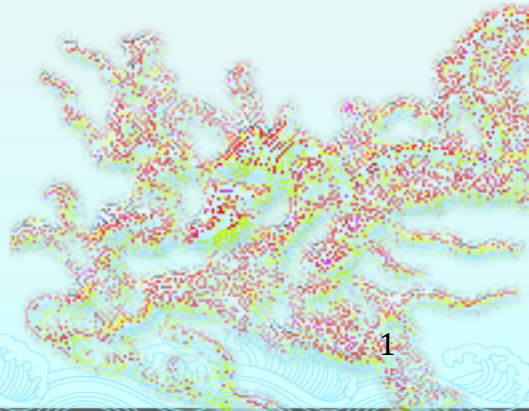
RECUPERO DI RISORSA IDRICA NEGLI INVASI ARTIFICIALI: RIUSO E VALORIZZZIONE DEL SEDIMENTO

Alberto Ferruccio PICCINNI
Audrey Maria Noemi MARTELLOTTA
Politecnico di Bari,
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica
albertoferruccio.piccinni@poliba.it



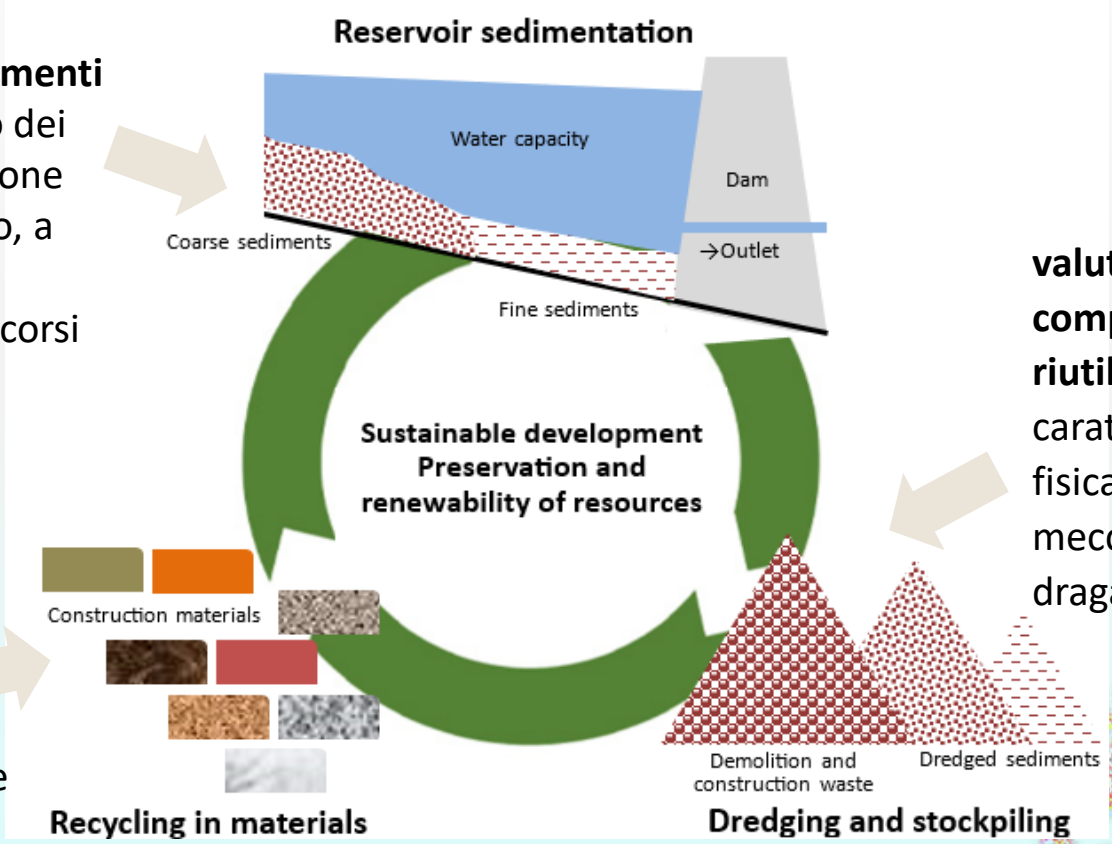
POLITECNICO DI BARI
AULA VIDEOCONFERENZE
VIA AMENDOLA, 126/B
30 maggio 2024

L'IMPORTANZA DELLA RISORSA IDRICA INVASATA NEL QUADRO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

I cambiamenti climatici in corso e i fenomeni siccitosi,rendono sempre più imperativo preservare la disponibilità delle risorse idriche

produzione e accumulo di sedimenti lacuali all'interno dei bacini e occupazione del volume morto, a causa dello sbarramento dei corsi d'acqua

recupero e valorizzazione dei sedimenti, attraverso la definizione di possibili alternative di riutilizzo

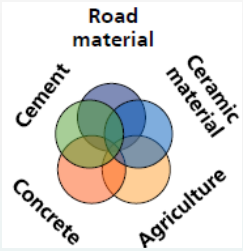


valutazione della compatibilità per il riutilizzo attraverso la caratterizzazione chimica, fisica, biologica e meccanica dei sedimenti dragati

Diventa necessario rimuovere i sedimenti, attualmente etichettati come rifiuti, individuando alternative per il recupero e la loro valorizzazione, rispondendo innanzitutto alla seguente domanda:

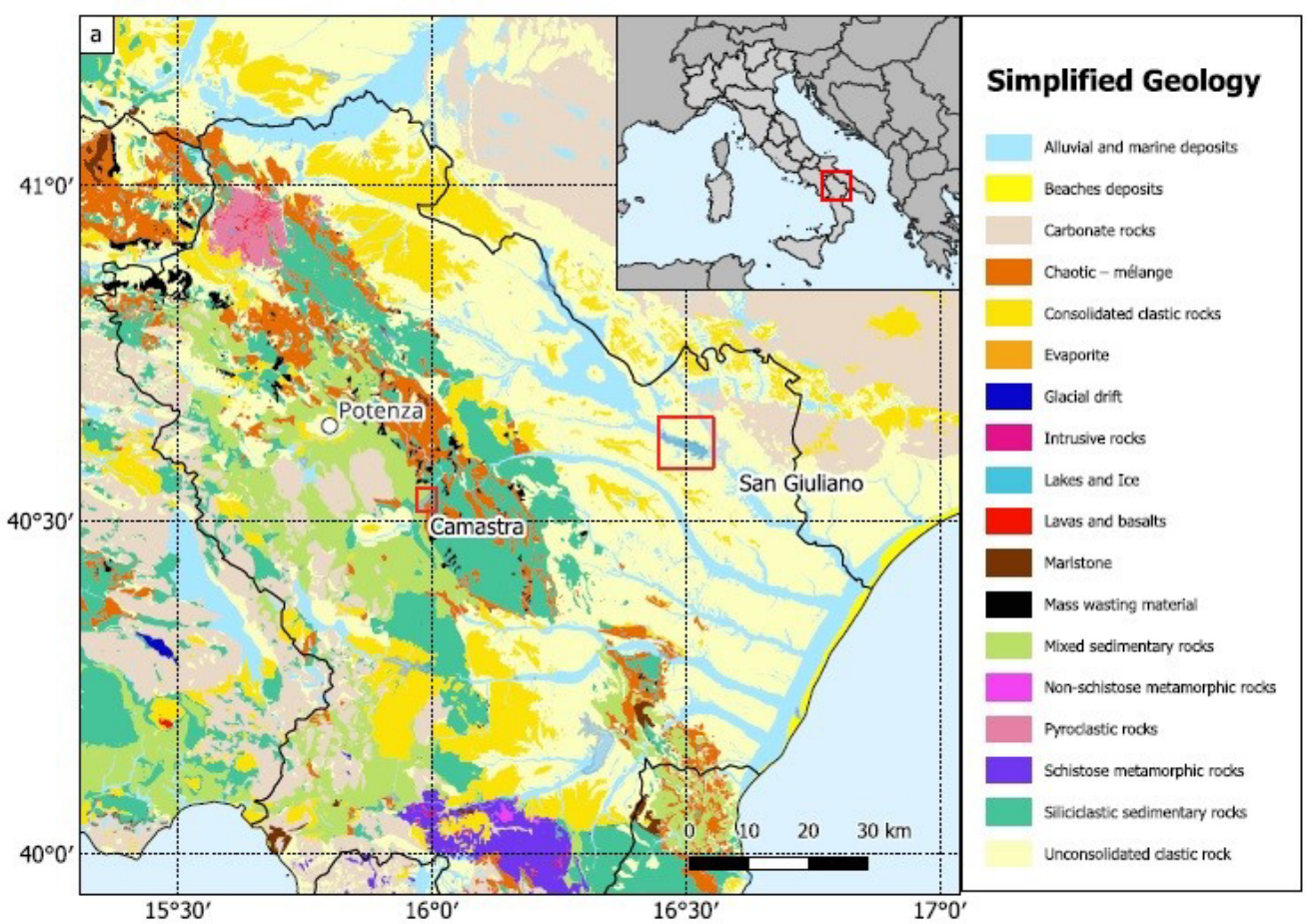


IL SEDIMENTO É COMPATIBILE PER IL RIUTILIZZO?



