



COMITATO NAZIONALE ITALIANO
PER LE GRANDI DIGHE

Gruppo di lavoro "Sedimenti nei serbatoi artificiali Possibilità di riutilizzo"

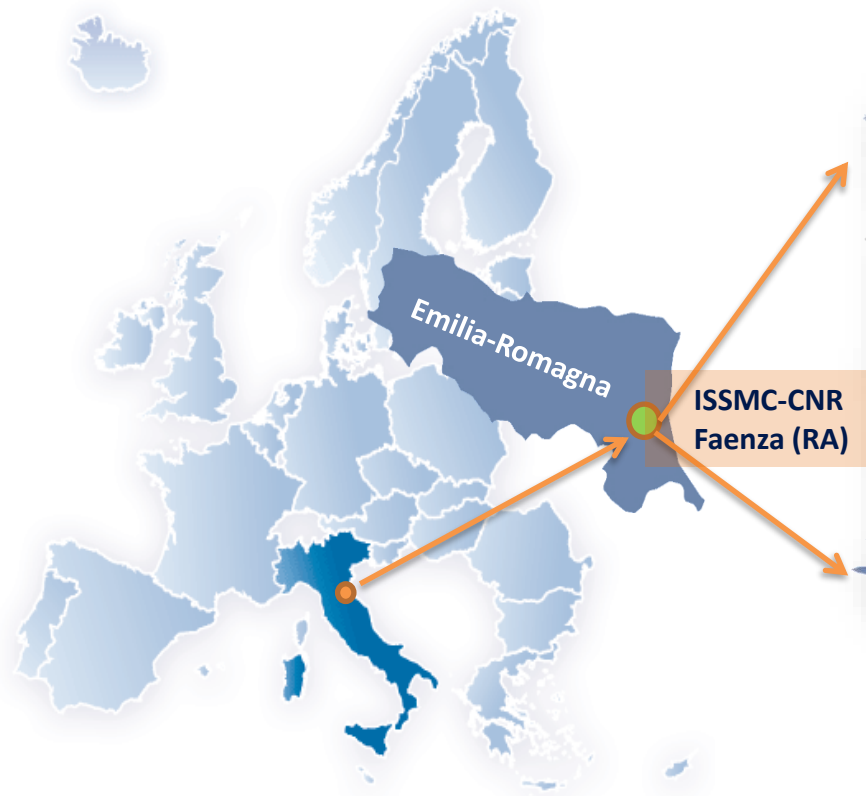
Analisi delle caratteristiche e delle proprietà chimico-fisiche dei sedimenti

C. Zanelli



**CNR
ISSMC**

Istituto di Scienza, Tecnologia
e Sostenibilità per lo Sviluppo
dei Materiali Ceramici



**CNR
ISSMC**

Istituto di Scienza, Tecnologia
e Sostenibilità per lo Sviluppo
dei Materiali Ceramici

58

Anni di attività

100

Ricercatori e tecnici

6

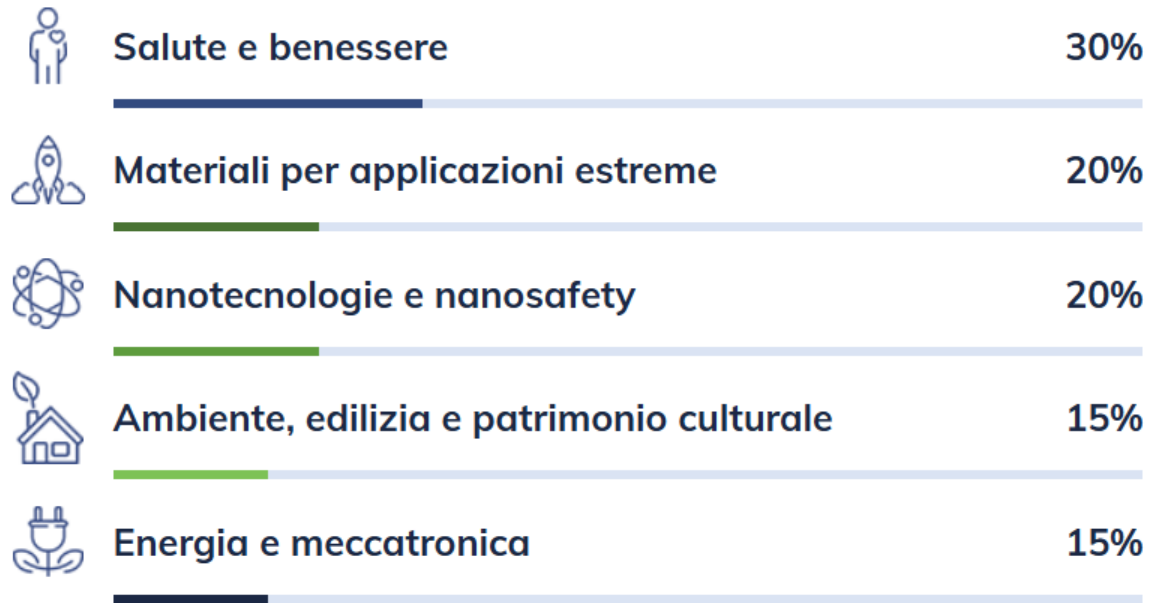
Spin Off e Startup
incubate

30

Progetti in corso

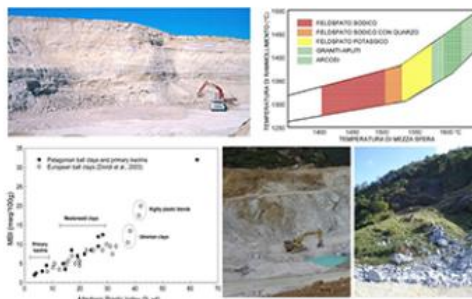
Director Dr. Alessandra Sanson

Le nostre aree di competenza

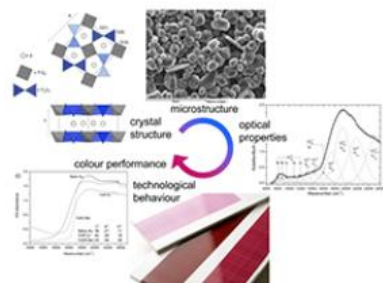


Materiali ceramici per l'edilizia

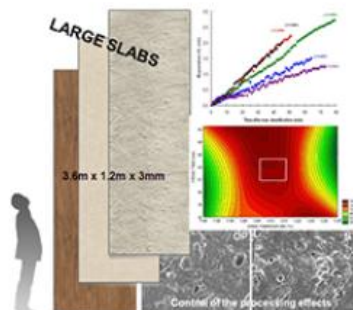
Team



Efficienza delle risorse



La tecnica nella creatività



Nuovi materiali ceramici e sistemi per l'edilizia ed il made in Italy



Zanelli Chiara ›

✉ chiara.zanelli@istec.cnr.it
☎ +390546699741
📄 Curriculum Vitae (.pdf)



Conte Sonia ›

✉ sonia.conte@istec.cnr.it
☎ +390546699741
📄 Curriculum Vitae (.pdf)



Molinari Chiara ›

✉ chiara.molinari@istec.cnr.it
☎ +390546699741
📄 Curriculum Vitae (.pdf)



Guarini Guia ›

✉ guia.guarini@istec.cnr.it
☎ +390546699779
📄 Curriculum Vitae (.pdf)



Bevilacqua Lucas ›

✉ lucas.bevilacqua@issmc.cnr.it
📄 Curriculum Vitae (.pdf)

Materiali ceramici per l'edilizia

Materiali

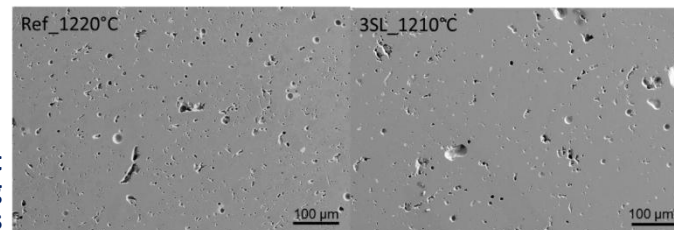
- Risorse naturali per la ceramica: materiali argillosi, fondenti feldspatici, ecc.
- Economia circolare: valorizzazione dei materiali di scarto
- Ceramiche silicatiche (piastrelle per pavimenti e rivestimenti, mattoni e tegole in argilla, aggregati leggeri, sanitari e stoviglie, materiali refrattari)
- Pigmenti inorganici, inchiostri e smalti

Applicazioni

- Efficienza delle risorse nella produzione industriale di materiali ceramici
- Nuove soluzioni tecnologiche sostenibili ed a basse emissioni di CO₂
- Materiali e compositi per l'involucro edilizio e l'interior design
- Tecnica nella creatività: materiali e processi per la ceramica Made in Italy
- Nuovi materiali, sistemi e processi per edifici sostenibili
- Ricerca e caratterizzazione di nuovi giacimenti di materie prime
- Valorizzazione degli scarti in materie prime secondarie

