

Remtech Esonda 20 settembre 2023

*Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica
sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per
diverse applicazioni industriali*

Roberto Saccone

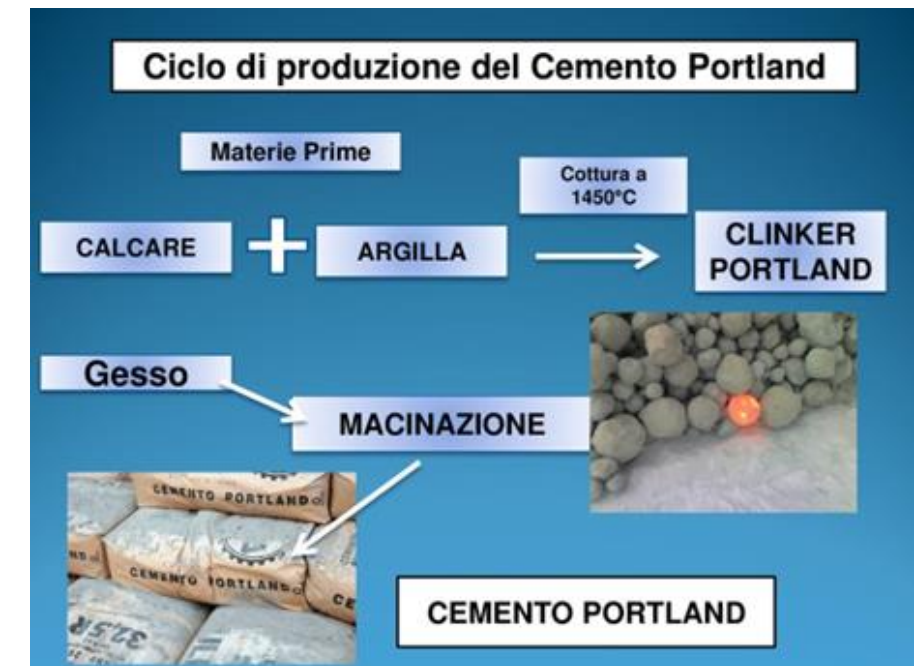
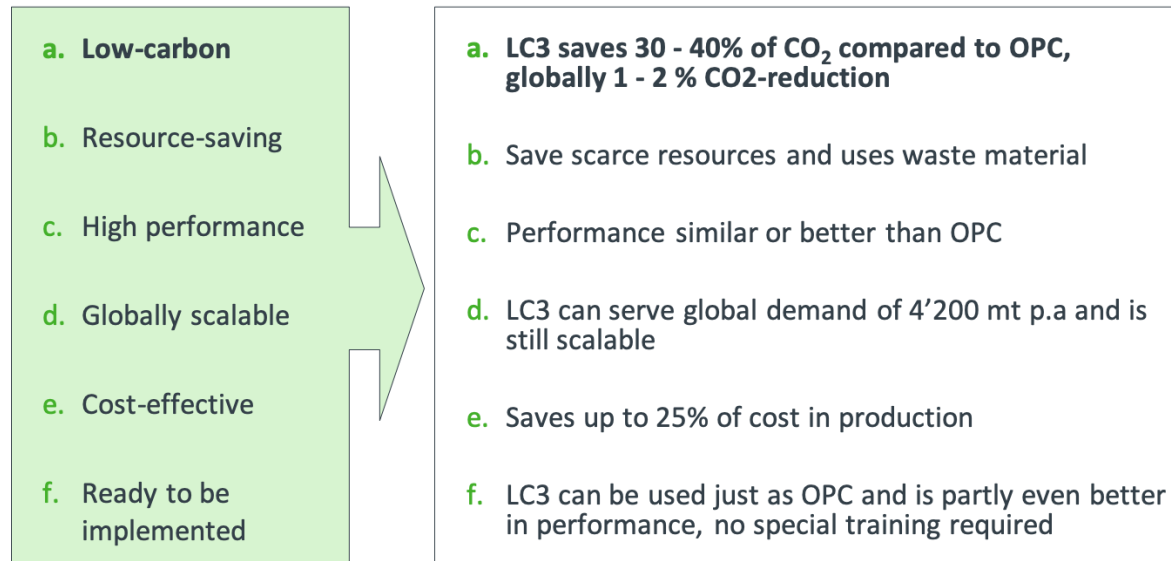
MAPEI SpA

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali



Sulla base delle analisi chimico-fisiche e mineralogiche si potranno individuare gli usi potenziali dei sedimenti in varie attività industriali, in particolare nel settore dell'industria delle costruzioni:

1. Industria del cemento, come materia prima alternativa e come produzione di nuovi cementi a base di argilla calcinata (cottura a 750°C) al fine di contenere le emissioni di CO₂



Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali



Sulla base delle analisi chimico-fisiche e mineralogiche si potranno individuare gli usi potenziali dei sedimenti in varie attività industriali, in particolare nel settore dell'industria delle costruzioni:

2. **Industria dell'argilla espansa, come materia prima essenziale per la produzione di argilla espansa destinata al settore dei calcestruzzi leggeri strutturali, dei massetti da pavimentazione e dell'isolamento termico**



Da 1 m³ di argilla sino a 5 m³ di argilla espansa.

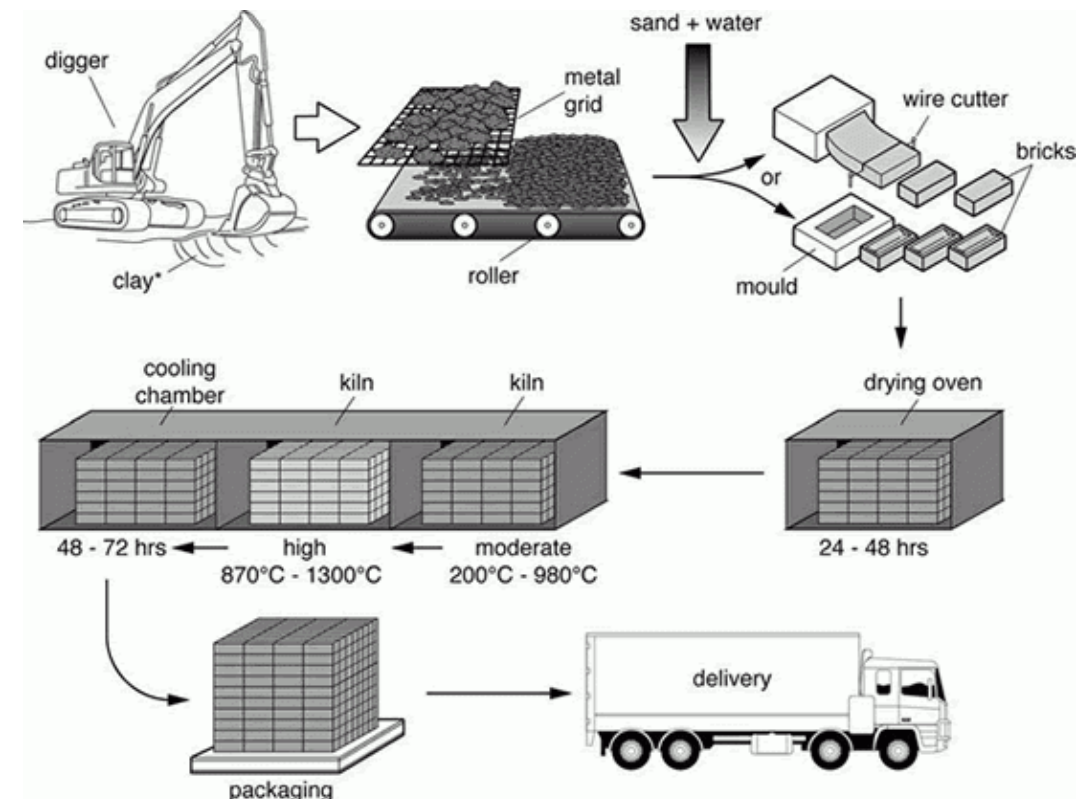


Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali



Sulla base delle analisi chimico-fisiche e mineralogiche si potranno individuare gli usi potenziali dei sedimenti in varie attività industriali, in particolare nel settore dell'industria delle costruzioni:

3. Industria dei laterizi, come materia prima fondamentale

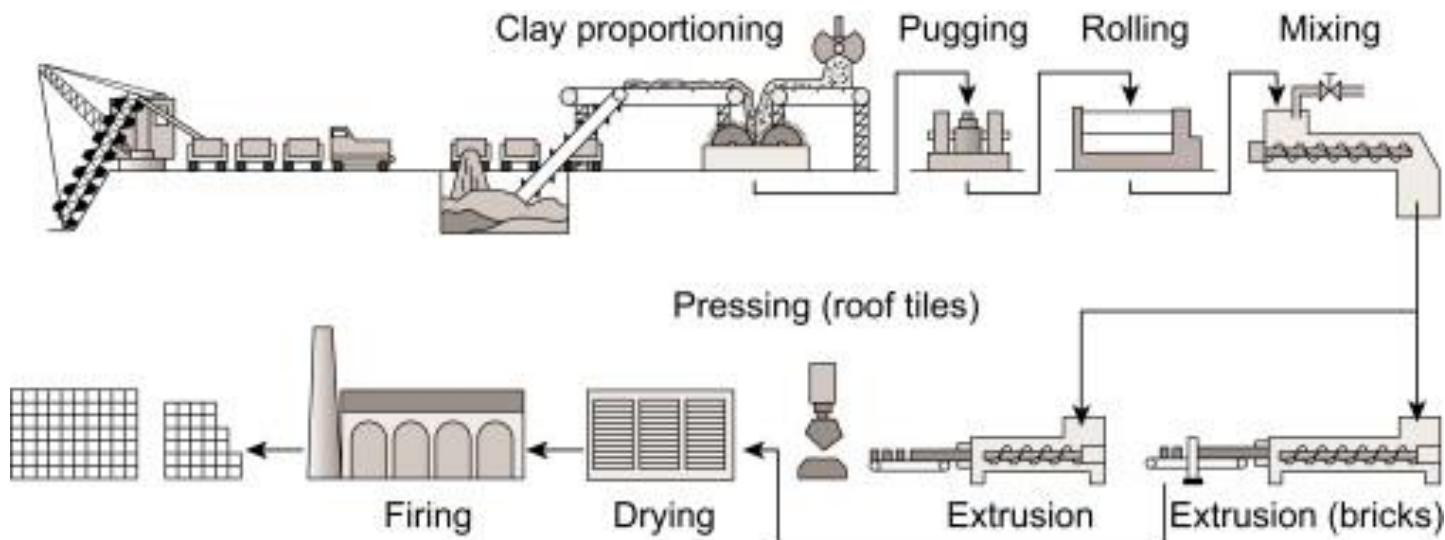


Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali



Sulla base delle analisi chimico-fisiche e mineralogiche si potranno individuare gli usi potenziali dei sedimenti in varie attività industriali, in particolare nel settore dell'industria delle costruzioni:

4. Industria della ceramica, come materia prima essenziale per la produzione di piastrelle

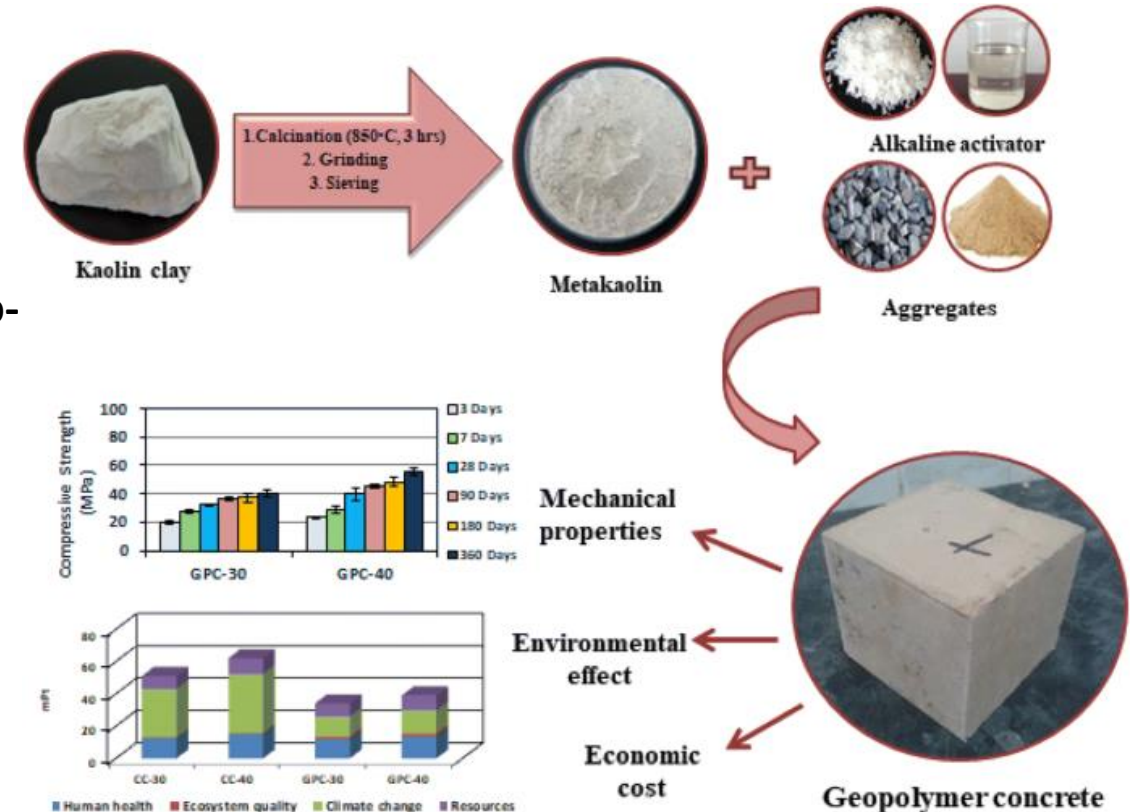
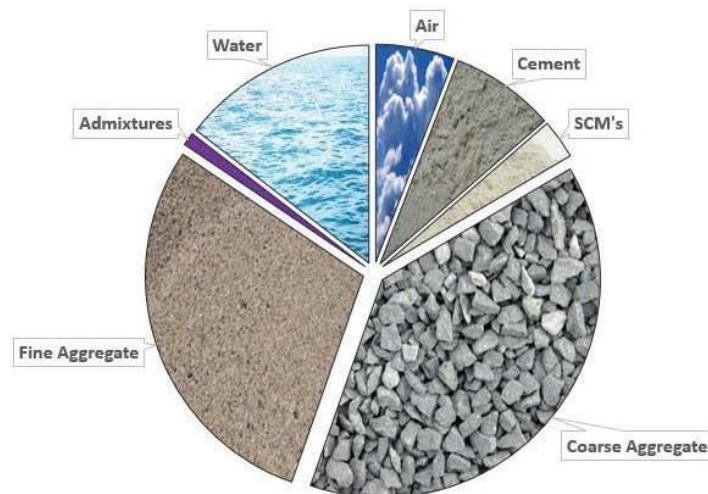


Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali



Sulla base delle analisi chimico-fisiche e mineralogiche si potranno individuare gli usi potenziali dei sedimenti in varie attività industriali, in particolare nel settore dell'industria delle costruzioni:

