

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

FACOLTA' DI INGEGNERIA



TESI DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL
TERRITORIO:

“CARATTERIZZAZIONE E UTILIZZO DI
SEDIMENTI LACUALI”

RELATORE
Prof. Ing. G. Rotondo

CANDIDATO
Molino Antonio Jacopo
MATR. 518/247

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

INDICE

1.	<u>INTRODUZIONE</u>	<u>PAG 3</u>
2.	<u>ASPETTI NORMATIVI DI RIFERIMENTO</u>	<u>PAG 3</u>
3.	<u>QUADRO SINOTTICO</u>	<u>PAG 3</u>
4.	<u>CARATTERIZZAZIONE QUANTITATIVA</u>	<u>PAG 4</u>
4.1	<u>Monitoraggio batimetrico</u>	<u>PAG 4</u>
5.	<u>CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA</u>	<u>PAG 5</u>
5.1	<u>Caratterizzazione del bacino idrografico</u>	<u>PAG 5</u>
5.2	<u>Metodologie e tecniche di campionamento</u>	<u>PAG 6</u>
5.3	<u>Caratterizzazione fisica, mineralogica, chimica e microbiologica dei sedimenti</u>	<u>PAG 8</u>
6.	<u>BONIFICA DI SEDIMENTI CONTAMINATI</u>	<u>PAG 11</u>
7.	<u>UTILIZZO DEI SEDIMENTI</u>	<u>PAG 12</u>
8.	<u>CONCLUSIONI</u>	<u>PAG 14</u>
9.	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	<u>PAG 15</u>

1. INTRODUZIONE

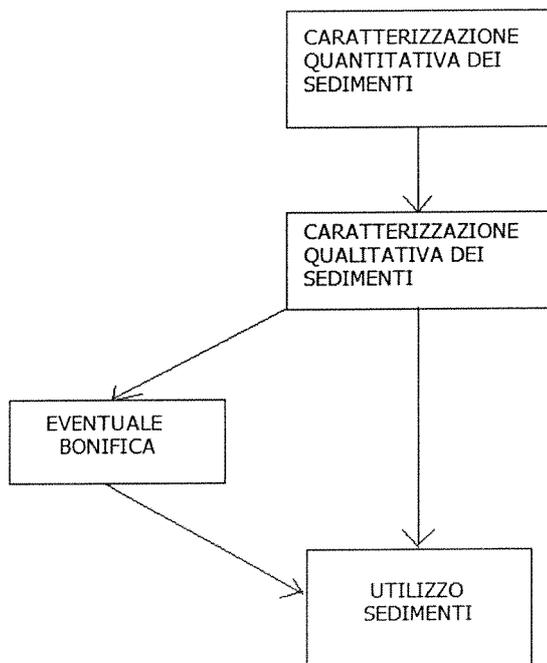
L'obiettivo della presente tesi è lo studio della possibilità di considerare il sedimento lacuale, in particolare di invasi artificiali, come risorsa qualora se ne individui un suo possibile utilizzo. L'idea di utilizzare i sedimenti di invasi artificiali, nasce da una sempre più diffusa necessità di recuperare capacità idrica, in maniera da rendere l'operazione di sfangamento più economica.

2. ASPETTI NORMATIVI DI RIFERIMENTO

La normativa italiana sino al 2004, classificava i sedimenti lacuali come rifiuto. A partire della metà dagli anni 2000, sia la normativa italiana che quella europea prendono in considerazione l'ipotesi di utilizzo dei sedimenti lacuali. Il DLgs 152/06 e il DM 30/06/2004, (decreti attuativi cui la legge 152 si riferisce), sono oggi la normativa italiana di riferimento per ciò che riguarda il recupero, lo smaltimento e/o l'utilizzo dei sedimenti lacuali. Nel 2006, la DIRETTIVA EUROPEA ha incentivato gli stati membri, che promuovono politiche di riuso dei materiali.

3. QUADRO SINOTTICO

Si propone, di seguito, un quadro sinottico per chiarire la dinamica del lavoro svolto nella tesi. Esaminando lo schema, si osserva una prima fase di caratterizzazione quantitativa e qualitativa dei sedimenti a cui segue una fase di recupero e una fase di bonifica, quest'ultima necessaria solo se lo stato di contaminazione lo richieda. La fase ultima coincide con l'utilizzo.

