

Recupero e Riutilizzo dei Sedimenti da Invasi Artificiali sottesi da dighe

Applicazioni in materiali per l'ingegneria civile

Cemento • Aggregati • Sottofondi stradali • Ceramica • Laterizi • Argilla Espansa

Ing. Roberto Saccone – ITCOLD

Specialista in Tecnologia dei Materiali

Indice della Presentazione

01 Il problema: interrimento degli invasi

Entità del fenomeno a scala globale e italiana

02 Caratterizzazione dei sedimenti

Composizione granulometrica, chimica e mineralogica

03 Filiera di valorizzazione

Dal dragaggio al prodotto finito

04 Applicazioni industriali

6 destinazioni d'uso documentate

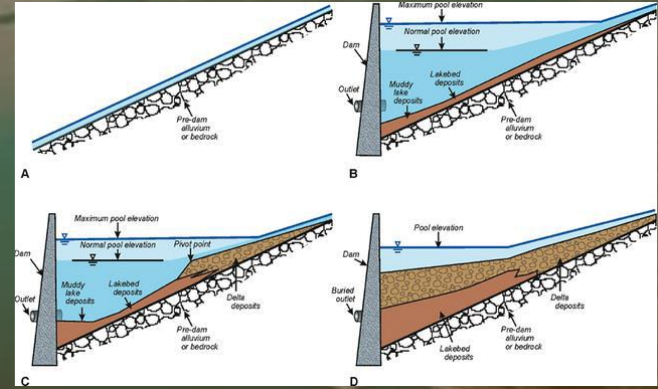
05 Quadro normativo

Direttiva 2008/98/CE · End-of-Waste · NTC



01

Il Problema: Interrimento degli Invasi



Il Problema: Interrimento degli Invasi

~50 Mld m³

Volume totale sedimenti accumulati
nelle dighe mondiali (stima)

perdita progressiva di capacità utile

~1%

Perdita annua media di capacità
utile degli invasi per interrimento

equivalente a oltre 500 km³ in un secolo

0,5–1%/anno

Perdita media annua di capacità
degli invasi italiani

stima media nazionale (ISRS 2023,
Firenze)

Impatti operativi e ambientali

↓ Riduzione della capacità di laminazione delle piene e dell'approvvigionamento idrico

↑ Aumento dei costi di gestione e manutenzione degli invasi

⚠ Rischio geomorfologico a valle: alterazione del regime solido fluviale

♻ Opportunità: i sedimenti sono materia prima secondaria per l'industria delle costruzioni

Fonti: [ISRS 2023 – Interrimento invasi italiani](#) · [ISPRA – Sedimenti ed economia circolare](#)

Esempio italiano · Invaso del Pertusillo

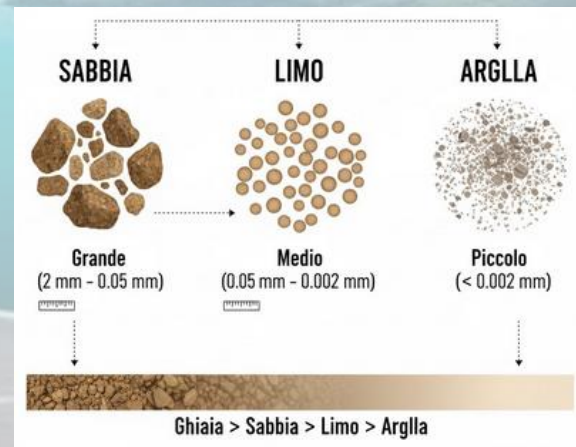
Basilicata · fiume Agri · capacità 155 Mln m³

Forte trasporto solido → sfangamenti periodici per mantenerne la capacità utile

Norma · D.M. 205/2022: progetto di gestione degli invasi (svaso, sghiaimento, sfangamento)

02

Caratterizzazione dei sedimenti



Caratterizzazione dei Sedimenti da Invasi

Composizione chimica tipica

SiO_2	50 – 70%
Al_2O_3	10 – 20%
Fe_2O_3	4 – 8%
CaO	2 – 10%
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	2 – 5%
Materia organica	< 5% (fini)

Classi granulometriche e criticità

Ghiaia / Sabbia grossolana (> 2 mm)

Direttamente riutilizzabile come
aggregato per calcestruzzo o riempimento

Sabbia fine / Limo (63 μm – 2 mm)

Adatta per aggregati, laterizi,
clinker; richiede trattamento minimo

Fini / Argilla (< 63 μm)

Sfida principale: elevato contenuto
idrico, compressibilità, potenziale contaminazione

Parametri chiave per la valutazione di idoneità al riutilizzo: PSD · Limiti di Atterberg · contenuto organico · VBS · metalli pesanti · lisciviabilità (CEN EN 12457)

