

Centrale di “Eugenio Montale” di La Spezia

ALLEGATO - punto 8

Centrale di “Eugenio Montale” di La Spezia

**Sostituzione dell'unità a carbone esistente con nuova unità a gas
presso la centrale termoelettrica di La Spezia
"Eugenio Montale"**

La Spezia - ALLEGATO - punto 8

**Integrazioni e chiarimenti richiesti al punto 8 della Nota MiTE prot.n.28556
del 18.03.2021, allegato nota CTVIA n.1202 del 09.03.2021**

Centrale di “Eugenio Montale” di La Spezia

ALLEGATO - punto 8

ALLEGATO 8.7



GLOBAL POWER GENERATION E&C

RELAZIONE GEOTECNICA

Document / Documento
PBCSP20009Sheet
Pagina **1** of
di **27**PROJECT
Progetto**LA SPEZIA – RIFACIMENTI OCGT**Security Index
Indice Sicurezza**Riservato
Aziendale**TITLE
Titolo**RELAZIONE GEOTECNICA**CLIENT
Cliente**ENEL PRODUZIONE S.p.A**

JOB no.

Document no.

CLIENT SUBMITTAL
Inoltro al Cliente FOR APPROVAL
Per Approvazione FOR INFORMATION
ONLY
Per Informazione NOT REQUESTED
Non RichiestoSYSTEM
Sistema**00B**DOCUMENT TYPE
Tipo Documento**TK**DISCIPLINE
Disciplina**C**FILE
File**PBCSP20009**

REV

DESCRIPTION OF REVISIONS / Descrizione delle revisioni

00 PRIMA EMISSIONE




GEOTECHNICAL ENGINEERING & GEOLOGY

COMMESSA JOB	DATA Date	IDENTIFICATIVO DOCUMENT CODE	REDATTO PREPARED	CONTROLLATO CHECKED	APPROVATO APPROVED
220	15/09/20	R.220-23.00	C. Riva	A. Garassino	A. Garassino


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

00	15.09.20	ES												
			CONSULET	PRO	ELE	I&C	MEC	CIV	C&E	COS	AVV	QUA	MAC	PE
REV	Date Data	Scope Scopo	Prepared by Preparato	Co-operations Collaborazioni									Approved by Approvato	Issued by E messo

	LA SPEZIA – RIFACIMENTI OCGT	Document <i>Documento n.</i> PBCSP20009
	RELAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 15.09.20 Sheet 2 of <i>Pagina</i> di 27

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	3
2.	DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO	4
2.1	DOCUMENTI.....	4
2.2	NORMATIVE.....	5
3.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFICA DEI TERRENI.....	6
3.1	INDAGINI DI MAGGIORE INTERESSE.....	6
3.2	LITOLOGIE PRESENTI.....	7
3.3	LIVELLO PIEZOMETRICO	8
3.4	INTERPRETAZIONE DEI DATI RICAVATI DALLE INDAGINI PREGRESSE.....	9
3.4.1	Interpretazione delle prove penetrometriche (SPT e DPSH).....	9
3.4.2	Informazioni desunte dalle prove pressiometriche	15
3.4.3	Informazioni desunte dalle prove di laboratorio	19
3.5	STRATIGRAFIAE PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO	21
4.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI.....	22
4.1	VELOCITA' DELLE ONDE S.....	22
4.2	CATEGORIADI SOTTOSUOLO E CONDIZIONE TOPOGRAFICA.....	23
4.3	COEFFICIENTI SISMICI DI RIFERIMENTO	23
4.4	SUSCETTIBILITA' A LIQUEFAZIONE.....	25
5.	CONCLUSIONI.....	26
	BIBLIOGRAFIA	27


	LA SPEZIA – RIFACIMENTI OCGT	Document <i>Documento n.</i> PBCSP20009
	RELAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 15.09.20 Sheet 4 of <i>Pagina</i> di 27

2. DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO

Nel corso della presente relazione si farà riferimento ai documenti ed alle norme qui elencate.

2.1 DOCUMENTI

- [1] Enel Produzione S.p.A – “Indagini geotecniche e geofisiche presso Centrale di La Spezia OCGT/CCGT - Relazione metodologica” – Doc. n° PBCSP2000100 – Febbraio 2020
- [2] Enel - “Area a est delle sezioni 3-4 - Relazione geotecnica e indicazioni per il calcolo delle fondazioni” Doc. n° 212SP1401600 – Dicembre 1997
- [3] Enel - “Stazione elettrica di La Spezia – Indagini geotecniche in sito – Rapporto tecnico finale – Doc. n° Doc. n° RAT-STA 583/96 - Luglio 1996
- [4] Enel - “Area turbogas sezioni 1-2 - Relazione geotecnica e indicazioni per il calcolo delle fondazioni” – Doc. n° 212SP1401300 – Giugno 1997
- [5] Enel - “Denitrificatore catalitico sezioni 3-4 - Relazione geotecnica e indicazioni per il calcolo delle fondazioni” – Doc. n° 212SP1401500 - Giugno 1997
- [6] Enel - “Impianto di desolfurazione sezioni 3-4 - Area assorbimento e movimentazione - Relazione geotecnica e indicazioni per il calcolo delle fondazioni” – Doc. n° 212SP1401400 – Luglio 1997
- [7] CONSULET SERVIZI S.r.l. - “La Spezia – Rifacimenti OCGT, Relazione Geologica” – Doc. n° PBCSP20002 – Giugno 2020
- [8] CONSULET SERVIZI S.r.l. - “La Spezia – Rifacimenti OCGT, Planimetria delle indagini e traccia delle sezioni.” – Doc. n° PBCSP2000301 – Giugno 2020
- [9] CONSULET SERVIZI S.r.l. - “La Spezia – Rifacimenti OCGT, Sezioni stratigrafiche - geotecniche. Sezione A-A” – Doc. n° PBCSP20042 – Settembre 2020

