



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO

Fondamenti scientifici per l'uso del vetro nella produzione di Vitreous China

Alessandro Pavese
Dipartimento di Scienze della Terra
Università degli Studi di Milano

I risultati discussi sono stati conseguiti nell'ambito di una
Collaborazione tra
UniMi-CNR-Ideal Standard (Laboratorio Trichiana)-Minerali Industriali



**PROGETTI
INDUSTRIALI**



**MISSIONE UNIVERSITA' &
ENTI DELLA RICERCA**

- INQUADRAMENTO FENOMENOLOGIE
- TRASFERIMENTO ELEMENTI CONOSCITIVI A pre-PRODUZIONE
 - NUOVI SVILUPPI CONOSCITIVI
 - MODELLING





2009:
INIZIO COLLABORAZIONE
UNIMI-MINERALI INDUSTRIALI-IDEAL STANDARD

OBIETTIVO

IMPIEGO *TOUT-COURT* DEL VETRO NEI PROCESSI
SANITARYWARE

SVILUPPI

2012-13: SANITSER project

VITREOUS

CULLET GLASS



STAGES DELLA PRESENTAZIONE

RUOLO DEL VETRO

PRIME INDICAZIONI SU CORPI
ESTESI

PROBLEMI

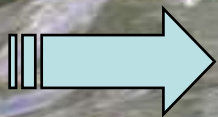
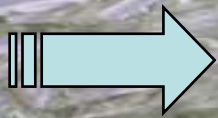
*AFFRONTATI
IN TERMINI
GENERALI*





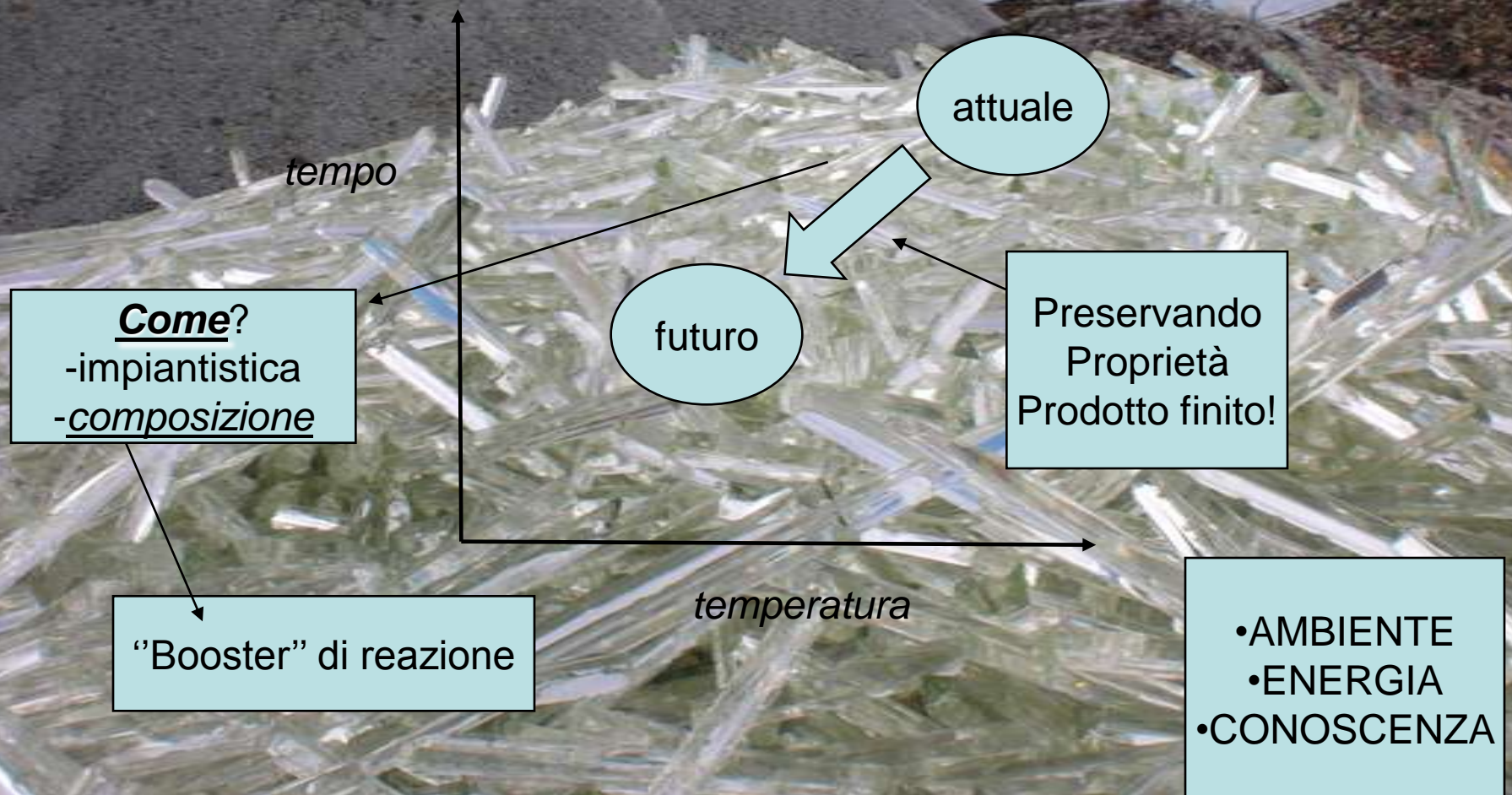
PROCESSI ED EQUILIBRIO AD ALTA TEMPERATURA

