

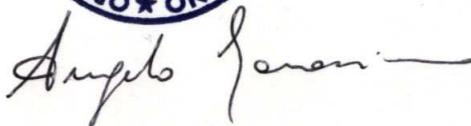
REV./ Rev.	STATO/ Status	DESCRIZIONE / Description	DATA/ Date	VERIFICATO/ Checked by	APPROVATO/ Approved by
0	FUS	EMESSO PER ITER AUTORIZZATIVO	01/09/2020	Calabro'	Citterio



B711CTKC003

## PROGETTO DI RIFACIMENTO PER AGGIORNAMENTO TECNOLOGICO DELLA CENTRALE TERMoeLETTRICA DI SAN QUIRICO

### RELAZIONE GEOTECNICA TOMO 2 STUDIO DELLE FONDAZIONI


GEOTECHNICAL ENGINEERING &amp; GEOLOGY

COMMESSA JOB	DATA Date	IDENTIFICATIVO DOCUMENT CODE	REDATTO PREPARED	CONTROLLATO CHECKED	APPROVATO APPROVED
219	09/2020	R.219.05.01	A. Garassino	C. Riva	A. Garassino

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

**EDISON S.p.A.**

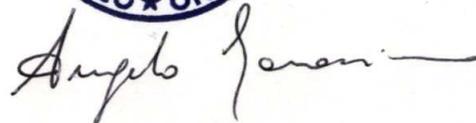
**Comune di Sissa Trecasali,**

**località San Quirico (PR)**

**Centrale termoelettrica Edison S.p.A.**

*Relazione Geotecnica*

*Tomo 2 – Studio delle Fondazioni*



**Commessa Job 219**  
**Protocollo / Rev Doc. No. 05.01**

| Indica le parti modificate con l'ultima revisione *Latest revision*

REV	DATA DATE	DESCRIZIONE DESCRIPTION	REDATTO PREPARED	VERIFICATO CHECKED	APPROVATO APPROVED
00	04/2020	Emissione	Garassino	Riva	Garassino
01	09/2020	Rev. per osservazioni	Garassino	Riva	Garassino

## INDICE

1.	CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GENERALE .....	4
2.	DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO .....	5
3.	RICHIAMI DI STRATIGRAFIA .....	6
4.	CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA SCELTA DEL TIPO DI FONDAZIONE DA ADOTTARE .....	7
5.	FONDAZIONI SUPERFICIALI .....	8
5.1	CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO.....	8
5.2	CEDIMENTI DELLE FONDAZIONI SU TERRENO NATURALE.....	10
5.3	MOLLE DEL TERRENO .....	12
6.	FONDAZIONI SU PALI .....	13
7.	CONCLUSIONI.....	23
	BIBLIOGRAFIA .....	24

DATA <i>DATE</i>	DOCUMENTO <i>DOCUMENT</i>	COMMESSA <i>JOB</i>	PROTOCOLLO <i>DOC. No.</i>	REVISIONE <i>REVISION</i>	PAG. <i>PAGE</i>	PAG. TOT. <i>TOT. PAGES</i>
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	3	24

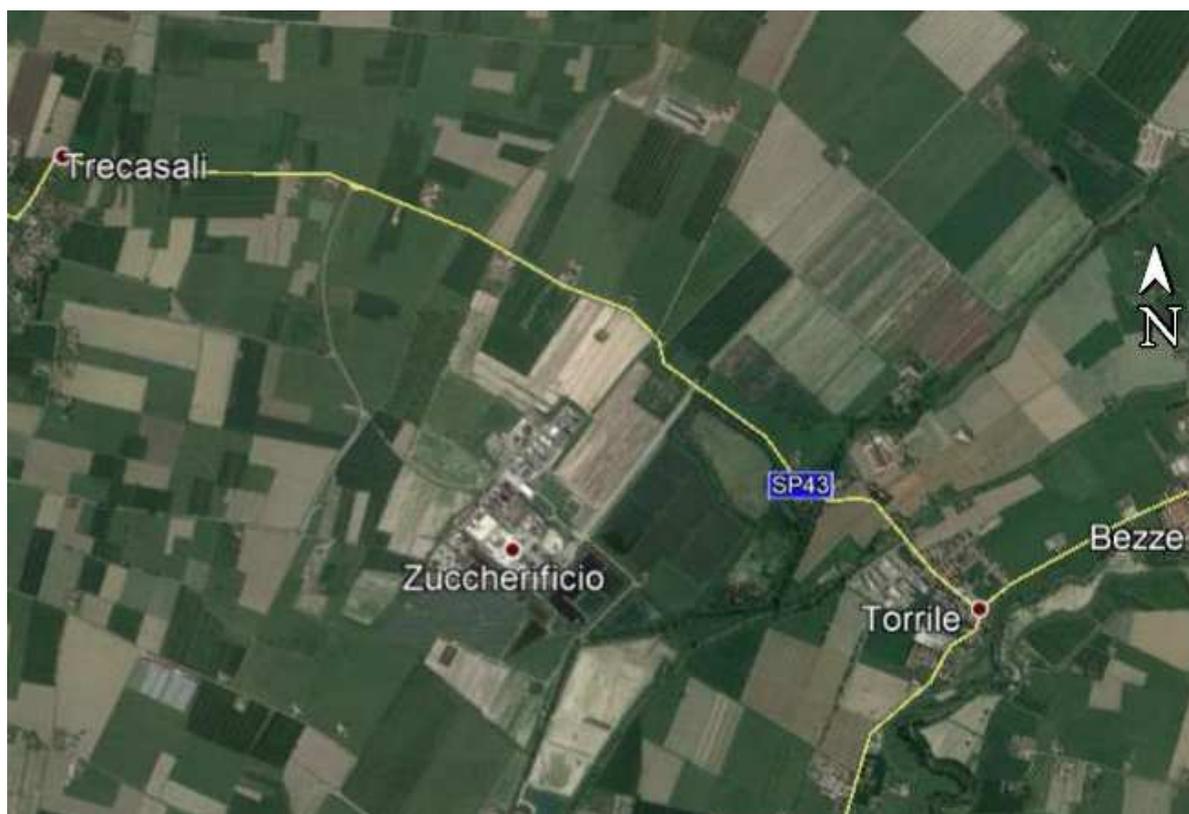
## 1. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GENERALE

Il presente studio interpreta le notizie sul suolo descritte nella relazione geologica (documento di Rif.[1]) e nel Tomo 1 (Rif.[2]) della presente relazione geotecnica per applicarne i risultati allo studio preliminare delle fondazioni degli edifici e delle strutture impiantistiche.

Le notizie sul terreno disponibili (Rif.[3]) sono costituite da n° 3 sondaggi geognostici e n° 5 prove penetrometriche statiche a punta elettrica CPTe, saggi eseguiti sull'area adiacente all'impianto esistente, alcuni in prossimità della linea di confine con l'area della centrale.

Nel seguito si prendono in considerazione sia le fondazioni dirette sul terreno naturale sia le fondazioni profonde che hanno lo scopo di trasferire allo strato di sabbie i carichi importanti.

Il livello di conoscenza attuale dei terreni verrà convenientemente approfondito dallo studio di quanto emergerà dalle indagini geognostiche e geofisiche previste per la fase esecutiva.



