

**Caratterizzazione geotecnica di ghiaie e sabbie
mediante indagini di laboratorio su campioni
indisturbati prelevati con la tecnica del
congelamento (L'esperienza di Licciana Nardi
– Lucca)**

12 Aprile 2005

Diego Lo Presti

Dipartimento di Ingegneria Civile

Università di Pisa

d.lopresti@ing.unipi.it

INDICE DELLA PRESENTAZIONE

- **INTRODUZIONE**
- **LA TECNICA DEL CONGELAMENTO IN SITO**
- **CONFRONTO: INDISTURBATO VS. RIMANEGGIATO**
 - **PROVE DI LABORATORIO E PARAMETRI**
 - **RILEVANZA PRATICA**
- **CONCLUSIONI**

COMMENTI INTRODUTTIVI

CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI GHIAIOSI (MIT, USCS, AGI)

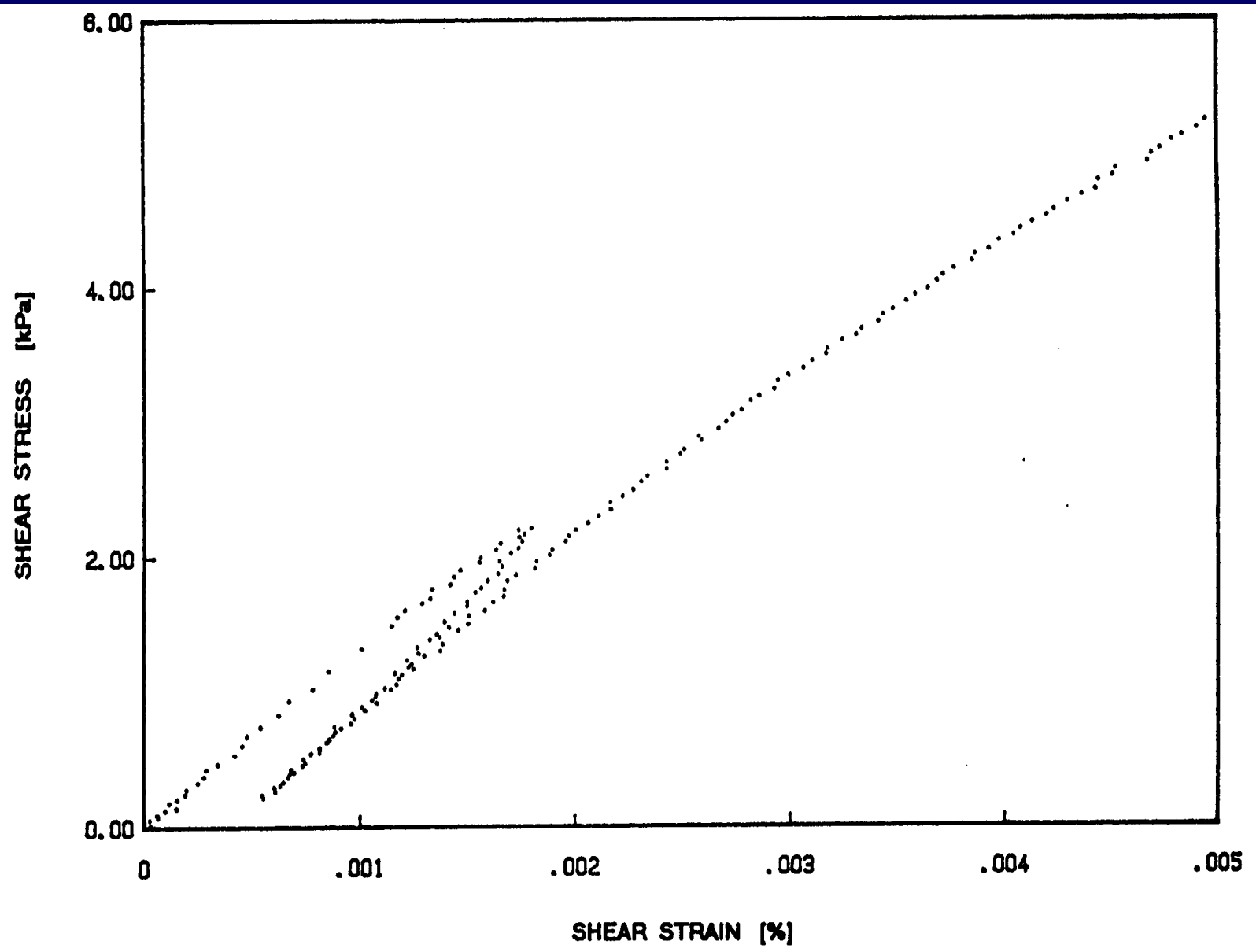
- **DIMENSIONE ($2 < d < 60$ mm)**
- **GHIAIE E TERRENI GHIAIOSI PULITI**
 - **FC < 5 %**
 - **FC < 15%**
- **SABBIE, GHIAIE, SABBIE GHIAIOSE,
GHIAIE SABBIOSE**
- **DEPOSITI FLUVIALI**

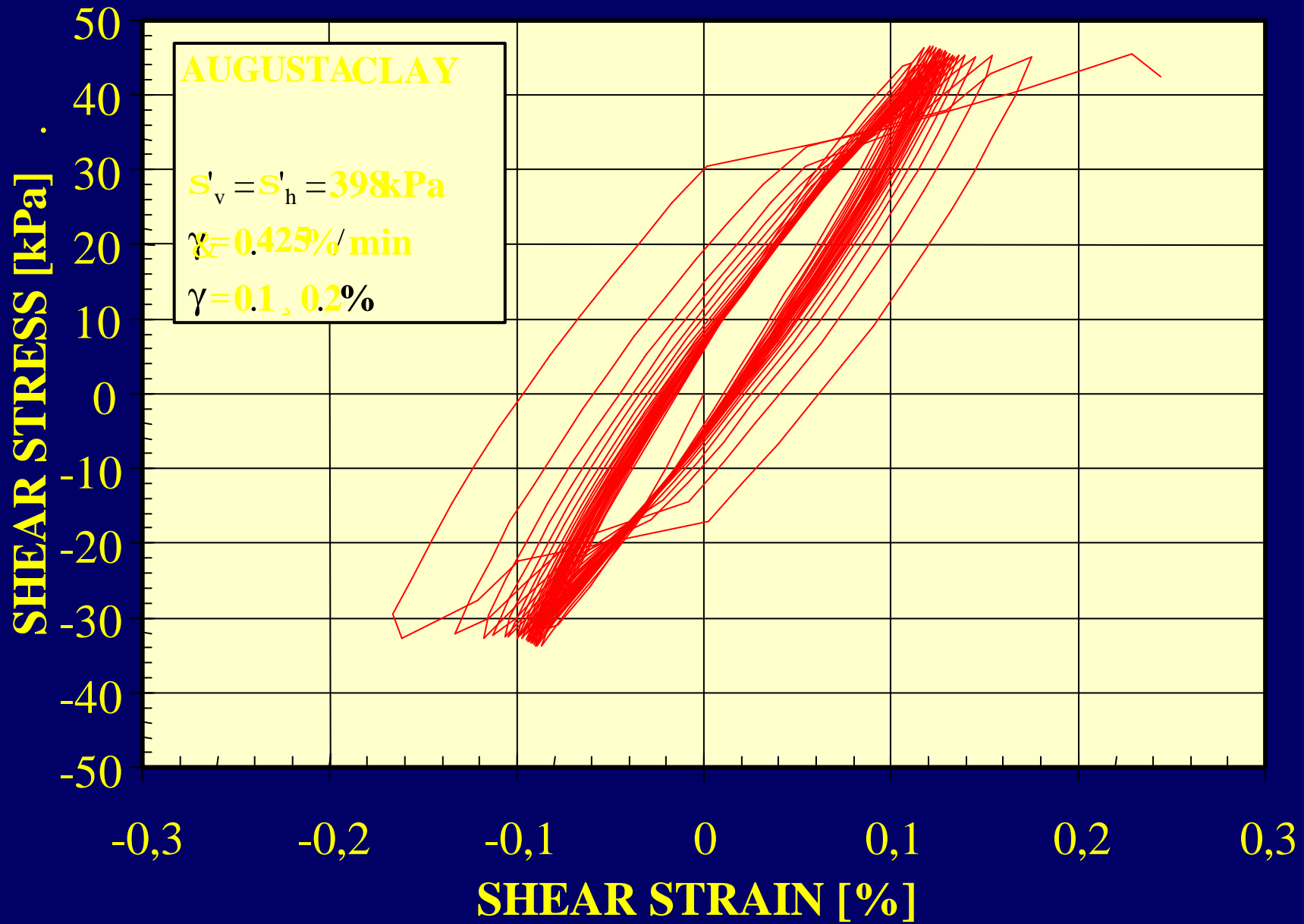
TERRENI GHIAIOSI: RILEVANZA INGEGNERISTICA

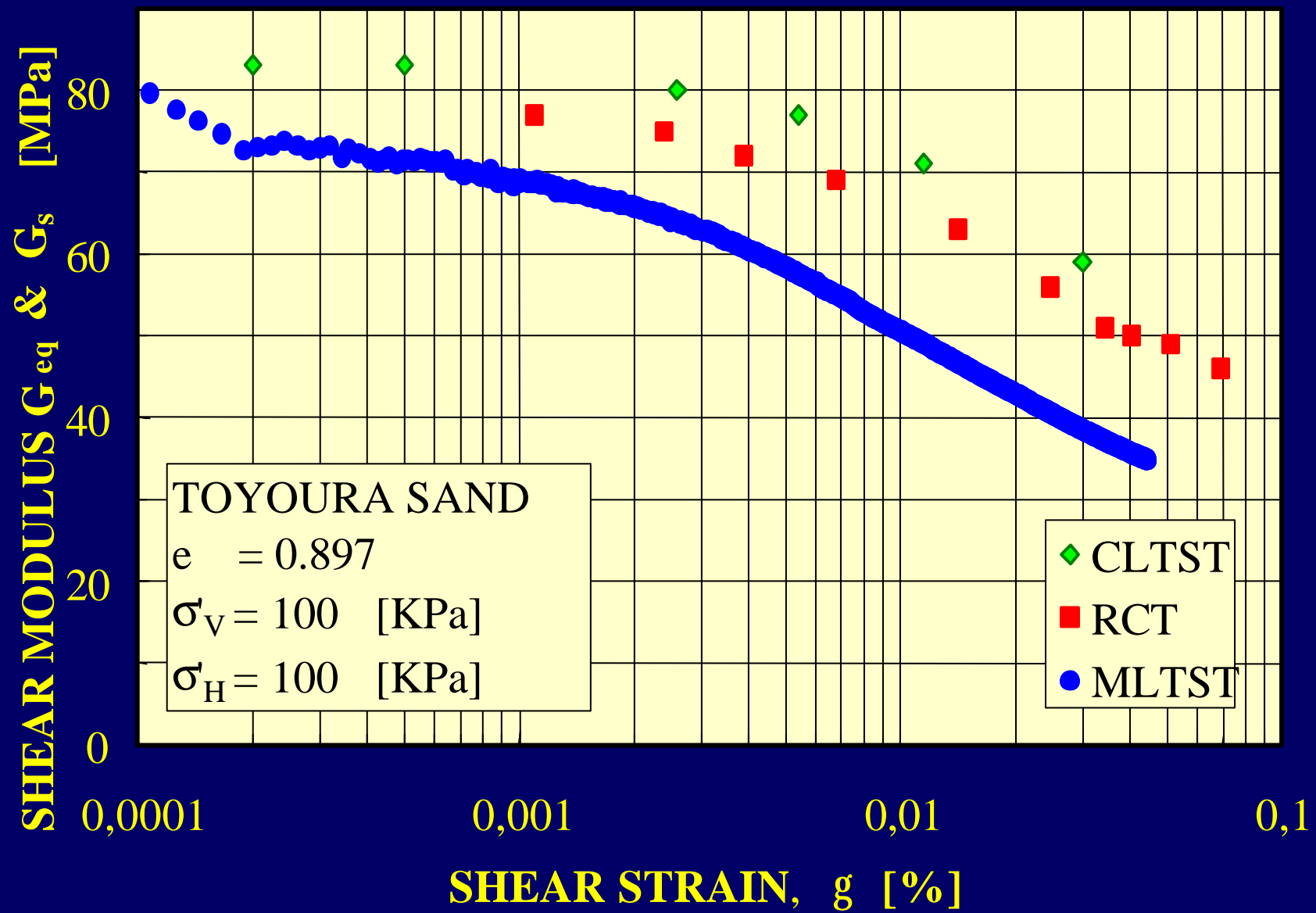
- **IMPORTANTI INFRASTRUTTURE (Ponti sospesi: Akashi Kaikyo e Stretto di Messina; $q= 1.0$ to 1.5 MPa)**
- **MATERIALE DA COSTRUZIONE**
- **DEGRADAZIONE CICLICA**
- **LIQUEFAZIONE (Andrus 1994, Ishihara 1996, Andrus and Stokoe 2000)**

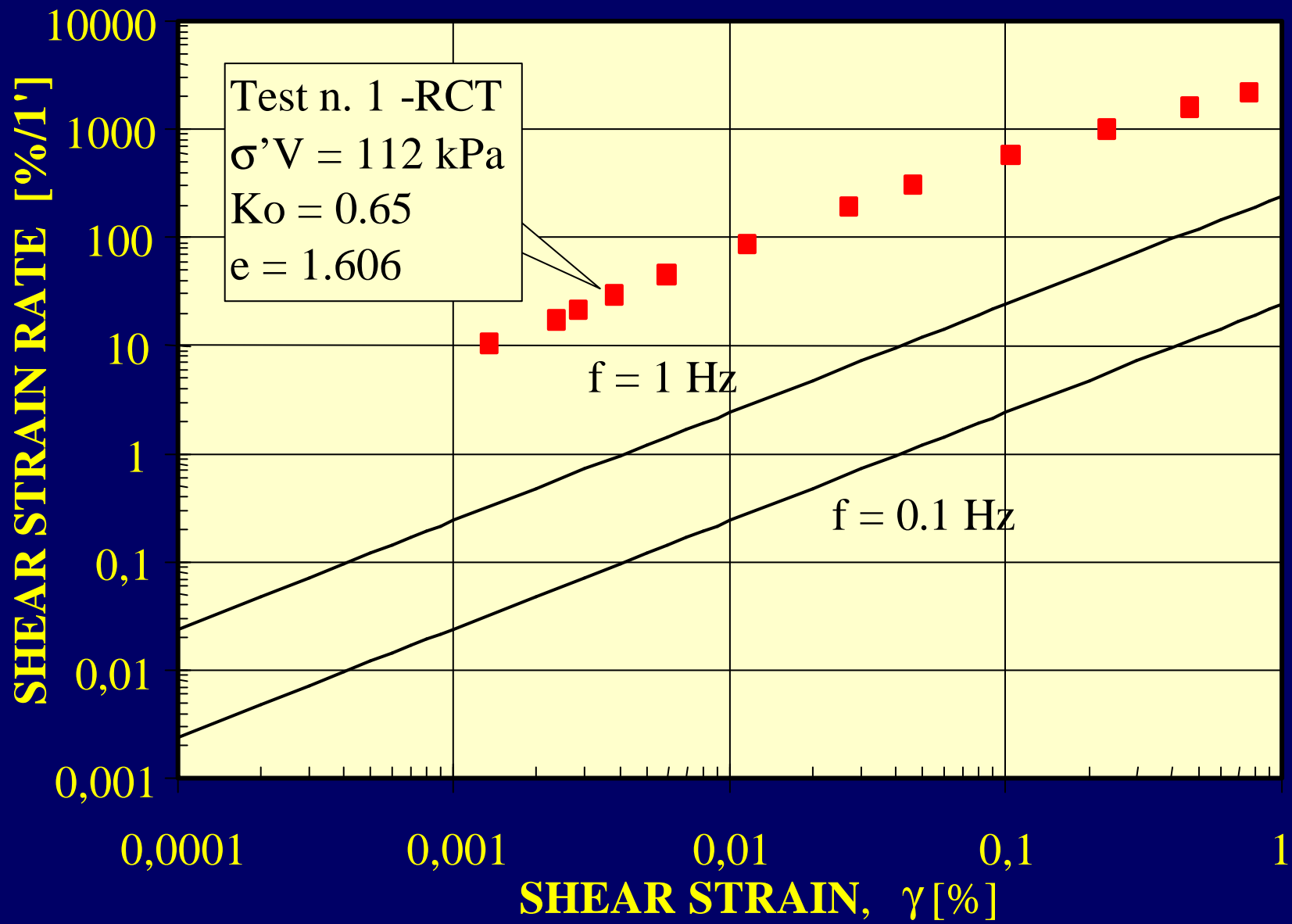
ROTTURA PER LIQUEFAZIONE











PROCESSI DIAGENETICI

- **MECCANICI: struttura**
- **CHIMICI: dissoluzione e re- precipitazione di minerali (*)**

