75

L'attività di scarico di acque, escluso il materiale di dragaggio, ed esclusi quelli relativi ad impianti classificati ICPE – per i quali l'abilitazione ICPE riguarda anche la regolamentazione degli scarichi – è disciplinata dal capitolo IV del primo titolo della seconda parte del Code de l'Environnement. Può essere richiamata in proposito una voce tra le *noménclatures* ai sensi della *loi sur l'eau*.

Rubrique n. 2.2.3.0. *Scarichi nelle acque di superficie diversi a quelli previsti alle rubriche 4.1.3.0; 2.1.1.0; 2.1.2.0; 2.1.5.0.*

- 1) Se il flusso totale di inquinamento lordo è:
 - superiore o uguale al livello R2 per almeno uno dei parametri: **Autorisation**;
 - superiore al livello R1 e inferiore al livello R2 per almeno uno dei parametri: **Déclaration**.
- 2) Se il prodotto di concentrazione massima di Escherichia coli per la media giornaliera dello scarico situato a meno di 1km da una zona conchicola o di coltura marina, di una presa

d'acqua potabile o di una zona di balneazione ai sensi degli artt. D1332-1 e D1332-16 del Code de la santé publique è:

- superiore o uguale a 1011 E coli / giorno: ***Autorisation;***
- Compreso tra 1010 e 1011 E coli / giorno: ***Déclaration.***

Le prescrizioni generali sono indicate dagli Arrêtés 23 febbraio 2001.

I parametri e i valori di riferimento R1 e R2 e sono riportati nell'Arrêté 9 agosto 2006.

2. CRITERI, METODOLOGIE E TECNICHE PER L'IDONEA CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI MARINI PROVENIENTI DA DRAGAGGI NEI PORTI TURISTICI.

2.1. Introduzione

Le differenti situazioni ambientali favoriscono il deposito di sedimenti marini diversi per composizione, struttura e origine. I sedimenti marini sono costituiti da una miscela di materiale detritico più o meno grossolano, derivato da preesistenti sedimenti continentali, e di materiale proveniente dalla precipitazione chimica o biochimica dei sali contenuti nell'acqua del mare e residui dell'attività organica presente.

77

Le acque superficiali ricevono inoltre apporti, puntuali e diffusi, rappresentati da reflui liquidi e rifiuti solidi di diversa natura, prodotti da attività di natura urbana ed industriale, dal dilavamento di suoli, da sversamenti accidentali e da infiltrazioni, che contengono elementi contaminanti anche pericolosi che, accumulati nei sedimenti, possono persistere nell'ambiente per lunghi periodi, in particolar modo nei corpi idrici a debole ricambio.

Quando si parla di *inquinamento dei sedimenti*, facciamo riferimento alla condizione di *superamento, per determinati parametri chimici, di valori standard*, fissati per legge, che stabiliscono i limiti oltre i quali la qualità chimica del sedimento potrebbe creare turbativa all'*equilibrio ecologico sito specifico* o avere effetti nocivi per la salute (Tab. 2/A e Tab. 3/B del D.M. 15/04/2009 n. 56 e valori di fondo fissati dalle Regioni).

I sedimenti marini all'interno di un bacino portuale turistico possono presentare, puntualmente o diffusamente, superamenti degli standard di qualità 1) per cause naturali (come ad esempio succede per i sedimenti che provengono dall'erosione di rocce ad elevato contenuto di elementi pericolosi) 2) generati direttamente o indirettamente da attività antropiche, sia quelle preesistenti alla struttura che quelle attuali, che si svolgano fuori o dentro il contesto del suo esercizio funzionale.

La *caratterizzazione dei sedimenti* valuta le caratteristiche fisiche e la *presenza, l'abbondanza e la distribuzione* dei costituenti chimici e costituisce lo strumento di verifica della qualità dei sedimenti, *in termini sia spaziali che temporali*, 1) negli studi di monitoraggio dei sedimenti nei corpi idrici, 2) nella

pianificazione della gestione dei sedimenti provenienti dal dragaggio dei porti turistici 3) nella valutazione dell'efficacia di interventi di risanamento/trattamento.

Nei paragrafi che seguono si affronterà il tema della caratterizzazione finalizzata alla gestione dei sedimenti provenienti dal dragaggio dei porti turistici, analizzando:

1. le cause e le principali fonti di inquinamento dei sedimenti del porto turistico;
2. le procedure tecnico/scientifiche di caratterizzazione dei sedimenti previste dalle norme tecniche vigenti;
3. le tecniche per l'interpretazione dei dati forniti dalla caratterizzazione e la messa a punto di metodi statistici mirati ad associare la presenza di inquinanti alle fonti di inquinamento all'interno dei porti turistici; proposte di piani di monitoraggio utili alla gestione ambientale dei bacini turistici ed alla formulazione di previsioni sul destino del materiale derivato da opere di dragaggio;
4. i modelli di gestione dei sedimenti dragati sulla base dei risultati della caratterizzazione.

78

2.2. I sedimenti provenienti dai fondali del porto turistico: peculiarità e fonti di contaminazione

Il termine *sedimenti* indica tutti i materiali solidi che si depositano sul fondo di un generico corpo idrico; essi costituiscono il principale serbatoio dei composti organici e inorganici presenti nell'ambiente marino sia di origine naturale che antropica. Una particella di sedimento è infatti generalmente composta da una frazione inorganica ed una organica: i principali componenti inorganici sono silicati (argillosi e non), carbonati, ossidi di ferro e manganese, fosfati e solfuri; i componenti organici sono invece costituiti da organismi viventi, composti d'origine antropica e sostanza organica naturale che, in base alla zona di prelievo, può essere rappresentata da proteine, peptidi, materiale umico e fulvico (Giordano, 2003).

La composizione chimica e geochimica dei sedimenti è molto eterogenea ed è associata alla posizione geografica (Stumm et al., 1996). La composizione geochimica è infatti dipendente da molteplici processi naturali (erosioni, fenomeni di decomposizione, etc..) e da interventi antropogenici (inquinamento industriale e civile). La formazione dei sedimenti inoltre dipende fortemente anche dalle

condizioni ambientali, come maree, temperatura, salinità (o forza ionica), stato di ossidazione, luminosità delle acque, profondità, velocità e forza delle correnti, ecc.

I sedimenti dei bacini portuali sono normalmente di origine terrigena, biogena oppure prodotti da attività antropiche della terraferma. Si distinguono:

1. **sedimenti biogeni:** composti essenzialmente da gusci di piante e animali unicellulari planctonici. Gusci composti da CaCO_3 (carbonato di calcio) o SiO_2 (silice) di dimensioni tipicamente minori di 0.005 mm (i.e., granulometria del silt o argilla);
2. **sedimenti terrigeni:** derivati dal trasporto e deposizione di materiale eroso dai continenti. I sedimenti terrigeni sono trasportati in mare dai sistemi fluviali, dai ghiacci e dal vento;
3. **sedimenti residuali di attività antropiche:** alla formazione dei sedimenti, in particolar modo di quelli dei bacini portuali, partecipano anche tutte quelle che sono le influenze antropiche dalla terraferma, scarichi contenenti non solo materiali inerti ma anche residui organici, spesso tossici e di composizione e quantità variabili in funzione della densità di popolazione e delle attività produttive localmente esercitate (Foestner et al, 1983).

79

Da un punto di vista fisico la formazione dei sedimenti marini avviene quando l'apporto di materiale depositabile, eccede la capacità del flusso di corrente o del moto di fondo di portarlo in sospensione.

La *qualità chimica* dei sedimenti del porto, in termini di presenza/distribuzione di inquinanti, è il risultato di fattori che possono essere così sintetizzati:

- tipologia, quantità e distribuzione dei processi/attività inquinanti che sono svolti nell'esercizio funzionale del porto, storici ed attuali;
- dinamiche di trasporto solido esterne ed interne al bacino portuale;
- presenza di fonti di inquinamento esterne derivate da attività industriali o civili;
- caratteristiche geologiche e mineralogiche del sito.

La *qualità chimica* viene riferita al *campione* di sedimento, che si considera rappresentativo *limitatamente ad una porzione di fondale e ad un periodo temporale*, dato che la distribuzione spaziale e temporale degli inquinanti è generalmente variabile: il sedimento, inizialmente concentrato in prossimità della fonte inquinante, si sposta per effetto delle correnti e dei cicli di sedimentazione/sospensione, mentre gli inquinanti possono subire trasformazione, degradazione o trasferimento alla colonna d'acqua (le risultanze analitiche possono essere considerate *valide al massimo per tre anni*, purché non si siano

verificati eventi naturali o artificiali che abbiano modificato la situazione preesistente, ai sensi del D.M. Ambiente del 24/01/96 e del D.M. 07/11/2008).

Anche le *caratteristiche granulometriche* del sedimento dei fondali portuali sono generalmente spazialmente disomogenee: la variazione della granulometria, sia lungo l'asse della profondità che in pianta, è dovuta essenzialmente alla complessità delle dinamiche di sedimentazione/sospensione dei sedimenti, ad opera delle correnti marine che si instaurano nel bacino per effetto di maree, sesse, storm surge, pompaggi forzati (come nel caso degli ossigenatori e dei sistemi di ricambio delle acque portuali), etc.

Tra le attività portuali che possono provocare l'inquinamento dei sedimenti ricordiamo le più comuni:

- *Attività cantieristica*: le attività dei cantieri navali di manutenzione e refitting, spesso ricompresi nell'ambito della concessione demaniale per il porto turistico, costituiscono potenziale fonte di inquinamento delle acque del bacino allorché gli scarichi delle acque meteoriche e di lavaggio, raccolte sui piazzali di lavorazione, non siano preceduti da adeguati sistemi di trattamento. Anche l'applicazione di vernici antivegetative alle carene delle imbarcazioni può essere causa di inquinamento della colonna d'acqua, quando queste vengono varate dopo il carenaggio. Dalle acque i contaminanti possono precipitare sui fondali, originando un inquinamento che tipicamente è costituito da inquinanti inorganici, come i metalli pesanti, ed organici, come gli idrocarburi, i TBT, COV, etc (Manzi, 2010);
- *Attività sulle imbarcazioni*: pratiche scorrette dei diportisti e dei *service* di manutenzione, quali lo scarico in mare di acque di sentina, di acque di lavaggio, di rifiuti di natura organica possono originare contaminazione da metalli pesanti, tensioattivi, idrocarburi e squilibri nelle concentrazioni di nutrienti come il fosforo.
- *Svuotamento reflui e sentine*: è solitamente una attività che, se condotta correttamente non quando condotta in modo scorretto, può causare inquinamento sia organico (idrocarburi) che inorganico (metalli pesanti).
- *Bunkeraggio e distribuzione carburanti*: i servizi di fornitura, deposito ed erogazione di carburante alle imbarcazioni, può costituire potenziale causa di presenza e accumulo di idrocarburi e metalli pesanti nello specchio portuale.
- *Scarichi idrici*: gli scarichi delle acque meteoriche che raccolgono le acque di piazzali, parcheggi, aree comuni, centri servizi e commerciali, se non correttamente trattati, possono provocare l'inquinamento da idrocarburi, metalli, tensioattivi etc.

- *Gestione dei rifiuti*: quando non correttamente eseguita, rifiuti e percolati possono raggiungere le acque del bacino e quindi i sedimenti del fondale.

Allorché si decida di dragare i sedimenti del porto si dovrà tener conto che i *cloruri* contenuti nell'acqua marina rimangono in quantità molto elevata anche nel sedimento dragato, disciolti nell'acqua interstiziale e nell'acqua adesa alle particelle più fini (tale problema diventa significativo quando ci si confronta con la possibilità del recupero "a terra" del materiale di dragaggio o dello smaltimento in discarica).

I sedimenti rappresentano per molte sostanze il principale comparto di deposito ed accumulo e, di conseguenza, costituiscono una fonte di contaminazione che può successivamente ritrasferirsi alla colonna d'acqua sovrastante. Il contatto con sedimenti contaminati costituisce un potenziale rischio di esposizione a sostanze tossiche sia per gli organismi bentonici che vivono in stretta relazione con il sedimento, sia per tutti gli altri organismi della comunità e quindi per l'intero ecosistema acquatico.

31

2.3. Procedure di caratterizzazione

2.3.1. Criteri di campionamento e conservazione del campione

Procedure di campionamento	
Norme internazionali	Norme nazionali
UNI EN ISO 5667-19,2004 General guideline on sampling technology	CNR IRSA-85 "Metodi analitici dei fanghi" Q64 Vol 3
	UNI 10802, 2004

La migliore strategia di campionamento deve consentire la caratterizzazione rappresentativa dell'intera superficie e del volume di materiale da sottoporre a movimentazione.

La scelta dei punti di campionamento è basata sull'esame dei *dati storici a disposizione* e su tutte le informazioni sintetizzate esistenti sul sito qualora tali informazioni consentano di prevedere la *localizzazione delle aree più vulnerabili e delle più probabili fonti d'inquinamento*; tale criterio verrà integrato con quello presente nel "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini", APAT ICRAM (2006).

Il criterio di campionamento tiene conto della eterogeneità batimetrica dei fondali, della variabilità qualitativa dei sedimenti, nonché dell'articolazione strutturale interna dei porti.

Sono previste tre tipologie di aree unitarie (indicate nelle fig 1, 2 e 3 di seguito riportate), ciascuna delle quali *da caratterizzare mediante un solo punto di campionamento* e da posizionare *"a ridosso dei manufatti interni al porto"* (tipologia 1), nelle *"aree centrali del porto a distanza dai manufatti"* e presso le *"aree all'ingresso dei porti o lungo i litorali adiacenti a zone portuali"* (tipologia 2), purché in assenza di contaminazioni specifiche deducibili dalle informazioni pregresse:

Tipologia «1»

Lungo la perimetrazione interna caratterizzata dalla presenza di manufatti, quali ad esempio pontili, darsene e banchine, all'area da sottoporre a dragaggio sarà sovrapposta una griglia a maglia quadrata con aree unitarie di campionamento di tipo «1» di 50 m x 50 m. Eventuali aree residue, risultanti dal frazionamento nei lotti di 2.500 m², saranno tralasciate se di superficie inferiore a 1500 m².

82

Tipologia «2»

Nelle zone interne a distanze dai manufatti superiori a 50 m, all'area da sottoporre a dragaggio sarà sovrapposta una griglia a maglia quadrata di lato pari a 100 m (area unitaria di tipo «2»). Tale griglia di aree unitarie sarà posizionata in contiguità con le eventuali aree unitarie di tipo «1» e «3». Eventuali aree residue, risultanti dal frazionamento nei lotti di 10.000 m², saranno tralasciate se di superficie inferiore a 5.000 m².

Tipologia «3»

Nell'ambito delle imboccature portuali, delle zone esterne al porto ad esse adiacenti, lungo le dighe di protezione esterna e le barriere frangiflutto, nonché di altre aree adiacenti alla linea di costa (esempio: foci fluviali), all'area da sottoporre a dragaggio sarà sovrapposta una griglia a maglia quadrata di lato pari a 200 m (area unitaria di tipo «3»). Tale griglia di aree unitarie saranno posizionate in contiguità con le griglie di aree unitarie «1» e «2» ove presenti. Eventuali aree residue, risultanti dal frazionamento nei lotti di 40.000 m², saranno tralasciate se di superficie inferiore a 10.000 m².

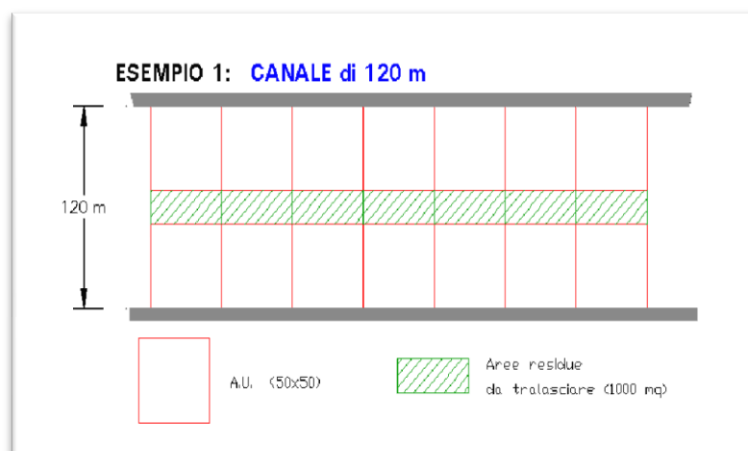


Figura 1: esempio di posizionamento delle aree unitarie di tipologia 1 in canali di larghezza superiore a 100 m.

83

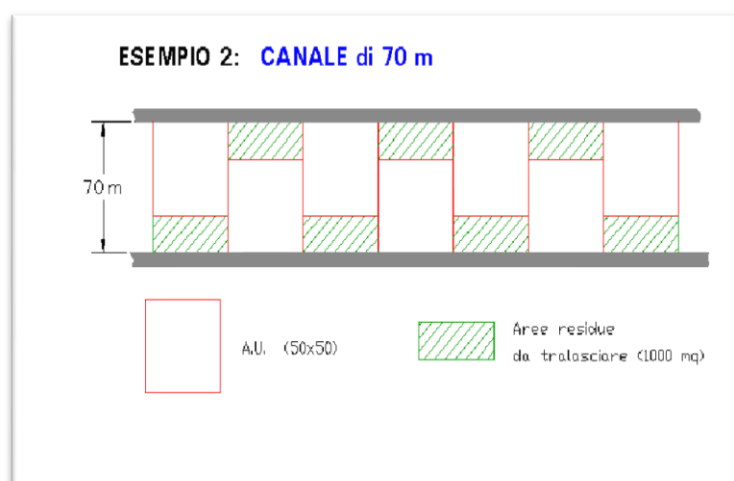


Figura 2: esempio di posizionamento delle aree unitarie di tipologia 1 in canali di larghezza inferiore a 100 m.

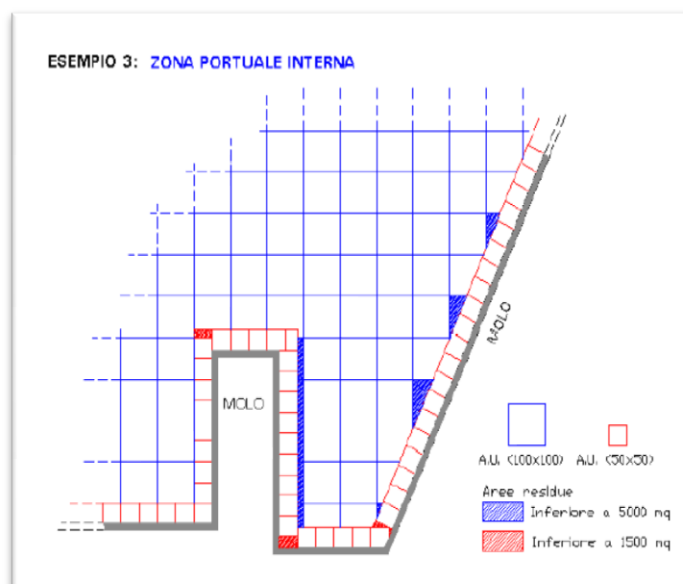


Figura 3: esempio di posizionamento delle aree unitarie di tipologia 1 e 2.

84

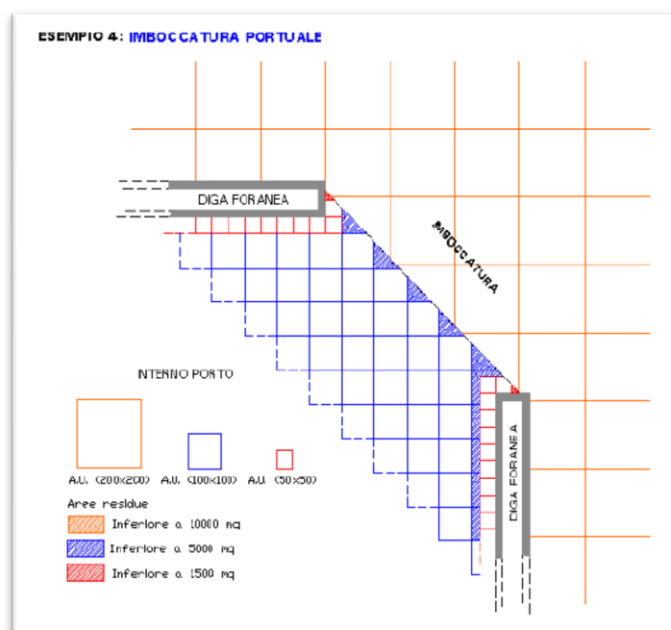


Figura 4: esempio di posizionamento delle aree unitarie di tipologia 1, 2 e 3.

Sarà poi individuato almeno un punto all'interno di ciascuna area unitaria e per tutte le tipologie, posizionato in funzione del volume di materiale da dragare e della distanza dai punti delle aree unitarie contigue.

I dati delle zone analizzate saranno confrontati con un valore "di controllo" preso in rappresentanza delle caratteristiche del tratto costiero e posto in mare aperto.

Tutte le informazioni raccolte al momento del campionamento saranno riportate su un'apposita "Scheda di campionamento" che comprenderà la descrizione del punto di prelievo e tutti i parametri identificativi del campione, ad iniziare dal nome, il codice identificativo del punto, le coordinate della zona di prelievo, il nominativo dell'operatore che ha effettuato il campionamento, l'ora a cui è stato eseguito e la descrizione delle condizioni meteo presenti. Nella parte successiva della scheda si avrà poi la raccolta dei dati chimici presi direttamente sul campo attraverso strumentazione specifica (ad esempio con pHmetro e conducimetro) nonché la descrizione fisico/qualitativa (odore e colore) del campione. Infine saranno riportati i quantitativi e i vari raccoglitori dei campioni associati alle varie analisi da effettuare ed uno specifico spazio finale destinato ad eventuali note.

NOME:
CODICE CAMPIONE:
COORDINATE:
DATA PRELIEVO:
OPERATORE:
ORA:
CONDIZIONI METEOROLOGICHE:

DATI DI CAMPO: pH:
T (aria, °C):
T (acqua, °C):
Conducibilità (T) μ S:
Odore:
Colore:

QUANTITA' PRELIEVO:

- 2x 125 ml Filtrato TQ in bottiglia di PE per analisi maggiori
- 1x 100 ml Filtrato in bottiglia di vetro scuro per NO₂, PO₄
- 50 ml TQ in bottiglia di vetro scuro per NH₄
- 100 ml in bottiglia di vetro A₁₂₅₂₅₄ 1:1 per Plot, Nitot

NOTE:

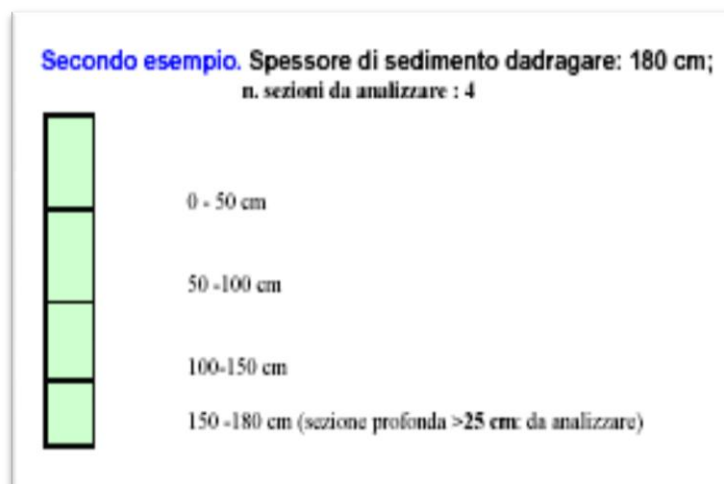
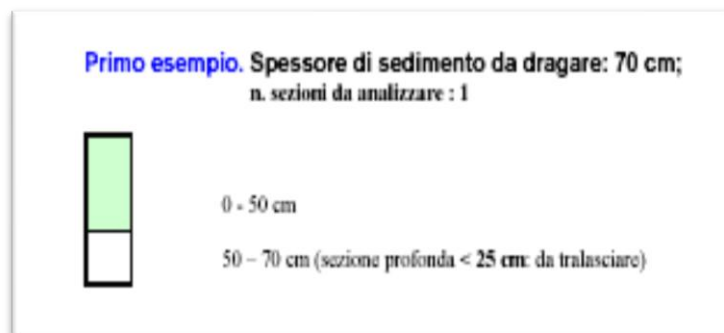
Figura 5: scheda di campionamento.

Per campionamenti di tipo superficiale (fino a 50 cm di profondità), il prelievo del sedimento avverrà per mezzo di benna mentre per caratterizzazioni fino a 1 m di spessore il campionamento sarà condotto per mezzo di un operatore subacqueo munito di liner, per il recupero di almeno 80 cm di materiale. Come alternativa ad ogni caso precedente, e per profondità successive, il prelievo del sedimento avverrà attraverso i carotaggi.

L'altezza di ciascuna carota sarà pari allo spessore di materiale da asportare calcolato nello stesso punto di campionamento e corretta in funzione della sezione più profonda da prelevare. Le carote

verranno poi suddivise in segmenti di 50 cm di lunghezza e analizzate secondo le indicazioni seguenti: le carote fino a 2 m di altezza saranno suddivise in sezioni di 50 cm, a partire dalla sommità della carota, prelevando quindi un numero di sezioni da 1 a 4, in funzione della lunghezza della carota stessa e tralasciando la sezione più profonda quando quest'ultima risulti inferiore a 25 cm; per carote con altezza superiore ai 2 m, oltre ai 4 livelli descritti precedentemente, andrà prelevata una sezione di 50 cm rappresentativa di ogni successivo intervallo di 2 m, tralasciando la sezione relativa all'intervallo più profondo quando quest'ultimo risulti inferiore ad 1 m. Se, oltre i 2 metri viene accertata la presenza dello strato geologico naturale, per il quali si possa escludere ogni contaminazione da parte dell'uomo, sarà sufficiente esaminare una sola sezione di sedimento.

Di seguito sono rappresentati alcuni esempi di sezioni da prelevare in funzione dello spessore da analizzare:





88

Figura 6: esempi di sezioni da prelevare in funzione dello spessore di sedimento da analizzare.

Il sedimento raccolto sarà trasferito in apposite bacinelle con spatola in acciaio decontaminata, omogeneizzato e quindi suddiviso in diverse aliquote per le analisi.

I campioni raccolti saranno conservati in diversi contenitori a seconda della tipologia di analisi che subiranno:

Analisi	Contenitore	Conservazione
Granulometria	vetro o plastica	<4/6° C e buio
Analisi metalli pesanti	vetro con sottotappo in teflon	<4/6° C e buio
Sostanza organica (TOC)	vetro o polietilene (PTE)	<4/6° C e buio
Saggi biologici	PTE sterile	<4/6° C e buio
Saggi ecotossicologici	PTE o vetro	<4/6° C e buio
Parametri convenzionali	vetro con sottotappo in teflon	<4/6° C e buio

Essi saranno conservati a temperatura di 4/6°C, al buio fino alla consegna per le analisi (entro le 24 ore).

2.3.2. Trattamento e preparazione del campione

Per la corretta preparazione e conservazione del campione sono seguite le direttive EN ISO 5667-19 (2004). In base a tali procedure, per effettuare la caratterizzazione chimico-fisica del sedimento, è necessario sottoporre il campione ad un pretrattamento che consenta di ottenere un materiale avente caratteristiche adeguate all'esecuzione delle analisi richieste.

Le più comuni operazioni di pretrattamento sono:

- Omogeneizzazione e/o rimozione dell'umidità: se il campionamento è di natura eterogenea o contiene molta umidità, risulta necessario essiccarlo per minimizzare eventuali alterazioni del campione di partenza, evitando la perdita di composti volatili o sostanze termicamente instabili, omogeneizzarlo, ridurre la pezzatura e setacciarlo;
- Aumento o diminuzione della concentrazione dell' analita: fase di manipolazione del campione necessaria per l'analisi di elementi in ultra tracce. Al contrario una diluizione è utile per far rientrare un campione all'interno dell'intervallo di concentrazione;
- Rimozione degli interferenti chimici: stadio dell'analisi in cui vengono utilizzati i principi della separazione e della concentrazione (si rende necessaria per l'introduzione del campione in uno specifico strumento);
- Estrazione dell'analita dalla matrice: passaggio necessario per liberare dalla matrice eterogenea l'elemento di interesse.

89

2.3.2.1. *Digestione del sedimento per l'analisi dei metalli pesanti.*

La valutazione dei metalli nelle matrici solide utilizza procedure di digestione per dissolvere il campione per la successiva determinazione. Esistono diverse tecniche di digestione del campione anche in funzione delle diverse tipologie di matrici; esse variano dalla determinazione totale ottenuta usando la dissoluzione completa della matrice fino alla digestione parziale (con presenza di una frazione residua). E' quindi possibile definire la digestione come la combinazione di un processo di ossidazione della materia organica e dissoluzione/estrazione della parte minerale dove vengono portati in soluzione gli

elementi di interesse per la successiva determinazione strumentale. Le tecniche utilizzate per le matrici ambientali sono rivolte principalmente al trattamento mediante acidi forti o miscele di essi; solitamente si utilizzano acido nitrico, acido cloridrico, acido fluoridrico, acido solforico o loro miscele.

Digestione acida convenzionale

Digestione acida dei sedimenti per analisi dei metalli pesanti	
Norme internazionali	Norme nazionali
US EPA (1996): "Acid digestion of sediments, sludges and soils", SW-846 Method 3050B, Test Method for evaluating solid waste.	IRSA (2000): "Caratterizzazione dei sedimenti e qualità del fiume Po" Quad. Ist. Ric. Acque, 113, 50-80

Tale metodo consiste in una digestione con acido concentrato a caldo per liberare in soluzione i metalli pesanti contenuti nella matrice solida e poterli così determinare attraverso tecniche come la spettrometria ad assorbimento atomico con fiamma o con atomizzazione elettrotermica oppure con spettrometria di emissione con sorgente al plasma. La digestione con acido nitrico (HNO_3) è blanda ma costituisce una buona base per diverse tecniche analitiche e viene utilizzata con composti facilmente ossidabili. L'aggiunta di altri acidi (cloridrico, solforico, fluoridrico) serve ad ottenere una mineralizzazione più quantitativa. Acido nitrico miscelato con acido solforico o acido cloridrico viene utilizzato in presenza di sostanza organica facilmente ossidabile mentre miscele di HNO_3 ed acido perclorico o fluoridrico in presenza di sostanza organica refrattaria o di minerali.

90

Mineralizzazione acida con microonde

Mineralizzazione acida con microonde	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA Method 3052, 1996	CNR IRSA 10 q 64 vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020A man 29, 2003

L'energia a microonde è una radiazione non ionizzante che provoca il movimento molecolare per migrazione degli ioni o rotazione dei dipoli senza causare cambiamenti della struttura molecolare. Il campione assorbe l'energia attraverso il processo di conduzione ionica che consiste nella migrazione conduttiva degli ioni disciolti nella soluzione per effetto di un campo elettromagnetico oppure attraverso la rotazione dei dipoli con l'allineamento delle molecole che hanno momento dipolare non nullo sotto

l'effetto di un campo magnetico. La metodica consiste in una digestione con acido concentrato a caldo in recipienti chiusi o aperti in forno a microonde.



Figura 7 forno a microonde

2.3.2.2. Estrazione dal sedimento dei composti organici persistenti

91

	Composti organici nei sedimenti		
	Norma	Analiti	Metodo d'estrazione
norme nazionali	CNR IRSA 19a	Fenoli	Ultrasuoni
	CNR IRSA 22	Pesticidi organoclorurati	Liquido /solido
	CNR IRSA 22a	Pesticidi organofosforati	Liquido /solido
	CNR IRSA 23a	Solventi organici clorurati	Liquido /solido e ultrasuoni
	CNR IRSA 23b	Solventi organici aromatici	Liquido /solido e ultrasuoni
	CNR IRSA 24	PCB	Ultrasuoni
	CNR IRSA 24b	PCB e PCT	Soxhlet
	CNR IRSA 25 e 25a	PAH	Soxhlet e ultrasuoni
norme internazionali	CNR IRSA 26	Ammine aromatiche	Ultrasuoni
	ISO WD 22032	PBDE	Soxhlet
	DIN 38414.23	PAH	
	EPA 3500B	Composti organici non volatili	
	EPA 3540	Composti organici non volatili	Soxhlet
	EPA 3541	Composti organici non volatili	Soxhlet
	EPA 3545	Composti organici non volatili	PLE
	EPA 3546	Composti organici non volatili	Microonde
	EPA 3550	Composti organici non volatili	Ultrasuoni
	EPA 3560	Composti organici non volatili	SFE
	EPA 3561	PAH	SFE
	EPA 3562	PCB e pesticidi organoclorurati	SFE
	EPA 3570	Composti organici non volatili	Liquido /solido

Le matrici di campioni biologici e ambientali sono molto complesse e gli analiti sono presenti in quantità molto ridotte, si rendono quindi necessari metodi molto selettivi di preparazione del campione

stesso e sensibili per l'analisi. La cromatografia è la tecnica più utilizzata e necessita di un insieme di procedimenti d'estrazione dalla matrice, di purificazione o arricchimento (clean-up) e di filtrazione degli analiti estratti, al fine di semplificare la loro separazione e determinazione.

L'estrazione di un elemento da una fase solida viene effettuata per ripartizione dell'analita in una fase liquida estraente (estrazione solido-liquido). Il fluido estraente può essere un solvente o un fluido allo stato supercritico.

Tra i metodi di estrazione con solvente i più comuni sono:

- Estrazione con Soxhlet e sue modifiche
- Estrazione per sonicazione;
- Estrazione con liquidi pressurizzati.

92

Estrazione con Soxhlet e sue modifiche

Il metodo descritto da Soxhlet nel 1879 è tutt'oggi il più utilizzato per l'estrazione delle sostanze grasse dai solidi; è basato sull'estrazione dal solido, inserito in ditali filtranti di cellulosa o di fibra di vetro posti nell'estrattore di Soxhlet, composto da un bicchiere con scarico a sifone, applicato sotto un refrigerante a ricadere, e dotato di un condotto laterale collegato, mediante un giunto, ad un pallone contenente il solvente. Il vapore del solvente in ebollizione, attraverso il condotto laterale giunge al refrigerante, viene condensato a riflusso nel ditale, rimanendo in contatto del campione fino a raggiungere il livello del sifone che scarica l'estratto nel pallone sottostante, riprendendo il ciclo. L'estrazione avviene perciò per ripetuti lavaggi a freddo da parte del solvente distillato dal pallone. Trattandosi di un'estrazione in fase liquida a pressione atmosferica, il processo è molto lungo (fino a un paio di giorni- quindi non è adatto all'estrazione di sostanze labili), richiede grandi volumi di solvente e l'uso di cappe aspiranti. Non trascurabili sono anche i rischi di esplosioni, nel caso si usino solventi infiammabili.



93

Figura 8 sistema Soxhlet

Estrazione con ultrasuoni (sonicazione)

Questa tecnica utilizza le frequenze degli ultrasuoni per estrarre gli analiti dalla matrice in esame. Esistono due possibili opzioni per effettuare l'estrazione attraverso l'uso della sonicazione:

ultrasuoni diffusi, in cui si utilizza un bagno ad ultrasuoni dove viene immerso il recipiente col campione da estrarre in solvente;

ultrasuoni focalizzati, che utilizzano l'emissione di ultrasuoni con una sonda immersa direttamente nel recipiente col campione da estrarre in solvente.



Figura 9 sonicatore

Estrazione con liquidi pressurizzati

La PLE (Pressurized Liquid Extraction) o PSE (Pressurized Solvent Extraction) è una tecnica utilizzata per l'estrazione degli analiti da matrici solide come i sedimenti attraverso alta temperatura e sotto pressione, accelerando il desorbimento degli analiti stessi dal campione ed il loro trasferimento nel solvente. La temperatura elevata aumenta la capacità del solvente di solubilizzare l'analita aumentando la velocità di diffusione.

2.3.2.3. *Trattamenti necessari all'esecuzione di saggi biologici*

La biodisponibilità dei contaminanti accumulati nel sedimento può essere definita come la frazione di contaminante totale, presente sia disciolto nell'acqua interstiziale che adsorbito alle particelle di sedimento, che è disponibile per il bioaccumulo. I fattori che influenzano il grado di accumulo delle sostanze tossiche nei sedimenti e la loro bioaccumulabilità sono: le caratteristiche chimico-fisiche dei contaminanti, la composizione e le caratteristiche del sedimento nonché il comportamento e le caratteristiche fisiologiche degli organismi.

Per valutare gli effetti ecotossicologici relativi alla contaminazione dei sedimenti, vengono comunemente utilizzati degli organismi viventi (Luoma and Cater, 1993). I saggi ecotossicologici sono dei validi strumenti per questo genere di analisi in quanto forniscono risposte integrate a tutti i tossici contemporaneamente presenti e consentono inoltre di verificarne il possibile meccanismo d'azione (Samoiloff *et al.*, 1983).

Per quanto riguarda la scelta della specie più idonea da utilizzare per la conduzione del test di tossicità, ci si può basare sulle seguenti caratteristiche:

- buona conoscenza delle caratteristiche fisiologiche, metaboliche, riproduttive, ecologiche;
- facilità di reperimento e di allevamento o mantenimento in laboratorio;
- adeguata sensibilità alle sostanze tossiche;
- relativa stabilità genetica;
- compatibilità con il comparto ambientale da indagare (sedimento).

I saggi biologici sono eseguiti contestualmente alle analisi chimico-fisiche e microbiologiche, e vengono eseguiti su almeno 1/3 dei campioni, distribuiti in maniera rappresentativa in tutto il volume di materiale da caratterizzare.

La lista di specie utilizzabili è la seguente:

Alghe: i test di questo tipo considerano principalmente quale end-point l'inibizione della crescita algale. Il maggior riferimento è costituito dai metodi UNI EN ISO e le specie principalmente utilizzate sono:

- *Dunaliella tertiolecta*;
- *Pheodactylum tricornutum*
- *Skeletonema costatum*

Batteri: la durata dei test è di circa 15/30 minuti e la specie maggiormente utilizzata è

- *Vibrio fischeri*;

Rotiferi:

- *Brachionus plicatilis*

Crostacei: la durata dei test è circa 24/48 ore, massimo 96 sebbene esistano anche metodiche della durata di sette giorni e le specie principalmente usate sono:

- *Corophium orientale*;
- *Corophium insidiosum*;
- *Ampelisca diadema*;
- *Tigriopus fulvus*;
- *Acartia tonsa*;
- *Acartia clausi*;
- *Tisbe battagliai*;

Echinodermi:

- *Paracentrotus lividus*;
- *Sphaerechinus granularis*;

Pesci:

- *Dicentrarchus labrax*
- *Sparus auratus*

Devono essere scelte almeno 3 specie-test appartenenti a gruppi tassonomici diversi, di cui almeno una da applicare alla fase solida del sedimento (sedimento tal quale o centrifugato) e almeno una da applicare alla fase liquida (elutriato).

2.3.3. Parametri da analizzare

Analisi fisiche:

Analisi fisiche		
Descrizione macroscopica	Colore	
	Odore	
	Umidità	
	Peso specifico	
Caratteristiche granulometriche	Frazioni dimensionali	
	Dimensioni	
	Ghiaia	> 2 mm
	Sabbia	2 mm > x > 0.063 mm
	Pelite	0.063 mm > x > 0.004 mm
	Argilla	< 0.004 mm

97

Analisi chimiche:

Analisi chimiche	
Specie chimiche	Parametri da analizzare
Metalli	Al, As, Cd, Cr tot, Pb, Hg, Ni, Cu, V, Zn
Composti organostannici	Σ: Monobutil, Dibutil, Tributilstagno
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	IPA tot: Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzopirene, Benzofluorantene (b,k), Benzo(g,h,i)perilene, Indopirene, Acenafteene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Benzo(a)antracene, Indeno(1,2,3,C-D)PIRENE
Idrocarburi totali	Distinti in C>12 e C<12
Pesticidi organoclorurati	Aldrin, Dieldrin, a-esaclorocicloesano, b-esaclorocicloesano, g-esaclorocicloesano, DDD, DDT, DDE, (per ogni sostanza somma degli isomeri 2,4 e 4,4), HCB, eptacloro, eptacloro epossido, ossiclordano, cis-clordano, trans-clordano, trans-nonacloro, cis-nonacloro, eldrin, mirex, metossicloro
Policlorobifenili	Congeneri: PCB28, PCB52, PCB77, PCB81, PCB101, PCB118, PCB126, PCB128, PCB138, PCB153, PCB156, PCB169, PCB180 e loro Σ
Clorobenzeni	Esaclorobenzene
Carbonio organico totale	
Azoto totale	
Fosforo totale	

Analisi microbiologiche

Analisi microbiologiche	
Coliformi	Escherichia Coli
Enterococchi	Fecali
Salmonelle	
Clostridi	Spore di clostridi solfito-riduttori
Staffilococchi	
Miceti	

Analisi eco tossicologiche

Test ecotossicologici					
Gruppo tassonomico	Specie	Matrice	Stadio vitale	Esposizione	End-point
Alge	Dunaliella tertiolecta	Elutriato	Coltura cellulare	96h	Inibizione della crescita
	Pheodactylum tricomutum	Elutriato	Coltura cellulare	96h	Inibizione della crescita
	Skeletonema costatum	Elutriato	Coltura cellulare	96h	Inibizione della crescita
Batteri	Vibrio fischeri	Elutriato	Cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza
		Sedimento centrifugato	Cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza
Rotiferi	Brachionus plicatilis	Elutriato	Individui	48h	Schiusa delle cisti
Crostacei	Corophium orientale	Sedimento TQ	Individui giovani-adulti	10 giorni	Mortalità
	Corophium insidiosum	Sedimento TQ	Individui giovani-adulti	10 giorni	Mortalità
	Ampelisca diadema	Sedimento TQ	Individui giovani-adulti	10 giorni	Mortalità
	Tigriopus fulvus	Elutriato	nauplii	96h	Mortalità
	Acartia tonsa	Elutriato	nauplii	96h	Mortalità
	Acartia clausi	Elutriato	nauplii	96h	Mortalità
Echinodermi	Tisbe battagliai	Elutriato	nauplii	96h	Mortalità
	Paracentrotus lividus	Elutriato	Fecondazione uova	1h	Fecondazione uova
Pesci	Sphaerechinus granularis	Elutriato	Fecondazione uova	1h	Fecondazione uova
	Dicentrarchus labrax	Elutriato	Govanili	96h	Mortalità
	Sparus auratus	Elutriato	Govanili	96h	Mortalità

98

Caratterizzazione fisica:

Granulometria

Granulometria	
Norme europee	Norme nazionali
UNI EN 933-1 2009	ICRAM Metodologie analitiche di riferimento, sedimenti, scheda3, 2001-2003

L'analisi granulometrica dei sedimenti consiste nella determinazione della distribuzione dimensionale delle particelle che lo costituiscono ed è suddivisa in tre fasi distinte:

- Preparazione e pretrattamento del campione: ogni campione viene trattato con una soluzione di perossido d'idrogeno (30%) e acqua distillata in proporzione 1:4 per 48h a temperatura ambiente. I campioni sono poi lavati con acqua distillata così da rimuovere i sali presenti;
- Separazione della frazione sabbiosa da quella pelitica: dopo gli opportuni pretrattamenti ciascun campione viene separato ad umido in due frazioni granulometriche mediante un setaccio con vuoto di maglia da 63 μ m. La frazione più grossolana ($>63 \mu$ m) e quella fine ($<63 \mu$ m) sono conservate in appositi contenitori, essiccate in stufa e successivamente pesate;
- Analisi delle frazioni ottenute: la frazione $>63 \mu$ m (sabbia e ghiaia) viene separata con una serie di setacci da -1 a 4 phi (phi = $-\log_2$ del rapporto diametro dei granuli espresso in mm / diametro unitario di 1 mm) con intervallo di 0.5 phi della serie ASTM. Le frazioni di sedimento vengono successivamente pesate e viene calcolata la percentuale dell'intera frazione.