Aspetti del processo	Caratteri specifici	Esempi	Relazione con ceramici
-Trasformazione <u>oppure</u> -Pura equilibrata	-Input e output differenti <u>oppure</u> -eguali	-Ceramici, cementi <u>oppure</u> -Al ₂ O ₃ alta temp	Caolinite+argille+quarzo +feldspati⇒ Mullite+vetro+quarzo
Equilibrata in tempo Δt a Temperatura data	Dopo Δt , anche procedendo non cambia l'output	Rocce	Dipendenza da ciclo termico e parametrizzazione T-t (metastabilità)





PROCESSI CERAMICI: FORTE CORRELAZIONE INPUT-CONDIZIONI TRASFORMAZIONE-OUTPUT





Esempio:
EFFETTI DI COMPOSIZIONE:
FELDSPATO/QUARZO

Prodotto finale: **mullite**,
quarzo residuo, vetro
Marker di
velocità di reazione

Velocità di formazione
Mullite in funzione di feldspato

$$K = A \exp(-E_a / RT)$$

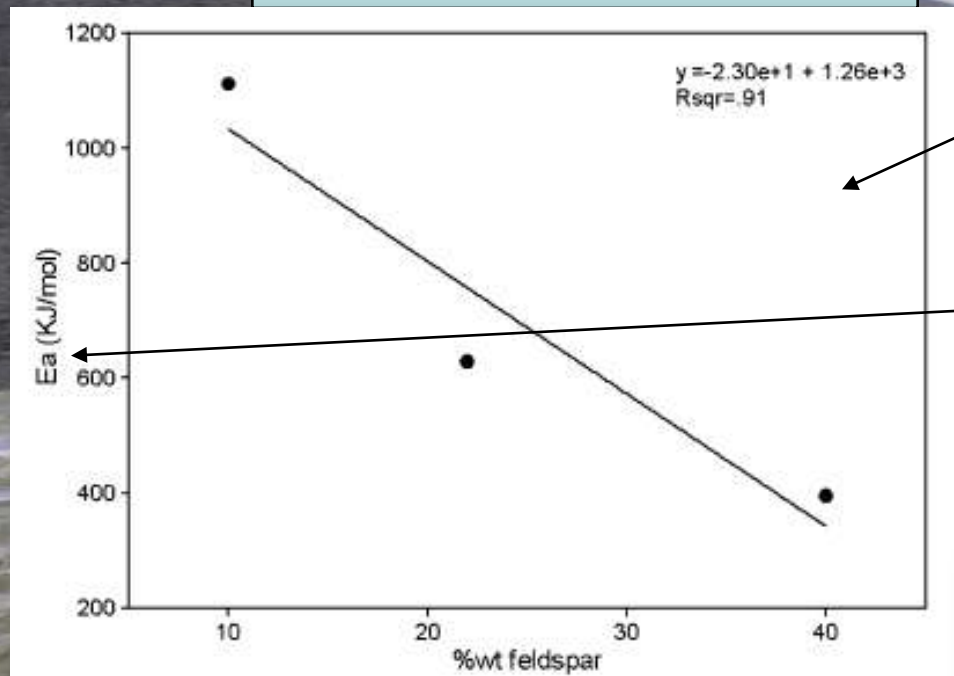
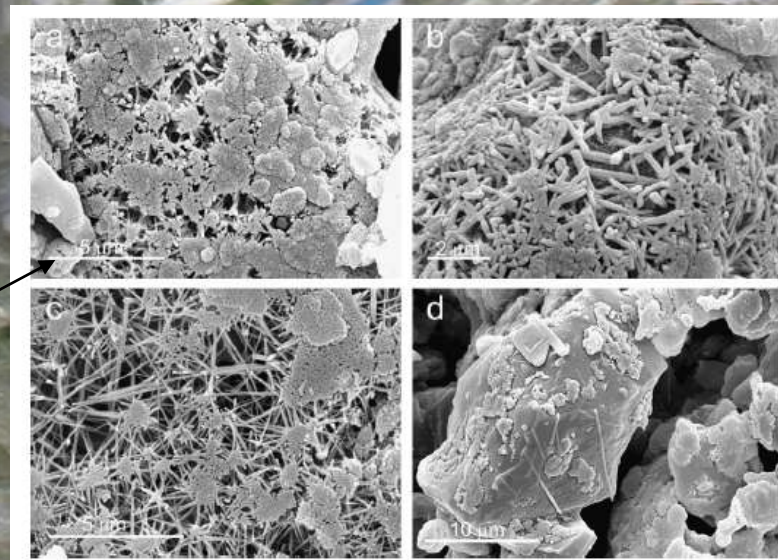