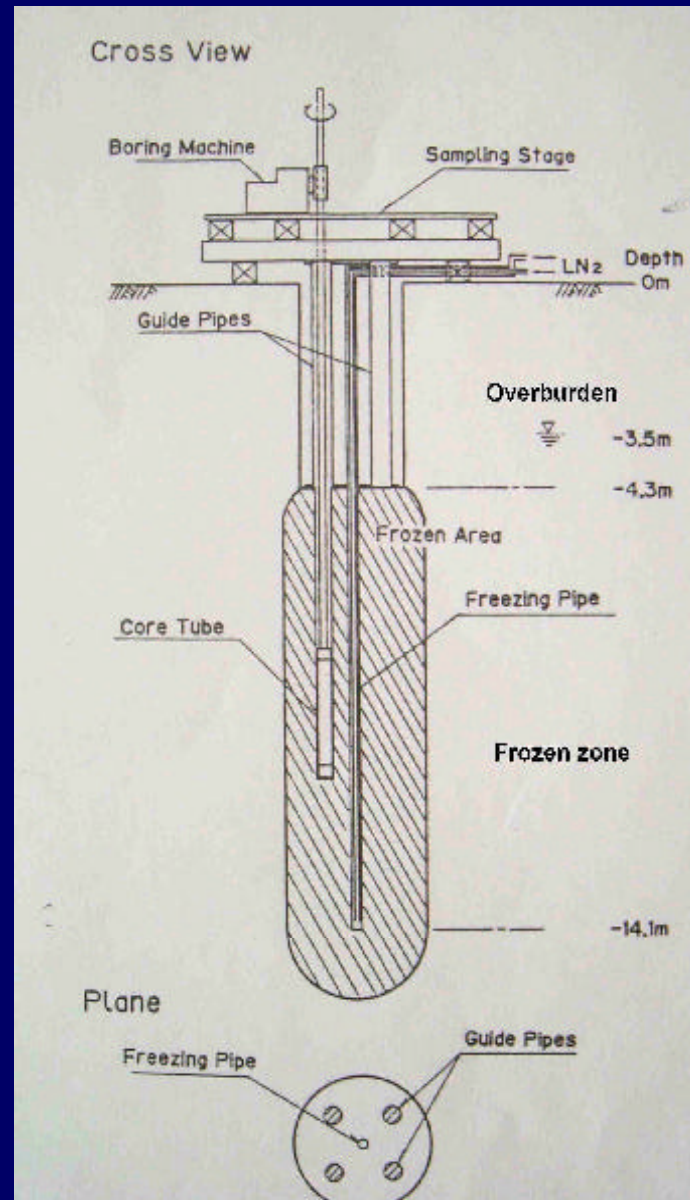
(*) sabbie e ghiaie cementate (Desseault & Morgenstern 1979, Palmer & Barton 1987, Barton et al. 1993)

LA TECNICA DEL CONGELAMENTO IN SITO

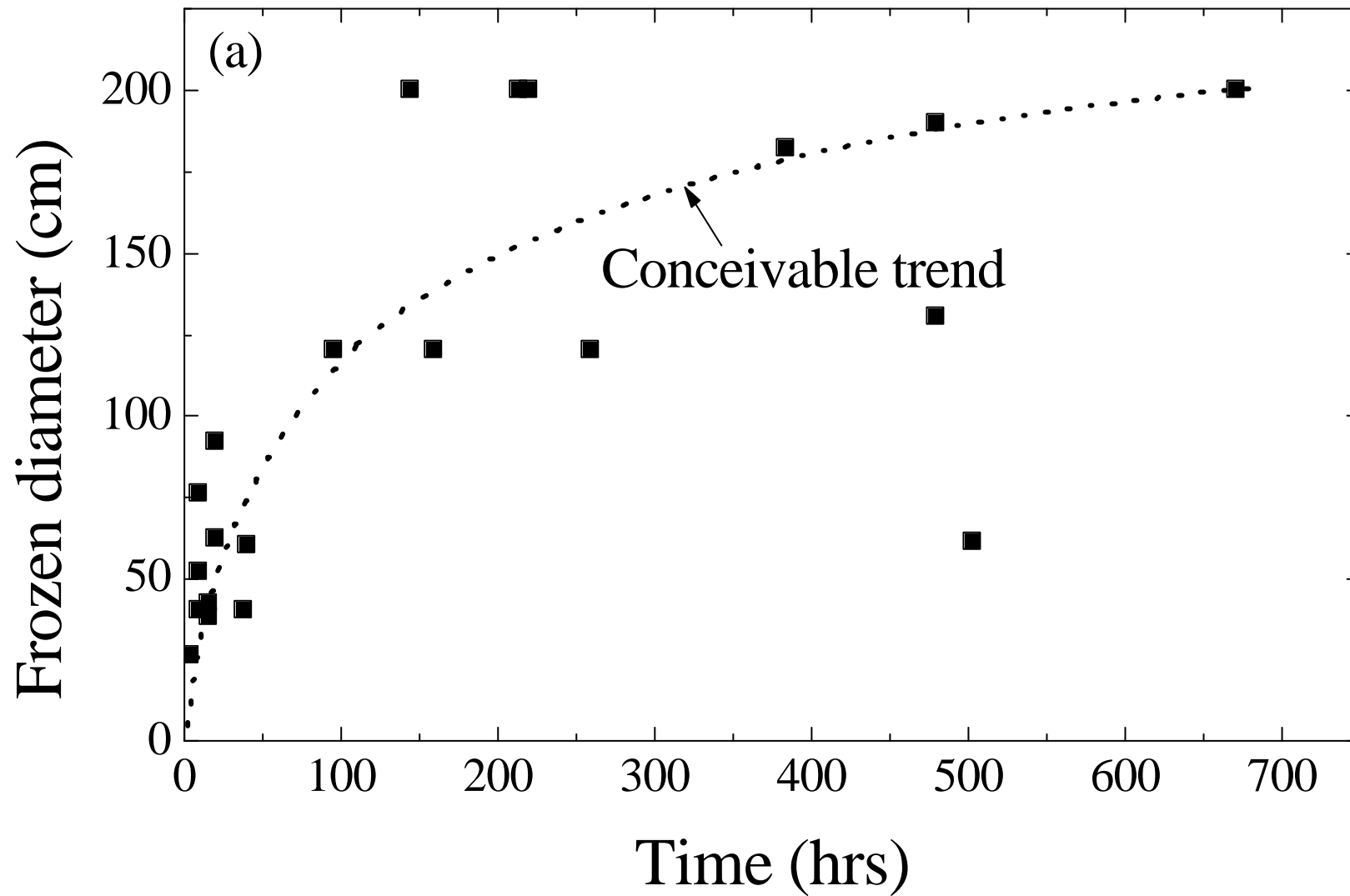
BREVE SINTESI INTRODUTTIVA

- **Fort Peck Dam 1938**
- **Efficacia (Yoshimi et al. 1977, 1978, Singh et al. 1982)**
 - **Fine**
 - **Livello delle tensioni geostatiche efficaci**
 - **Tasso di raffreddamento**
 - **Grado di saturazione**
- **Indisturbato - Rimaneggiato**
- **Ottimizzazione (Hatanaka et al. 1988, Goto et al. 1992, Kokusho & Tanaka 1994)**

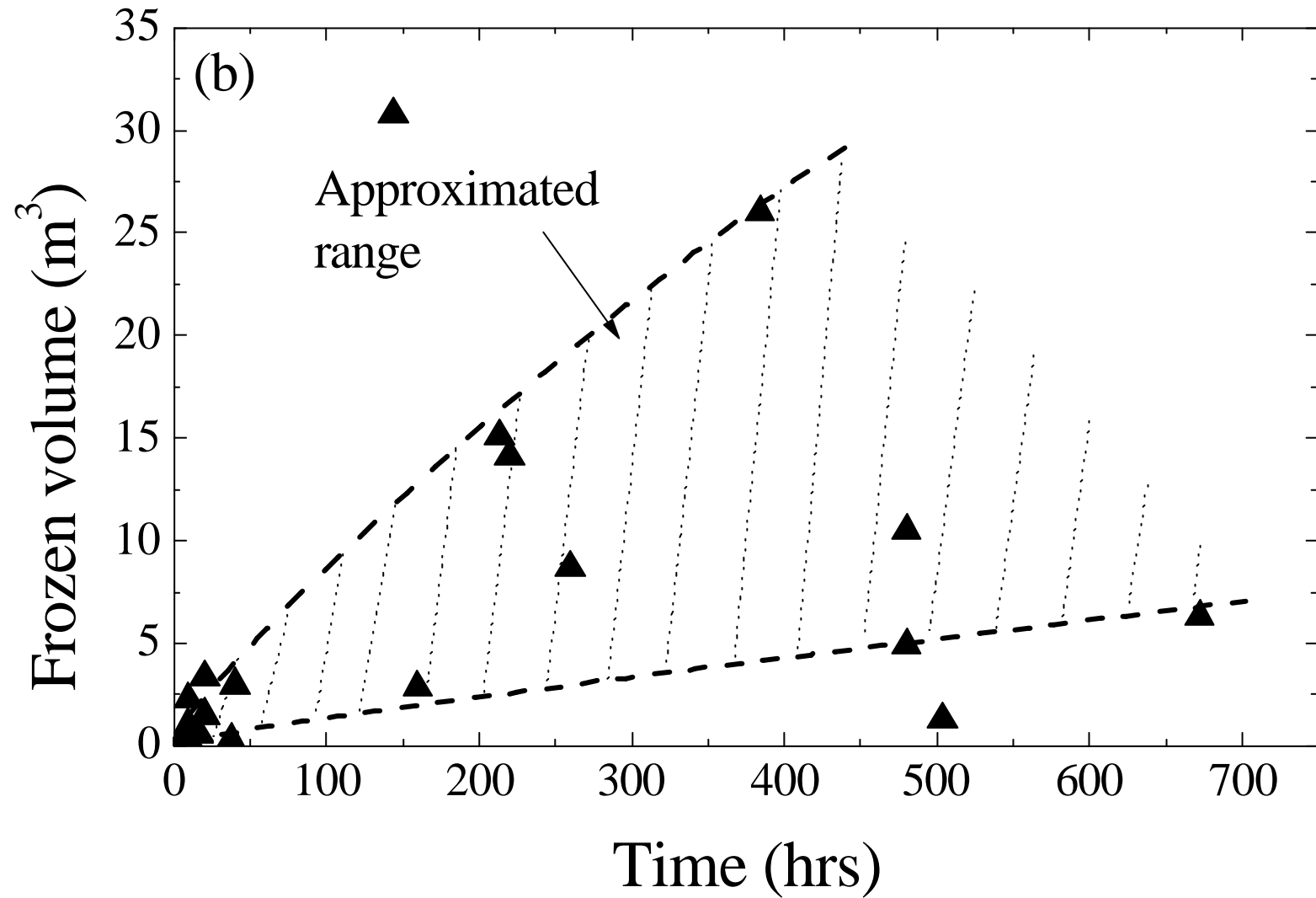
CONGELAMENTO RADIALE: GOTO ET AL. 1992



CONSUMI



CONSUMI



L'ESPERIENZA DI LICCIANA NARDI

ENTI INTERESSATI

REGIONE
TOSCANA



SERVIZIO SISMICO REGIONALE



POLITECNICO DI TORINO
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE

**PROGRAMMA DOCUP TOSCANA 2000-2006
MISURA 2.8.3 - RIDUZIONE RISCHIO SISMICO AREE PRODUTTIVE
PROGETTO D' AREA - PROVINCIA DI MASSA E CARRARA**

*Caratterizzazione Meccanica dei terreni a grana grossa
Mediante indagine geotecnica con tecnica del congelamento*

ENTE APPALTANTE: *Politecnico di Torino - Dip. Ingegneria strutturale*

SOCIETA' APPALTATRICE: *RCT s.r.l. di Liscate (MI)*

DATA INIZIO LAVORI:

DATA FINE LAVORI:

Linde

RCT

IL CANTIERE: VISTA GENERALE



PREPARAZIONE (1)



PREPARAZIONE (2)



PREPARAZIONE (3)



PREPARAZIONE (3)



PREPARAZIONE (3)