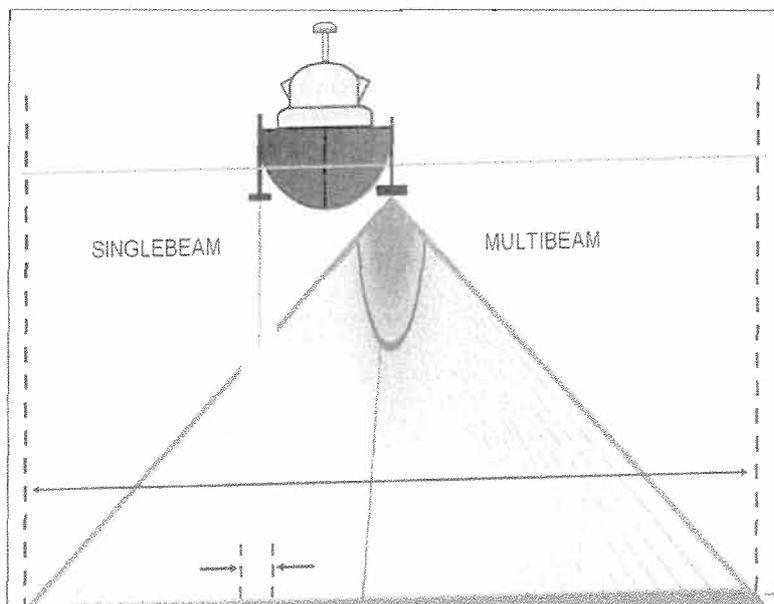
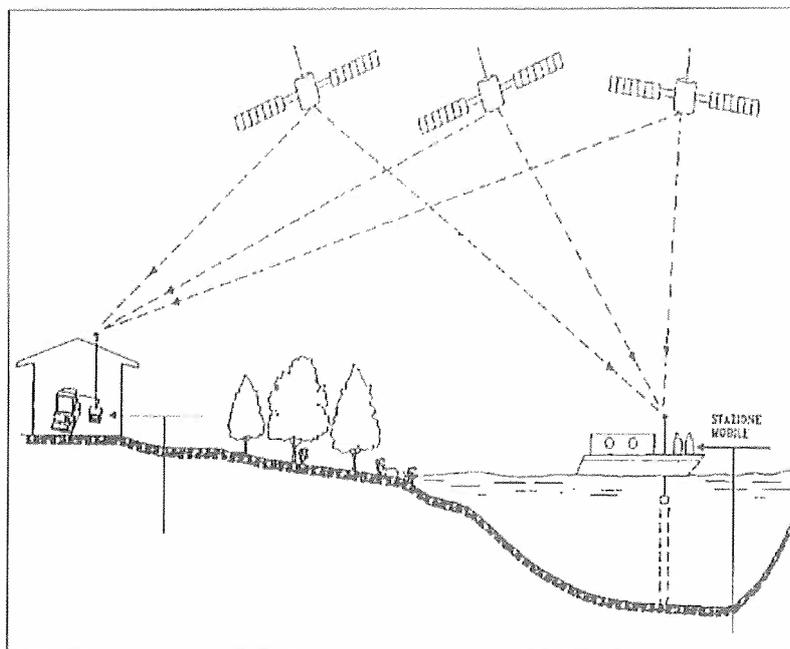


4. CARATTERIZZAZIONE QUANTITATIVA

4.1 Monitoraggio batimetrico

Per effettuare una attenta e dettagliata caratterizzazione quantitativa, è opportuno effettuare il **MONITORAGGIO BATIMETRICO** dell'invaso che permette di definire quanto sedimento vi sia depositato sul fondo del lago. La metodologia più diffusa attualmente utilizza GPS per definire le coordinate planimetriche X Y dell'imbarcazione su cui è montato un ecoscandaglio (singlebeam o multibeam) che consente di pervenire alla profondità Z del lago nel punto esaminato.

Fig.4.1e 4.2: Schemi di rilevazione batimetrica con GPS ed ecoscandaglio, per ottenere le coordinate X,Y,Z del punto di rilievo.