	LA SPEZIA – RIFACIMENTI OCGT	Document <i>Documento n.</i> PBCSP20009
	RELAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 15.09.20 Sheet 7 of <i>Pagina</i> <i>di</i> 27

INDAGINI SOCOTEC 2020 (Rif.[1])

- N° 4 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- N° 3 sondaggi a carotaggio continuo spinti alla profondità di 35 m da p.c.;
- N° 19 prove penetrometriche SPT all'interno dei fori di sondaggio;
- N° 6 prove pressiometriche all'interno dei fori di sondaggio;
- Prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per esecuzione di prove di laboratorio;
- N° 2 stendimenti MASW;
- N° 5 indagini HVSR;
- N° 1 prospezione DOWN-HOLE.

INDAGINI PREGRESSE (Rif.[2])


- N° 1 sondaggio a carotaggio continuo (S505) con esecuzione di prove SPT (ISMES 1997);
- N° 2 sondaggi a carotaggio continuo (SPPZ102 e SPPZ103) con esecuzione di prove SPT (RADAELLI-CASTELLOTTI 1990).

3.2 LITOLOGIE PRESENTI

Come documentato nelle sezioni stratigrafiche di Rif.[9], [10] e [11], il terreno di fondazione dei nuovi impianti è costituito da un primo strato di riporto, al di sotto del quale si trovano sedimenti di granulometria prevalentemente limosa/argillosa, ma in cui non sono assenti livelli e lenti di materiali più grossolani. Al di sotto di questi si riscontra uno spesso cappellaccio di alterazione costituito da una varietà di materiali a granulometria diversa; nei casi estremi, la roccia madre ha lasciato il posto a materiali sciolti a grana fine, altre volte invece si trovano strati di materiale grossolano, spesso descritto come "breccia", immerso in una matrice fine. Il grado di alterazione si riduce progressivamente con la profondità fino a raggiungere uno strato definibile roccia, che ha mantenuto almeno in parte l'aspetto litoide.

Riassumendo, a partire dal piano campagna è stato possibile riconoscere la seguente successione di strati:

LIVELLO R: Terreno di riporto, costituito prevalentemente da ghiaia con sabbia, raramente da limo sabbioso inglobante ghiaia e frammenti di laterizi; il suo spessore è risultato variabile da 0.5 a 1.10 metri nell'area, con l'eccezione del sondaggio S103 in cui risulta pari a

	LA SPEZIA – RIFACIMENTI OCGT	Document Documento n. PBCSP20009
	RELAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 15.09.20 Sheet Pagina 10 of di 27

PARAMETRI		SPT	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH
M	(kg)	63.5	63.5
H	(cm)	76.0	75.0
A	(cm ²)	20.42	20.03
δ	(cm)	30	20
E _{spec}	(kg/cm ²)	7.90	11.89

Tabella 4.3.1.I – Caratteristiche tecniche del sistema battente

La figura 3.4.1.1 riporta, i valori N_{spt} ottenuti sia dalle prove SPT che dalle DPSH “corrette” col fattore β ; i valori sono diagrammati in funzione della profondità, con riferimento al piano campagna di esecuzione dei sondaggi.

Come si evince dall’osservazione della suddetta figura, le prove DPSH1 e DPSH2 hanno restituito valori minori rispetto a quelli misurati mediante le prove SPT a profondità comprese tra 7 e 12 m dal piano campagna.

Poiché i terreni investigati nei primi 8 metri di profondità, fatta eccezione per il riporto e per locali intercalazioni ghiaiose, hanno comportamento prevalentemente coesivo, i valori N_{SPT} precedentemente illustrati sono stati elaborati mediante una serie di correlazioni empiriche finalizzate alla stima delle coesioni non drenate C_u e dei moduli edometrici M .

Tali correlazioni sono esplicitate nel prosieguo.

Per quanto concerne i strati rocciosi sottostanti, i valori N_{SPT} sono risultati utili per delineare il passaggio tra gli strati C e D, non definito nei log stratigrafici. Nello specifico si è considerato il livello D a profondità caratterizzate da N_{SPT} a rifiuto.

Analogamente a quanto fatto per i depositi superficiali, anche in questi strati gli N_{SPT} sono stati interpretati al fine di stimarne indicativamente la coesione, pur nella consapevolezza che le correlazioni utilizzate non sono idonee alla caratterizzazione di materiali rocciosi.

Le figure 4.3.1.2 e 4.3.1.3 riportano gli andamenti dei parametri geotecnici precedentemente descritti.

