

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

- *Laurea Triennale in Scienze Geologiche* -



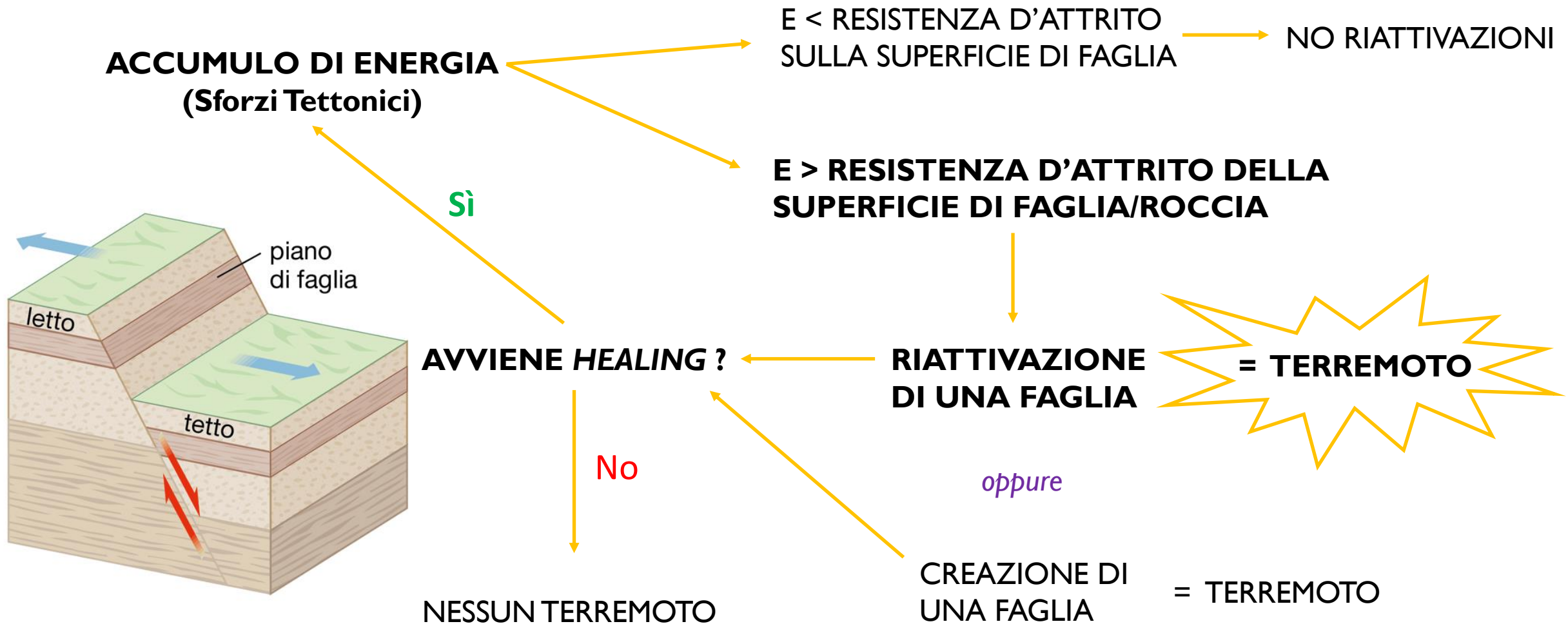
DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

RECUPERO DI ATTRITO DI UN *GOUGE* DI QUARZO SOTTO CONDIZIONI IMPOSTE DI PRESSIONE E TEMPERATURA

LAUREANDO : *Walter Isidoro Dell'Andrea*

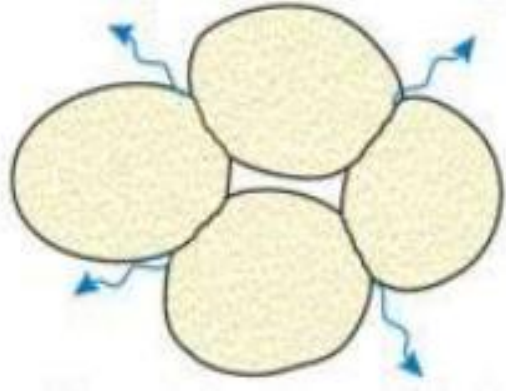
RELATORE : *Prof. Telemaco Tesei*

L' *Healing* nel ciclo sismico

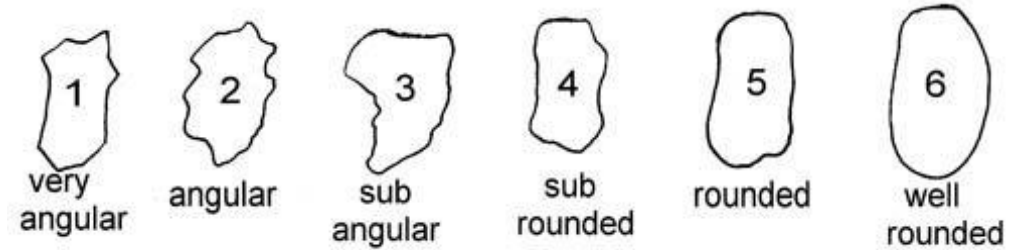


Cosa contribuisce al recupero di attrito?

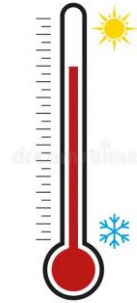
Presso-soluzione e successiva riprecipitazione



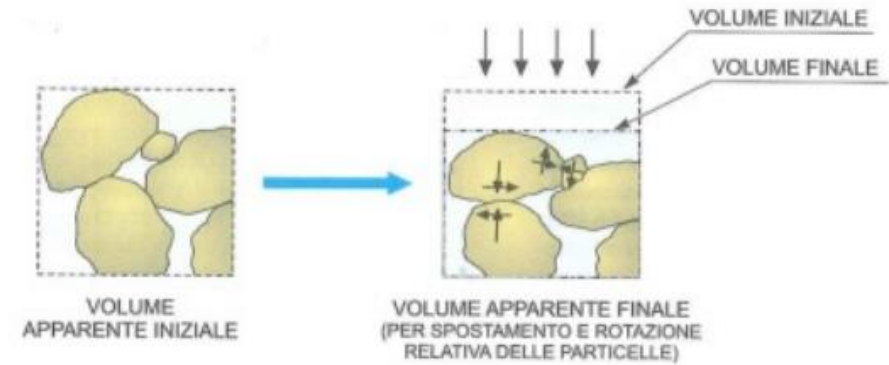
Asperità dei grani



Temperatura



Compattazione



Tempo



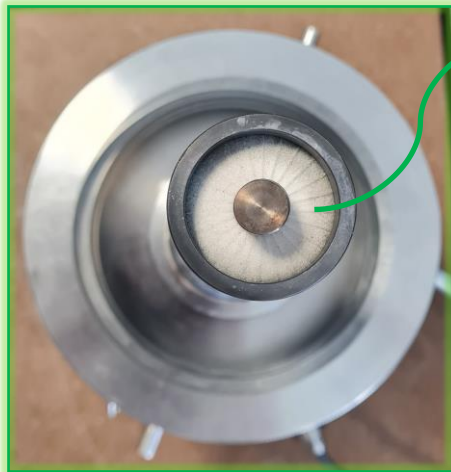
Presenza di fluidi



Mineralogia del gouge

E molti altri!