**Figura 1.1:** area dove è ubicata la centrale di San Quirico

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	4	24

## 2. DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO

Nel corso della presente relazione si farà riferimento ai seguenti documenti ed alle norme successivamente elencate:

- [1] **CONSULET SERVIZI S.r.l.** – Comune di Sissa Trecasali, località San Quirico. Centrale Termoelettrica Edison S.p.A. – *Modelli geologico e sismo-stratigrafico*, codifica R.219.06.00 - 2020.
- [2] **CONSULET SERVIZI S.r.l.** – Comune di Sissa Trecasali, località San Quirico. Centrale Termoelettrica Edison S.p.A. – *Relazione Geotecnica Tomo 1, Studio del terreno*, codifica R.219.04.00 - 2020.
- [3] **ITALGEO** – Centrale Termoelettrica di S. Quirico – *Relazione Geotecnica*, Maggio 1993 e suoi allegati:  
 ITALGEO: Centrale Termoelettrica di S. Quirico – *Prove geotecniche di laboratorio*  
 VINCENZETTO: Centrale Termoelettrica di S. Quirico – *Indagini geognostiche*

### *Normative*

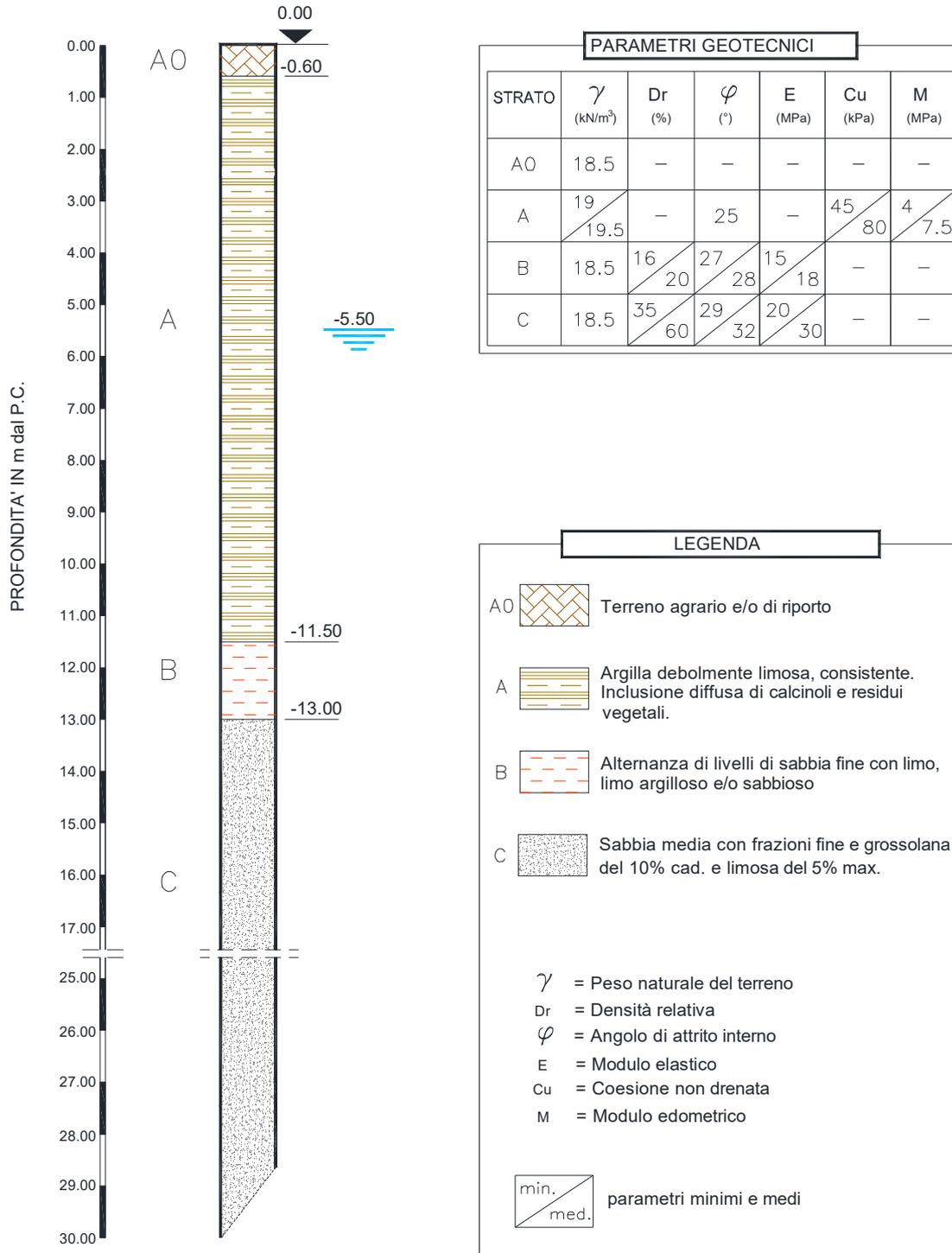
-----

- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto 17 Gennaio 2018: Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni (NTC)».
- 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.

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	5	24

### 3. RICHIAMI DI STRATIGRAFIA

Si riporta qui per semplicità di consultazione la stratigrafia di progetto per questa fase progettuale estratta dal Tomo 1 (Rif. [2]) cui si rimanda per maggiori informazioni.



**Figura 3.1:** stratigrafia di progetto

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	6	24

#### **4. CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA SCELTA DEL TIPO DI FONDAZIONE DA ADOTTARE**

Nei paragrafi seguenti si riportano alcune valutazioni della capacità portante dei terreni in esame.

Verrà considerata l'ipotesi di realizzare fondazioni dirette oppure fondazioni profonde, su pali. In entrambi i casi per la valutazione della resistenza del terreno è stato impiegato l'approccio agli stati limite ultimi (SLU) secondo le "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Premesso che la scelta tra le due opzioni sarà fatta in sede di progettazione definitiva considerando anche le risultanze delle future indagini integrative sui terreni, si può comunque prevedere che per fondazioni relativamente poco caricate e per strutture non particolarmente sensibili nei confronti dei cedimenti si potranno adottare fondazioni dirette, mentre per strutture che applichino sul terreno tassi di lavoro elevati e/o che siano sensibili ai cedimenti saranno da prevedere fondazioni su pali.

Nel presente caso non si ritiene conveniente fare ricorso a metodi di trattamento del terreno sia per ragioni tecniche sia per condizionamenti economici.

Da tenere presente poi è che la natura del livello A, argillosa limosa con indice di plasticità IP mediamente elevato, può dare origine a cedimenti di consolidazione differiti nel tempo. Occorre quindi che il tasso di lavoro che le fondazioni dirette applicheranno al terreno sia non solo compatibile con la capacità portante del terreno, secondo normativa, ma che sia anche al disotto del carico di preconsolidazione in modo che la maggior parte dei cedimenti si sviluppino in brevissimo tempo, sia cioè praticamente immediata, e solo una piccolissima parte del tutto trascurabile maturi in tempi più lunghi.

<b>DATA DATE</b>	<b>DOCUMENTO DOCUMENT</b>	<b>COMMESSA JOB</b>	<b>PROTOCOLLO DOC. No.</b>	<b>REVISIONE REVISION</b>	<b>PAG. PAGE</b>	<b>PAG. TOT. TOT. PAGES</b>
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	7	24

## 5. FONDAZIONI SUPERFICIALI

### 5.1 Capacità portante del terreno

Le verifiche ed il dimensionamento delle fondazioni dirette richiedono che venga rispettata la seguente condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, e dove  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del terreno del sistema geotecnico.

La resistenza di progetto  $R_d$  è determinata in modo analitico con riferimento al valore dei parametri geotecnici di resistenza; questi, secondo la Normativa vigente, non devono essere ridotti (i coefficienti di sicurezza parziali  $M1$  sono tutti unitari). Le capacità portanti così calcolate dovranno, però, essere divise per il coefficiente parziale  $R3$  delle resistenze globali, pari a 2.3.

parametro	$\tan\varphi$	$c'$	$c_u$	$\gamma$
<b>coefficiente M1</b>	$\gamma = 1.0$	$\gamma = 1.0$	$\gamma = 1.0$	$\gamma = 1.0$

**Tabella 5.I** – Set di coefficienti parziali per il calcolo di  $R_d$

VERIFICA	Coefficiente parziale <b>R3</b>
Carico limite	$\gamma_{R3} = 2.3$

**Tabella 5.II** – Coefficiente parziale per le verifiche di fondazioni superficiali

Le resistenze del terreno così ottenute saranno confrontate con le azioni di progetto  $E_d$  calcolate applicando il set di parametri A1, qui riportato in tabella 5.III.

