

Centrale di "Andrea Palladio" di Fusina

ALLEGATO - punto 8

Centrale di "Andrea Palladio" di Fusina

**Sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas
presso la centrale termoelettrica di Fusina
"Andrea Palladio"**

Fusina - ALLEGATO - punto 8

Piano preliminare di riqualificazione del sito

**Integrazioni e chiarimenti richiesti al punto 8 Nota MiTE prot.n.28559 del
18.03.2021, allegato nota CTVIA n.1203 del 09.03.2021**

FUSINA - ALLEGATO 8.4
Relazione geotecnica di
caratterizzazione PBCFU20007

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION			Relazione Tecnica						
			Document / Documento PBCFU20007				Sheet Pagina 1 of di 43		
PROJECT Progetto FUSINA – CAPACITY MARKET ITALY			Security Index Indice Sicurezza Riservato Aziendale						
TITLE Titolo RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE									
CLIENT Cliente ENEL PRODUZIONE S.p.A									
JOB no. Document no.									
CLIENT SUBMITTAL Inoltro al Cliente		<input type="checkbox"/> FOR APPROVAL Per Approvazione		<input checked="" type="checkbox"/> FOR INFORMATION ONLY Per Informazione			<input type="checkbox"/> NOT REQUESTED Non Richiesto		
SYSTEM Sistema ...	DOCUMENT TYPE Tipo Documento	TL	DISCIPLINE Disciplina	C	FILE File	PBCFU2000703.docx			
REV	DESCRIPTION OF REVISIONS / Descrizione delle revisioni								
00	Prima emissione								
01	Aggiunto capitolo capacità portante pali								
02	Aggiunto capitolo rigidezza dinamica pali								
03	Aggiunto capitolo rigidezza dinamica pali								
03	19.03.21	FC	 N. Pisani				 DPL	 PE	
REV	Date Data	Scope Scopo	Prepared by Preparato	Co-operations Collaborazioni			Approved by Approvato	Issued by Emesso	

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 2 of di 47

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
3.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
4.	CENNI MORFOLOGICI E GEOLOGICI	6
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFICA DEI TERRENI	6
5.1	Indagini geotecniche.....	6
5.2	Interpretazione prove penetrometriche dinamiche (SPT)	9
5.3	Interpretazione prove penetrometriche statiche (CPT)	12
5.4	Risultati prove geotecniche di laboratorio	14
5.5	Definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici	14
5.6	Livello della falda	18
6.	MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO	19
7.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI	20
7.1	Definizione dell'input sismico	20
8.	PALI DI FONDAZIONE	22
8.1	Generalità	22
8.2	Comportamento del palo nei confronti dei carichi assiali	22
8.3	Comportamento dei pali in gruppo nei confronti dei carichi assiali.....	32
8.4	Comportamento del palo nei confronti dei carichi trasversali	32
8.5	Comportamento dei pali nei confronti delle azioni dinamiche.....	38
9.	CONCLUSIONI	41
	APPENDICE A – RISULTATI PROVE DI LABORATORIO	42
	APPENDICE B – STRATIGRAFIE SONDAGGI.....	45
	APPENDICE C – RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)	46
	APPENDICE D – SEZIONE STRATIGRAFICA DEL SITO	47

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 3 of di 47

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica di caratterizzazione delle nuove installazioni CCGT da realizzare all'interno della Centrale Termoelettrica ENEL "A. Palladio" di Fusina, situata nel comune di Venezia (VE).

All'interno del documento sono riportate le valutazioni e le analisi finalizzate:

- alla ricostruzione stratigrafica ed alla caratterizzazione geotecnica di dettaglio dei terreni dell'area interessata dalle nuove opere;
- alla definizione del profilo geotecnico di progetto;
- alla valutazione del comportamento dei pali di fondazione nei confronti degli stati limite ultimi e di esercizio;

così come disposto nelle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC18 del 17/01/2018, Supplemento ordinario n. n° 42 G.U. del 20.02.2018) e le relative istruzioni applicative (Circolare Ministero Infrastrutture n. 7 del 21/01/2019, Supplemento ordinario n. 35 della G.U. del 11/02/2019).

I dati di riferimento utilizzati per la caratterizzazione e la modellazione geotecnica sono stati ricavati sia dalle indagini geognostiche appositamente effettuate per lo scopo effettuate tra la fine del 2019 e l'inizio del 2020, sia dagli studi pregressi e dalle relative campagne d'indagine che si sono susseguite a partire dal 1993.

2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», DECRETO 17 gennaio 2018. Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n. 42 del 20 febbraio 2018 - MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI.
- [2] CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- [3] ENEL, 2020 - Doc. PBCFU2000600 – Centrale di Fusina – Capacity Market Italy – Rapporto indagini geotecniche e geofisiche, prove in sito e in laboratorio – Geotecnica Veneta.
- [4] ENEL, 2020 - Doc. PBCFU2000700 - Centrale di Fusina – Capacity Market Italy – Relazione Geologica e di Modellazione Sismica – IGES WORLD.
- [5] ENEL, 2020 - Doc. PBCFU2000800 - Centrale di Fusina – Capacity Market Italy – Sezione stratigrafica A-A – IGES WORLD.
- [6] ENEL, 2020 - Doc. PBCFU2000900 - Centrale di Fusina – Capacity Market Italy – Sezione stratigrafica B-B – IGES WORLD.
- [7] ENEL 2002 – Doc. P12FU0014400 – Centrale di Fusina - Riqualficazione ambientale - Relazione Geotecnica
- [8] Fondazioni – Carlo Viggiani (1999) – Hevelius Edizioni
- [9] Design of structures and foundations for vibrating machines – S. Arya, M. O'Neill, and G. Pincus - Gulf Publishing Company – 1979

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 4 of di 47

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La centrale termoelettrica di Fusina è situata nel comune di Venezia, al confine con la frazione Moranzani del Comune di Mira (Fig. 1); la quota topografica del piano campagna, in base alla C.T.R. 1:5.000, varia tra 2 e 3 metri s.l.m.

L'ubicazione dell'opera in questione all'interno del sito di centrale, individuata dalle coordinate WGS84 Lat 45.434 / Long 12.252, è riportata nell'estratto della Carta Tecnica Regionale riportata in Fig. 2.



Fig. 1 – Localizzazione della centrale (Fonte Google Maps).



FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY

Document
Documento n.

PBCFU20007

RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE

REV. 03 19.03.21

Sheet
Pagina **5** of
di 47

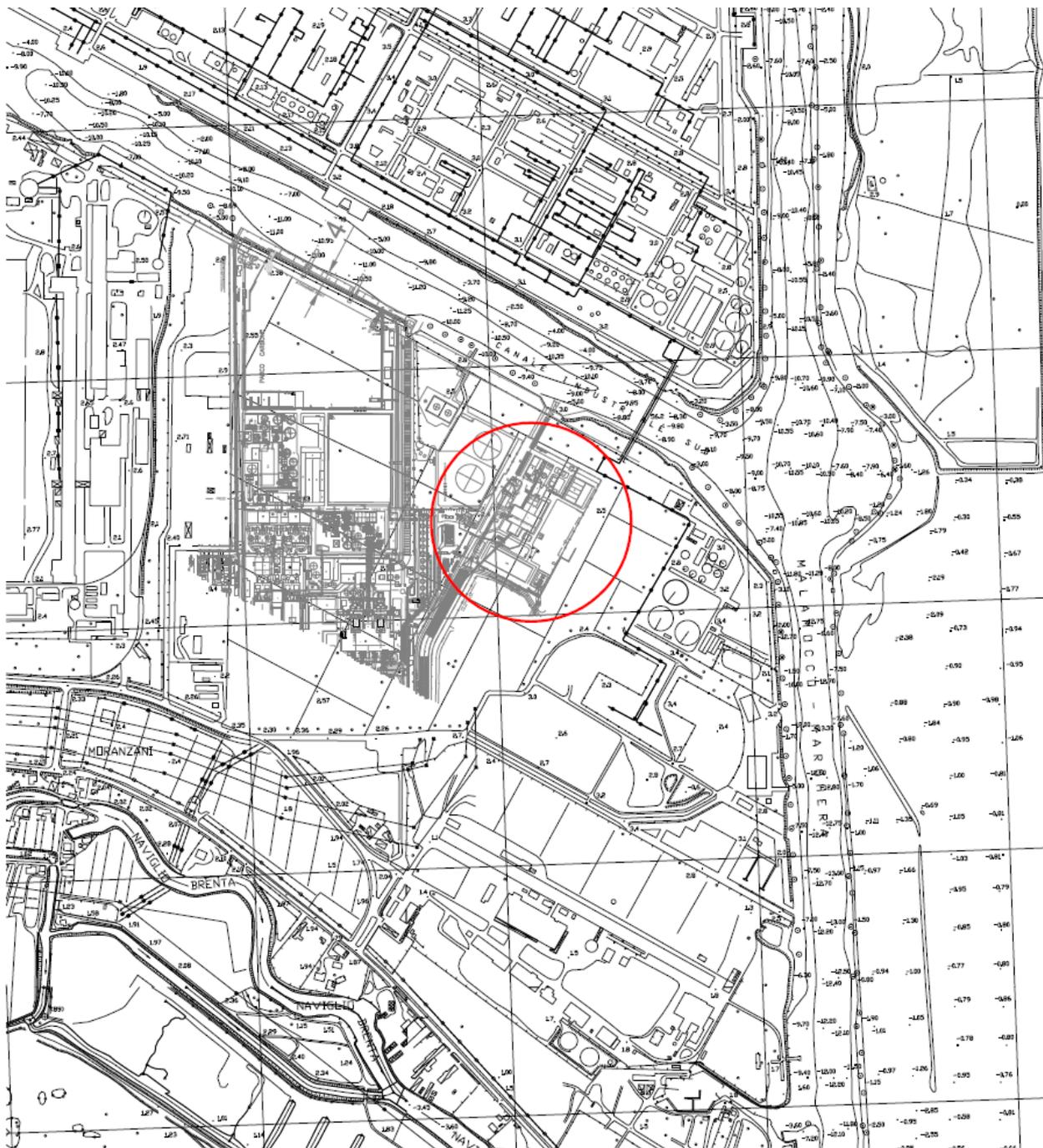


Fig. 2 – Estratto CTR 1:10.000 con ubicazione delle aree d'intervento.

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 6 of di 47

4. CENNI MORFOLOGICI E GEOLOGICI

Il sito della centrale è ubicato a margine della laguna veneta, a sud dell'abitato di Mestre – Marghera (Fig.1), ad una quota di 2.5 m s.l.m. circa. Le nuove opere da realizzare sono ubicate all'interno dell'area di centrale, in adiacenza ad altre già esistenti ed in esercizio (Fig.2).

Dal punto di vista geologico il sito è caratterizzato dalla presenza di terreni in parte originati da sedimenti di materiali alluvionali trasportati dal fiume Brenta, che anticamente sfociava in laguna proprio nella zona di Fusina, ed in parte provenienti da recenti lavori di bonifica e di colmata con materiale proveniente dal dragaggio dei canali adiacenti ed in parte con rifluimento di materiale sabbioso appositamente prelevato da cave.

Il sottosuolo, come tutto il comprensorio lagunare, è caratterizzato dalla presenza di terreni costituiti da argille, torbe, limi più o meno sabbiosi e sabbie fini. Tali terreni risultano stratificati ed intercalati tra di loro in modo estremamente eterogeneo sia in senso verticale che orizzontale.

L'area della centrale è situata tra due corsi d'acqua: il canale navigabile Industriale Sud ed il tratto terminale dell'antico alveo del Brenta.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFICA DEI TERRENI

Nel presente capitolo sono descritte le indagini geotecniche effettuate e le relazioni che hanno permesso ricostruire il modello geotecnico e stratigrafico rappresentativo dei terreni dell'area di interesse.

5.1 Indagini geotecniche

Nell'area di centrale durante le attività pregresse di progettazione e realizzazione delle varie opere sono state effettuate diverse campagne di indagini geotecniche che si sono susseguite a partire dal 1993; le indagini pregresse prese a riferimento, i risultati delle quali sono allegati alla relazione geologica e di modellazione sismica dell'impianto a progetto [4], sono riportate all'interno nella successiva Tab. I.

Tab. I – Indagini geotecniche di sito pregresse

Campagne d'indagine	Tipologia d'indagine	Nome	Profondità [m]	Prove SPT	Campioni Indisturbati	Campioni rimaneggiati
Prove di carico su pali di fondazione - anno 1993	Prove di carico su pali	-	-	-	-	-
Campagna di indagini eseguita dalla società Vicenzetto - anno 2001	CPTU	CPTU301	37	-	-	-
		CPTU302	33			
		CPTU303	30,2			
	Sondaggio geognostico	S301	35	6	5	5
S303		35	8	4	8	
Indagini e Relazione nell'ambito della riqualificazione ambientale - anno 2002	Piezometro	304	6	-	-	-
		305				
		306				
		307				
		308				

Nei mesi a cavallo tra la fine del 2019 e il 2020 è stata effettuata una specifica campagna geognostica integrativa [3]; le indagini di sito effettuate e il numero di campioni prelevato (indisturbati e rimaneggiati) sono riportati nella successiva tabella II, l'ubicazione delle indagini è riportata nella successiva Fig. 3.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 7 of di 47

Le stratigrafie dei sondaggi, compresi i risultati delle prove penetrometriche dinamiche (SPT), e i risultati delle prove penetrometriche statiche (CPTU) sono riportati rispettivamente nell'appendice B e nell'appendice C del presente documento. I risultati delle prove geofisiche (MASW) sono riportati sulla sezione stratigrafica contenuta nell'allegato D e nella relazione delle indagini [3].

Tab. II – Indagini geotecniche di sito 2019-2020

Campagne d'indagine	Tipologia d'indagine	Nome	Profondità [m]	Prove SPT	Down Hole	Campioni Indisturbati	Campioni rimaneggiati
Campagna di indagini eseguita nel 2019 nell'ambito della progettazione delle opere di fondazione di un nuovo ciclo combinato, nell'area di impianto della centrale Termoelettrica Andrea Palladio	CPTU	CPTU1	15				
		CPTU1bis	15				
		CPTU2	40	-	-	-	-
		CPTU3	40				
		CPTU4	40				
	Sondaggio geognostico	S1	40	6	1	6	10
		S2	40	1	-	6	1
	MASW	MASW 1	-	-	-	-	-
		MASW 2	-	-	-	-	-
	HVSr	HVSr1	-	-	-	-	-
		HVSr2	-	-	-	-	-
HVSr3		-	-	-	-	-	
HVSr4		-	-	-	-	-	
HVSr5		-	-	-	-	-	

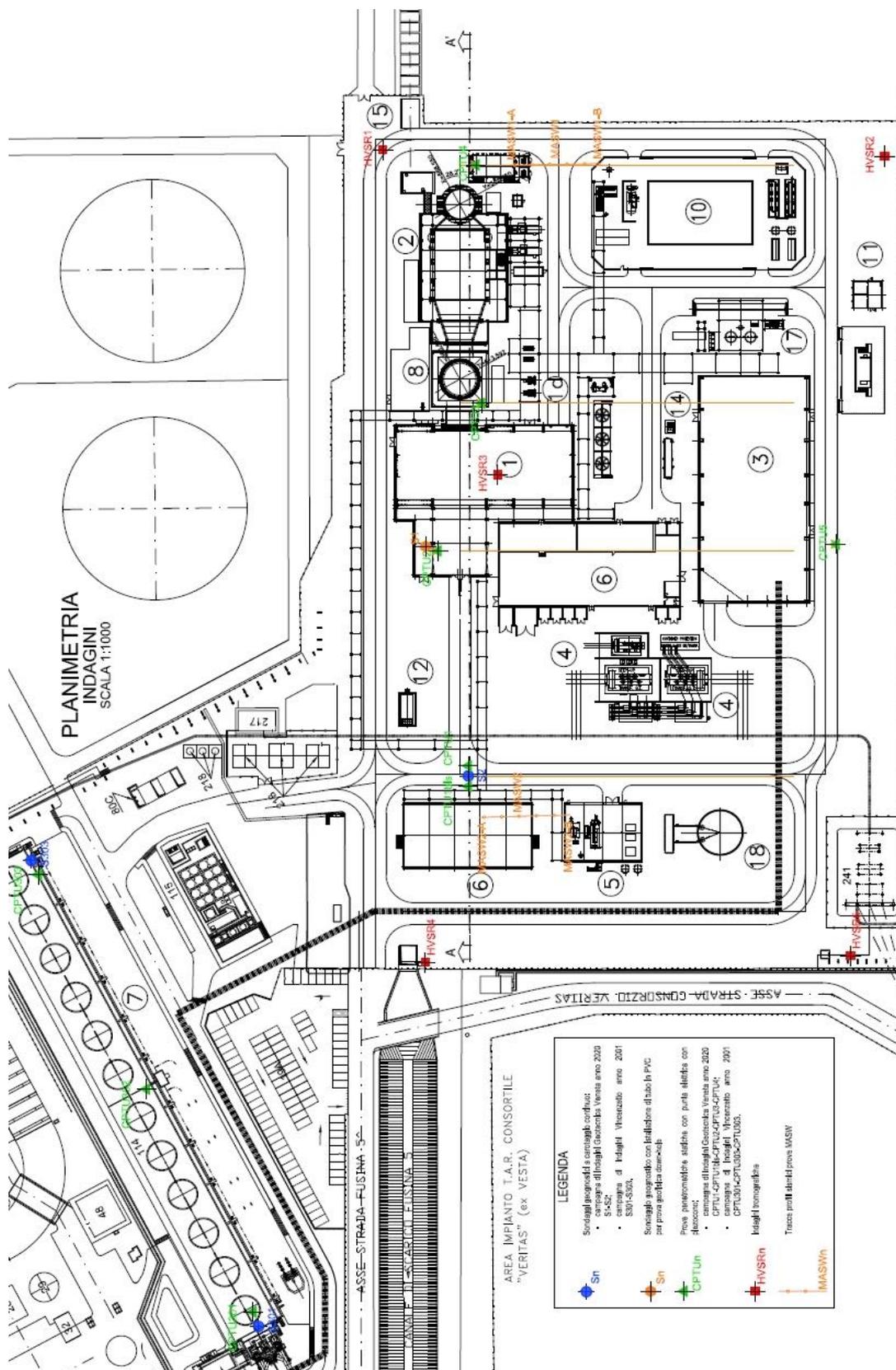


Fig. 3 – Planimetria con ubicazione delle indagini in sito.

