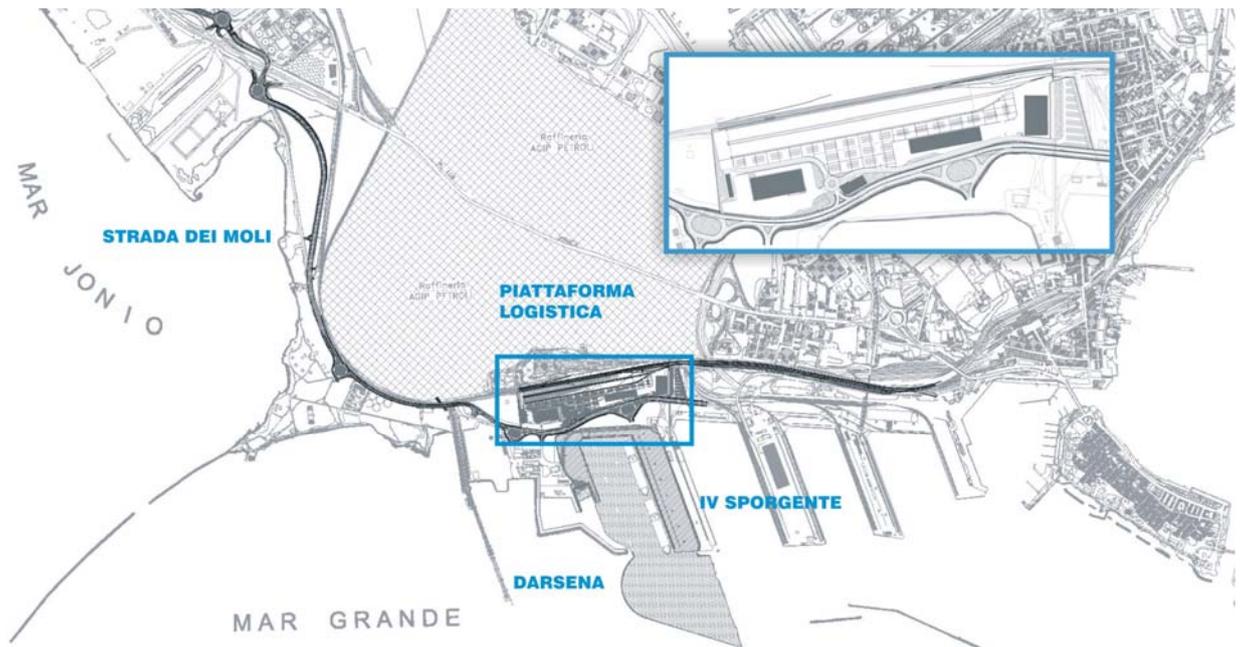




Titolo PROGETTO DEFINITIVO Strada dei Moli Sintesi della caratterizzazione geotecnica			Documento no. 123 D1 AST S002	Rev 01	Pag. 1	di 16
			 Autorità Portuale di Taranto			
Tipo doc. GEN	Emesso da DTL	Commessa no. 123-700	Progetto: Piastra Portuale di Taranto Legge obiettivo delibera CIPE 74/03 Responsabile del procedimento: Ing. D. Daraio			



Progettazione 	Consulenza:  STUDIO GEOTECNICO ITALIANO srl ingegneria geotecnica - ingegneria sismica - ingegneria ambientale geologia applicata
--	---

P	A	SGI	Nosari	Melis	G.Geddo	01	Prima emissione	29-09-2006
St.	Sc.	Redatto	Controllato	Controllato	Approvato	Rev.	Tipo di revisione	Data

SOCIETA' DI PROGETTO:

TARANTO LOGISTICA S.p.A.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 AST S 002	01	2	16

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	5
4	STRATIGRAFIA DEL SITO E PROFONDITA' DI FALDA	6
4.1	INDAGINI SVOLTE	6
4.2	STRATIGRAFIA DEL SITO	7
4.3	QUOTE DI FALDA	8
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	9
5.1	PREMESSA	9
5.2	GRANULOMETRIA	9
5.3	LIMITI DI CONSISTENZA	9
5.4	PESO DI VOLUME NATURALE	10
5.5	PROVE PROCTOR	11
5.6	CONTENUTO DI CARBONATI	11
5.7	CONTENUTO ORGANICO	11
5.8	STORIA TENSIONALE	11
5.9	DEFORMABILITÀ	12
5.9.1	<i>Introduzione</i>	12
5.9.2	<i>Sabbie Limose – Limi Sabbiosi</i>	12
5.9.2.1	Moduli di deformabilità	12
5.9.3	<i>Formazioni Argillose</i>	13
5.9.3.1	Compressibilità in condizioni drenate	13
5.9.3.2	Compressibilità secondaria	13
5.9.3.3	Coefficiente di consolidazione	13
5.10	CONDUCIBILITÀ IDRAULICA	14
5.11	RESISTENZA AL TAGLIO NON DRENATA	14
5.12	RESISTENZA AL TAGLIO DRENATA	14
6	BIBLIOGRAFIA	16

FIGURE:

1-24

APPENDICI:

Appendice A Sezioni stratigrafiche



Progetto Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 AST S 002	Rev. 01	Pagina 3	Di 16
---	--	------------	-------------	----------

1 PREMESSA

Il presente documento illustra i risultati della campagna di indagine geotecnica eseguita nell'area della Strada dei Moli nei pressi del porto di Taranto.

L'attività di indagine geotecnica è consistita nell'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo e nel prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati. I campioni prelevati nel corso delle indagini sono stati sottoposti a prove di laboratorio per classificarli e determinarne le caratteristiche di resistenza meccanica e di deformabilità. Viene allegata alla presente relazione una copia su supporto informatico dei certificati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nella campagna di indagine.

Nel documento sono descritti: l'area oggetto di indagine, le stratigrafie e la sintesi dei risultati di laboratorio.

Il sito in oggetto ricade nel territorio comunale di Taranto, classificato in zona sismica (zona 3) dalla normativa vigente.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 AST S 002	01	4	16

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Per la redazione della relazione sono stati considerati i seguenti documenti:

- (a) “TARANTO – Strada dei Moli – Programma e Specifica Tecnica”, SGI, rif. 07123-009S01E01 – NOS/PAT/PAU, 21/04/2005
- (b) “TARANTO – Area Ampliamento IV Sporgente – Attività di Caratterizzazione Geotecnica – Relazione Geotecnica di Sintesi”, SGI, rif. 07123-105R01E01 – ALB/NOS/PAT, 03/07/2006
- (c) “TARANTO – Area Piattaforma Logistica – Attività di Caratterizzazione Geotecnica – Relazione Geotecnica di Sintesi”, SGI, rif. 07123-116R01E01 – ALB/NOS/PAT, 14/07/2006
- (d) Disegno “Piastra portuale di Taranto – Planimetria individuazione sondaggi geotecnici ed ambientali”, Autorità Portuale Taranto, n° 123-700, Rev. 03, A1-UGE-S-106, 04/07/2006
- (e) “Report sulle indagini geognostiche della Strada dei Moli, TARANTO”, Toma Abele Trivellazioni S.r.l.
- (f) “Documento di sintesi sulle attività di laboratorio”, CGG S.r.l.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 AST S 002	01	5	16

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

In **figura 1** sono rappresentate le opere in progetto per la realizzazione della Strada dei Moli nell'area del porto di Taranto. In particolare, essa sarà composta da:

- muri di sostegno;
- ampliamenti di ponte;
- opere stradali.

I carichi previsti sull'area oggetto di studio sono quelli generati da tali opere.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 AST S 002	01	6	16

4 STRATIGRAFIA DEL SITO E PROFONDITA' DI FALDA

4.1 Indagini svolte

La campagna d'indagine geotecnica nell'area in oggetto è stata condotta tra aprile e giugno 2006. Sono state eseguite sia prove in sito, sia prove di laboratorio su campioni prelevati nel corso dei sondaggi. In particolare, le prime sono state condotte dall'Impresa TOMA ABELE TRIVELLAZIONI S.r.l., mentre le seconde dal laboratorio geotecnico CGG S.r.l.

Al momento della redazione di questo rapporto non sono state ancora eseguite le indagini nell'area ILVA, a causa della difficoltà di accesso al sito. Nella presente relazione, pertanto, non sono stati inclusi riferimenti alle indagini da eseguire nell'area ILVA ed, in particolare, ai sondaggi geotecnici e ambientali SP208, SP209, SP210 e SP211 ed ai sondaggi ambientali S51, S52, S53, S60, S61, S62, SP208bis, SP210bis, SP211bis, SP212bis.

Allo stato attuale, pertanto, le indagini e prove utilizzate ai fini della caratterizzazione geotecnica sono:

- Prove in sito:
 - **n° 4** sondaggi geotecnici a carotaggio continuo spinti fino ad una profondità di 30 m dal p.c., sigle SP202, SP203, SP204, SP205.
 - **n° 4** sondaggi geotecnici ambientali a carotaggio continuo spinti fino ad una profondità di 30 m da p.c., sigle SP201, SP206, SP207, SP213.
 - **n° 1** sondaggio geotecnico a carotaggio continuo spinto fino ad una profondità di 10 m da p.c., sigla SS203.
 - **n° 3** sondaggi geotecnici ambientali a carotaggio continuo spinti fino ad una profondità di 10 m da p.c., sigle SS201, SS202, SS204.
 - **n° 68** sondaggi ambientali a carotaggio continuo spinti fino ad una profondità di 8 m da p.c., sigle S1÷S50, S17bis, S18bis, S54÷S59, S63÷S72.
 - **n° 51** Standard Penetration Test (SPT) in corrispondenza dei terreni granulari o dei terreni poco coesivi. La massima profondità indagata con questo tipo di prova è 10,5 m.

- Prove in laboratorio su campioni prelevati in sito:
 - **n° 121** granulometrie per vagliatura (ASTM D422-63(R02)).
 - **n° 20** aerometrie (ASTM D422-63(R02)).
 - **n° 59** determinazioni di pesi di volume e contenuti naturali d'acqua (CNR-UNI 10008 – ASTM D2435-04)
 - **n° 31** prove per determinare i limiti di consistenza della frazione passante al vaglio 0.4mm (CNR-UNI 10014).



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 AST S 002	01	7	16

- n° 6 pesi specifici dei grani (CNR-UNI 10013).
- n° 3 prove di costipamento (Proctor) modificato (CNR BU N.69).
- n° 13 prove per valutare il contenuto di sostanze organiche (ASTM D2974-00).
- n° 17 prove per valutare il contenuto di carbonati di calcio (ASTM D4373-02).
- n° 14 prove edometriche ad incremento di carico (ASTM D2435-04 – Method A).
- n° 26 prove triassiali non consolidate - non drenate (UU) (ASTM D2850-03).
- n° 7 prove triassiali consolidate isotropicamente - non drenate (CIU) (ASTM D4767-04).
- n° 2 prove di taglio diretto (ASTM D3080-04).

Sono inoltre stati installati 7 piezometri a tubo aperto (PZ1÷PZ7) per valutare la quota della falda. Un piezometro, PZ6, è situato nell'area ILVA.

Diverse prove con Pocket Penetrometer sono state eseguite in sito ed in laboratorio per valutare in maniera speditiva la consistenza delle argille.

In **figura 2** sono rappresentate tutte le indagini effettuate lungo il tracciato della Strada dei Moli.

Le stratigrafie dei sondaggi, insieme ai certificati delle prove di laboratorio ed alla documentazione fotografica delle cassette catalogatrici sono riportate nei documenti (e) e (f).

4.2 Stratigrafia del sito

L'area della futura Strada dei Moli si trova attualmente a quote comprese tra 1.3 m s.l.m. e 12 m s.l.m., rilevate in corrispondenza dei punti di esecuzione dei sondaggi. La zona si presenta complessivamente pianeggiante.

In dettaglio, la stratigrafia di riferimento può essere così sintetizzata:

- Riporto:** questo strato non è sempre del tutto distinguibile dalle descrizioni stratigrafiche. Esso è composto da terreni di diversa natura, quali ghiaie, sabbie, limi e argille, che si alternano sia verticalmente, che spazialmente. In alcuni sondaggi si sono inoltre osservati modesti spessori di pavimentazione e riporti di natura antropica. In sintesi, lo spessore si può definire variabile da 1.50m a 6.00m circa. Le prove SPT e le granulometrie confermano l'eterogeneità di questo strato. Le prime mostrano valori che variano da 2 colpi/30cm fino a rifiuto, mentre le seconde mostrano una notevole eterogeneità e variabilità della composizione granulometrica.
- sabbia limosa – limo sabbioso:** al di sotto del riporto e fino ad una profondità da piano campagna variabile da 2.00 m a 12.5 m circa, è presente un strato naturale di sabbia limosa o di limo sabbioso. Lo spessore di questo strato varia da 2.0 m a 8.0m circa. Le descrizioni stratigrafiche lo definiscono poco addensato e non è rara la presenza di argilla. I valori dei risultati delle prove SPT eseguite variano tra 2 e 30 colpi/30cm.
- “Argilla alterata”:** al di sotto dello strato b), si osserva uno strato di limo argilloso di spessore variabile tra alcune decine di centimetri e 6 m circa. Si tratta di un'argilla plastica, consistente, di colore giallastro che



Progetto Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 AST S 002	Rev. 01	Pagina 8	Di 16
---	--	------------	-------------	----------

precede l'argilla di Taranto di seguito descritta. La resistenza al taglio non drenata di questo strato, ottenuta da prove triassiali UU in laboratorio, varia nell'intervallo 150÷400 kPa.

- d) **“Argilla di Taranto”**: il tetto di questa formazione inizia da una profondità dal piano campagna variabile tra 3.5 m e 12.0m circa e lo strato si estende fino alle massime profondità indagate (30m da p.c.). Il materiale è costituito da argilla limosa plastica da consistente a molto consistente, di colore grigio azzurro tendente al verdastro con la profondità. Le prove triassiali UU di laboratorio hanno confermato l'elevata consistenza di queste argille, già descritta nelle stratigrafie. I campioni presentano infatti una resistenza al taglio non drenata C_u dell'ordine di 250 ÷ 500 kPa che si incrementa con la profondità. Il contenuto di carbonati, superiore al 20% in peso, inoltre, indica un significativo grado di cementazione del materiale. E' una formazione che si è depositata nel Pleistocene ed ha subito importanti processi di consolidazione e diagenesi. Questi fenomeni hanno portato ad elevati valori di rapporto di preconsolidazione (da letteratura $OCR = 10\div 25$ a seconda della profondità), unitamente ad una microstruttura interna particolarmente marcata. Conseguenza di questo è l'elevata resistenza di tale formazione per livelli tensionali che rimangono nel dominio di preconsolidazione ($\sigma'_{v0} + \Delta\sigma'_v \leq \sigma'_p$) ed un brusco decadimento della resistenza dovuto alla rottura della struttura interna se si superano le tensioni di preconsolidazione/cementazione, del resto decisamente elevate (~ 1000 ÷ 2000kPa).

Si rimanda al documento (e) per una descrizione dettagliata delle stratigrafie.

4.3 Quote di Falda

Per monitorare il livello di falda sono stati installati 7 piezometri a tubo aperto nell'area oggetto di studio. Un piezometro (PZ6) è collocato nell'area ILVA. Inoltre, la quota della falda è stata misurata in tutti i sondaggi nell'area di interesse. La quota di falda misurata nel periodo di esecuzione delle indagini varia nell'intervallo - 0.63÷+3.58 m s.l.m. lungo il tracciato della futura strada.