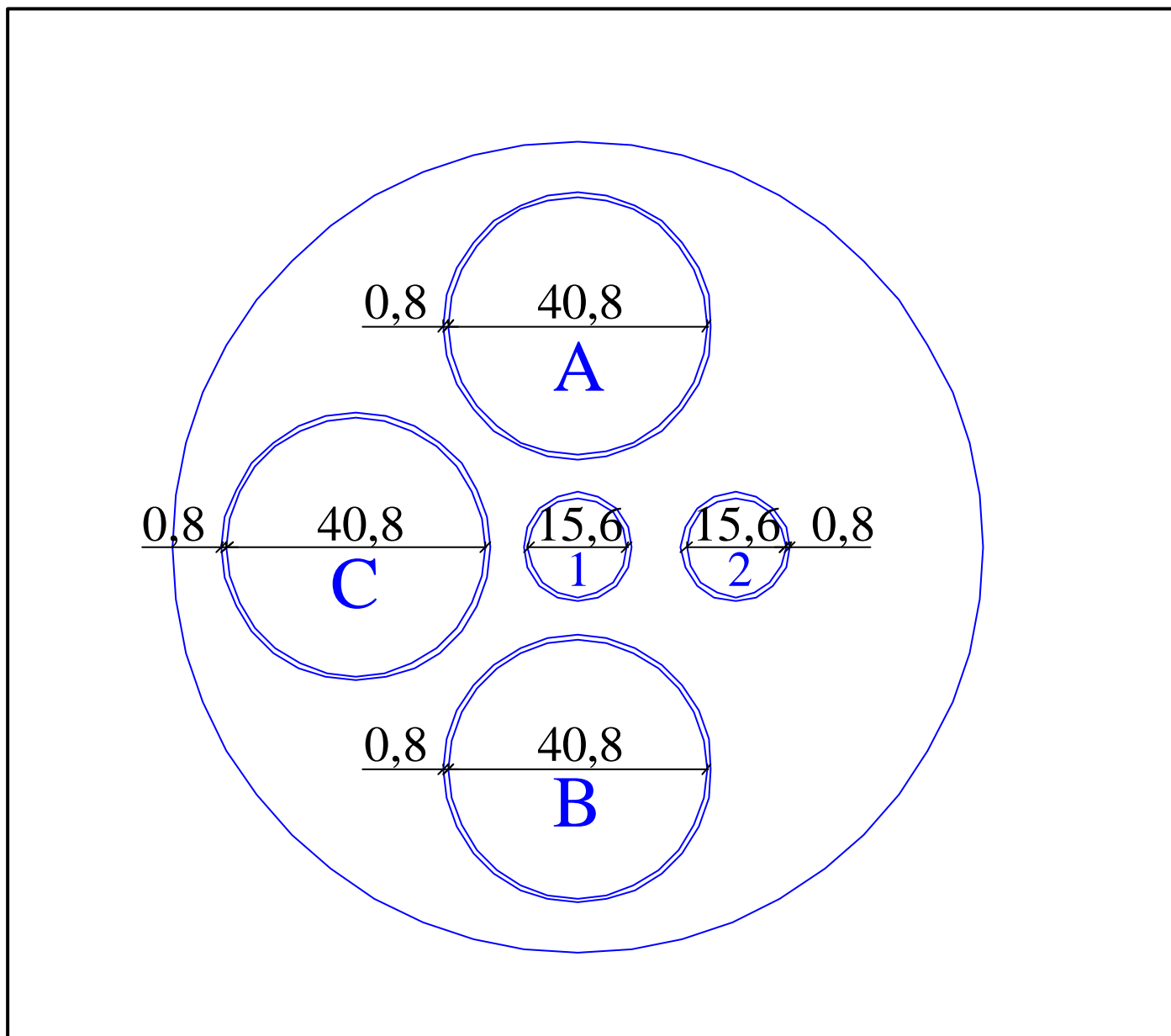
SONDA REFRIGERANTE



INSTALLAZIONE TERMOCOPPIE



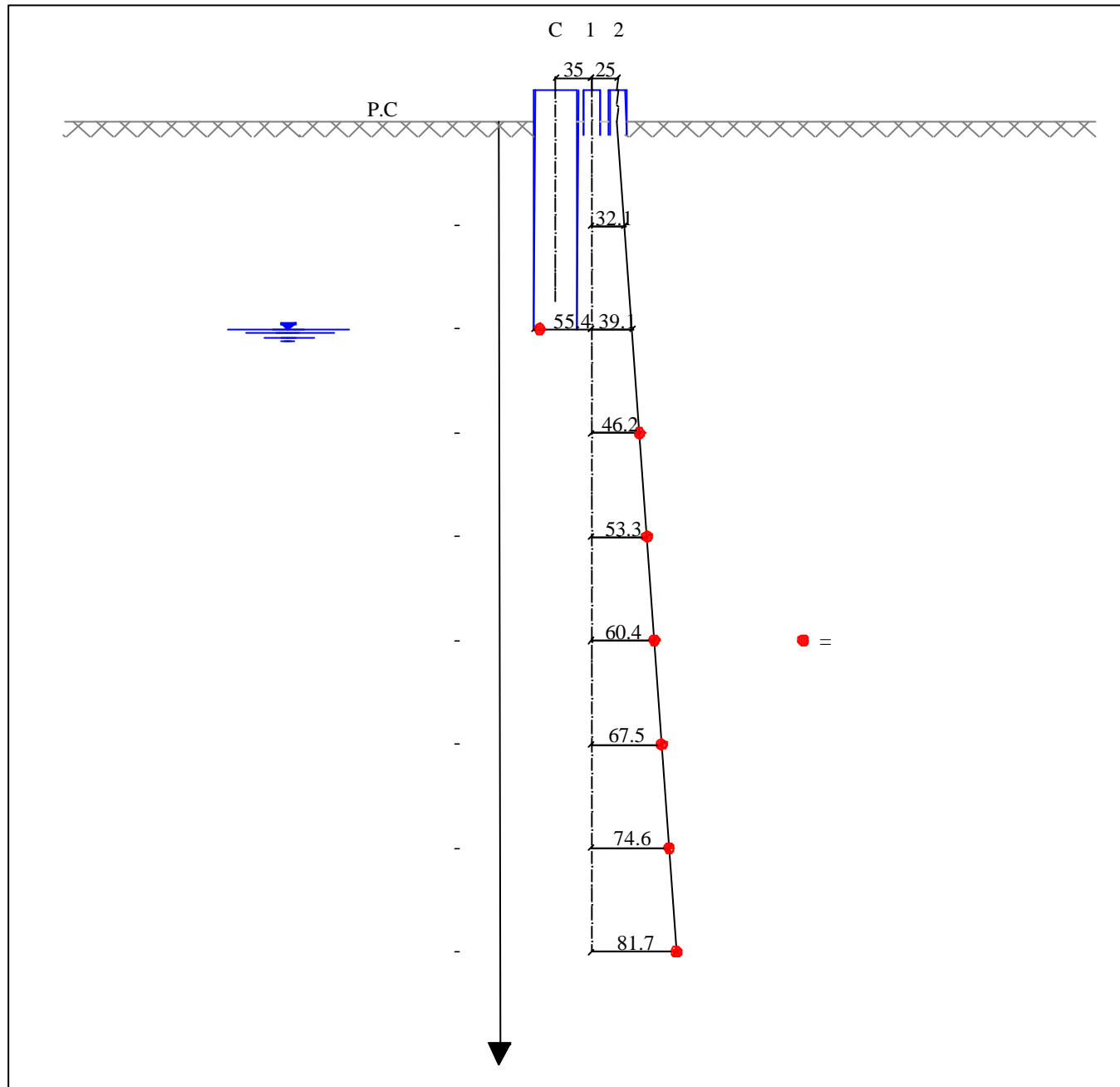
TUBI GUIDA: PIANTA



SONDA REFRIGERANTE

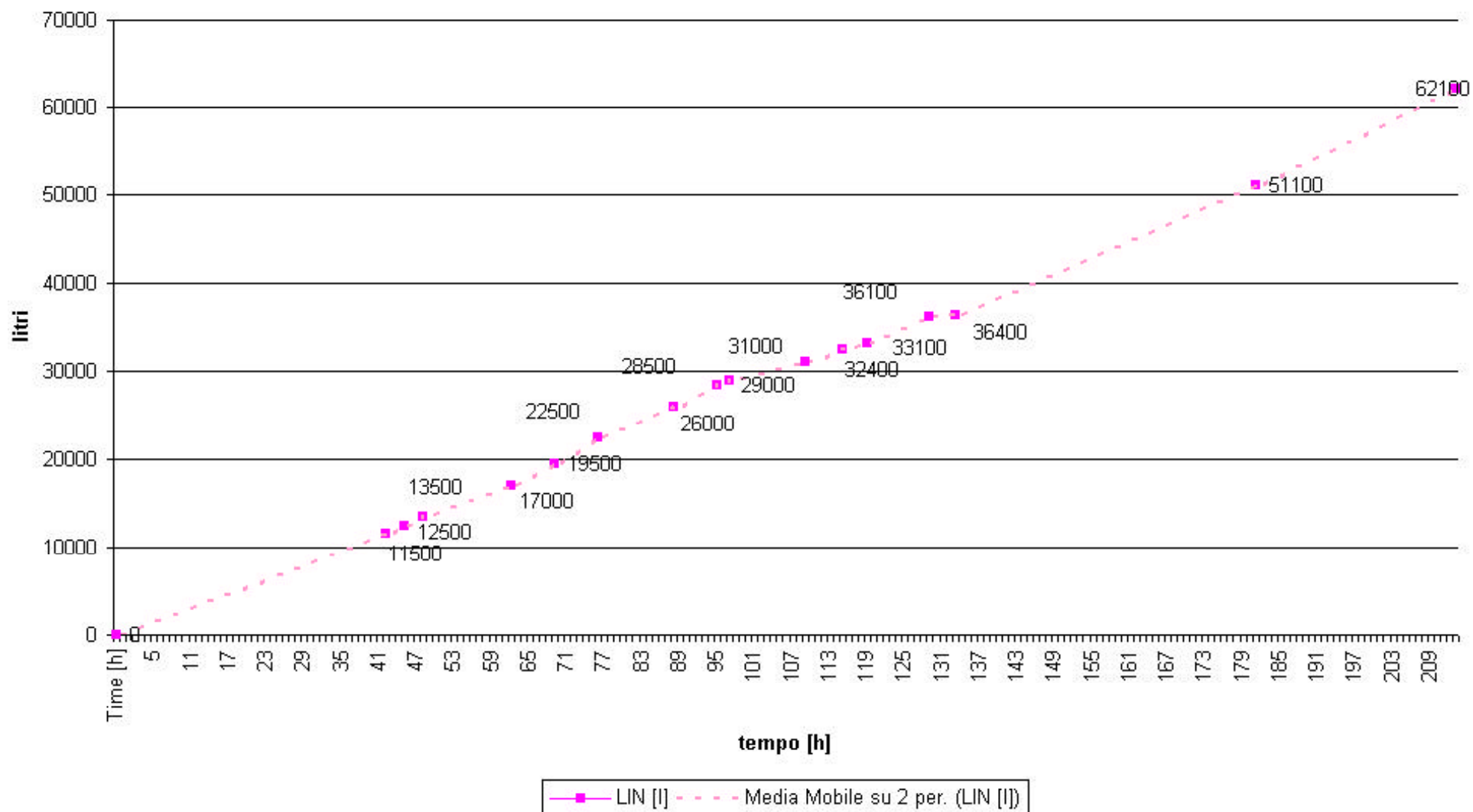


UBICAZIONE TERMOCOPPIE



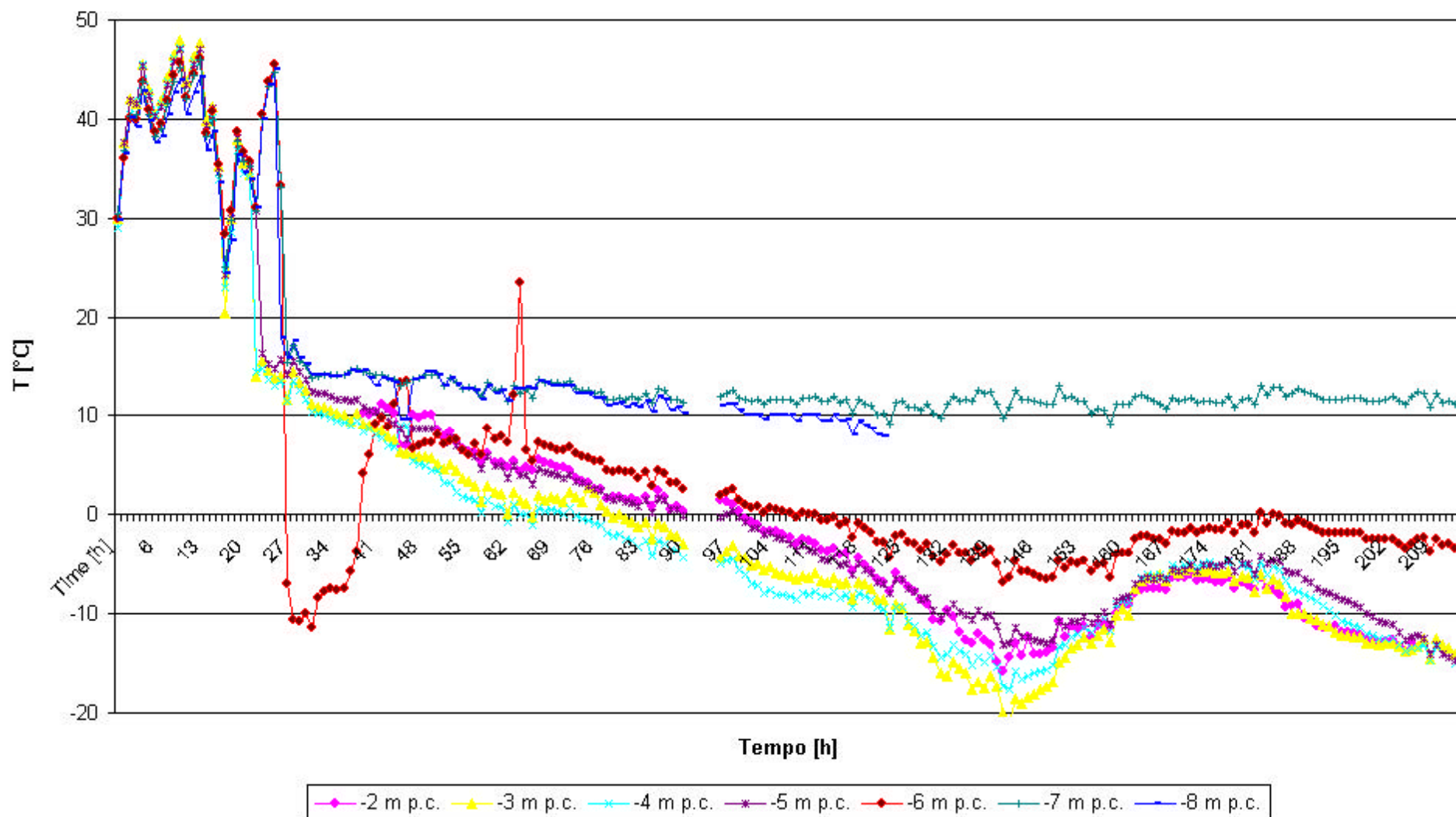
CONSUMI A LICCIANA NARDI

Azoto liquido [litri]



MONITORAGGIO TEMPERATURE

Temperature terreno



DETTAGLI: CAROTIERE DOPPIO



DETTAGLI: CAROTIERE DOPPIO



DETTAGLI: CAROTIERE DOPPIO



DETTAGLI: SEGA DIAMANTATA



IL PRIMO CAMPIONE



IL PRIMO CAMPIONE (2)



IL PRIMO CAMPIONE (2)



TAGLIO ESTREMITA'



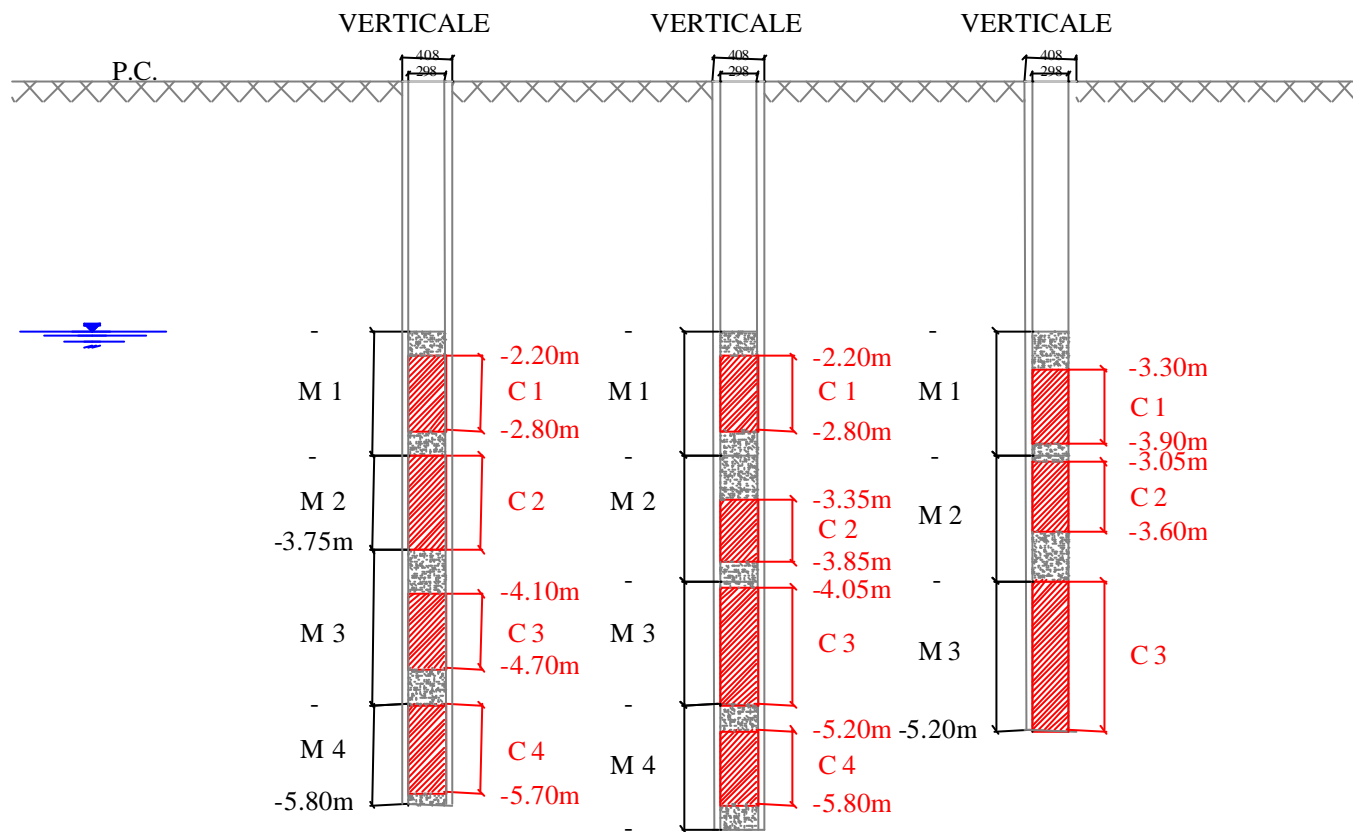
TAGLIO ESTREMITA'



TAGLIO ESTREMITA'



CAMPIONI PRELEVATI



M = manovra di perforazione

C = dimensioni campione sottoposto a prova triassiale

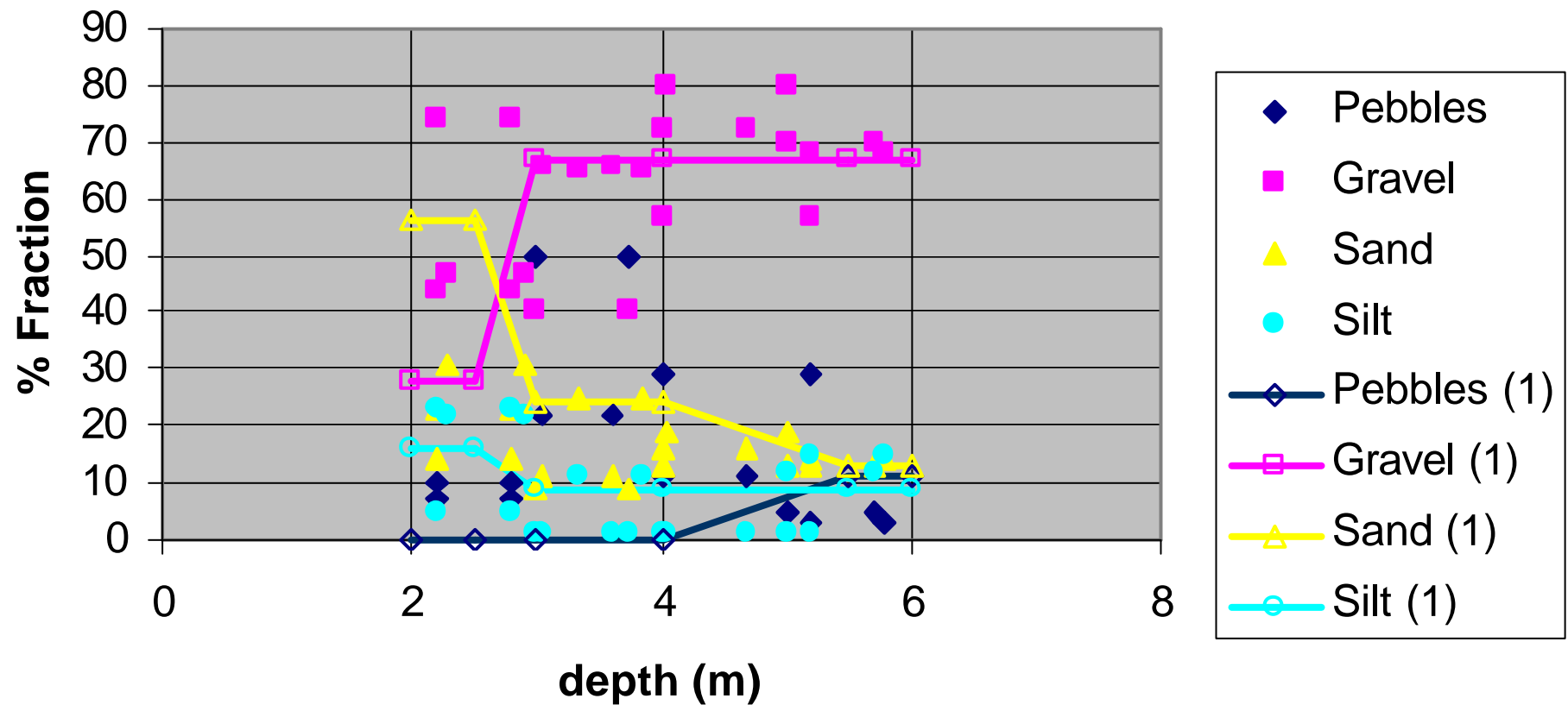
INDAGINI DI LABORATORIO

PARAMETRI DI INTERESSE

- **INDICE DEI VUOTI**
- **DENSITA' RELATIVA**
- **RIGIDEZZA A PICCOLE DEFORMAZIONE**
- **CURVE DI DECADIMENTO DELLA RIGIDEZZA E DELLO SMORZAMENTO**
- **RESISTENZA AL TAGLIO CICLICO NON DRENATA**
- **PARAMETRI DI RESISTENZA**