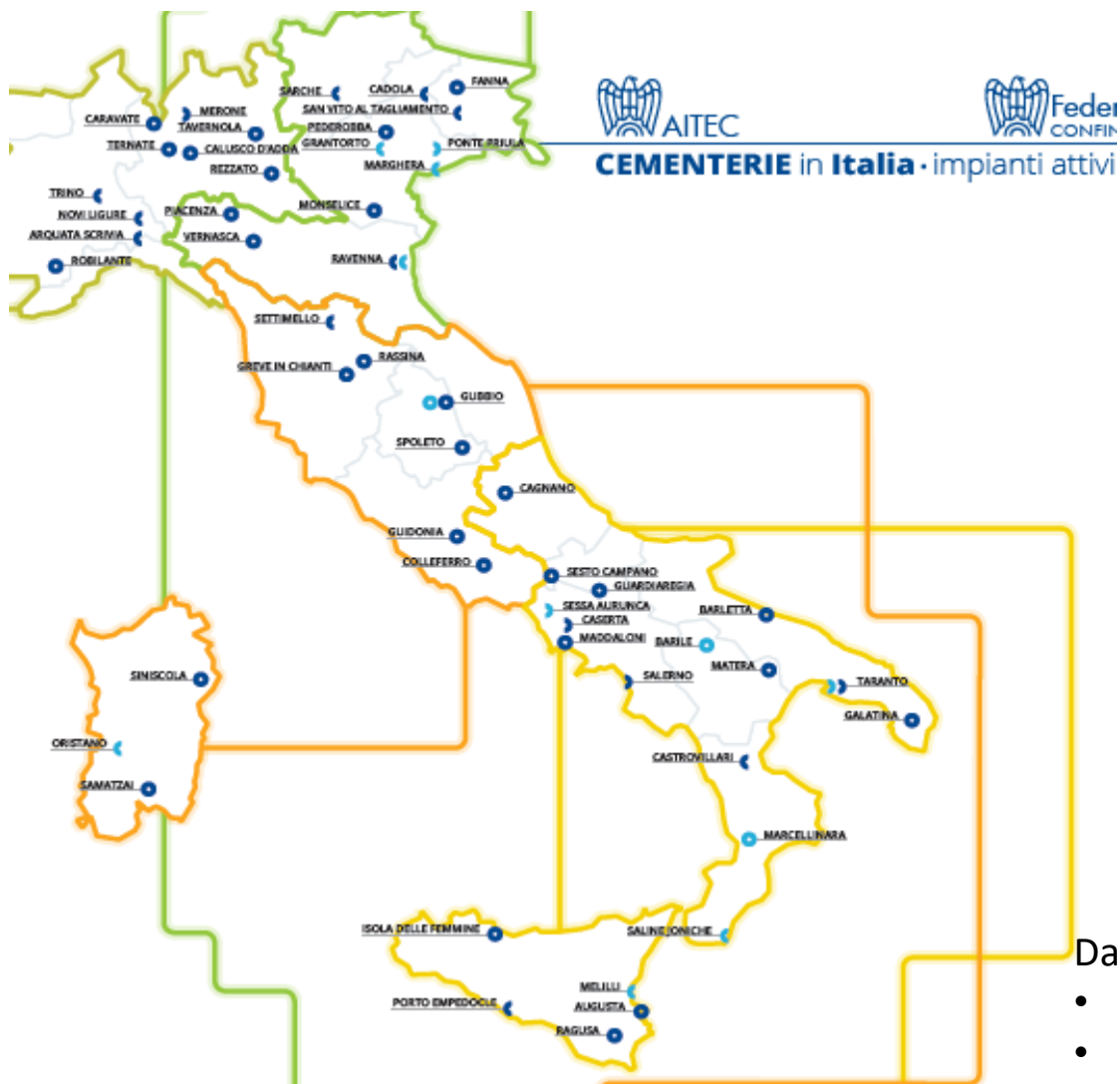
5. Industria del calcestruzzo, come produzione di calcestruzzi geopolimerici (caso delle argille calcinate) e di calcestruzzi tradizionali sostituendo l'aggregato fine e grosso con quello proveniente dal sedimento sabbioso-ghiaioso



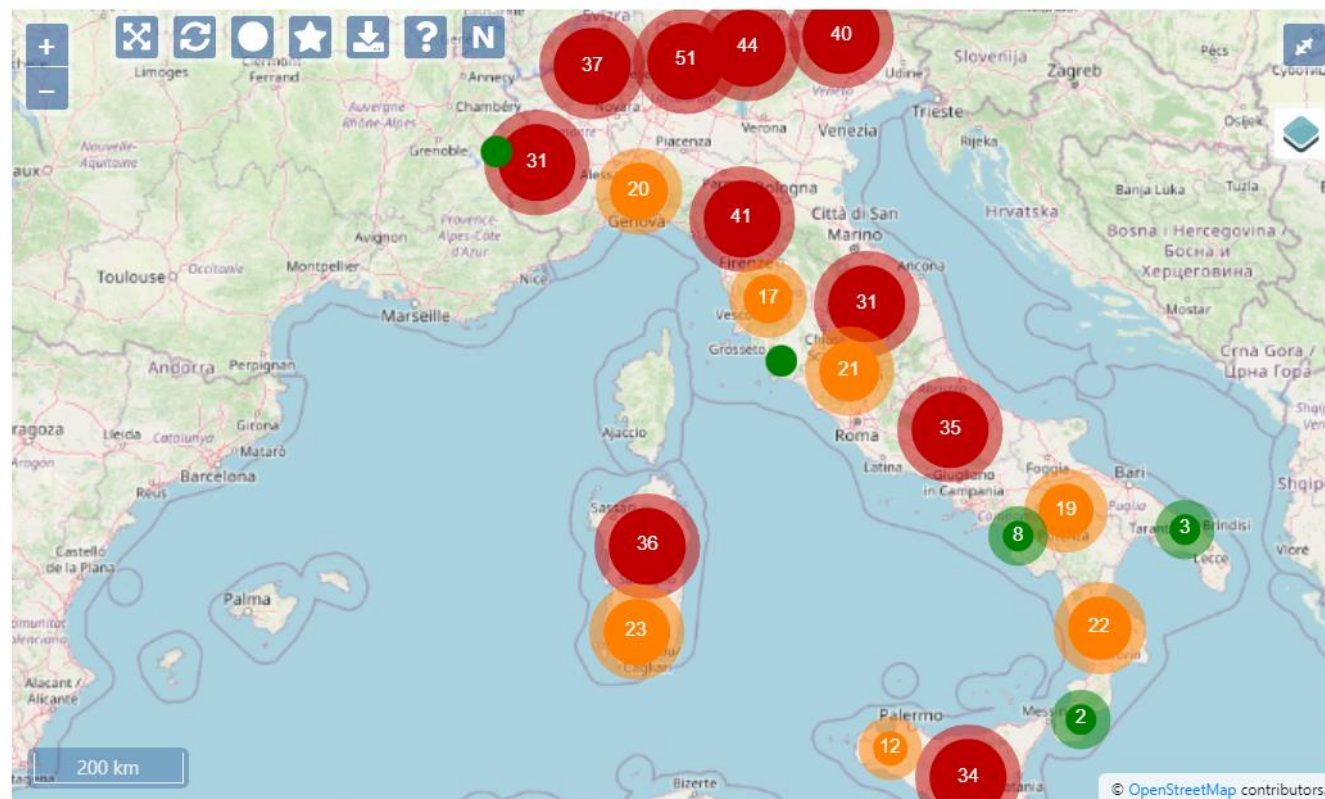
Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali



Localizzazione delle cementerie rispetto ai maggiori invasi italiani



Dighe in Italia



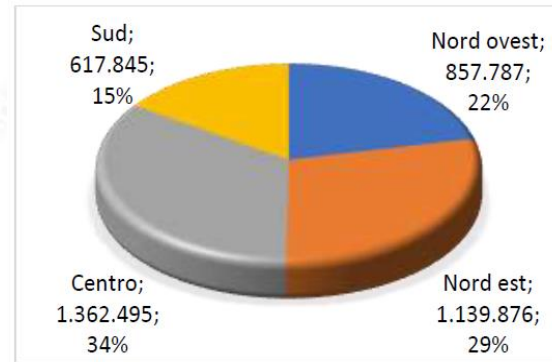
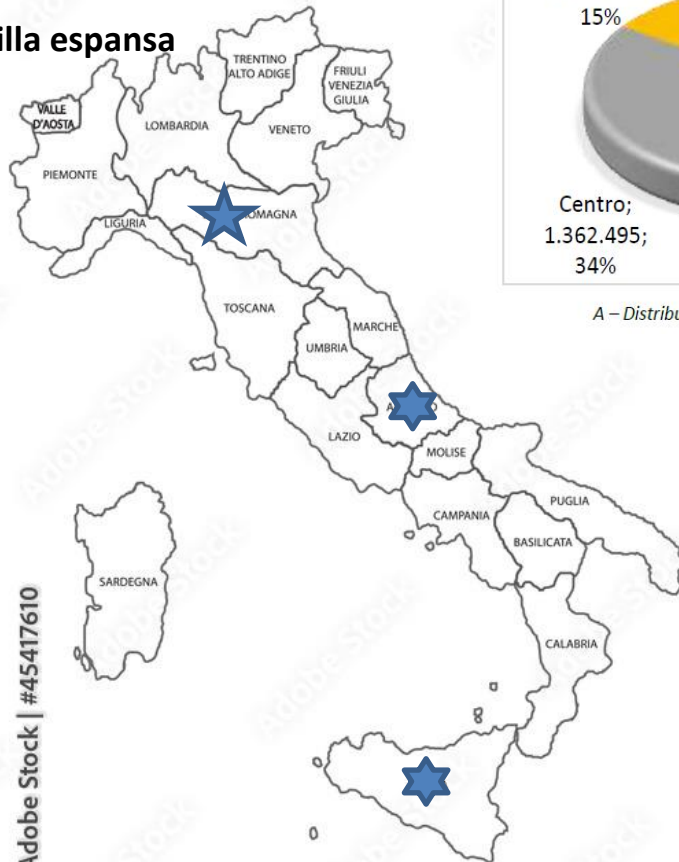
Dati di settore