Progetto Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 AST S 002	Rev. 01	Pagina 9	Di 16
---	--	------------	-------------	----------

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

5.1 Premessa

Nel presente capitolo vengono definiti i parametri geotecnici di interesse per i terreni di fondazione, derivanti dalla caratterizzazione geotecnica dei materiali. I terreni di fondazione sono stati caratterizzati sulla base dei risultati delle prove in sito ed in laboratorio condotte nell'ambito del presente studio e da un confronto con i dati di letteratura esistente sulla formazione delle argille di Taranto.

5.2 Granulometria

Le **figure 3, 4 e 5** mostrano il fuso granulometrico dei campioni prelevati in sito, rispettivamente del riporto superficiale, della sabbia limosa e dell'argilla di Taranto.

In particolare, il riporto è costituito da un materiale con granulometria molto variabile. La percentuale di ghiaia varia tra il 5% e il 55%, mentre la percentuale di fine (limo ed argilla) varia tra il 5% e l'85%. All'interno del riporto sono talvolta presenti blocchi di calcestruzzo o asfalto. Il riporto è costituito, pertanto, da un materiale con caratteristiche granulometriche e meccaniche molto variabili, in cui è presente anche una rilevante percentuale di materiale a grana fine.

La sabbia limosa sottostante ha caratteristiche granulometriche più omogenee. La percentuale di fine varia tra il 2% e il 36%.

L'argilla di Taranto presenta un fuso granulometrico molto più ristretto, indice di una elevata omogeneità. Si tratta quindi di un materiale ben gradato con un contenuto di fine dell'ordine del 90%÷98% ed il 2%÷10% circa di sabbia. Il contenuto di argille varia a sua volta tra il 38% e il 74% mentre il limo è presente in percentuali del 15÷60%.

La **figura 6** riporta la distribuzione granulometrica con la profondità. Si osserva la netta differenza tra lo strato di riporto e quello delle argille sottostanti, che ne rende immediata l'identificazione.

5.3 Limiti di consistenza

La **figura 7** riporta il valore dei limiti di Atterberg e del contenuto d'acqua mentre la **figura 8** i valori dell'indice plastico per l'argilla di Taranto.

b) Argilla Alterata:

Il limite plastico è compreso tra 22% e 36% con un valore medio pari a 27%. Il limite liquido risulta compreso tra 36% e 58% con un valore medio pari a 47%. L'indice plastico è quindi compreso tra 14% e 23%, con un contenuto d'acqua del 20%÷35% (**figura 9**).

La **figura 10** riporta i valori di indice di attività che variano nell'intervallo 0.4÷0.6, tipico delle argille inattive.



Progetto Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 AST S 002	Rev. 01	Pagina 10	Di 16
---	--	------------	--------------	----------

c) **Argilla di Taranto:**

Sempre dalla **figura 7**, si osserva che il contenuto d'acqua manifesta la tendenza ad avvicinarsi al limite plastico. La consistenza del materiale è quindi prossima ad essere semi-solida o solido-plastica. Questo indica che il comportamento delle argille in questione sarà rigido a bassi livelli tensionali. Tali assunzioni sono confermate dai valori dell'indice di liquidità (**figura 11**) in molti casi negativi a causa della difficoltà di determinazione del limite plastico, molto prossimo al contenuto d'acqua naturale.

In sintesi, le determinazioni di laboratorio sulle argille di Taranto hanno fornito i seguenti risultati:

- Il limite liquido varia mediamente nell'intervallo $38 \div 63\%$, con un valore medio rappresentativo pari al 49%, mentre il limite plastico è compreso nell'intervallo $19 \div 30\%$ (valore medio $\cong 25\%$). L'indice plastico risulta quindi compreso nell'intervallo $18 \div 34\%$, con valore medio pari al 24% circa.
- Per quanto concerne il contenuto naturale d'acqua w , riportato in **figura 9**, si sono ottenuti dei valori compresi tra il 18% ed il 30%, che tendenzialmente diminuiscono con la profondità. Sono presenti anche alcuni dati anomali che indicano valori di w più elevati a profondità maggiori. Tali valori sono attribuibili alla possibile presenza di materiali con componente organica, oppure sono derivanti da un disturbo in fase di campionamento.
- I valori dell'indice di attività, rappresentati in **figura 10**, variano mediamente nell'intervallo $0.4 \div 0.90$, che contraddistingue un'argilla normalmente attiva.

La **figura 12** riporta la carta di Casagrande. In generale si può affermare che sia l'argilla alterata che l'argilla di Taranto siano argille inorganiche di medio-alta plasticità.

La **figura 13** mostra che il peso specifico dei grani medio è pari a circa 2.65, mentre la **figura 14** riporta il valore dell'indice dei vuoti e_0 ricavato sulla base dei dati di contenuto d'acqua, nell'ipotesi di un peso specifico dei grani pari a 2.65 ed un grado di saturazione pari al 100%. I valori dell'indice dei vuoti calcolato variano quindi nell'intervallo $0.60 \div 0.80$.

5.4 Peso di volume naturale

La **figura 15** riporta i valori del peso di volume naturale determinati dalle prove di laboratorio sui campioni prelevati in sito. Dal grafico si osserva che i valori del peso di volume dell'argilla di Taranto variano tra 19 e 20.3 kN/m^3 , con un valore medio pari a 19.3 kN/m^3 .



Progetto Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 AST S 002	Rev. 01	Pagina 11	Di 16
---	--	------------	--------------	----------

5.5 Prove Proctor

Sono state eseguite tre prove Proctor modificate su campioni del materiale di riporto (**a**). I contenuti d'acqua ottimi, w_{opt} , e le densità secche massime, γ_d , sono riportati nella sottostante tabella 1.

Tabella 1. Risultati prove Proctor

Campione	Contenuto d'acqua ottimo w_{opt} (%)	Peso di volume secco massimo γ_d (kN/m ³)
A1 - 1	15	17,7
B2 - 1	10,68	19
B1 - 2	8,78	19,8

5.6 Contenuto di Carbonati

La **figura 16** riporta il valore del contenuto di carbonati (% di CaCO₃) determinato tramite prove di laboratorio sui campioni di argilla (**materiale c** e **d**). I valori del contenuto di carbonato di calcio variano tra il 21% e il 35%, con un valore medio pari al 28%.

L'alta percentuale di carbonati testimonia una possibile cementazione delle argille di Taranto.

5.7 Contenuto Organico

La **figura 17** riporta il valore del contenuto di sostanze organiche determinato sui campioni prelevati in sito. Per quanto riguarda i campioni degli strati **c** e **d**), dal grafico si osserva quanto segue:

c) Argilla Alterata:

I valori del contenuto di sostanze organiche variano nell'intervallo 0.64%÷2.89%;

d) Argilla di Taranto:

I valori del contenuto di sostanze organiche variano nell'intervallo 1.07%÷2.37%;

Questi valori sono in linea con quelli indicati in letteratura per la formazione delle argille di Taranto.

5.8 Storia tensionale

La **figura 18** riporta i valori stimati della tensione di preconsolidazione, ricavati dalle prove edometriche e delle tensioni verticali efficaci iniziali per la formazione delle argille alterate e delle argille di Taranto. Si osserva come i valori delle tensioni di preconsolidazione siano di almeno un ordine di grandezza superiori rispetto a quelli in sito. Come già riportato nel paragrafo 4.2, si tratta di argille che hanno avuto un importante processo di sovraconsolidazione, dovuto a cicli di carico e scarico (sedimentazione - erosione) e processi di diagenesi che hanno segnato significativamente la loro storia tensionale.



Progetto Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 AST S 002	Rev. 01	Pagina 12	Di 16
---	--	------------	--------------	----------

La **figura 19** riporta i valori dei rapporti di preconsolidazione OCR stimati sulla base delle prove edometriche

$$\text{come } \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{v0}} .$$

Si osservano valori variabili tra 25, per quote comprese tra -2m s.l.m. e -5m s.l.m. e 7, per quote comprese tra -5m s.l.m. e -30m s.l.m..

Tali valori risultano leggermente sottostimati se si confrontano ai valori di letteratura; d'altro canto l'interpretazione delle prove edometriche in termini di σ'_p mostra notevoli margini di incertezza per questo tipo di materiale, in quanto molto cementato e sovraconsolidato.

Ai fini dei calcoli progettuali si suggerisce di utilizzare un profilo di OCR come il seguente: per quote comprese tra 0 e -5 m s.l.m. OCR pari a $18 \div 20$, mentre per quote inferiori a -5 m s.l.m. OCR pari a $10 \div 12$.

5.9 Deformabilità

5.9.1 Introduzione

I valori di deformabilità relativi alle argille sono stati ricavati dall'interpretazione dei risultati delle prove edometriche mentre quelli relativi alle sabbie limose – limi sabbiosi sono stati stimati dai risultati delle prove SPT.

5.9.2 Sabbie Limose – Limi Sabbiosi

5.9.2.1 Moduli di deformabilità

La **figura 20** riporta i risultati delle prove SPT eseguite negli strati di riporto (**a**) e di sabbia limosa (**b**). Sebbene i valori di N_{SPT} mostrino una notevole variabilità, si può assumere, in prima approssimazione, un valore di riferimento pari a 15colpi/30cm.

Utilizzando la correlazione proposta da Mitchell e Gardner [7] per il calcolo del modulo di Young nel caso di materiali sabbiosi con presenza di fine, si ottiene quanto segue:

$$\frac{E}{p_a} = 5N_{60}$$

dove:

p_a pressione atmosferica, $p_a=100\text{kPa}$

N_{60} Numero di colpi della prova SPT

considerando $N_{60} = 15$, si ha:

$$E = 7.5\text{MPa}$$



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 AST S 002	01	13	16

Tale modulo, piuttosto basso, è in accordo con lo scarso stato di addensamento di questi terreni.

5.9.3 Formazioni Argillose

5.9.3.1 Compressibilità in condizioni drenate

La **figura 21** riporta i valori dei rapporti di compressione CR e di ricomprensione RR ricavati dall'interpretazione delle prove edometriche. Sulla base dell'esame di tali dati si può concludere quanto segue:

- i valori dei rapporti di compressione sono compresi nell'intervallo $0.13 \div 0.37$. Tenendo conto che l'effetto del disturbo sul campione è quello di diminuire la compressibilità nel ramo di compressione vergine, si è deciso di assumere un valore del rapporto di compressione vergine CR pari a:

$$CR = 0.22$$

- i valori dei rapporto di ricomprensione sono compresi nell'intervallo $0.008 \div 0.038$. Il valore del rapporto può essere assunto pari a:

$$RR = 0.02$$

5.9.3.2 Compressibilità secondaria

Per quanto concerne la determinazione del coefficiente di compressibilità secondaria $C_{\alpha\epsilon}$, si è considerata la correlazione proposta nel documento [6]:

$$\frac{C_{\alpha\epsilon}}{CR} = 0.04 \pm 0.01$$

Sulla base di quanto esposto al punto precedente si è pertanto ottenuto per entrambe le formazioni:

$$C_{\alpha\epsilon} \cong 1\%$$

Nel caso oggetto di studio si prevede che la formazione rimanga ampiamente nell'ambito della sovraconsolidazione e che, quindi, l'influenza dei cedimenti secondari sia trascurabile.

5.9.3.3 Coefficiente di consolidazione

Per quanto concerne i valori del coefficiente di consolidazione in direzione verticale, i dati ricavati dalle curve di consolidazione, per livelli tensionali simili a quelli in gioco, variano in un intervallo compreso tra $2.5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ e $2.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$, con un valore medio pari a $6.8 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 AST S 002	01	14	16

5.10 Conducibilità idraulica

I dati a disposizione per la stima della conducibilità idraulica (o coefficiente di permeabilità) derivano dall'interpretazione della curva di consolidazione in termini di c_v ricavato dalle prove edometriche. La misura della conducibilità è stata, quindi, ottenuta per via indiretta.

Le prove edometriche eseguite sulle formazioni argillose profonde hanno fornito valori di k_v alla tensione geostatica variabili fra 2.1×10^{-9} cm/s e 3.3×10^{-8} cm/s. Questi valori sono leggermente più alti di quelli proposti in letteratura (2×10^{-9} cm/s). In accordo a Lollino (2000) [5], il rapporto k_h/k_v è valutabile pari a 3 per campioni di argille di Taranto prelevati a 25m dal piano campagna. Utilizzando questo rapporto, il coefficiente di permeabilità orizzontale si può stimare variabile nell'intervallo 6.3×10^{-9} e 1×10^{-7} cm/s.

5.11 Resistenza al taglio non drenata

La **figura 22** riporta i valori della resistenza al taglio non drenata ricavata dalle prove triassiali non consolidate – non drenate (TX-UU). Per confronto sono stati anche riportati i valori stimati dalle prove speditive eseguite con Pocket Penetrometer sui campioni estrusi in laboratorio.

Si osservano valori di C_u molto elevati anche a basse profondità, testimonianza della elevata consistenza di questa formazione argillosa.

I valori di progetto di C_u possono essere assunti come segue:

- Argille Alterate (da circa 0m s.l.m. a circa -10m s.l.m.):

$$C_u = 250 \text{ kPa};$$

- Argille di Taranto

da -10 a -30 m s.l.m. C_u da 250 a 520 kPa (all'incirca crescenti linearmente con la profondità).

5.12 Resistenza al taglio drenata

Si osserva una certa dispersione dei risultati. Le **figure 23** e **24** riportano rispettivamente i valori di coesione efficace c' e di angolo di attrito interno ϕ' ottenuti dalle prove di taglio diretto e dalle prove triassiali CIU. Sulla base di questi risultati si propongono i seguenti valori di progetto dei parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate:

- Sabbie limose (da relazione (c)):

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 29^\circ \div 31^\circ$$

- Argille Alterate:

$$c' \cong 20 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 26^\circ - 28^\circ$$



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 AST S 002	01	15	16

- Argille di Taranto:

$$c' = 20\div 40 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 26^\circ - 28^\circ$$

Tali valori risultano congruenti con i dati di letteratura disponibili, ed in particolare con quanto suggerito nel documento [3].

Si sottolinea comunque come l'utilizzo dei valori di riferimento per φ' e c' non possa prescindere da una specifica analisi del problema (stabilità di pareti di scavo) e debba essere di volta in volta affrontato tenendo conto dell'eventualità di un rimaneggiamento del materiale. In particolare, per la determinazione della pendenza delle pareti di scavo, occorre considerare che il rimaneggiamento del materiale può provocare una notevole riduzione, fino all'annullamento, della coesione efficace.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra Portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 AST S 002	01	16	16

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] Cestari F. (2005), “*Prove Geotecniche in sito*”. Ed terza, GEO-GRAPH SEGRATE.
- [2] Cotecchia F. (2003), “*Mechanical behaviour of the stiff clays from the Montemesola Basin in relation to their geological history and structure*”. Tan et al. (eds.), Characterisation and Engineering Properties of Natural Soil 2 vol. (vol. 2), 817-850.
- [3] Cotecchia F. and Chandler, R.J. (1995), “*Geotechnical properties of the Pleistocene clays of the Pappadai Valley, Taranto, Italy*”. Quarterly Journal of Engineering Geology 28(1), 5-22.
- [4] Lancellotta R. (2004), “*Geotecnica*”. Ed. terza, ZANICHELLI.
- [5] Lollino, P. (2000), “*Analisi del comportamento di una diga in calcarenite e della sua fondazione in argille grigio-azzurre*”. Phd Thesis, Technical University of Bari (Italy).
- [6] Mesri G. e Godlewski P.M. (1977), “*Time and stress-compressibility relationship*”. JGED, ASCE, GT5.
- [7] Mitchell, J.K. and Gardner, W.S., “*In -situ Measurement of volume change characteristics*”, Proceeding ASCE Specialty Conference on in-situ Measurement of soil properties, Vol. 2, Raleigh, 1975, pp 279-345.