Come si studia il fenomeno in laboratorio?

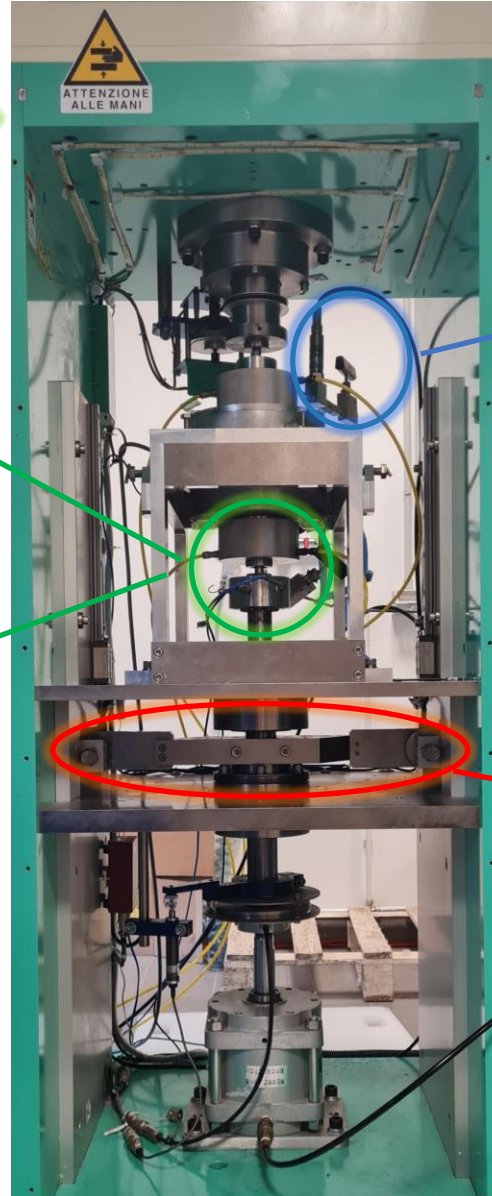


Gouge
di
faglia

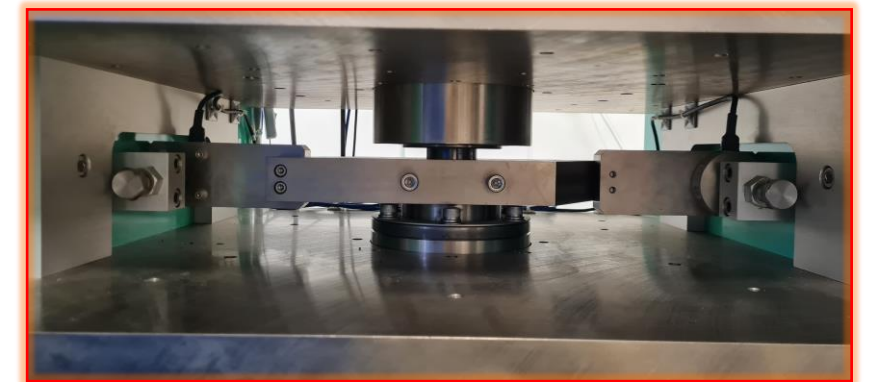
Portacampione: vista dall'alto



Portacampione: vista di lato



Trasduttore di Pressione



Barra di Torsione

Come si studia il fenomeno in laboratorio?



Sistema di
raffreddamento
fluidi

Pompa
per i fluidi



Temperatura interna e Temperatura della fornace

Dati rilevati
dall'apparato



Unità di controllo principale : valori misurati

Condizioni dell'Esperimento

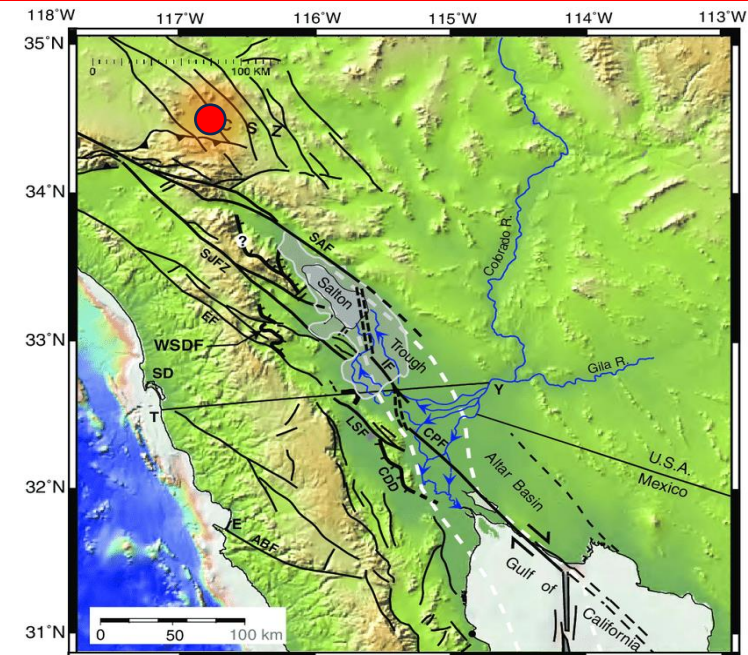
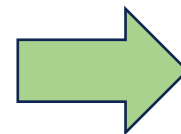
- 10 MPa di Pressione Efficace
- 200°C di Temperatura
- 36 MPa di Pressione dei Fluidi
- 10 micron/secondo di Velocità di Scivolamento
- 10 Hz di Frequenza Acquisizione Dati



