

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

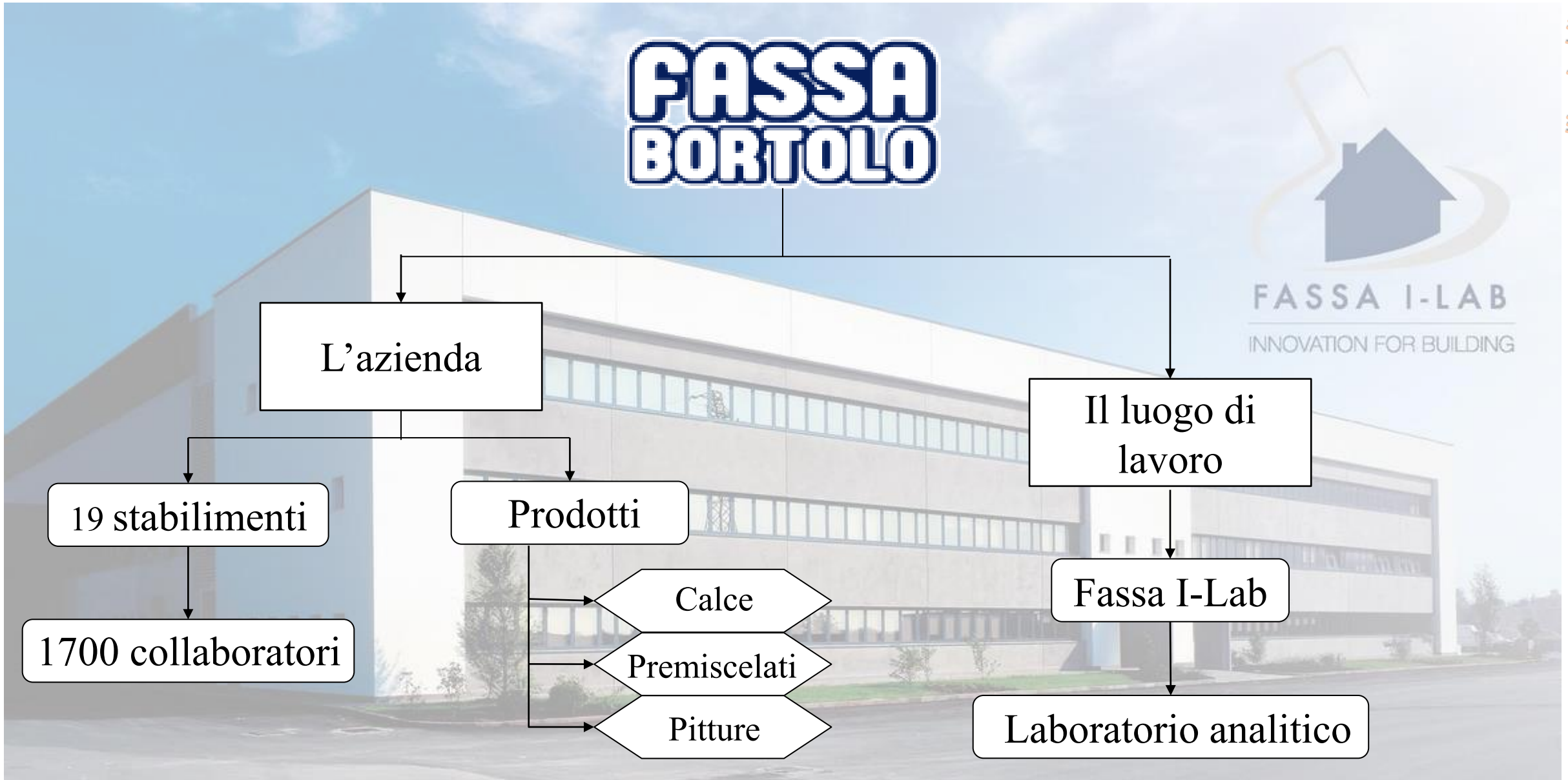
Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

Relazione per la prova finale
«MSWI FA: dalla caratterizzazione chimico-fisica alla
valutazione di fattibilità del loro riutilizzo nei
prodotti da costruzione, attraverso lo sviluppo di
processi di trattamento»

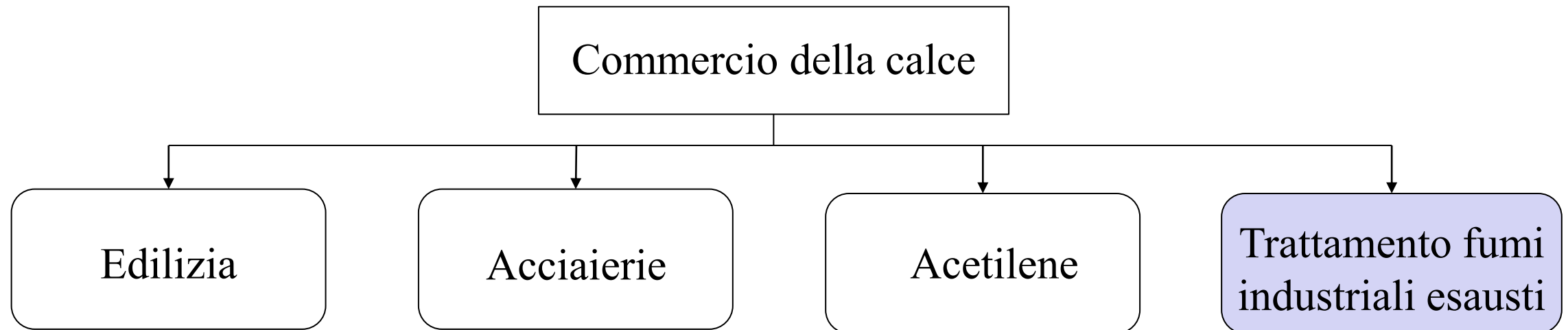
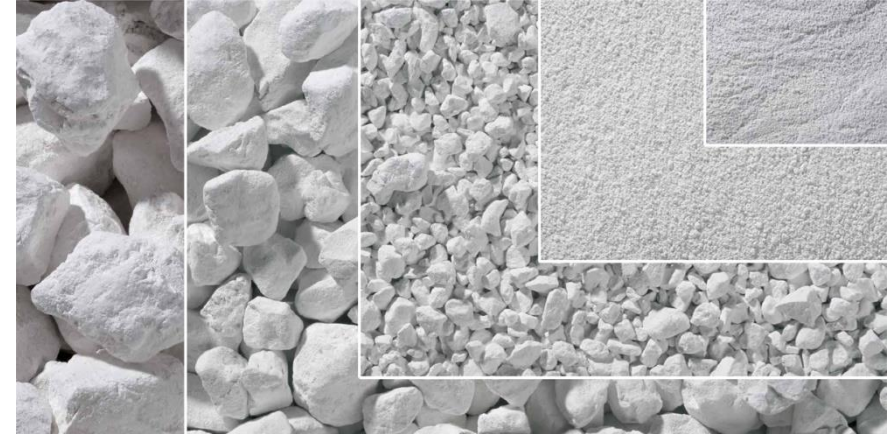
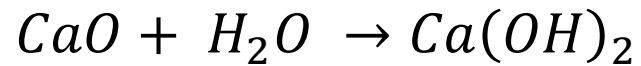
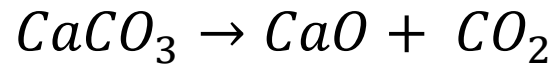
Tutor universitario: Prof. Lorenzetti Alessandra