AZIONE	permanente	variabile
<b>A1 favorevole</b>	$\gamma = 1.0$	$\gamma = 0.0$
<b>A1 sfavorevole</b>	$\gamma = 1.3$	$\gamma = 1.5$

**Tabella 5.III** – Set di coefficienti parziali per il calcolo di  $E_d$

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	8	24

Di seguito si riporta la formulazione della capacità portante secondo Brinch Hansen (1968), adottata per il calcolo della resistenza di progetto ( $R_d = q_{ult} / \gamma_{R3}$ ):

$$q_{ult} = \gamma'_1 D N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot + \frac{1}{2} \gamma'_2 B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma + c' N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

dove:

- $q_{ult}$  = capacità portante ultima (senza applicazione di fattori correttivi);
- $\gamma'_1$  = peso di volume efficace per il terreno sopra l'imposta della fondazione;
- $D$  = piano di posa fondazione;
- $\gamma'_2$  = peso di volume efficace per il terreno sotto la fondazione;
- $B$  = larghezza della fondazione;
- $N_q, N_\gamma, N_c$  = fattori di capacità portante;
- $S_q, S_\gamma, S_c$  = fattori di forma;
- $d_q, d_\gamma, d_c$  = fattori di profondità;

con:

$$\begin{aligned} \rightarrow N_q &= \tan^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{\pi \tan \varphi} & N_\gamma &= 1.8 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi & N_c &= (N_q - 1) / \tan \varphi \\ \rightarrow s_q &= 1 + \frac{B}{L} \sin \varphi & s_c &= 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L} & s_\gamma &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \\ \rightarrow d_q &= d_c - [(d_c - 1)/N_q] & d_c &= 1 + 0.35 \cdot k & d_\gamma &= 1 \end{aligned}$$

( $L$  = lunghezza della fondazione)

$$(k = \frac{D}{B} \quad \text{se } D \leq B, \quad k = \arctan \frac{D}{B} \quad \text{se } D > B)$$

La presenza della falda è stata considerata a partire dalla profondità di 5,5 m dal piano di campagna.

La valutazione della resistenza del terreno è stata condotta per fondazioni nastriformi di diversa larghezza (0,8 / 1,0 / 1.5 m) e per fondazioni quadrate di dimensioni 2 m, 3 m e 5 m.

Il piano di imposta fondazione è stato valutato variabile da 0.8 a 2.0 m dal piano campagna.

I risultati dei calcoli a lungo termine effettuati sono riportati nella tabella 5.IV. che segue.

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	9	24

FONDAZIONI	<i>nastriiformi</i>			<i>isolate</i>		
	B = 0,8 m	B = 1,0 m	B = 1,5 m	2,0 x 2,0	3,0 x 3,0	5,0 x 5,0
PROFONDITA' (m dal p.c.)	$R_d = q_{ult}/2,3$ (kPa)					
0,8	88	92	105	118	135	173
1,0	103	117	127	148	163	199
1,5	135	145	176	212	221	253
2,0	168	177	201	284	285	309

**Tabella 5.IV** - Resistenze di progetto M1+R3

In condizioni di breve termine la capacità portante del terreno vale:

$$R_d = q_{ult(ND)} / 2,3 = (5,14 * c_u + \sigma_v') / 2,3$$

PROFONDITA' dal p.c. (m)	$\sigma_v'$ (kPa)	$q_{ult(ND)}$ (kPa)	$R_d$ (kPa)
0,8	14,24	374,04	162,6
1,0	18,04	377,84	164,3
1,5	27,54	387,34	168,4

**Tabella 5.V** - Resistenze di progetto M1+R3 in condizioni non drenate

## 5.2 cedimenti delle fondazioni su terreno naturale

La valutazione dei cedimenti è stata effettuata considerando la distribuzione delle pressioni indotte dai carichi delle fondazioni su semispazio elastico.

Il contributo degli strati al cedimento totale è calcolato fino a profondità per le quali lo sforzo verticale (indotto dal carico esterno) è minore del 10% dell'effettivo sforzo geostatico ottaedrico.

I cedimenti attesi sono calcolati come somma del cedimento immediato e dell'eventuale cedimento di consolidazione:

$$S = s_{imm} + s_{cons}$$

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	10	24

$$S_{imm} = \sum_i \frac{1}{E_i} [\Delta\sigma_{zi} - \nu_i (\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi})] * \Delta l_i$$

$$S_{cons} = [A + (\Delta\sigma_z / \Delta\sigma_x) * (1 - A)] * (\Delta\sigma_z / M) * \Delta h_i$$

essendo:

S = cedimento totale;

S<sub>imm</sub> = cedimento immediato

S<sub>cons</sub> = cedimento di consolidazione

E<sub>i</sub> = modulo di Young dello strato i-esimo;

ν = coefficiente di Poisson per lo strato i-esimo;

Δσ<sub>xi</sub>, Δσ<sub>yi</sub>, Δσ<sub>zi</sub> = incremento di sforzo nello strato i-esimo, rispettivamente in direzione x, y, z;

Δl<sub>i</sub>, Δh<sub>i</sub> = spessore dello strato i-esimo:

A = coefficiente di Skempton

M = modulo di deformazione in condizioni confinate

Trattandosi di fondazioni dirette su un certo spessore di terreno coesivo si avranno cedimenti di consolidazione nel tempo.

La valutazione dei cedimenti è stata effettuata, coerentemente con quanto espresso nel capitolo precedente, sia per fondazioni nastriformi, sia per quelle quadrate.

I risultati dei calcoli, ottenuti con la pressione di riferimento di 100 kPa, sono riportati nella tabella 5.VI.

Per valori di pressione scaricata sul terreno diversi da 100 kPa si può assumere in prima approssimazione una variazione lineare.

I cedimenti sono stati calcolati sempre nel punto centrale della fondazione, ossia il più sollecitato.

Si fa presente, inoltre, che poiché il foglio di calcolo fa riferimento ad aree completamente flessibili, le valutazioni condotte costituiscono una sovrastima del cedimento atteso, sono pertanto stati valutati anche i cedimenti rigidi con le formule sperimentali approssimate:

- fondazione quadrata o rettangolare  $S_{rig} = 0,78 S_{fless}$
- fondazione nastriforme  $S_{rig} = 0,84 S_{fless}$

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	11	24

FONDAZIONE	Cedimenti elastici	Cedimenti di consolidazione	Cedimenti totali	Cedimenti rigidi
Carico 100 (kPa)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
2 m x 2 m	0,25	1,72	1,98	1,54
3 m x 3 m	0,39	2,52	2,91	2,27
5 m x 5 m	0,69	4,02	4,70	3,66
B = 0,8 m	0,27	1,44	1,71	1,21
B = 1,0 m	0,32	1,69	2,02	1,70
B = 1,5 m	0,45	2,28	2,73	2,29

**Tabella 5.VI** – cedimenti di fondazioni sul terreno naturale con un carico di 100 kPa

Come emerge da una analisi dei risultati conseguiti, i cedimenti attesi per le fondazioni sono modesti e si ritiene che non andranno ad inficiare la stabilità e l’operatività delle strutture nel lungo termine.

In allegato alla presente sono riportate le tabelle di calcolo dei cedimenti di cui sopra.

### 5.3 Molle del terreno

Il modulo di reazione del terreno di fondazione,  $k_s$ , può essere calcolato in prima approssimazione mediante la seguente relazione:

$$k_s = \frac{q}{s}$$

in cui il termine “ $q$ ” rappresenta il carico applicato,  $P = 100$  kPa nel caso in oggetto, mentre “ $s$ ” è il corrispondente cedimento indotto riportato nell’ultima colonna della tabella 5.VI.

E’ una valutazione grossolana, ma che può essere utile per questo stadio preliminare di progettazione.

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	12	24

## 6. FONDAZIONI SU PALI

La verifica è effettuata nelle condizioni SLU secondo quanto previsto dalle norme vigenti imponendo la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

$E_d$  è il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni fattorato con i relativi coefficienti;

$R_d$  è il valore di progetto della resistenza del palo di fondazione.