99

Frazioni Dimensionali		Dimensioni
Ghiaia		$> 2 \text{ mm}$
Sabbia		$2 \text{ mm} > x > 0.063 \text{ mm}$
Pelite	Limo	$0.063 \text{ mm} > x > 0.004 \text{ mm}$
	Argilla	$< 0.004 \text{ mm}$

Nella tabella successiva vengono riportate le varie classi granulometriche con gli intervalli in metri, pollici e nella scala phi:

Scala ϕ	Intervallo dimensionale (metrico)	Intervallo dimensionale (approssimato in pollici)	Classi granulometriche (Wentworth)
< -8	> 256 mm	> 10.1 in	Blocchi
-6 to -8	64–256 mm	2.5–10.1 in	Ciottoli
-5 to -6	32–64 mm	1.26–2.5 in	Ghiaia molto grossa
-4 to -5	16–32 mm	0.63–1.26 in	Ghiaia grossa
-3 to -4	8–16 mm	0.31–0.63 in	Ghiaia media
-2 to -3	4–8 mm	0.157–0.31 in	Ghiaia fine
-1 to -2	2–4 mm	0.079–0.157 in	Ghiaia molto fine
0 to -1	1–2 mm	0.039–0.079 in	Sabbia molto grossa
1 to 0	$\frac{1}{2}$ –1 mm	0.020–0.039 in	Sabbia grossa
2 to 1	$\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$ mm	0.010–0.020 in	Sabbia media
3 to 2	125–250 μ m	0.0049–0.010 in	Sabbia fine
4 to 3	62.5–125 μ m	0.0025–0.0049 in	Sabbia molto fine
8 to 4	3.90625–62.5 μ m	0.00015–0.0025 in	Silt
> 8	< 3.90625 μ m	< 0.00015 in	Argilla
>10	< 1 μ m	< 0.000039 in	Colloide

100

% umidità

I campioni, conservati congelati, sono scongelati e pesati per essere poi successivamente seccati in stufa a 40°C, raffreddati e pesati di nuovo. La percentuale d'umidità presente nel sedimento si ricava dal rapporto fra il peso del sedimento umido ed il peso di quello secco moltiplicato per 100.

Peso specifico

Il peso specifico di un campione di sedimento rappresenta il rapporto tra la massa di un campione e il rispettivo volume. Occorre distinguere tra un volume reale, ricavato dalla somma dei volumi delle

particelle, e un volume apparente, che comprende oltre al volume delle particelle anche quello degli spazi vuoti. Perciò si distinguerà un peso specifico reale, corrispondente al valore medio di tutti i componenti solidi del sedimento e un peso specifico apparente, la cui determinazione sperimentale si basa sul rapporto tra il peso di un campione di terreno seccato all'aria e il rispettivo volume.

2.3.3.1. Caratterizzazione chimica:

Organometalli: TBT

Tributilstagno (TBT)	
Norme internazionali	Norme nazionali
US EPA Method 8323 2003 Revision 0 Jan 2003	ICRAM "Programma di monitoraggio dell'ambiente marino costiero" 2001-2003 Metodologie analitiche di riferimento-Scheda 7

101

5-20 g di sedimento, precedentemente essiccato in stufa a 40° per 2 giorni, vengono posti in un imbuto separatore con 10 ml di HCl 6N e 20 ml di CH₂Cl₂. Si agita per 4 ore per favorire l'estrazione. Vengono poi aggiunti 5 g di NaCl per facilitare la formazione dell'emulsione durante l'estrazione. I campioni sono successivamente centrifugati a 1500 rpm per 10 minuti. Si separano in questo modo tre fasi; la frazione di CH₂Cl₂ viene posta in beuta ed evaporata a secco in rotavapor a 30°C. Il residuo viene ripreso con 4 ml di esano, tre di questi vengono posti in provette di vetro. Alla soluzione si aggiungono 3 ml di NaOH al 3% (v/v) per eliminare lo stagno inorganico e le forme mono- e di- alchilstagno. Si prelevano 2 ml di esano e si trasferiscono in provette da 5 ml per evaporarli a secco sotto azoto. Il residuo viene digerito con 1 ml di HNO₃ al 69% per 1 ora a 120°C. Si fa evaporare l'acido innalzando la temperatura a 150°C con le provette aperte. Il residuo viene ripreso con 2 ml di soluzione satura di acido borico con l'1% di HCl. Lo stagno viene analizzato allo Spettrofotometro con la tecnica HGA-AS (Hybride Generation Atomic Absorption Spectroscopy).



Figura 10 HGA-AS (Hybride Generation Atomic Absorption Spectroscopy)

Metalli pesanti:

102

I metalli sono componenti naturali dei sedimenti e sono considerati inquinanti se il loro livello eccede quello naturale. In particolare i metalli pesanti (così chiamati per l'alta densità) sono quelli caratterizzati dalla maggiore tossicità: Tra questi mercurio, cadmio e piombo sono i più rappresentativi per il rischio ambientale dovuto al loro uso massivo, alla tossicità e alla loro ampia distribuzione).

I metodi per la determinazione dei metalli prevedono l'impiego di diverse tecniche:

- spettrofotometria di assorbimento atomico in fiamma;
- spettrofotometria di assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica;
- spettrofotometria di assorbimento atomico con formazione di idruri;
- spettrometria di emissione con sorgente al plasma;
- spettrofotometria di assorbimento molecolare nel visibile;
- cromatografia ionica.

I metalli possono essere presenti sia nella fase liquida sia nella fase solida; pur non essendoci nella realtà separazioni nette tra disciolto e particolato, ma piuttosto un "continuo" di dimensioni molecolari; nella pratica si sono adottate per convenzione le seguenti definizioni:

- metallo disciolto: il metallo presente nella fase liquida di un campione non acidificato passato attraverso un filtro avente una porosità di $0,45\ \mu\text{m}$;
- metallo sospeso (o in sospensione): il metallo presente nella fase solida di campione non acidificato trattenuta da un filtro avente porosità di $0,45\ \mu\text{m}$;

- metallo totale: la somma delle concentrazioni del metallo disciolto e del metallo sospeso;
- metallo estraibile con acido: la concentrazione di metallo in soluzione dopo trattamento di un campione non filtrato con acido. Questo trattamento può essere più o meno forte, secondo lo scopo delle indagini; ovviamente quanto più il trattamento è forte, tanto più la concentrazione del metallo estraibile con acido diventa prossima alla concentrazione del metallo totale.

Mercurio

Mercurio	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA 3051a 2007 + EPA 6010c 2007	CNR IRSA 10 q 64 vol 3 1985
EPA 7471b 1998	
EPA 3052 1996 + EPA 6010c 2007	

Il mercurio è un elemento che si ritrova in natura soprattutto sotto forma di cinabro (HgS); è un metallo fortemente tossico per l'uomo e in genere per gli organismi viventi.

103

Cadmio

Cadmio	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA 3051a 2007 + EPA 6010c 2007	CNR IRSA 10 q 64 vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020A man 29, 2003
EPA 3050b 1996 + EPA 6020a 2007	
EPA 3052 1996 + EPA 6010c 2007	

Le forme di cadmio che più comunemente si trovano in natura comprendono lo ione Cd^{2+} , complessi Cd-cianuro e l'idrossido $\text{Cd}(\text{OH})_2$; è un metallo relativamente mobile in acqua. Nei sedimenti un incremento di pH a valori superiori a 6, favorisce i processi di precipitazione e assorbimento sugli ossidi dei metalli, che ne causano la rimozione dallo stato liquido. Le principali fonti di contaminazione sono le operazioni di placcatura, i depositi di rifiuti contenenti il metallo, processi industriali per la produzione di leghe o ad opera di officine galvaniche.

Piombo

Piombo	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA 3051a 2007 + EPA 6010c 2007	CNR IRSA 10 q 64 vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020A man 29, 2003
EPA 3050b 1996 + EPA 6020a 2007	
EPA 3052 1996 + EPA 6010c 2007	

L'inquinamento da piombo interessa aria, acqua e suolo; in gran parte deriva dalla combustione delle benzine (soprattutto in passato), da attività industriali (fonderie), dalla manifattura delle batterie e dal suo uso in sostanze chimiche o pigmenti. Il piombo e i suoi composti sono molto tossici per l'uomo e per gli animali in quanto danno luogo a fenomeni di accumulo.

Arsenico

Arsenico	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA 3051a 2007 + EPA 6010c 2007	CNR IRSA 10 q 64 vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020A man 29, 2003
EPA 3050b 1996 + EPA 6020a 2007	
EPA 3052 1996 + EPA 6010c 2007	

104

L'arsenico può essere contenuto naturalmente nei sedimenti; è un composto tossico, viene generalmente utilizzato nel veleno per topi anche se le principali fonti di contaminazione ambientale sono le industrie per la produzione di zinco, rame e piombo e gli insetticidi utilizzati in agricoltura.

Cromo totale

Cromo totale	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA 3051a 2007 + EPA 6010c 2007	CNR IRSA 10 q 64 vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020A man 29, 2003
EPA 3050b 1996 + EPA 6020a 2007	
EPA 3052 1996 + EPA 6010c 2007	

La causa naturale più rilevante è rappresentata dall'erosione naturale di rocce, mentre le sorgenti di origine antropica più importanti sono la produzione metallurgica di leghe, la lavorazione dei minerali di cromo, l'industria conciaria, l'uso di prodotti finiti contenenti cromo (vernici, coloranti, impregnanti, oggetti cromati o costituiti da leghe metalliche).

Rame

Rame	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA 3051a 2007 + EPA 6010c 2007	CNR IRSA 10 q 64 vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020A man 29, 2003
EPA 3050b 1996 + EPA 6020a 2007	
EPA 3052 1996 + EPA 6010c 2007	

Le attività di estrazione rappresentano la fonte principale d'inquinamento da rame per l'ambiente acquatico. Il rame trova impiego come algicida negli scafi delle imbarcazioni, come materiale per la costruzione di tubi e nel trattamento del legname da costruzione. E' un elemento necessario, a basse concentrazioni, agli organismi animali e vegetali dove è presente in tracce e sottoforma di Cu^{2+} ha ruolo di attivatore enzimatico. Si trova spesso nei sedimenti in forma poco mobile, legato alla materia organica.

Nichel

105

Nichel	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA 3051a 2007 + EPA 6010c 2007	CNR IRSA 10 q 64 vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020A man 29, 2003
EPA 3050b 1996 + EPA 6020a 2007	
EPA 3052 1996 + EPA 6010c 2007	

La presenza di nichel in ambiente acquatico è legata per lo più a cause naturali quali la dissoluzione delle rocce anche se non possono essere sottovalutati gli apporti antropici dovuti ad esempio all'industria della placcatura o a quella di produzione di batterie e catalizzatori.

Zinco

Zinco	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA 3051a 2007 + EPA 6010c 2007	CNR IRSA 10 q 64 vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020A man 29, 2003
EPA 3050b 1996 + EPA 6020a 2007	
EPA 3052 1996 + EPA 6010c 2007	

Lo zinco è utilizzato soprattutto nel rivestimento del ferro e delle leghe ferrose (zincatura) e sottoforma di polvere in vernici antiruggine, trova applicazione nell'industria della gomma, delle fibre e delle ceramiche. L'assorbimento dello zinco nei sedimenti è un fenomeno favorito dalle caratteristiche chimiche del metallo.

Alluminio

Alluminio	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA 3051a 2007 + EPA 6010c 2007	CNR IRSA 10 q 64 vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020A man 29, 2003
EPA 3050b 1996 + EPA 6020a 2007	
EPA 3052 1996 + EPA 6010c 2007	

L'alluminio è l'elemento chimico con numero atomico 13. Il suo simbolo è Al ed è identificato dal numero CAS 7429-90-5. Si tratta di un metallo duttile color argento. L'alluminio si estrae principalmente dai minerali di bauxite ed è notevole la sua resistenza all'ossidazione, la sua morbidezza, e la sua leggerezza. L'alluminio grezzo viene lavorato tramite diversi processi di produzione industriale, quali ad esempio la fusione, la forgiatura o lo stampaggio. L'alluminio viene usato in molte industrie per la fabbricazione di milioni di prodotti diversi ed è molto importante per l'economia mondiale. Componenti strutturali fatti in alluminio sono vitali per l'industria aerospaziale e molto importanti in altri campi dei trasporti e delle costruzioni nei quali leggerezza, durata e resistenza sono necessarie.

106

Idrocarburi totali

Idrocarburi totali	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA 3540c 1996 + EPA 8270a 2007	Estrazione con solvente e determinazione mediante spettrofotometria IR o con GC-FID
EPA 8015c 2000 + EPA 5030b 1996/ EPA 3550b 1996	

Idrocarburi pesanti (C>12)	
Norme internazionali	
EPA 3545a 2007 + EPA 3620c 2007 + EPA 8015d 2003	
ISO/ TR 11046	
EN 14039 2004 (E)	
EPA 3550c 2007 + EPA 8015c 2007	
EPA 3541 1996 + EPA 8100 1986	

Idrocarburi leggeri (C<12)	
Norme internazionali	
EPA 5021a 2003 + EPA 8015 2003	
EPA 5021 1996 + EPA 8021b 1996	
EPA 5035a 2002 + EPA 8015c 2007	

I metodi più classici prevedono un'estrazione con solvente seguita dalla determinazione gas cromatografica della quantità totale di idrocarburi presenti nel campione di sedimento oppure la loro

estrazione attraverso l'uso di ultrasuoni e successiva determinazione su fibrosil tramite GC-FID (gas cromatografia con rivelatore a ionizzazione di fiamma).

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA 3540c 1996 + EPA 8270d 2007	EPA 8100 1986 + CNR IRSA 25 q 64 1985
EPA 3545a 2007 + EPA 3640 1994 + EPA 8270d 2007	
EPA 8100 1986 + EPA 8270d 2007	
EPA 3550C + EPA 8015c	

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono una classe di composti organici costituiti da due o più anelli aromatici condensati. Questi composti ubiquitari si formano principalmente durante i processi di combustione dei combustibili fossili e vengono prodotti sempre come miscele, mai come singoli composti. La composizione delle miscele dipende dalla sorgente dell'inquinamento, dalle condizioni di formazione e da eventuali processi degradativi intercorsi. Gli IPA sono contaminanti ubiquitari (Blumer, 1976; Suess, 1976) possono avere sia origine naturale che antropogenica. Eruzioni vulcaniche e incendi boschivi rappresentano le maggiori fonti naturali, mentre le fonti antropiche includono attività industriali, incenerimento di rifiuti, emissioni veicolari, il riscaldamento domestico e, in generale, tutti i processi che comportano la combustione incompleta della materia organica (Lim et al. 1999; Marr et al. 1999). Gli IPA si possono trovare sia in fase vapore che in fase solida in relazione alla temperatura ed alla pressione di vapore ambientale.

107

Il procedimento analitico per la determinazione di idrocarburi policiclici aromatici nei sedimenti prevede di pesare 2-5g di campione, preliminarmente liofilizzato, ed aggiungere 5ml di una miscela metanolo-acetone. La soluzione così ottenuta viene messa ad agitare per 30 minuti circa con un agitatore meccanico e successivamente immersa in un bagno ad ultrasuoni per 1 ora. Successivamente il campione viene nuovamente agitato e sottoposto a centrifugazione a 2000 r.p.m. per circa 30 minuti al fine di separare l'estratto dal corpo di fondo, al termine dei quali viene filtrato il surnatante mediante filtri di 0.2 micron per eliminare eventuali tracce di residuo solido. La determinazione strumentale avviene mediante cromatografia liquida ad alta risoluzione con rivelatore a fluorescenza.

Per l'eluizione dei principi viene utilizzata una miscela CH₃CN/H₂O in gradiente di concentrazione che va dal 60% al 100% di CH₃CN, con flusso di 1.5ml/min, su una colonna C18. Il limite di rilevabilità è 0.5 ng/g (peso secco).

Gli IPA ricercati sono: naftalene, acenafte, fluorene, fenantrene, antracene, fluorantene, pirene, benzo(a)antracene, crisene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(a)pirene, dibenz(a,h)antracene, benz(g,h,i)perilene, indeno(1,2,3,c,d)pirene.

Pesticidi organo clorurati e fitofarmaci: a-esaclorocicloesano, b-esaclorocicloesano, g-esaclorocicloesano, aldrin, dieldrin, DDD, DDT, DDE

Fitofarmaci	
Norme internazionali	
UNI 10802, 2004 App A+ App B + UNI EN 12457-2, 2004 + EPA 3510c, 1996 + Epa 8270 d 2007	EPA 3550c 2007 + EPA 3640a 1996 + EPA 8270d 2007

108

Il metodo d'analisi più comune utilizza tecniche gascromatografiche sull'estratto di un campione di fango o di sedimento e può essere utilizzato fino a concentrazioni di pesticidi organoclorurati di circa 0.1 mg/kg di soluzione finale. Prima 100 g di campione sono omogeneizzati, viene successivamente aggiunta celite (10g) e 200 ml di acetone. Tutta la miscela viene poi filtrata e a 25-30 ml della soluzione acetonica sono aggiunti acqua deionizzata e una soluzione satura di NaCl. L'estratto viene poi purificato ed analizzato utilizzando un detector ECD (Electron Capture Detector).

Policlorobifenili: PCB totali (somma dei congeneri, PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180)

Policlorobifenili (PCB)	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA 3545a 2007 + EPA 3640a 1994 + EPA 8082a 2007	CNR IRSA 24b q64 vol 3 1988
EPA 3550c 2007 + EPA 8082a 2007	

L'estrazione dei contaminanti organoclorurati prevede, dopo aver pesato una quantità pari a circa 5g di campione (precedentemente liofilizzato), l'uso di una miscela 50:50 esano-acetone: sono eseguite tre

estrazioni, la prima con 100 ml della soluzione esano-acetone, le altre due con 50 ml; ogni volta si dibatte per 30 minuti circa nell'agitatore meccanico, al fine di favorire il contatto tra il solvente ed il sedimento. Al termine segue una fase di purificazione della soluzione tramite dibattimento con TBA (tetrabutylammonio), per l'eliminazione dello zolfo. A questa fase ne segue una successiva di purificazione su colonna di Florisil (circa 3 g) realizzata facendo eluire in colonna il campione seguito da 30 ml di esano. La frazione ottenuta si porta delicatamente a secco, si riprende con 1 ml di isotano e si trasferisce nei vial per la determinazione quali-quantitativa. L'analisi viene eseguita mediante gascromatografia con rivelatore a cattura di elettroni (GC/ECD) ed il limite di rivelabilità è di 0,1 ng/g.

Carbonio Organico Totale (TOC)

Carbonio Organico Totale	
Norme internazionali	Norme nazionali
UNI EN 13137 2002	DM 13/9/99 GU n248 21/10/99 Met II.2

109

Il metodo è basato sulla completa e istantanea ossidazione del campione solido per combustione in ambiente arricchito di O₂. Il campione, contenuto in capsule di stagno o argento per la determinazione del carbonio totale o organico, rispettivamente, viene immesso tramite autocampionatore nel reattore di combustione mantenuto a circa 1000°C. I gas derivanti dal processo di combustione (CO₂, NO_x, N₂, H₂O) sono trasportati mediante una corrente di elio (gas di trasporto) attraverso un catalizzatore, costituito da ossidi di alluminio e tungsteno (Al₂O₃-WO₃), che ha la funzione di inibire la formazione di ossidi di azoto (NO_x). La miscela di combustione insieme all'eccesso di ossigeno passa attraverso una colonna di riduzione, costituita da granuli di rame ridotto puro, mantenuta a circa 650°C, dove l'ossigeno in eccesso viene adsorbito e gli ossidi di azoto eventualmente presenti vengono trasformati in azoto elementare. I gas risultanti (CO₂, N₂, H₂O) passano, quindi, attraverso un filtro assorbente (perclorato di magnesio) che trattiene l'acqua, ad una colonna gascromatografica che separa l'N₂ dalla CO₂. La colonna è collegata ad un rivelatore a termocoducibilità (TCD), che fornisce un segnale in uscita proporzionale alla quantità dei singoli componenti la miscela.

Azoto totale

Azoto totale	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA Method 440.0	DM 13/9/99 GU n248 21/10/99 Met XIV.2 + XIV.3
	CNR IRSA 1 q64 vol 3 1985

L'azoto totale è una sostanza chimica che favorisce la crescita delle microalghe (sali nutritivi) ed è utilizzato dalle piante per il loro accrescimento. L'eccesso di questa sostanza può influenzare la crescita della biomassa vegetale dando luogo a fioriture algali che provocano il fenomeno dell'eutrofizzazione (maree rosse, marroni, gialle).

Il metodo classico prevede l'essiccazione del sedimento, la sua pesatura e la disgregazione in un analizzatore elementare alla temperatura di 975°C. I prodotti della combustione passano attraverso un tubo riducente in rame che converte l'ossido d'azoto in azoto molecolare. Si formano diossido di carbonio, vapore d'acqua e azoto, che sono equamente miscelati in determinati volumi, pressioni e temperature. La miscela è poi mandata verso rivelatori che ogni volta misurano per differenza H (come vapore d'acqua), carbonio (come CO₂) e azoto (come N molecolare).

Fosforo totale

110

Fosforo totale	
Norme internazionali	Norme nazionali
SM Method 4500-P B+E or F	CNR IRSA 9 q64 vol 3 1985
	DM 13 9 1999 XV.1

Il fosforo può trovarsi nei sedimenti in combinazione con la materia organica e quindi un metodo di digestione per determinare la sua quantità totale deve essere in grado di ossidare la materia organica e rilasciare il fosforo come orto fosfato. Solitamente per i sedimenti si utilizza l'acido perclorico nella digestione che rappresenta il metodo più lungo e drastico d'estrazione. Dopo la liberazione l'ortofosfato viene determinato attraverso l'uso di tecniche colorimetriche.

Composti organici

	Composti organici nei sedimenti		
	Norma	Analiti	Metodo d'estrazione
norme nazionali	CNR IRSA 19a	Fenoli	Ultrasuoni
	CNR IRSA 22	Pesticidi organoclorurati	Liquido /solido
	CNR IRSA 22a	Pesticidi organofosforati	Liquido /solido
	CNR IRSA 23a	Solventi organici clorurati	Liquido /solido e ultrasuoni
	CNR IRSA 23b	Solventi organici aromatici	Liquido /solido e ultrasuoni
	CNR IRSA 24	PCB	Ultrasuoni
	CNR IRSA 24b	PCB e PCT	Soxhlet
	CNR IRSA 25 e 25a	PAH	Soxhlet e ultrasuoni
	CNR IRSA 26	Ammine aromatiche	Ultrasuoni
norme internazionali	ISO WD 22032	PBDE	Soxhlet
	DIN 38414.23	PAH	
	EPA 3500B	Composti organici non volatili	
	EPA 3540	Composti organici non volatili	Soxhlet
	EPA 3541	Composti organici non volatili	Soxhlet
	EPA 3545	Composti organici non volatili	PLE
	EPA 3546	Composti organici non volatili	Microonde
	EPA 3550	Composti organici non volatili	Ultrasuoni
	EPA 3560	Composti organici non volatili	SFE
	EPA 3561	PAH	SFE
	EPA 3562	PCB e pesticidi organoclorurati	SFE
	EPA 3570	Composti organici non volatili	Liquido /solido

Composti organici volatili (COV)

COV	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA Method 18, 21	CNR IRSA 5 Q 64 Vol 3 1988. Fanghi, Rifiuti, Sedimenti
EPA Method 8260 2006+ EPA Method 5035A 2002	

I COV sono composti del carbonio esclusa l'anidride carbonica ed i carbonati in genere che prendono parte a reazioni fotochimiche in atmosfera. Sono definiti come "qualsiasi composto che alla temperatura di 20°C abbiano una pressione di vapore di 0,01 kPa o superiore oppure che abbia una volatilità corrispondente in condizioni particolari d'uso. La volatilità di tali composti è la caratteristica che viene sfruttata per l'introduzione dei VOC nella strumentazione d'analisi. I principali componenti organici di una miscela di gas sono separati attraverso un gas-cromatografia (GC) e quantificati individualmente attraverso ionizzazione per fiamma, fotoionizzazione, cattura di elettroni o altri appropriati mezzi di rilevazione.

112

Test di cessione

Test di cessione	
Norme internazionali	Norme nazionali
EN 12457-2, 2002; UNI 10802	CNR IRSA Q33 metodi analitici per i fanghi

Le metodologie più frequentemente applicate per la determinazione del comportamento alla lisciviazione dei sedimenti come rifiuto sono:

- Leaching behavior tests- up flow percolation test (UNI CEN TS 14405,2004);
- Leaching behavior tests- Part 1: ANC test;
- Leaching behavior tests- Part 2: pH static test.

La metodologia si divide in più fasi, dalla definizione del problema (smaltimento o recupero, tipo di rifiuto, tipologia di soluzione ricercata) all'individuazione dei parametri ambientali, fino alla formulazione di un modello di comportamento del rifiuto alla lisciviazione con successiva convalida.

Attualmente sono previsti 4 test per i sedimenti:

- EN 12457-1:2004;
- EN 12457-2:2004;
- EN 12457-3:2004;
- EN 12457-4:2004.

Essi sono tutti simili tra loro (anche se in Italia il più frequentemente utilizzato è il EN 12457-2:2004 in tutto simile alla metodica prevista dalla norma UNI 10802 Appendice A).

Tutti prevedono l'uso di acqua deionizzata mentre le uniche differenze riguardano il rapporto Liscivante/Solido (L/S) che è uguale a 2 nel primo test, 10 nel secondo e quarto ed è costituito da due stadi sequenziali (L/S)=2 e (L/S)=8 nel terzo.

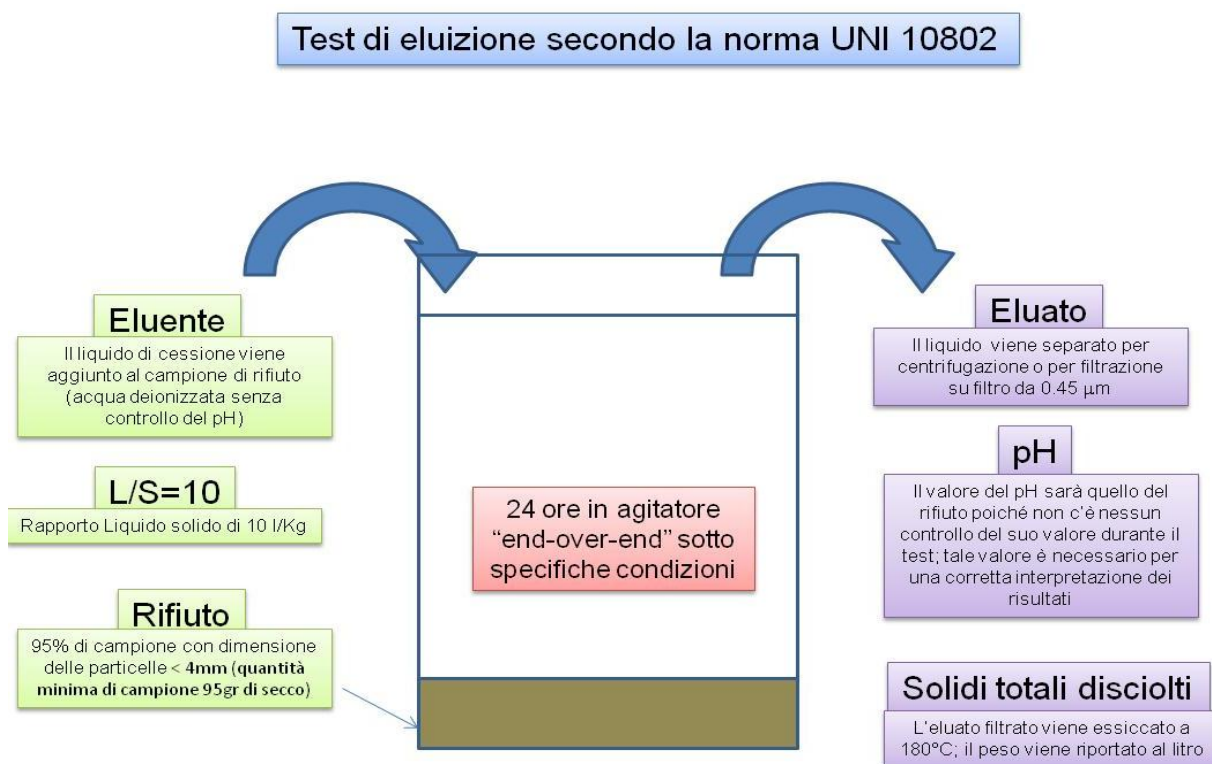


Figura 11 Test di eluizione (UNI 10802)

2.3.3.2. Caratterizzazione microbiologica:

Coliformi fecali ed Escherichia Coli

Coliformi fecali	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA Method 1680	Rapporti ISTISAN 2002-2003
Appendix F, EPA/625/R-92/013	
EPA 1681	

I coliformi fecali sono un gruppo di batteri della famiglia delle Enterobacteriaceae, che vivono nell'intestino dell'uomo e altri animali a sangue caldo. Sono batteri gram-negativi, a forma di bastoncello, aerobi-anaerobi facoltativi, non sporigeni, che fermentano il lattosio con produzione di acidi e gas alla temperatura di 44,5 °C in 24 ore. Costituiscono un sottogruppo dei coliformi totali e, rispetto a questi ultimi, rappresentano un indice più specifico di contaminazione fecale delle acque e degli alimenti. Sono presenti nel materiale fecale ad una concentrazione media di 10^7 - 10^8 /g.

114

L'E. Coli è considerato indice di contaminazione nella valutazione di inquinamento delle acque; la stima di tali parametri permette di emettere un giudizio quantizzabile sull'entità della contaminazione biologica e indirettamente sui possibili pericoli da eventuali patogeni. La loro presenza indica contaminazione in atto da liquami biologici.

Il controllo regolare di questi indicatori garantisce il mantenimento di un elevato livello di protezione dell'ambiente e della salute umana.

Streptococchi fecali

Streptococchi fecali	
Norme internazionali	Norme nazionali
Dir. 76/160/CEE	Rapporti ISTISAN 2002-2003
	APAT Manuali e linee guida 20-2009

Gli streptococchi sono batteri Gram positivi, di forma sferica, immobili e asporigeni. Si raggruppano a formare catenelle e in vivo sono dotati di una capsula che viene rapidamente perduta nelle colture su terreni artificiali. Sono più resistenti di Escherichia Coli alla potabilizzazione (clorazione) e al

disseccamento e sono in grado di moltiplicarsi in presenza di azide sodica che inibisce i Gram positivi e di Etil violetto.

La loro determinazione avviene con l'utilizzo di un terreno di coltura liquido con tubi multipli del campione a diverse diluizioni.

Spore di clostridi solfito riduttori

Spore di clostridi	
Norme internazionali	Norme nazionali
American Public Health Association. 1976. Standard methods for the examination of water and wastewater, 14th ed.	Rapporti ISTISAN 2002-2003

Sono considerati come indicatori i microrganismi sporigeni appartenenti al genere *Clostridium*, poiché essi possono essere sia parte della microflora naturale sia come risultato di una deposizione a lungo termine. In particolare *C. perfringens* possiede delle caratteristiche che lo rendono particolarmente adatto come indicatore microbiologico di inquinamento fecale (Desmarais et al., 2002).

115

La presenza o assenza di clostridi solfito-riduttori può essere usata per valutare lo stato degli ecosistemi. Attualmente sono usati come indicatori solo per le acque potabili mentre per i sedimenti sono solo facoltativi.

I clostridi sono maggiormente presenti nel sedimento fangoso rispetto al sabbioso, quindi la loro concentrazione risulta essere in funzione anche della granulometria delle particelle sedimentarie. La maggior concentrazione si riscontra negli strati superficiali dei sedimenti perché la densità batterica è condizionata dalla concentrazione della sostanza organica presente (Cavallo et al., 1996).

Il metodo si basa sul conteggio diretto delle colonie utilizzando la tecnica dell'inclusione e consente di calcolare la concentrazione delle spore dei microrganismi appartenenti al genere *Clostridium* presenti in un volume noto di campione. La procedura consiste in una serie di fasi successive così suddivise:

- preparazione della sospensione del campione;
- pretrattamento del campione;
- insemminazione del campione con la tecnica dell'inclusione in terreno colturale agarizzato ed incubazione;
- conteggio ed identificazione delle colonie;

- eventuale conferma delle colonie;
- espressione dei risultati.

Salmonelle, enterovirus e miceti

Salmonelle	
Norme internazionali	Norme nazionali
EPA Method 1682	Rapporti ISTISAN 2002-2003
Appendix G, EPA/625/R-92/013	

Le salmonelle sono bacilli Gram-negativi, asporigeni, anaerobi facoltativi. Fermentano il glucosio, producendo gas (H_2S), riducono i nitrati e non producono citocromo-ossidasi. La maggior parte non fermenta il lattosio. Possedendo flagelli peritrichi, sono tutte mobili tranne *S. Gallinarum-Pullorum*. I sierotipi sono diversificati secondo l'antigene somatico "O", l'antigene flagellare "H" e l'antigene di superficie "Vi". Secondo l'antigene "O", si distinguono nei sierogruppi A, B, C1, C2, D ed E. Le salmonelle sono presenti nell'ambiente e possono essere sia commensali sia patogeni per uomini e per vari animali; alcuni sierotipi lo sono esclusivamente per l'uomo (es. *S. typhi* e *S. paratyphi*), altri si adattano anche ad altri animali (es. *S. typhimurium*). Gli enterovirus sono un genere di ribovirus della famiglia dei Picornaviridae. Presentano RNA a polarità positiva (+) in numero mediamente di 75 Kb, capside isometrico di 27-30 nm, e sono sprovvisti di peplos (pericapside).

116

Infine i miceti, comunemente detti funghi, sono vegetali privi di clorofilla che vivono come saprofiti o parassiti sul terreno e sugli animali; alcuni possono essere tossici e velenosi.

Analisi ecotossicologiche (saggi biologici di tossicità):

Test ecotossicologici			
Gruppo tassonomico	Specie	Normativa italiana	Normativa internazionale
Alghe	Dunaliella tertiolecta	IRSA 1978. Metodologia di saggio algale per lo studio della contaminazione delle acque marine. Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque, 39, IRSA-CNR, Milano. Pp. 116.	ISO 1995. Water quality - Marine algal growth inhibition test with Skeletonema costatum and Phaeodactylum tricornutum. Reference number : ISO 10253:1995.
	Pheodactylum tricornutum		ISO 2005. Water quality - Marine algal growth inhibition test with Skeletonema costatum and Phaeodactylum tricornutum. Draft International Standard ISO/DIS 10253.
Batteri	Vibrio fischeri	ASTM. 1995. Standard test method for assessing the microbial detoxification of chemically contaminated water and soil using a toxicity test with a luminescent marine bacterium. D5660-95	USEPA. 1995. Biological Toxicity Testing. Engineering Bulletin. Superfund EPA/540/S-95/501.
Rotiferi	Brachionus plicatilis	ASTM e 1440-91 (2004)	
Crostacei	Corophium orientale	APAT IRSA-CNR 2003. Metodi analitici per le acque. Manuali e Linee guida. 29/2003. Vol. Terzo. Metodo 8060.	ISO, 2001. Water quality – Determination of acute toxicity of marine or estuarine sediments to amphipods. ISO/TC147/SC5N, Draft Version, pp. 16
	Corophium insidiosum	IRSA 1994 b. 8020 - Metodi di valutazione della tossicità con acque con Daphnia. In: Metodi analitici per le acque, Quad. Ist. Ric. Acque, 100: 336-342.	US EPA. 1976. Bioassay procedures for the ocean disposal permit program. Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, Environmental Protection Agency. Gulf Breeze, FL. Pp. 96.
	Ampelisca diadema		
	Tigriopus fulvus	Guzzella L. 1996. Saggio di tossicità acuta con Artemia sp.. Not. Metodi Anal. IRSA- CNR, ISSN:0392-1425, settembre 1996: 1-6.	
	Acartia tonsa		
	Acartia clausi		
	Tisbe battagliai		
Echinodermi	Paracentrotus lividus	ASTM 1995. Standard guide for conducting static acute toxicity tests with echinoid embryos. E-1563-95: 1025-1046	
	Sphaerechinus granularis		US EPA, 1994. Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving water to marine and estuarine organisms. U.S. EPA, 600-4-91-003.
Pesci	Dicentrarchus labrax	ASTM E 1022-94 (Dicentrarchus labrax)	US EPA 1994. Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to marine and estuarine organisms, , U.S.EPA-600/4-91/003
	Sparus auratus	IRSA 1994 a. 8010 - Metodi di valutazione della tossicità con acque con pesci. In: Metodi analitici per le acque, Quad. Ist. Ric. Acque, 100: 332-336.	USEPA 1995 (Dicentrarchus labrax)

117

I saggi biologici ed i test di tossicità sono esperimenti nei quali alcuni individui appartenenti ad una specie-target vengono esposti, in condizioni controllate, rispettivamente a campioni naturali (acqua, reflui urbani, sedimento, suolo, ecc.) o a soluzioni di sostanze tossiche note, al fine di valutarne gli eventuali effetti tossicologici.

I saggi ecotossicologici possono essere condotti su:

a) sedimento tal quale, procedura indicata per valutare gli effetti dovuti al contatto diretto tra sedimento e organismo test e, quindi, per stimare sia la tossicità dovuta ai composti strettamente associati alle particelle del sedimento stesso sia quella dovuta alle sostanze presenti nella soluzione interstiziale del sedimento;

b) elutriati acquosi del sedimento, cioè campioni preparati a partire da una miscela acqua-sedimento, allo scopo di isolare le sostanze solubili in acqua e rilasciabili dal sedimento e valutare la loro tossicità nei confronti di organismi test;

c) estratti in solvente organico, cioè campioni ottenuti per estrazione dal sedimento con opportuno solvente di sostanze adsorbite e valutarne la loro tossicità. In questo modo si valuta il rischio potenziale di organismi associato all'esposizione a contaminanti organici presenti nel sedimento: si tratta di un rischio potenziale in quanto le condizioni di estrazione adottate non si verificano nella realtà.

I saggi biologici, da eseguire contestualmente alle analisi chimico-fisiche e microbiologiche, e devono essere eseguiti su almeno 1/3 dei campioni, distribuiti in maniera rappresentativa in tutto il volume di materiale da caratterizzare.

Per test di tossicità acuta o a breve termine il campione viene considerato privo di tossicità quando gli effetti di tutti i test sono come da colonna A della Tabella 2.4 del "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini" ICRAM-APAT 2007, ovvero $EC_{20} \leq 90\%$ oppure effetto massimo $< 15\%$.

118

In caso di saggi di tossicità cronica o a lungo termine il campione viene considerato privo di tossicità quando gli effetti di tutti i test sono come la Colonna B della Tabella 2.4 del "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini" ICRAM-APAT 2007, ovvero $EC_{20} < 90\%$ ed $EC_{50} > 100\%$ oppure $15\% < \text{effetto massimo} \leq 30\%$ (tabella sotto).

Si definiscono:

- EC_n : Concentrazione della sostanza o del campione in esame in corrispondenza della quale si verifica il n% dell'effetto considerato (Effect Concentration) come end-point nelle condizioni di riferimento della procedura specificata. Nel caso in cui l'end-point è la mortalità, l' EC_{50} è spesso definita anche come LC_{50} (Letal Concentration).
- End-Point: Tipologia di effetto biologico considerato nella valutazione della tossicità in un saggio biologico o in un test di tossicità acuti e/o cronici.

Specie-test	Colonna A	Colonna B	Colonna C	Colonna D
<i>Skeletonema costatum</i>	EC20 $\geq$ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40% $\leq$ EC50 $\leq$ 100%	EC50 < 40%
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	EC20 $\geq$ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40% $\leq$ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Pheodactylum tricornutum</i>	EC20 $\geq$ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40% $\leq$ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Vibrio fischeri (elutriato)</i>	EC20 $\geq$ 90%	EC20 < 90% e EC50 $\geq$ 90%	20% $\leq$ EC50 < 90%	EC50 < 20%
<i>Vibrio fischeri (sedimento)</i>	S.T.I. $\leq$ 3	3 < S.T.I. $\leq$ 6	6 < S.T.I. $\leq$ 12	S.T.I. > 12
<i>Brachionus plicatilis</i>	EC20 $\geq$ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 $\leq$ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Ampelisca diadema</i>	Δ Mortal. $\leq$ 15%	15% < Δ mortal. $\leq$ 30%	30% < Δ mortal. $\leq$ 60%	Δ mortal. > 60%
<i>Corophium orientale</i>	Δ Mortal. $\leq$ 15%	15% < Δ mortal. $\leq$ 30%	30% < Δ mortal. $\leq$ 60%	Δ mortal. > 60%
<i>Corophium insidiosum</i>	Δ Mortal. $\leq$ 15%	15% < Δ mortal. $\leq$ 30%	30% < Δ mortal. $\leq$ 60%	Δ mortal. > 60%
<i>Balanus amphitrite</i>	Δ Mortal. $\leq$ 15%	15% < Δ mortal. $\leq$ 30%	30% < Δ mortal. $\leq$ 60%	Δ mortal. > 60%
<i>Acartia tonsa</i>	EC20 $\geq$ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 $\leq$ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Acartia clausi</i>	EC20 $\geq$ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 $\leq$ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Tisbe battagliai</i>	EC20 $\geq$ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 $\leq$ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Tigriopus fulvus</i>	EC20 $\geq$ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 $\leq$ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Paracentrotus lividus</i>	EC20 $\geq$ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 $\leq$ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Sphaerechinus granularis</i>	EC20 $\geq$ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 $\leq$ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Dicetrarchus labrax</i>	EC20 $\geq$ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 $\leq$ EC50 < 100%	EC50 < 40%
<i>Sparus aurata</i>	EC20 $\geq$ 90%	EC20 < 90% e EC50 > 100%	40 $\leq$ EC50 < 100%	EC50 < 40%

2.4. Interpretazione dei dati di caratterizzazione

Attraverso l'uso di tecniche chemiometriche sarà possibile ricavare le informazioni necessarie ad una completa caratterizzazione del sedimento osservando l'evoluzione nel tempo delle varie stazioni di campionamento prese in esame nel porto turistico, in associazione ai singoli contaminanti oggetto delle analisi. Questo consente di poter limitare l'origine di un'eventuale fonte inquinante ad una precisa e determinata zona permettendo un intervento mirato e tempestivo.

La chemiometria è infatti un settore della chimica che studia l'applicazione dei metodi matematici o statistici ai dati chimici. La International Chemometrics Society (ICS) ne dà la seguente definizione: «la chemiometria è la scienza di relazionare le misure effettuate su un sistema o su un processo chimico allo stato del sistema via applicazione di metodi matematici o statistici.»

120

Essa si avvale di metodi matematici, statistici e logici per:

- progettare, selezionare ed ottimizzare procedure ed esperimenti;
- estrarre la massima informazione possibile sul sistema in esame attraverso l'analisi dei dati;
- fornire una rappresentazione grafica di questa informazione.