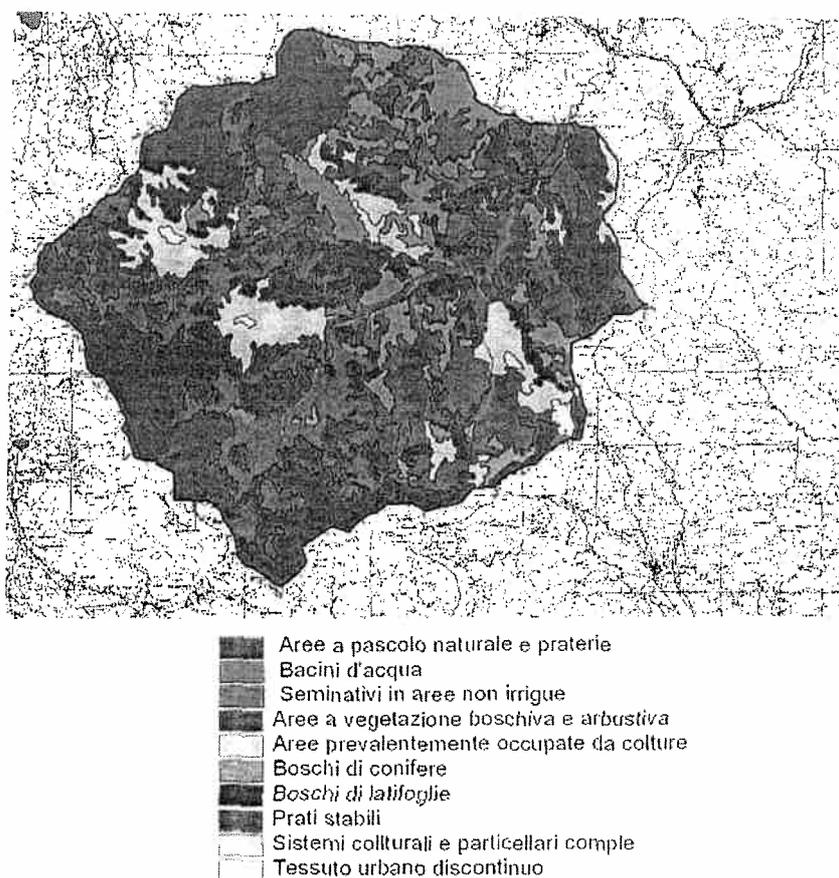
5. CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA

5.1 Caratterizzazione del bacino idrografico

Una preliminare caratterizzazione qualitativa dei sedimenti può ottenersi mediante la caratterizzazione del bacino idrografico. Come è noto quest'ultimo rappresenta quell'area che contribuisce, grazie alla rete idrografica, ad alimentare di acqua e sedimenti l'invaso creato dallo sbarramento. Le informazioni sono dedotte attraverso:

- una analisi della cartografia storica;
- una descrizione geologica, morfologica ed idrogeologica del bacino;
- una determinazione degli usi del suolo;
- una analisi della distribuzione delle attività antropiche presenti.

Fig.5.1. Caratterizzazione del bacino: uso del suolo dell'area del bacino del Camastra



Una volta effettuata la caratterizzazione del bacino idrografico, si può avere un'idea della tipologia dei sedimenti, la loro via di accesso all'invaso, e il loro eventuale stato di contaminazione.

5.2 Metodologie e tecniche di campionamento

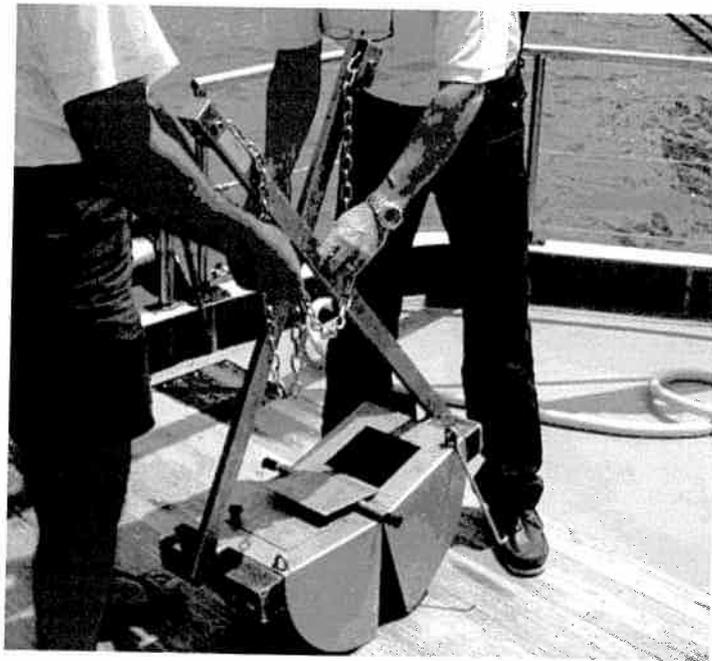
Il campionamento può essere effettuato in modo “mirato” oppure “casuale-probabilistico”