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 9 of di 47

5.2 Interpretazione prove penetrometriche dinamiche (SPT)

L'interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche standard (SPT) ha consentito di individuare lo stato di addensamento e alcune caratteristiche meccaniche (resistenza e deformabilità) degli strati incoerenti attraversati.

Di seguito sono riportate le diverse correlazioni empiriche utilizzate:

N_{SPT}	valore dalla prova misurato direttamente in sito
$N_{60} = ER/60 N_{SPT}$	valore normalizzato della prova ad un sistema di battitura con efficienza del 60% del valore teorico dell'energia
ER (%)	valore di efficienza (il valore di ER associato al sistema <i>Donut</i> , generalmente usato in Italia è pari a 65)
$(N_1)_{60} = C_R C_N N_{60}$	valore normalizzato della resistenza (funzione della lunghezza delle aste e della profondità di esecuzione della prova)
C_R	coefficiente correttivo legato alla lunghezza delle aste dove $L = 1,5 + Z$ (m) (Fig. 4)
C_N	coefficiente correttivo legato alla profondità di esecuzione della prova (Fig. 5)

Rod length	<3 m	C_R	0.75
Rod length	3–4 m	C_R	0.8
Rod length	4–6 m	C_R	0.85
Rod length	6–10 m	C_R	0.95
Rod length	10–30 m	C_R	1.0

Fig. 4 – Fattore correttivo legato alla lunghezza delle aste.

Per la definizione delle caratteristiche di addensamento e meccaniche si è fatto riferimento alle seguenti correlazioni empiriche:

- Densità relativa: $D_R = [(N_1)_{60} / A]^{0,5}$ (1) - *Skempton, 1986*
(A variabile tra 55-65 da sabbie fini a sabbie grosse)
- Angolo di attrito: $\varphi' = a + b D_R$ (2) - *Schmertmann, 1978*
(il valore dei parametri a e b funzione della natura dei terreni riportato in Tab. III)
- Modulo di Young: $E' = a N_{60}$ (MPa) (3) - *Stroud, 1988*
(a: parametro funzione della resistenza N_{60} e del rapporto q_{net}/q_{ult} – Fig. 6)

Valori tipici del rapporto tra il modulo di Young E' e la resistenza N_{60} delle prove penetrometriche SPT sono riportati nella successiva Tab. IV (Clayton, 1993).

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 10 of di 47

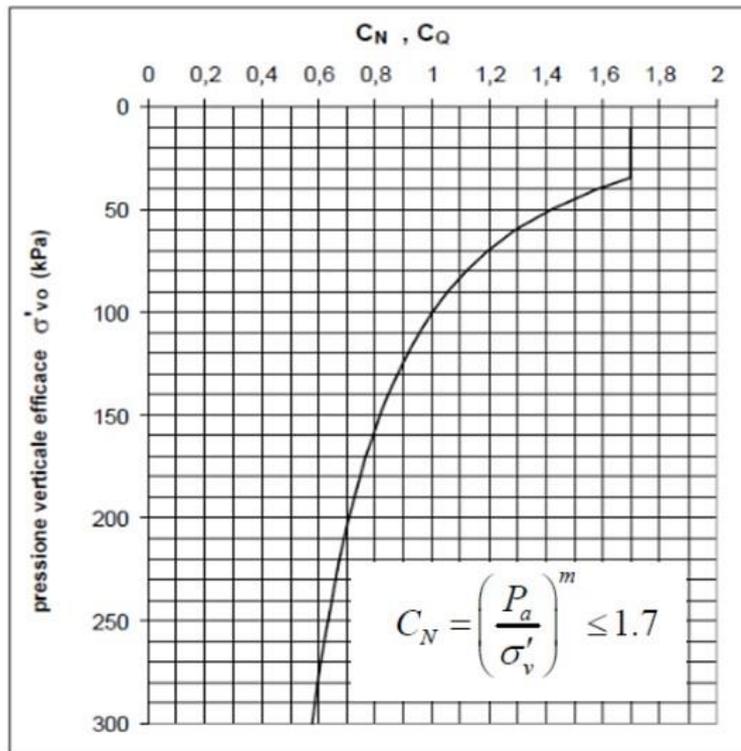


Fig. 5 – Fattore correttivo legato alla profondità di esecuzione della prova.

Tab. III – Parametri relazione di Schmertmann

Litotipo	Granulometria	a	b
1	Sabbia fine uniforme	28	0,14
2	Sabbia media uniforme Sabbie fini ben gradate	31,5	0,115
3	Sabbia grossa uniforme Sabbia media ben gradata	34,5	0,1
4	Ghiaietto uniforme Sabbie e ghiaie poco limose	38	0,08

Tab. IV – Elenco Valori tipici del modulo di Young legati ai risultati delle prove SPT (Clayton, 1993).

Penetration resistance N_{60}	E'/N_{60} (MPa)			
	Sedimentary soils: Clayton (1993)*			Residual soils [†]
	Mean	Lower limit	Upper limit	Lower limit
4	1.6–2.4	0.4–0.6	3.5–5.3	1–2
10	2.2–3.4	0.7–1.1	4.6–7.0	2–3
30	3.7–5.6	1.5–2.2	6.6–10.0	3–4
60	4.6–7.0	2.3–3.5	8.9–13.5	6–7

Notes

*Data from Burland and Burbidge (1985).

[†]Author's experience.

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 11 of di 47

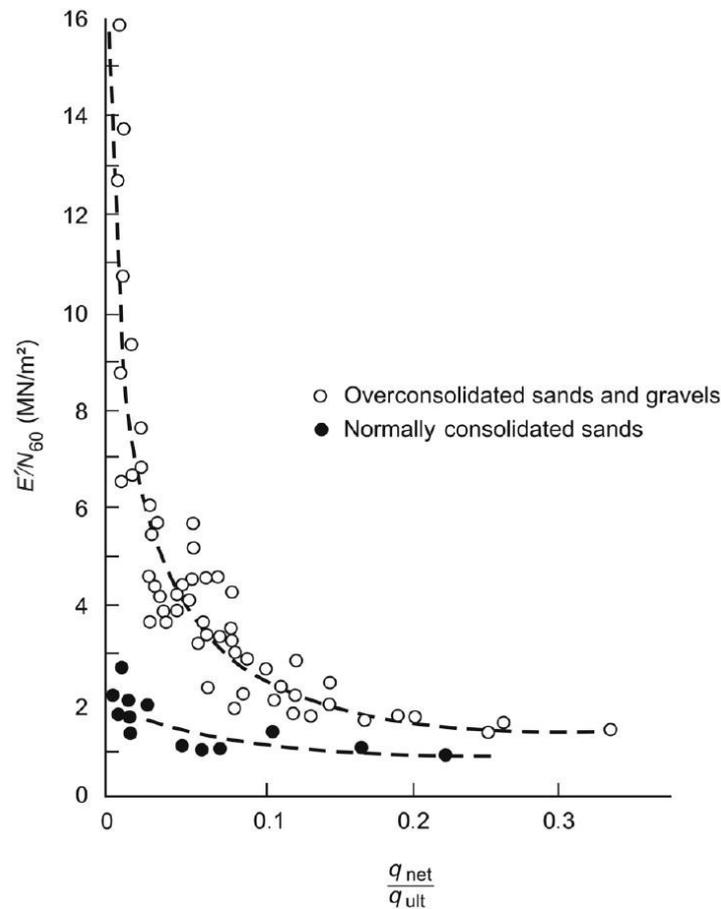


Fig. 6 – Relazione tra rigidità, resistenza alla penetrazione e grado di carico q_{net}/q_{ult} (Stroud, 1988).

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle prove SPT effettuate all'interno delle formazioni granulari rinvenute e i relativi valori di $(N_1)_{60}$ e D_r ricavati sulla base delle espressioni precedenti.

Tab. V – Risultati prove SPT e valutazione della densità relativa D_r .

Litotipo	Quota p.c.	N_{SPT}	Quota Falda	γ	σ'_{v0}	N_{60}	C_R	C_N	$(N_1)_{60}$	Dr
	(m)									
B - Sabbia limosa	9.0	4	2.0	19.5	105.5	4.0	1.00	0.97	3.9	25.5
B - Sabbia limosa	13.0	11	2.0	19.5	143.5	11.0	1.00	0.83	9.2	39.1
C - Sabbia limosa	18.0	28	2.0	19.5	191.0	28.0	1.00	0.72	20.3	58.1
C - Sabbia limosa	24.5	32	2.0	19.5	252.8	32.0	1.00	0.63	20.1	57.9
C - Sabbia limosa	28.0	32	2.0	19.5	286.0	32.0	1.00	0.59	18.9	56.2

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 12 of di 47

5.3 Interpretazione prove penetrometriche statiche (CPT)

L'interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche statiche (CPTU) ha consentito di individuare diversi parametri di resistenza e deformabilità delle formazioni coerenti ed incoerenti attraversate.

Di seguito sono riportate le diverse correlazioni empiriche utilizzate.

Terreni coesivi

- Coesione non drenata: $c_u = (q_c - \sigma_{v0}) / N_c$ (4)

dove:

q_c : resistenza di avanzamento della punta

σ_{v0} tensione verticale totale

N_c Coefficiente denominato *Fattore Cono* variabile tra 10 e 20

- Press. di preconsolidazione: $\sigma'_p = 0.305 (q_t - \sigma_{v0})$ (5) - *Chen and Mayne, 1996*

$\sigma'_p = 0,65 (q_t - \sigma_{v0}) (I_p)^{-0,23}$ (6) - *Chen and Mayne, 1996*

dove:

q_t : resistenza di avanzamento della punta

σ_{v0} tensione verticale totale

I_p indice di plasticità (in percentuale)

- Sovraconsolidazione: $OCR = 0,33 (q_t - \sigma_{v0}) / \sigma'_{v0}$ (7) - *Mayne, 2003*

- Modulo tangente: può essere determinata sulla base della correlazione proposta *Duncan and Buchignani (1976)*

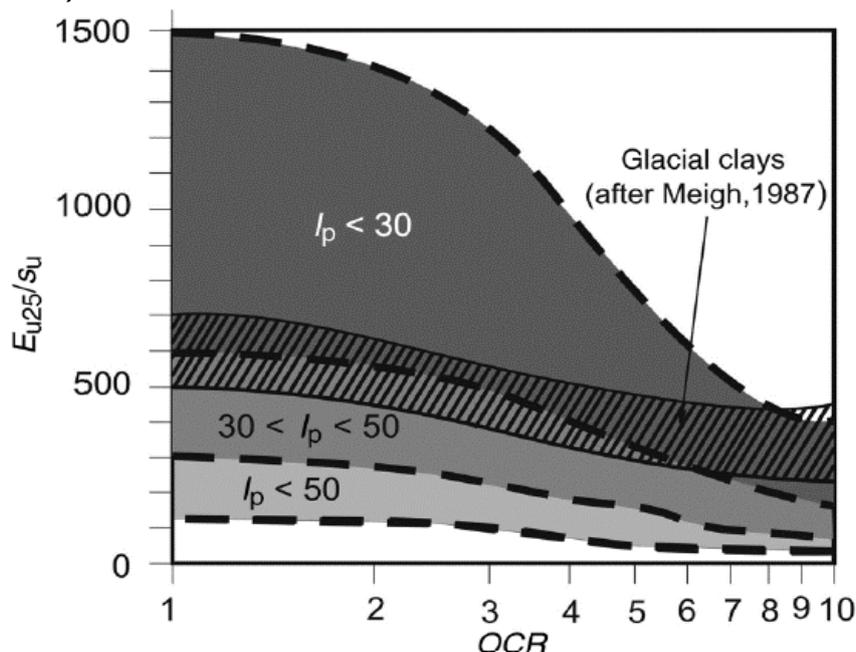


Fig. 7 - Relazione tra rigidezza e deformabilità (Duncan and Buchignani, 1976).

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 13 of di 47

- Modulo edometrico: $M = \alpha q_c$ (8) - Mitchel & Gardner, 1975

$$M = \frac{1}{m_v} = \frac{2,3 \cdot (1+e) \cdot \sigma'_v}{C_c} = \alpha \cdot q_c$$

Argille di bassa plasticità (CL)	$q_c < 0,7$ MPa $0,7 < q_c < 2,0$ MPa $q_c > 2,0$ MPa	$3 < \alpha < 8$ $2 < \alpha < 5$ $1 < \alpha < 2,5$
Limi di bassa plasticità (ML)	$q_c < 2,0$ MPa $q_c > 2,0$ MPa	$3 < \alpha < 6$ $1 < \alpha < 3$
Argille e limi di elevata plasticità (CH, MH)	$q_c < 2,0$ MPa	$2 < \alpha < 6$
Limi organici (OL)	$q_c < 1,2$ MPa	$2 < \alpha < 8$
Torbe e argille organiche (Pt, OH)	$q_c < 0,7$ MPa $50 < w^* < 100$ $100 < w < 200$ $w > 200$	$1,5 < \alpha < 4$ $1 < \alpha < 1,5$ $0,4 < \alpha < 1$

*w = contenuto in acqua (%)

Terreni incoerenti

- Densità relativa: $D_R = 68 [\text{LOG}(q_c / (\text{Pa } \sigma'_{v0})^{0,5}) - 1]$ (9) - Jamiolkowski 1988

dove:

q_c : resistenza di avanzamento della punta (kPa)
 σ'_{v0} : tensione verticale efficace in sito espressa (kPa)
Pa: pressione atmosferica

- Angolo di attrito $\phi' = \arctan [0,1 + 0,38 \log(q_t / \sigma'_{v0})]$ (10) - Mayne, 2006

dove:

q_t : resistenza di avanzamento della punta
 σ'_{v0} : tensione verticale efficace

- Angolo di attrito $\phi' = 14,4 + 4,8 \ln q_t - 4,5 \ln \sigma'_{v0}$ (11) - Durgunoglu & Mitchell 1975

dove:

q_t : resistenza di avanzamento della punta (kPa)
 σ'_{v0} : tensione verticale efficace (kPa)

- Modulo di Young: $E = A (q_c / q_0)^{0,5}$ (12) - Denver 1982

dove:

q_c : resistenza di avanzamento della punta
 q_0 : 1 MPa
A = 8 MPa costante compresa tra 0,75 e 1,25

- Modulo di taglio secante: $G_{sec} = (C_q q_c) / (1 + \nu)$ (13) - Kulhawy and Mayne 1990

dove:

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 14 of di 47

q_c : resistenza di avanzamento della punta
 C_q costante compresa tra 0,75 e 1,25

- **Modulo di taglio massimo:** $G_{max} = 1634 (q_c)^{0,25} (\sigma'_{v0})^{0,375}$ (14) - FHWA 2002

dove:

q_c : resistenza di avanzamento della punta
 σ'_{v0} tensione verticale efficace

5.4 Risultati prove geotecniche di laboratorio

L'elenco delle prove geotecniche effettuate sui campioni indisturbati e rimaneggiati e i relativi risultati sono contenuti in due tabelle riportate nell'Appendice A. I certificati delle prove di laboratorio sono contenuti nel rapporto delle indagini geotecniche e geofisiche [3].