- 1) Scivolamento iniziale di 15 mm
- 2) Sequenza Slide-Hold-Slide (SHS) con tempo di hold crescente: 30 - 100 - 300 - 1.000 - 3.000 secondi



Esempio : Faglia di Mother Lode (California)



Acquisizione ed Elaborazione dei Dati

Tempo (s)	Vertical Load (kN)	Vertical Displacement (mm)	Shear Torque (N*m)	100 MPa P/T (MPa)	50 MPa P/T (MPa)	Angle (deg)	Fluid Temperature (degC)
0	11,74571	0,2103125	-1,242875	36,59623	35,93359	24,50609	200,58
0,1	11,7422	0,209375	-1,283625	36,58789	35,9302	24,52828	200,28
0,2	11,74767	0,2096875	-1,26325	36,22073	35,92003	24,48391	200,1
0,3	11,74415	0,2109375	-1,2225	35,74927	35,92342	24,57266	200,415
0,4	11,74454	0,211875	-1,242875	36,54616	35,93699	24,53938	200,19
0,5	11,74141	0,210625	-1,283625	36,87786	35,93133	24,47281	200,55



Tempo (s)	Vertical Load (kN)	Vertical Displacement (mm)	Shear Torque (N*m)	100 MPa P/T (MPa)	50 MPa P/T (MPa)	Angle (deg)	Fluid Temperature (degC)
0	11,74571	0	0	36,59623	35,93359	0	200,58
0,1	11,7422	-0,0009375	-0,04075	36,58789	35,9302	0,02219	200,28
0,2	11,74767	-0,000625	-0,020375	36,22073	35,92003	-0,02218	200,1
0,3	11,74415	0,000625	0,020375	35,74927	35,92342	0,06657	200,415
0,4	11,74454	0,0015625	0	36,54616	35,93699	0,03329	200,19
0,5	11,74141	0,0003125	-0,04075	36,87786	35,93133	-0,03328	200,55

Calcolo della Pressione Effettiva

$$\sigma_{\text{eff.}} = P_{\text{TOT}} - P_{\text{fluidi}}$$

~ 10 MPa

$$\tau = \frac{3T}{2\Pi} \left[\frac{1}{r_2^3} - \frac{1}{r_1^3} \right]$$

Circonferenza di riferimento

~ 64,12 mm

Dislocamento di taglio
(Shear Displacement)