Generalmente i sistemi reali che poniamo sotto osservazione e dai quali vogliamo trarre un'informazione sono di tipo multivariato, sono cioè governati da più variabili che agiscono nello stesso momento sul sistema stesso. La chemiometria consente un approccio di tipo multivariato al sistema da studiare: in questo modo permette di tenere conto di tutte le variabili in gioco, consentendo di sfruttare al meglio tutte le informazioni contenute nei dati da analizzare.

I test statistici utilizzati sono:

- l'ANOVA (acronimo di ANAlisys Of VAriance) necessaria ad evidenziare la presenza di disuguaglianze tra i vari punti del porto nel corso del periodo di monitoraggio. Successivamente il test post-hoc di Fisher sarà necessario per verificare quali risultati presentano differenze significative gli uni dagli altri.

- L'Analisi Fattoriale (AF), tecnica che permette di ottenere una riduzione della complessità del numero di fattori che spiegano un fenomeno. Essa è stata utilizzata per ricercare le variabili "latenti", in numero più ristretto e riassuntivo rispetto alle variabili di partenza.

L'AF si suddivide in varie tipologie di analisi e l'Analisi delle Componenti Principali (PCA) costituisce la più comune.

La PCA permette di presentare dati estremamente complessi ed articolati in modo più semplice attraverso grafici bidimensionali (o tridimensionali) costruiti utilizzando come assi principali i gruppi di variabili che più risultano associati tra loro e che riescono a mantenere la maggior parte dell'informazione senza notevoli perdite di significatività.

2.5. Caratterizzazione ed opzioni di gestione dei sedimenti

La gestione dei sedimenti provenienti dall'attività di dragaggio fa parte di un *progetto sito specifico* che individua e pianifica le fasi di scavo, trasporto, trattamento, recupero/smaltimento, compreso il controllo di tali operazioni.

L'idoneità del materiale dragato ad essere gestito secondo determinati criteri, tecnico-ingegneristici e normativi, viene verificata attraverso due passaggi fondamentali:

- *individuazione del quadro normativo di riferimento specifico per il sito di prelievo* - è un passaggio essenziale: la normativa italiana attuale fissa per le attività di dragaggio regole generali, orientate alla tutela dell'ambiente e della salute umana, e particolari, per i porti che si trovano all'interno di Siti di Interesse Nazionale; i porti turistici possono ricadere nell'ambito di S.I.N. e dunque essere soggetti alle norme in esse vigenti;
- *caratterizzazione* delle qualità fisiche, chimiche e microbiologiche del materiale da dragare.

122

Nei seguenti paragrafi si sintetizza un algoritmo che esemplifica come le azioni di cui ai due punti precedenti guidino il processo decisionale sulla gestione dei sedimenti. Si tratta di uno schema indicativo che, sulla base delle caratteristiche del sedimento e della provenienza dello stesso, traccia un percorso economicamente e tecnicamente sostenibile per la sua gestione ed evidenzia l'opportunità/possibilità di un suo riutilizzo/recupero.

Una volta individuato il quadro normativo di riferimento, uno dei primi step dell'algoritmo è generalmente la descrizione della granulometria del materiale da dragare. L'individuazione del quantitativo di sedimenti pelitici nel materiale da dragare ha grande rilevanza economica e tecnica nella fase di gestione post dragaggio. La frazione fine non ha grandi potenzialità di *riutilizzo* tal quale, ed il suo *riciclaggio* risulta tecnicamente ed economicamente impegnativo.

L'utilizzo tal quale di materiali con frazione pelitica significativa (>10%) è addirittura da escludere per i ripascimenti costieri, a causa della torbidità che questi producono sia in fase di refluento che quando sottoposti alla forza delle correnti e del moto ondoso.

In altri casi, come nel riutilizzo come riempimento di banchine o colmate, l'abbondanza di frazioni limose ed argillose comporta 1) la notevole difficoltà di drenare le acque e di rendere velocemente

agibili i terrapieni 2) che i terrapieni ottenuti abbiano modeste caratteristiche di portanza e presentino significativi e lenti cedimenti sotto carico.

Anche certe attività di trattamento, quali il sediment washing o la semplice separazione granulometrica del sedimento fine da quello grossolano ($> 63 \mu$), risultano operazioni economicamente sostenibili solamente quando le percentuali di sabbia superano il 60-70%.

Di contro, la frazione sabbiosa e ghiaiosa del sedimento da dragare presenta ampie potenzialità di recupero, in quanto:

- risulta relativamente facile la sua decontaminazione dagli inquinanti più comuni nei sedimenti di dragaggio;
- esiste un mercato ed una domanda per sabbia e ghiaia, sia nell'ambito delle costruzioni civili che nell'ambito dell'ingegneria ambientale (in primis per il ripascimento di arenili compromessi da fenomeni erosivi);
- il recupero è conveniente rispetto allo smaltimento.

123

In base all'analisi granulometrica vengono dunque individuate modalità di gestione diverse.

2.5.1. Sedimenti provenienti da porti turistici posti all'interno di un Sito di Interesse Nazionale

Nei siti oggetto di interventi di bonifica di interesse nazionale (art. 252 d.lgs 152/2006; art. 11-*bis, ter quater e quinquies* legge 28 gennaio 1994, n.84 e successive modifiche) le operazioni di dragaggio possono essere svolte *anche contestualmente alla predisposizione del progetto relativo alle attività di bonifica*. Si tratta di una deroga al sistema generale che normalmente non ammette, salvo autorizzazioni espresse, l'esecuzione di interventi di carattere edilizio all'interno dei siti sottoposti a bonifica.

Al fine di evitare che le operazioni di dragaggio 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 30 giorni sotto il profilo tecnico-economico e lo trasmette al Ministero dell'Ambiente per l'approvazione definitiva.

Il progetto deve comprendere, ai sensi del Decreto 7 novembre 2008 “le tecniche idonee per la rimozione ed 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 in strutture di contenimento”.

A tal fine il progetto di dragaggio, per quel che concerne gli aspetti ambientali, deve contenere: i risultati delle analisi chimiche, fisiche, microbiologiche ed ecotossicologiche per la caratterizzazione secondo quanto stabilito dall’Allegato “A” del DM 7/11/2008 (*Disciplina delle operazioni di dragaggio nei siti di bonifica di interesse nazionale, ai sensi dell’art.1, comma 996, della legge n. 296 del 27/12/2006*).

Ai sensi dell’art. 5 comma 11 quinquies «l'idoneità del materiale dragato ad essere gestito secondo quanto previsto ai commi 11-ter e 11-quater viene verificata mediante apposite analisi da effettuare nel sito prima del dragaggio sulla base di metodologie e criteri stabiliti con apposito decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, da adottare entro quarantacinque giorni dalla data di entrata in vigore della presente disposizione»; di questo si occupa infatti l’Allegato A del decreto.

124

Il punto 2 dell’Allegato A prevede che si proceda con la caratterizzazione «dell’intera superficie e dell’intero volume oggetto di intervento»; il punto 3 dell’Allegato A si occupa dello “Schema di campionamento” e definisce le dimensioni della maglia (50x50, 100x100, 200x200); il punto 4 della “Profondità del campionamento” e il punto 5 della “Scelta dei campioni”. Il punto 6 contiene le “Metodiche di campionamento”, il punto 7 il “Subcampionamento e preparazione dei campioni” e il punto 8 il “Trattamento e conservazione dei campioni”. Nel punto 9 sono indicati i “Criteri per la scelta dei laboratori incaricati per le analisi”. Le “Analisi previste” sono riportate al punto 10; si tratta di analisi fisiche (tabella A1) e di analisi chimiche (tabella A2 contenente i valori di quantificazione cui riferirsi). Sempre al punto 10 troviamo la tabella A3, dove sono riportate le analisi microbiologiche da eseguire ai fini della collocazione prevista dall’art. 5 comma 11 ter (immissione/refluimento in mare e utilizzo per la formazione di terreni costieri o per interventi di ripascimento) e la tabella A4 contenente le modalità di applicazione dei saggi biologici ai sedimenti (analisi ecotossicologiche) sempre ai fini della medesima destinazione. Il punto 11 contiene le “Modalità di restituzione dei risultati”; infine il punto 12 si occupa della “Elaborazione e valutazione dei risultati”.

I fanghi di dragaggio, a meno che non siano pericolosi, non sono classificati rifiuti (il decreto 7 novembre 2008, come la legge 84/1994 usano solo il termine “materiali” dragati), anche se alcune fasi della gestione risultano analoghe alla gestione dei rifiuti.

Tale particolare regime sussiste solo qualora la gestione di detti materiali avvenga conformemente alle disposizioni dell'art. 5 della legge 84/1994 e del Dm 7 novembre 2008. L'inosservanza di queste specifiche disposizioni contempla una gestione illecita di rifiuti, da sanzionarsi ai sensi della relativa disciplina.

Dunque il materiale derivante da operazioni di dragaggio dei fondali portuali deve essere assoggettato alla disciplina in tema di rifiuti solamente quando detto materiale venga gestito con modalità diverse da quelle indicate dall'art. 5, commi 11 ter e quater della l.n. 84/1994 (relative rispettivamente all'immissione e refluento in mare di materiale non inquinato ovvero al conferimento di materiale idoneo all'interno di vasche di colmata realizzate conformemente alla disciplina vigente), oppure quando le caratteristiche eco-tossicologiche di detto materiale, anche dopo i trattamenti previsti dalla normativa (11-quater. (...) *trattamenti finalizzati esclusivamente alla rimozione degli inquinanti, ad esclusione quindi dei processi finalizzati all'immobilizzazione degli inquinanti stessi, come quelli di solidificazione/stabilizzazione(...)*), presentino valori di inquinamento superiori a quelli consentiti dalla normativa vigente per il loro conferimento nelle suddette vasche di colmata.

125

Sulla base della normativa vigente, la gestione del materiale derivante da operazioni di dragaggio, e specificatamente lo sversamento di detto materiale nella vasca di colmata, è attività che, laddove compiuta nella *scrupolosa osservanza delle procedure dettate dai commi 11 bis e seguenti della legge 84/1994 e dal decreto del Ministero dell'Ambiente del 7 novembre 2008, fuoriescono dalla immediata e diretta sfera di operatività del d.lg. 152/2006¹*.

Viceversa, nel caso in cui la gestione del materiale non avvenga secondo quanto previsto dall'art.5 della 84/94, cioè nell'eventualità di *una diversa destinazione e gestione a terra* dei materiali derivanti dall'attività di dragaggio, si devono applicare le previsioni del Testo Unico Ambiente.

¹ Sentenza del 2 gennaio 2009 – Tribunale di Livorno

Materiali di dragaggio contaminati e pericolosi (rimasti tali anche all'esito di eventuali operazioni di trattamento)	→	Sono RIFIUTI e come tali vanno gestiti
Materiali di dragaggio contaminati ma non pericolosi (all'origine o a seguito di specifico trattamento)	→	NON sono RIFIUTI ove la loro gestione avvenga in conformità alle disposizioni in esame; possono essere collocati in via definitiva in apposite strutture di contenimento
Materiali di dragaggio non contaminati (o che comunque presentano caratteristiche analoghe al sito di prelievo e idonee rispetto a quello di destinazione)	→	NON sono RIFIUTI a patto che la loro gestione avvenga in conformità a quanto previsto dalle disposizioni in esame; possono essere rimessi in mare o riutilizzati per formare terreni costieri o per il ripascimento degli arenili

Dunque, in sintesi, possiamo così definire le modalità di gestione dei sedimenti provenienti dal dragaggio all'interno dei SIN, in funzione della loro caratterizzazione:

- qualora i materiali dragati presentino 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 terrapieni costieri o utilizzati per il ripascimento di arenili;*
- qualora i materiali dragati, *pur contaminati*, rientrino entro i limiti previsti dall'All.D Parte IV del decreto legislativo 152/2006 e siano quindi classificabili come *non pericolosi*, all'origine o in seguito a trattamenti finalizzati esclusivamente alla rimozione degli inquinanti (esclusi quindi i processi di immobilizzazione degli inquinanti stessi come nei processi di stabilizzazione/solidificazione) => possono essere refluiti all'interno di vasche di colmata o altre strutture di contenimento *in ambito costiero* (la vasca di colmata deve avere le caratteristiche di cui all'art.5 comma 11-quater della L.84/94). Nel caso in cui al termine delle attività di refluitamento, i materiali presentino livelli di inquinamento superiori ai valori limite (CSC) 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 dalla colmata*, in relazione alla sua destinazione d'uso;
- qualora le concentrazioni presenti nel materiale dragato superino i limiti indicati nell'Allegato D, Parte IV del D.Lgs 152/2006 sono esclusi entrambe le modalità precedenti, ed i materiali, una volta dragati, sono *rifiuti pericolosi* e devono essere trattati secondo quanto previsto dal T.U.A.

D'altra parte, il materiale dragato all'interno dei SIN, quando non pericoloso, *non è un rifiuto, se e solo se* questo viene:

- refluito o immesso in mare, su *autorizzazione del Ministero dell'Ambiente*;
- utilizzato per ripascimento costiero, su *autorizzazione della Regione o della Provincia* di competenza;
- refluito in vasca di colmata *autorizzata dai Ministeri delle Infrastrutture e dell'Ambiente*, tal quale o a seguito di trattamento di rimozione dei contaminanti (la vasca di colmata deve avere le caratteristiche di cui all'art.5 comma 11-quater della L.84/94). Nel caso in cui al termine delle attività di refluimento, i materiali presentino livelli di inquinamento superiori ai valori limite (CSC) 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 dalla colmata*, in relazione alla sua destinazione d'uso.

Le autorizzazioni citate rappresentano una condizione necessaria, e vengono acquisite nell'ambito del procedimento di approvazione del progetto di dragaggio presentato dall'Autorità Portuale.

127

Ciò significa che, ad esempio, il materiale dragato non è un rifiuto se e solo se si procede alla sua collocazione nella colmata autorizzata nell'ambito del procedimento suddetto.

2.5.2. Sedimenti provenienti da porti turistici posti in siti ordinari

Al di fuori dei SIN le attività di scavo dei fondali ai fini della migliore utilizzazione di uno specchio acqueo producono sedimenti la cui natura giuridica va definita sulla base di un'indagine empirica, che ne accerti la composizione e ne determini la destinazione.

L'indagine ambientale consiste in una caratterizzazione (fisica, chimica, microbiologica ecotossicologica e biocenotica) dei sedimenti del fondale, che appura:

- 1) l'idoneità del materiale al suo riutilizzo tal quale: il sedimento costituisce una risorsa utilizzabile ad esempio, per la modifica della linea di costa (ripascimento della spiaggia emersa ed

immersa); la possibilità di effettuare questo tipo di riutilizzo è subordinato alla verifica di compatibilità ambientale con le caratteristiche del sito di destinazione²; il sedimento può essere anche riutilizzato per riempimenti confinati, quali casse di colmata, vasche di raccolta o comunque di strutture di contenimento poste in ambito costiero, oppure deliberatamente immerso in materiale aperto (l'art. 109 del Dlgs 152/2006 consente l'immersione in mare aperto di materiali di escavo di fondali marini o salmastri o di terreni litoranei emersi; l'immersione è soggetta ad autorizzazione, che è rilasciata dall'autorità competente solo quando sia dimostrata, nell'ambito della relativa istruttoria, l'impossibilità tecnica o economica del loro utilizzo ai fini di ripascimento o di recupero oppure del loro smaltimento alternativo); in Italia la normativa attuativa vigente è quella del D.M. 24-1-1996 Direttive inerenti le attività istruttorie per il rilascio delle autorizzazioni di cui all'art. 11 della legge 10 maggio 1976, n. 319, e successive modifiche ed integrazioni, relative allo scarico nelle acque del mare o in ambienti ad esso contigui, di materiali provenienti 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.M. vigente in assenza di norme specifiche regionali);

- 2) l'inidoneità al riutilizzo tal quale, per caratteristiche chimiche o fisiche: tale eventualità di fatto qualifica il sedimento dragato come rifiuto (CER 170505* fanghi di dragaggio contenenti sostanze pericolose e 170506 fanghi di dragaggio, diversa da quella di cui alla voce 170505), e la sua gestione rientra nella immediata e diretta sfera di operatività della Parte IV del d.lg.s 152/2006. (i sedimenti dragati non rientrano tra le esclusioni previste all'applicazione della normativa di cui all'art.185 dlgs 152/2006).

I sedimenti provenienti dai dragaggi dei porti turistici possono, in generale, rientrare in entrambe le casistiche precedenti, sebbene, sia per le attuali politiche comunitarie sugli obiettivi di qualità dell'ambiente acquatico, che per l'evolversi della normativa ambientale, siano ormai preponderanti i casi nei quali il sedimento risulta inidoneo al riutilizzo tal quale.

La qualifica di rifiuto comporta di fatto l'applicazione di una disciplina che comporta, tra l'altro, che:

- 1) l'avviamento al recupero o allo smaltimento sia possibile esclusivamente presso strutture appositamente adibite ed autorizzate;

² La valutazione di compatibilità, con riferimento ai parametri chimici dei sedimenti e delle acque, può essere fatta con i valori stabiliti dal decreto del Ministero dell'Ambiente n. 56/2009, al fine di favorire il conseguimento dell'obiettivo di qualità chimica sulle acque marine e sui sedimenti costieri

- 2) il trasporto dei materiali dragati debba avvenire esclusivamente ad opera di aziende autorizzate, accompagnando i materiali dai formulari prescritti per legge;

Già questi due aspetti comportano limiti notevoli sulla scelta della destinazione del sedimento, e ciò indipendentemente dalla qualità intrinseca dello stesso (espressa dalla caratterizzazione).

I fanghi provenienti dall'escavo di fondali marini *non possono essere recuperati in procedura semplificata*: nel Decreto Ministero dell'ambiente 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 i fanghi di dragaggio sono inseriti fra i rifiuti recuperabili; ma fra essi *non si trovano i materiali di escavazione dei fondali dei porti*. A questo proposito si specifica che i fanghi (derivanti dall'escavo di acque interne) possono essere utilizzati in molti modi *purché non vengano a contatto coll'ambiente marino*.

A norma dell'art. 181, comma 12, del D.Lgs. n. 152/2006, "la disciplina in materia di gestione dei rifiuti si applica fino al completamento delle operazioni di recupero, che si realizza quando non sono necessari ulteriori trattamenti perché le sostanze, i materiali e gli oggetti ottenuti possono essere usati in un processo industriale o commercializzati come materia prima secondaria, combustibile o come prodotto da collocare, a condizione che il detentore non se ne disfi o non abbia deciso, o non abbia l'obbligo, di disfarsene".

129

Tra le operazioni di "recupero", ex art. 183, lett. h), del D.Lgs. n. 152/2006, sono espressamente "incluse la cernita o la selezione", operazioni di frequente effettuate sui sedimenti di dragaggio per il recupero della parte sabbiosa.

Sono invece esclusi dall'ambito di applicazione della Parte Quarta del D.Lgs. n. 152/2006 i sedimenti spostati all'interno di acque superficiali ai fini della gestione delle acque e dei corsi d'acqua o della prevenzione di inondazioni o della riduzione degli effetti di inondazioni o siccità o ripristino dei suoli se è provato che i sedimenti non sono pericolosi.

3. RASSEGNA DELLE TECNOLOGIE E TECNICHE ATTUALMENTE IMPIEGATE PER IL RECUPERO E/O RIUTILIZZO DEI SEDIMENTI MARINI PROVENIENTI DA DRAGAGGI NEI PORTI TURISTICI

3.1. Introduzione

Verranno di seguito analizzate le più importanti tecnologie attualmente impiegate per il trattamento dei sedimenti provenienti da dragaggi marittimi.

I principali processi di trattamento attualmente applicati ai sedimenti contaminati, ai fini del recupero, sono il trattamento fisico-chimico di separazione e recupero di sabbia e ghiaia (*soil washing*), alcune tecniche di decontaminazione biologica, la stabilizzazione/solidificazione con cenere, calce, silicati o cemento.

130

La scelta della tipologia di trattamento dipende fortemente da tre parametri principali:

- granulometria del sedimento (percentuali di ghiaia, sabbia, limo e argille);
- tipologia e concentrazioni dei diversi contaminanti presenti (metalli pesanti, idrocarburi, sostanza organica, ecc.);
- quantità di sedimento da trattare.

L'applicabilità dei trattamenti citati è condizionata dal fatto che i sedimenti possiedono caratteristiche peculiari che possono complicarne l'esecuzione o ridurne l'efficienza di decontaminazione.

E' importante evidenziare alcune caratteristiche che rendono i sedimenti di dragaggio molto diversi dai terreni di bonifica e che possono essere studiate per definire e mettere a punto specifici trattamenti finalizzati al recupero di questi materiali.

Nei sedimenti marini, rispetto a generici terreni contaminati, si possono riscontrare :

- Valori di umidità più elevati;
- Una netta prevalenza delle frazioni granulometriche più fini;
- Elevato contenuto salino;
- Maggiore eterogeneità dei contaminanti;
- Contemporanea presenza di contaminanti sia di natura organica che inorganica.

Pertanto, il trasferimento ai sedimenti di trattamenti comprovati nel caso di terreni contaminati richiede particolari cautele. Va inoltre evidenziato come generalmente, per effetto della presenza contemporanea di diverse categorie di contaminanti, un intervento sui sedimenti contaminati richieda l'adozione di una sequenza di diverse tecnologie. In primo luogo, è di regola necessaria l'applicazione di alcuni pre-trattamenti mirati ad aumentare le caratteristiche di trattabilità dei sedimenti, quali tipicamente la rimozione della frazione sabbiosa e dei solidi grossolani (a cui risultano generalmente associati ridotti livelli di contaminazione) e la disidratazione. In funzione della tipologia dei trattamenti di decontaminazione da adottare, possono essere inoltre necessarie operazioni di lavaggio finalizzate ad esempio alla riduzione della salinità od operazioni di mobilitazione preliminare dei contaminanti al fine di incrementare l'efficienza dei processi successivi.

Le tecniche illustrate nel seguito possono essere combinate fra loro in linee di trattamento multistadio.

131

3.2. Tecniche di dragaggio portuale

Le operazioni di dragaggio dei sedimenti, consentono di mantenere la corretta funzionalità di porti e canali idrici. Il dragaggio può essere necessario in diversi casi: ad esempio, per mantenere le profondità navigabili di darsene o canali portuali (dragaggi di manutenzione), per ingrandire canali o bacini navigabili (dragaggi di risanamento), o per trasferire sul litorale in erosione sabbie prelevate da depositi sottomarini, cave (dragaggi per ripascimenti) (*Gentilomo, 1998; Kelderman et al., 1991; U.S. Army Corps of Engineers, 1990*). I porti si possono insabbiare a causa delle mareggiate, delle correnti o per l'apporto di materiali solidi da terra. La riduzione della profondità del fondale come conseguenza di mareggiate, in genere, riguarda l'imboccatura del porto e nel caso in cui questa arrivi a rendere pericolosa la navigazione può essere attivata la "procedura d'urgenza" per procedere velocemente al ripristino della profondità *quo ante*. L'insabbiamento per le correnti ha una maggiore gradualità temporale e anch'esso coinvolge in particolare l'area dell'imboccatura del porto. L'apporto di materiali solidi da terra è più frequente per i porti-canale o per i porti di città rivierasche, a causa dell'immissione dei reflui civili, talvolta non trattati. Le sabbie che si accumulano all'imboccatura del porto provengono quasi sempre dal mare aperto. Il grado di contaminazione presumibile è basso e può risultare conveniente, a seguito del necessario riscontro della qualità microbiologica, destinarle al ripascimento delle spiagge vicine,

qualora ce ne sia la necessità. Le sabbie che si depositano all'interno del porto di solito sono più contaminate e devono essere scaricate in aree marine già individuate e caratterizzate: come tipologia di fondale, per le correnti e per le risorse ittiche presenti in zona; oppure in discariche controllate a terra. Le operazioni di dragaggio, a causa della frequente contaminazione di natura organica ed inorganica dei materiali dragati, assumono spesso la connotazione aggiuntiva di interventi di risanamento ambientale. Le operazioni di dragaggio sono quindi diventate interventi specifici atti a garantire il mantenimento di adeguati standard di qualità dell'ambiente acquatico (Manuale ICRAM, 2007). Gli ingenti quantitativi di materiale dragato possono presentare infatti, significativi livelli di contaminazione per lo più da idrocarburi e metalli pesanti, che precludono l'immersione non controllata in mare (articolo 109 del D.lgs 152/06). I principali elementi di criticità riguardano gli elevati quantitativi di materiali dragati (in Italia si stimano circa 5-6 Mm³ anno; Bonomo *et al.*, 2007), e la disomogeneità delle caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti costituenti i fondali portuali (contaminazione, tessitura, composizione chimica e mineralogica, etc.). Il dragaggio è un'attività ad alto impatto ambientale; in quanto l'escavazione dei fondali e l'eventuale scarico a mare dei materiali di risulta, costituisce un effettivo rischio per il rilascio dei contaminanti legati ai sedimenti. Le attività di dragaggio devono avvenire rispettando precise indicazioni riguardo a:

- sicurezza;
- dispersione di sedimento;
- torbidità e risospensione del sedimento;
- precisione e selettività;
- concentrazione della miscela.

Un dragaggio ambientalmente accettabile deve prendere in considerazione fattori quali la configurazione del sito, l'accuratezza dell'intervento e la protezione dell'habitat. I sistemi di dragaggio si suddividono secondo il principio di funzionamento della macchina dragante, che può essere di tipo meccanico o idraulico.

3.2.1. Il dragaggio meccanico

Il dragaggio meccanico viene utilizzato per rimuovere materiale ghiaioso, duro o compatto; il sedimento attraversa tutta la colonna d'acqua sovrastante prima di emergere. Mediamente si ottiene materiale che presenta un 40 % in peso secco. Le draghe meccaniche possono essere distinte in due categorie:

- 1) le draghe a secchie (bucket ladder dredger);
- 2) le draghe a benna mordente (grab dredger).

Nelle draghe a secchie (Figura 12), il materiale sciolto caricato nelle secchie (bucket) è trasportato fino al punto più alto della catena di secchie dove avviene lo scarico in una betta grazie ad uno scivolo. La capacità della secchia varia tra 100 litri e un metro cubo. La produzione massima settimanale è di 10.000-100.000 m³ e può operare fino ad una profondità massima di 20 m. Le draghe a secchie di piccole dimensioni possono essere anche auto-propulse. La capacità della benna mordente è compresa tra 1 e 200 m³. Le draghe a benna mordente (Figura 13) sono utilizzate generalmente su fondali limosi o fangosi. Il materiale può essere depositato nel proprio pozzo di carico (grab hopper dredger) di capacità compresa tra i 100 e i 2.500 m³, o in una betta.

133

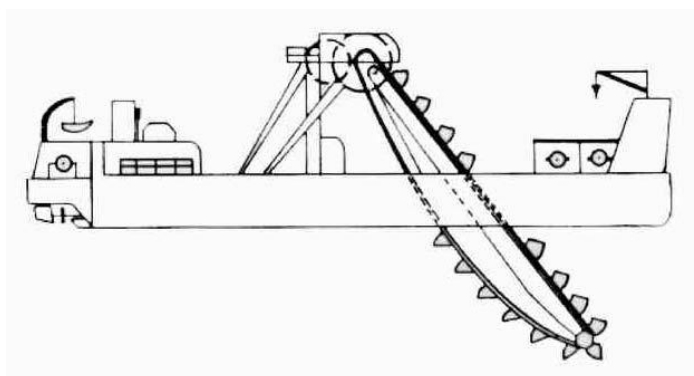


Figura 12 Tipologia di draga meccanica: draga a secchie (www.osservatoriomare.lazio.it/beachmed)



Figura 13 Tipologia di draga meccanica: benna mordente (www.osservatoriomare.lazio.it)

3.2.2. Il dragaggio idraulico

134

Il dragaggio idraulico è applicabile in presenza di materiale debolmente compatto, che viene prelevato e trasportato mediante tubi, limitando il problema della contaminazione dell'ambiente acquatico sovrastante e impedendo la diffusione di sostanze tossiche depositatesi nel corso tempo sul fondale del porto. In generale, i sistemi idraulici sono più veloci rispetto alle draghe meccaniche e vengono utilizzati per rimuovere grandi volumi di sedimento per lunghe distanze, ragione per cui è molto più costoso rispetto al dragaggio meccanico. Lo svantaggio di questa tecnica è quello di trattenere un'elevata percentuale di acqua, rendendo più difficoltoso e prolungato il trattamento successivo. Mediamente si ottiene materiale che presenta un 20 % in peso secco. Le draghe a suzione più comuni sono:

- la draga stazionaria aspirante con disgregatore (cutter suction dredger), (Figura 14);
- la draga aspirante semovente, con disgregatore o con pozzo di carico (trailing hopper suction dredger), (Figura 15).

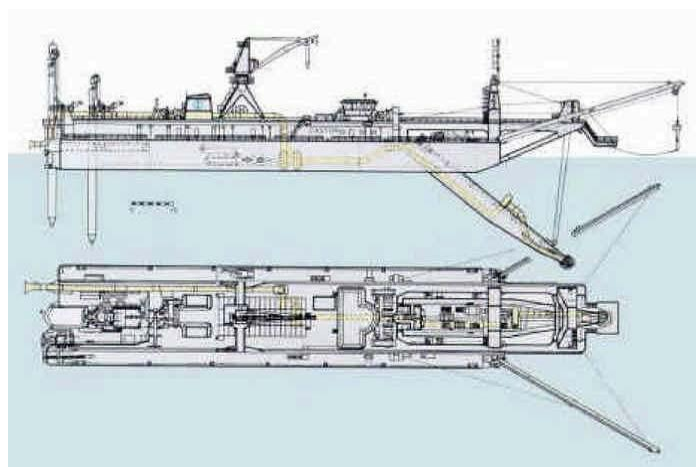


Figura 14 aspirante stazionaria con disgregatore: sezione e pianta (www.osservatoriomare.lazio.it)

La dimensione di una draga stazionaria aspirante con disgregatore è commisurata al diametro della condotta di aspirazione; tale diametro è compreso tra 100 e 1.500 mm. Una moderna draga di questo tipo, altamente automatizzata, è in grado di mantenere per un periodo di tempo prolungato un tasso di produzione settimanale di 500.000 m³. La draga è fornita di piloni scorrevoli verticalmente che, con l'infissione alternata, permettono il posizionamento e l'avanzamento dell'unità in fase di dragaggio. Le draghe esistenti hanno una potenza installata compresa tra 100 e 30.000 HP, ed una profondità di scavo variabile tra 3 e 45 m. Alcune unità di questo tipo sono anche autopropulse.

135

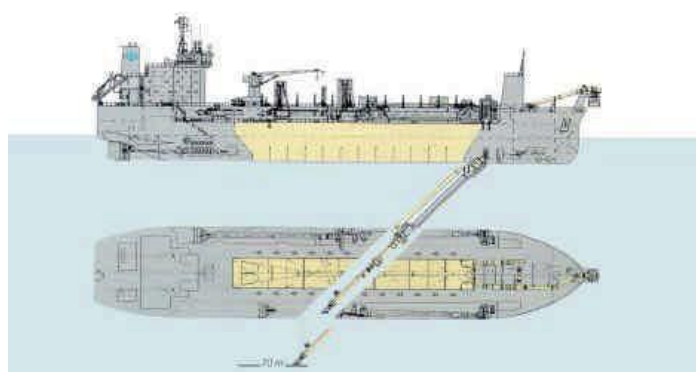


Figura 15 Draga aspirante semovente con pozzo di carico: sezione e pianta (www.osservatoriomare.lazio.it)

La draga aspirante semovente con pozzo di carico è capace di operare senza l'ausilio di boe di ancoraggio o cavi e ha lo scafo con la forma di una comune imbarcazione. Le draghe esistenti hanno una capacità di carico compresa tra 100 e 20.000 m³ e possono operare tra una profondità minima, dettata dal pescaggio della draga, di 5-8 m e una massima di oltre 100 m.

Le caratteristiche fisiche del materiale da prelevare, la quantità, la profondità di dragaggio, la distanza, le caratteristiche fisico-ambientali dell'area di ricollocamento ed il livello di inquinamento dei sedimenti, sono i principali fattori che definiscono il tipo di dragaggio più idoneo da utilizzare.

3.3. Il trasporto dei sedimenti di dragaggio

Il trasporto dei materiali dragati può avvenire fondamentalmente secondo tre modalità:

136

- 1 Stoccaggio diretto nella stiva della draga e trasporto via mare alla destinazione di trattamento.
- 2 Stoccaggio intermedio in appositi piazzali e successivo carico delle terre di dragaggio all'unità di trasporto, affidato a autocarri dotati di cassoni a tenuta.
- 3 Quando il dragaggio è di tipo idraulico, è possibile collegare direttamente la draga aspirante alla stazione di trattamento, mediante appositi condotti, che possono essere lunghi anche alcuni chilometri.

3.4. Opzioni di trattamento

Con riferimento alla terminologia consolidata per la bonifica di siti contaminati, anche le tecniche di trattamento dei sedimenti possono essere classificate in:

- Tecniche *in situ*, che prevedono la rimozione dell'inquinamento, oppure la sua stabilizzazione al fine di impedire qualsiasi rischio ambientale connesso, senza rimuovere il materiale contaminato dalla sua collocazione;

- Tecniche *ex situ*, in cui il materiale contaminato viene prelevato dal sito di collocazione e trasportato in apposito impianto di trattamento. Se l'impianto di trattamento viene appositamente realizzato nell'ambito del sito da bonificare si parla di tecniche *ex situ – on site*, mentre se il trasporto avviene in impianto non appositamente realizzato, e quindi lontano dal sito, si parla di tecniche *ex situ - off site*.

Le tecnologie di trattamento *in situ* non vengono trattate nello specifico, in quanto nel presente progetto è comunque previsto il dragaggio dei sedimenti.

Il trattamento può essere effettuato mediante tre tipi fondamentali di tecnologie:

- Bioremediation (trattamento microbiologico)
- Trattamenti termici
- Trattamenti chimico fisici

137

3.4.1. Bioremediation

La bioremediation indica il processo di trattamento che utilizza microrganismi naturalmente presenti nell'ambiente (come funghi e batteri) per "spezzare" o degradare sostanze dannose in composti meno tossici o, addirittura, non tossici per l'uomo.

I microrganismi mangiano e digeriscono composti organici per ottenere energia necessaria alla loro crescita. Esistono alcuni microrganismi che sono in grado di alimentarsi e digerire sostanze organiche che, invece, risultano pericolose per la salute dell'uomo, quali combustibili e solventi, riducendoli in prodotti innocui (principalmente ossido di carbonio ed acqua). Una volta che il contaminante è stato degradato, le popolazioni di questi microrganismi si riducono o scompaiono del tutto, in quanto è stata utilizzata tutta la loro fonte di cibo.

Le tecniche di *bioremediation* "aiutano" la crescita delle popolazioni di microrganismi capaci di operare questa "pulitura", mediante la creazione di condizioni ambientali a loro ottimali, allo scopo di detossificare la massima quantità di contaminanti.

Le tecniche di biorisanamento sono state utilizzate con successo per decontaminare siti interessati da inquinamento di petrolio, bifenili policlorurati (PCB), tricloroetilene (TCE), percloroetilene (PCE), trinitrotoluene (TNT) e BTEX (benzene, toluene, etilene e xilene) ma è ancora una tecnologia immatura. Osservando gli sviluppi tecnologici nel settore della bonifica di siti contaminati degli ultimi anni si può riconoscere una chiara tendenza all'applicazione di tecnologie di risanamento preferibilmente semplici e con impatto economico possibilmente basso. Esistono diverse alternative, tutte mirate ad incentivare l'attività microbiologica nel terreno. Il raggiungimento degli obiettivi di bonifica in tempi e a costi competitivi dipende da una vasta serie di parametri di ottimizzazione il cui controllo richiede una grande esperienza applicativa. Il trattamento biologico ex-situ può essere effettuato in più modi:

- Trattamento in bio-reattori.
- Landfarming.
- Trattamento in bio-pile.
- Fitodepurazione.

138

3.4.1.1. Trattamento in bioreattori

Il trattamento di terreni in bio-reattori è solitamente limitato ai casi di contaminazione da sostanze recalcitranti che richiedono particolari condizioni di trattamento (per es. combinazione aerobico – anaerobico).

I bioreattori in fase *slurry* (reattori in fase fluida o semisolida) si utilizzano quando la matrice da depurare presenta un contenuto ponderale d'acqua compreso tra il 40 e il 90%.

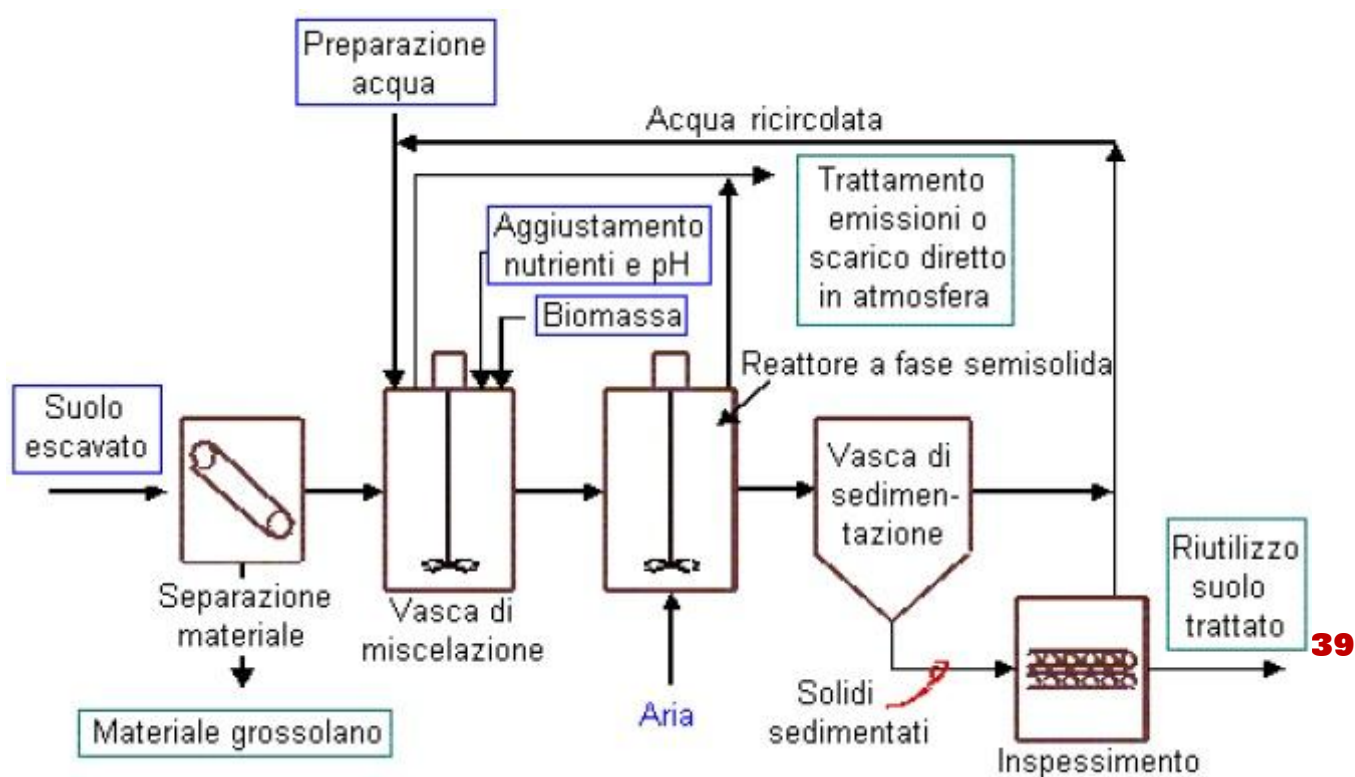


Figura 16 Schema di funzionamento di un bioreattore

La massa fangosa è mantenuta in costante agitazione da pale rotanti o insufflando aria od ossigeno in pressione; l'utilizzo dell'ossigeno aumenta l'efficienza del processo di biodegradazione, ma implica costi maggiori e introduce problemi di esplosività.

I reattori in questione possono essere di tipo *batch* o continui a seconda delle modalità di carico e di scarico. I primi hanno il vantaggio di consentire un controllo di processo più efficace, non essendo presenti correnti entranti, ma implicano tempi di trattamenti più lunghi e stoccaggi di grandi quantità di materiale. I reattori funzionanti in modalità continua permettono di trattare maggiori quantità di matrice inquinata, ma risultano difficilmente controllabili nel tempo, a causa dei parametri variabili delle correnti entranti. Una parte del liquame uscente dai bioreattori continui viene riciclato per mantenere una buona concentrazione microbica, evitando così il *wash out*, ed in parte inviato ad ispessitori per ridurre il contenuto d'acqua in modo da abbattere i costi di trasporto e di stoccaggio. Nei reattori discontinui una piccola quantità di fluido viene utilizzato come inoculo per la successiva operazione *batch*.

I reattori *slurry* possono essere aperti all'atmosfera o chiusi; in questi ultimi si possono creare condizioni anaerobiche e si può sfruttare la biomassa anaerobica per la degradazione degli inquinanti. La digestione anaerobica di suoli molto inquinati da materiale organico (ad elevato BOD) porta alla

produzione di biogas, composto da CH_4 , CO_2 , H_2O e H_2S ed utilizzabile come combustibile. Con tali reattori viene trattata la frazione fine, costituita da limo e argilla, del suolo da decontaminare.

3.4.1.2. *Landfarming*

Il landfarming è un processo on site che consiste nel collocare i terreni sbancati in un bacino confinato ed impermeabilizzato alla base. I terreni vengono distribuiti su tutta la superficie del bacino con uno spessore di circa 0,5 metri (figura sottostante).

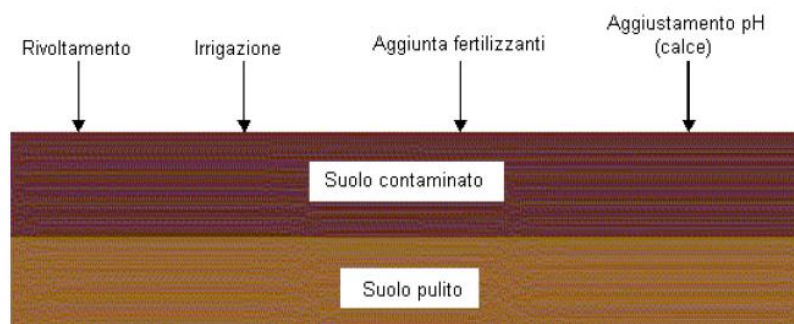


Figura 17 Landfarming

I terreni così allocati vengono regolarmente movimentati con macchinari di tipo agricolo, in modo da garantire una adeguata ossigenazione del terreno. Devono essere assicurati sia il corretto bilanciamento dei nutrienti di sistema, che il trasferimento di ossigeno alle popolazioni microbiche; questo avviene in genere mediante rimescolamento del materiale o aggiunta di agenti adatti a facilitare il passaggio dell'aria e dei gas prodotti dalla decomposizione dei contaminanti (bulking agents). Deve inoltre essere mantenuto un idoneo tenore di umidità e un pH ideale per i processi naturali.

Il trattamento è ottimale per terreni omogenei, permeabili, con un basso contenuto di sostanze che possono adsorbire i contaminanti, costituiti soprattutto da idrocarburi alifatici e aromatici, fenoli, oli minerali facilmente o moderatamente degradabili.

I tempi di residenza sono variabili, in funzione della natura e concentrazione dell'inquinante e delle condizioni ambientali.