5.5 Definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici

La sezione stratigrafica dell'area, riportate nell'Appendice D, è stata ricostruite sulla base degli elementi di conoscenza acquisiti nel corso delle recenti indagini geotecniche di sito [3] e durante i vecchi studi [7].

Per la determinazione dei parametri geotecnici e la ricostruzione del modello geotecnico di calcolo dei terreni di fondazione, oltre a quanto ripreso negli studi pregressi, si è fatto riferimento ai risultati delle prove geotecniche di sito (SPT, CPT e Down-Hole), interpretate sulla base delle relazioni riportate ai precedenti punti 5.2 e 5.3, e ai risultati delle prove geotecniche di laboratorio. L'esame delle singole stratigrafie e delle prove CPTU ha evidenziato che la successione stratigrafica locale è quanto mai variabile, poiché si riscontrano a breve distanza planoaltimetrica significative variazioni litologiche, con passaggi da depositi preminentemente coesivi fini a depositi sabbioso limosi.

Va inoltre sottolineato che anche quando viene individuata la predominanza o di un litotipo incoerente o di un litotipo coesivo, l'insieme del deposito è comunque costituito da una miscela delle differenti frazioni granulometriche che si intercalano in sottili livelli centimetrici o decimetrici. Dovendo giungere comunque ad una schematizzazione stratigrafica sufficientemente univoca dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica la suddivisione in livelli geotecnici è stata eseguita dando maggior peso ai risultati delle prove penetrometriche.

Nell'area di interesse, dall'alto verso il basso, è stata in qualche modo individuata la seguente successione stratigrafica:

Riporto antropico: è costituito da limo sabbioso con elementi ghiaia e ghiaia debolmente sabbiosa con peso di volume medio γ pari a 19 kN/m³. Lo spessore dello strato varia da 1 a 3 m circa; considerato il modesto valore dello suo spessore, lo strato in questione non è rilevante ai fini della definizione del modello geotecnico.

Riempimento con calcestruzzo frantumato: in alcune zone dell'area di interesse è previsto che gli scavi da effettuare per la demolizione delle opere interrato, che interagirebbero con le fondazioni dell'impianto a progetto, verranno riempiti con calcestruzzo frantumato non compattato con fuso granulometrico assimilabile a quello di un terreno A1 (con percentuale ; la profondità dei da limo sabbioso con elementi ghiaia e ghiaia debolmente sabbiosa con peso di volume medio γ pari a 19 kN/m³. Lo spessore dello strato varia da 1 a 3 m circa; considerato il modesto valore dello suo spessore, lo strato in questione non è rilevante ai fini della definizione del modello geotecnico.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 15 of di 47

Strato A: costituito prevalentemente da limi argillosi con frequenti, sottili intercalazioni limoso-sabbiose e sabbiose con, a luoghi, presenza di sostanza organica e noduletti calcarei.

Lo strato, presente su tutta l'area in esame, dal letto dei riporti fino alla profondità di 6÷8 m dal p.c., è caratterizzato da una resistenza minima alla punta del penetrometro statico q_c pari a 0,3 MPa e una resistenza media q_c pari a 0,6 MPa.

Il materiale è granulometricamente classificabile come "limo argilloso" con peso di volume medio γ pari 18,5 kN/m³, contenuto d'acqua naturale $W=38-46$ %, limite liquido $W_L=40$ %, indice di plasticità $I_p=7$ % e indice di consistenza $I_c=0,62$.

Sulla base dei valori degli indici di consistenza tali terreni risultano compresi tra i materiali classificabili come "limi inorganici di media compressibilità".

La resistenza al taglio non drenata c_u , determinata dai risultati delle prove penetrometriche CPTU mediante la relazione (4), utilizzando un coefficiente N_c pari a 16, è circa pari a 35 kPa.

Le caratteristiche di deformabilità ricavate dalle prove di laboratorio, hanno fornito un indice di compressione C_c pari 0,216 e un indice di ricomprensione C_s pari 0,028. Il valore del grado di sovraconsolidazione OCR, ricavato sia dalle prove di laboratorio che dalle prove penetrometriche CPTU (relazioni (7) di *Mayne, 2003*), è circa pari a 2,5.

Il modulo edometrico M è stato ricavato dalla relazione empirica (8) proposta da *Mitchel & Gardner (1975)*; assumendo per le argille in questione un valore di $\alpha=4,5$, al valore medio di q_c di 0,6 MPa corrisponde un valore del modulo edometrico $M=2,7$ MPa.

Il modulo non drenato E_u è stato ricavato dalla relazione empirica proposta da *Duncan end Buchigani (1976)* (Figura 7); ad un valore di $OCR=2$ e ad un indice di plasticità inferiore a 30 corrisponde un rapporto E_u/c_u di circa 600, che per un valore di c_u pari a 36 kPa fornisce un valore del modulo non drenato $E_u=20$ MPa.

Strato B: costituito da sabbia fine limosa con frequenti intercalazioni di lenti limo-sabbiose di spessore dell'ordine del metro. Lo strato, presente su tutta l'area in esame, dai 6÷8 m ai 20÷22 m dal p.c., è caratterizzato da una resistenza alla punta q_c del penetrometro statico generalmente compresa tra 4 e 10 MPa, con un valore medio pari a 8 MPa.

Il peso di volume medio stimato $\gamma=19$ kN/m³.

La densità relativa D_R è stata valutata sulla base della relazione (9) proposta da *Jamiolkowski (1988)*, che lega la D_R alla resistenza q_c all'avanzamento della punta del penetrometro statico; il valore medio della densità relativa associato allo strato è circa pari al 60%; a tali valori di densità corrisponde uno stato d'addensamento "mediamente denso".

Il valore della resistenza al taglio è stata stimato per mezzo della relazione (11) proposta da *Durgunoglu & Mitchell (1975)*, che lega il valore dell'angolo di attrito ϕ' alla resistenza q_c della prova CPT; in base ai risultati delle suddette relazioni il valore dell'angolo di attrito associato allo strato è compreso tra 33° e 36°.

Il modulo di taglio secante G_{sec} è stato ricavato dalla relazione (13) proposta da *Kulhawy and Mayne 1990*; assumendo per il coefficiente C_q il valore medio pari a 1, a valori della q_c compresi tra 5 e 10 MPa corrisponde un modulo G_{sec} compreso tra 4 e 8 MPa ed un modulo di Young secante E'_{sec} compreso tra 10 e 20 MPa.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 16 of di 47

Strato C: lenti maggiormente coesive di natura limosa, dell'ordine del metro di spessore, rinvenute all'interno dello strato B (tra gli 11 e i 12 m da p.c. nella CPTU2, nella CPTU3 e nella CPTU5 e tra i 16 e i 17 m da p.c. nella CPTU3 e nella CPTU4) e caratterizzate da una resistenza media alla punta del penetrometro statico q_c pari a 1 MPa.

Nella definizione del modello geotecnico l'unità C è stata cautelativamente assunta come un'unica lente di 2 m di spessore, compresa tra i 13 m e i 15 m di profondità dal p.c.

Il peso di volume medio stimato è $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$.

La resistenza al taglio non drenata c_u , determinata dalle prove penetrometriche CPTU, utilizzando la relazione (4), è pari a 45 kPa.

Il modulo edometrico M è stato ricavato dalla relazione empirica (8) proposta da *Mitchel & Gardner* (1975); assumendo per le argille in questione un valore di $\alpha = 4,5$, al valore medio di q_c di 1 MPa corrisponde un valore del modulo edometrico $M = 4,5 \text{ MPa}$.

Il modulonon drenato E_u è stato ricavato dalla relazione empirica proposta da *Duncan & Buchigani* (1976) (Figura 7); assumendo per lo strato un valore di $OCR = 1$ e ad un indice di plasticità inferiore a 30 si ottiene un rapporto E_u/c_u di circa 600, che per un valore di c_u pari a 45 kPa fornisce un valore del modulo non drenato $E_u = 25 \text{ MPa}$.

Strato D: è costituito da limi con argilla, con presenza di livelletti centimetrici limoso sabbiosi e torbosi.

Lo strato non è presente su tutta l'area in esame: tra la CPT1 e la CPT3 è stato rinvenuto dai 20÷22 ai 23÷25 m dal p.c., con spessore massimo di 3 m circa. In corrispondenza della CPTU4 lo strato non è stato rinvenuto.

Dove presente lo strato è caratterizzato da una resistenza alla punta q_c del penetrometro statico generalmente compresa tra 1 e 2 MPa, con un valore medio pari a 1,3 MPa.

In base ai risultati delle prove di laboratorio effettuate, il materiale è granulometricamente classificabile come "limo con argilla" con peso di volume medio $\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$, contenuto d'acqua naturale $W=30\%$, limite liquido medio $W_L= 46\%$, indice di plasticità medio $I_p= 22 \%$, indice di consistenza $I_c = 0,73$.

La resistenza al taglio in termini di tensioni totali, determinata dalle prove di laboratorio, è caratterizzata da una coesione non drenata c_u pari a 72 kPa.

La resistenza al taglio non drenata c_u , determinata dalle prove penetrometriche CPTU, utilizzando la relazione (4) riportata al precedente punto 5.3, varia tra 50 e 100 MPa.

La resistenza al taglio in termini di tensioni efficaci, determinata dalle prove di laboratorio è caratterizzata da un angolo di attrito $\phi' = 28,4^\circ$ e da una coesione $c' = 13,8 \text{ MPa}$.

Per quanto attiene alle caratteristiche di deformabilità ed alla storia dello stato tensionale, l'indice di compressione $C_c = 0,178$, l'indice di ricomprensione $C_r = 0,028$, l'OCR è circa pari a 2.

Sulla base della relazione empirica proposta da *Duncan end Buchigani* (1976) (Figura 7), ad un valore di $OCR = 2$ e ad un indice di plasticità pari a 22 corrisponde un rapporto E_u/c_u di circa 600, che per un valore di c_u pari a 72 kPa fornisce un valore del modulo non drenato $E_u = 40 \text{ MPa}$.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 17 of di 47

Il modulo di taglio massimo G_0 è stato determinato sulla base della velocità di propagazione delle onde di taglio; a valori della v_s dell'ordine dei 250 m/s corrisponde un modulo G_0 pari a 120 MPa.

Strato E: caratterizzato da un'alternanza di lenti di sabbia fine (E_1) e lenti di limo con argilla (E_2). Lo strato è stato rinvenuto dai 23÷25 m da p.c., tra la CPT1 e la CPT3, e dai 20 da p.c., in corrispondenza della CPTU4, fino alla massima profondità investigata di 40m.

La resistenza alla punta del penetrometro statico q_c è mediamente compresa tra 4 a 10 MPa nelle lenti sabbiose (E_1) e tra 1,5 e 2 MPa, nei livelli coesivi.

Nella definizione del modello geotecnico di calcolo l'unità E è stata suddivisa in modo netto nelle due facies: quella più sabbiosa (E_1) è stata concentrata nella parte superiore, quella più coesiva (E_2) nella parte inferiore; lo spessore assunto per il livello coesivo è stato ricavato dall'osservazione dell'andamento della q_c delle varie prove CPTU effettuate sommando le lunghezze dei tratti che attraversano i vari livelli coesivi; cautelativamente si è fatto riferimento alla CPTU5 dove è stato rinvenuto il maggior numero di lenti coesive il cui spessore totale è circa pari a 8 m.

Il peso di volume medio assunto per lo strato è $\gamma = 20$ kN/m.

Strato E_1

La densità relativa D_R dei livelli incoerenti è stata valutata sulla base della relazione (1) proposta da *Jamiolkowski (1988)*; in base ai risultati della suddetta relazione il valore della densità relativa è compreso tra il 40 e il 60 %; a tali valori di densità corrisponde uno stato d'addensamento "mediamente denso".

Il valore della resistenza al taglio è stata stimato per mezzo della relazione (11) proposta da *Durgunoglu & Mitchell (1975)*; in base ai risultati della suddetta relazioni il valore dell'angolo di attrito associato allo strato è compreso tra 32° e 35°.

Il modulo di taglio secante G_{sec} è stato ricavato dalla relazione (13) proposta da *Kulhawy and Mayne 1990*; ad un valore della q_c compreso tra 5 e 10 MPa corrisponde un modulo G_{sec} compreso tra 4 e 8 MPa ed un modulo di Young secante $E'_{sec} = 10-30$ MPa.

Strato E_2

La resistenza media al taglio non drenata c_u dei livelli coesivi, determinata sulla base della relazione (4), è pari a 70 kPa.

Il modulo di taglio massimo G_{max} è stato determinato dalla relazione (14) - *FHWA 2002*; a valori della q_c compresi tra 5 e 15 MPa corrisponde un modulo G_{MAX} compreso tra 110 e 145 MPa. Il modulo non drenato E_u è stato ricavato dalla relazione empirica proposta da *Duncan & Buchigani (1976)* (Figura 7); ad un valore di $OCR = 1$ e ad un indice di plasticità inferiore a 30 corrisponde un rapporto E_u/c_u di circa 600, che per un valore medio della c_u pari a 70 kPa fornisce un valore medio del modulo non drenato E_u pari a 15 MPa. Il modulo edometrico M è stato ricavato dalla relazione empirica (8) proposta da *Mitchel & Gardner (1975)*; assumendo per le argille in questione un valore di $\alpha = 4,5$, al valore medio di q_c di 1,3 MPa corrisponde un valore del modulo edometrico $M = 8$ MPa.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 18 of di 47

Il modulo di taglio massimo G_0 è stato determinato anche sulla base della velocità di propagazione delle onde di taglio; a valori della v_s compresi tra 260 e 300 m/s corrisponde un modulo G_0 compreso tra 120 e 180 MPa.

5.6 Livello della falda

Sulla base della documentazione disponibile e delle misure effettuate nel mese di febbraio 2021 il livello della falda è situato ad una profondità compresa tra 1,5 e 2 m dal p.c. con possibili risalite fino 1,25 m da p.c. Per le verifiche la quota di progetto della falda è stata assunta a 1,5 m da piano campagna.

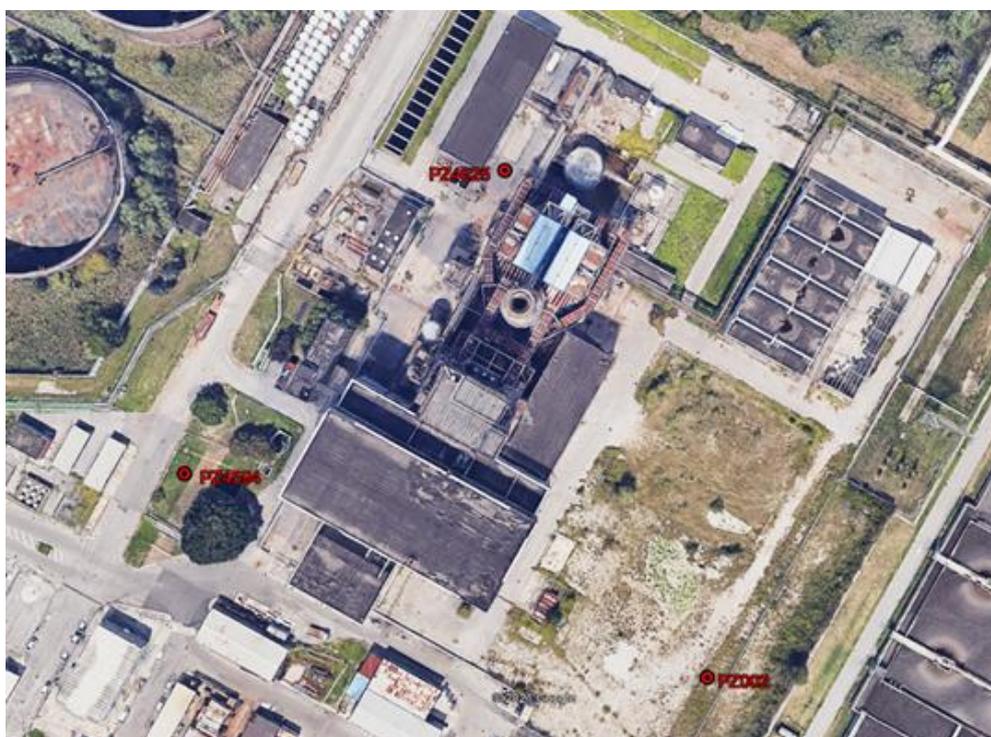


Fig. 8 – Ubicazione piezometri.