Fig. 7. Relationship between the feldspar amount in the samples with their apparent activation energy (E_a).

Morfologie di mullite
In funzione di feldspato





Esempio: EFFETTI DI COMPOSIZIONE: KAOLINITE/FELDSPATO

Caolinite ordinata

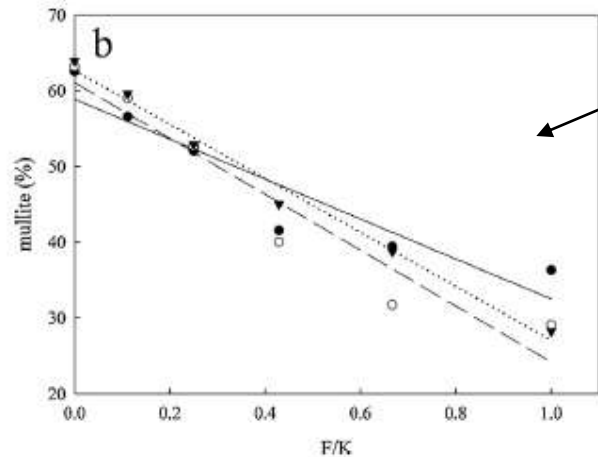
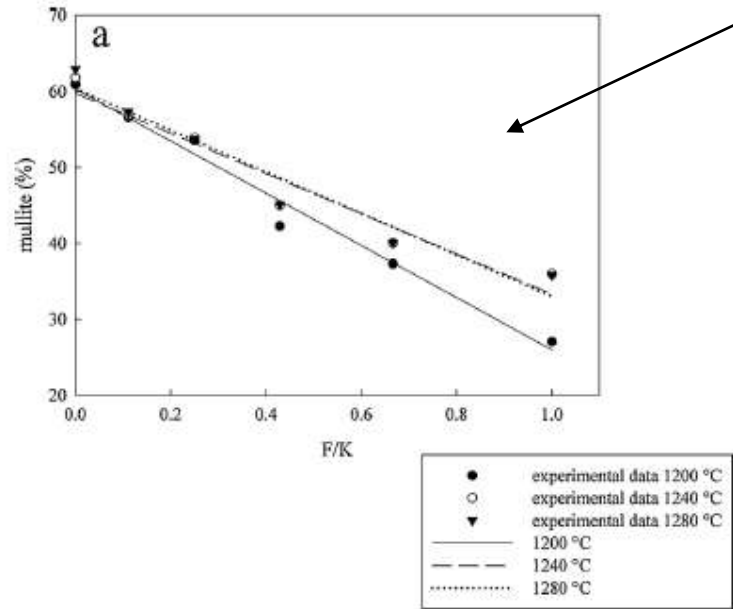
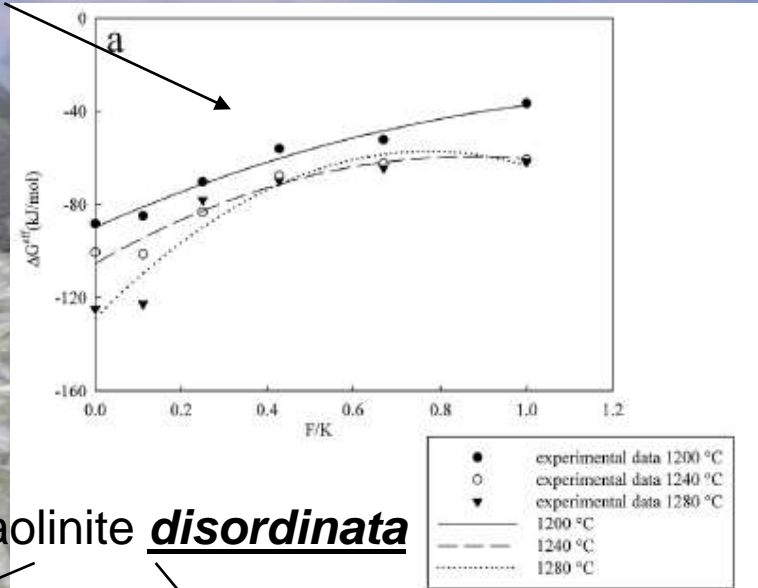


Fig. 2. Mullite content as a function of F/K ratio at different temperatures: (a) ordered and (b) disordered kaolinite mixed with feldspar.



Caolinite disordinata

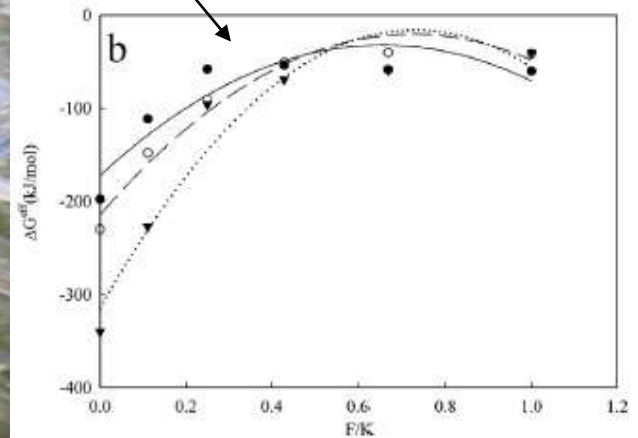


Fig. 5. ΔG^{eff} at different F/K ratio and temperatures.



RISULTATI RELATIVI A CULLET-GLASS

I risultati presentati sono stati ottenuti mediante misure, elaborazioni e discussioni nel quadro di una collaborazione tra UniMi-CNR-Ideal Standard (Laboratorio Trichiana)-Minerali Industriali

1) Slip con circa
22% feldspato-(dato reale)

2) Sostituzione del feldspato
con vetro, in termini di:

100%==22% vetro in slip
50%==11% vetro in slip
33%==7% vetro in slip
0%==0% vetro in slip