Per i pali il testo unico stabilisce che le verifiche allo stato limite ultimo siano fatte applicando dei fattori alle sollecitazioni (A), ai parametri geotecnici (M) ed alle resistenze calcolate (R).

Le verifiche sono condotte con riferimento all'approccio n°2, con le combinazioni di fattori seguenti:

$$A1+M1+R3$$

I coefficienti per fattorare le caratteristiche geotecniche sono quelli M1, unitari.

Per la determinazione del valore di progetto della resistenza  $R_d$  è necessario prima stimare la resistenza caratteristica partendo dalla seguente espressione:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$R_{c,cal}$  = resistenza a compressione ultima calcolata a partire dai parametri geotecnici;

$\xi_3, \xi_4$  = coefficienti di fattorazione; si è considerato il coefficiente  $\xi_3 = 1.50$  con riferimento ai parametri medi e  $\xi_4 = 1.34$  con riferimento ai parametri minimi definiti nella stratigrafia di progetto del capitolo 4, in considerazione del numero di verticali d'indagine disponibili nell'ambito del progetto (si considerano utili a definire il volume significativo di terreno n° 5 verticali di indagine).

Le verifiche sono condotte sia in condizioni di Breve Termine, con riferimento ai parametri di resistenza non drenati, sia in condizione di Lungo Termine, con riferimento ai parametri di resistenza drenati.

La resistenza ultima è data da un contributo di punta ed uno laterale:

$$R_{c,cal} = P = P_b + P_l$$

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	13	24

essendo:

$$P_b = Q_0 \times A_b$$

$$Q_0 = q N_q \quad \text{per terreni granulari e terreni coesivi a lungo termine}$$

$$= q + 9 c_u \quad \text{per terreni coesivi, in condizioni di breve termine}$$

$$P_l = \pi D \cdot \sum_0^{z_b} \tau_z \Delta z ;$$

$$\tau_z = \sigma'_{vz} \cdot K_s \cdot \tan \delta \quad \text{per terreni granulari e terreni coesivi a lungo termine}$$

$$= \alpha \cdot c_u \quad \text{per terreni coesivi, in condizioni di breve termine}$$

D = diametro del palo;

$\delta$  = angolo di attrito palo-terreno;

$K_s$  = coefficiente di spinta orizzontale, funzione della tecnologia di realizzazione;

$\sigma'_{vz}$  = pressione verticale efficace a quota z;

$\Delta z$  = intervallo di calcolo della sommatoria;

$z_b$  = quota della punta del palo da p.c.;

q = pressione verticale efficace geostatica, a livello della punta;

$N_q$  = coefficiente di capacità portante (Berezantzev ridotto per evitare cedimenti apprezzabili del palo per mobilitare appieno la resistenza di punta)

$\alpha$  = coefficiente di adesione valutato, per pali trivellati, da bibliografia

Nel caso in esame, nell'ipotesi di adottare pali trivellati, si è utilizzato:

- $\delta = 0,75 \cdot \varphi$  (con  $\varphi$  = angolo di attrito del terreno)
- $K_s = 0.7$ .

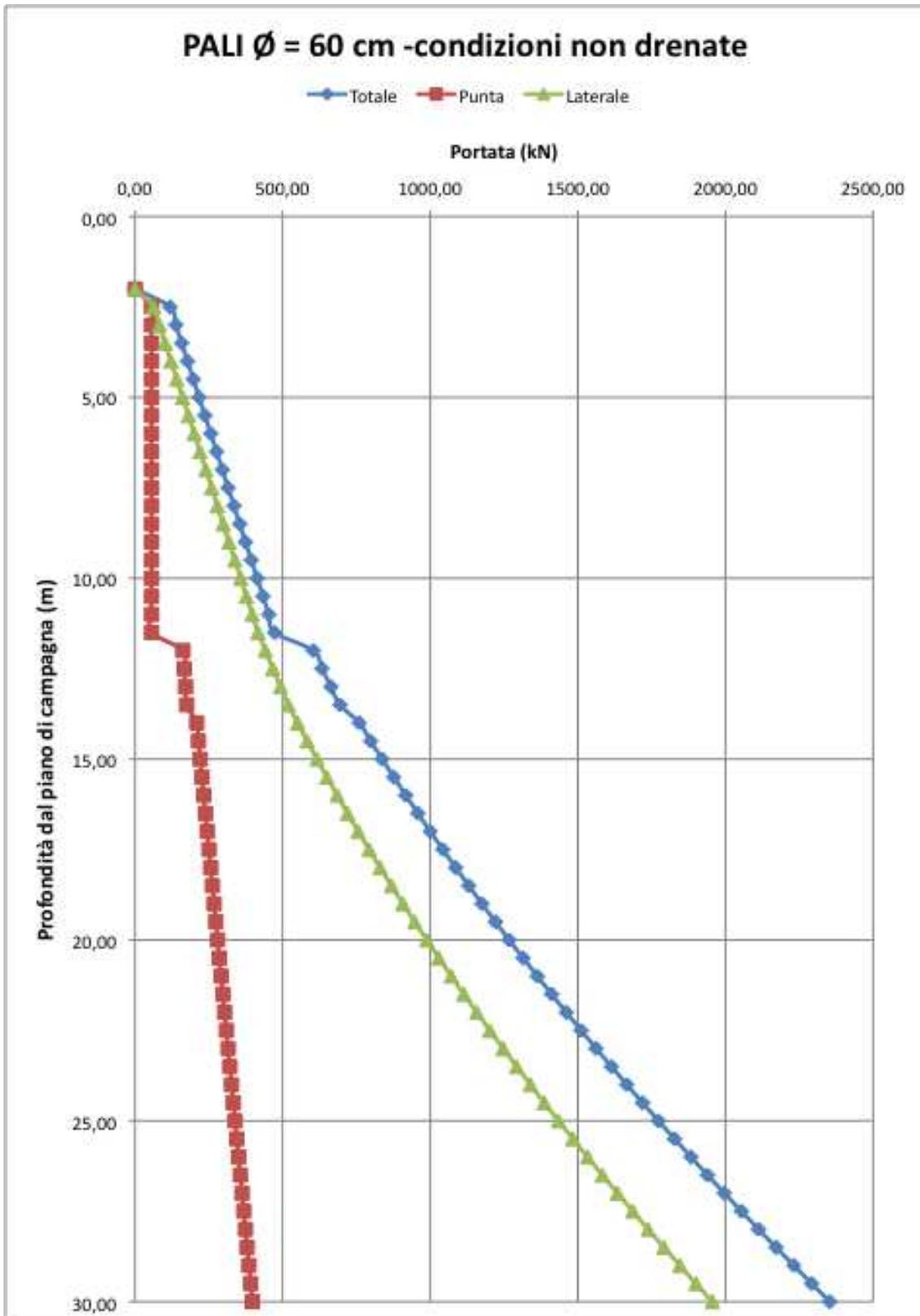
I valori di calcolo o di progetto  $R_d$  si ottengono dividendo i valori di resistenza caratteristica ottenuti come sopra per il fattore  $\gamma_R$  previsto dalla Normativa.

<b>RESISTENZA</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b>Pali trivellati (R3)</b>
<i>Punta</i>	$\gamma_b$	1,35
<i>Laterale compressione</i>	$\gamma_s$	1,15
<i>Totale</i>	$\gamma$	1,30
<i>Laterale trazione</i>	$\gamma_{st}$	1,25

**Tabella 6.I:** coefficienti parziali di sicurezza R3

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	14	24

Sono state valutate preliminarmente le portate dei pali trivellati di diametro 0,6 m e 0,8 m ed i risultati sono riportati di seguito.