3.4.1.3. *Trattamento in bio-pile*

In questa tecnologia, derivata dal landfarming, il terreno viene sovrapposto inserendo alternativamente tubi forati, sia per la distribuzione nel materiale contaminato di aria e soluzioni di acqua e nutrienti, che di tubi di estrazione dell'aria dall'ammasso.

Esistono numerose alternative d'intervento per il biorisanamento in pile che vengono proposte sul mercato. Le principali alternative di trattamento in bio-pile si distinguono in:

- pile statiche o pile rivoltate regolarmente
- con o senza pretrattamento del terreno
- areazione forzata (insufflazione o aspirazione)
- cumuli omogenei o stratificati
- cumuli aperti o coperti

141

Il terreno viene mescolato preventivamente con agenti rigonfianti (ammendante, bulking agent) al fine di incrementare la porosità della massa e consentire una omogenea distribuzione dell'ossigeno e dei nutrienti; a tale scopo si utilizzano materiali a basso costo, quali segatura, trucioli, paglia, carta o da macero. L'ossigeno viene fornito o mediante rivoltamento periodico o per insufflazione a mezzo di una apposita rete di insufflazione forzata o per aspirazione dell'aria, eventualmente riscaldata per favorire la biodegradazione, attraverso la massa, ricoperta da tessuti impermeabili all'acqua ma non all'aria.

L'aria estratta viene trattata ed immessa in atmosfera; per contenere l'emissione di sostanze volatili la biopila viene in genere coperta con teli di plastica e i vapori estratti sono convogliati in sistemi di trattamento a carbone attivo granulare (figura sottostante).

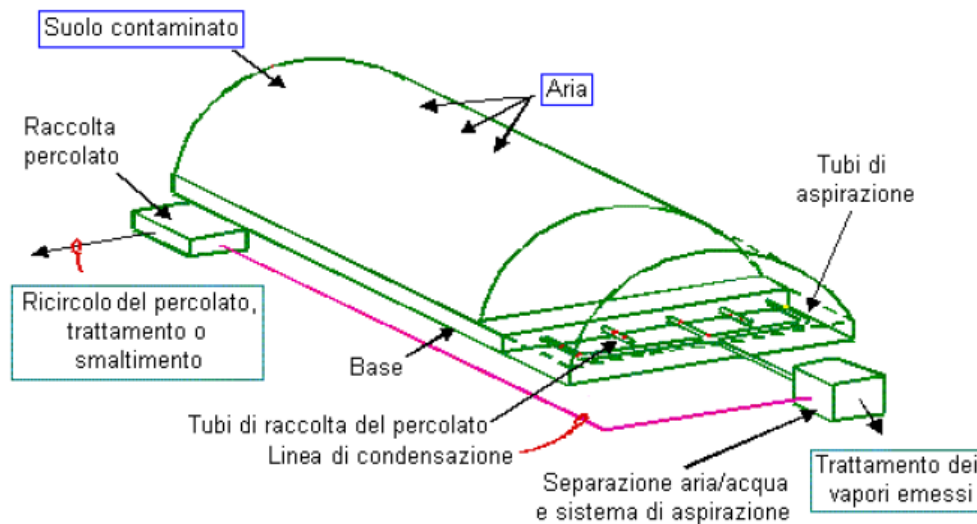


Figura 18 Funzionamento di una biopila

142

Per le applicazioni classiche del biorisanamento (trattamento di terreni contaminati da idrocarburi petroliferi) la configurazione di trattamento che negli ultimi anni si è maggiormente imposta può essere così sintetizzata:

- Pretrattamento (vagliatura, frantumazione, omogeneizzazione, aggiunta di biosubstrato e nutrienti)
- Stoccaggio in pile omogenee coperte
- Rivoltamento regolare per ossigenazione ed eventuale aggiunta di reagenti

Si tratta della tecnica più diffusa di bioremediation.

3.4.1.4. Fitodepurazione

Le tecniche di recupero sono spesso economicamente inaccettabili a causa dei grossi volumi di sedimenti contaminati.

Tradizionalmente, i sedimenti dragati sono raccolti e piazzati in depositi confinati. Per ridurre lo spazio necessario per il deposito, è possibile rimuovere l'acqua dai sedimenti dragati con diverse tecniche e poi depositarli all'interno degli argini.

Il rimboschimento o la coltivazione dei siti contaminati si presenta come una strategia realistica, a basso costo, con buoni effetti ecologici trasformando il sito inquinato in uno produttivo (*Mertens et al., 2004*).

La phytoremediation si basa sulla capacità di alcune specie di piante di asportare, e di accumulare poi nei loro tessuti, grandi quantità di metalli dal suolo contaminato, in particolare piombo, cromo e cadmio. L'uso delle piante accumulatrici non è pericoloso ed è, certamente, ecologico ed economico; tuttavia comporta tempi lunghi di trattamento per rendere di nuovo salubri i suoli.

La fitodecontaminazione è stata utilizzata ad esempio nell'area di Chernobyl, dopo l'incidente nucleare del 1986, e a Chicago, per decontaminare dal piombo i suoli di un quartiere.

3.4.2. Trattamenti termici

143

I trattamenti di tipo termico consentono di risanare terreni contaminati da sostanze organiche e, in talune tipologie di processo, anche di rimuovere (quando vaporizzabili e poi ossidabili a basse temperature) o immobilizzare efficacemente le sostanze inorganiche.

A seconda dello schema di processo e delle modalità operative, questi tipi di intervento possono essere classificati in due distinte categorie:

- trattamenti di desorbimento termico
- trattamenti di termodistruzione.

3.4.2.1. Desorbimento termico

Questo processo consiste nella vaporizzazione dei contaminanti organici che vengono allontanati dal solido contaminato tramite un fluido di trasporto come aria, gas di combustione o gas inerte

(riscaldamento diretto) oppure tramite il contatto con superfici metalliche riscaldate (riscaldamento indiretto).

I gas in uscita vengono sottoposti alla rimozione del particolato (cicloni, filtri a secco, depolveratori ad umido) e successivamente trattati per separare le frazioni condensabili da quelle non condensabili, oppure direttamente immessi in atmosfera previo adsorbimento su carboni attivi degli inquinanti (figura sottostante)

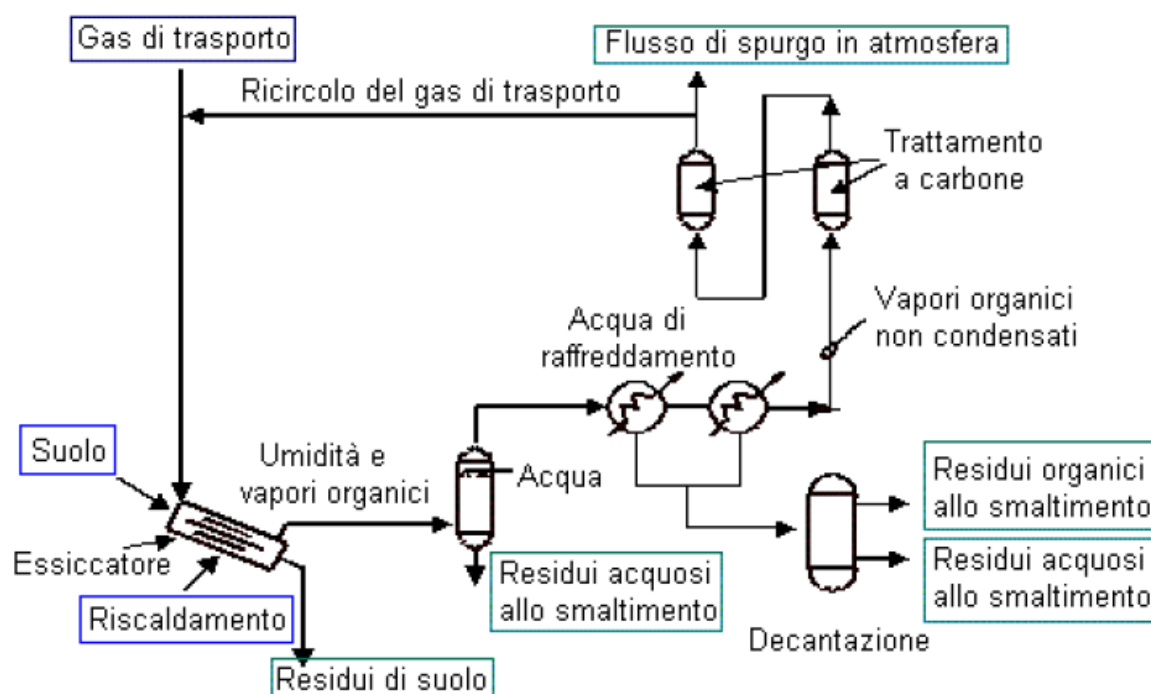


Figura 19 Schema di processo del desorbimento termico

Generalmente le temperature di processo vanno dai 90 ai 500°C a seconda del processo ipotizzato; in queste condizioni si realizza la volatilizzazione di acqua e materiali basso bollenti.

Questo tipo di trattamento ha un'efficacia diversa a seconda della granulometria del suolo e del suo grado di umidità. Non è indicato quando il contenuto di limo e argilla o di umidità è troppo elevato.

- 2) a temperature più alte (superiori a 300°C) si ha la volatilizzazione degli idrocarburi più pesanti o la loro degradazione per pirolisi (300°-600°C);
- 3) alcuni composti inorganici possono essere decomposti in prodotti volatili per riscaldamento (a partire da 400°C) o per ossidazione.

Altre tipologie impiantistiche dell'unità di termodistruzione (sistema al plasma, vetrificazione in focolare a ciclone, pirolizzatore elettrico) determinano oltre alla evaporazione la successiva termodistruzione degli inquinanti organici, la fusione del terreno, che assume, una volta raffreddato, la consistenza di materiale vetrificato, con immobilizzati al suo interno i contaminanti inorganici ad elevato punto di ebollizione (Andreottola e Tatano, 1997) E'generalmente prevista la post combustione dei gas, la rimozione delle polveri ed il trattamento dei gas prima dell'immissione in atmosfera. Le acque del lavaggio dei fumi sono processate per eliminare metalli volatili, sostanze organiche in tracce, cloruri e inquinanti organici contenuti in forma particolare.

146

3.4.3. Trattamenti chimico fisici

Le tecniche di risanamento di tipo chimico-fisico dei terreni contaminati sono distinte in tre categorie, in funzione dell'effetto del trattamento sulla contaminazione, e cioè:

- processi di estrazione: i contaminanti sono rimossi dal terreno mediante separazione fisica o con l'ausilio di un agente estrattivo (separazione granulometrica, lavaggio del terreno ed estrazione con solvente);
- processi di detossificazione: i contaminanti sono soggetti a reazioni di ossidoriduzione che danno luogo ad un prodotto finale non pericoloso (dealogenazione);
- processi di immobilizzazione: la mobilità dei contaminanti viene sostanzialmente ridotta mediante un processo di confinamento in una matrice solida (per esempio solidificazione/stabilizzazione).

Tra i trattamenti ricordiamo:

3.4.3.1. *Separazione granulometrica dei sedimenti*

Questi processi consentono di scomporre il terreno e/o il sedimento contaminato, nelle diverse frazioni granulometriche che lo compongono.

Questo aspetto è particolarmente importante nella fase di riutilizzazione dei materiali. Nel ripascimento delle spiagge ad esempio è particolarmente adatto il materiale con granulometria superiore ai 2 millimetri, mentre il materiale fine al di sotto dei 60 micrometri è considerato inadatto in quanto ricco di argille e limo e quindi causa di torbidità.

Queste tecnologie derivano direttamente dai processi applicati nel settore della ingegneria mineraria da cui sono adattate sia le tecnologie che il know-how. La filosofia del trattamento si basa sul fatto che, a parità di peso, risulta essere – il più delle volte – maggiormente contaminato il materiale avente la superficie specifica più ampia, ovvero i materiali a granulometria più fine.

147

La scomposizione granulometrica può essere realizzata mediante l'utilizzo di diverse tipologie di macchinari, ad esempio:

- Vagli
- Griglie
- Filtropresse
- Nastro presse
- Centrifughe
- Cicloni

Queste apparecchiature sono sostanzialmente diverse e funzionano in base a principi fisici differenti fra loro; il risultato che però ne consegue è la separazione del terreno (o sedimento) in entrata al macchinario, in due o più componenti che lo costituivano in partenza.

La scelta della tecnica di separazione è funzione del tipo di materiale e del risultato che si desidera ottenere. Ne consegue che applicando una filiera impiantistica costituita da una serie di apparecchiature poste in serie, si riesce a scomporre il materiale in entrata alla filiera nelle sue diverse frazioni. La scomposizione del terreno o del sedimento genera delle frazioni aventi una contaminazione residua che dipende fortemente dalla propria granulometria; le frazioni più grossolane, infatti, risulteranno in genere meno contaminate delle frazioni a granulometria più fine. La selezione

granulometrica può essere realizzata a secco o a umido; in quest'ultimo caso, il processo di selezione granulometrica lavora in sinergia con le tecnologie di lavaggio, ottenendo alla fine della filiera non solo la scomposizione del terreno (o sedimento) nelle sue diverse frazioni costituenti, ma quest'ultime risulteranno ulteriormente decontaminate grazie all'azione del lavaggio.

3.4.3.2. *Lavaggio (sediment washing)*

I processi di lavaggio terre e sedimenti si basano sull'azione estraente chimica e meccanica che un liquido svolge nei confronti della matrice solida contaminata. Questo liquido è in genere acqua, eventualmente addizionata di chemicals e/o tensioattivi idonei a rendere i contaminanti più affini alla fase liquida piuttosto che alla fase solida.

Generalmente gli impianti concepiti per il lavaggio dei terreni e sedimenti inquinati, sono in grado di effettuare anche una separazione granulometrica del solido, scomponendolo nelle sue varie frazioni costituenti; in questa maniera è possibile condurre una decontaminazione più mirata, in quanto le frazioni più grossolane risulteranno più semplici da disinquinare delle frazioni a granulometria più fine (figure sottostanti).

A differenza dei terreni normalmente contaminati, i sedimenti marini contengono un'elevata concentrazione di ioni cloruro, come conseguenza della loro permanenza in acqua di mare. Tale quantità è molto spesso di entità tale da risultare non solo dannosa, ma anche incompatibile con i limiti di concentrazione imposti per il recupero e/o lo smaltimento dei sedimenti. La contaminazione da ioni cloruro può però essere convenientemente eliminata – o comunque drasticamente ridotta – mediante operazioni di lavaggio concepite ad hoc sulla base della natura dei sedimenti e della loro concentrazione iniziale.

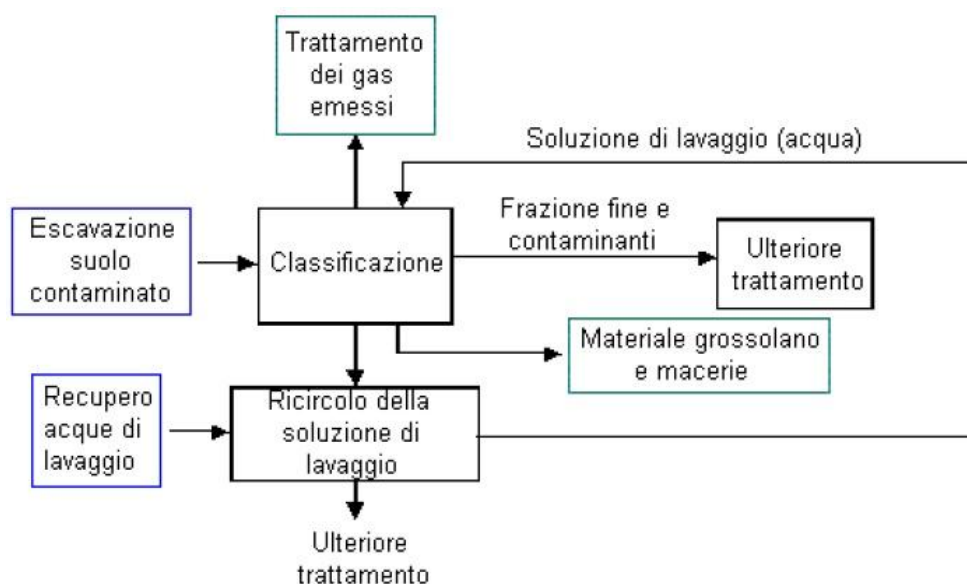


Figura 21 Schema di funzionamento di un tipico impianto di lavaggio fisico di terreni

149

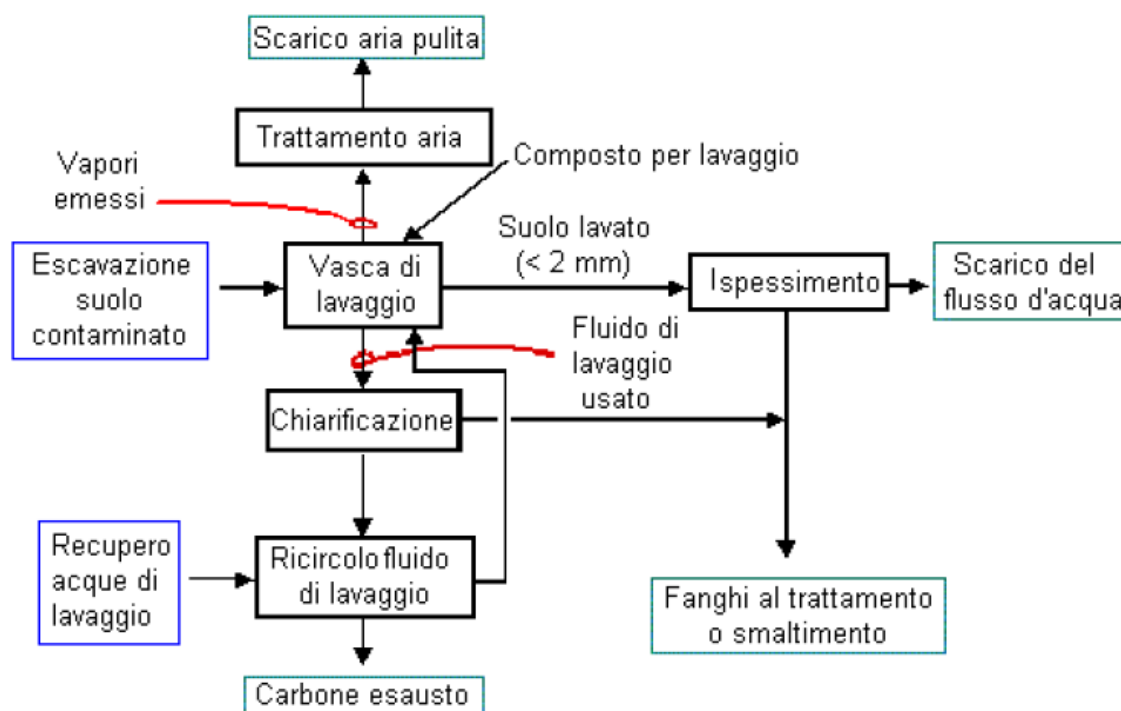


Figura 22 Schema di funzionamento di un tipico impianto di lavaggio chimico di terreni

L'applicabilità riguarda diversi tipi di contaminanti, da quelli organici agli inorganici e ai radionuclidi; spesso, solventi diversi o soluzioni di lavaggio a diverso pH e concentrazione sono utilizzati in catena così da poter aumentare l'efficienza del processo nella rimozione dei contaminanti.

Il tipo di agenti estraenti utilizzati nei trattamenti di lavaggio varia in funzione della natura della contaminazione nonché delle modalità con le quali i diversi contaminanti si trovano legati al materiale solido.

È importante evidenziare anche che un trattamento di sediment washing permetterebbe non solo la diminuzione della concentrazione di contaminanti organici ed inorganici, ma anche la diminuzione dei reflui da smaltire, che prima di essere smaltiti potranno essere convogliati in apposito impianto dedicato, dove potranno essere sottoposti a depurazione e successivamente riutilizzati o smaltiti secondo i termini di legge.

150

3.4.3.3. *Dealogenazione*

Questo processo si basa sulla reazione chimica tra composti glicolati e composti alogenati, in particolare PCB e policlorodibenzodiossine/policlorodibenzofurani (PCDD/PCDF), da cui segue la liberazione di cloro e la conseguente detossificazione (parziale o totale) dei composti di partenza. Il processo si articola in cinque stadi: preparazione del terreno, reazione, separazione lavaggio ed eliminazione della fase acquosa.

Il trattamento di dealogenazione è applicabile a terreni, fanghi, sedimenti contaminati da composti organici semivolatili alogenati, pesticidi, diossine, furani e PCB (Andreottola e Tatàno, 1997).

3.4.3.4. *Inertizzazione (solidificazione/stabilizzazione)*

I processi di immobilizzazione, in particolar modo solidificazione/stabilizzazione, sono tecnologie comunemente impiegate per il trattamento di terreni e sedimenti contaminati da metalli pesanti.

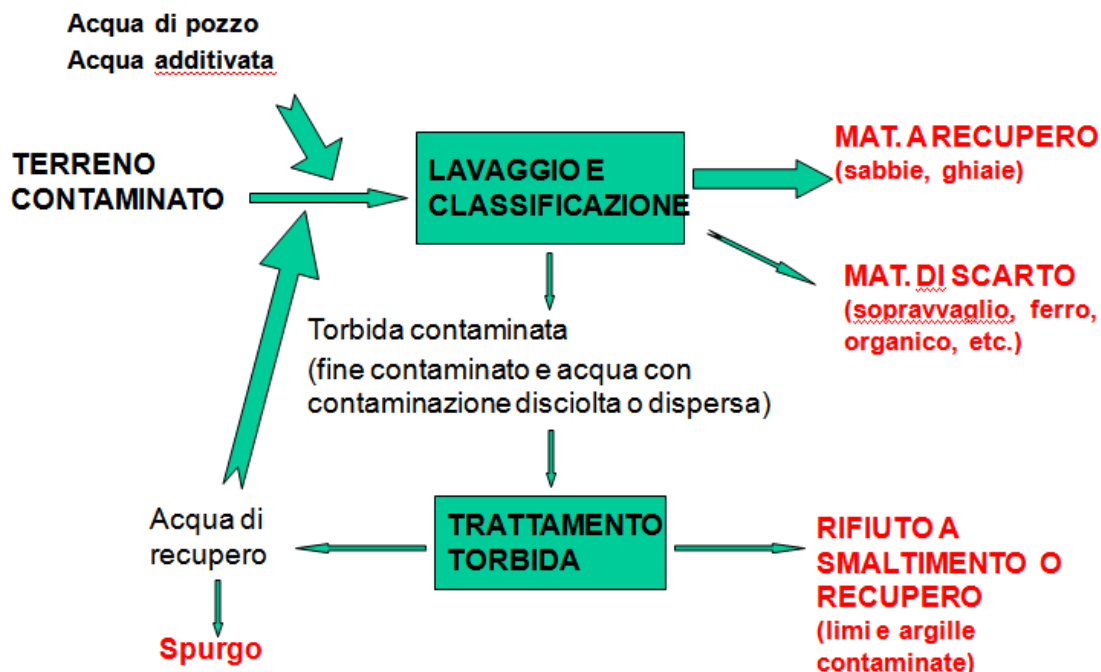
I processi di immobilizzazione si basano sull'azione di determinati reagenti capaci di conferire al materiale trattato un effetto stabilizzante nei confronti di quei contaminanti che, in assenza di tali reattivi, verrebbero rilasciati dal materiale nell'ambiente circostante. La natura dei reagenti utilizzati è strettamente connessa alla natura dei contaminanti che si desiderano stabilizzare; è possibile, infatti, utilizzare tanto reattivi che sortiscano un effetto stabilizzante nei confronti di contaminanti inorganici (metalli pesanti) instaurando veri e propri legami chimici, quanto additivi in grado di stabilizzare contaminanti organici (idrocarburi, BTEX, IPA) tramite processi di adsorbimento.

3.4.3.5. *Opzioni di trattamento integrato*

E' prevedibile che la gran parte dei trattamenti di lavaggio applicati ai suoli contaminati possano essere, con opportune modifiche, estesi alla bonifica dei sedimenti.

Il soil washing è una tecnica ex situ, on – site o off – site, che si basa sulla riconcentrazione del contaminante dalla matrice suolo alla fase fine, attraverso un processo di lavaggio e separazione granulometrica in soluzione acquosa. Il soil washing è concepito per separare la frazione colloidale di un terreno contaminato dalla frazione inerte: ogni suolo infatti è composto da una frazione fine (limo e argilla) e da una più grossolana (sabbia e ghiaia), oltre a materia organica, acqua e gas. Gli inquinanti tendono a legarsi (chimicamente e/o fisicamente) alla frazione colloidale (limo, argilla, materia organica), che a sua volta tende ad aderire fisicamente a sabbia e ghiaia.

Quando un terreno presenta una preponderante frazione litoide, inerte, risulta proponibile una separazione per via umida della frazione colloidale, contaminata, da quella a granulometria maggiore, non inquinata. Il risultato del trattamento è la possibilità di riutilizzo delle frazioni granulometriche 'lavate' (ghiaie, sabbie) e la riduzione del quantitativo di rifiuti conferiti in discarica. Il principio di funzionamento di un impianto tipico di *soil washing* (nello specifico l'impianto della Ditta TESECO), è illustrato nelle figure sottostanti:



152

Figura 23 Principio di funzionamento di un impianto di soil washing

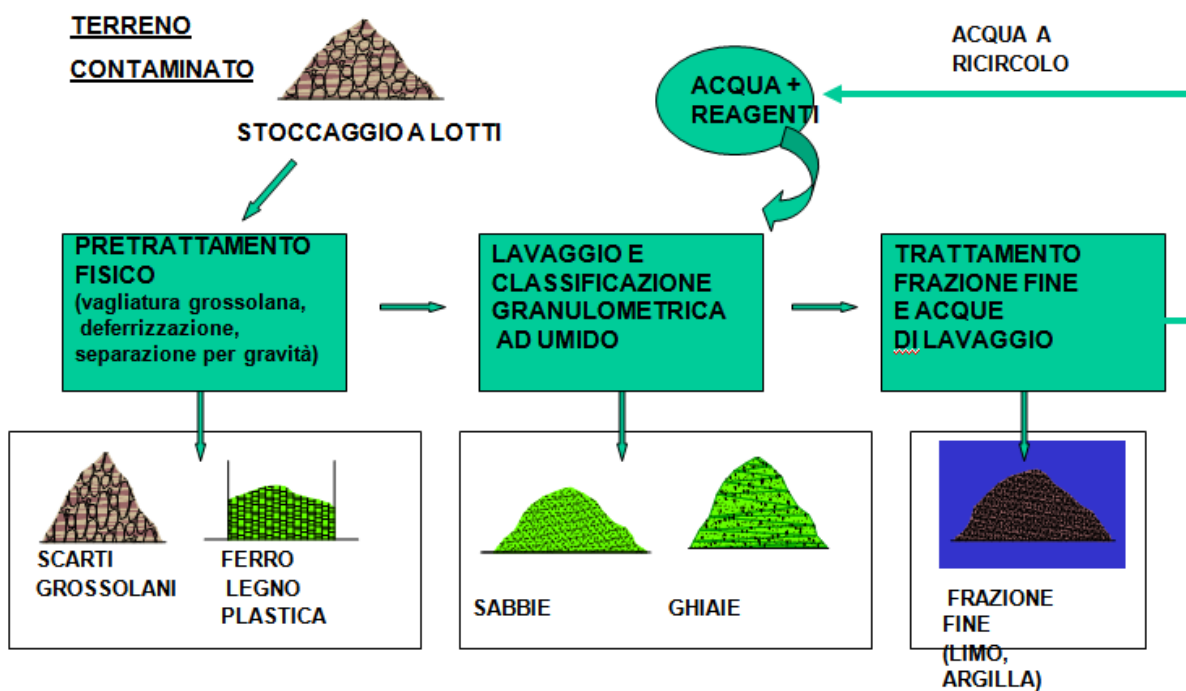


Figura 24 Soil washing: l'impianto TESECO di Pisa

Gli inerti lavati sono caratterizzati separatamente e sono gestiti - come prodotto, se conformi al test di cessione di cui all'Allegato 3 del DM 186/2006, - come rifiuto, se non conformi al test di cessione già richiamato. In quest'ultimo caso le matrici gestite come rifiuti sono avviati a recupero o smaltimento in impianti idonei.

Il *soil washing* risulta particolarmente interessante quando i livelli di contaminazione presenti consentono la separazione meccanica frazionale (essenzialmente mediante idrocycloni e tavole vibranti) senza utilizzo dei solventi che, ove necessari, incrementano sensibilmente i costi di trattamento soprattutto a causa dell'ingente quantitativo dei sedimenti da trattare (Poletti e Pomi, 2007; Nowack *et al.*, 2001).

Considerate le diversità tra i sedimenti e i suoli, in un ipotetico impianto di *sediment washing*, alcune fasi, soprattutto quelle iniziali di pretrattamento potrebbero essere compattate in una unica fase di vagliatura grossolana per asportare non frazioni dei sedimenti, ma materiale alloctono presente nei sedimenti stessi (rottami di varia natura, pietrame, ecc.). Inoltre, l'umidità dei sedimenti è certamente maggiore rispetto ai suoli, quindi la quantità di acqua utilizzata per il lavaggio è quella necessaria alla preparazione di lavaggio, poiché si può sfruttare al meglio la presenza di acqua nei sedimenti stessi. Anche nella fase di filtrazione e lavaggio, le sottofasi potrebbero essere ulteriormente accorpate, cercando di ottimizzare la separazione della fase lavata dalla soluzione di lavaggio. In questo modo anche i costi di trattamento potrebbero risultare più contenuti.

153

3.5. Una casistica dell'applicazione industriale dei processi e dei procedimenti tecnologici per il dragaggio, il trasporto, il trattamento ed il riutilizzo/recupero dei sedimenti di dragaggio

Vengono di seguito descritte le tecnologie industrialmente consolidate , e in genere coperte da brevetto, o in avanzato stato di industrializzazione. Tali interventi, non riguardano applicazioni in porti turistici, ma generalmente in aree portuali di tipo industriale.

Si ritiene utile evidenziare nei successivi paragrafi anche le diverse possibilità tecniche di riutilizzo dei sedimenti dragati, già note sulla base di diverse esperienze maturate in ambito internazionale, al fine di fornire per le successive azioni di pianificazione e per il rilascio delle autorizzazioni per il riutilizzo in procedura ordinaria, un quadro di riferimento che costituisca il *framework* sulla base del quale valutare le migliori strategie di gestione e, di volta in volta, i progetti di riutilizzo e valorizzazione.

3.5.1. Interventi di stabilizzazione di massa in vasca di colmata

I processi di immobilizzazione per stabilizzazione/solidificazione sono finalizzati a ridurre la mobilità degli inquinanti presenti nel sedimento, attraverso un'azione di fissazione chimico-fisica e strutturale del contaminante all'interno di una matrice inerte. Inoltre, il sedimento viene trasformato in una massa solida ad alta integrità strutturale.

L'alterazione fisica migliora alcune proprietà "ingegneristiche" dei sedimenti come resistenza a compressione, capacità portante, resistenza ad erosione, durabilità e permeabilità e contribuisce a formare un materiale solido, che riduce l'accessibilità dei contaminanti all'acqua ed intrappola i solidi contaminati dentro una matrice molto stabile. Grazie al miglioramento delle caratteristiche meccaniche, i siti adibiti a stabilizzazione di massa possono essere utilizzati come piazzali, ampliamenti di banchine etc. Sono numerosi gli interventi di stabilizzazione effettuati in diversi Paesi europei e non solo. In particolare, il ricorso a questa tecnologia è piuttosto frequente nei Paesi del Nord Europa quali Norvegia, Svezia e Finlandia, dove tale tecnologia ha avuto origine, registrando applicazioni sia in ambito strutturale che ambientale.

Come si può capire osservando la figura sottostante, il processo consiste nel miscelare il terreno con appositi additivi senza escavazione, ma utilizzando trivelle (o altre macchine perforatrici) il cui diametro può raggiungere anche i 2 metri. La trivella ha la funzione di smuovere il fango e di miscelarlo efficacemente con gli additivi.

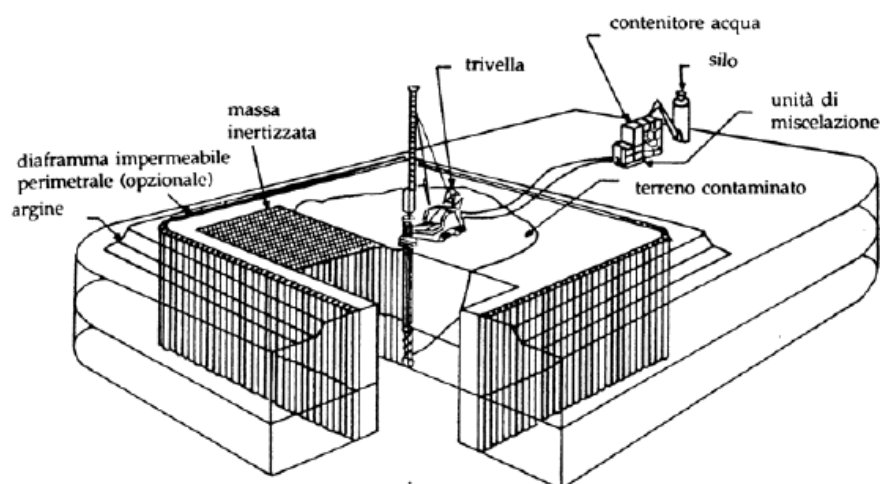


Figura 25. Stabilizzazione di massa in vasca di colmata

3.5.1.1. Porto di Trondheim

Il processo di stabilizzazione di massa è stato impiegato per il trattamento di 11.000 m³ di sedimenti portuali dragati dal fondo del porto stoccati precedentemente all'interno di una vasca di colmata. I sedimenti sottoposti a trattamento risultavano contaminati da PCB, IPA, TBT e metalli pesanti.

3.5.1.2. Porto di Vuosaari

L'applicazione del processo di stabilizzazione di massa ha riguardato attività strutturali e di recupero ambientale. La gestione in vasca di colmata ha previsto il trattamento di circa 500.000 m³ di sedimenti all'interno di un'area di circa 110.000 m² (con una profondità media pari a 5 m). In riferimento alle applicazioni strutturali, in un lotto adiacente al porto la stabilizzazione di massa degli strati superficiali è stata abbinata al processo di stabilizzazione colonnare degli strati sottostanti.

155

3.5.1.3. Porto di Valencia

E' stato realizzato un nuovo piazzale portuale, con un'estensione di 50.000 m², partendo dalla stabilizzazione di massa dei sedimenti marini dragati nell'area marino-costiera antistante il porto e successivamente refluiti all'interno della vasca di colmata. La nuova area portuale è stata adibita come banchina porta container.

3.5.1.4. Porto de La Maddalena

La vasca di colmata dell'ex Arsenale Militare rappresenta la prima esperienza in Italia di applicazione del trattamento di stabilizzazione di massa sui fanghi di dragaggio.

La realizzazione della vasca di colmata ha permesso la gestione dei sedimenti dragati consentendo al tempo stesso la sua trasformazione in un piazzale portuale con il conseguente recupero dell'area occupata dalla struttura di contaminazione e l'acquisizione di nuove aree disponibili per lo sviluppo del nuovo porto turistico. I tempi di realizzazione della nuova banchina sono stati molto rapidi: il nuovo piazzale infatti è stato realizzato in soli quattro mesi.

Per l'esecuzione di tali opere si è reso necessario il dragaggio dei fondali fino a raggiungere la profondità di imbasamento dei cassoni utilizzati per il banchinamento pari a -4/-3 metri per il mantenimento dei fondali. L'area dell'ex Arsenale militare è stata quindi perimetrata ed inserita nella lista dei siti prioritari per la bonifica, alla luce sia del particolare pregio ambientale dell'area che della complessità ed unicità degli interventi programmati, con il supporto e la condivisione delle amministrazioni centrali e locali.

Per dare attuazione agli interventi di dragaggio/bonifica, è stato presentato dall'impresa incaricata un progetto che ha previsto il dragaggio di circa 60.000 mc di sedimento e il loro contestuale recupero a seguito di specifici trattamenti di solidificazione/stabilizzazione, all'interno di una struttura conterminata (colmata) realizzata ai fini dell'infrastrutturazione portuale. In sede di approvazione progettuale è stato prescritto di adottare tecnologie di dragaggio di tipo "ambientale" ed opportune misure di mitigazione, quale l'utilizzo di veri e propri schermi protettivi galleggianti (*silt screen*) al fine di minimizzare al massimo, durante le fasi di escavo, lo spostamento del materiale risospeso e quindi gli impatti sull'ambiente marino.

Le operazioni di dragaggio ambientale sono state condotte tramite l'utilizzo di una motonave/draga dotata di pozzo di carico ed escavatore con braccio munito di benna chiusa utilizzata per dragaggi ambientali. Tutti i materiali dragati sono stati portati preliminarmente a terra in vasche di stoccaggio provvisorie opportunamente impermeabilizzate, che hanno permesso di controllare nuovamente in cumulo le caratteristiche chimiche al fine di stabilirne la corretta gestione.

Le concentrazioni riscontrate hanno permesso di classificare tutto il volume di sedimento analizzato come non pericoloso e, laddove necessario, i sedimenti sono stati sottoposti ad un trattamento di tipo biologico per accelerare il processo di degradazione degli idrocarburi.

Successivamente per la loro totalità i sedimenti sono stati vagliati e separati in maniera da allontanare tutti i trovanti presenti (compresi residui di origine bellica) e quindi trattati con un sistema di stabilizzazione/solidificazione. Tale tecnologia, di brevetto finlandese, ha permesso di coniugare le esigenze di tipo geotecnico e strutturale con quelle di natura ambientale atte a minimizzare il rilascio delle sostanze inquinanti nella matrice prodotta. Le operazioni di gestione e trattamento dei sedimenti a terra ed in vasca di colmata sono state affidate a società specializzata (impresa ICOP), proprietaria della macchina e del brevetto finlandese ALLU per la solidificazione/stabilizzazione dei sedimenti. Il piazzale è stato infine ricoperto con un doppio strato di HDPE e tessuto non tessuto al fine di garantire l'impermeabilizzazione del sistema. Al di sopra dell'impermeabilizzazione è stato posto un doppio strato costituito da misto stabilizzato e misto cementato con un sistema di drenaggio superficiale per consentire la raccolta delle acque meteoriche.

3.5.2. La tecnologia ViroBind_BAUXSOL™

La tecnologia BAUXSOL™ si basa su una famiglia di prodotti, ottenuti, dopo opportuni trattamenti chimici e fisici, dai “fanghi rossi” residui della produzione di allumina.

Il prodotto di base viene specializzato, mediante aggiunta di specifici additivi chimici, in un'ampia gamma di prodotti commerciali ottimizzati per le specifiche applicazioni. La caratteristica basilare dei prodotti BAUXSOL™ è l'elevatissima capacità di neutralizzare gli acidi (2.5-7.5 moli/kg BAUXSOL™), e di intrappolare metalli pesanti (diverse decine di grammi di metallo catturato per kg. di prodotto).

Dopo l'uso, i prodotti BAUXSOL™ esausti formano un sedimento non dispersivo, da cui il rilascio dei metalli precedentemente catturati è quasi nullo, anche nelle condizioni ambientali più sfavorevoli.

A differenza delle argille e delle zeoliti, da cui i metalli adsorbiti possono essere rimossi al variare delle condizioni chimiche, i metalli catturati dai prodotti BAUXSOL™ sono trattenuti sempre più stabilmente nel reticolo cristallino dei minerali di neo-formazione, e le prove di eluizione effettuate secondo le normative vigenti evidenziano concentrazioni di metalli bassissime sull'eluato, tanto da poter essere destinati a discariche per non pericolosi, se non addirittura per inerti.



Porto di Gladstone (sinistra), reagenti ViroBind™ esausti (centro), e loro miscelazione nel suolo acido (destra).

Figura 26 Fanghi di dragaggio trattati con la tecnologia ViroBind

La Tecnologia ViroBind™ è stata impiegata con successo nel trattamento di sedimenti marini di dragaggio del porto di Gladstone, nel Queensland (Aus) aumentando il pH da 4.04 a 6.81 e riducendo il Potenziale Netto di generazione Acido a 0.02 moli/kg entro 24 ore. i materiali dragati idraulicamente sono stati trasportati, mediante condotti, in aree preventivamente adattate al trattamento. I fanghi trattati hanno mostrato una grande facilità di rivegetazione, come mostrato nella tabella sottostante, consentendo il recupero ambientale dell'area di scarico. infatti il sedimento formato dai prodotti BAUXSOL™, se lasciato sul terreno, favorisce la crescita delle piante, impedendo comunque ai metalli di entrare nel ciclo biologico o di essere rilasciati nelle acque di lisciviazione.

158

Tabella 1 Capacità di rivegetazione di fanghi trattati con tecnologia ViroBind

	<i>Prima del trattamento</i>	<i>Dopo 1 mese</i>	<i>Dopo 2 anni</i>
pH del suolo	4.0	7.5	7.7
Potenziale Netto di generazione Acida	elevato	0.02 moli/kg	0.02 moli/kg
Capacità di rivegetazione	estremamente bassa	elevata	elevata

3.5.3. Porto di Amburgo – Impianti Metha e Sara

Rappresenta la più interessante esperienza europea nel campo della gestione di questo tipo di interventi.

E' stato sviluppato un sistema che consente il recupero sia della frazione non contaminata, riutilizzabile come materiale edile, sia della frazione contaminata, che viene impiegata per interventi di tipo ambientale o inertizzata mediante procedimento che permette di riciclare il materiale nella costruzione di mattoni. La quantità di materiale dragato che deve essere sottoposta a trattamento è pari a circa 2 milioni di m³/anno. I sedimenti sono costituiti per circa il 50% da sabbia, per il 15% da sabbia fine e per il 35% da limo. Queste caratteristiche rendono vantaggioso un trattamento di tipo meccanico con separazione della frazione sabbiosa dalla frazione limosa in quanto si ottiene la contemporanea separazione della frazione più sensibilmente contaminata da quella direttamente riutilizzabile ed esente da contaminazione.