Nella seguente tabella è riportata la profondità della falda da p.c. rinvenuta nella campagna di letture effettuata nel mese di febbraio 2021.

Piezometro	Profondità falda da p.c. (m)
PZ 4594	1,52
PZ 0002	1,82
PZ4525	1,25

6. MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO

Il modello geotecnico di progetto, riportato nella successiva Fig. 9, è stato ricostruito sulla base dell'interpretazione delle prove di sito e laboratorio recenti [3] e pregresse [7] e sulla base della sezione geologica riportata nell'appendice D.

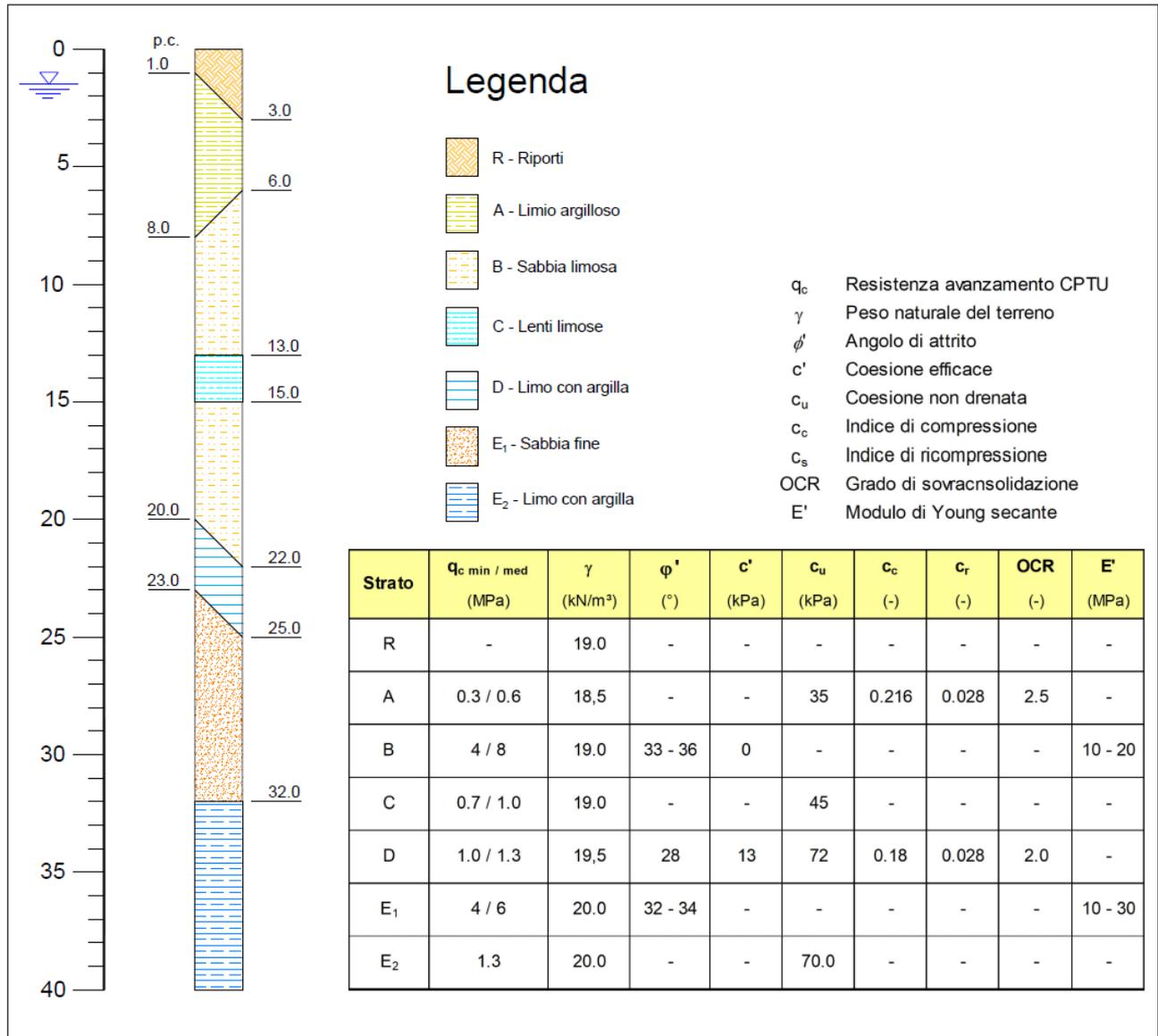


Fig. 9 – Modello geotecnico di progetto.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 20 of di 47

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI

7.1 Definizione dell'input sismico

La caratterizzazione sismica dei terreni è riportata all'interno della Relazione Geologica e di Modellazione Sismica [4].

Facendo riferimento al dato sperimentale ottenuto dalle prove MASW e Down Hole, prese come riferimento per la misura diretta della V_s nel sottosuolo ($231 < V_{seq} < 244,82 \text{ m/s}$), al terreno di fondazione può essere assegnata la **categoria C**: "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s"

Dal punto di vista topografico, invece, l'area in esame è classificabile nella **categoria T1**: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

Per la definizione dell'input sismico è stata effettuata una specifica analisi di risposta sismica locale basata su modelli mono-dimensionali di propagazione dell'input sismico. I dettagli dello studio sono contenuti nella Relazione Geologica e di Modellazione Sismica [4]. Gli spettri di input dei 7 accelerogrammi naturali utilizzati nelle analisi dinamiche, riferiti ad un affioramento rigido di superficie (Outcrop - Suolo di Categoria A - NTC18), sono riportati nella Fig. 10; nella stessa figura è riportato anche lo spettro medio dei 7 accelerogrammi selezionati.

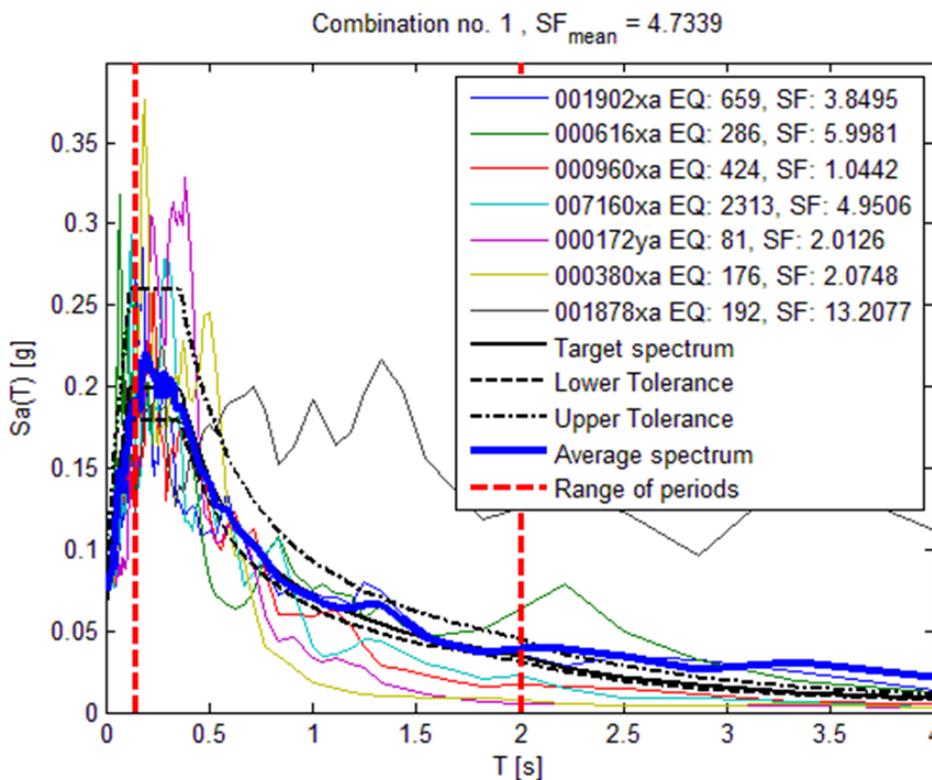


Fig. 10 – Spettri unitari degli accelerogrammi considerati.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document <i>Documento n.</i> PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21 Sheet 21 of <i>Pagina</i> <i>di</i> 47

Lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL effettuato è riportato nella successiva Fig.11; nella stessa figura sono riportati anche gli spettri relativi al metodo semplificati di RSL proposto dalle NTC18. Come si può notare lo spettro ricade tutto al disotto di quello relativo allo spettro di un suolo C e ad una struttura con classe d'uso 2 ($C_u=2$).

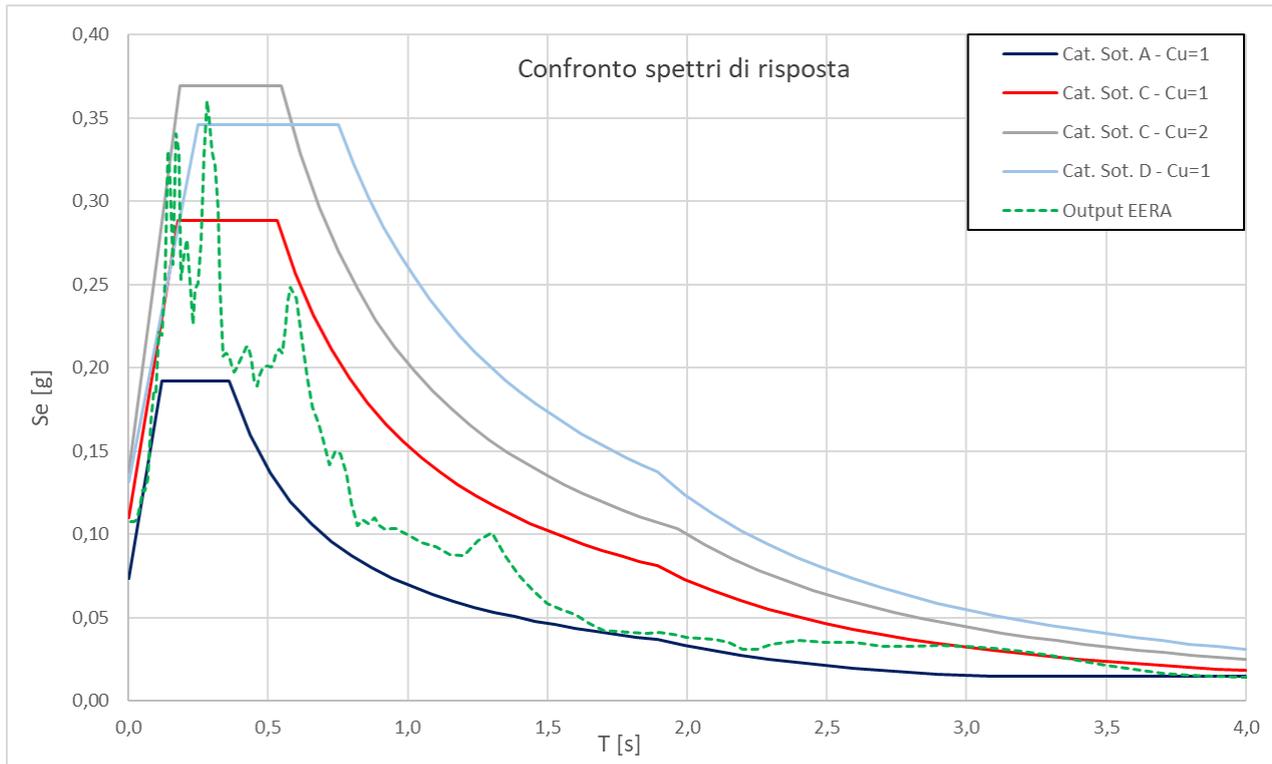


Fig. 11 – Spettri di risposta in accelerazione da RSL e spettri di risposta NTC

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 22 of di 47

8. PALI DI FONDAZIONE

8.1 Generalità

In relazione alla natura del terreno presente nel sito, ai carichi e alle caratteristiche di funzionalità delle strutture principali, sono state previste fondazioni di tipo profondo costituite da pali dislocanti gettati in opera (FDP); le fondazioni profonde, oltre a garantire la stabilità del complesso fondazione-terreno e a minimizzare i cedimenti assoluti e differenziali, consentono di evitare o ridurre l'aggottamento della falda. Per quanto riguarda la tipologia di palo adottata si è ritenuto opportuno impiegare dei pali del tipo dislocanti in quanto, oltre a migliorare lo stato di addensamento dei terreni, gli stessi consentono di ridurre notevolmente il quantitativo di terreno di risulta delle trivellazioni.

I pali da impiegare hanno un diametro di 600 mm e saranno spinti fino alle profondità di 19 m e 25 m dal p.c.

Nel seguito del capitolo viene determinata la capacità portante e le curve di carico-cedimento nei confronti dei carichi assiali (compressione e trazione) e dei carichi trasversali.

8.2 Comportamento del palo nei confronti dei carichi assiali

Nel seguito si riportano i criteri di calcolo adottati per la stima della capacità portante del singolo palo di fondazione soggetto a carichi assiali di compressione e di trazione.

Il calcolo, finalizzato alla verifica agli SLU, è stato condotto con riferimento a quanto riportato al punto 6.4.3.1 delle NTC18 secondo l'approccio 2 con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali delle Tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI delle NTC18 di seguito riportate.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 24 of di 47

Per la determinazione della resistenza di calcolo della base ($R_{b,cal}$) e della superficie laterale ($R_{s,cal}$) del palo sono state utilizzate delle relazioni riprese dal testo *Fondazioni* di Carlo Viggiani [8] che legano il valore della q_c , ricavato dalle prove penetrometriche statiche CPTU, alla resistenza unitaria q_s alla base del palo e alla resistenza tangenziale unitaria q_s lungo la superficie laterale del palo:

$$q_b = q_c \quad \text{resistenza unitaria alla base del palo}$$

$$q_s = R_{s,cal} = \alpha_q q_c \quad \text{resistenza tangenziale unitaria sulla superficie laterale del palo}$$

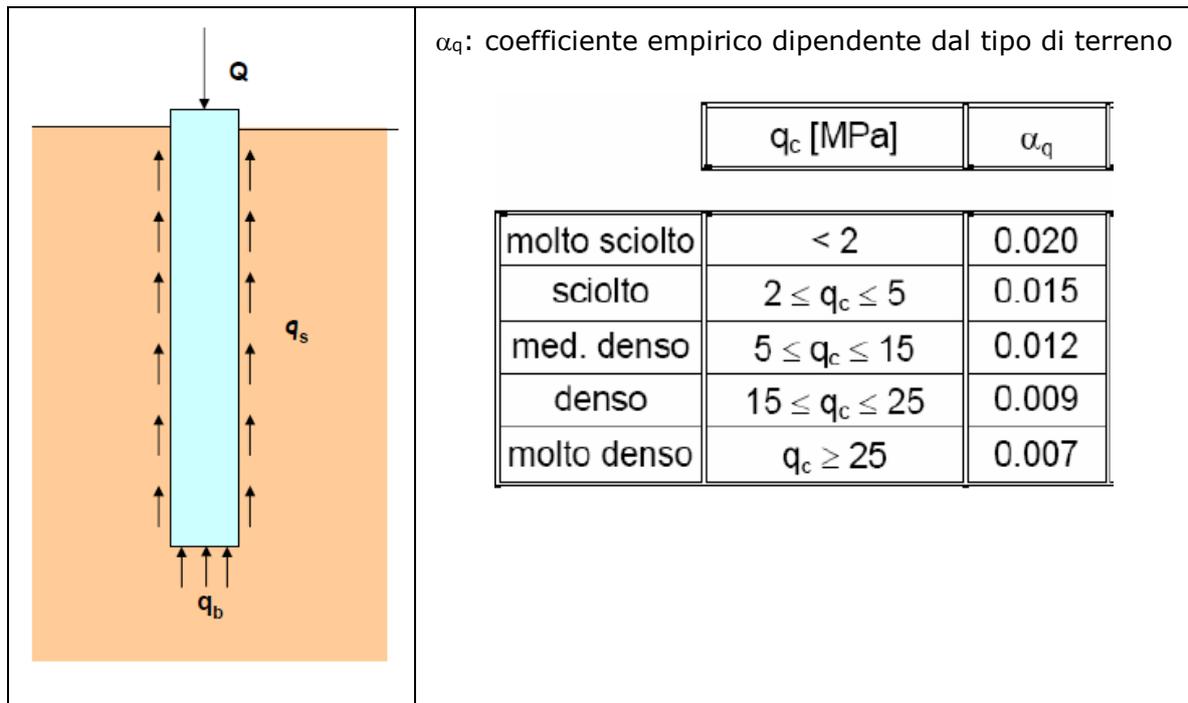
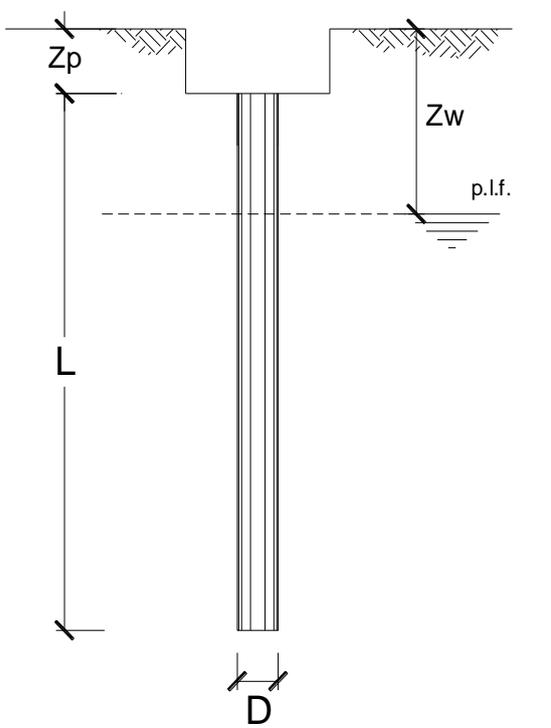


Fig. 12 – Schema di calcolo

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 26 of di 47

Capacità portante SLU palo 25 M (A1-M1-R3)

600	Diametro palo	
22	Lunghezza palo	
2,5	Distanza testa palo dal p.c.	
1,5	Distanza della falda dal p.c.	
0,283	Area palo	
1,885	Perimetro palo	
93	Peso sommerso del palo	
Approccio 2 (A1+M1+R3)		
γ_b	1,15	Coefficients R (Tab. 6.4.II - NTC18)
γ_s	1,15	
γ_{st}	1,25	
Verticali di indagine		5
ξ_3	1,5	Fattori di correzione ξ (Tab. 6.4.IV - NTC18)
ξ_4	1,34	

Nel calcolo della capacità portante è stata considerato il contributo della resistenza del terreno a partire da 3,0 m dal p.c. fino alla massima profondità del palo di 25 m. Il valore della capacità portante del palo tiene conto anche del peso sommerso del palo moltiplicato per il relativo coefficiente parziali per le azioni (pari a 1,3 per la condizione statiche e a 1 per la condizione sismica - Tab. 6.2.I NTC18).

