

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

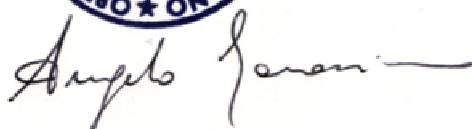


B711CTKC006

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

### LINEA ELETTRICA DALLA CENTRALE ALLA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA (380 KV)

#### NOTA SULLE FONDAZIONI


GEOTECHNICAL ENGINEERING &amp; GEOLOGY

COMMESSA JOB	DATA Date	IDENTIFICATIVO DOCUMENT CODE	REDATTO PREPARED	CONTROLLATO CHECKED	APPROVATO APPROVED
219	09/2020	R.219.08.01	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.**

*Linea elettrica dalla centrale alla sottostazione  
elettrica (380 kV)*

*Nota sulle Fondazioni*



*Angelo Garassino*

**Commessa Job 219**  
**Protocollo / Rev Doc. No. 08.01**

| 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 .....	6
3.	RICHIAMI DI STRATIGRAFIA .....	7
4.	CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA SCELTA DEL TIPO DI FONDAZIONE DA ADOTTARE .....	9
4.1	FONDAZIONI SU PALLI.....	9
5.	FONDAZIONI SUPERFICIALI .....	28
5.1	CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO.....	28
5.2	VERIFICA ALLO STRAPPAMENTO .....	30
5.3	VERIFICA ALLO SCORRIMENTO .....	31
5.4	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE.....	31
5.5	CEDIMENTI DELLE FONDAZIONI SU TERRENO NATURALE .....	32
5	CONCLUSIONI.....	33
	BIBLIOGRAFIA .....	34

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	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	3	34

## 1. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GENERALE

Il progetto per la costruzione di un elettrodotto di allacciamento della centrale elettrica di San Quirico, in provincia di Parma con la sottostazione elettrica aldilà del Po, in provincia di Cremona, ha richiesto uno studio di caratterizzazione geologico-geotecnica dei terreni presenti nelle aree interessate.

Lungo il tracciato della futura la linea elettrica a 380 kV, che si sviluppa per una lunghezza complessiva di 16 km + 800 m circa, saranno realizzati da Edison S.p.A. n.35 sostegni, 22 sosterranno un percorso rettilineo e 13 un passaggio ad angolo.

L'elettrodotto si sviluppa sul territorio di due regioni, la Lombardia, nella provincia di Cremona, per la parte nord e l'Emilia Romagna, la provincia di Parma, per la parte a sud.

A nord si trovano la sottostazione elettrica ed il punto di allacciamento alla rete nazionale mentre a sud si trova la centrale di produzione dell'energia.

Il tracciato si snoda da Sud a Nord attraversando il territorio di quattro comuni:

- Sissa Trecasali (PR);
- Torricella del Pizzo (CR);
- Gussola (CR);
- San Giovanni in Croce (CR).

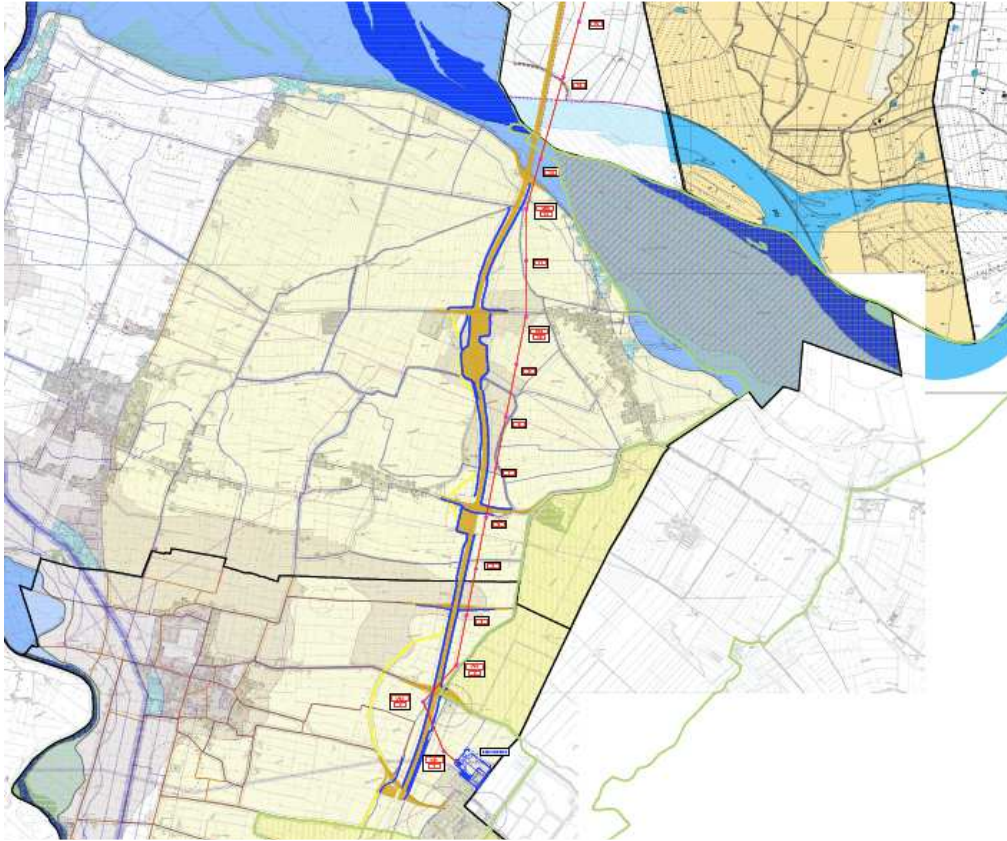
Di seguito si riporta nelle figure 1.1 ed 1.2 il tracciato dell'elettrodotto con indicata la posizione dei tralicci di sostegno alla linea.

Il presente documento fa seguito alla Relazione Geologica (Rif.[1]) e riporta gli studi effettuati al fine di dimensionare in via preliminare le fondazioni superficiali e profonde relative a ciascun sostegno dell'elettrodotto.

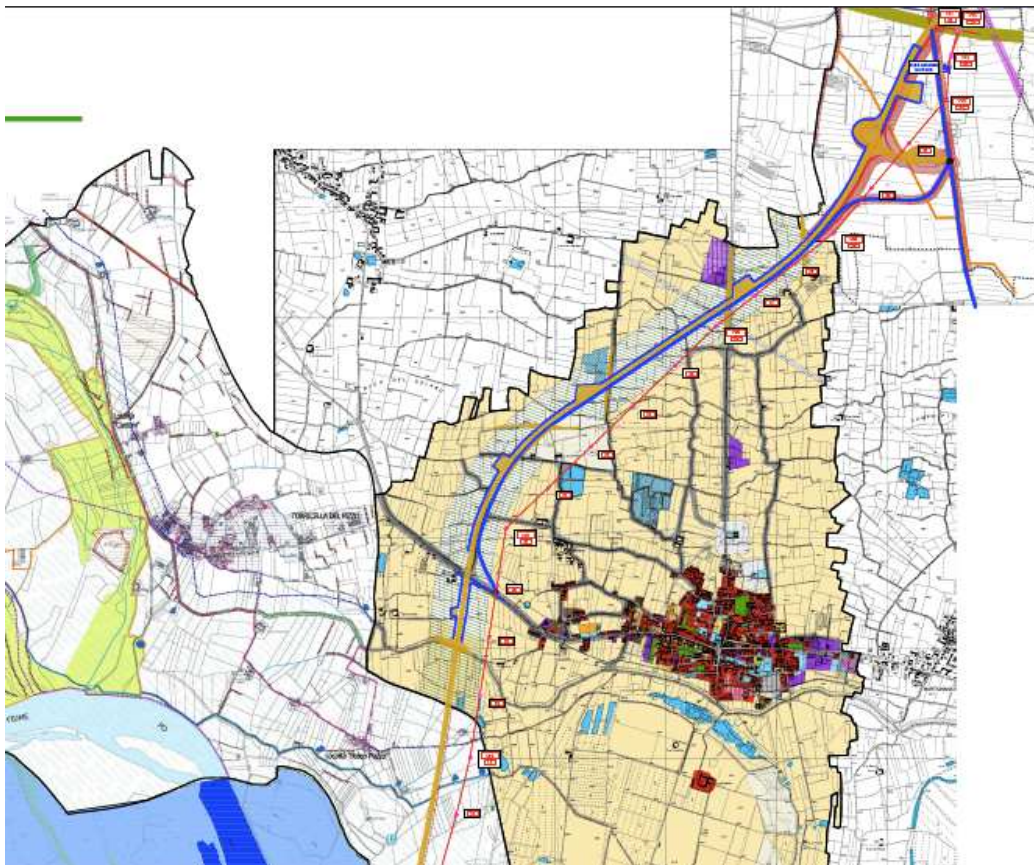
Le valutazioni effettuate nel seguito fanno riferimento alle stratigrafie di progetto del sottosuolo dei tralicci, individuate insieme ai relativi parametri di progetto nella già citata relazione geologica.