In generale un campionamento “mirato” si effettua quando, a seguito della caratterizzazione del bacino idrografico, è possibile avere una prima conoscenza preliminare della qualità dei sedimenti e le loro eventuali vie di accesso al lago oltre che una buona conoscenza pregressa del sito.

Generalmente il criterio di tipo *casuale-probabilistico* viene più spesso utilizzato. Esso prevede l'identificazione di un primo sondaggio al centro del lago e gli altri, a partire da esso, lungo una griglia le cui maglie, possono essere più o meno fitte a seconda del livello di dettaglio che si vuole ottenere. I dispositivi impiegati per il campionamento dei sedimenti in acque lacustri sono essenzialmente 2:

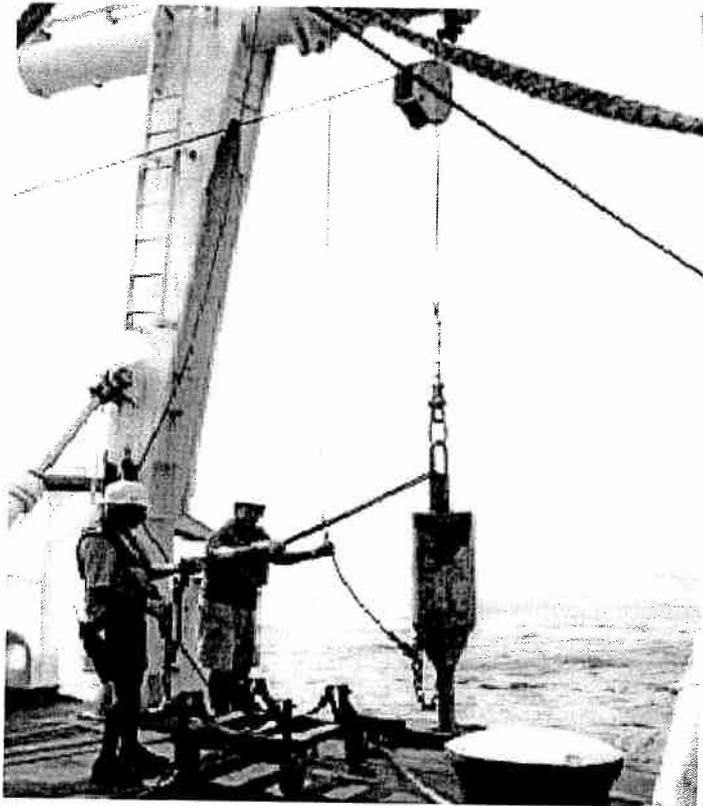
1) *benne di tipo Van Veen*: strumenti di campionamento costituiti da ganasce in acciaio a chiusura automatica adatte per campionamenti superficiali.

Fig. 5.2 Benna Van Veen



2) *carotieri a gravità*: strumenti muniti di un cilindro cavo, per campionamenti in profondità.