Strato	Tipo di terreno	Spessore (m)	q_c (MPa)		α_q		q_s (kPa)		$R_{s,i}$ (kPa)		R_b (kPa)	
			med	min	med	min	med	min	med	min	med	min
A	Limi argillosi	5	0,6	0,3	0,02	0,02	12	6	113	57		
B	Sabbia limosa	5	8	4	0,012	0,015	96	60	905	565		
C	Lente limosa	2	1	0,7	0,02	0,02	20	14	75	53		
B	Sabbia limosa	5	8	4	0,012	0,015	96	60	905	565		
D	Limo con argilla	3	1,3	1	0,02	0,02	26	20	147	113		
E	Sabbia fine	2	6	4	0,012	0,015	72	60	271	226		
Ipotesi punta nello strato E			6	3							1696	848

Capacità portante di progetto del palo singolo in condizioni statiche (compreso il peso proprio del palo)	Compressione		Trazione	
	$R_{c,d}$ (kN)		$R_{t,d}$ (kN)	
	Statica	Sismica	Statica e Sismica	
	1455	1484	1042	

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 27 of di 47

La capacità portante di progetto nei confronti delle azioni di compressione e trazione è stata determinata anche per mezzo del programma di calcolo **APILE** sviluppato dalla **Ensoft Inc**, Austin, Texas; il software in questione, oltre alla capacità portante, permette di determinare le curve carico cedimento per le azioni di compressione e di trazione.

Il programma richiede la caratterizzazione geomeccanica dei terreni di fondazione e le caratteristiche geometriche del palo. Il valore del modulo di Young per il calcestruzzo del palo con classe di resistenza C35/45 è pari a 34000 MPa.

Per calcolare la capacità portante di progetto i coefficienti parziali γ (Tab. 6.4.II delle NTC18) e ξ (Tab. 6.4.IV delle NTC18) sono stati introdotti direttamente nel programma di calcolo per ridurre la sia resistenza laterale che la resistenza di base.

L'andamento della capacità portante di compressione e di trazione in funzione della lunghezza del palo è riportata rispettivamente nelle successive figure 13 e 14 (la capacità portante determinata fa riferimento ai valori medi dei parametri di resistenza).

Le curve carico cedimento per i pali da 19 m e da 25 m sono riportate nelle figure 15 e 16.

Dalle curve carico cedimento è stato possibile ricavare anche il valore della rigidità assiale statica dei pali relativa ad un valore di carico pari a 600 kN:

Palo 19 m: $k_v = 350.000 \text{ kN/m}$

Palo 25 m: $k_v = 380.000 \text{ kN/m}$

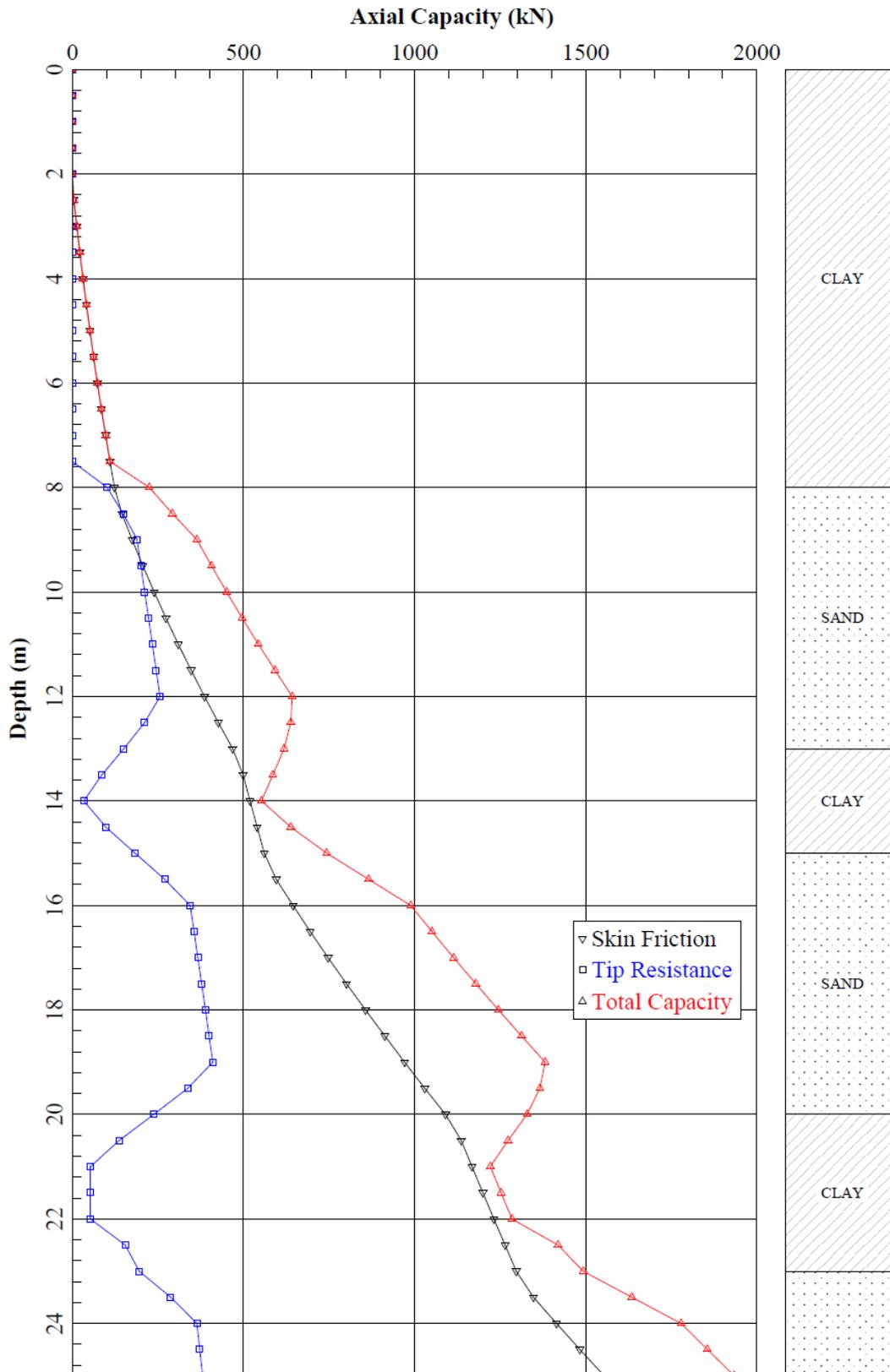


Fig. 13 - Andamento Capacità portante compressione - Lunghezza del palo (escluso peso proprio del palo)