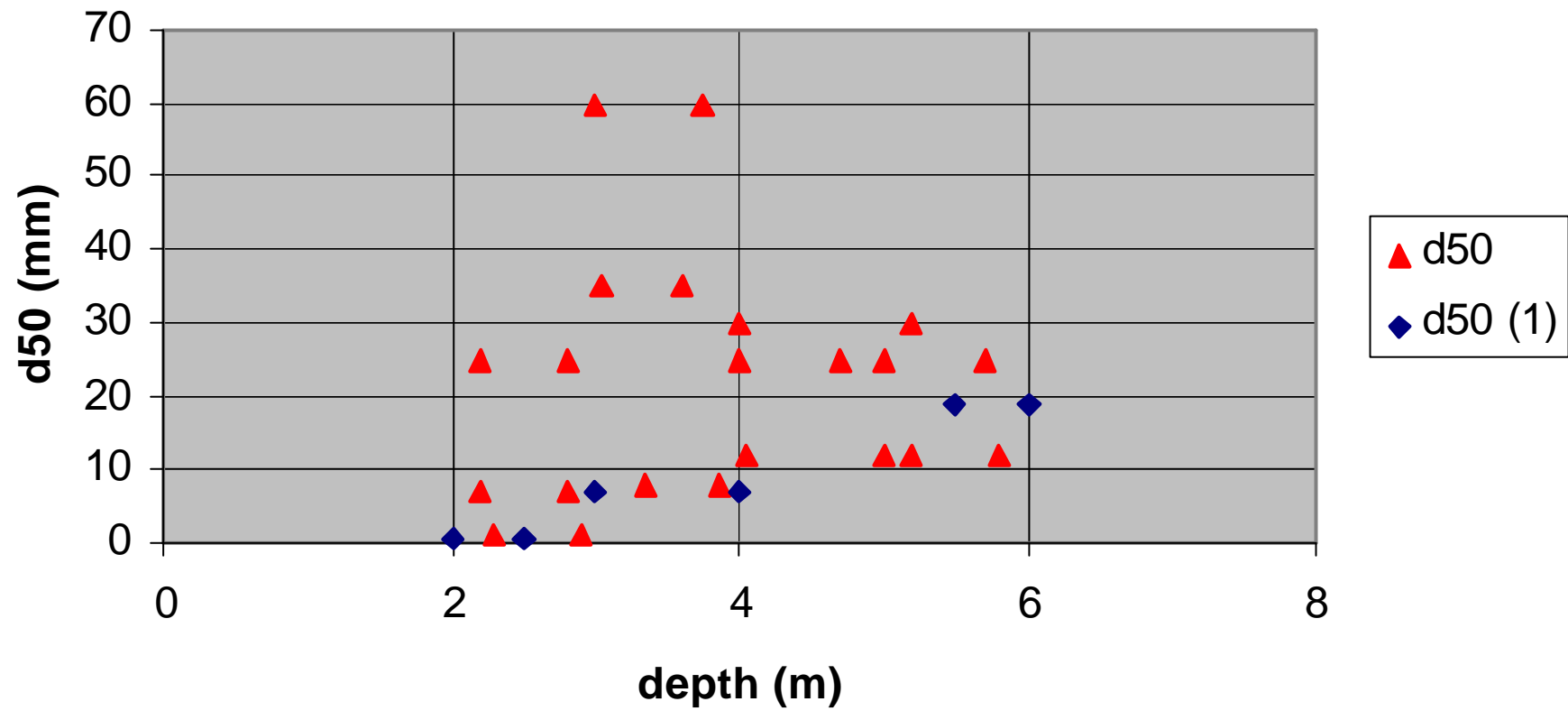
DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA

Grain size distribution

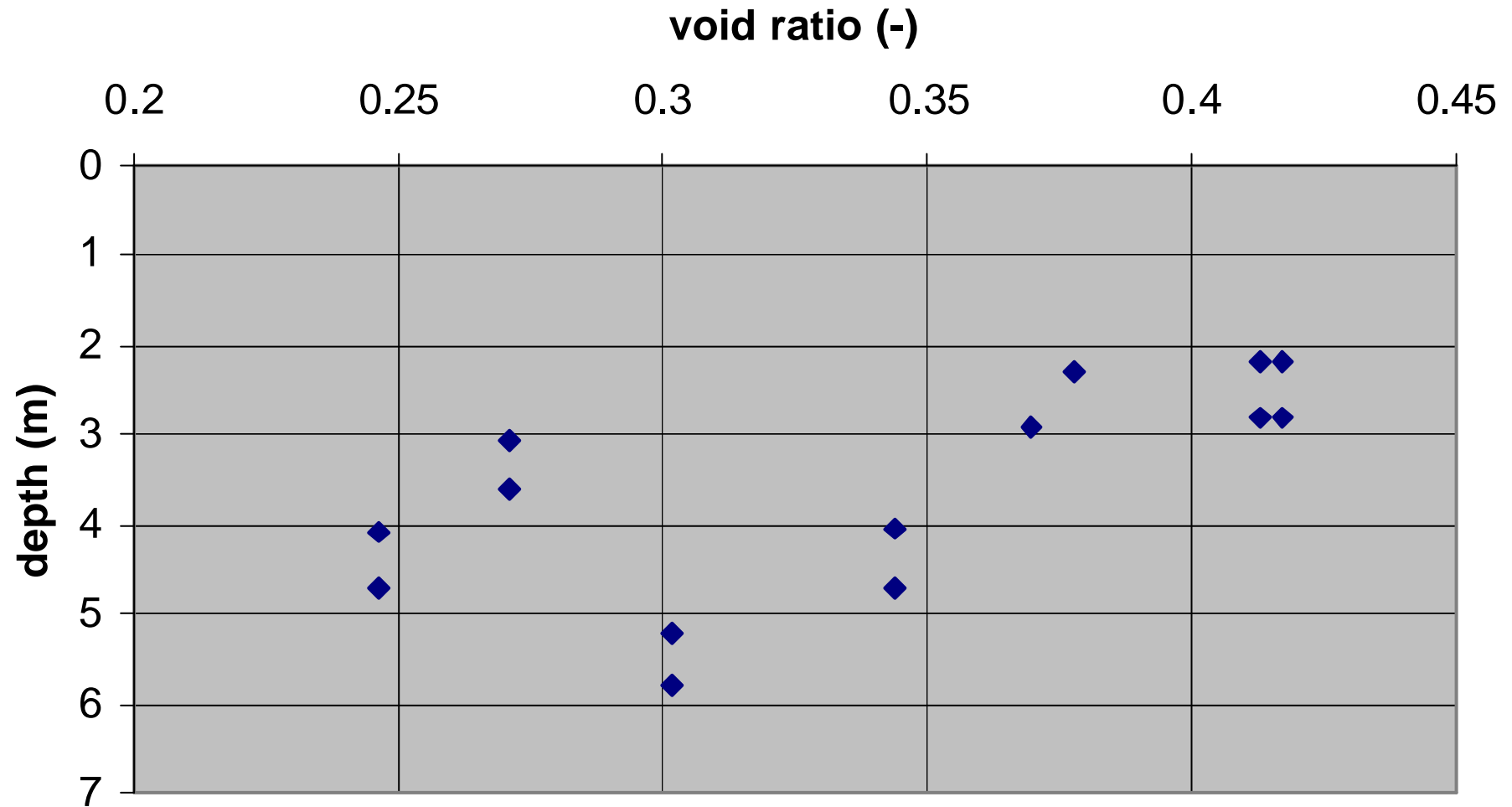


DIAMETRO MEDIO DEI GRANI

d50 vs. depth



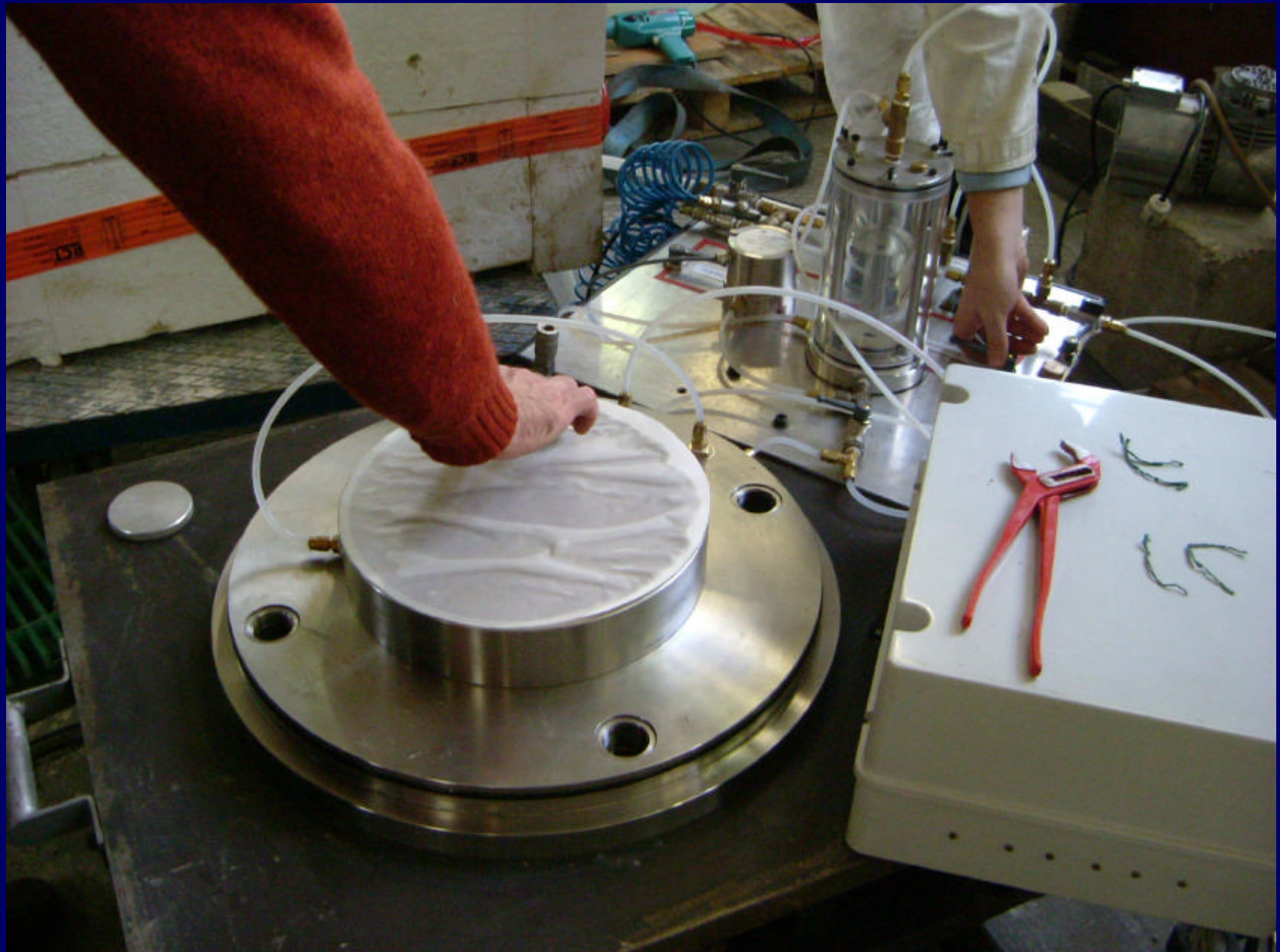
INDICE DEI VUOTI



ALLESTIMENTO PROVE TX (1)



ALLESTIMENTO PROVE TX(2)



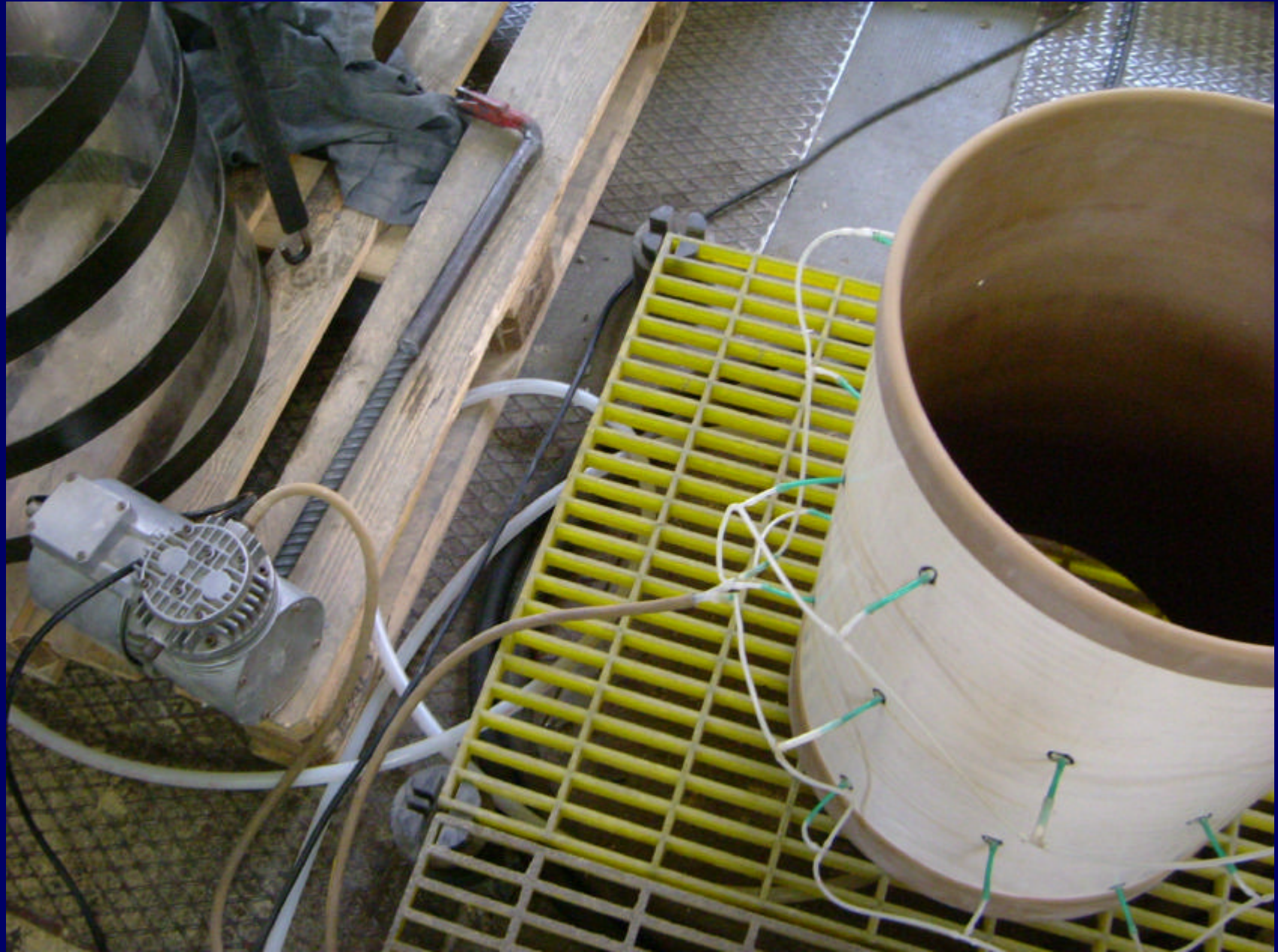
ALLESTIMENTO PROVE TX(2)



ALLESTIMENTO PROVE TX(2)