CINETICA DI REAZIONE

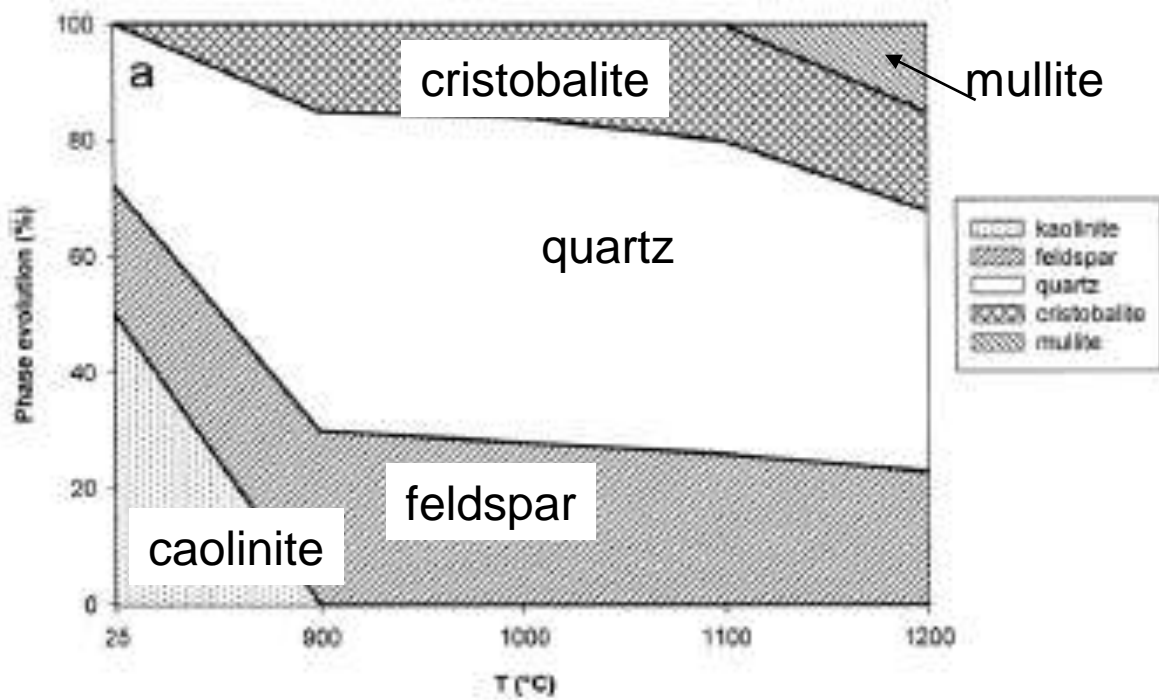
RIDUZIONE
TEMPERATURE

Laboratori UniMi

PROPRIETA' DI CORPI
ESTESI

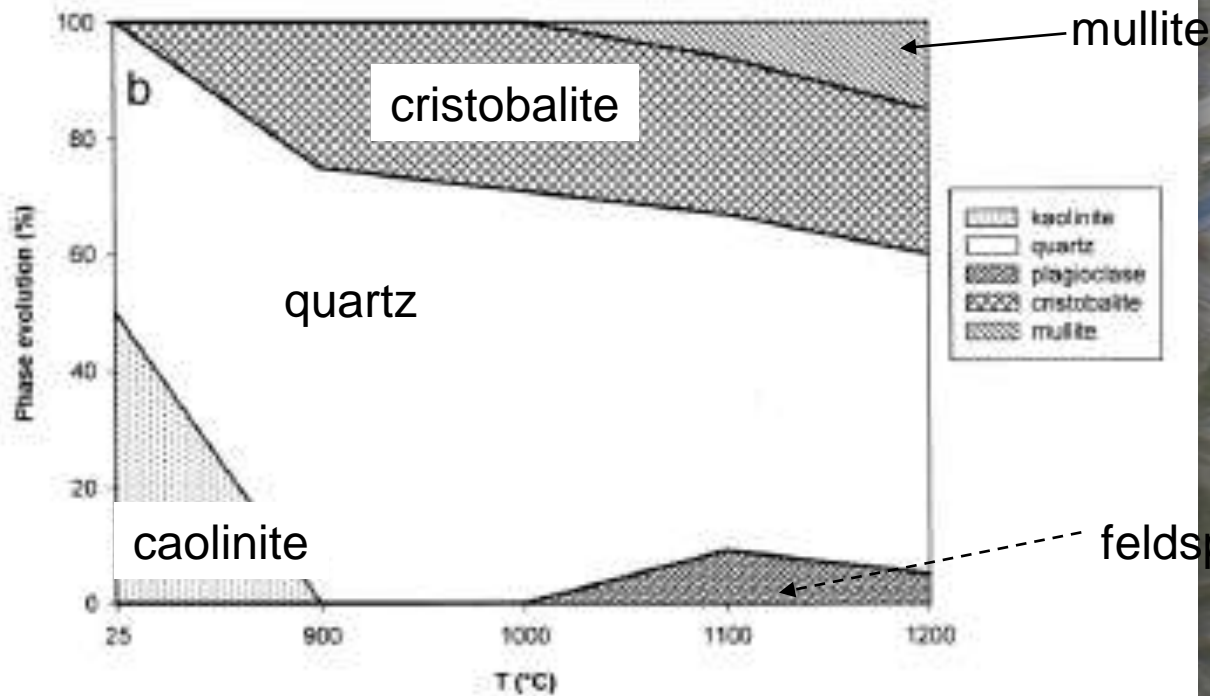
INDICAZIONI SUL
COMPORTAMENTO
DEL CERAMICO