Analisi dell'evoluzione dell'interrimento: attività di campo	Verifica della compatibilità dei sedimenti per il riutilizzo: campionamento e caratterizzazione	Identificazione del possibile riuso e applicazione sperimentale: riutilizzo per conglomerati cementizi

L'IMPORTANZA DELLA RISORSA IDRICA INVASATA NEL QUADRO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI



Mappa geologica dell'area di studio in rosso

La scelta è ricaduta su questi siti d'indagine perché hanno una composizione geologica del suolo diversa, pur rientrando nella stessa regione:

- il Camastra ha rocce silicee;
- il San Giuliano ha formazioni limo-argillose.

L'IMPORTANZA DELLA RISORSA IDRICA INVASATA NEL QUADRO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI



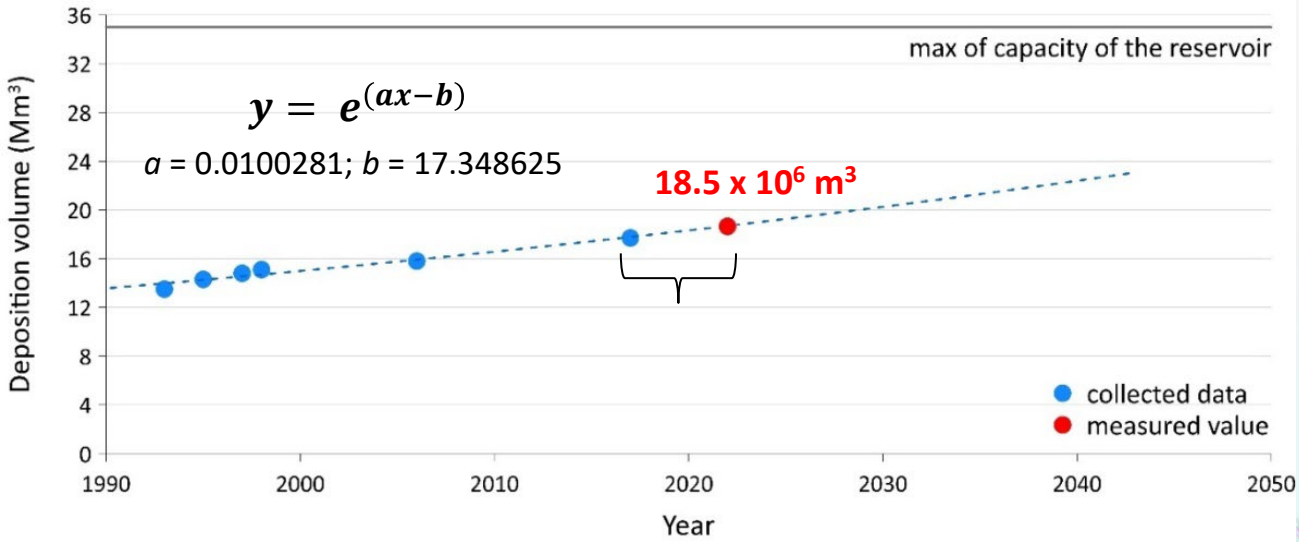
Invaso del Camastra (Settembre 2022) - rilievi

Preliminarmente, per definire il quantitativo di sedimenti accumulato sul fondo degli invasi per i quali prevedere la rimozione, il recupero e la valorizzazione, sono state condotte le seguenti attività di campo:

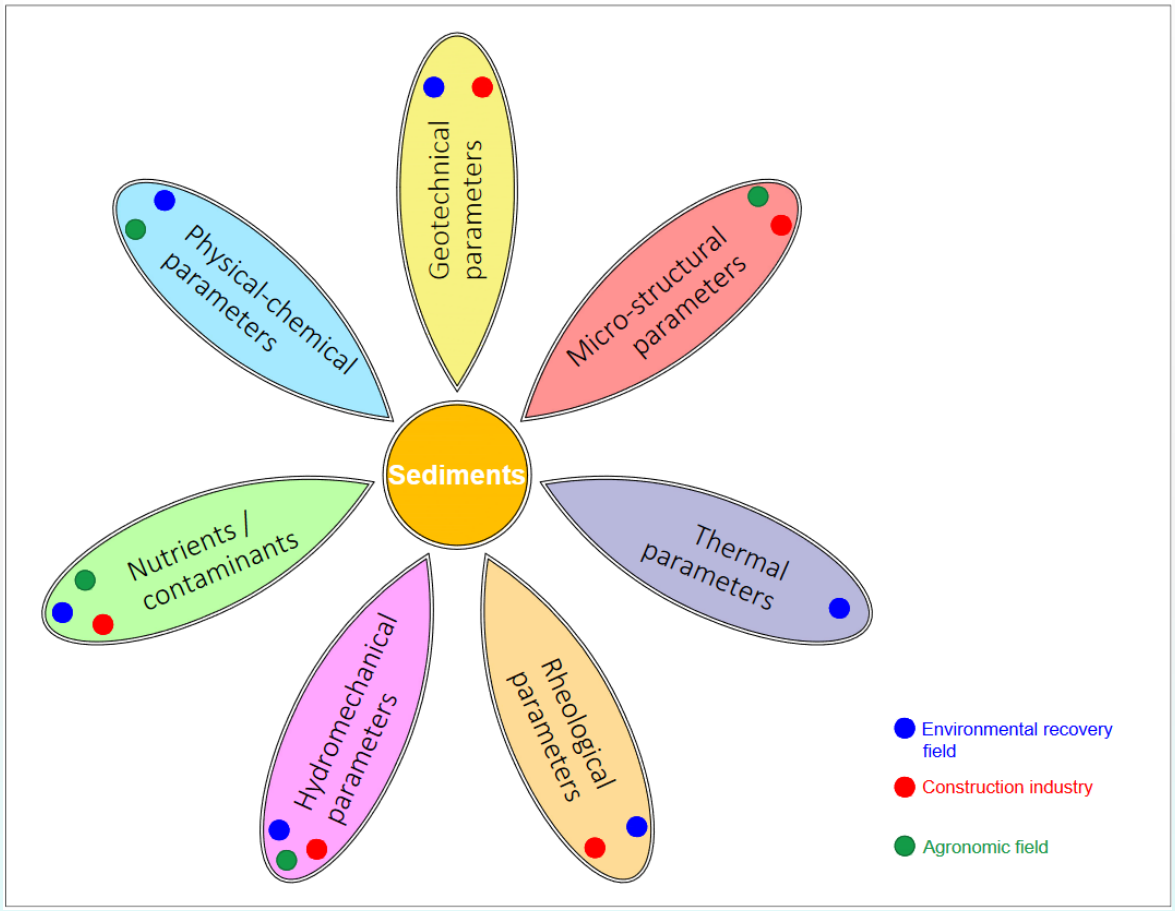
- rilievo topografico della linea di riva e delle sponde del bacino;
- rilievo batimetrico multibeam;
- rilievo sismostratigrafico del fondale marino con la tecnica del sub-bottom profiler.

Le attività condotte sull'invaso del Camastra hanno permesso di identificare che:

- l'aumento volumetrico medio annuo dei sedimenti è pari a 200.000,00 m^3/anno;
- il tasso medio annuo di incremento dell'interrimento è pari a di 12 cm/anno;
- il volume morto è maggiore del 50% della capacità utile di invaso;
- l'incremento dell'interrimento dell'invaso segue una legge esponenziale di previsione;
- il volume totale di sedimento accumulato sul fondo dell'invaso è pari a 18,5 x 10^6 m^3.