03

Filiera di Valorizzazione: Dal Dragaggio al Prodotto Finito



Filiera di Valorizzazione dei Sedimenti

1

**Dragaggio
Idraulico /
Meccanico**

Draga aspirante o
escavatore
gommato; gestione in
situ

2

**Disidratazione
e Stoccaggio**

Geotubi, vasche di
controllo, filtropresse

3

**Caratterizzazione
di Laboratorio**

Granulometria, XRF, ICP,
test di lisciviabilità

4

**Pre-trattamento
(se necessario)**

Vagliatura, macinazione,
calcinazione,
stabilizzazione

5

**Prodotto
Finito**

Clinker · Aggregati ·
Laterizi
· Ceramica · Sottofondo

Il percorso ottimale è selezionato tramite screening multi-parametrico (PSD · organico · Atterberg · contaminanti · logistica industriale)

🗑️ Quadro normativo: Direttiva 2008/98/CE (rifiuti) → procedura End-of-Waste (art. 6) per la declassificazione a materia prima secondaria



04

Applicazioni Industriali: Destinazioni d'Uso nel settore costruzioni



Le 6 Applicazioni Principali

A Clinker per Cemento

Requisiti: Fini ($< 63 \mu\text{m}$) · $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ dominanti · basso organico

10–15% sostituzione argilla

C Sottofondi Stradali

Requisiti: Stabilizzazione con calce/cemento · CBR

E Laterizi / Mattoni Cotti

Requisiti: Fini argillosi · T sinterizzazione $850\text{--}1100^\circ\text{C}$

50–100% sostituzione MP

B Aggregati per Calcestruzzo

Requisiti: Sabbia/ghiaia ($> 63 \mu\text{m}$) · assenza metalli pesanti

Diretto dopo vagliatura

D Piastrelle Ceramiche e Laterizi

Requisiti: Plasticità adeguata · assenza solfati

Sostituzione 30–100% argilla

F Argilla Espansa

Requisiti: Illite/clorite · gas a fusione incipiente · $T \sim 1150^\circ\text{C}$

Aggregato leggero sinterizzato



Progetto DESY (Dredged Sediment Recycling)

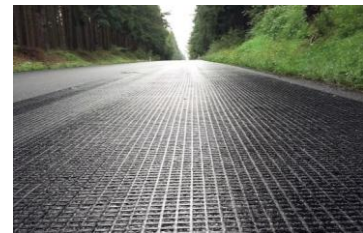
Valorizzazione dei Sedimenti di Dragaggio delle Dighe come Geopolimeri

Il processo di geopolimerizzazione prevede i seguenti passaggi:

1. Disidratazione e essiccazione del sedimento grezzo
2. Macinazione fine per raggiungere la granulometria desiderata ($<80\text{ }\mu\text{m}$)
3. Calcinazione a 750°C per 5 ore per massimizzare la reattività
4. Miscelazione della polvere attivata con una soluzione alcalina (es. silicato di sodio)
5. Getto del manufatto (es. blocchi, pannelli).
6. Maturazione a caldo (es. 60°C per 24 ore) per accelerare lo sviluppo della resistenza.

Il progetto ha come obiettivo la realizzazione di componenti per il mercato delle costruzioni edili e speciali; in particolare:

- **elementi prefabbricati per l'edilizia** (blocchi e mattoni per murature, pannelli per facciate e partizioni interne, elementi per pavimentazioni interne ed esterne, cordoli ecc.) che richiedono resistenze moderate ma volumi di produzione elevati e dove si possono sfruttare anche le buone proprietà di isolamento termico e resistenza al fuoco
- **Infrastrutture Stradali** dove i geopolimeri possono essere utilizzati per la stabilizzazione degli strati di fondazione e sottofondazione delle pavimentazioni
- **Ingegneria Marittima e Idraulica:** data la loro eccezionale durabilità in ambienti marini, i geopolimeri sono ideali per la costruzione di opere a contatto con l'acqua salata come muri di banchina, blocchi per difese costiere e moli frangiflutti; la banchina del porto di Rotterdam è il caso più rilevante a livello globale.



05

Quadro Normativo



Quadro Normativo Europeo e Italiano

Unione Europea

Direttiva 2008/98/CE

Sedimenti estratti da invasi = RIFIUTO.
ma la gerarchia della gestione rifiuti richiede che il riuso sia privilegiato rispetto allo smaltimento

EN 12457

Test di lisciviabilità per classificare
il sedimento (inerte · non pericoloso · pericoloso)

EN 197-1 / EN 206

Standard per cemento e calcestruzzo;
riferimento per sedimento come costituente

EN 12620

Aggregati per calcestruzzo,
malta e malte da iniezione

Italia

D.Lgs. 152/2006

Testo Unico Ambientale (TUA):
gestione rifiuti e dragaggio
Art. 184 bis: sottoprodotto

D.Lgs. 120/2017

Regolamento gestione terre e rocce da scavo

D.M. 205/2022

Progetti di Gestione degli invasi artificiali (come le dighe), includendo operazioni quali svaso, sfangamento e sghiaimento.