Laboratori Trichiana



Campione con
Vetro al 7%
Felds al 15%

SVILUPPO FASI
IN RAMPA DI
RISCALDAMENTO

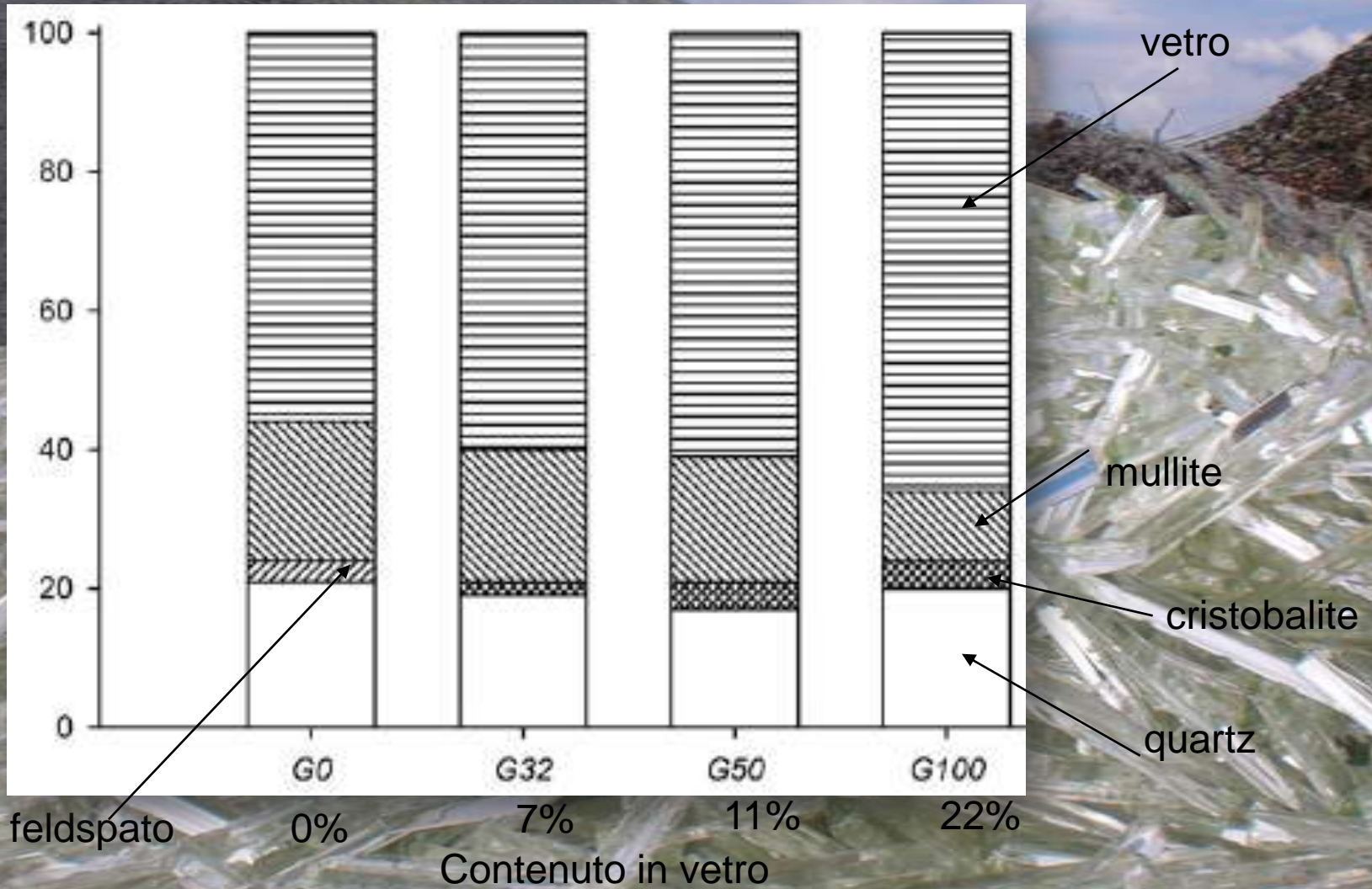


Campione con
Vetro al 22%
Feldsp a 0%





Composizione in fase a **termine firing**



1/3 vetro+ 2/3 feld

1/2 vetro+ 1/2 feld

Cinetica di formazione della mullite

Sample	SLS glass (wt%) in the blends	Mullite kinetics		
		t (min) $\alpha = 0.5$ at 1060 °C	E_a (kJ/mol)	R^2
G0	0	—	1112	0.98
G32	7	155	624	0.95
G50	11	90	398	0.98
G100	22	80	903	0.99