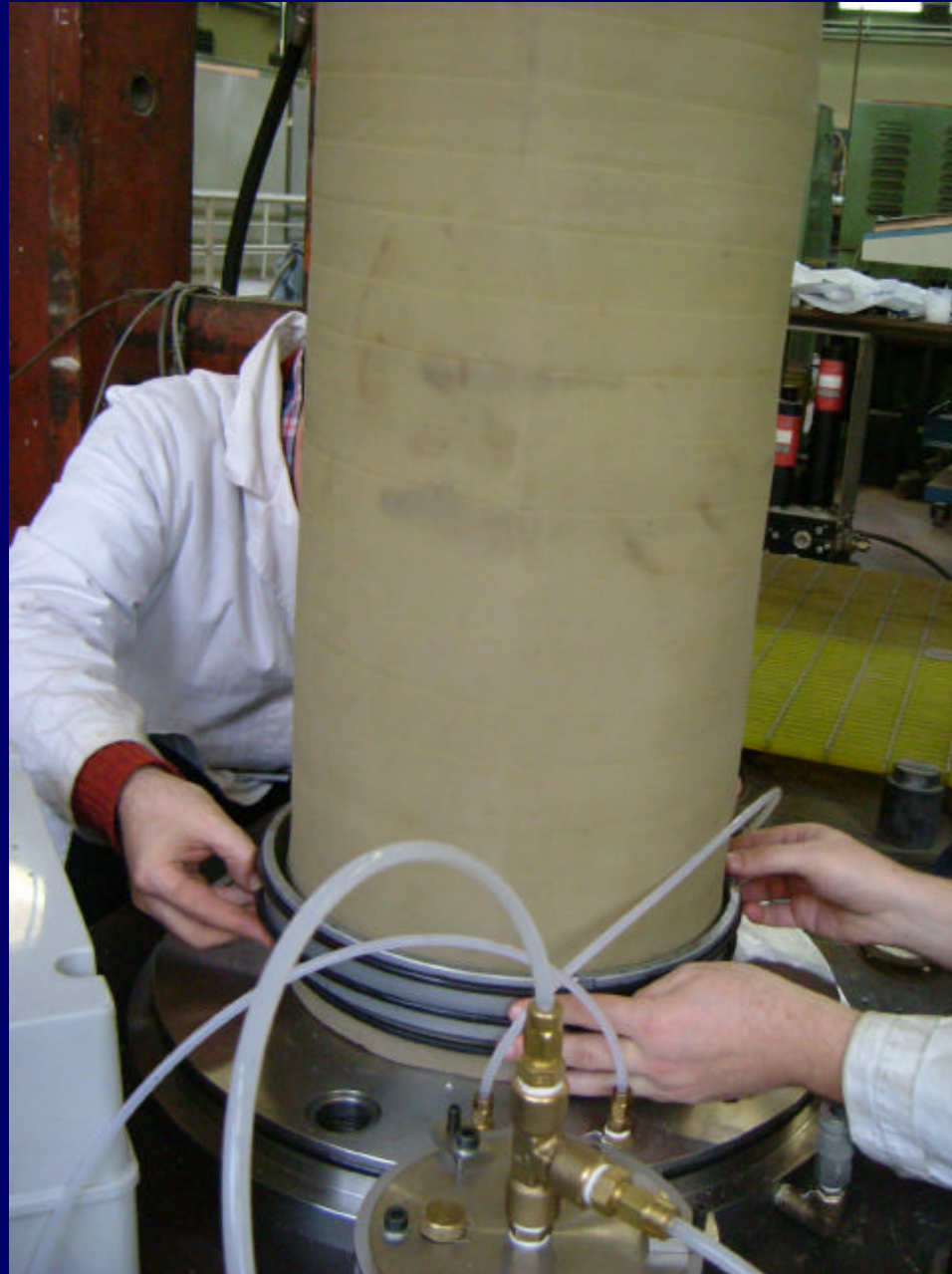
ALLESTIMENTO PROVE TX(2)



ALLESTIMENTO PROVE TX(3)



ALLESTIMENTO PROVE TX(3)



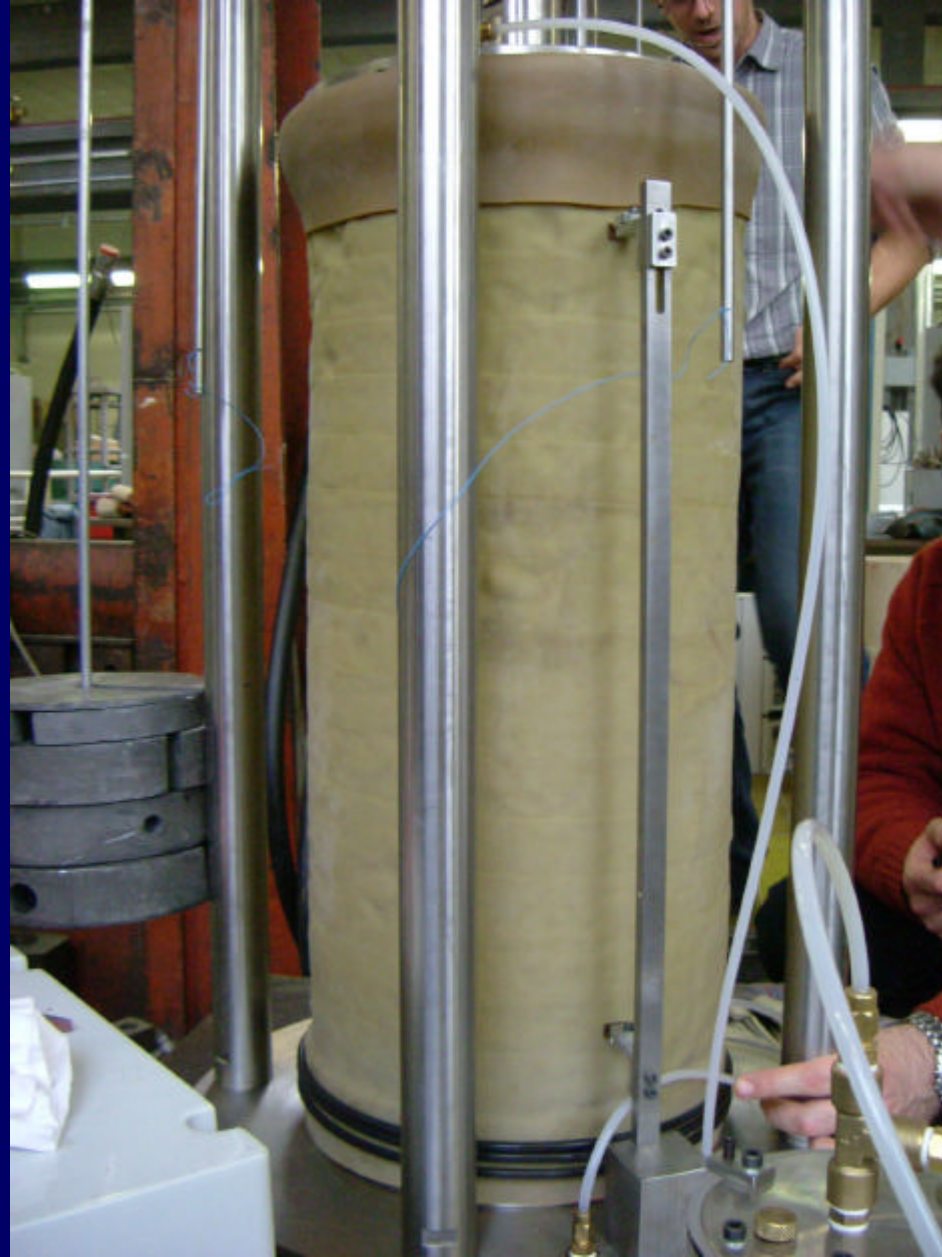
ALLESTIMENTO PROVE TX(3)



ALLESTIMENTO PROVE TX(3)



ALLESTIMENTO PROVE TX(4)



ALLESTIMENTO PROVE TX(4)



ALLESTIMENTO PROVE TX(4)



ALLESTIMENTO PROVE TX(4)



SISTEMA DI SOLLECITAZIONE ASSIALE



MODALITA' DI PROVA

- **PROVE CICLICHE NON DRENATE IN CONTROLLO DI DEFORMAZIONE ($f=0.1-0.3$ Hz; drenaggio sempre chiuso)**
- **PROVE MONOTONE NON DRENATE**
- **PROVE CICLICHE NON DRENATE IN CONTROLLO DI CARICO**

