



# La gestione dei sedimenti negli invasi artificiali in un contesto di economia circolare

## *Esperienze Enel Innovation sulla Desedimentazione in Continuo*

***Alessandra Carota***

*Head Hydro Innovation*

*Roma, 30 Maggio 2023*

***Enel Green Power***

## Tecniche tradizionali per la rimozione dei sedimenti

Fluitazione controllata



Fluitazione in coda di piena



Dragaggio meccanico



## Svantaggi

- **Rimozione** solo di **poche quantità** di sedimenti
- Svuotamento del serbatoio per lunghi periodi → **Elevata mancata produzione**
- **Problemi ambientali legati alla natura chimica dei sedimenti**
- **Alti costi operativi**
- **Alti rischi per la sicurezza**
- **Nessuna riattivazione del trasporto di sedimenti a valle** in caso di dragaggio meccanico

# La gestione dei sedimenti negli invasi artificiali in un contesto di economia circolare



## La ricerca di nuove soluzioni per la rimozione dei sedimenti

*Ricerca di  
nuove soluzioni  
per la rimozione  
dei sedimenti*



La tecnologia della **Desedimentazione in Continuo**, nei bacini idroelettrici di idonea applicazione, può consentire di rimuovere i sedimenti in maniera più sostenibile, sicura e competitiva rispetto alle soluzioni tradizionali

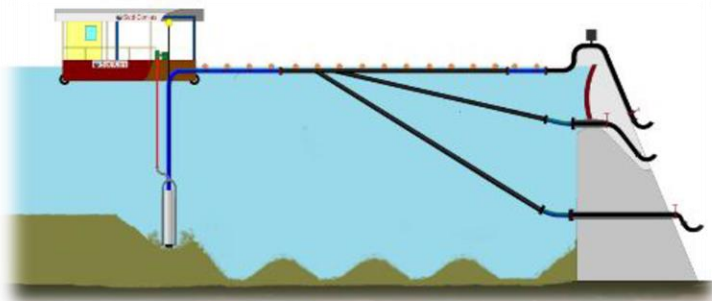
# La gestione dei sedimenti negli invasi artificiali in un contesto di economia circolare



## Che cos'è la Desedimentazione in Continuo

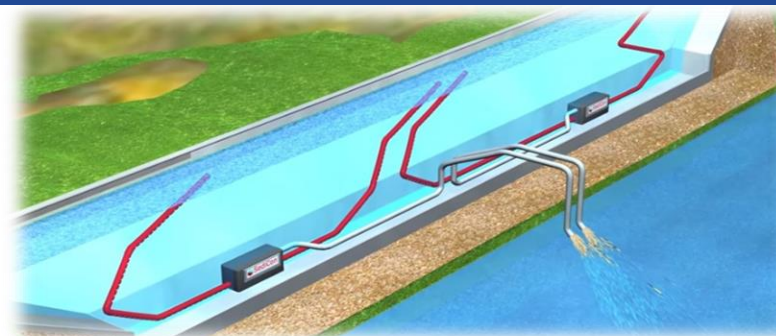
- Sistema galleggiante mobile, oppure unità fissa a rete di collettori, che rimuove i sedimenti nel bacino e/o nelle vasche di carico in modo controllato senza necessità di fermare l'impianto.
- I sedimenti vengono rimossi da un'unità di aspirazione e trasferiti a valle dello sbarramento, bypassando direttamente il coronamento della diga o mediante il flussaggio attraverso la turbina.

### Tecnologia dell'Idrosuzione (mobile)



- **Rimuove** tutte le tipologie di **sedimenti**: argilla coesa, sabbia e ghiaia (**fino a 60 mm**)
- Assicura elevata **flessibilità** operativa e non interferisce con le operazioni di gestione dell'impianto
- Rilascio sedimenti a valle in **concentrazione controllata**
- Soluzioni anche completamente **automatizzate**

### Tecnologia dello Sluicer (fissa)



- Adatto a **mitigare il deposito di sedimenti**
- Sistema alimentato anche a gravità in presenza di battente idraulico favorevole (**limitato consumo di energia**)
- Non interferisce con la gestione dell'impianto
- Rimozione estremamente semplice **adatta a piccoli invasi** (i.e. vasche di carico)

## I vantaggi della Desedimentazione in Continuo



### +Sostenibile

- Nessuna interferenza con la produzione dell'impianto principale → **Non sono necessari fuori servizio dell'impianto**
- **Controllo accurato della concentrazione del sedimento rimosso**
- Sistemi adatti a mitigare il deposito continuativo dei sedimenti