Figura 1

Schema degli interventi in progetto per la Strada dei moli nell'area del porto di Taranto

LEGENDA

- Progetto strada
- Base cartografica



Figura 2.1
Strada dei moli: ubicazione dei sondaggi geotecnici ed ambientali

LEGENDA

- Sondaggio geotecnico a carotaggio continuo (prof. 30m da p.c.)
- Sondaggio geotecnico a carotaggio continuo (prof. 10m da p.c.)
- Sondaggi geotecnico-ambientali a carotaggio continuo (prof. 30m da p.c.)
- Sondaggi geotecnico-ambientali a carotaggio continuo (prof. 10m da p.c.)
- ▲ Sondaggi ambientali a carotaggio continuo e pozzetti esplorativi (prof. max 8m da p.c.)
- ▲ Sondaggio ambientale attrezzato con piezometro (prof. 8m da p.c.)

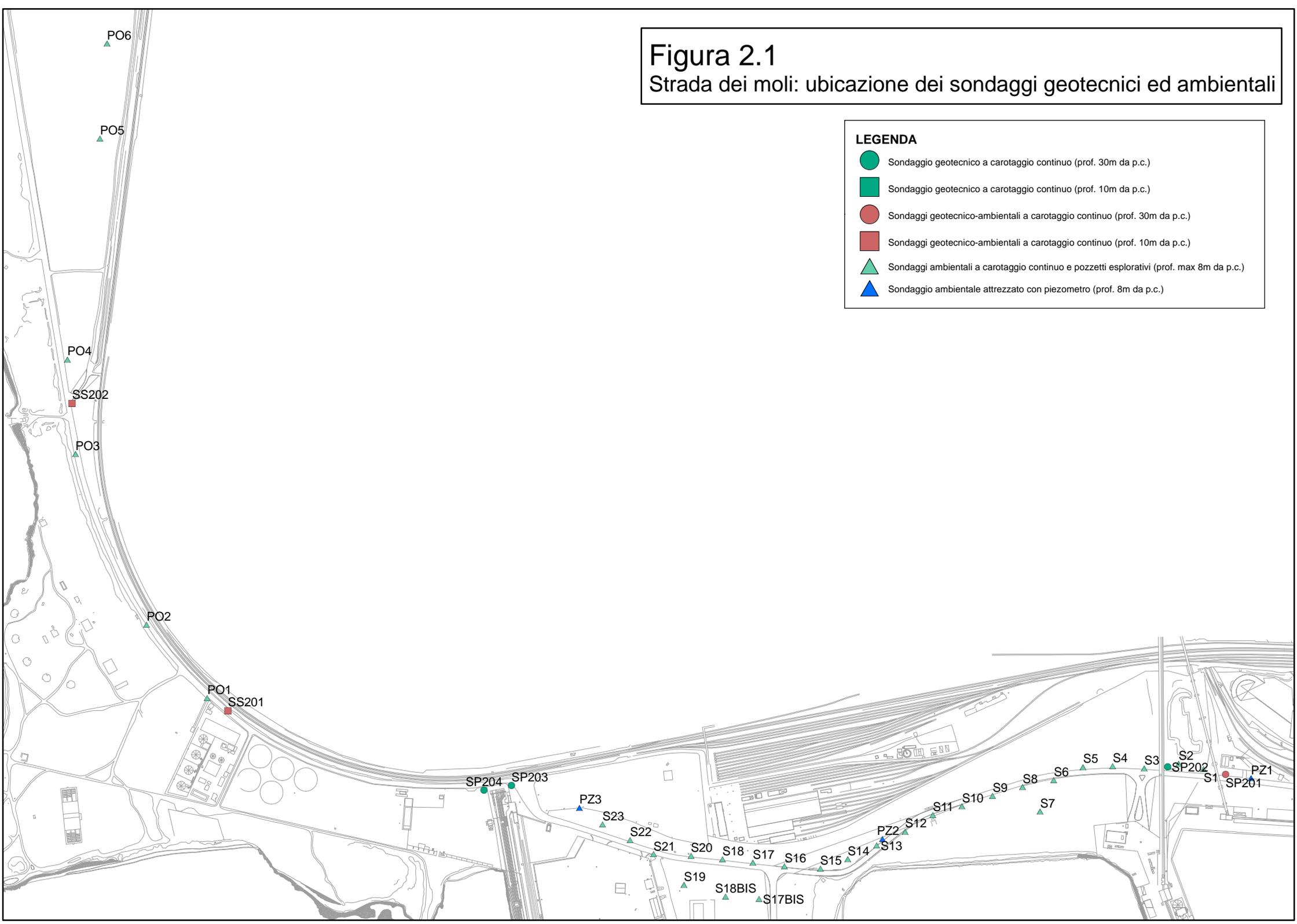
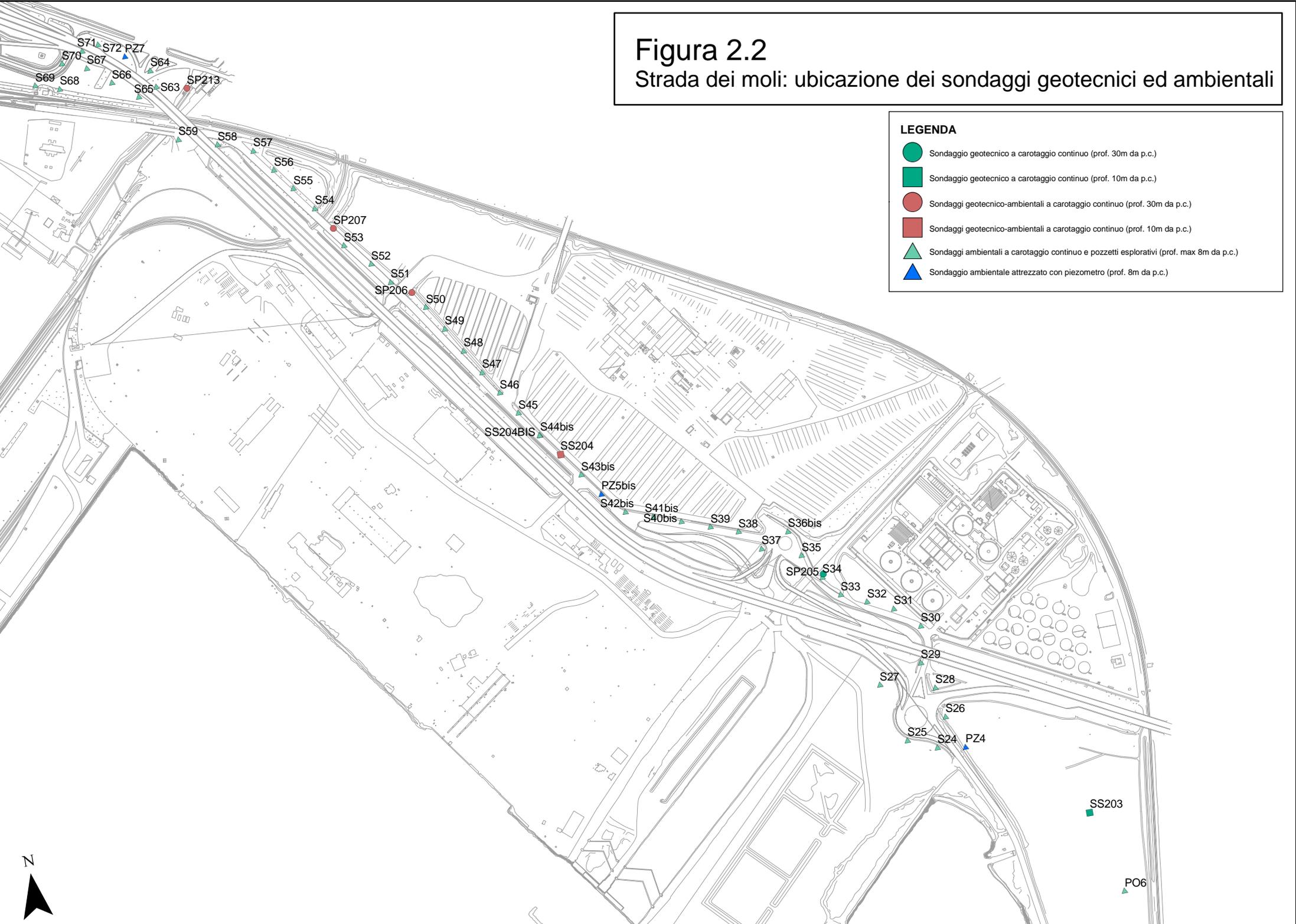


Figura 2.2

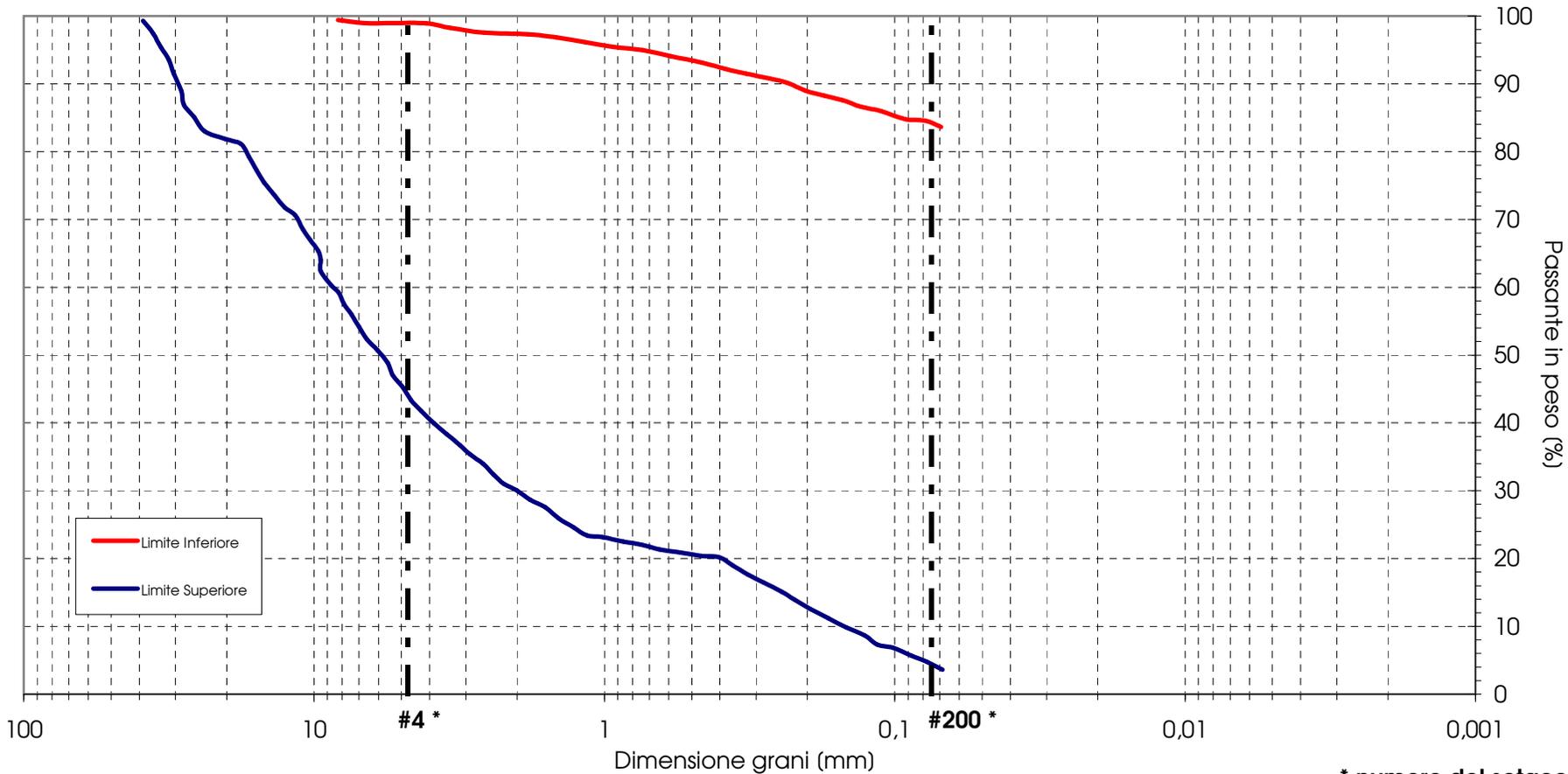
Strada dei moli: ubicazione dei sondaggi geotecnici ed ambientali

LEGENDA

-  Sondaggio geotecnico a carotaggio continuo (prof. 30m da p.c.)
-  Sondaggio geotecnico a carotaggio continuo (prof. 10m da p.c.)
-  Sondaggi geotecnico-ambientali a carotaggio continuo (prof. 30m da p.c.)
-  Sondaggi geotecnico-ambientali a carotaggio continuo (prof. 10m da p.c.)
-  Sondaggi ambientali a carotaggio continuo e pozzetti esplorativi (prof. max 8m da p.c.)
-  Sondaggio ambientale attrezzato con piezometro (prof. 8m da p.c.)