159

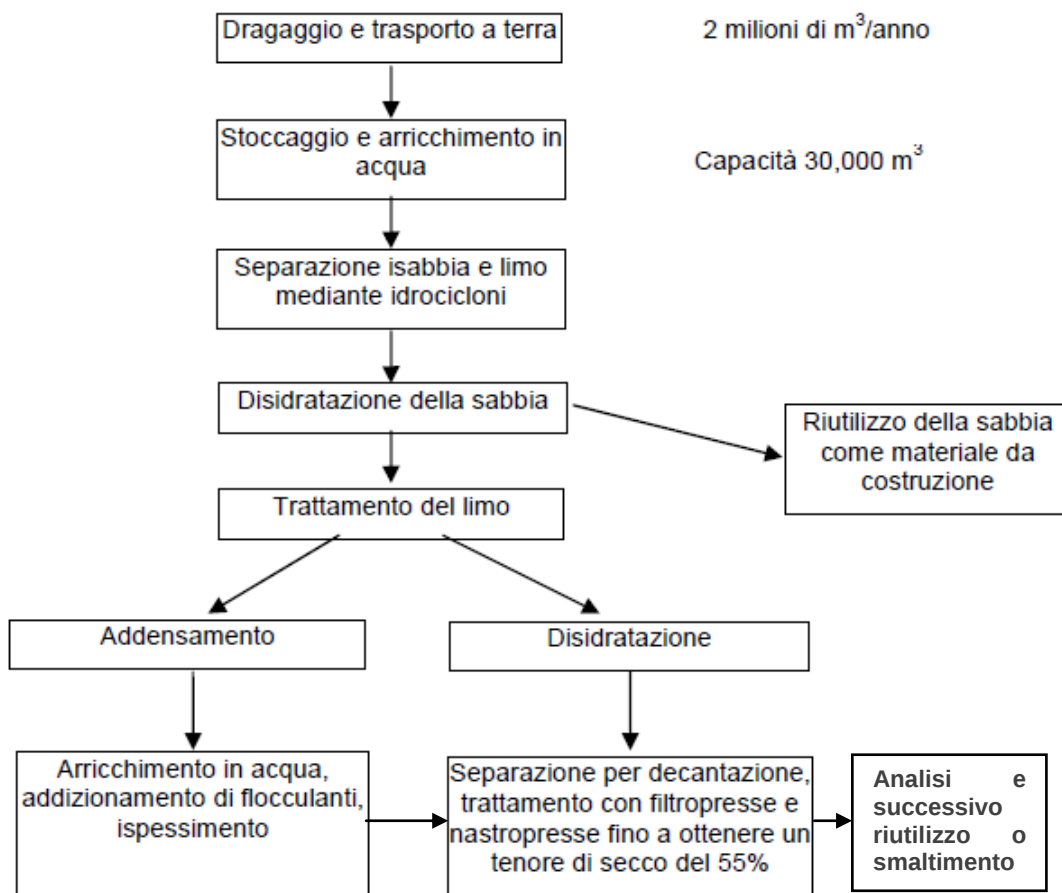


Figura 27 Procedimento di trattamento dei sedimenti contaminati del Porto di Amburgo

Le sabbie vengono utilizzate come materiale per costruzione. La frazione fine, dopo aver subito un processo di addensamento e successiva disidratazione a mezzo di nastropressatura e filtropressatura per ridurre il volume, viene sottoposta ad analisi ed avviata al riutilizzo per la costruzione di piccoli rilievi o colline o per la preparazione di mattoni. La produzione media di limo addensato è di 1.2milioni di m³. L'acqua derivante dalla spremitura de sedimenti e dalle altre sezioni del processo viene trattata in un impianto di depurazione biologico.

3.6. La valorizzazione in ambito civile ed industriale dei sedimenti provenienti dal dragaggio di porti

3.6.1. Produzione di clinker di Portland

I sedimenti dragati possono essere utilizzati per sostituire una parte delle materie prime per la produzione del clinker di Portland.

Il materiale dragato contiene significativi quantitativi di silice, allumina, ossidi di calcio e ferro che sono tutti elementi importanti per la preparazione del cemento.

In un progetto di ricerca sviluppato da alcuni studiosi americani (Gardner et al., 2004), sono state studiate le corrette proporzioni e gli effetti della miscelazione dei sedimenti dragati sulla qualità del cemento, nel caso in cui le materie prime entrano nel forno sotto forma di torbida (percentuale in peso del solido inferiore al 25%). Le conclusioni tratte dagli autori di tale studio indicano che, se le condizioni operative del forno venissero regolate in funzione del contenuto di quarzo nel sedimento (incrementando il tempo di residenza del materiale), si potrebbero conseguire le specifiche per la produzione di cemento Portland.

Accertato questo aspetto essenziale, la questione che pone maggiori preoccupazioni ai produttori di cemento quando si utilizzano sottoprodotti è la presenza dei cloruri. Innanzi tutto va ricordato che sono consentiti quantitativi molto bassi di cloruri nel cemento (0.15% nel cemento armato e 0.06% nel calcestruzzo precompresso), poiché esso riduce la resistenza ed accelera la corrosione dell'armatura in acciaio. Lo studio effettuato ha mostrato che tutte le miscele preparate con sedimenti hanno mostrato un contenuto di cloruri liberi inferiore a 0.1%, per cui la presenza dei cloruri nelle materie prime sembrerebbe meno problematica. In realtà la questione è più complessa: quando i cloruri attraversano il forno, vengono generalmente volatilizzati a 980°C, insieme agli alcali, solfuri ed altri elementi presenti nella carica: solo una piccola frazione viene generalmente intrappolata nel clinker (Bhatty JI, 1995). Mentre essi risalgono il forno con i gas nelle regioni più fredde, parte dei cloruri può precipitare formando depositi solidi o semi-solidi lungo le pareti del forno. Anche se le operazioni di manutenzione possono rimuovere questi depositi, ciò avviene a scapito della produttività (Gadaye, et al., 1999). I rimanenti cloruri (come anche gli alcali), si accumulano nella polvere del forno di cemento (cement kiln dust - CKD), il che ne preclude la re-immissione nella miscela di alimentazione al forno (Taylor, 1997). Inoltre, per impianti che utilizzano precipitatori elettrostatici per il controllo dell'inquinamento, i cloruri e

gli alcali si possono combinare per formare un residuo appiccicoso che intasa i dispositivi, richiedendo anche in questo caso interventi di manutenzione addizionale. La risoluzione del problema prevede un eventuale pre-trattamento di lavaggio del materiale prima del suo impiego.

3.6.2. Produzione di laterizi

La produzione di laterizi appartiene al gruppo dei trattamenti termici per il riuso dei sedimenti.

L'utilizzo dei sedimenti portuali non è stato il primo tentativo di introdurre materiali di scarto nella produzione dei mattoni: nel passato diversi rifiuti sono stati considerati come materia prima seconda come polvere d'acciaieria, fanghi di cartiera, ceneri di inceneritore di fanghi di depurazione, ceneri volanti di carbone e loppa.

La tecnologia di produzione di mattoni dai sedimenti marini è stata esaminata come possibile soluzione per i sedimenti di Bremen (Germania) (Hamer et al., 2002), ottenendo i seguenti risultati:

- tutti i test hanno mostrato che i mattoni fatti con i sedimenti portuali di Bremen potrebbero essere utilizzati come mattoni da costruzione secondo le specifiche tedesche;
- le concentrazioni nei fumi dell'impianto di produzione mattoni sono state conformi con i limiti di emissione stabiliti dalla normativa tedesca con l'eccezione di SO_2 ;
- i dati di percolazione a differenti pH , tra 4 e 11, hanno dato informazioni sui differenti stadi nel ciclo di vita del mattone. I solfati e As sono gli unici elementi al di sopra dei valori soglia che limitano l'utilizzo dei mattoni.

3.6.3. Produzione di materiali ceramici

Un'altra possibile applicazione dei sedimenti marini dragati nel campo industriale è il processo di vetrificazione per produrre piastrelle ceramiche.

Uno studio preliminare per la decontaminazione dei sedimenti marini dragati dal Porto di New York è stata condotta nella seconda metà degli anni 90 dalla Westinghouse Plasma Corporation (McLaughlin et al., 1999).

Il processo di vetrificazione avviene portando il materiale ad elevate temperature per ottenere una pasta viscosa che, subendo un brusco processo di raffreddamento, dà origine ad una fase vetrosa. Dai test preliminari di vetrificazione si è osservato che le alte temperature di processo potevano garantire una riduzione dei principali inquinanti organici del 99%. Anche la lisciviazione dei composti inorganici ha fornito risultati interessanti: nessun composto presentava concentrazioni rilevabili analiticamente. Un aspetto importante da non trascurare riguarda l'essiccazione del materiale dragato: poiché infatti l'energia elettrica è il costo maggiore della tecnologia, è utile rimuovere quanta più acqua possibile dal sedimento prima dell'immissione nel forno di vetrificazione.

Come nel processo di produzione del clinker, anche in questo caso il problema dei cloruri è di notevole impatto sulla corretta gestione del processo, in quanto la volatilizzazione di NaCl durante il processo di fusione dà origine ad un problema di corrosione e di gestione di depositi salini nel trattamento dei fumi di processo.

163

3.6.4. Opere civili

Negli Stati Uniti già negli anni '70 i materiali provenienti dalle attività di dragaggio venivano utilizzati per la risistemazione di porti, aeroporti e per costruzioni civili e commerciali. Su questa tematica anche a livello europeo negli ultimi anni si sono moltiplicate iniziative sia tecniche che politiche, per incentivare il riutilizzo di questi materiali (Van't Hoff J. et al, 1999).

Molto spesso il riutilizzo in opere civili ha anche il valore della sistemazione ambientale, come ad esempio il ripascimento degli arenili in erosione o la ricostruzione di strutture naturali in ambito portuale

o lagunare (barene e berme). A differenza di altre situazioni in campo internazionale, considerato che il materiale da dragare nei porti italiani è sedimento collocato in ambito marino o al massimo salmastro, le opzioni di riutilizzo trovano una più facile realizzazione negli stessi ambiti (marino o salmastro), senza tuttavia escludere la possibilità di riutilizzi a terra in opere civili, magari previo un qualche trattamento per ridurre la presenza dei cloruri. Anche il riutilizzo in ambito marino o salmastro potrebbe comunque richiedere un pre-trattamento o un trattamento vero e proprio al fine di rendere i materiali idonei per la destinazione finale.

A questo scopo talvolta può essere utile parlare di un riutilizzo dei materiali tal quale distinguendolo dal riutilizzo previo trattamento.

Indipendentemente da questa distinzione, tra i più importanti esempi di riutilizzo si annoverano:

- ricostruzione o ripascimento di litorali erosi;
- apporto di materiali addensati per costruire terrapieni, banchine, colline artificiali, rimodellazione del territorio, rilevati e sottofondi stradali e coperture per discariche;
- realizzazione di reinterri, rilevati, sottofondi stradali, corpi di dighe;
- berme subacquee o isole artificiali fuori costa per ripopolamento ittico o protezione del litorale;
- barene artificiali per ricostruzione morfologica di lagune e stagni;
- creazione di zone umide per ripopolamento ittico ed oasi faunistiche;
- bonifica di terre basse, periodicamente allagate per insediamenti urbani od espansione di aree industriali.

4. RASSEGNA DELLE TECNOLOGIE E TECNICHE INNOVATIVE FINALIZZATE AL RECUPERO E/O RIUTILIZZO IN CONDIZIONI ECONOMICAMENTE VALIDE, DEI SEDIMENTI MARINI PROVENIENTI DA DRAGAGGI NEI PORTI TURISTICI.

4.1. Introduzione

Negli ultimi dieci anni, con la crescente consapevolezza dei possibili impatti sull'ecosistema derivanti dalle attività di dragaggio e da una scorretta gestione dei sedimenti, è stata rivolta un'attenzione sempre maggiore allo sviluppo di tecnologie specifiche finalizzate alla decontaminazione dei sedimenti dragati e al recupero del materiale in condizioni economicamente sostenibili. L'obiettivo primario quindi di ricercatori e tecnici specializzati è stato quello di individuare le possibilità di riutilizzo dei sedimenti dragati e sottoposti a trattamento per la decontaminazione e per il conferimento di proprietà meccaniche idonee, per evitarne la messa a dimora in discarica, o in vasca di colmata, che restano al momento le soluzioni più comuni.

165

L'assenza di tecnologie applicabili ai sedimenti marini consolidate e l'estrema eterogeneità delle caratteristiche della matrice ambientale in questione fanno inoltre che risulti fondamentale eseguire "test di trattabilità" sui sedimenti al fine di indirizzare correttamente le impostazioni progettuali. La definizione delle tecniche più adatte al contesto avviene quindi a seguito di una attenta verifica e analisi dei limiti di fattibilità tecnica, dei costi dei trattamenti, delle caratteristiche dei materiali ottenuti.

Per tecnologie innovative si può indicare:

- tecnologie sviluppate recentemente, in fase di collaudo tramite prototipi o apparecchiature sperimentali, da enti di ricerca, università, aziende di settore;
- tecnologie non di recente ideazione con impianti già collaudati, ma che non hanno ancora non trovano spazio sul mercato, a causa della bassa competitività su larga scala.

4.2. Decontaminazione elettrocinetica di sedimenti di dragaggio portuale

La separazione elettrocinetica è un trattamento che rimuove i metalli e gli agenti inquinanti organici da terreni a basso tasso di permeabilità, da fanghi e da sedimenti provenienti da dragaggi marittimi.

La separazione elettrocinetica viene utilizzata per il trattamento di suoli contaminati da *metalli pesanti*, *anioni* e *prodotti organici polari*. L'intervallo di concentrazioni che possono essere trattate vanno da alcune parti per milione (ppm) fino a decine di migliaia di ppm. La separazione elettrocinetica si presta ad essere impiegata in terreni saturati o parzialmente saturati da argille e miscele di limo-argilla, che non si drenano velocemente. La tecnica della separazione elettrocinetica consiste nell'applicazione di una corrente continua di bassa intensità. Il processo è rappresentato nella figura sottostante.

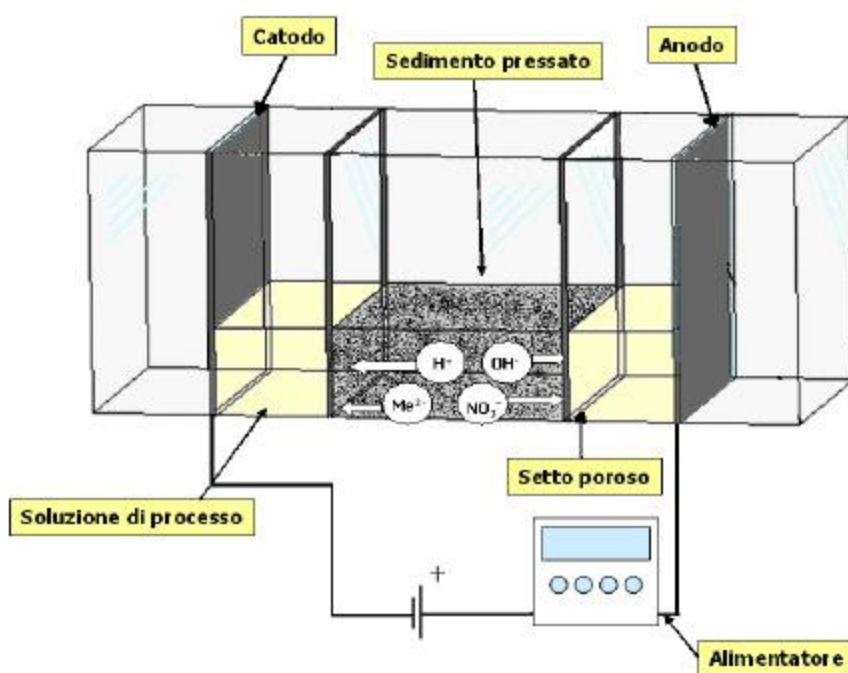


Figura 28 Separazione elettrocinetica

La corrente viene fatta passare attraverso il fango da bonificare, utilizzando due file di elettrodi di grafite sia per l'anodo che per il catodo. Così facendo viene favorita la mobilità della specie carica, che si sposta con l'acqua verso gli elettrodi. Gli ioni metallici, gli ioni dell'ammonio ed i residui organici caricati

positivamente si muovono verso il catodo. Gli anioni quali cloruro, cianuro, fluoruro, nitrato, ed i residui organici caricati negativamente, si muovono verso l'anodo.

La corrente genera un fronte basico all'anodo e un fronte acido al catodo; in queste condizioni viene favorita la mobilitazione dei contaminanti metallici adsorbiti. I due meccanismi che trasportano gli agenti inquinanti attraverso il fango verso l'uno o l'altro elettrodo sono l'elettromigrazione e l'elettro-osmosi. Nell'elettromigrazione le particelle caricate sono trasportate attraverso il substrato. L'elettro-osmosi consiste nel movimento di un liquido che contiene gli ioni rispetto ad una superficie stazionaria caricata. Il trasporto elettrocinetico viene sfruttato per concentrare gli agenti inquinanti agli elettrodi da dove poi vengono rimossi e trattati. La rimozione degli agenti inquinanti all'elettrodo può essere realizzata in numerosi modi: la placcatura elettrolitica, la precipitazione o co-precipitazione all'elettrodo, il pompaggio di acqua vicino all'elettrodo o l'uso di un complessante come le resine di scambio ionico.

I fattori che possono limitare l'applicabilità e l'efficacia di questo processo sono:

167

- 1) è richiesto un contenuto idrico minimo di 14-18% dei materiali da sottoporre a trattamento;
- 2) suoli molto eterogenei in termini di conducibilità elettrica possono causare disturbi alla circolazione della corrente e una conseguente inefficacia del sistema;
- 3) la corrosione degli elettrodi metallici può introdurre ulteriori contaminanti nel suolo trattato;
- 4) l'efficacia dell'elettrocinesi può essere modificata da variazioni di pH o dall'adsorbimento dei contaminanti durante il processo;
- 5) le reazioni di ossido-riduzione possono provocare la formazione di prodotti indesiderati, come vapori di cloro.

Questa tecnica è stata applicata ad una parte dei sedimenti della Rada di Augusta; in una vasca sperimentale (vedi figura sottostante) in scala 1:5 sono stati inseriti due piani di grafite e setti filtranti ed un sistema di ricircolo delle soluzioni.



Figura 29. Impianto sperimentale per la separazione elettrocinetica dei fanghi di dragaggio della Rada di Augusta

168

Il trattamento ha interessato un campione di 93,1 kg di sedimento con un contenuto d'acqua del 32,7%. In termini di efficienza di rimozione degli inquinanti è stata riscontrata una sostanziale inefficacia del trattamento elettrocinetico in assenza di agenti condizionanti; è stato altresì osservato un incremento delle proprietà meccaniche della massa trattata, ma contemporaneamente la presenza di cloruri ha provocato lo sviluppo di cloro gassoso e un incremento delle temperature, con la volatilizzazione di sostanze organiche disponibili.

Per ottenere il maggior beneficio dall'applicazione di questa tecnica è importante determinare il punto a cui diviene economicamente fattibile interrompere il suo uso e continuare con una tecnologia di trattamento alternativa. Tempo, risorse, clima, concentrazione dei contaminanti e disponibilità dell'ossidante sono alcune delle variabili che determinano dove e per quanto tempo il trattamento dovrebbe essere usato in un sito.

4.3. Sediment washing assistito

Il sediment washing rappresenta una tecnologia consolidata per il recupero di sabbie dai sedimenti marini, generalmente considerata economicamente valida nei casi in cui la frazione pelitica del sedimento dragato sia inferiore al 30-40% in peso di solido secco.

Questa tecnologia, nella versione già illustrata nei precedenti capitoli prevede il lavaggio e la selezione granulometrica dei sedimenti, mediante impiego di idrocycloni e vagli ad umido, ai fini del recupero delle sabbie.

La frazione pelitica dei sedimenti, nella quale risultano concentrati gli inquinanti, viene generalmente avviata a trattamento per la stabilizzazione/immobilizzazione, con l'obiettivo di ridurre la pericolosità del materiale ai fini dello smaltimento finale o di rendere il materiale idoneo al reimpiego.

169

Nella versione assistita, la tecnologia prevede il recupero di tutte le componenti granulometriche del sedimento: 1) delle sabbie, attraverso il lavaggio e 2) della frazione pelitica, attraverso appositi trattamenti di decontaminazione (lavaggio con agenti chelanti, elettrocinesi, ossidazione chimica).

Il tipo di trattamento della torbida dipende dalla natura e dal livello della contaminazione.

In dettaglio, la tecnologia si basa su un triplo stadio operativo:

1. lavaggio con agenti chelanti per la rimozione dei metalli pesanti ed eventuale rimozione di parte dei composti organici;
2. elettrocinesi, per la rimozione dei metalli pesanti ed eventuale rimozione di parte dei composti organici;
3. ossidazione chimica, per la rimozione dei composti organici ed eventualmente di parte dei metalli pesanti.

La prima fase viene effettuata per permettere la riconcentrazione del contaminante dalla matrice originale alla fase fine, attraverso un processo di lavaggio e concomitante separazione granulometrica in maniera del tutto analoga al tradizionale processo di soil washing.

La fase successiva prevede uno stadio di elettrocinesi (come descritto nel paragrafo precedente - Decontaminazione elettrocinetica di sedimenti di dragaggio portuale), seguita da una fase di

ossidazione chimica. Quest'ultima viene invece applicata per la rimozione dei composti organici; usando appositi agenti ossidanti. In questa maniera si instaurano degli equilibri di ossido-riduzione in cui le molecole inquinanti vengono decomposte a molecole più semplici, fino ad anidride carbonica (CO₂) ed acqua (H₂O) (ossidazione completa).

Una applicazione del SWA è stata eseguita quella sui sedimenti di dragaggio di Sestri Ponente: la tecnologia è stata studiata tenendo in considerazione l'efficienza di rimozione degli inquinanti e i costi del processo, ma anche in funzione delle possibilità di impiegare e valorizzare i residui risultanti dal processo. La frazione di campione compresa tra 63μ e 2mm è stata trattata con un tensioattivo biologico (ramnolipide Biorecoil 4), con β-ciclodestrine e con Sultaina, estraenti già utilizzati con discreta efficienza nel caso di suoli contaminati.

Le estrazioni con estraenti biocompatibili hanno dimostrato capacità di estrazione simili a quelle già verificate con suoli contaminati in termini percentuali, ma insufficienti dal punto di vista del raggiungimento dei limiti di legge.

Le possibili limitazioni applicative per questa tecnica sono riconducibili alla necessità di spazi consistenti e all'apporto di notevoli quantità di sedimenti. Il dimensionamento delle unità di trattamento è basato su: volume del materiale da trattare; tempistica totale dell'intervento di risanamento; limitazioni specifiche del sito; economie di scala.

170

4.4. Trattamento bio-meccanico

Questa tipologia di trattamento impiega un sistema integrato di bonifica costituito da due stadi successivi:

1. Trattamento meccanico di separazione granulometrica e lavaggio dei fanghi con acqua, eventualmente addizionata con tensioattivi o estraenti (di origine biologica), sia per i contaminanti organici che inorganici. Questa tecnologia permette di eliminare i problemi relativi o connessi all'eliminazione dei residui di solventi organici o chelanti di sintesi, che rimangono nella matrice trattata. Utilizzando invece tensioattivi o estraenti di origine biologica, questo problema non sussiste in quanto i chemicals utilizzati vengono degradati dalla flora batterica naturalmente presente nel sedimento.

2. Trattamento biologico e/o ossidativo, o eventualmente foto-ossidativo (metodo Fenton o foto-Fenton) del lisciviato ottenuto, per il recupero e riutilizzo dell'acqua di lavaggio.

L'ossidazione biologica della componente organica presente nei fanghi consiste in un processo spontaneo o indotto nel quale processi microbiologici sono utilizzati per degradare o trasformare i contaminanti organici in sostanze meno tossiche o non tossiche.

I contaminanti possono essere degradati attraverso due vie, una abiotica ed una biotica. La prima via comprende l'accumulo, la fotossidazione e la fissazione irreversibile alla matrice che compone suolo o sedimenti. La seconda via comprende la rimozione attraverso la degradazione aerobica e anaerobica ad opera di batteri, funghi, cianobatteri e alghe eucariote. Nei sedimenti marini e lacustri, scarsamente ossigenati, sono stati osservati entrambi i tipi di degradazione.

Questo trattamento è stato sperimentato su fanghi di dragaggio prelevati a Sestri Ponente e a Porto Marghera. L'obiettivo era quello di valutare la possibilità di decontaminare le acque di lavaggio, in special modo da idrocarburi, ma anche da IPA e PCB mediante metodi biologici con lo scopo del ricircolo delle acque di lavaggio stesse. Le acque risultanti dal lavaggio dei fanghi, sono state poste in reattore biologico aerobico inoculato con consorzi microbici autoctoni. I due consorzi microbici opportunamente selezionati e predisposti, "Sestri Ponente" e "Marghera", sono stati impiegati come inoculo in bioreattore per la decontaminazione delle acque di lavaggio risultanti da precedenti trattamenti di washing effettuati sui sedimenti in esame. Il trattamento è risultato essere poco costoso ed efficiente.

171

4.5. Tecnologia MAPEI HPSS

La tecnologia HPSS (High Performance Solidification/Stabilization) è un processo integrato di trattamento di terreni e sedimenti contaminati in grado di rimuovere i contaminanti volatili e semivolatili e di fissare stabilmente i metalli pesanti in una matrice cementizia realizzata secondo i principi dei calcestruzzi ad alta prestazione.

Il sistema Mapei HPSS integra tra loro diverse tecnologie e risulta efficace anche nei confronti dei contaminanti organici volatili e semi-volatili per i quali i tradizionali processi non sono generalmente applicabili. Il processo può essere pertanto distinto in due fasi successive:

1. Fase di decontaminazione inorganica e di produzione del granulato cementizio basato sull'azione di opportuni leganti tali da conferire al prodotto finale caratteristiche simili al calcestruzzo ad alta prestazione.

2. Fase di rimozione dei composti organici volatili e delle sostanze semi – volatili dai granuli induriti mediante un processo di desorbimento termico sottovuoto basato sui principi della distillazione in corrente di vapore.

La fase di decontaminazione inorganica e di produzione dei granuli cementizi mediante il processo HPSS rappresenta lo stadio fondamentale del processo, mentre la seconda fase si rende necessaria qualora il materiale da trattare risulti contaminato da sostanze volatili e semi – volatili che, se non rimosse, possono comprometterne il riutilizzo in condizioni di sicurezza ambientale. Pertanto, se il tipo di contaminazione è esclusivamente di natura inorganica (metalli pesanti), il trattamento può essere limitato alla sola prima fase.

Il terreno viene miscelato con degli additivi atti a creare un impasto con il giusto tenore di umidità e le caratteristiche necessarie a creare un conglomerato. Nella figura sottostante è riportata l'immagine di un preparatore industriale dell'impasto secondo il processo HPSS.

172



Figura 30 Preparatore dell'impasto

L'impasto viene di seguito trasferito in un granulatore a piatto rotante, dove, per effetto della rotazione, si formano i granuli di conglomerato.



Figura 31 Granulatore a piatto rotante



Figura 32 Prodotto finito

Laddove fosse necessario, i granuli possono subire un successivo trattamento di desorbimento termico mediante una distillazione in corrente di vapore; in questa maniera è possibile sia liberare i granuli della loro contaminazione di natura organica, che recuperare detta frazione organica.

La durata dell'operazione di desorbimento termico dipende dal tipo di contaminanti presenti e dagli obiettivi che si intendono raggiungere. La figura sottostante mostra l'immagine dell'impianto di distillazione in corrente di vapore dei granuli contaminati.

173



Figura 33 Distillatore in corrente di vapore

Il processo non produce emissioni e il distillato prodotto viene condensato e trattato o smaltito.

Il risultato finale è la trasformazione del sedimento contaminato in un materiale granulare durevole e di buone proprietà meccaniche, che può essere riutilizzato per molteplici applicazioni (riempimenti, rinterri, calcestruzzi non strutturali ecc.).

In conclusione il sistema HPSS si configura come un processo industriale adatto al trattamento di terreni e sedimenti contaminati in grado di:

- Fissare stabilmente i metalli presenti in una matrice cementizia realizzata secondo i principi - dei calcestruzzi ad alta prestazione
- Rimuovere i contaminanti volatili e semivolatili.

L'efficacia del sistema Mapei HPSS appare evidente dall'immagine al microscopio elettronico (SEM), in cui si può notare la compattezza e l'assenza di porosità capillare di un aggregato realizzato trattando un sedimento contaminato con il processo HPSS

174

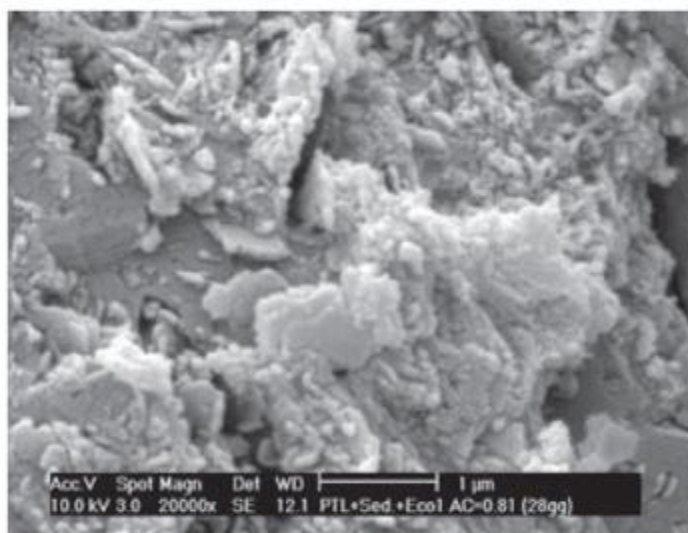


Figura 34. Immagine al SEM (microscopio elettronico) di un sedimento contaminato trattato con HPSS SYSTEM

Questa proprietà si ripercuote positivamente, oltre che sulle proprietà meccaniche e sulla durabilità del materiale prodotto, anche sulle caratteristiche di cessione dei metalli pesanti, i cui valori risultano di

gran lunga inferiori ai limiti previsti dal D.M. 05/04/06, n. 186 per i materiali riutilizzabili, nonostante le concentrazioni iniziali risultino decisamente elevate e, in molti casi, superiori ai limiti previsti per i terreni ad uso industriale.

Il processo HPSS, frutto della ricerca Mapei, è un processo che si integra perfettamente nelle attività di recupero e rivalorizzazione dei "brownfields". Infatti, permette il riutilizzo del materiale trattato all'interno del sito dove avviene la bonifica, sotto forma di aggregati cementizi durabili caratterizzati da un'ottima compatibilità ambientale e da buone proprietà meccaniche. Il sistema HPSS ha anche molti altri vantaggi:

- è economico, in quanto ha costi inferiori allo smaltimento in discarica e ad altri trattamenti
- è modulare, in quanto può essere applicato a diversi stadi a seconda del tipo di contaminazione
- è flessibile, in quanto il processo può essere modificato in funzione degli obiettivi della bonifica
- ha un basso impatto ambientale, in quanto non produce emissioni
-

175

Il processo HPSS si dimostra pertanto particolarmente adatto al trattamento dei fanghi, in quanto consente non solo di recuperare la parte idrocarburica presente nel rifiuto, ma anche stabilizzare il materiale fino a trasformarlo in un prodotto che trova largo impiego come materia prima in diversi settori dell'edilizia.

Un tipico impianto si compone delle seguenti sezioni:

- Sezione di Pretrattamento
- Sezione di solidificazione/stabilizzazione comprendente:
 - Modulo di disaggregazione e miscelazione intensiva
 - Modulo di produzione del materiale granulare
- Sezione di Distillazione in corrente di vapore comprendente:
 - Modulo di vibrovagliatura
 - Modulo di distillazione
 - Modulo di raffreddamento del granulato

Le diverse sezioni vengono di seguito descritte sommariamente.

Nella sezione di pretrattamento, il rifiuto viene accumulato in un'area di stoccaggio al fine di eliminare l'acqua in eccesso. Il rifiuto viene prelevato mediante idoneo mezzo dotato di benna disagregatrice e trattato eventualmente con ossido di calcio sino ad ottenere una pezzatura massima di 3,6 cm. Al termine di tale operazione il tutto viene distribuito su una idonea vasca di asciugatura, necessaria per ridurre l'umidità intrinseca del materiale da trattare. La riduzione del contenuto d'acqua è necessaria per ottenere un valore ottimale per il processo di granulazione. Il tenore ottimale di umidità per il processo di granulazione deve essere compreso, in generale, tra il 10 e il 20 % in peso del terreno.

La successiva sezione, di solidificazione/stabilizzazione, è composta n° 1 linea di trattamento finalizzata alla solidificazione e stabilizzazione del rifiuto; la sezione di solidificazione/stabilizzazione è composta da un disagregatore di materiale che effettua anche una miscelazione intensiva dello stesso con cemento e specifici reagenti e da un piatto granulatore all'interno del quale avviene la granulazione secondo il sistema HPSS.

176

Nella sezione di Disgregazione e miscelazione intensiva, al fine di rendere più efficiente il processo a valle della benna disagregatrice, il materiale viene caricato su una tramoggia di carico e, attraverso un sistema di nastri trasportatori viene inviato al sistema di miscelazione e disagregazione intensiva. Tale sistema è stato progettato e realizzato al fine di ridurre la granulometria del rifiuto da inviare al processo di solidificazione/stabilizzazione e di miscelarlo con il cemento. Nel miscelatore viene inoltre dosata una miscela di reattivi specificamente studiati per questa applicazione, tramite idonei dosatori: in tal modo si ottengono conglomerati omogenei e molto densi, caratterizzati da un basso rapporto acqua/cemento (A/C) e da una bassa porosità.

Si passa quindi alla sezione di granulazione: Il rifiuto frantumato e miscelato viene trasferito tramite il nastro estrattore posto dall'altro lato della macchina al piatto per la granulazione dove, per effetto del movimento rotatorio, si formano i granuli. La dimensione dipende da fattori quali il tempo di permanenza nel piatto, il dosaggio degli additivi e l'eventuale quantità di acqua presente nell' impasto. Il piatto granulatore funziona normalmente in continuo e viene alimentato dall'alto con il materiale in uscita dal mescolatore. Nella parte bassa del piatto esce il materiale granulare che, dopo un dosaggio di un componente distaccante, viene inviato mediante nastro trasportatore brandeggiante su una vasca di stoccaggio. Il granulato prodotto deve rimanere all'interno della vasca di stoccaggio per un periodo non inferiore a 12 ore prima di essere inviato alla successiva sezione di distillazione in corrente di vapore.

Successivamente si può passare alla sezione di distillazione in corrente di vapore, composta da n° 1 linea in grado di trattare tutto il granulato prodotto. La linea è composta da una sezione di vibrovagliatura del granulato prodotto per l'eliminazione del componente distaccante in eccesso, una di distillazione in corrente di vapore surriscaldato sottovuoto e da quella finale di raffreddamento. Il granulato miscelato con il componente distaccante viene prelevato dopo 12 ore dalla produzione dall'area di stoccaggio tramite mezzo meccanico dotato di benna e caricato su una tramoggia; dopo il carico il granulato viene inviato tramite idoneo nastro trasportatore alla sezione di vibrovagliatura. Il vibrovaglio in questo caso provvede alla separazione del componente distaccante, che attraversa le reti setaccianti e viene scaricata dal bocchello del sottovaglio per il suo recupero finale. Il componente distaccante viene recuperato tramite nastro trasportatore ed inviato alla tramoggia specifica; la perdita di tale materiale è stimata pari a circa il 10% in peso rispetto al quantitativo di granulato s prodotto, e pertanto deve essere adeguatamente reintegrata nel processo. Il sopravaglio (costituito dal granulato prodotto), invece, viene inviato ad una tramoggia di accumulo per poi essere trattato nella successiva sezione impiantistica dedicata alla distillazione in corrente di vapore.

177

Infine, il distillatore in corrente di vapore è composto da un sistema di carico del materiale all'interno di un reattore di adeguate dimensioni, un generatore di calore, un sistema di trattamento degli incondensabili, uno per il trattamento del distillato ed un nastro per lo scarico del granulato. Il reattore viene riscaldato e portato ad una temperatura specifica e mantenuta costante per un periodo di tempo sufficiente per permettere la distillazione di tutti gli inquinanti ancora presenti all'interno del granulato; tale operazione viene favorita dal fatto che una volta raggiunta la temperatura di lavoro il sistema viene messo in depressione per favorire l'efficacia di trattamento.

Il distillato prodotto si smiscela in due fasi: una fase organica che può essere recuperata nel ciclo produttivo della raffineria ed una fase acquosa che può essere avviata all'impianto di trattamento delle acque. Il granulato al termine della distillazione viene scaricato dal fondo del reattore ed inviato, tramite idoneo nastro trasportatore, alla sezione di raffreddamento.

Il granulato ottenuto, ad alta temperatura, viene scaricato in una vasca contenente acqua e quindi portato ad una temperatura tale da agevolare la movimentazione e lo stoccaggio finale. Nella vasca viene di fatto effettuato un recupero energetico: il calore sottratto dalla massa del granulato scaricato dal distillatore viene trasferito all'acqua, la quale viene utilizzata come fluido termovettore per la rimozione parziale dell'umidità contenuta nel terreno da trattare stoccato nell'apposita vasca di asciugatura in testa agli impianti.

La prima applicazione in scala industriale del processo HPSS è stata realizzata a Murano (Venezia) per il trattamento del terreno dell'area delle "ex-Conterie", su cui sorgeva fino al 1990 una fabbrica per la produzione di vetro artistico. La natura prettamente inorganica della contaminazione (metalli pesanti e arsenico) era tale da non richiedere la fase di distillazione estrattiva.

La bonifica del primo lotto di 6.000 m³ di terreno si è conclusa con successo e il prodotto granulare ottenuto dal trattamento è stato riutilizzato come materiale di riempimento e per la realizzazione di massetti all'interno dello stesso sito, così come previsto dal progetto di bonifica approvato dal Comune di Venezia. In questo caso, i valori del test di cessione del materiale prodotto sono risultati conformi al test per i materiali riutilizzabili allora in uso (cessione cumulativa a 16 giorni). La destinazione finale del sito prevede la realizzazione di residenze studentesche e turistiche e la realizzazione di centri commerciali.

Sempre nell'isola di Murano, è stata avviata la bonifica di un altro "brownfield", su cui sorgeva un'altra fabbrica di vetro artistico (industrie De Majo). Anche in questo caso, 6.000 m³ di terreno contaminato da metalli pesanti sono stati trattati con il primo stadio del processo HPSS, con l'intento di poter restituire quest'area industriale degradata all'uso residenziale per la realizzazione di insediamenti alberghieri.

178

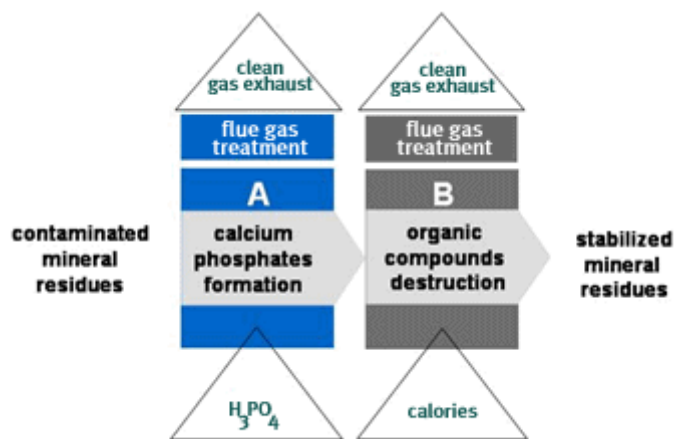
Il sistema MAPEI HPSS (High Performance Solidification/Stabilization) è stato sperimentato anche per il trattamento dei fanghi provenienti dai canali industriali di Porto Marghera. L'intento è quello di recuperare e riutilizzare circa 2,5 milioni di metri cubi di sedimenti di dragaggio dei canali industriali dell'area di Porto Marghera. Il riutilizzo servirà a rimodellare un'area depressa e contaminata da precedenti attività industriali e dallo smaltimento incontrollato di rifiuti pericolosi. Oltre 150.000 m³ di sedimenti serviranno per realizzare i sottofondi drenanti dell'area.

All'estero, hanno espresso interesse per la tecnologia il gruppo belga Jan De Nul, leader mondiale nel settore dei dragaggi marittimi e fluviali, e l'Ecole des Mines de Douai, in Francia, Ente pubblico di ricerca per il riutilizzo dei materiali nel settore edilizia.

4.6. Trattamento Novosol di Solvay

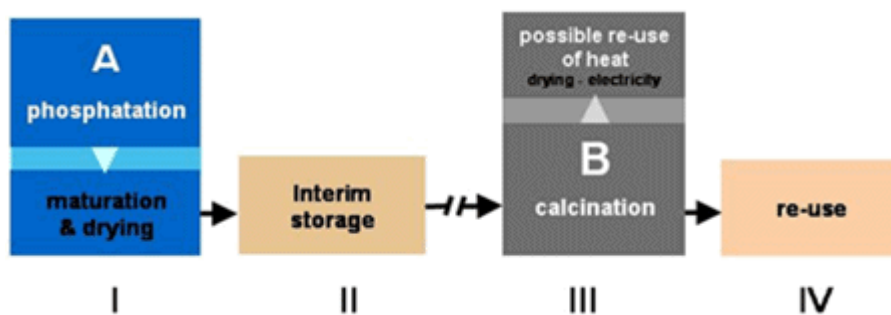
La tecnologia NOVOSOL è stata sviluppata da Solvay appositamente per il trattamento e la valorizzazione dei fanghi di dragaggio contaminati da composti organici e inorganici.

Il processo si compone di due fasi complementari e indipendenti, A e B (figura sottostante). Nella fase *Novosol A* i metalli pesanti sono stabilizzati e immobilizzati in una matrice di fosfato di calcio; nella *Novosol B* i composti organici vengono distrutti per calcinazione (650°C - 900°C = 1200°F - 1650°F). Il processo fornisce un materiale solido potenzialmente recuperabile come sottofondo stradale o materiale da riempimento.



179

Il processo completo prevede 4 fasi, separate nel tempo e nello spazio (figura sottostante).



In particolare:

Fase I: *Novosol A*: fosfatazione, maturazione, *dewatering* ed essiccamento della matrice;

Fase II: Stoccaggio temporaneo (se necessario);

Fase III: *Novosol B*: calcinazione ad alta temperatura;

Fase IV: Re-impiego del materiale stabilizzato.

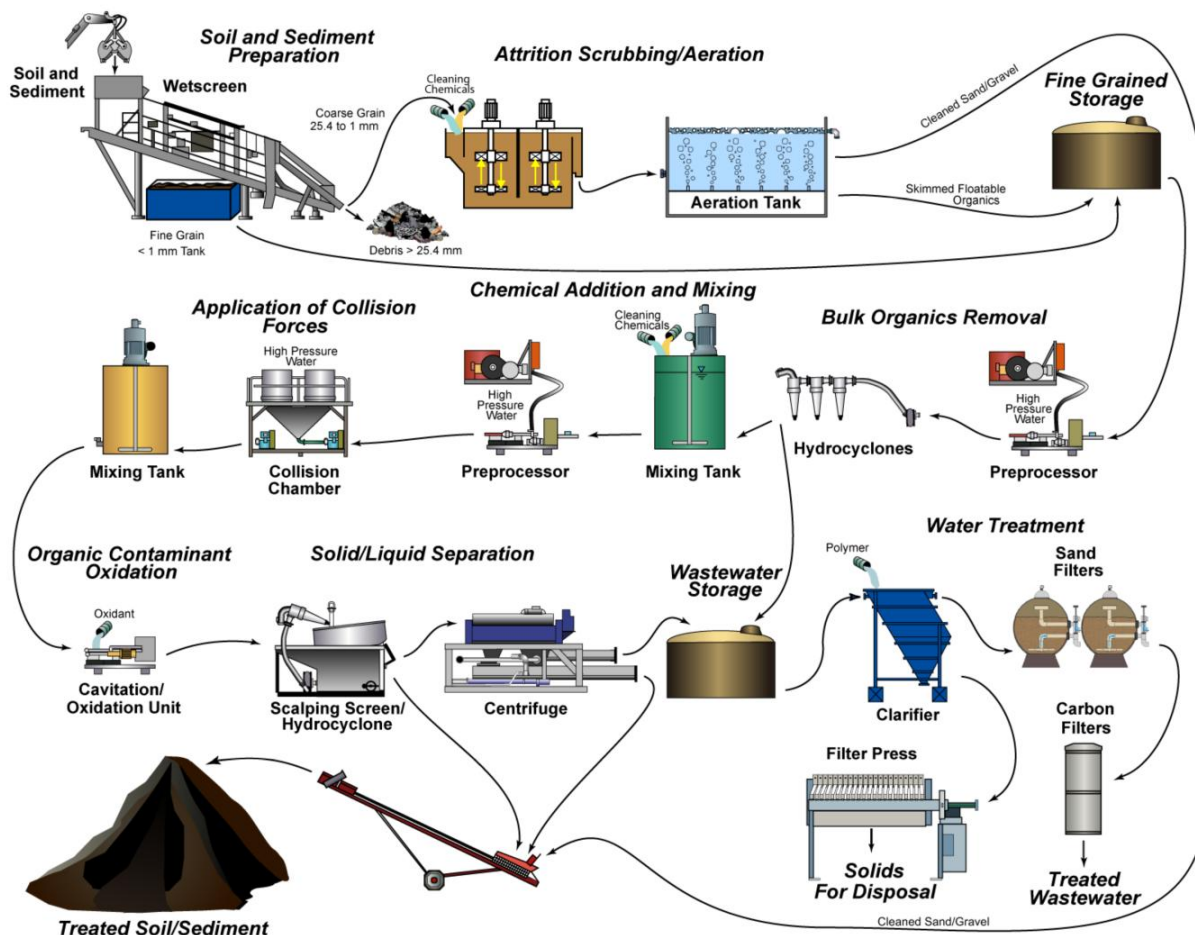
Lo scaling up del processo è arrivato fino alla fase di impianto pilota, su media scala, nella piattaforma tecnologica della Solvay Group. E' stato inoltre sperimentato sui fanghi di dragaggio del porto di Peel (UK).