### +Sicura

- **Sistemi automatizzati**, spesso in esercizio in assenza di operatore



### +Competitiva

- **Possibilità di rimuovere la maggior parte dei tipi di sedimento**: argilla coesiva, sabbia e ghiaia (granulometria fino a 60 mm)
- **Riduzione di circa 2/3 del costo stimato rispetto alle tecnologie di dragaggio tradizionali**
- Sistemi che possono essere alimentati per gravità (in presenza di battente favorevole) con **limitati consumi di energia**

# La gestione dei sedimenti negli invasi artificiali in un contesto di economia circolare



## Il test di Enel Innovation sulla Desedimentazione in Continuo

### PREMESSA DEL PROGETTO

I tassi di desedimentazione richiesti nelle tre attività sperimentali sono stati molto conservativi rispetto ai valori soglia consentiti nei siti di prova. Di conseguenza, i sistemi di dragaggio testati nelle tre esperienze sperimentali sono stati dimensionati e realizzati per i tassi di trasferimento richiesti.

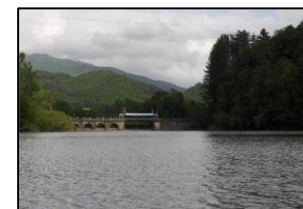
In caso di applicazione industriale, la taglia di dragaggio dovrà essere dimensionata in base al piano operativo del sito ed alla quantità di acqua disponibile per la diluizione.

	Solidi Sospesi Concentrazione limite richiesta	Solidi Sospesi Concentrazione autorizzata
Pontecosi	2,2 g/l	6 g/l
Pontecorvo	0,3 g/l	5 g/l
Arlia	4 g/l	6 g/l

Le condizioni operative sperimentali (m<sup>3</sup>/h di sedimenti rimossi) non devono essere generalizzate per applicazioni future.



**Vasca di carico di Arlia (MS)**  
*Idrosuzione + Sluicer*



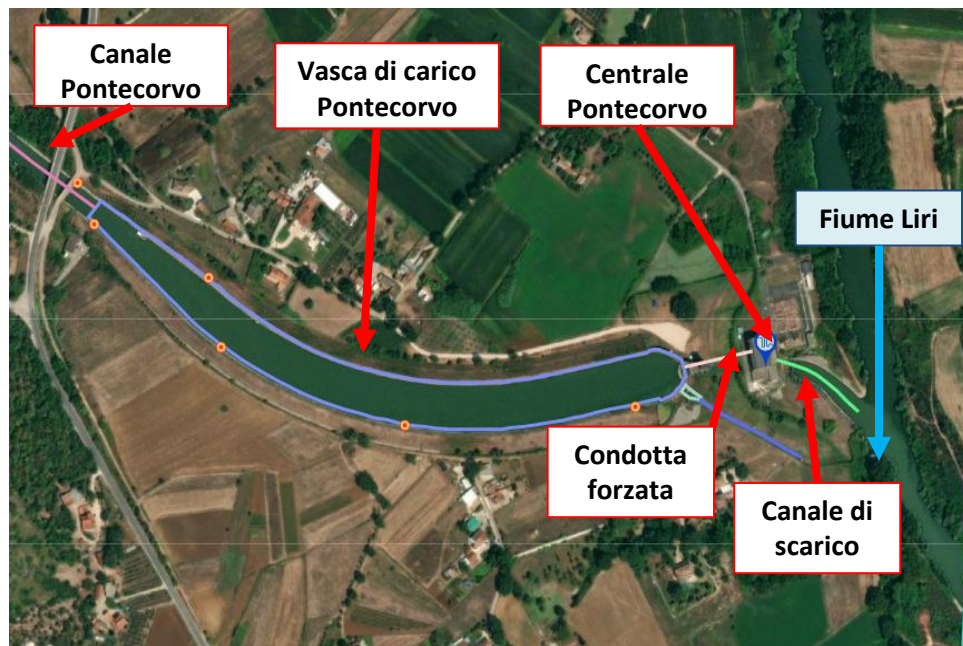
**Bacino di Pontecosi (LU)**  
*Idrosuzione*