Le tipologie di fondazione che verranno eseguite nell'area interessata sono di due tipi: fondazioni superficiali e fondazioni profonde.

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	4	34



**Figura 1.1:** il tracciato dell'elettrodotto 380 kV dalla centrale all'attraversamento del fiume Po



**Figura 1.2:** il tracciato dell'elettrodotto 380 kV dal fiume Po alla sottostazione

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	5	34



## 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.** – Centrale Elettrica S.Quirico (PR) Linea Elettrica 380 kV – *Relazione Geologica*, codifica R.219.03.00 - 2020.

### *Normative*

-----

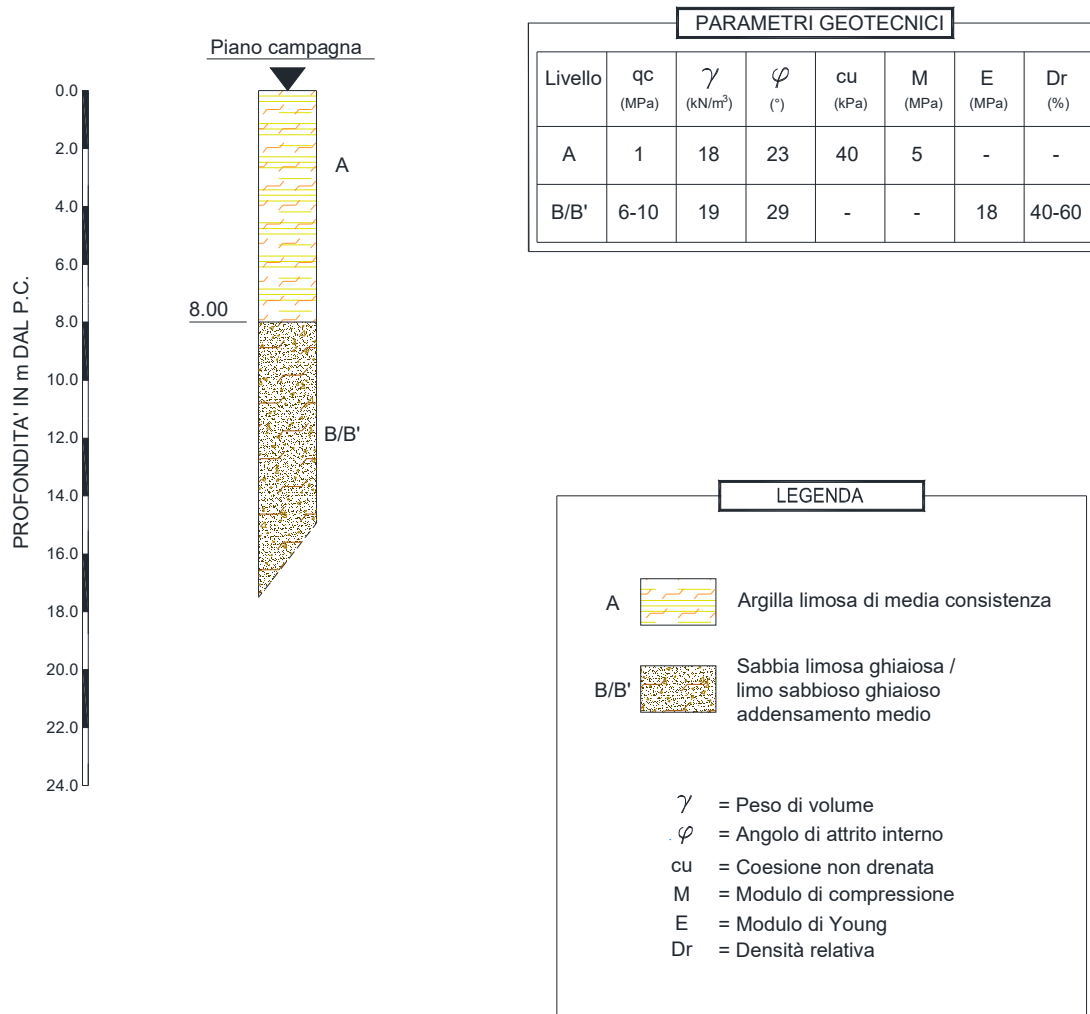
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto 17 Gennaio 2018: Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni (NTC)».
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	6	34

### 3. RICHIAMI DI STRATIGRAFIA

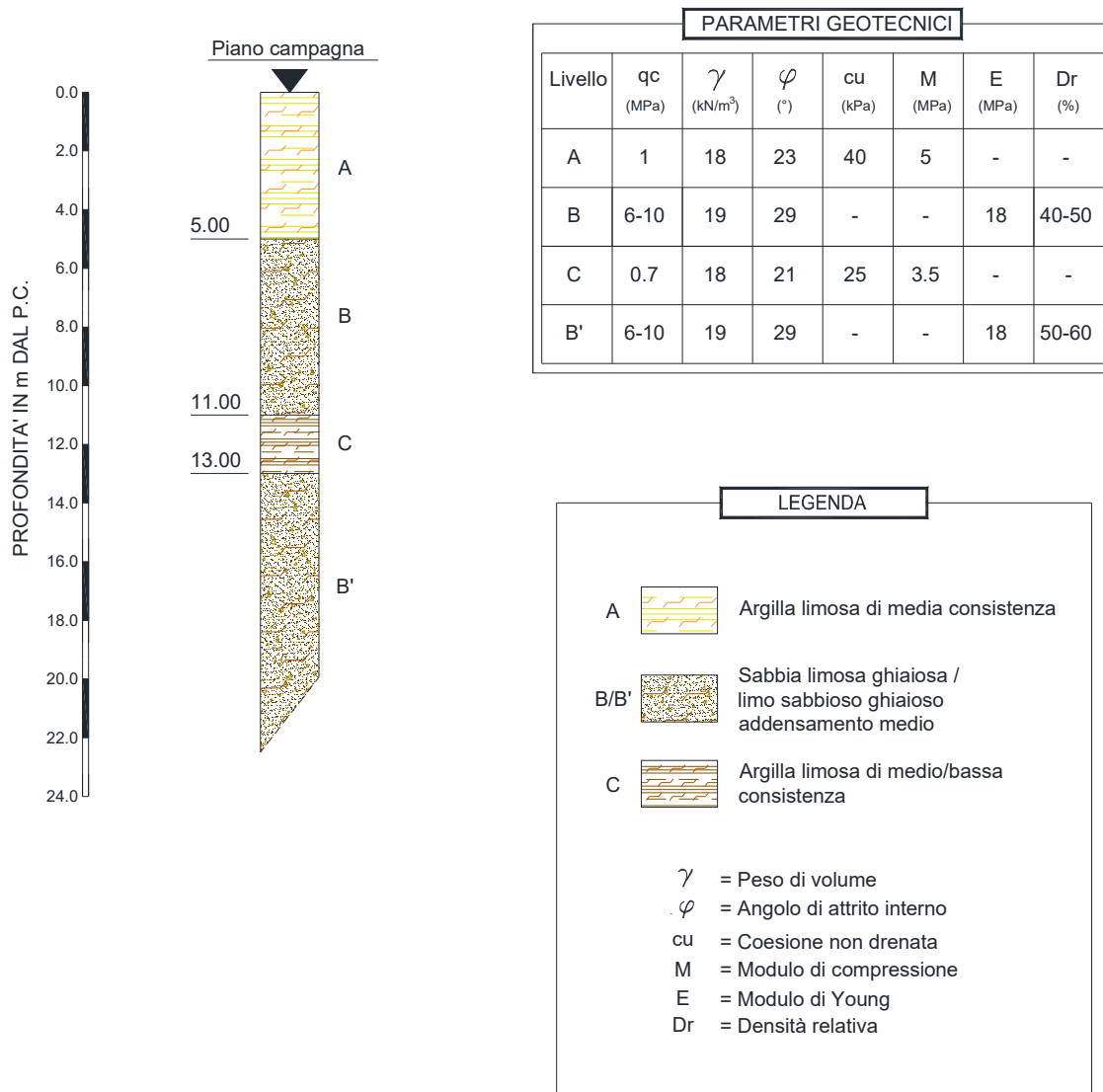
Si riportano qui per semplicità di consultazione le stratigrafie di progetto redatte nella relazione geologica rispettivamente per la parte a sud ed a nord del fiume Po.

Le stratigrafie riportate sono mediate sulla messe di informazioni raccolte, più numerose per la parte lombarda. Gli scostamenti locali possibili rispetto alle stratigrafie riportate sono modesti e sono scarsamente rappresentativi nell'ottica delle approssimazioni contenute in un progetto preliminare.