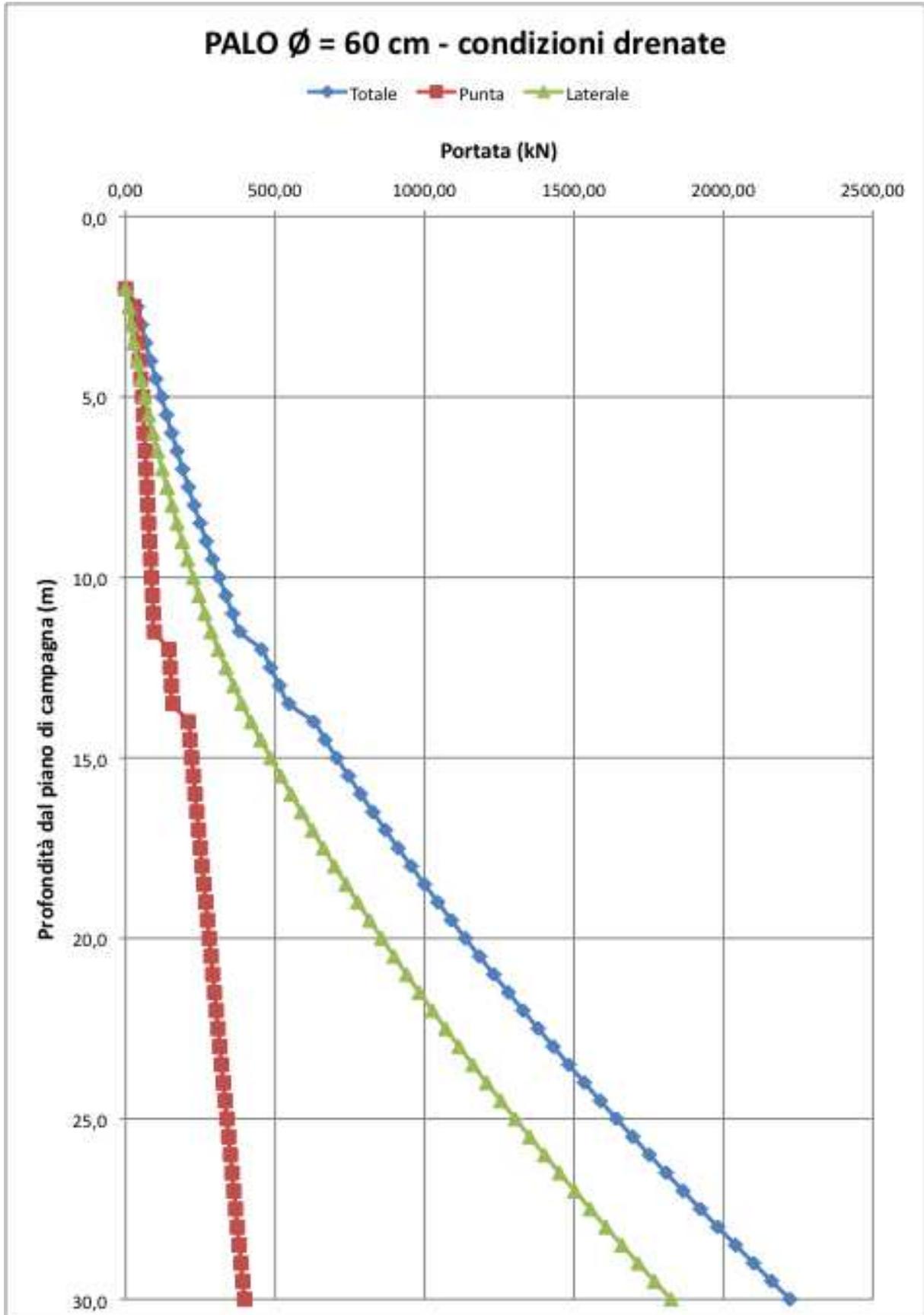
**Figura 6.1:** Resistenza di progetto per pali Ø60 cm – condizioni non drenate

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	15	24

<b>PALO Ø = 0,6 m</b>		<b>BREVE TERMINE</b>			
<b>VALORI DI PROGETTO - CONDIZIONE A1-M1-R3</b>					
Profondità dal piano campagna	Lunghezza palo	Rd,l Resistenza laterale (compressione)	Rd,b Resistenza di base	Rd,t Resistenza totale (compressione)	Rd,lt Resistenza a trazione (incluso il peso del palo)
(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
0,00		<i>Testa palo ipotizzata a 2 m dal piano campagna</i>			
0,50					
1,00					
1,50					
2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,50	0,50	62,49	56,27	118,76	59,61
3,00	1,00	82,16	56,27	138,43	79,83
3,50	1,50	101,83	56,27	158,09	100,04
4,00	2,00	121,50	56,27	177,76	120,26
4,50	2,50	141,17	56,27	197,43	140,47
5,00	3,00	160,83	56,27	217,10	160,69
5,50	3,50	180,50	56,27	236,77	180,91
6,00	4,00	200,17	56,27	256,44	201,12
6,50	4,50	219,84	56,27	276,11	221,34
7,00	5,00	239,51	56,27	295,77	241,55
7,50	5,50	259,18	56,27	315,44	261,77
8,00	6,00	278,84	56,27	335,11	281,98
8,50	6,50	298,51	56,27	354,78	302,20
9,00	7,00	318,18	56,27	374,45	322,41
9,50	7,50	337,85	56,27	394,12	342,63
10,00	8,00	357,52	56,27	413,78	362,85
10,50	8,50	377,19	56,27	433,45	383,06
11,00	9,00	396,86	56,27	453,12	403,28
11,50	9,50	416,52	56,27	472,79	423,49
12,00	10,00	441,23	162,48	603,70	448,34
12,50	10,50	466,58	166,74	633,32	473,78
13,00	11,00	492,58	171,01	663,58	499,82
13,50	11,50	519,22	175,27	694,49	526,46
14,00	12,00	550,76	208,95	759,71	557,59
14,50	12,50	583,05	214,85	797,90	589,42
15,00	13,00	616,09	220,74	836,84	621,94
15,50	13,50	649,88	226,64	876,52	655,14
16,00	14,00	684,42	232,54	916,96	689,04
16,50	14,50	719,71	238,44	958,14	723,62
17,00	15,00	755,74	244,33	1000,08	758,90
17,50	15,50	792,53	250,23	1042,76	794,86
18,00	16,00	830,06	256,13	1086,19	831,51
18,50	16,50	868,35	262,03	1130,37	868,86
19,00	17,00	907,38	267,93	1175,31	906,89
19,50	17,50	947,16	273,82	1220,99	945,61
20,00	18,00	987,69	279,72	1267,42	985,02
20,50	18,50	1028,98	285,62	1314,60	1025,12
21,00	19,00	1071,01	291,52	1362,52	1065,91
21,50	19,50	1113,79	297,41	1411,20	1107,38
22,00	20,00	1157,32	303,31	1460,63	1149,55
22,50	20,50	1201,59	309,21	1510,80	1192,41
23,00	21,00	1246,62	315,11	1561,73	1235,95
23,50	21,50	1292,40	321,01	1613,40	1280,19
24,00	22,00	1338,93	326,90	1665,83	1325,11
24,50	22,50	1386,20	332,80	1719,00	1370,73
25,00	23,00	1434,23	338,70	1772,92	1417,03
25,50	23,50	1483,00	344,60	1827,60	1464,02
26,00	24,00	1532,52	350,49	1883,02	1511,71
26,50	24,50	1582,80	356,39	1939,19	1560,08
27,00	25,00	1633,82	362,29	1996,11	1609,14
27,50	25,50	1685,59	368,19	2053,78	1658,89
28,00	26,00	1738,11	374,09	2112,20	1709,33
28,50	26,50	1791,38	379,98	2171,36	1760,46
29,00	27,00	1845,40	385,88	2231,28	1812,28
29,50	27,50	1900,17	391,78	2291,95	1864,78
30,00	28,00	1955,69	397,68	2353,36	1917,98