PNRR: ECOSISTER, MICS
FOE: FUTURAW
PRIN: RUB2RES

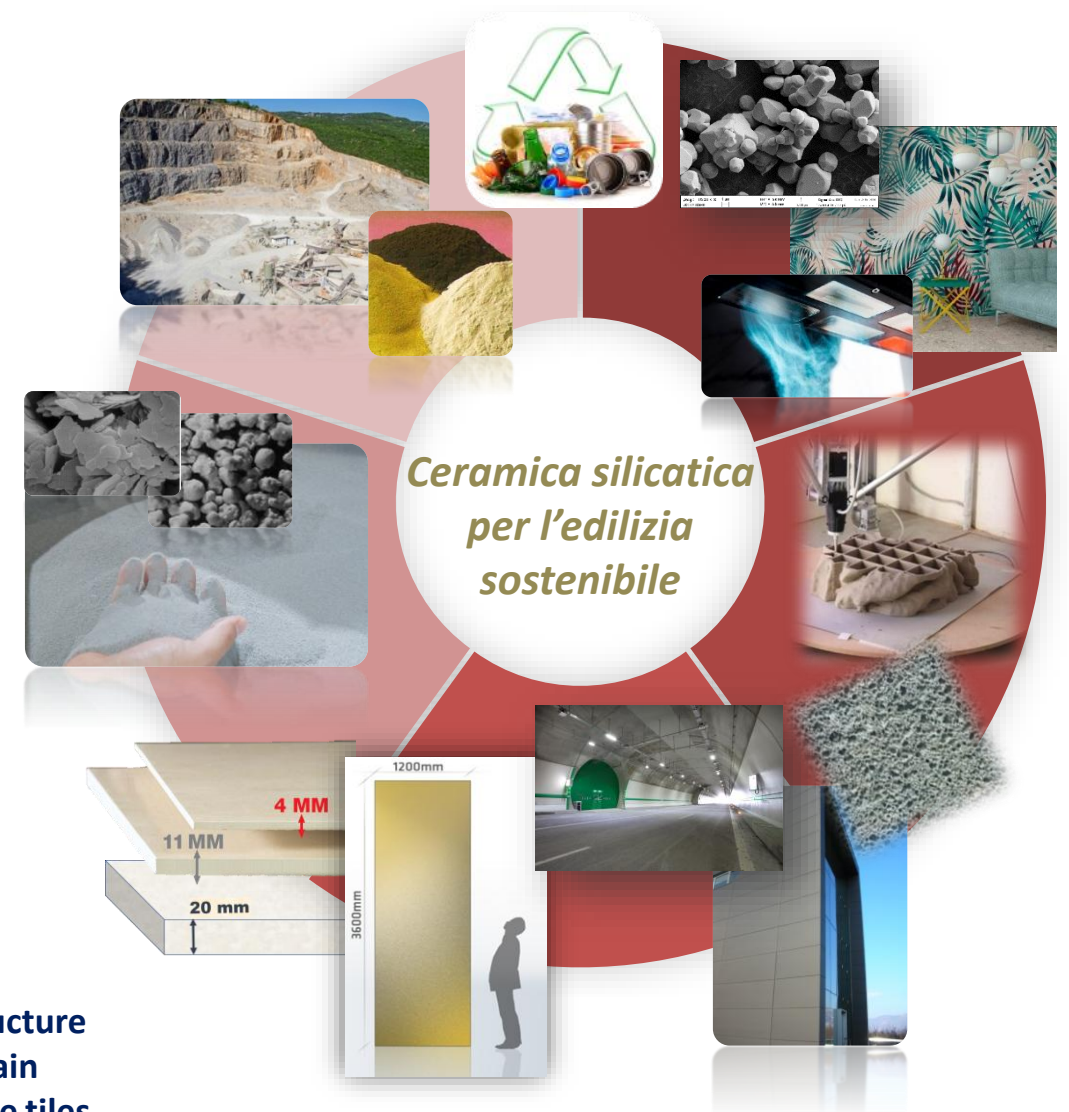
without
mining
residues



Microstructure
of porcelain
stoneware tiles
with
mining
residues

CIRCULAR ECONOMY

Waste recycling in the ceramic industry



Analisi delle caratteristiche e delle proprietà chimico-fisiche dei sedimenti

**Valutazione del potenziale
impiego dei sedimenti
della Diga di Mignano
in vari campi applicativi dei
materiali da costruzione**



Definizione di un **PROTOCOLLO** di **CARATTERIZZAZIONE** che dovrebbe essere applicabile a tutti i sedimenti di diga, i quali possono avere caratteristiche granulometriche (da argille a ghiaie) e composizionali estremamente varie (da silicatica a carbonatica, con tutte le sfumature intermedie)

PROTOCOLLO di CARATTERIZZAZIONE



PREPARAZIONE DEL CAMPIONE: si deve provvedere ad alcune operazioni e determinazioni:

- Valutazione di aspetto e pezzatura
- Determinazione dell'umidità
- Essiccamento e frantumazione (frantoio a mascelle <1 cm)
- Quartatura



ANALISI DI BASE: caratterizzazioni che servono per stimare il potenziale applicativo, tramite riferimenti a schemi predittivi

- Distribuzione granulometrica (importante spartiacque, poiché usi e schemi predittivi differiscono per materiali "argillosi" e "aggregati o inerti«)
- Test di cessione
- Composizione chimica e perdita al fuoco
- Determinazione del Carbonio organico
- Composizione mineralogica
- Plasticità (Atterberg)
- Comportamento termico DTA-TGA
- Comportamento termico Microscopio riscaldante



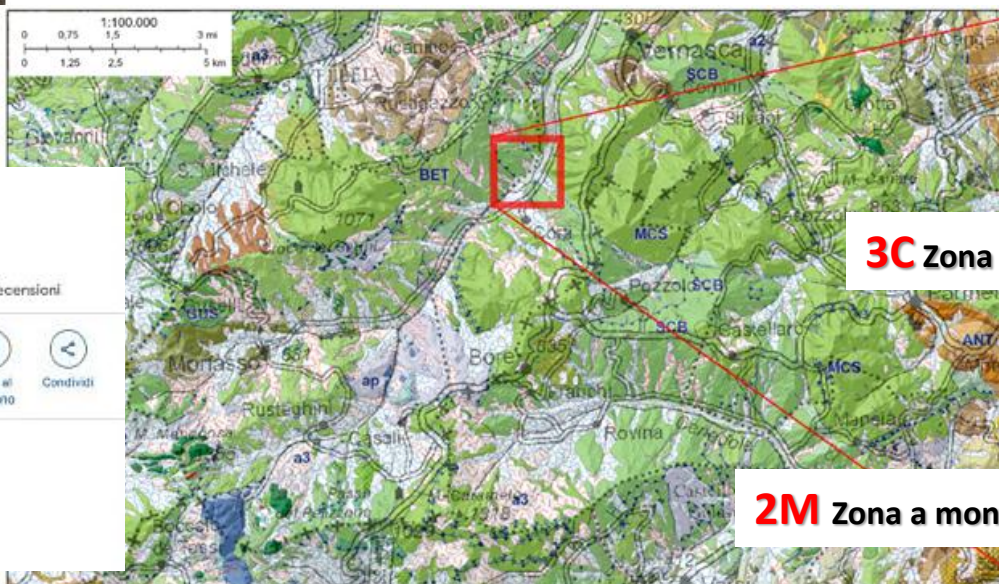
CARATTERIZZAZIONE TECNOLOGICA DELLA MATERIA

PRIMA: definizione degli schemi predittivi per ogni tipologia di materiale.

Aggregati leggeri ; Laterizi; Piastrelle ; Cementi; Geopolimeri

Sedimenti di Diga di Mignano

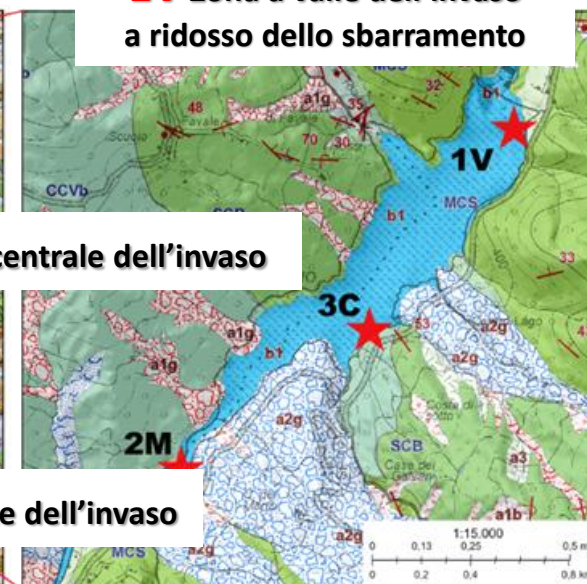
Bacino imbrifero del Lago di Mignano, Val d'Arda (PC)



1V Zona a valle dell'invaso
a ridosso dello sbarramento

3C Zona centrale dell'invaso

2M Zona a monte dell'invaso



PROTOCOLLO di CARATTERIZZAZIONE

Analisi chimica

TRE BIDONI CONTENENTI CIRCA 5KG

1
VALLE

2
MONTE

3
CENTRO



Umidità

29.8%

30.3%

60.6%

**PRESENTANO
UN CHIMISMO PARAGONABILE**

	1V	2M	3C
	SD-C1V	SD-C2M	SD-C3C
SiO ₂	45.04	44.92	44.51
Al ₂ O ₃	13.24	13.12	12.75
Fe ₂ O ₃	6.01	5.90	5.18
MnO	0.13	0.13	0.10
MgO	3.96	3.85	3.70
CaO	12.01	12.45	11.79
Na ₂ O	0.60	0.58	0.57
K ₂ O	2.14	2.09	2.15
TiO ₂	0.67	0.67	0.63
P ₂ O ₅	0.13	0.10	0.11
L.O.I.	15.76	15.91	18.20

Total Carbon (TC) from Elemental Analysis
Total Inorganic Carbon (TIC) from XRPD
Total Organic Carbon (TOC) as TC-TIC

TC (wt.%)	3.1	3.2	3.9
TIC (wt.%)	2.7	2.7	3.0
TOC (wt.%)	0.4	0.5	0.9

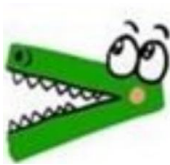
	1V	2M	3C
	SD-C1V	SD-C2M	SD-C3C
F	269	297	294
S	1158	584	1141
Cl	60	56	63
Sc	18	18	20
V	122	121	116
Cr	216	201	134
Co	22	22	17
Ni	141	138	97
Cu	49	49	41
Zn	97	95	91
Ga	18	19	17
As	7	7	6
Rb	115	110	110
Sr	344	348	324
Y	25	24	23
Zr	134	136	117
Nb	13	13	12
Cd	4	6	-
Sn	-	-	5
Cs	7	8	-
Ba	252	257	234
Pb	20	22	20
La	30	31	28
Ce	65	67	62
Nd	32	27	25
Th	9	10	9

PROTOCOLLO di CARATTERIZZAZIONE

Analisi mineralogica

PRESENTANO
UNA MINERALOGIA PARAGONABILE

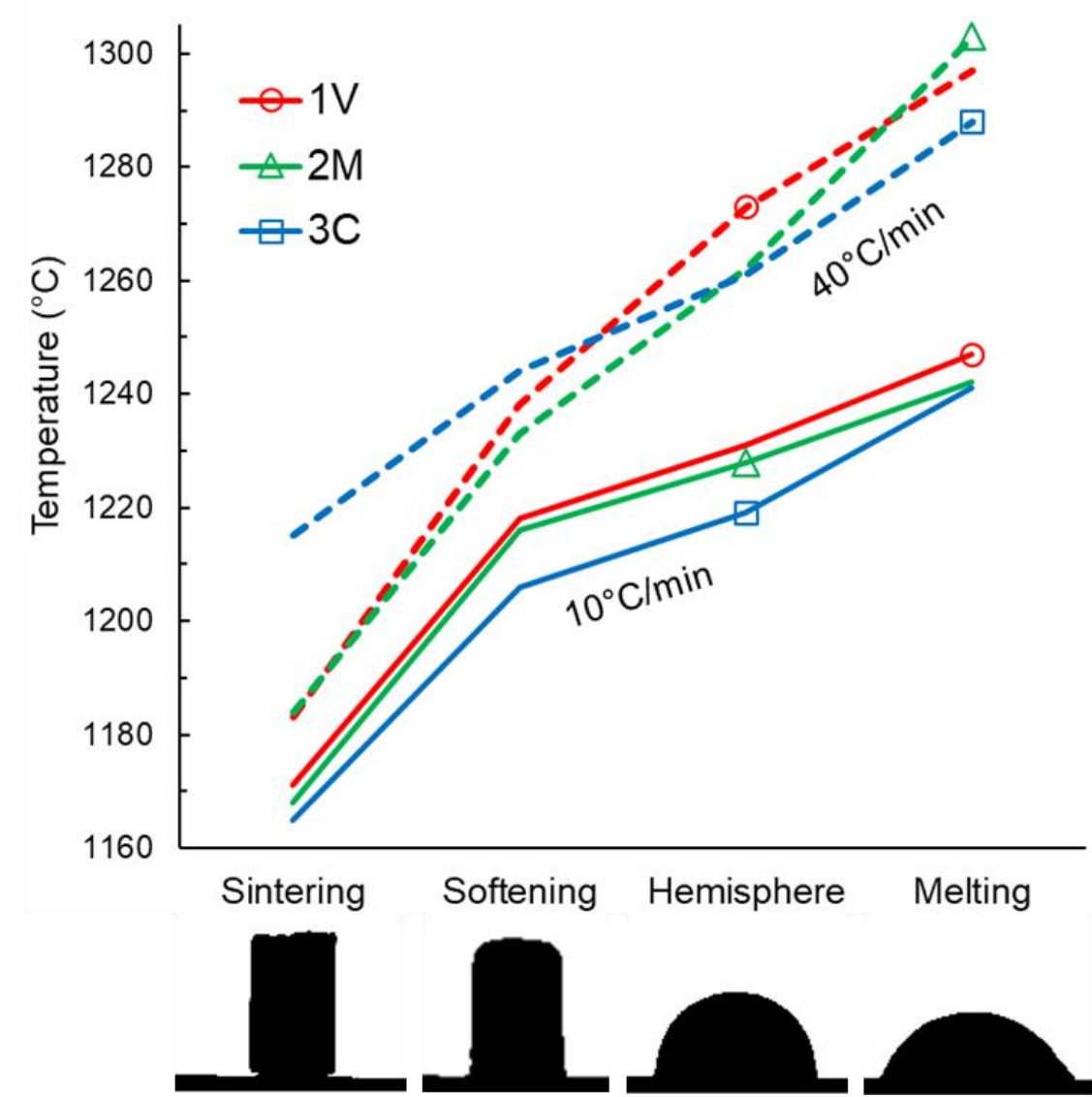
Alcune eccezioni



- contenuto di K-feldspato rispetto agli altri sedimenti **1V**
- contenuto di plagioclasio agli altri sedimenti **2M**
- contenuto di dolomite agli altri sedimenti **3C**