**Distribuzione Granulometrica - Riporto
Strada dei Moli
(ASTM D422)**

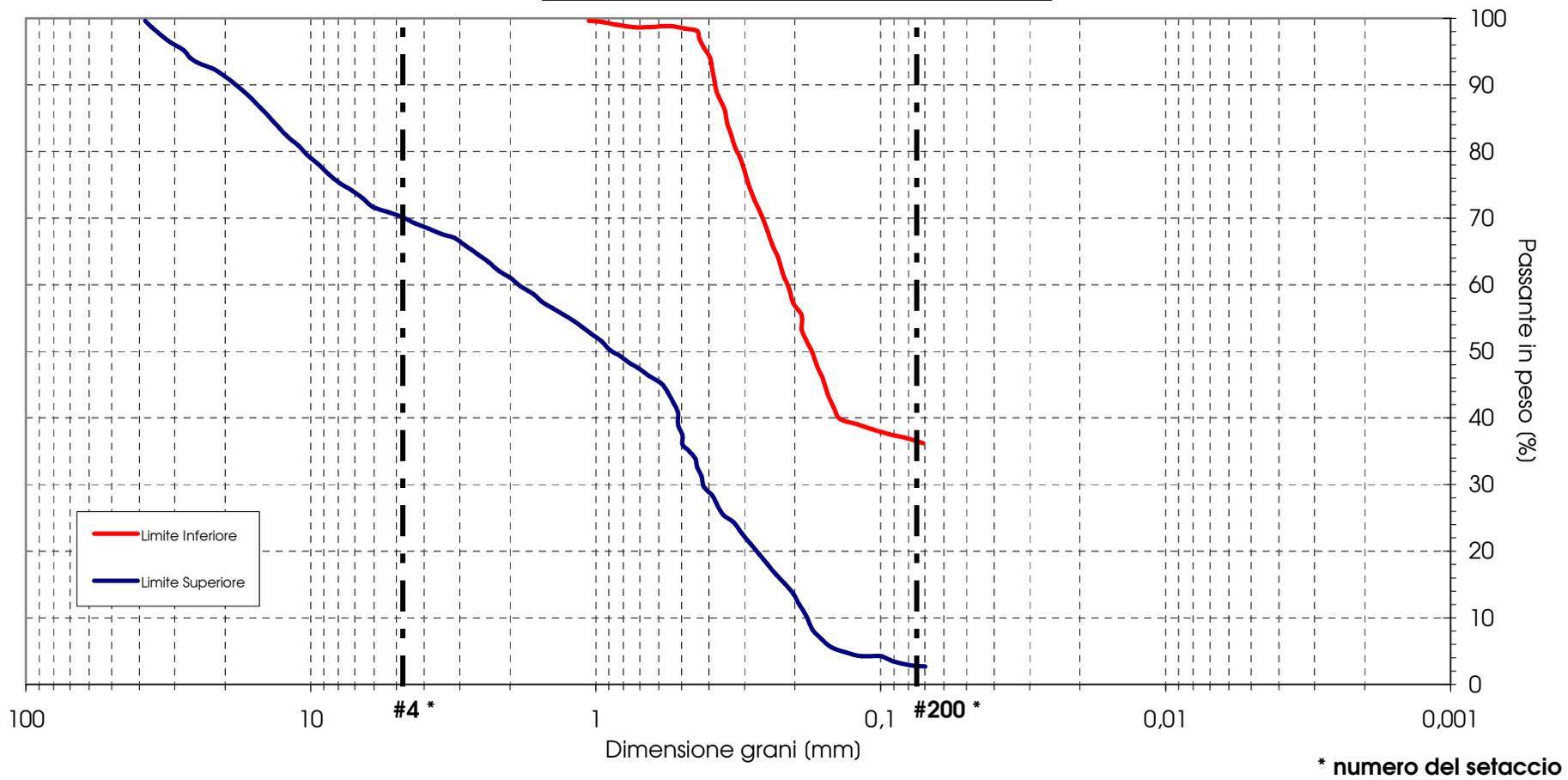


* numero del setaccio

	GHIAIA		SABBIA			LIMO	ARGILLA
	grossa	fine	grossa	media	fine		
75	19	4.75	2	0.425	0.075	0.005	

Figura 3

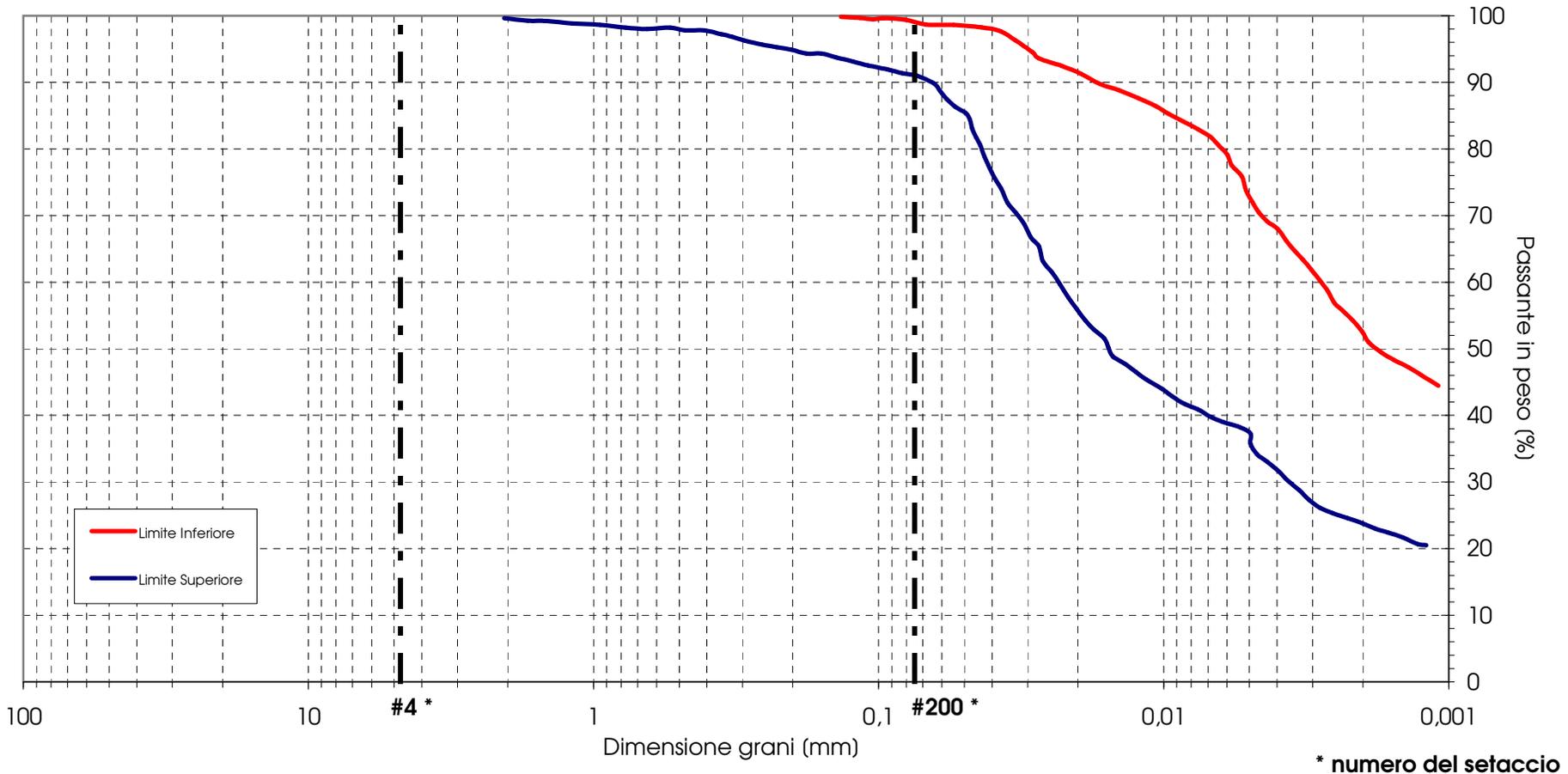
**Distribuzione Granulometrica - Sabbia Limosa
Strada dei Moli
(ASTM D422)**



	GHIAIA		SABBIA			LIMO	ARGILLA
	grossa	fine	grossa	media	fine		
75	19	4.75	2	0.425	0.075	0.005	

Figura 4

Distribuzione Granulometrica - Argilla di Taranto
Strada dei Moli
(ASTM D422)



	GHIAIA		SABBIA			LIMO	ARGILLA
	grossa	fine	grossa	media	fine		
75	19	4.75	2	0.425	0.075	0.005	