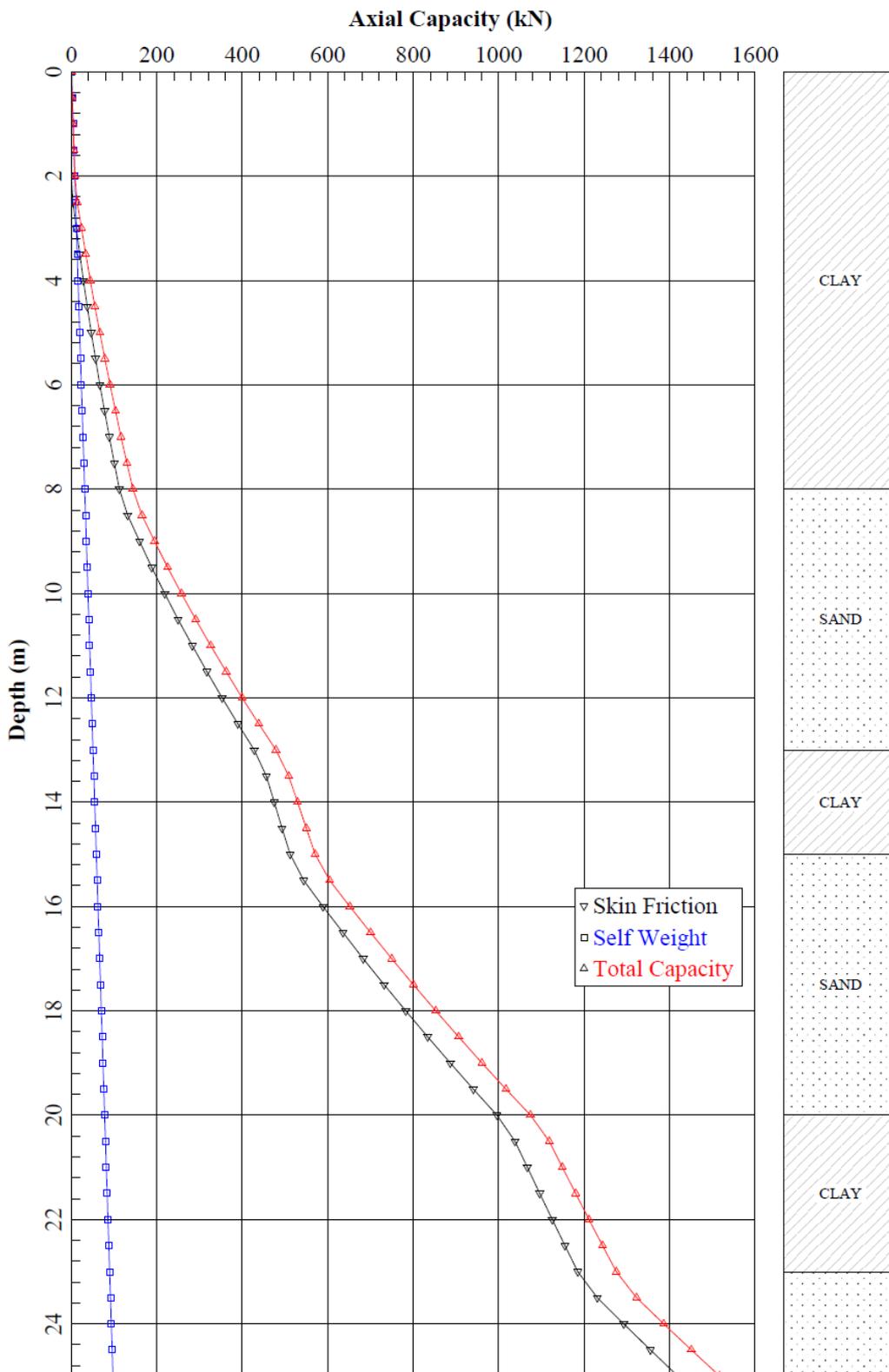


Fig. 14 - Andamento Capacità portante trazione - Lunghezza del palo

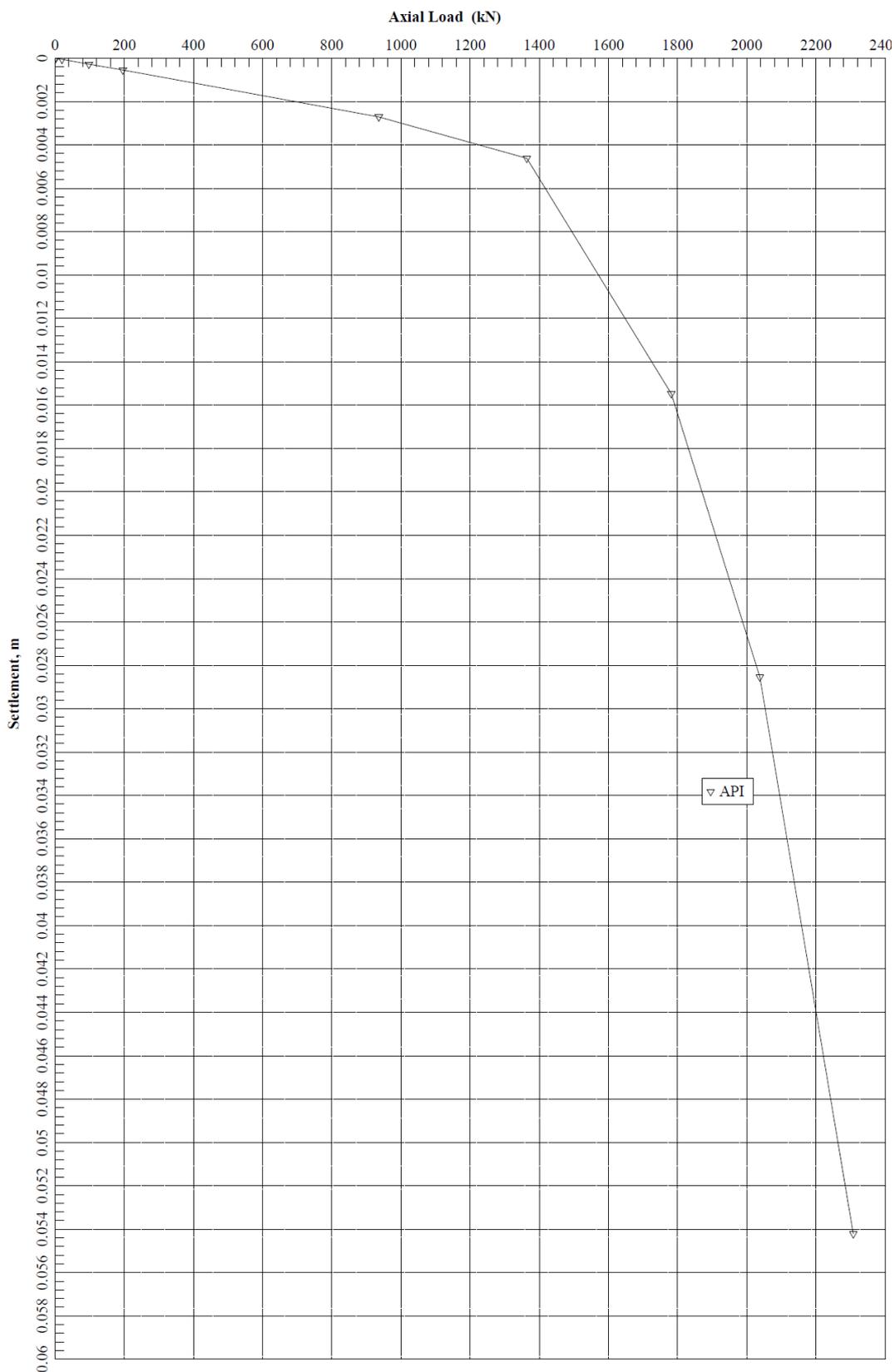


Fig. 15 - Curva carico cedimento palo 19 m

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

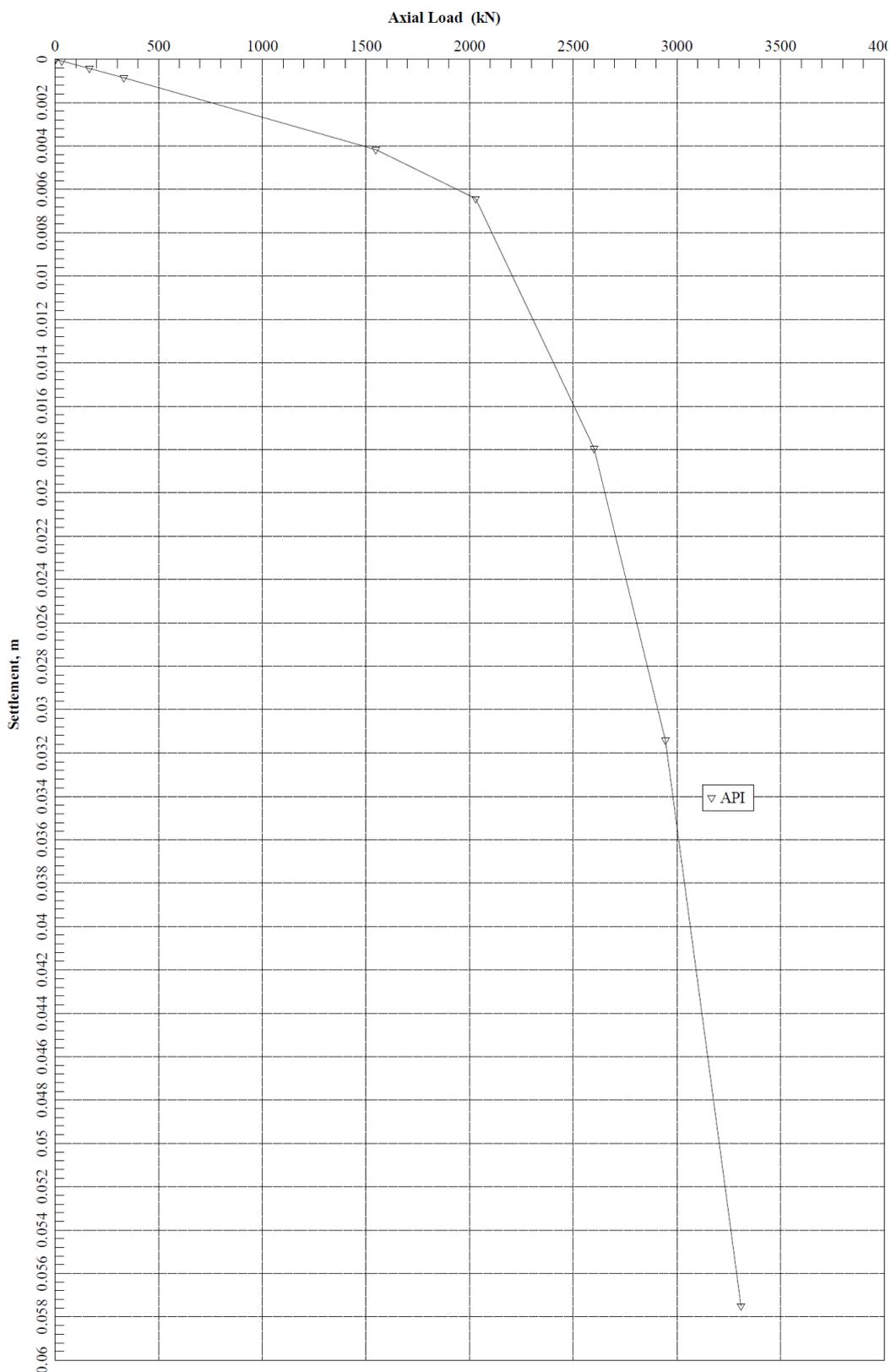


Fig. 16 - Curva carico cedimento palo 25 m

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 32 of di 47

8.3 Comportamento dei pali in gruppo nei confronti dei carichi assiali

Il carico limite $Q_{lim,G}$ di un gruppo di N pali differisce, in generale, per un fattore di efficienza E dal prodotto del carico limite Q_{lim} del singolo palo per il numero N di pali del gruppo.

$$Q_{lim,G,N} = N \times E \times Q_{lim}$$

Per palificate in terreni incoerenti, l'esperienza (Vesic, 1968) ha mostrato che l'efficienza risulta non minore dell'unità; nel progetto, cautelativamente il coefficiente E è stato assunto pari a 1.

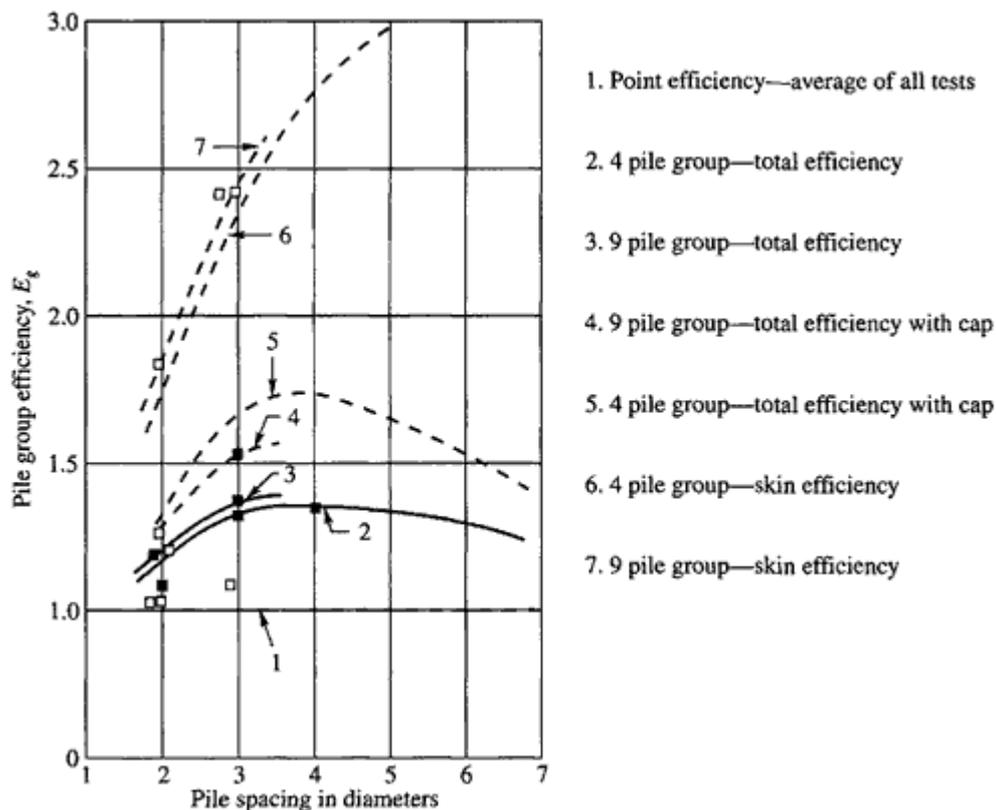


Fig. 17 - Efficiency of pile groups in sand (Vesic, 1967)

8.4 Comportamento del palo nei confronti dei carichi trasversali

Il comportamento del palo nei confronti delle azioni trasversali è stato determinato per mezzo del programma di calcolo **LPILE** sviluppato dalla **Ensoft Inc**, Austin, Texas; il software in questione permette di determinare il carico orizzontale limite, le curve carico-spostamento e l'andamento del momento e del taglio lungo lo sviluppo del palo in funzione del carico trasversale. Il programma richiede come dati di input i parametri di resistenza geotecnici del terreno di fondazione, le caratteristiche geometriche del palo e l'armatura della sezione.

Il valore del modulo di Young per il calcestruzzo del palo con classe di resistenza C35/45 è pari a 34000 MPa.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 33 of di 47

Lo schema analizzato fa riferimento a quello di palo con rotazione della testa impedita, cioè quello di un palo incastrato sotto la soletta della fondazione.

Dal momento che la resistenza laterale del sistema palo-terreno è funzione anche della resistenza strutturale del palo, sono state analizzate diverse possibili schemi di armature della sezione; per ciascuno schema di armatura sono stati applicati in testa ai pali dei carichi orizzontali crescenti, sino ad arrivare al carico di rottura (caratteristico) R_k oltre il quale l'analisi non converge più.

Per calcolare la capacità portante laterale di progetto R_d , al carico limite di rottura R_{cal} sono stati applicati i coefficienti parziali ξ (Tab. 6.4.IV delle NTC18) relativo a n. 5 verticali di indagine e γ (Tab. 6.4.VI delle NTC18) secondo la seguente relazione:

$$R = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{R_{cal} / \xi_3}{\gamma_R}$$

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

Nella successiva tabella è riportato il valore del carico laterale limite di progetto R_d in funzione dell'armatura della sezione del palo con copriferro di 75 mm.

Armatura	M_{res} Momento resistente (kN m)	R_{cal} Carico laterale limite (kN)	R_d Carico laterale di progetto (kN)
18 ϕ 16	295	350	180
14 ϕ 20	350	400	205
18 ϕ 20	420	430	220

Le curve carico-spostamento e le sollecitazioni di taglio e momento lungo il fusto del palo per diversi valori del carico orizzontale e per le tre tipologie di armatura prese in esame sono riportate nelle successive figure 18, 19 e 20.

Nella figura 21 è riportata la curva carico-spostamento associata ad un'armatura costituita da 18 ϕ 16; dalla stessa curva è stato ricavato anche il valore della rigidezza trasversale dei pali:

Carico orizzontale = 100 kN	$K_h = 30.000$ kN/m
Carico orizzontale = 150 kN	$K_h = 15.000$ kN/m
Carico orizzontale = 200 kN	$K_h = 10.500$ kN/m

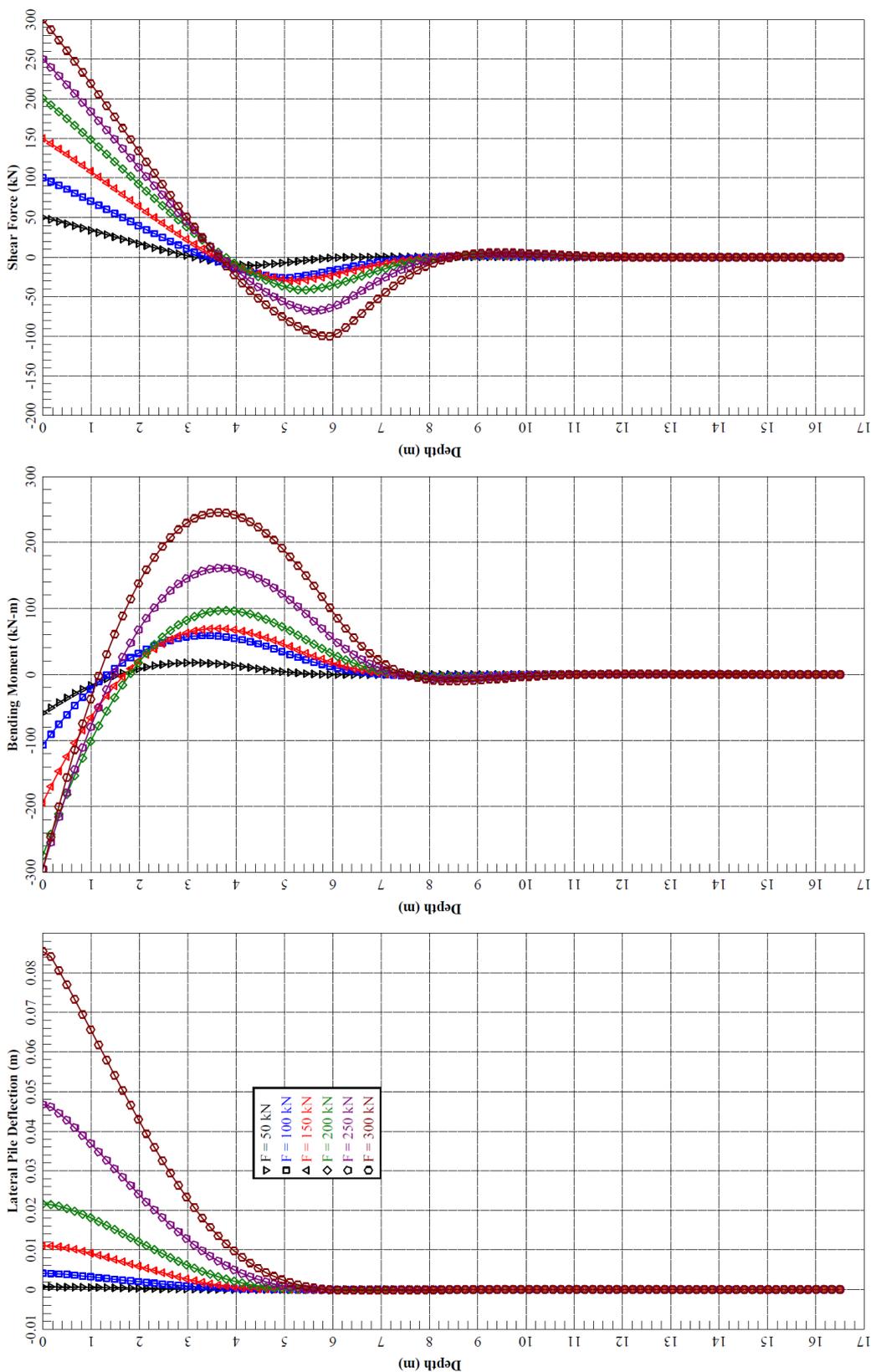


Fig. 18 – Curva carico-spostamento e sollecitazioni relative ad un'armatura 18φ16

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

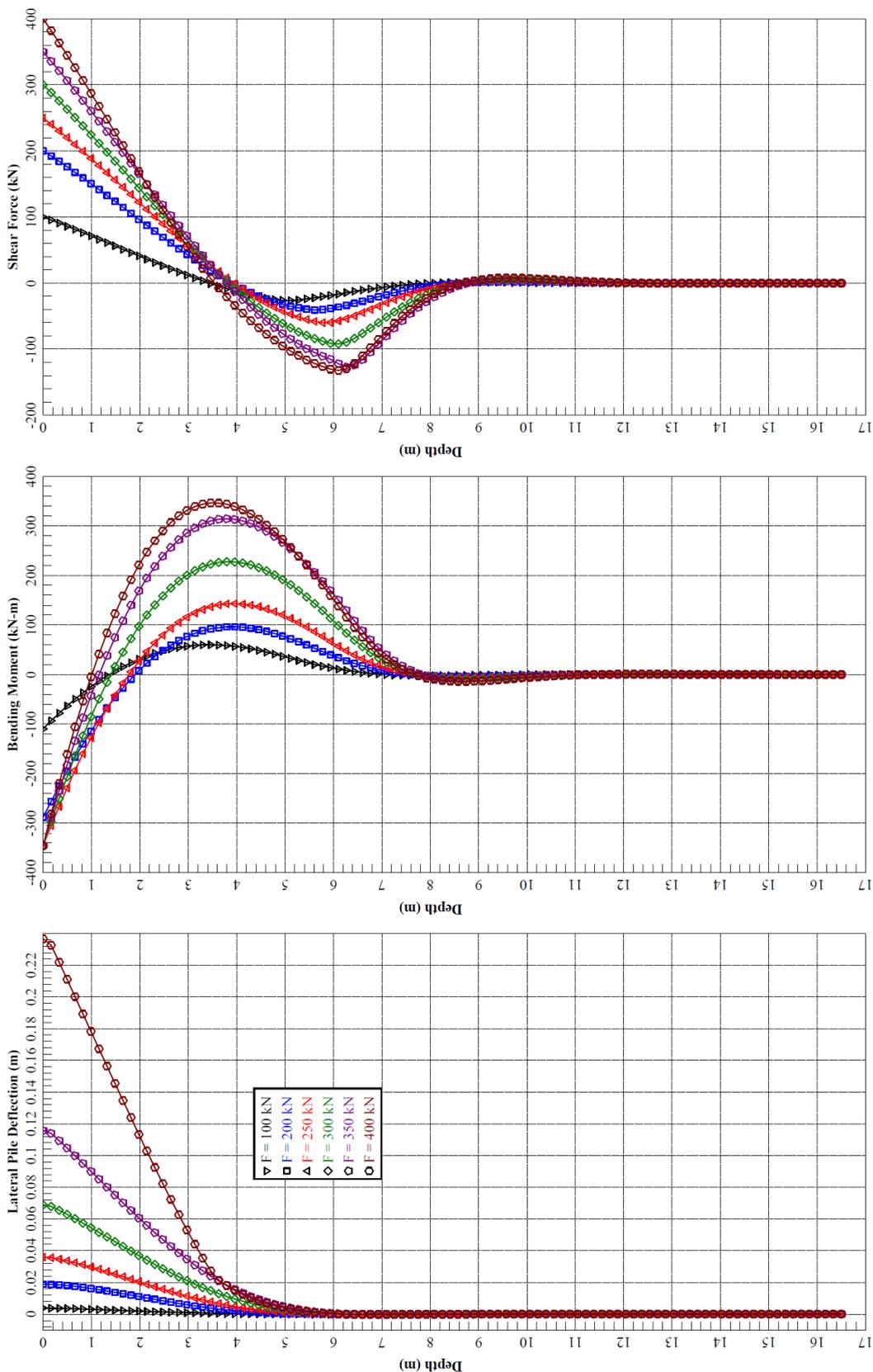


Fig. 19 – Curva carico-spostamento e sollecitazioni relative ad un’armatura 14φ20