Laureando: *Codemo Marco*

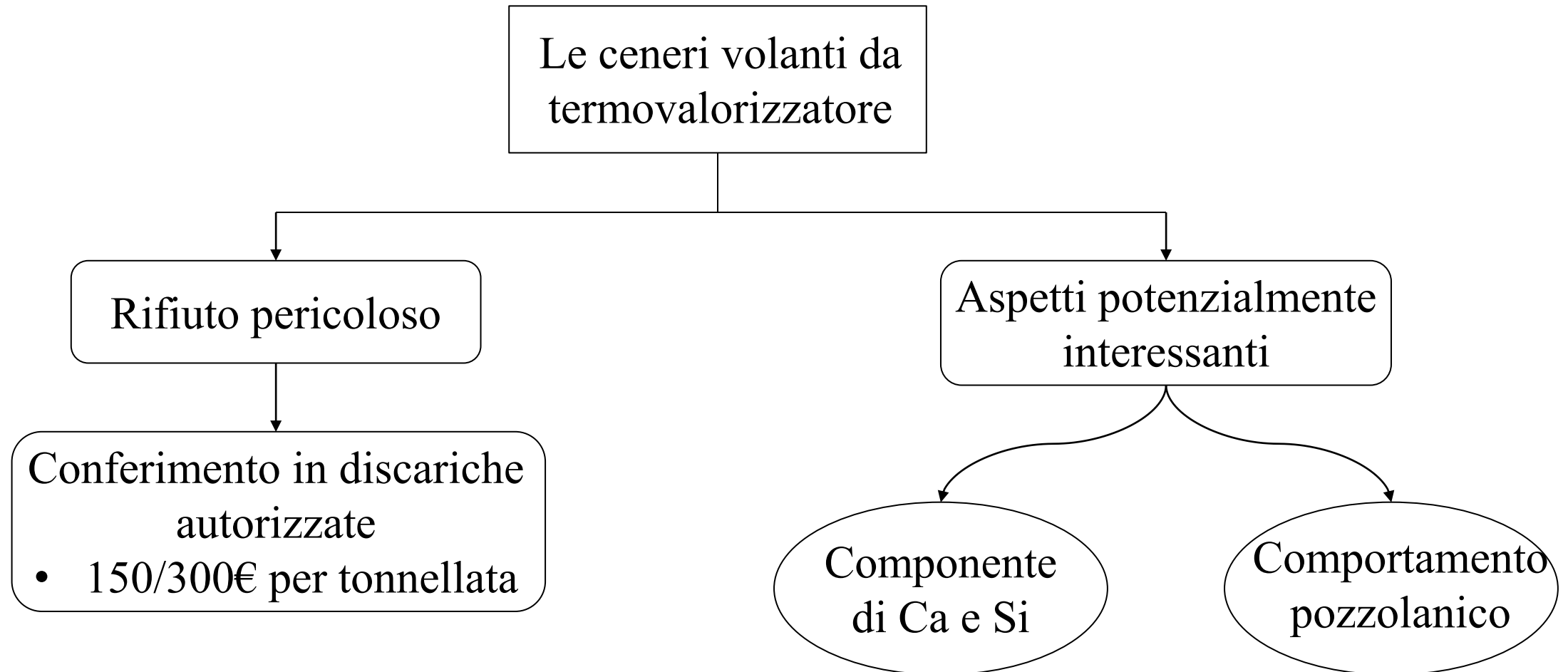
Padova, 15/09/2023



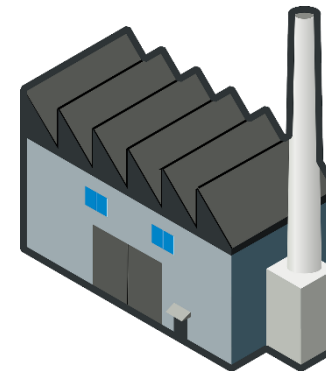
La calce



Dal trattamento dei fumi esausti con calce derivano le ceneri volanti (*Fly Ashes*)