Figura 5

Distribuzione granulometrica
-Strada dei Moli-

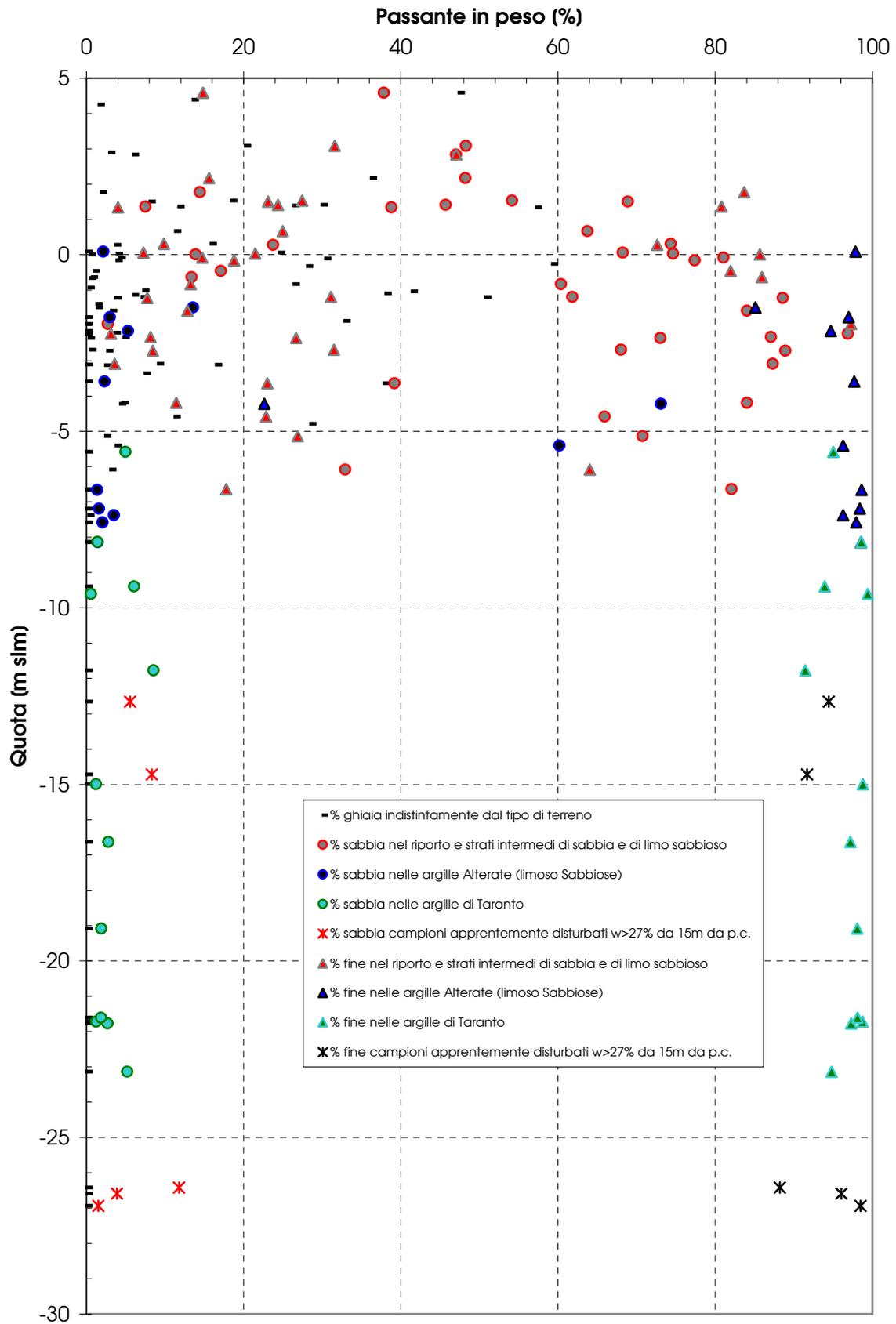


Figura 6

Limite liquido e Limite Plastico
-Strada dei Moli-

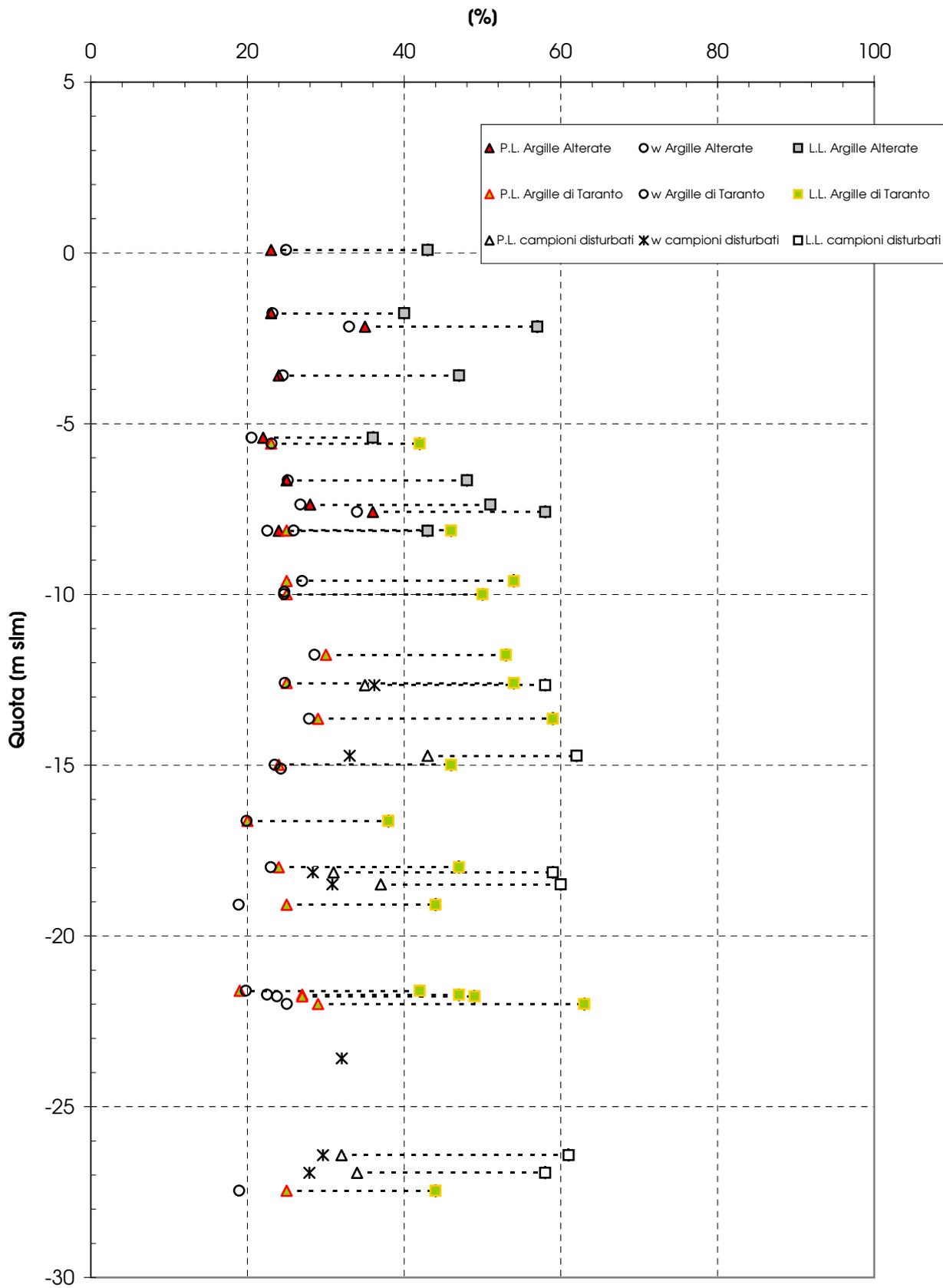


Figure 7

Contenuto d'acqua
-Strada dei Moli-

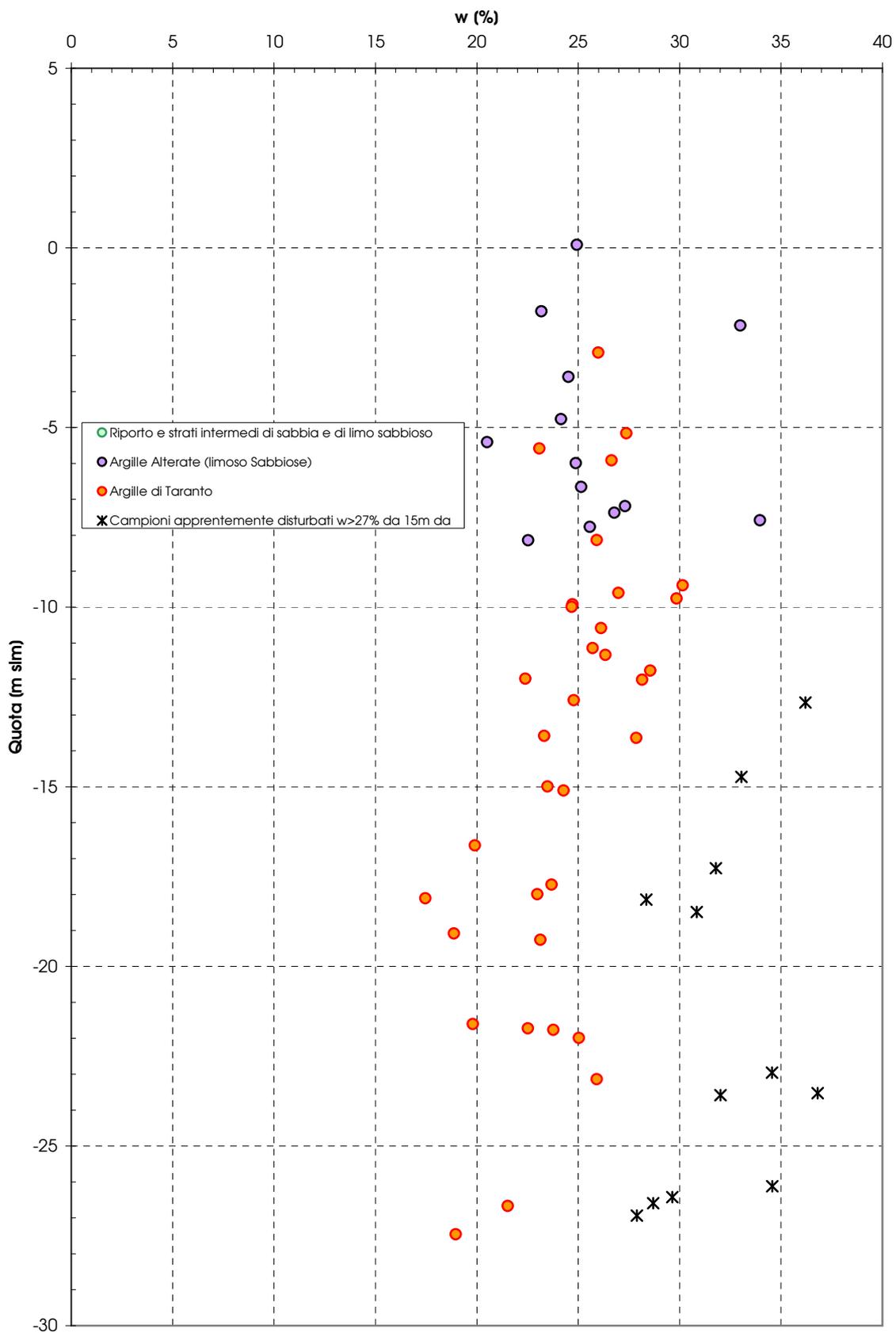


Figura 9

Indice di Attività del materiale fine
-Strada dei Moli-

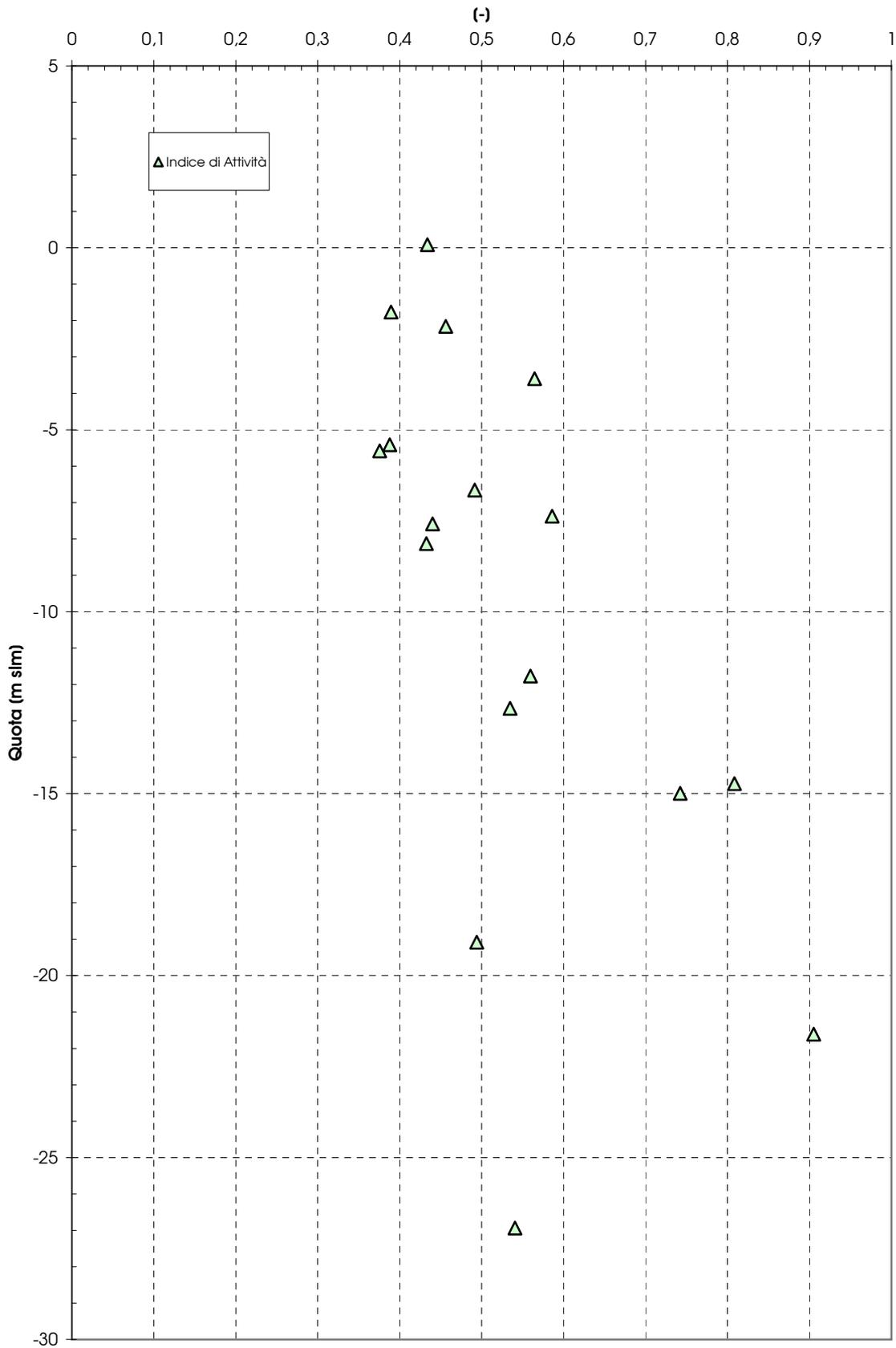


Figura 10

Indice di Liquidità
-Strada dei Moli-

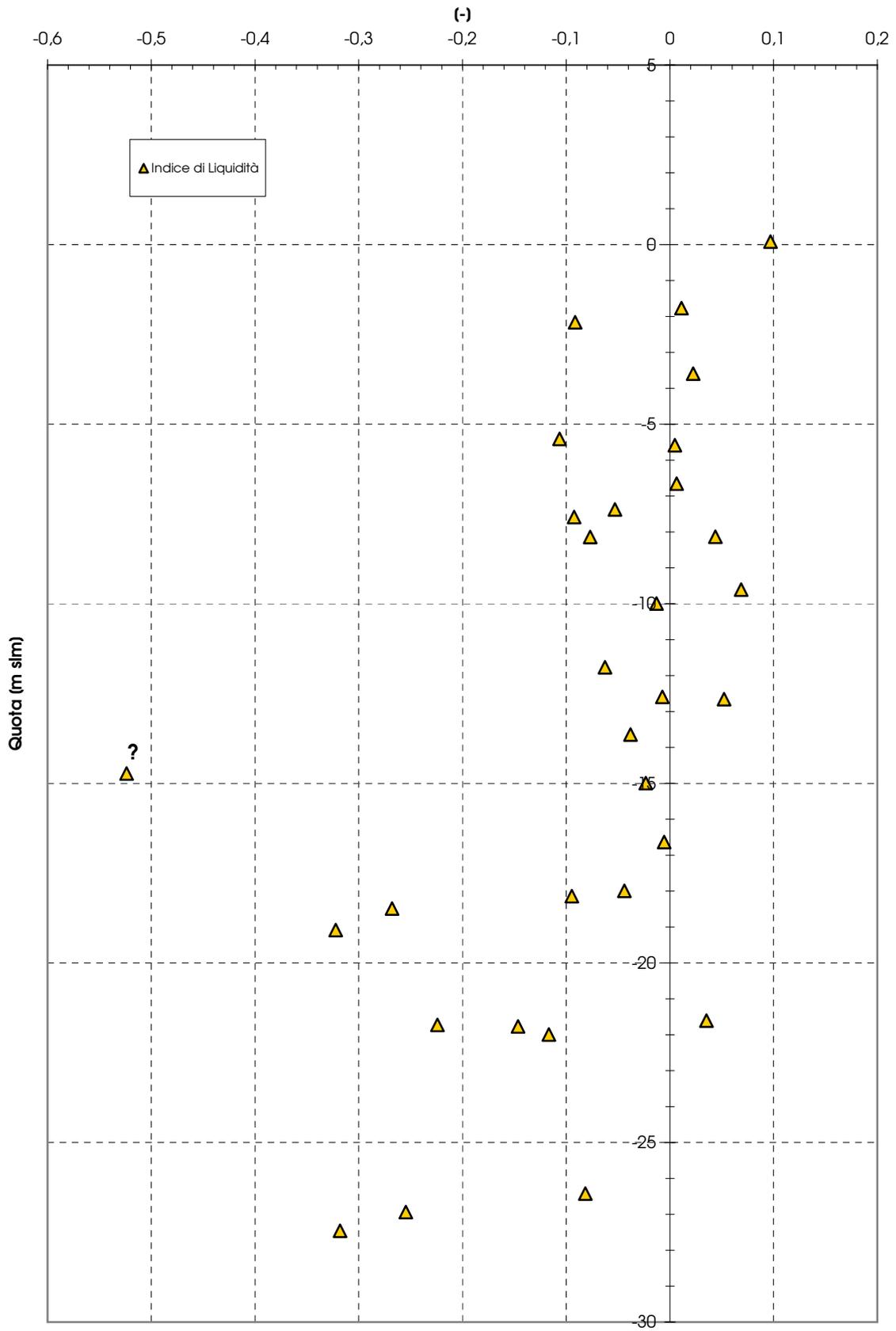