PROVAPENETROMETRICA DINAMICA SPT

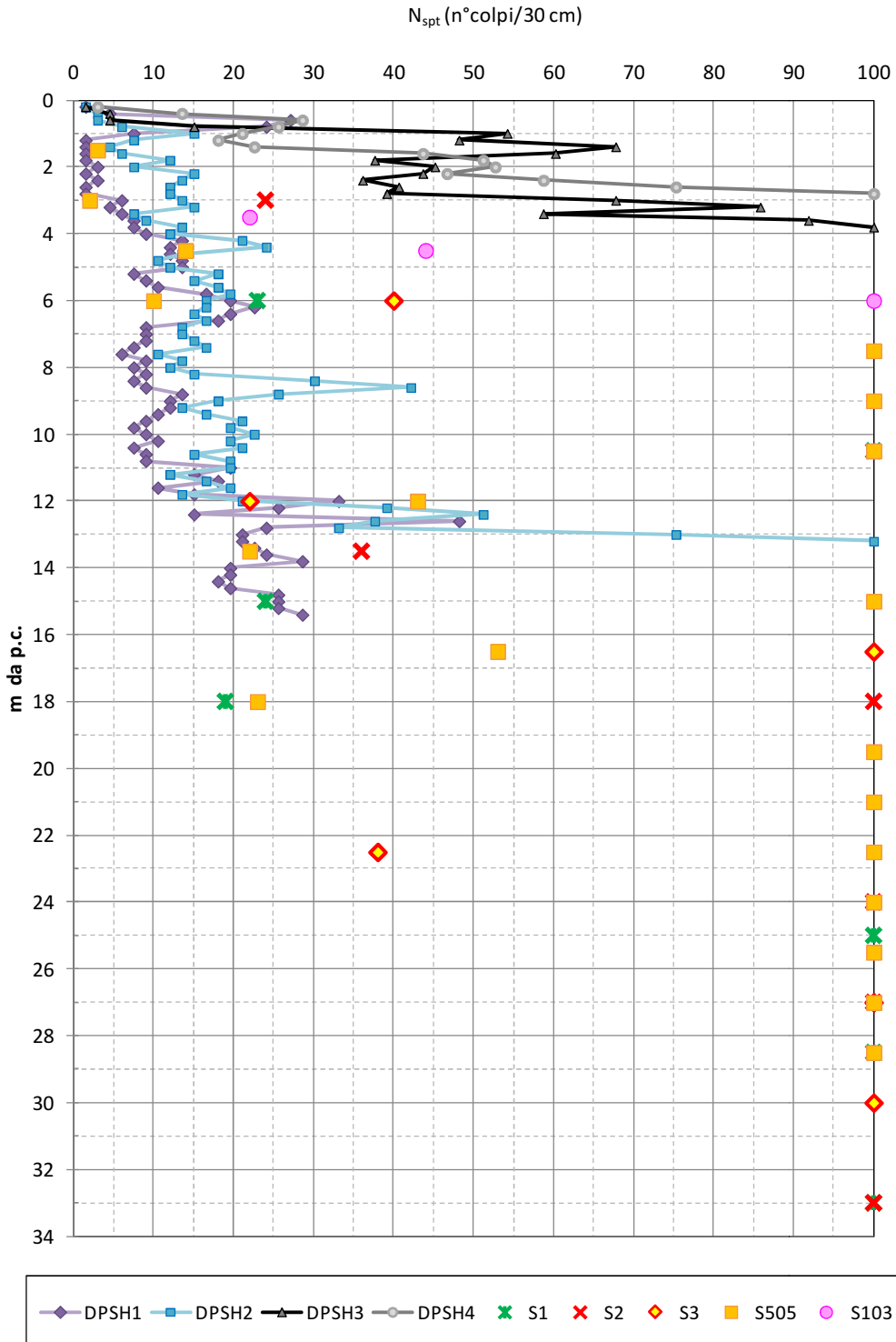


Figura 4.3.1.1 – Valori di N_{SPT} in funzione della profondità da piano campagna

COESIONE NON DRENATA da SPT

TERZAGHI & PECKCu(kPa) = (0.067 * N_{spt}) Pa
Pa = 100 kPa



Figura 4.3.1.2 – Coesione non drenata per il livello A e (indicativamente) per gli strati rocciosi sottostanti