Evoluzione dell'interrimento nell'invaso del Camastra negli anni e identificazione del valore medio misurato a seguito dei rilievi *in situ* del 2022

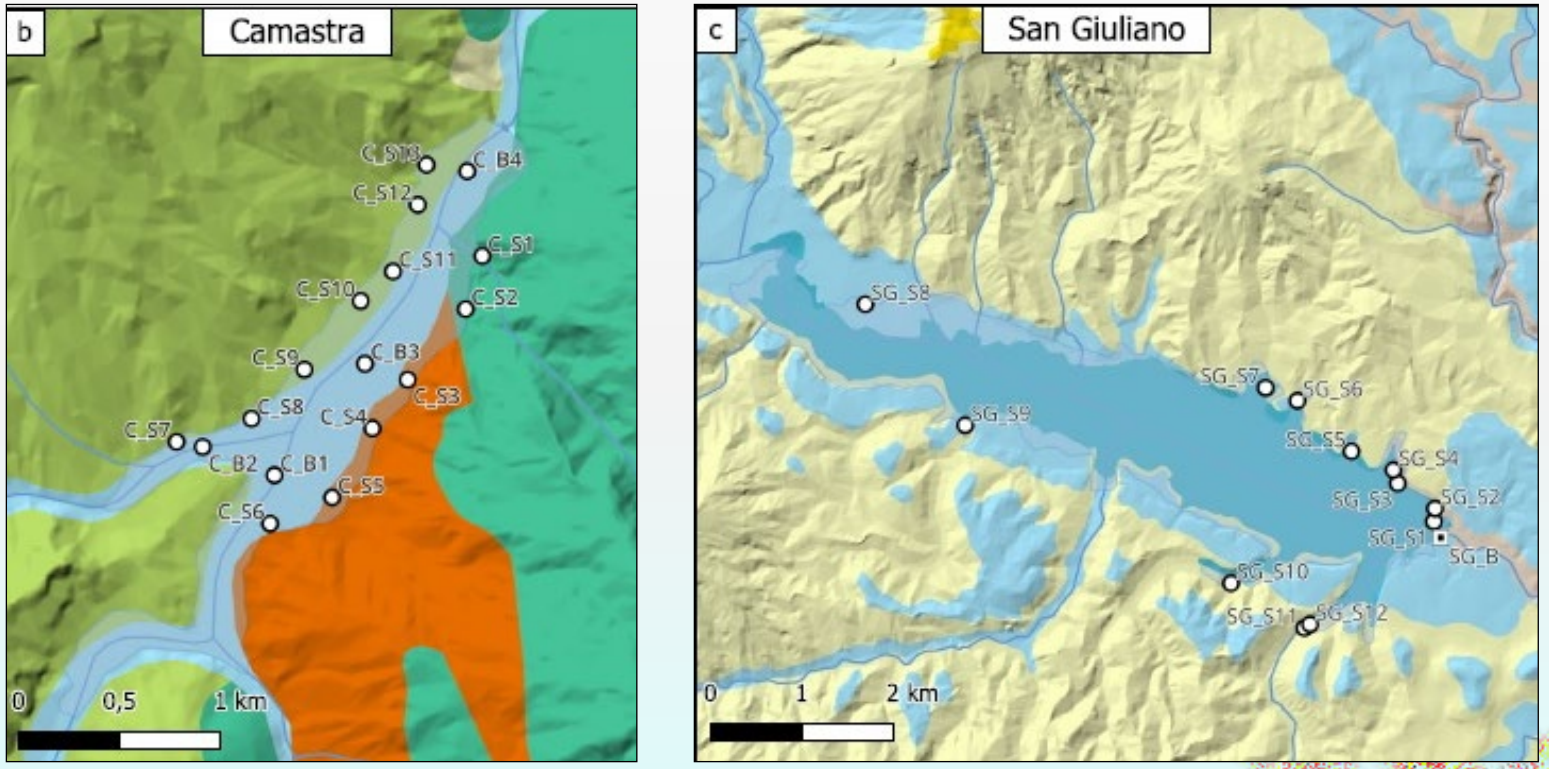


Prospetto della caratterizzazione da eseguire, in funzione dei possibili riusi

Gli elevati volumi di sedimenti da dragare e, smaltire, impongono una riflessione sulle possibilità di riutilizzo:

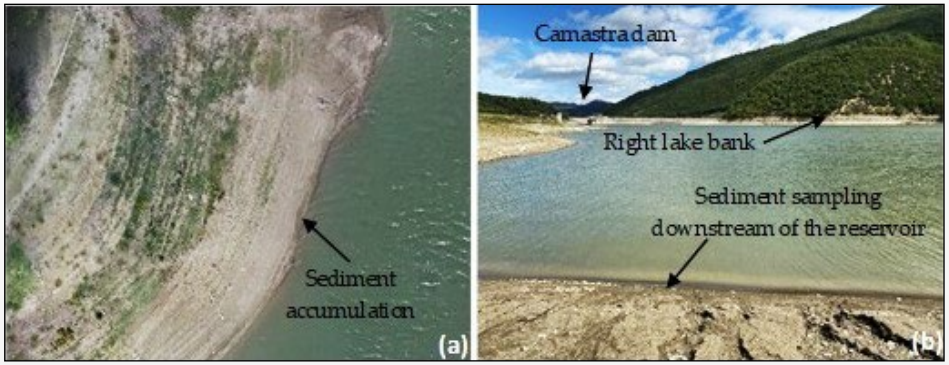
- per scopi agronomici;
- come materiali da costruzione e per costituire rilevati e sottofondi stradali;
- per recupero ambientale (materiale di riempimento di cave dismesse, ripascimento di litorali e arenili, ricostruzione di morfologie costiere, riprofilatura della morfometria degli alvei).

Per poter valutare l'idoneità al riuso dei sedimenti, è necessario procedere alla loro caratterizzazione, previo campionamento in diversi punti rappresentativi delle varie zone dell'invaso.

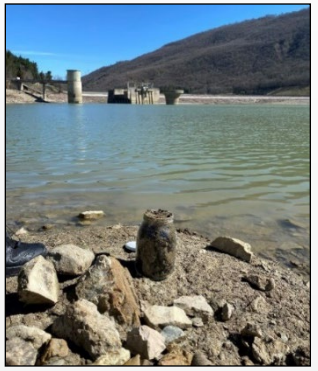


Mappa dei punti di campionamento presso gli invasi del Camastra e di San Giuliano

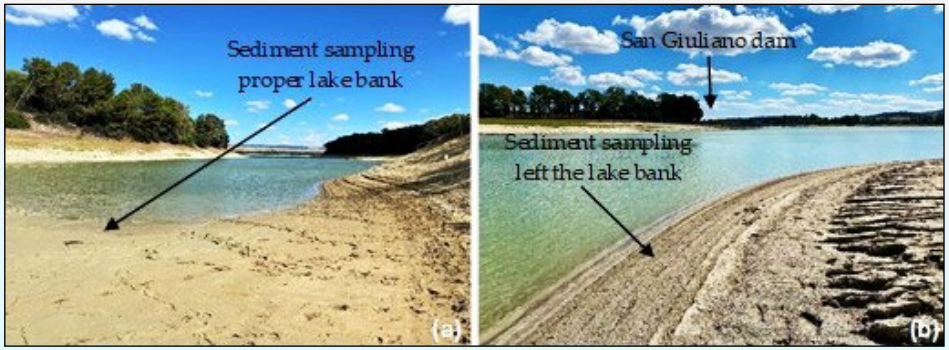
Per ciascuno degli invasi, i sedimenti sono stati campionati da entrambe le sponde e dal fondo.



Punti di campionamento presso l'invaso del Camastra: (a) sponda destra, (b) sponda sinistra (Marzo 2023)



Invaso del Camastra (Settembre 2022)