	1V		2M		3C	
	SD-C1V		SD-C2M		SD-C3C	
Phases (wt.%)	mean	s.d.	mean	s.d.	mean	s.d.
kaolinite	4.4	0.2	4.5	0.2	4.0	0.2
mica	9.2	0.2	9.4	0.2	9.3	0.2
IS mixed layer clay	13.6	0.6	14.4	0.5	14.3	0.5
smectite	6.8	0.6	4.4	0.2	4.7	0.2
serpentine	3.9	0.3	4.0	0.3	3.1	0.3
chlorite	7.0	0.2	7.4	0.2	7.2	0.2
quartz	21.0	0.2	22.2	0.2	22.4	0.2
k-feldspar	4.5	0.3	2.6	0.3	2.8	0.3
plagioclase	6.2	0.2	8.0	0.2	6.7	0.2
calcite	18.3	0.2	17.8	0.2	19.3	0.2
dolomite	4.0	0.1	4.2	0.1	5.3	0.1
anatase	1.1	0.1	1.1	0.1	0.9	0.1
Rietveld agreement indices						
Rwp	7.38		7.56		7.69	
Rexp	3.30		3.30		3.34	
c²	5.00		5.25		5.30	
carbonates	22.3		22.0		24.6	
quartz+feldspars	31.7		32.8		31.9	
clay minerals	44.9		44.1		42.6	

PROTOCOLLO di CARATTERIZZAZIONE



Comportamento termico microscopio riscaldante

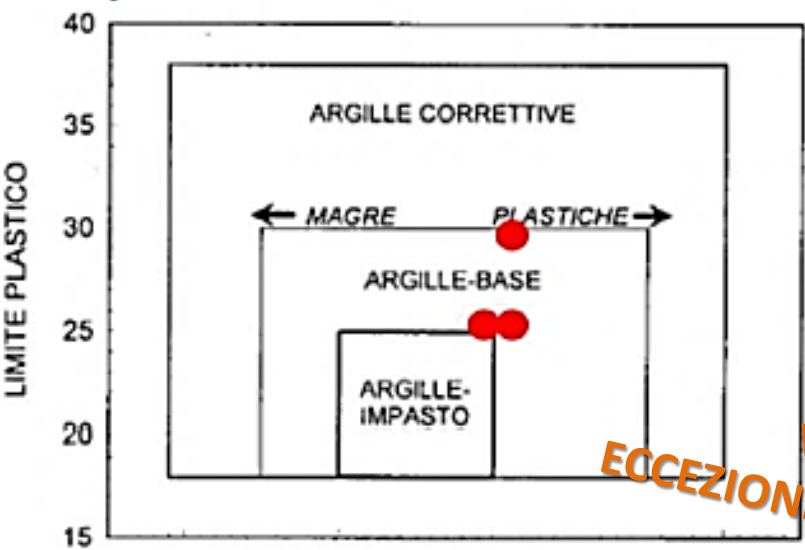
	1V	2M	3C
Temperature caratteristiche (°C) 10°C/min	SD-C1V	SD- C2M	SD- C3C
Fine di sinterizzazione	1171	1168	1165
Rammollimento	1218	1216	1206
Sfera	-	-	-
Mezza-sfera	1231	1228	1219
Fusione	1247	1242	1241

	SD-C1V	SD- C2M	SD- C3C
Temperature caratteristiche (°C) 40°C/min			
Fine di sinterizzazione	1183	1294	986
Rammollimento	1184	1185	1217
Sfera	-	-	-
Mezza-sfera	1273	1262	1261
Fusione	1257	1300	1288

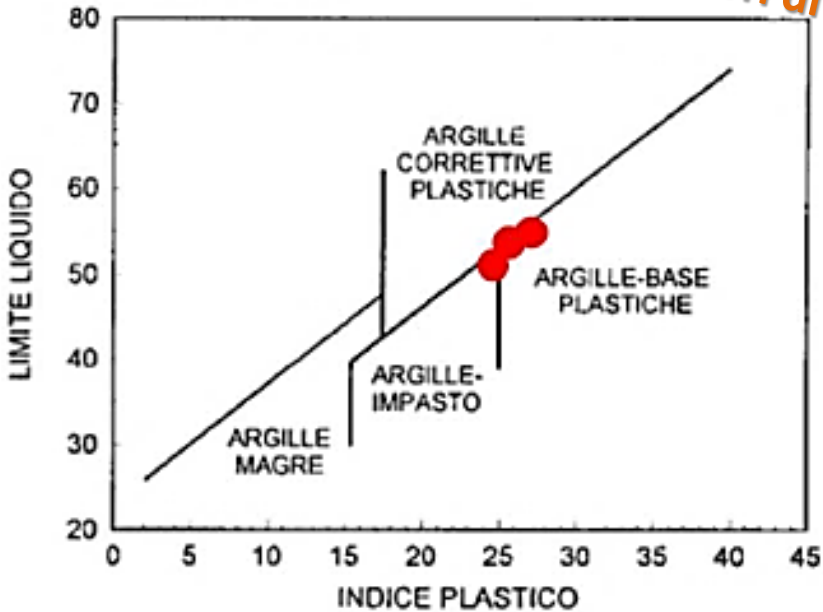
PRESENTANO
UN COMPORTAMENTO TERMICO
PARAGONABILE

PROTOCOLLO di CARATTERIZZAZIONE

Plasticità (Limite di Atterberg)



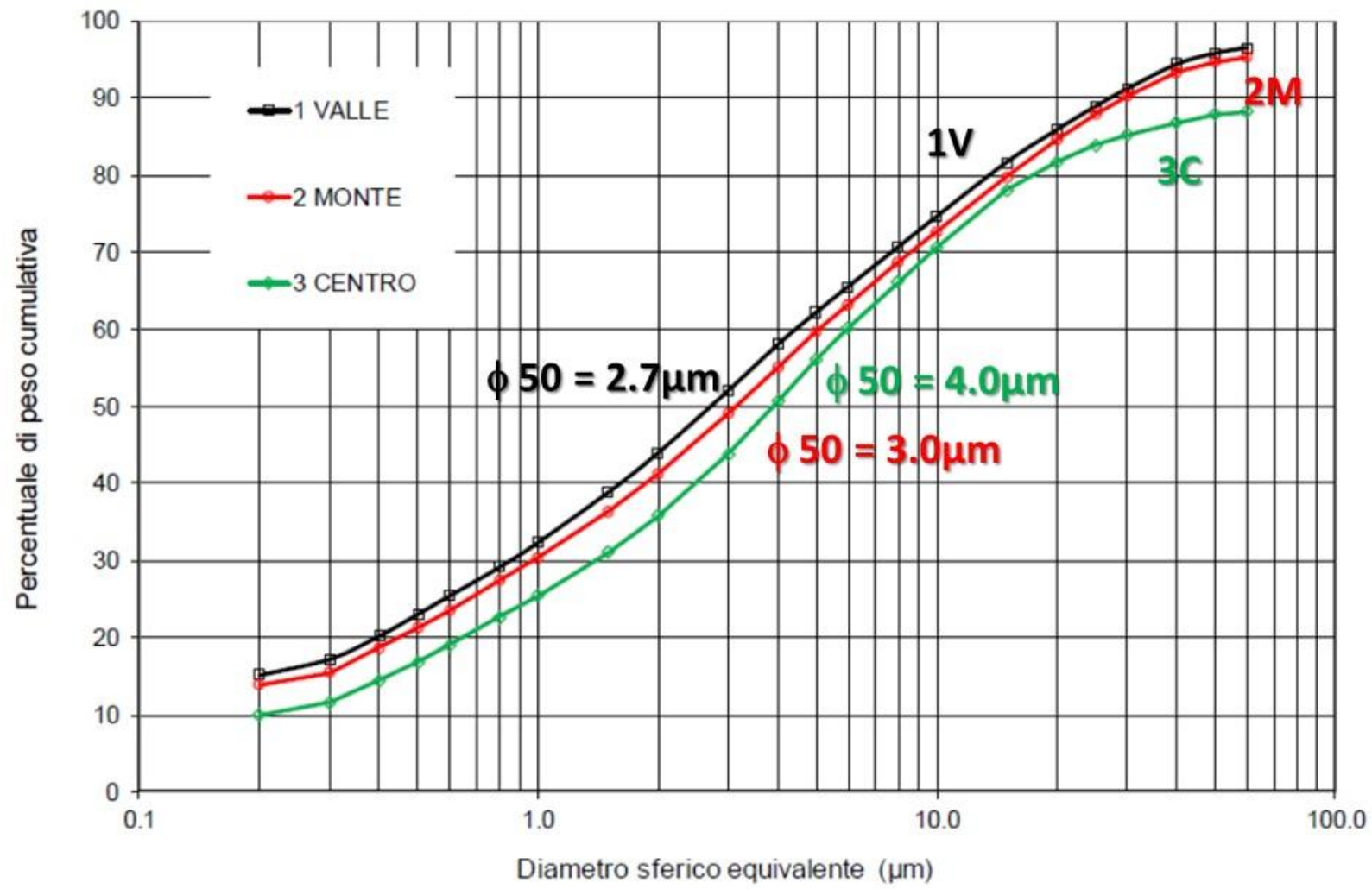
PRESENTANO VALORI COMPARABILI
ECCEZIONE: 3C ha valori di IP più elevati