**Tabella 6.II: Resistenza di progetto per pali Ø60 cm – condizioni non drenate**

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	16	24



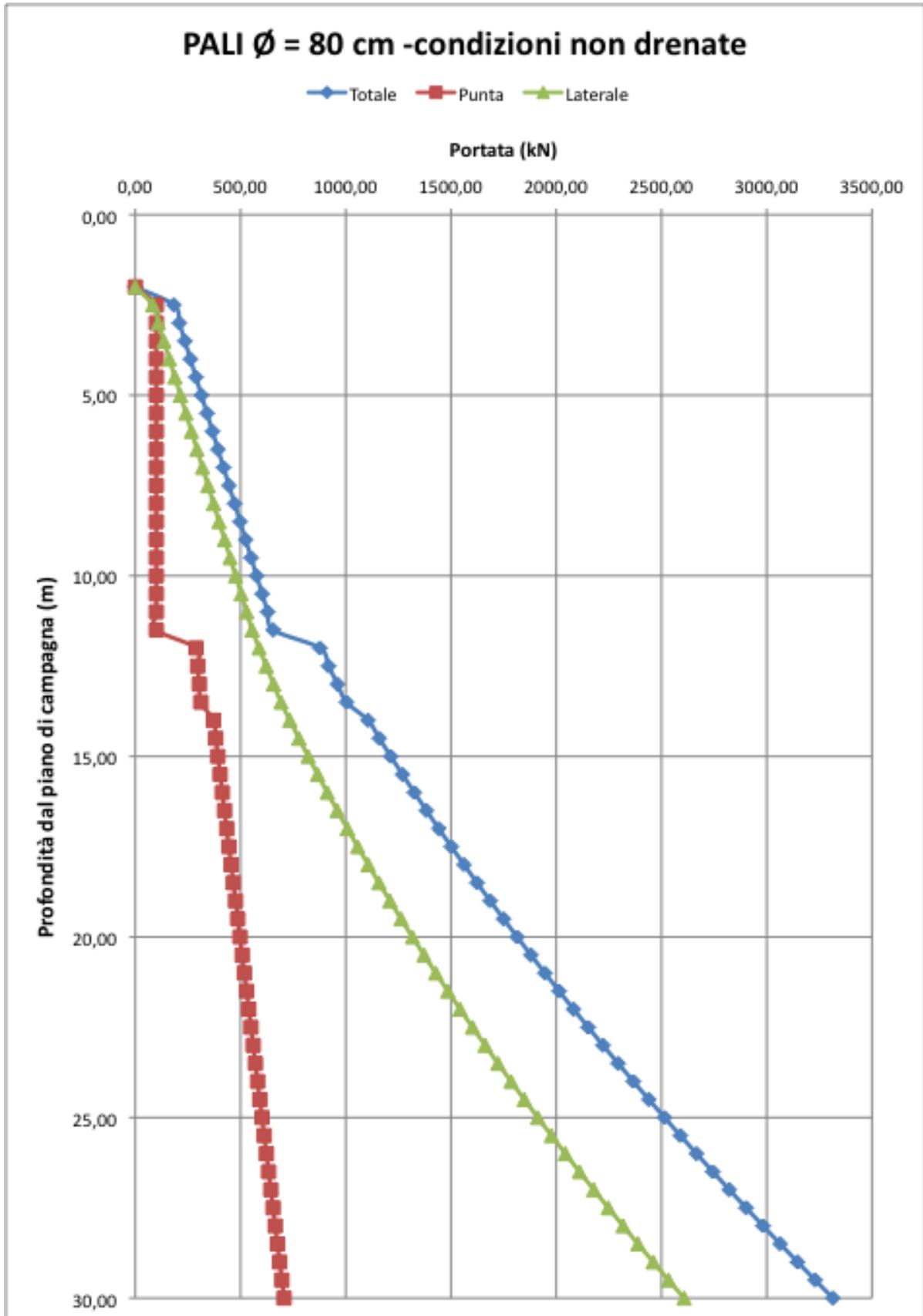
**Figura 6.2:** Resistenza di progetto per pali  $\Phi 60$  cm – condizioni drenate

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	17	24

<b>PALO Ø = 0,60 m</b>		<b>LUNGO TERMINE</b>			
<b>VALORI DI PROGETTO - CONDIZIONE M1-R3</b>					
Profondità dal piano campagna	Lunghezza palo	<b>R<sub>d,l</sub></b> Resistenza laterale (compressione)	<b>R<sub>d,b</sub></b> Resistenza di base (compressione)	<b>R<sub>d,t</sub></b> Resistenza totale (compressione)	<b>R<sub>d,it</sub></b> Resistenza a trazione (incluso il peso del palo)
(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
0,0		<i>Testa palo ipotizzata a 2 m dal piano campagna</i>			
0,5					
1,0					
1,5					
2,0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2,5	0,5	11,37	27,52	38,89	12,58
3,0	1,0	19,09	33,39	52,48	21,80
3,5	1,5	28,17	39,25	67,42	32,28
4,0	2,0	38,60	45,12	83,72	43,99
4,5	2,5	50,39	50,99	101,37	56,96
5,0	3,0	63,53	56,85	120,38	71,17
5,5	3,5	77,34	59,71	137,05	85,99
6,0	4,0	91,80	62,57	154,37	101,42
6,5	4,5	106,93	65,42	172,35	117,46
7,0	5,0	122,72	68,28	191,00	134,11
7,5	5,5	139,14	71,14	210,28	151,33
8,0	6,0	155,29	74,00	229,29	168,31
8,5	6,5	172,05	77,16	249,21	185,86
9,0	7,0	189,44	80,31	269,75	203,97
9,5	7,5	207,44	83,47	290,91	222,65
10,0	8,0	226,05	86,63	312,68	241,90
10,5	8,5	245,28	89,79	335,07	261,71
11,0	9,0	265,13	92,95	358,08	282,09
11,5	9,5	285,60	96,00	381,60	303,04
12,0	10,0	310,30	144,39	454,69	327,89
12,5	10,5	335,65	148,98	484,63	353,33
13,0	11,0	361,65	153,57	515,22	379,37
13,5	11,5	388,30	158,17	546,47	406,01
14,0	12,0	419,84	208,95	628,79	437,14
14,5	12,5	452,13	214,85	666,97	468,97
15,0	13,0	485,17	220,74	705,91	501,49
15,5	13,5	518,96	226,64	745,60	534,69
16,0	14,0	553,49	232,54	786,03	568,59
16,5	14,5	588,78	238,44	827,22	603,17
17,0	15,0	624,82	244,33	869,15	638,45
17,5	15,5	661,60	250,23	911,83	674,41
18,0	16,0	699,14	256,13	955,27	711,06
18,5	16,5	737,42	262,03	999,45	748,40
19,0	17,0	776,45	267,93	1044,38	786,44
19,5	17,5	816,24	273,82	1090,06	825,16
20,0	18,0	856,77	279,72	1136,49	864,57
20,5	18,5	898,05	285,62	1183,67	904,67
21,0	19,0	940,08	291,52	1231,60	945,45
21,5	19,5	982,86	297,41	1280,28	986,93
22,0	20,0	1026,39	303,31	1329,70	1029,10
22,5	20,5	1070,67	309,21	1379,88	1071,96
23,0	21,0	1115,70	315,11	1430,80	1115,50
23,5	21,5	1161,47	321,01	1482,48	1159,74
24,0	22,0	1208,00	326,90	1534,90	1204,66
24,5	22,5	1255,28	332,80	1588,08	1250,28
25,0	23,0	1303,30	338,70	1642,00	1296,58
25,5	23,5	1352,08	344,60	1696,67	1343,57
26,0	24,0	1401,60	350,49	1752,09	1391,26
26,5	24,5	1451,87	356,39	1808,26	1439,63
27,0	25,0	1502,89	362,29	1865,18	1488,69
27,5	25,5	1554,66	368,19	1922,85	1538,44
28,0	26,0	1607,19	374,09	1981,27	1588,88
28,5	26,5	1660,46	379,98	2040,44	1640,01
29,0	27,0	1714,47	385,88	2100,36	1691,82
29,5	27,5	1769,24	391,78	2161,02	1744,33
30,0	28,0	1824,76	397,68	2222,44	1797,53