- Produzione totale: 20 mil ton (2021)
- Numero cementerie: 28
- Consumo di argilla per produzione clinker: 2,8 mil ton (1,8 mil m³)

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Localizzazione degli impianti di produzione Argilla Espansa e Laterizi rispetto ai maggiori invasi di dighe in Italia

Argilla espansa



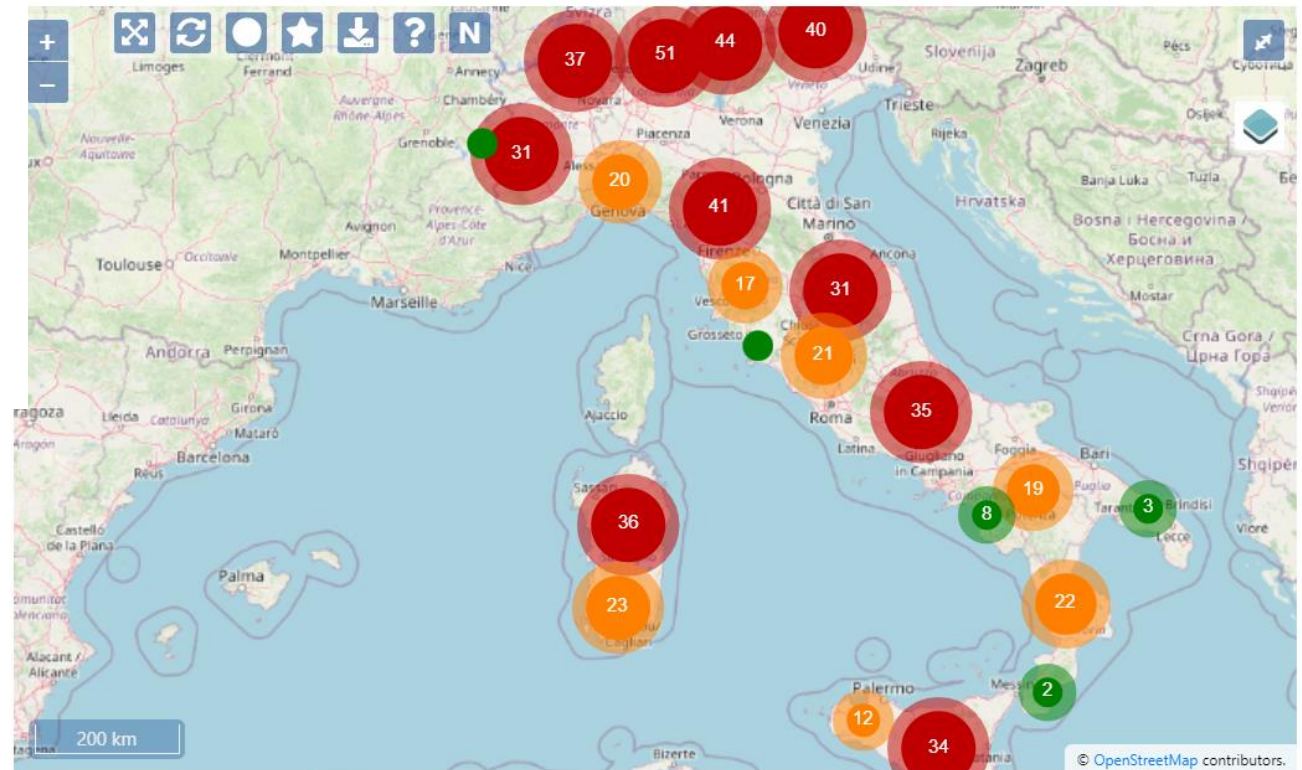
A – Distribuzione produzione (%) per area geografica

Laterizi

Dati di settore

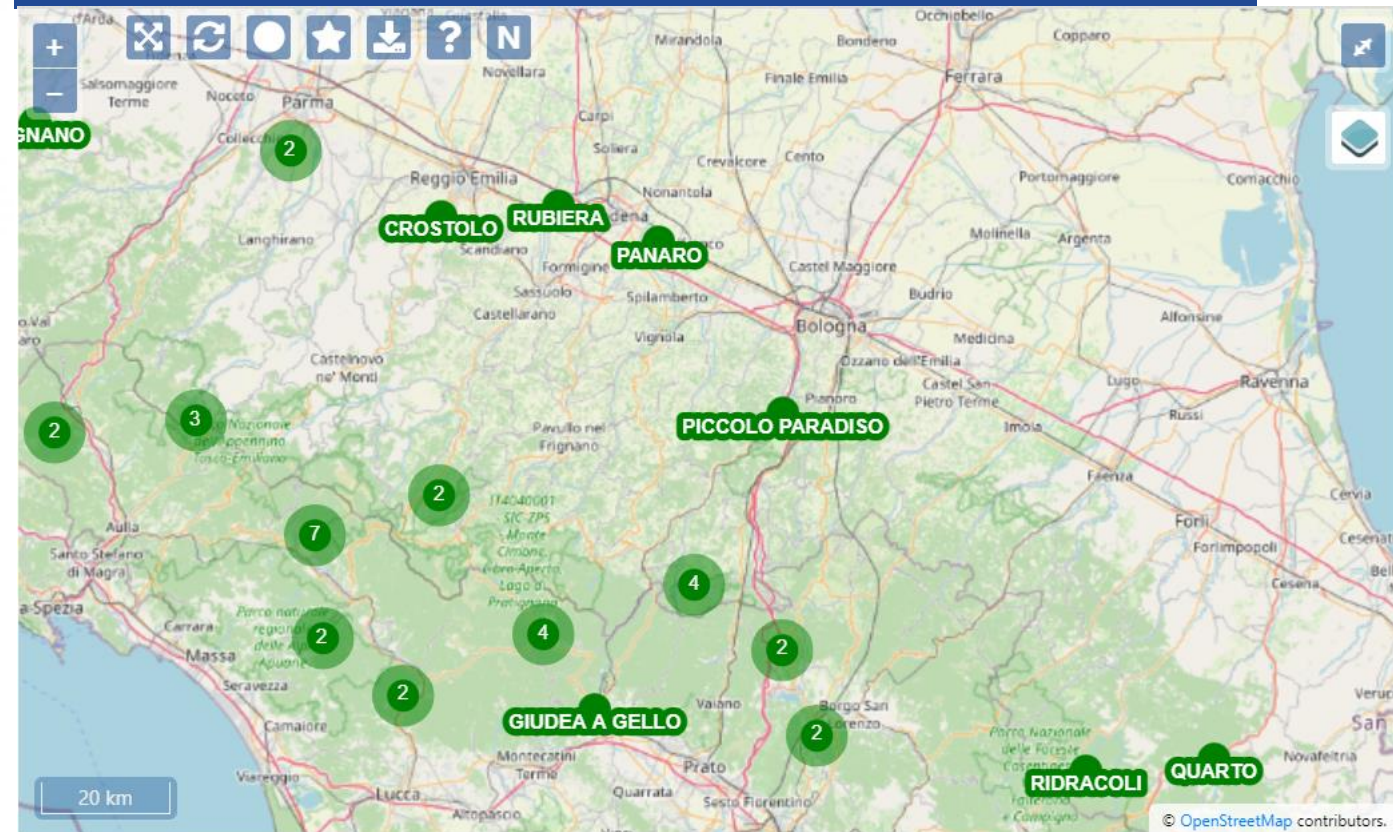
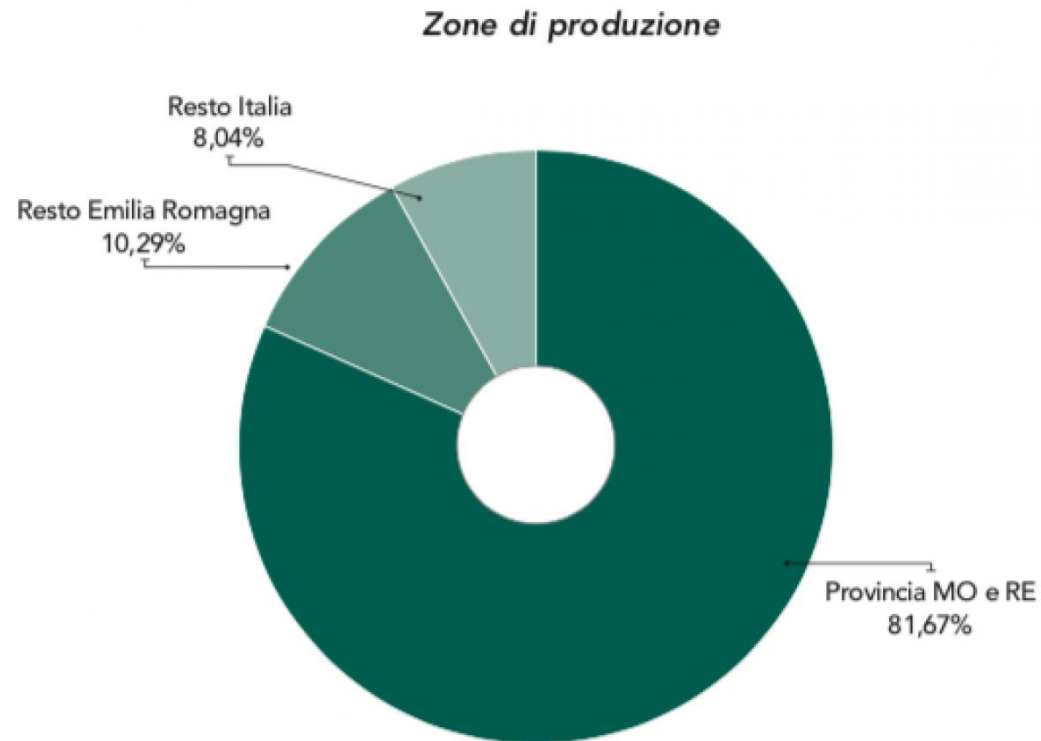
- Argilla espansa: 1 azienda produttrice – 3 stabilimenti produttivi – Produzione totale 2021 120.000 ton – Consumo materia prima argilla 102.000 ton – 70.000 m3/anno
- Laterizi: 62 aziende produttrici – totale 90 stabilimenti produttivi – Produzione totale 2022 4,5 mil ton – Consumo materia prima argilla 3 mil m3/anno