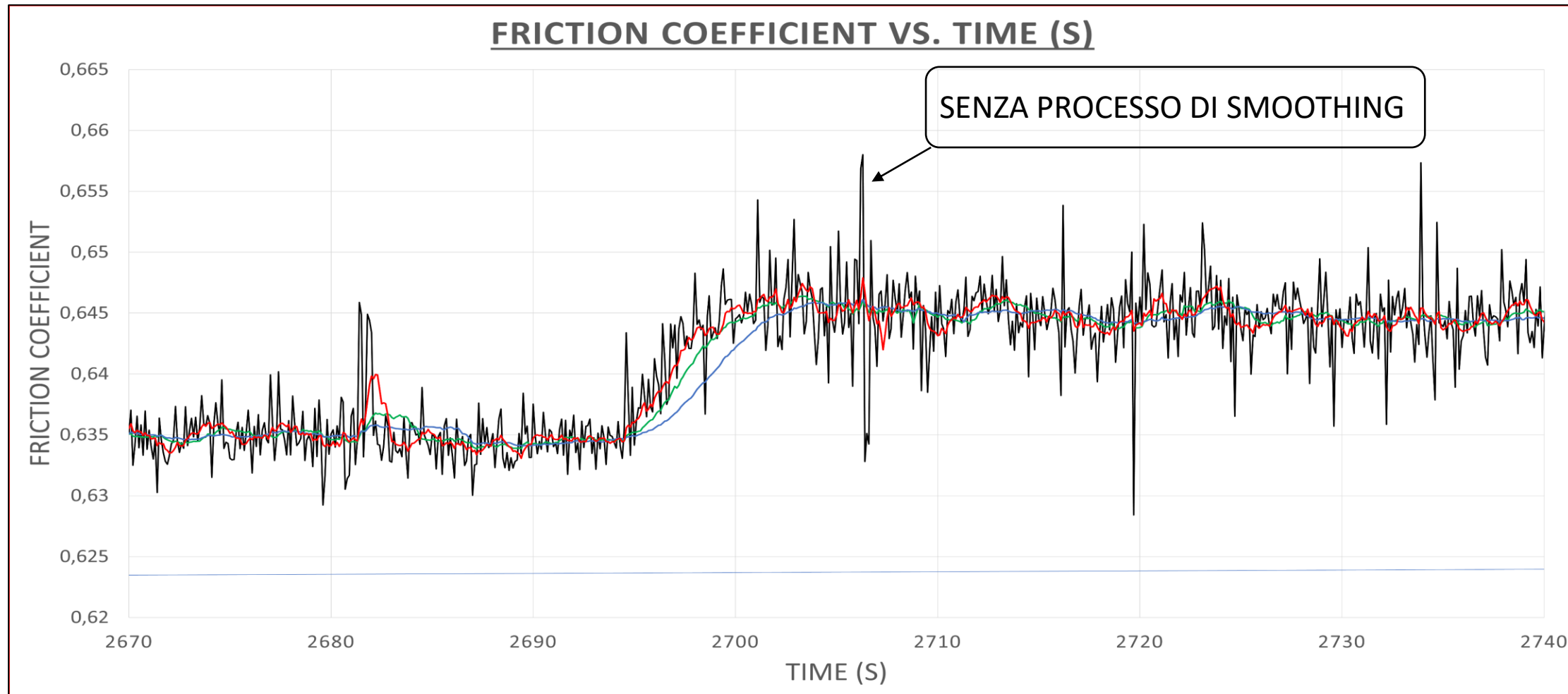
Critério di Mohr - Coulumb

$$\tau = \mu \sigma_{\text{eff.}} + C$$



$$\mu = \frac{\tau}{\sigma_{\text{eff.}}}$$

Smoothing dei Dati

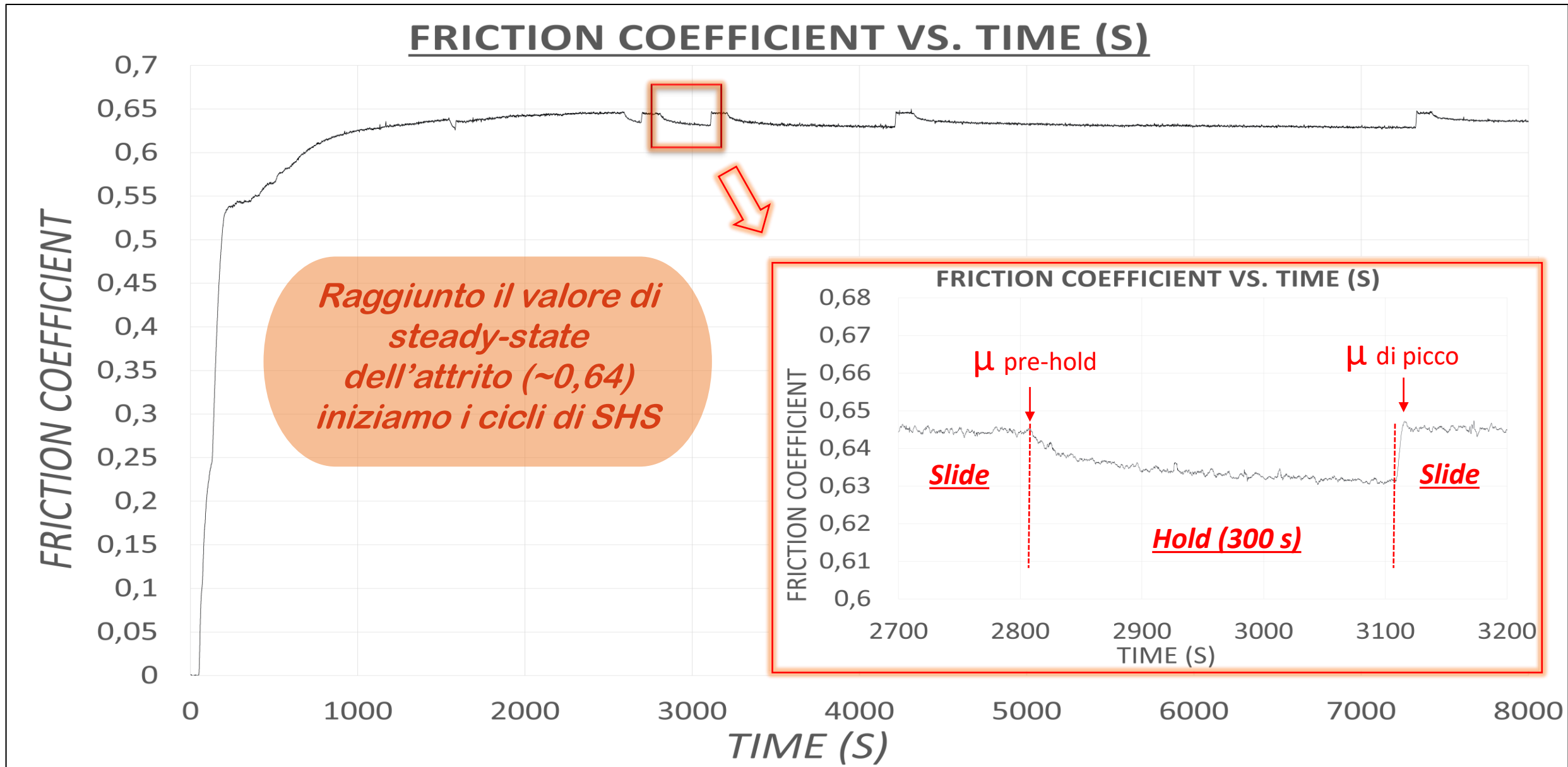


VALORI DI MEDIA MOBILE UTILIZZATI