**Figura 3.1:** stratigrafia di progetto per i tralicci ubicati a sud del fiume Po (da relazione geologica)

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	7	34



**Figura 3.2:** stratigrafia di progetto per i tralicci ubicati a nord del fiume Po (da relazione geologica)

I parametri riportati nelle stratigrafie sono prudenziali proprio per tener conto dell'estensione del territorio coperto e della possibilità di incontrare localmente situazioni più gravose o più complesse.

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	8	34



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

Guardando attentamente le stratigrafie di riferimento per la fase di progettazione preliminare si coglie che le fondazioni idonee da adottare sono le fondazioni a pali a causa della scarsa compattezza dello strato più superficiale di argilla limosa.

Non è tuttavia detto che ad una analisi più accurata sia possibile in alcune zone, ove localmente le argille siano dotate di proprietà meccaniche un poco migliori o dove il loro spessore si assottigli, tanto da consentire di appoggiare la fondazione direttamente sulle sabbie, di fare ricorso a fondazioni dirette.

Verrà quindi considerata l'ipotesi di realizzare anche fondazioni dirette oltre alle 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".

La scelta finale tra le due opzioni sarà fatta in sede di progettazione definitiva considerando anche le risultanze delle future indagini integrative sui terreni.

##### 4.1 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.

Le verifiche sono condotte con riferimento alla normativa NTC 2018 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:  $R_{c,k} = Min \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	9	34

$R_{c,cal}$  = resistenza a compressione ultima calcolata a partire dai parametri geotecnici;  
 $\xi_3, \xi_4$  = coefficienti di fattorazione; si è considerato il coefficiente  $\xi_3 = 1.70$  con riferimento ai parametri medi e  $\xi_4 = 1.70$  con riferimento ai parametri minimi definiti nella stratigrafia di progetto del capitolo 3, in considerazione del fatto che la stratigrafia di progetto è unica per un lungo tratto a mediare piccole differenze locali.

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:

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

essendo:

$$P_b = Q_0 \cdot A_b$$

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

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

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

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

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

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 secondo la tabella seguente

Tipo di palo	Valori di $c_u$ [kPa]	Valori di $\alpha$
trivellato	$\leq 25$	0.7
	$25 \div 70$	$0.7 - 0.008 (c_u - 25)$
	$\geq 70$	0.35

**Tabella 4.1:** coefficiente di aderenza  $\alpha$  in funzione della resistenza al taglio non drenata  $c_u$

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	10	34

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)
- $K_s = 0.8$ .
- $\alpha = 0,58$  per lo strato "A" ed 1 per lo strato "C"

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.

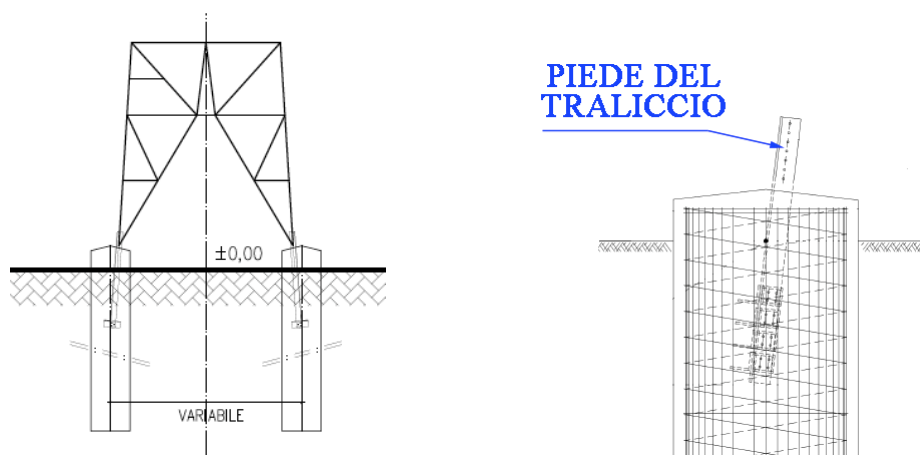
<b>RESISTENZA</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b>Pali trivellati (R3)</b>
<i>Punta</i>	$\gamma_b$	1,35
<i>Laterale compressione</i>	$\gamma_s$	1,15
<i>Totale</i>	$\gamma$	1,30
<i>Laterale trazione</i>	$\gamma_{st}$	1,25

**Tabella 4.II:** coefficienti parziali di sicurezza R3

Di seguito si forniscono in via preliminare le portate utili a compressione e trazione per pali trivellati di diametro 0,6 m, 0,8 m, 1,0 m ed 1,2 m.

I valori di portata dei pali ottenuti in prima approssimazione valgono per entrambe le stratigrafie perché essendo queste relativamente simili la differenza risulta trascurabile.

Dopo l'esecuzione delle indagini aggiuntive, indicate nella relazione geologica, si farà un calcolo dedicato per ciascuna fondazione.