**FASSA
BORTOLO**



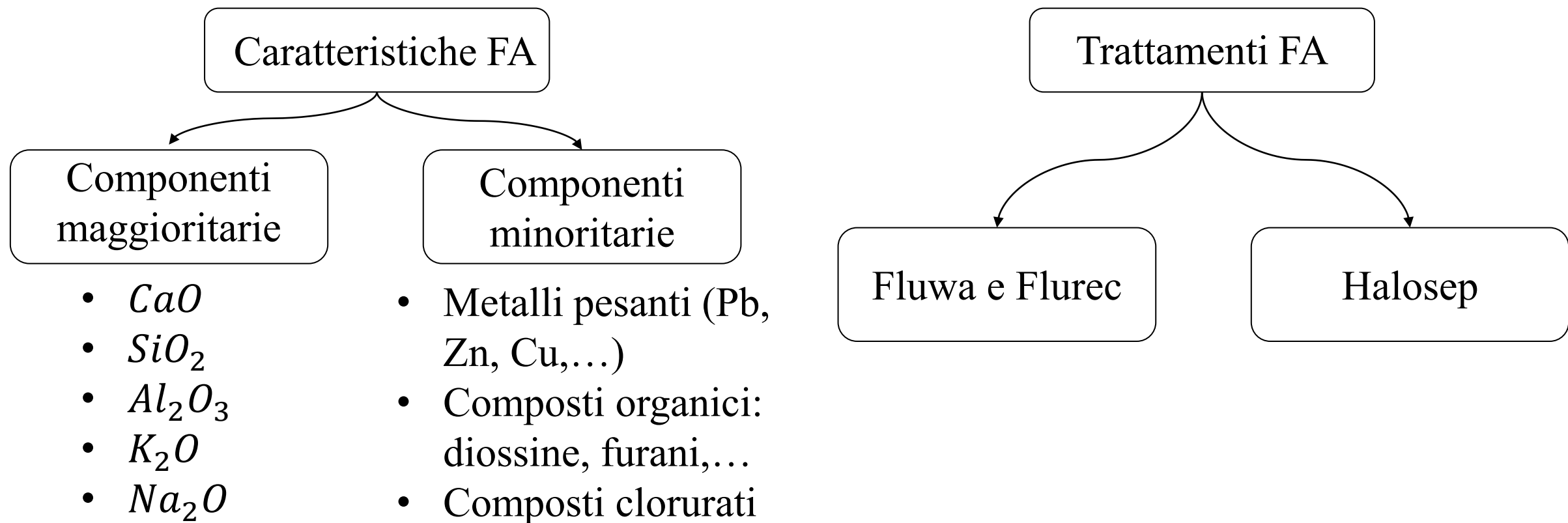
Tentativo di riutilizzo
delle ceneri volanti nei
prodotti per le
costruzioni

Caratterizzazione
chimico-fisica

Sviluppo processi
di trattamento

Prove
meccaniche

La ricerca bibliografica eseguita ha permesso di allineare la partenza del progetto con lo stato dell'arte nell'ambito del trattamento delle ceneri volanti



Si segnala una estrema variabilità nella composizione delle ceneri volanti

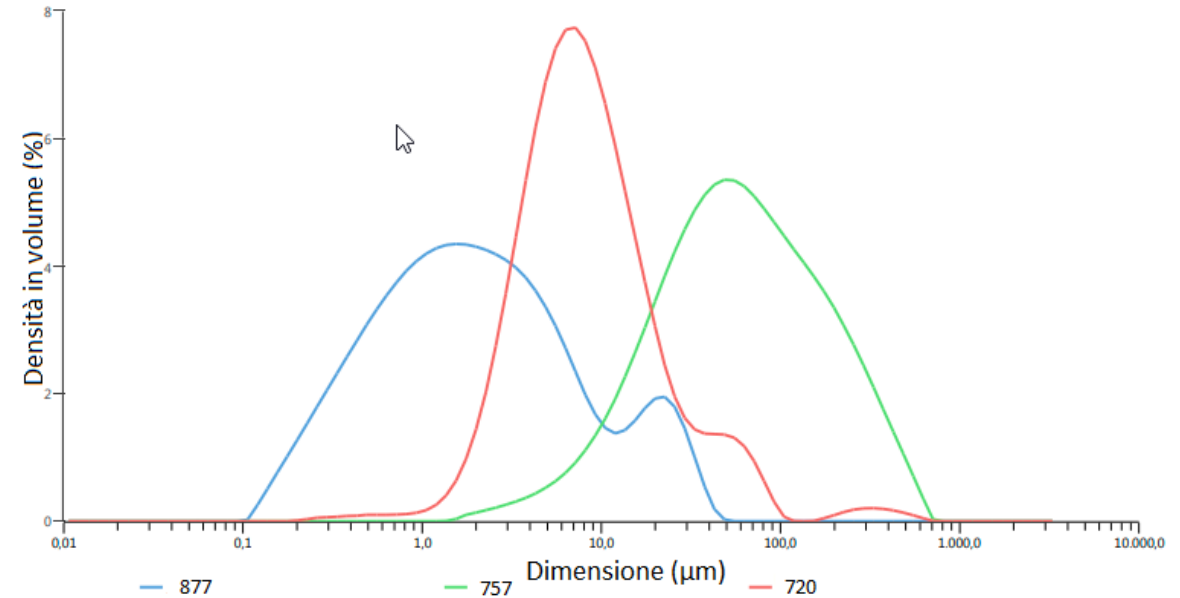
Nome	Provenienza	Descrizione
719	Inceneritore 1	Ceneri volanti pre trattamento con calce idrata
720	Inceneritore 1	Ceneri volanti post trattamento con calce idrata
757	Inceneritore 2	Ceneri volanti
877	Fornace laterizi	Ceneri volanti



Sui campioni è stata eseguita l'analisi granulometrica e l'analisi dell'area superficiale

• ANALISI GRANULOMETRICA

	il 10% delle particelle di campione hanno dimensione inferiore a: (μm)	il 50% delle particelle di campione hanno dimensione inferiore a: (μm)	il 90% delle particelle di campione hanno dimensione inferiore a: (μm)
720	0,366	1,87	14,8
757	13,6	57,8	246
877	2,99	7,77	29,8



Sui campioni è stata eseguita l'analisi granulometrica e l'analisi dell'area superficiale

- ANALISI AREA SUPERFICIALE BET

Campione	719	720	757	877
Area superficiale (m ² /g)	3,454	9,130	5,905	27,911



- Analisi elementare Carbonio e Zolfo

Contenuto % in peso di C ed S

		719	720	757	877
wt. (%)	CO ₂	5,95 ± 0,20	11,33 ± 0,11	6,76 ± 0,06	1,88 ± 0,40
	SO ₃	3,40 ± 0,14	3,49 ± 0,16	9,30 ± 0,44	3,98 ± 0,36
	C	1,62 ± 0,05	3,09 ± 0,03	1,84 ± 0,02	0,51 ± 0,11
	S	1,36 ± 0,06	1,40 ± 0,07	3,73 ± 0,17	1,59 ± 0,14