**Vasca di Carico di Pontecorvo (FR)**  
*Idrosuzione*





## La Vasca di Carico di Pontecorvo (FR): caratteristiche del sito



**Località:** Lazio, Esperia (Frosinone)

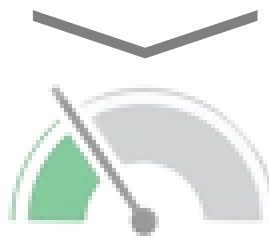
**Anno di costruzione:** 1957

**Centrale idroelettrica:** Pontecorvo (19,5 MW)

**Caratteristiche della vasca (@2017):**

- **Volume totale:** 60.000 m<sup>3</sup>
- **Volume utile:** 45.000 m<sup>3</sup>
- **Sedimenti nella vasca:** 27.000 m<sup>3</sup>
- **Sedimenti nel volume utile:** 27.000 m<sup>3</sup>
- **Grado di Interrimento sul volume utile:** 60%
- **Tasso annuale sedimenti:** ca. 7.000 m<sup>3</sup>/anno
- **Tipo di sedimenti:** prevalentemente sabbia

COMPLESSITÀ



BASSA

- *Linea di trasferimento corta (<1 km)*
- *Granulometria dei sedimenti adatta all'approccio continuo dei sedimenti*

# La gestione dei sedimenti negli invasi artificiali in un contesto di economia circolare



## La Vasca di Carico di Pontecorvo (FR): risultati test (ago '21 – mar '22)



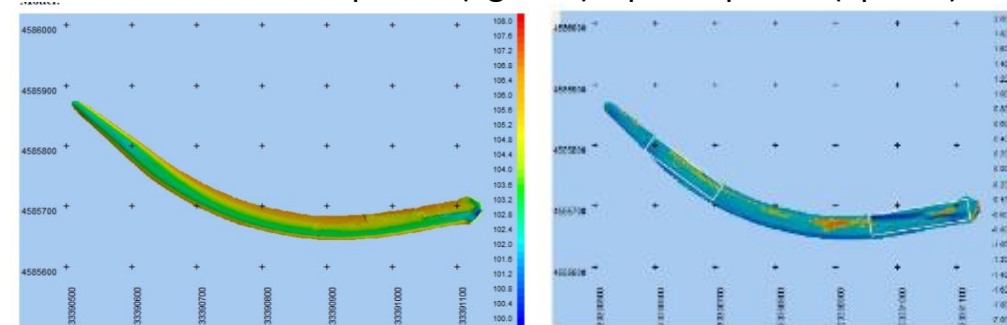
Area intervento  
Idrosuzione  
«Sedimover»



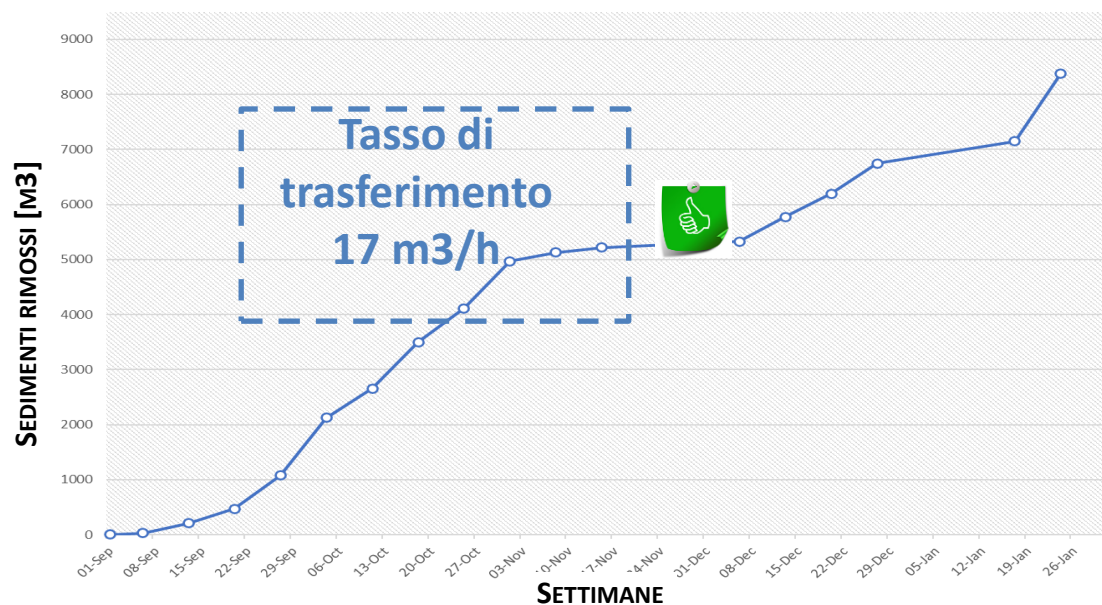
**HÜLSKENS**  
HOLDING

Rilascio sedimenti in  
turbina

Batimetria ante-operam (ago '21) e post-operam (apr '22)



Quantità di sedimento rimosso dalla vasca di carico di Pontecorvo



L'efficienza di rimozione dei sedimenti è quella prevista durante la progettazione del sistema di desedimentazione.