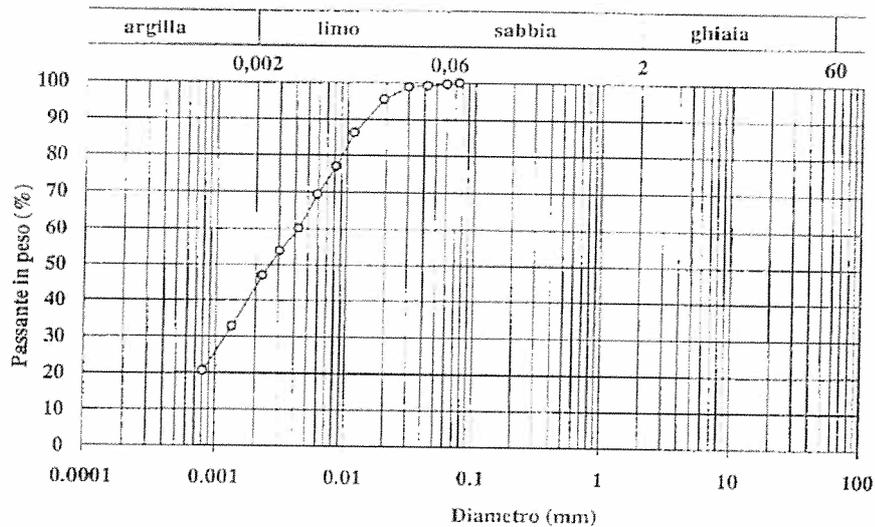
Fig. 5.3 Carotiere a gravità



5.3 Caratterizzazione fisica, mineralogica, chimica e microbiologica dei sedimenti

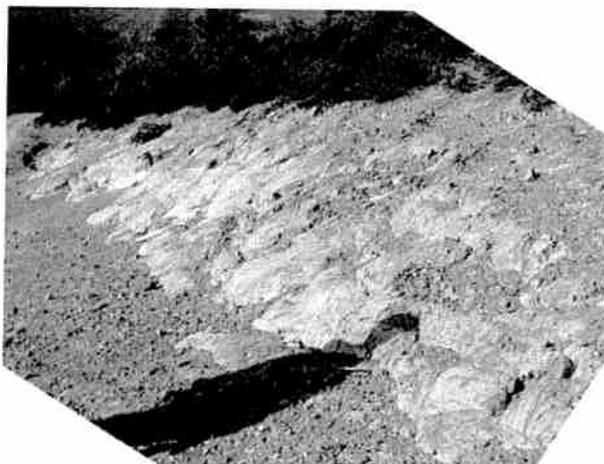
Per quanto concerne la *caratterizzazione fisica* dei sedimenti campionati, l'obiettivo è quello di pervenire a parametri fondamentali quali porosità, peso specifico e, indice di plasticità e alla definizione della curva granulometrica del campione di sedimento prelevato.

Tab5.3.1: Curva granulometrica del campione di sedimento "limo con argilla"

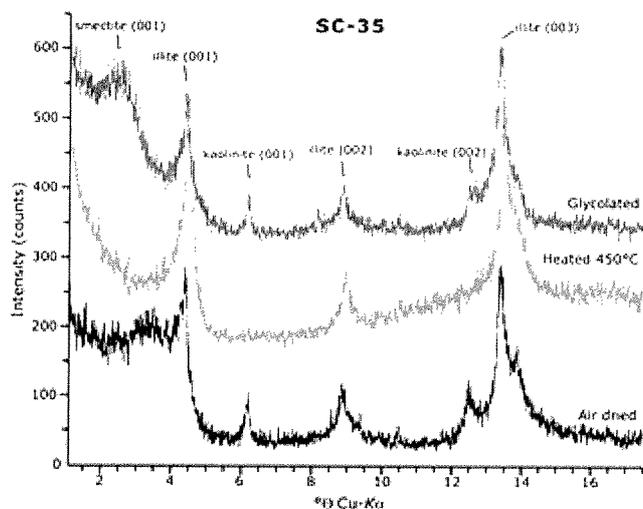


Nella *caratterizzazione microbiologica*, le caratteristiche dei sedimenti da ricercare si dividono in caratteristiche mineralogiche primarie (ereditate dalla roccia madre, quali carbonati, silicati e Ca); e caratteristiche mineralogiche secondarie, originate dai processi pedogenetici agenti sulla roccia madre (per esempio ossidi superiori di manganese e ferro). Questi composti verranno rilevati dal campione attraverso la tecnica della diffrazione dei raggi X (XRD).