- Fluorescenza ai raggi X - XRF

Contenuto % in peso dei principali ossidi

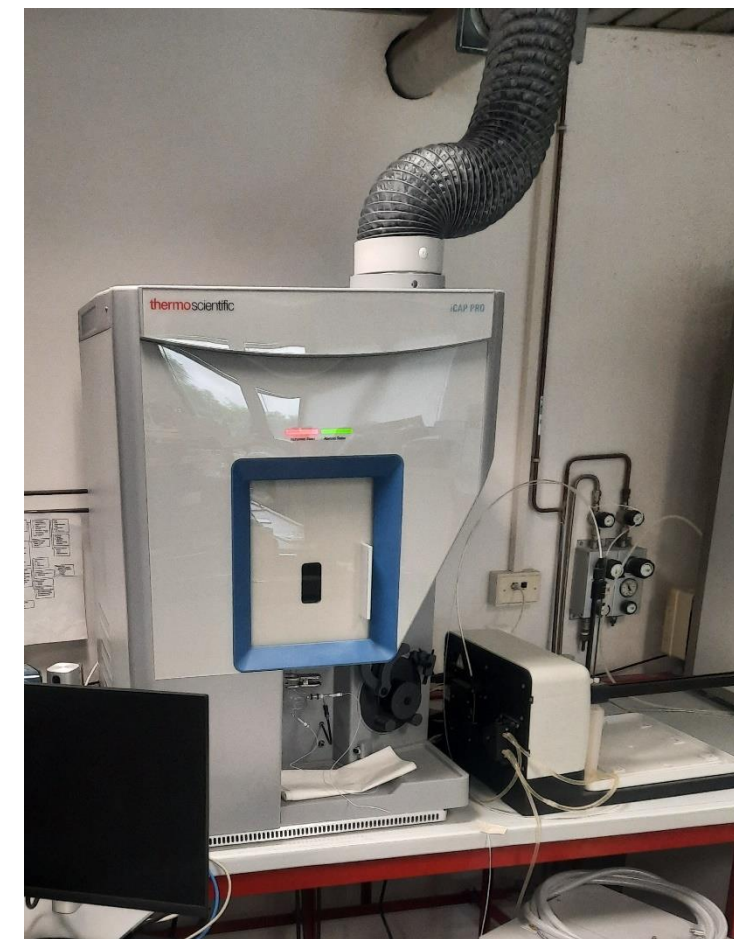
		719	720	757	877
wt. (%)	CaO	30,09 ± 0,11	46,18 ± 0,32	31,99 ± 0,34	75,84 ± 3,37
	MgO	3,03 ± 0,06	1,67 ± 0,20	2,36 ± 0,02	0,00 ± 0,00
	SiO ₂	28,40 ± 0,16	4,13 ± 0,19	16,01 ± 0,11	3,59 ± 2,73
	Al ₂ O ₃	13,45 ± 0,03	2,19 ± 0,14	7,74 ± 0,08	0,65 ± 0,46
	Fe ₂ O ₃	5,13 ± 0,01	0,76 ± 0,02	2,51 ± 0,04	0,37 ± 0,03
	Na ₂ O	1,20 ± 0,09	1,07 ± 0,32	2,29 ± 0,36	0,00 ± 0,00
	Cl	4,37 ± 0,39	17,20 ± 0,25	7,83 ± 0,21	5,42 ± 0,15
	LOI	4,44 ± 0,30	19,43 ± 1,28	11,29 ± 0,01	10,32 ± 0,33



- Inductively Coupled Plasma - ICP

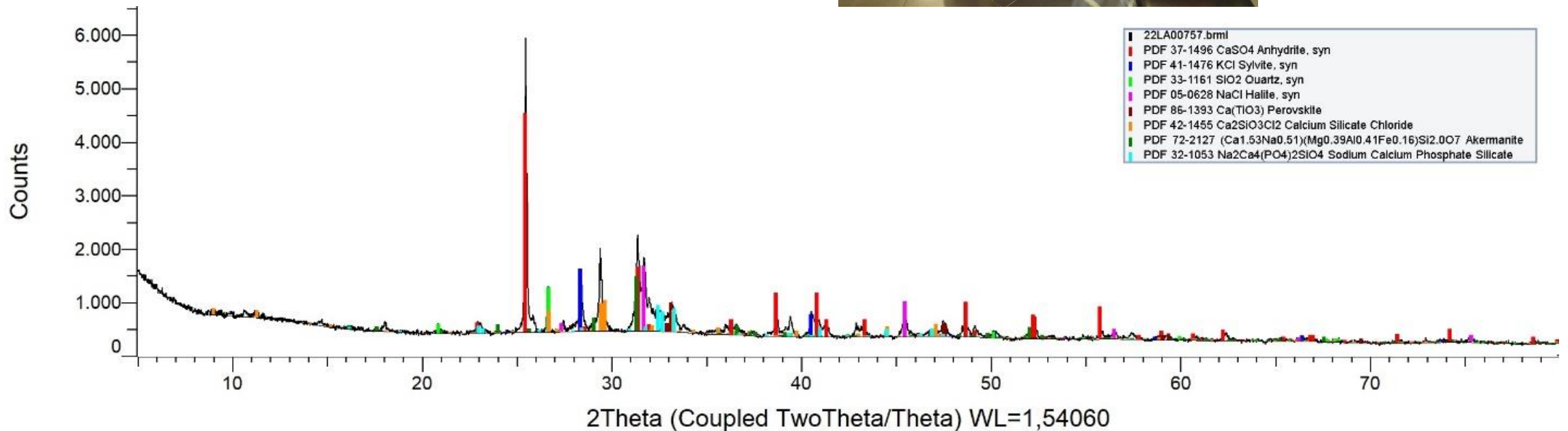
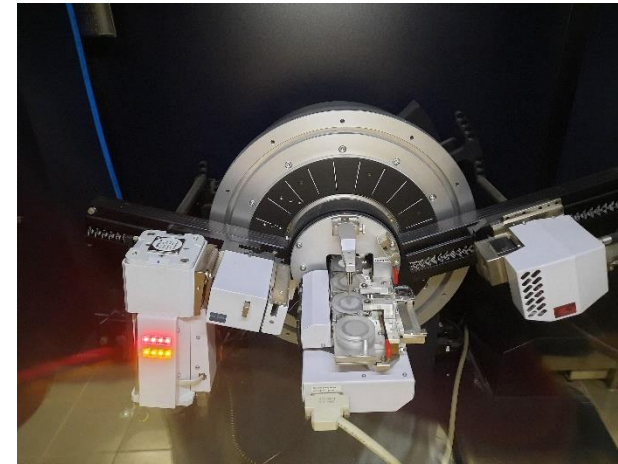
Contenuto in ppm dei costituenti minoritari

	ppm									
	B	Zn	Sb	Pb	Cu	Rb	Ba	Ni	Mn	Cr
719	193,03	3902,07	356,89	351,86	745,93	408,03	134,47	195,97	935,34	234,73
720	70,00	8261,24	683,04	1693,76	518,41	653,06	256,64	43,86	181,09	69,01
757	185,53	6566,08	854,70	1154,28	543,06	592,57	127,16	83,97	707,78	270,97
877	222,22	25,17	3,27	5,87	7,20	411,72	42,71	2,92	22,89	6,84