Dighe in Italia



Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Localizzazione degli stabilimenti di piastrelle in ceramica rispetto agli invasi di dighe più vicini al maggior distretto di produzione



Dati di settore

- Produzione totale piastrelle ceramica 2021: 459 mil m²
- Consumo materia prima (argilla+ feldspati + correzioni): ca 9 mil ton (6 mil m³)

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Localizzazione Impianti di produzione calcestruzzo in Italia rispetto ai maggiori invasi di dighe



Fonte: Elaborazione Atecap



Dati di settore: Produzione totale calcestruzzo 2021: 30 mil metri cubi

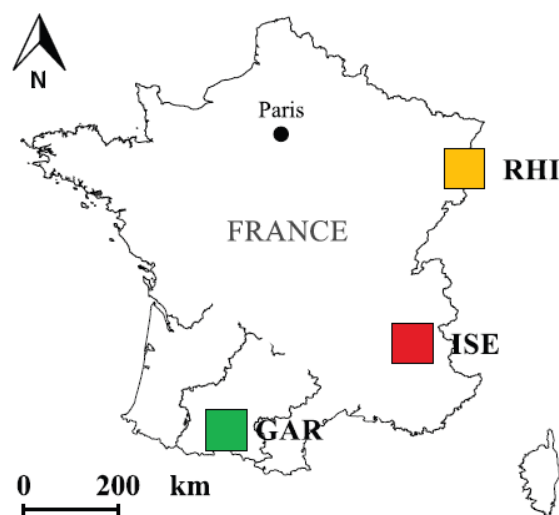
Consumo aggregati (sabbia e ghiaia): 54 mil ton pari a 38 mil metri cubi

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Requisiti per argille idonee alla produzione di cemento

Table 1. Chemical compositions of sediments and standard raw materials used.

wt.%	LOI	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SrO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
GAR	13.40	56.31	14.74	5.59	4.13	1.93	0.83	0.06	0.21	0.02	0.73	1.82	0.15
ISE	14.40	47.31	14.16	4.94	13.03	2.10	0.66	0.16	0.17	0.05	0.95	2.14	0.09
RHI	22.80	43.12	7.90	3.00	18.43	2.44	0.40	0.06	0.17	0.04	0.59	1.16	0.06
Lime-stone	42.17	1.99	0.76	0.52	53.8	0.47	0.04	0.01	0.02	0.03	0.01	0.19	0.01
Bauxite	24.35	1.57	47.35	23.89	0.25	0.01	2.17	0.02	0.07	0.01	0.01	0.10	0.02



Con i 3 tipi di sedimenti argillosi sono stati prodotti 9 diversi tipi di clinker da cemento Portland con risultati positivi in termini di composizione chimica e mineralogica. I campioni provenienti dai sedimenti sono risultati quindi idonei ad essere utilizzati come materia prima per la produzione di cemento

Source: Fine-grained reservoir sediments: an interesting alternative raw material for Portland cement clinker production

Article *in* European Journal of Environmental and Civil Engineering · May 2017 – Université de Caen Normandie

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Requisiti per argille idonee alla produzione di piastrelle ceramiche



Table 4

Composition and technological properties of the main clay types used in tilemaking

Property	Unit	Marly clays	Red shales	Kaolinitic loams	Ball clays (glazed)	Ball clays (unglazed)	Plastic clays
Kaolinite	% wt	<5	<5	10-30	40-55	40-55	35-55
Illite + I/S		20-25	30-35	10-20	20-30	15-25	5-10
Chlorite		5-15	5-10	<5	absent	absent	traces
Smectite		5-10	5-10	<5	<5	<5	10-20
Quartz		20-25	25-30	30-50	15-25	20-35	25-40
Feldspars		5-10	5-15	0-20	<5	<5	traces
Carbonates		15-25	<5	absent	absent	absent	absent
Fe-oxihydroxides		<5	5-7	<5	<2	<1	<2
SiO ₂	% wt	46-52	56-60	64-75	57-62	60-67	61-68
TiO ₂		<1	<1	<1	1-2	<1.5	<1.5
Al ₂ O ₃		12-15	17-20	14-20	24-28	22-27	18-24
Fe ₂ O ₃		4-6	6-8	1-6	1-2	<1.5	2-3
MgO		3-4	2-4	<1	<1	<1	<1
CaO		8-13	<3	<1	<0.5	<0.5	<1
Na ₂ O		<1.5	<1.5	<1.5	<0.5	<0.5	<0.5
K ₂ O		2-3	3-4	2-4	1-3	1-2	<1
L.o.I.		11-15	6-8	3-6	7-10	6-9	9-10

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Requisiti per argille idonee alla produzione di laterizi ed argilla espansa

Clay	Chemical Oxides (%)								Plasticity
	SiO ₂ Silicone Oxides	Al ₂ O ₃ Aluminum Oxides	TiO ₂ Titanium Oxides	Fe ₂ O ₃ Iron III Oxides	CaO Calcium Oxides	MgO Magnesium Oxides	K ₂ O Potassium Oxides	Na ₂ O Sodium Oxides	H ₂ O (%)
S1	70.05	19.52	1.35	5.35	0.30	0.50	2.30	0.30	23.51
S2	62.20	19.35	2.39	6.30	1.25	2.33	5.41	0.16	18.54
S3	48.15	12.21	3.23	4.45	7.50	4.01	4.23	4.82	20.42