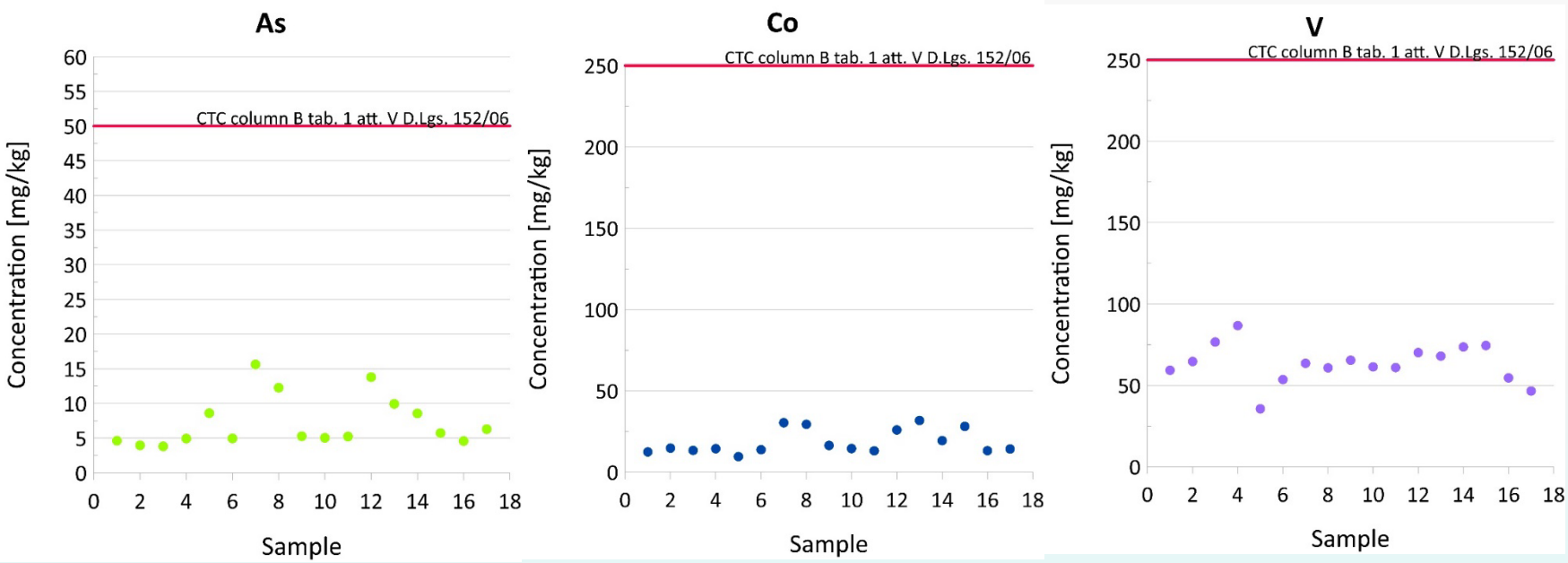


Punti di campionamento presso l'invaso di San Giuliano: (a) sponda destra, (b) sponda sinistra (Marzo 2023)



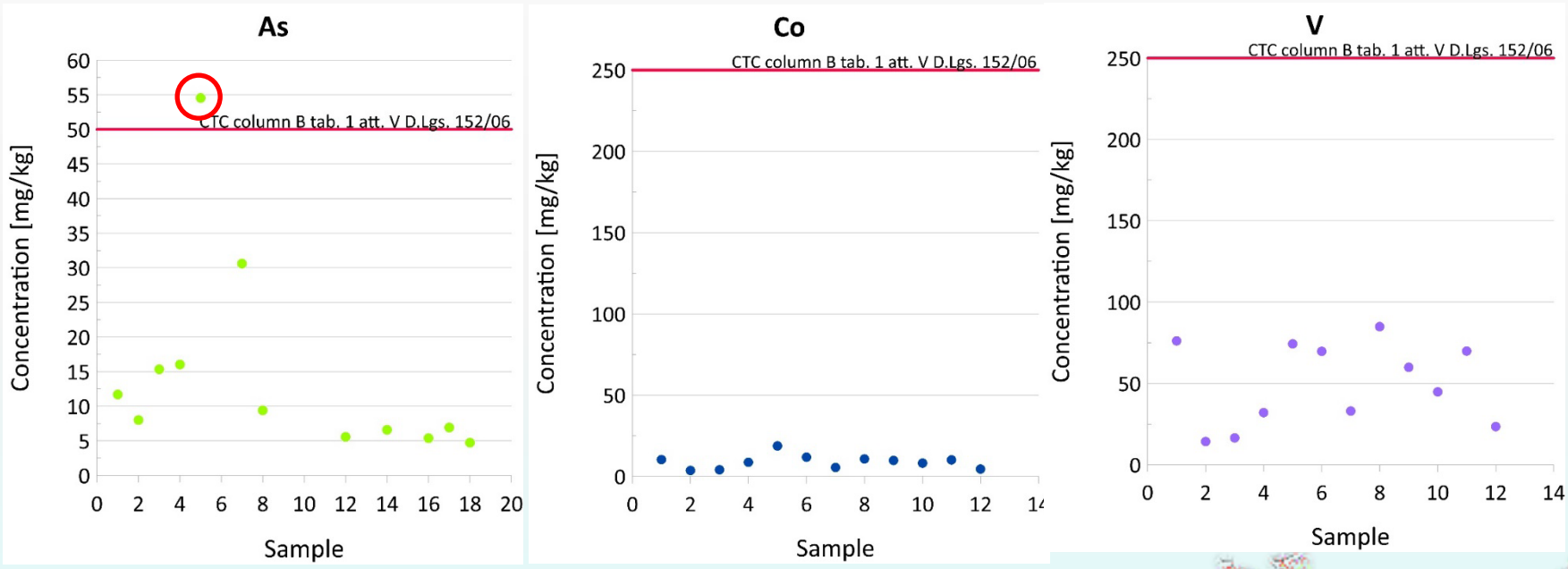
Invaso di San Giuliano (Marzo 2023)

Per valutare l'idoneità al riuso, è essenziale la caratterizzazione dei metalli pesanti, i cui valori sono stati confrontati con i limiti del DPR 120/2017 e del D. Lgs. 152/2006



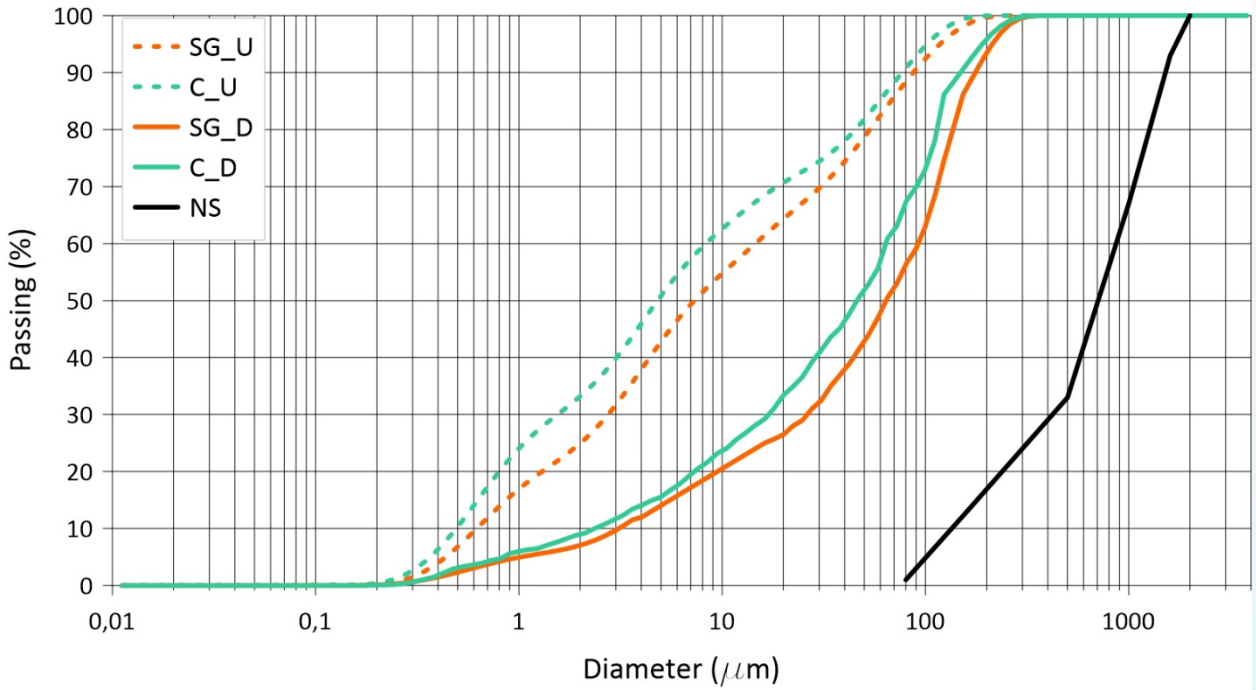
Valori di Arsenico, Berillio e Cobalto, rilevati in ciascuno dei sedimenti campionati presso l'invaso del Camastra, con indicazione della Concentrazione Soglia di Contaminazione (DPR 120/2017 e D. Lgs. 152/2006)

Si segnala un solo superamento rilevante rispetto al riferimento normativo per il riutilizzo, rappresentato dalla colonna B del D. Lgs. 152/2006, con riferimento al solo Arsenico e in un unico campione prelevato presso l'invaso di di San Giuliano, a causa della natura sedimentaria delle rocce.