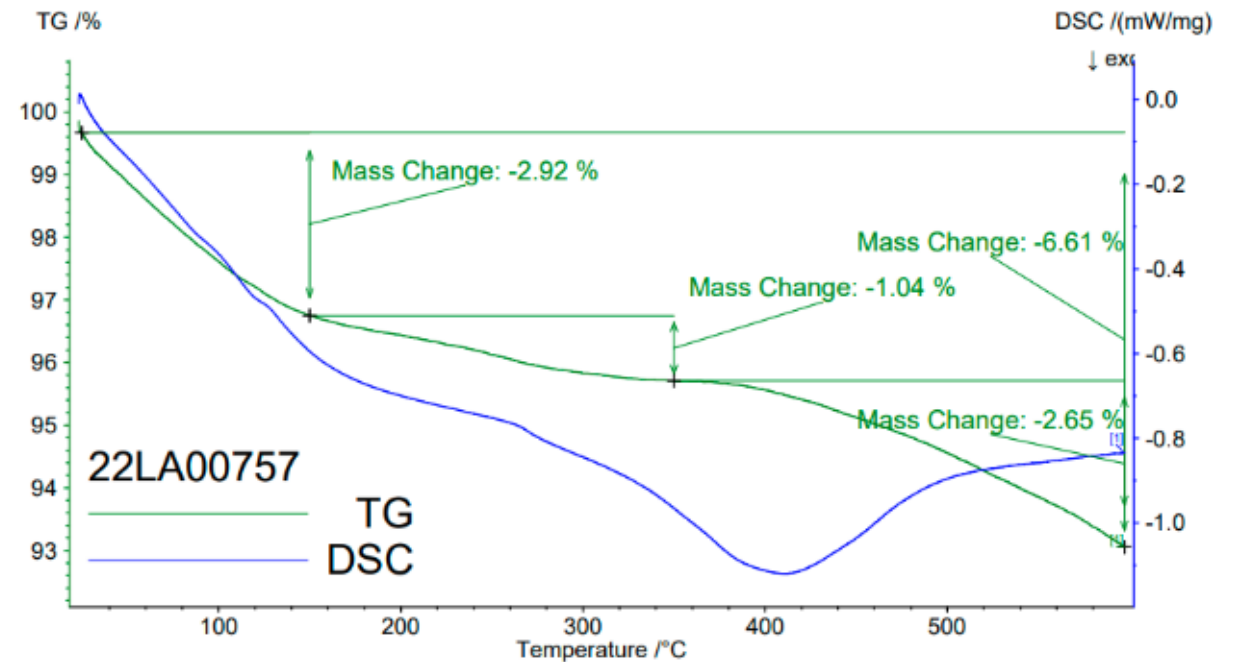


- Diffrazione ai raggi X - XRD

Fasi cristalline presenti

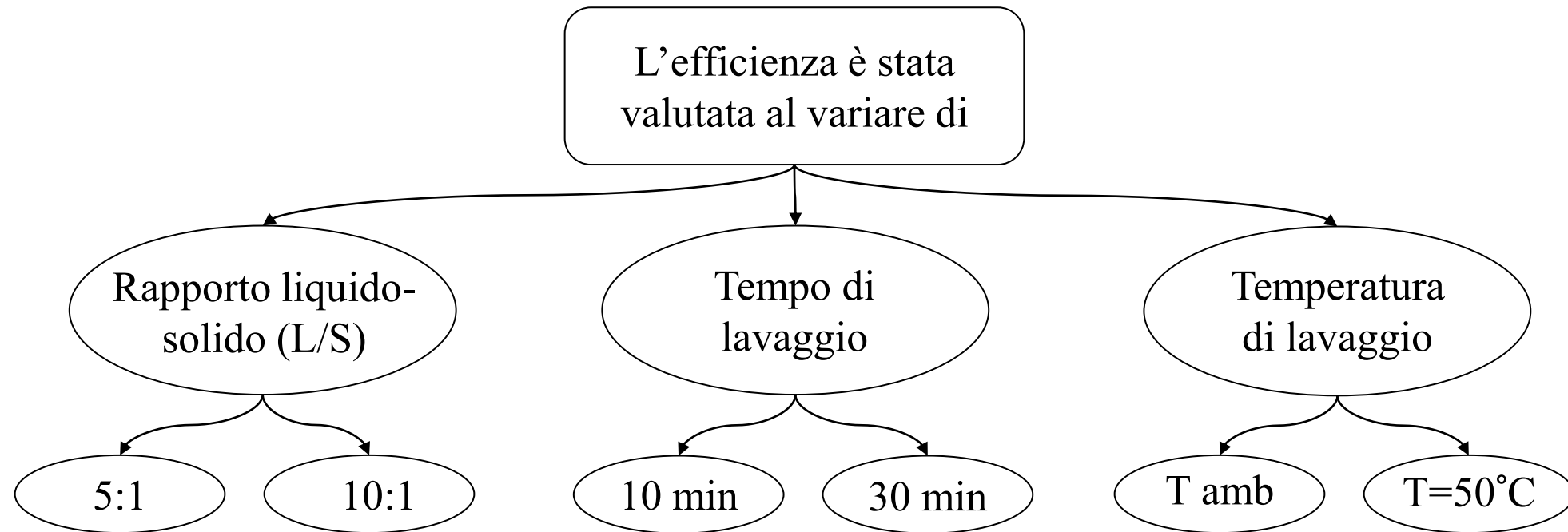


- Analisi termogravimetrica - TGA
 - Curva TG: variazione della massa in funzione della temperatura
 - Curva DSC: variazione del calore specifico in funzione della temperatura