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Sistemi attualmente impiegati per l'estrazione dei sedimenti dagli invasi

- **Caso 1**

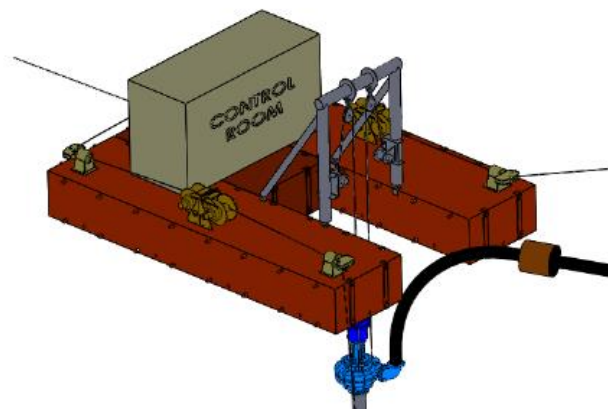
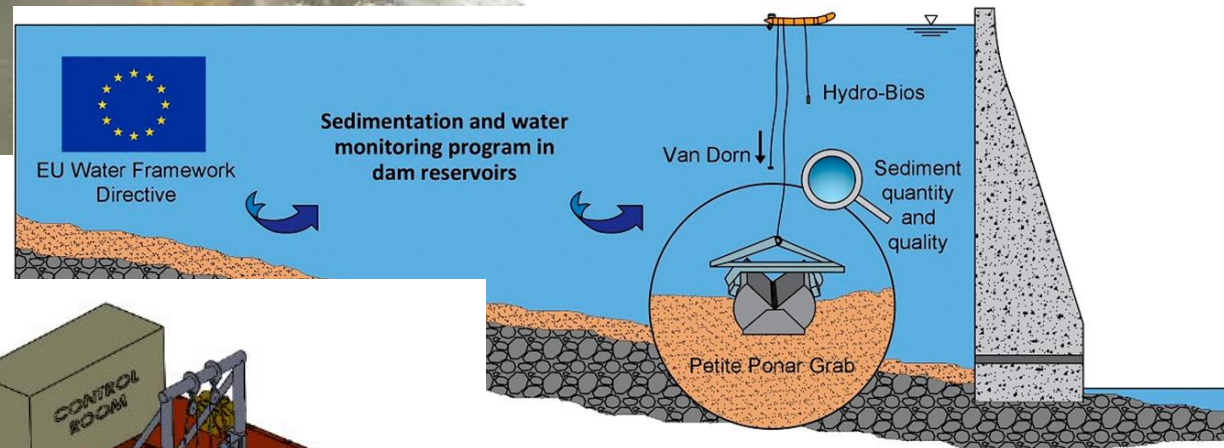
Svuotamento dell'invaso con accessibilità diretta ai sedimenti

In questo caso vengono utilizzati metodi tradizionali quali escavatori e pale meccaniche per la rimozione dei sedimenti sia grossi che fini che vengono poi sistemati lungo gli argini dell'invaso stesso o più a valle;

- **Caso 2**

Invaso pieno senza accessibilità diretta ai sedimenti

In questo caso vengono utilizzati dei sistemi di dragaggio tramite benne o tramite pompe che trasportano il sedimento in vasche di decantazione da dove poi il materiale viene estratto e messo a stoccaggio



Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali **ECONOMIA CIRCOLARE**

Implementazione degli attuali sistemi di estrazione dei sedimenti per la loro utilizzazione come sottoprodotto

- Classificazione europea del rifiuto
CER 17-05-06 (fanghi di dragaggio non contenenti sostanze pericolose)
- D.M. 205/2022 e 152/2022
i sedimenti provenienti dagli invasi possono essere classificati come sottoprodotto (ma solo se esiste una dichiarazione dell'utente finale interessato al suo riutilizzo)
- Necessità di rendere il sedimento disponibile per l'utilizzatore finale (movimentazione e trasporto) attraverso operazioni di sfangamento/sghiaimento e di abbattimento del tasso di umidità (essiccazione)
- Tasso di umidità idoneo per il trasporto e l'impiego finale: 5-8%

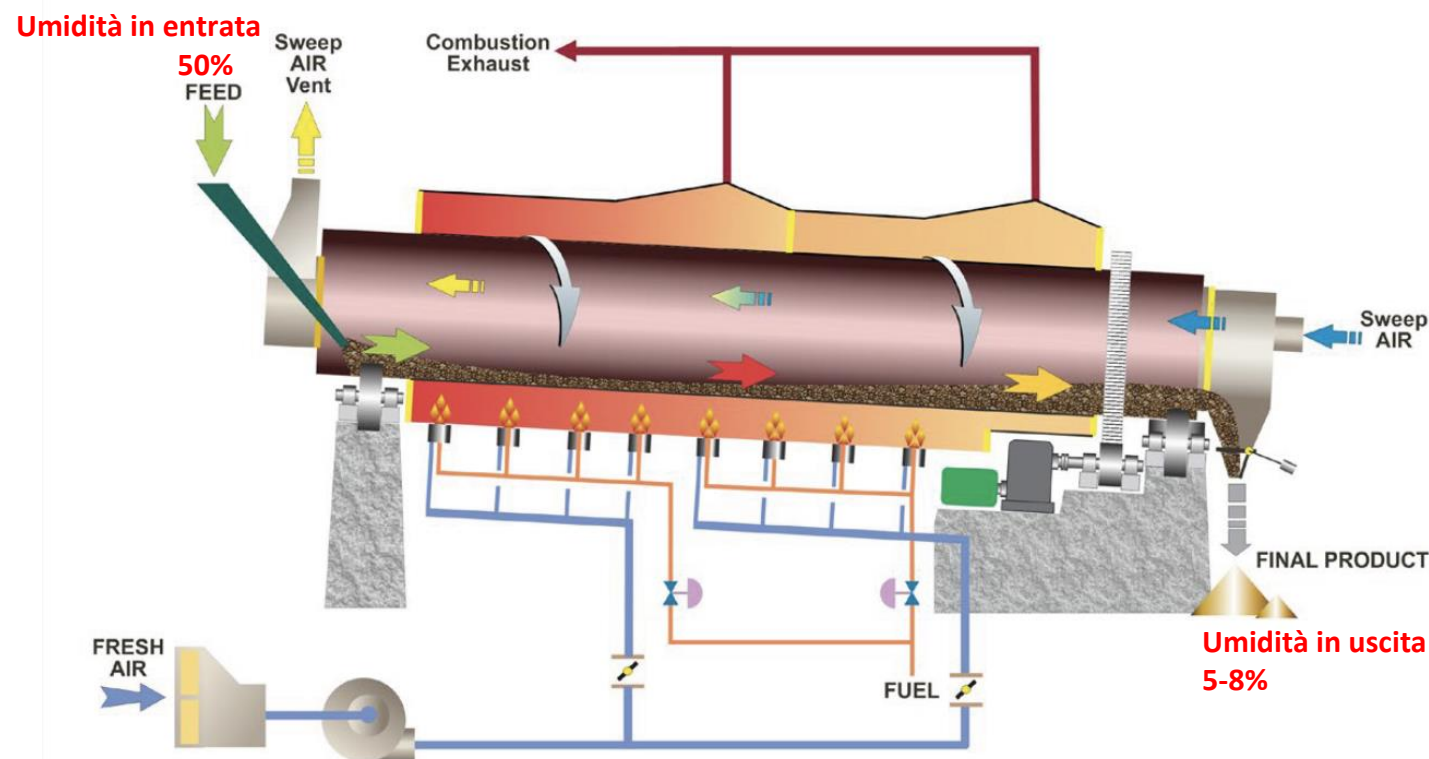
Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Implementazione degli attuali sistemi di estrazione dei sedimenti per la loro utilizzazione come sottoprodotto

Scopo: Abbattimento del tasso di umidità del materiale tramite installazione di un essiccatore

Gli essiccatoi rotativi funzionano tramite un tamburo rotante ad asse orizzontale.