LINEA ROSSA = 10

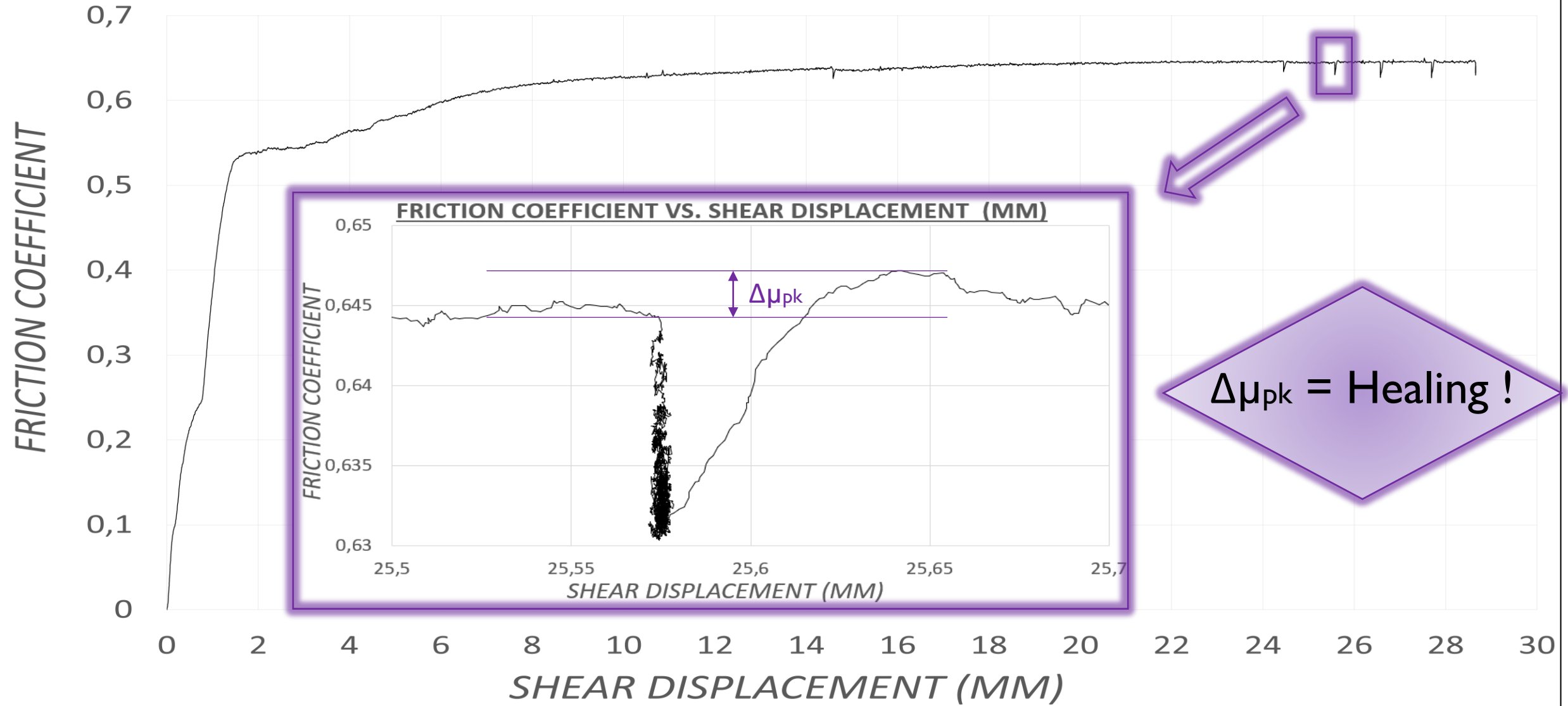
LINEA VERDE = 25

LINEA BLU = 50

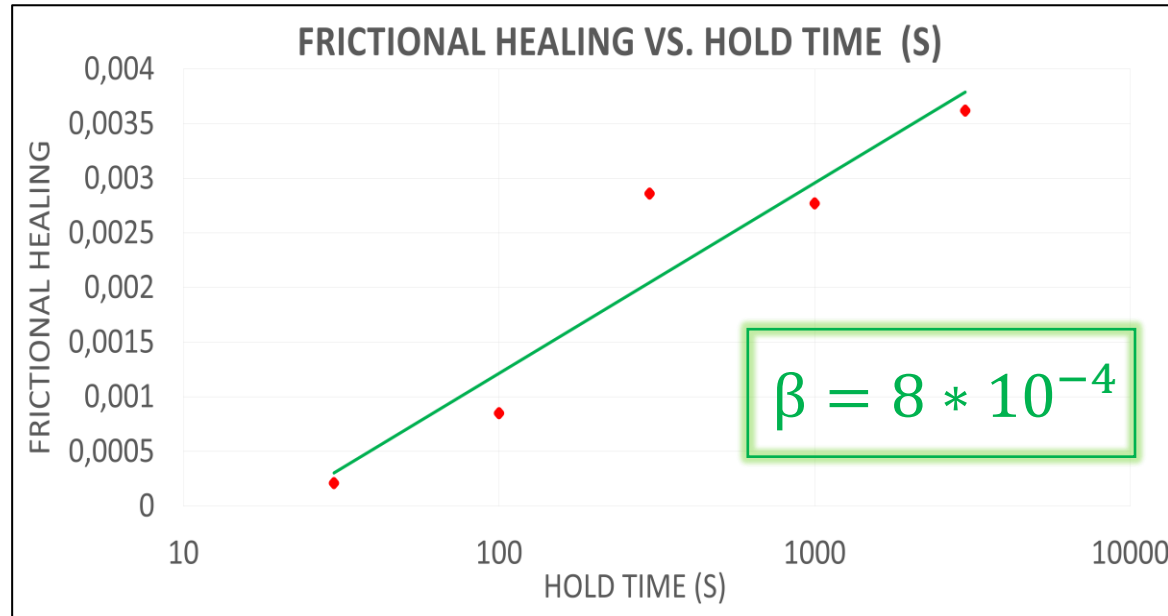


Risultati

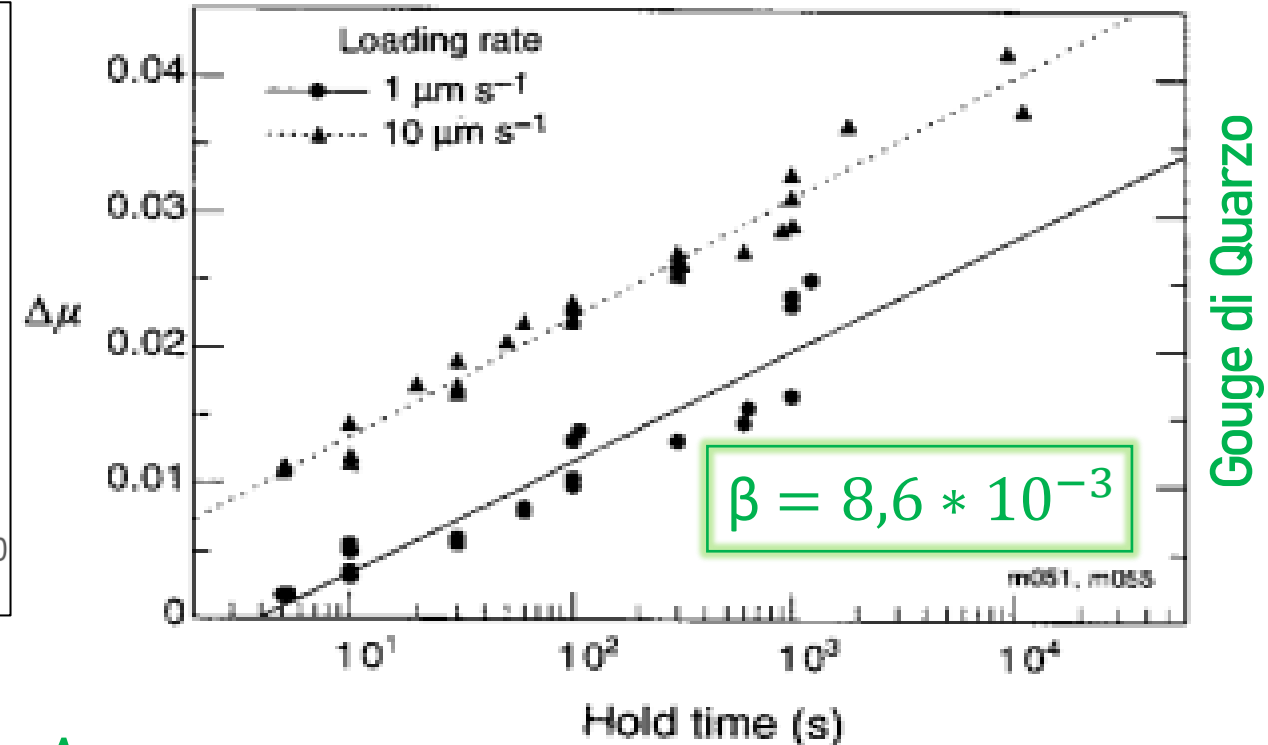
FRICITION COEFFICIENT VS. SHEAR DISPLACEMENT (MM)