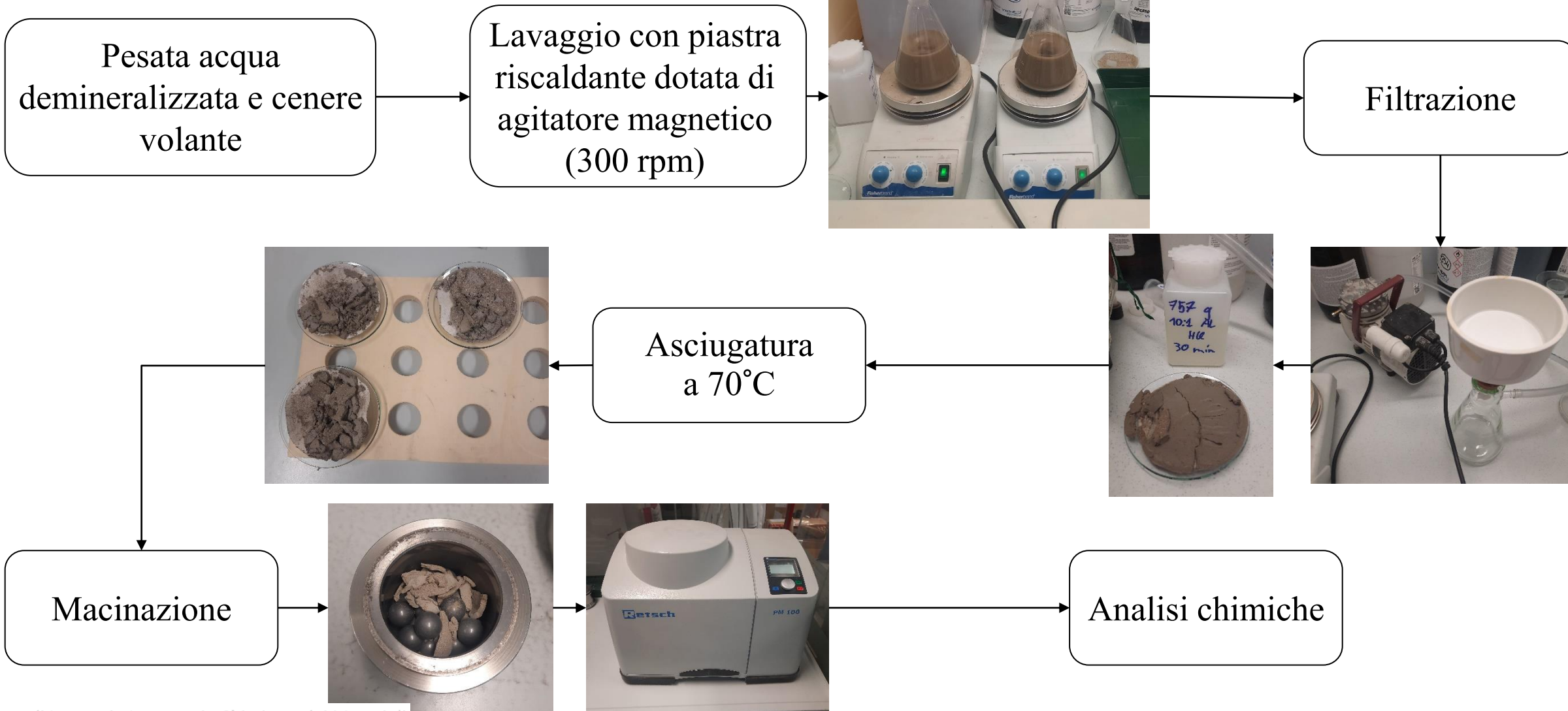
LAVAGGI CON ACQUA DEMINERALIZZATA

Sono stati eseguiti per valutare l'efficienza di rimozione del cloro, componente dannoso se presente nei prodotti per le costruzioni



Per ciascuna condizione il lavaggio è stato ripetuto due volte, in totale sono stati eseguiti quindi 64 lavaggi con acqua demineralizzata

- Procedura seguita

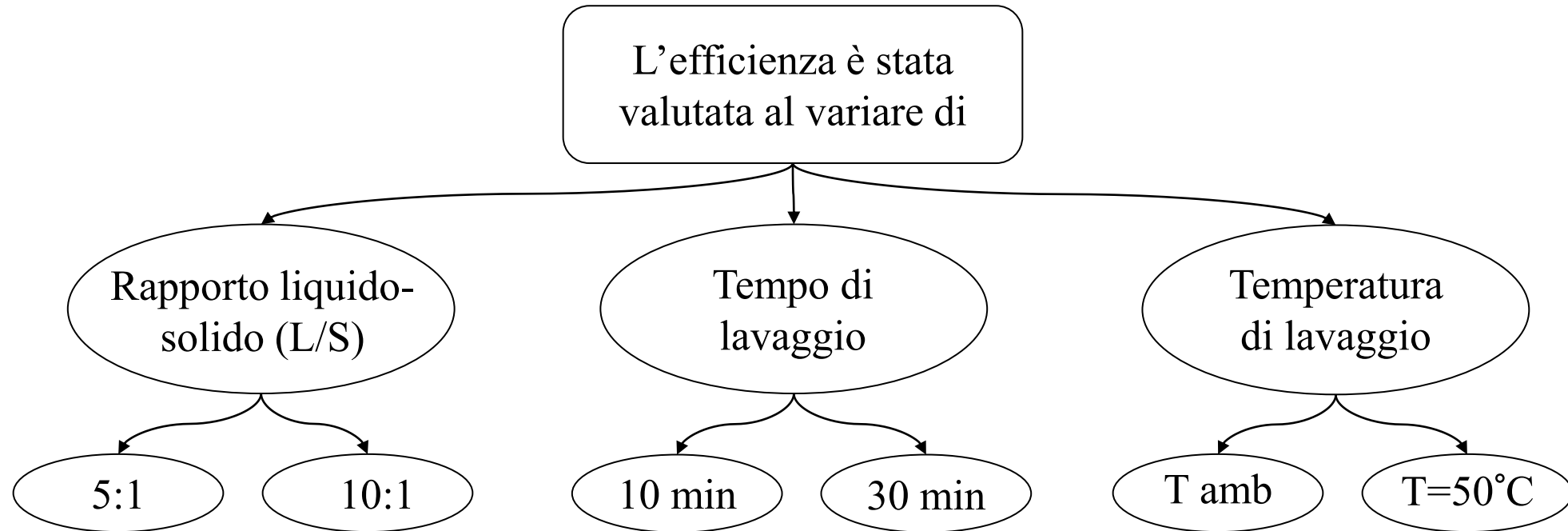


- Risultati

- Rapporto L/S: ha una importante influenza sulla prestazione offerta dal lavaggio: quando $L/S = 5$ l'efficienza oscilla tra il 50% e il 63%, quando $L/S = 10$ la rimozione di cloro sale al 74-78%
- Tempo: tra i lavaggi di durata 10 min e quelli di durata 30 min non si osservano significative differenze
- Temperatura: l'effetto della temperatura è modesto e limitato ai campioni 719 e 720

LAVAGGI CON SOLUZIONE DI ACIDO CLORIDRICO

Sono stati eseguiti per valutare l'efficienza di rimozione dei metalli pesanti, la soluzione aveva concentrazione 1 molare

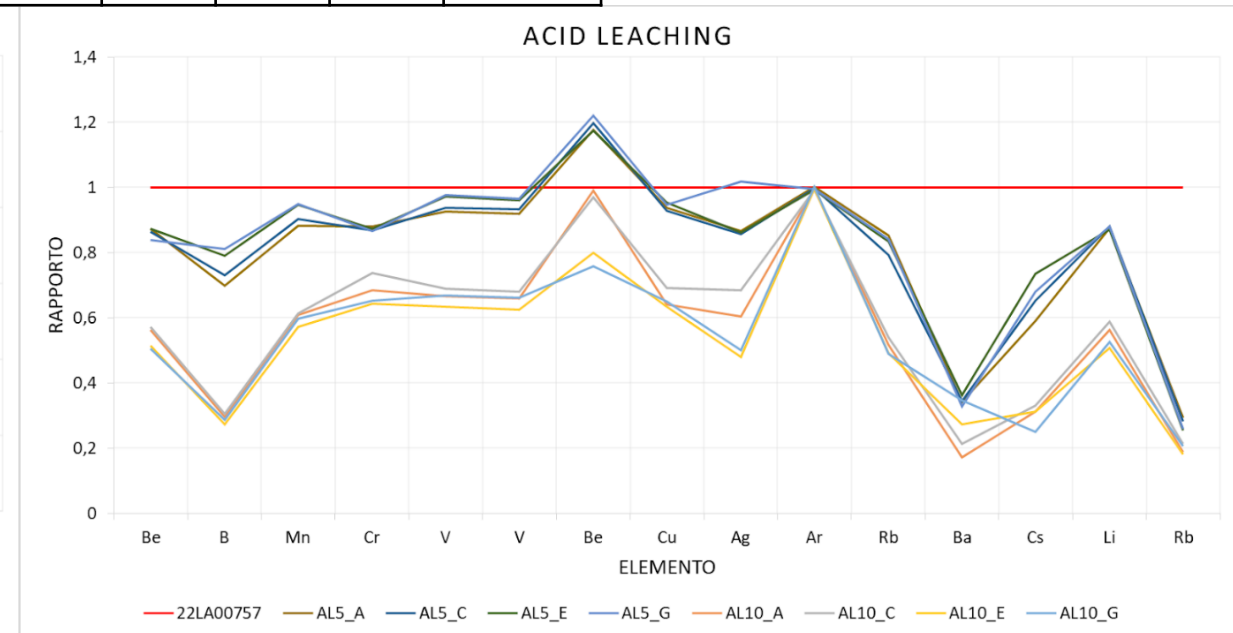
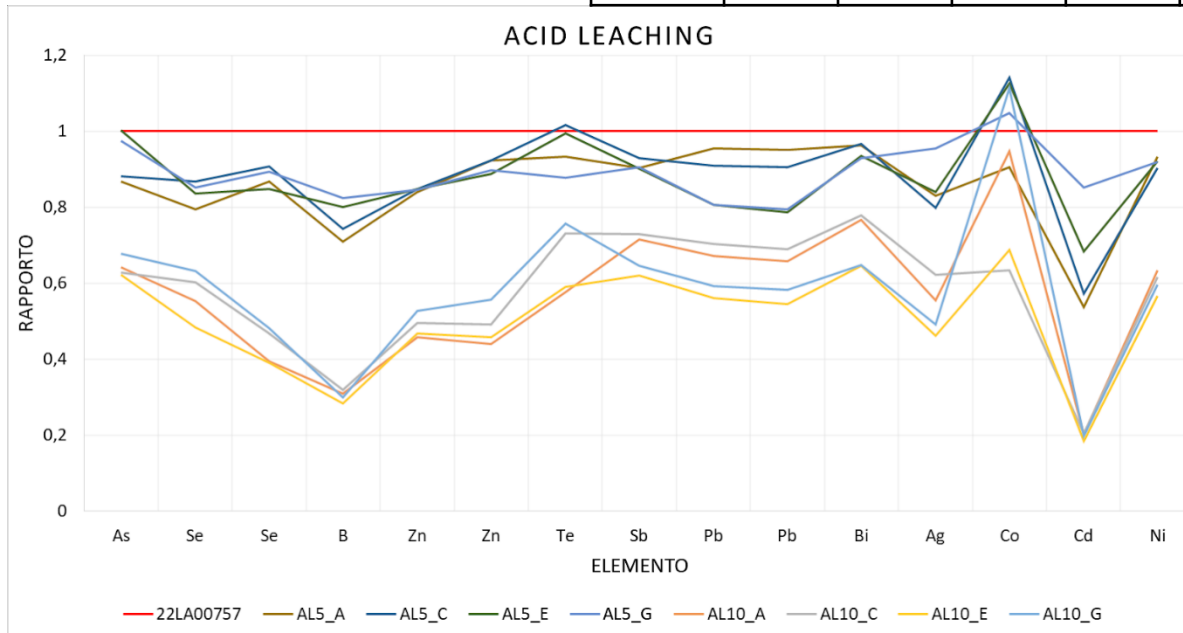