**Tabella 6.III: Resistenza di progetto per pali Φ60 cm – condizioni drenate**

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	18	24



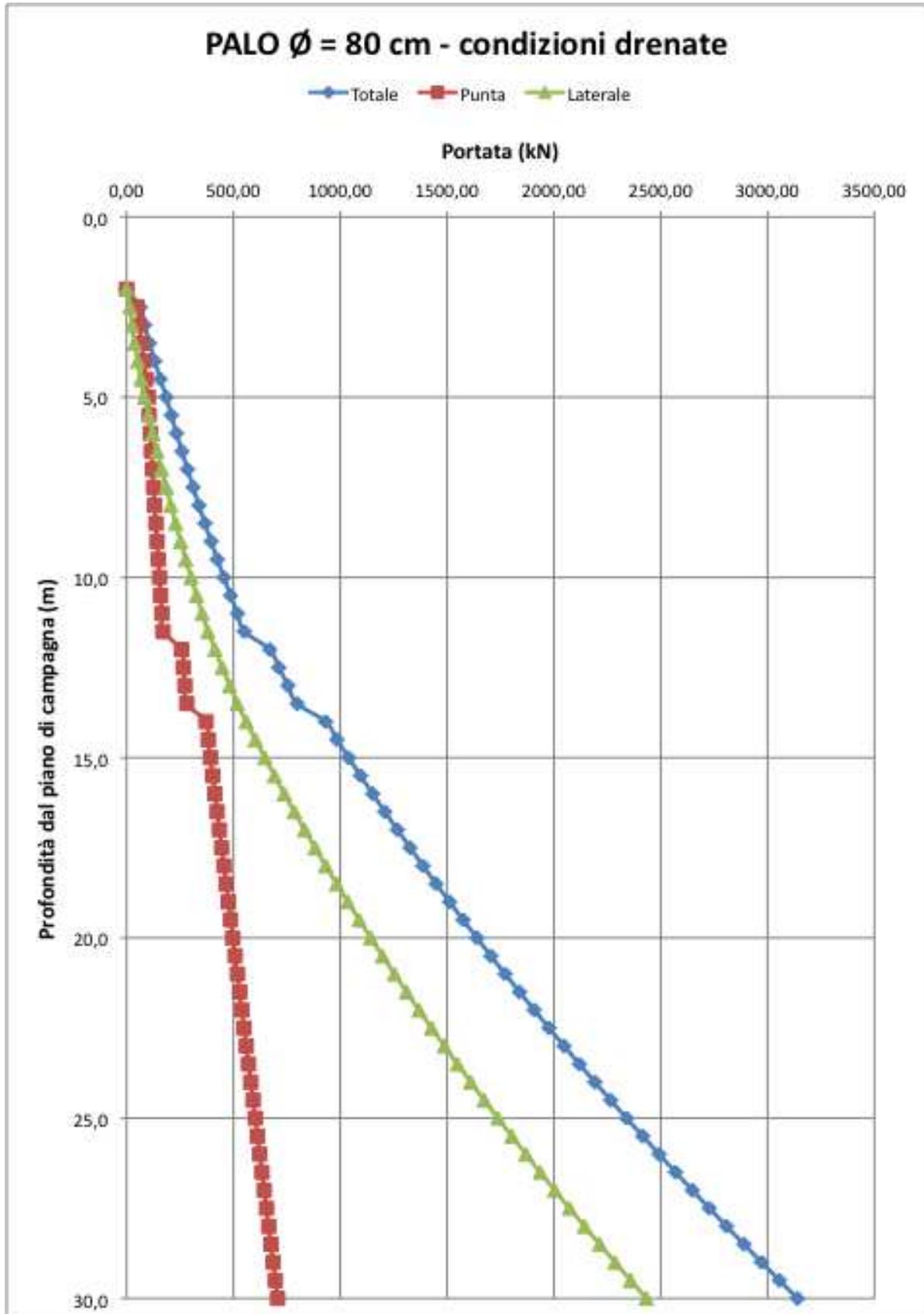
**Figura 6.3:** Resistenza di progetto per pali Ø80 cm – condizioni non drenate

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	19	24

<b>PALO Ø = 0,8 m</b>		<b>BREVE TERMINE</b>			
<b>VALORI DI PROGETTO - CONDIZIONE A1-M1-R3</b>					
Profondità dal piano campagna	Lunghezza palo	Rd,l Resistenza laterale (compressione)	Rd,b Resistenza di base	Rd,t Resistenza totale (compressione)	Rd,lt Resistenza a trazione (incluso il peso del palo)
(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
0,00		<i>Testa palo ipotizzata a 2 m dal piano campagna</i>			
0,50					
1,00					
1,50					
2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,50	0,50	83,32	100,03	183,35	80,43
3,00	1,00	109,55	100,03	209,57	108,32
3,50	1,50	135,77	100,03	235,80	136,22
4,00	2,00	162,00	100,03	262,02	164,12
4,50	2,50	188,22	100,03	288,25	192,01
5,00	3,00	214,45	100,03	314,47	219,91
5,50	3,50	240,67	100,03	340,70	247,80
6,00	4,00	266,89	100,03	366,92	275,70
6,50	4,50	293,12	100,03	393,15	303,60
7,00	5,00	319,34	100,03	419,37	331,49
7,50	5,50	345,57	100,03	445,60	359,39
8,00	6,00	371,79	100,03	471,82	387,29
8,50	6,50	398,02	100,03	498,05	415,18
9,00	7,00	424,24	100,03	524,27	443,08
9,50	7,50	450,47	100,03	550,50	470,98
10,00	8,00	476,69	100,03	576,72	498,87
10,50	8,50	502,92	100,03	602,94	526,77
11,00	9,00	529,14	100,03	629,17	554,67
11,50	9,50	555,37	100,03	655,39	582,56
12,00	10,00	588,30	288,84	877,15	616,63
12,50	10,50	622,10	296,43	918,53	651,50
13,00	11,00	656,77	304,01	960,78	687,16
13,50	11,50	692,30	311,59	1003,89	723,62
14,00	12,00	734,35	371,46	1105,81	766,08
14,50	12,50	777,40	381,95	1159,35	809,46
15,00	13,00	821,46	392,43	1213,89	853,75
15,50	13,50	866,51	402,92	1269,43	898,97
16,00	14,00	912,56	413,40	1325,96	945,11
16,50	14,50	959,61	423,89	1383,50	992,16
17,00	15,00	1007,66	434,37	1442,03	1040,14
17,50	15,50	1056,70	444,86	1501,56	1089,03
18,00	16,00	1106,75	455,34	1562,09	1138,84
18,50	16,50	1157,80	465,83	1623,62	1189,57
19,00	17,00	1209,84	476,31	1686,15	1241,23
19,50	17,50	1262,88	486,80	1749,68	1293,80
20,00	18,00	1316,93	497,28	1814,21	1347,28
20,50	18,50	1371,97	507,77	1879,74	1401,69
21,00	19,00	1428,01	518,25	1946,26	1457,02
21,50	19,50	1485,05	528,74	2013,79	1513,27
22,00	20,00	1543,09	539,22	2082,31	1570,43
22,50	20,50	1602,13	549,71	2151,83	1628,52
23,00	21,00	1662,16	560,19	2222,35	1687,52
23,50	21,50	1723,20	570,68	2293,88	1747,44
24,00	22,00	1785,23	581,16	2366,40	1808,29
24,50	22,50	1848,27	591,65	2439,91	1870,05
25,00	23,00	1912,30	602,13	2514,43	1932,73
25,50	23,50	1977,33	612,62	2589,95	1996,33
26,00	24,00	2043,36	623,10	2666,47	2060,85
26,50	24,50	2110,40	633,59	2743,98	2126,28
27,00	25,00	2178,42	644,07	2822,50	2192,64
27,50	25,50	2247,45	654,56	2902,01	2259,92
28,00	26,00	2317,48	665,04	2982,52	2328,11
28,50	26,50	2388,51	675,53	3064,03	2397,23
29,00	27,00	2460,53	686,01	3146,54	2467,26
29,50	27,50	2533,56	696,50	3230,05	2538,21
30,00	28,00	2607,58	706,98	3314,56	2610,08