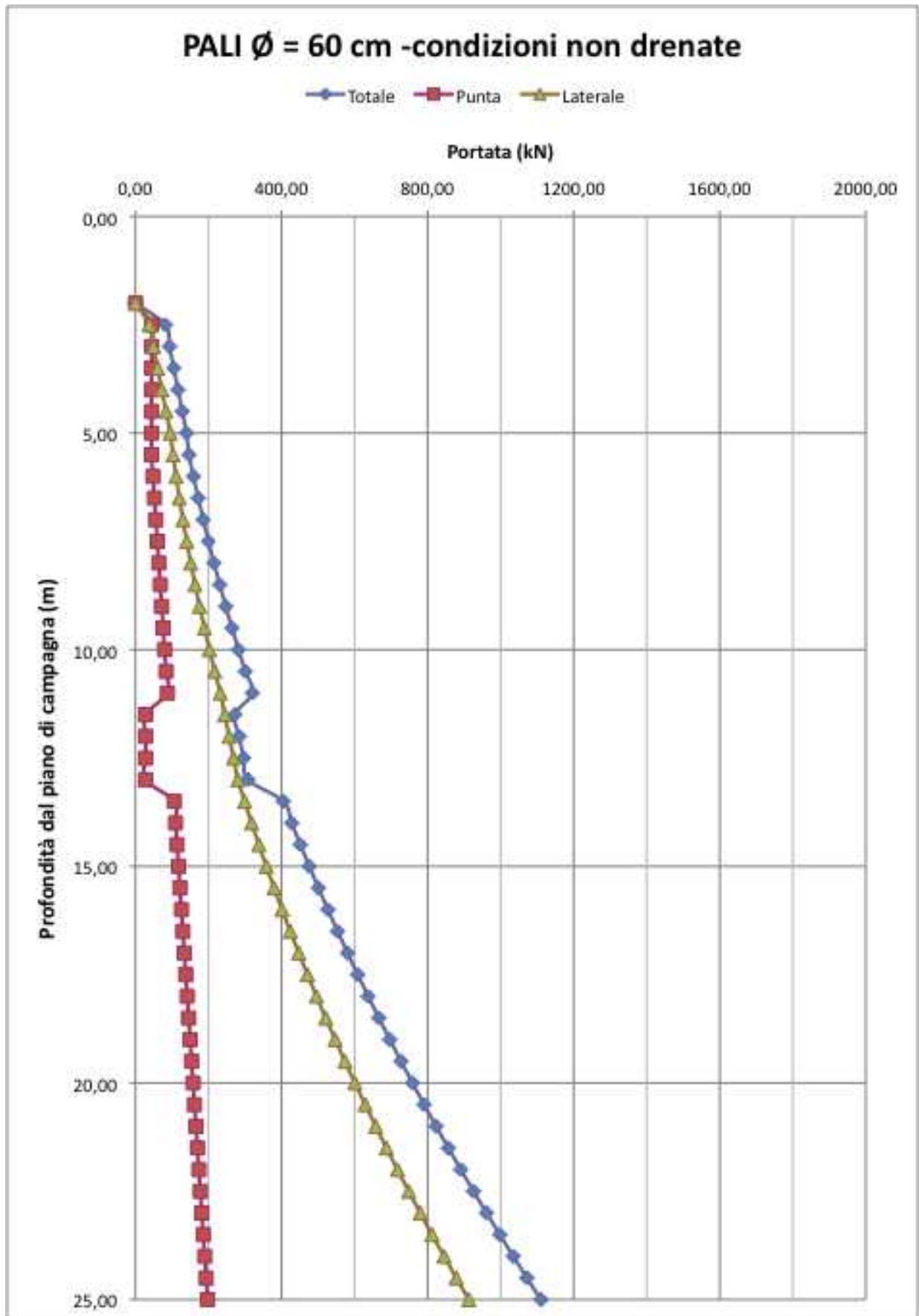


**Figura 4.1:** schema della fondazione del traliccio su pali

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	11	34

<b>PALO Ø =</b>		<b>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	37,34	44,35	81,69	36,48
3,00	1,00	48,91	44,35	93,26	49,24
3,50	1,50	60,48	44,35	104,83	62,01
4,00	2,00	72,05	44,35	116,40	74,77
4,50	2,50	83,62	44,35	127,97	87,54
5,00	3,00	95,19	44,35	139,54	100,30
5,50	3,50	102,81	43,83	146,64	109,43
6,00	4,00	111,12	47,82	158,93	119,19
6,50	4,50	120,12	51,80	171,92	129,59
7,00	5,00	129,81	55,79	185,60	140,63
7,50	5,50	140,20	59,77	199,97	152,31
8,00	6,00	151,27	63,76	215,03	164,62
8,50	6,50	163,04	67,74	230,78	177,57
9,00	7,00	175,51	71,72	247,23	191,15
9,50	7,50	188,66	75,71	264,37	205,37
10,00	8,00	202,51	79,69	282,20	220,23
10,50	8,50	217,05	83,68	300,73	235,73
11,00	9,00	232,28	87,66	319,94	251,87
11,50	9,50	244,33	27,72	272,05	265,07
12,00	10,00	256,38	27,72	284,10	278,28
12,50	10,50	268,43	27,72	296,15	291,49
13,00	11,00	280,49	27,72	308,20	304,70
13,50	11,50	298,87	105,82	404,69	323,73
14,00	12,00	317,95	109,80	427,75	343,41
14,50	12,50	337,72	113,79	451,51	363,72
15,00	13,00	358,18	117,77	475,95	384,66
15,50	13,50	379,34	121,75	501,09	406,25
16,00	14,00	401,19	125,74	526,93	428,47
16,50	14,50	423,73	129,72	553,45	451,32
17,00	15,00	446,96	133,71	580,67	474,82
17,50	15,50	470,88	137,69	608,58	498,95
18,00	16,00	495,50	141,68	637,18	523,72
18,50	16,50	520,81	145,66	666,47	549,12
19,00	17,00	546,81	149,65	696,46	575,16
19,50	17,50	573,51	153,63	727,14	601,84
20,00	18,00	600,89	157,62	758,51	629,16
20,50	18,50	628,97	161,60	790,57	657,11
21,00	19,00	657,74	165,59	823,33	685,70
21,50	19,50	687,21	169,57	856,78	714,93
22,00	20,00	717,36	173,56	890,92	744,79
22,50	20,50	748,21	177,54	925,75	775,29
23,00	21,00	779,75	181,52	961,28	806,43
23,50	21,50	811,98	185,51	997,49	838,21
24,00	22,00	844,91	189,49	1034,40	870,62
24,50	22,50	878,53	193,48	1072,01	903,67
25,00	23,00	912,84	197,46	1110,30	937,35

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	12	34

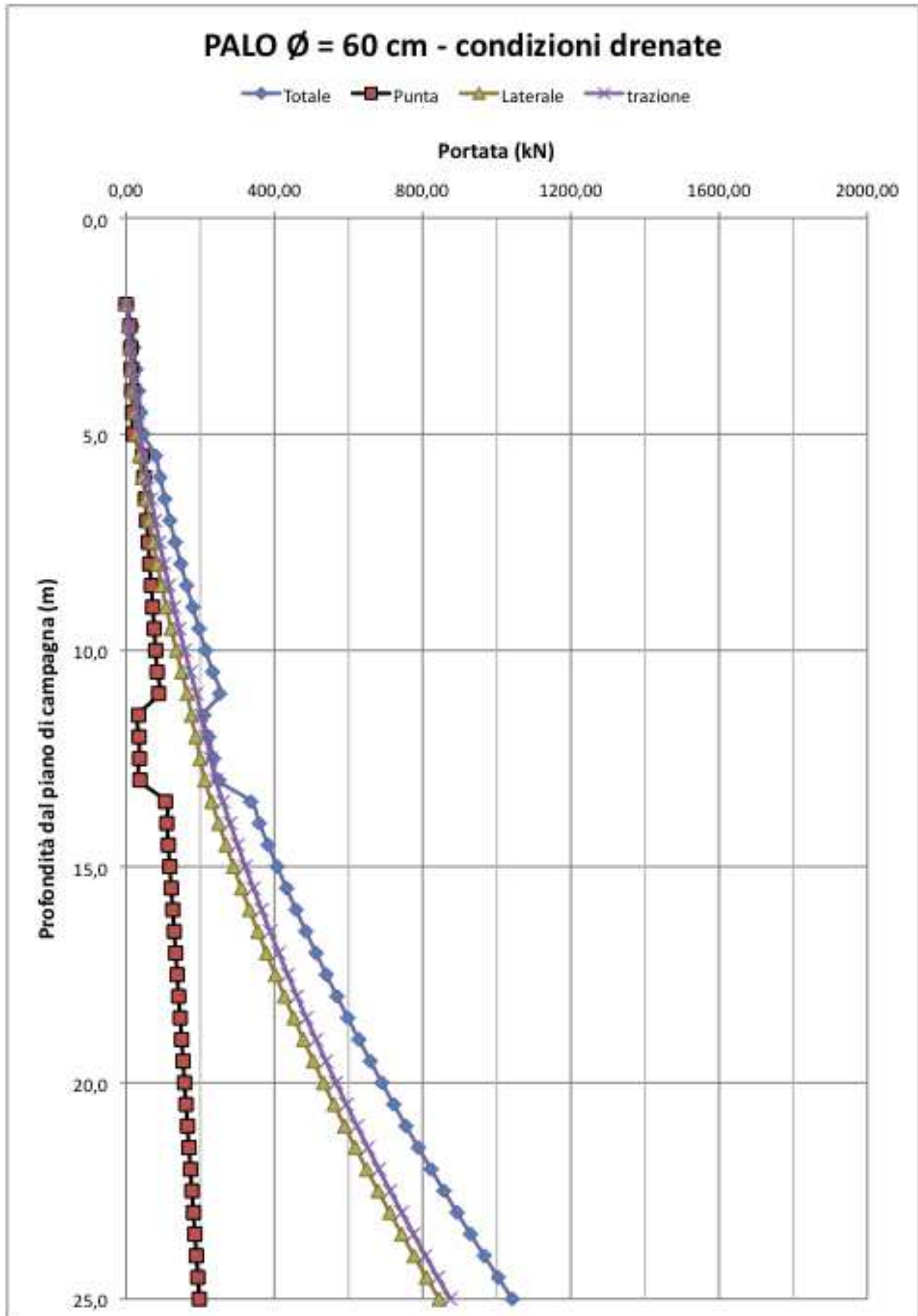


DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	13	34

<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	<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	5,51	10,46	15,97	7,19
3,0	1,0	8,98	12,14	21,12	12,50
3,5	1,5	12,93	13,81	26,74	18,26
4,0	2,0	17,36	15,49	32,85	24,46
4,5	2,5	22,27	17,16	39,43	31,09
5,0	3,0	27,66	18,83	46,49	38,17
5,5	3,5	35,28	43,83	79,11	47,30
6,0	4,0	43,59	47,82	91,40	57,06
6,5	4,5	52,59	51,80	104,39	67,46
7,0	5,0	62,28	55,79	118,06	78,50
7,5	5,5	72,66	59,77	132,43	90,18
8,0	6,0	83,74	63,76	147,50	102,49
8,5	6,5	95,51	67,74	163,25	115,44
9,0	7,0	107,97	71,72	179,70	129,02
9,5	7,5	121,13	75,71	196,84	143,25
10,0	8,0	134,98	79,69	214,67	158,11
10,5	8,5	149,52	83,68	233,19	173,60
11,0	9,0	164,75	87,66	252,41	189,74
11,5	9,5	175,95	33,58	209,53	202,16
12,0	10,0	187,59	34,88	222,47	214,99
12,5	10,5	199,66	36,19	235,85	228,22
13,0	11,0	212,17	37,49	249,66	241,85
13,5	11,5	230,55	105,82	336,37	260,88
14,0	12,0	249,63	109,80	359,43	280,55
14,5	12,5	269,40	113,79	383,19	300,86
15,0	13,0	289,87	117,77	407,64	321,81
15,5	13,5	311,02	121,75	432,78	343,39
16,0	14,0	332,87	125,74	458,61	365,61
16,5	14,5	355,41	129,72	485,13	388,47
17,0	15,0	378,64	133,71	512,35	411,97
17,5	15,5	402,57	137,69	540,26	436,10
18,0	16,0	427,18	141,68	568,86	460,86
18,5	16,5	452,49	145,66	598,16	486,27
19,0	17,0	478,49	149,65	628,14	512,31
19,5	17,5	505,19	153,63	658,82	538,99
20,0	18,0	532,57	157,62	690,19	566,31
20,5	18,5	560,65	161,60	722,26	594,26
21,0	19,0	589,42	165,59	755,01	622,85
21,5	19,5	618,89	169,57	788,46	652,08
22,0	20,0	649,04	173,56	822,60	681,94
22,5	20,5	679,89	177,54	857,43	712,44
23,0	21,0	711,43	181,52	892,96	743,58
23,5	21,5	743,67	185,51	929,18	775,35
24,0	22,0	776,59	189,49	966,09	807,77
24,5	22,5	810,21	193,48	1003,69	840,82
25,0	23,0	844,52	197,46	1041,98	874,50