MODULO EDOMETRICO da SPT per lo strato A

$$\text{STROUD\& BULTE RM (MPa)} = (450 \cdot N_{\text{spt}}) / 1000$$

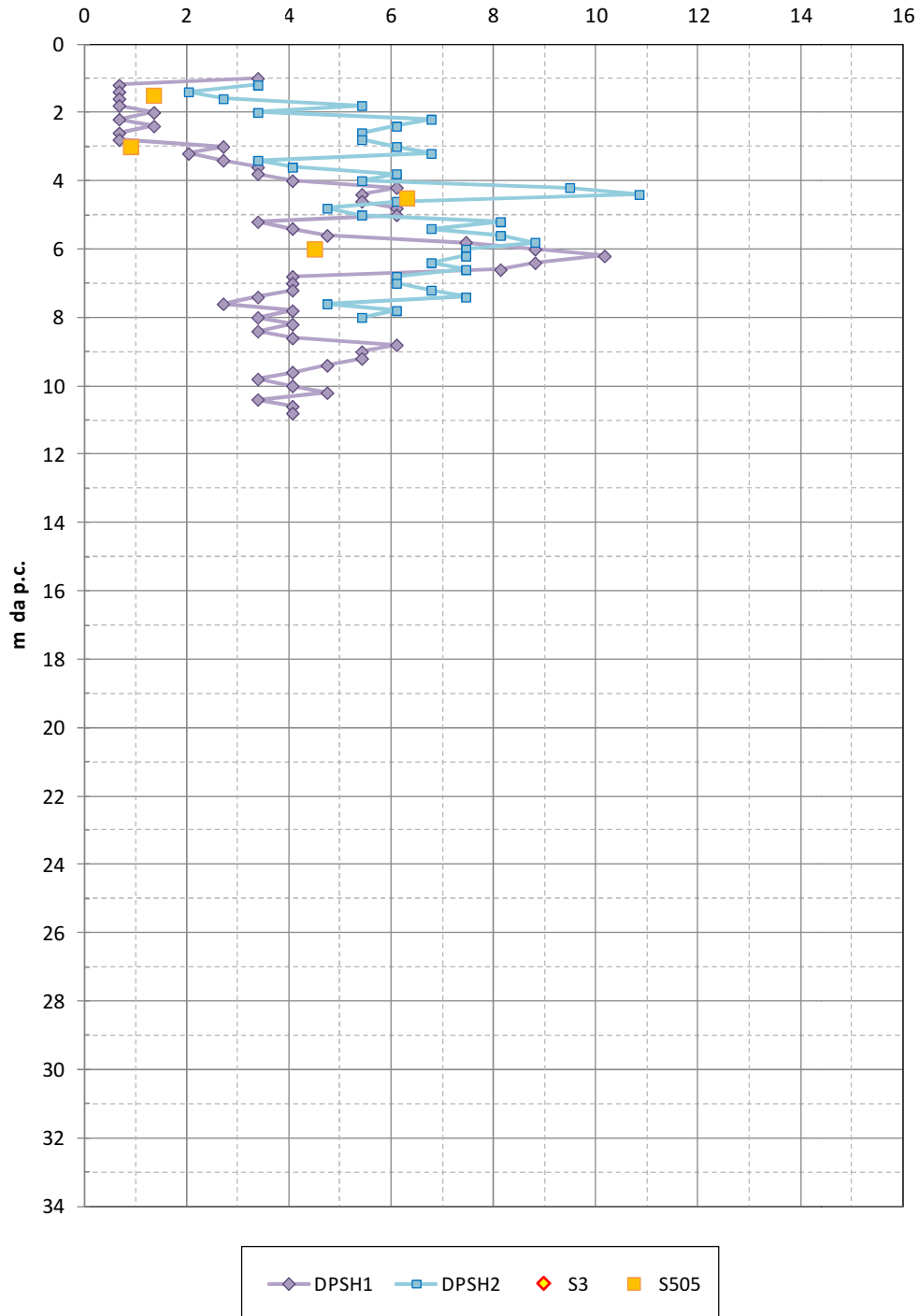



Figura 4.3.1.3 – Modulo edometrico per il livello A

	LA SPEZIA – RIFACIMENTI OCGT	Document Documento n. PBCSP20009
	RELAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 15.09.20 Sheet Pagina 15 of di 27

3.4.2 Informazioni desunte dalle prove pressiometriche

In ciascun foro dei sondaggi del 2020 sono state eseguite n°2 prove pressiometriche, a diverse profondità.

Le elaborazioni condotte dalla Ditta Esecutrice delle prove hanno portato alla stima di valori di coesione non drenata di circa 80 kPa per il livello A e 330 kPa per il livello D (prove condotte nel sondaggio S3). Nessun valore è invece stato fornito per il livello C.

Le prove sono comunque state utilizzate per caratterizzare la roccia sia in termini di resistenza laterale, sia di capacità portante di base, a partire dai valori di pressione limite netta forniti dalle prove e riassunti nella tabella sottostante.


Sondaggio - Prova	Profondità (m)	P limite netta (MPa)	Livello
S1-PPM 1	7.5	3.259	C
S1-PPM 2	12.5	3.382	C
S2-PPM 1	14.5	3.291	C
S2-PPM 2	24.5	3.209	D
S3-PPM 1	4.5	0.788	A
S3-PPM 2	18.0	3.317	D

Tabella 3.4.2.I – Pressione limite netta

Come visibile dall'osservazione dei dati contenuti in tabella, fatta ovviamente eccezione per la prova condotta nel livello A, i valori di pressione limite netta ottenuti sono molto simili tra loro e non mostrano differenze rilevanti tra livello C e D.

Per caratterizzare entrambi i livelli si è quindi fatto, prudenzialmente, riferimento al valore determinato nella prova S2-PPM2 (3.209 MPa).

Per la definizione della resistenza di base e della laterale degli strati rocciosi si è utilizzato il metodo sviluppato da Ménard, descritto nel "Fascicolo 62" della normativa francese (si veda il riferimento bibliografico).

	LA SPEZIA – RIFACIMENTI OCGT	Document Documento n. PBCSP20009
	RELAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 15.09.20
		Sheet Pagina 16 of di 27

La resistenza unitaria base si determina dalla seguente relazione:

$$q_b = k_p \cdot p_{le}$$

in cui

- **K_p** = coefficiente di portanza funzione della natura del terreno, della sua consistenza o compattezza e del tipo di palo eseguito (si veda la Tabella 3.4.2.II ;
- **P_{le}** = pressione limite equivalente alla base del palo.