RIGIDEZZA E SMORZAMENTO: LICCIANA NARDI

- **Campioni indisturbati:**

z (m): 3.00-3.60 4.10-4.70 5.20-5.80

e (-): 0.271 0.246 0.296

s'_c (kPa): 60.5 69.0 82.7

- **Campioni rimaneggiati (in corso)**

z (m): 2.20-2.80

e (-): 0.394

s'_c (kPa): 50.5

RESISTENZA CICLICA NON DRENATA: LICCIANA NARDI

- **Campioni indisturbati:**

z (m): 2.30-2.90 2.20-2.80 4.05-4.70

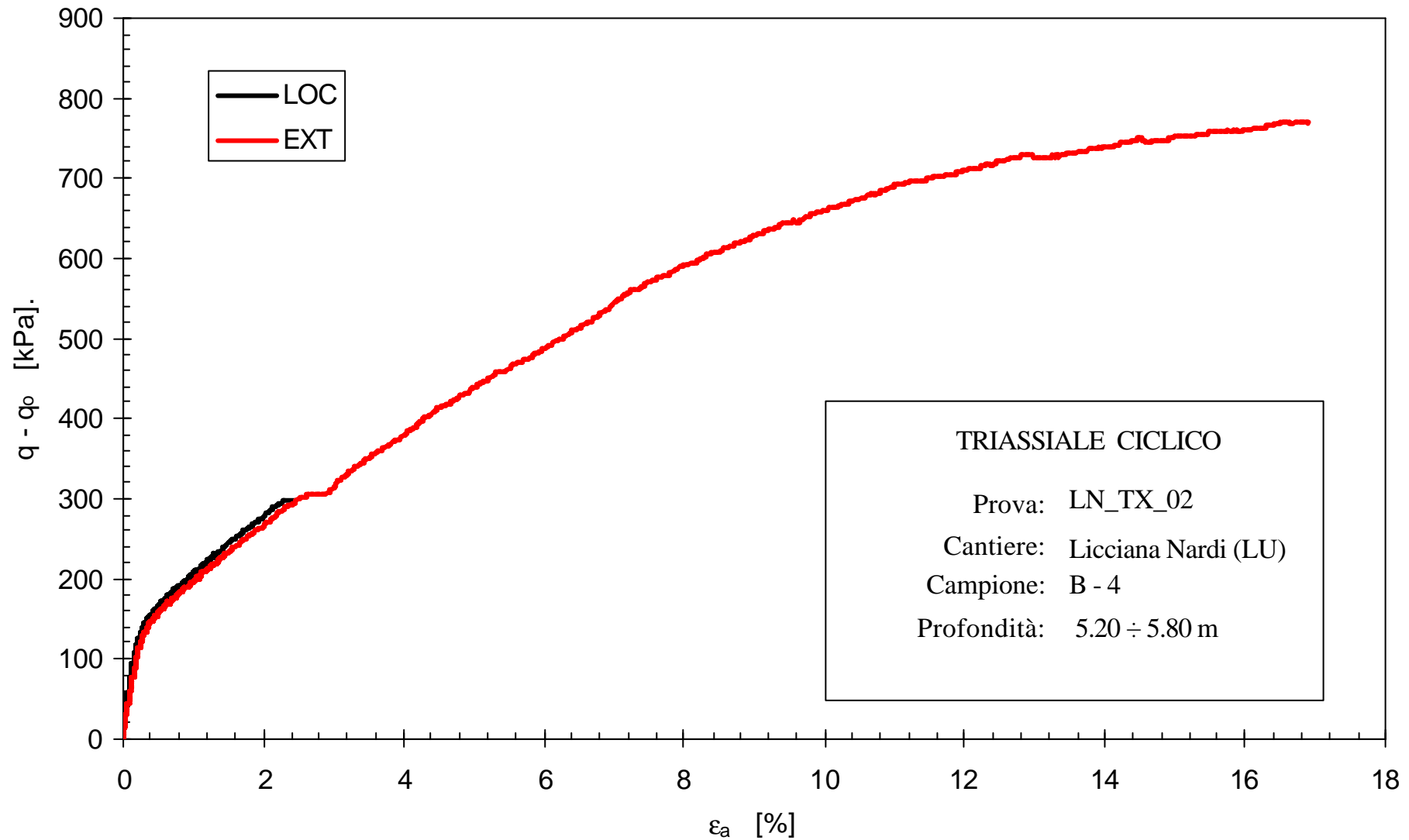
e (-): 0.378 0.413 0.344

s'_c (kPa): 46 48 54

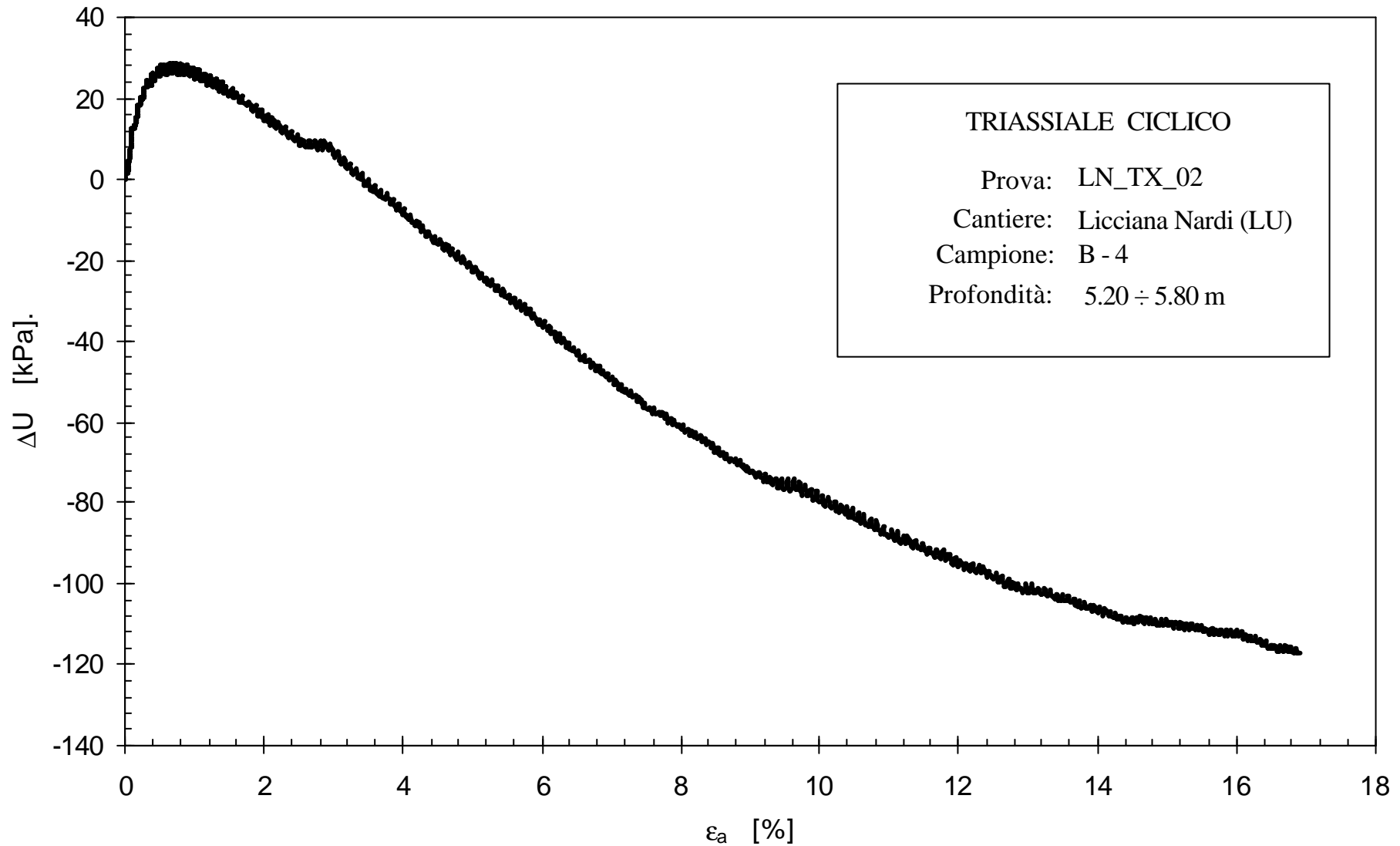
- **Campioni rimaneggiati (in corso)**

RISULTATI

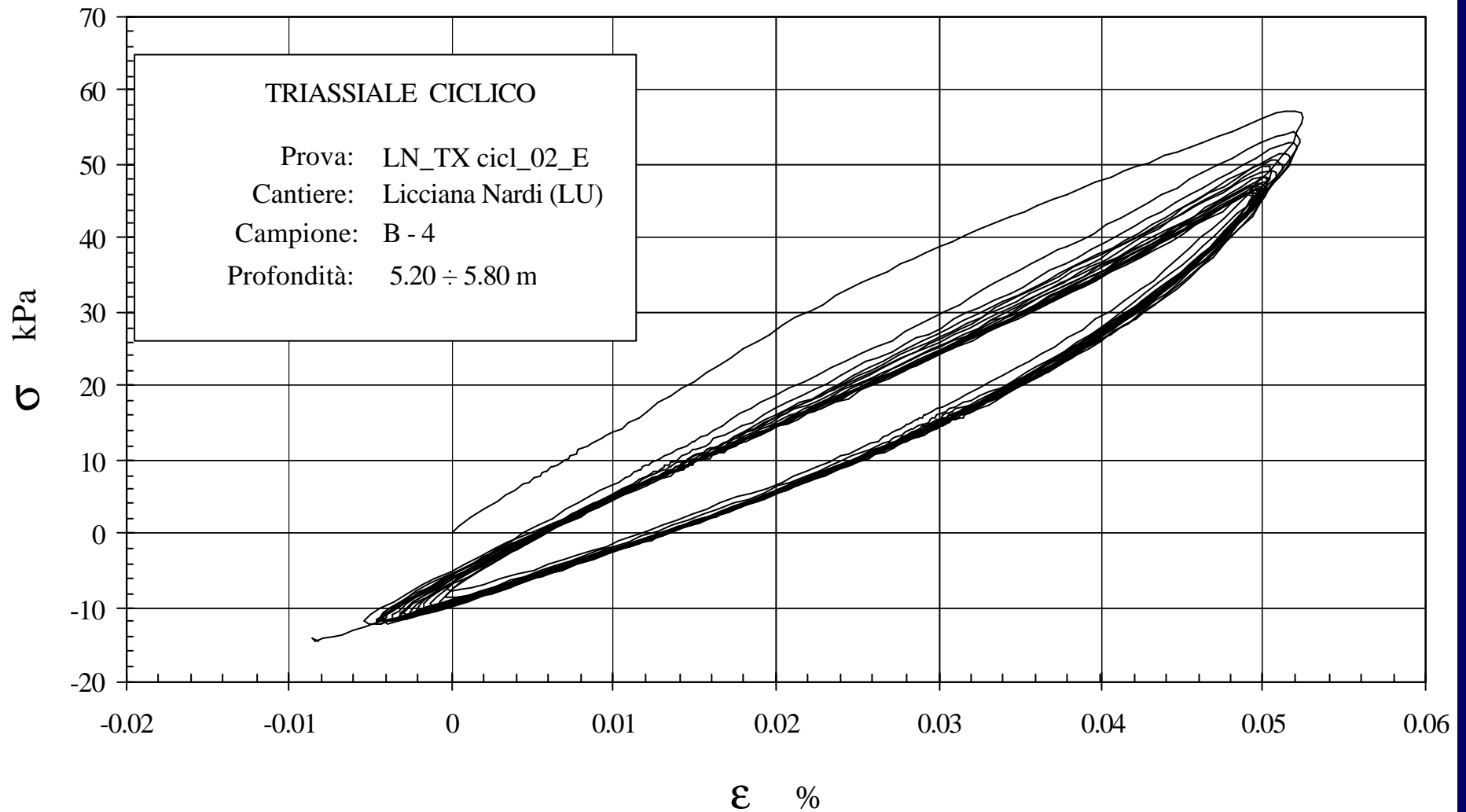
RISULTATI PROVE MONOTONE (1)



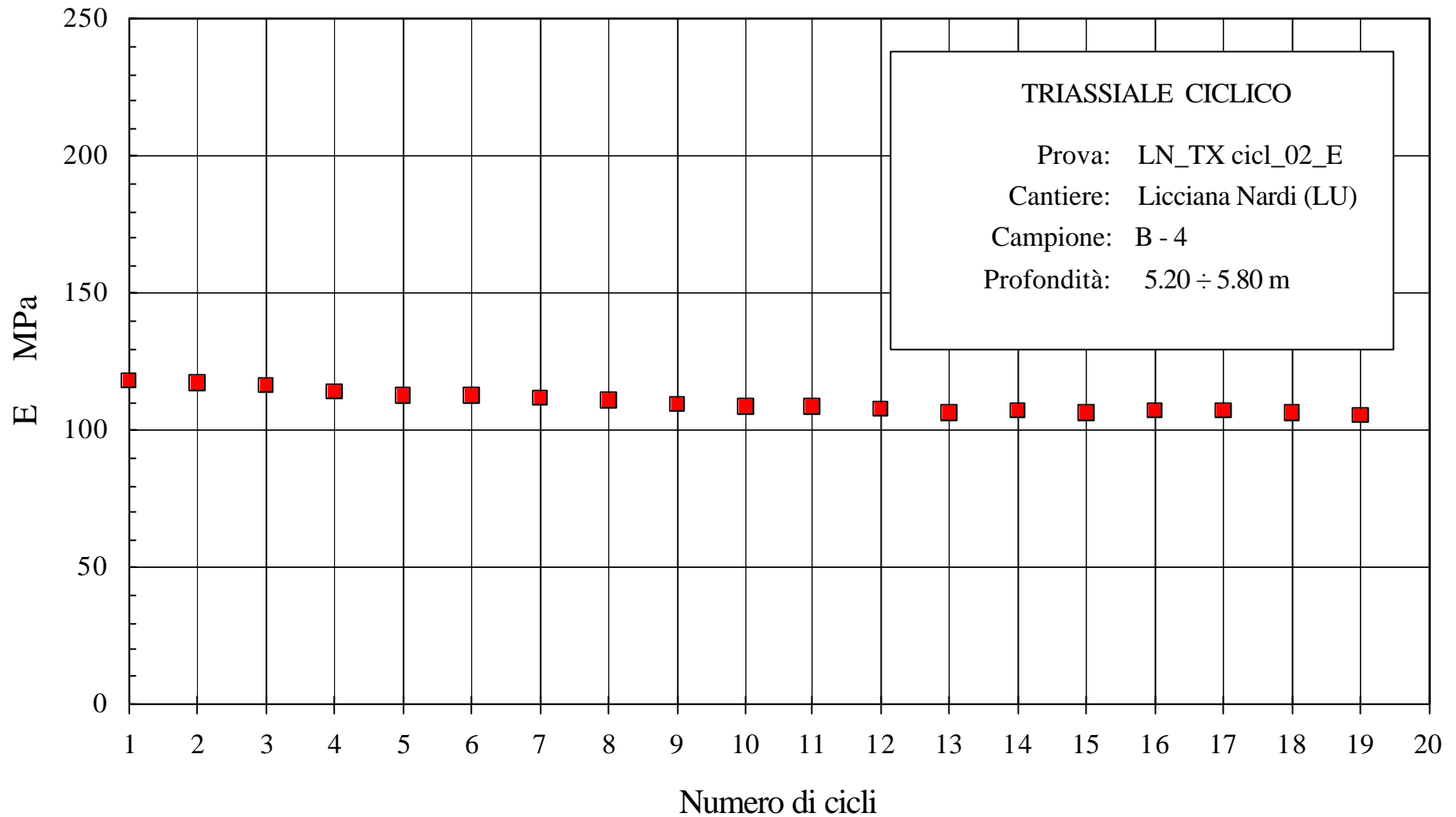
RISULTATI PROVE MONOTONE (2)



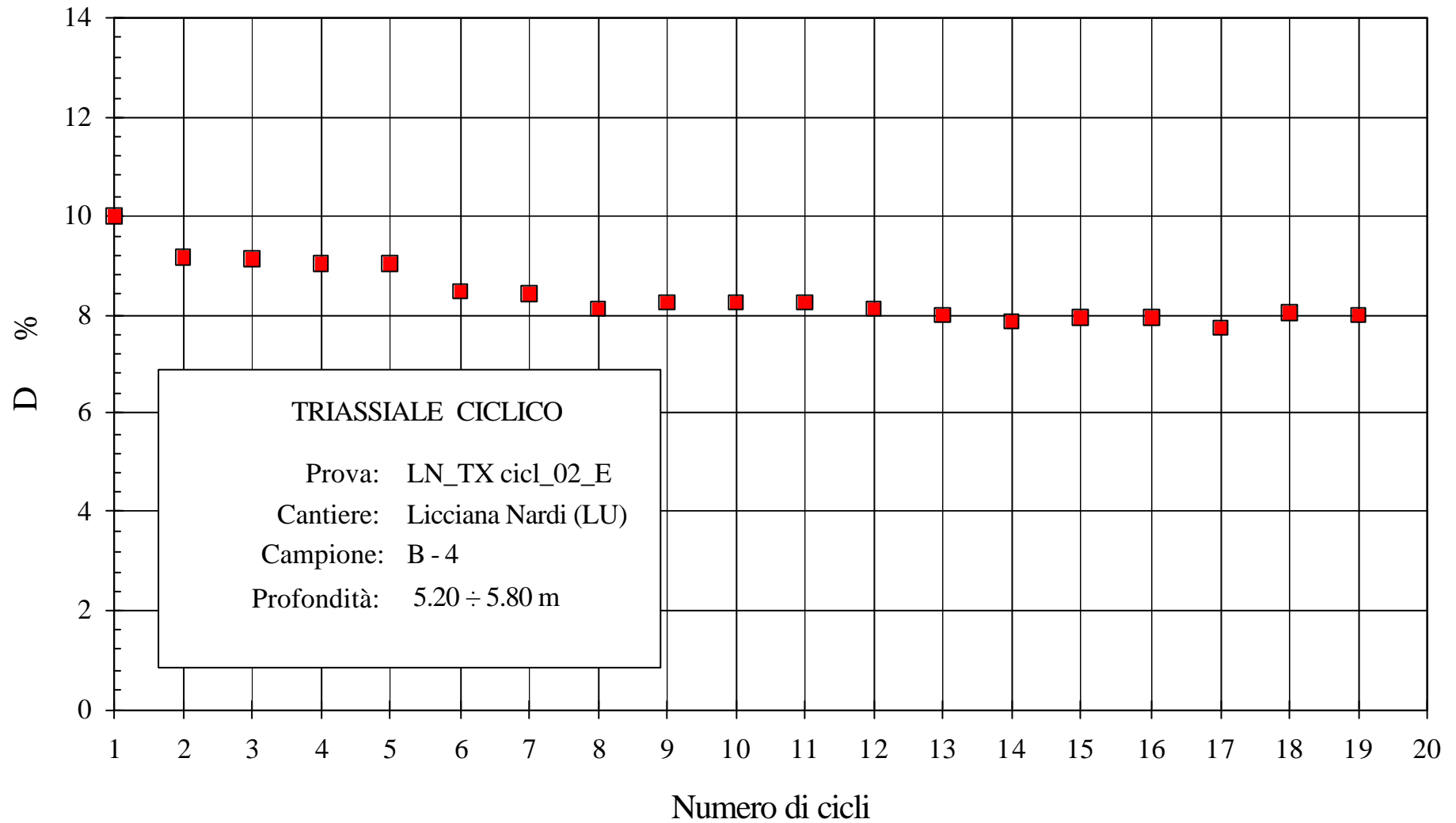
RISULTATI PROVE CICLICHE (1)



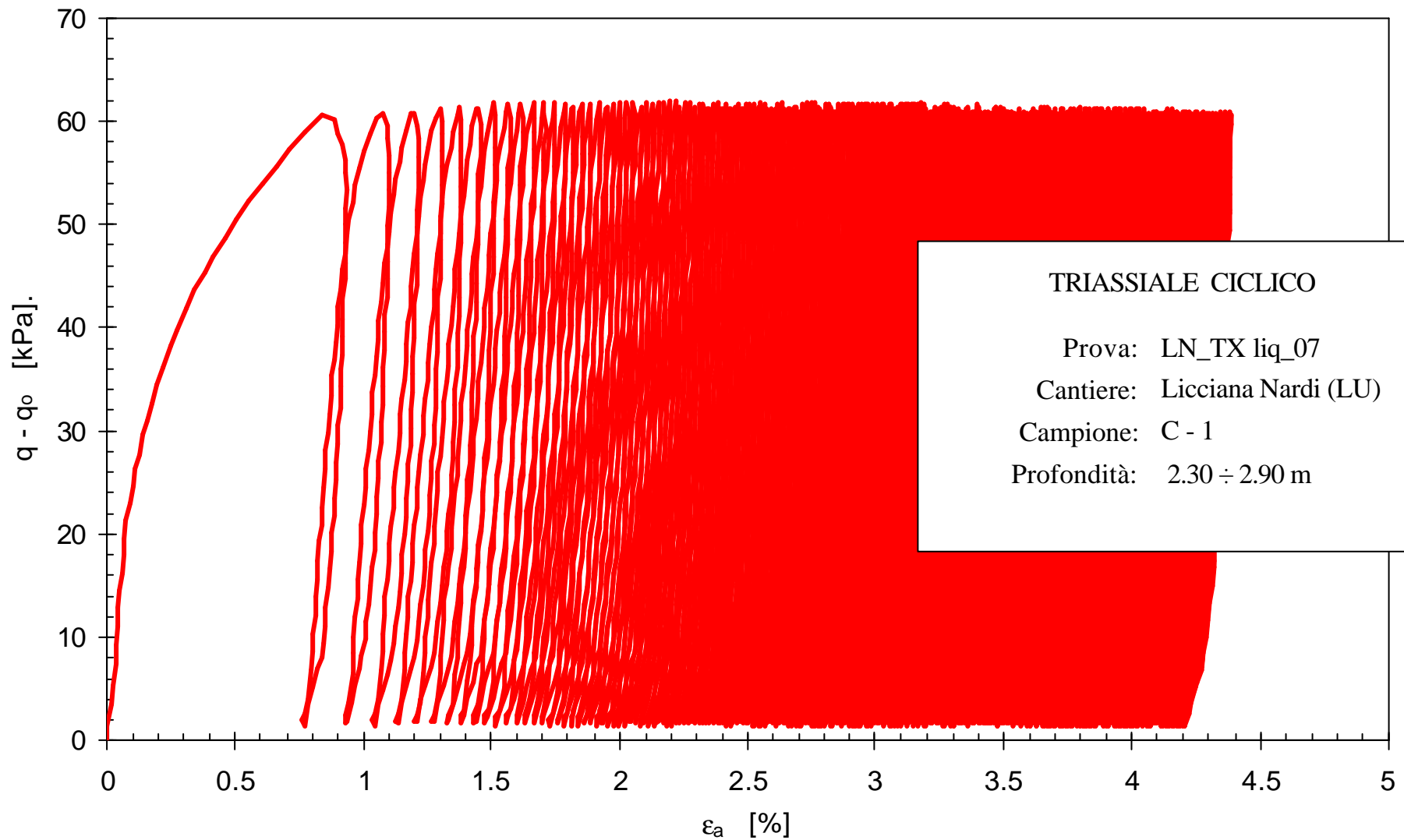
RISULTATI PROVE CICLICHE (2)



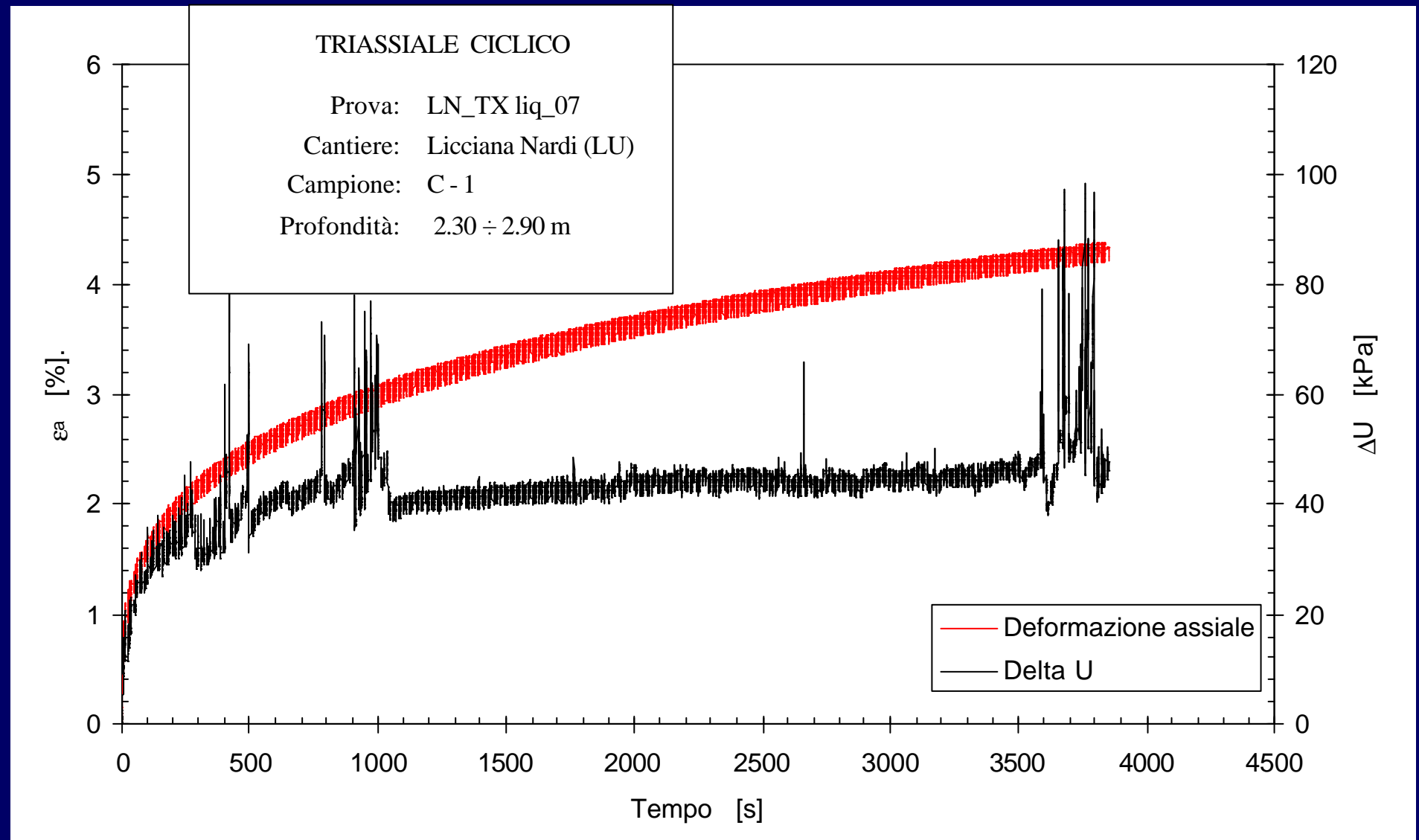
RISULTATI PROVE CICLICHE (3)



