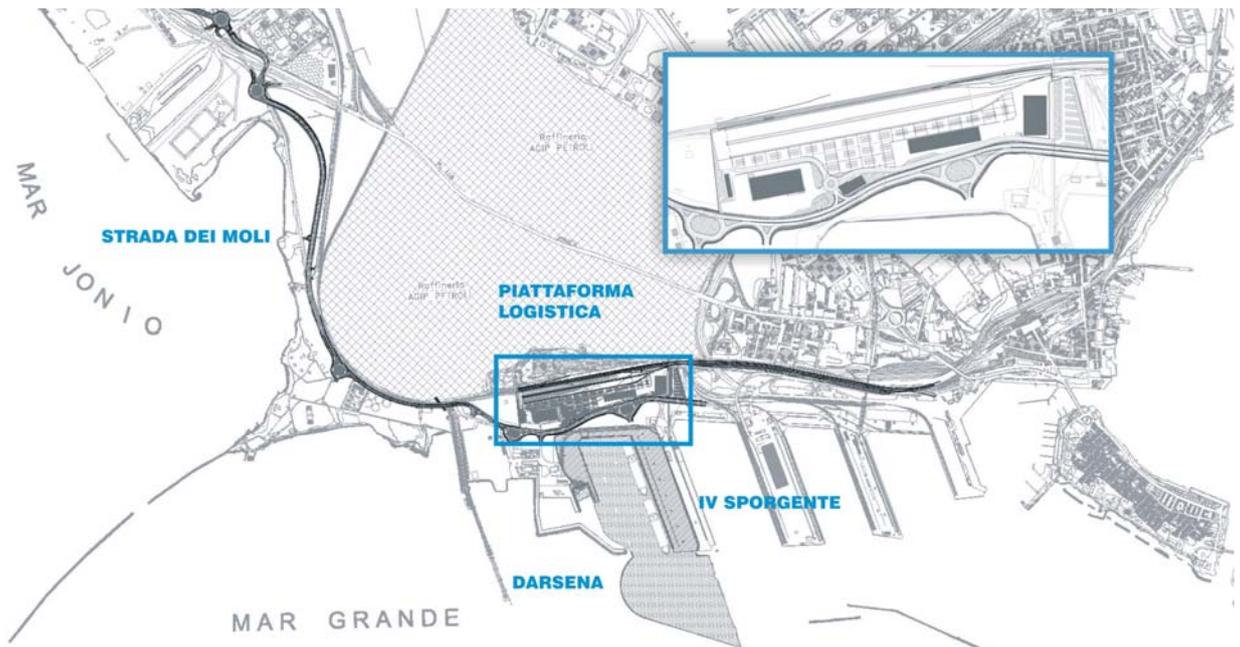




Titolo PROGETTO DEFINITIVO Piattaforma Logistica Sintesi della caratterizzazione geotecnica			Documento no. 123.700 E1UGES003	Rev 01	Pag. 1	di 17
			 Autorità Portuale di Taranto			
Tipo doc. GEN	Emesso da DTL	Commessa no. 123-700	Progetto: Piastra Portuale di Taranto Legge obiettivo delibera CIPE 74/03 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	Controllat	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 Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	2	17

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	10
5.4	PESO DI VOLUME NATURALE	11
5.5	CONTENUTO DI CARBONATI	11
5.6	CONTENUTO ORGANICO	12
5.7	STORIA TENSIONALE	12
5.8	DEFORMABILITÀ	13
5.8.1	<i>Introduzione</i>	13
5.8.2	<i>Sabbie Limose – Limi Sabbiosi</i>	13
5.8.2.1	Moduli di deformabilità	13
5.8.3	<i>Formazioni Argillose</i>	13
5.8.3.1	Compressibilità in condizioni drenate	13
5.8.3.2	Compressibilità secondaria	14
5.8.3.3	Coefficiente di consolidazione	14
5.9	PERMEABILITÀ	14
5.10	RESISTENZA AL TAGLIO NON DRENATA	15
5.11	RESISTENZA AL TAGLIO DRENATA	15
6	BIBLIOGRAFIA	17

FIGURE:

1-24

APPENDICI:

Appendice A Sezioni stratigrafiche



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	3	17

1 PREMESSA

Il presente documento illustra i risultati della campagna di indagine geotecnica eseguita nell'area destinata alla piattaforma logistica intermodale all'interno 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 dalla normativa vigente.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	4	17

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

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

- (a) *“Piattaforma Logistica - Indagine Geotecnica - Programma e Specifica Tecnica”*, SGI, rif. SGI 07123-007S01E01-NOS/PAT/PAU, 20/4/2005.
- (b) *“Piattaforma logistica intermodale Taranto – schema planimetrico generale – studio di massima”*, Frigalim Ing. S.r.l., Roma, 11/3/2005.
- (c) *“Porto di Taranto – Piattaforma logistica intermodale - Campagna di indagini geotecniche ed ambientali – relazione tecnica conclusiva”*, Sonedile S.r.l., Giugno 2006.
- (d) *“Documento di sintesi sulle attività di laboratorio”*, SINECO S.p.A..



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	5	17

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

In **figura 1** sono rappresentate le opere in progetto per la realizzazione della piattaforma logistica intermodale.

In particolare, essa sarà composta da (b):

- aree deposito containers;
- banchine di carico/scarico;
- magazzini (tra cui un magazzino frigorifero);
- edifici (palazzine uffici, ...);
- aree adibite a parcheggi e depositi auto.

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



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	6	17

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 SONDEDILE S.r.l., mentre le seconde dal laboratorio geotecnico SINECO S.p.A..

Le indagini e prove utilizzate ai fini della caratterizzazione geotecnica sono:

- Prove in sito:
 - **n° 8** sondaggi geotecnici a carotaggio continuo spinti fino ad una profondità di 20m dal p.c., sigle SP101 ÷ SP108;
 - **n° 6** sondaggi geotecnici a carotaggio continuo spinti fino ad una profondità di 10m da p.c., sigle SS103, SS105 ÷ SS107, SS109 e SS110;
 - **n° 4** sondaggi geotecnici/ambientali a carotaggio continuo spinti fino ad una profondità di 10m da p.c., sigle SGA1 ÷ SGA4;
 - **n° 10** sondaggi ambientali a carotaggio continuo spinti fino ad una profondità di 8m da p.c., sigle S/PE3, S/PE6, S/PE7, S/PE10, S/PE12, S/PE19, S/PE25, S/PE31, S/PE34 e SP7. I sondaggi ambientali eseguiti in questa zona sono in totale 45;
 - **n° 2** prove Lefranc a carico variabile allestite nei fori dei sondaggi ambientali S/PE27 e S/PE30, in corrispondenza di terreni sabbiosi;
 - **n° 48** Standard Penetration Test (SPT) in corrispondenza dei terreni granulari o dei terreni poco coesivi. La massima profondità indagata con questo tipo di prova è 7m.
- Prove in laboratorio su campioni prelevati in sito:
 - **n° 80** granulometrie per vagliatura (UNI-EN 933-1 – AGI 1994);
 - **n° 55** aerometrie (ASTM D422 – AGI 1994);
 - **n° 68** determinazioni di pesi di volume e contenuti naturali d'acqua (CNR-UNI 10008 – BS 1377);
 - **n° 43** prove per determinare i limiti di consistenza della frazione passante al vaglio 0.4mm (CNR-UNI 10014);
 - **n° 10** pesi specifici dei grani (ASTM D854);
 - **n° 17** prove per valutare il contenuto di sostanze organiche (ASTM D2974-00);
 - **n° 20** prove per valutare il contenuto di carbonati di calcio (ASTM D4373-02);
 - **n° 16** prove edometriche ad incremento di carico (ASTM D2435-04);
 - **n° 35** prove triassiali non consolidate - non drenate (UU) (ASTM D2850-03);
 - **n° 7** prove triassiali consolidate isotropicamente - non drenate (CIU) (ASTM D4767-04);
 - **n° 8** prove di taglio diretto (ASTM D3080-04).



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	7	17

Sono inoltre stati installati 9 piezometri a tubo aperto in corrispondenza di 7 sondaggi ambientali (SP1÷SP7) e di 2 sondaggi geotecnici (SP101 e SP108, identificati con il suffisso PZ) per valutare la quota di falda.

Diverse prove Pocket sono state eseguite sia in laboratorio sia in sito per valutare la consistenza delle argille.

In **figura 2** sono rappresentate tutte le indagini effettuate nell'area della piattaforma logistica.

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

4.2 Stratigrafia del sito

L'area della futura piattaforma logistica si trova attualmente a quote comprese tra 2.77m s.l.m. e 5.76m s.l.m., rilevate in corrispondenza dei punti di esecuzione dei sondaggi. La zona si presenta pianeggiante.

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

- a) **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, resti di vecchie massicciate ferroviarie e riporti di natura antropica. In sintesi, lo spessore si può definire variabile da 1.50m a 5.00m circa. I risultati delle prove SPT e delle granulometrie confermano l'eterogeneità di questo strato. I primi mostrano valori che variano da 2 colpi/30cm fino a valori di rifiuto, mentre i secondi non rivelano una chiara prevalenza di un particolare tipo di materiale.
- b) **sabbia limosa - limo sabbioso:** al di sotto del riporto e fino ad una profondità da piano campagna variabile da 4.00m a 9.40m circa, è presente un strato naturale di sabbia limosa o di limo sabbioso. Lo spessore di questo strato varia da 2.0m a 5.0m 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 20 colpi/30cm.
- c) **“Argilla alterata”:** al di sotto dello strato b), si osserva uno strato di limo argilloso di spessore variabile tra 2.0 e 4.5m circa. Dalle sezioni stratigrafiche, si osserva la tendenza all'innalzamento del tetto di questo strato in direzione S-N, passando da 7.0m a 4.0m circa di profondità da p.c.. Si tratta di un'argilla plastica, consistente, di colore giallastro che 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 180÷250 kPa.
- d) **“Argilla di Taranto”:** il tetto di questa formazione inizia da una profondità variabile tra 6.5 m e 11.0m circa e lo strato si estende fino alle massime profondità indagate (20m 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 ÷ 400 kPa che si incrementa con la profondità. Il contenuto di carbonati, superiore al



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	8	17

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 ($\sim 800 \div 1500\text{kPa}$).

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

4.3 Quote di falda

Per monitorare il livello di falda sono stati installati 9 piezometri a tubo aperto nell'area oggetto di studio. La quota di falda misurata nel periodo di esecuzione delle indagini varia nell'intervallo $0.00 \div +1.56\text{m s.l.m.}$, ad eccezione del piezometro SP7, in corrispondenza del quale è stato misurato un livello pari a -3.53m s.l.m. . La quota media di progetto assunta in fase di caratterizzazione geotecnica è stata di $+0.50\text{m s.l.m.}$.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	9	17

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

a) **Riporto:**

Come già anticipato nel paragrafo 4.2, il riporto è costituito da materiale molto eterogeneo; in esso sono presenti frazioni di ghiaia, sabbia, limo e argilla. La **figura 3** mostra il fuso granulometrico dei campioni prelevati all'interno di tale litotipo. Si osserva come esso non sia gradato e le percentuali delle differenti classi varino da sondaggio a sondaggio: ghiaia 0%÷55%, sabbia 0%÷40%, limi e argille 5%÷98%. I sondaggi in corrispondenza dei quali è stato osservato un contenuto di fine superiore al 80% sono: SP106, SP103, SP108PZ, SS110, SS106 e SP107.

b) **Sabbia limosa/limo sabbioso:**

La **figura 4** mostra il fuso granulometrico dei campioni appartenenti a tale litotipo. In particolare, si osserva che esso è costituito da un materiale discretamente gradato, in cui le variazioni di contenuto di ghiaia sono nell'intervallo 0%÷25%, la sabbia varia in un intervallo 45%÷72% e i limi e argille in un intervallo 5%÷55%.

c/d) **Argilla Alterata/Argilla di Taranto:**

La **figura 5** mostra il fuso granulometrico dei campioni prelevati nelle formazioni argillose.

In particolare, si osserva un fuso granulometrico molto ristretto, indice di una elevata omogeneità. Si tratta di un materiale ben gradato con un contenuto di fine del 92%÷98% e di sabbia di circa il 2%÷8%. Il contenuto di argille varia a sua volta tra il 42% e il 76%, mentre il limo è presente in percentuali del 22÷50%.

In **figura 6** è rappresentata la distribuzione granulometrica dei campioni con la profondità. Si osserva la netta differenza tra gli strati **a)** e **b)** e quello delle argille sottostanti, che ne rende immediata l'identificazione.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	10	17

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.

b) Sabbia limosa/limo sabbioso:

Il limite plastico dei campioni prelevati in questo strato varia nell'intervallo 18%÷25%, mentre il limite liquido è compreso nell'intervallo 58%÷65%. L'indice plastico di conseguenza varia tra 29% e 38%. Il contenuto d'acqua medio è pari a 35%, come riportato in **figura 9**. Lo strato quindi si trova in uno stato relativamente soffice se si confrontano i limiti di consistenza e il contenuto d'acqua. Si precisa che i campioni sui quali sono state eseguite le prove sono quelli che presentavano una frazione limoso-argillosa più elevata.

c) Argilla Alterata:

Il limite plastico, ad eccezione di pochi casi, è compreso tra 18% e 22% ed il limite liquido tra 42% e 55%. L'indice plastico è quindi compreso tra 26% e 35%, con un contenuto d'acqua del 20%÷30% (**figura 9**). Osservando la **figura 7** si nota che il contenuto d'acqua è più vicino al limite plastico rispetto allo strato sovrastante; questo indica che il materiale è più consistente e prossimo allo stato solido.

La **figura 10** riporta i valori di indice di attività che variano nell'intervallo 0.71÷1, tipico delle argille normalmente attive.

d) Argilla di Taranto:

Sempre dalla **figura 7**, si osserva che il contenuto d'acqua manifesta sempre di più 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**) tra 0.1 e 0.2 e quindi un indice di consistenza medio pari a 0.9÷0.8 ($IC = 1 - IL$).

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

- Il limite liquido varia mediamente nell'intervallo 40 ÷ 60%, con un valore medio rappresentativo pari al 50%, mentre il limite plastico è compreso nell'intervallo 18 ÷ 25% (valore medio \cong 20%). L'indice plastico risulta quindi compreso nell'intervallo 22 ÷ 40%, con valore medio pari al 30% circa.
- Per quanto concerne il contenuto naturale d'acqua w , riportato in **figura 9**, si sono ottenuti dei valori compresi tra il 20% 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 0.75 ÷ 0.90, che contraddistingue un'argilla normalmente attiva.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	11	17

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 2.69, 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 2.69 ed un grado di saturazione pari a 1.0. I valori dell'indice dei vuoti calcolato variano quindi nell'intervallo $0.60 \div 0.8$ a basse profondità e tra 0.50 e 0.65 a profondità maggiori (oltre i -9 m s.l.m.).

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 quanto segue:

a/b) Riporto/Sabbia limosa-limo sabbioso:

I valori del peso di volume variano notevolmente passando da 17.5 kN/m^3 fino a 20.5 kN/m^3 a conferma della variabilità di questi strati;

c) Argilla Alterata:

I valori del peso di volume determinati in laboratorio sono compresi tra 19.5 kN/m^3 e 21 kN/m^3 .

d) Argilla di Taranto:

I valori medi dei pesi di volume variano come i precedenti tra 19.5 kN/m^3 e 21 kN/m^3 , con una lieve tendenza ad aumentare con la profondità.

5.5 Contenuto di Carbonati

La **figura 16** riporta il valore del contenuto di carbonati (% di CaCO_3) determinato tramite prove di laboratorio sui campioni di materiale **c)** e **d)** e in alcuni campioni indisturbati prelevati nello strato **b)**.

Dal grafico si osserva quanto segue:

a/b) Riporto/Sabbia limosa-limo sabbioso:

I valori del contenuto di carbonati variano da 24% a 35%;

c) Argilla Alterata:

I valori del contenuto di carbonati variano nell'intervallo $19\% \div 38\%$;

d) Argilla di Taranto:

I valori del contenuto di carbonati variano nell'intervallo $17\% \div 38\%$;

L'alta percentuale di carbonati testimonia una possibile cementazione del materiale per quanto concerne le argille alterate e argille di Taranto.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	12	17

5.6 Contenuto Organico

La **figura 17** riporta il valore del contenuto di sostanze organiche determinato sui campioni prelevati in sito. Nell'unica prova eseguita sui campioni dello strato **a/b)** si è ottenuto un valore di contenuto di sostanze organiche pari al 1.2%. 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 0.5%÷2.4%;

d) Argilla di Taranto:

I valori del contenuto di sostanze organiche variano nell'intervallo 1.7%÷2.8%;

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

5.7 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.

La **figura 19** riporta i valori dei rapporti di preconsolidazione OCR stimati sulla base delle prove edometriche come $\frac{\sigma'_p}{\sigma'_{v0}}$.

Si osservano valori variabili tra 10, per quote comprese tra -2m s.l.m. e -4m s.l.m. e 7, per quote comprese tra -4m s.l.m. e -10m 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 -4 m s.l.m., quindi per le argille alterate, OCR pari a 10÷15, mentre per quote inferiori a -4 m s.l.m. OCR pari a 8÷10.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	13	17

5.8 Deformabilità

5.8.1 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.

5.8.2 Sabbie Limose – Limi Sabbiosi

5.8.2.1 Moduli di deformabilità

La **figura 20** riporta i risultati delle prove SPT eseguite negli strati di riporto e di sabbia limosa e limo sabbioso (**b**). Dai valori di N_{SPT} si osserva che, a parte rare eccezioni, i risultati delle prove non superano mai 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:

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

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

5.8.3 Formazioni Argillose

5.8.3.1 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 $0.14 \div 0.20$. 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:

$$CR = 0.19 \quad \text{Argille alterate}$$



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	14	17

CR = 0.18 Argille di Taranto

- i valori dei rapporto di ricomprensione sono compresi nell'intervallo 0.014 ÷ 0.04. Il valore del rapporto può essere assunto pari a:

RR = 0.03 Argille alterate

RR = 0.02 Argille di Taranto

5.8.3.2 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.

5.8.3.3 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 $4 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ e $2.5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ per le argille alterate e tra $3.22 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ e $4.5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ per le argille di Taranto, quindi osserviamo un valore medio dell'ordine di $1.00 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$. Per quanto riguarda lo strato di argilla di Taranto si rimane in linea con la letteratura che indica valori di $3 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ per il tratto sovraconsolidato.

5.9 Permeabilità

I dati a disposizione per la stima del coefficiente di permeabilità derivano sia da misure dirette di k_v che dall'interpretazione della curva di consolidazione in termini di c_v (misura indiretta) delle edometriche.

Le misure dirette sono state effettuate attraverso due prove Lefranc condotte nei primi metri di profondità dal p.c.. Le misure quindi si riferiscono agli strati più superficiali di sabbie e limi e forniscono i seguenti risultati:

$$k_h = 2.87 \times 10^{-3} \div 4.29 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$$

Ipotizzando un rapporto $\frac{k_h}{k_v}$ pari a 5, si ottiene:

$$k_v = 6 \times 10^{-4} \div 8.5 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$$



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	15	17

Le prove edometriche eseguite sulle formazioni argillose profonde hanno fornito valori di k_v alla tensione geostatica variabili fra 3.3×10^{-9} cm/s e 5.7×10^{-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 $\frac{k_h}{k_v}$ 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 1×10^{-8} e 1.7×10^{-7} cm/s.

5.10 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 -5m s.l.m.):
 $C_u = 180 \div 250$ kPa;
- Argille di Taranto:
da -5 a -10m s.l.m. $C_u = 220 \div 300$ kPa;
da -10 a -15m s.l.m. C_u da 300 kPa a 450 kPa (all'incirca crescenti linearmente con la profondità).

5.11 Resistenza al taglio drenata

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 (una sola prova eseguita):
 $c' = 0$ kPa
 $\phi' = 29^\circ \div 31^\circ$
- Argille Alterate:
 $c' \cong 20$ kPa
 $\phi' = 26^\circ - 28^\circ$
- Argille di Taranto:
 $c' = 20 \div 40$ kPa



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	16	17

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

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 possa provocare una notevole riduzione, fino all'annullamento, della coesione efficace.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto Piattaforma Logistica	123.700 E1UGES003	01	17	17

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.

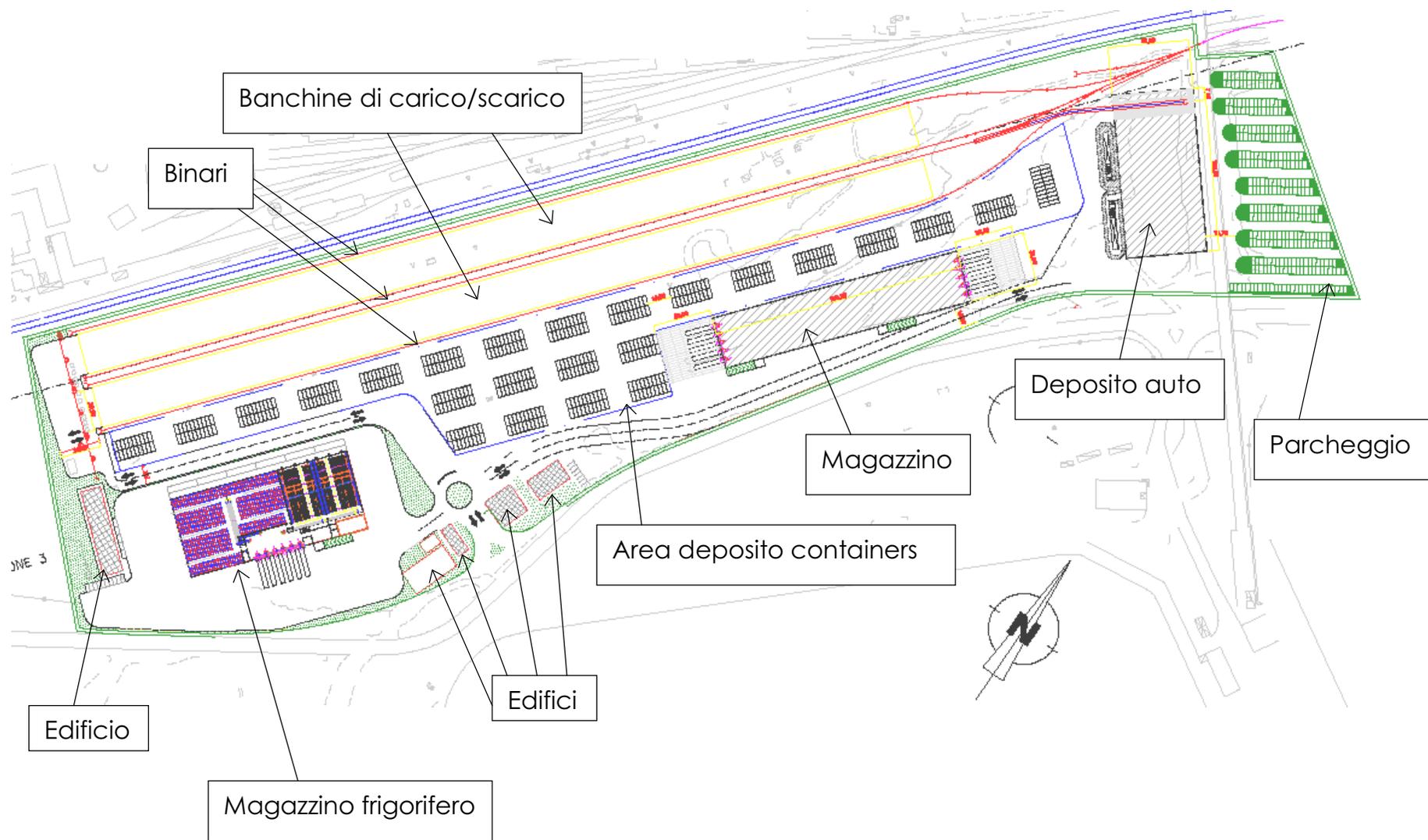


Figura 1: Schema degli interventi in progetto per la piattaforma logistica intermodale del porto di Taranto

LEGENDA

- Traccia di sezione stratigrafica
- Sondaggi a carotaggio continuo
- ▲ Sondaggi attrezzati a piezometro

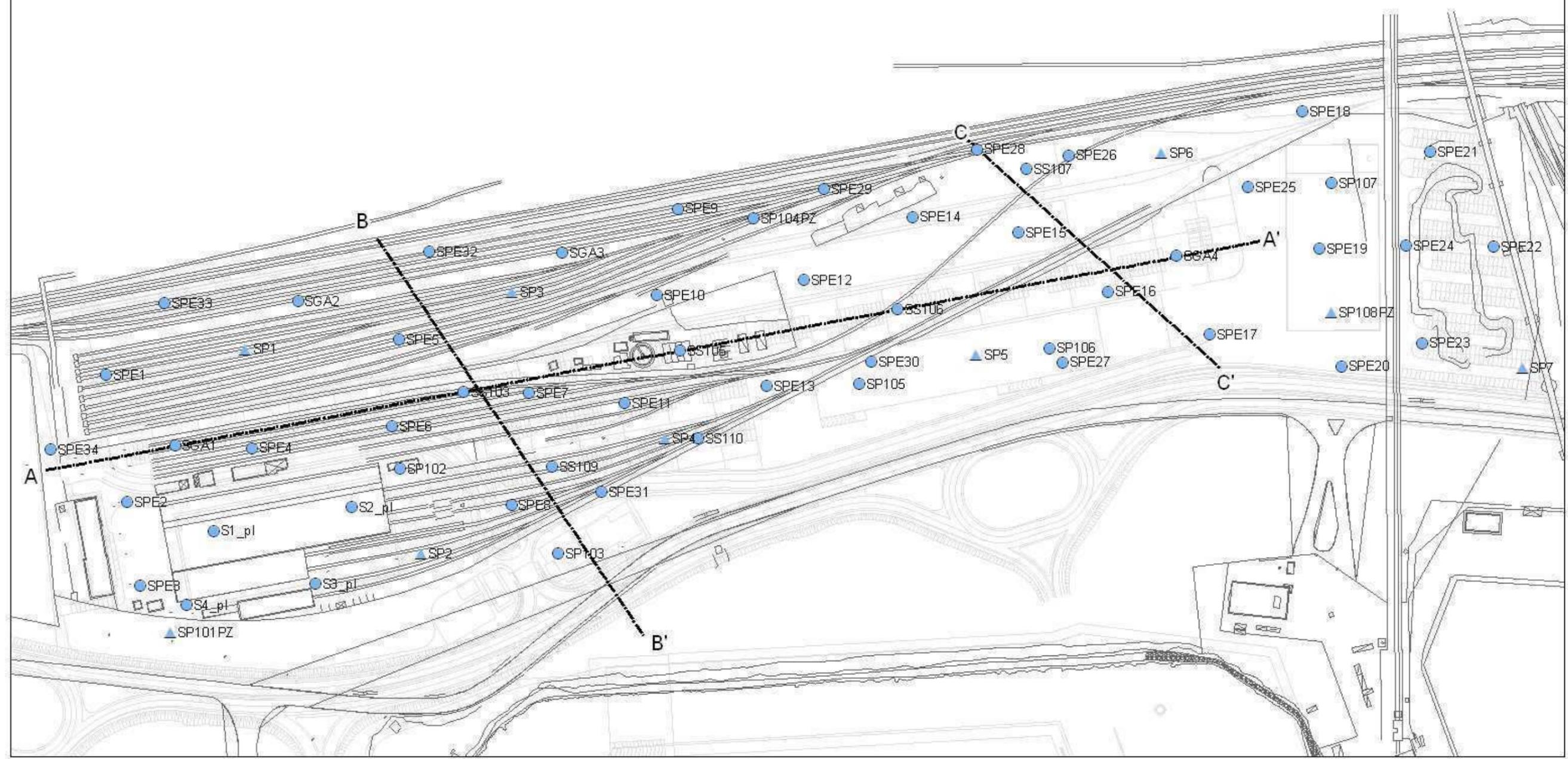
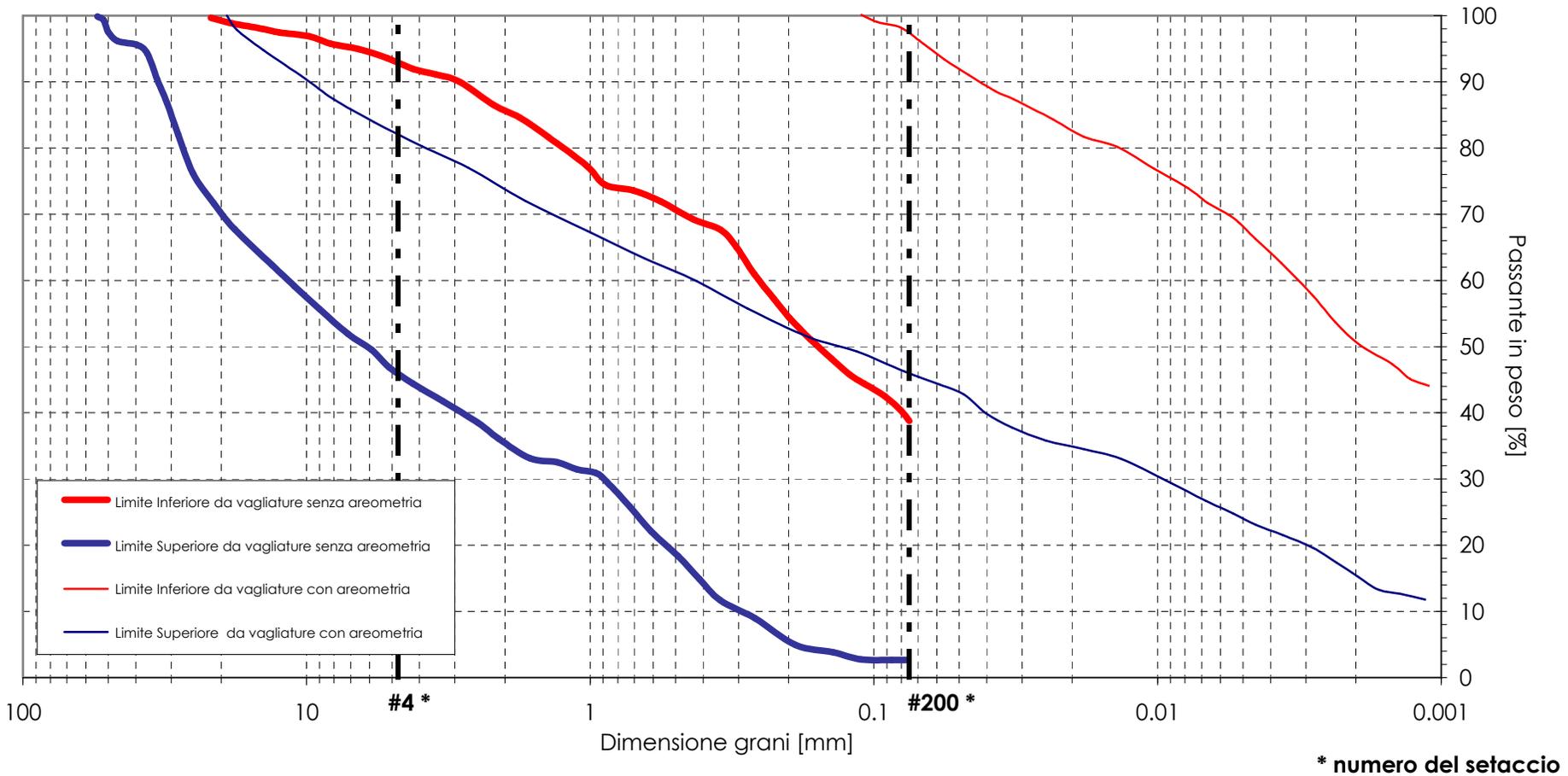


Figura 2

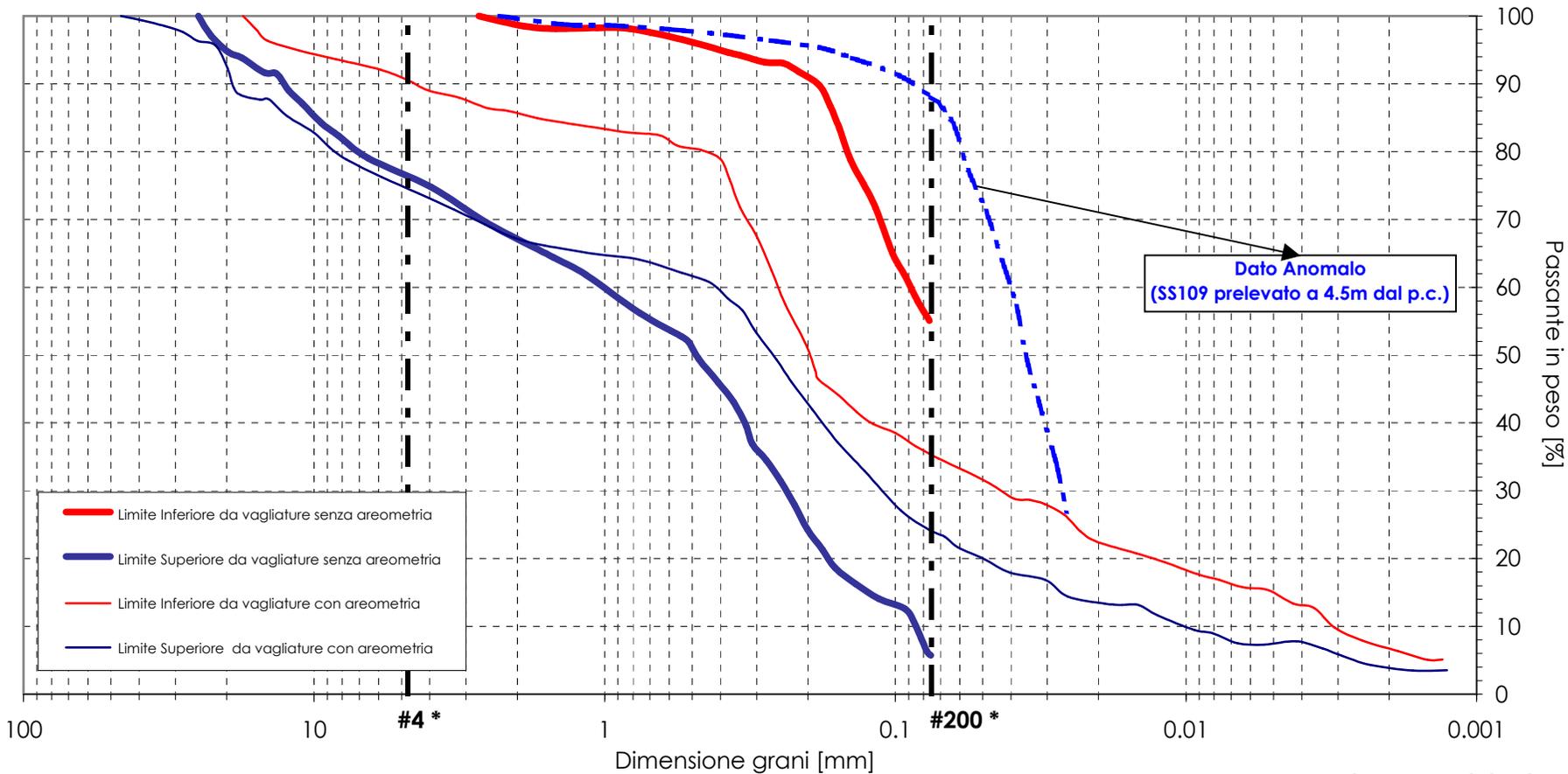
**Distribuzione Granulometrica - Riporto
Piattaforma Logistica
(ASTM D422)**



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/Limo Sabbioso
Piattaforma Logistica
(ASTM D422)**



- Limite Inferiore da vagliature senza areometria
- Limite Superiore da vagliature senza areometria
- Limite Inferiore da vagliature con areometria
- Limite Superiore da vagliature con areometria

Dato Anomalo
(SS109 prelevato a 4.5m dal p.c.)

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

Figura 4

Distribuzione Granulometrica - Argille
Piattaforma Logistica
(ASTM D422)

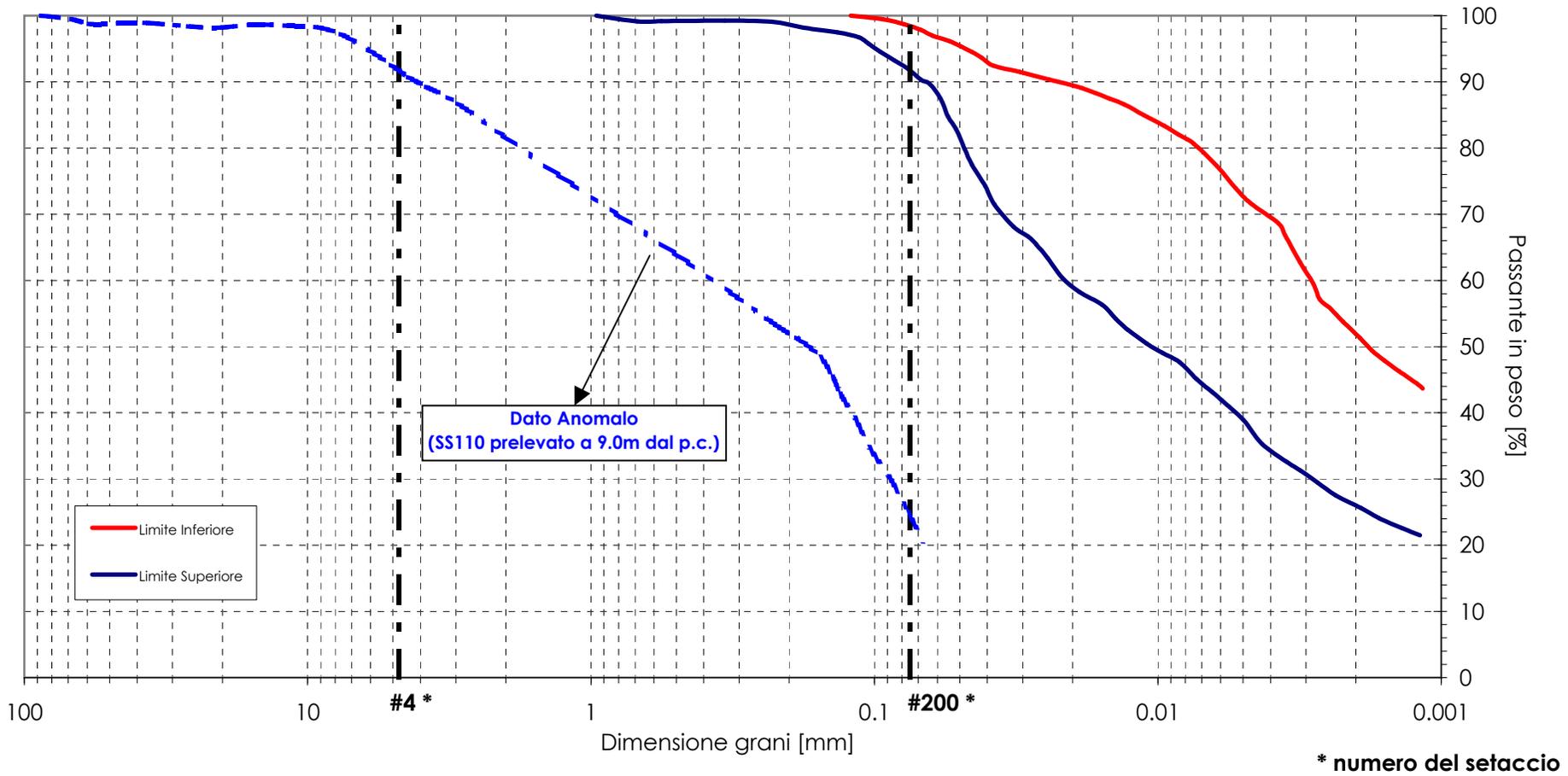


Figura 5

Distribuzione Granulometrica Piattaforma Logistica

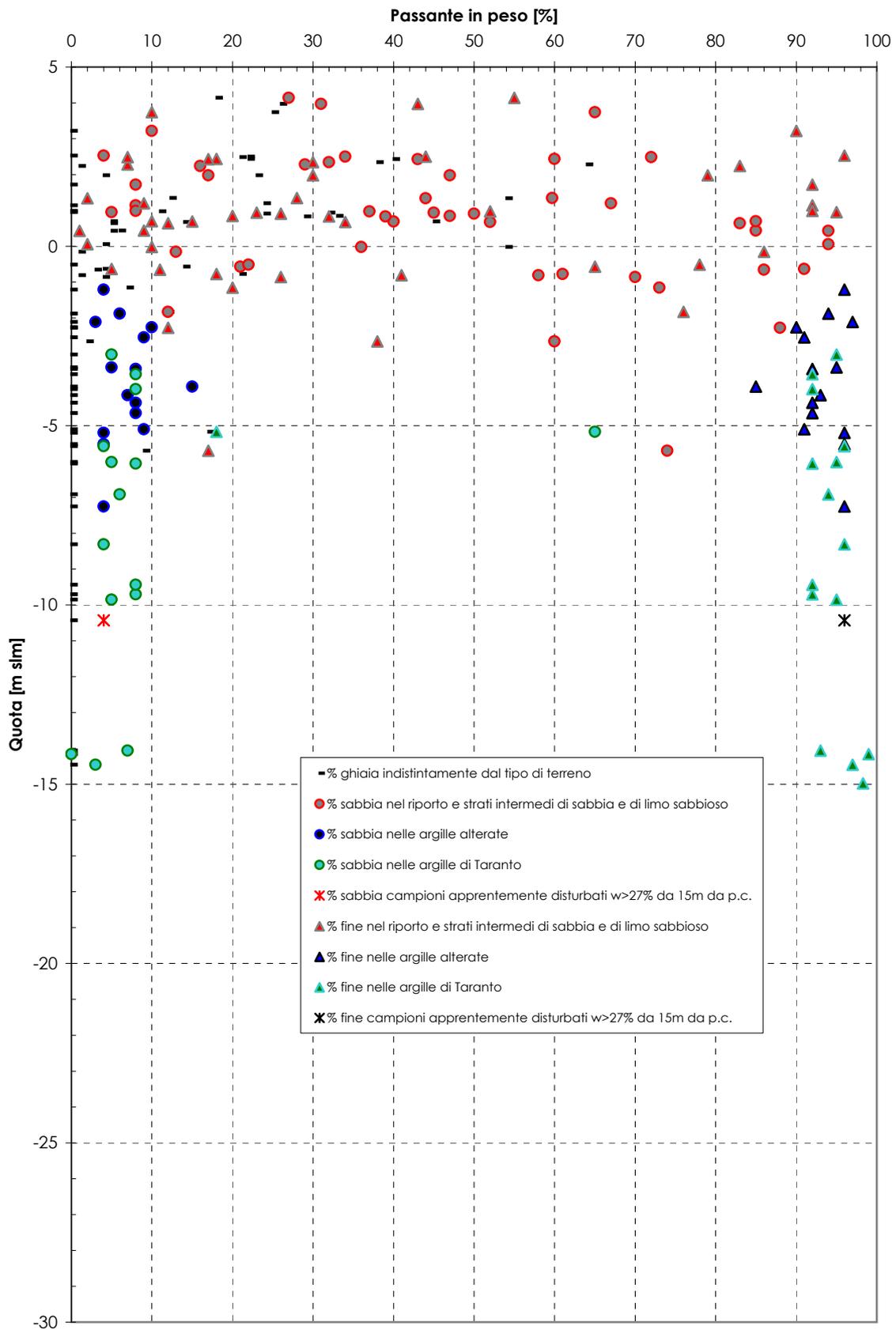


Figura 6

Limite Liquido, L.L. - Limite Plastico, P.L. - Contenuto d'Acqua, w
Piattoforma Logistica

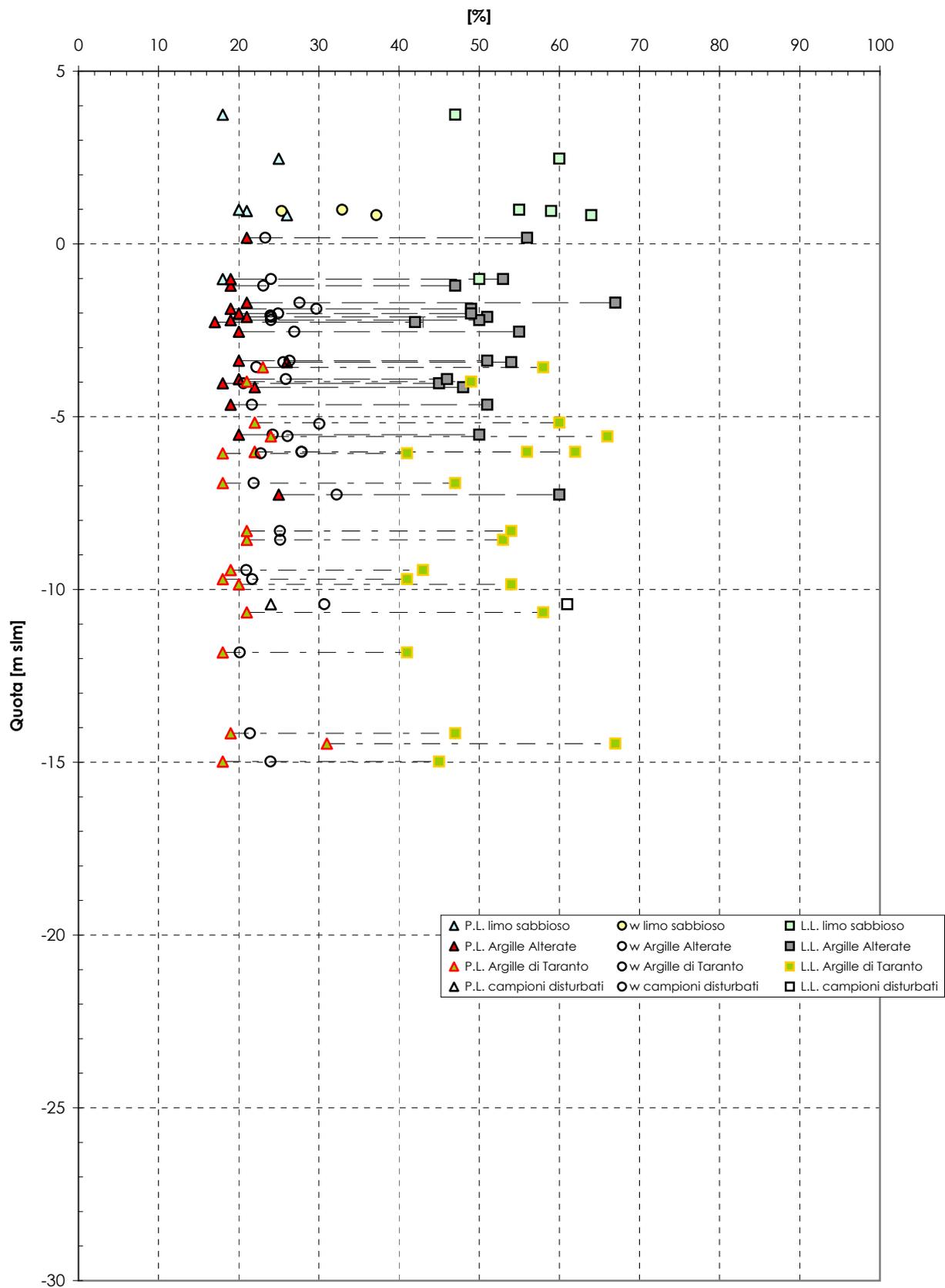


Figura 7

Indice Plastico, P.I.
Piattaforma Logistica

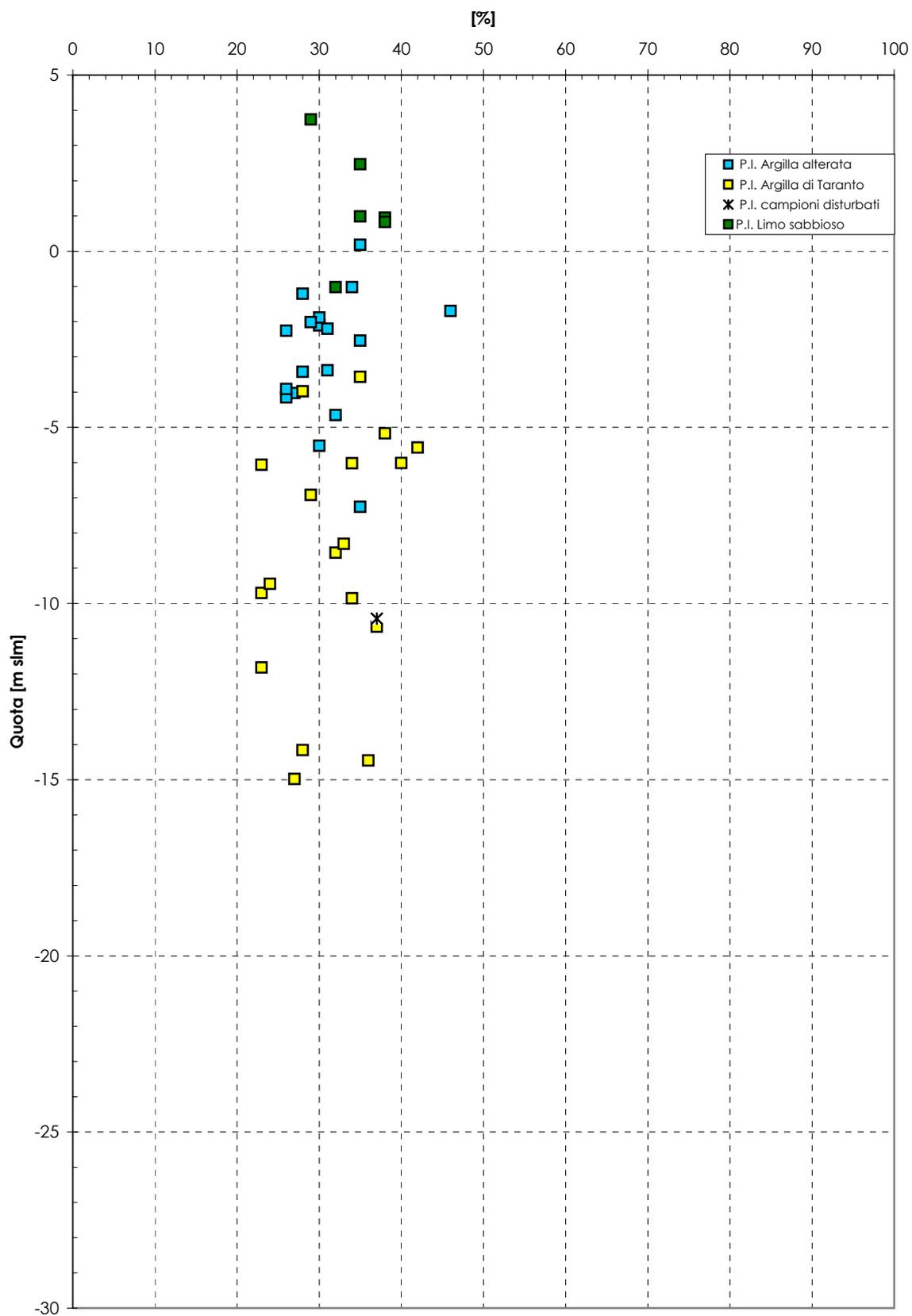


Figura 8

Contenuto d'acqua, w
Piattaforma Logistica

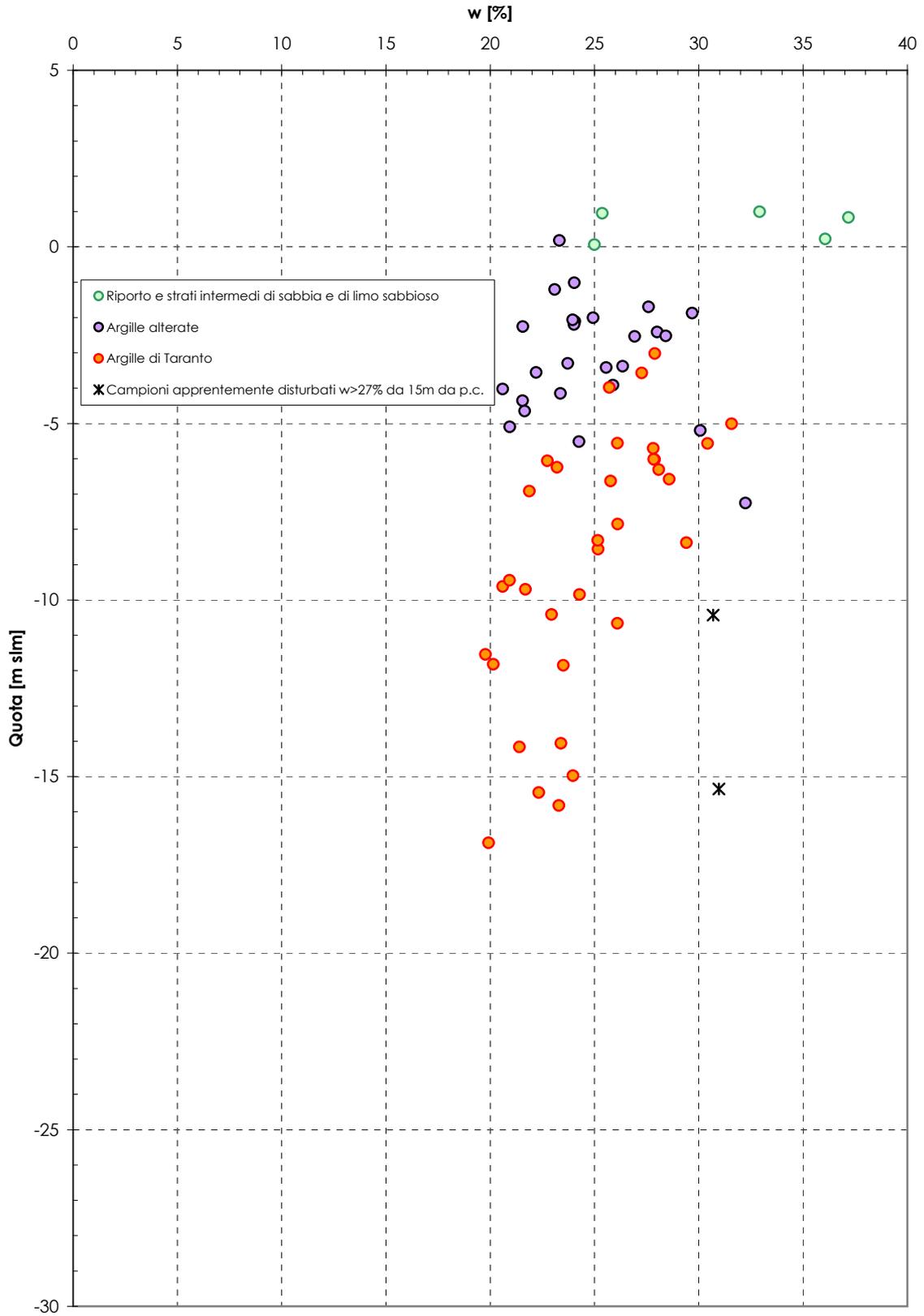


Figura 9

Indice di Attività del materiale fine
Piattaforma Logistica

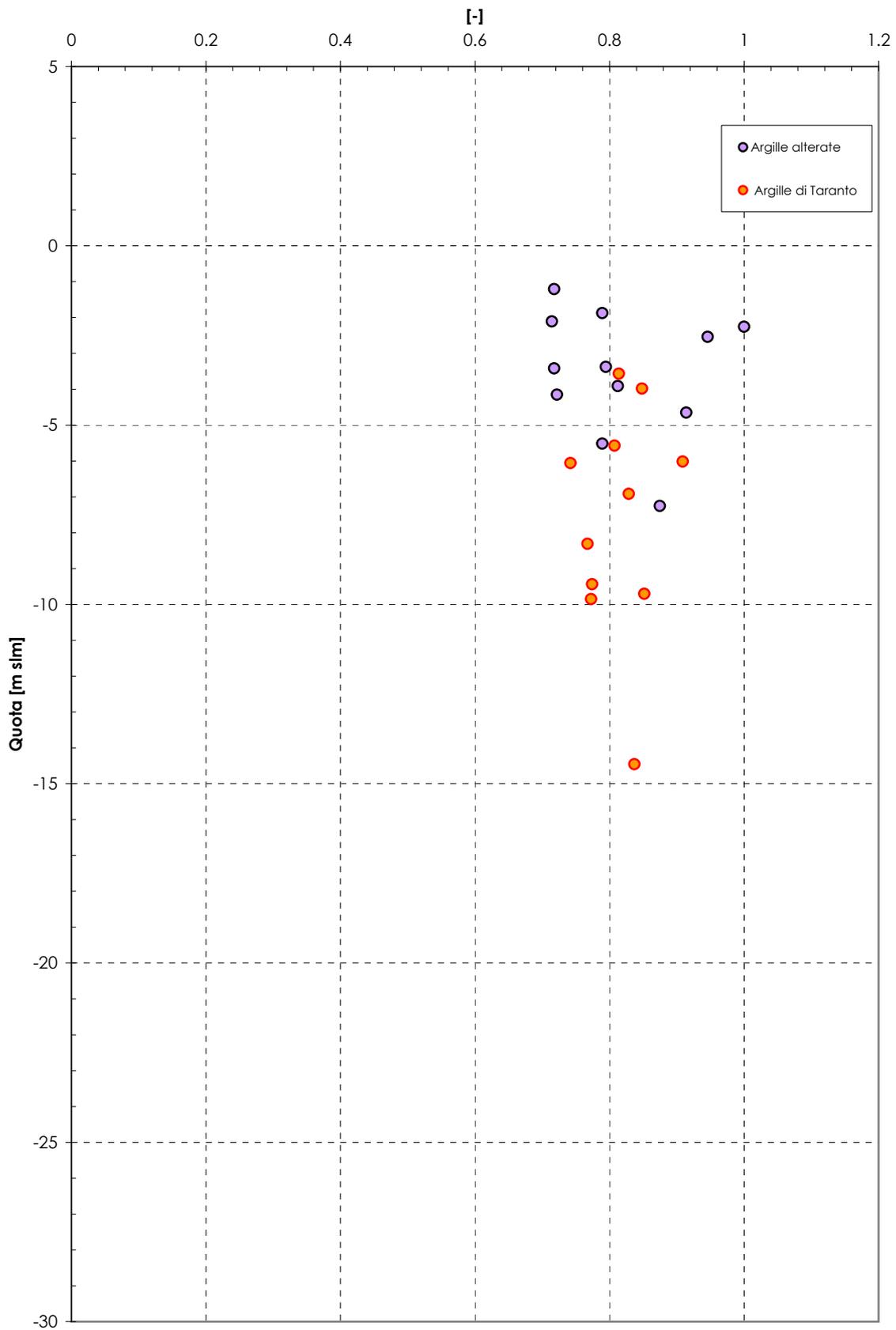


Figura 10

Indice di Liquidità
Piattaforma Logistica

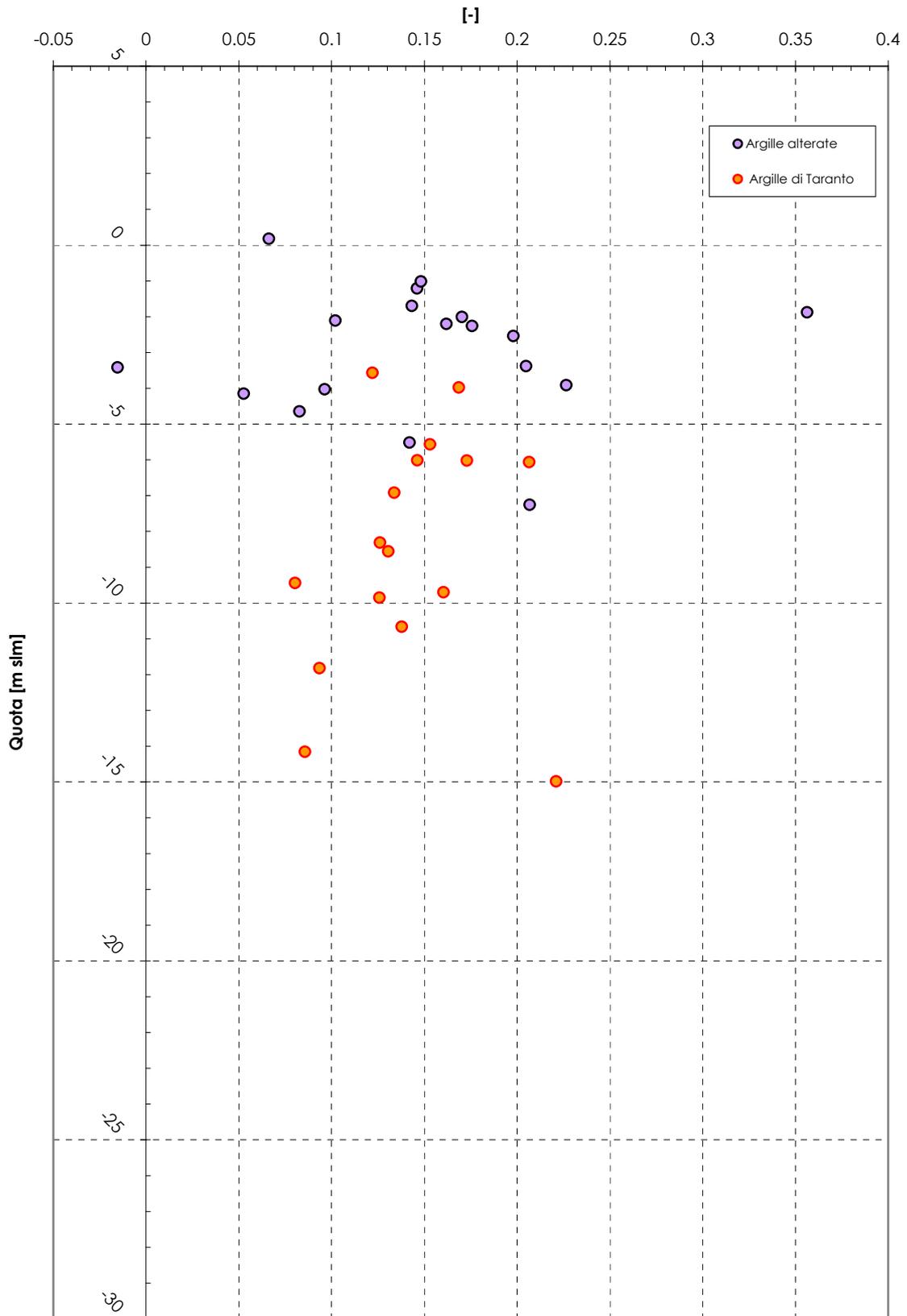


Figura 11

**Carta di Casagrande
Piattaforma Logistica**

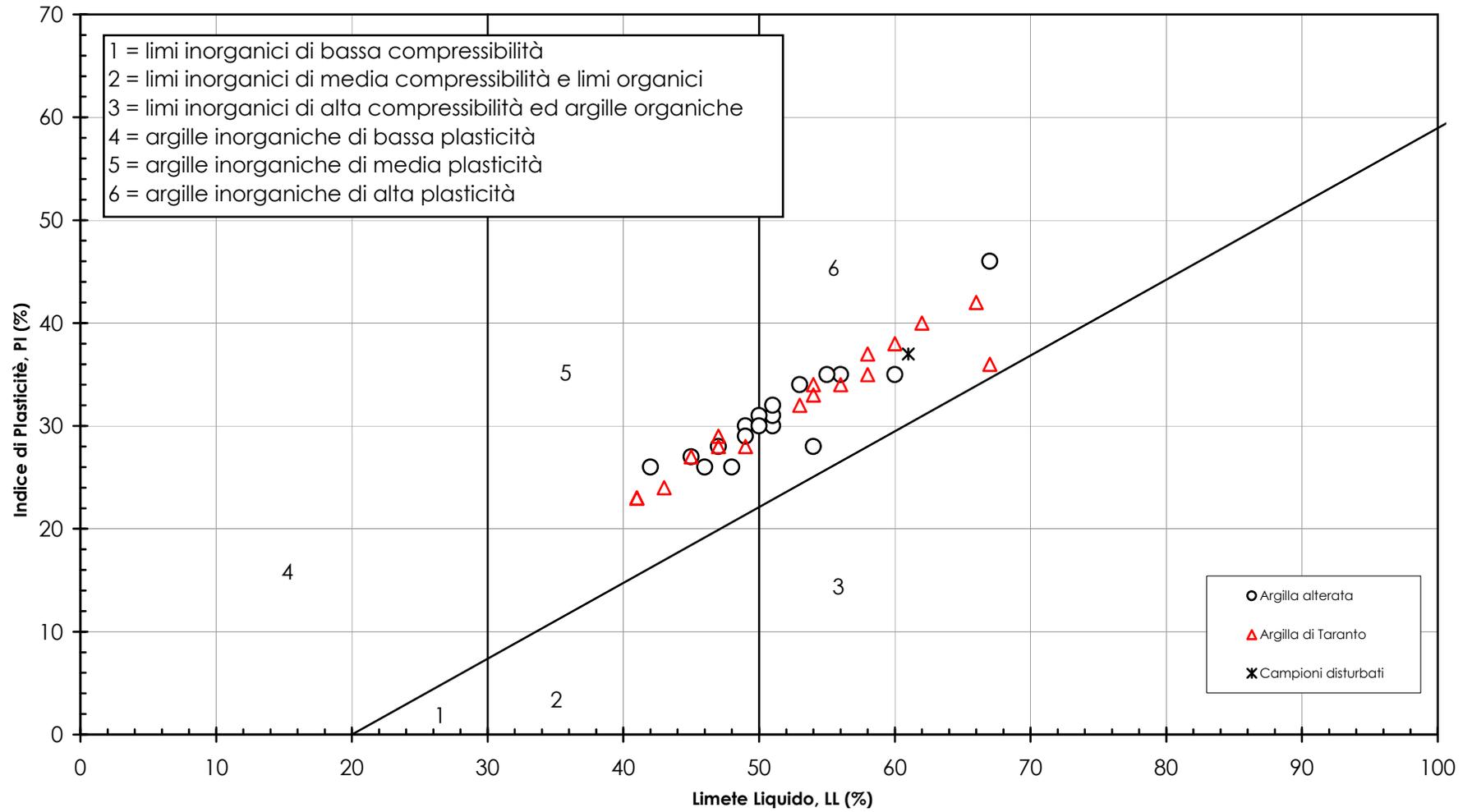


Figura 12

**Peso Specifico Grani, Gs
Piattaforma Logistica**

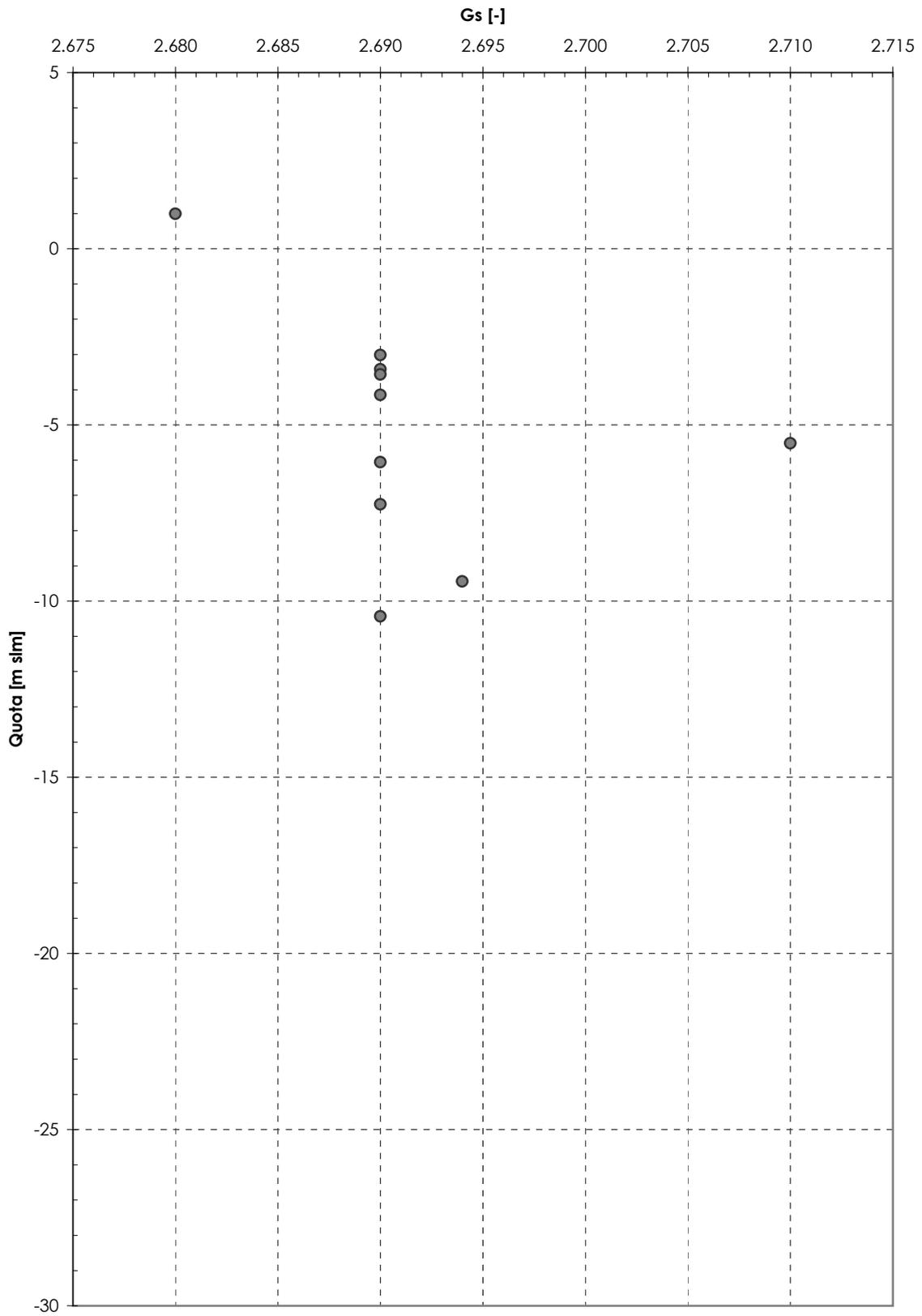


Figura 13

Indice dei voti iniziale, e_0
Piattaforma Logistica

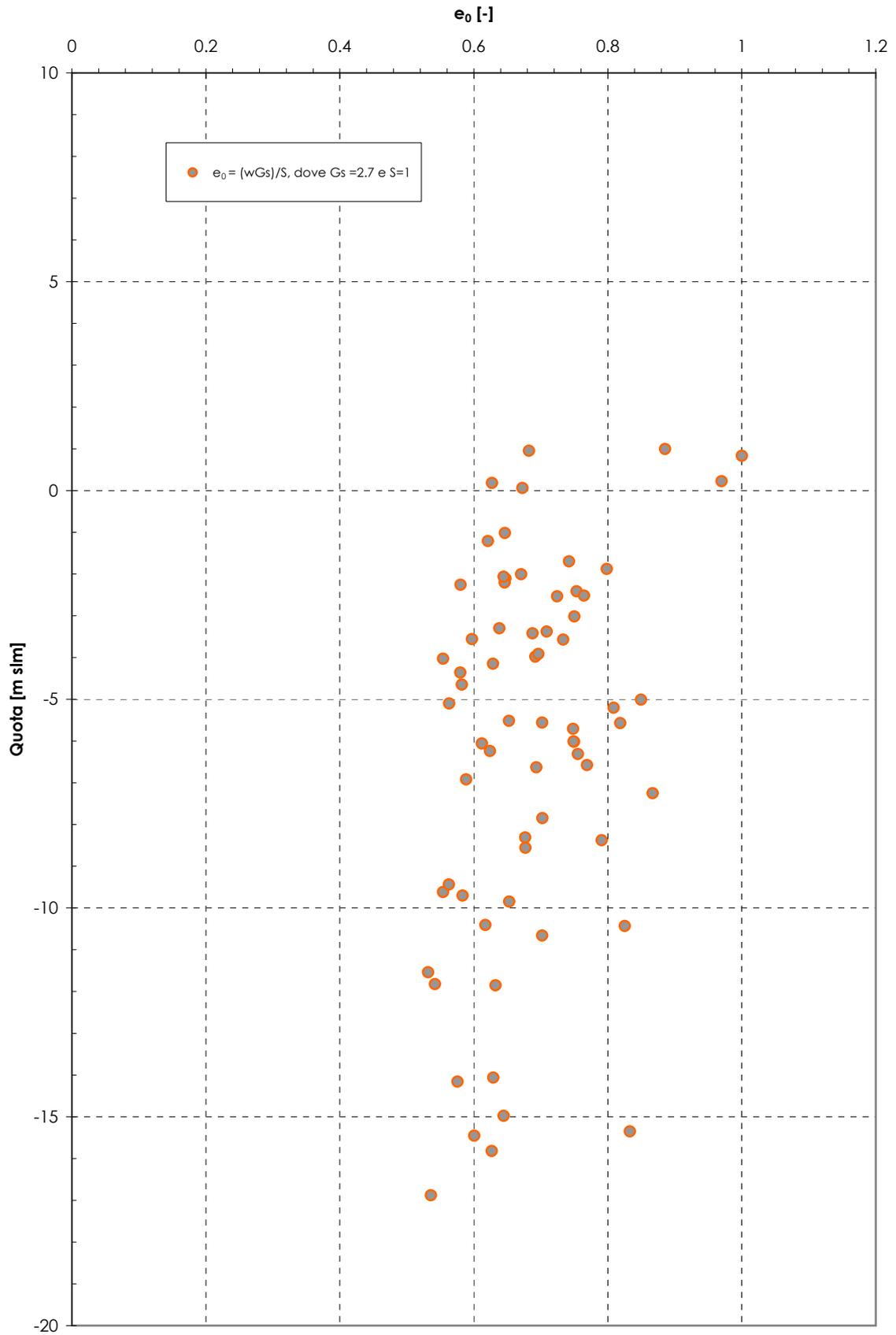


Figura 14

Peso dell'unità di volume naturale, γ
Piattaforma Logistica

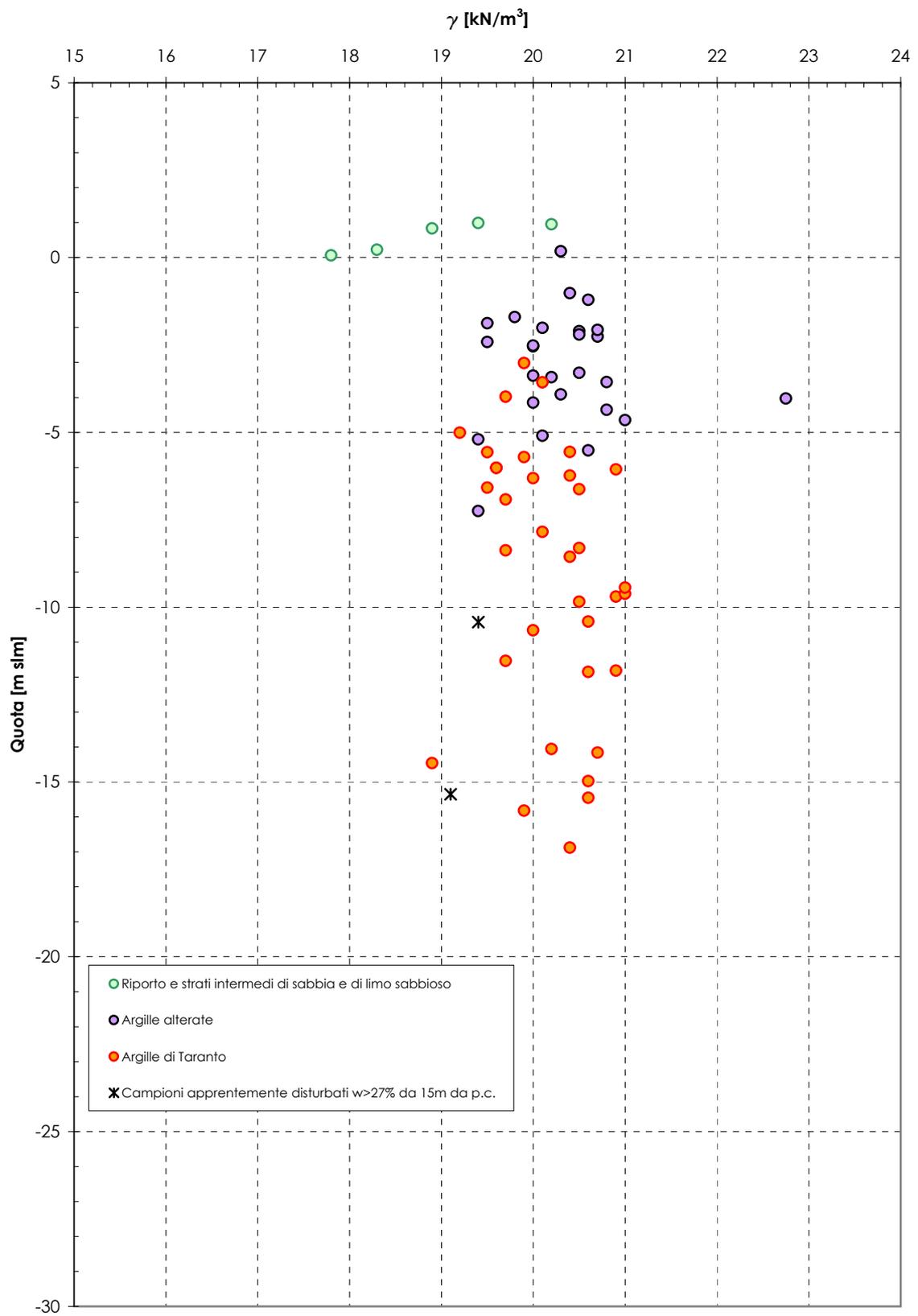


Figura 15

Contenuto di Carbonati
Piattaforma Logistica

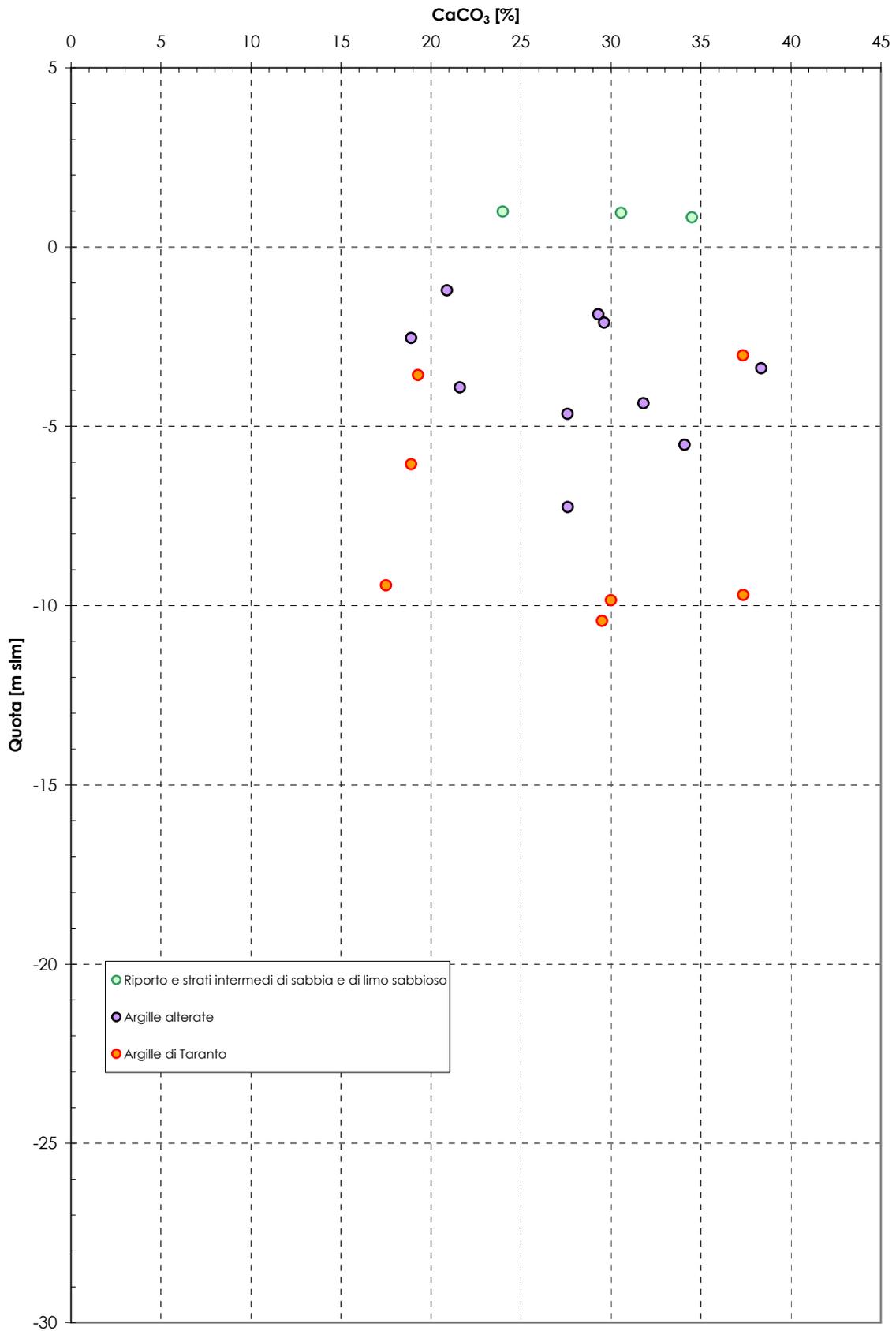


Figura 16

Contenuto di Sostanze Organiche Piattaforma Logistica

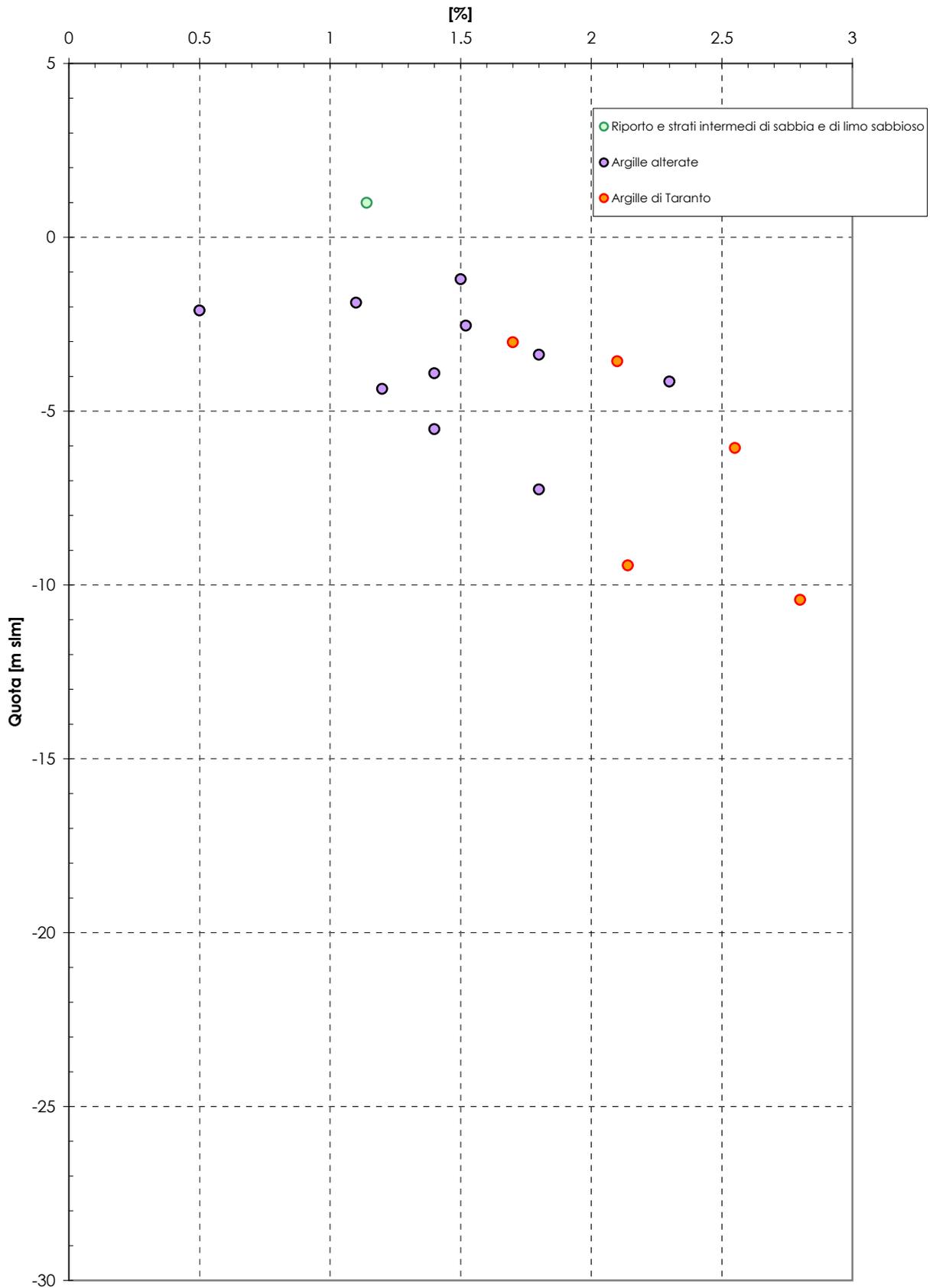


Figura 17

Tensioni Efficaci Piattaforma Logistica

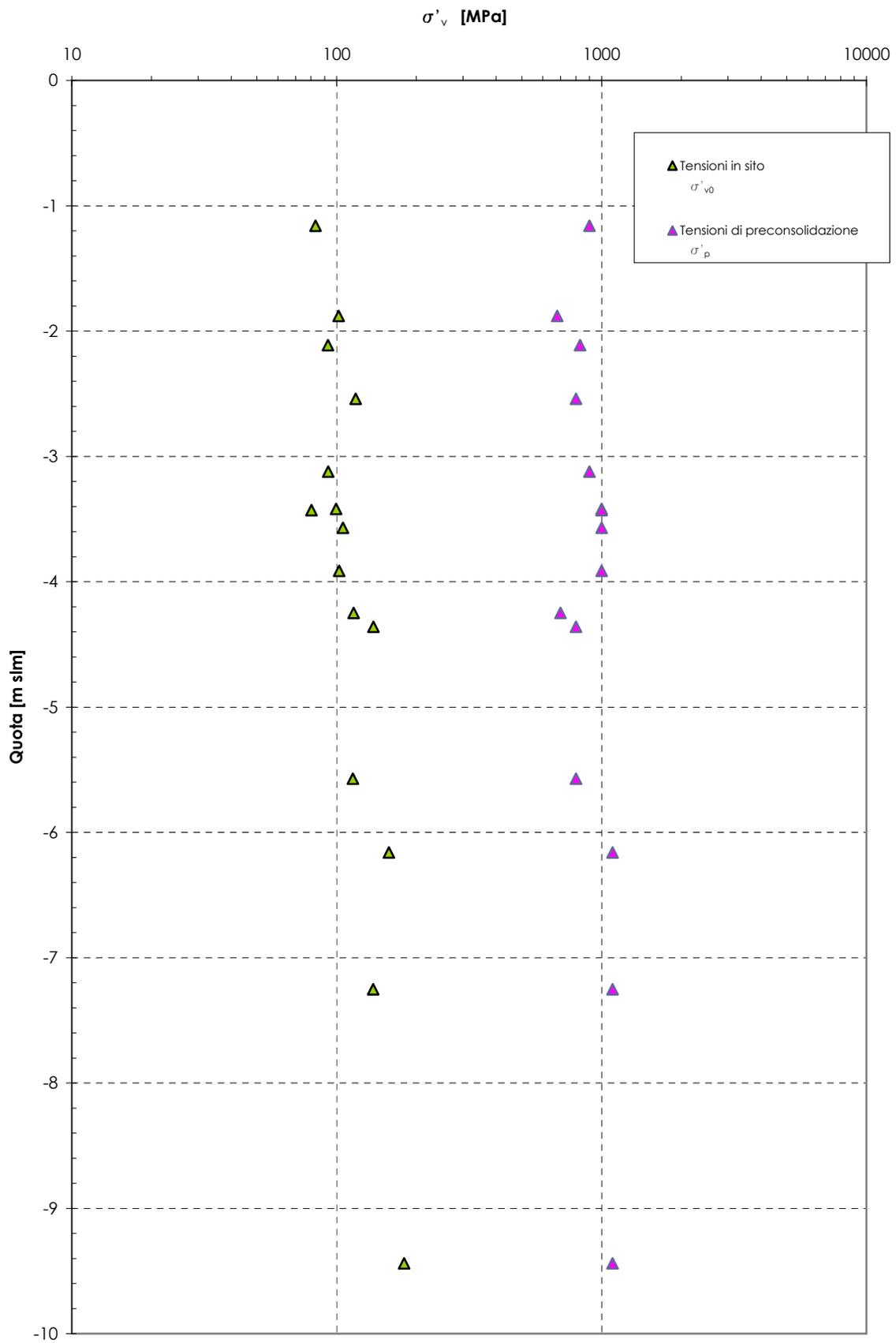


Figura 18

**Rapporto di Preconsolidazione, OCR
Risultati prove edometriche
Piattaforma Logistica**

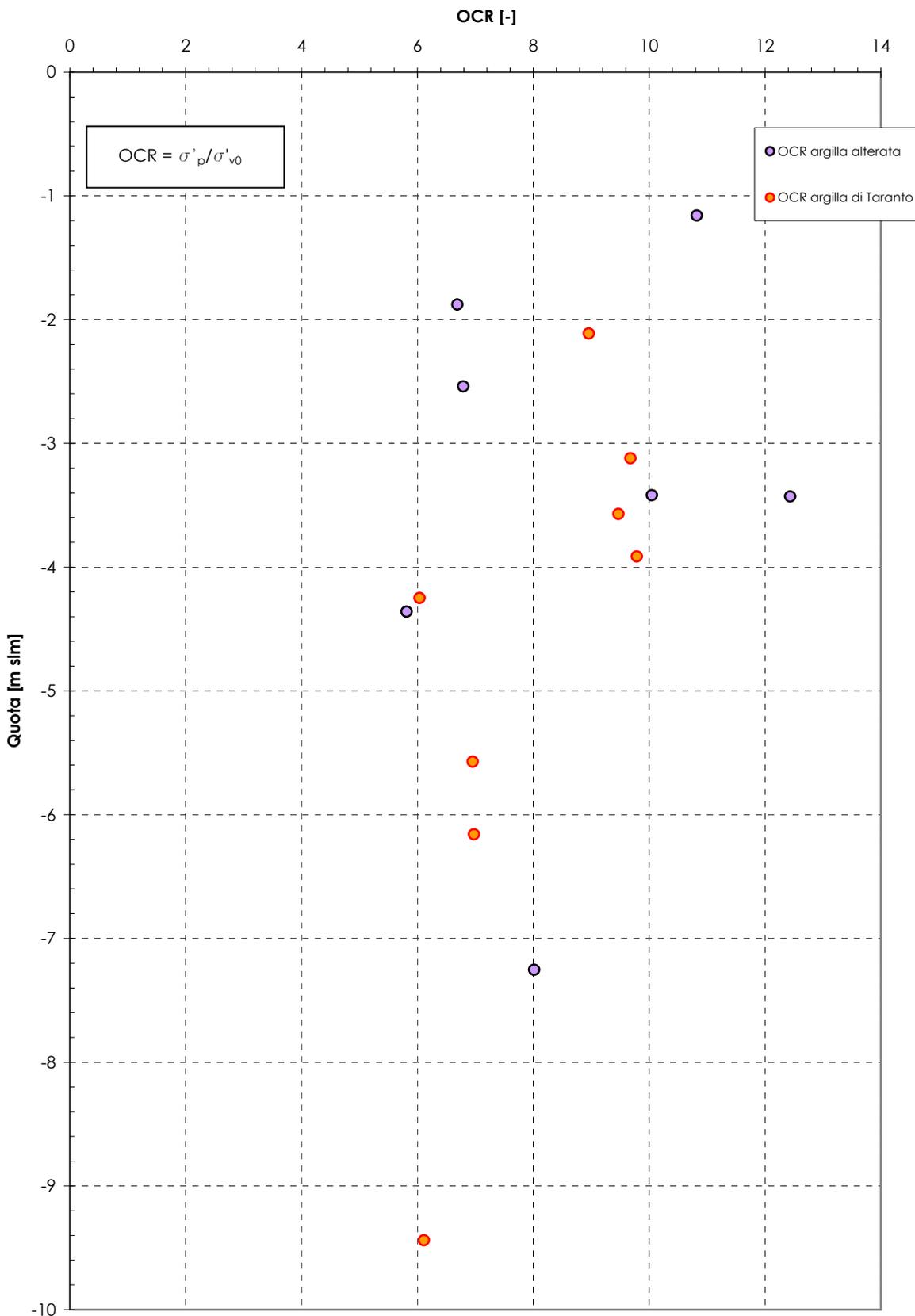
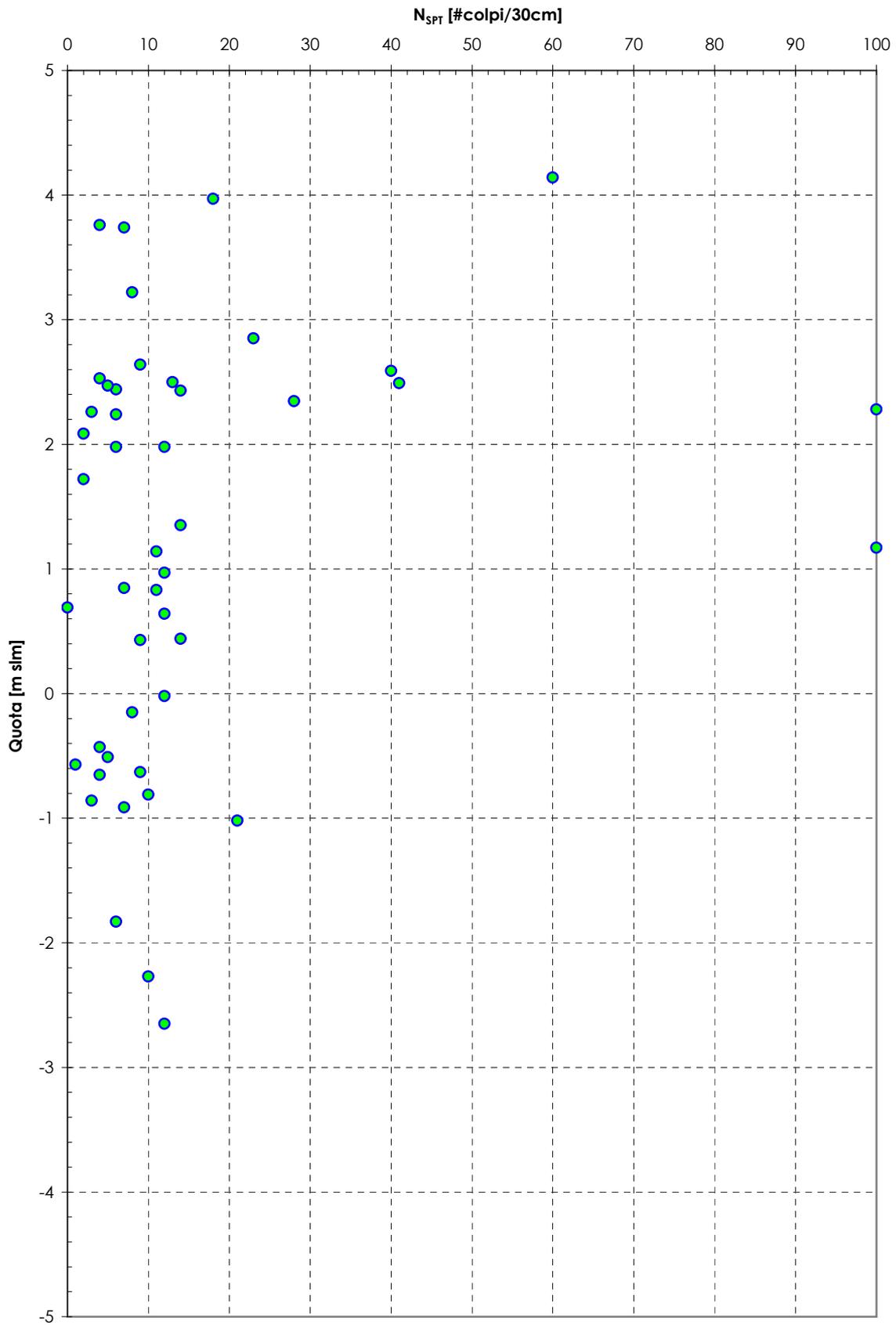


Figura 19

Numero di colpi prova SPT
Piattaforma Logistica



**Rapporto di compressione e Rapporto di ricompressione
risultati prove edometriche
Piattaforma Logistica**

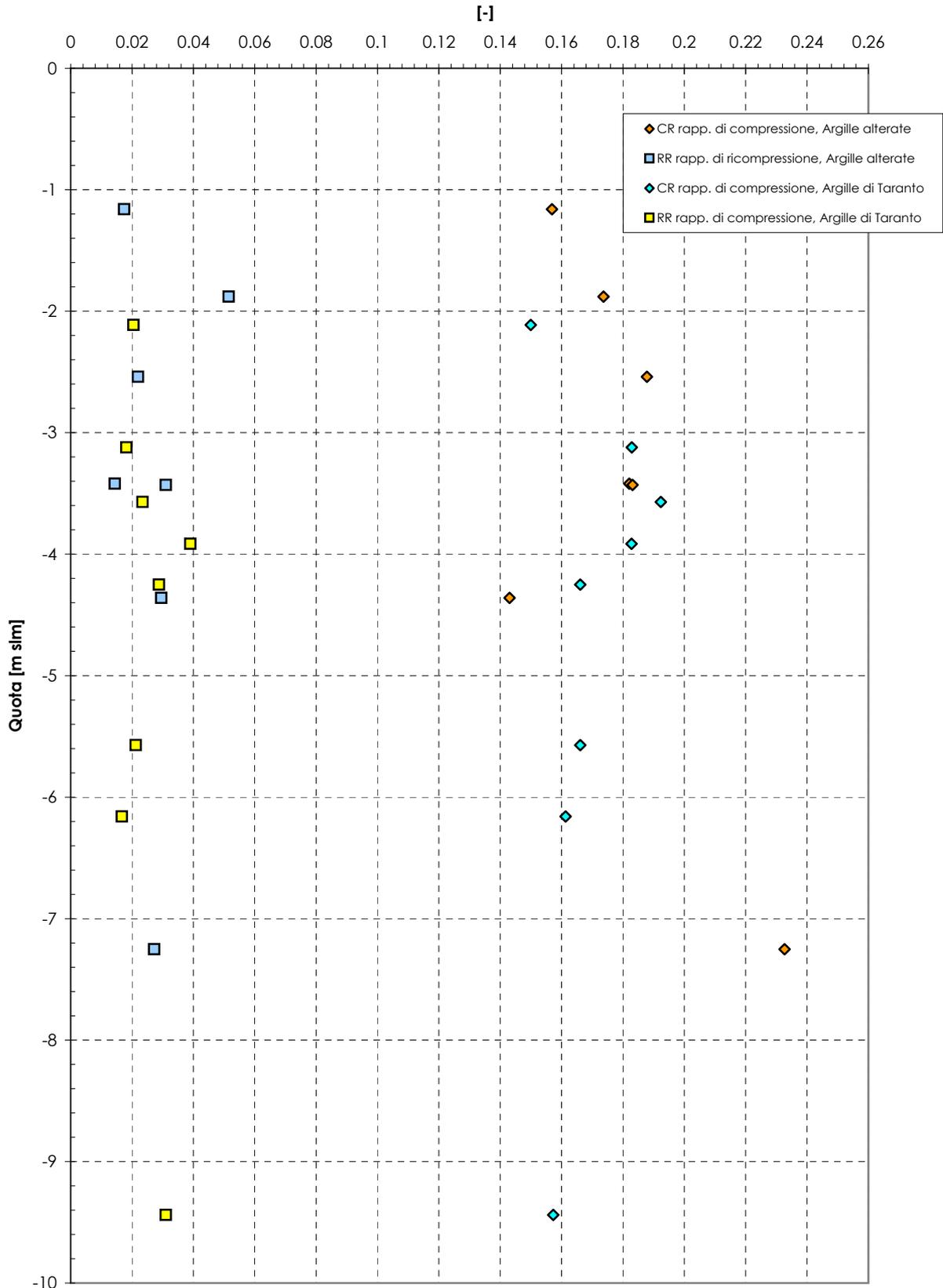


Figura 21

Resistenza al taglio non drenata, C_u
Piattaforma Logistica

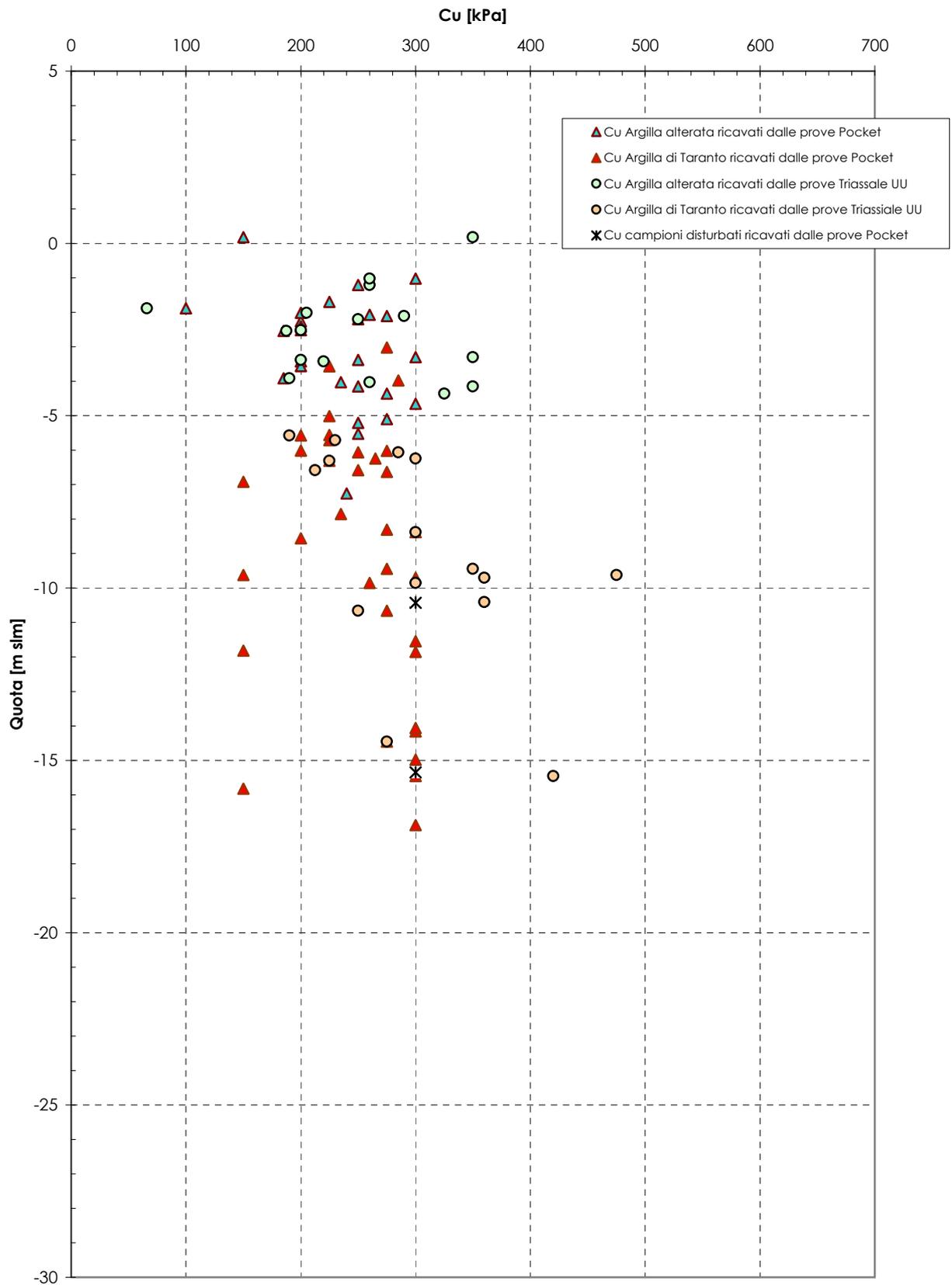


Figura 22

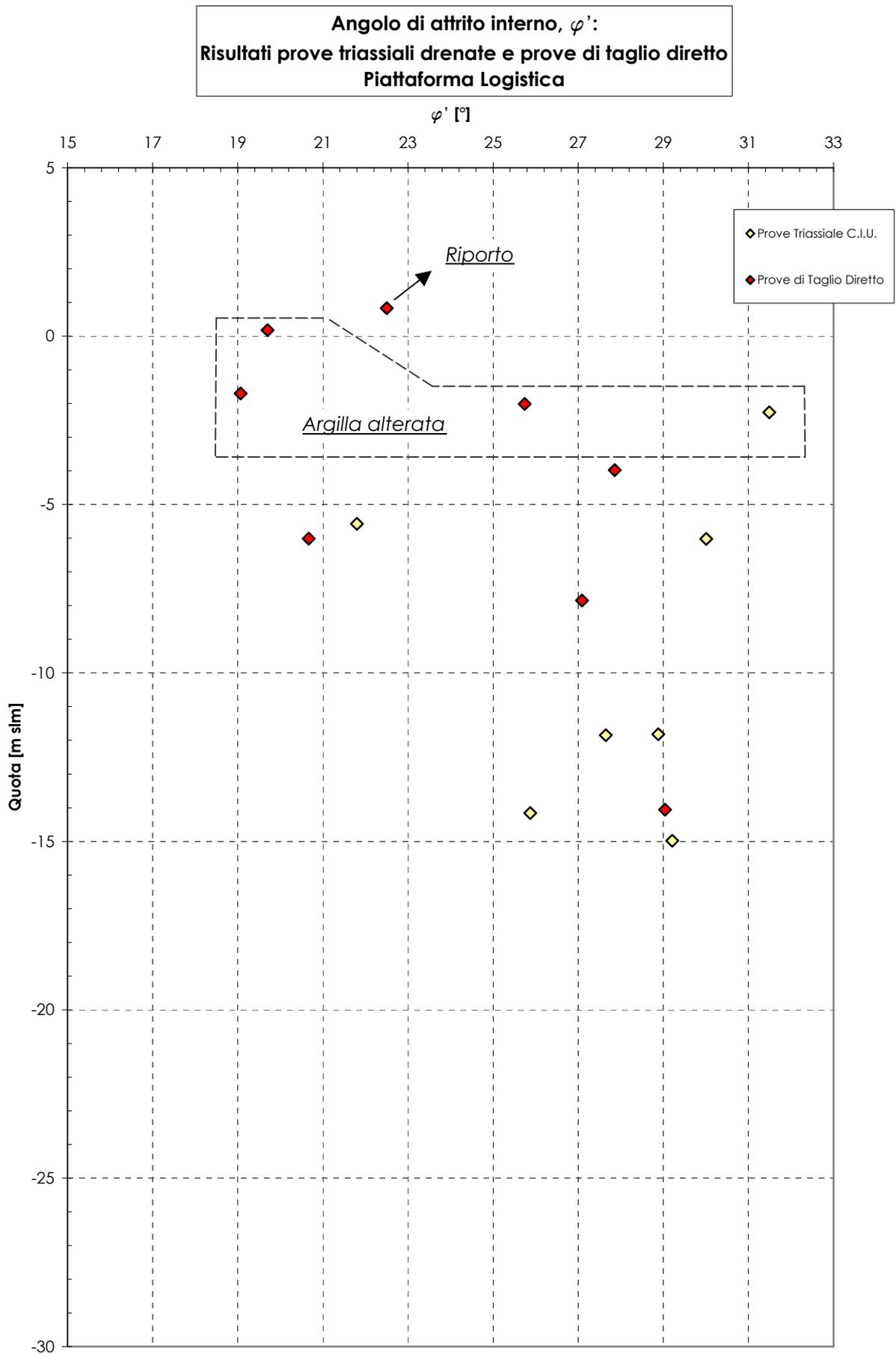


Figura 23

Coesione efficace, c' :
Risultati prove triassiali drenate e prove di taglio diretto
Piattaforma Logistica

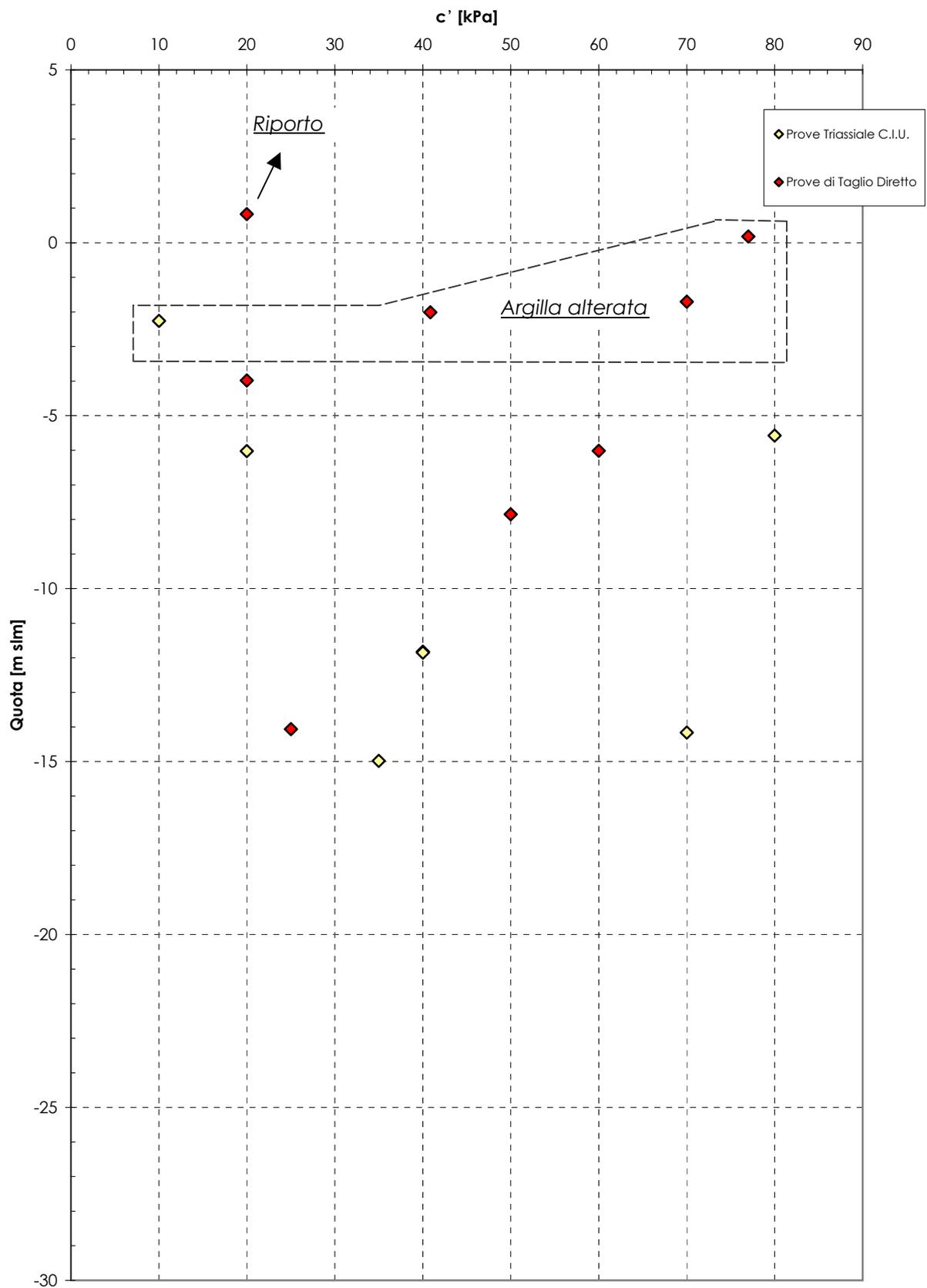


Figura 24