Nel caso in esame, nell'ipotesi di utilizzare pali trivellati, il coefficiente di portanza è stato scelto pari a 1.1 nel livello C, più alterato, e pari a 1.4 nel livello D. Sono quindi state stimate le seguenti resistenze unitarie:

$$\text{LIVELLO C} \rightarrow q_b = k_p \cdot p_{le} = 1.1 \cdot 3.209 = 3.53 \text{ MPa}$$

$$\text{LIVELLO D} \rightarrow q_b = k_p \cdot p_{le} = 1.4 \cdot 3.209 = 4.49 \text{ MPa}$$

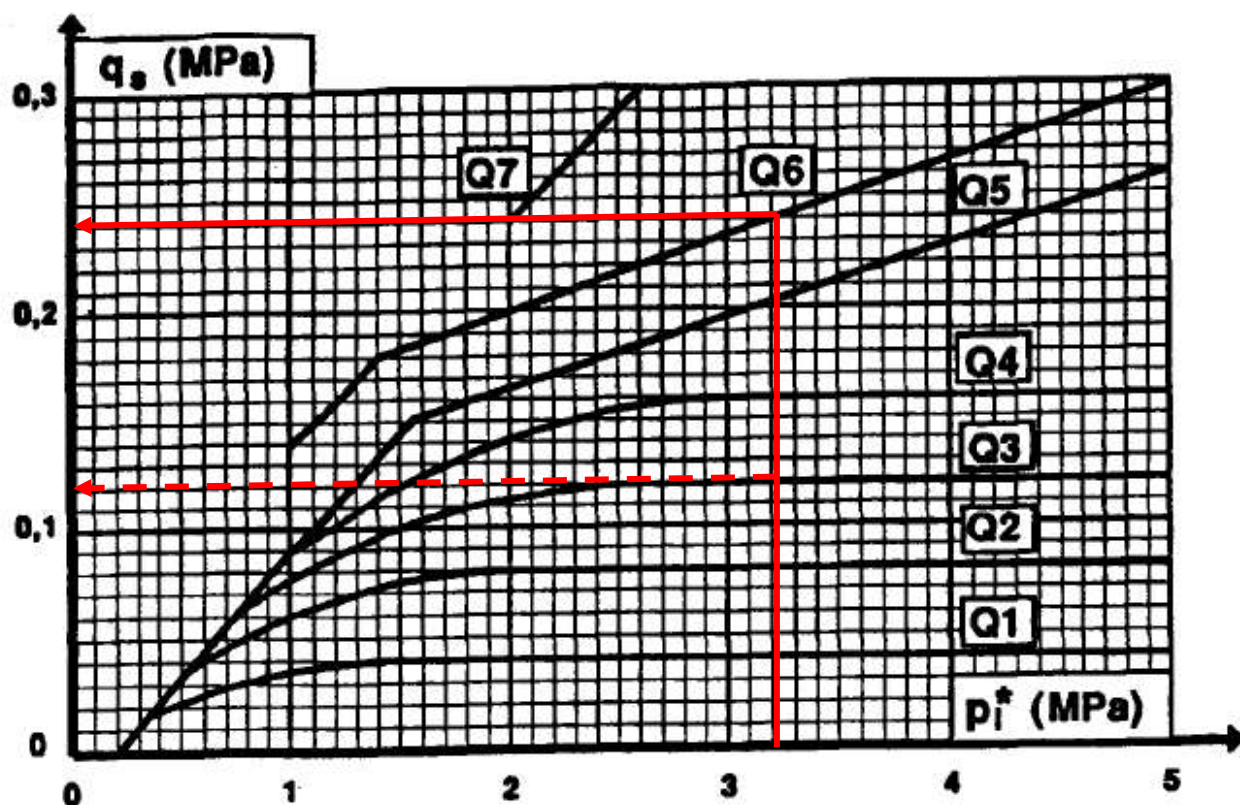
TABLEAU I: VALEUR DU FACTEUR DE PORTANCE k_p

Nature des terrains		Éléments mis en œuvre sans refoulement du sol	Éléments mis en œuvre avec refoulement du sol
ARGILES - LIMONS	A	1,1	1,4
	B	1,2	1,5
	C	1,3	1,6
SABLES - GRAVES	A	1,0	4,2
	B	1,1	3,7
	C	1,2 (***)	3,2
CRAIES	A	1,1	1,6
	B	1,4	2,2
	C	1,8	2,6
MARNES, MARNO-CALCAIRES		1,8	2,6
ROCHES ALTÉRÉES ⁽¹⁾ (***)		1,1 à 1,8	1,8 à 3,2

(1) La valeur de k_p pour ces formations est prise égale à celle de la formation meuble du tableau à laquelle le matériau concerné s'apparente le plus.

Tabella 3.4.2.II – Valori di K_p

La resistenza unitaria laterale q_s è invece valutata dai valori della pressione limite facendo ricorso al grafico della figura sottostante, determinando preliminarmente la curva appropriata in funzione della natura dei terreni e del tipo di palo, in accordo delle indicazioni riportate nella Tabella 3.4.2.III.



courbes de frottement unitaire limite le long du fût du pieu.

Figura 3.4.2.1 – Grafico per la determinazione di q_s

In base alla Tabella 3.4.2.III, per le rocce la curva di riferimento risulta essere la Q6, che per pressioni limite di 3.2 MPa stima resistenze laterali di 240 kPa.

Tale sarà quindi la resistenza che caratterizzerà il livello D.