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	14	34

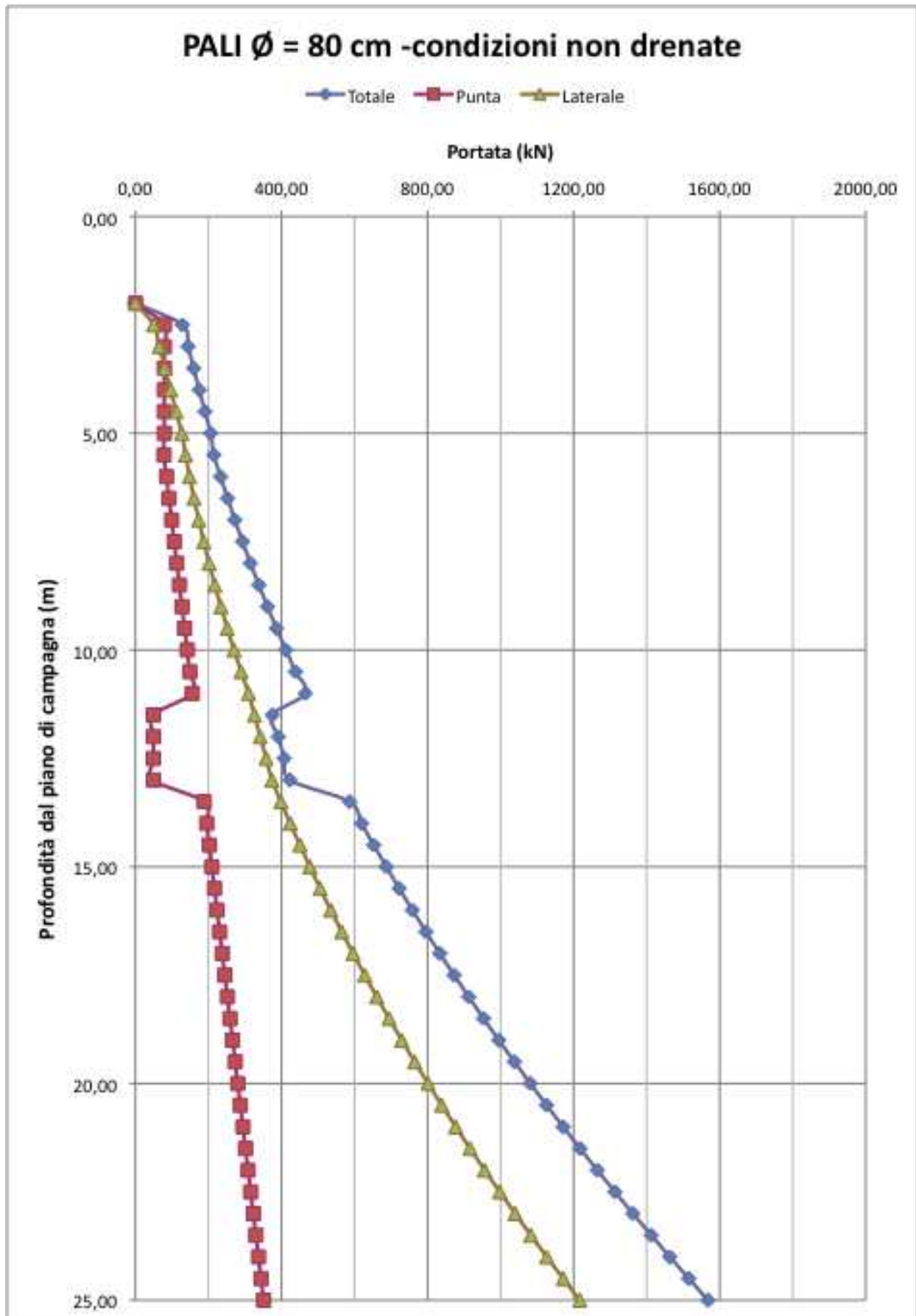




DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	15	34

<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	49,79	78,85	128,64	49,58
3,00	1,00	65,22	78,85	144,06	67,54
3,50	1,50	80,64	78,85	159,49	85,50
4,00	2,00	96,07	78,85	174,92	103,46
4,50	2,50	111,50	78,85	190,34	121,43
5,00	3,00	126,92	78,85	205,77	139,39
5,50	3,50	137,08	77,92	215,00	152,50
6,00	4,00	148,16	85,01	233,16	166,46
6,50	4,50	160,16	92,09	252,25	181,27
7,00	5,00	173,08	99,17	272,25	196,93
7,50	5,50	186,93	106,26	293,19	213,44
8,00	6,00	201,70	113,34	315,04	230,80
8,50	6,50	217,39	120,43	337,82	249,01
9,00	7,00	234,01	127,51	361,52	268,06
9,50	7,50	251,55	134,59	386,14	287,97
10,00	8,00	270,01	141,68	411,69	308,73
10,50	8,50	289,40	148,76	438,16	330,33
11,00	9,00	309,70	155,85	465,55	352,78
11,50	9,50	325,77	49,28	375,05	371,34
12,00	10,00	341,84	49,28	391,12	389,89
12,50	10,50	357,91	49,28	407,19	408,44
13,00	11,00	373,98	49,28	423,26	427,00
13,50	11,50	398,50	188,12	586,61	453,32
14,00	12,00	423,93	195,20	619,13	480,49
14,50	12,50	450,29	202,28	652,58	508,52
15,00	13,00	477,58	209,37	686,95	537,39
15,50	13,50	505,78	216,45	722,24	567,11
16,00	14,00	534,91	223,54	758,45	597,68
16,50	14,50	564,97	230,62	795,59	629,09
17,00	15,00	595,94	237,70	833,65	661,36
17,50	15,50	627,84	244,79	872,63	694,48
18,00	16,00	660,67	251,87	912,54	728,45
18,50	16,50	694,41	258,96	953,37	763,26
19,00	17,00	729,08	266,04	995,12	798,93
19,50	17,50	764,67	273,12	1037,80	835,44
20,00	18,00	801,19	280,21	1081,40	872,81
20,50	18,50	838,63	287,29	1125,92	911,02
21,00	19,00	876,99	294,38	1171,36	950,08
21,50	19,50	916,27	301,46	1217,73	989,99
22,00	20,00	956,48	308,54	1265,03	1030,76
22,50	20,50	997,61	315,63	1313,24	1072,37
23,00	21,00	1039,67	322,71	1362,38	1114,83
23,50	21,50	1082,64	329,79	1412,44	1158,13
24,00	22,00	1126,54	336,88	1463,42	1202,29
24,50	22,50	1171,37	343,96	1515,33	1247,30
25,00	23,00	1217,12	351,05	1568,16	1293,16