- **Questi essiccatoi operano in equicorrente:** il flusso dei gas caldi segue la direzione di avanzamento dei materiali da essiccare aumentando in tal modo la resa termica del processo.
- **Il materiale entra con i gas caldi all'interno dell'essiccatore** subendo continui ribaltamenti che favoriscono l'essiccamento.
- **All'uscita del tamburo è collocata la testata di scarico e su cui è montato il bruciatore e dove eventualmente entrano altri gas caldi, il materiale secco cade in basso in una tramoggia di raccolta e quindi trasportato ai silos di stoccaggio.**



Ipotesi operativa: - alimentazione 200m³/giorno di sedimento argilloso
- portata dell'essiccatore: 15 t/ora (10 m³/ora)

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Costi di trattamento del sedimento e comparazione con le diverse soluzioni di riutilizzo

- Caso di studio per reimpiego nel settore del cemento**

Situazione corrente: il consumo di argilla per una singola cementeria si aggira in media sulle **50000 t/anno (ca 35000 m³/anno)**

- Costo per il gestore**

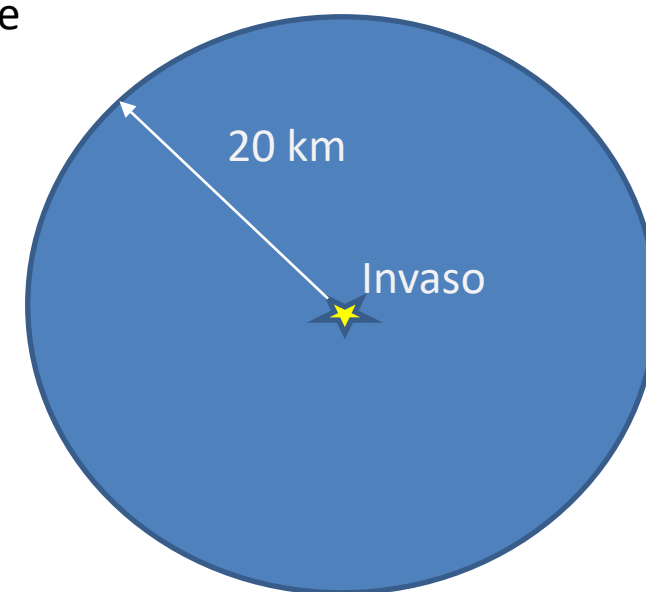
Costo al m³ di sedimento estratto maggiorato del costo dell'impianto di essiccazione: **30-35 €/m³**

- Costi attuali per la cementeria**

Costo argilla (materia prima+trasporto): **16-20 €/ton pari a 10,6-13,3 €/m³**
Distanza massima di fornitura invaso-cementeria: **20 km**

- Beneficio per la cementeria**

- ✓ Riduzione dei costi rispetto alle forniture attuali entro 20km dall'invaso (ma solo per gli impianti che non usufruiscono di una cava di proprietà)
- ✓ Disponibilità di approvvigionamento continuo del materiale a costo zero



Raggio massimo di trasporto

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Costi di trattamento del sedimento e comparazione con le diverse soluzioni di riutilizzo

- Caso di studio per reimpiego nel settore della ceramica**

Situazione corrente: Il fabbisogno di argilla è stato soddisfatto sostituendo la materia prima ucraina con quella tedesca, francese e turca: il problema però sono i costi molto più alti che le imprese ormai si trovano a sostenere

- Costo per il gestore**

costo al m³ di sedimento estratto maggiorato del costo dell'impianto di essiccazione: **30-35 €/m³**

- Costi attuali per il produttore**

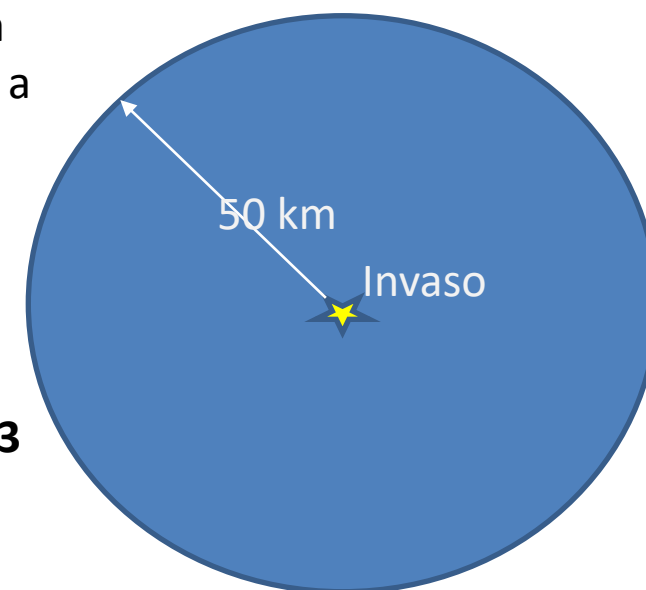
Costo argilla caolino (materia prima+trasporto): **70-75 €/ton pari a 47-50 €/m³**

Costo argilla standard (materia prima+trasporto): **45 €/ton pari a 30 €/m³**

Distanza massima di fornitura invaso-sito produttivo: **50 km**

- Beneficio per il produttore:**

- ✓ Riduzione dei costi di fornitura della materia prima
- ✓ Maggiore disponibilità di approvvigionamento a costo zero
- ✓ Ottimizzazione della logistica



Raggio massimo di trasporto

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Costi di trattamento del sedimento e comparazione con le diverse soluzioni di riutilizzo

• Caso di studio per reimpiego nel settore dei laterizi e argilla espansa

Situazione corrente: In Italia esiste un **unico produttore di argilla espansa** che si avvale in generale di cave di proprietà. Esistono comunque possibilità di integrare o sostituire il fabbisogno di materia prima attraverso forniture alternative. Anche i **produttori di laterizi** utilizzano cave di proprietà ma in questo caso l'integrazione del fabbisogno o, in altri casi, di sostituzione è più frequente a causa dell'elevata produzione.

• Costo per il gestore:

Costo al m³ di sedimento estratto maggiorato del costo dell'impianto di essiccazione: **30-35 €/m³**

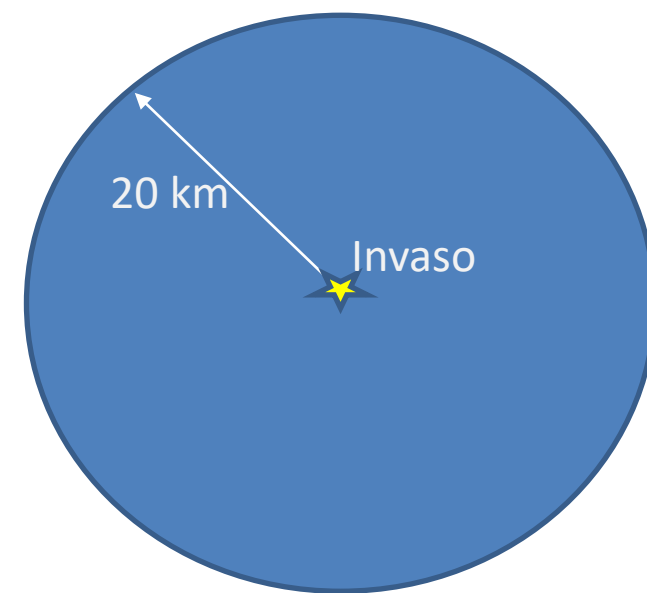
– Costi attuali per il produttore:

Costo argilla (materia prima+trasporto): **16-20 €/ton pari a 10,6-13,3 €/m³**

Distanza massima di fornitura: **20 km**

– Benefici per il produttore:

- ✓ Riduzione dei costi rispetto alle forniture attuali entro 20km dall'invaso
- ✓ Disponibilità di approvvigionamento continuo del materiale a costo zero



Raggio massimo di trasporto

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Costi di trattamento del sedimento e comparazione con le diverse soluzioni di riutilizzo



- **Caso di studio per reimpiego nel settore del calcestruzzo**

Situazione corrente: L'industria del calcestruzzo preconfezionato in Italia è molto diversificata.