CAM Edilizia Aggiornamento 2026 (DM 24/11/25)

Si applica a tutti i contratti pubblici aventi per oggetto servizi di progettazione e direzione lavori di interventi edilizi e opere di ingegneria civile, esecuzione di lavori, inclusi costruzione, ristrutturazione, manutenzione e adeguamento. Non è più limitato ai soli edifici, ma si estende a qualsiasi tipo di manufatto o opera.



Sedimenti da invasi artificiali: rifiuto o sottoprodotto?

Percorso normativo verso la qualifica come sottoprodotto / materia prima seconda

1



ESCLUSIONE

Sedimento in alveo

Art. 185, c.3
D.Lgs. 152/2006

Escluso dai rifiuti se resta in acqua o nelle pertinenze idrauliche e non è pericoloso.

2



SOTTOPRODOTTO

Rimozione per sicurezza

Art. 184-bis D.L.152/2006
+
Art. 39 c.13 D.Lgs.
205/2010

Il materiale rimosso da invasi/alvei per sicurezza idraulica segue il regime sottoprodotto.

3



REGIME ATTUALE

Disciplina per analogia

DPR 120/2017
(art. 1, art. 4)

Regola oggi le terre e rocce da scavo come sottoprodotti; richiamato in prassi per i sedimenti.

4



NOVITA' 2025-26

Estensione esplicita

L. 199/2025 -> Art. 48
DL 13/2023, lett. d-bis

Cita per la prima volta gli "invasi artificiali". Parere CdS n. 710/2026: iter avviato.

5



VIA RESIDUALE

End of Waste

Art. 184-quater +
DM 127/2024

Se non sottoprodotto: cessazione qualifica di rifiuto dopo recupero, come inerte minerale.



Stato dell'arte (giugno 2026): la L. 199/2025 e' in vigore; il nuovo regolamento attuativo (in sostituzione del DPR 120/2017) ha ricevuto parere favorevole condizionato del Consiglio di Stato (n. 710/2026) ma non e' ancora pubblicato in Gazzetta Ufficiale.



Applicazioni potenziali nelle infrastrutture

Ponti e viadotti

Rilevati, sottofondi, riempimenti tecnici, calcestruzzi non strutturali, opere accessorie.

Gallerie

Sottofondi stradali, riempimenti, betoncini e misti per opere complementari.

Dighe e opere idrauliche

Rimodellazioni, protezioni spondali, ripascimenti tecnici, opere di presidio.

Opere lineari e costiere

Massicciate, argini, sistemazioni ambientali, recuperi morfologici.

Per gli usi a maggiore responsabilità prestazionale serve una filiera di caratterizzazione, qualificazione e controllo più robusta.

Distinzione chiave: impieghi non strutturali immediatamente scalabili vs impieghi strutturali o semi-strutturali da qualificare.

Posizionamento dell'Italia nel contesto UE

- Italia seconda tra i 27 Paesi UE per indice di circolarità, dietro solo ai Paesi Bassi. Indice di circolarità: 65,2 punti; Paesi Bassi: 70,6.
- Italia prima in Europa per quota complessiva di rifiuti riciclati: 85,6% del totale trattato, contro 40,8% della media UE.

Leadership quantitativa già acquisita a scala europea.

Dove sta oggi il vero gap

- La leadership italiana è forte nei flussi complessivi di riciclo, ma meno consolidata nell'impiego strutturato dei materiali riciclati nelle infrastrutture.
- Il passaggio da disponibilità di materia seconda a uso progettuale richiede qualificazione tecnica, standard prestazionali e filiere territoriali affidabili.
- Le grandi opere richiedono durabilità, tracciabilità, controlli e accettazione normativa più severi rispetto ad altri settori.
- Il limite non è solo tecnico, ma anche organizzativo, autorizzativo e di governance.

L'Italia è avanti nei numeri; deve diventarlo anche nei capitoli e nei protocolli applicativi.

Roadmap per una leadership infrastrutturale

- Definire criteri nazionali di classificazione prestazionale dei sedimenti destinabili al riuso.
- Attivare progetti pilota su opere pubbliche selezionate, con monitoraggio tecnico ed economico.
- Integrare il tema nei capitolati e nei CAM, distinguendo tra usi strutturali, non strutturali e ambientali.
- Creare piattaforme territoriali tra gestori degli invasi, laboratori, progettisti e stazioni appaltanti.
- Passare da iniziative episodiche a una strategia nazionale replicabile.

L'Italia ha già i numeri per essere leader europea della circolarità; il prossimo obiettivo è diventare leader anche nell'impiego infrastrutturale controllato delle materie prime seconde.

GRAZIE!