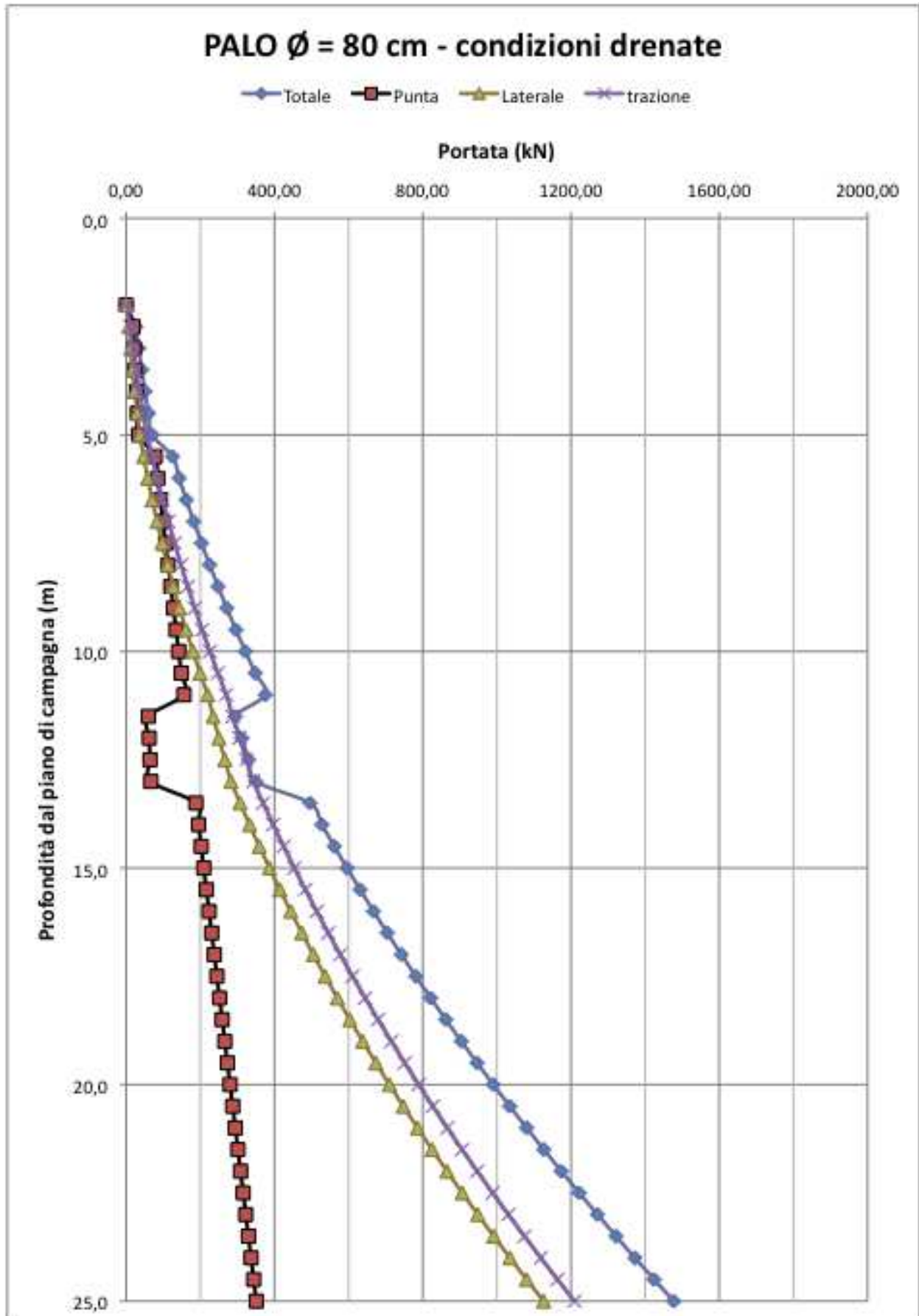
DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	16	34



DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	17	34

<b>PALO Ø = 0,80 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,t</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	7,34	18,60	25,95	10,53
3,0	1,0	11,97	21,58	33,55	18,56
3,5	1,5	17,24	24,55	41,80	27,17
4,0	2,0	23,15	27,53	50,68	36,38
4,5	2,5	29,70	30,51	60,20	46,17
5,0	3,0	36,88	33,48	70,36	56,55
5,5	3,5	47,04	77,92	124,96	69,66
6,0	4,0	58,11	85,01	143,12	83,62
6,5	4,5	70,11	92,09	162,21	98,43
7,0	5,0	83,04	99,17	182,21	114,09
7,5	5,5	96,89	106,26	203,14	130,60
8,0	6,0	111,66	113,34	225,00	147,96
8,5	6,5	127,35	120,43	247,78	166,17
9,0	7,0	143,97	127,51	271,48	185,23
9,5	7,5	161,51	134,59	296,10	205,13
10,0	8,0	179,97	141,68	321,65	225,89
10,5	8,5	199,35	148,76	348,12	247,49
11,0	9,0	219,66	155,85	375,51	269,95
11,5	9,5	234,60	59,70	294,30	287,46
12,0	10,0	250,12	62,01	312,13	305,50
12,5	10,5	266,21	64,33	330,55	324,08
13,0	11,0	282,89	66,65	349,54	343,20
13,5	11,5	307,41	188,12	495,52	369,52
14,0	12,0	332,84	195,20	528,04	396,69
14,5	12,5	359,20	202,28	561,49	424,71
15,0	13,0	386,49	209,37	595,86	453,58
15,5	13,5	414,70	216,45	631,15	483,30
16,0	14,0	443,83	223,54	667,36	513,87
16,5	14,5	473,88	230,62	704,50	545,29
17,0	15,0	504,86	237,70	742,56	577,56
17,5	15,5	536,75	244,79	781,54	610,68
18,0	16,0	569,58	251,87	821,45	644,64
18,5	16,5	603,32	258,96	862,28	679,46
19,0	17,0	637,99	266,04	904,03	715,13
19,5	17,5	673,58	273,12	946,71	751,64
20,0	18,0	710,10	280,21	990,31	789,00
20,5	18,5	747,54	287,29	1034,83	827,22
21,0	19,0	785,90	294,38	1080,28	866,28
21,5	19,5	825,18	301,46	1126,64	906,19
22,0	20,0	865,39	308,54	1173,94	946,95
22,5	20,5	906,52	315,63	1222,15	988,56
23,0	21,0	948,58	322,71	1271,29	1031,02
23,5	21,5	991,55	329,79	1321,35	1074,33
24,0	22,0	1035,46	336,88	1372,33	1118,49
24,5	22,5	1080,28	343,96	1424,24	1163,50
25,0	23,0	1126,03	351,05	1477,07	1209,35