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

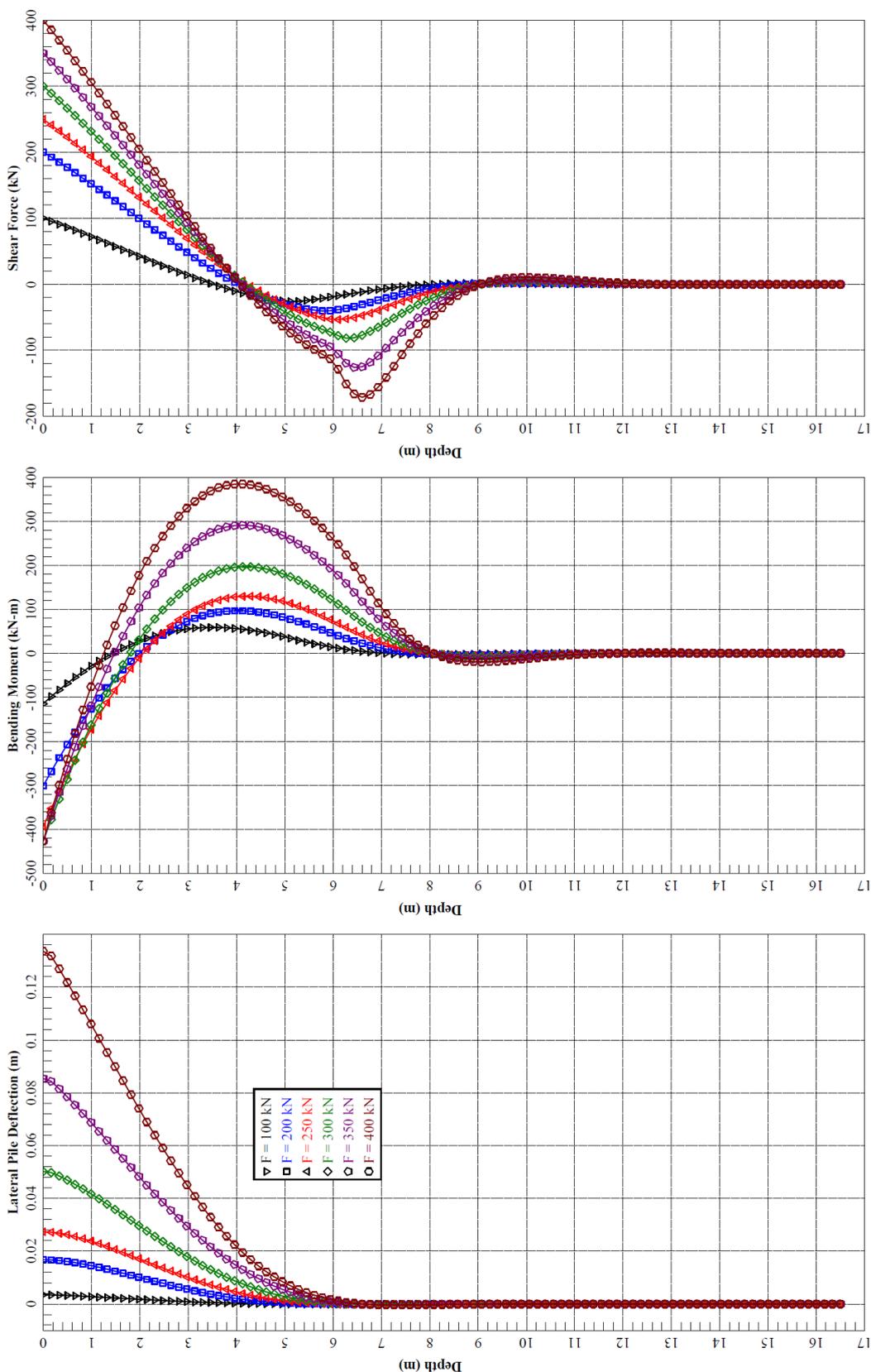


Fig. 20 – Curva carico-spostamento e sollecitazioni relative ad un'armatura 18φ20

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

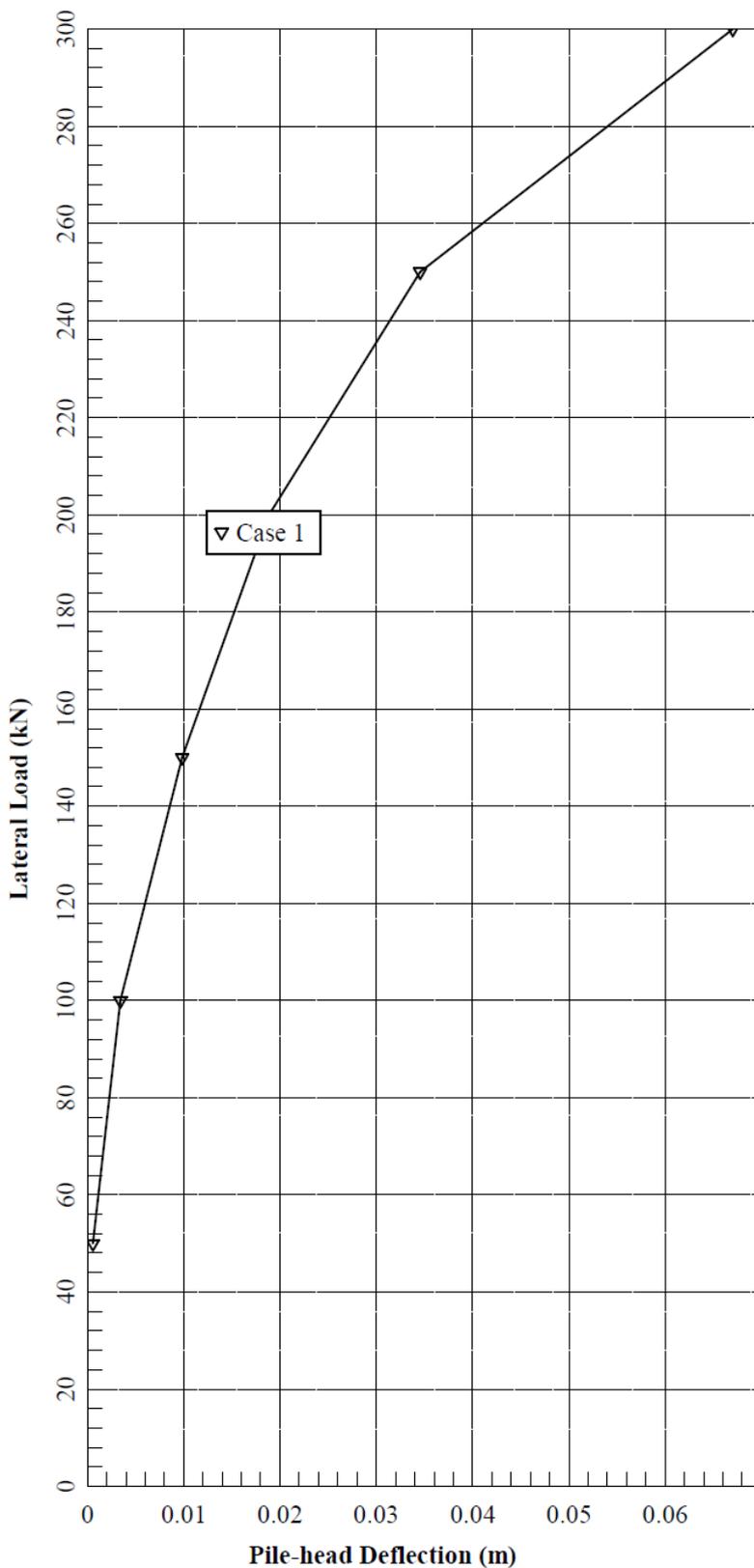


Fig. 21 – Curva carico-spostamento

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet Pagina 38 of di 47

8.5 Comportamento dei pali nei confronti delle azioni dinamiche

Nel presente capitolo viene analizzato il comportamento dei pali di fondazione quando sottoposti alle azioni dinamiche indotte dalle vibrazioni delle macchine. In particolare sono state determinate le rigidità dinamiche verticali ed orizzontali, sia del palo singolo che del gruppo di pali; per il gruppo di pali è stato preso in esame la distribuzione della palificata del basamento del turboalternatore costituita da 120 (6 x 20 pali).

La costante di rigidità "k" e quella dello smorzamento viscoso equivalente "c" per il singolo palo sono state calcolate mediante le relazioni proposte da Novak (1974) [9]:

K_z (kN/m)	$(E_p A / r_0) f_{18,1}$	Costante elastica verticale
c_z (kN s/m)	$(E_p A / V_s) f_{18,2}$	Costante di smorzamento verticale
K_x (kN/m)	$(E_p I_p / r_0^3) f_{11,1}$	Costante elastica orizzontale
c_x (kN s/m)	$(E_p I_p / r_0^2 V_s) f_{11,2}$	Costante di smorzamento orizzontale

Dove:

$l = 22,0$ m	lunghezza del palo
$r_0 = 0,3$ m	raggio della sezione del palo
$A = 16,5$ m ²	area della sezione del palo
$I_p = 0,00636$ m ⁴	momento di inerzia della sezione del palo
$l/r_0 = 55$	
$E_p = 3346$ MPa	modulo elastico del calcestruzzo
$V_s = 180$ m/s	velocità di propagazione delle onde s nel terreno alla profondità di interesse
$V_c = 3500$ m/s	velocità di propagazione delle onde p nel calcestruzzo del palo
$V_s/V_c = 0,05$	

$f_{18,1} = 0,035$	parametro di rigidità verticale definito in Fig. 22
$f_{18,2} = 0,060$	parametro di smorzamento verticale definito in Fig. 22
$f_{11,1} = 0,04$	parametro di rigidità orizzontale per palo con testa incastrata (Fig. 23)
$f_{11,2} = 0,094$	parametro di smorzamento orizzontale per palo con testa incastrata (Fig. 23)

Sulla base dei valori riportati in precedenza è stato possibile ricavare le seguenti costanti elastiche K e di smorzamento c per il palo singolo.

Direzione	K (kN/m)	c (kN s/m)
Verticale	$1,1 \cdot 10^6$	3140
Orizzontale	$3,0 \cdot 10^5$	1200

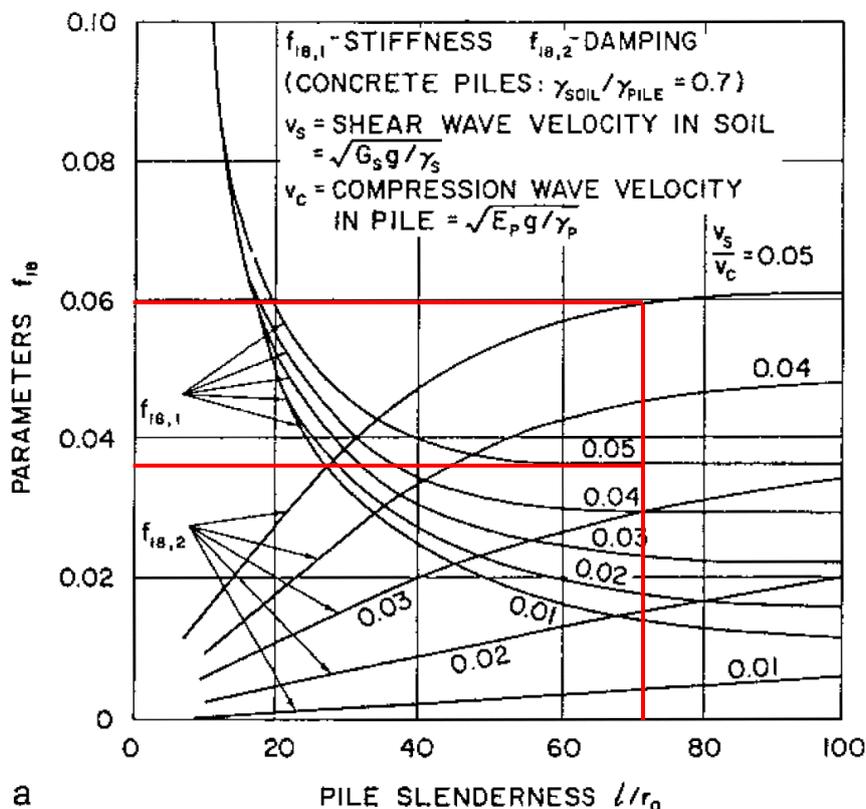


Fig. 22 – Parametri di rigidezza $f_{1b,1}$ e di smorzamento $f_{1b,2}$ della risposta verticale dei pali [9]

for $l/r_0 > 25$ (after ref. 10)*

ν_e	ν_e/ν_0	Concrete Piles ($\gamma_s/\gamma_p = 0.7$)					
		$f_{11,1}$	$f_{11,2}$	$f_{7,1}$	$f_{7,2}$	$f_{9,1}$	$f_{9,2}$
0.4	0.01	0.0036	0.0084	0.202	0.139	-0.0194	-0.0280
	0.03	0.0185	0.0438	0.349	0.243	-0.0582	-0.0848
	0.05	0.0397	0.0942	0.450	0.314	-0.0970	-0.1410
0.25	0.01	0.0032	0.0076	0.195	0.135	-0.0181	-0.0262
	0.03	0.0166	0.0395	0.337	0.235	-0.0543	-0.0793
	0.05	0.0358	0.0850	0.435	0.304	-0.0905	-0.1321

Fig. 23 – Parametri di rigidezza $f_{11,1}$ e di smorzamento $f_{11,2}$ della risposta orizzontale per pali con $L/r > 25$ [9]

Dal momento che per un gruppo di pali l'interazione tra gli stessi provoca la riduzione della rigidezza e dello smorzamento (verticale e orizzontale) del palo singolo, la rigidezza del gruppo di pali non è data dalla semplice somma algebrica della rigidezza dei singoli pali.

Per la stima della rigidezza del gruppo di pali si è fatto riferimento alla relazione proposta da Novak & Grigg (1976) [9] che utilizza i fattori di interazione proposti da Poulos (Figura 24):

$$k_v^{grupp} = \frac{\sum_1^N k_v^1}{\sum_1^N \alpha_A}$$

in cui:

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21 Sheet 41 of 47 Pagina di

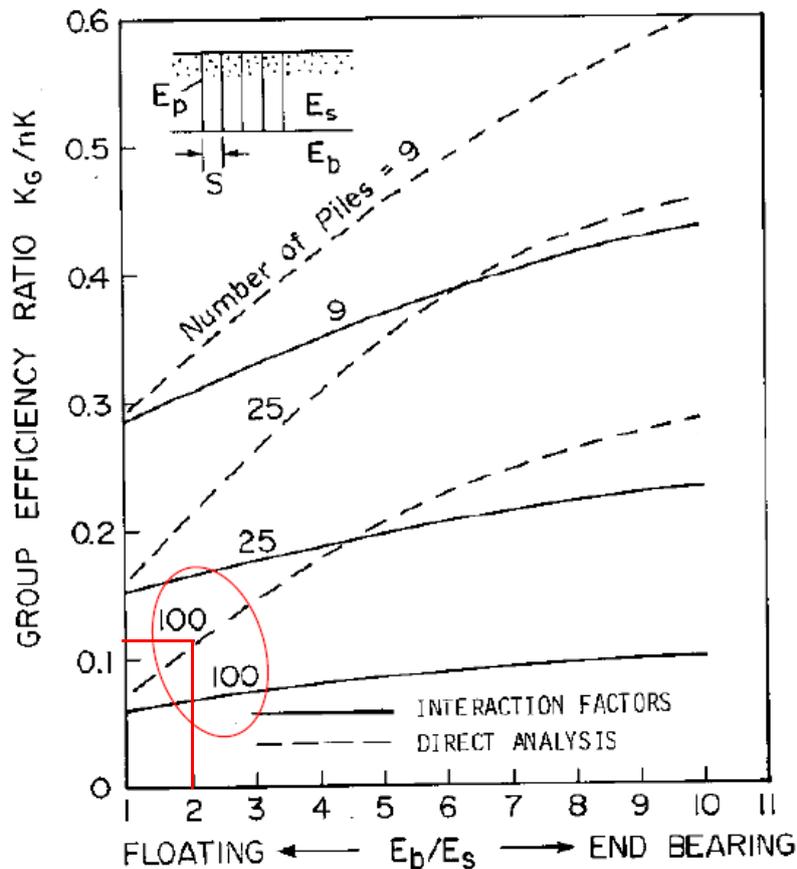


Fig. 25 – Confronto dell'efficienza di gruppo derivata da analisi dirette e utilizzando i fattori di interazione di Poulos (*El Sharnouby & Novak, CGJ 1985 e 1990*)

9. CONCLUSIONI

Nel presente documento sono riportati gli studi condotti finalizzati a definire il modello geotecnico del terreno di fondazione dell'area delle nuove installazioni CCGT da realizzare all'interno della Centrale Termoelettrica ENEL "A. Palladio" di Fusina, situata nel comune di Venezia (VE).