ESPERIMENTO



LETTERATURA



Gouge di Quarzo

Gouge di Quarzo

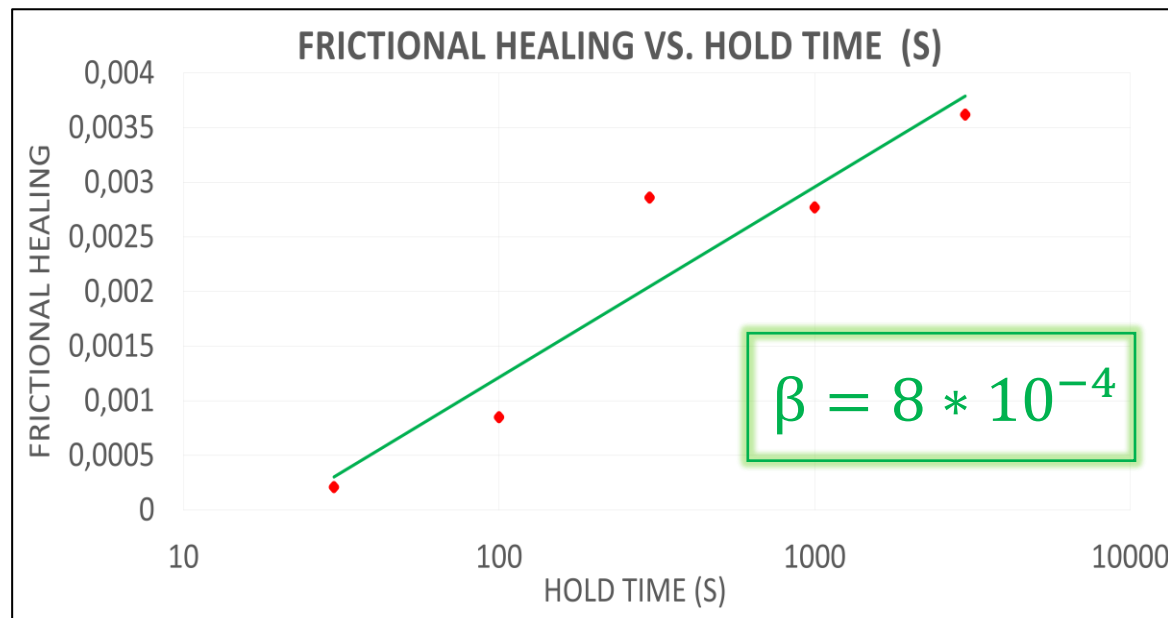
- $\sigma \text{ eff.} = 10 \text{ MPa}$
- $P \text{ fluidi} = 36 \text{ MPa}$
- $T = 200^\circ\text{C}$
- $V. \text{ scivolamento} = 10 \text{ micron/s}$

$$\beta = \frac{\Delta\mu}{\log_{10}(t \text{ hold})}$$

- $\sigma \text{ eff.} = 10 \text{ MPa}$
- Temperatura ambiente ($\sim 25^\circ\text{C}$)

(Marone C. , *The effect of loading rate on static friction and the rate of fault healing during the earthquake cycle*, Nature, 1998)

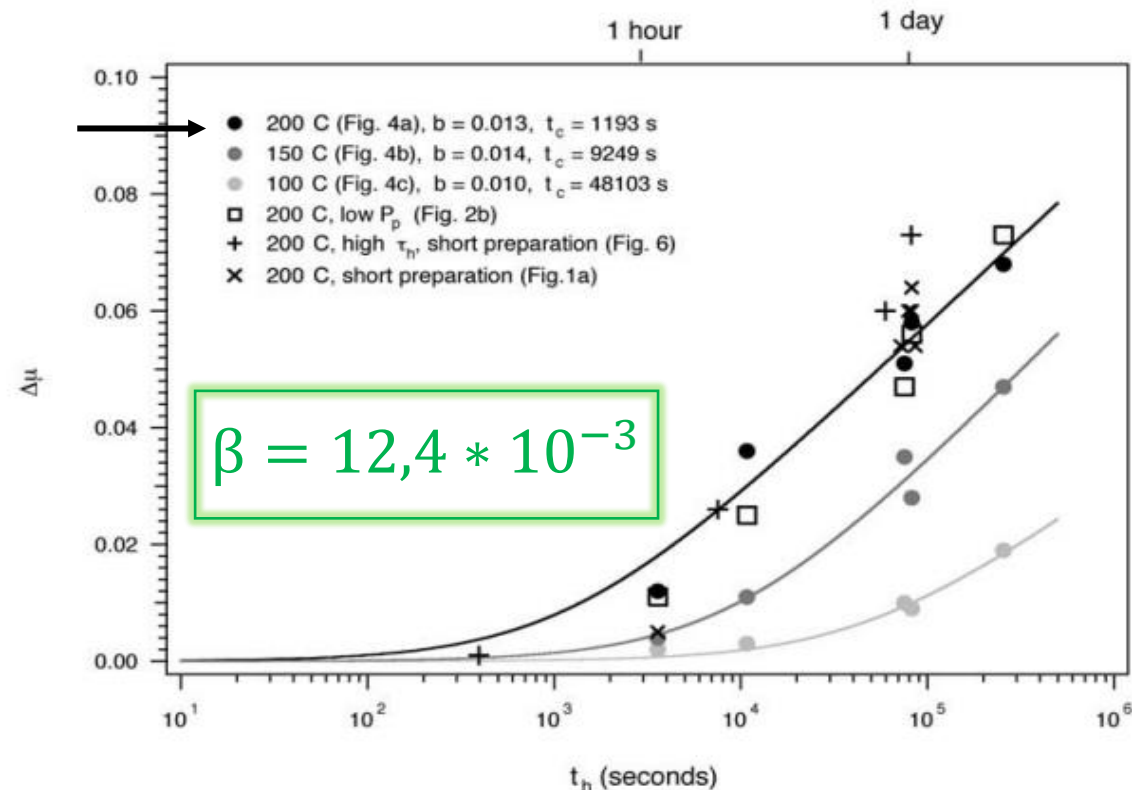
ESPERIMENTO



Gouge di Quarzo

- σ eff. = 10 MPa
- P fluidi = 36 MPa
- T = 200°C
- V. scivolamento = 10 micron/s