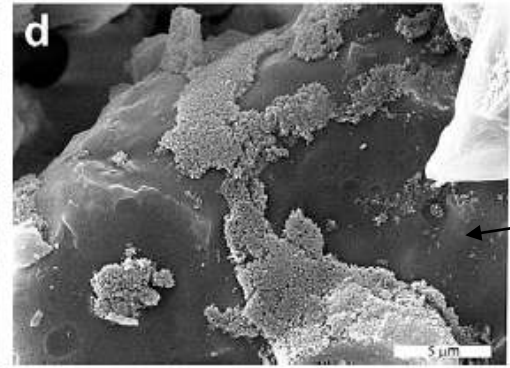
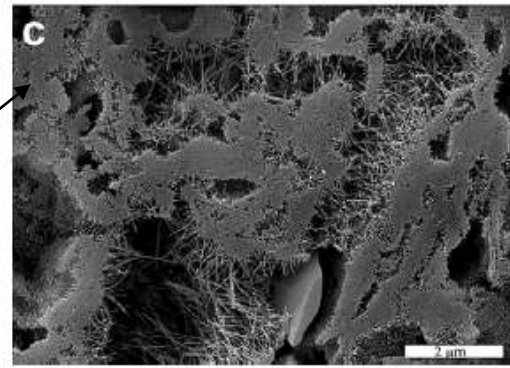
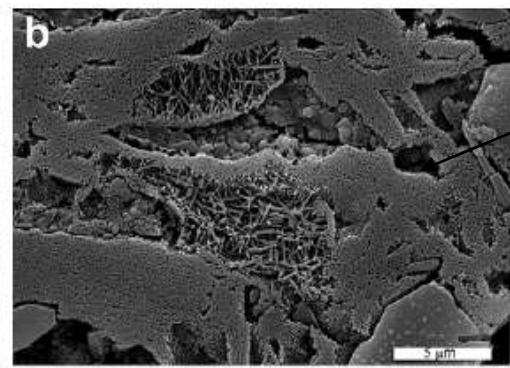
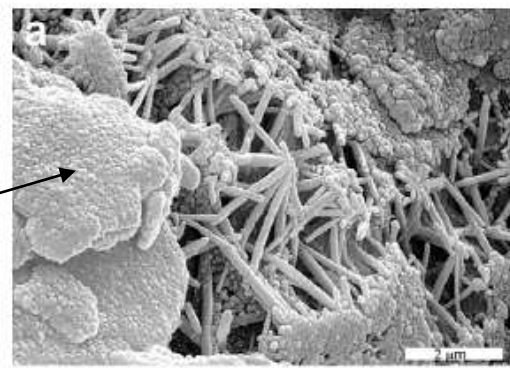
Sostituzione totale
Feldspato con vetro