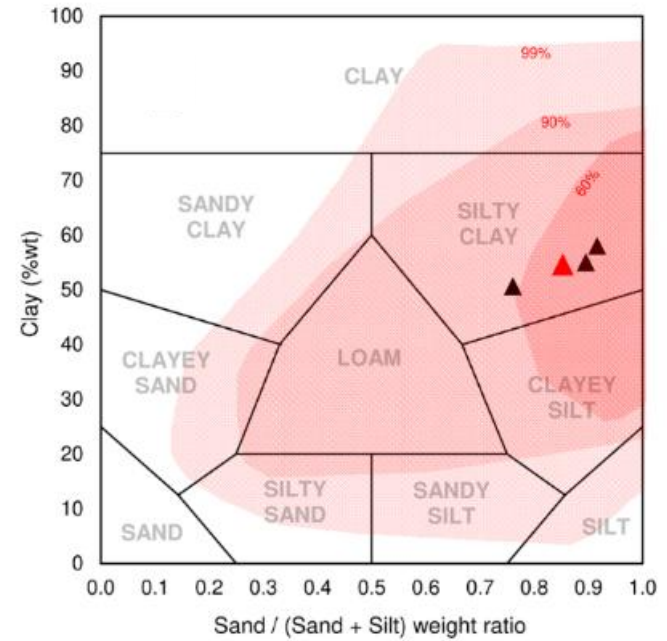
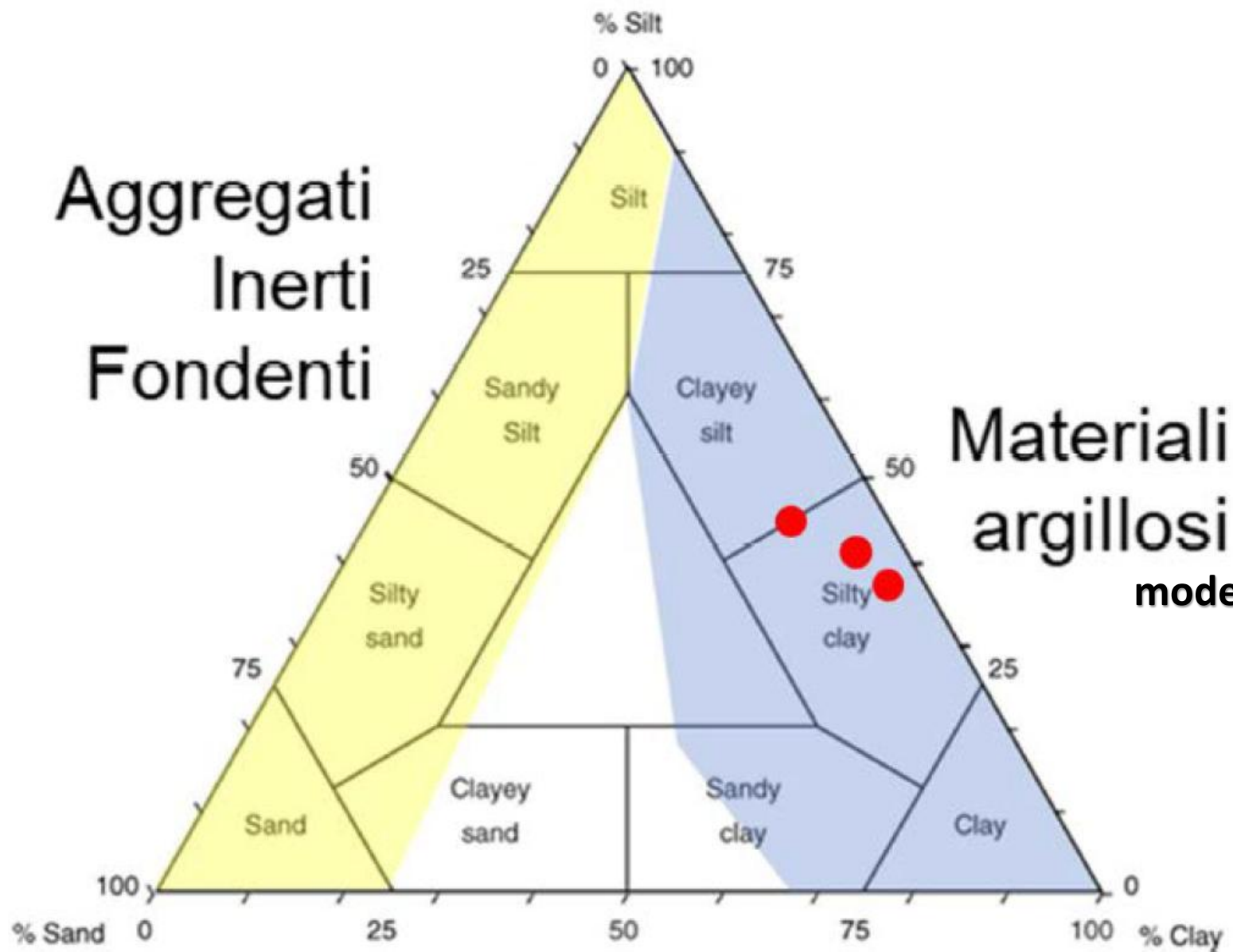
	1V		2M		3C	
	Media	ds	Media	ds	Media	ds
Limite Plastico (WP)	26.0	0.5	26.0	1.7	29.0	0.5
Limite Liquido(WL)	52.3	12.2	50.5	6.4	55.6	1.0
Indice di plasticità (IP)	26.3	6.3	24.5	4.0	26.6	0.7

PROTOCOLLO di CARATTERIZZAZIONE

Analisi granulometrica



PROTOCOLLO di CARATTERIZZAZIONE



PROTOCOLLO di CARATTERIZZAZIONE

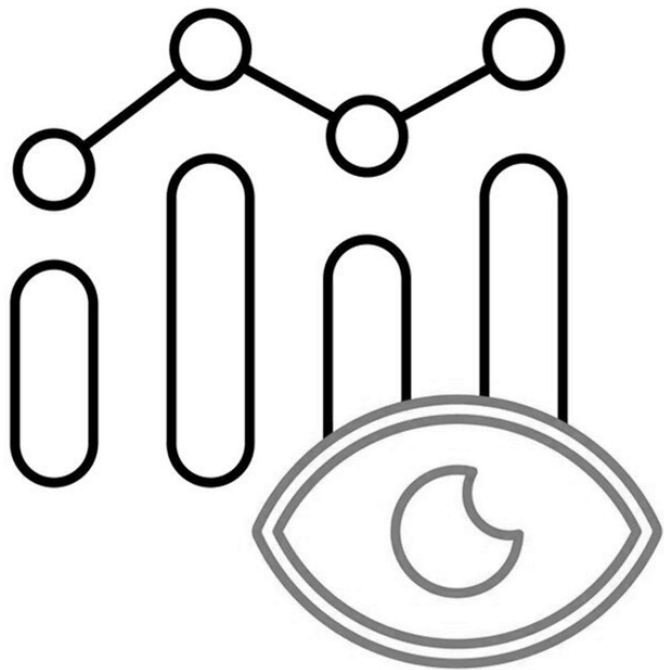
Impiegati per la realizzazione di:

MATERIALI CERAMICI

Aggregati leggeri – Laterizi - Piastrelle

MATERIALI CERAMICI DA COSTRUZIONE

Cementi - Geopolimeri



SCHEMI PREDITTIVI DELLE POSSIBILI APPLICAZIONI COME MATERIE PRIME PER USO CERAMICO



Aggregati leggeri



Piastrelle



Cementi Portland



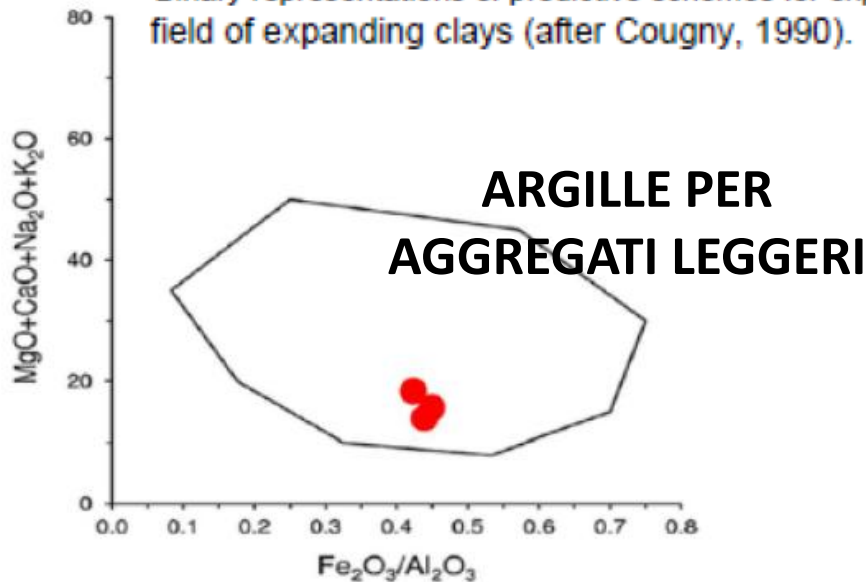
Laterizi

element oxide	unit	Mignano Lake sediment average	Portland cement			Clay bricks, roof tiles and lightweight aggregates		Wall and floor tiles		main effect in ceramics
			typical range	max amount	main effect in cement	typical range	best below	typical range	best below	
TiO ₂	% wt.	0.66	0.01 – 0.5		flux, setting delay	0.5 – 1.1		0.1 – 2.5	1	colour
MnO	% wt.	0.12	0.03 – 0.7		colour	0 – 0.3		0 – 0.2	0.1	colour
MgO	% wt.	3.84	0.5 – 4	5	expansion	0.7 – 7		0 – 7		flux
Na ₂ O	% wt.	0.58	0.03 – 0.6	0.6	alkali-aggregate reaction	0.2 – 2		0 – 4.5		flux
K ₂ O	% wt.	2.13	0.01 – 1.4	1.4	volatilization	1.3 – 4		0 – 7		flux
P ₂ O ₅	% wt.	0.11	0.03 – 0.5	1.0	lowers the initial strength	0.1 – 0.5		0 – 0.8		flux
TOC	% wt.	0.6	0.05 – 0.7	1.0	emissions	0 – 2		0 – 3	0.5	emissions
F	mg·kg ⁻¹	287	100 – 2400	1000	emissions	600 – 1000	800	200 – 800	500	emissions
S	mg·kg ⁻¹	961	100 – 3000	7000	volatilization, emissions, interferes with setting	100 – 6000	3000	100 – 8000	2000	emissions
Cl	mg·kg ⁻¹	60	100 – 2000	1000	volatilization, corrosion	10 – 800	200	50 – 150	100	emissions
V	mg·kg ⁻¹	120				60 – 180	150	80 – 200		efflorescence
Cr	mg·kg ⁻¹	184	70 – 850		efflorescence, colour	100 – 500	300	50 – 250		efflorescence
Gypsum	% wt.	<0.1	0 – 1.5	3.5	volatilization, emissions, interferes with setting	0 – 3	1	0 – 1	0.5	emissions
Sulphides	% wt.	<0.2	0 – 0.5	1.3	volatilization, emissions	0 – 1	0.5	0 – 0.5	0.2	emissions
Expandable clay minerals	% wt.	20.4				0 – 35	20	0 – 20	10	surface defects interfere with slip rheology
Mica flakes	% wt.	<1						0 – 2	0.5	surface defects
Chalk coarse inclusions	% wt.	<1				0 – 5	0.5			defects (white spots)



Aggregati leggeri

Binary representations of predictive schemes for expanded clay aggregates:
field of expanding clays (after Cougny, 1990).