LETTERATURA



Gouge di Quarzo

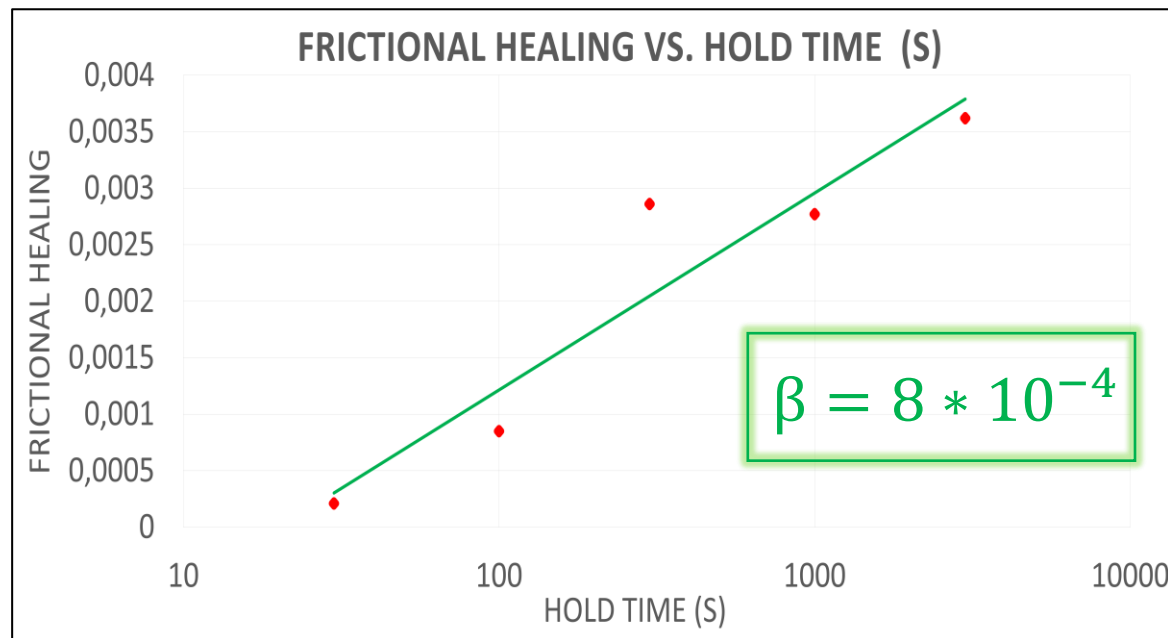
- σ eff. = 100 MPa
- P fluidi = 10 MPa
- V. scivolamento = 13 micron/s
- **24 h per saturare i fluidi in Silice!**

(Nakatani & Scholz, *Frictional healing of quartz gouge under hydrothermal conditions: I. Experimental evidence for solution transfer healing mechanism.*, Journal of Geophysical Research, 2004)

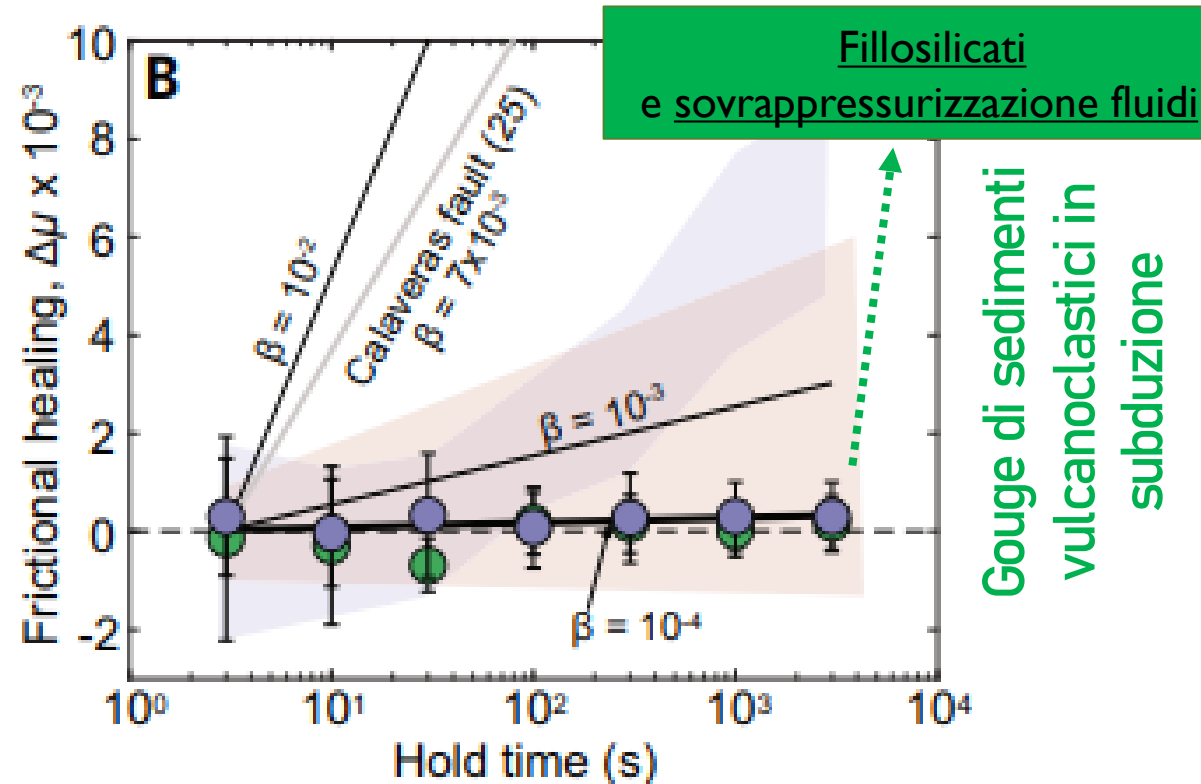
ESPERIMENTO

LETTERATURA

Gouge di Quarzo



- σ eff. = 10 MPa
- P fluidi = 36 MPa
- T = 200°C
- V. scivolamento = 10 micron/s