Per il livello C, invece, in virtù della forte alterazione, si è scelto di utilizzare una più prudente curva Q3, a cui corrisponde un valore di q_s pari a 120 kPa. Si noti come questo valore sia in linea con quanto precedentemente stimato tra gli 8 e i 15 m da p.c. mediante SPT e DPSH.

TABLEAU II : CHOIX DES ABAQUES POUR LA DÉTERMINATION DE q_s

	ARGILES LIMONS			SABLES GRAVES			CRAIES			MARNES		ROCHES
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	
Foré simple	Q_1	$Q_1, Q_2^{(1)}$	$Q_2, Q_3^{(1)}$	-			Q_1	Q_3	$Q_4, Q_5^{(1)}$	Q_3	$Q_4, Q_5^{(1)}$	Q_6
Foré boue	Q_1	$Q_1, Q_2^{(1)}$		Q_1	$Q_2, Q_1^{(2)}$	$Q_3, Q_2^{(2)}$	Q_1	Q_3	$Q_4, Q_5^{(1)}$	Q_3	$Q_4, Q_5^{(1)}$	Q_6
Foré tubé (tube récupéré)	Q_1	$Q_1, Q_2^{(3)}$		Q_1	$Q_2, Q_1^{(2)}$	$Q_3, Q_2^{(2)}$	Q_1	Q_2	$Q_3, Q_4^{(3)}$	Q_3	Q_4	-
Foré tubé (tube perdu)	Q_1			Q_1	Q_2		⁽⁴⁾			Q_2	Q_3	-
Puits ⁽⁵⁾	Q_1	Q_2	Q_3	-			Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6
Métal battu fermé	Q_1	Q_2		Q_2	Q_3		⁽⁴⁾			Q_3	Q_4	Q_4
Battu préfabriqué béton	Q_1	Q_2		Q_3			⁽⁴⁾			Q_3	Q_4	Q_4
Battu moulé	Q_1	Q_2		Q_2	Q_3		Q_1	Q_2	Q_3	Q_3	Q_4	-
Battu enrobé	Q_1	Q_2		Q_3	Q_4		⁽⁴⁾			Q_3	Q_4	-
Injecté basse pression	Q_1	Q_2		Q_3			Q_2	Q_3	Q_4	Q_5		-
Injecté haute pression ⁽⁶⁾	-	Q_4	Q_5	Q_5	Q_6		-	Q_5	Q_6	Q_6	$Q_7^{(7)}$	

(1) Réalésage et rainurage en fin de forage.
 (2) Pieux de grande longueur (supérieure à 30 m).
 (3) Forage à sec, tube non louvoyé.
 (4) Dans le cas des craies, le frottement latéral peut être très faible pour certains types de pieux. Il convient d'effectuer une étude spécifique dans chaque cas.
 (5) Sans tubage ni virole foncés perdus (parois rugueuses).
 (6) Injection sélective et répétitive à faible débit.
 (7) Injection sélective et répétitive à faible débit et traitement préalable des massifs fissurés ou fracturés avec obturation des cavités (***, **).