Diversi fuori servizio dovuti a frequenti guasti della macchina verificatisi durante le attività sperimentali

**RISULTATI A COLPO  
D'OCCHIO**



**Affidabilità**  
**34% in servizio sul totale  
omologato**

Diversi fuori servizio a causa di inefficienze  
del sistema

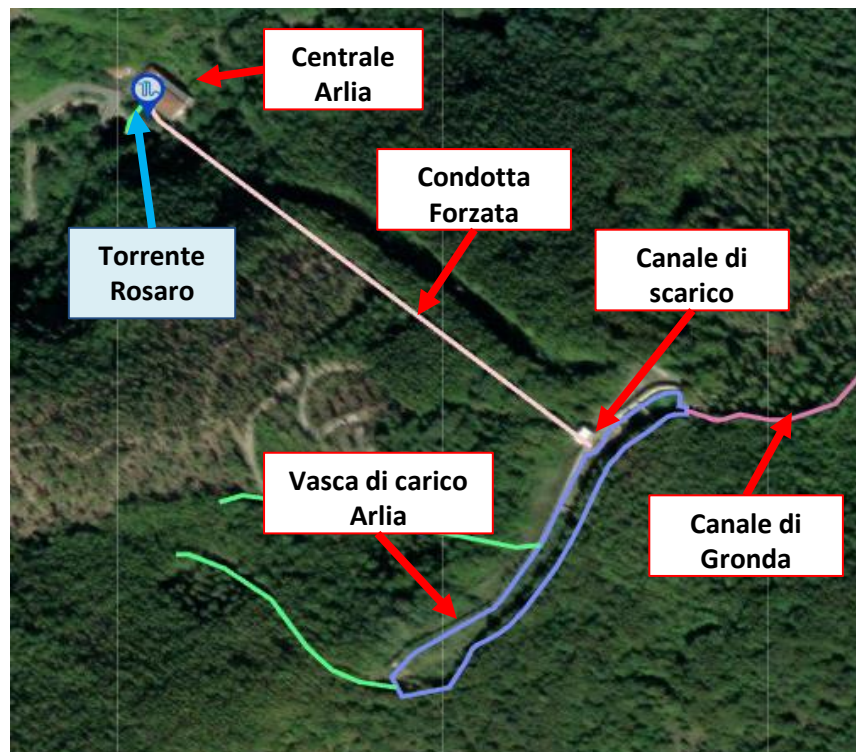


**Prestazione**  
**17 m3/h**

Il design della macchina era adatto a  
raggiungere il tasso di rimozione dei sedimenti  
previsto (16m3 / h)



## La Vasca di Carico di Arlia (MS): caratteristiche del sito



**Località:** Toscana, Fivizzano (Massa Carrara)

**Anno di costruzione:** 1913 con upgrade 1951

**Centrale idroelettrica:** Arlia (2,9 MW)

**Caratteristiche della vasca (@2017):**

- **Volume totale:** 16.000 m<sup>3</sup>
- **Volume utile:** 13.500 m<sup>3</sup>
- **Sedimenti nella vasca:** 13.000 m<sup>3</sup>
- **Sedimenti nel volume utile:** 13.000 m<sup>3</sup>
- **Grado di Interrimento sul volume utile:** 100%
- **Tasso annuale sedimenti:** ca. 4.000÷5.000 m<sup>3</sup>/anno
- **Tipo sedimenti:** prevalentemente argilla

- *Linea di trasferimento corta (< 50m)*
- *Alto grado di interrimento*
- *Vegetazione ad alta densità*

COMPLESSITÀ



# La gestione dei sedimenti negli invasi artificiali in un contesto di economia circolare



## La Vasca di Carico di Arlia (MS): risultati test (ago '21 – mar '22)



Area intervento  
Idrosuzione «Mini-Dredge» +  
«Sluicer»

Rilascio sedimenti su  
canale di scarico



Le condizioni operative di Arlia sono cambiate radicalmente dalla visita in loco del fornitore finalizzata alla progettazione del sistema di idroaspirazione rispetto a quelle di prova

**maggio 2019**  
**Visita del sito**



**giu 2021**  
**Inizio delle attività**



L'efficienza di rimozione dei sedimenti è stata fortemente influenzata dalle mutate condizioni operative.