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	18	34

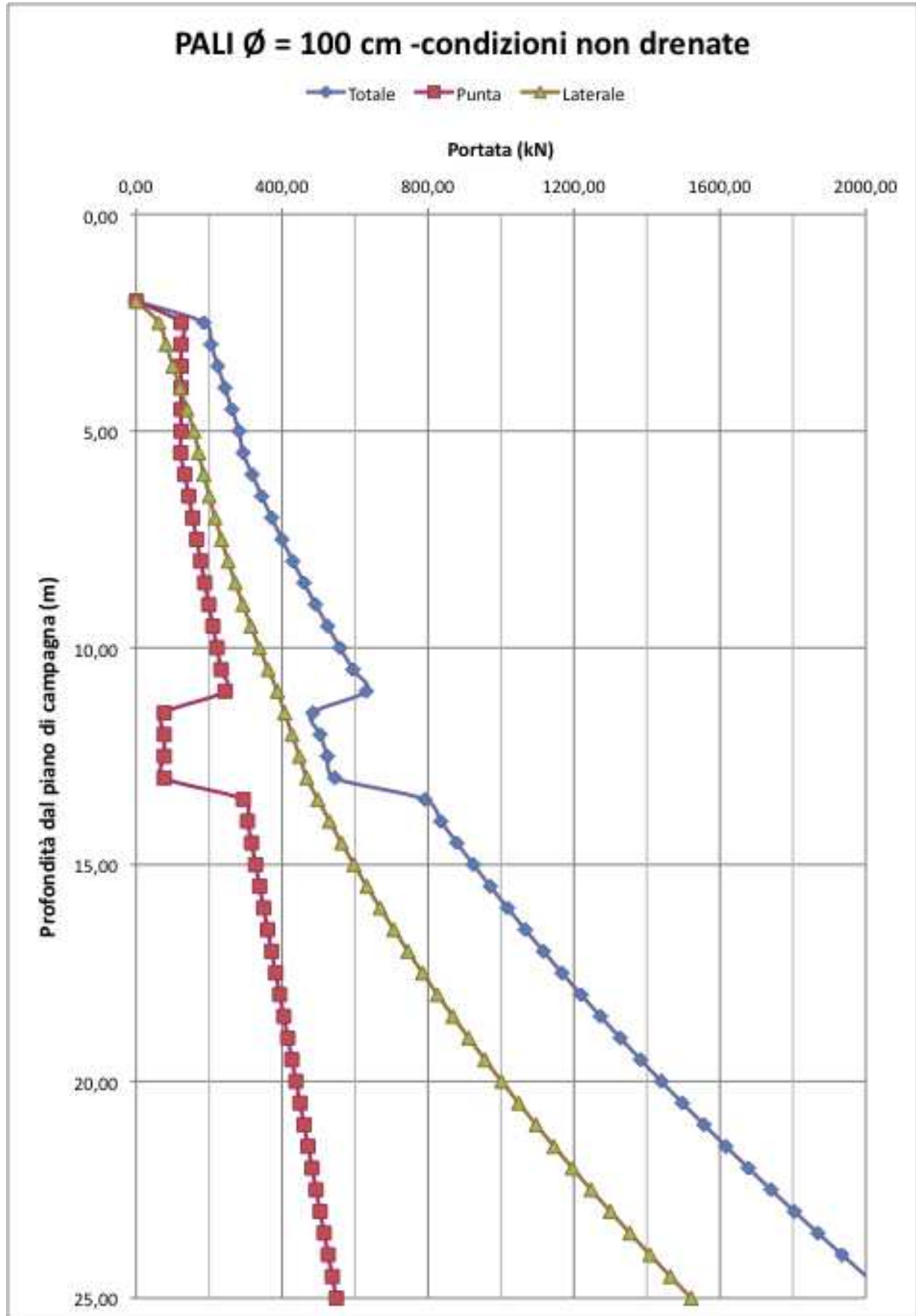


DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	19	34

<b>PALO Ø =</b>		<b>1</b>	<b>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	0,00
2,50	0,50	62,24	123,20	185,44	63,15	
3,00	1,00	81,52	123,20	204,72	86,78	
3,50	1,50	100,81	123,20	224,00	110,41	
4,00	2,00	120,09	123,20	243,28	134,04	
4,50	2,50	139,37	123,20	262,57	157,67	
5,00	3,00	158,65	123,20	281,85	181,30	
5,50	3,50	171,35	121,75	293,10	198,87	
6,00	4,00	185,19	132,82	318,02	217,50	
6,50	4,50	200,19	143,89	344,09	237,19	
7,00	5,00	216,35	154,96	371,31	257,94	
7,50	5,50	233,66	166,03	399,69	279,76	
8,00	6,00	252,12	177,10	429,22	302,64	
8,50	6,50	271,74	188,17	459,90	326,57	
9,00	7,00	292,51	199,23	491,74	351,57	
9,50	7,50	314,43	210,30	524,74	377,63	
10,00	8,00	337,51	221,37	558,88	404,76	
10,50	8,50	361,74	232,44	594,18	432,94	
11,00	9,00	387,13	243,51	630,64	462,19	
11,50	9,50	407,22	77,00	484,21	486,56	
12,00	10,00	427,30	77,00	504,30	510,93	
12,50	10,50	447,39	77,00	524,39	535,30	
13,00	11,00	467,48	77,00	544,47	559,66	
13,50	11,50	498,12	293,93	792,05	593,75	
14,00	12,00	529,92	305,00	834,92	628,89	
14,50	12,50	562,87	316,07	878,94	665,10	
15,00	13,00	596,97	327,14	924,11	702,36	
15,50	13,50	632,23	338,21	970,44	740,69	
16,00	14,00	668,64	349,28	1017,92	780,08	
16,50	14,50	706,21	360,34	1066,55	820,53	
17,00	15,00	744,93	371,41	1116,34	862,05	
17,50	15,50	784,81	382,48	1167,29	904,62	
18,00	16,00	825,83	393,55	1219,38	948,26	
18,50	16,50	868,02	404,62	1272,63	992,96	
19,00	17,00	911,35	415,69	1327,04	1038,71	
19,50	17,50	955,84	426,76	1382,60	1085,54	
20,00	18,00	1001,49	437,82	1439,31	1133,42	
20,50	18,50	1048,28	448,89	1497,18	1182,36	
21,00	19,00	1096,24	459,96	1556,20	1232,37	
21,50	19,50	1145,34	471,03	1616,37	1283,44	
22,00	20,00	1195,60	482,10	1677,70	1335,57	
22,50	20,50	1247,02	493,17	1740,18	1388,76	
23,00	21,00	1299,58	504,24	1803,82	1443,01	
23,50	21,50	1353,31	515,30	1868,61	1498,32	
24,00	22,00	1408,18	526,37	1934,55	1554,70	
24,50	22,50	1464,21	537,44	2001,65	1612,14	
25,00	23,00	1521,39	548,51	2069,90	1670,64	

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	20	34

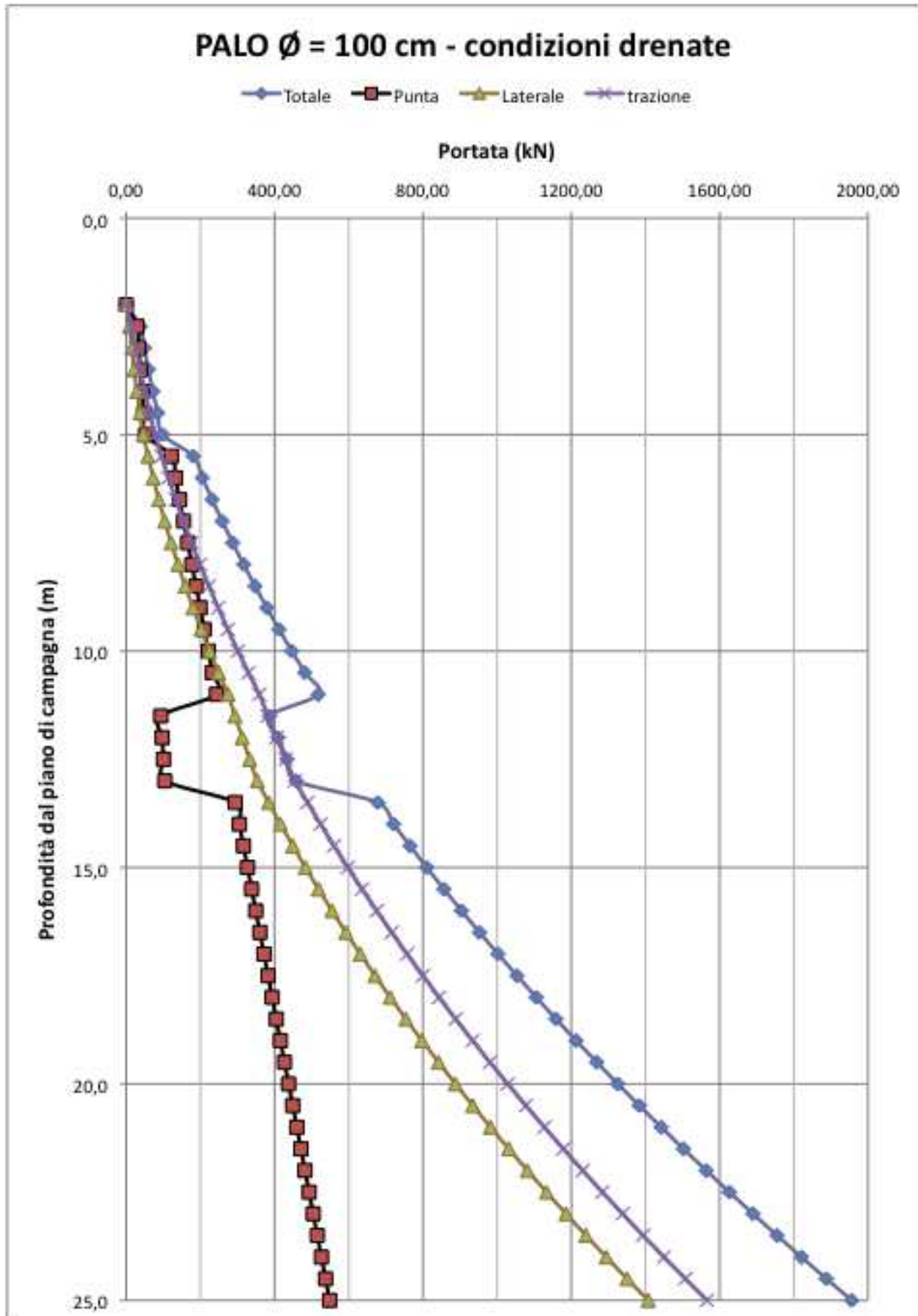




DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	21	34

<b>PALO Ø = 1,00 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	9,18	29,06	38,24	14,34
3,0	1,0	14,97	33,71	48,68	25,55
3,5	1,5	21,55	38,36	59,92	37,50
4,0	2,0	28,94	43,02	71,95	50,18
4,5	2,5	37,12	47,67	84,79	63,60
5,0	3,0	46,10	52,32	98,42	77,76
5,5	3,5	58,80	121,75	180,55	95,32
6,0	4,0	72,64	132,82	205,47	113,95
6,5	4,5	87,64	143,89	231,54	133,64
7,0	5,0	103,80	154,96	258,76	154,40
7,5	5,5	121,11	166,03	287,14	176,21
8,0	6,0	139,57	177,10	316,67	199,09
8,5	6,5	159,19	188,17	347,35	223,03
9,0	7,0	179,96	199,23	379,19	248,03
9,5	7,5	201,88	210,30	412,19	274,09
10,0	8,0	224,96	221,37	446,33	301,21
10,5	8,5	249,19	232,44	481,63	329,39
11,0	9,0	274,58	243,51	518,09	358,64
11,5	9,5	293,25	93,28	386,53	381,71
12,0	10,0	312,65	96,90	409,54	405,44
12,5	10,5	332,77	100,52	433,29	429,84
13,0	11,0	353,61	104,14	457,76	454,91
13,5	11,5	384,26	293,93	678,19	488,99
14,0	12,0	416,05	305,00	721,06	524,14
14,5	12,5	449,01	316,07	765,07	560,34
15,0	13,0	483,11	327,14	810,25	597,61
15,5	13,5	518,37	338,21	856,58	635,94
16,0	14,0	554,78	349,28	904,06	675,33
16,5	14,5	592,35	360,34	952,69	715,78
17,0	15,0	631,07	371,41	1002,48	757,29
17,5	15,5	670,94	382,48	1053,42	799,87
18,0	16,0	711,97	393,55	1105,52	843,50
18,5	16,5	754,15	404,62	1158,77	888,20
19,0	17,0	797,49	415,69	1213,18	933,96
19,5	17,5	841,98	426,76	1268,74	980,78
20,0	18,0	887,62	437,82	1325,45	1028,67
20,5	18,5	934,42	448,89	1383,32	1077,61
21,0	19,0	982,37	459,96	1442,34	1127,62
21,5	19,5	1031,48	471,03	1502,51	1178,68
22,0	20,0	1081,74	482,10	1563,84	1230,81
22,5	20,5	1133,15	493,17	1626,32	1284,00
23,0	21,0	1185,72	504,24	1689,96	1338,26
23,5	21,5	1239,44	515,30	1754,75	1393,57
24,0	22,0	1294,32	526,37	1820,69	1449,95
24,5	22,5	1350,35	537,44	1887,79	1507,38
25,0	23,0	1407,53	548,51	1956,04	1565,88