Figura 11

Carta di Casagrande
-Strada dei Moli-

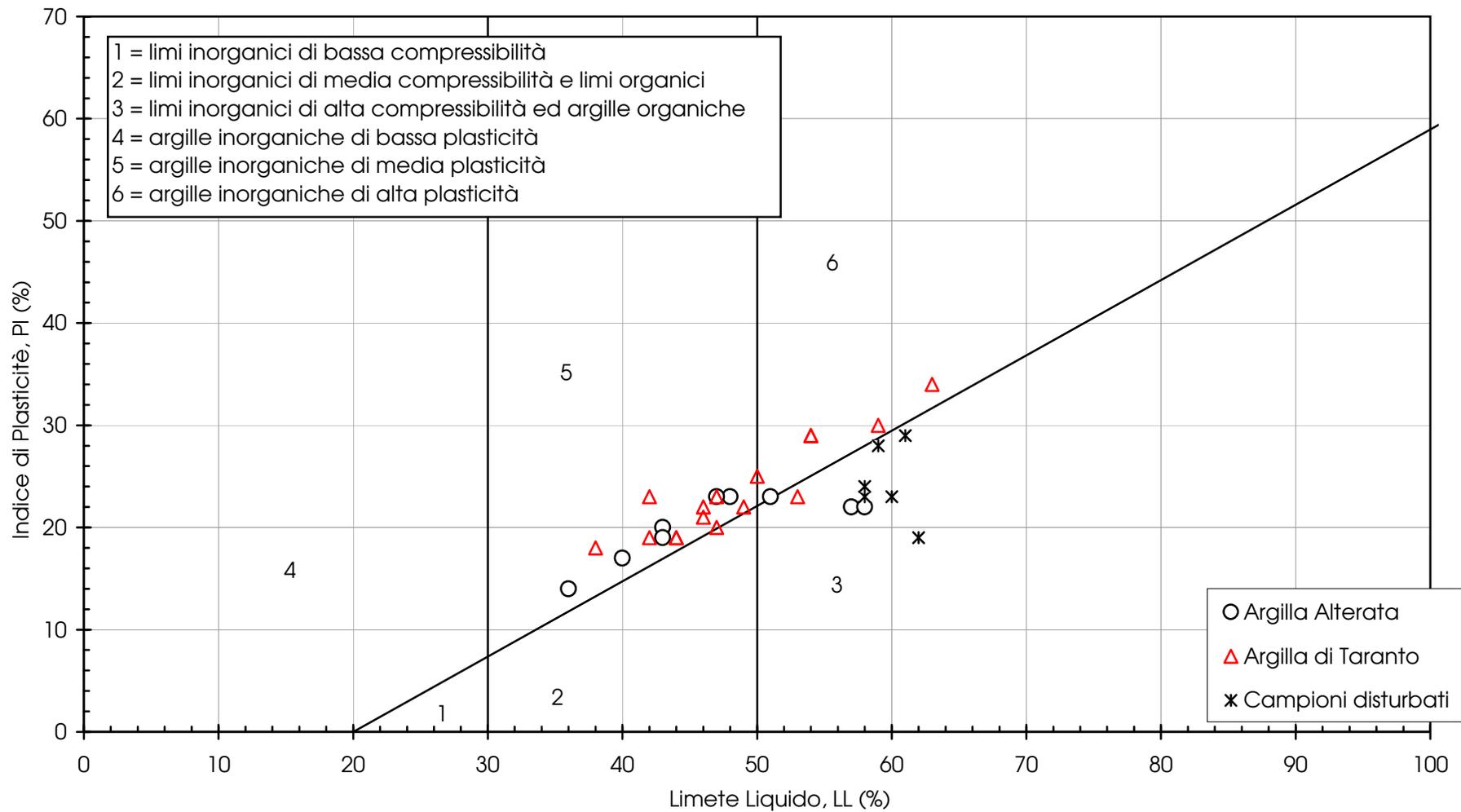


Figura 12

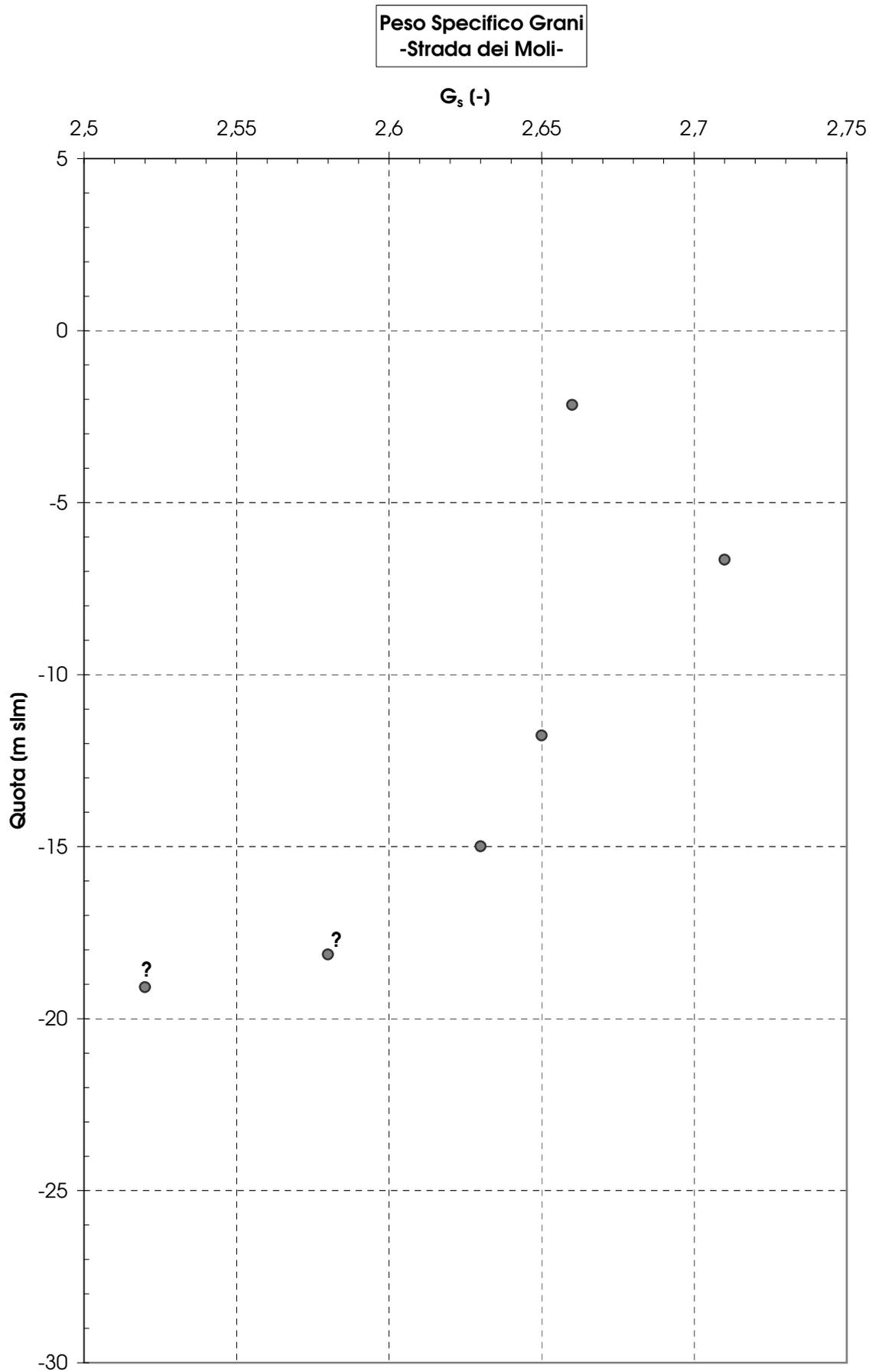


Figura 13

Indice dei vuoti iniziali, e_0
Strada dei Moli

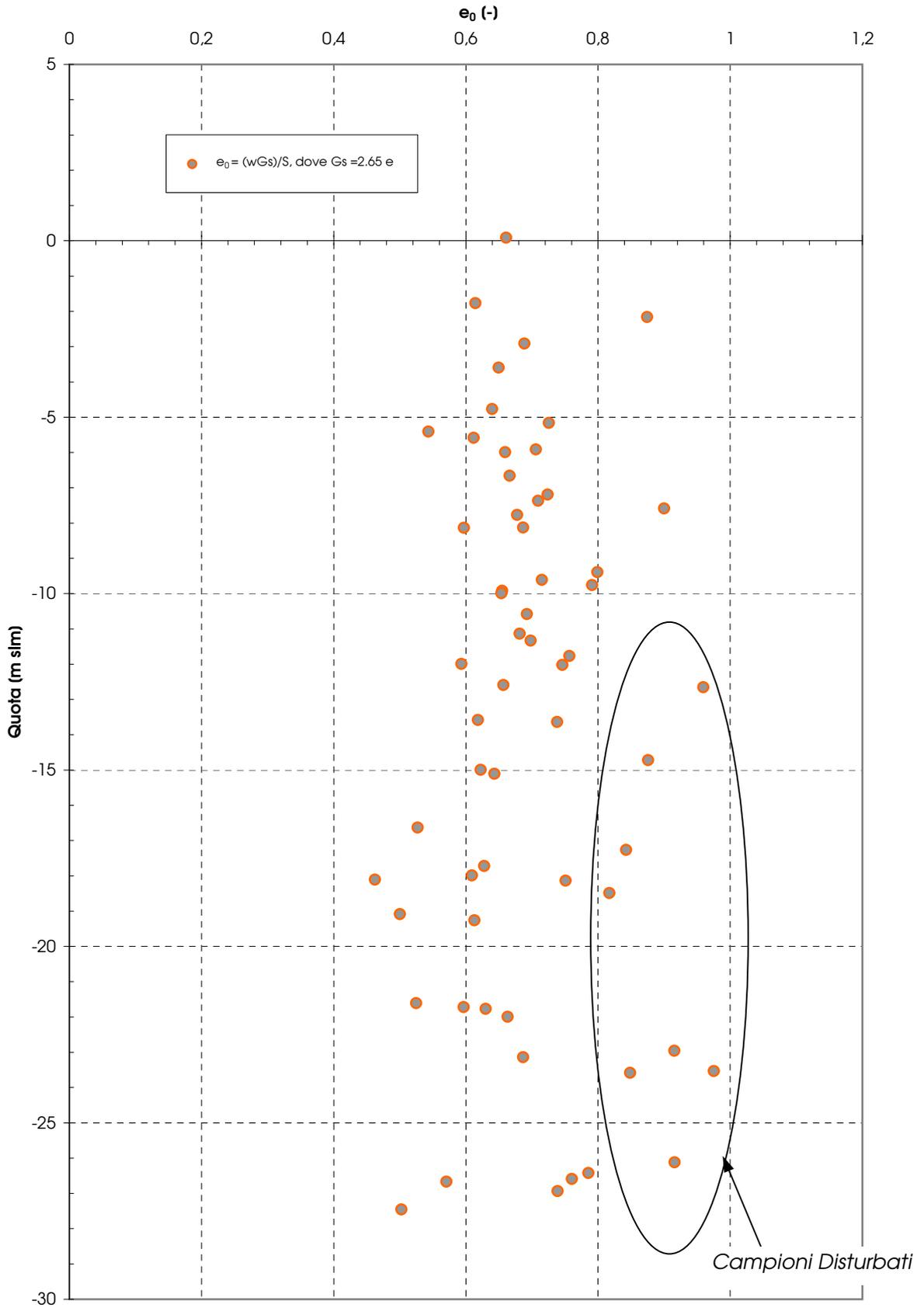


Figura 14

Peso dell'unità di volume
-Strada dei Moli-

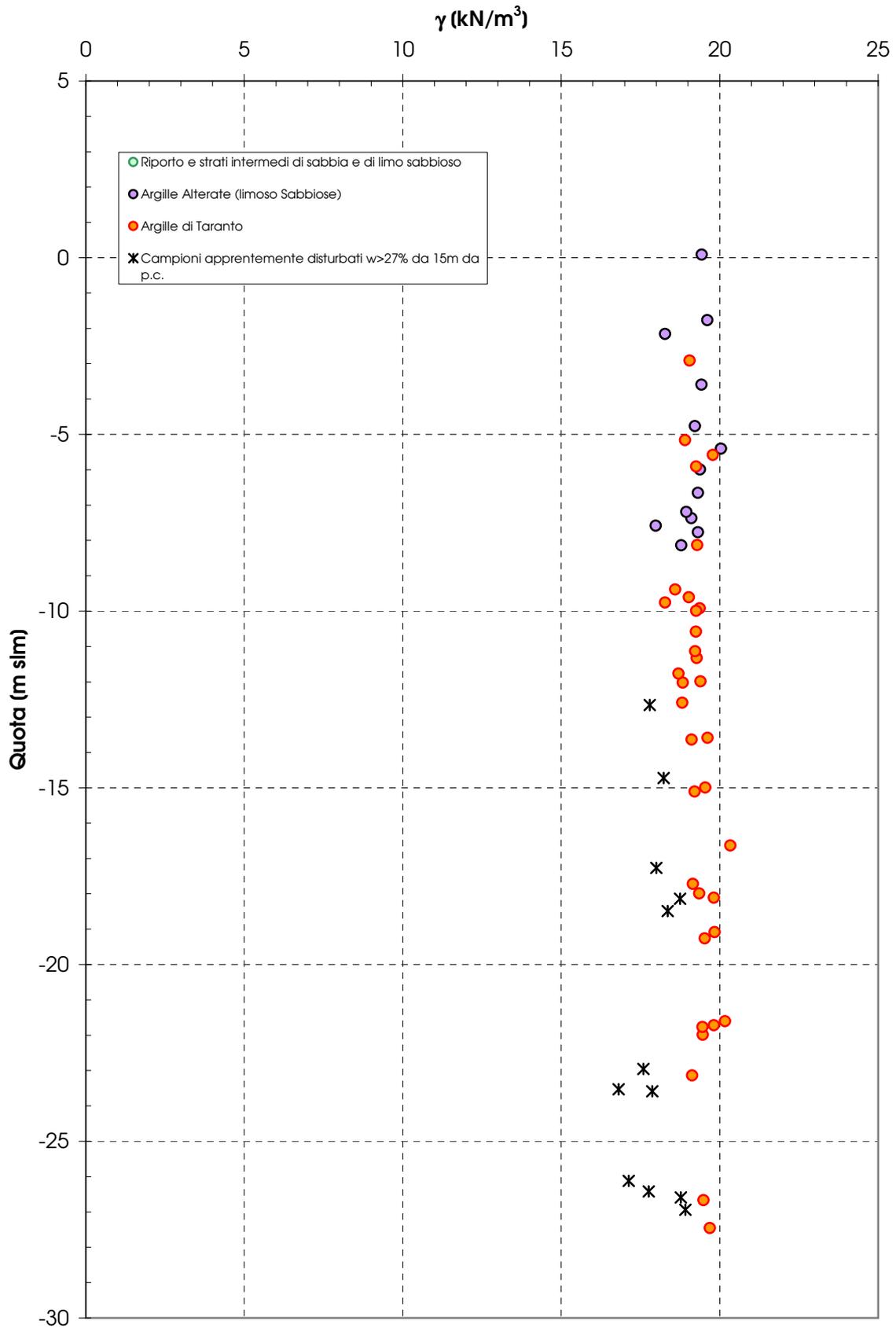


Figura 15

Contenuto di Carbonati
-Strada dei Moli-

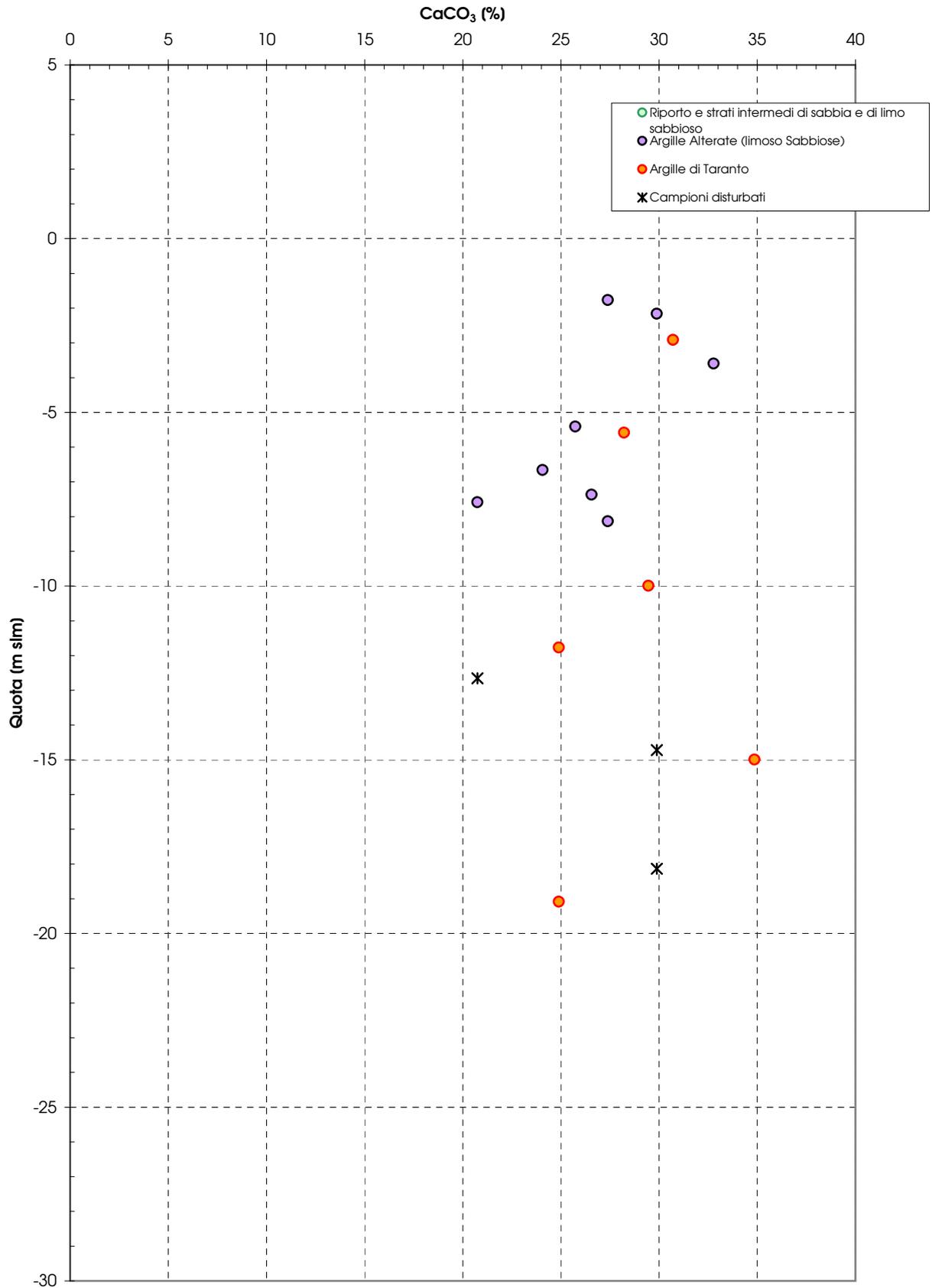


Figura 16

Contenuto di Sostanze Organiche -Strada dei Moli-

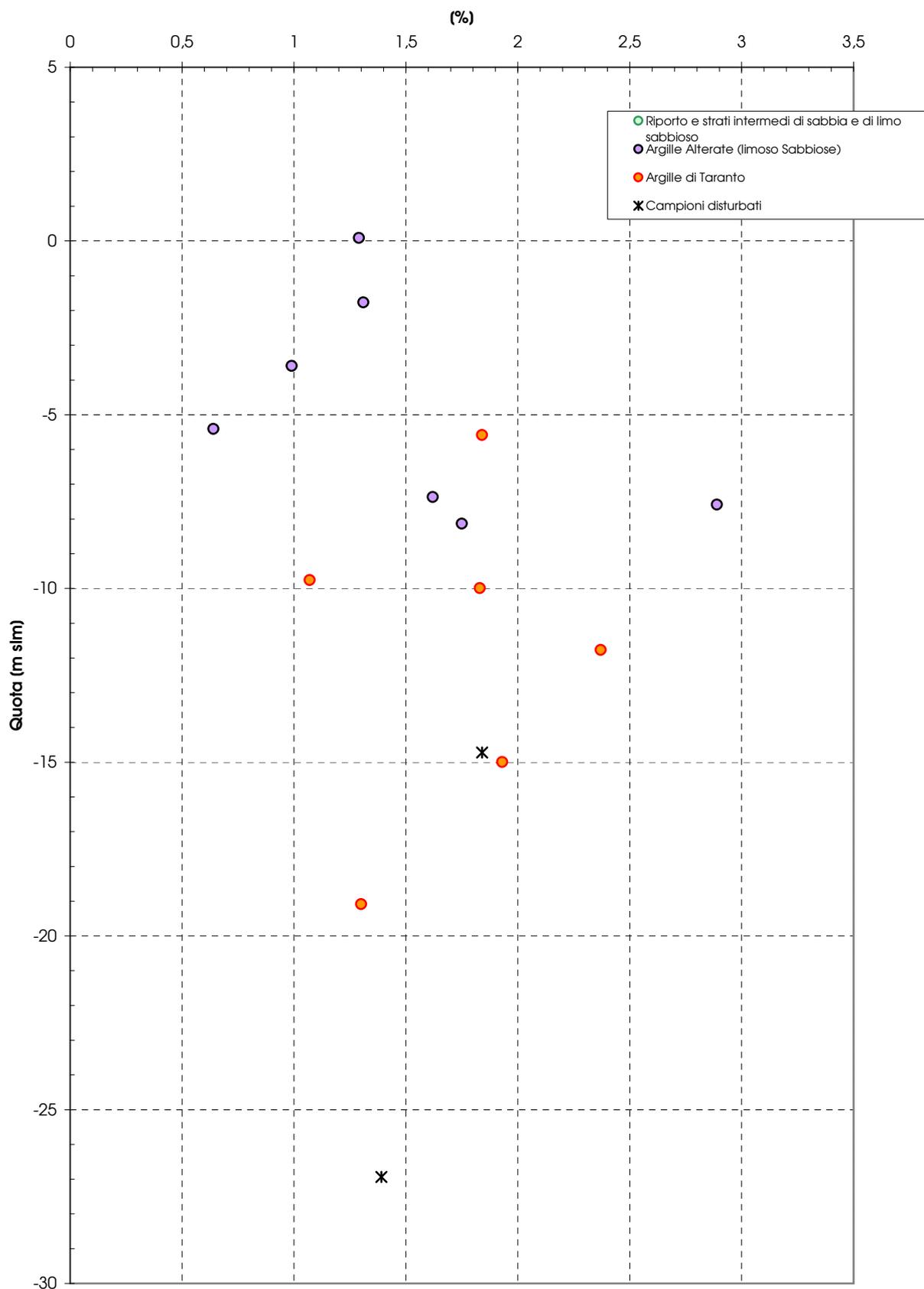


Figura 17

Tensioni Efficaci
-Strada dei Moli-

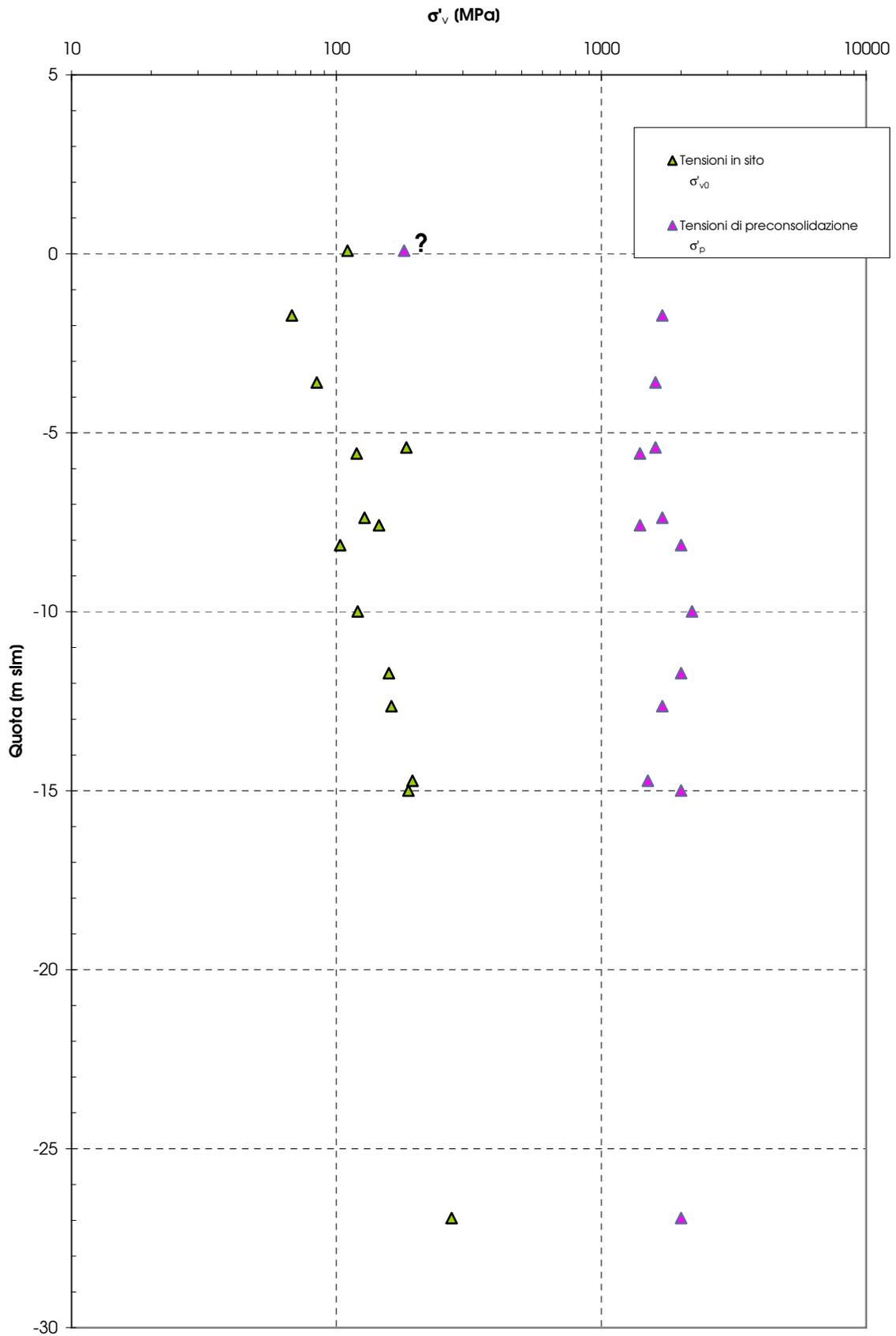


Figura 18

Rapporto di Preconsolidazione, OCR
Risultati prove edometriche
-Strada dei Moli-

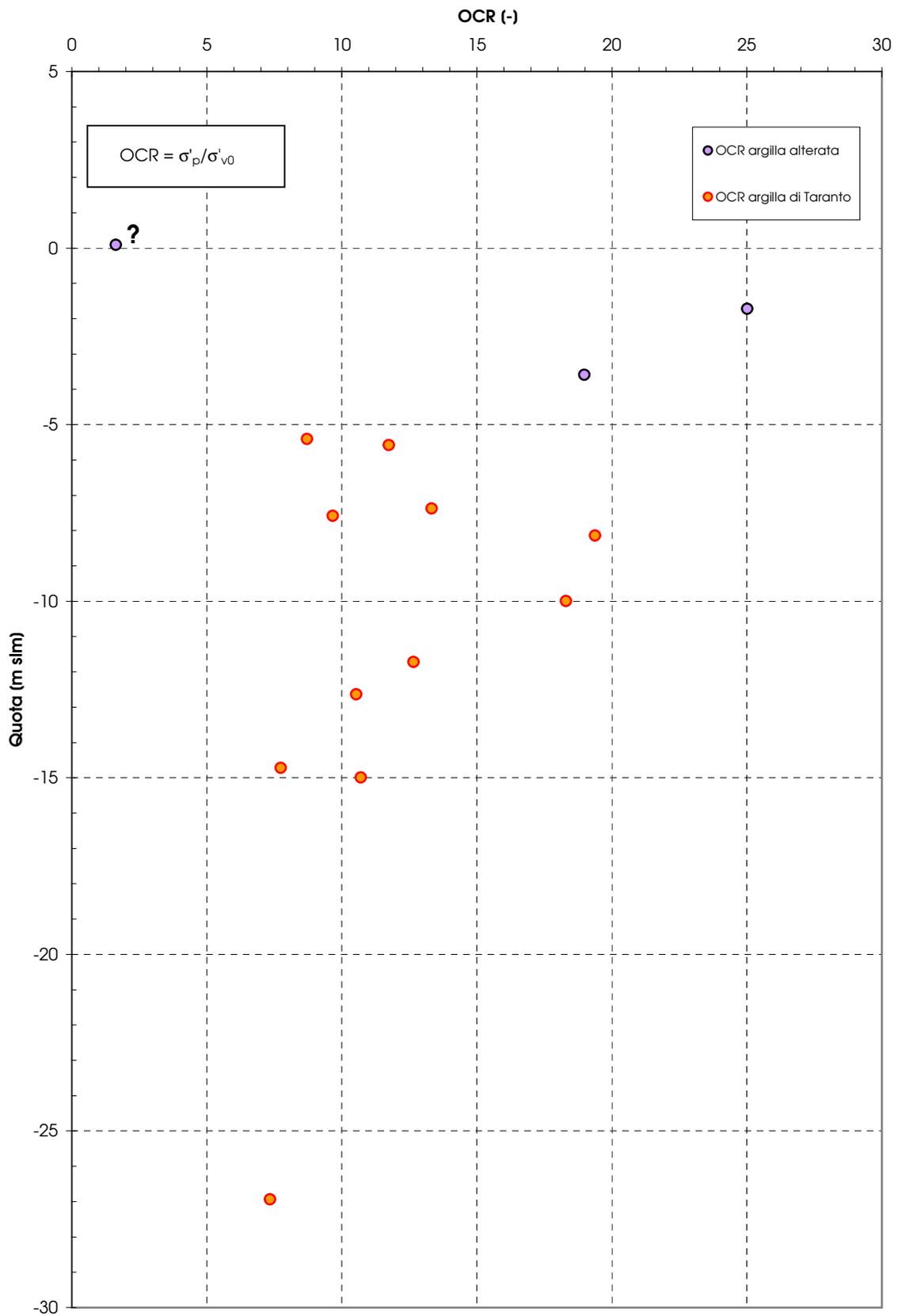


Figura 19

Numero di colpi prova SPT
-Strada dei Moli-

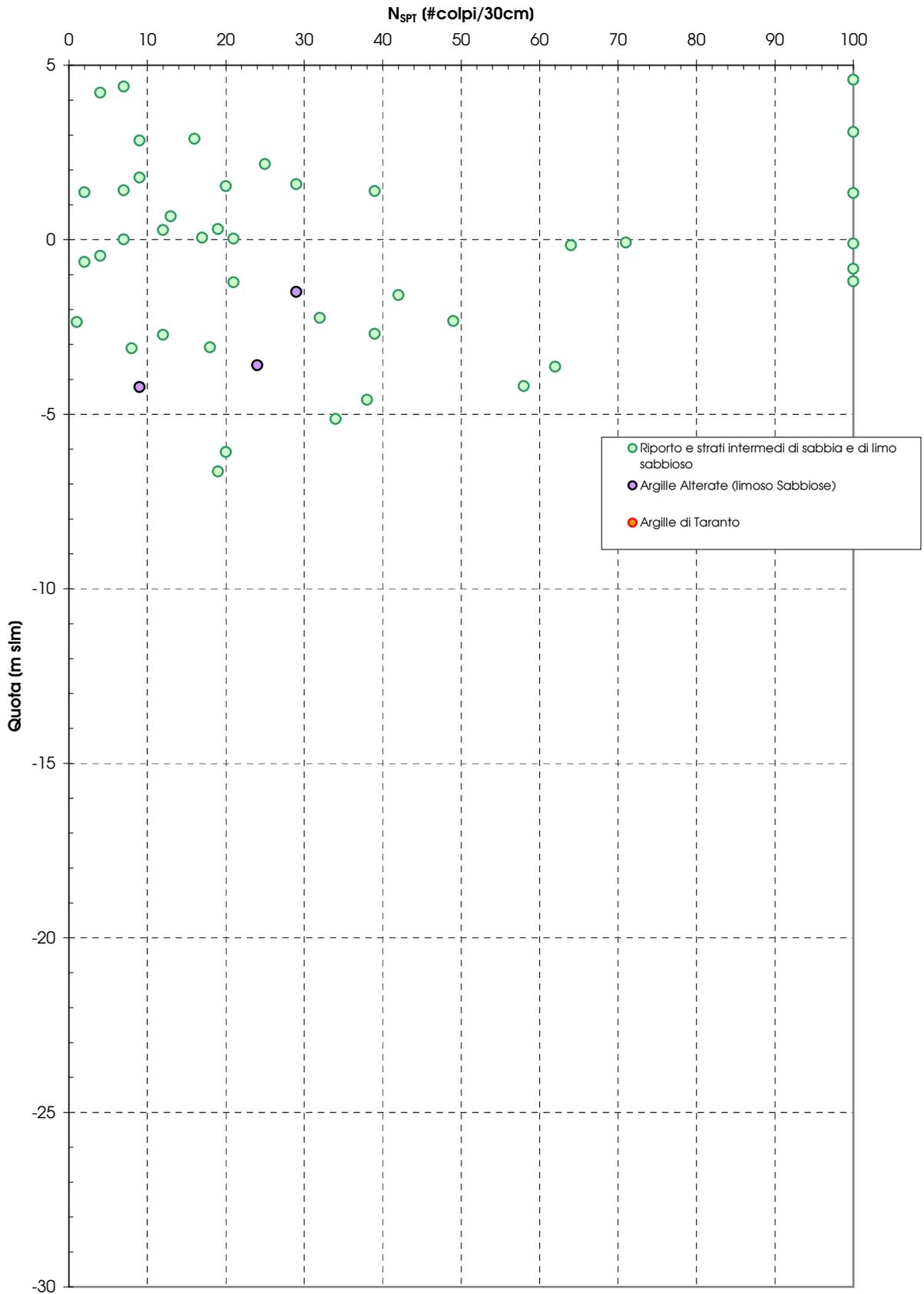


Figura 20

**Rapporto di compressione e Rapporto di ricomprensione
risultati prove edometriche