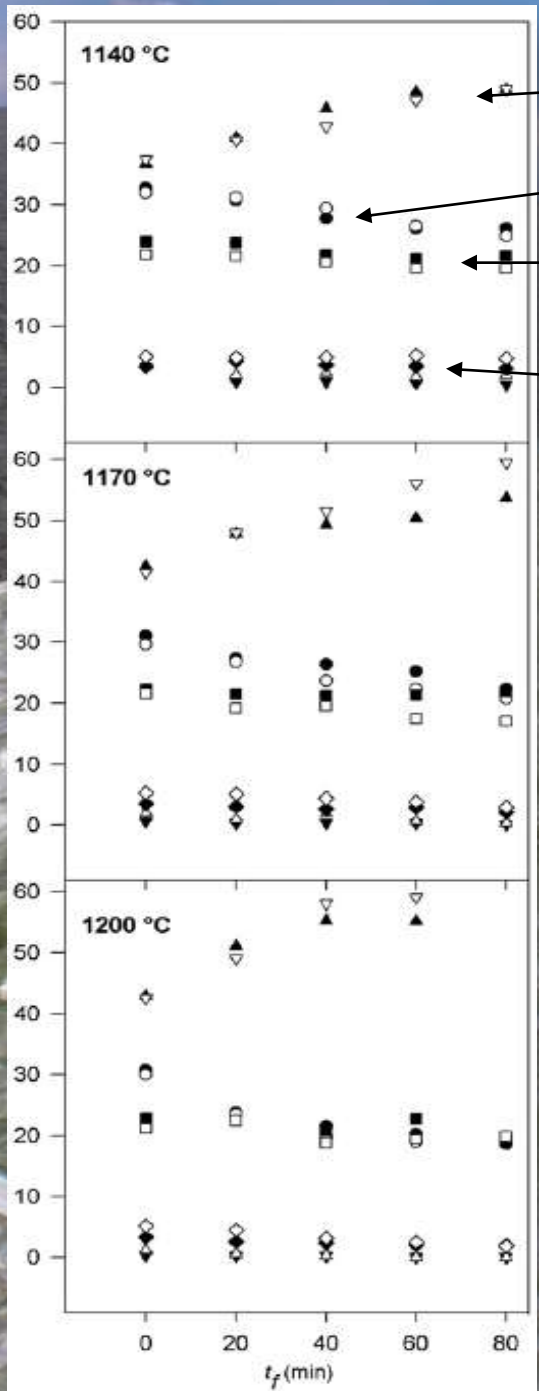
0%

11%

7%

22%





vetro

quartz

mullite

cristobalite+feldspato

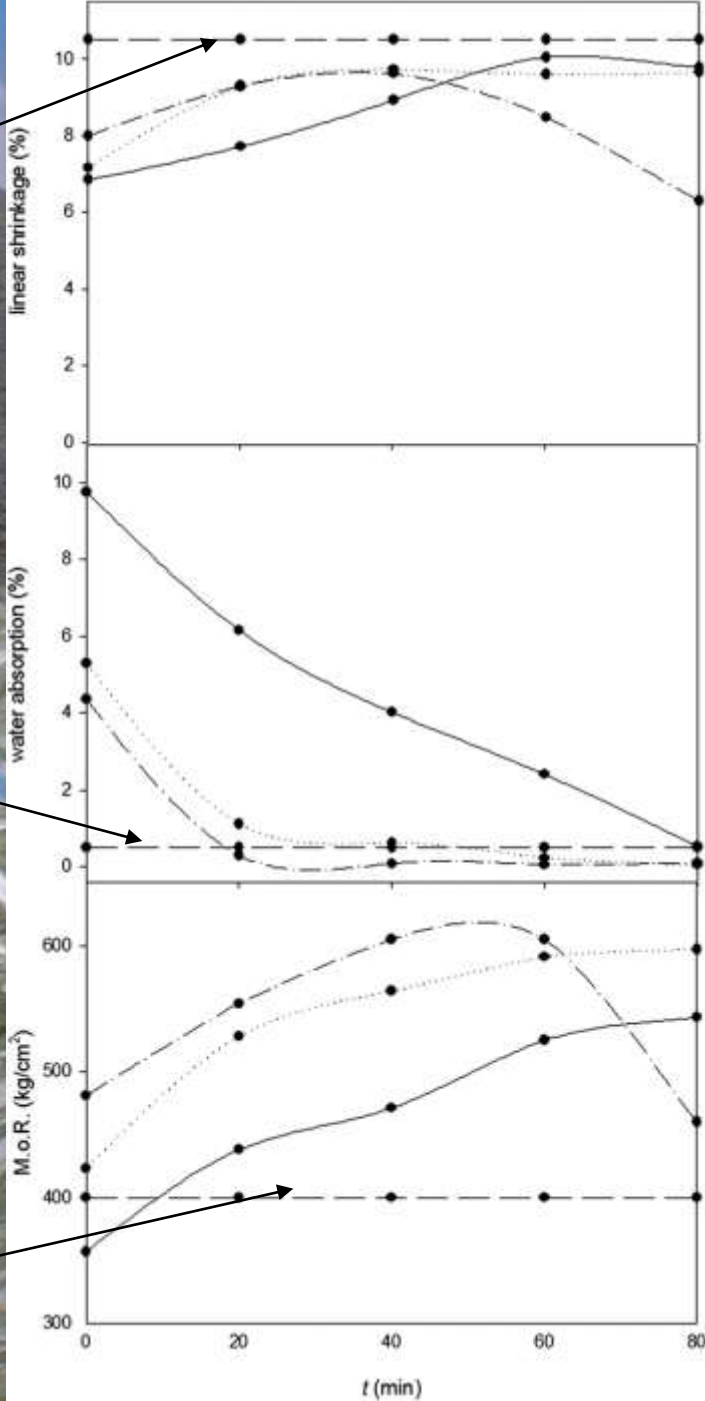
Fasi che si formano
In funzione di temperatura
e tempo



riferimento

riferimento

riferimento



Linear shrinkage

Water absorption

MoR



PROBLEMI DA AFFRONTARE

- TUNING CICLO TEMPO-TEMPERATURA
- EFFETTO GRANULOMETRIA GLASSCULLET
- STABILITA' REOLOGICA SLIP CON GLASS CULLET
 - EFFETTI PIROCLASTICI
 - FIREDCLAY