Il fornitore ha messo in atto diversi aggiornamenti della testa di aspirazione ottenendo un aumento della velocità di trasferimento dei sedimenti.



**RISULTATI A COLPO  
D'OCCHIO**



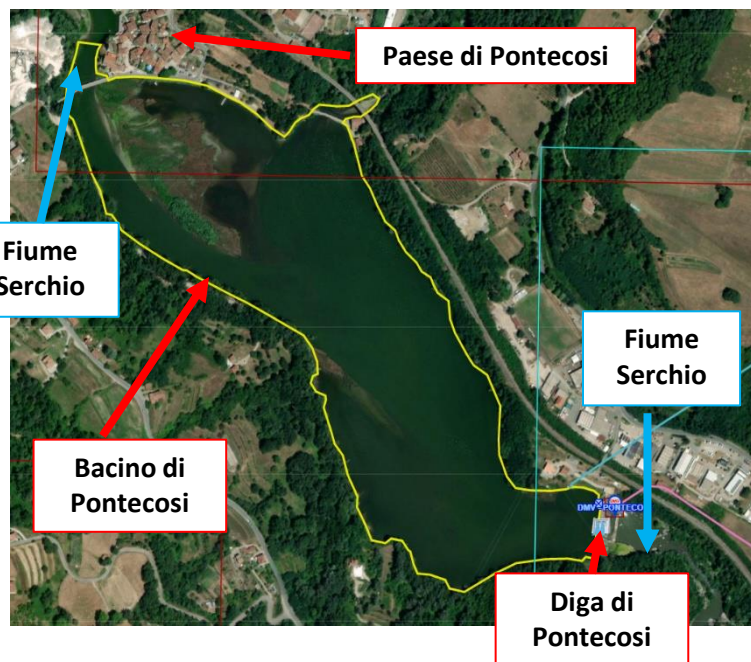
**Affidabilità 98% al servizio del  
totale omologato**

Nessun fuori servizio si è verificato  
nonostante le difficili condizioni operative



**Prestazione  
Inferiore al previsto a  
causa della densità di  
vegetazione**

## Il Bacino di Pontecosi (LU): caratteristiche del sito



**Località:** Toscana, Pieve Fosciana (Lucca)

**Anno di costruzione:** 1926

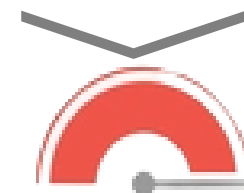
**Centrale idroelettrica:** Castelnuovo di Garfagnana (5,5 MW)

**Caratteristiche del bacino:**

- **Volume totale:** 3,0 Mm<sup>3</sup> (@1926)
- **Volume utile:** 1,5 Mm<sup>3</sup> (@1926)
- **Sedimenti nel bacino:** 2,1 Mm<sup>3</sup> (@2018)
- **Sedimenti nel volume utile:** 0,7 Mm<sup>3</sup> (@2018)
- **Grado di Interrimento su volume utile:** 47%
- **Tasso annuale sedimenti:** ca. 23.000 m<sup>3</sup>/anno
- **Tipo sedimenti:** prevalentemente sabbie e limi con elevate % di scheletro

- *Ridotta flessibilità nella capacità di regolazione*
- *Problemi ambientali nella zona antistante il paese di Pontecosi (zona turistica)*
- *Bassa profondità dell'acqua*
- *Alto contenuto solido nel sedimento*
- *Linea di trasferimento lunga (> 1 km)*