4.7. Trattamento Biogenesis

La tecnologia di trattamento BioGenesis è stata progettata per il trattamento di sedimenti contaminati ricchi in particelle fini come limi e argille, con lo scopo di recuperare l'intero range granulometrico dei sedimenti. Questa tecnologia si basa sul trattamento di *lavaggio in pressione*, seguito da un processo di ossidazione biologica per la decontaminazione dei sedimenti dragati.

Durante il processo di ossidazione, il materiale organico viene rimosso dalle particelle solide e chimicamente ossidato. Lo schema di processo è illustrato nella figura sottostante.

180



181

Il processo è articolato nelle seguenti fasi:

- 1) Separazione granulometrica tramite vagliatura a umido. Viene rimossa la frazione granulometrica $>$ di 25.4 mm. La frazione minore viene sottoposta ad una seconda vagliatura per la separazione della frazione granulometrica $>$ di 1mm.
- 2) La frazione $<$ di 1mm viene avviata alla vasca di raccolta del materiale fine. La frazione $>$ di 1mm viene avviata in una cella di attrizione. Qui l'azione di opportuni chemicals riduce l'affinità tra i contaminati e le particelle di suolo più grossolane che si legano di conseguenza alla particelle più fini. Il passaggio ad una vasca di areazione permetterà la separazione della frazione più fine $<$ di $0.63 \mu\text{m}$ da sabbia e ghiaia pulite che potranno essere subito recuperate.

- 3) Tutta la frazione fine raccolta, ricca ancora di contaminanti, viene passata da un "pre-processore" che separa le particelle l'una dall'altra con l'azione di getti d'acqua ad alta pressione e che contribuiscono anche al passaggio in soluzione dei contaminanti.
- 4) Il fango è poi trattato con specifici additivi chimici per ridurre ulteriormente l'affinità dei contaminanti con i sedimenti e poi di nuovo sottoposto all'azione di un "pre-processore".
- 5) Camera di collisione. In questo stadio del processo lo strato superficiale delle particelle a cui sono adesi i contaminanti rimasti viene rimosso con l'azione dell'acqua ad alta pressione.
- 6) Nella fase di ossidazione organica il materiale organico viene rimosso dalle particelle solide e chimicamente ossidato.
- 7) Il processo si conclude con la disidratazione del fango tramite filtropresse per l'eliminazione dell'acqua contenente i residui di contaminanti e materiale organico.
- 8) Le acque raccolte durante tutte le fasi del processo saranno poi opportunamente trattate.

I sedimenti decontaminati mediante il processo BioGenesis possono essere immessi sul mercato e impiegati, ad esempio, come terreni per coperture di discariche, oppure dopo un' opportuna inertizzazione, finalizzata ad aumentare le proprietà meccaniche del materiale, per la costruzione di rilevati e terreni per siti industriali e residenziali, per interventi di ingegneria naturalistica (ricostruzione dei profili morfologici) e per applicazioni industriali. La tecnologia di trattamento BioGenesis è stata testata per oltre 15 anni, in continuo sviluppo tecnologico e con finalità dimostrative, nell'ambito del Water Resources Development Act (WRDA) per il programma di decontaminazione dei sedimenti del porto di New York/New Jersey.

4.8. Tecnologie DIEMME di filtrazione

L'azienda DIEMME Spa ha proposto una interessante ipotesi di piattaforma per il recupero dei sedimenti di dragaggio marino-costieri.

Principio fondamentale dell'impianto è il trattamento dei sedimenti per massimizzarne il recupero ed il riutilizzo, dunque con economie nell'uso di risorse naturali. La linea tecnologica è flessibile, permettendo il trattamento di sedimenti provenienti da dragaggi di diversa natura granulometrica e qualitativa. La piattaforma può essere schematicamente suddivisa in tre principali aree di processo:

- Pre-trattamento, lavaggio e vagliatura dei sedimenti.
- Trattamento e riciclo delle acque e disidratazione meccanica dei fanghi prodotti.
- Depurazione delle acque in eccesso e scarico delle acque di processo in esubero.

183

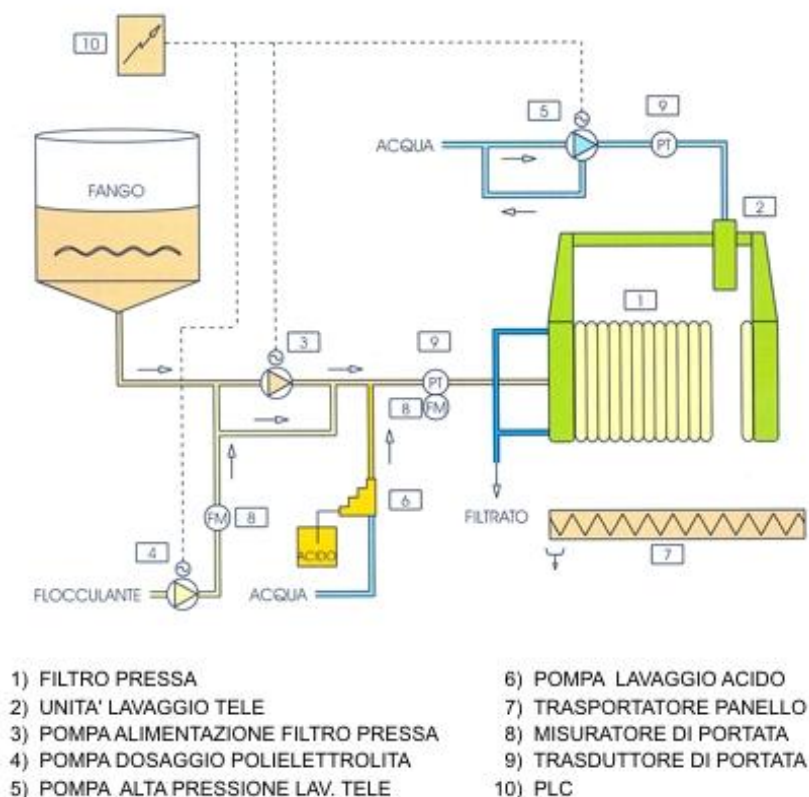


Figura 35 Tipico lay out di un impianto di disidratazione fanghi fornito da DIEMME

In particolare, i sedimenti in arrivo, sono separati dalle frazioni più grossolane in maniera del tutto analoga al soil washing tradizionale. La fase acquosa, contenente solidi in sospensione, viene trasferita ad un sistema di idrociclonatura per la separazione delle sabbie dai residui ultimi, più fini, costituiti da limo e argilla. La torbida finale, contenente le frazioni limo-argillose, confluisce nell'impianto di trattamento delle acque e da qui, alla sezione di ispessimento fanghi e filtropressatura.

Le filtropresse DIEMME montano delle particolari piastre a membrana che permettono un lavaggio a più stadi del sedimento da filtrare. In questo modo è possibile depurare il sedimento finale da tutti i contaminanti solubili che possono essere allontanati tramite operazioni di lavaggio (cloruri, solfati, cianuri etc.). Il processo è particolarmente efficace in quanto è possibile decidere il grado di pulizia del sedimento semplicemente monitorando la concentrazione dei contaminanti nelle acque di lavaggio, operazione questa che può essere spesso condotta anche con strumentazione in linea.

La tecnologia DIEMME è stata utilizzata nel Porto di Anversa. In questo porto, come nella maggior parte dei porti ad uso industriale per carico e scarico materie prime, dopo anni di utilizzo e di attività si sono generate due problematiche concomitanti:

184

- riduzione del livello di pescaggio delle navi dovuto all'innalzamento del fondale per l'ingresso nelle aree portuali di sedimenti trasportati dalle maree o per apporti di fiumi ad esso collegati
- presenza negli strati di sedimenti accumulati di inquinanti scaricati dalle aree circostanti per molti anni prima dell'applicazione delle normative in materia di inquinamento, oppure accidentalmente per rottura di impianti di produzione o perdite non controllate.

Nel Porto di Anversa ogni anno si accumula una quantità di sedimenti pari a 600.000 tonnellate di materia secca. Le attività di dragaggio, svolte negli scorsi anni, sono state smaltite in siti a terra con la formazione di casse di colmata. La situazione è divenuta insostenibile quando:

- Non c'erano più spazi da occupare per queste aree
- I terreni venivano inquinati con il rischio contaminazione anche delle falde sottostanti

La complessiva valutazione di tutti i parametri coinvolti nel problema ha portato come risultato finale alla scelta della disidratazione meccanica tramite filtro pressa con piastre a membrana come soluzione ottimale in termini qualitativi ed economici. Questa soluzione ha garantito inoltre una elevata flessibilità operativa, un ridotto costo di gestione ed un ridotto costo di investimento. Il cuore tecnologico per il

trattamento dei fanghi di dragaggio dei porti industriali è stata la FILTRO PRESSA 2000 GHT DIEMME (figura sottostante).



Figura 36 FILTRO PRESSA 2000 GHT DIEMME

Il pannello risultante dalla filtropressatura è stato sottoposto a test di cessione, per valutare le tipologie di riutilizzo possibili oppure lo smaltimento in discarica.

185

4.9. Processo Hegemann

Il processo Hegemann nasce dalla ricerca e dall'esperienza di una società leader nel campo della progettazione navale. Nel corso degli anni, la Hegemann – Gruppe si è diversificata sempre più, fino ad acquisire verso la fine degli anni '80 alcune tecnologie innovative – oggi applicate su larga scala – nel campo della decontaminazione e del ripristino ambientale.

Il processo Hegemann si rivolge essenzialmente a sedimenti di granulometria fine, principalmente a quelli aventi dimensioni inferiori ai 2 mm. Il processo si pone a valle di trattamenti di dragaggio; la torbida contenente i sedimenti fini, viene generalmente indirizzata verso una vasca di colmata e addizionata in linea con dei flocculanti in grado di promuovere la precipitazione della frazione solida dalle acque di dragaggio.



Figura 37 Vasca di colmata

186

Le acque vengono pertanto scolate, deviate verso un idoneo impianto di trattamento e quindi scaricate. I sedimenti permangono all'interno della vasca di colmata per un periodo variabile dai 6 mesi ad un anno; durante questo tempo il materiale solido viene costantemente movimentato, al fine di promuovere l'evaporazione dell'acqua residua. Una volta raggiunto il grado di "secco" necessario, i sedimenti vengono indirizzati verso l'impianto di trattamento, dove verranno lavorati secondo il processo Hegemann.

Il processo consiste nell'aggiunta di opportuni leganti idraulici in grado di stabilizzare i materiali solidi e conferire loro delle caratteristiche strutturali simili alla sabbia. Il materiale così trattato trova conveniente impiego come sottofondo stradale o riempimento. Un esempio è costituito dal trattamento dei sedimenti derivanti dal sito di Mheene (Olanda) dove, a partire dal 1994, vengono trattati circa 5000 m³/a; la fine dei lavori è prevista nel 2014 per una quantità di sedimenti lavorati pari a 100.000 m³. I sedimenti trattati sono poi stati reimpiegati come materiale da sottofondo stradale.

5. CRITERI E METODOLOGIE PER L'IDONEA COMPARAZIONE TRA LE TECNOLOGIE DI CUI AL CAPITOLO 3 E QUELLE DI CUI AL CAPITOLO 4

5.1. Premessa

La valutazione del valore di una tecnologia finalizzata al recupero può essere fatta solamente se inserita nella valutazione, più ampia, del valore di un determinato sistema industriale, compreso di tutte le fasi di movimentazione, gestione, trattamento e collocazione sul mercato del materiale recuperato

Possiamo considerare la sostenibilità economica ambientale e sociale come tre priorità per il successo di un sistema industriale che rispetti le esigenze del produttore, del consumatore, delle amministrazioni pubbliche e del comparto sociale. E' possibile così fare una valutazione comparativa dei sistemi che attualmente sono utilizzati per il dragaggio-trattamento dei sedimenti provenienti dai porti turistici e delle tecnologie innovative che possono determinare un miglioramento dei risultati attualmente raggiunti.

187

Effettuare una comparazione tra modelli di sistemi industriali diversi è utile per poter progettare un dragaggio e tutte le operazioni che lo precedono e lo seguono concentrandosi su elementi come la qualità delle acque e il mantenimento degli standard ambientali, la ricerca di soluzioni tecniche e tecnologiche innovative per il trattamento e una gestione consapevole del materiale, elementi importanti per affrontare in un'ottica lungimirante la problematica dei sedimenti nei porti turistici.

Il ruolo strategico di questo tipo di valutazione integrata è quello di fornire gli elementi scientifici e tecnici per individuare le scelte più opportune e sostenibili, relative alla gestione dell'intera filiera di attività legate al dragaggio, soprattutto quando, come nel caso dei sedimenti, le operazioni di manipolazione e le sequenze di trattamento possono assumere configurazioni anche molto complesse.

Data la connessione tra gli aspetti tecnologici, ambientali ed economici, il tema richiede necessariamente un approccio interdisciplinare. L'individuazione dei criteri e l'analisi comparativa dei percorsi applicabili nei diversi scenari allo scopo di individuare le alternative ottimali e strumenti utili di

supporto, coinvolge infatti un ampio spettro di competenze, oltre che in settori propriamente ingegneristici anche in quelli ambientali, economici e in ambito legislativo.

La difficoltà nella valutazione dell'efficacia di un sistema deriva dal fatto che ogni attività che implichi il dragaggio e trattamento dei sedimenti sebbene comparabile si rivela unica e caratterizzata dalle sue peculiarità che vanno ad incidere profondamente su elementi che possiamo ritenere passaggi chiave nella filiera delle operazioni. Infatti elementi come: la qualità dei sedimenti in origine, la posizione geografica, le distanze che intercorrono tra l'area di dragaggio e la struttura preposta per il trattamento e non meno gli spazi per gestire il volume di materiale sono elementi che determinano delle variazioni importanti nella valutazione della fattibilità di un'operazione.

Si ritiene, perciò, che una metodologia di comparazione di tipo qualitativo, che non trascuri le connessioni esistenti tra l'insieme delle implicazioni ambientali, economiche e logistiche ed il contesto economico, si presti bene per valutare gli aspetti impiantistici, gestionali, logistici, ambientali, economici dei possibili modelli messi a confronto.

188

5.2. I criteri di valutazione

Al fine di poter individuare una metodologia per la comparazione tra modelli tecnologici-gestionali diversi, si descrivono di seguito i criteri di valutazione che sono ritenuti idonei per il confronto di modelli di impresa industriale e che sono stati utilizzati per la progettazione del prototipo proposto.

1. Sostenibilità economica

Per stabilire la sostenibilità economica del progetto di impresa si procede all'elaborazione di un progetto di marketing e un progetto economico finanziario.

Il progetto di marketing analizza nel complesso la natura della futura impresa e le sue strategie di mercato attraverso:

- individuazione del mercato: analisi del settore della nautica da diporto;

- analisi della domanda potenziale, qualitativa e quantitativa: esigenze dei gestori portuali dal punto di vista delle quantità e, se possibile, della qualità di materiale da dragare;
- definizione del bacino potenziale di utenza: area geografica sulla quale si intende sviluppare il mercato dell'impresa;
- valutazione della possibilità di inserimento nel mercato: verificare se i costi delle attività di dragaggio e trattamento che saranno proposti alla gestione del porto sono effettivamente sostenibili dalle imprese portuali;
- definizione degli obiettivi: abbattimento dei costi di trattamento e recupero, vendita delle materie prime seconde ottenute, riduzione dei costi rispetto a quelli di conferimento in discarica.
- individuazione dei principali *competitors*. L'impresa avrà un vantaggio competitivo se dimostra di avere un divario tra valore e costo superiore in media a quello dei concorrenti e continuativo nel tempo;
- individuazione di strategie di comunicazione: pubblicità e promozione, politica ambientale, etc..

189

Sarà poi valutata la **sostenibilità finanziaria** dell'impresa industriale attraverso la stesura di un piano finanziario capace di attrarre un investimento, asseverabile da un istituto di credito. Il piano finanziario è lo strumento, necessario per valutare l'opportunità di un investimento, nel quale devono essere rappresentate le migliori stime delle operazioni che l'impresa sosterrà in un arco temporale adeguato alle dimensioni dell'impresa.

I passi fondamentali di una programmazione finanziaria sono:

- definizione degli obiettivi economico-finanziari e competitivi preposti;
- previsioni dei ricavi e dei costi (*cash flow*) dell'impresa;
- individuazione dei mezzi finanziari più idonei per raggiungere gli obiettivi economici; qualità e quantità di fonti di finanziamento che il management intende utilizzare per fronteggiare i fabbisogni correlati alla realizzazione della strategia messa in atto;
- reperibilità delle fonti di finanziamento;
- verifica della capacità di creare un margine di guadagno dall'attività;

Gli elementi economici di un progetto per un'impresa che svolga le attività di dragaggio, trasporto e trattamento di sedimenti provenienti dai porti turistici sono in sintesi:

- Costi di progettazione e realizzazione.
- Costi di gestione piattaforma / impianto mobile.
- Costo per il trasporto dall'area di dragaggio alla zona dove è situato l'impianto mobile o piattaforma di trattamento.
- Costo per il trattamento del materiale. Si riportano a titolo esemplificativo un elenco dei costi medi per alcuni dei trattamenti attualmente utilizzati ed altri innovativi (dati Teseco);

Trattamento	Euro/ton
Trattamento di vagliatura e soil washing	15-30 euro Il range di prezzo è dipendente: -dal grado di contaminazione, che potrebbe rendere necessario ripetere il trattamento per ottenere risultati ottimali. -caratteristiche granulometriche, un'alta percentuale di materiale grossolano richiede un'attività maggiore da parte dell'impianto.
Inertizzazione classica per abbassare il grado di cessione dei contaminanti al fine del conferimento in discarica.	10-35 euro Il range di prezzo è dipendente dal grado di contaminazione che determina la quantità di reagenti e leganti idraulici necessari all'immobilizzazione del contaminante.
Sistema hpss granulazione	40-50 euro Il range di prezzo è dovuto alla qualità granulometrica del materiale e alla tipologia dei reagenti utilizzati e quantità di legante idraulico aggiunto.
Biopile	30-45 euro Il range di prezzo è dovuto alla qualità granulometrica del materiale da trattare.
Desorbimento termico	20 euro

190

- Ricavi dalla vendita del materiale recuperato che viene sottratto al conferimento in discarica e immesso sul mercato delle materie prime seconde. Di seguito i prezzi medi a cui sono venduti i materiali recuperati (dati Teseco).

Materiale	Euro/ton
Vendita sabbia	6 euro
Vendita ghiaia	6 euro
Vendita materiale inertizzato con qualità meccaniche idonee al riutilizzo nel campo dell'edilizia civile e industriale	3-5 euro

2. Rendimento del trattamento applicato in termini di recupero:

191

Secondo il D.L. n. 205 del 3 dicembre 2010, Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti, che modifica l'articolo 183 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, si definisce:

preparazione per il riutilizzo: le operazioni di controllo, pulizia, smontaggio e riparazione attraverso cui prodotti o componenti di prodotti diventati rifiuti sono preparati in modo da poter essere reimpiegati senza altro pretrattamento;

riutilizzo: qualsiasi operazione attraverso la quale prodotti o componenti che non sono rifiuti sono reimpiegati per la stessa finalità per la quale erano stati concepiti;

trattamento: operazioni di recupero o smaltimento, inclusa la preparazione prima del recupero o dello smaltimento;

recupero: qualsiasi operazione il cui principale risultato sia di permettere ai rifiuti di svolgere un ruolo utile, sostituendo altri materiali che sarebbero stati altrimenti utilizzati per assolvere una particolare funzione o di prepararli ad assolvere tale funzione, all'interno dell'impianto o nell'economia in generale. L'allegato C della parte IV del presente decreto riporta un elenco non esaustivo di operazioni di recupero.;

riciclaggio: qualsiasi operazione di recupero attraverso cui i rifiuti sono trattati per ottenere prodotti, materiali o sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria o per altri fini. Include il trattamento di materiale organico ma non il recupero di energia né il ritrattamento per ottenere materiali da utilizzare quali combustibili o in operazioni di riempimento;

La normativa definisce **cessazione della qualifica di rifiuto** con modifiche all'articolo 184 del D.L. 30 aprile 2006, n. 152,

Con l'Articolo 184-ter.

1. Un **rifiuto cessa di essere tale**, quando è stato sottoposto a un'operazione di recupero, incluso il riciclaggio

e la preparazione per il riutilizzo, e soddisfa i criteri specifici, da adottare nel rispetto delle seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l'oggetto è comunemente utilizzato per scopi specifici;
- b) esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto;
- c) la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti;
- d) l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.

2. L'**operazione di recupero** può consistere semplicemente nel controllare i rifiuti per verificare se soddisfano i criteri elaborati conformemente alle predette condizioni. I criteri di cui al comma 1 sono adottati in conformità a quanto stabilito dalla disciplina comunitaria ovvero, in mancanza di criteri comunitari, caso per caso per specifiche tipologie di rifiuto attraverso uno o più decreti del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, ai sensi dell'articolo 17, comma 3, della legge 23 agosto 1988, n. 400. I criteri includono, se necessario, valori limite per le sostanze inquinanti e tengono conto di tutti i possibili effetti negativi sull'ambiente della sostanza o dell'oggetto.

Le cosiddette **materie prime seconde** sono costituite da scarti di lavorazione delle materie prime oppure da materiali derivati dal recupero e dal riciclaggio dei rifiuti.

All'art. 181-bis ("Materie, sostanze e prodotti secondari"), introdotto dal correttivo operato tramite il D.lgs. n. 4/2008, stabilisce in modo puntuale criteri e condizioni da rispettare affinché un materiale possa essere considerato una MPS, e non un rifiuto. In particolare:

- a) deve essere prodotto da un'operazione di riutilizzo, di riciclo o di recupero dei rifiuti;
- b) deve essere individuata la provenienza, la tipologia e le caratteristiche dei rifiuti dai quali si possono produrre;
- c) devono essere individuate le operazioni di riutilizzo, di riciclo o di recupero che le producono, con particolare riferimento alle modalità ed alle condizioni di esercizio delle stesse;
- d) devono essere precisati i criteri di qualità ambientale, i requisiti merceologici e le altre condizioni necessarie per l'immissione in commercio, quali norme e standard tecnici richiesti per l'utilizzo, tenendo conto del possibile rischio di danni all'ambiente ed alla salute derivanti dall'utilizzo o dal trasporto del materiale, della sostanza o del prodotto secondario;
- e) devono avere un effettivo valore economico sul mercato.

193

Tali criteri permettono quindi di individuare, tra le numerose sostanze previste dal D.M. 5 febbraio 1998, le MPS escluse dalla disciplina normativa dettata per i rifiuti, individuando con precisione quali siano in concreto le tipologie di sostanze che presentano i requisiti previsti.

Di seguito le percentuali di materiale (dati Teseco) che vengono recuperati con successo da un impianto industriale di trattamento.

- Ghiaia: il recupero dopo trattamento tocca il 100% . Il materiale contaminato normalmente viene riportato a livelli di contaminazione inferiori ai limiti della colonna A Tab. 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs. 152/2006.
- Sabbia: anche in questo caso il recupero presenta le stesse percentuali riportate per la ghiaia; la sabbia che non risulta qualitativamente idonea al riutilizzo può essere, eventualmente, usata in altri processi di trattamento (principalmente nell'inertizzazione) come elemento addensante.
- Limo e argille: il percorso che porta questo materiale ad essere recuperato è più complesso. I fanghi, nella maggior parte dei casi, subiscono un trattamento finalizzato all'immobilizzazione del contaminante che viene solo parzialmente rimosso, proprio a causa delle caratteristiche fisiche del materiale che rendono il processo estremamente difficoltoso.

I quantitativi considerati sono comunque dipendenti dal grado di contaminazione e dalla granulometria, quindi dalla qualità del materiale dragato. E' importante fare un'attenta analisi sulla reale convenienza ad effettuare trattamenti mirati al recupero in base alla caratterizzazione del materiale rimosso; più il materiale sarà contaminato e granulometricamente scadente (con un alta percentuale di fini) più i trattamenti dovranno essere spinti, costosi e con risultati non sempre ottimali.

La possibilità di vendere un materiale trattato dipende dalle sue caratteristiche che possono renderlo idoneo o meno a determinati usi nel campo dell'edilizia o dell'ingegneria civile in genere. Si può definire la percentuale di materiale recuperato come l'effettiva quantità di materiale che viene realmente reimmessa sul mercato. Le scelte riguardanti i trattamenti da adottare, che determinano la qualità del materiale ottenuto, sono quindi in stretta relazione con le strategie di tipo economico e di marketing aziendale.

194

3. Qualità del materiale ottenuto dopo trattamento.

Il materiale ottenuto dopo trattamento sarà valutato per:

- le caratteristiche granulometriche (dimensioni delle particelle, forma delle particelle, massa volumica delle particelle)
- le caratteristiche fisiche (imbibizione, porosità, gelività)
- le caratteristiche chimiche (composizione chimica, rilascio di sostanze chimiche, rilascio di metalli pesanti)
- le caratteristiche meccaniche (resistenza alla compressione, resistenza all'usura per attrito, alla levigabilità, coefficiente di frantumazione).

I materiali più grossolani come le sabbie o ghiaie, avendo, per caratteristiche proprie, buone proprietà strutturali per il riutilizzo, se non contaminate al momento del dragaggio o dopo specifico trattamento si prestano ad un facile reimpiego: per opere di ripascimento, nel campo dell'ingegneria come aggregati per la costruzione di strade, aggregati per calcestruzzi, aggregati per conglomerati bituminosi o per malta.

Si riportano di seguito i dati necessari per la verifica tecnica di prodotto CE per

Ghiaia. Aggregati per la costruzione di strade. EN 13242:2002+A1:2007

Ghiaino. Aggregati per la costruzione di strade - Aggregati per calcestruzzi. EN 13242:2002+A1:2007 - EN 12620

Sabbia. Aggregati per la costruzione di strade - Aggregati per calcestruzzi Aggregati per conglomerati bituminosi - Aggregati per malta. EN 13242:2002+A1:2007 - EN 12620 - EN 13043 - EN 13139

- Forma delle particelle.
- Dimensioni delle particelle.
- Massa volumica delle particelle.
- Purezza
 - contenuto in fini
 - qualità dei fini
- Percentuale di particelle frantumate.
- Resistenza alla frammentazione/frantumazione.
- Assorbimento/soluzione di acqua.
- Composizione/contenuto
 - calcestruzzi
 - pietra naturale, calcestruzzi, vetro
 - forati, piastrelle, mattoni
 - conglomerati bituminosi
 - vetro
 - altro
 - frustoli
 - solfati solubili in acido
 - zolfo totale
 - cloruri
 - componenti che alterano la presa e l'indurimento delle miscele legate con leganti idraulici.
- Resistenza all'attrito.
- Rilascio di metalli pesanti mediante lisciviazione (limite massimo contenuto in mg/l).
- Rilascio di altre sostanze pericolose (mg/l).

- Durabilità al gelo/disgelo.
- Resistenza alla levigabilità.
- Resistenza all'abrasione.
- Resistenza all'usura.
- Origine.
- Frantumazione.
- Provenienza.

Diversamente la frazione fine del materiale, a causa delle sue caratteristiche granulometriche si presta difficilmente a qualsiasi tipo di riutilizzo nel campo dell'edilizia ed è necessario che il trattamento sia finalizzato oltre che alla riduzione dei contaminanti anche al conferimento di proprietà meccaniche.

I processi di inertizzazione sono numerosi e portano, a causa dalla diversità del sistema impiantistico e di tipologia e dosi di leganti utilizzati nel trattamento, a risultati molto diversi tra loro. Possiamo infatti identificare sistemi di inertizzazione che mirano semplicemente ad immobilizzare i contaminanti nella matrice del materiale ma che non determinano alcun miglioramento della qualità dal punto di vista geotecnico. Questo materiale perciò sarà destinato alla discarica.

196

Alcuni trattamenti di inertizzazione, che vengono applicati ai materiali fini, hanno la doppia funzione di immobilizzare i contaminanti nella matrice e contemporaneamente, grazie all'aggiunta di leganti specifici, di conferire proprietà meccaniche e strutturali al materiale idonee al riutilizzo che avviene, in genere, nei campi dell'edilizia industriale, come sottofondi stradali, calcestruzzi non strutturali, materiali da riempimento, e in casi particolari se le caratteristiche lo permettono anche per la produzione di mattoni.

L'efficacia dei processi applicati verrà determinata mediante la valutazione dell'entità della cessione dei contaminanti, se presenti, verificando inoltre le alterazioni delle principali proprietà geotecniche (permeabilità, distribuzione granulometrica, resistenza meccanica, etc).

La scheda seguente riporta a titolo di esempio i risultati delle prove che sono state eseguite sul materiale ottenuto mediante trattamento di granulazione:

caratteristiche del granulato HPSS (dati TESECO)

DOMANDA	RISPOSTA
RESISTENZA ALLA FRAMMENTAZIONE (METODO UNI -EN 1097-2 DENOMINATO LOS ANGELES)	Il granulato può essere prodotto con la resistenza alla frammentazione richiesta dal cliente. Tipicamente il Los Angeles varia tra 26 e 40 %
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (METODO BS 812-110 DENOMINATO ACV)	Il granulato può essere prodotto con la resistenza alla compressione richiesta dal cliente. Tipicamente il valore di ACV varia tra 22 e 27 %
RESISTENZA ALLA FRANTUMAZIONE (METODO UNI-EN 13055-1:2003)	Il granulato può essere prodotto con la resistenza alla frantumazione richiesta dal cliente. Tipicamente tale valore varia tra 70 e 150 N/mm ²
RESISTENZA ALL'USURA (METODO UNI-EN 1097-1 DENOMINATO MICRO DEVAL)	Il granulato può essere prodotto con la resistenza all'usura richiesta dal cliente. Tipicamente tale valore a secco varia tra 5 e 10 % Tipicamente tale valore a umido varia tra 40 e 60 %
INDICE DI FORMA (METODO UNI-EN 933-4)	Tipicamente tale valore è inferiore all' 1%
RESISTENZA AL GELO E DISGELO (NORMA UNI-EN 12620)	Tipicamente tale valore a secco varia tra 1 e 2 %
COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA E MAX DIAMETRO DEGLI AGGREGATI PRODOTTI	La granulometria dell'aggregato varia in genere da 2 mm a 12,5 mm e può essere variata in funzione delle indicazioni del cliente
ASSORBIMENTO D'ACQUA E PERDITA DI PESO ALLA PROVA IDROFILA DEL PRODOTTO.	In corso
CONTENUTO DEI FINI	Il granulato viene in genere vagliato e tutto quello che è al di sotto dei 2mm viene re-immesso nel ciclo produttivo

197

Tra i diversi metodi per la verifica delle caratteristiche meccaniche dei granuli induriti mediante sistema HPSS, l'applicazione del metodo BS 812-110 per la valutazione della resistenza allo schiacciamento degli aggregati risulta particolarmente semplice e rapida. Il metodo consiste nel determinare la frazione del materiale granulare che viene frantumata per l'azione di un carico crescente applicato in modo

lineare da 0 a 100 kN su un campione contenuto in un cilindro metallico. Il rapporto percentuale tra il peso della frazione frantumata che passa attraverso un setaccio con maglie di dimensioni definite e il peso del materiale granulare inizialmente presente, esprime il fattore ACV (Aggregate Crushing Value):
 $ACV = M2/M1 \times 100$ dove: M2= Massa del campione frantumato M1= Massa del campione iniziale

Come si può notare dalla figura seguente (Fig. 1), le caratteristiche meccaniche dei granuli HPSS ottenuti con il sistema Mapei HPSS a partire da un terreno contaminato, sono dello stesso ordine di grandezza di quelle dei normali aggregati, a conferma delle loro ottime proprietà meccaniche.

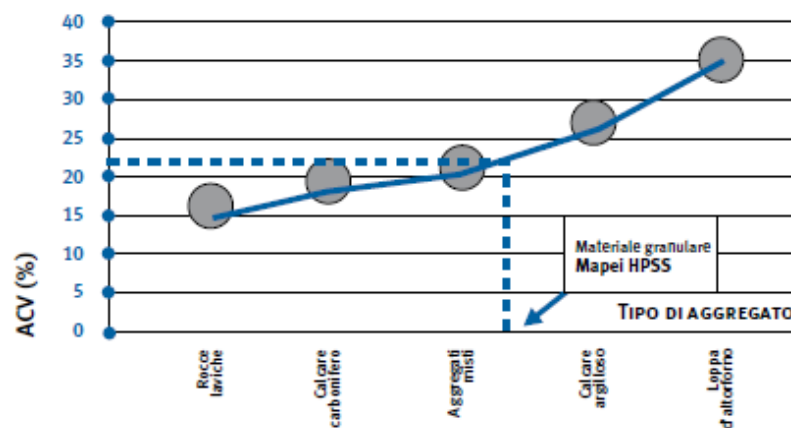


Figura 1 Confronto tra le caratteristiche meccaniche del materiale granulare HPSS ottenuto con il sistema Mapei HPSS e altri tipi di aggregato

4. Commercializzazione dei materiali

Perché un materiale possa costituire un prodotto appetibile per il mercato deve avere delle proprietà strutturali e meccaniche che consentano un facile e versatile utilizzo in numerosi campi.

Vediamo di seguito per le diverse frazioni granulometriche la potenzialità sul mercato dei materiali ottenuti (dati Teseco)

- Ghiaia: la percentuale di vendita tocca il 100% se le caratteristiche del materiale risultano entro limiti della colonna A Tab. 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV D.Lgs. 152/2006 ; questo materiale a diversi livelli di granulometria viene ricollocato sul mercato senza difficoltà con buoni rientri per i produttori

- Sabbia: si riscontrano le stesse percentuali riportate per la ghiaia; rari sono i casi in cui il materiale viene destinato alla discarica. Inoltre per le sabbie, che risultano non contaminante e compatibili sotto il profilo chimico fisico e granulometrico con la zona di refluento, il ripascimento si presenta come l'opzione di gestione più conveniente sotto il profilo economico e sotto il profilo ambientale.
- Limo e argille: il trattamento finalizzato a conferire buone qualità meccaniche risulta più costoso rispetto a i trattamenti applicati alle frazioni più grossolane. Il materiale che viene recuperato dopo trattamenti di inertizzazione, che possano conferire anche buone qualità meccaniche, è destinato quasi prevalentemente ad usi in aree industriali e non sempre trova una facile ricollocazione. Il riutilizzo dei fanghi argillosi (ricchi di silice) in sostituzione dell'argilla per la produzione del clinker utilizzato nei cementifici trova un mercato più consolidato, anche se la presenza di cloruri nei sedimenti marini limita il loro impiego in questo settore.

199

I maggiori ostacoli ad una più ampia diffusione delle materie seconde in edilizia sono la ridotta richiesta e la frequente assenza di specifiche normative, con la conseguente difficoltà di soddisfare gli standard qualitativi esistenti. In particolare, per quanto concerne gli aggregati, i nuovi standard europei in corso di definizione non prevedono restrizioni circa l'impiego di materie seconde, purché soddisfino i requisiti stabiliti.

Il riutilizzo, nelle vicinanze del luogo di produzione, delle materie seconde è peraltro economicamente apprezzabile in quanto si ottengono notevoli riduzioni di approvvigionamento delle materie prime e un risparmio dovuto al mancato conferimento in discarica. Per questo si rende opportuno un coordinamento tra l'impresa e le amministrazioni che pianificano l'esecuzione di opere pubbliche, in modo da organizzare le attività di trattamento o dragaggio in momenti in cui c'è necessità di materiale (ad esempio operazioni di ricostruzione delle strade o di parti del tessuto edilizio).

5. Versatilità/flessibilità dell'impianto di recupero

I trattamenti applicabili ai sedimenti possono essere più o meno specifici nei confronti di materiali con determinate caratteristiche fisiche o contaminati da una o più sostanze inquinanti. Più il trattamento sarà mirato più risulterà efficace ma nel contempo oneroso.

Ci sono trattamenti che possono essere considerati polivalenti, ovvero hanno come obiettivo l'eliminazione di un range molto ampio di contaminanti, come il caso del soilwashing, e si possono applicare a sedimenti eterogenei con diversa frazione granulometrica.

In altre situazioni in cui il materiale presenta una concentrazione di sabbie relativamente bassa si potrà considerare la possibilità di trattare, eventualmente con processi di inertizzazione, l'insieme di sabbia e fanghi senza una precedente separazione granulometrica.

Dai risultati emersi da dati bibliografici riguardanti le caratterizzazioni dei sedimenti nell'ambito delle strutture portuali turistiche, si evidenzia principalmente una contaminazione da: metalli pesanti e idrocarburi; i trattamenti specifici saranno pertanto indirizzati verso queste due tipologie di contaminanti.

Per i trattamenti destinati a specifici contaminanti si rimanda alla lettura del cap.3 e cap.4.

200

Un altro problema è l'alta percentuale di cloruri che sono presenti nei sedimenti dragati dai fondali marini e che limita fortemente un riutilizzo senza un trattamento volto alla riduzione della loro concentrazione nel prodotto finale, a meno che l'uso a cui sono destinati sia a contatto con il mare. L'inserimento nello schema dei processi di un trattamento per la riduzione dei cloruri risulta quindi una tappa spesso obbligata all'interno di una filiera produttiva per i materiali che sono destinati ad usi non a contatto con il mare.

6. Efficienza del sistema di dragaggio

Strumenti e tecniche impiegate per il dragaggio devono essere volti all'ottimizzazione delle operazioni, in termini di:

- quantitativo al giorno di materiale scavato e riduzione dei tempi di cantiere;
- caratteristiche del materiale movimentato (forma sotto cui viene prelevato) che possono influire sulla gestione materiale a terra;

- sicurezza ambientale;
- sicurezza nelle aree di cantiere.

7. Semplicità gestionale:

- Sistema gestito da personale qualificato: personale con competenze specifiche, tecniche e in materia di normative.
- Efficienza nella rete dei collegamenti tra aree coinvolte: un sistema di viabilità efficiente è un elemento importante affinché la gestione dei materiali dragati risulti efficace. Per il trasporto su strada il tragitto tra l'area portuale e l'impianto di trattamento prescelto deve essere studiato e organizzato al fine di ridurne le distanze. Il trasporto via mare, si pone come una soluzione adottabile, qualora l'impianto di trattamento sia collocato in una posizione geografica vicina all'area prescelta per l'approdo dell'imbarcazione addetta al trasporto oppure raggiungibile eventualmente attraverso un canale navigabile.
- Spazi: spazi sufficientemente ampi o di facile accesso per il deposito del materiale e per le strutture adibite all'impianti nel caso si utilizzasse un impianto mobile da allestire in loco.
- Impianto: si possono inserire come elementi che favoriscono una gestione ottimale: la reperibilità delle componenti dell'impianto e la facilità di manutenzione; la logistica interna all'impianto (viabilità, gestione del materiale in input e out put, sistema di amministrazione scorrevole).

201

8. Sostenibilità ambientale:

Intesa come la sostenibilità di tutti gli impatti propri e indotti dalle attività legate alle operazioni che riguardano il dragaggio e il trattamento che possono andare ad influire sulle componenti dell'ecosistema; l'analisi del bilancio complessivo degli impatti sarà fatto con riferimento alle diverse

fasi del ciclo di gestione. Devono essere considerate le emissioni dirette e indirette (oltre a quelle evitate per l'effetto del recupero di materia e di energia) e gli scarichi. Sono da preferire tutte le tecnologie di trattamento, le scelte in fatto di logistica e di gestione impiantistica nonché l'adozione di particolari metodologie di esecuzione nell'area di attività in fase di dragaggio, post dragaggio e di trasporto, che possono favorire il mantenimento di elevati standard ambientali. La tecnologia da scegliere e le tecniche da adottare nell'esercizio degli impianti devono far sempre riferimento alle "migliori" tecniche disponibili in grado di minimizzare e/o contenere le emissioni nei diversi comparti ambientali (aria, acqua, suolo, flora e fauna).

Si riporta di seguito un elenco degli impatti sulle matrici ambientali che possono derivare durante le fasi di dragaggio, trasporto e trattamento dei sedimenti presso un impianto generico e alcuni esempi di tecniche di mitigazione che possono essere adottate.

Un sistema di gestione dei sedimenti che tenga in considerazione gli aspetti ambientali può essere garantito rispettando e monitorando le diverse variabili attraverso mirate procedure di controllo e piani di monitoraggio che dovranno avvenire in corso d'opera ed al termine dell'attività.

202

a) Fase di dragaggio:

- aumento di torbidità delle acque connesso alle opere di movimentazione di fondi mobili.

Le attività di movimentazione di sedimenti, ed in particolar modo di sedimenti contaminati, possono avere numerosi effetti, sia sul comparto abiotico, che su quello biotico.

In relazione al comparto abiotico, possono verificarsi i seguenti processi chimico fisici:

- l'aumento della torbidità associata alla risospensione dei sedimenti;
- la mobilizzazione dei contaminanti associati alle particelle in sospensione;
- l'eventuale diminuzione temporanea della concentrazione di ossigeno disciolto nella colonna d'acqua;
- la variazione della concentrazione dei nutrienti nella colonna d'acqua;
- la solubilizzazione di contaminanti in seguito al cambiamento delle condizioni chimico-fisiche del sedimento.

Potenziali effetti delle attività di dragaggio sul comparto biotico (vegetale, algale, animale bentonica e pelagica) sono i seguenti:

- gli impatti diretti di tipo propriamente fisico, causati dall'aumento della torbidità e della concentrazione di particelle di solidi in sospensione, sugli organismi e su eventuali biocenosi sensibili (diminuzione dell'attività fotosintetica conseguente alla penetrazione della luce ; intrappolamento e trascinamento sul fondo; aumento dell'attività di filtrazione; ricopertura; danni all'apparato respiratorio; abrasione dei tessuti; disturbo alle aree di nursery, etc.);
- gli 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;
- il possibile bioaccumulo dei contaminanti nei tessuti degli organismi, con conseguente trasferimento nella catena trofica, biomagnificazione ed eventuale ingresso nella catena alimentare;
- la possibile contaminazione microbiologica degli organismi marini;
- eventuali morie localizzate dovute a situazioni di anossia;
- le possibili alterazioni qualitative delle biocenosi sensibili presenti esternamente all'area portuale.