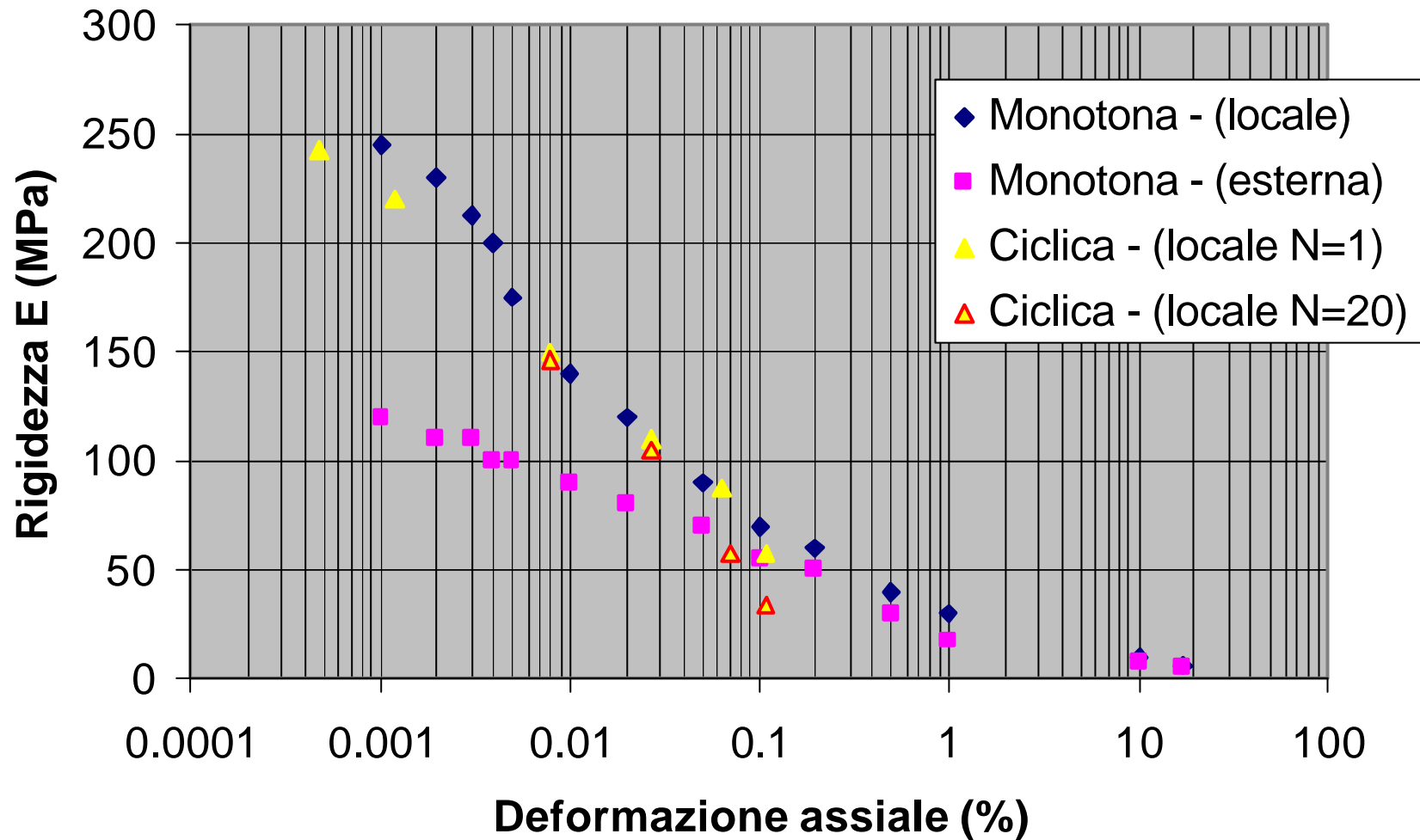
RISULTATI PROVE CICLICHE (4)



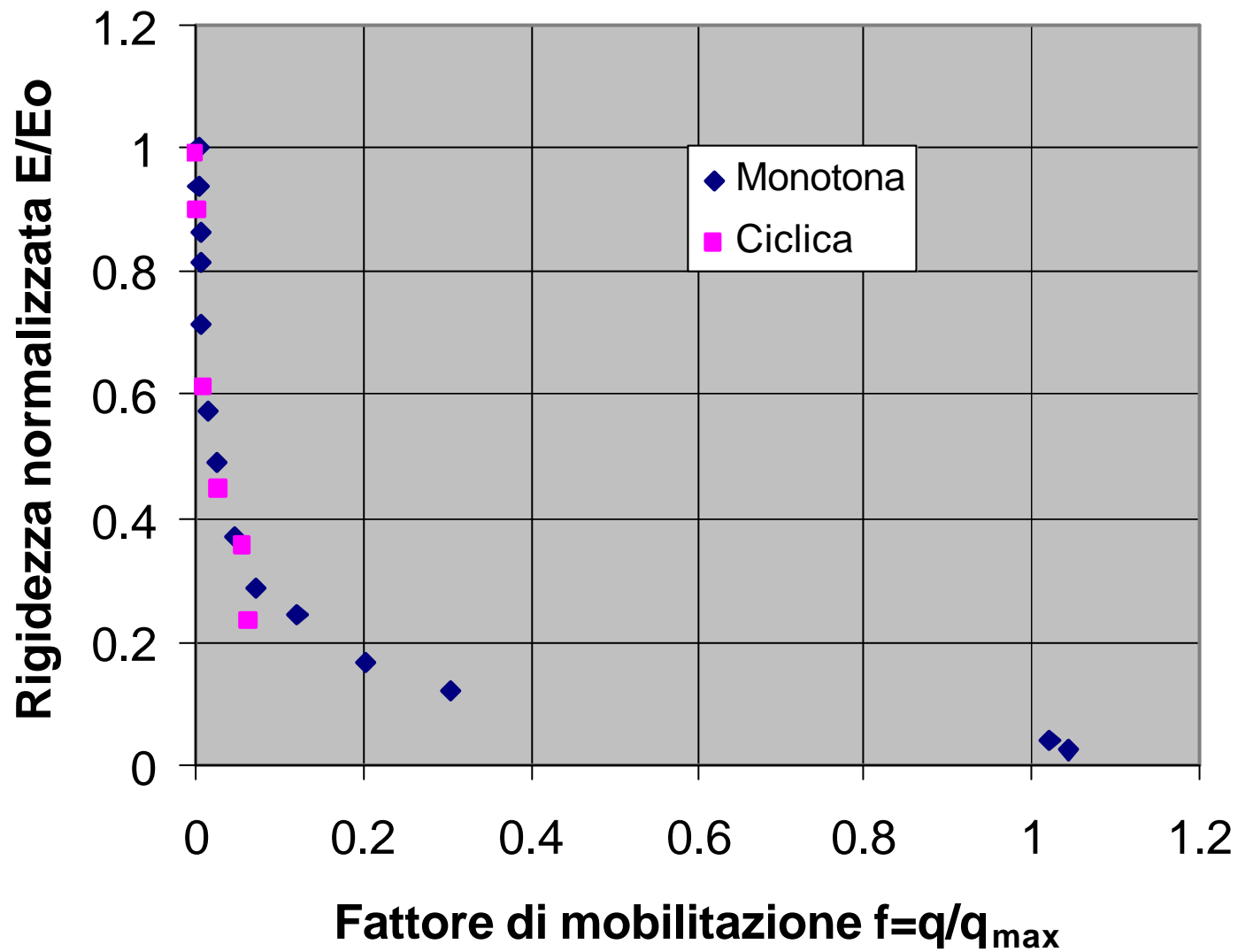
RISULTATI PROVE CICLICHE (5)