 Tabella 3.4.2.III – Indicazioni per la scelta della curva che determina q_s

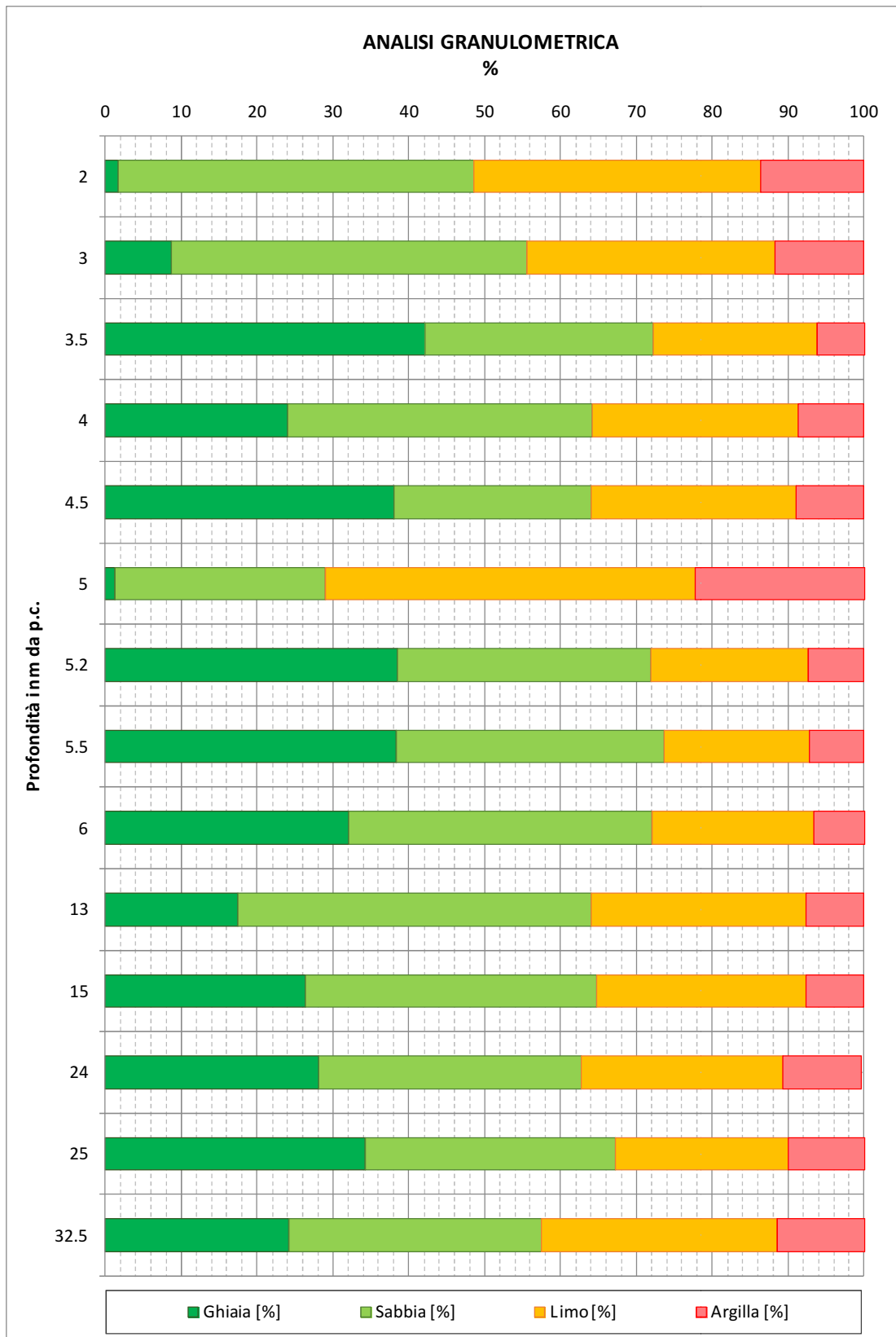


Figura 3.4.3.1 – Analisi granulometrica

3.5 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

Con rimando a quanto affermato nei precedenti paragrafi, alle aree interessate dalle nuove installazioni può essere attribuita la seguente stratigrafia di progetto.

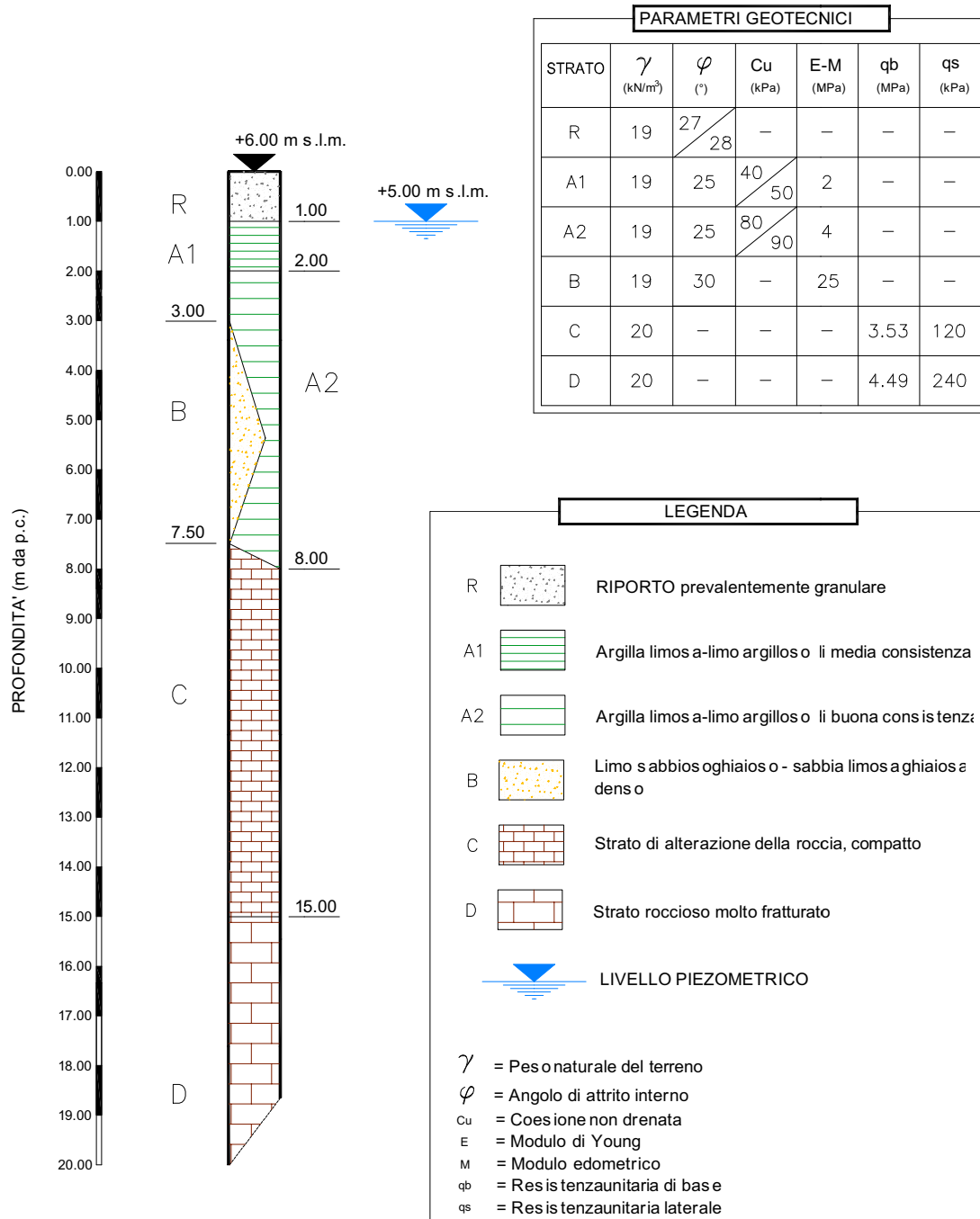



Figura 3.5.1 – Stratigrafia dell'area delle nuove installazioni

	LA SPEZIA – RIFACIMENTI OCGT	Document <i>Documento n.</i> PBCSP20009
	RELAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 15.09.20 Sheet of <i>Pagina</i> 22 di 27