1V

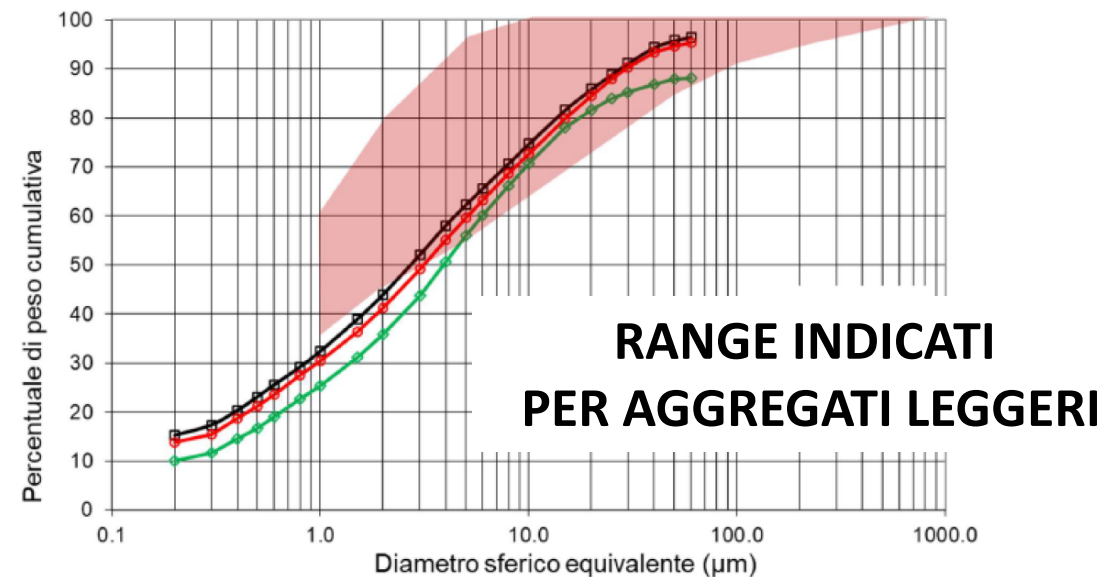
2M

3C

Parameter	1 VALLE	2 MONTE	3 CENTRO
Temperature of maximum expansion	1245°C	1260°C	1265°C
Bloating index	1.67	1.61	1.38
Temperature of maximum rate of expansion	1225°C	1230°C	1230°C

**TEMPERATURA DI MASSIMA ESPANSIONE
E INDICE DI BLOATING
COMPATIBILE CON AGGREGATI LEGGERI**

Particle size distribution



Best particle size distribution range for LWA expansion, modified after Cougny

**SONO POTENZIALMENTE UTILIZZABILI
COME ARGILLE ESPANSE
PER MIGLIORARE L'ARGILLA PRINCIPALE
IN UN IMPASTO PER AGGREGATI LEGGERI**



Laterizi

**RIENTRANO NEI CAMPI
DELLE ARGILLE PER MATTONI FORATI
A PARETE SOTTILE**

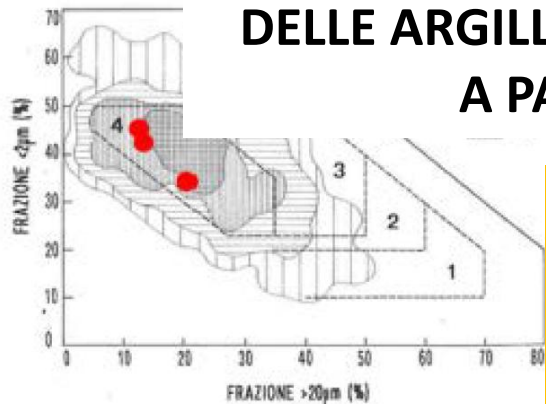
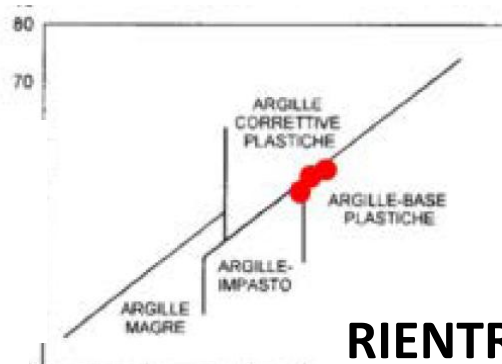


Fig. 10-5 Distribuzione delle composizioni granulometriche degli impasti italiani per laterizi nel diagramma classificativo di Wiesler (1954). I campi a diverso tratteggio si riferiscono a differenti densità dei punti per unità di superficie del diagramma (corrispondente a 1% totale).



RIENTRANO NEI CAMPI DELLE ARGILLE

**SONO POTENZIALMENTE UTILIZZABILI COME
ARGILLA PLASTICA CORRETTIVA
PER MIGLIORARE LA PLASTICITÀ
DELL'ARGILLA PRINCIPALE
O CON UN'ARGILLA PRINCIPALE PLASTICA
PIÙ UNA "TEMPRA", TIPO UNA SABBIA.**

**ARGILLE
STOCENE-**

Plasticity



**RIENTRANO NEI LIMITI
DI ARGILLE-BASE PLASTICHE**

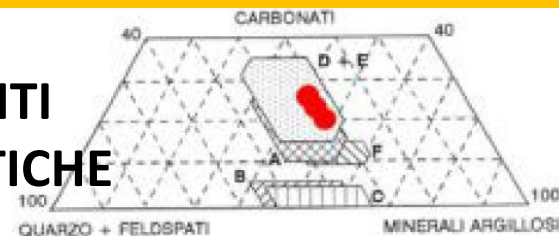
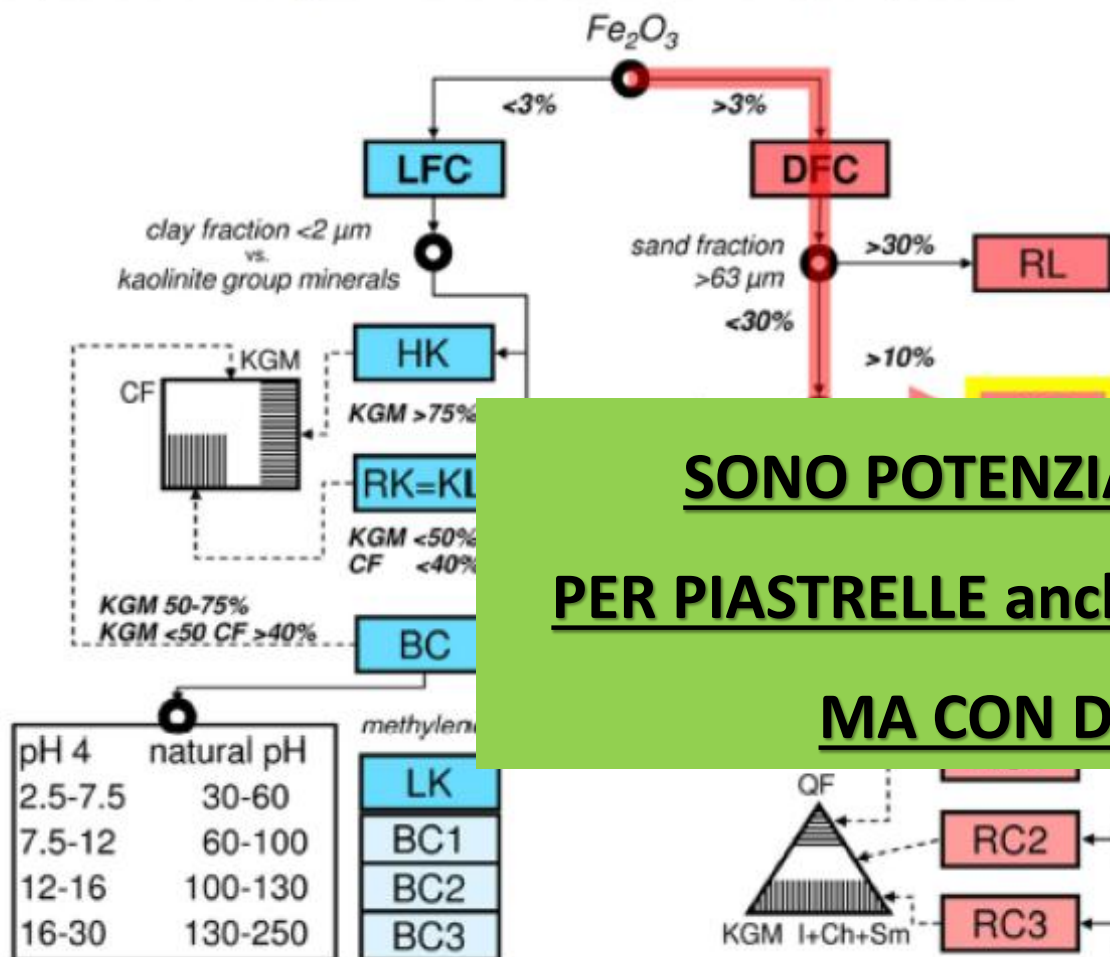


Fig. 10-1 Campi di composizione mineralogica (media ± deviazione standard) delle principali unità geologiche utilizzate nella produzione di laterizi: A) depositi alluvionali (Olocene); B) depositi fluvio-glaciali dell'Italia nord-occidentale (Pleistocene); C) depositi lacustri della Toscana (Pleistocene); D) argille grigie-azzurre (Pliocene); E) sedimenti marini (Miocene); F) Formazione di Sillano (Eocene).



Fig. 10-2 Campi di composizione mineralogica (standard) riferiti alle principali unità geologiche.