Per ciascuna condizione il lavaggio è stato ripetuto due volte, ma limitatamente al campione 757. In totale sono stati eseguiti quindi 16 lavaggi acidi

• Risultati

Per valutare l'efficienza di rimozione dei metalli pesanti si riportano i risultati dell'analisi ICP

Nome nel grafico	AL5_A	AL5_C	AL5_E	AL5_G	AL10_A	AL10_C	AL10_E	AL10_G	757
L/S	5:1	5:1	5:1	5:1	10:1	10:1	10:1	10:1	campione originale
T (°C)	T _{amb}	T _{amb}	50	50	T _{amb}	T _{amb}	50	50	
t (min)	10	30	10	30	10	30	10	30	



COMBINAZIONE DI TRATTAMENTI

Per integrare i vantaggi derivanti dai lavaggi acidi con quelli derivanti dai lavaggi con acqua demineralizzata le due tecniche sono state eseguite in successione

Al lavaggio acido è stato fatto seguire un lavaggio con soluzione di carbonato di sodio

LAVAGGIO ACIDO

- L/S = 5
- T ambiente
- T = 10 min

LAVAGGIO CON ACQUA

- L/S = 10
- T ambiente
- t = 10 min

LAVAGGIO ACIDO

- L/S = 5
- T ambiente
- T = 10 min

LAVAGGIO CON SOLUZIONE DI CARBONATO DI SODIO

- L/S = 10 oppure 20
- T ambiente
- t = 10 min oppure 30 min
- Concentrazione = 20-40-80 g/l

- Risultati

La combinazione migliore

LAVAGGIO ACIDO

- L/S = 5
- T ambiente
- T = 10 min



LAVAGGIO CON SOLUZIONE
DI CARBONATO DI SODIO

- L/S = 20
- T ambiente
- t = 30 min
- Concentrazione = 80 g/l

Con questa combinazione si è osservata una rimozione del cloro del 90% e dello zolfo del 60%.

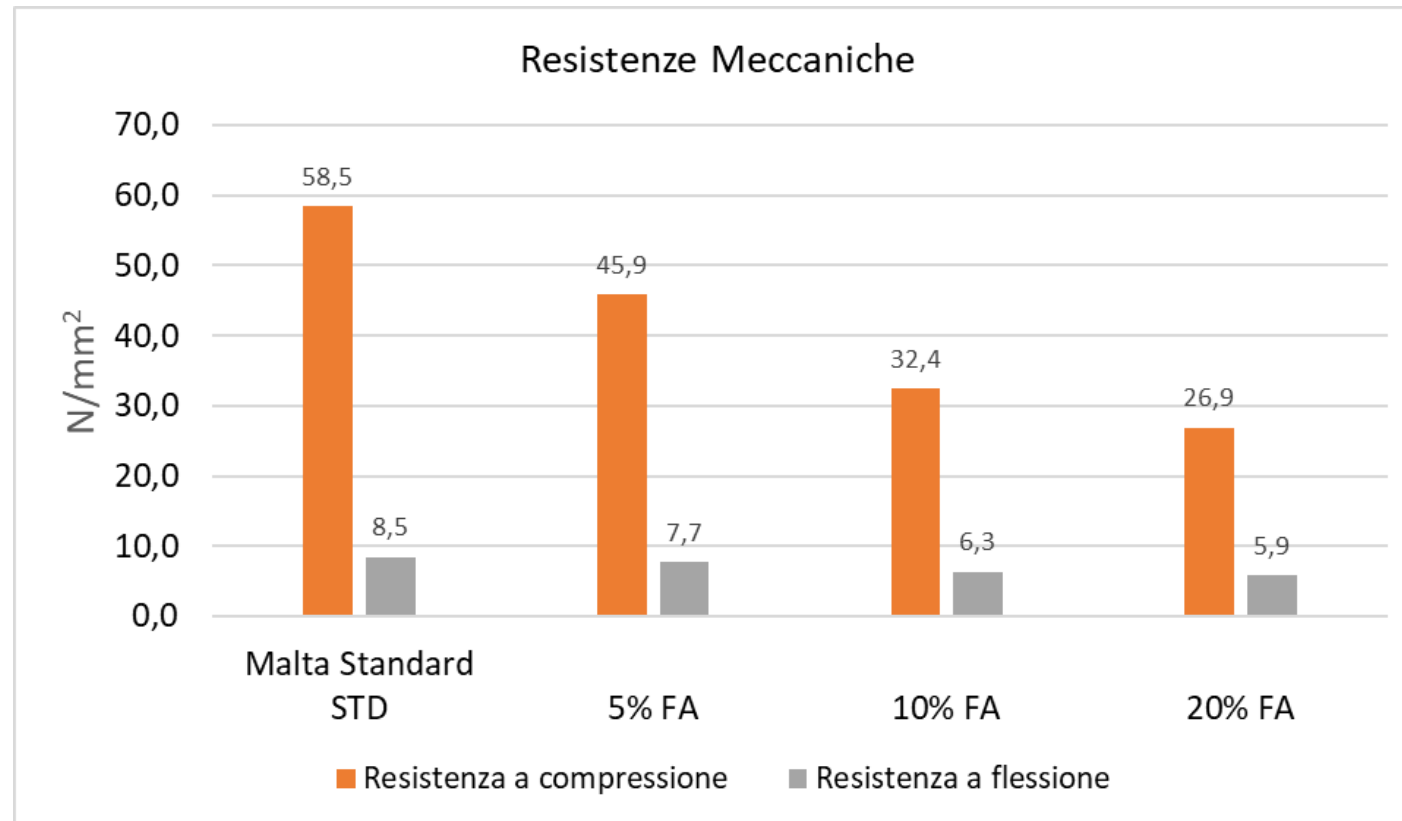
Con la cenere volante trattata sono stati prodotti i provini di malta standard per le prove meccaniche di flessione e compressione



OSSERVAZIONI

- Aumento della viscosità all'aumentare del contenuto percentuale di ceneri volanti
- Moderata lievitazione dopo qualche ora

- Risultati



Le proprietà meccaniche decrescono al crescere del contenuto di ceneri volanti, pur rimanendo in un campo di interesse pratico per basse percentuali