Tab. 5.3.2: Calcari lacustri di Permiano inferiore (Sardegna)



Tab. 5.3.2 - Analisi diffrattometrica del sedimento lacustre di Permiano inferiore



La *caratterizzazione chimica* dei sedimenti prevede una ricerca delle sostanze chimiche pericolose, mediante tecnica XRF (fluorescenza dei raggi X) eventualmente presenti sul sedimento ed un confronto con valori limite di riferimento riportati nella tabella 5 in allegato al D.Lgs 152/99 e richiamata nel DM 30/06/2004.

Tab 5.3.3 Valori soglia in relazione all'uso

Sostanza da ricercare (Tabella 5 D.Lgs. 152/99)	Obiettivo di qualità (Tabella 2 O.M. 367/03)	Valore soglia (Allegato 5 al Titolo 5 Parte Terza D.Lgs. 152/06 uso verde pubblico/privato)	Valore soglia (Allegato 5 al Titolo 5 Parte Terza D.Lgs. 152/06 uso industriale)
Arsenico	12 mg/kg ss.	20 mg/kg ss.	50 mg/kg ss.
Cadmio	0,3 mg/kg ss.	2 mg/kg ss.	15 mg/kg ss.
Zinco	—	150 mg/kg ss.	1500 mg/kg ss.
Cromo totale	50 mg/kg ss.	150 mg/kg ss.	800 mg/kg ss.
Mercurio	0,3 mg/kg ss.	1 mg/kg ss.	5 mg/kg ss.
Nichel	30 mg/kg ss.	120 mg/kg ss.	500 mg/kg ss.
Piombo	30 mg/kg ss.	100 mg/kg ss.	1000 mg/kg ss.
Rame	—	120 mg/kg ss.	600 mg/kg ss.
PCB	0,004 mg/kg ss.	0,06 mg/kg ss.	5 mg/kg ss.
PCDD	0,000015 mg/kg ss.	0,00001 mg/kg ss.	0,0001 mg/kg ss.
IPA	0,2 mg/kg ss.	10 mg/kg ss.	100 mg/kg ss.
Pesticidi	0,0002 mg/kg ss.	0,01 mg/kg ss.	0,1 mg/kg ss.

In fine, per la valutazione della *caratterizzazione microbiologica*, uno dei possibili procedimenti prevede che il materiale venga distribuito su di una superficie piuttosto estesa rispetto al volume, permettendo una buona esposizione alle radiazioni solari e all'atmosfera, in modo da provocare l'abbattimento della carica batterica.

Di seguito, si riporta una tabella di parametri relativi all'abbattimento microbiologico.

Tab. 5.3.4 Parametri relativi all'abbattimento microbiologico

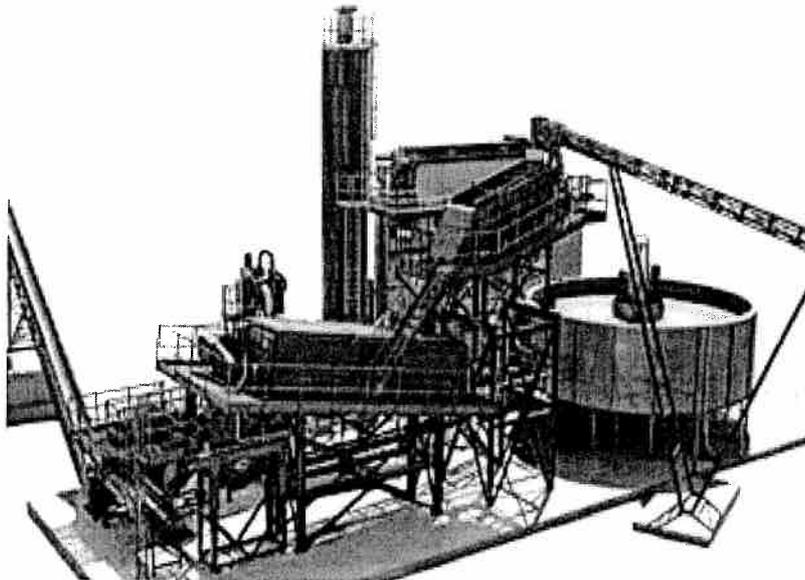
TIPO DI INQUINAMENTO	PARAMETRO	CARICA ORIGINALE	TEMPO DI ABBATTIMENTO	CARICA RESIDUA*
BASSO	Coliformi Tot. (MPN/g s.s.)	2.090	30-40 gg	<20
	Coliformi F. (MPN/g s.s.)	2.090	30-40 gg	<20
	Streptococchi F. (MPN/g s.s.)	2.090	20-30 gg	<20
	Salmonelle (MPN/g s.s.)	143	10 gg	<0,9
	Miceti (UFC /g s.s.)	4.680	40-50 gg	<50
	Clostridi solfitor. (UFC /g s.s.)	910	50 gg	<5
INTERMEDIO	Coliformi Tot. (MPN/g s.s.)	650.400	60 gg	20
	Coliformi F. (MPN/g s.s.)	650.400	60 gg	20
	Streptococchi F. (MPN/g s.s.)	156.000	60 gg	20
	Salmonelle (MPN/g s.s.)	1.320	20 gg	<0,9
	Miceti (UFC /g s.s.)	108.000	60 gg	50
	Clostridi solfitor. (UFC g s.s.)	3.720	60 gg	<5
ELEVATO	Coliformi Tot. (MPN/g s.s.)	1.641.836	60 gg	272
	Coliformi F. (MPN/g s.s.)	1.641.836	60 gg	141
	Streptococchi F. (MPN/g s.s.)	936.734	60 gg	90
	Salmonelle (MPN/g s.s.)	19.387	30 gg	<0,9
	Miceti (UFC /g s.s.)	24.489	60 gg	50
	Clostridi solfitor. (UFC /g s.s.)	12.244	30 gg	<5