Strada dei Moli**

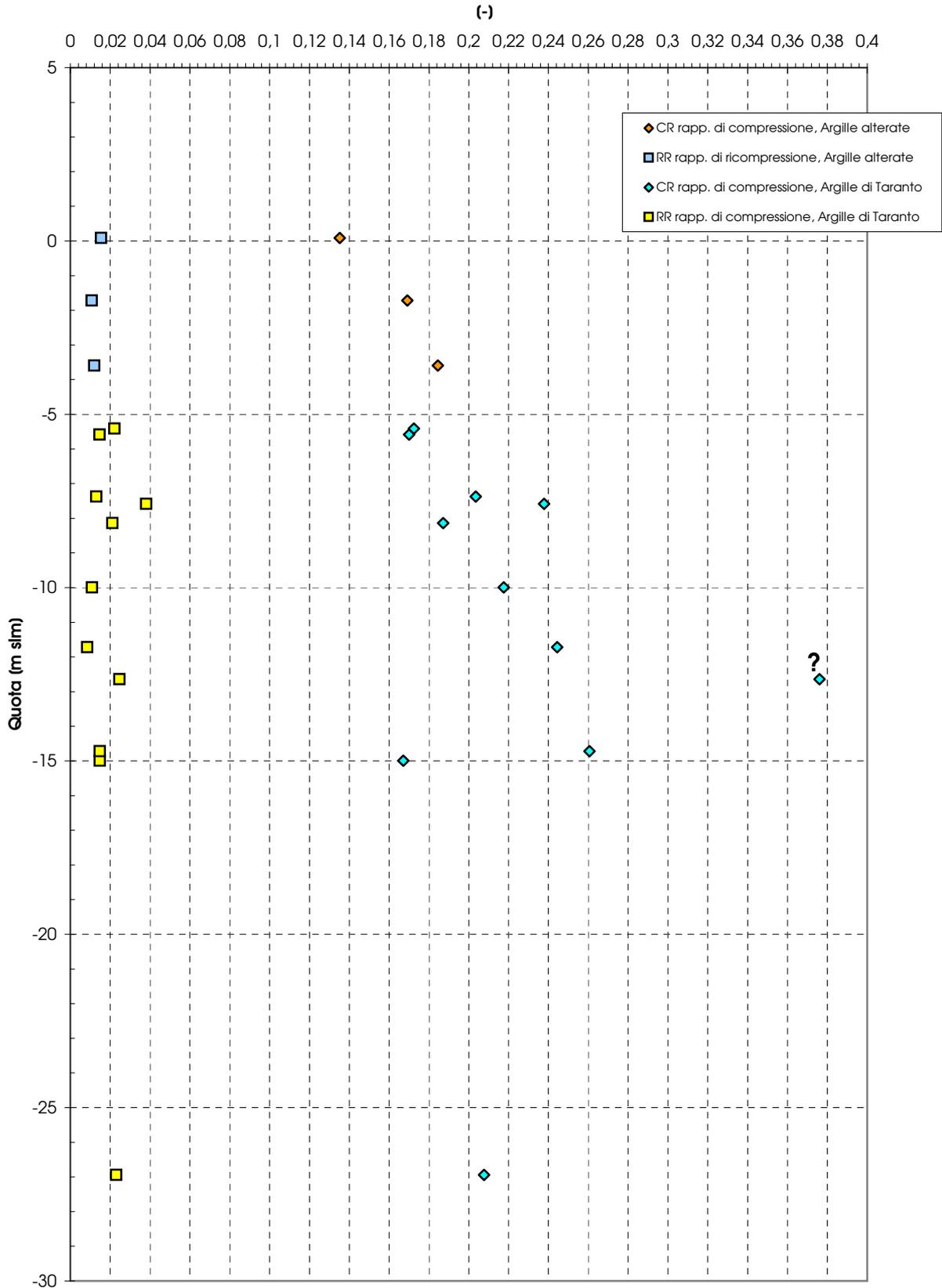


Figura 21

Resistenza al taglio non drenata
Strada dei Moli

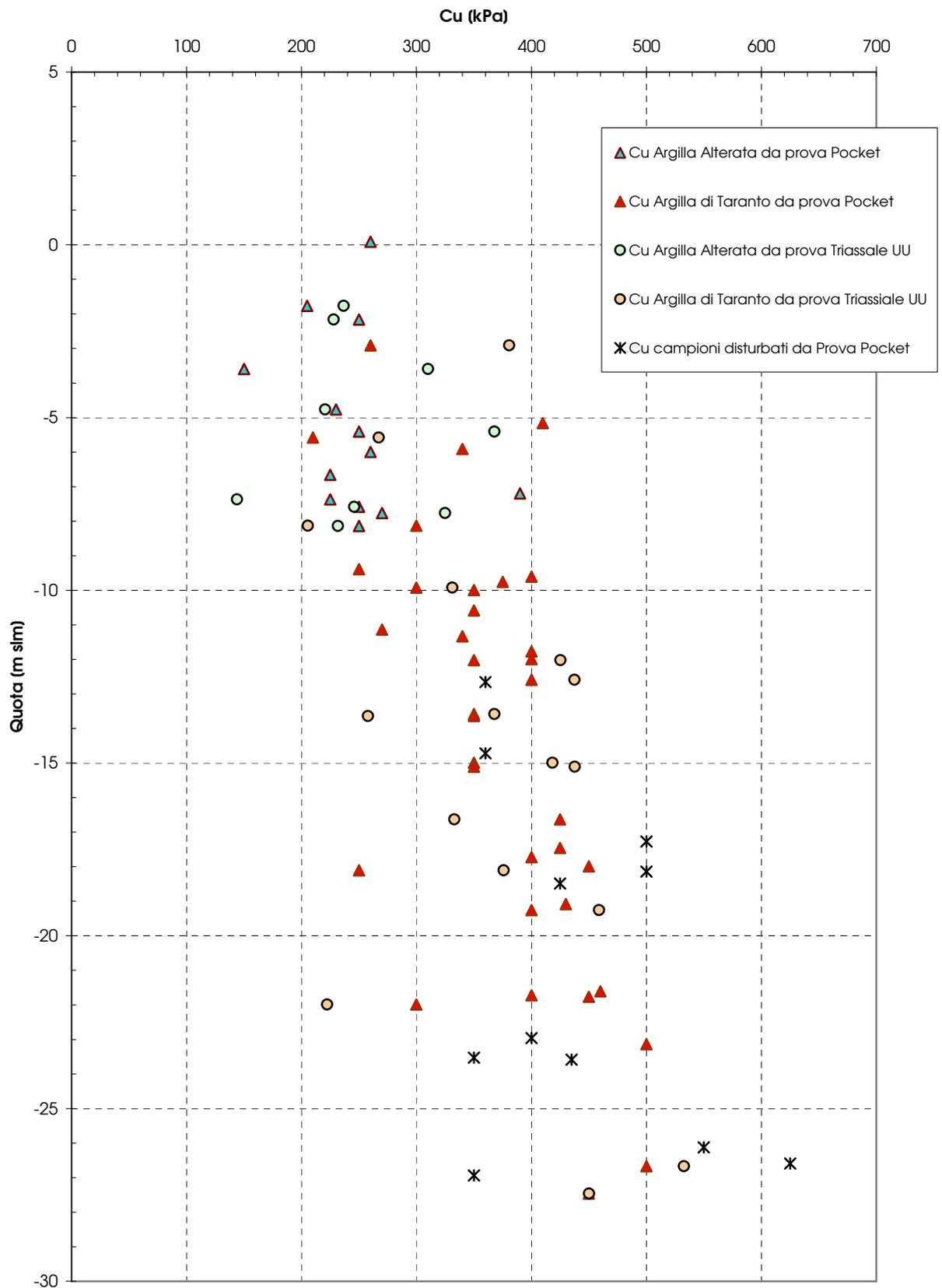


Figura 22

**Coesione efficace:
Risultati prove triassiali drenate e prove di taglio diretto
-Strada dei Moli-**

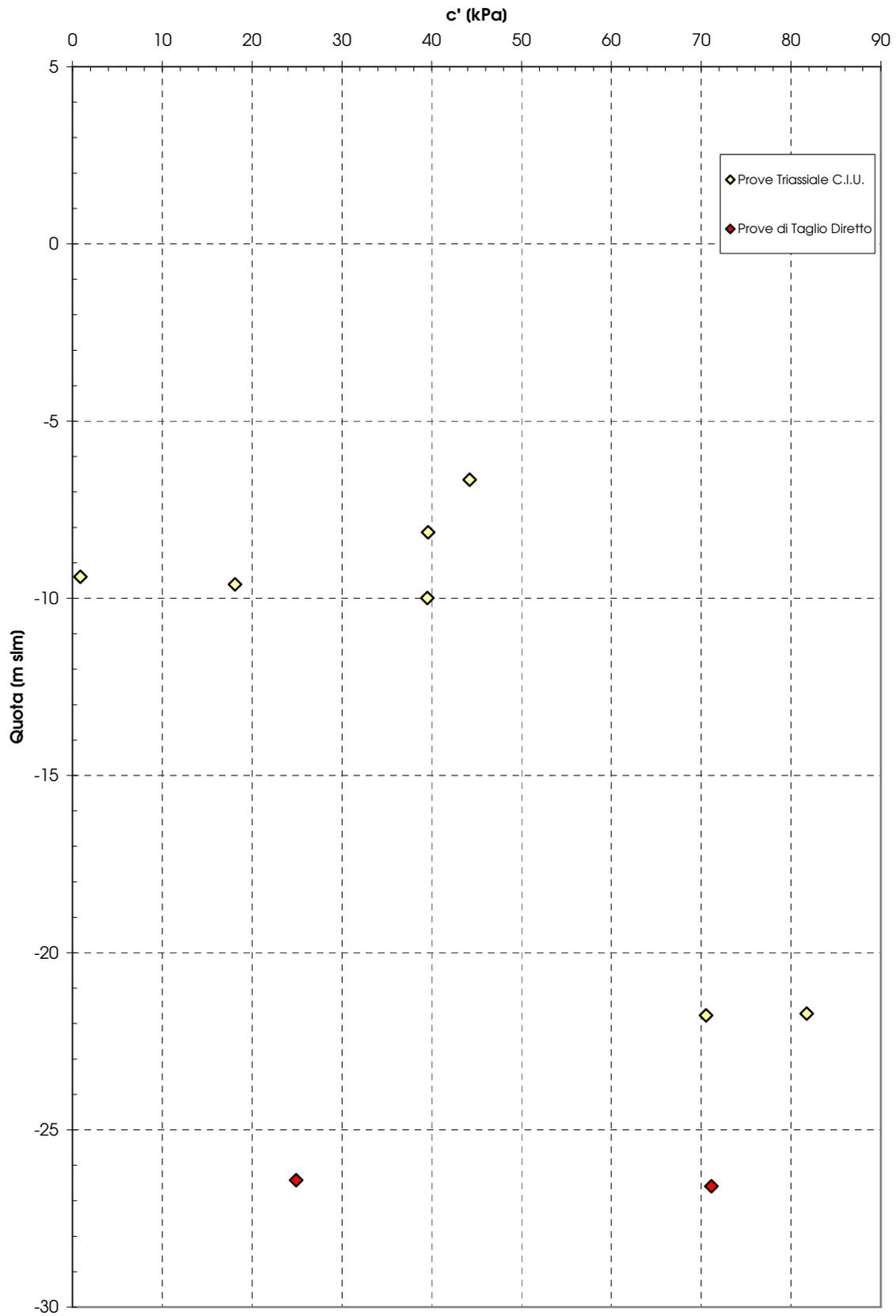


Figura 23

Angolo di attrito interno:
Risultati prove triassiali drenate e prove di taglio diretto
-Strada dei Moli-

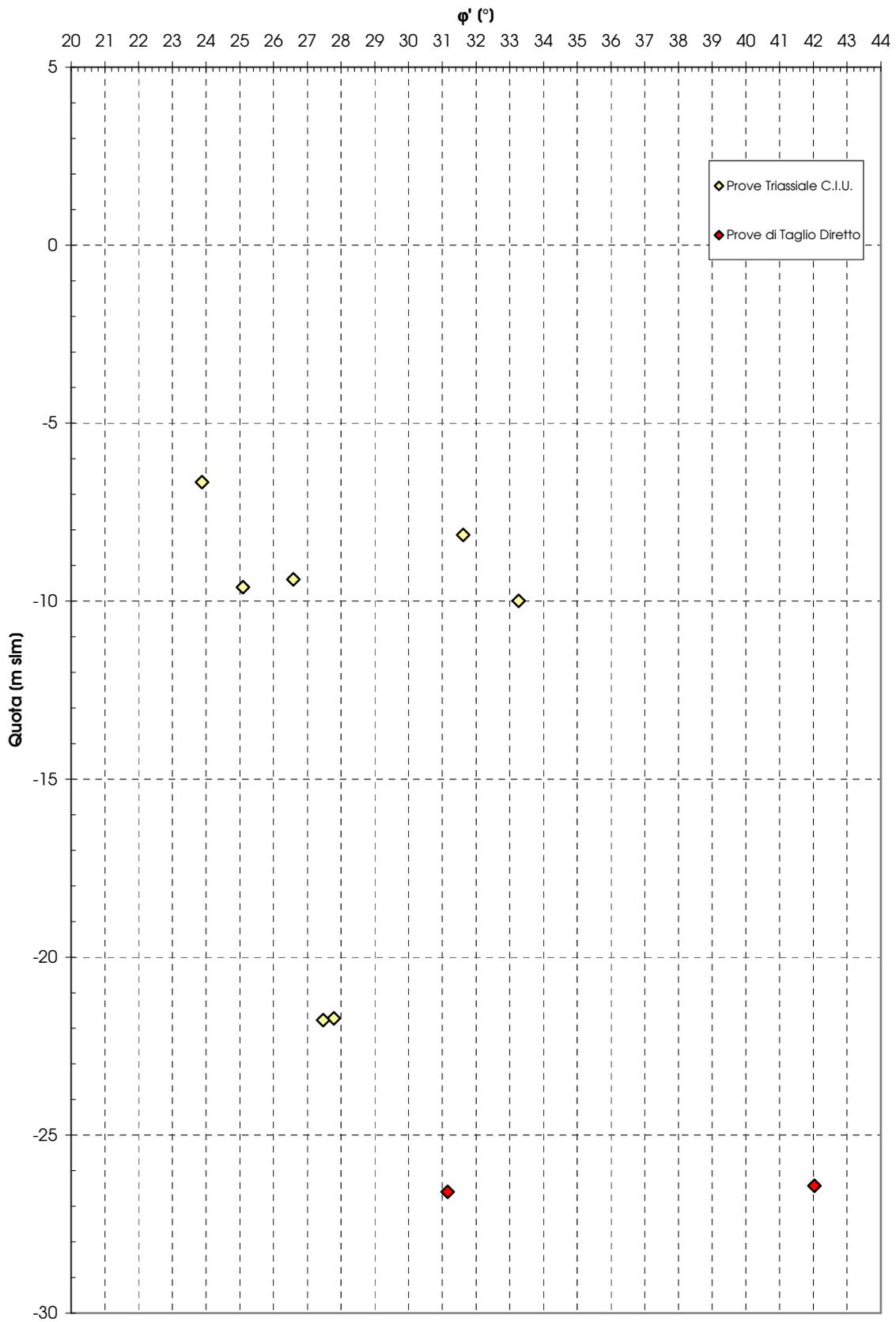


Figura 24