203

Metodi volti alla riduzione del rischio ambientale in fase di dragaggio

L'aumento della torbidità delle acque può essere compensato dall'utilizzo di adeguate procedure di scavo e asportazione nell'attività di dragaggio; queste procedure, infatti, possono essere calibrate per una minima dispersione del sedimento. Tra le soluzioni applicabili ci sono:

- uso della benna ecologica come strumento di scavo: questo strumento dotato di due valve a tenuta stagna non permette la fuoriuscita d'acqua limitando l'eventuale dispersione di contaminanti rimessi in sospensione durante l'operazione meccanica di scavo. Gli strumenti più moderni sono dotati di un sistema di "ventilazione passiva" che riduce la formazione di vortici in immersione e il drenaggio dell'acqua in eccesso in immersione

- draga aspirante refluyente: dall'analisi delle tipologie di draghe più comunemente utilizzate si è verificata la efficacia della draga del tipo "a testa dragante", cioè che applica contemporaneamente la fresatura e la aspirazione del sedimento.

- panne galleggianti, barriere anti inquinamento: per delimitare le aree sottoposte a dragaggio al fine di limitare la dispersione del particolato sospeso ad opera della correnti.

Le barriere galleggianti servono per proteggere aree o zone balneabili dall'inquinamento in superficie e in parte da quello sommerso, e per mettere in sicurezza le aree da natanti a motore non autorizzati. Il materiale con cui sono costruite garantisce funzionalità meccanica e resistenza nel tempo anche a contatto con oli combustibili e carburanti. L'efficacia delle barriere è vicina al 90% di risultato nel caso di materiale galleggiante; l'efficacia verso alghe, meduse, mucillagine ed altro materiale sommerso è misurata in percentuale e dipende dalle condizioni geografiche locali (esposizione, vento, fondale, correnti etc.). Le barriere rigide offrono le migliori prestazioni in acque calme, come nei porti, nelle anse di fiumi o nei laghi. Le barriere gonfiabili sono invece indicate per l'utilizzo in mare: tali barriere seguono l'onda e non permettono lo scavalco ai detriti che si accumulano all'esterno della barriera.

Alle barriere galleggianti vengono applicati grembiuli di tessuto, generalmente PVC, della lunghezza pari alla profondità dell'acqua; essi hanno la funzione di chiudere e contenere le polveri e gli inquinamenti che di solito si generano nelle operazioni di scavo.

- L'uso di appropriati e precisi sistemi di rilevamento batimetrico dei fondali permette che le attività di scavo siano progettate e eseguite in maniera puntuale e mirata.

I rilievi batimetrici che individuano le quote del fondale sono da eseguirsi con estrema cura in quanto definiscono, unitamente alle quote di progetto, il quantitativo dei materiali da dragare. Non verranno così intaccate le porzioni che non necessitano di dragaggio ma solo quelle che da progetto devono essere necessariamente rimosse.

- Il dragaggio nelle aree limitrofe al porto può essere visto inoltre come un sistema di mantenimento della geomorfologia naturale dei fondali marini nelle aree limitrofe al porto andando a rimuovere quei sedimenti che sono andati a depositarsi in zone d'accumulo a causa dell'interruzione dei flussi naturali causata dalla struttura.

b) Trasporto:

- rischio della perdita di materiale. In particolar modo potrebbero verificarsi delle perdite di fanghi e liquidi nella fase di scarico, dal sistema dragante al mezzo adibito al trasporto a terra. Il rischio può essere limitato allestendo l'area di cantiere interessata all'operazione con sistemi di protezione del terreno. Può essere installata una copertura in hdpe e un apposito sistema di canali per la raccolta e trattamento delle acque che potrebbero percolare in questa fase.
- emissione di gas di scarico dovuto alla circolazione di mezzi di trasporto adibiti al trasporto di materiale. Questo può essere ridotto organizzando la gestione dei trasporti in modo da diminuire il numero di viaggi necessari e la lunghezza delle tratte da percorrere.

c) Trattamento:

205

Gli impatti derivanti dalla realizzazione ed dall'esercizio di un impianto adibito al trattamento e recupero dei fanghi di dragaggio possono essere molteplici. La prima classificazione può essere fatta sulla tipologia di impianto: piattaforma mobile/ piattaforma fissa. Queste due soluzioni possibili possono influenzare diversamente le matrici ambientali.

- Impianto mobile. Trattandosi di una piattaforma che viene allestita, all'occorrenza, in un'area all'interno del porto o in zone limitrofe, dovranno essere organizzati dei sistemi che prevengono il danno ambientale tipici di un'area di cantiere in cui sono movimentati materiali contaminati come sistemi protettivi per terreno, impianto di lavaggio ruote dei mezzi, barriere antirumore.

Il tempo limitato e le dimensioni ridotte dell'impianto non determinano impatti dal punto di vista paesaggistico.

- Piattaforma fissa. La costruzione di un impianto fisso con strutture ed edifici di tipo industriale, preclude l'adempimento alle normative interessate in quell'area e alla formulazione di un percorso che nella maggior parte dei casi porta all'attivazione di una procedura di VIA.

L'autorizzazione che segue una procedura di VIA sarà formulata tenendo in considerazione i possibili impatti e emissioni a carico delle matrici ambientali che una piattaforma di trattamento potrebbe causare nella zona interessata.

Le soluzioni atte a migliorare la sostenibilità ambientale e l'autosufficienza energetica che potranno essere applicate in fase di esercizio di una piattaforma:

- Sistemi per la produzione di energia elettrica e termica da fonti rinnovabili. Sistema fotovoltaico.
- Sistema di raccolta per le acque meteoriche e di processo al fine di trattamento e riutilizzo durante il ciclo di trattamento al fine di limitare a casi eccezionali l'uso della risorsa idrica
- Sistema di protezione dei piazzali e del terreno, lavaggio ruote.

Sono favoriti tutti i sistemi, anche innovativi, atti al mantenimento degli standards ambientali che possono essere facilmente applicati ai sistemi impiantistici sopraelencati e che siano economicamente sostenibili.

206

9. Tempi per l'intera operazione

Tempi necessari al dragaggio, trattamento e ricollocazione del materiale recuperato.

I tempi necessari per effettuare un'operazione di questo tipo sono direttamente riconducibili al volume che interessa lo scavo e la qualità del materiale. A parità di volume i fattori che possono influenzare le prestazioni in termini di velocità sono:

- la logistica con cui viene organizzato il dragaggio; un sistema di mantenimento delle batimetriche dei fondali organizzato ciclicamente e già pianificato riduce i tempi per l'organizzazione delle operazioni. La stesura di un protocollo per la movimentazione del sedimento potrebbe incidere positivamente sulla riduzione dei tempi di progettazione dell'attività;
- tipologia di mezzi utilizzati;
- conoscenza e chiarezza dei fattori più critici legati a tali operazioni dal punto di vista normativo e autorizzativo;
- metodi di trasporto;
- buona qualità del materiale dragato che riduce i tempi di trattamento e recupero.

10. Trasferibilità

Intesa come l'applicazione del progetto/modello in luoghi e situazioni diverse da quelle in cui è stato realizzato. rappresenta la possibilità di utilizzazione di una determinata tecnologia di trattamento inserita in un sistema industriale, in altre aree/sistemi industriali del transfrontaliero

- trasferibilità normativa;
- trasferibilità tecnica e tecnologica del prototipo;
- trasferibilità delle metodiche di caratterizzazione;
- trasferibilità economica del prototipo;
- trasferibilità ambientale;

Si riporta al capitolo 7 la descrizione degli elementi che favoriscono la trasferibilità del modello di impresa.

207

11. Sostenibilità sociale

Intesa come la capacità di garantire condizioni di benessere umano come la sicurezza, la salute, l'aggregazione, l'indotto occupazionale e lo sviluppo socio/economico. E' strettamente collegata a fattori di efficienza interni, ma anche a fattori esterni, quali la collocazione geografica della piattaforma di trattamento e può abbracciare anche le problematiche riguardanti l'accettabilità sociale di un impianto di questa natura.

La struttura portuale per la quale vengono svolte attività di dragaggio può risentire di:

- parziale blocco del transito alle imbarcazioni, accesso limitato alle imbarcazioni ormeggiate in banchina a causa dei mezzi di lavoro presenti a terra. Questo dipende dall'ampiezza del bacino portuale, dall'area interessata alle operazioni di scavo, transito dei mezzi nautici addetti al dragaggio, tipologia di misure sicurezza adottate.
- danni alle attività commerciali. Possono essere danneggiate dal minor afflusso di visitatori all'interno del porto a causa del blocco delle attività nautiche, dell'accessibilità limitata

alla struttura sia da mare che da terra, all'impatto visivo e paesaggistico che la presenza di grossi mezzi a mare e a terra possono causare.

- Danni alle attività turistiche della zona portuale: attività alberghiere e di ristorazione e altre attività commerciali, stabilimenti balneari.
- Possibili limitazioni alla balneabilità delle aree limitrofe alla struttura portuale. Questo è dovuto alla presenza di mezzi in mare che possono determinare impatti di natura temporanea sulla qualità dell'acqua, alle aree di cantiere in mare, a fattori legati alla sicurezza.

Le problematiche sopraelencate possono essere influenzate dalle

- tempistiche in cui vengono svolte le operazioni di scavo e allestimento del cantiere;
- dalla stagione; in cui vengono svolte le attività
- dalla morfologia del litorale limitrofo;
- dalla collocazione geografica della struttura portuale, anche rispetto al centro turistico e commerciale a cui afferisce;
- dalla tipologia e grado di sviluppo delle attività commerciali presenti nel porto;
- dalla natura dei clienti e visitatori che usufruiscono dei servizi della struttura portuale;
- dai rapporti che intercorrono tra le amministrazioni competenti della zona in cui è collocato il porto;
- da un programma di informazione e comunicazione con le amministrazioni, cittadini e clienti che punti alla trasparenza e al coinvolgimento del tessuto sociale cittadino.

208

I problemi sul comparto sociale inerenti alle attività di trasporto possono essere:

- disagio per i cittadini dovuto al traffico di automezzi legato al trasporto su ruote dall'area di scavo all'impianto preposto di deposito e trattamento dei sedimenti;

Per la realizzazione e/o presenza di una piattaforma per il trattamento dei sedimenti si potrebbe riscontrare una difficile accettazione da parte della popolazione locale.

Le problematiche che minano la sostenibilità sociale dovute alle attività di dragaggio, trasporto e trattamento del materiale sono attutate dai benefici che tali opere possono apportare direttamente alla

struttura portuale e indirettamente a tutto il comparto turistico dell'area di influenza di tale struttura oltre ai vantaggi che la realizzazione di un'impresa può apportare alla comunità coinvolta nel processo di industrializzazione.

- miglioramento delle prestazioni nautiche dovute alle opere di manutenzione dei fondali o all'ampliamento della struttura;
- miglioramento delle attività legate al turismo;
- miglioramento della sicurezza delle attività dei diportisti;
- miglioramento nell'organizzazione della gestione del porto;
- controllo ambientale e qualitativo dei sedimenti. La caratterizzazione dei sedimenti definisce le caratteristiche chimiche fisiche dei fondali, evidenziando eventuali contaminazioni, fornendo le basi per il miglioramento del monitoraggio dello stato del mare e delle biocenosi. Individuare i rischi dovuti alle attività portuali (collegamento contaminante- sorgente) presenti, assicurando così un controllo sulla qualità anche in progetto di una corretta gestione ambientale della struttura portuale;
- aumento dell'indotto occupazionale per la presenza di una nuova realtà industriale:

209

6. PROPOSTA DI UN PROTOTIPO PER L'APPLICAZIONE DI UNA TECNOLOGIA E TECNICA INNOVATIVA

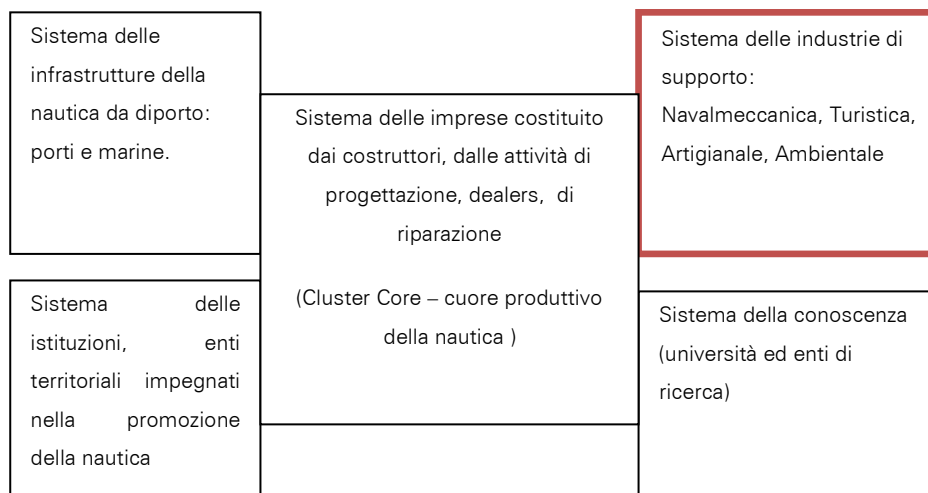
6.1. Premessa

L'esperienza del gruppo Cala de Medici Servizi nel campo della costruzione e gestione di porti turistici, con particolare riferimento all'esperienza di gestione ambientale, e di Teseco nella progettazione di impianti di trattamento e nello studio di tecniche di applicazione per recupero dei terreni e dei sedimenti contaminati, è stata indirizzata a sviluppare una soluzione finalizzata al dragaggio, trasporto, recupero e riutilizzo dei sedimenti marini e salmastri.

210

Al fine di proporre un prototipo sostenibile che sia modello di impresa industriale, per prima cosa si sono contestualizzate le attività dell'impresa all'interno della rete di attività interconnesse legate alla nautica da diporto.

Il sistema della nautica coinvolge una pluralità di "interpreti", che possono essere raggruppati in sottoinsiemi e rappresentati attraverso un modello economico di *cluster*. Si tratta di un modello finalizzato ad individuare le complesse relazioni che cooperano alla creazione di un prodotto/servizio. Il modello *cluster* di rappresentazione di impresa presuppone una focalizzazione sulle relazioni tra i soggetti (imprese e istituzioni) che sono accomunati dalla medesima concentrazione territoriale e dallo svolgimento di attività interconnesse e complementari e che nel settore della nautica ruotano intorno all'elemento "imbarcazione" considerato il nodo centrale dell'intero modello. La scelta localizzativa delle imprese costituisce quindi un fattore fondamentale in grado di incidere sulla costruzione e sulla competitività aziendale nell'ottica di economia di agglomerazione.



“Il concetto di cluster parte proprio dal presupposto che la scelta localizzativa delle imprese costituisca un fattore in grado di incidere, in modo più o meno sensibile, sulla costruzione e sulla difendibilità del vantaggio competitivo aziendale. La localizzazione, quindi, diventa un fattore esterno di sviluppo ed un presupposto per la costruzione del vantaggio competitivo dell’impresa, giacché agevola relazioni con gli altri elementi del sistema territoriale finalizzate all’acquisizione di quelle risorse e competenze strategiche che, da sola, l’impresa non è in grado di sviluppare internamente” (Willoughby, 2004).

Come specificato dal diagramma, le attività che attengono al trattamento dei materiali derivanti da opere di dragaggio si inquadrano tra i settori, di tipo industriale ambientale, di supporto al sistema delle imprese (*cluster core*), integrati con quello della nautica per affinità di carattere produttivo, tecnologico e commerciale.

E’ indispensabile conoscere le relazioni che legano i vari elementi del *cluster* alle attività di dragaggio e trattamento dei sedimenti per poter fare delle analisi previsionali sull’inserimento di un progetto di impresa industriale nel settore nautico territoriale.

Le connessioni possono essere così schematizzate:

- Il **sistema delle imprese della nautica** (che comprende le attività di progettazione, costruzione, riparazione, vendita delle imbarcazioni) influisce sul settore dei dragaggi-trattamenti in quanto le

attività di escavo sono finalizzate a garantire il transito dei natanti e limitare le problematiche per l'ingresso e il ricovero dell'imbarcazione nello specchio d'acqua portuale. Il trend attuale registrato, che indica una crescita del mercato di imbarcazioni sempre più grandi, incide sulla necessità di garantire idonee batimetrie per la navigazione e standard di sicurezza adeguati all'interno del bacino portuale. Queste tipologie di imbarcazioni presentano infatti precise esigenze legate alla maggiore lunghezza dello scafo e al pescaggio.

- Il **sistema delle infrastrutture per la nautica** rappresenta il potenziale mercato cui si deve rivolgere l'offerta per le attività di dragaggio-trattamento.
- Il **sistema delle istituzioni** opera a livello autorizzativo e di controllo sulle suddette attività, garantisce il rispetto delle normative e il mantenimento delle prescrizioni in campo ambientale; promuove lo sviluppo delle attività legate alla nautica, favorendo l'inserimento dell'impresa nel sistema socio-politico territoriale.
- Il **sistema della conoscenza e dell'innovazione** (enti di ricerca pubblici e privati) sottintende il processo di innovazione tecnologica indispensabile affinché i processi di dragaggio e trattamento dei sedimenti siano sempre più efficaci nella risoluzione della problematica ambientale del recupero dei materiali.

212

Le relazioni descritte sono inserite nel contesto geografico-territoriale transfrontaliero costituito da: la Regione Liguria, la Regione Sardegna, la Provincia di Livorno per la Regione Toscana, e la Corsica.

La definizione del prototipo di impresa fa parte di un programma di azioni mirate a favorire il successo del modello (cluster), che possono essere così sintetizzate:

- azioni volte a sviluppare e qualificare le infrastrutture, le risorse produttive fondamentali per il settore della nautica, come gli accessi all'acqua, la sicurezza della navigazione, la disponibilità di posti barca;
- sviluppo di elementi innovativi in merito a tematiche ambientali, conciliandole con aspetti relativi allo sviluppo funzionale degli spazi portuali, con vantaggi economici;
- il supporto allo sviluppo tecnologico e all'innovazione nel campo del trattamento dei sedimenti portuali;

- la riduzione della contaminazione nello specchio acqueo dei porti che può essere perseguita con lo sviluppo di piani di monitoraggio, lo studio delle caratteristiche dei sedimenti portuali, le relazioni che intercorrono tra elementi contaminanti e fonti di contaminazione;
- interventi orientati al rafforzamento della dotazione di capitale sociale all'interno del cluster, attraverso lo sviluppo di network inter-organizzativi;
- la ricerca di una più efficace collaborazione con gli Enti territoriali, allo scopo di migliorare e rendere realizzabili le azioni che si intendono intraprendere specie utili allo sviluppo economico dell'area e al mantenimento di standard ambientali.

6.2. Progettazione di un modello sostenibile di impresa industriale per il trattamento dei sedimenti

213

I criteri di valutazione esposti nel capitolo precedente, sono stati utilizzati per la progettazione del prototipo di modello industriale.

Il modello di impresa prevede una piattaforma polifunzionale fissa per il trattamento di sedimenti, posizionata sul mare.

La scelta impiantistica è caduta su un sistema di tecnologie già consolidate ed estremamente efficaci (sedimentwashing/separazione granulometrica) insieme ad una tecnologia di lavaggio/filtro pressatura e solidificazione/stabilizzazione (sistema HPSS) innovativa e specifica per questo tipo di materiale.

La filiera tecnologica proposta è molto flessibile e permette il trattamento di sedimenti di diversa natura, sia per quel che concerne la granulometria, che le caratteristiche chimico-fisiche; è inoltre finalizzata a massimizzare il recupero al fine di limitare la quantità di materiale da smaltire in discarica.

In tabella si riportano schematicamente i criteri e le valutazioni alla base delle scelte progettuali.

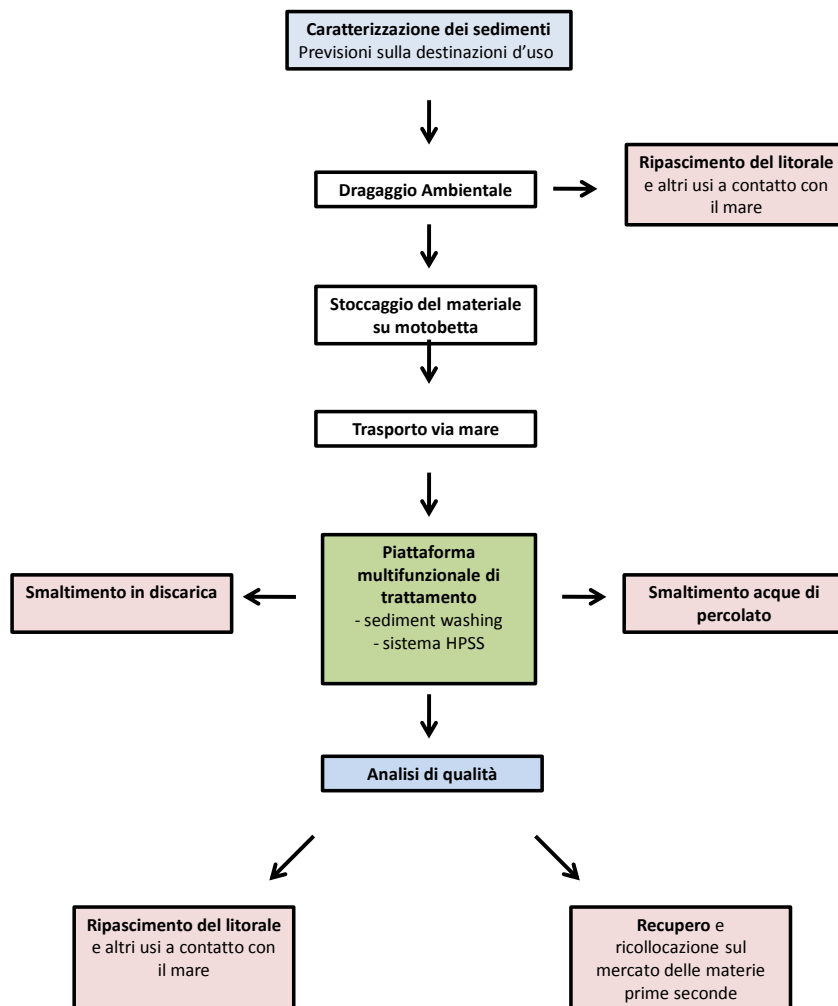
CRITERI

VALUTAZIONI

Sostenibilità economica	Le attività di dragaggio e trattamento dei sedimenti sono un servizio richiesto all'interno dell'area transfrontaliera; effettuare dragaggi manutentivi è una necessità diffusa geograficamente, consistente quantitativamente che ad oggi si presenta come una problematica per motivi tecnici ed economici. La scelta è ricaduta su una piattaforma fissa la quale, rispetto ad impianti mobili comporta minori costi di gestione e manutenzione, e garantisce maggiore produttività ed efficienza dei processi. La scelta di ottimizzare il recupero di materia, attraverso il trattamento, è finalizzata all'ottenimento di materie prime seconde di alto valore commerciale.
Rendimento del trattamento applicato in termini di recupero	Applicazione di processi che mirano al recupero anche della frazione più fine del materiale, altrimenti destinata alla discarica.
Qualità del materiale ottenuto dopo trattamento	Scelta di tecnologie che puntano alla decontaminazione di tutte le frazioni di materiale, entro i limiti fissati dalla normativa per il recupero. Ottenimento di materiali idonei, dal punto di vista chimico, fisico e meccanico, per la commercializzazione.
Commercializzazione dei materiali	L'obiettivo del trattamento è il raggiungimento degli standard di qualità europei per i materiali idonei alle applicazioni tecnico-ingegneristiche.
Versatilità/flessibilità dell'impianto di recupero	Alta flessibilità riguardo i flussi di materiale in ingresso; l'impiantistica è stata pensata per il trattamento di sedimenti di diversa natura e contaminazione.
Efficienza del sistema di dragaggio	Tecniche di dragaggio ambientale per la salvaguardia dell'ecosistema.
Semplicità gestionale	La piattaforma fissa garantisce la disponibilità continua di spazi per lo stoccaggio e la gestione del materiale. Disponibilità delle tecnologie proposte: facile applicazione della tecnologia su scala reale, con particolare riferimento alla semplicità impiantistica e alla reperibilità e la facilità di manutenzione delle componenti dell'impianto. Trasporto via mare: limita il numero di trasferimenti a cui è sottoposto il materiale, non incide sul sistema di viabilità stradale.
Sostenibilità ambientale	Scelta di tecnologie che mirano al recupero del materiale. Tecniche di dragaggio ambientale che riducono gli impatti sull'ecosistema. La piattaforma fissa di trattamento è sottoposta a procedimenti autorizzativi e di controllo che operano al fine di limitare le emissioni. Gestione ambientale della piattaforma di trattamento e recupero, per quanto riguarda il consumo di energia, le emissioni, gli scarichi e l'uso della risorsa idrica.
Trasferibilità	Il sistema non presenta problematiche specifiche per la trasferibilità del progetto su tutto il territorio transfrontaliero.
Sostenibilità sociale	La piattaforma fissa garantisce un minor impatto sulle attività turistiche legate al porto con la riduzione dei tempi di cantiere e degli spazi occupati. Realizzazione di una realtà industriale ampia e influente per la crescita dell'economia locale e l'indotto occupazionale.

Sarà illustrato nei paragrafi successivi il progetto preliminare del prototipo per l'applicazione di una tecnologia innovativa, integrato in un modello industriale comprendente la *filiera* di processi che a partire dalle attività propedeutiche al dragaggio, a monte di ogni tipo di trattamento, arriva al ricollocamento definitivo delle materie prime seconde derivanti dalle operazioni di recupero.

Il cuore del prototipo è il trattamento dei sedimenti, rappresentabile secondo uno schema di flusso che comprende i seguenti step:



6.3. Caratterizzazione

Tutte le tecniche e metodiche da seguire per effettuare la caratterizzazione del sedimento in area portuale sono riportate in maniera approfondita al cap.2.

6.4. Dragaggio

Come esposto nei capitoli precedenti, esistono diverse tecniche di dragaggio, che vanno ad incidere su:

- le caratteristiche di umidità del materiale dragato e quindi la consistenza dei sedimenti estratti;
- l'impatto ambientale causato dall'attività.

216

Il metodo di dragaggio che si presta meglio alle operazioni è quello meccanico con motobetta autocaricante a benna ecologica, che permette l'estrazione del sedimento con un percentuale d'acqua intorno al 60%, compatibile con il trasporto via mare su motobette.

In dipendenza dai volumi da movimentare e le caratteristiche del bacino portuale saranno progettati sistemi di dragaggio che possono prevedere diverse combinazioni di mezzi operativi come motonavi dotate di draghe, pontoni galleggianti con escavatori, bette per il trasporto del materiale.

Qualora la qualità dei sedimenti, verificata con la caratterizzazione, rispetti i limiti dettati dalla normativa, e le caratteristiche chimico-fisiche risultino compatibili con la destinazione, sarà possibile procedere al riutilizzo diretto del materiale, nel ripascimento delle spiagge o per la realizzazione di terrapieni costieri.

In questo caso si potrà, eventualmente, procedere con un pompaggio idraulico del materiale da refluire direttamente nel sito preposto.

6.5. Trasporto

Il trasporto dei materiali rimossi avviene via mare, nella stiva di motobette.

6.6. Piattaforma di trattamento

Descriviamo di seguito alcuni elementi utili alla progettazione preliminare della piattaforma di trattamento e recupero dei sedimenti.

217

6.6.1. Ubicazione e contesto di inserimento del sito

Possiamo, al fine di rendere più chiari alcuni elementi progettuali, dare delle indicazioni, circa l'ubicazione della piattaforma di trattamento e recupero dedicata ai sedimenti di dragaggio.

L'area ove sorgerà l'impianto sarà collocata possibilmente all'interno di una porzione di territorio già fortemente antropizzata, a destinazione industriale, al fine di ridurre l'impatto ambientale e sociale dell'attività produttiva.

L'area sarà localizzata a distanza dai centri abitati.

Il sito dove realizzare l'impianto dovrebbe, nel caso in cui le condizioni geografiche lo consentano: essere collocato sulla costa o lungo i margini di un canale navigabile, in modo da consentire lo scarico diretto del materiale dragato dalle motobette alla testa dell'impianto.

6.6.2. Dati caratteristici piattaforma

Sulla base di precedenti studi e progettazioni, in questa sede si stima, a puro titolo indicativo, la che la superficie di occupazione dell'impianto ammonti a 20.000 mq, così ripartiti:

- 3.000 mq destinati alle infrastrutture e piazzale in corrispondenza dell'area di ingresso.
- 8.000 mq destinati all'impianto di trattamento, baie e vasca di stoccaggio del materiale in entrata e in uscita.
- 8.000 mq alla viabilità e piazzali.
- 1.000 mq destinati alla banchina di approdo per le motonavi addette al trasporto.

218

6.6.3. Classificazione impianto

La classificazione delle attività di recupero dei rifiuti si basa, attualmente, sull'elenco delle operazioni R dell'allegato C alla parte IV del D.Lgs.152/06

Operazioni di recupero:

- R5 "Riciclo/recupero di altre sostanze inorganiche";
- R13 "Messa in riserva di rifiuti per sottoporli a una delle operazioni indicate nei punti da R1 a R12".
- D9 "Trattamento fisico-chimico non specificato altrove nel presente allegato che dia origine a composti o a miscugli eliminati secondo uno dei procedimenti elencati nei punti da D1 a D12 (a esempio evaporazione, essiccazione, calcinazione, ecc.)"
- D13 "Raggruppamento preliminare prima di una delle operazioni di cui ai punti da D1 a D12"
- D14 "Ricondizionamento preliminare prima di una delle operazioni di cui ai punti da D1 a D13"

6.6.4. Tipologie di rifiuti che si intende trattare

Nella piattaforma di trattamento e recupero prevista dal progetto si intendono ritirare rifiuti speciali (ovvero non urbani) non pericolosi, identificati dai codici CER:

- 170506: fanghi di dragaggio, diversa da quella di cui alla voce 170505*.

6.6.5. Banchina di ormeggio

219

La banchina di approdo sarà costituita da una piattaforma, lungo il margine del canale, realizzata in cemento armato. Il rilevato sarà costruito con opportuna pendenza verso il lato opposto dell'argine del canale, dove sarà collocata una canaletta di raccolta per i materiali fangosi che potrebbero percolare in fase di scarico. La canaletta convoglia ad un pozzetto dotato di pompa di rilancio direttamente al sistema di raccolta e trattamento delle acque della piattaforma.

La vasca di stoccaggio del materiale in entrata, costituita da un sedimentatore, sarà posta in un'area adiacente alla banchina di approdo e raggiungibile dal braccio della gru presente sulla motonave. Sarà possibile così scaricare la stiva della draga tramite benna direttamente all'interno della vasca aperta superiormente (le caratteristiche della vasca/sedimentatore sono descritte al par. 6.5.11).

6.6.6. Area impianti

Gli impianti saranno collocati in 2 edifici disposti parallelamente di mq 2000 ciascuno che ospiteranno:

- fabbricato impianto di *sediment washing* e baie per lo stoccaggio dei materiali;
- fabbricato impianto HPSS e baie di stoccaggio dei materiali;

Presso la banchina di ormeggio sarà posizionato un sedimentatore per lo stoccaggio e ispessimento del materiale in entrata.

6.6.7. Area direzionale

Si riportano sinteticamente le aree e le attrezzature logistiche che fanno parte del sistema produttivo non impiantistico:

- amministrazione;
- laboratori di analisi;
- zona dipendenti;
- area accoglienza per i visitatori;
- spogliatoi e servizi igienici;
- parcheggio dipendenti e visitatori;
- guardiania di presidio dell'ingresso e dell'uscita;
- sistema di lavaggio ruote e pesa mezzi;
- altre attrezzature logistiche a servizio dell'impianto, quali centrale idrica, centrale elettrica, etc.

220

6.6.8. Cicli produttivi: impianto stoccaggio trattamento e recupero

La piattaforma per il trattamento dei sedimenti può essere schematicamente suddivisa nelle seguenti aree di processo:

- Lavaggio e classificazione granulometrica dei sedimenti:
 - Lavaggio e vagliatura dei sedimenti.
 - Disidratazione meccanica dei fanghi prodotti con filtropressa.

- Lavaggio contaminanti solubili durante la fase di disidratazione meccanica.
 - Trattamento e riciclo delle acque di lavaggio.
- Sezione di trattamento della frazione fine:
- Sistema HPSS per l'immobilizzazione dei contaminanti inorganici residui e la produzione di granulato cementizio con caratteristiche simili al calcestruzzo ad alta prestazione.
 - Rimozione dei composti organici volatili e delle sostanze semi – volatili dai granuli induriti mediante un processo di desorbimento termico sottovuoto (sezione di trattamento organici).
 - Sistema di inertizzazione finalizzata al recupero.

Nello stabilimento vengono svolte anche attività di gestione dei rifiuti, del materiale trattato ed attività di servizio, collaterali alle attività sopra menzionate:

221

- a) stoccaggio di materiali nel sedimentatore in ingresso dello stabilimento;
- b) stoccaggio del materiale recuperato tramite lavaggio;
- c) stoccaggio del granulato ottenuto;
- d) stoccaggio del materiale destinato alla discarica.

Nelle tabelle seguenti si riportano schematicamente le potenzialità dell'impianto, in termini di tonnellate/anno di materiale potenzialmente trattato e di capacità di stoccaggio delle aree di deposito. L'impianto sarà realizzato per lavorare in continuo per 5 giorni settimanali per 8 ore al giorno.

Sezione di trattamento	Capacità di trattamento
Richiesta totale per l'intero impianto	70mc/giorno in entrata con un residuo secco pari al 40%
<i>Sediment-washing</i>	30-35mc/giorno
Filtropressa	10-15 mc/ giorno
Solidificazione/Inertizzazione	20-25 mc/giorno
Desorbimento termico	20-25 mc/giorno

Area di deposito	Potenzialità giornaliera	Capacità di stoccaggio
Sedimento in entrata		600 mc
Ghiaia	0,7 mc/giorno	200 mc
Ghiaino	1 mc/giorno	200 mc
Sabbia	16 mc/giorno	2 x 200 mc
Granulato	22 mc/giorno	2 x200 mc

Totale H2O per impianto <i>sediment-washing</i>	80-100 mc/giorno
H2O lavaggio in filtropressa	50-70 mc/giorno
Impianto ad osmosi inversa per la demineralizzazione dell' H2O	150 mc/giorno

222

6.6.9. Descrizione impianti

Dal sedimentatore il materiale viene prelevato e trasportato nell'area impianti, dove verrà sottoposto a trattamento di *sediment washing* per il recupero della ghiaia e sabbia, prima di passare alla sezioni successive.

6.6.9.1. Impianto lavaggio e classificazione granulometrica dei sedimenti

La selezione granulometrica è realizzata a umido; il processo lavora in sinergia con le tecnologie di lavaggio, ottenendo alla fine della filiera la scomposizione del sedimento nelle sue diverse frazioni costituenti e il passaggio in soluzione acquosa di una buona percentuale di contaminanti. Il processo definito *sediment washing*, è stato sviluppato mutuando ed adattando la tecnica di *soil washing*, consolidata e applicata da Teseco per il trattamento dei terreni contaminati.

Descrizione del processo

Il processo di *sediment washing* si basa sui seguenti concetti fondamentali:

- Separazione delle particelle di sostanze contaminanti solide mediante processi di selezione;
- Trasferimento delle sostanze inquinanti presenti sotto forma disciolta, emulsionata, adesa, adsorbita, o in sospensione, dalle particelle di materiali all'acqua di lavaggio;
- Concentrazione dei contaminanti organici nel limo e nelle argille e separazione del limo e delle argille dai materiali di recupero;
- Trattamento chimico-fisico della torbida contenente il limo, le argille e le sostanze inquinanti e ricircolo dell'acqua depurata.

La velocità e l'efficienza del trattamento sono in linea generale influenzate da molteplici fattori:

223

- le caratteristiche specifiche della matrice solida;
- le proprietà chimico-fisiche e la concentrazioni di inquinanti;
- l'età della contaminazione;
- gli estraenti utilizzati (tipo e concentrazione);
- la temperatura;
- il tempo di contatto;
- il rapporto solido/liquido;

La tecnologia è stata studiata tenendo in massima considerazione l'efficienza di rimozione degli inquinanti.

Tamburo rotante e sfangatrice

In questa sezione si realizzerà il primo lavaggio, dove i materiali grossolani vengono separati dai materiali più fini ed eventualmente a loro adesi. Il lavaggio viene effettuato utilizzando acqua di mare.

Dal nastro trasportatore, il terreno viene immesso dapprima nel vaglio a tamburo rotante e poi in un'apposita vasca (sfangatrice-lavatrice). Il tamburo rotante è dotato di palettatura interna adeguatamente sagomata, e di ugelli spruzzatori. In esso vi è un'energica e turbolenta agitazione dei materiali da lavare. Il lavatore a tamburo rotante realizza un movimento in controcorrente fra l'acqua di lavaggio ed il materiale da lavare. Nella sfangatrice, viene energicamente agitato per mezzo di pale montate su due alberi ruotanti.

In questa sezione di lavaggio si possono aggiungere specifici reattivi (tensioattivi, soda oppure un disemulsionante), per limitare la formazione di schiume e/o emulsioni oleose, o anche solo semplicemente per coadiuvare l'azione meccanica dell'acqua sul materiale e favorire il distacco della contaminazione dalla matrice solida. Il dosaggio viene effettuato attivando e regolando le relative pompe dosatrici dei reagenti ed ognuno dotato di apposito bacino di contenimento.

225

Nella sfangatrice la ghiaia con dimensioni da 2 a 60 mm viene sollevata dall'azione delle pale ruotanti e avviata in testa allo stesso, dopo di che viene scaricata su un nastro trasportatore e avviata alla sezione di vagliatura ad umido per la separazione tra ghiaia e ghiaino.

Il sottovaglio proveniente dalla sfangatrice costituito da una corrente acquosa di sabbia (< 2 mm), limo e argilla (< 0,063) e sostanze leggere passa attraverso uno specifico vaglio vibrante, dove le parti leggere con dimensioni da 2 a 50 mm vengono eliminate dal sistema, mentre il resto dei materiali raggiunge il gruppo di raffinazione sabbie.

Tutte le acque usate per il lavaggio vengono convogliate all'impianto del chimico fisico.

Vagliatura ad umido

Questa sezione prevede il lavaggio e la vagliatura dei materiali più grossolani in uscita dalla sfangatrice ad opera di una serie di vagli aventi una luce via via decrescente.

Attraverso un nastro trasportatore dotato di rilievi a lisca di pesce, il materiale con dimensioni 2 – 60 mm uscente dalla sfangatrice viene convogliato al vaglio vibrante a due piani.

Nel primo piano di vagliatura vengono separate le ghiaie con dimensioni 10 – 60 mm, sottoposte a lavaggio con getti d'acqua e depositati nella baia sottostante. Nel secondo piano di vagliatura viene invece separato e lavato con getti d'acqua il ghiaino con dimensioni 2 – 10 mm, successivamente depositato per gravità nella baia specifica.

Sezione di raffinazione sabbie

La sezione di raffinazione sabbie è costituita da:

- gruppo di idrociclonatura;
- cella di attrizione;
- sezione di stoccaggio e dosaggio reagenti.

Idrociclone

226

La torbida uscente dalla sfangatrice viene trasferita ad un sistema di idrociclonatura dove la frazione sabbiosa verrà separata per gravità dalla frazione acquosa, la quale conterrà tutte le frazioni più fini rimaste.

La pompa installata sulla vasca di raccolta torbida alimenta l'idrociclone, che ha lo scopo di separare le frazioni sabbiose dall'acqua di processo contenente anche le frazioni $< 0,063$ mm e di concentrare la parte solida in modo da rendere la torbida sabbiosa idonea al trattamento nella cella d'attrizione. La miscela acqua-sabbia in uscita dall'ugello inferiore dell'idrociclone, con un contenuto di solidi di circa il 50%, ricade nella cassetta di carico della cella di attrizione. La sospensione in uscita dall'ugello superiore dell'idrociclone, acqua e frazione $< 0,063$ mm, è destinata direttamente all'impianto chimico-fisico.

Celle di attrizione

In questa fase è prevista alimentazione con acqua dolce/acqua osmotizzata. La sabbia passa attraverso le celle di attrizione, che, per l'azione meccanica generata da due turbo miscelatori, operano un energico sfregamento fra i granuli di sabbia. La superficie del granulo subisce in tal modo un trattamento meccanico volto a rimuovere i contaminanti adesivi.

L'unità d'attrizione è costituita da due "celle" in acciaio al carbonio rivestito internamente in materiale anti-abrasione, che supportano agitatori con albero a più eliche.

I fattori che determinano l'efficacia del processo di attrizione sono di seguito elencati.

Geometria della cella: la cella d'attrizione ha forma poligonale, rispondendo all'esigenza di promuovere gli urti e i rimbalzi delle particelle sospinte contro le pareti dalle eliche delle giranti, limitando la formazione di depositi e zone morte.

Geometria delle pale degli agitatori: è tale da far urtare violentemente le particelle contro le pareti della cella; le eliche di ciascuna girante sono inoltre conformate in modo che ciascuna pala di un'elica spinga le particelle verso la corrispondente pala dell'elica superiore o inferiore, creando così una zona di intensa turbolenza e sfregamenti reciproci tra le particelle.

Concentrazione in sabbia: il contenuto in solido all'interno delle celle deve essere elevato (intorno al 60 - 70 %) al fine di rendere frequenti gli urti e gli sfregamenti reciproci tra particelle.

Energia di miscelazione: deve essere tale da imprimere alle particelle un'energia cinetica sufficiente a rimuovere attraverso urti contro altre particelle anche i contaminanti fortemente adesi alla superficie.

Tempo di contatto: maggiore è il tempo di residenza della torbida sabbiosa nella cella d'attrizione, migliore è l'effetto di lavaggio che si può ottenere.

Addizione di reagenti: servono per diminuire la tensione superficiale e facilitare la rimozione dei contaminanti (tensioattivi, soda, etc.).

227

Nella cella d'attrizione, per effetto degli urti tra le particelle provocati dall'intensa turbolenza prodotta dal sistema di agitazione, si realizza il distacco fisico dei contaminanti fortemente legati alla superficie delle particelle sabbiose: la mistura di acqua, sabbia e contaminanti separati dalle sabbie (presenti nell'acqua in forma dispersa o disciolta), in uscita dalla cella di attrizione, ricade in una cassetta di raccolta e da qui viene convogliata al gruppo idrociclonatura secondaria.

L'efficacia dell'azione di lavaggio nella cella di attrizione può essere migliorata mediante il dosaggio di opportuni reagenti; l'estrema variabilità dei contaminanti presenti sui materiali destinati al trattamento comporta la necessità di effettuare prove sperimentali per la scelta dei reagenti più idonei per la rimozione dei contaminanti stessi. Si prevede la possibilità di dosaggio di due reagenti, contemporaneamente o singolarmente, direttamente nella cella di attrizione. Tali reagenti (tensioattivi) sono stoccati in appositi "cubitainer", dotati di pompa dosatrice a membrana, e collocati in prossimità della cella di attrizione.

La sezione presenta due flussi in uscita:

1. flusso di torbida contenente le frazioni fini $< 0,063$ mm, convogliato alla vasca del chimico-fisico mediante collegamento alla vaschetta di scarico torbida dell'idrociclone primario del gruppo di idrociclonatura sabbie;
2. flusso di torbida sabbiosa che viene inviata al gruppo idrociclone secondario- separatore a spirale- vibrovagli.