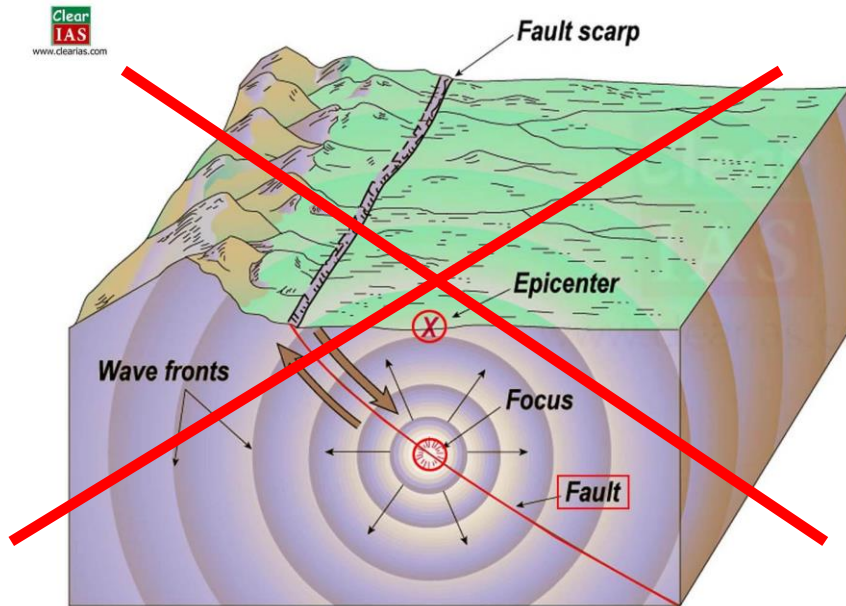


- σ eff. = 25 MPa
- P fluidi = 5-10 MPa
- V. scivolamento = 1-30 micron/s

Implicazioni e Conclusioni

Basso Healing → Accumulo RIDOTTO di Energia

-
- 1) *Slip ridotti;*
 - 2) *Frequenti stress drop;*
 - 3) *Stress drop di bassa entità;*



↓

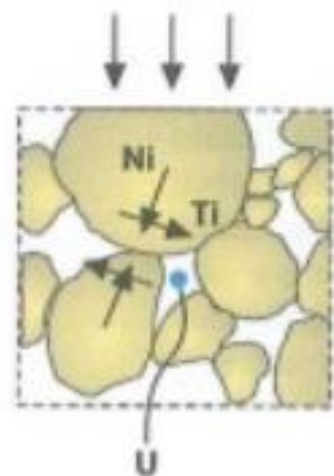
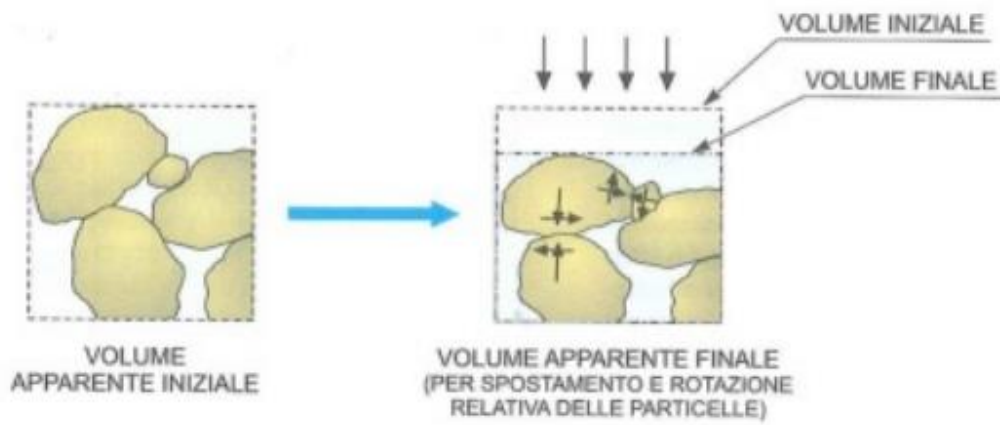
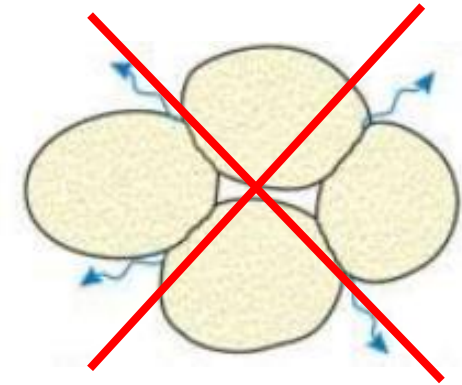
Slow slip events (SSE)
&
Potenziale slip asismico

CONCLUSIONI

- 1) Attrito di Byerlee anche a 200°C, valori differenti da quelli ottenuti da Marone (~ 0,638) e Nakatani (~ 0,670);
- 2) Healing ridotto, é favorito lo **slip asismico** o **slow slips** alle condizioni imposte da noi;

IL VALORE DI β DA NOI OTTENUTO EQUIVALE A $8 * 10^{-4}$

- Il fenomeno della presso-soluzione **NON** è stato efficace;
- **Sovrappressurizzazione dei fluidi** che impedisce una buona compattazione;
- L'utilizzo nell'esperimento di **acqua distillata** ha reso più difficoltosa la precipitazione della silice;



Ni = Forza normale al contatto

Ti = Forza tangenziale al contatto

U = Pressione dell'acqua nei pori



- ❖ Marone C., *The effect of loading rate on static friction and the rate of fault healing during the earthquake cycle*, Nature, Vol.391, 1998 ;
- ❖ Nakatani M. & Scholz C., *Frictional healing of quartz gouge under hydrothermal conditions: I. Experimental evidence for solution transfer healing mechanism*, Journal of Geophysical Research, 2004, DOI:10.1029/2001JB001522 ;
- ❖ Shreedharan S. et al., *Ultralow frictional healing explains recurring slow slip events*, Science, 2023, DOI: 10.1126/science.adf4930 ;

Letteratura

- ❖ Fossen Haakon, *Structural Geology* (seconda ed.) , Cambridge University Press, 2016, ISBN 978-1-107-05764-7 ;
- ❖ Floris Mario, *“Introduzione alla meccanica dei terreni”*, Geologia Applicata ed Elementi di Legislazione, Corso di Laurea Triennale in Scienze Geologiche ;
- ❖ ClearIAS, [Terremoto schema - Bing images](#) , ultima consultazione : 13/07/2023 ;
- ❖ Researchgate, [Faglia di mother lode california - Bing images](#) , ultima consultazione : 13/07/2023 ;
- ❖ Intrageo, [Che cosa è una faglia | IntraGeo](#) , ultima consultazione : 13/07/2023 ;
- ❖ La documentazione fotografica dell'apparato utilizzato per l'esperimento é stata realizzata dal laureando.

Immagini

**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE !**