

PROJECT
Progetto **CENTRALE DI LA CASELLA**
Castel San Giovanni (PC)

Security Index
Indice Sicurezza

**Riservato
Aziendale**

TITLE
Titolo **CENTRALE DI LA CASELLA**
RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

CLIENT
Cliente **ENEL PRODUZIONE S.p.A**



JOB no. Document no.

CLIENT SUBMITTAL Inoltro al Cliente	<input type="checkbox"/> FOR APPROVAL Per Approvazione	<input type="checkbox"/> FOR INFORMATION ONLY Per Informazione	<input type="checkbox"/> NOT REQUESTED Non Richiesto
--	---	--	---



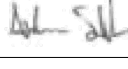
SYSTEM Sistema 00B	DOCUMENT TYPE Tipo Documento TK	DISCIPLINE Disciplina C	FILE File PBITC00062 00
------------------------------	---	-----------------------------------	-----------------------------------

REV	DESCRIPTION OF REVISIONS / Descrizione delle revisioni
00	PRIMA EMISSIONE



COMMESSA JOB	DATA Date	IDENTIFICATIVO DOCUMENT CODE	REDATTO PREPARED	CONTROLLATO CHECKED	APPROVATO APPROVED
226	12/07/21	R.226-34.00	C. Riva	G. Sedani	A. Garassino

via Elia Lombardini, 10 - 20143 Milano
phone: +39 02-38.24.82.30 - e-mail: geo.consulet@consulet.it

00	12.07.21	SP											
			CONSULET									N. Pisani	A. Santoriello
REV	Date Data	Scope Scopo	Prepared by Preparato	Co-operations Collaborazioni							Approved by Approvato	Issued by Emesso	

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document <i>Documento n.</i> PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet of <i>Pagina</i> 2 <i>di</i> 55

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO	5
2.1	DOCUMENTI.....	5
2.2	NORMATIVE.....	6
3.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFICA DEI TERRENI.....	7
3.1	INDAGINI A DISPOSIZIONE	7
3.2	LITOLOGIE PRESENTI.....	10
3.3	LIVELLO PIEZOMETRICO.....	11
3.4	INTERPRETAZIONE DEI DATI RICAVALI DALLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	11
3.4.1	Interpretazione delle prove SPT	11
3.4.2	INTERPRETAZIONE DELLE PROVE CPTU	20
3.4.3	Interpretazione delle prove di laboratorio	35
3.4.4	Confronto dei risultati ottenuti dalle diverse prove.....	38
3.5	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO	44
4.	CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DA PROVE GEOFISICHE.....	45
4.1	VELOCITA' DELLE ONDE S	45
4.2	CATEGORIA DI SOTTOSUOLOE CONDIZIONE TOPOGRAFICA.....	48
4.3	ACCELERAZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	48
4.4	SUSCETTIBILITA' A LIQUEFAZIONE.....	49
5.	RILEVATI FONDAZIONALI	50
6.	CONCLUSIONI	52
	BIBLIOGRAFIA	54

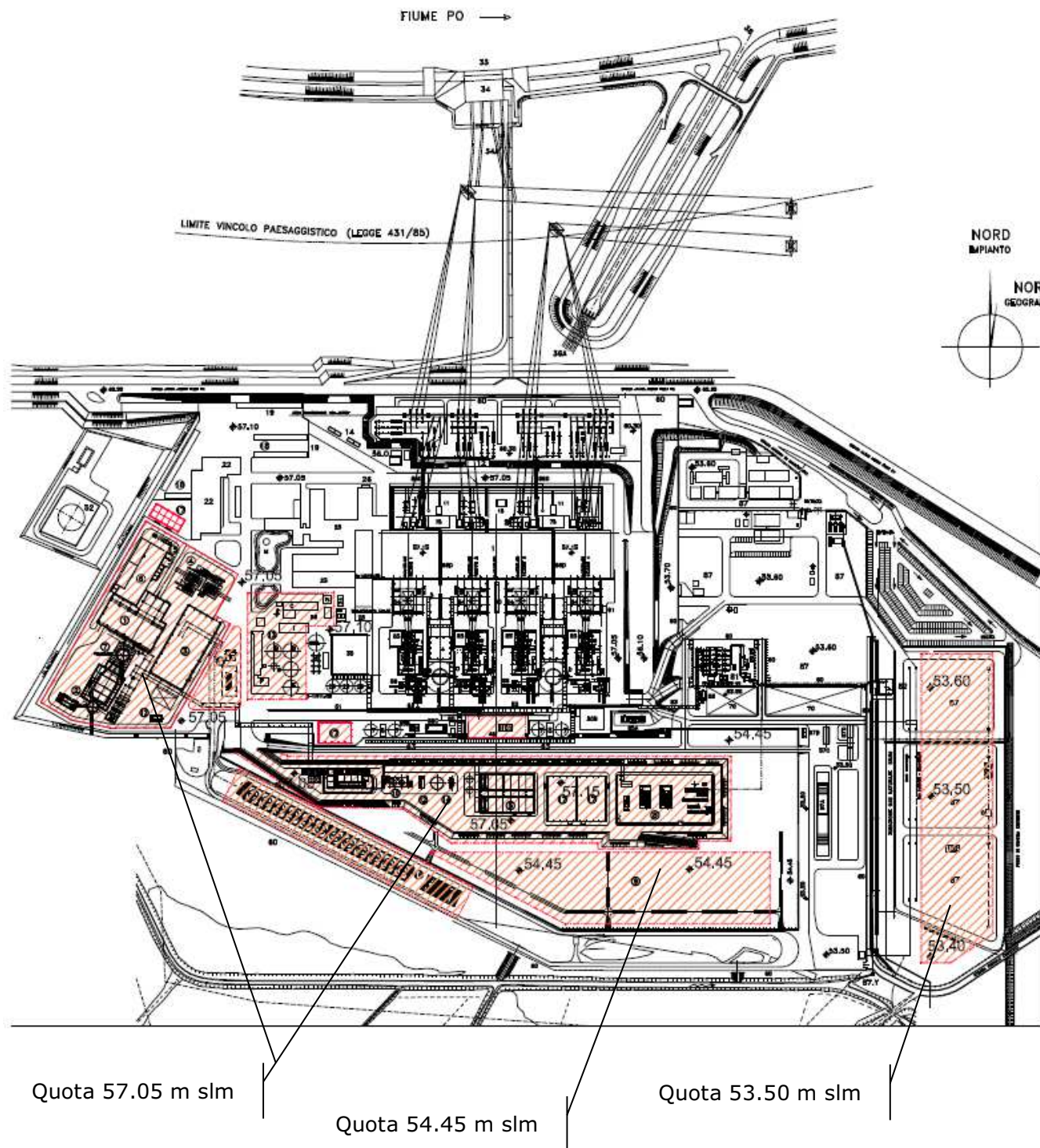



Figura 1.1 – Posizione della centrale e delle nuove installazioni rispetto al Po

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document <i>Documento n.</i> PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet of <i>Pagina</i> 7 di 55

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFICA DEI TERRENI

Il modello geotecnico e stratigrafico rappresentativo dei terreni di fondazione è qui ricostruito a partire dai dati ricavati dalle recenti indagini geognostiche condotte nel 2020; verranno altresì considerati i risultati anche di indagini pregresse eseguite in vicinanza e ritenuti di particolare interesse.

3.1 INDAGINI A DISPOSIZIONE

La figura sottostante, stralciata dal Rif. [6], mostra l'ubicazione planimetrica indicativa delle indagini geognostiche condotte nel 2020. Esse sono anche indicate con maggior grado di dettaglio nella planimetria di Rif. [9].

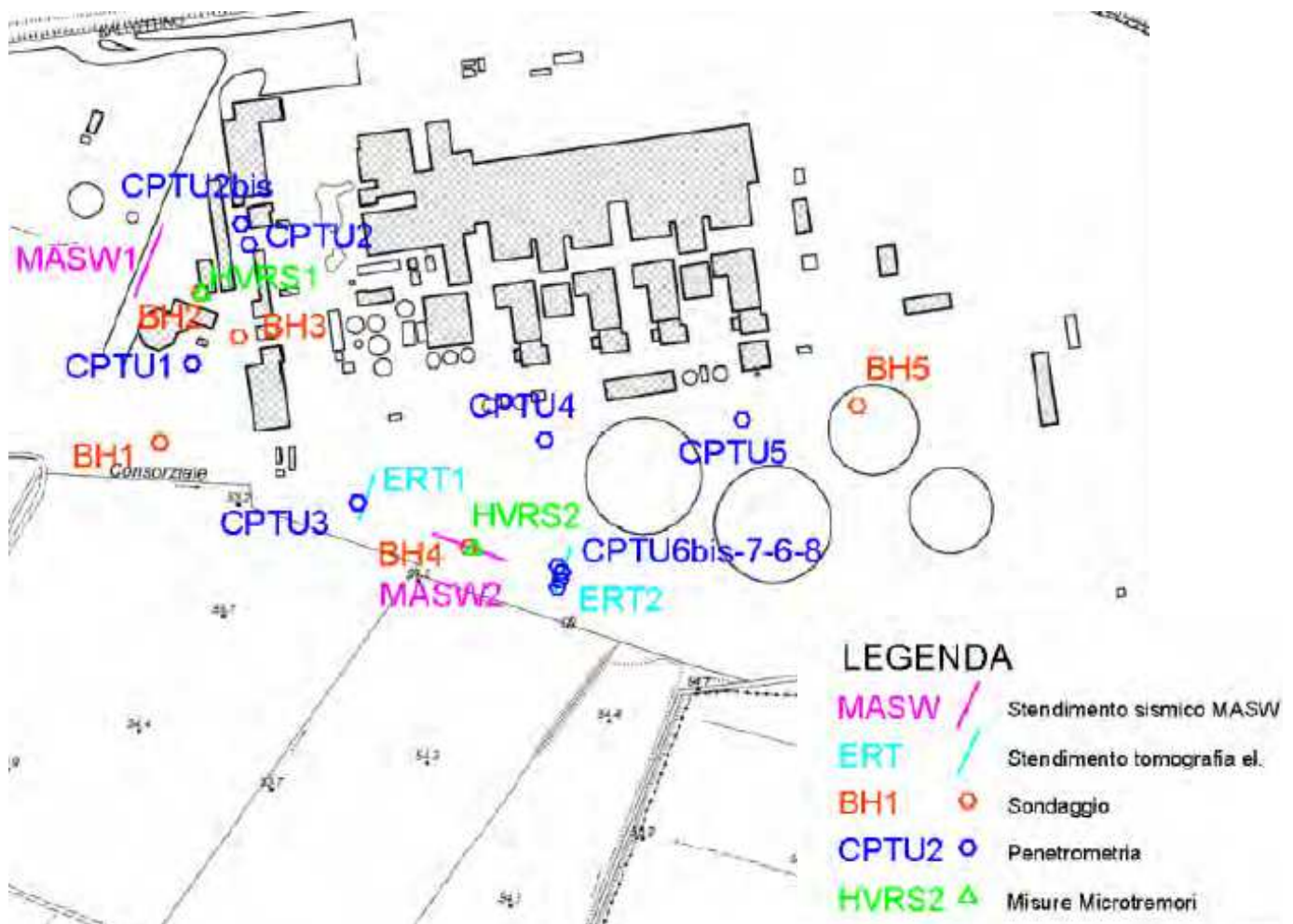


Figura 3.1 – Ubicazione delle indagini geognostiche eseguite nel 2020

Questo documento è proprietà di Enel E&C. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.
This document is property of Enel E&C. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document <i>Documento n.</i> PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet 8 of <i>Pagina</i> <i>di</i> 55

Si tratta delle seguenti prove ed attività:

- n°5 sondaggi a carotaggio continuo, con esecuzione di prove penetrometriche dinamiche SPT all'interno del foro di sondaggio; la profondità raggiunta è di 40 metri da p.c. nel BH2 e di 30 metri per tutti gli altri;
- prove di laboratorio condotte su campioni rimaneggiati e indisturbati prelevati dai carotaggi;
- n°8 prove penetrometriche statiche CPTu, + 2 ripetizioni vicine alle CPTu 2 e 6, spinte fino alla profondità massima di 21 metri da p.c.
- n°2 stendimenti MASW;
- n°2 prove HVSR;
- n°2 tomografie elettriche (ERT).

I risultati delle prove sopramenzionate sono contenuti nel documento di Rif. [6], che riassume tutti i dati raccolti in campagna, e nel documento di Rif. [7] per quanto riguarda invece le prove di laboratorio.

Inoltre, poiché i terreni limitrofi a quelli di intervento sono stati oggetto nel corso degli anni (dai primi anni 80 al 2003) di svariate campagne geognostiche, come documentato nei Rif. [1, 2, 3 e 4], in aggiunta a quanto sin qui elencato, data la vicinanza all'area di intervento, si è tenuto conto anche dei risultati di alcune indagini pregresse.

Nello specifico:

- si è ritenuto di particolare interesse il sondaggio geognostico SPZ16 con prove SPT, eseguito nei primi anni 90 → i dati dalle SPT verranno rielaborati ed interpretati nelle pagine a seguire;
- altre verticali di prova (sondaggi e CPTu) sono state utilizzate per redigere le sezioni stratigrafiche di Rif. [10, 11 e 12];
- sono stati utilizzati i dati storici desunti dal monitoraggio di n°3 celle piezometriche di tipo Casagrande documentati nel Rif. [2] per integrare le più recenti misurazioni della falda.

Riassumendo, con rimando alla planimetria di Rif. [9] che ne mostra indicativamente l'ubicazione, le indagini eseguite in passato attualmente disponibili per consultazione e qui utilizzate per la caratterizzazione dei terreni sono di seguito elencate.

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document <i>Documento n.</i> PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet 9 of <i>Pagina</i> <i>di</i> 55


INDAGINI e MISURAZIONI ISMES 1990-91-92 (Rif.[1, 2, e 3])

- N°6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (SPZ 11–16), spinti sino alla profondità massima di 40 m dal piano campagna, con esecuzione di prove SPT e prelievo di campioni indisturbati/rimaneggiati.
- N°3 sondaggi a distruzione di nucleo (SPT 11–13) spinti sino alla profondità di 30 m dal piano campagna, con esecuzione di prove SPT.
- N°19 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPT 11–29) spinte fino alla profondità massima di circa 25 m da piano campagna.
- N°5 prove con piezocono (CPTU 11–15) spinte fino alla profondità di 15 m dal piano campagna.
- N°3 prove penetrometriche con piezocono a punta sismica in configurazione down-hole (CS 11–13) fino a profondità massima di 30 m dal piano campagna.
- N°3 prove dilatometriche (DMT 11–13) spinte fino a profondità comprese tra 13.5 e 18 m dal piano campagna;
- N°3 stendimenti SAWS per la misura delle velocità di propagazione delle onde S (11–13). Non si è considerata la SAWS 12 perché i dati restituiti sono stati insufficienti a fornire un'interpretazione attendibile.
- N°3 celle piezometriche di tipo Casagrande di cui n°2 installate nel foro SPZ11 e una nel sondaggio SPZ14.
- Prove di laboratorio sui campioni prelevati nei sondaggi SPZ11–16 (peso di volume naturale, contenuto d'acqua, limiti di Atterberg, granulometria, prove triassiali e di consolidazione edometrica). Occorre precisare che non si dispone dei certificati di queste prove, ma solo di alcune loro elaborazioni.

INDAGINI CESI 2003 (Rif.[4])

Trattasi di indagine ambientale con esecuzione di N°10 sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità di 6 m da p.c., con prelievo di campioni per analisi chimiche. Dei 10 sondaggi, N°8 (S1–S8), seppur poco profondi, sono risultati utili per caratterizzare l'area di intervento. La loro ubicazione è riportata quindi nel Rif.[9].


I sondaggi S4, S7 ed S8 sono inoltri attrezzati a piezometro.

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document <i>Documento n.</i> PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet <i>Pagina</i> 10 of <i>di</i> 55

3.2 LITOLOGIE PRESENTI

Con rimando soprattutto ai documenti di Rif. [1], Rif. [6] e Rif. [7], sulla base delle indagini geognostiche considerate, si individuano nell'area di interesse le seguenti litologie:

- STRATO 1:** Materiale di copertura, eterogeneo, prevalentemente granulare, da mediamente addensato ad addensato. Il suo spessore è variabile, estendendosi dal piano campagna attuale sino a quote comprese tra 53.0 e 51.5 m s.l.m. (piano campagna originario, antecedente la prima sopraelevazione necessaria alla mitigazione del rischio idraulico). Laddove (zona di intervento ad OVEST) il piazzale di centrale si trova già alla quota di 57 m s.l.m., lo spessore del riporto è di circa 4÷5 m. Per la porzione a SUD dell'impianto, invece, le quote di p.c. attualmente sono più basse e pari indicativamente a 54.5 m s.l.m., con spessori di riporto mediamente di 1.5÷2.0 m e localmente di poco meno di 3 m.
- STRATO 2:** Limo argilloso, localmente debolmente sabbioso. E' rinvenuto da sotto lo strato di copertura fino a quote comprese tra 51 e 50 m s.l.m.; solo in corrispondenza delle CPTu n°6 e n°8 si approfondisce sino a 49÷46 m s.l.m. Lo strato 2 è stato individuato in tutte le verticali di indagine considerate, ad eccezione del sondaggio BH2 (e nelle CPTu n°4 e n°5 perché l'esecuzione del preforo non ne ha permesso una valida caratterizzazione).
- STRATO 3:** Sabbia eterogenea, da debolmente limosa a limosa, localmente ghiaiosa. Lo strato ha uno spessore di circa 5÷6 m e si riscontra fino a quote comprese tra 46÷44 m s.l.m.
- STRATO 4:** Materiale prevalentemente sabbioso, che si presenta in livelli più grossolani (**4a**) o più fini (**4b**). Il sottolivello **4a** è costituito da sabbia eterogenea con ghiaia, da debolmente limosa a limosa. Il sottolivello 4b, invece, consiste in sabbia eterogenea limosa. Lo strato ha complessivamente uno spessore di almeno 20 m ed è rinvenuto da 46÷44 m s.l.m. sino a fondo foro dei diversi sondaggi (a meno del più profondo BH2). Difficile delineare in modo preciso la successione dei sottolivelli 4a e 4b, tuttavia si evidenzia che nell'area in esame il sottolivello 4a è risultato prevalere nettamente tra 45 e 38 m s.l.m.

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document <i>Documento n.</i> PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet <i>Pagina</i> 11 of 55 <i>di</i>

STRATO 5*: Intercalazione coesiva, costituita da argille limose e limi sabbioso-argillosi, poco consistenti.

Si tratta di un livello localizzato non riscontrato con continuità nell'area di centrale (*per questo è qui nominato con **). E' presente in prossimità dei terreni in studio essendo stato intercettato sia nei recenti sondaggi BH1 e BH4 che nel pregresso SPZ16, a quote comprese tra 32 e 29 m s.l.m.

STRATO 6: Sabbia fine, sciolta.

Riscontrato nel BH2 da 19 m s.l.m. sino alla massima profondità indagata (17 m s.l.m.).

La variabilità orizzontale e verticale delle strati sin qui descritti all'interno dell'area indagata è mostrata nelle sezioni stratigrafiche dei Rif.[10], [11] e [12].

3.3 LIVELLO PIEZOMETRICO

Durante la campagna geognostica condotta nel 2020 è stata riscontrata presenza di acqua di falda, a quote variabili tra 49.7 e 51 m s.l.m.

Tali livelli di falda sono confermati anche dalle misure storiche che hanno fornito informazioni abbastanza concordanti registrando una piezometria che oscilla tra un minimo di 48.6 m s.l.m. ed un massimo di 51.2 m s.l.m.


Considerato il possibile innalzamento in periodi di piena del Po, si può ragionevolmente ipotizzare, ai fini progettuali, un livello di falda coincidente con quello del piano campagna circostante la centrale: 53 m s.l.m. circa.

3.4 INTERPRETAZIONE DEI DATI RICAVATI DALLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nelle pagine a seguire si procederà ad una caratterizzazione dei parametri geotecnici attribuibili ai terreni, basata sulle informazioni acquisite tramite le indagini geognostiche elencate nel paragrafo 3.1.

3.4.1 Interpretazione delle prove SPT

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici, al loro interno, sono state eseguite, a differenti profondità e con intervallo approssimativamente regolare, prove di resistenza alla penetrazione di tipo Standard (prove penetrometriche dinamiche tipo SPT).

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document <i>Documento n.</i> PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet <i>Pagina</i> 12 of <i>di</i> 55

I risultati di queste prove sono stati elaborati mediante una serie di correlazioni empiriche, riportate nel prosieguo, per la caratterizzazione geotecnica dei depositi incontrati e precedentemente descritti al paragrafo 3.2.

La figura 3.4.1.1 riporta i valori N_{SPT} ottenuti dalle prove effettuate nei fori dei sondaggi del 2020 e del sondaggio SPZ16; i valori sono diagrammati in funzione della profondità, con riferimento alle quote rispetto al livello medio del mare.

I terreni investigati hanno comportamento prevalentemente granulare, pertanto i valori delle N_{SPT} precedentemente illustrati sono stati elaborati mediante una serie di correlazioni empiriche finalizzate alla stima di densità relativa, angolo di attrito e modulo elastico. Inoltre, per i soli strati 2 e 5*, di natura limoso-argillosa, sono stati determinati la Coesione non drenata ed il modulo edometrico. Tutte le correlazioni utilizzate sono di seguito esplicitate.

DENSITÀ RELATIVA

La densità relativa (D_r) è stata ricavata con la seguente correlazione, proposta da *Bazaraa* nel 1969:

$$D_R (\%) = \left[0.2236 * \sqrt{\frac{N_{SPT}}{a + (b * \sigma')}} \right] * 100$$

dove:

N_{SPT} = numero colpi / 30 cm;

σ' = pressione verticale efficace esistente in sito (kg/cm^2);

a, b = parametri dipendenti dalla pressione verticale efficace.

a = 1 ; b = 0.2 quando $\sigma' \leq 1.5 (\text{kg/cm}^2)$;

a = 3.25 ; b = 0.05 quando $\sigma' > 1.5 (\text{kg/cm}^2)$.

ANGOLO DI ATTRITO INTERNO

I valori dell'angolo di attrito (Φ) sono stati stimati partendo dalle correlazioni di *Shioi & Fukuni (1982)*:

$$\phi (\text{°}) = 0.3 * N_{SPT} + 27 \quad \text{se } 0.3 * N_{SPT} + 27 \leq 46$$

$$\phi = 46^\circ \quad \text{se } 0.3 * N_{SPT} + 27 > 46$$

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document Documento n. PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet Pagina 13 of di 55

MODULO DI YOUNG

La valutazione del Modulo di Young (E) è stata condotta mediante le seguenti relazioni:

- *Denver* (1982) - per gli strati sabbiosi e sabbioso-limosi

$$E(MPa) = 7 * (N_{SPT})^{0.5}$$

- *D'Appollonia* (1970) – per gli strati sabbioso-ghiaiosi

$$E(MPa) = s_1 \cdot N_{SPT} + s_2$$

dove:

$$s_1 = 0.756$$

$$s_2 = 18.75$$

COESIONE NON DRENATA (per i soli strati 2 e 5*)

La resistenza al taglio non drenata (C_u) è stata ricavata con la seguente correlazione, proposta da *Terzaghi & Peck* nel 1967:

$$C_u(kPa) = (0.067 \cdot N_{SPT}) \cdot p_a$$

dove:

p_a = pressione atmosferica (100 kPa).

MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (per i soli strati 2 e 5)

I valori del modulo di compressione a deformazione laterale impedita sono stati stimati partendo dalla correlazione di *Stroud & Butler* (1975) per terreni di media plasticità:

$$M(MPa) = \frac{450}{1000} \cdot N_{SPT}$$

Le figure dalla 3.4.1.2 alla 3.4.1.6 illustrano l'andamento dei parametri geotecnici stimati mediante le formule precedentemente descritte.

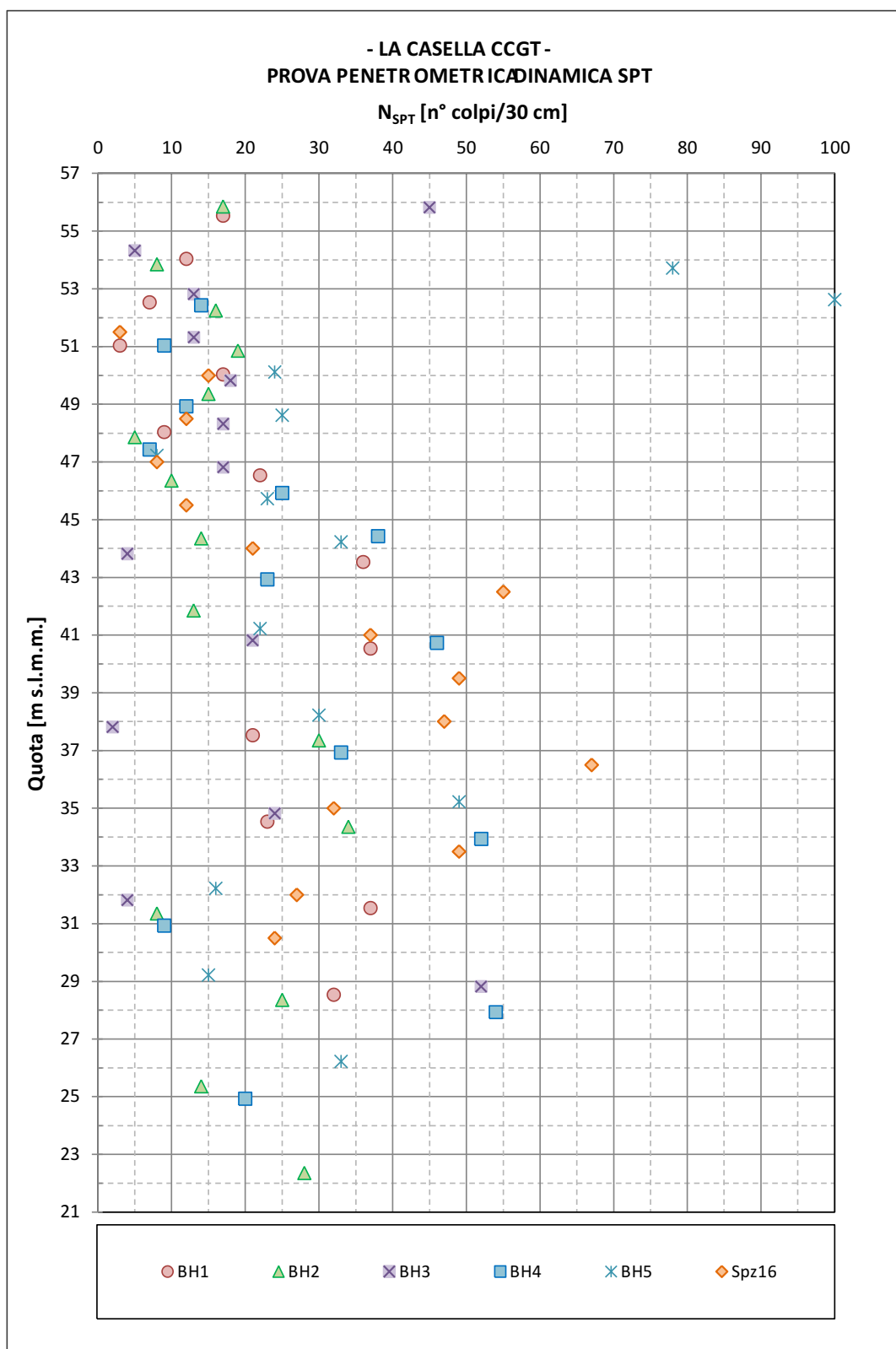


Figura 3.4.1.1 – Valori di N_{SPT} misurati

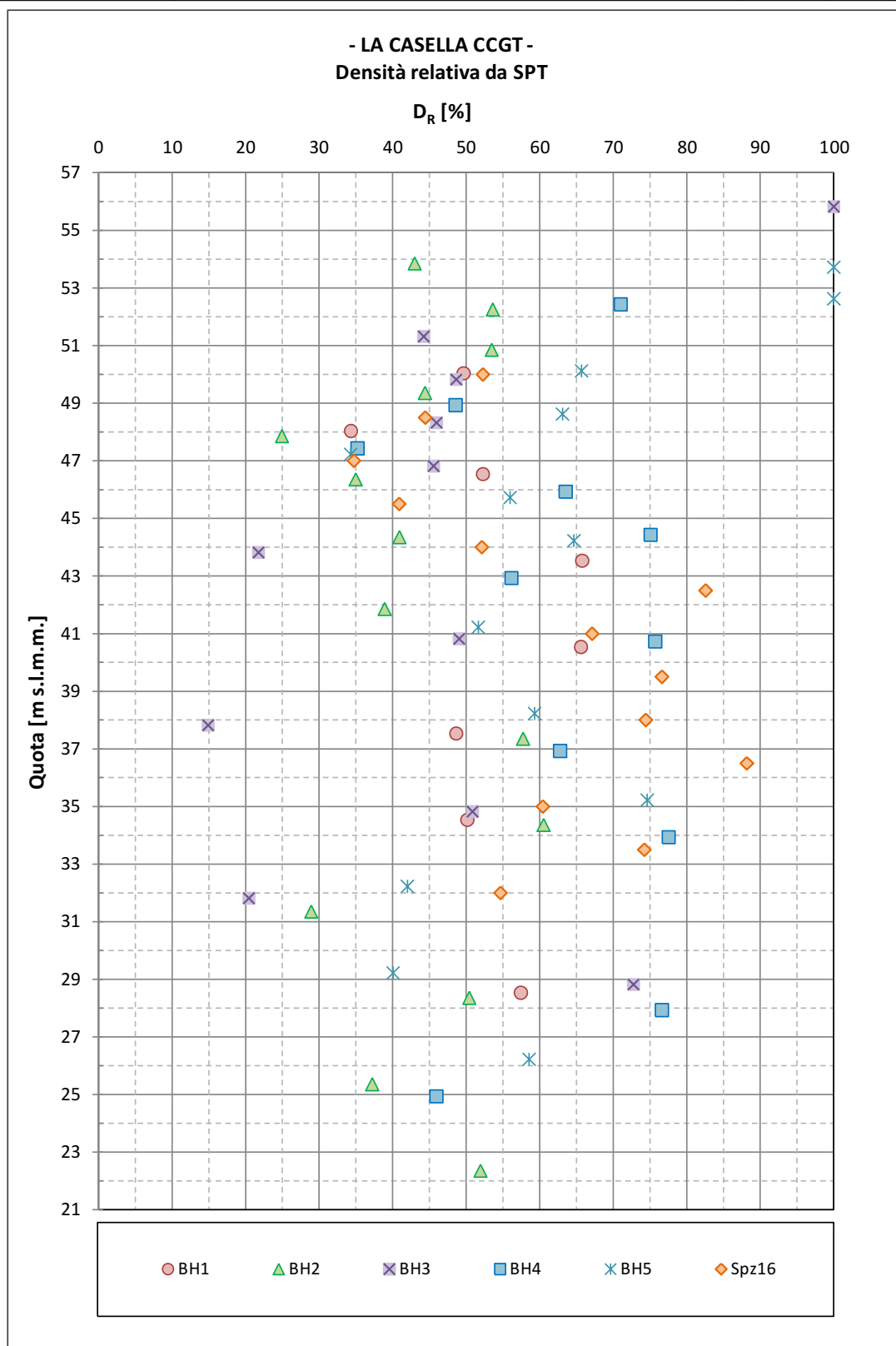


Figura 3.4.1.2 - Densità relativa da N_{SPT}



Figura 3.4.1.3 – Angolo di attrito da N_{SPT}

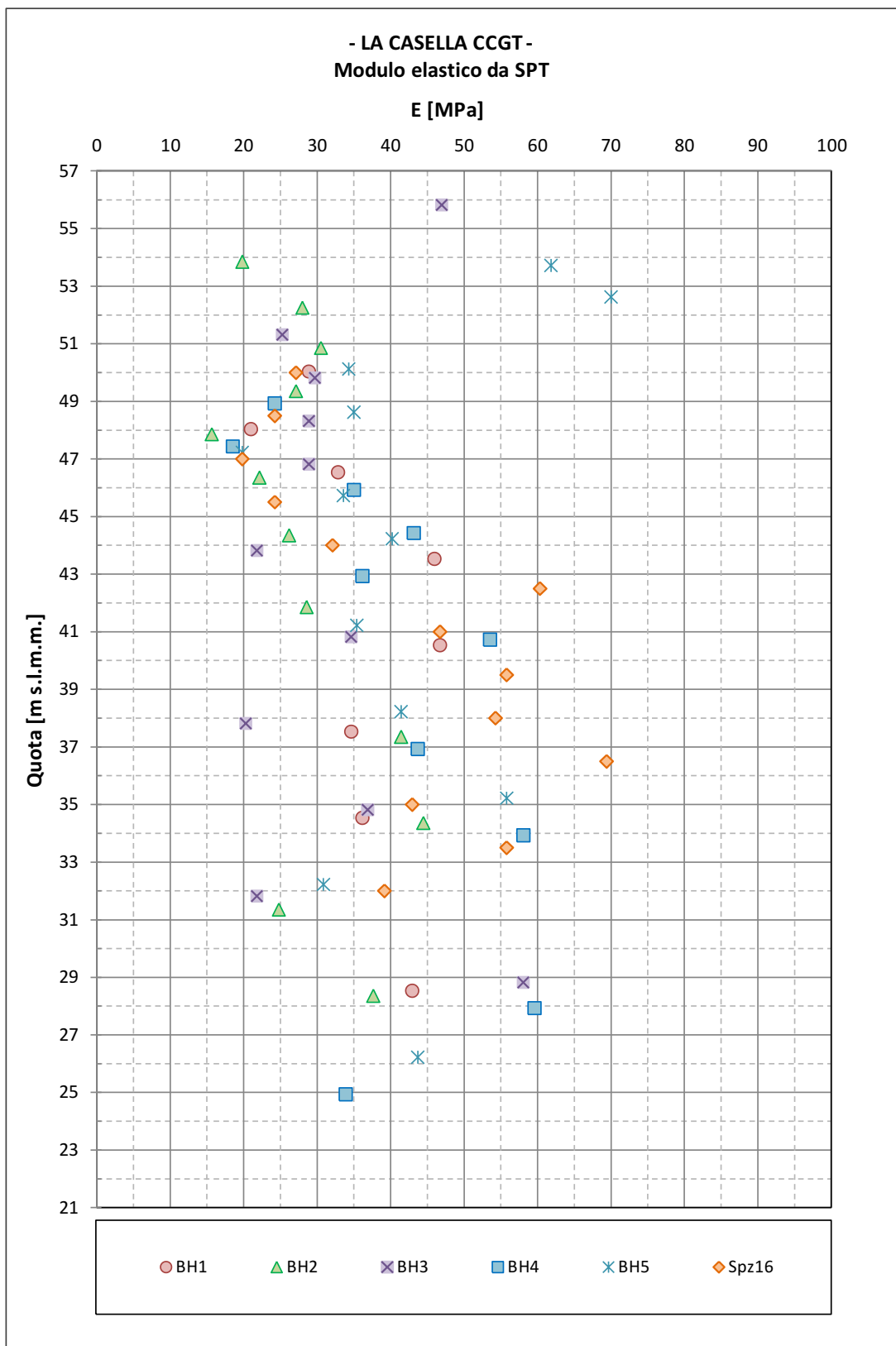


Figura 3.4.1.4 – Modulo di Young da N_{SPT}

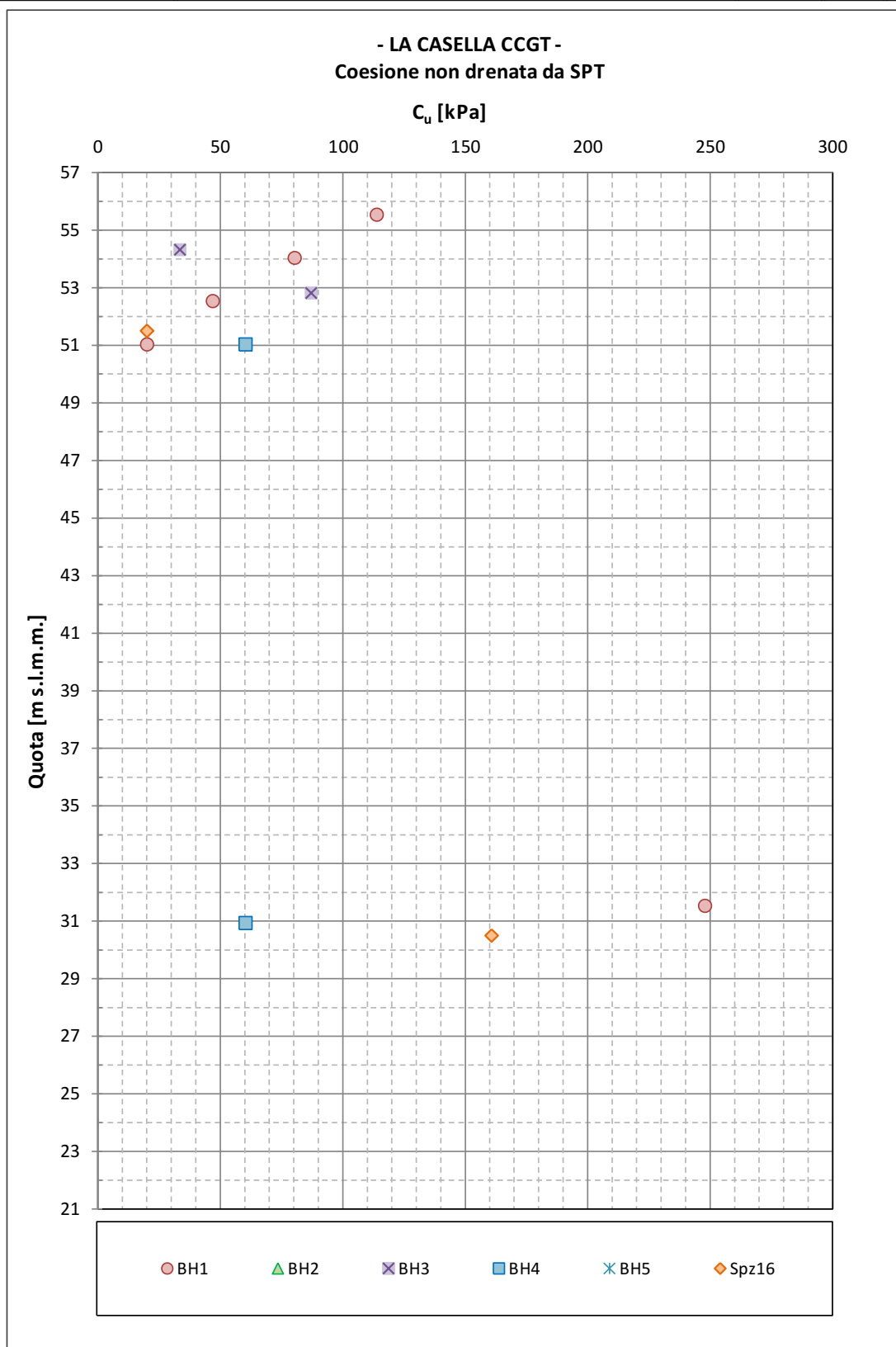


Figura 3.4.1.5 - Coesione non drenata da N_{SPT}

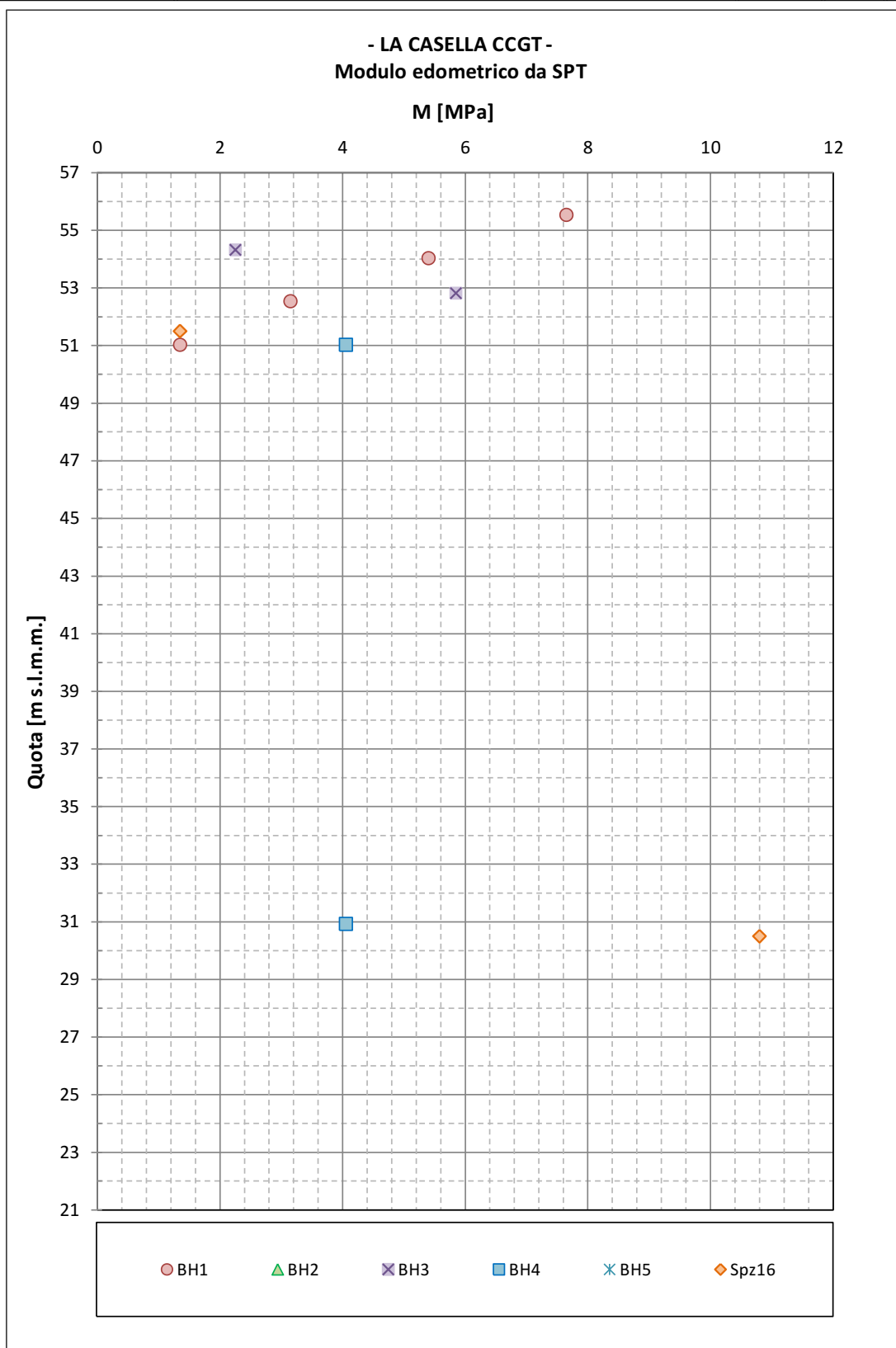


Figura 3.4.1.6 – Modulo Edometrico da N_{SPT}

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document <i>Documento n.</i> PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet of <i>Pagina</i> 21 <i>di</i> 55

$$I_{c,RW} = \sqrt{(3.47 - \text{Log } Q_t)^2 + (\text{Log } F_r + 1.22)^2}$$

Secondo quanto affermato da *Ku, Juang e Ou (2010)*, la classificazione dei terreni in coesivi o granulari può essere effettuata sulla base di un valore limite per il suddetto indice, ovvero:

$$I_{c,RW} < 2.67 \quad \text{terreni granulari}$$

$$I_{c,RW} > 2.67 \quad \text{terreni coesivi}$$

In figura 3.4.2.5 è mostrato l'andamento dei valori di $I_{c,RW}$ calcolati in funzione della profondità per ciascuna CPTU esaminata.

Oltre al già citato limite che divide i materiali a comportamento granulare da quelli coesivi ($I_{c,RW} = 2.67$), nel grafico è stato raffigurato un altro valore di riferimento ($I_{c,RW} = 2.05$) che definisce il comportamento di materiali limoso-sabbiosi.

Dall'osservazione delle figure sin qui menzionate si evince che:

- l'area in esame è costituita da terreni prevalentemente granulari; tale caratteristica viene rilevata, oltre che dai grafici di classificazione del comportamento, anche dalle sovrappressioni generate dall'infissione della punta penetrometrica, misurate nel corso delle prove CPTu, sempre vicine ai valori di pressione neutra, come visibile nella figura 3.4.2.3.
- lo "strato 1", nel seguito caratterizzato come granulare, contiene tuttavia alcune lenti coesive;
- lo "strato 2" è classificabile come argilla limosa/limo argilloso;
- lo "strato 3" risulta prevalentemente costituito da sabbie limose e limi sabbiosi;
- lo "strato 4" conferma l'alternanza di materiale sabbioso ghiaioso e sabbioso limoso; in particolare è netto il prevalere di componente ghiaiosa tra 45 e 38 m s.l.m.;
- lo "strato 5*" non è stato individuato perché presente a profondità maggiori rispetto a quelle investigate mediante CPTU.

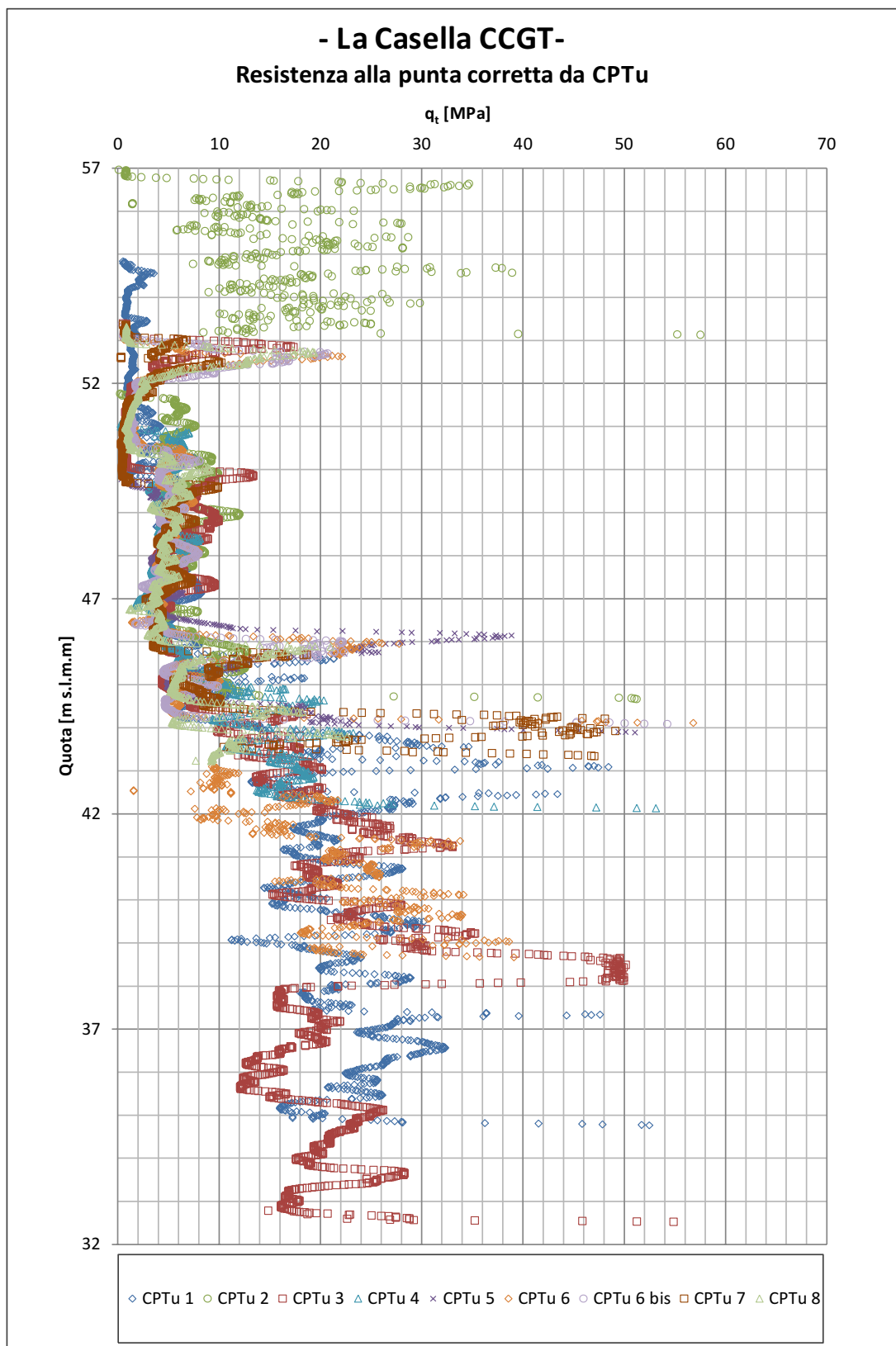


Figura 3.4.1 – Valori di resistenza alla punta corretta, da CPTu

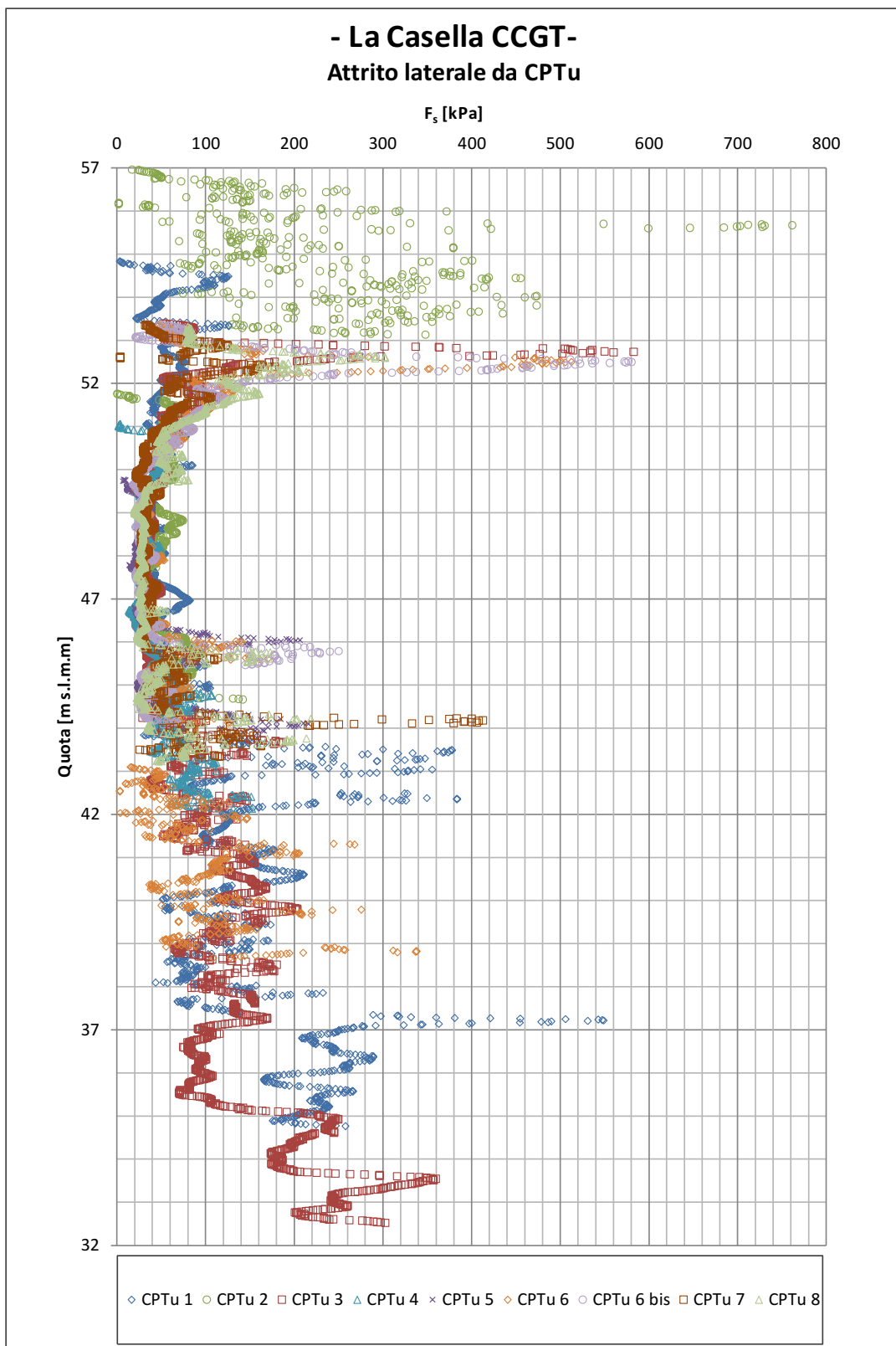


Figura 3.4.2 – Valori di attrito laterale da CPTu

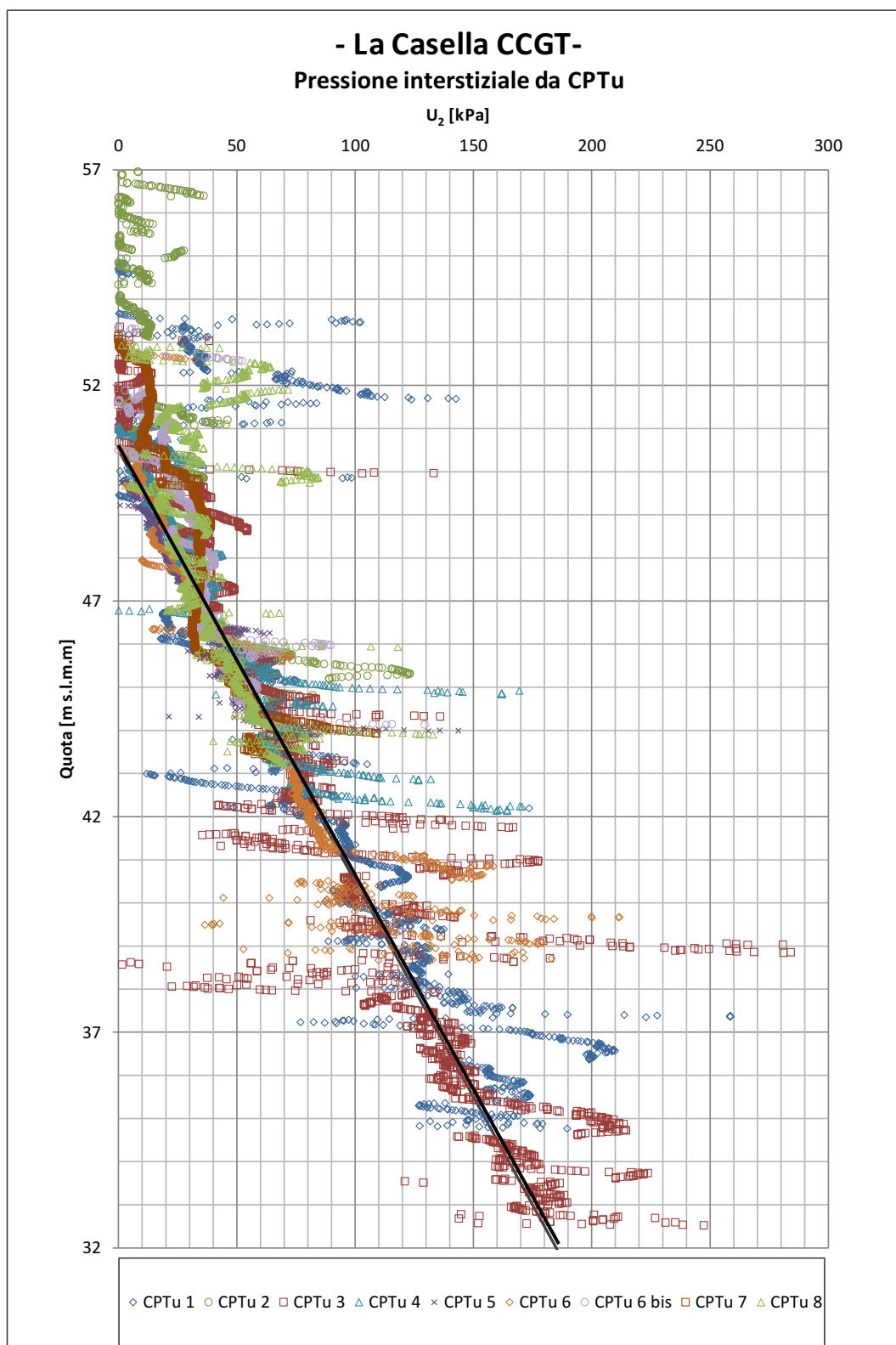


Figura 3.4.3 – Valori di pressione interstiziale da CPTu
(linea nera = pressione neutra)

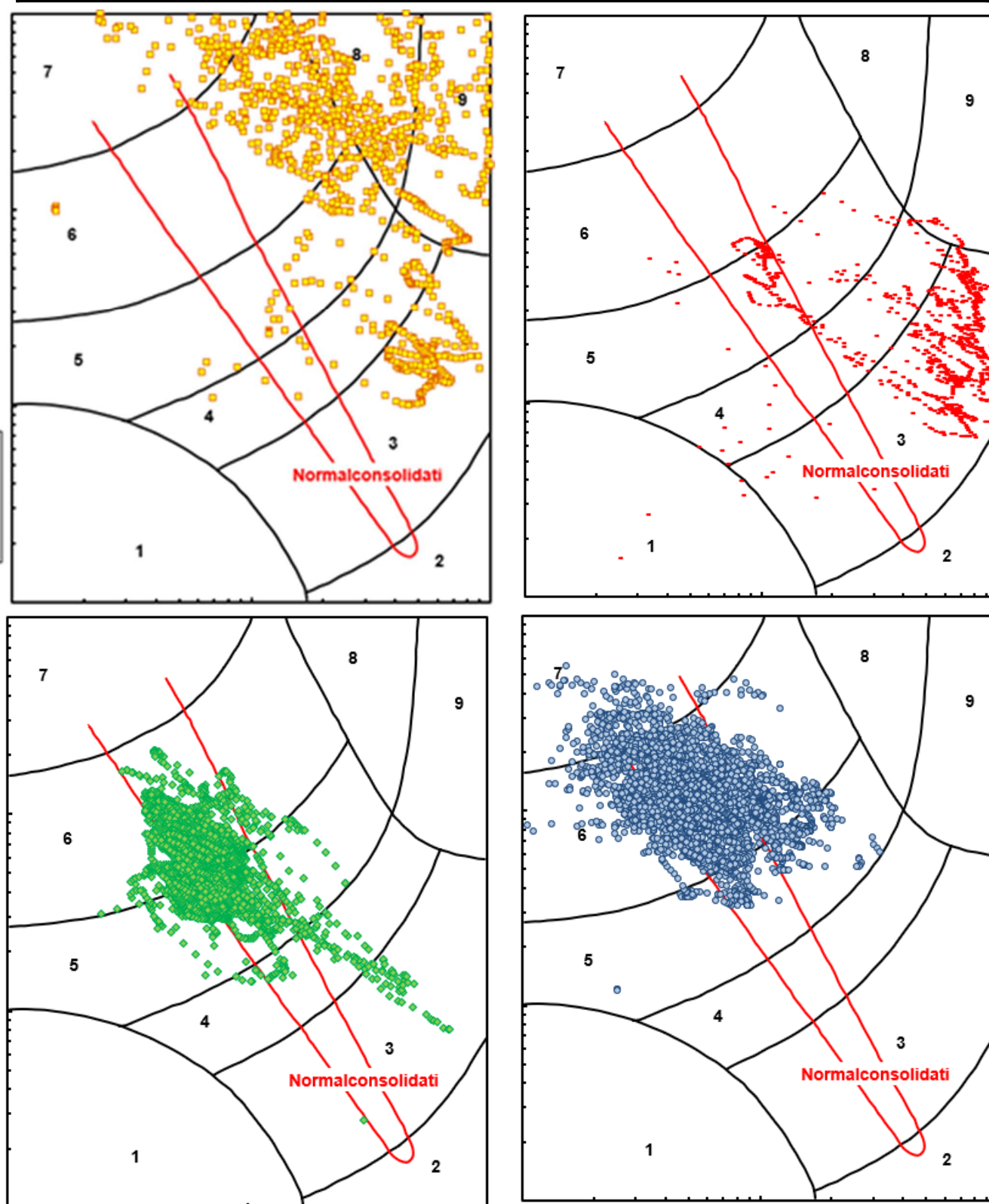


Figura 3.4.2.4_bis – Classificazione dei terreni secondo Robertson 1990 – per strati

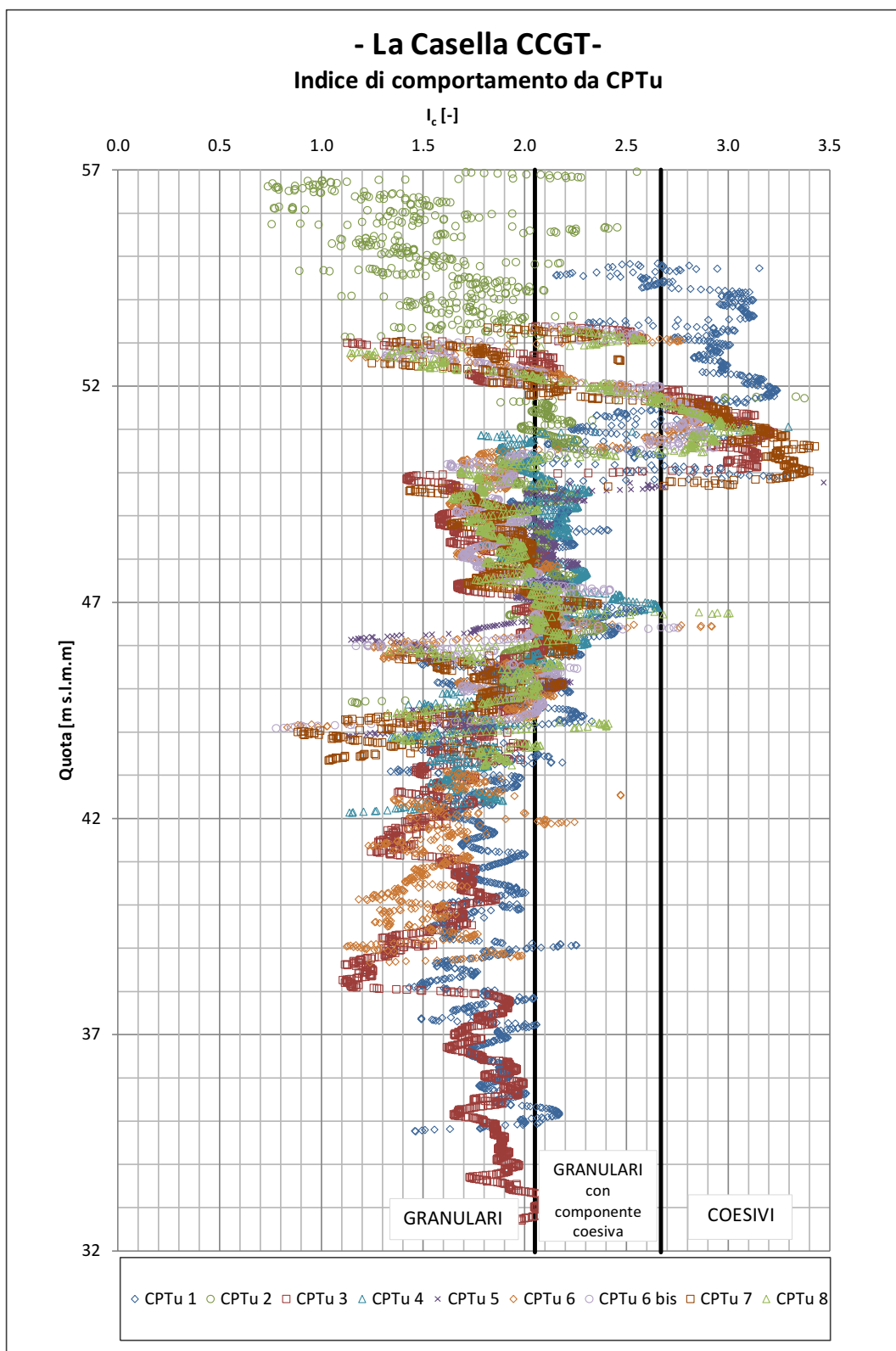


Figura 3.4.5 – Indice di comportamento da CPTu

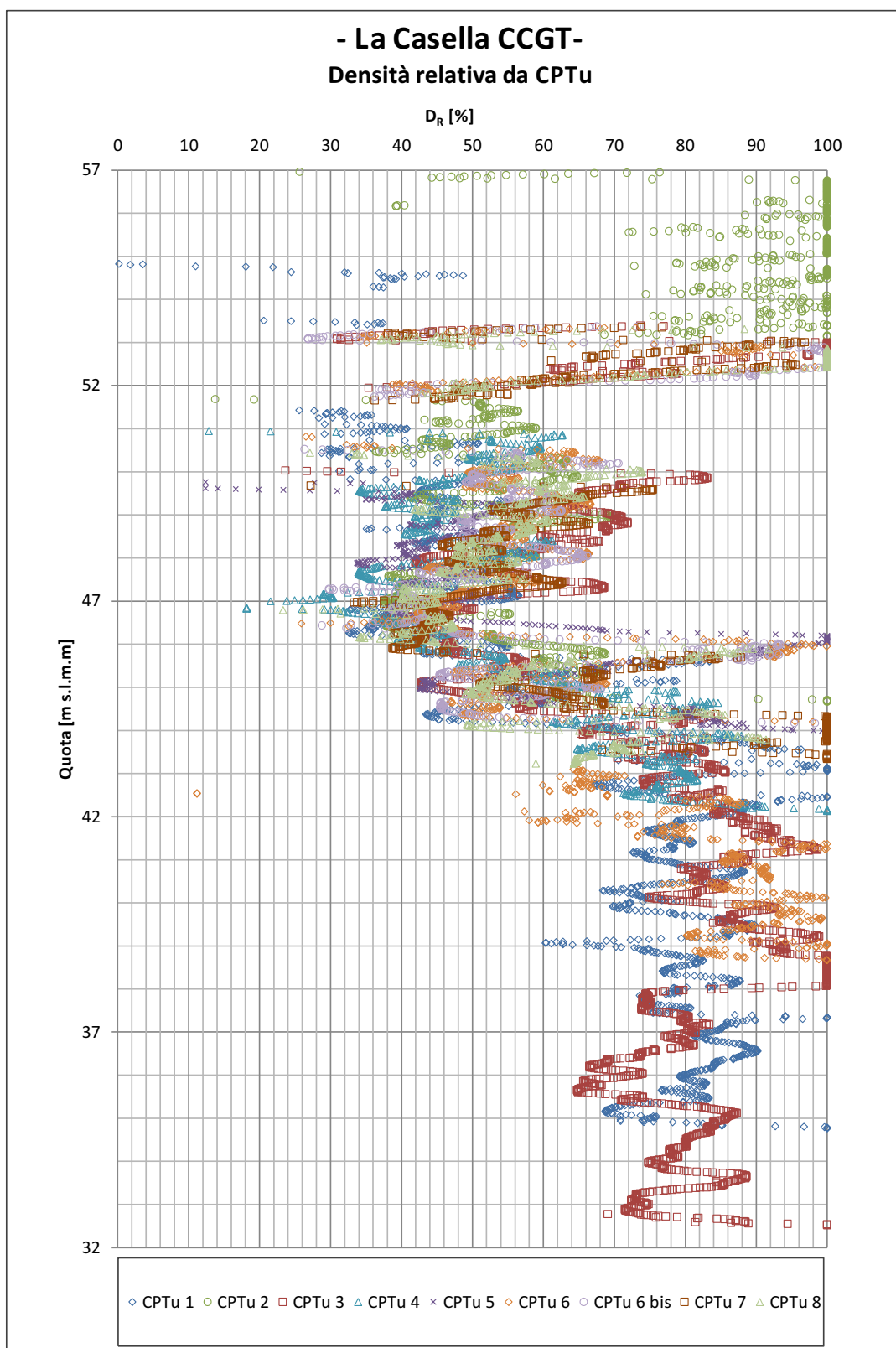


Figura 3.4.6 – Valori di densità relativa da CPTu

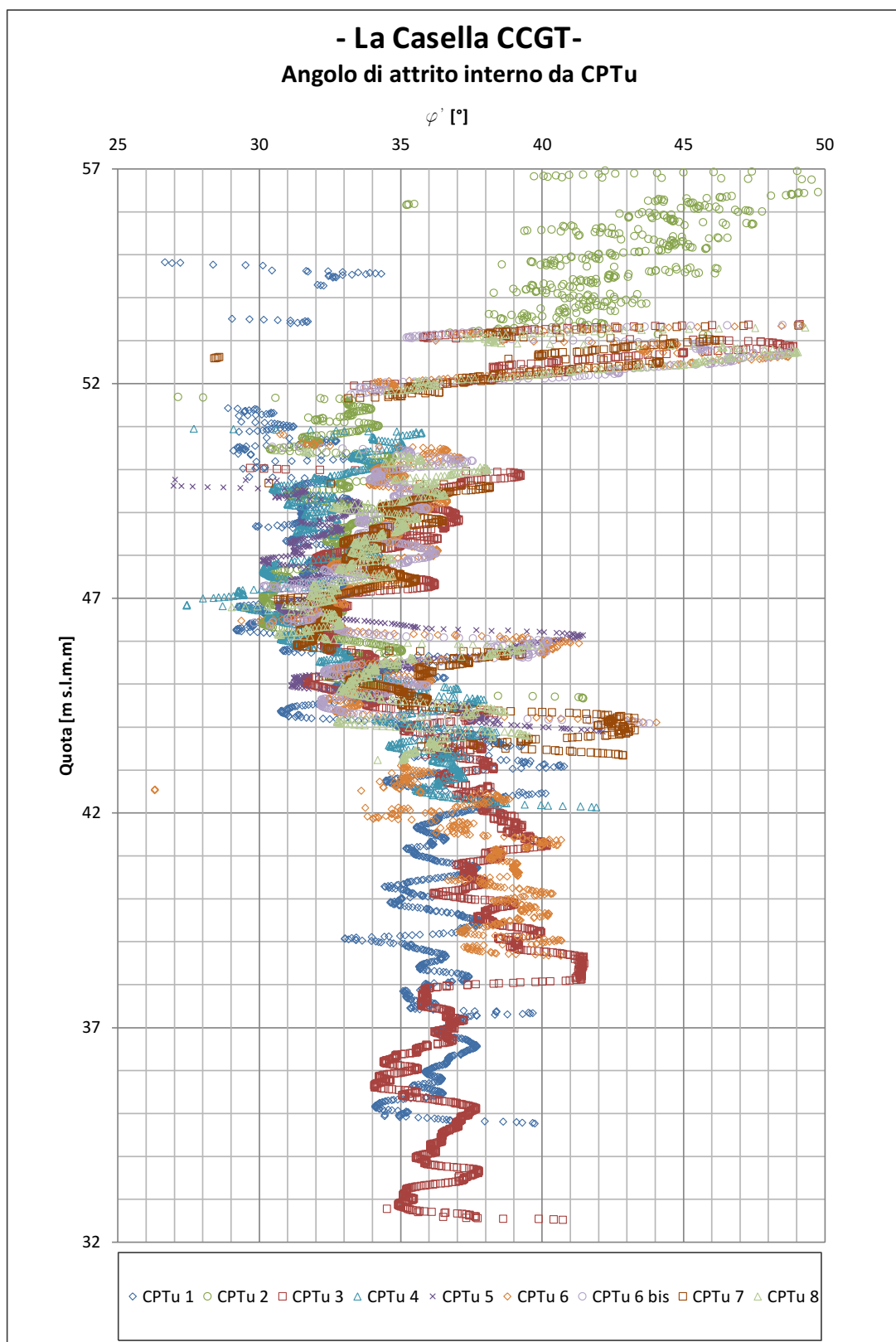


Figura 3.4.7 – Valori di angolo di attrito interno da CPTu

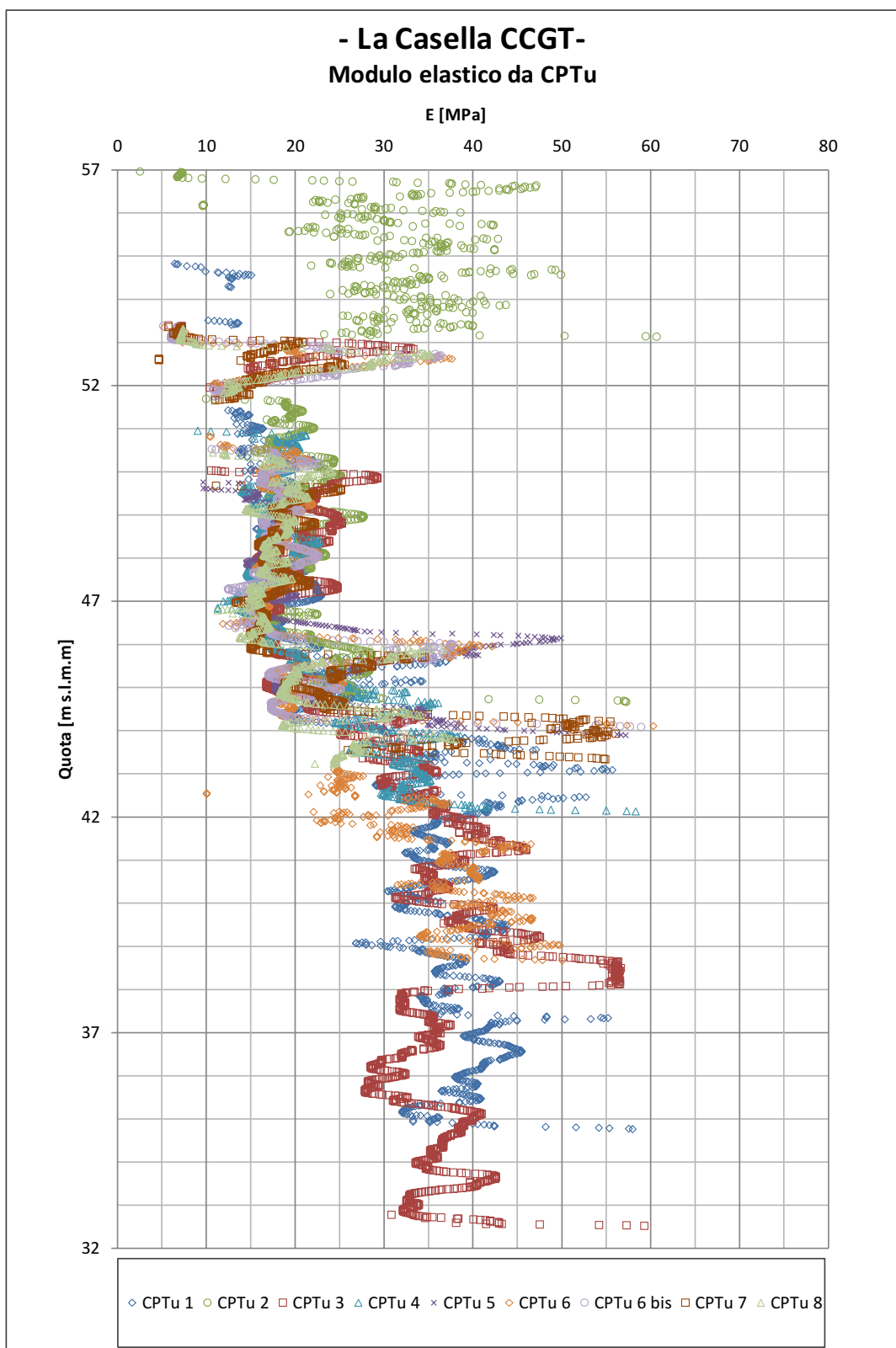


Figura 3.4.8 – Valori di modulo elastico da CPTu

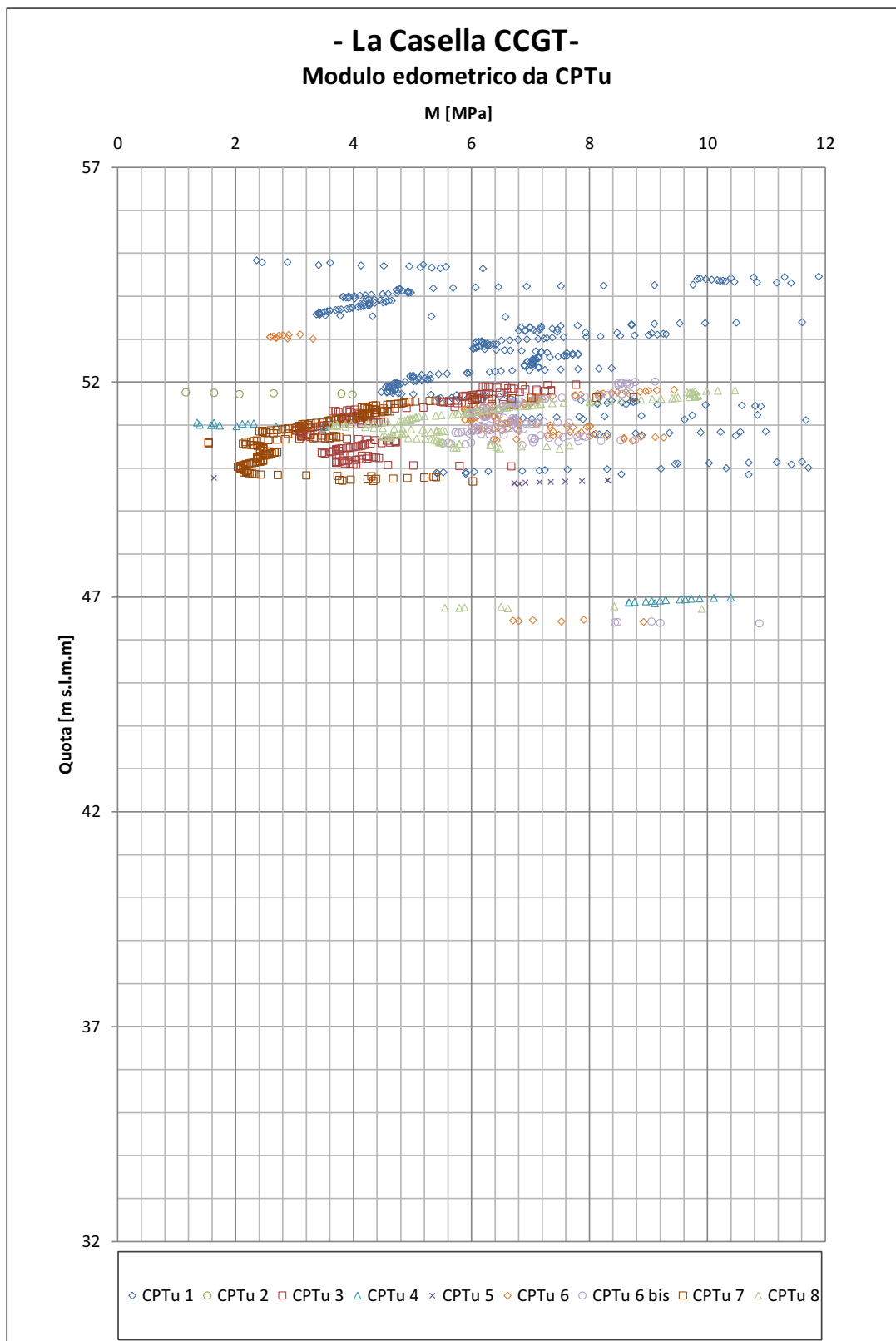


Figura 3.4.9 – Valori di modulo di compressione edometrica da CPTu

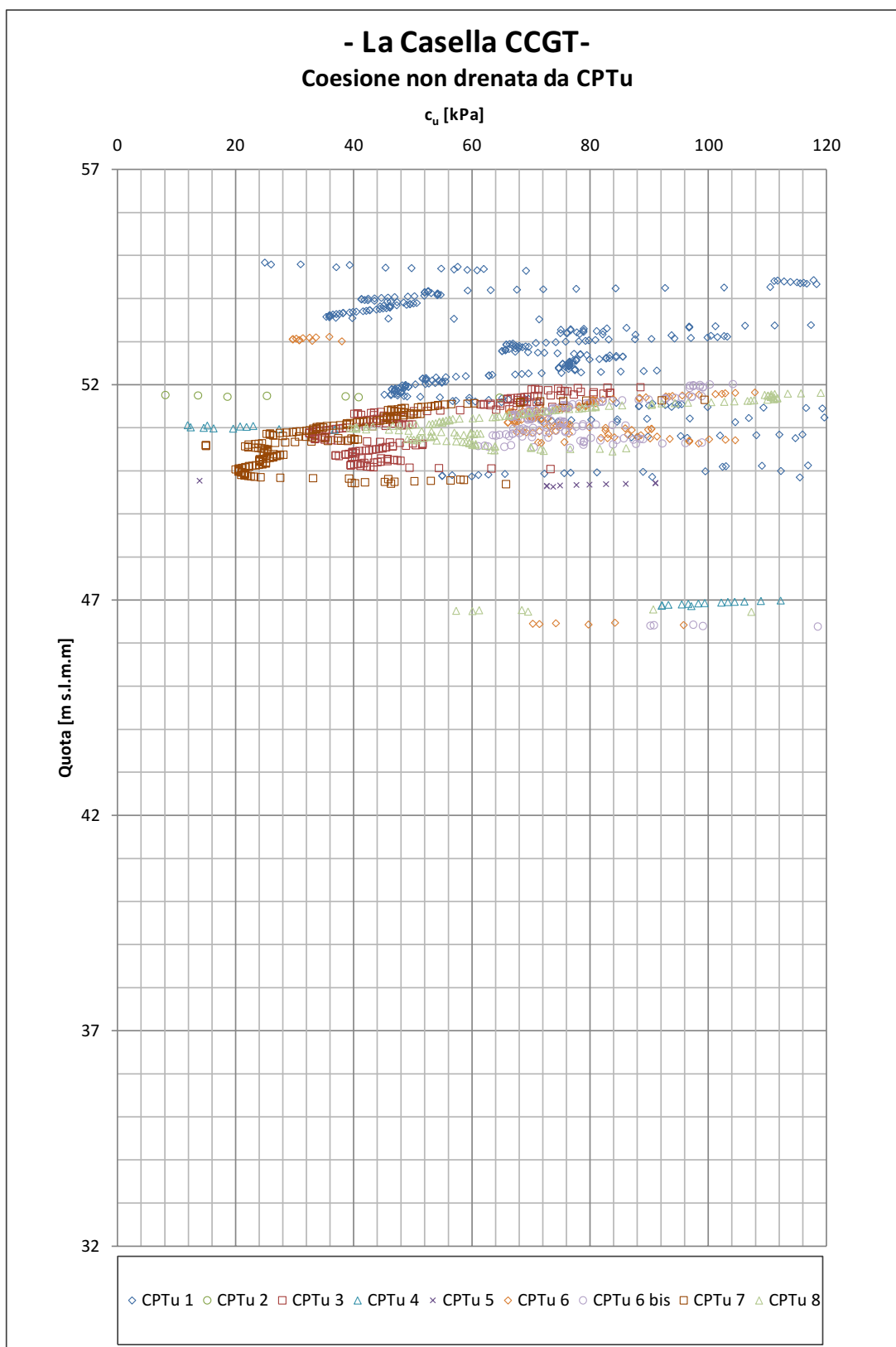



Figura 3.4.10 – Valori di coesione non drenata da CPTu

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document Documento n. PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet Pagina 35 of di 55

3.4.3 Interpretazione delle prove di laboratorio

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici del 2020 sono stati prelevati un totale di n°32 campioni, di cui 11 indisturbati, a differenti profondità. Questi campioni sono stati utilizzati in laboratorio per:

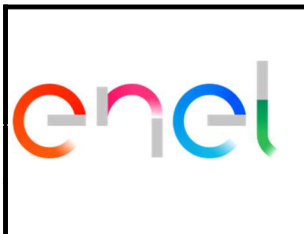
- la descrizione e l'analisi granulometrica;
- la definizione delle caratteristiche fisiche generali, tra cui peso di volume naturale e contenuto d'acqua (solo per i campioni indisturbati);
- la determinazione dei limiti di Atterberg e dell'indice di plasticità;
- l'esecuzione di n°3 prove triassiali UU, di n°5 prova edometriche e n°3 prove di taglio diretto.

Nella figura 3.4.3.1 sono raffigurati gli esiti delle analisi granulometriche mentre nella sottostante tabella si riassumono i risultati ottenuti dalle prove di maggiore interesse.

Sondaggio campione	Profondità (m da p.c.)	Quota (m s.l.m.)	Strato Rif.	Cu (kPa)	M (MPa)	φ (°)	c' (kPa)
BH1 - CI 1	2.1	54.9	1-coe	-	8	-	-
BH1 - CI 2	5.0	52.0	2	-	-	29	18
BH2 - CI 1	1.5	55.35	1-coes	-	2.8	-	-
BH2 - CI 2	5.1	51.75	3	-	-	32	8
BH3 - CIND	2.1	55.2	1	-	-	33	9
BH3 - CI 3	6.0	51.3	2/3	-	6	-	-
BH3 - CI 4	12	45.3	4	8	-	-	-
BH4 - CI 1	1.8	51.6	2	59.2	-	-	-
BH4 - CI 2	3.0	50.4	2	-	3	-	-
BH5 - CI 1	4.0	50.7	3	7	-	-	-
BH5 - CI 2	6.0	48.7	3	-	6	-	-

Tabella 3.4.3.I – Risultati delle prove di laboratorio di maggiore interesse

Nella tabella non sono riportati i valori dei limiti di Atterberg e dell'indice di plasticità poiché i campioni analizzati sono risultati quasi sempre "non plastici"; laddove determinato, l'indice di plasticità è risultato compreso tra 7 e 13 e solo per il campione BH4-CI1 è stato di 28.2.



Analisi granulometriche

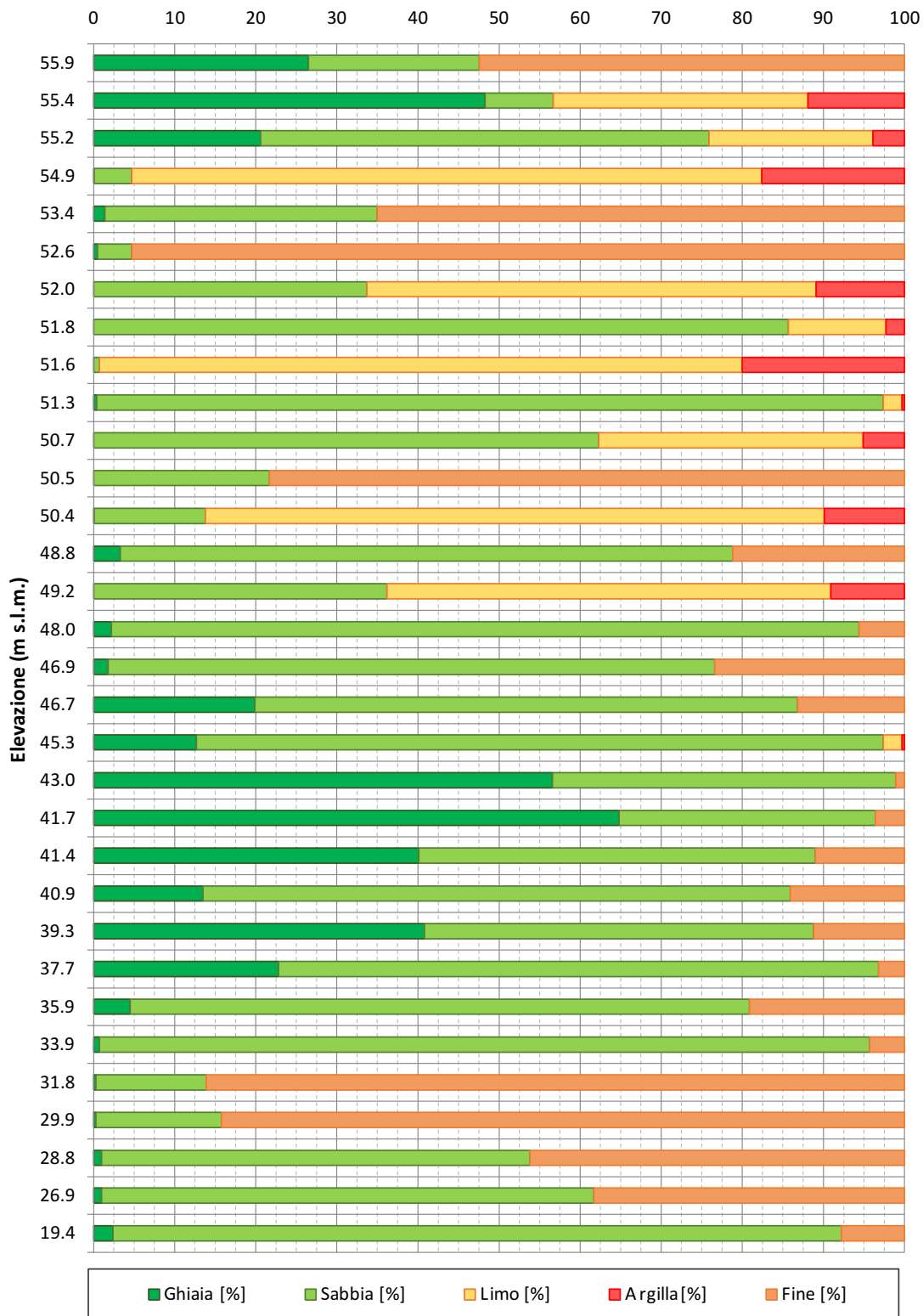



Figura 3.4.3.1 - Analisi granulometriche

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document <i>Documento n.</i> PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet of <i>Pagina</i> 38 of 55 <i>di</i>

3.4.4 Confronto dei risultati ottenuti dalle diverse prove

Le figure che seguono riportano i valori dei parametri geotecnici calcolati e ricavati sia dalle diverse prove in sito sia da quelle di laboratorio; tutti questi dati sono messi a confronto in funzione della quota rispetto al l.m.m..

Come si può vedere dall'andamento dei grafici sovrapposti, i valori delle varie grandezze/parametri, ricavati da differenti prove, attraverso differenti correlazioni portano a risultati abbastanza simili per i livelli 1, 2 e 3, mentre discrepanze un poco più rilevanti si riscontrano sul livello 4.

Per lo strato 5*, riscontrato solo localmente, gli unici dati disponibili sono quelli forniti dalle prove SPT.

Lo strato 6, invece, non è stato caratterizzato per mancanza di dati.

Nella stratigrafia riprodotta nel paragrafo 3.5 si riportano per ciascun parametro unicamente i valori complessivamente ritenuti più idonei a fungere da riferimento di progetto.

**- La Casella CCGT-
Densità relativa**

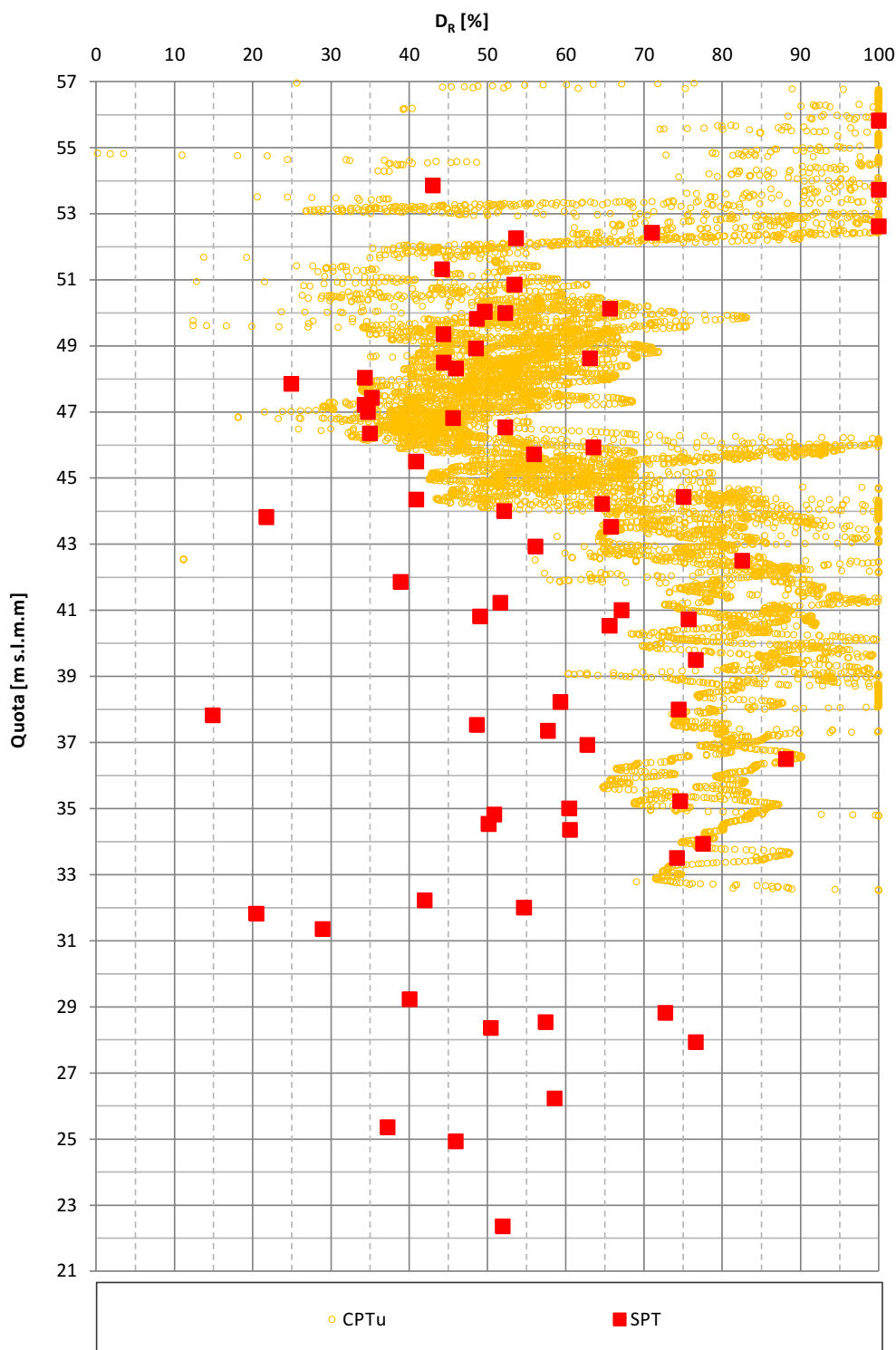


Figura 3.4.4.1 – Densità relativa da SPT e CPTu

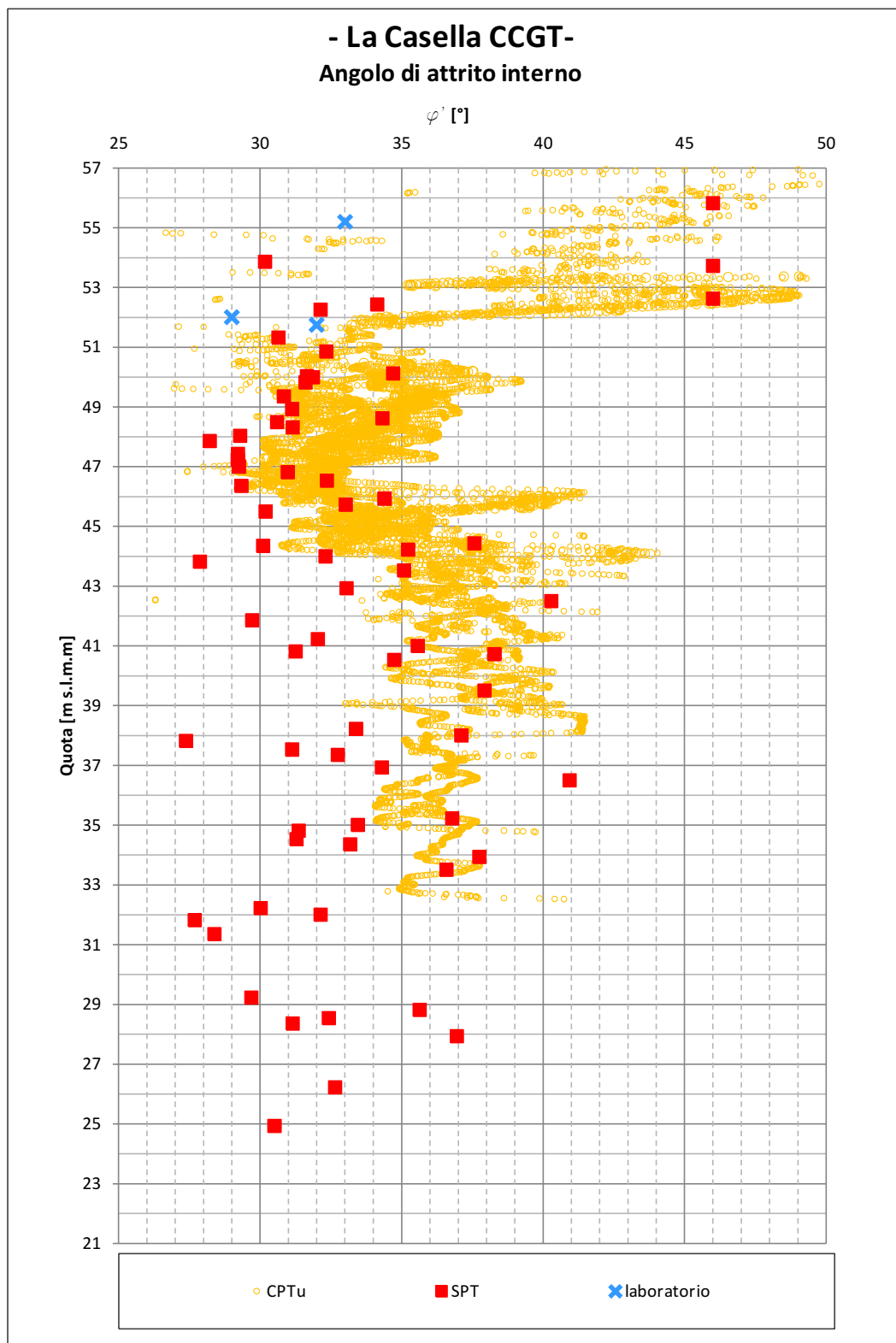


Figura 3.4.4.2 – Angolo d’attrito da SPT, CPTu e laboratorio

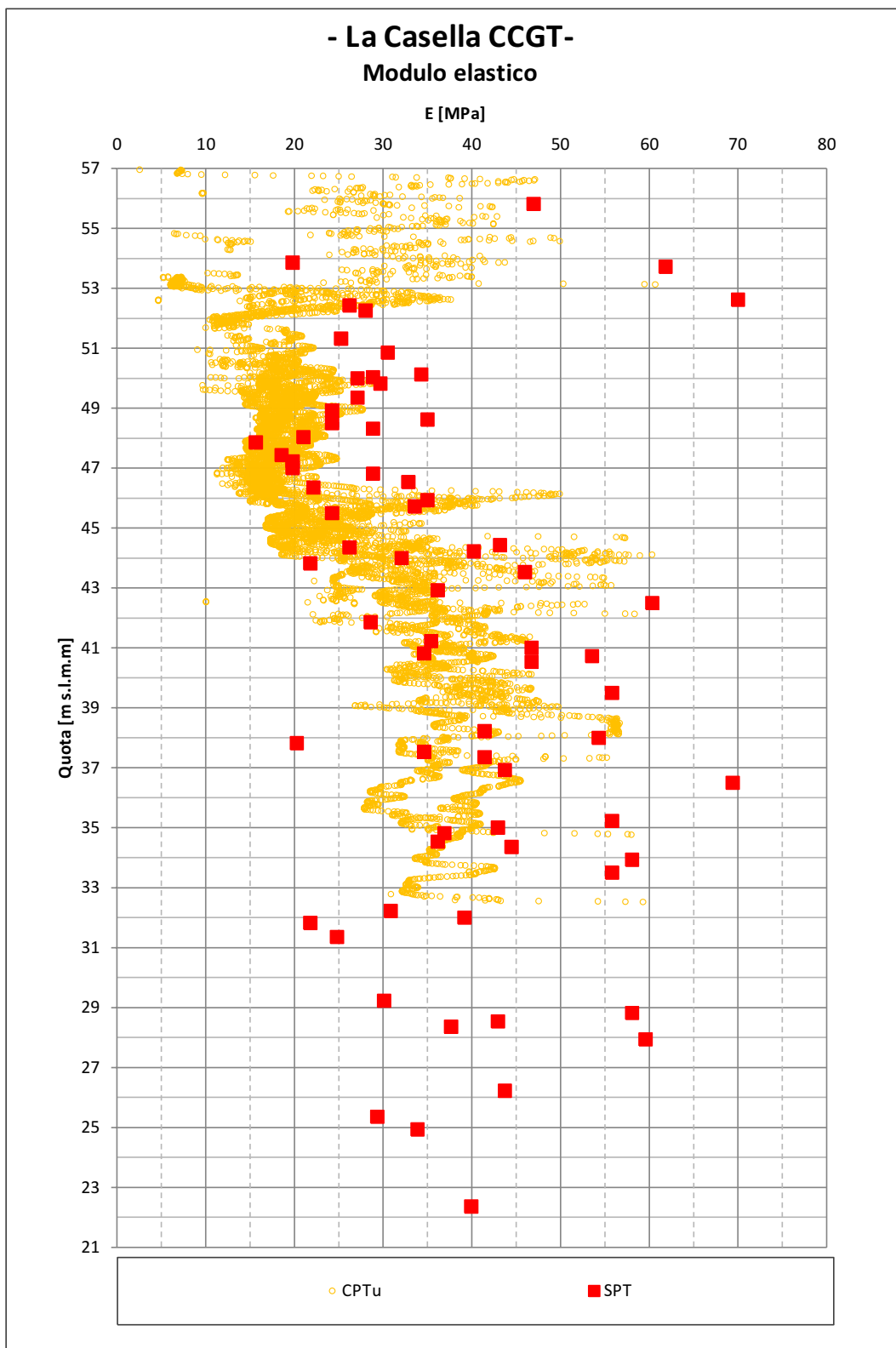


Figura 3.4.4.3 – Modulo elastico da SPT e CPTu

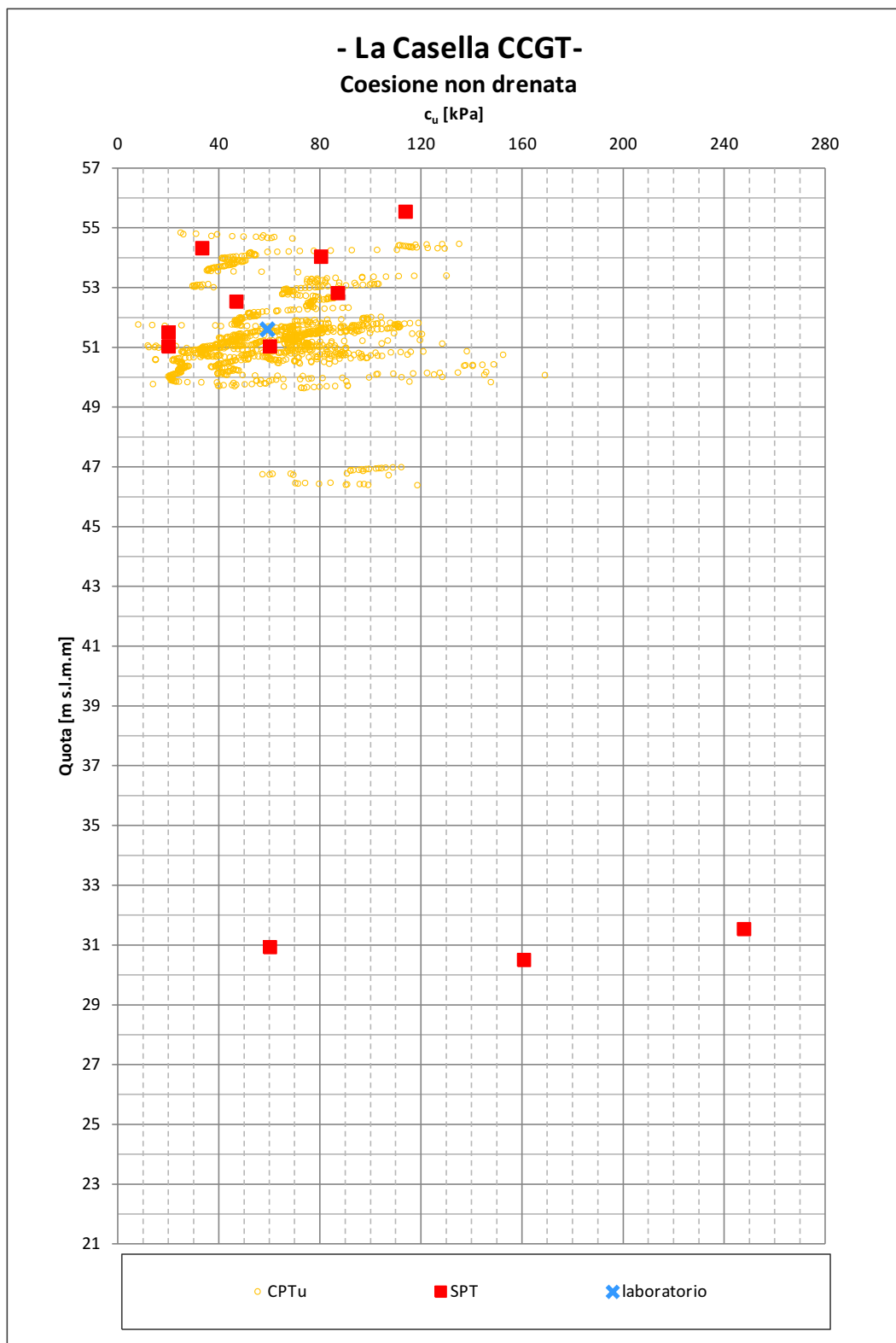


Figura 3.4.4.4 – Coesione non drenata da SPT, CPTu e laboratorio

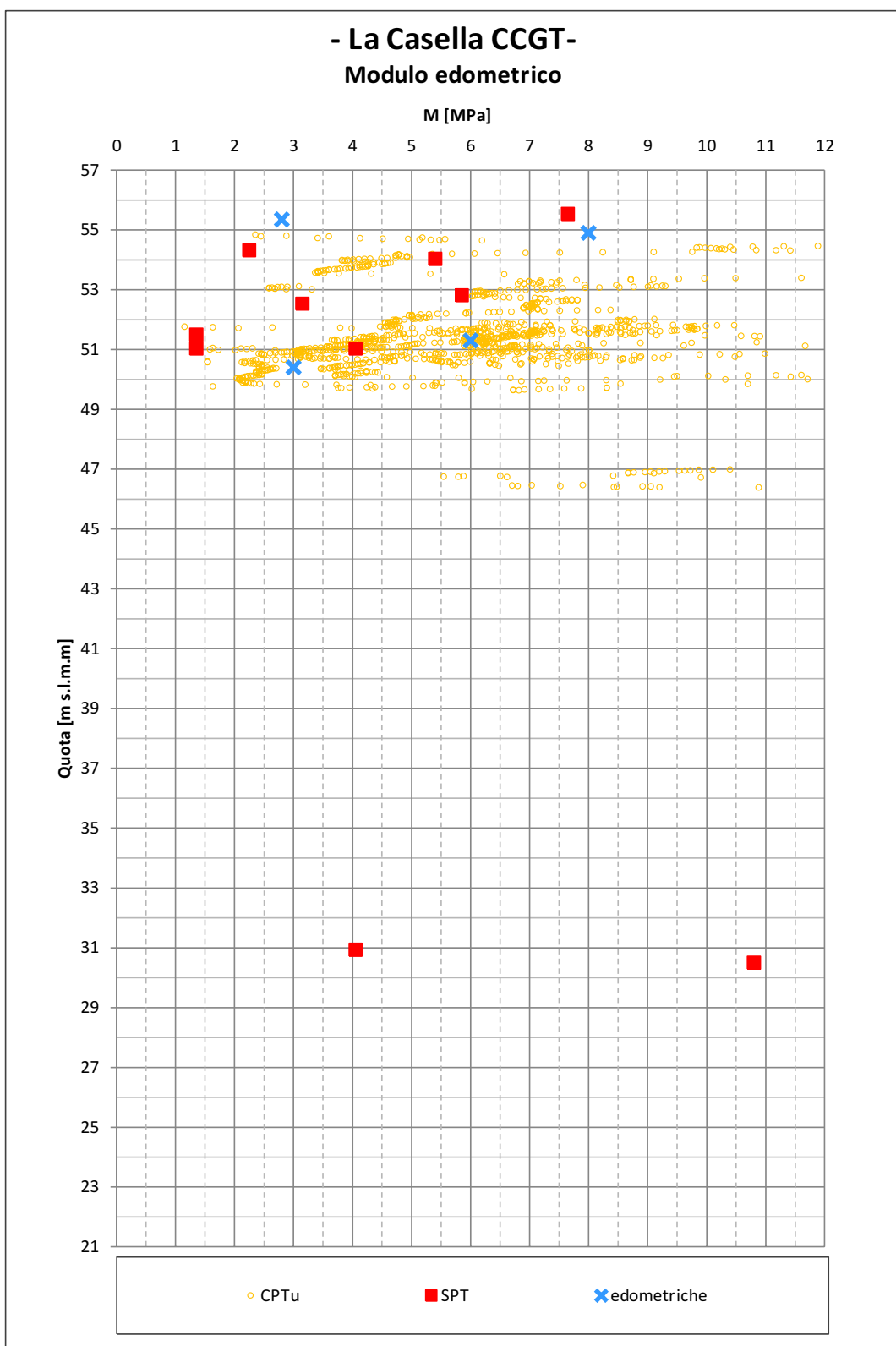


Figura 3.4.4.5 – Modulo edometrico da SPT, CPTu e laboratorio

3.5 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

Con rimando a quanto descritto nei precedenti paragrafi, all'area di intervento viene quindi attribuita la seguente stratigrafia di progetto, comprensiva anche di una caratterizzazione del materiale di riporto antropico che andrà a costituire il rilevato necessario per innalzare il piano campagna a + 57.05 m sul livello del mare.

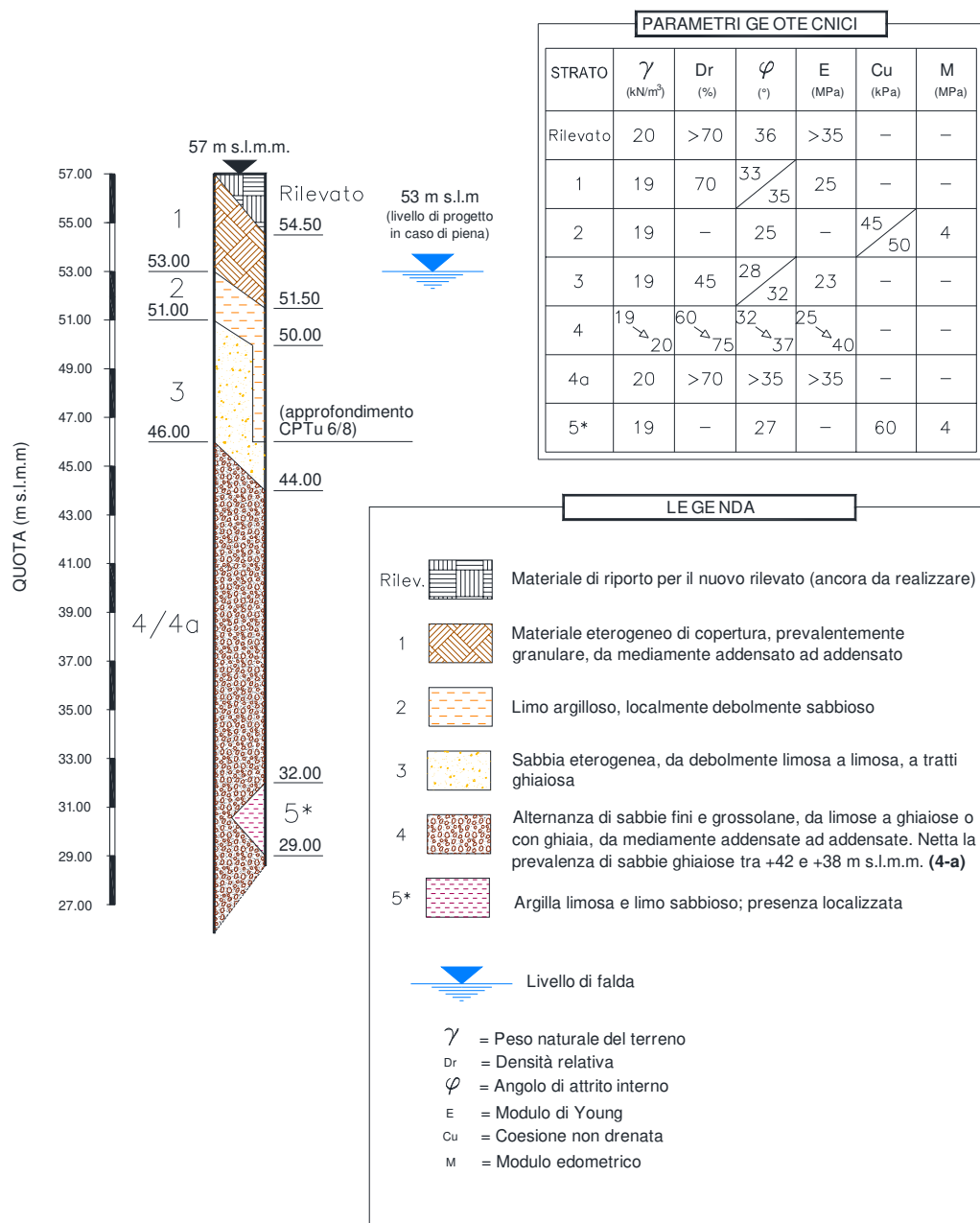



Figura 3.5.1 – Stratigrafia di riferimento per le aree di intervento

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document <i>Documento n.</i> PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet 45 of 55 <i>Pagina di</i>

4. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DA PROVE GEOFISICHE

La caratterizzazione sismica dei terreni in esame è stata condotta sulla base di indagini geofisiche condotte nel corso del 2020: trattasi di n°2 MASW ubicate come indicato in figura 4.1.

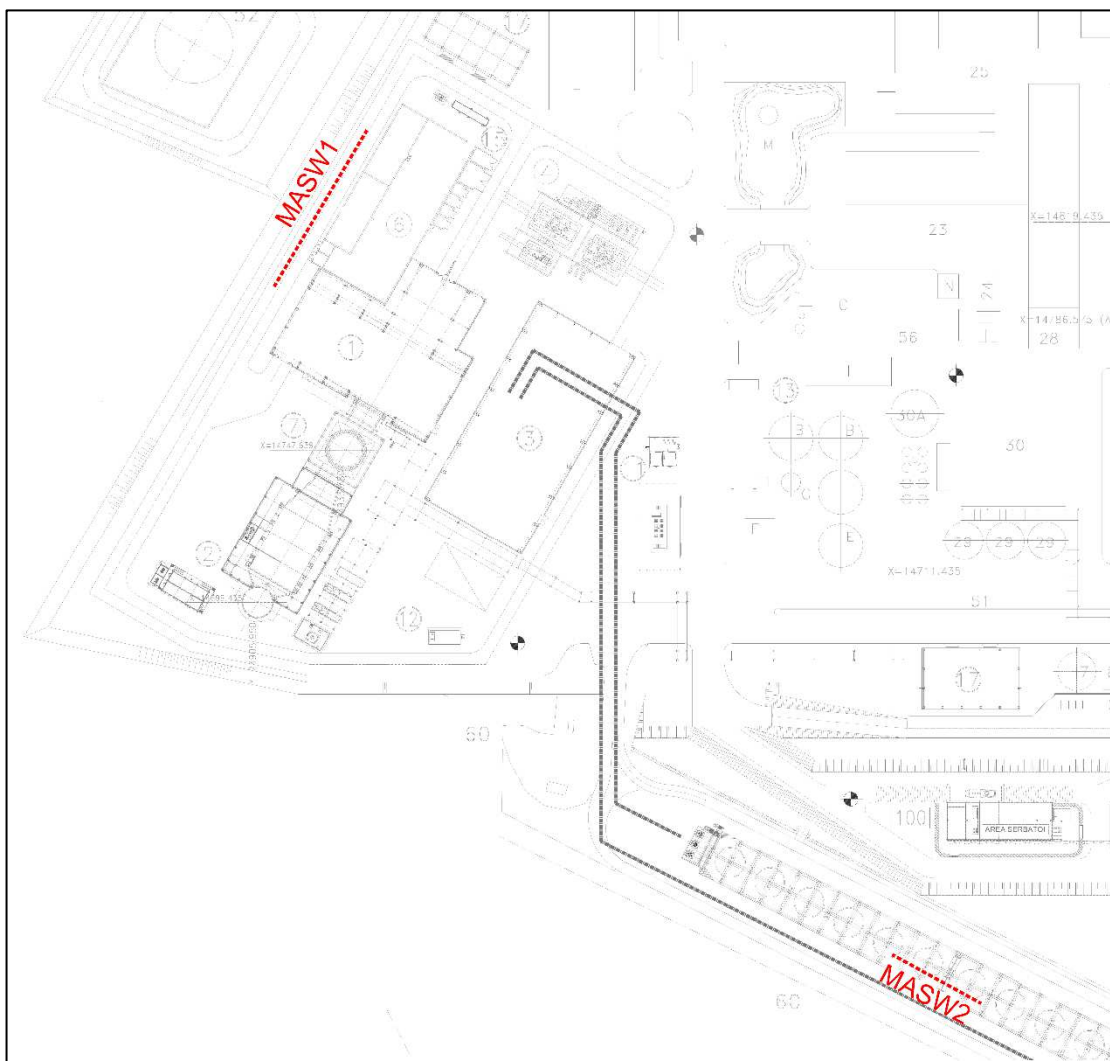


Figura 4.1 – Posizione delle prove MASW utilizzate per la caratterizzazione

4.1 VELOCITA' DELLE ONDE S

I profili di velocità delle onde S ricavati dalle MASW sono riportati nelle figure 4.1.1 e 4.1.2 in funzione della profondità da piano campagna



CENTRALE DI LA CASELLA (PC)

Document
Documento n.
PBITC00062 00

**RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE
GEOTECNICA**

REV. 00 07.07.21

Sheet
Pagina **46** of
di **55**

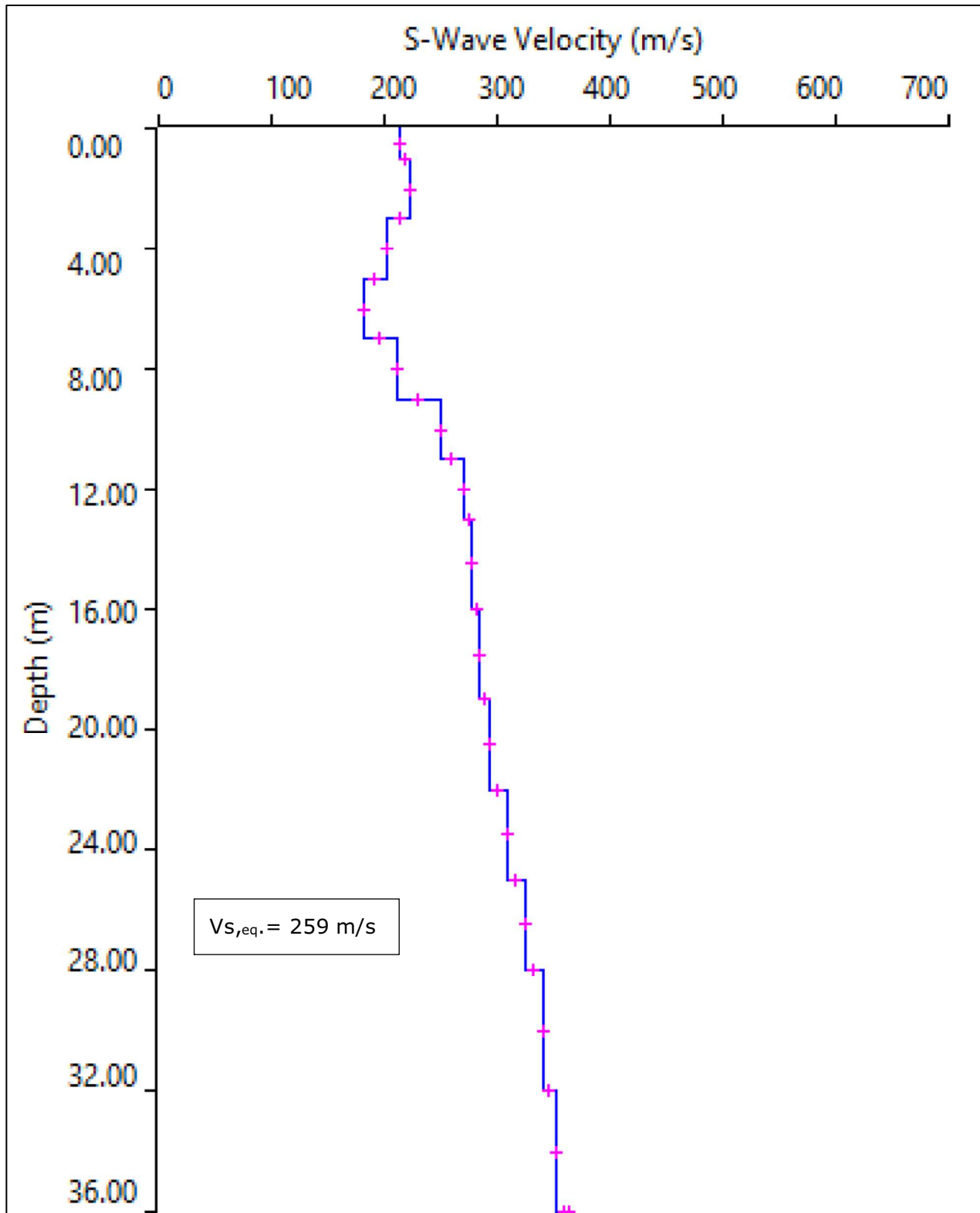


Figura 4.1.2 – V_s misurate dalla prova MASW 1

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document Documento n. PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet 47 of Pagina di 55

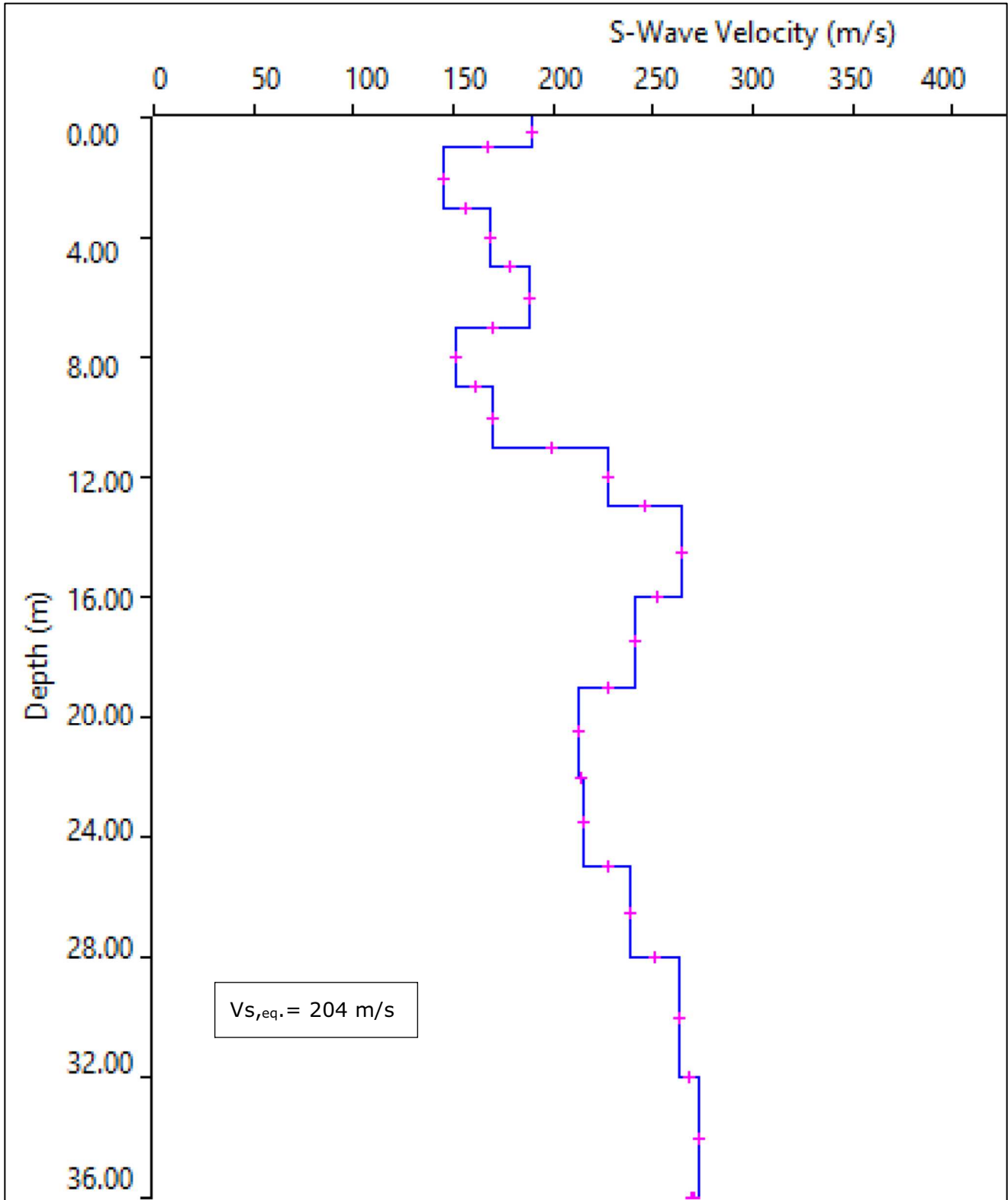


Figura 4.1.3 – Vs misurate dalla prova MASW 2

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document <i>Documento n.</i> PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 <hr/> Sheet of <i>Pagina</i> 50 di 55

5. RILEVATI FONDAZIONALI

Al fine di mitigare il rischio idraulico, il piano finito delle nuove installazioni dovrà essere innalzato dalla quota attuale (variabile) sino a quella di progetto, che raggiunge la massima elevazione di 57.05 m s.l.m., mediante rilevati in terra, adeguatamente costipati.

Le fondazioni delle strutture in progetto potrebbero posare quindi proprio sul materiale di riporto che verrà utilizzato per la realizzazione dei suddetti rilevati, che dovrà pertanto avere caratteristiche tali sia da garantire la necessaria capacità portante alla fondazione, sia da limitare lo sviluppo dei cedimenti nel tempo.

La costruzione del rilevato dovrà avvenire per strati, di spessore massimo 30 cm, al fine di permettere una loro adeguata costipazione mediante il passaggio di rulli.

Il grado di costipazione da raggiungere per il corpo del rilevato deve essere pari al 96% dello standard o al 93% del proctor modificato; per lo strato di finitura si richiede, invece, il raggiungimento del 95% del proctor modificato (si veda la figura 5.2).

Nella figura sottostante è riportato un esempio di fuso granulometrico idoneo a definire la pezzatura del materiale di riporto da utilizzare per lo strato di base (A) del pacchetto di finitura. Per il corpo del rilevato (strati C) e per il primo strato di fondazione/finitura (strato B), invece, sarà possibile l'utilizzo di terreni appartenenti al gruppo A1-a o A1-b della Classificazione dei terreni HRB-AASHTO.

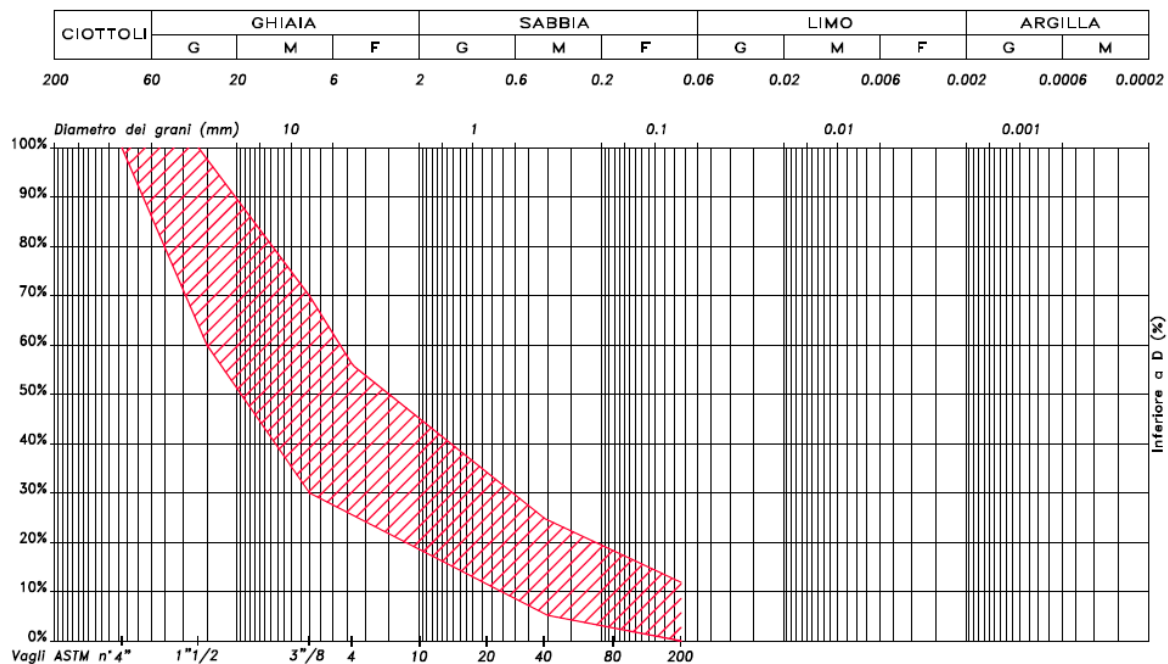



Figura 5.1 – Fuso granulometrico per lo strato di base del pacchetto di finitura

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document Documento n. PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet Pagina 51 of di 55

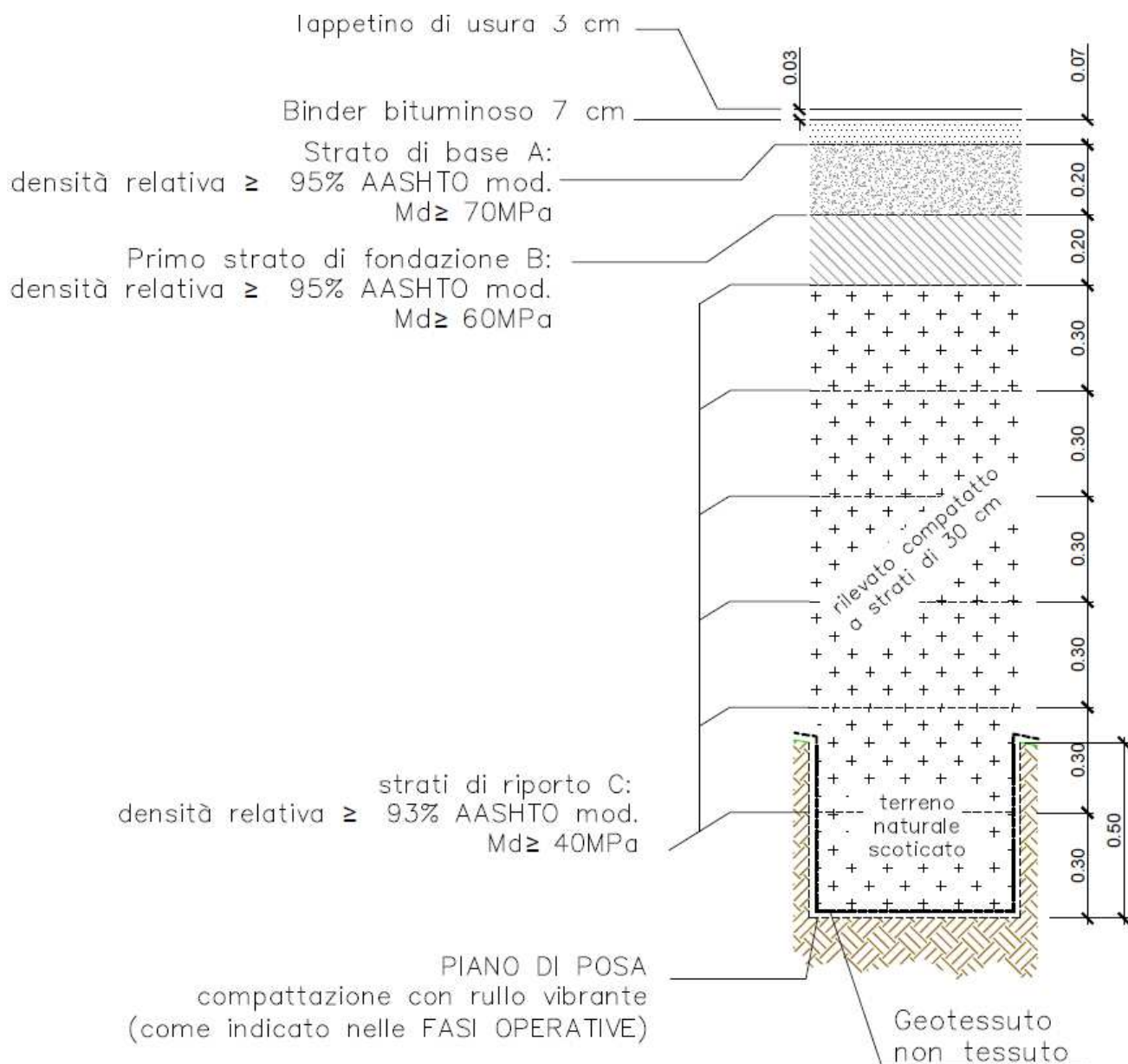


Figura 5.2 – Tipologico degli strati con indicazione sul grado di costipazione

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document <i>Documento n.</i> PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet <i>Pagina</i> 53 of <i>di</i> 55

costituente il rilevato (in parte già realizzato, in parte ancora da costruire) del piano di centrale; ovviamente, per quanto concerne la parte di rilevato ancora da erigere, condizioni necessarie per il contenimento dei cedimenti sono l'impiego di materiale con buone caratteristiche geomeccaniche, possibilmente drenante, e ben compattato → indicazioni più specifiche sul materiale con cui andrà realizzato il nuovo rilevato fondazionale e sulle modalità operative che dovranno essere seguite per garantire l'esecuzione di un lavoro a regola d'arte sono state fornite nel capitolo 5;

- per strutture, invece, che applichino tassi di lavoro elevati al terreno o molto sensibili ai cedimenti si consiglia di procedere ad un miglioramento dei terreni mediante un trattamento di vibroflottazione che insista sugli Strati 1-2-3; tale trattamento, oltre a migliorare una capacità portante già di per sé buona, limiterà significativamente i cedimenti attesi, azzerando quasi totalmente quelli di consolidazione legati essenzialmente allo strato limoso-argilloso riscontrato sotto il riporto e consentirà, inoltre, di risolvere il problema di possibili fenomeni di liquefazione dello strato 3 indotti da sismi particolarmente violenti;
- non si ritiene necessario il ricorso a fondazioni su pali: i terreni a profondità maggiori di quota 44 m s.l.m.m. sono molto addensati e con buone caratteristiche geomeccaniche e perfettamente idonei a sopportare i carichi residui trasmessi in profondità da eventuali colonne vibroflottate.

CONSULET SERVIZI S.r.l.

	CENTRALE DI LA CASELLA (PC)	Document <i>Documento n.</i> PBITC00062 00
	RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 07.07.21 Sheet <i>Pagina</i> 54 of <i>di</i> 55

BIBLIOGRAFIA

Bachelier, M. and Perez, L. (1965):

"Contribution on the study of soil compressibility by means of a cone penetrometer" Proc. 6th int. conf. on soil mech. appl. math., 1973

Baligh, et al. (1981) e Campanella, et al. (1982):

"Use of in situ tests in Geotechnical Engineering".ASCE. pp. 18/20

Bazaraa, A. R. S. S. (1969):

"Penetration Testing" – from A. A. Balkema (1982) ESOPT II, Amsterdam, pagg. 47/50.

D'Appolonia, D.J, D'Appolonia, E, Brisette, P.F. (1970):

"Discussion on Settlement of Spread Footing on Sand" – J. Soil Mech. and Found. Div. ASCE, Vol. 96, No. SM 2.

Denver, H. (1982):

"Modulus of Elasticity for Sand Determined by SPT and CPT": from A.A. Balkema(1982). – "Penetration Testing" – ESOPT II, Amsterdam.

Durgunoglu, H.T. e Mitchell, J.K. (1975):

"Static Penetration Resistance of soils: I-analysis", proc. ASTTE spec. conf. on in situ measurement of soil parameters, Ralligh, vol. I, pp 151-171

Jamiolkowski, M, Ladd, C. C, Germaine, J. T, e Lancellotta, R. (1988):

"New developments in field and laboratory testing of soils" - Proceedings, 11th International Conference on soil mechanics and foundation engineering, vol. 1, San Francisco (1985), pp 57-153

Ku C.S, Juang C.H, Ou C.Y:

"Reliability of CPT Ic as an index for mechanical behaviour classification of soil.", Geotechnique Vol. 60 – n°11, novembre 2010, pag. 861-875.