Idrociclone secondario

Dalla sezione delle celle di attrizione il materiale passa ad una sezione di idrociclonatura secondaria che si occuperà di separare la sabbia dalla frazione più fine rimasta che non è stata separata dopo la prima sezione di idrociclonatura. La sospensione di acqua e sabbia in uscita dalla parte inferiore dell'idrociclone viene convogliata per gravità alla sezione successiva.

228

Separatore a spirale

A valle dell'idrociclone è predisposto un separatore a spirale, che agisce ad umido, e separa per effetto gravitazionale/centrifugo la sabbia dalla frazione organica ancora presente, che sarà avviata a smaltimento.

La sabbia (tra 0,063 e 2 mm) viene avviata ad un vaglio asciugatore e poi scaricata in una apposita baia di raccolta; il movimento del vaglio e i getti d'aria favoriscono l'asciugatura delle sabbie. Il materiale viene disidratato ad una percentuale di secco di $\sim 80\%$.

L'acqua esce attraverso le finestrature dal fondo della cassa di vagliatura e viene convogliata nella sottostante vasca di raccolta e poi riutilizzata nei processi;

Impianto chimico-fisico

In questa sezione si realizza la separazione dei materiali fini dalle acque di lavaggio in concomitanza con il trattamento chimico-fisico delle acque stesse. La torbida contenente le frazioni più fini in sospensione

proveniente dalle sezioni precedenti, viene indirizzata nella sezione di trattamento delle acque, dove si realizza la flocculazione dei materiali solidi dispersi e la loro conseguente separazione dalla fase liquida.

L'impianto di trattamento chimico-fisico è costituito da tre vasche di trattamento, da un sedimentatore e un serbatoio di accumulo fanghi.

Le vasche di trattamento sono:

- la prima di equalizzazione e correzione di pH
- la seconda di precipitazione dei metalli pesanti e correzione di pH;
- la terza, di piccolo volume, nella quale viene dosato il polielettrolita e avviene la flocculazione del fango.

Per la rimozione delle sostanze organiche l'impianto di trattamento chimico-fisico viene condotto nel modo seguente:

229

- 1° reattore: dosaggio di una soluzione di cloruro ferrico con funzione di coagulante delle sostanze in sospensione. Il dosaggio del cloruro ferrico è regolato manualmente.
- 2° reattore: dosaggio di una soluzione di idrossido di sodio, asservito a pH-metro con regolazione ON-OFF a due set point regolati a pH 7,5 – 8 (con portata regolabile manualmente).
- flocculazione: dosaggio in apposita vasca di soluzione di polielettrolita in modo da ottenere fiocchi ben compatti con dimensioni 3 – 5 mm.

I prodotti utilizzati nel trattamento chimico-fisico dell'acqua di lavaggio dipendono dalle caratteristiche della torbida in entrata, generalmente possono essere utilizzati sono i seguenti prodotti:

- per l'acidificazione si utilizza acido solforico, che viene dosato insieme ad un opportuno coagulante;
- per la precipitazione dei metalli una soluzione di soda o latte di calce o ancora, precipitanti di sintesi per metalli;
- per la flocculazione un polielettrolita (in polvere, disciolto in acqua in una apparecchiatura apposita).

Il dosaggio viene effettuato sulla base di misuratori di pH automatici, funzionanti in continuo, regolando le relative pompe dosatrici dei reagenti; questi vengono stoccati in idonei serbatoi, dotati di bacini di contenimento e collocati all'esterno dell'impianto.

Periodicamente verrà effettuato lo spurgo di acqua di lavaggio per mantenere inalterate le capacità di lavaggio dell'acqua stessa.

Sedimentatore - ispessitore

I fanghi flocculati provenienti dalla sezione precedente sono sottoposti ad un processo di ispessimento mediante sedimentatori conici statici e stoccati nel serbatoio-ispessitore.

Il fango risultante si concentra e si addensa fino a raggiungere una concentrazione di secco ottimale per essere inviato alla sezione di disidratazione mediante una tubazione dotata di pompa.

Le acque provenienti dal sedimentatore vengono trattate e riutilizzate in testa al processo.

230

Per la disidratazione finale dei fanghi derivanti dal trattamento chimico-fisico si utilizza una filtropressa.

Disidratazione fanghi e lavaggio contaminanti solubili con filtropressa con piastre a membrana

I fanghi sedimentati vengono disidratati meccanicamente con una particolare filtropressa al fine di ottenere materiale di risulta solido e palabile.

La parte solida ottenuta (panello) viene scaricata al piede della filtropressa; la parte liquida viene convogliata all'impianto di trattamento acque e poi riutilizzata nei processi.

Le filtropresse hanno piastre a membrana, elementi filtranti a volume variabile, adatti per lavaggi chimici, ove i processi produttivi richiedano fasi di lavaggio successive.

L'utilizzo di questa particolare pressatura e concomitante lavaggio del pannello, si inquadra come effettiva fase di decontaminazione da tutte le tipologie di inquinanti solubili (in particolare cloruri e alcuni metalli).

Laddove fosse ritenuto necessario sarà possibile additivare l'acqua di lavaggio con sostanze mirate alla rimozione di particolari tipologie di inquinanti.

E' prevista alimentazione con acqua dolce/acqua osmotizzata.

Il lay out di un impianto di separazione solido liquido fornito da DIEMME per i processi industriali è riportato in fig. cap 4.

Il sistema di alimentazione della filtro pressa e la spremitura a membrana permettono di ottenere la riduzione dei tempi di alimentazione e di ciclo, una efficiente resa di disidratazione e la massima compattezza del pannello.

Il lavaggio sequenziale del pannello permette di abbassare la concentrazione residua di cloruri e altri contaminanti solubili.

Il lavaggio ad alta pressione del pannello riduce il consumo delle tele, migliora le rese di filtrazione e mantiene inalterate le proprietà di filtrazione delle tele. Il sistema garantisce massima flessibilità e precisione nella movimentazione dei pannelli disidratati e la riduzione dei volumi di stoccaggio dei pannelli disidratati. Il processo è altamente automatizzabile: permette il controllo continuativo del ciclo di filtrazione, la riduzione della presenza dell'operatore e l'incremento di efficienza dell'intero processo.

Le caratteristiche chimiche-fisiche del pannello ottenuto dalla filtropressatura dovranno essere valutate in funzione della quantità e tipologia di eventuali sostanze inquinanti non rimosse durante il lavaggio del pannello e in funzione del risultato del test di cessione eseguito su un campione di pannello.

231

Flussi in uscita

Al termine del trattamento di sediment washing si ottengono dunque tre diversi flussi in uscita:

- Materiale pulito, costituito dalla ghiaia, ghiaino e dalle sabbie.
- Frazione fine filtropressata.
- Frazione acquosa. Il processo prevede il riciclo pressoché totale delle acque di lavaggio al fine di ridurre al minimo le quantità di acqua coinvolte.

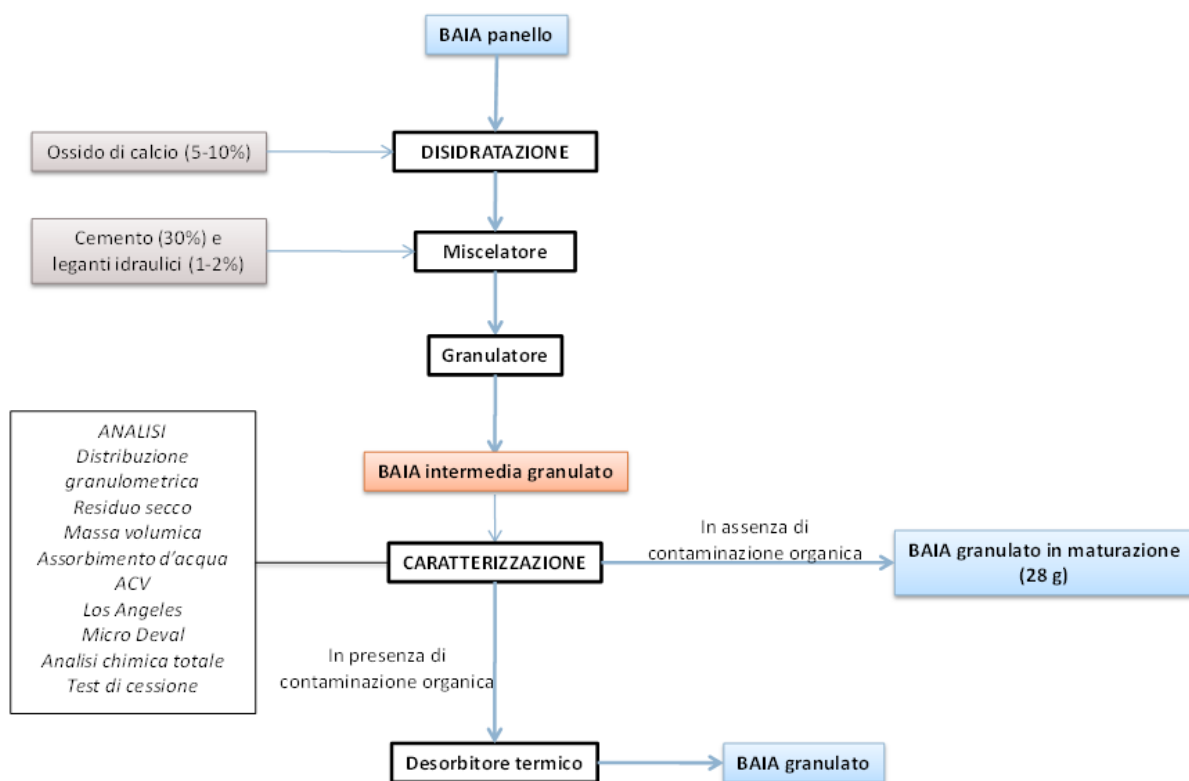
La frazione fine sarà sottoposta ad analisi per verificarne le caratteristiche chimico-fisiche.

Se il materiale ha le caratteristiche idonee, sarà indirizzato al trattamento HPSS, descritto nel paragrafo successivo.

In alternativa si renderà necessario procedere ad un trattamento di inertizzazione del fango, descritto al par. 6.5.10.3 per rientrare, al test analitico di eluizione, nei limiti, previsti dalla vigente normativa, ai fini dello smaltimento del materiale inertizzato in discarica.

6.6.9.2. Sezione di trattamento della frazione fine filtro pressata con sistema HPSS

Descrizione del Processo



232

La tecnologia HPSS, High Performance Solidification/Stabilization, si configura come un processo industriale adatto al trattamento di sedimenti contaminati in quanto in grado di:

- Fissare stabilmente i metalli presenti in una matrice cementizia realizzata secondo i principi dei calcestruzzi ad alta prestazione.
- Rimuovere i contaminanti volatili e semivolatili.

La fase di decontaminazione inorganica e di produzione dei granuli cementizi mediante il processo HPSS rappresenta lo stadio fondamentale del processo, mentre la seconda fase si rende necessaria qualora il materiale da trattare risulti contaminato da sostanze volatili e semi – volatili che, se non rimosse, possono comprometterne il riutilizzo in condizioni di sicurezza ambientale.

Il processo HPSS si dimostra particolarmente adatto al trattamento dei fanghi, in quanto consente di stabilizzare il materiale fino a trasformarlo in un prodotto caratterizzato da un'ottima compatibilità ambientale e da buone proprietà meccaniche.

La tecnologia HPSS risulta efficace anche nei confronti dei contaminanti organici volatili e semi-volatili, prevedendo una seconda fase di processo, che consiste in un desorbimento termico sottovuoto basato sui principi della distillazione in corrente di vapore e permette di ridurre la concentrazione di IPA e PCB. In questo modo è possibile sia liberare i granuli dalla loro contaminazione di natura organica, che recuperare detta frazione organica. Il processo non produce emissioni e il distillato prodotto viene condensato e infine trattato o smaltito.

233

Per altri dettagli e figure riguardanti il processo HPSS e di desorbimento termico si rimanda al cap. 4 par. 5

Descrizione dell'impianto

Solidificazione/stabilizzazione

Sezione di solidificazione/stabilizzazione comprendente:

- Modulo di disidratazione
- Modulo di disaggregazione e miscelazione intensiva.
- Modulo di produzione del materiale granulare.

I pannelli di materiale filtropressato provenienti dalla filtropressa sono trasportati alla sezione di **disidratazione**, necessaria per eliminare il residuo di umidità rimasto. Il tenore ottimale di umidità per il processo di granulazione deve essere compreso, in generale, tra il 10 e il 20% in peso del sedimento. All'interno di vasche il materiale viene disidratato attraverso l'aggiunta di ossido di calcio (5-10%).

Il materiale viene caricato su una tramoggia di carico e, attraverso un sistema di nastri trasportatori viene inviato al sistema di miscelazione e disgregazione intensiva. Tale sistema è stato progettato e realizzato al fine di ridurre la granulometria del materiale da inviare al processo di granulazione e di miscelarlo con il cemento (30%). Nel **disgregatore di materiale** che effettua anche una miscelazione intensiva con pale/lame su braccio rotante, viene inoltre dosata una miscela di leganti idraulici.

Si passa quindi alla **sezione di granulazione**:

il materiale frantumato e miscelato viene trasferito tramite il nastro estrattore posto dall'altro lato della macchina al piatto per la granulazione dove, per effetto del movimento rotatorio, si formano i granuli.

Il granulato prodotto deve rimanere all'interno della vasca di stoccaggio per un periodo non inferiore a 1 giorno.

Successivamente viene fatta la caratterizzazione analitica e chimica del prodotto.

Quando necessario, sarà inviato alla successiva sezione di distillazione in corrente di vapore; in alternativa il tempo di maturazione sarà di 28 giorni.

Questi sono i tempi necessari affinché il granulato possa indurirsi secondo i meccanismi tipici del materiale cementizio.

234

Il granulato da inviare al processo di distillazione viene prelevato tramite mezzo meccanico dotato di benna e caricato su una tramoggia.

Distillazione in corrente di vapore

La sezione di Distillazione in corrente di vapore comprende:

- Modulo di distillazione.
- Modulo di raffreddamento del granulato.

Il distillatore in corrente di vapore è composto da un sistema di carico del materiale all'interno di un reattore, un generatore di calore, un sistema di trattamento degli incondensabili, uno per il trattamento del distillato ed un nastro per lo scarico del granulato.

Il reattore viene riscaldato e portato ad una temperatura specifica e mantenuta costante per un periodo di tempo sufficiente per permettere la distillazione di tutti gli inquinanti ancora presenti all'interno del

granulato; tale operazione viene favorita dal fatto che una volta raggiunta la temperatura di lavoro il sistema viene messo in depressione per favorire l'efficacia di trattamento. Il distillato prodotto si smiscela in due fasi: una fase organica che può essere recuperata o smaltita, ed una fase acquosa che può essere avviata all'impianto di trattamento delle acque. Il granulato al termine della distillazione viene scaricato dal fondo del reattore ed inviato, tramite nastro trasportatore, alla sezione di raffreddamento. Il granulato ad alta temperatura, viene scaricato in una vasca contenente acqua e quindi portato ad una temperatura tale da agevolare la movimentazione e lo stoccaggio finale.

Materiale in uscita

Al termine del trattamento di solidificazione/ stabilizzazione, ed eventualmente quello di desorbimento termico, si ottiene:

- materiale granulare cementizio.

235

6.6.9.3. Sistema di inertizzazione finalizzato al recupero

Descrizione del processo

Lo scopo del trattamento di inertizzazione finalizzato al recupero è quello di conferire caratteristiche meccaniche al materiale filtropressato, per il riutilizzo come materiale da riempimento sottofondi stradali.

In particolare l'inertizzazione chimica dei contaminanti (anche organici) avviene attraverso due meccanismi:

- riduzione della superficie specifica del rifiuto esposta al contatto con agenti esterni;
- riduzione della mobilità dell'inquinante nel rifiuto.

Il trattamento di inertizzazione utilizza il normale processo di presa dei leganti idraulici (cemento o calce o loro miscele) per imprigionare il rifiuto nella stessa matrice cementizia.

La presa può essere, peraltro, accelerata e completata con l'aggiunta di silicati liquidi (generalmente silicato di sodio) e/o prodotti bentonitici.

I processi chimico-fisici che possono intervenire tra leganti e rifiuto costituiscono i principali meccanismi di fissazione per i cationi e gli anioni contenuti nel rifiuto: per quanto riguarda i metalli l'utilizzo di solfuro di sodio (liquido o in polvere) permette un'ulteriore effetto positivo sulla riduzione della solubilità e mobilità degli stessi.

Descrizione dell'impianto

Per il processo di inertizzazione può essere utilizzata una parte della filiera impiantistica già predisposta per il sistema di trattamento HPSS precedentemente descritto:

- Miscelatore.
- Silos di stoccaggio reagenti e additivi.

236

Il processo di inertizzazione può essere considerato quindi, un ulteriore sistema che si va ad aggiungere alla filiera di trattamenti che sono eseguibili dalla piattaforma, ma che non va ad influire sui costi per l'allestimento dell'impianto e la manutenzione.

I pannelli di filtropressato dalle zone di stoccaggio provvisorio con pala meccanica sono trasferiti nella tramoggia; da qui il materiale da trattare raggiunge il miscelatore dove viene addizionato dei reagenti e delle eventuali polveri addensanti.

Gli additivi impiegati nell'impianto di inertizzazione e solidificazione sono costituiti da:

- Ossido di calcio;
- calce, cemento, miscele di calce-cemento o altri leganti cementizi;
- argille (compresa bentonite);
- solfuro di sodio in scaglie e/o liquido;
- polimeri organici;
- segatura;
- silicati;

- altri preparati commerciali specifici per l'inertizzazione;
- acqua.

Non è possibile stimare con precisione il consumo di reagenti, perché questo è variabile in base al tipo di inquinante presente nel rifiuto e della composizione stessa dei fanghi.

Lo scarico del miscelatore avviene tramite nastro trasportatore che fa ricadere il materiale nella sottostante zona di maturazione. Il materiale permane nelle baie di maturazione per 24 / 36 ore, in attesa del risultato dell'analisi chimica.

Materiale in uscita

Al termine del trattamento di inertizzazione si ottiene:

- materiale inertizzato idoneo al recupero.

237

6.6.10. Gestione dei rifiuti e dei materiali recuperati

Nello stabilimento, come evidenziato nei capitoli precedenti, vengono svolte tutte le attività di gestione dei rifiuti e dei materiali recuperati, che possono essere considerate collaterali alle attività di trattamento, e che riguardano in particolare il deposito e lo stoccaggio provvisorio.

Stoccaggio provvisorio materiale in entrata in sedimentatore

E' previsto, con la funzione di vasca stoccaggio e ispessimento, un sedimentatore del diametro di 12 m per 4 m di altezza, con capacità complessiva di 500 mc. I sedimenti potranno così subire un processo di disidratazione che allontana le acque di contatto con i fanghi, potenzialmente contaminate.

Stoccaggio provvisorio materiale in uscita

Una parte dell'area dedicata a all'impianto di *sediment washing* sarà suddivisa in baie con elementi in cls prefabbricati o realizzati in opera, per creare zone di stoccaggio differenziate a seconda del materiale: ghiaia, ghiaino, sabbia e sabbia fine lavati, frazione leggera 2-50 mm da destinare alla discarica e pannelli di fango filtropressato destinato all'impianto di HPSS o inertizzazione.

Il materiale in uscita dall'impianto di solidificazione/stabilizzazione, e quello proveniente dal sistema di inertizzazione sarà stoccato in apposite baie di stoccaggio e maturazione, progettate, come le precedenti, dentro il fabbricato dedicato agli impianti,.

Tutte le baie avranno dimensioni complessive in pianta pari a 10 m di lunghezza per 5 m di larghezza, per un volume disponibile totale di circa 200 mc. La pavimentazione della zona di stoccaggio sarà realizzata in cemento armato, con finitura di tipo industriale, per convogliare eventuali acque di lavaggio della pavimentazione, alla rete di trattamento delle acque.

238

6.6.11. Efficienza e sostenibilità

La piattaforma di trattamento e recupero, è un progetto ad impatto zero, per quanto riguarda il consumo di energia, le emissioni, gli scarichi e l'uso della risorsa idrica.

Verrà installata una centrale di cogenerazione ad oli vegetali; un sistema che consentirà di produrre elettricità ed allo stesso tempo recuperare, a vantaggio degli impianti termici civili dell'insediamento, l'energia termica dai motori.

L'intervento consiste nell'installazione di un impianto di produzione di energia elettrica e termica mediante combustione di biomassa (olio vegetale, colza, girasole, palma o simile), ed utilizza macchine di cogenerazione.

Sulle coperture piane degli edifici potranno essere integrati pannelli fotovoltaici di tipo amorfo e cristallino.

Tutte le acque meteoriche vengono raccolte selettivamente, in base alla potenziale contaminazione che avviene per dilavamento delle diverse aree dell'impianto, ed inviate al riutilizzo nei processi di *sediment-washing*, inertizzazione, vagliatura, dopo un opportuno trattamento.

In particolare, il sistema di gestione delle acque dello stabilimento si informa ai seguenti principi: gestire in modo corretto e separato le acque di dilavamento e di processo; minimizzare la quantità di acqua, di dilavamento e di processo, che deve essere inviata a smaltimento;

6.6.12. Ricollocazione delle materie prime seconde

Si elencano, di seguito, i possibili ambiti di applicazione del granulato cementizio ottenuto dopo trattamento HPSS:

- calcestruzzi non strutturali;
- aggregati per la realizzazione di massetti in sostituzione di aggregati provenienti da cava;
- riempimenti;
- reinterri;
- ripristini ambientali;
- elementi aggiuntivi a scopo decorativo negli impasti per la produzione di mattonelle e graniglie;
- realizzazione di granuli colorati per pavimenti e arredi urbani.

239

Per la commercializzazione dei materiali ottenuti dopo trattamento si rimanda al cap. 5.

6.7. Valutazioni economiche del sistema proposto

Si riportano nel seguito, a titolo indicativo, le stime dei costi medi, ricavati da lavori eseguiti dalla Scrivente, per le operazioni di dragaggio e per la gestione di una piattaforma di trattamento come sopra descritta.

Operazioni di dragaggio	
Costo del dragaggio meccanico di materiale sciolto	11 euro/mc

Si riportano nella tabella seguente i costi in €/ton di gestione degli impianti, per singoli trattamenti:

Trattamento del materiale	Costi a ton.
Sediment washing	30 €/ton
Filtropressa e sezione HPSS	55 €/ton
Desorbimento termico	20 €/ton

Nella tabella seguente si riportano, a titolo esemplificativo, i costi sostenuti dal gestore dell'impianto per il trattamento di alcune tipologie tipiche di sedimenti di dragaggio:

240

Granulometria	Contaminazione	Trattamento per Recupero	Ricavi vendita recuperato	Costi €/ton
Fango	metalli	Filtropressatura e hpss	Granulato 3 €	52
Fango	idrocarburi e metalli	Filtropressa, hpss, desorbimento termico	Granulato 3 €	72
Sabbia 40% e Fango 60%	metalli	Sediment washing, filtropressa, hpss	Granulato 1.80 € e sabbia pulita 2 €	50
Sabbia 40% e Fango 60%	Idrocarburi e metalli	Sediment washing, filtropressa, hpss, desorbimento termico	Granulato 1.80 € e sabbia pulita 2 €	62
Sabbia 60% e Fango 40%	metalli	Sediment washing, filtropressa, hpss	granulato 1.20 € e sabbia pulita 3 €	42
Sabbia 60% e Fango 40%	Idrocarburi e metalli	Sediment washing, filtropressa, hpss, desorbimento termico	Granulato 1.20 € e sabbia pulita 3 €	50

7. VALUTAZIONE DELLA TRASFERIBILITA' DEI RISULTATI DEI CONTENUTI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI NELL'INTERA AREA TRANSFRONTALIERA INTERESSATA DAL PROGETTO.

7.1. Premessa

Perché gli obiettivi del progetto di prototipo di impresa industriale, siano raggiunti, occorre che:

- 1) il progetto/prototipo sia replicabile senza modifiche tecnologiche sostanziali nell'intera area transfrontaliera interessata dal progetto (pari disponibilità tecnologica).
- 2) Il progetto/prototipo rappresenti un modello di business di successo nell'intera area transfrontaliera interessata dal progetto (invarianza dei fattori di competitività).
- 3) I risultati dello studio del prototipo, validati su un sistema locale, siano trasferibili a tutta l'area transfrontaliera e immediatamente recepibili da parte degli altri sistemi imprenditoriali locali (trasferimento orizzontale) e delle amministrazioni (trasferimento verticale).

241

S'intende per riproducibilità, la possibilità offerta dal progetto/modello di essere riprodotto in presenza di problemi analoghi o simili a quelli che lo hanno originato.

La trasferibilità è invece l'applicazione del progetto/modello in luoghi e situazioni diverse da quelle in cui è stato realizzato.

Nel caso in esame il progetto/prototipo è stato sviluppato in modo che sia verificata la riproducibilità dello stesso e assicurata la trasferibilità della sua applicazione.

A titolo esemplificativo e non esaustivo, si citano le seguenti variabili, che riteniamo incidano massimamente sulla definizione del prototipo e sulla sua riproducibilità/trasferibilità: collocazione geografica, morfologia della costa e del territorio, vocazione turistica, vincoli territoriali, normativa ambientale, tempi autorizzativi, infrastrutture presenti, disponibilità tecnologica, contesto economico, culturale, sociale, imprenditoriale, del lavoro, cultura di governance dell'amministrazione pubblica e dei soggetti privati.

Per quanto dunque attiene alle azioni di progetto, la trasferibilità può essere declinata in fattori esposti di seguito.

7.2. Trasferibilità normativa

Il contesto normativo nel quale si inquadra la gestione dei sedimenti, a partire dalla caratterizzazione fino alla ricollocazione delle materie prime seconde può, come illustrato nel cap.1, cambiare a seconda della localizzazione dell'area di attività.

Non si rilevano evidenti ostacoli di tipo normativo alla trasferibilità del modello industriale nell'area del transfrontaliero, il quale si misura con discipline nazionali che recepiscono direttive Comunitarie nel campo dei rifiuti, del loro trasporto, del loro recupero e smaltimento.

Per quanto riguarda invece 1) i procedimenti autorizzativi e 2) l'inserimento dell'impresa nella pianificazione territoriale, si deve far riferimento alle specifiche norme nazionali, regionali e infraregionali.

242

Norme nazionali:

- procedimenti autorizzativi relativi alle attività di dragaggio e per la realizzazione di una piattaforma di trattamento di rifiuti: in Francia il sistema dell' ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement), il procedimento per l'ottenimento di titoli abilitativi (*autorisation, enregistrement, déclaration*); in Italia l' AIA (Autorizzazione Integrata Ambientale), o per gli impianti per i quali questa non è necessaria l' Autorizzazione Unica.
- autorizzazioni al trasporto transfrontaliero di rifiuti.

Piani regionali ed infraregionali:

- Piani regionali di gestione dei rifiuti (PRGR) adottati individuano le linee guida per la localizzazione degli impianti di recupero e smaltimento dei rifiuti, dettando anche gli indirizzi per consentire alle Province, in sede di predisposizione del Piano provinciale territoriale di coordinamento (PPTC), di localizzare le aree in cui non possono essere realizzati impianti.
- Piani provinciali di gestione dei rifiuti: adottati secondo le procedure dettate dalle varie norme regionali, costituiscono il livello di pianificazione inferiore.

- Il Piano territoriale regionale (PTR) è lo strumento di programmazione con il quale la Regione delinea la strategia di sviluppo del territorio regionale definendo gli obiettivi per assicurare la coesione sociale, accrescere la qualità e l'efficienza del sistema territoriale e garantire la qualificazione e la valorizzazione delle risorse sociali ed ambientali.
- Piano Regolatore Generale Comunale (P.R.G.C.), definito come uno strumento che regola l'attività edificatoria in un territorio comunale.
- Lo «schéma régional d'aménagement et de développement durable du territoire (SRADDT)» nel quale sono precisati gli orientamenti fondamentali e a medio termine dello sviluppo sostenibile di un territorio regionale, e i suoi principi di governo.
- Il documento di programmazione della Collettività Territoriale della Corsica, il "Plan d'Aménagement et de Développement Durable de la Corse (PADDUC)", fissa gli obiettivi di sviluppo economico, sociale e culturale e di preservazione dell'ambiente dell'isola. A tal fine definisce gli orientamenti in materia di pianificazione territoriale, trasporti, telecomunicazioni, risorse energetiche e della protezione e valorizzazione del territorio

243

7.3. Trasferibilità tecnica e tecnologica del prototipo:

La trasferibilità tecnica e tecnologica è attuabile quando si realizzano due condizioni:

la prima è la possibilità applicazione di un unico sistema tecnologico per la soluzione di problemi qualitativamente o quantitativamente diversi a seconda dell'area interessata (varianza geografica della contaminazione, endemica e di origine antropica, del sedimento - varianza del fabbisogno in termini di volumi di dragaggio).

Le differenze in termini di volumi di materiale da dragare possono dipendere da:

- morfologia della fascia litoranea; trasporto solido dei bacini versanti; clima ondoso. Questi elementi influiscono direttamente sul quantitativo di sedimenti che possono depositarsi all'interno del bacino portuale e nelle zone limitrofe.
- morfologia del porto. La morfologia e le caratteristiche strutturali di progettazione portuale possono incidere sul deposito dei materiali in determinati punti di accumulo.

- numero di porti presenti nell'area di utenza dell'impianto industriale. Al fine di fare una stima sul possibile quantitativo di materiale coinvolto nelle attività di dragaggio e trattamento è utile prendere in considerazione anche i piani di sviluppo territoriale per valutare la realizzazione di opere di ampliamento portuale che determinerebbero un aumento dei quantitativi di sedimenti da rimuovere e trattare.

Le differenze nella natura e entità della contaminazione sono da mettere in relazione al:

- background naturale dei sedimenti fluviali (apporto principale di deposito) dovuto alla natura geochimica dei bacini versanti;
- fonti di contaminazione antropica: presenza di attività cantieristica nel bacino portuale; presenza di attività industriali di diversa natura nei pressi del bacino portuale che possono creare situazione di accumulo di contaminanti nell'area limitrofa; apporto di sedimenti fluviali ricchi di sostanze contaminanti dovute ad attività antropiche che incidono sulla qualità chimica dei bacini fluviali.

Le differenze riscontrabili nella natura della contaminazione non influiscono sulla capacità di trattamento dei sedimenti delle tecnologie proposte nel modello. La flessibilità dell'impianto consente infatti di trattare materiale con caratteristiche fisiche- chimiche e granulometriche molto diverse.

244

Il prototipo così come descritto offre una risposta, in termini di obiettivi di trattamento e di quantitativi trattati, alle casistiche riscontrate sul territorio transfrontaliero.

La seconda è la disponibilità delle tecnologie; le tecnologie non sempre sono disponibili nella stessa misura, ed allo stesso prezzo, nelle varie aree di applicazione; per quanto riguarda l'impianto proposto:

- le componenti impiantistiche del sediment washing sono reperibili e/o trasportabili su tutto il territorio transfrontaliero; non si riscontrano differenze in termini di prezzo tali da costituire un ostacolo non superabile;
- la tecnologia HPSS è un sistema brevettato della società Mapintec S.r.l. L'utilizzo di tale sistema e la fornitura delle componenti impiantistiche e reagenti necessari ai trattamenti sono fornite dalla società stessa sotto un contratto di esclusività, generalmente, di tipo territoriale.

7.4. Trasferibilità delle metodiche di caratterizzazione

I metodi di indagine e di analisi ed i parametri da indagare, hanno una matrice comune la quale proviene dalle norme comunitarie.

Non si rilevano dunque difficoltà nell'interpretazione e nella messa a confronto dei risultati delle analisi delle caratterizzazioni.

Tuttavia il progetto di recupero si inserisce in un progetto complessivo di gestione dei sedimenti, il quale si innesta in procedure autorizzative sito specifiche. Questo comporta la mancanza di certezze sugli esiti di tali procedure, indipendentemente dalla certezza ed univocità dei risultati di caratterizzazione ottenuti.

245

7.5. Trasferibilità economica del prototipo

L'evoluzione dei PIL (prodotto interno lordo) delle aree regionali interessate, mostra una scarsa crescita, sia in valori assoluti, che in percentuale rispetto alla media europea. I dati meno positivi riguardano in particolare l'Italia, la cui crescita è stata più limitata rispetto alla Francia.

Nel territorio transfrontaliero i livelli del PIL pro capite riflettono la debolezza delle economie delle isole rispetto all'insieme della comunità e se la Toscana e la Liguria vantano comunque un PIL superiore alla media comunitaria, si evidenzia in questi ultimi cinque anni la tendenza ad un blocco delle aree interessate.

In Corsica, il PIL della regione è di gran lunga il minore tra tutte le regioni francesi. Le imprese, 80% circa delle quali operanti nel settore terziario, sono distribuite principalmente nei due dipartimenti che compongono l'isola, soprattutto attorno ai maggiori centri dipartimentali (Bastia e Ajaccio) e in genere sulle coste interessate dallo sviluppo turistico ed agricolo.

In Sardegna, oltre al commercio e al pubblico impiego, l'attività trainante dell'economia è il turismo, sviluppatosi inizialmente lungo le coste settentrionali e orientali dell'isola.

Il sistema economico toscano si caratterizza per lo sviluppo del settore della moda, del commercio, del turismo e dei pubblici esercizi, inferiore invece l'incidenza di altri settori produttivi.

L'economia della Liguria è in gran parte sostenuta dall'attività dei porti di Genova, La Spezia e Savona, che hanno dato impulso al commercio marittimo, all'attività cantieristica navale e al turismo.

Anche il comparto della nautica e della filiera ad esso connessa non sono immuni dalla crisi economica che è attualmente in atto. La crisi ha dimezzato la produzione nautica mondiale, il *cluster core* del sistema nautico, andando a ripercuotersi su l'intero sistema legato alla diportistica; gli effetti negativi sono stati evidenti anche sui porti turistici italiani con cali di fatturato medi a livello nazionale che, secondo uno studio di Assomarinas (l'Associazione Italiana Porti Turistici aderente a UCINA Confindustria Nautica e Federturismo), hanno superato il 10% rispetto ai periodi ante-crisi.

Nel 2010 si è registrato, per la portualità turistica italiana, un decremento medio di oltre il 10% nei transiti, un calo del 15% nelle vendite di servizi accessori e di attrezzature e addirittura un 30% nella vendita di carburanti (dati Assomarinas), che rappresentano un contributo rilevante nel bilancio di un porto turistico.

Questi dati sono riscontrabili su tutto il territorio transfrontaliero rispecchiando complessivamente la una crisi economica diffusa a livello europeo.

246

In questo panorama sono ancora più evidenti le difficoltà di tipo economico che si presentano ai gestori dei porti che intendono effettuare opere di dragaggio, siano esse a scopo manutentivo che di ampliamento o rinnovo di parti della struttura.

I costi relativi ai dragaggi, ed ancor più quelli necessari allo smaltimento dei sedimenti dragati, sono estremamente elevati e, nella maggior parte dei casi, non sostenibili per un impresa portuale. L'abbattimento dei costi, rispetto a quelli da sostenere per lo smaltimento, per la gestione dei sedimenti del modello di impresa proposto, risulta un elemento importante affinché le imprese portuali siano in grado di poter effettuare questo tipo di attività.

Con il settore nautico in lenta ripresa e le forti potenzialità dei porti nell'area transfrontaliera, unitariamente alla domanda crescente del turismo sostenibile e alla necessità di promuovere politiche ambientali in tema di recupero della materia, il progetto in esame trova un terreno potenzialmente fertile; attualmente inoltre non si possono identificare impianti specializzati e progettati specificatamente per il trattamento e recupero dei sedimenti sul territorio transfrontaliero rendendo l'attività idonea ad occupare una fetta di mercato che ad oggi non ha diretti competitori.

Nel complesso, non si evidenziano particolari limiti di applicabilità territoriale anche se lo sviluppo economico e industriale avanzato nell'area costiera della Liguria e della Toscana le rendono le regioni più propense ad una ripresa dello sviluppo industriale in tempi brevi.

Il modello di impresa risulta, seguendo una delle strategie transfrontaliere che ha come obiettivo la creazione di nuove imprese e una politica ambientale, un progetto che potrebbe inserirsi con successo nel sistema economico industriale dell'area di interesse proponendo:

- costi inferiori a quelli attualmente presenti sul mercato per il dragaggio e trattamento dei sedimenti.
- una gestione dei sedimenti ambientalmente compatibile;
- una pianificazione strategica delle attività attraverso l'applicazione di soluzioni tecniche e logistiche, appositamente progettate, in tutte le fasi di gestione del materiale;
- certezza sul rispetto delle normative che riguardano le attività di dragaggio, trattamento dei rifiuti, ricollocazione del materiale.

247

7.6. Trasferibilità ambientale

E' il concetto più vasto, che presuppone l'analisi del contesto ambientale particolare in termini geografici, morfologici, urbanistici, economici, politici, di infrastrutture, culturali e sociali. Esso è tuttavia fondamentale anche per valutare la predisposizione del contesto e la possibilità di un consenso locale, sulla necessità di offrire, ad esempio, possibilità di formazione, infrastrutture di trasporto, tecniche, commerciali e industriali.

Nel seguito si sintetizzano alcuni elementi che incidono sulla trasferibilità ambientale del prototipo:

Elementi geografici: presenza del mare come elemento comune nell'area transfrontaliera.

Le quattro regioni dello spazio di cooperazione nonostante evidenti differenze mostrano anche caratteri fisici-morfologici riconducibili ad una descrizione unitaria dell'area.

Possono essere individuate 2 sub-regioni caratterizzate dalla presenza di un'ampia fascia costiera:

- l'arco altotirrenico tosco-ligure
- l'asse sardo-corso

e nell'area litoranea dei compartimenti funzionali che sono accomunati da elementi di geografia fisica e socioeconomica:

- litorale metropolitano: il fronte mare è continuo e denso di impatti di ordine industriale, commerciale (attività portuali) e residenziale; lo costituiscono per esempio le zone di Genova, Livorno, Cagliari;
- litorale urbanizzato: aree in cui l'attività edilizia residenziale, turistica e produttiva ha nei decenni saldato i centri minori tra loro creando un fronte mare funzionalmente unitario come per quasi tutto il fronte ligure, le riviere toscane (Versilia, Isola d'Elba) e sarde.
- litorale rurale: in cui non predominanti i manufatti industriali, commerciali e residenziali come per riviera di levante e di ponente ligure, litorale maremmano toscano, litorali e arcipelaghi sardi e corsi.

Elementi Ambientali

248

L'intera area di cooperazione possiede un rilevante patrimonio naturale, una fondamentale risorsa per il suo sviluppo. Buona parte dei territori naturali del territorio sono soggetti a regimi di tutela diversificati, un sistema di parchi, aree protette e riserve naturali che indica la varietà ambientale e naturalistica dell'area.

Sviluppo economico

Da una parte troviamo l'area costiera che comprende la Toscana e la Liguria il cui quadro di sviluppo risulta buono anche grazie alla rete portuale ligure che vede Genova come centro urbano e portuale predominante. Il porto di Genova è - in termini di merci manipolate e di ampiezza - il maggiore porto commerciale e passeggeri italiano, il più importante del mar Mediterraneo, e tra i più attivi d'Europa. Grazie a questa caratteristica è qui che si concentrano maggiori opportunità di sviluppo di nuove attività. Livorno è orientato ad una funzione di porta marittima per una gran parte del suo entroterra urbano e industriale (Pisa).

Dall'altra lato troviamo, Sardegna e Corsica, realtà insulari che presentano una situazione di sviluppo inferiore alla media europea anche a causa di una minore dotazione infrastrutturale e partecipazione alle reti di collegamento transeuropee.

Trasporti

I trasporti nell'area transfrontaliera si articolano intorno ad un limitato numero di poli portuali e aeroportuali che corrispondono alle principali aree urbane del territorio. Il trasporto marittimo commerciale è in crescita e sta sviluppando una specializzazione fra gli scali, presentando un'intensificazione del traffico anche all'interno all'area frontaliere.

Politiche

Tra gli obiettivi centrali nella politica d'azione comune al territorio transfrontaliero si possono evidenziare :

- la valorizzazione del mare e delle attività ad esso associate viste come opportunità di sviluppo. Questo rappresenta in maniera decisiva un elemento chiave del programma di cooperazione e un legame tra i territori del transfrontaliero e allo stesso tempo occasione di apertura sul resto del Mediterraneo;
- Una tendenza alla crescita economica sostenibile, riducendo la pressione sulle risorse naturali attraverso l'uso di tecnologie ambientali, sviluppando il Piano d'azione comunitario per le tecnologie compatibili con l'ambiente, finalizzato a gestire l'inquinamento e a ridurre il consumo di risorse e di energia.

249

Si elencano alcune delle strategie nazionali e regionali che si muovono nell'ottica della cooperazione transfrontaliera:

- Programma Operativo transfrontaliero Italia-Francia Marittimo: s'inquadra in una cornice programmatica strategica integrata che, partendo dai due documenti strategici nazionali (il **QSN** - *Quadro Strategico Nazionale* per l'Italia - e il **CRSN** - *Cadre Stratégique de Référence National* de la France) si articola nelle rispettive strategie regionali descritte nei Documenti Strategici Regionali.
- Documento Strategico Preliminare Regionale della Regione Toscana individua invece una serie di priorità specifiche per la cooperazione transfrontaliera, che a vari livelli, mirano alla costruzione di un solido partenariato territoriale rafforzato con Sardegna, Corsica e Liguria, oltre che a promuovere il dialogo con gli altri programmi transfrontalieri dell'Alto Mediterraneo, nella prospettiva della creazione di una Euro-regione Alto Mediterraneo. Le priorità fanno in particolare

riferimento ad un'ottica di sviluppo integrato di vari settori socio- economici, di valorizzazione del patrimonio culturale e naturale del territorio regionale.

- Documento Strategico Regionale dalla Regione Sardegna in cui cooperazione territoriale e partenariati internazionali costituiscono una delle priorità.
- Documento Strategico Regionale della Regione Liguria: elabora gli obiettivi regionali nel campo della cooperazione transfrontaliera, pone tre priorità a livello orizzontale, orientate rispettivamente alla *competitività del sistema economico*, alla *competitività del sistema territoriale* e allo *sviluppo del capitale umano*. Vengono inoltre enunciate cinque priorità verticali, settoriali, che riguardano nello specifico: *Porti e logistica*; *Agricoltura, floricoltura, pesca*; *Politiche abitative*; *Sicurezza*; *Industria; tecnologie e sistema delle PMI*; *Turismo*.
- Documento di programmazione della Collettività Territoriale della Corsica, il "*Plan d'Aménagement et de Développement Durable de la Corse (PADDUC)*", fissa gli obiettivi di sviluppo economico, sociale e culturale e di preservazione dell'ambiente dell'isola. A tal fine definisce gli orientamenti in materia di pianificazione territoriale, trasporti, telecomunicazioni, risorse energetiche e della protezione e valorizzazione del territorio.

250

L'analisi dei precedenti elementi evidenzia una sostanziale unitarietà di intenti, politiche e fattori territoriali che favorisce la trasferibilità del prototipo all'intero ambito del transfrontaliero.



Teseco S.p.A

Via C.L. Ragghianti 12
56121 Pisa
Tel. 050 987 511
Fax 050 987575
www.teseco.it
info@teseco.it



Cala de' Medici Servizi s.r.l

57016 Rosignano (Li)
Tel. 0586 764553
www.calademediciservizi.net
info@calademediciservizi.net