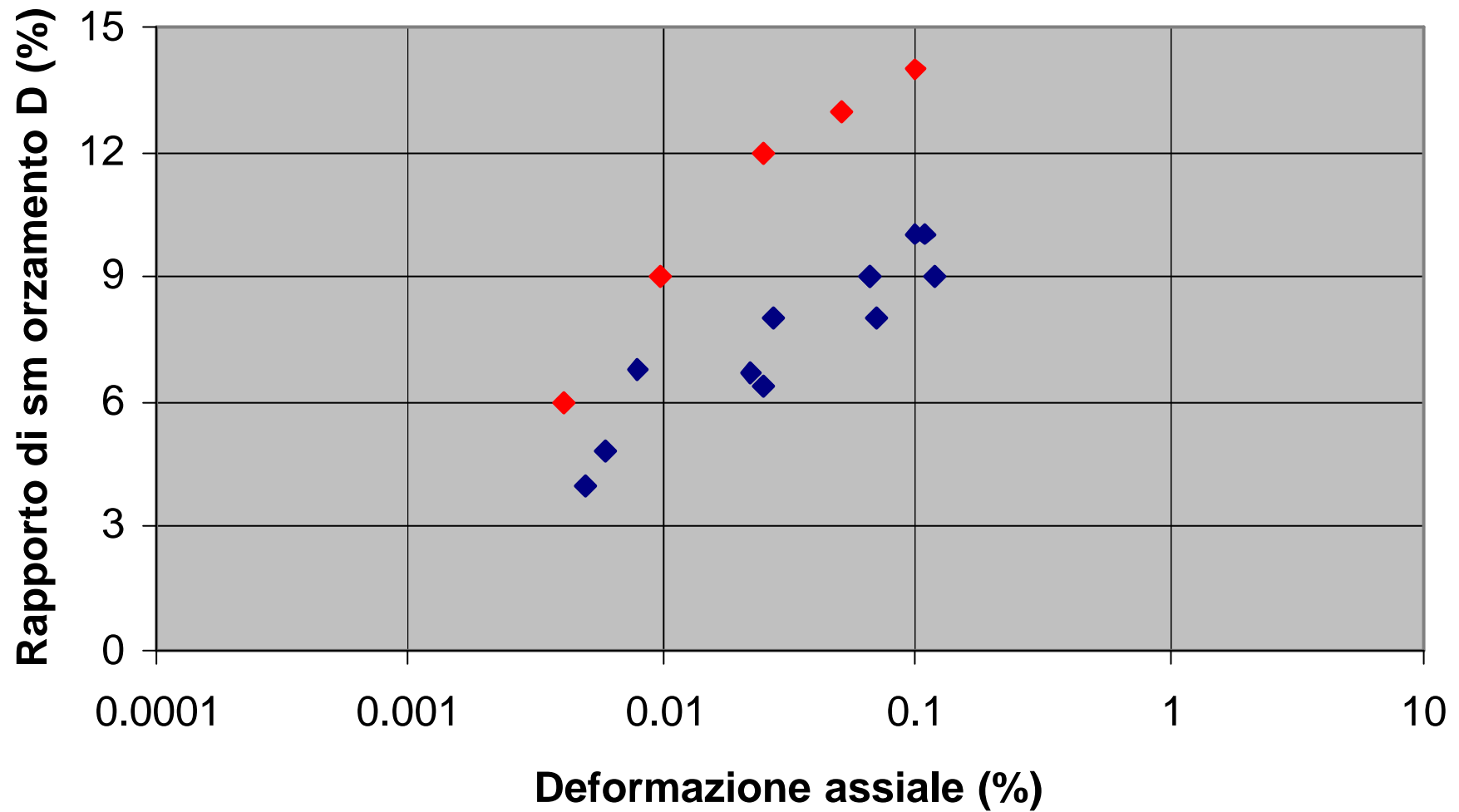
RIGIDEZZA CAMPIONI INDISTURBATI



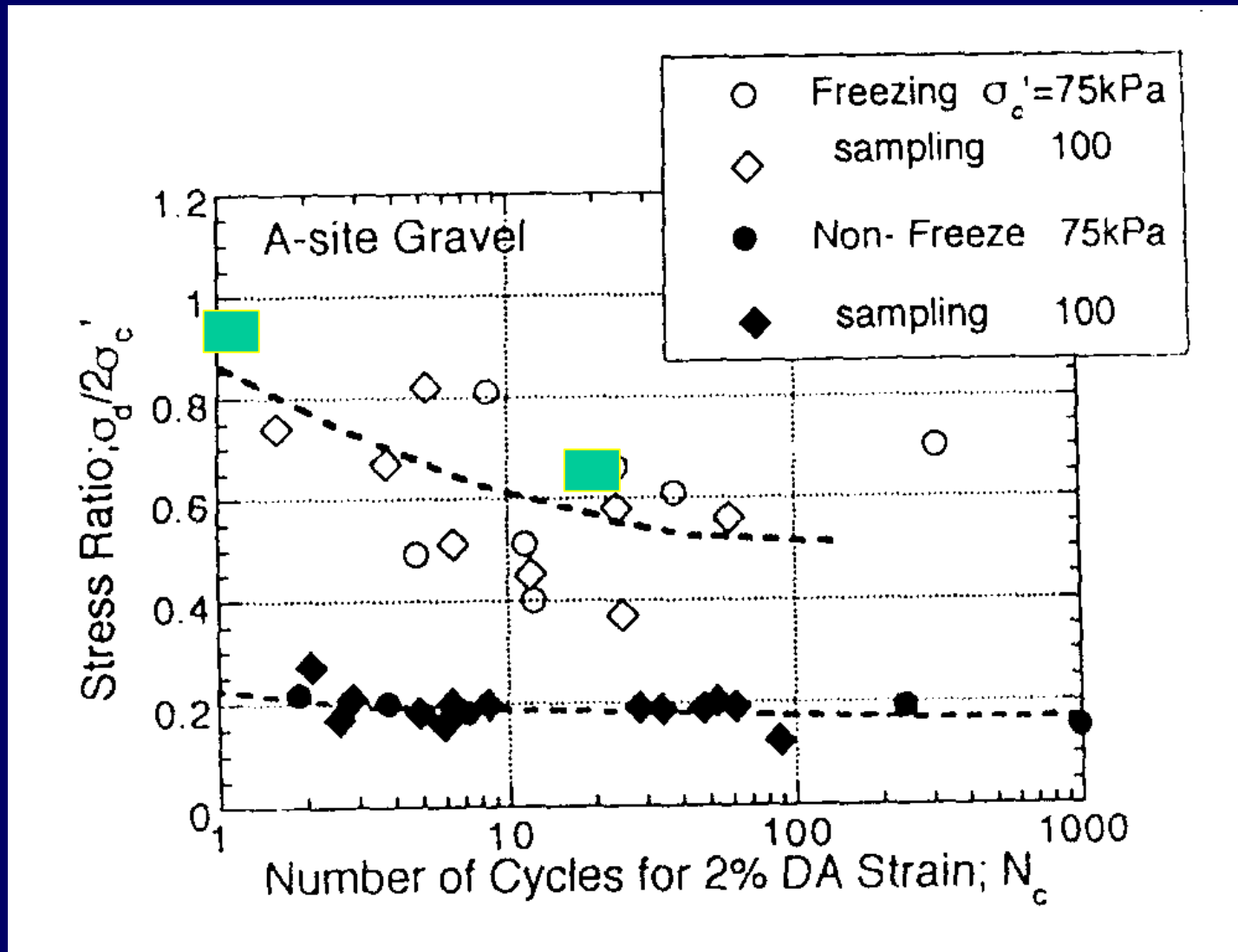
RIGIDEZZA CAMPIONI INDISTURBATI



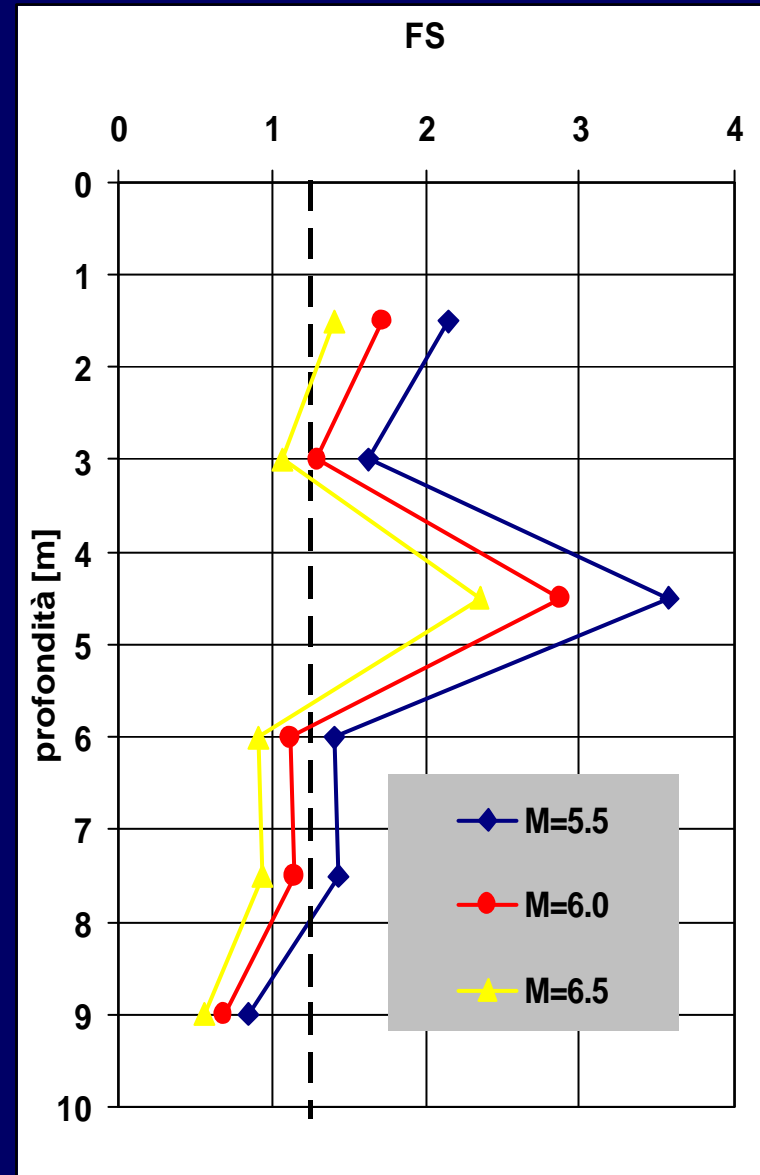
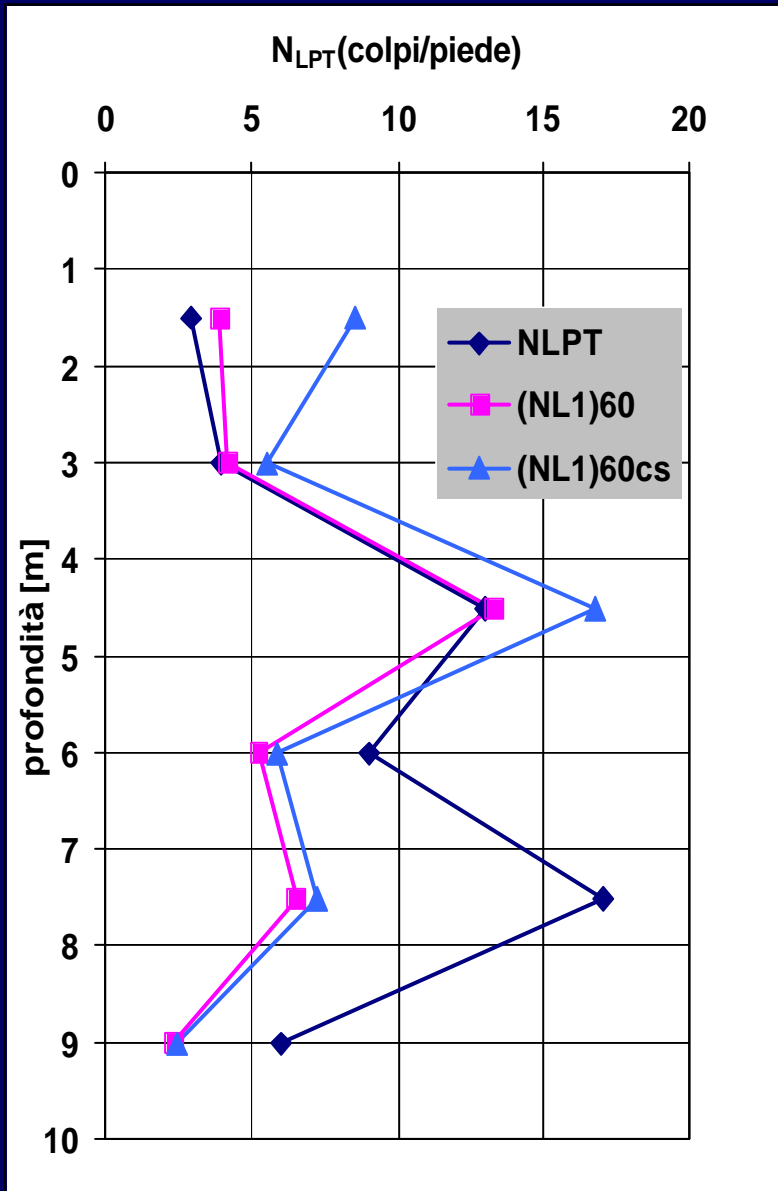
INDISTURBATI - RIMANEGGIATI



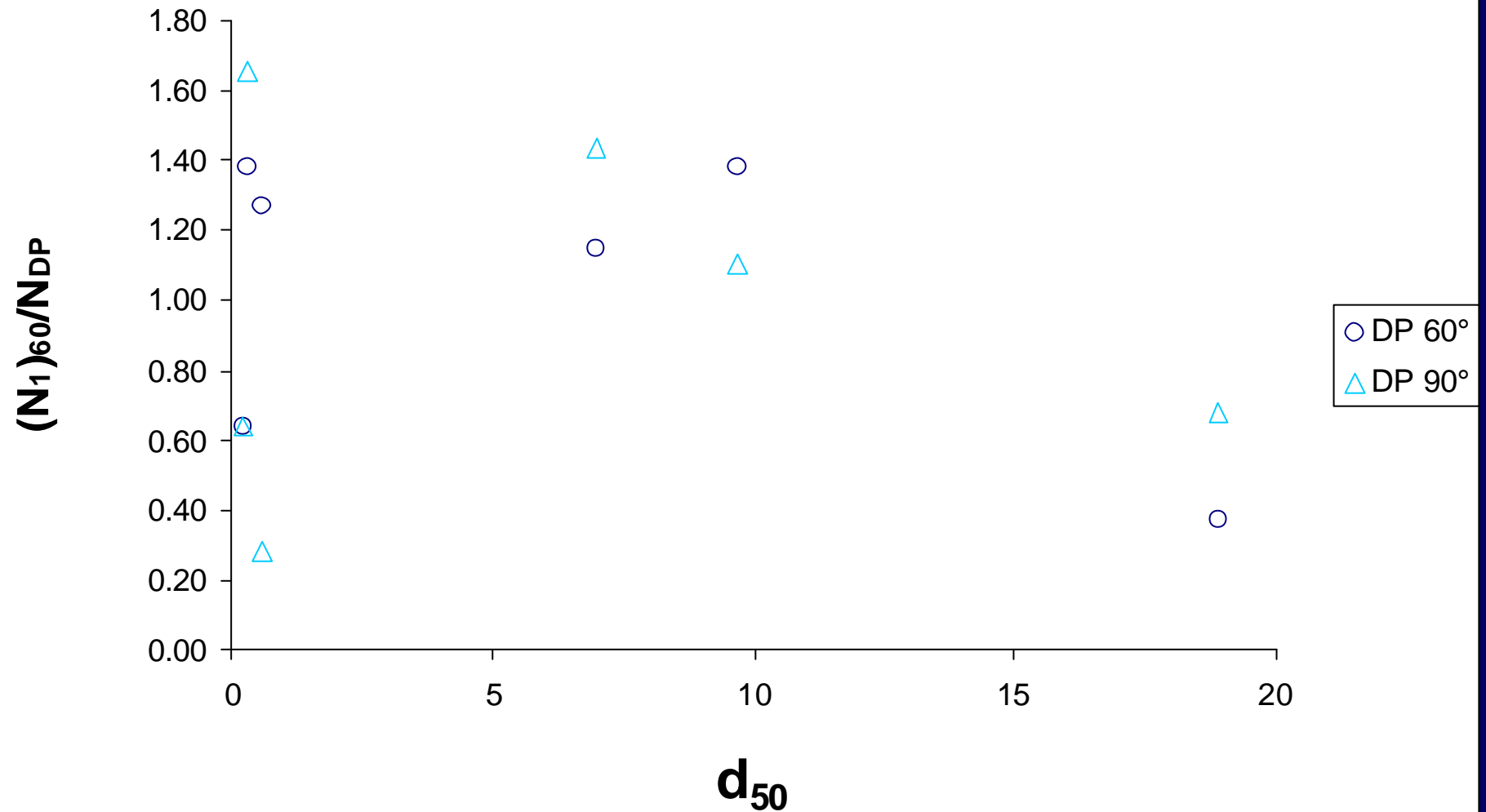
RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE: LABORATORIO



RESISTENZA LIQ. LPT (BOZZOLA 2003)



CONFRONTO LPT-DP: LICCIANA NARDI (ROSSI, COTRONEO 2004)



FATTORE DI SICUREZZA

M	F_L (Laboratorio)	F_L(Sito)
5.5	6.4 – 9.6	3.5
6.5	4.2 – 6.3	2.2

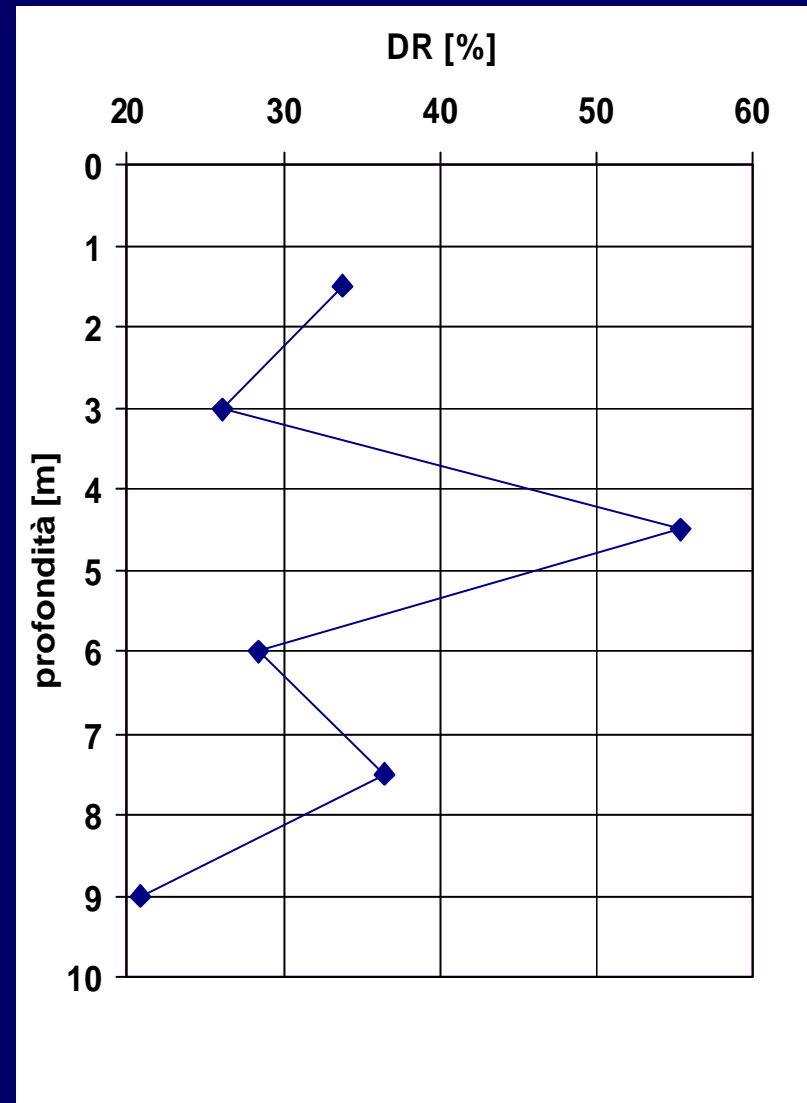
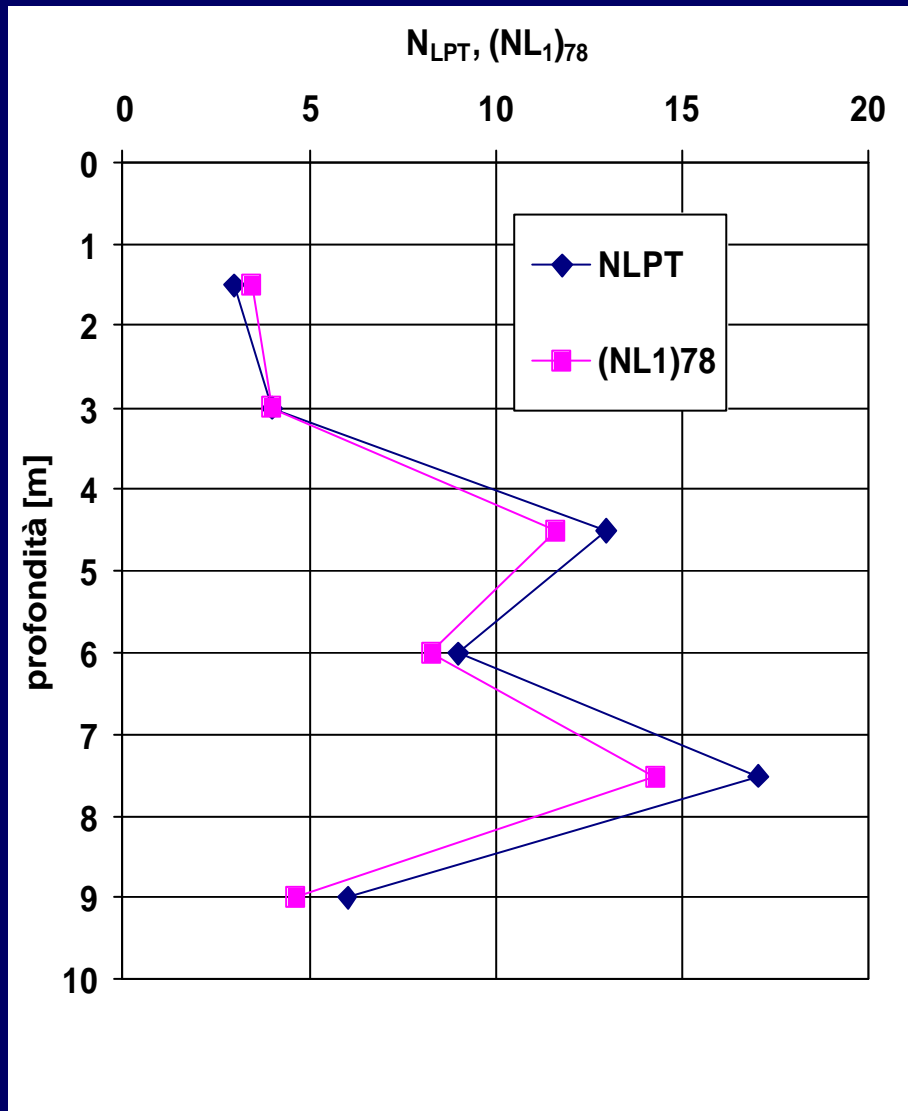
CONCLUSIONI

- **Acquisizione di una tecnica**
- **Rigidezza dei campioni indisturbati è maggiore di quella dei campioni rimaneggiati**
- **Marcata non linearità della rigidezza soprattutto in condizioni non drenate**
- **Non linearità della rigidezza: indisturbati = rimaneggiati**
- **Il campionamento indisturbato è rilevante soprattutto per la resistenza alla liquefazione**
- **Ulteriori analisi: (validazione correlazioni)**

RINGRAZIAMENTI E RICONOSCIMENTI

- **Regione Toscana (Arch. Ferrini)**
- **Prof. Hatanaka, Dr. Abe, Mr. Ohara**
- **Dr. Pallara, Ing. Froio, Rinolfi**
- **Ditta Pagani (Ing. Rossi)**
- **Ingg. Fiorio, Bozzola**
- **RCT (Gruppo Trevi), Linde**
- **CGR**

DETERMINAZIONE DI D_R (BOZZOLA 2003)



$N_1 / D_r^2 - (e_{\max} - e_{\min})$ (Cubrinovski e Ishihara 1999).