**RIENTRANO NEI CAMPI DELLE
ARGILLE TIPO DEPOSITI FLUVIO-
GLACIALI.**



Light-firing clays (LFC)
High-grade Kaolins (HK)
Low-grade kaolins (LK)
Raw kaolins (RK)
Kaolinitic loams (KL)
Ball clays (BC, types BC1, BC2, BC3)
Pyrophyllitic clays (PC)
White bentonites (WB)

Dark-firing clays (DFC)
Marly Clays (MC)
Carbonatic Clays (CC)
Red Clays (RC, types RC1, RC2, RC3)
Red Loams (RL)

ALTA QUANTITÀ DI Fe_2O_3 (5-6% In peso);

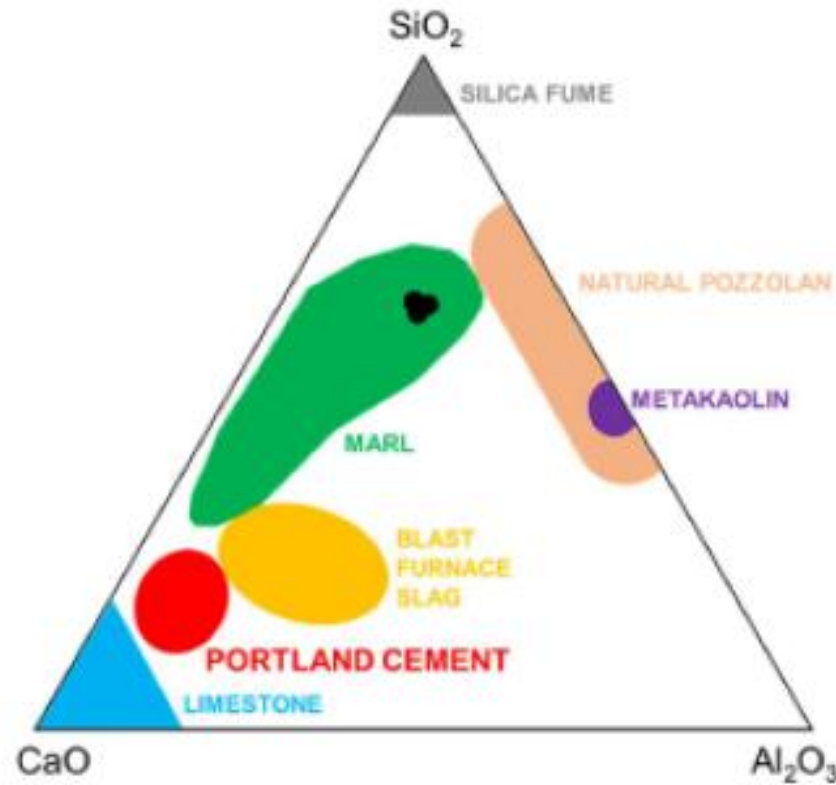
ELEVATA QUANTITÀ DI MINERALI
(9-20%in peso)

CARBONATI
(22-25%in peso);

ELEVATA QUANTITÀ DI CARBONE ORGANICO
(0.4-0.9%in peso):



Cementi Portland



Component	Typical range	Maximum amount	Mignano sediments	Effect
MgO	0.5-4%	5 - 6%	3.7-4.0%	expansion
Na ₂ O	0.03-0.6%	0.6%	0.6%	alkali-aggregate reaction
K ₂ O	0.01-1.4%	?	2.1%	volatilization
SO ₃	0.04-1%	2.3 - 4%	0.15-0.25%	volatilization, emissions, interferes with the setting behavior
P ₂ O ₅	0.03-0.5%	1%	0.1%	lowers the initial strength
Cl	0.01-0.2%	0.05 - 0.1%	0.006%	volatilization, corrosion
F	0.01-0.24%	-	0.03%	flux, longer setting time
TiO ₂	0.1-0.5%	-	0.6-0.7%	flux, setting delay
Cr ₂ O ₃	0.01-0.05%	-	0.02-0.03%	efflorescence, color
Mn ₂ O ₃	0.03-0.8%	-	0.2%	color
C organico	0.05-0.7%	-	0.4-0.9%	emissions
NH ₄	<0.005%	-		emissions

Limited potential for Portland cement: too high % alkali

PRESENTANO DELLE POTENZIALI LIMITAZIONI PER POTER ESSERE UTILIZZATI PER CEMENTI PORTLAND:
UNA ELEVATA QUANTITÀ DI ALCALI
(Na₂O 0.6% - K₂O 2.1%).

Conclusioni

In relazione alle diverse **caratterizzazioni chimico-fisiche e tecnologiche**, i **tre sedimenti campionati presso la Diga di Mignano**, hanno applicazioni ceramiche promettenti:

Più promettente è l'impiego in **aggregati leggeri e laterizi**, cui aggiungo senz'altro **leganti geopolimerici**.

Sono state riscontrate limitazioni per il **Cemento Portland**; riteniamo comunque si possano valutare come **componenti del clinker**.

Si ritiene una sfida il **possibile impiego in piastrelle di gres porcellanato** e per l'utilizzo in altre **tipologie di piastrelle tipo gres rosso o simili**.

Queste considerazioni sono state fatte anche valutando **aspetti legati alla logistica**:

la diga di Mignano dista a pochi km da un potenziale stabilimento di laterizi ed un cementificio, ed a 40 km da una fabbrica di aggregati leggeri.



**Trasformare i rifiuti in valore:
utilizzo sostenibile dei
sedimenti delle dighe nelle
piastrelle in gres porcellanato**

SIMULAZIONE CICLO INDUSTRIALE

IMPASTI CON SCARTI

0% 20% 40% 60% wastes

MACINAZIONE AD UMIDO in
giara di porcellana con media di allumina

GRANULAZIONE MANUALE
umidità H₂O 7%

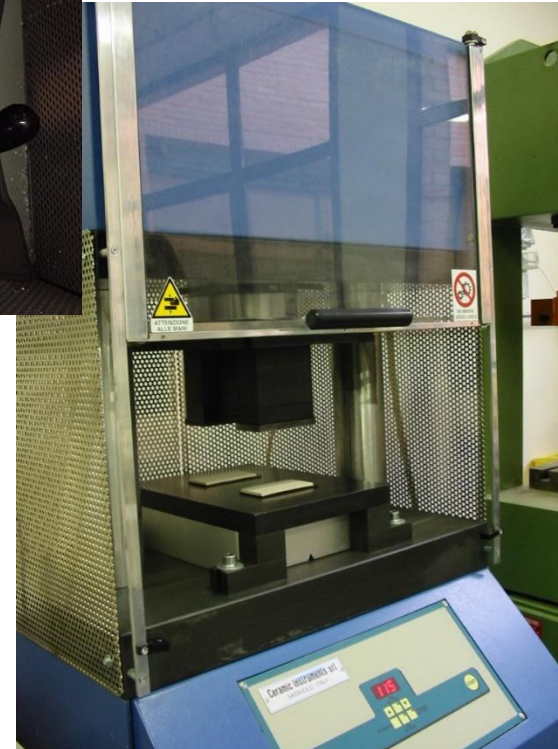
PRESSATURA UNIASSIALE
40 MPa

ESSICCAMENTO in STUFA
110°C per tutta la notte

COTTURA in FORNO a RULLI
900-1240°C x 60 min freddo-a-freddo



PLANETARIA con
giara di porcellana e
sfere di allumina



**PRESSA
UNIASSIALE**



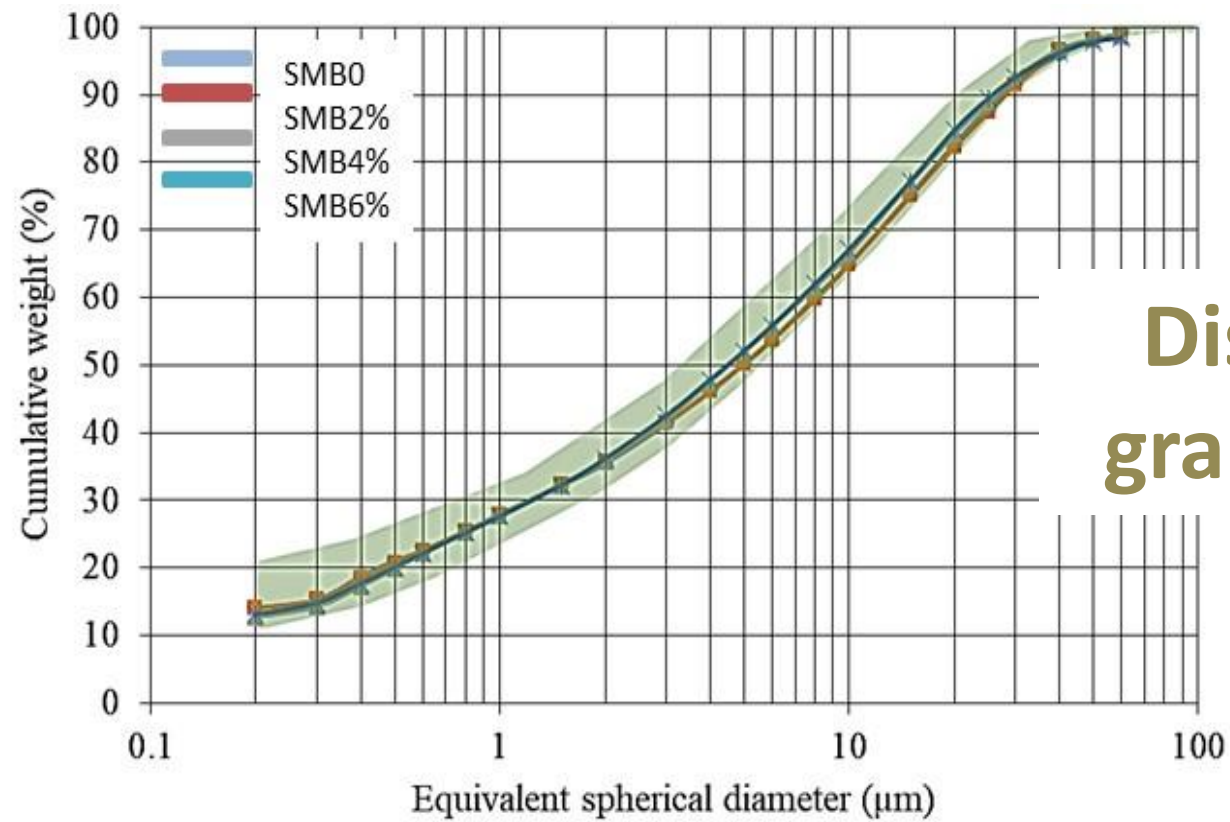
**FORNO a
RULLI**

Formulazione impasti e Composizione chimica (%in peso)



**BILANCIAMENTO
CHIMICO**

Primary materials	SM-B0	SM-B2%	SM-B4%	SM-B6%
Sediments mixture	0.00	0.02	0.04	0.06
Clay	0.40	0.39	0.38	0.37
Feldspar	0.55	0.52	0.49	0.45
Sand	0.05	0.07	0.09	0.12
SiO ₂	70.90	70.85	70.80	70.89
TiO ₂	0.61	0.61	0.60	0.60
Al ₂ O ₃	20.09	19.89	19.70	19.44
Fe ₂ O ₃	1.19	1.27	1.35	1.43
MgO	0.57	0.64	0.72	0.80
CaO	0.39	0.70	1.01	1.34
Na ₂ O	4.56	4.34	4.12	3.83
K ₂ O	1.71	1.70	1.69	1.68