6. BONIFICA DI SEDIMENTI CONTAMINATI

Le tecniche di bonifica possono effettuarsi sia “in situ” che “ex situ”. Nel primo caso, si procede col trattamento senza effettuare la rimozione dei sedimenti dal bacino, nel secondo si interviene con un preliminare intervento di dragaggio e deposito seguito poi dalla fase di trattamento.

In particolare, ci si è soffermati sulle tecniche EX SITU e, più specificatamente, sul “SOIL WASHING” in quanto l’obiettivo di utilizzo dei sedimenti lacuali della presente tesi richiede necessariamente la rimozione dei sedimenti dal fondo del lago.

Fig.6.1: Impianto di trattamento soil washing



Il *Soil washing* è una delle tecniche più impiegate per il trattamento dei sedimenti in quanto permette di intervenire su gran parte dei contaminanti.

Essenzialmente il processo è costituito dalle seguenti fasi:

-PRETRATTAMENTO: nel quale, viene selezionato il materiale di pezzatura inferiore a 50-60mm da avviare ai trattamenti successivi.

-LAVAGGIO ED ESTRAZIONE: in esso il materiale proveniente dal pretrattamento viene miscelato con l’agente estraente.

-SEPARAZIONE DELLE FASI: qui si effettua separazione delle particelle con diametro superiore a 0,05mm dal fluido di lavaggio che costituiscono il sedimento decontaminato.

7. UTILIZZO DEI SEDIMENTI

L'idea di utilizzare sedimenti lacuali è nata in Italia circa 10 anni fa. Gli studi effettuati sino ad oggi hanno permesso di individuare alcuni dei possibili utilizzi:

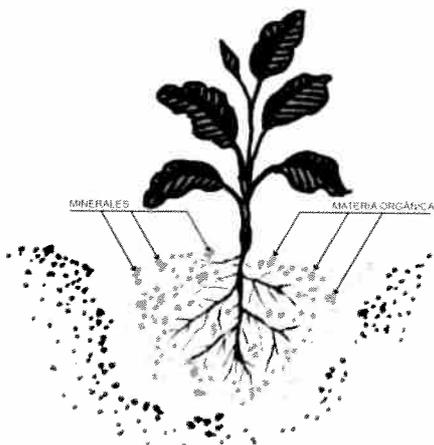
Utilizzo in industria: Alla fine degli anni '90, a seguito di campionamenti estratti da un invaso lucano e dalla loro successiva caratterizzazione chimico-fisica e mineralogica, sono stati effettuati studi sperimentali sulla possibilità di un eventuale utilizzo di sedimento argilloso per la produzione di cemento Portland, in sostituzione all'argilla commerciale, riscontrando ottimi risultati.