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI

La caratterizzazione sismica dei terreni su cui verrà realizzato l'intervento in progetto è stata condotta sulla base di indagini geofisiche eseguite nel 2020. Come documentato nel Rif.[1], si tratta di n. 2 prove MASW (multichannel analysis of surface waves), n. 1 prova down-hole e n. 5 prove HVSR (prova sismica passiva a stazione sismica).

4.1 VELOCITA' DELLE ONDE S

Dall'analisi dei risultati delle prove MASW e Down-hole sono stati ricavati i profili di velocità delle onde S, illustrati in funzione della profondità nella figura 4.1.1.

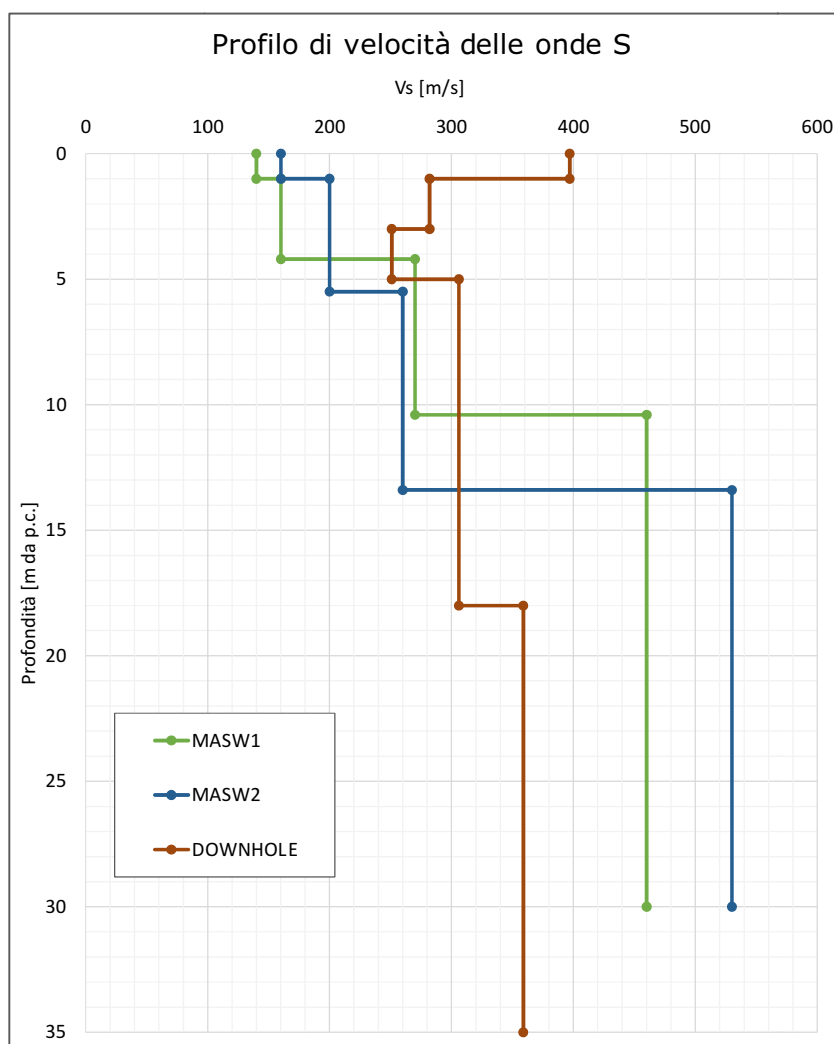



Figura 4.1.1 – Grafico dell'andamento delle velocità delle onde tipo S con la profondità

	LA SPEZIA – RIFACIMENTI OCGT	Document <i>Documento n.</i> PBCSP20009
	RELAZIONE GEOTECNICA	REV. 00 15.09.20 Sheet 27 of <i>Pagina</i> <i>di</i> 27

BIBLIOGRAFIA

Briaud, J.L.:

"The pressuremeter." - Balkema – 1992

Bowles, J.:

"Foundation Analysis and Design." - Mc Graw-Hill – 1988

Ministere de l'Equipement, du logement et des Transports:

"Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de Génie Civil".
FASCICULE n°62 – Titre V.

Stroud, M. A., Butler, F. G.:

"The Standard Penetration Test and the Engineering Properties of Glacial Materials", University of Birmingham, U.K. – 1975

Terzaghi, K. and Peck, R. B.

"Soil Mechanics in Engineering Practice", 2nd Ed., John Wiley and Sons, New York, 1967.

Tornaghi, R.:

"Metodo Pressiometrico Menard", Atti dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni, Conferenze di Geotecnica di Torino XI Ciclo "Parametri di progetto da prove in situ", Novembre 1983.