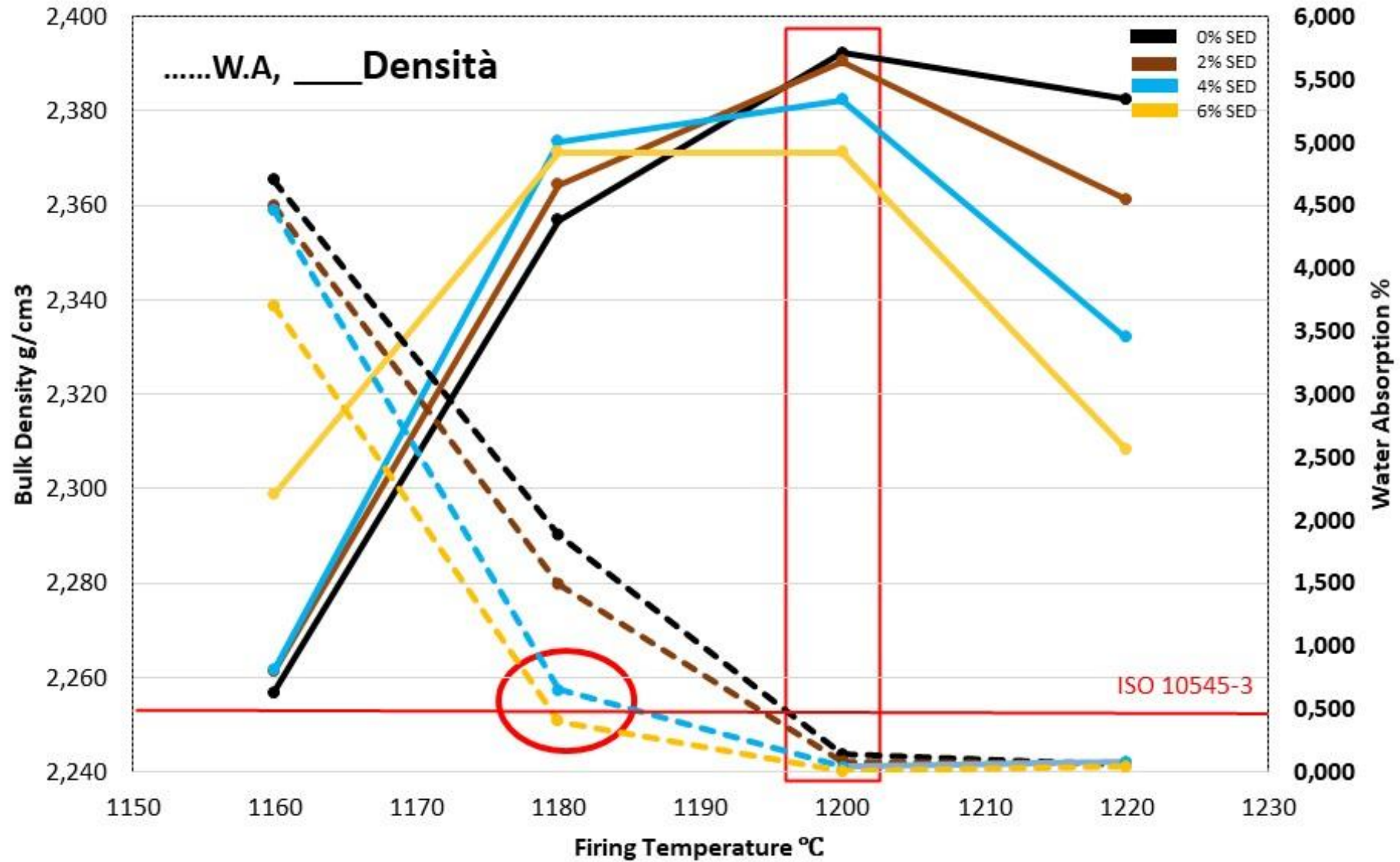


Distribuzione granulometrica

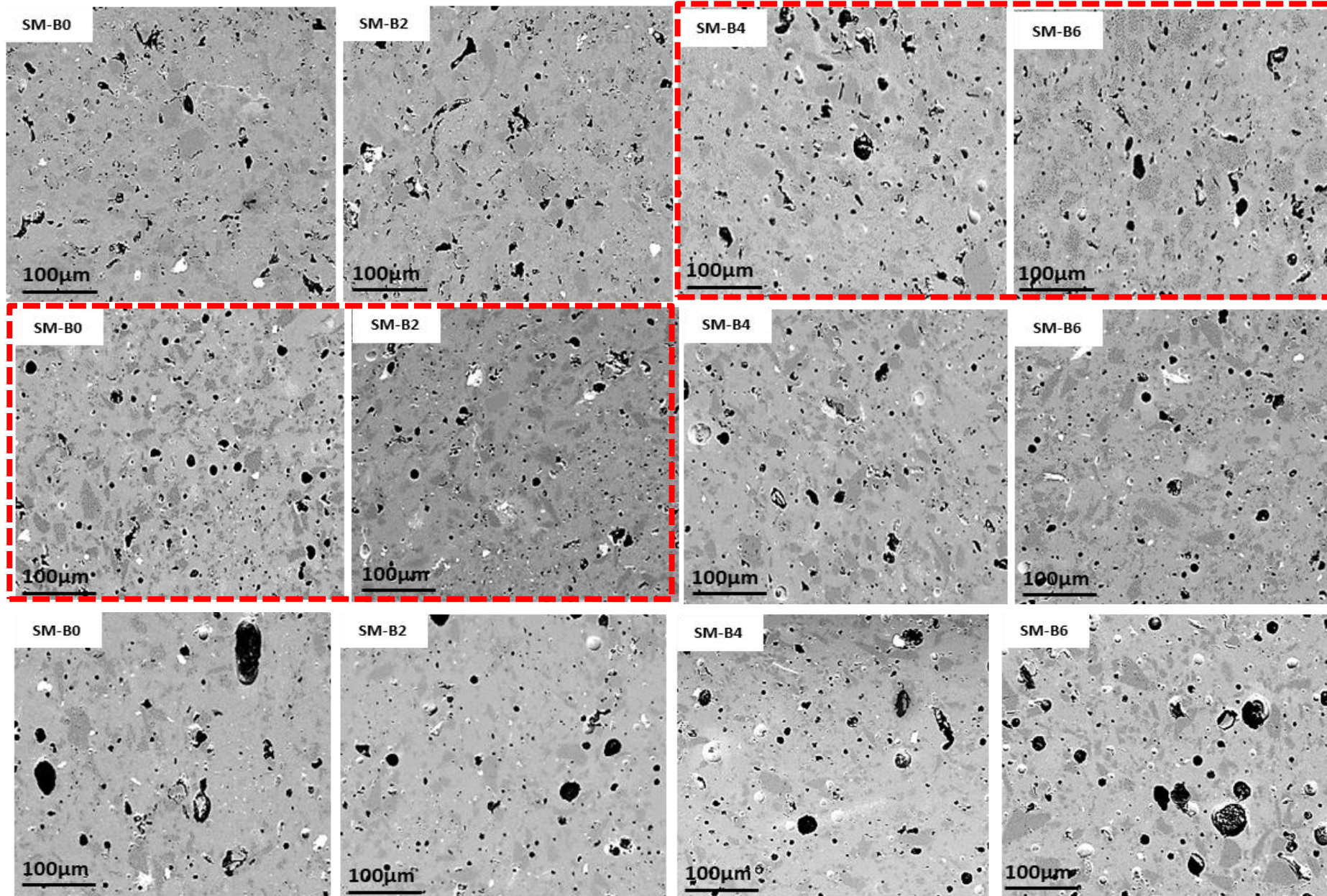
Proprietà tecnologiche dei prodotti crudi

Batches	Restistenza meccanica in verde (MPa)	Densità in verde (g/cm ³)	Ritiro lineare (cm/m)	Restistenza meccanica in secco (MPa)	Densità in secco (g/cm ³)
SM-B0	1.34 ± 0.01	2.011 ± 0.00	0.02 ± 0.03	1.61 ± 0.40	1.916 ± 0.438
SM-B2%	0.99 ± 0.05	2.031 ± 0.022	0.01 ± 0.02	1.62 ± 0.81	1.888 ± 0.007
SM-B4%	1.07 ± 0.04	2.049 ± 0.022	0.00 ± 0.01	1.04 ± 0.02	1.868 ± 0.035
SM-B6%	1.09 ± 0.01	2.097 ± 0.007	0.04 ± 0.01	1.32 ± 0.16	2.000 ± 0.125