Tali studi sono basati sia sui risultati delle recenti indagini geotecniche e geofisiche del 2020 [3] sia sugli studi pregressi effettuati in passato durante la progettazione e la realizzazione di altre opere della centrale [7].

Per le principali strutture a progetto sono previste fondazioni profonde costituite da palificate di pali dislocanti con diametro di 600 mm.

Oltre alla capacità portante, nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, di pali spinti fino alla profondità di 19 m e 25 m dal p.c., sono poi state determinate le curve carico-cedimento e carico-spostamento laterale per pali con rotazione della testa impedita e la loro risposta nei confronti delle azioni dinamiche.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY		Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE		REV. 03 19.03.21
			Sheet Pagina 42 of di 47

APPENDICE A – RISULTATI PROVE DI LABORATORIO

Sondaggio S1: Elenco campioni e risultati prove geotecniche di laboratorio

COMMITTENTE: Enel Produzion S.p.A.		CANTIERE: Fusina (VE)																					
PRATICA n°: 19/111		n° doc.: 19/111-Tab-1																					
		rev. 0 del: 11/02/20																					
Sond. n°	Camp. n°	Profondità: m	Class. UNI EN ISO 14688-1										Valori interpretativi non determinati sperimentalmente										
			Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	ρ_s Mg/m ³	ρ_n Mg/m ³	W_n %	WI %	Wp %	Ip	Pen kPa	Tor kPa	qu1 kPa	qu2 kPa	Cc	Cv m ² /s	U.U. Cu kPa	C.U. ϕ' , c' kPa	C.D. ϕ' , c' kPa	T.D. ϕ'	
1	E	4.50 - 5.10	15	73	12	2,808	1,970	46,2	40	33	7	30 - 60	18 - 25			0,217	4,17E-07	2,92E-07			ϕ' 29,5 c' 9,7		ϕ' 42
	F	5.20 - 5.80	88	12	7	2,735	1,977	28,5		N.P.													ϕ' 42
5		13.00 - 13.45	93		6	2,782	1,895	23,0															
A		14.50 - 15.10	94		3																		
7		18.00 - 18.45	96	1																			
B		21.80 - 22.40	6	74	20	2,790	1,957	30,4	49	25	24	170 - 200	55 - 60									ϕ' 28,4 c' 13,8	
9		24.50 - 24.95	96	4																			
C		25.00 - 25.60	12	76	12	2,677	2,058	26,5	33	19	14	70 - 100	38										
10		28.00 - 28.45	90	10																			
D		34.50 - 35.10	8	63	29	2,840	2,023	25,3	39	25	14	220 - 370	> 100										

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY		Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE		REV. 03 19.03.21
			Sheet Pagina 44 of di 47

Risultati prove geotecniche di laboratorio del 2002 [7]

Sond. N	Cam.	Profondità (m)	γ (kN/m ³)	W (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	IC	Cr	Cc	e_0	OCR	Cu (MPa)
301	A	4.40-5.00	18.1	38	62	23	39	0.62	-	-	-	-	0.032
301	B	12.20-12.80	18.6	30	46	24	22	0.73	0.042	0.239	0.743	3.2	0.053
301	C	15.30-15.90	19.3	24	26	18	8	0.25	0.019	0.169	0.628	2.6	-
301	D	21.00-21.60	18.9	30	42	24	18	0.44	0.028	0.278	0.779	2.6	0.094
301	E	27.00-27.60	18.5	32	45	26	19	0.68	-	-	-	-	0.084
303	A	4.00-4.40	13.5	93	113	40	-	-	0.130	1.130	2.434	2.0	-
303	B	9.00-9.45	18.9	-	28	19	9	-	-	-	-	-	-
303	C	16.20-16.70	17.6	-	41	22	19	-	-	-	-	-	0.460
303	D	28.70-29.15	20.4	25	-	-	-	-	0.009	0.156	0.587	1.4	-

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document Documento n. PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21
		Sheet 45 of Pagina di 47

APPENDICE B – STRATIGRAFIE SONDAGGI

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

GEOTECNICA VENETA S.r.l.

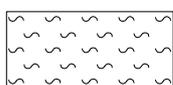
Via Dosa 26/A - 30030 Olmo di Martellago (Ve)
Tel. 041/908157 - Fax. 041/908905
www.geotecnicaveneta.it - e-mail gv@geotecnicaveneta.it
C.Fiscale - P.Iva - 01657520274 del Registro Imprese di
Venezia REA n. 176883 - Capitale Sociale €. 10.200,00

LABORATORIO AUTORIZZATO DAL MINISTERO DELLE
INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI ALL'ESECUZIONE E
CERTIFICAZIONE DI:
- PROVE SU TERRE
AI SENSI DELL'ART. 59 D.P.R. n. 380/2001



AZIENDA CON SISTEMA
DI QUALITA' CERTIFICATO

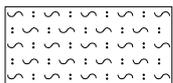
SIMBOLOGIA GRAFICA PER LE TERRE E PER GLI AMMASSI ROCCIOSI



Limo



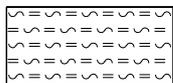
Ghiaia con sabbia



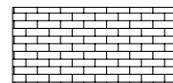
Limo sabbioso



Marna



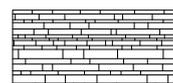
Limo argilloso



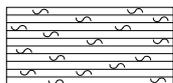
Calcere



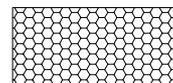
Argilla



Arenaria



Argilla limosa



Rocce ignee effusive



Sabbia



Basalto



Sabbia limosa



Tufo



Ghiaia



Torba

SONDAGGIO N° 2	COMMITTENTE : ENEL PRODUZIONE S.p.A.	CANTIERE : FUSINA (VE)	PRATICA N. P19/111	DOC. N. 19/111/S-2
Quota: 0.00 m.	Riferita a: Piano Campagna	Data inizio: 15/01/20	Data ultimazione: 17/01/20	Elaborato
Sperimentatore: Dott. Geol. Fontanel G.		Operatore: Zorzetto F.	Tipo di attrezzatura: CO.ME.TRI.A tipo P.CO.1P	Controllato
			D.R.	D.M.
			0.0	20/01/20

Profondita' in m.		Stratigrafia	Campioni		%Carot.	R.Q.D.	DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO (UNI EN ISO 14688-1)	PEN. kPa	TOR. kPa	Prof. in metri.	S.P.T.		Vane Test		Prof. in metri.	Tubo Down Hole	Piezo metro PZ	Livello piezo- metrico	NOTE:
Prog.	Parz.		Tipo	Num							Prof.	Numero Colpi	Altezza cm.	Max kPa					
0	0.05																		<ul style="list-style-type: none"> ■ Campione indisturbato OSTERBERG ▣ Campione indisturbato SHELBY ▼ Campione rimaneggiato S.P.T. ▲ Campione rimaneggiato * Campione per componenti volatili in contenitori vial ● Campione medio per analisi chimiche in contenitori di vetro
	1.15																		
	1.20																		<p>PERFORAZIONE A CAROTTAGGIO CONTINUO</p> <p>CAROTIERE: SEMPLICE Ø 101 mm. tra m. 0.00 e m. 25.00</p> <p>CAROTIERE: Ø mm. tra m. e m.</p> <p>CAROTIERE: Ø mm. tra m. e m.</p> <p>TUBI DI RIVESTIMENTO</p> <p>Ø 152 mm. tra m. 0.00 e m. 4.50</p> <p>Ø 127 mm. tra m. 0.00 e m. 25.00</p> <p>Ø mm. tra m. e m.</p> <p>ASTE Ø mm. 76</p> <p>CASSETTE CATALOGATRICI N° : 5</p> <p>STRUMENTAZIONE INSTALLATA:</p> <p>- Chiusura del foro con miscela cemento - bentonite</p>
	2.00																		
	3.50																		
	3.75																		
	3.85																		
	5.10																		
	5.65																		
	11.35																		
	17.00																		
	18.00																		
	18.25																		
	18.75																		
	19.20																		
	20.50																		
	21.10																		
	23.00																		
	23.50																		
	25.00																		



SONDAGGIO N° 2	COMMITTENTE : ENEL PRODUZIONE S.p.A.	CANTIERE : FUSINA (VE)	PRATICA N. P19/111	DOC. N. 19/111/S-2
Quota: 0.00 m.	Riferita a: Piano Campagna	Data inizio: 15/01/20	Data ultimazione: 17/01/20	Elaborato
Sperimentatore: Dott. Geol. Fontanel G.		Operatore: Zorzetto F.	Tipo di attrezzatura: CO.ME.TRI.A tipo P.CO.1P	Controllato
			D.R.	D.M.
			0.0	20/01/20

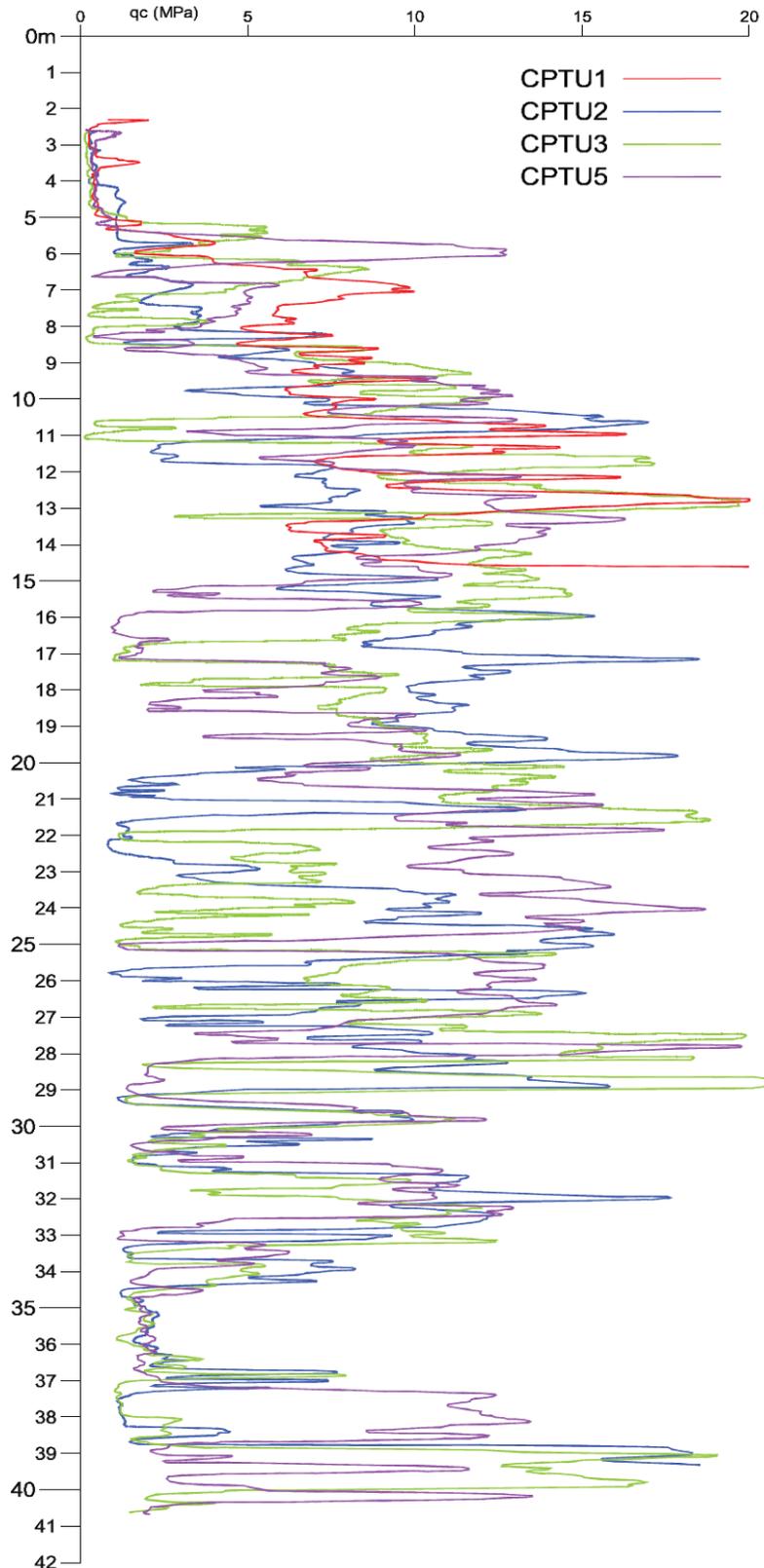
Profondita' in m.		Stratigrafia	Campioni		%Carot.	R.Q.D.	DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO (UNI EN ISO 14688-1)	PEN. kPa	TOR. kPa	Prof. in metri.	S.P.T.		Vane Test		Prof. in metri.	Tubo Down Hole	Piezo metro PZ	Livello piezo- metrico	NOTE:
Prog.	Parz.		Tipo	Num							Prof.	Numero Colpi	Altezza cm.	Max kPa					
25	25.00																		
	1.00						Limo argilloso debolmente sabbioso grigio.	90	40										
	26.00						p.a. Sabbia fine debolmente limosa grigia.												
	0.50		C		26.00		p.b. Argilla limosa grigia (Pen. 200-250 kPa; Tor. 80 kPa).												
	26.50				26.50		Limo argilloso debolmente sabbioso grigio; presenti livelletti centimetrici di sabbia fine.	140	55										
	1.75							170	65										
	28.25						Limo sabbioso grigio.												
	0.60						Argilla grigio chiara.	70	30										
	28.85				29.00		p.a. Idem.												
	0.65		D		29.45		p.b. Idem (Pen. 130-200 kPa; Tor. 60 kPa).	180	70										
	29.50						Idem.	90	45										
	30						Limo argilloso debolmente sabbioso da grigio scuro a grigio chiaro.												
	2.50							160	75										
	32.00						Sabbia fine limosa grigia.												
	1.40							120	60										
	33.40						Argilla limosa grigia.												
	0.20		E		33.50		p.a. Idem.												
	33.60				33.70		p.b. Torba (Pen. >600 kPa; Tor. >100 kPa).	290	70										
	1.15						Idem.	340	60										
	34.75						Argilla limosa grigio chiara.												
	0.75		F		35.00		p.a. Idem.												
	35.50				35.50		p.b. Idem (Pen. 120-150 kPa; Tor. 50 kPa).	100	60										
	1.90						Limo argilloso grigio chiaro, a tratti con sabbia fine.												
	37.40							50	60										
	1.20						Alternanze centimetriche e decimetriche di torba bruna e limo grigio.	200	80										
	38.60							60	35										
	1.40						Sabbia fine debolmente limosa grigia.												
	40.00																		
	45																		
	50																		



H ₂ O in fase di perforazione			
DATA	ORA	RIV.	H ₂ O



APPENDICE C – RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)



	FUSINA - CAPACITY MARKET ITALY	Document <i>Documento n.</i> PBCFU20007
	RELAZIONE GEOTECNICA DI CARATTERIZZAZIONE	REV. 03 19.03.21 Sheet 47 of <i>Pagina</i> <i>di</i> 47

APPENDICE D – SEZIONE STRATIGRAFICA DEL SITO

Questo documento è proprietà di Enel E&C. È 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.