Esistono grossi produttori appartenenti a gruppi cementieri che posseggono cave e impianti di frantumazione/vagliatura di proprietà e un numero consistente di piccoli produttori che acquistano da fornitori esterni

- **Costo per il gestore:**

Costo al m³ di materiale sabbioso-ghiaioso estratto dall'invaso: **5-10 €/m³**

- **Costi attuali per il produttore:**

Costo sabbia/ghiaia (materia prima+trasporto): **25-35 €/m³**

Distanza massima di fornitura all'impianto di frantumazione/vagliatura:
10 km

- **Benefici per il produttore:**

- ✓ Riduzione dei costi purchè il trasporto sia limitato entro 30-50 km dall'invaso all'impianto di calcestruzzo
- ✓ Disponibilità di approvvigionamento continuo del materiale a costo zero
- ✓ Riduzione dei costi di gestione in cava



Raggio massimo di trasporto

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali



Costi aggiuntivi regionali legati alle attività di estrazione da cava Rapporto Cave 2021, Federbeton - La transizione dell'economia circolare nel settore delle costruzioni)

I canoni nelle Regioni per tipologia di materiale (euro/m³)

Regione / Provincia Autonoma	Sabbia e Ghiaia	Pietre Ornamentali	Torba	Calcare	Argilla
Abruzzo	1,504 e 1,2	10,466	nd	da 0,649 a 0,976	0,665
Basilicata	0	0	0	0	0
Provincia di Bolzano	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Calabria	0,35 (2,50 per sabbia e ghiaia in alveo fluviale)	da 0,60 a 1,50	0,30	da 0,35 a 0,45	0,45
Campania	1,285	1,718	0	1,043	0,979
Emilia-Romagna	0,7	0,32	1,26	da 0,56 a 0,64	da 0,56 a 0,64
Friuli-Venezia Giulia	0,55	0,65	0	0,67	0,2
Lazio	0,3	2	0,3	0,5	0,3
Liguria*	1,32	0,16	0	0,25	0,31
Lombardia	0,7	5,3	1,65	0,49	0,55
Marche	0,71	tra 0,60 e 1	nd	da 1,20 a 1,40	0,42
Molise	1	2	0,5	0,3	0,5
Piemonte	0,51	0,85	0,57	0,57	0,57

SiO₂
Al₂O₃
Fe₂O₃
TiO₂
CaO
MgO
Na₂O
K₂O
P₂O₅
C
S

¹⁹ Analisi minerali

Minerali argillosi
Feldspato
Quarzo
Calce

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Costi aggiuntivi regionali legati alle attività di estrazione da cava Rapporto Cave 2021, Federbeton - La transizione dell'economia circolare nel settore delle costruzioni)

Regione / Provincia Autonoma	Sabbia e Ghiaia	Pietre Ornamentali	Torba	Calcare	Argilla
Puglia**	0,15	0,99	nd	da 0,13 a 0,99	0,13
Sardegna	0	0	0	0	0
Sicilia**	1.500 euro fino a 100 m³; 3.500 euro fra 100 e 500 m³; 6.000 euro fra 500 e 1.000 m³; 8.000 euro fra 1.000 e 2.000 m³; 10.000 euro fra 2.000 e 5.000 m³; 13.000 euro oltre 5.000 m³				
Toscana	0,503	deciso dai sin- goli Comuni	0,302	0,503	0,231
Provincia di Trento	0,10 per le cave a cielo aperto e 0,05 per le cave in sottterraneo	0,10 per le cave a cielo aperto e 0,05 per le cave in sottterraneo; Per il porfido si valuta in base alla tipologia di blocchi estratti	0,10 per le cave a cielo aperto e 0,05 per le cave in sottterraneo	0,10 per le cave a cielo aperto e 0,05 per le cave in sottterraneo	0,10 per le cave a cielo aperto e 0,05 per le cave in sottterraneo
Umbria	0,25	0,45	0	0,35	0,25
Valle d'Aosta	0	0	0	0	0
Veneto	0,63	da 0,70 a 1,42	0,45	0,45	0,5

Legambiente, Rapporto Cave 2021

*Valori convertiti da tonnellate a metri cubi, **In queste Regioni viene anche applicato un canone relativo alla superficie delle aree estrattive

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali



Quantità estratte da cava per tipo di materiale

Rapporto Cave 2021, Federbeton - La transizione dell'economia circolare nel settore delle costruzioni

Quantità annue estratte per tipo di materiale (m³)

Regione / Provincia Autonoma	Sabbia e Ghiaia	Pietre Ornamentali	Torba	Calcare	Argilla	Basalto/ Tufo/Rocce vulcaniche
Abruzzo	1.177.000	0	0	690.000	79.000	0
Basilicata	152.000	0	0	1.314.000	312.000	42.000
Provincia di Bolzano	852.102	204.867	62.500	0	0	0
Calabria*	925.000	nd	0	198.000	54.000	0
Campania	0	340	0	2.820.591	18.800	14.625
Emilia-Romagna	5.035.000	415	0	400.500	564.500	0
Friuli-Venezia Giulia	811.401	92.437	0	1.151.180	62.436	0
Lazio**	565.000	536.091	0	1.592.000	320.000	890.000
Liguria	0	370.000	0	820.000	0	0

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali

Quantità estratte da cava per tipo di materiale

Rapporto Cave 2021, Federbeton - La transizione dell'economia circolare nel settore delle costruzioni

Regione / Provincia Autonoma	Sabbia e Ghiaia	Pietre Ornamentali	Torba	Calcare	Argilla	Basalto/ Tufo/Rocce vulcaniche
Lombardia	6.900.000	1.170.000	0	2.170.000	180.000	3.650
Marche	591.250	70.736	0	850.374	0	0
Molise	151.000	0	0	1.396.000	160.500	0
Piemonte	5.885.000	384.400	0	1.123.000	362.000	770
Puglia	140.000	375.000	0	4.280.000	393.000	0
Sardegna	878.000	472.500	0	640.000	48.300	298.000
Sicilia	192.000	213.500	0	2.142.000	181.000	675.000
Toscana	557.233	1.401.585	2	2.260.289	214.386	226.000
Provincia di Trento	625.712	794.295	0	16.358	0	0
Umbria	546.500	0	0	1.760.000	423.300	595.000
Valle d'Aosta	28.340	12.433	0	0	0	0
Veneto	3.200.000	105.000	0	1.200.000	180.000	145.000
TOTALE	29.212.538	6.203.599	62.502	26.824.292	3.553.222	2.890.045

Elaborazioni Legambiente su dati Regioni e ISTAT, Rapporto Cave 2021 (*dati parziali ISTAT, **dati al 2017)

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali



Gruppo di lavoro ITCOLD «Riutilizzo dei sedimenti da serbatoi artificiali»

II Analisi Chimica

Sulla base delle considerazioni fin qui esposte e dal forte interesse dimostrato sia dai gestori di dighe che dai potenziali utilizzatori finali, ITCOLD ha deciso di dare vita ad un Gruppo di lavoro “AD HOC”

Obiettivi del GdL:

Analisi preliminare di fattibilità tecnico-economica sull'impiego dei sedimenti come sottoprodotto per diverse applicazioni industriali



Seguire la strada europea: ridurre il prelievo da cava attraverso il recupero degli inerti provenienti dall'edilizia e dal riciclo di rifiuti

Non valgono più scuse tecniche o economiche, è arrivato il momento di realizzare una profonda innovazione nel settore delle costruzioni per passare da un modello lineare, e devastante per l'ambiente, ad uno circolare, capace di creare opportunità per i territori e le imprese, e lavoro, in una moderna filiera di valorizzazione compatibile*

***Rapporto Cave 2021, Federbeton - La transizione dell'economia circolare nel settore delle costruzioni**

Minerali argillosi

Feldspato

Quarzo

Calce

LA GESTIONE DEI SEDIMENTI NEGLI INVASI ARTIFICIALI IN UN CONTESTO DI ECONOMIA CIRCOLARE



Grazie per l'attenzione

Roberto Saccone

MAPEI

⁽¹⁾ Analisi Chimica

SiO ₂	61,9	%
Al ₂ O ₃	13,5	%
Fe ₂ O ₃	4,4	%
TiO ₂	0,4	%
CaO	0,7	%
MgO	2,8	%
Na ₂ O	1,3	%
K ₂ O	2,5	%
P ₂ O ₅	13,8	%
C	2,11	%
S	0,07	%

⁽²⁾ Analisi mineralogica

Minerali argillosi	30	%
Feldspato	11	%
Quarzo	37	%
Calcite	10	%