**Tabella 6.IV: Resistenza di progetto per pali Ø80 cm – condizioni non drenate**

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	20	24



**Figura 6.4:** Resistenza di progetto per pali Ø80 cm – condizioni drenate

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	21	24

<b>PALO <math>\varnothing = 0,80</math> m</b>		<b>LUNGO TERMINE</b>			
<b>VALORI DI PROGETTO - CONDIZIONE M1-R3</b>					
Profondità dal piano campagna	Lunghezza palo	<b>R<sub>d,l</sub></b> Resistenza laterale (compressione)	<b>R<sub>d,b</sub></b> Resistenza di base	<b>R<sub>d,t</sub></b> Resistenza totale (compressione)	<b>R<sub>d,lt</sub></b> Resistenza a trazione (incluso il peso del palo)
(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
0,0		<i>Testa palo ipotizzata a 2 m dal piano campagna</i>			
0,5					
1,0					
1,5					
2,0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2,5	0,5	15,16	48,93	64,09	17,72
3,0	1,0	25,45	59,36	84,81	30,96
3,5	1,5	37,56	69,79	107,34	45,86
4,0	2,0	51,47	80,21	131,68	62,43
4,5	2,5	67,18	90,64	157,83	80,66
5,0	3,0	84,71	101,07	185,78	100,55
5,5	3,5	103,12	106,15	209,27	121,26
6,0	4,0	122,40	111,23	233,63	142,77
6,5	4,5	142,57	116,31	258,88	165,10
7,0	5,0	163,62	121,39	285,01	188,23
7,5	5,5	185,52	126,47	311,99	212,14
8,0	6,0	207,05	131,55	338,60	235,72
8,5	6,5	229,41	137,17	366,57	260,06
9,0	7,0	252,58	142,78	395,36	285,15
9,5	7,5	276,58	148,40	424,98	311,00
10,0	8,0	301,40	154,01	455,41	337,61
10,5	8,5	327,05	159,63	486,67	364,97
11,0	9,0	353,51	165,24	518,75	393,09
11,5	9,5	380,80	170,66	551,46	421,96
12,0	10,0	413,74	256,69	670,42	456,03
12,5	10,5	447,54	264,85	712,39	490,90
13,0	11,0	482,20	273,02	755,22	526,56
13,5	11,5	517,73	281,19	798,92	563,02
14,0	12,0	559,78	371,46	931,25	605,48
14,5	12,5	602,84	381,95	984,79	648,86
15,0	13,0	646,89	392,43	1039,32	693,15
15,5	13,5	691,94	402,92	1094,86	738,37
16,0	14,0	737,99	413,40	1151,39	784,51
16,5	14,5	785,04	423,89	1208,93	831,56
17,0	15,0	833,09	434,37	1267,46	879,54
17,5	15,5	882,14	444,86	1326,99	928,43
18,0	16,0	932,18	455,34	1387,53	978,24
18,5	16,5	983,23	465,83	1449,06	1028,97
19,0	17,0	1035,27	476,31	1511,59	1080,62
19,5	17,5	1088,32	486,80	1575,11	1133,19
20,0	18,0	1142,36	497,28	1639,64	1186,68
20,5	18,5	1197,40	507,77	1705,17	1241,09
21,0	19,0	1253,44	518,25	1771,69	1296,42
21,5	19,5	1310,48	528,74	1839,22	1352,67
22,0	20,0	1368,52	539,22	1907,74	1409,83
22,5	20,5	1427,56	549,71	1977,27	1467,92
23,0	21,0	1487,60	560,19	2047,79	1526,92
23,5	21,5	1548,63	570,68	2119,31	1586,84
24,0	22,0	1610,67	581,16	2191,83	1647,68
24,5	22,5	1673,70	591,65	2265,35	1709,45
25,0	23,0	1737,73	602,13	2339,87	1772,13
25,5	23,5	1802,77	612,62	2415,38	1835,73
26,0	24,0	1868,80	623,10	2491,90	1900,24
26,5	24,5	1935,83	633,59	2569,41	1965,68
27,0	25,0	2003,86	644,07	2647,93	2032,04
27,5	25,5	2072,89	654,56	2727,44	2099,32
28,0	26,0	2142,91	665,04	2807,95	2167,51
28,5	26,5	2213,94	675,53	2889,47	2236,62
29,0	27,0	2285,97	686,01	2971,98	2306,66
29,5	27,5	2358,99	696,50	3055,49	2377,61
30,0	28,0	2433,01	706,98	3139,99	2449,48

**Tabella 6.V: Resistenza di progetto per pali  $\Phi 80$  cm – condizioni drenate**

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	22	24

## 7. CONCLUSIONI

La presente nota, prese in esame le informazioni disponibili sull'area che sarà interessata dalla prossima costruzione e quanto disponibile sulle aree limitrofe, trattate ampiamente nella Relazione Geologica (Rif.[1]) e nel Tomo 1 (Rif.[2]) della presente analisi geotecnica, vuole rappresentare una guida per il progettista strutturale per un eventuale predimensionamento preliminare.

Da quanto è stato possibile vedere il terreno risulta costituito da due strati importanti denominati “*A livello argilloso-limoso*” e “*C livello sabbioso*”.

Tra i due livelli principali è interposto il “livello B” che è un vero e proprio livello di passaggio costituito da straterelli centimetrici di argilla sabbiosa limosa e di sabbia limosa.

Non sembra essere presente il rischio di liquefazione.

Il materiale del livello “A” ha un indice di plasticità piuttosto elevato che mette in guardia sulla concreta possibilità che si sviluppino cedimenti a lungo termine. Dall'alta parte il materiale è sovraconsolidato e questo induce a pensare che se si adottano fondazioni superficiali con tasso di lavoro sensibilmente più basso del carico di preconsolidazione i cedimenti a lungo termine saranno molto ridotti ed il tempo in cui essi si manifesteranno sarà relativamente breve.

Alla luce di questa premessa si può ipotizzare che per fondazioni o strutture che siano poco sensibili ai cedimenti, o per fondazioni che trasferiscono al terreno sollecitazioni non elevate ( $70 \div 80$  kPa) è possibile l'adozione di fondazioni superficiali.

Per strutture che applichino tassi di lavoro elevati al terreno o strutture molto sensibili ai cedimenti si adotteranno fondazioni profonde a palificata.

Le indagini geofisiche e geotecniche previste consentiranno di affinare meglio e con più precisione i calcoli fugando le aree grigie che inducono un poco più di prudenza.

In particolare si raccomanda prudenza nell'eseguire scavi di una certa profondità; essi dovranno restare aperti per il minor tempo possibile, e comunque ritenuto compatibile con i tempi di realizzazione richiesti dalle fondazioni, e protetti se profondi.

**CONSULET SERVIZI S.r.l.**

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	23	24

## **BIBLIOGRAFIA**

**Berezantev, V.G.; Khristoforov, V., Golubkov, V. (1961):**

“Load Bearing Capacity and Deformation of Piled Foundations”. Proc. 5<sup>th</sup> Int. Conf. S.M. & F.E., Vol.2 pp. 11-15.

**Brinch Hansen, J. (1968):**

“A Revisited and Extended Formula for Bearing Capacity. (Reprint of Lecture in Japan – October 1968)” – from Danish Geotechnical Bulletin (1970), pagg. 5/11.

**Bowles, J. (1988):**

“Foundation Analysis and Design.” - Mc Graw-Hill

**Skempton, A.W. (1954):**

“Chapter X of building Materials: their Elasticity and Inelasticity” – Edited by M. Reiner – North Holland Publishing Company - Amsterdam.

<b>DATA DATE</b>	<b>DOCUMENTO DOCUMENT</b>	<b>COMMESSA JOB</b>	<b>PROTOCOLLO DOC. No.</b>	<b>REVISIONE REVISION</b>	<b>PAG. PAGE</b>	<b>PAG. TOT. TOT. PAGES</b>
09/2020	Relazione geotecnica TOMO 2	219	05	01	24	24