Fig.7.1 Cemento Portland



Utilizzo in agricoltura: Utilizzo citato nel D.M.30/06/04. L'abbondante frazione di argilla disponibile presente nei sedimenti lacuali dell'Italia centromeridionale può contribuire, mediante ammendamento, al miglioramento delle condizioni strutturali di terreni agricoli conferendo maggiore capacità di ritenzione idrica nei suoli agricoli particolarmente porosi.

Fig.7.2 Meccanismo azione ammendante



Utilizzo ambientale per il ripascimento di coste in erosione: Si effettua una prima caratterizzazione fisica e mineralogica del sedimento sabbioso prelevato dal bacino e del litorale sabbioso in erosione e si confrontano i risultati ottenuti per verificarne l'eventuale compatibilità. Una volta verificata quest'ultima, si procede con la caratterizzazione chimica e microbiologica del sedimento prelevato i cui esiti negativi danno luogo all'eventuale utilizzo senza la necessità di effettuare bonifica.

Fig.7.3 Ripascimento



Utilizzo ambientale per riempimento di cave:

Un utilizzo ambientale avvenuto di recente, è quello di sedimenti limo-argillosi recuperati da un invaso artificiale utilizzati per il riempimento di una cava.

Fig.13 Cava sita in Padula (Sa)



8. CONCLUSIONI

Nel

corso della trattazione si è evidenziato come l'eventuale utilizzo dei sedimenti possa portare numerosi vantaggi:

- l' utilizzo industriale, agricolo ed ambientale dei sedimenti può dar luogo a vantaggi economici;
- benefici ambientali derivanti dal ridotto conferimento di sedimenti in discarica;
- recupero di capacità idrica dell'invaso;
- un contributo per la tutela dell'ambiente e della risorsa idrica.

9. BIBLIOGRAFIA

Albergo G., Sarti L., Messina F., (2010), *LA CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA DEI SEDIMENTI E ACQUA: UN CASO REALE*, Potenza, Autorità di bacino della Basilicata.

Valenti, G., Bernardo, G., Marroccoli, M., “*BENEFICIAL REUSE OF RESERVOIR SEDIMENT IN THE CEMENT INDUSTRY*”, International Conference on Remediation of Contaminated Sediments, 30 September – 3 October 2003, Venice, (Italy).

Xiloyannis, C., Palese, M.A., Celano, G., “*PROPOSTE DI UTILIZZO IN AGRICOLTURA DEI SEDIMENTI DEGLI INVASI ARTIFICIALI DI SAN GIULIANO E DEL CAMASTRA*”, in: “*IL PROCESSO DI INTERRIMENTO DEGLI INVASI: GENESI, EFFETTI ED INTERVENTI PER LA TUTELA DELL’AMBIENTE*”, Autorità di Bacino della Basilicata, Collana editoriale di Studi e Ricerche, n. 4, Giugno 2004.

Magri M., (2010), *IL REGIME GIURIDICO ED IL LORO RIUTILIZZO NELLA GESTIONE DELLE DIGHE*, Potenza, Autorità di bacino della Basilicata.

Falciglia P., Federico G., Vagliasindi A. (2010) *CARATTERIZZAZIONE ED ALTERNATIVE DI BONIFICA DI SEDIMENTI CONTAMINATI*. Potenza, Autorità di bacino della Basilicata.

Arpal,(2009) *PROTOCOLLO RELATIVO AI CRITERI DI CAMPIONAMENTO E VALUTAZIONE DEL MATERIALE DESTINATO A RINASCIMENTO STAGIONALE DEGLI ARENILI*. IOP-COQU-02-AR

D.Lgs. dell’ 11 maggio 1999, n.152, art. 40 comma 2

D.M. 30/06/04. *CRITERI PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO DI GESTIONE DEGLI INVASI, AI SENSI DELL’ARTICOLO 40, COMMA 2, DEL DECRETO LEGISLATIVO 11 MAGGIO 1999, N. 152, E SUCCESSIVE MODIFICHE ED INTEGRAZIONI, NEL RISPETTO DEGLI OBIETTIVI DI QUALITÀ FISSATI DAL MEDESIMO DECRETO LEGISLATIVO”*.

D.Lgs. 3 aprile 2006, n.152: “Norme in materia ambientale.