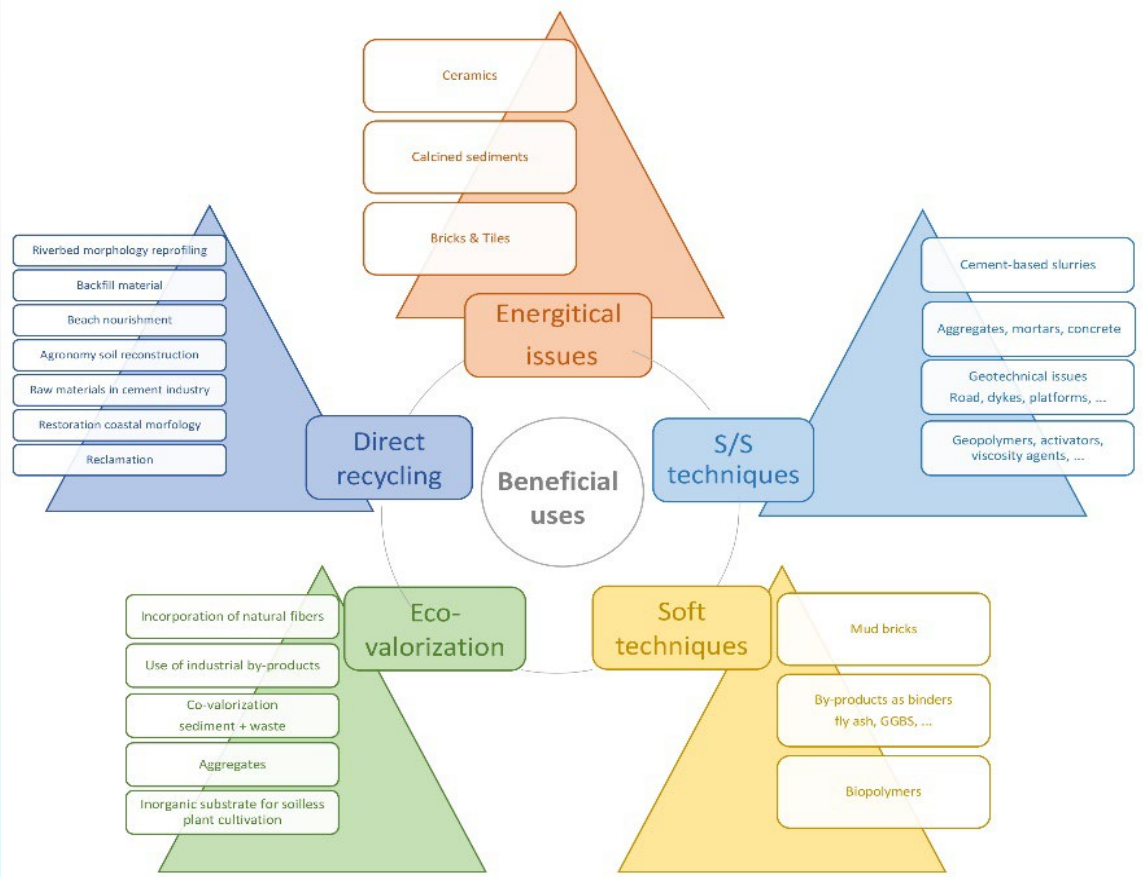
Valori di Arsenico, Berillio e Cobalto, rilevati in ciascuno dei sedimenti campionati presso l'invaso di San Giuliano, con indicazione della Concentrazione Soglia di Contaminazione (DPR 120/2017 e D. Lgs. 152/2006)

L'analisi granulometrica condotta sui campioni di entrambi gli invasi evidenzia che i sedimenti di monte sono a prevalente matrice argillosa, al contrario di quelli di valle, che mostrano una più pronunciata componente sabbiosa



Distribuzione granulometrica dei campioni di monte (U) e di valle (D) prelevati presso gli invasi di San Giuliano (SG) e del Camastra (C) e della malta normalizzata (MN)

L'IMPORTANZA DELLA RISORSA IDRICA INVASATA NEL QUADRO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI



Possibili tecniche di valorizzazione dei sediment lacuali

Gli esiti della caratterizzazione mostrano che è possibile riutilizzare i sedimenti:

- tal quali, per riuso diretto ed eco-valorizzazione;
- dopo pre-trattamenti, per esempio additivando sottoprodotti industriali e fibre naturali
- utilizzando tecniche di solidificazione - stabilizzazione o trattamenti per la produzione di laterizi.

Tra tutti i possibili riutilizzi, è stato approfondito il riuso dei sedimenti, senza trattamenti preliminari, in sostituzione dell'aggregato, in quantità diverse, e/o di parte del legante, in quantità costante, nella realizzazione di conglomerati cementizi



Campioni con i sedimenti del Camastra

Specimen	Cement (g)	Water (g)	Sand (g)	Clay (g)
Normalized mortar	450	225	1350	0
C_s1-2-3-5	450	225	400-325-250-175	0
C_s1-2-3-5-6&c	350	225	400-325-250-175-100	100

Campioni con i sedimenti di San Giuliano

Specimen	Cement (g)	Water (g)	Sand (g)	Clay (g)
Normalized mortar	450	225	1350	0
SG_s1-2-3-4-5	450	225	550-475-400-325-250	0
SG_s3-4-5-6-7&c	350	225	400-325-250-175-100	100



Composizione delle malte proposte a base di sedimenti derivanti dal Camastra (in alto) e da San Giuliano (in basso)

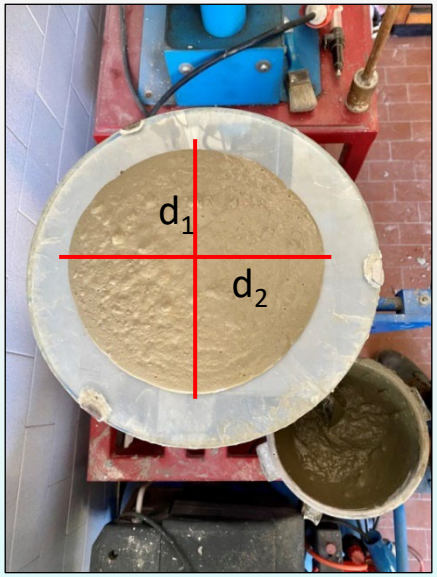
Le malte sono state anzitutto sottoposte a flow test, misurando lo spandimento lungo due diametri ortogonali, determinando successivamente la consistenza delle malte come incremento percentuale del diametro, secondo la relazione seguente:

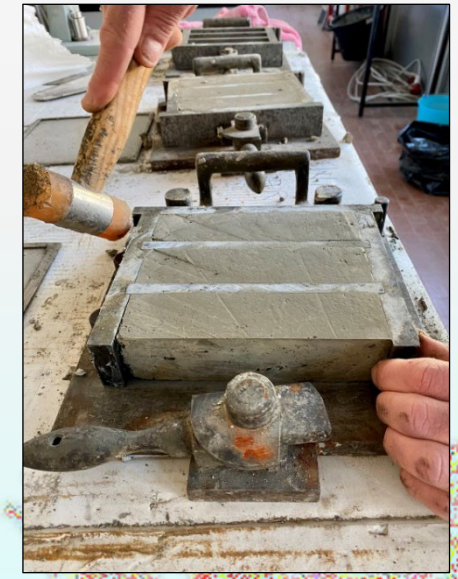
$$\text{flow} = \frac{d_m - d}{d} \text{ x } 100$$

dove d_m è la media dei due diametri e d è il minore diametro dell'anello troncoconico (100 mm).



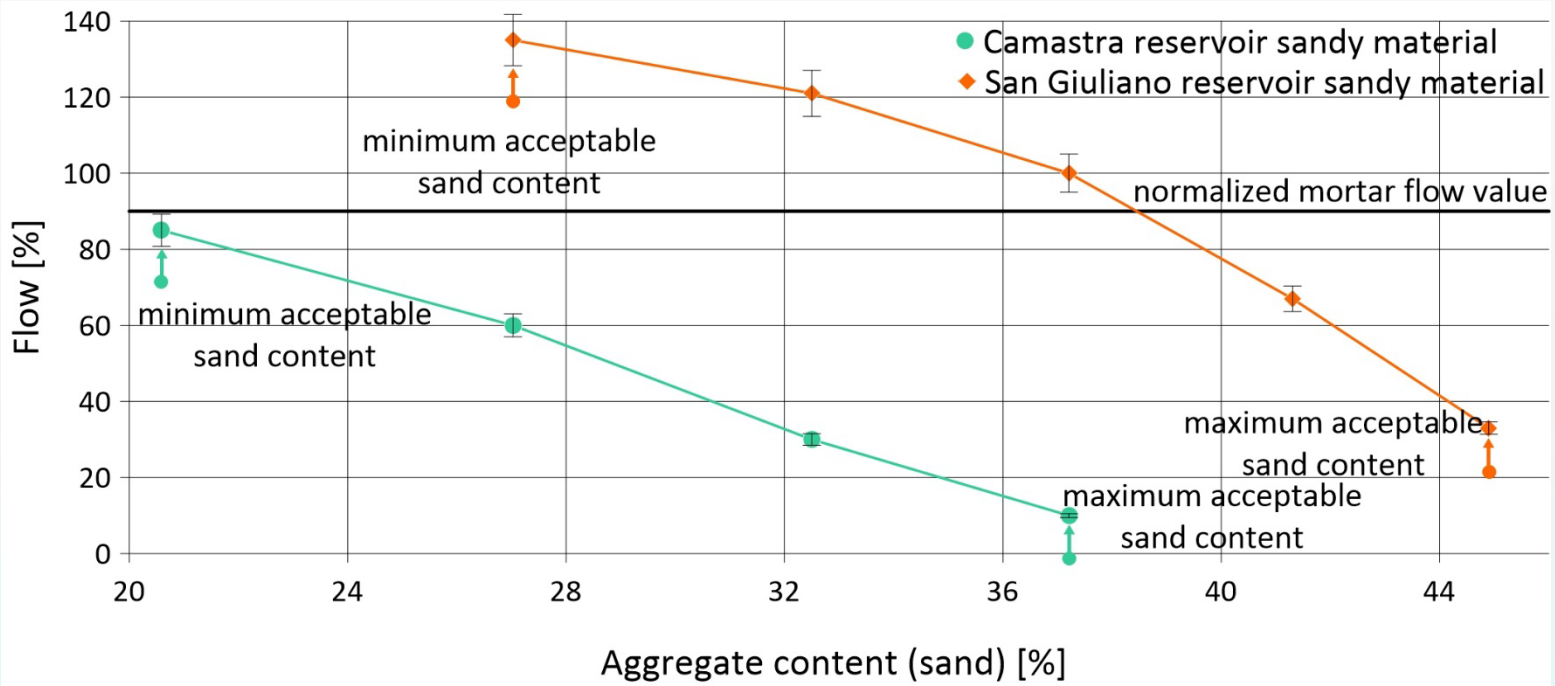






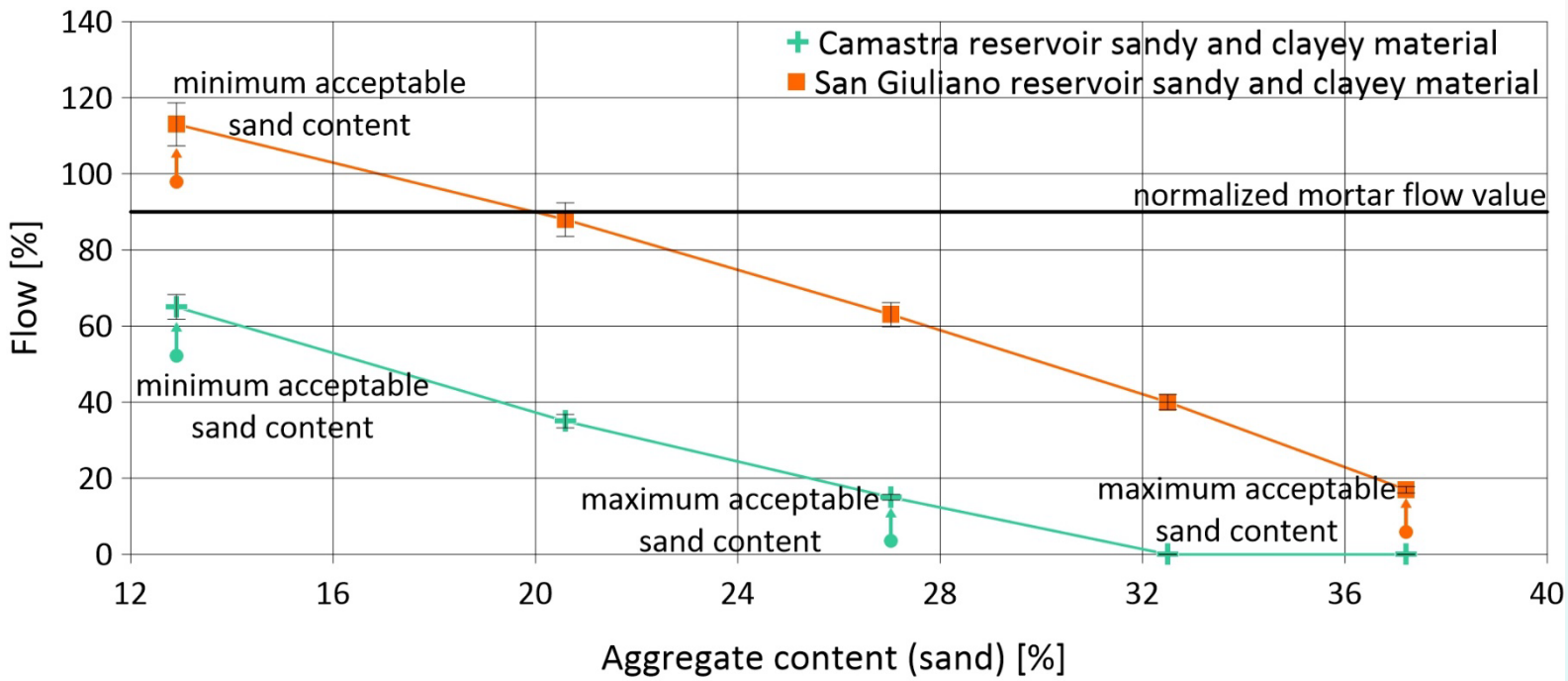
Determinazione della consistenza delle malte (UNI 7044:1972) e confezionamento dei provini prismatici

È stato individuato un intervallo di lavorabilità: al di sotto del limite inferiore le malte sono poco fluide, con possibili fenomeni di ritiro, mentre al contrario, superando il limite superiore, sono asciutte e poco lavorabili.



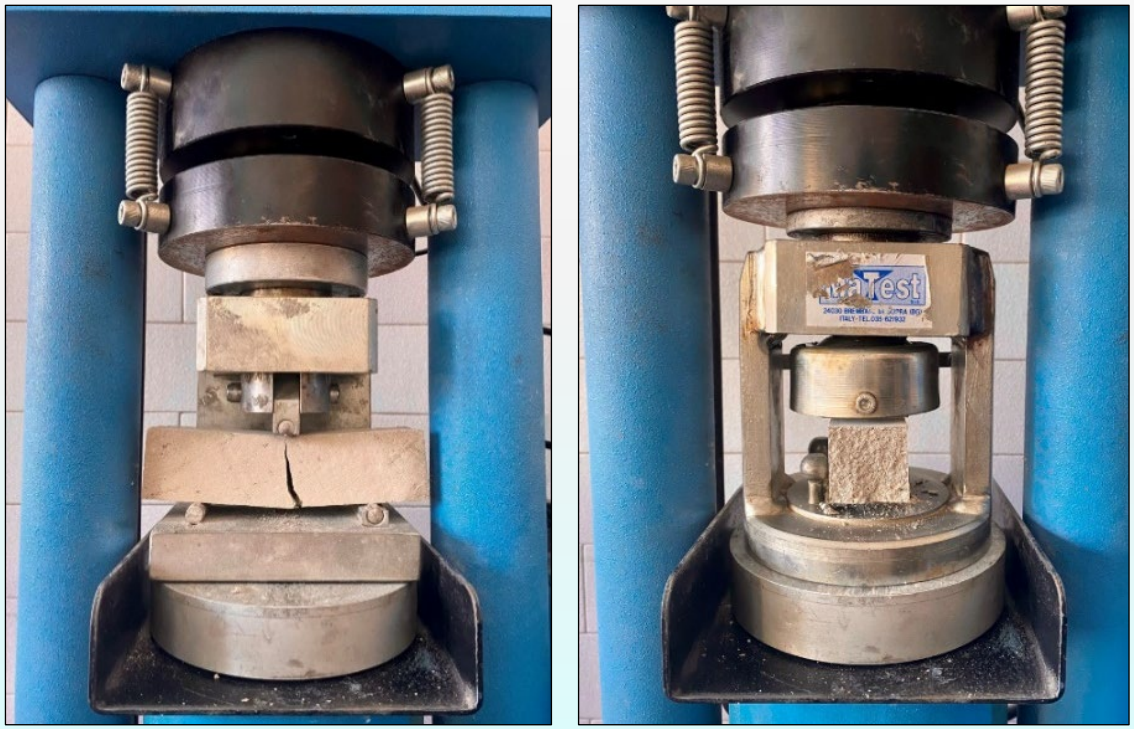
Confronto tra i risultati del flow test in funzione del contenuto di materiale sabbioso nelle malte rispetto alla malta normalizzata

È stato individuato un intervallo di lavorabilità: al di sotto del limite inferiore le malte sono poco fluide, con possibili fenomeni di ritiro, mentre al contrario, superando il limite superiore, sono asciutte e poco lavorabili.

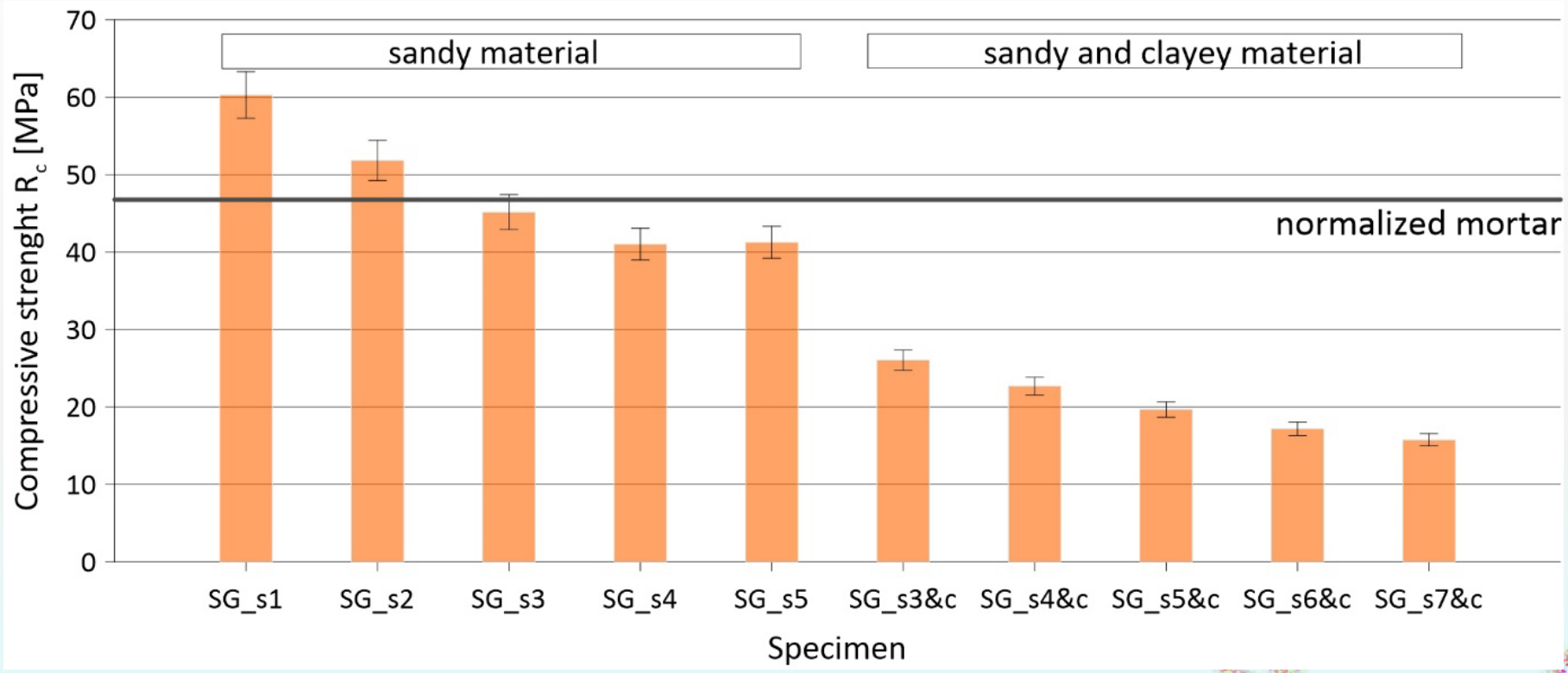


Confronto tra i risultati del flow test in funzione di diversi contenuti di materiale sabbioso e di un contenuto fisso di argilla nelle malte rispetto alla malta normalizzata

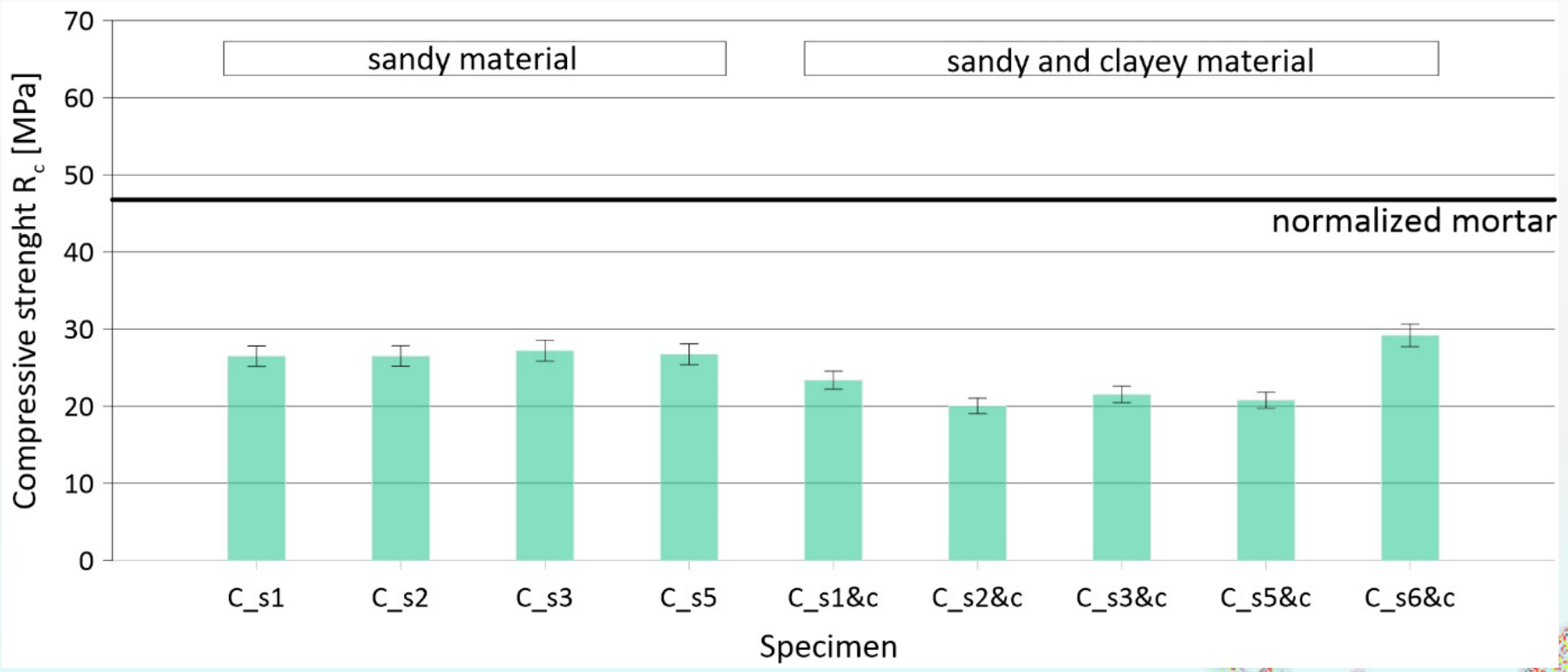
Dopo il flow test, le malte sono state sottoposte a test per la determinazione delle resistenze meccaniche. Le malte a base di sedimenti di San Giuliano esibiscono una resistenza a compressione più simile a quella della malta normalizzata e più alta rispetto alle malte ottenute con i sedimenti del Camastra, che esprimono un comportamento più vicino a un legante.



Test di resistenza meccanica delle malte (UNI EN 196-1:2016), per flessione (sinistra) e compressione (destra)

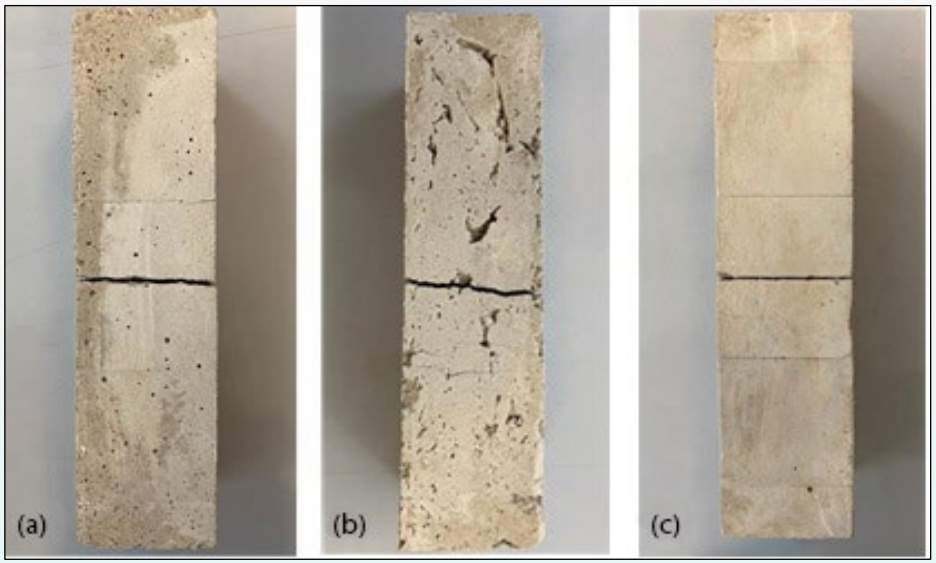


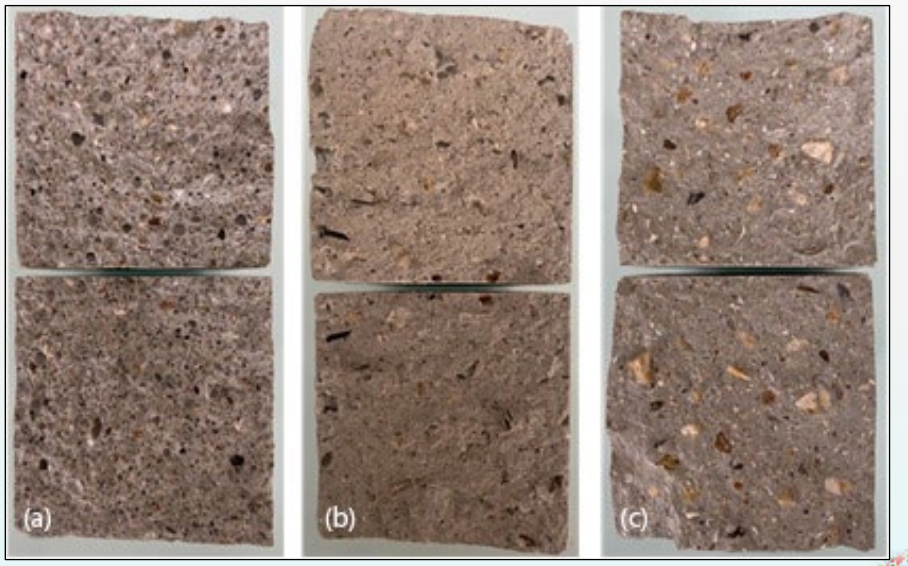
Confronto tra la resistenza a compressione delle malte ottenute con i sedimenti di San Giuliano e la malta normalizzata



Confronto tra la resistenza a compressione delle malte ottenute con i sedimenti del Camastra e la malta normalizzata

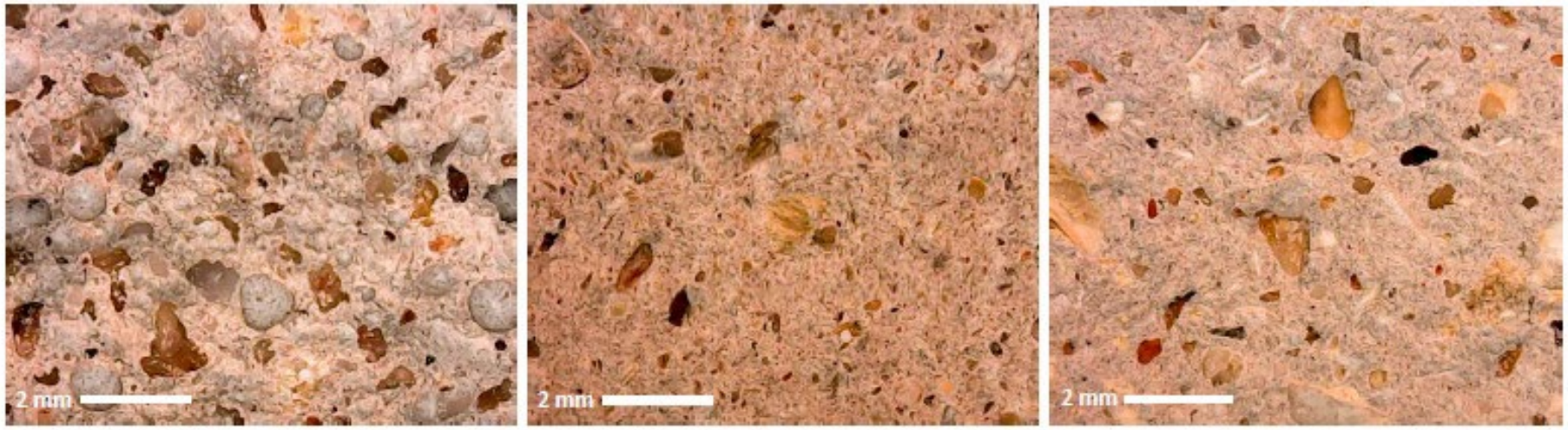
Quando soggetti a sforzo di flessione, i provini si rompono in maniera netta e in modo fragile, al raggiungimento del carico limite all'interfaccia tra aggregato e legante.



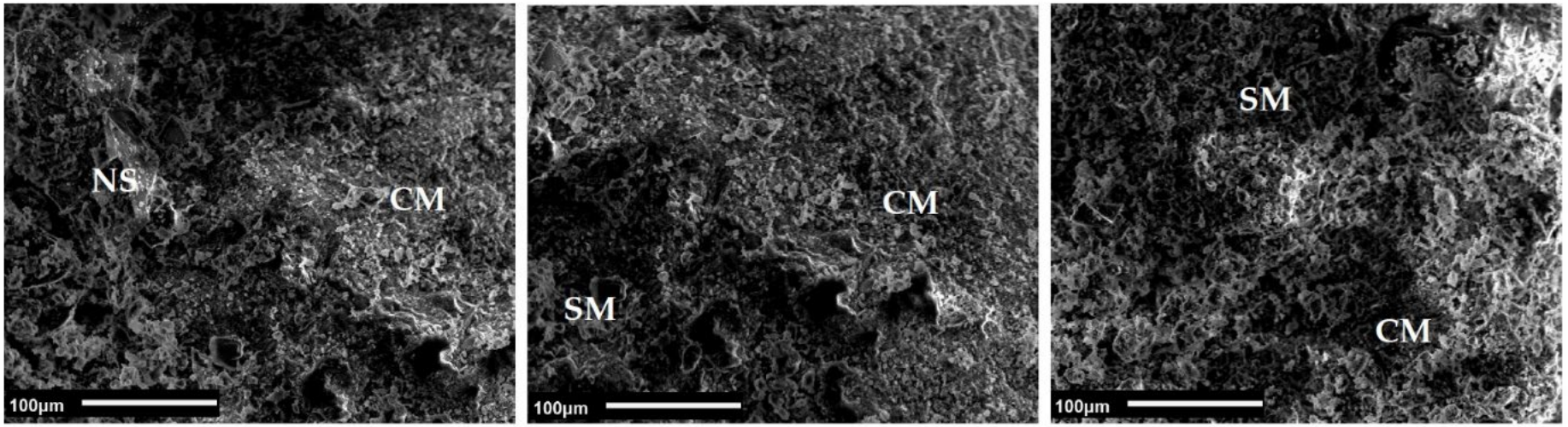


Piani di rottura per flessione per la malta normalizzata (**a**) e per le malte realizzate con 400 g di material sabbioso di valle prelevato presso gli invasi di Camastra (**b**) e di San Giuliano (**c**)

Le osservazioni al microscopio ottico mostrano che le malte a base di sedimenti hanno grani più piccoli e spigolosi rispetto alla malta normalizzata, con la stessa adesione alla matrice cementizia.



Immagini al microscopio ottico della superficie di rottura all'interfaccia sabbia-cemento della malta normalizzata (a), della malta C_s1 (b) e della malta SG_s3 (c) [NS: sabbia normalizzata; CM: matrice cementizia; SM: materiale sabbioso].



Immagini al microscopio elettronico a scansione della superficie di rottura all'interfaccia sabbia-cemento della malta normalizzata (a), della malta C_s1 (b) e della malta SG_s3 (c) [NS: sabbia normalizzata; CM: matrice cementizia; SM: materiale sabbioso].

Il test di cessione condotto sulle malte ha inoltre permesso di verificare l'eco-compatibilità delle malte: il rilascio di sostanze nell'ambiente è sempre inferiore ai limiti

Questa proposta di riutilizzo è in linea con i principi dell'economia circolare, perché:



La procedura presentata può costituire un quadro operativo anche per future applicazioni, in quanto può essere replicata in altri contesti, a partire dall'analisi delle caratteristiche specifiche del sito.

Grazie per l'attenzione

Prof. Ing. Alberto Ferruccio PICCINNI

Politecnico di Bari,
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica
albertoferruccio.piccinni@poliba.it