Proprietà tecnologiche dei prodotti cotti

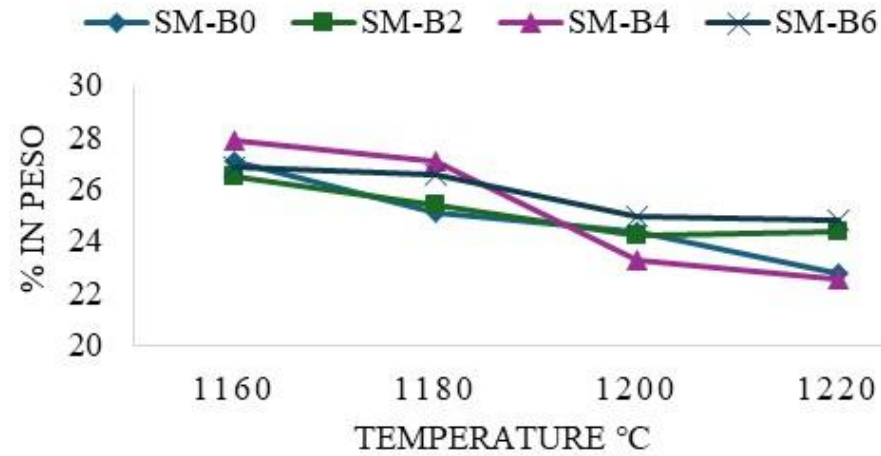


Microstruttura dei prodotti cotti

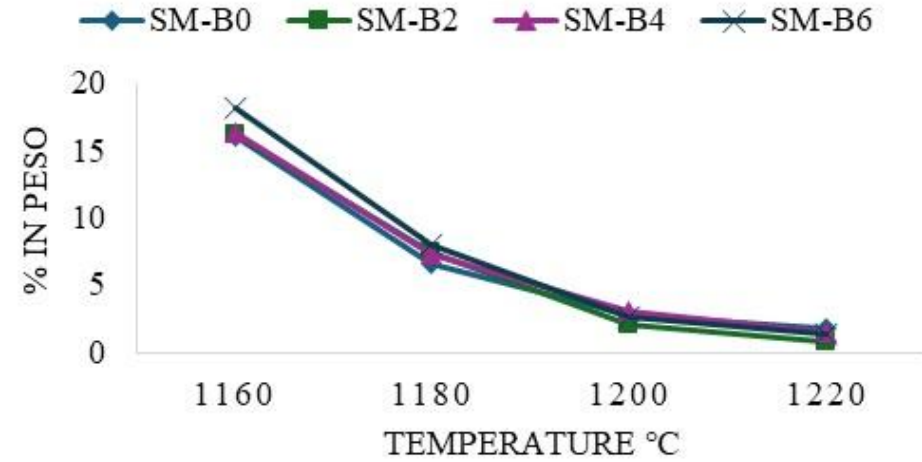


Composizione mineralogica

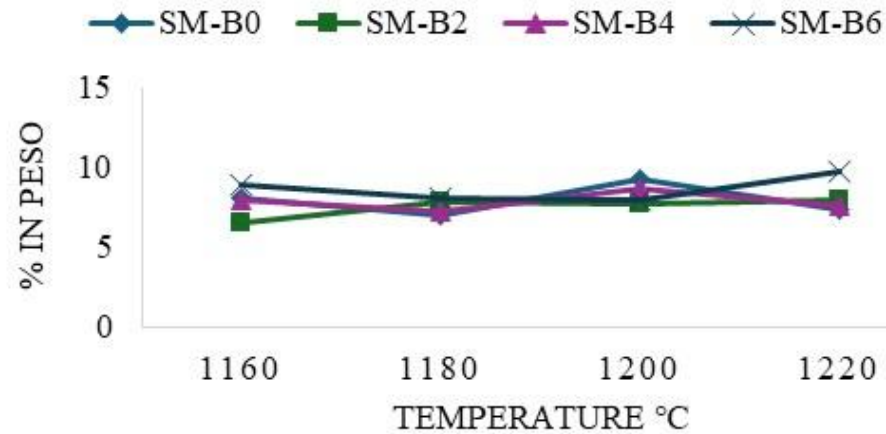
QUARTO



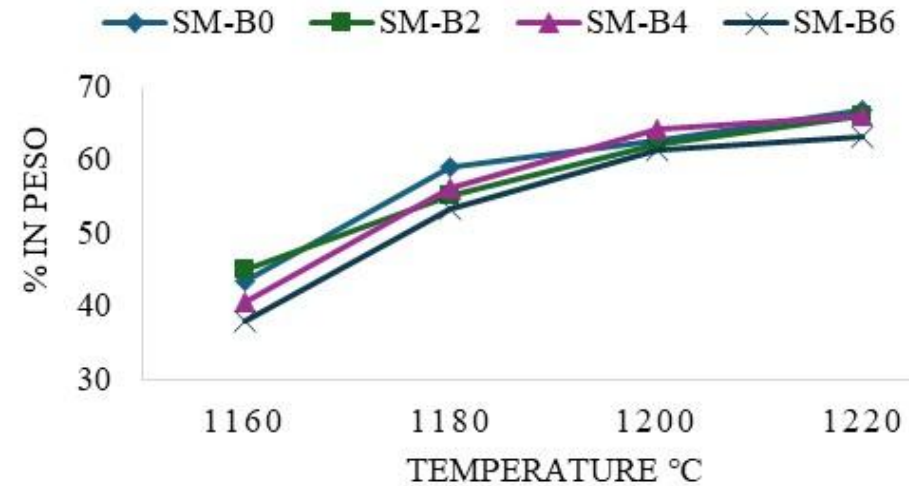
PLAGIOCLASIO



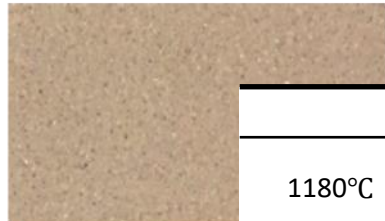
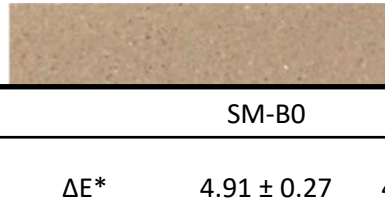
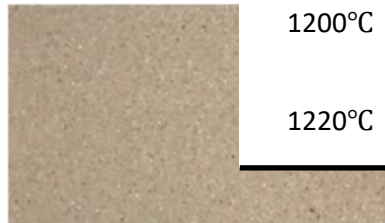
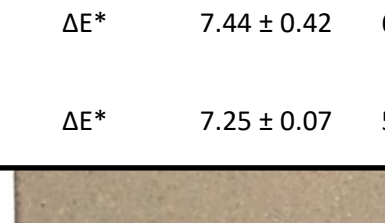
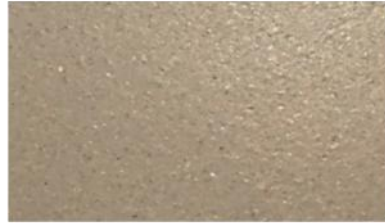
MULITE



FASE AMORFA



Colore

	B0	B1	B2	B3				
1160°C								
1180°C								
1200°C								
1220°C								

Conclusioni

Bilanciamento chimico: È stato sviluppato un approccio innovativo per ottimizzare l'introduzione dei sedimenti di diga negli impasti di gres porcellanato, garantendo il raggiungimento delle proprietà tecnologiche secondo i requisiti normativi.

Compatibilità con i processi industriali: La metodologia proposta è pienamente compatibile con i cicli produttivi standard, operando efficacemente a temperature di cottura comprese tra 1180 °C e 1200 °C.

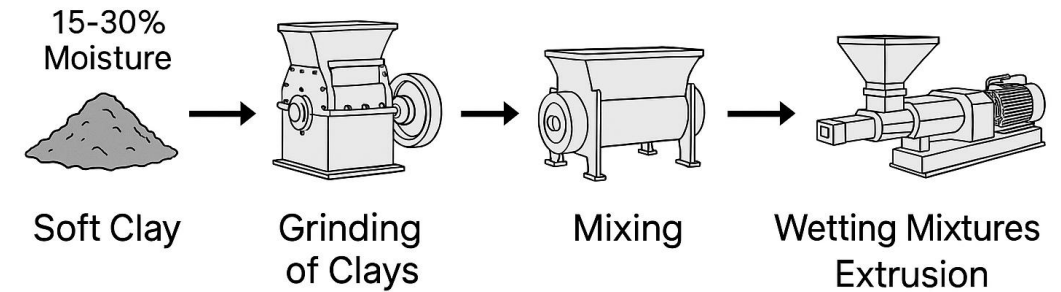
Intervallo ottimale di aggiunta: con le percentuali del 2% ed il 4% si osservano valori ottimali per le principali proprietà del materiale, senza incidere negativamente sulla qualità del prodotto finito.

Stima approssimativa: sostituzione del 4% in una fabbrica che produce 10.000 tonnellate di impasto ceramico/anno= 400 tonnellate di sostituzione di materie prime.

Mignano Sediments- Bricks

25% H2O	Ref-A	B-5	C-10	D-15
Clay-1	50	47.5	45	42.5
Clay-2	50	47.5	45	42.5
SED mix 1+2+3	0	5	10	15

Bricks formation process



Technological parameter	Unit	Optimal	Tolerable	Unsuitable	Mignano 15% (900C)
Atterberg Plastic Index	% wt.	15-25	10-35	>40	25.5
Atterberg Plastic Limit	% wt.	18-25	18-30	>38	27
Working moisture for extrusion	% wt.	20-28	18-36	>36	25
Drying shrinkage, linear	cm/m	5-8	3-10	>10	6.2
Bending strength, dry	MPa	3-10	2-15	<2	6.6-7.3
Firing shrinkage, linear	cm/m	<1.4	<3	>3	0.5
Water absorption	% wt.	12-24	10-30	>30	20.6
Bulk density, fired	g/cm ³	1.65-1.90	1.55-2.10	<1.50	1.751
Bending strength, fired	MPa	14-22	4-30	<4	19.4

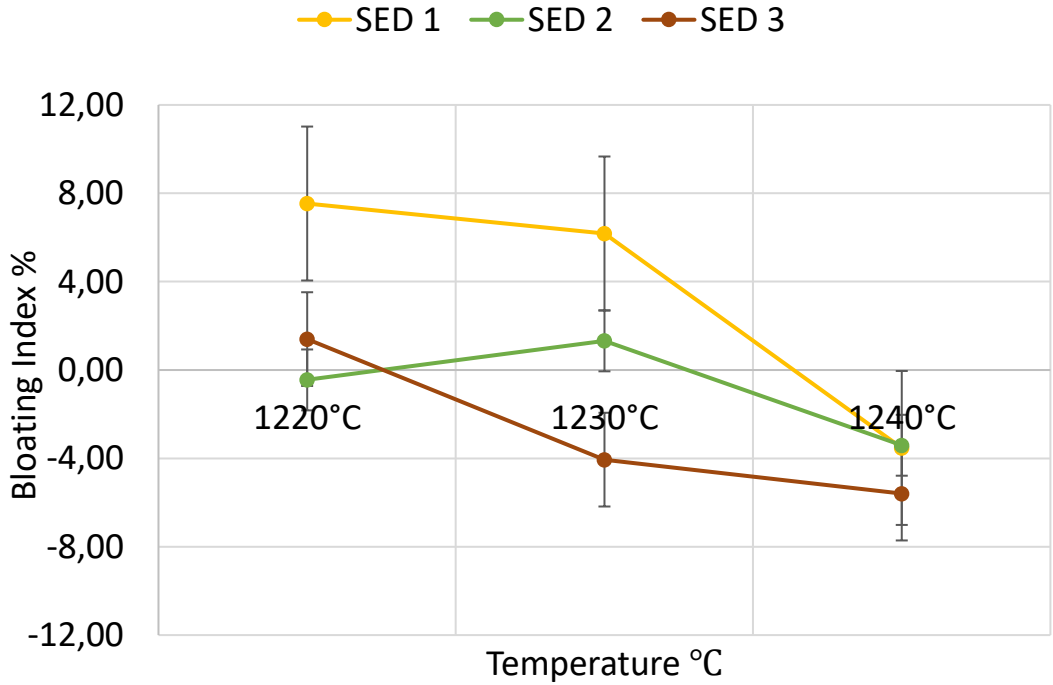
Firing
temperatures
850, 900, 950°C
Firing cycle
10°C/min, 4h',

Mignano Sediments-Light Weight Aggregates

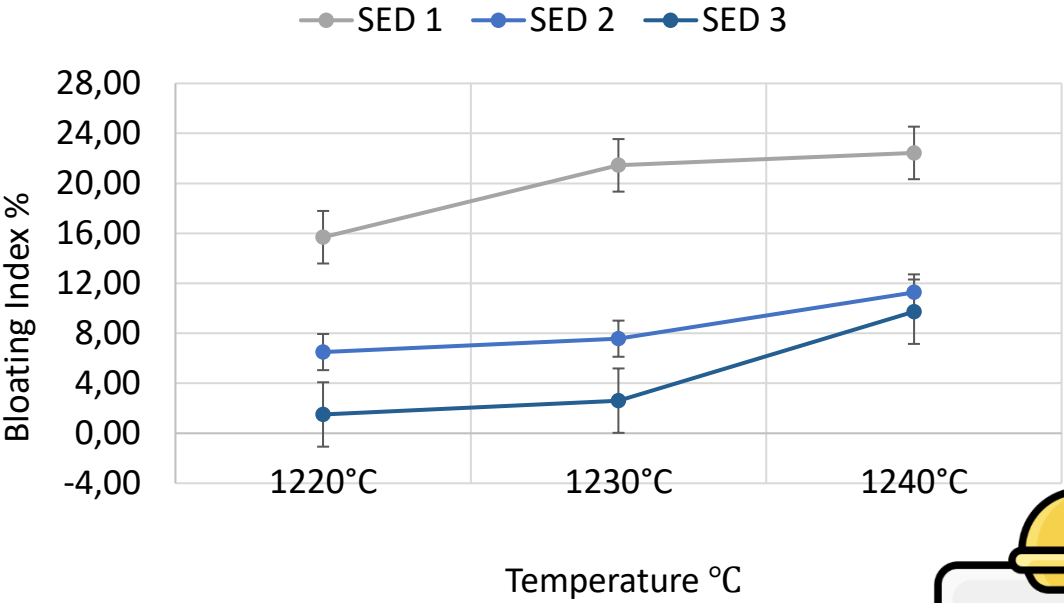
	1220C			1230C			1240C		
12-14mm	SED-1	SED-2	SED-3	SED-1	SED-2	SED-3	SED-1	SED-2	SED-3
Water absorption (%)	0.23	0.14	0	0.54	0.14	0.16	4.85	0.31	1.56
Apparent porosity (%)	0.35	0.26	0	0.76	0.24	0.31	7.14	0.53	2.77
Apparent Density (g/cm3)	1.535	1.828	2.053	1.391	1.74	1.904	1.471	1.675	1.771



(8-10 mm diameter)



(12-14 mm diameter)





Grazie per l'attenzione

Chiara Zanelli
chiara.zanelli@issmc.cnr.it



CNR
ISSMC

Istituto di Scienza, Tecnologia
e Sostenibilità per lo Sviluppo
dei Materiali Ceramici