COMPLESSITÀ



ALTA



# La gestione dei sedimenti negli invasi artificiali in un contesto di economia circolare



## Il Bacino di Pontecosi (LU): risultati test (dic '19 – apr '21)

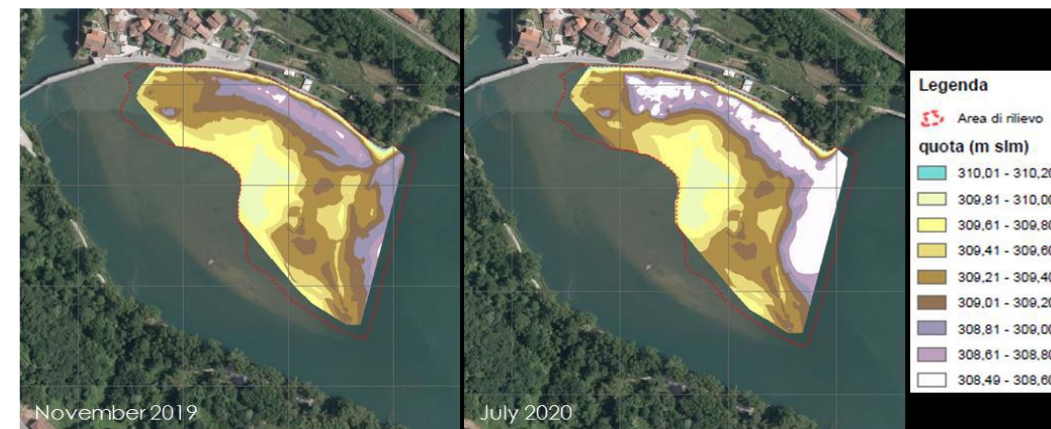


**Area intervento  
Idrosuzione  
«Sedimover»**

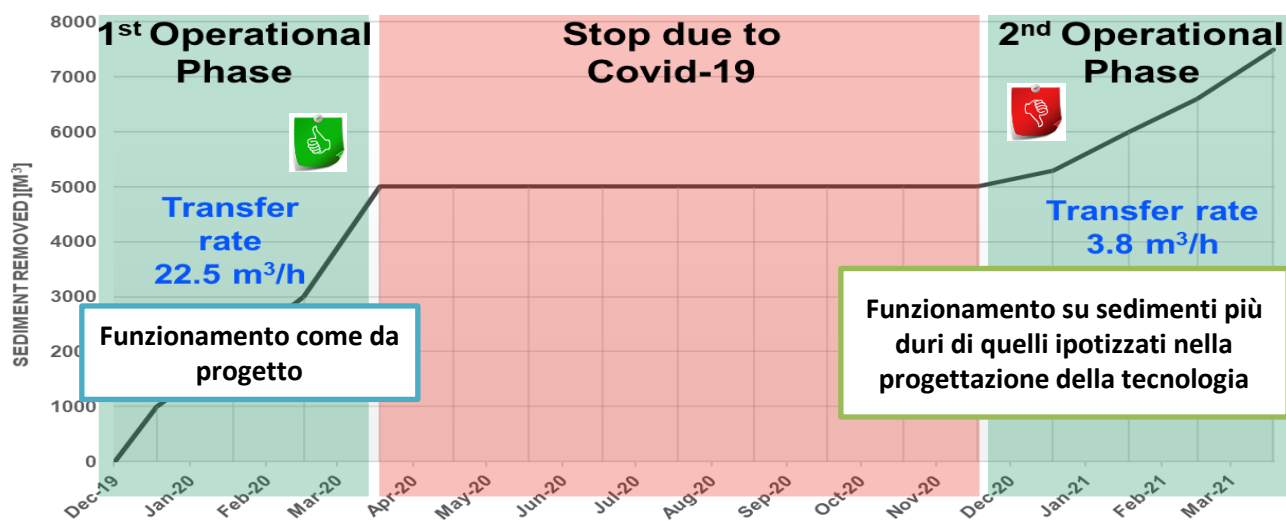


**Rilascio sedimenti a valle  
del coronamento diga**

Batimetria Area Intervento da Stato iniziale (nov '19) a 1° Fase (lug '20)



Amount of sediments removed from Pontecosi reservoir



Durante la prima fase operativa per motivi di sicurezza della diga il livello del serbatoio è stato abbassato di 1 metro riducendo l'area di dragaggio del 70%.

Al termine della prima fase operativa, il sistema di idrosuzione ha funzionato in condizioni off-design in termini di contenuto solido nel sedimento



**RISULTATI A COLPO  
D'OCCHIO**



**Affidabilità 34% in servizio sul  
totale programmato**

Diversi fuori servizio a causa di inefficienze  
del sistema e condizioni meteorologiche

**Prestazione  
10 m³/h**

Inferiore al previsto a causa del sistema  
non adatto alle condizioni effettive del sito



## Conclusioni

- **La Desedimentazione in continuo** si è rilevata una **tecnologia efficace** nei siti a prevalente presenza di **sedimenti sabbiosi**
- **Le vasche di carico con condizioni operative di funzionamento stabili** dalla fase progettuale alla fase di desedimentazione si sono rilevati siti più favorevoli (assenza di materiale vegetativo, profondità dell'acqua minima di 0,6 m)
- **In tutti siti test sono stati rispettati i limiti di concentrazione dei solidi sospesi da rilasciare a valle**