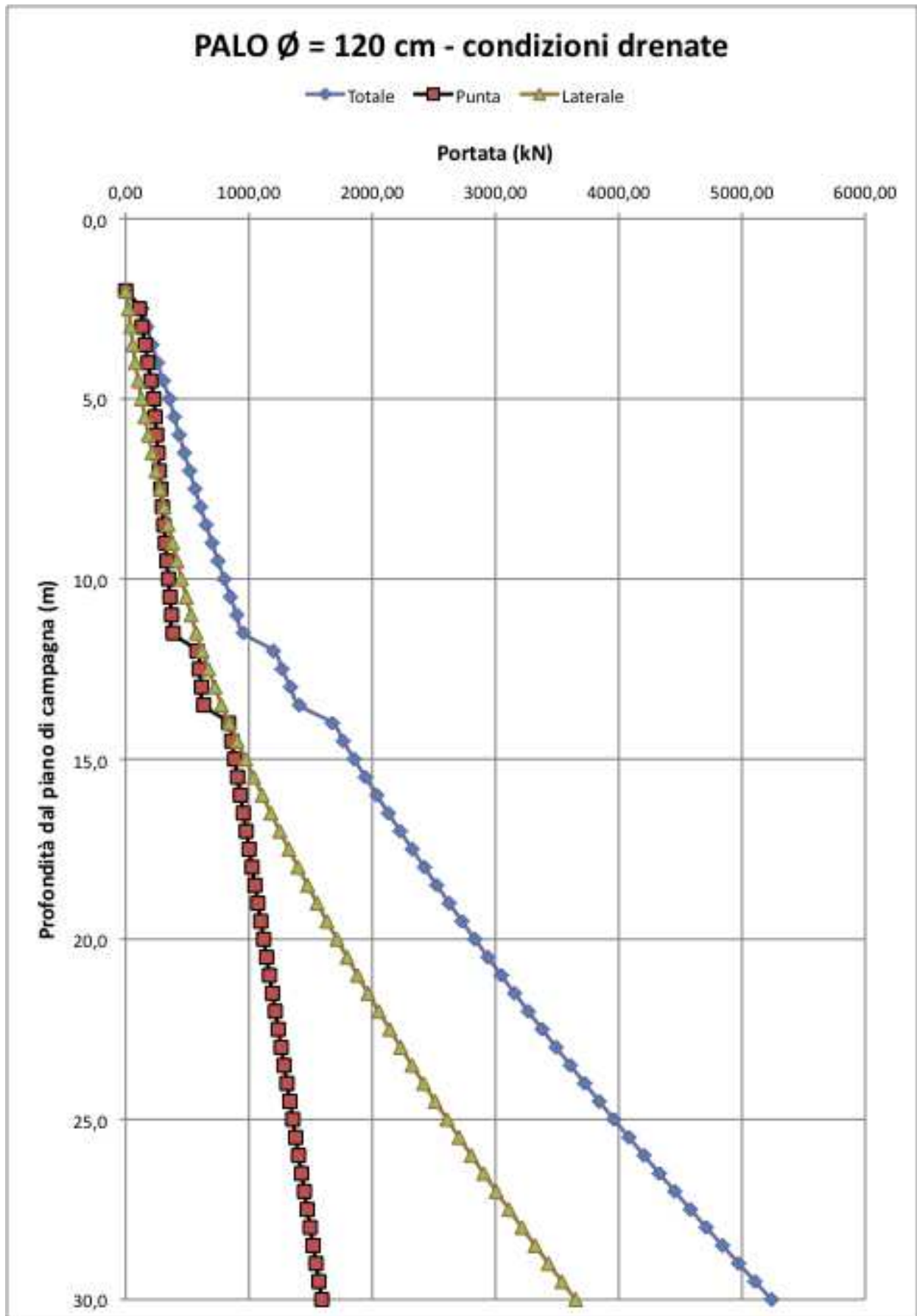
DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	22	34



DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	23	34

PALO Ø = 1,2 m		BREVE TERMINE			
VALORI DI PROGETTO - CONDIZIONE A1-M1-R3					
Profondità dal piano campagna (m)	Lunghezza palo (m)	Rd,l Resistenza laterale (compressione) (kN)	Rd,b Resistenza di base (kN)	Rd,t Resistenza totale (compressione) (kN)	Rd,It Resistenza a trazione (incluso il peso del palo) (kN)
<i>Testa palo ipotizzata a 2 m dal piano campagna</i>					
0,00					
0,50					
1,00					
1,50					
2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,50	0,50	124,98	225,06	350,05	123,47
3,00	1,00	164,32	225,06	389,38	168,14
3,50	1,50	203,66	225,06	428,72	212,81
4,00	2,00	242,99	225,06	468,06	257,48
4,50	2,50	282,33	225,06	507,39	302,15
5,00	3,00	321,67	225,06	546,73	346,83
5,50	3,50	361,00	225,06	586,07	391,50
6,00	4,00	400,34	225,06	625,40	436,17
6,50	4,50	439,68	225,06	664,74	480,84
7,00	5,00	479,02	225,06	704,08	525,51
7,50	5,50	518,35	225,06	743,42	570,19
8,00	6,00	557,69	225,06	782,75	614,86
8,50	6,50	597,03	225,06	822,09	659,53
9,00	7,00	636,36	225,06	861,43	704,20
9,50	7,50	675,70	225,06	900,76	748,88
10,00	8,00	715,04	225,06	940,10	793,55
10,50	8,50	754,38	225,06	979,44	838,22
11,00	9,00	793,71	225,06	1018,77	882,89
11,50	9,50	833,05	225,06	1058,11	927,56
12,00	10,00	882,45	649,90	1532,35	981,50
12,50	10,50	933,15	666,96	1600,11	1036,62
13,00	11,00	985,15	684,02	1669,17	1092,94
13,50	11,50	1038,44	701,08	1739,53	1150,46
14,00	12,00	1101,53	835,79	1937,32	1216,97
14,50	12,50	1166,11	859,39	2025,49	1284,87
15,00	13,00	1232,18	882,98	2115,16	1354,14
15,50	13,50	1299,76	906,57	2206,33	1424,80
16,00	14,00	1368,84	930,16	2298,99	1496,83
16,50	14,50	1439,41	953,75	2393,16	1570,24
17,00	15,00	1511,48	977,34	2488,82	1645,03
17,50	15,50	1585,05	1000,93	2585,99	1721,19
18,00	16,00	1660,12	1024,52	2684,65	1798,74
18,50	16,50	1736,69	1048,11	2784,81	1877,67
19,00	17,00	1814,76	1071,70	2886,46	1957,97
19,50	17,50	1894,33	1095,29	2989,62	2039,65
20,00	18,00	1975,39	1118,89	3094,28	2122,71
20,50	18,50	2057,95	1142,48	3200,43	2207,15
21,00	19,00	2142,01	1166,07	3308,08	2292,97
21,50	19,50	2227,57	1189,66	3417,23	2380,17
22,00	20,00	2314,63	1213,25	3527,88	2468,74
22,50	20,50	2403,19	1236,84	3640,03	2558,70
23,00	21,00	2493,24	1260,43	3753,68	2650,03
23,50	21,50	2584,80	1284,02	3868,82	2742,74
24,00	22,00	2677,85	1307,61	3985,46	2836,83
24,50	22,50	2772,40	1331,20	4103,61	2932,30
25,00	23,00	2868,45	1354,80	4223,25	3029,15
25,50	23,50	2966,00	1378,39	4344,39	3127,38
26,00	24,00	3065,05	1401,98	4467,02	3226,98
26,50	24,50	3165,59	1425,57	4591,16	3327,97
27,00	25,00	3267,64	1449,16	4716,80	3430,33
27,50	25,50	3371,18	1472,75	4843,93	3534,07
28,00	26,00	3476,22	1496,34	4972,56	3639,19
28,50	26,50	3582,76	1519,93	5102,69	3745,69
29,00	27,00	3690,80	1543,52	5234,32	3853,57
29,50	27,50	3800,34	1567,11	5367,45	3962,82
30,00	28,00	3911,37	1590,71	5502,08	4073,46

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	24	34



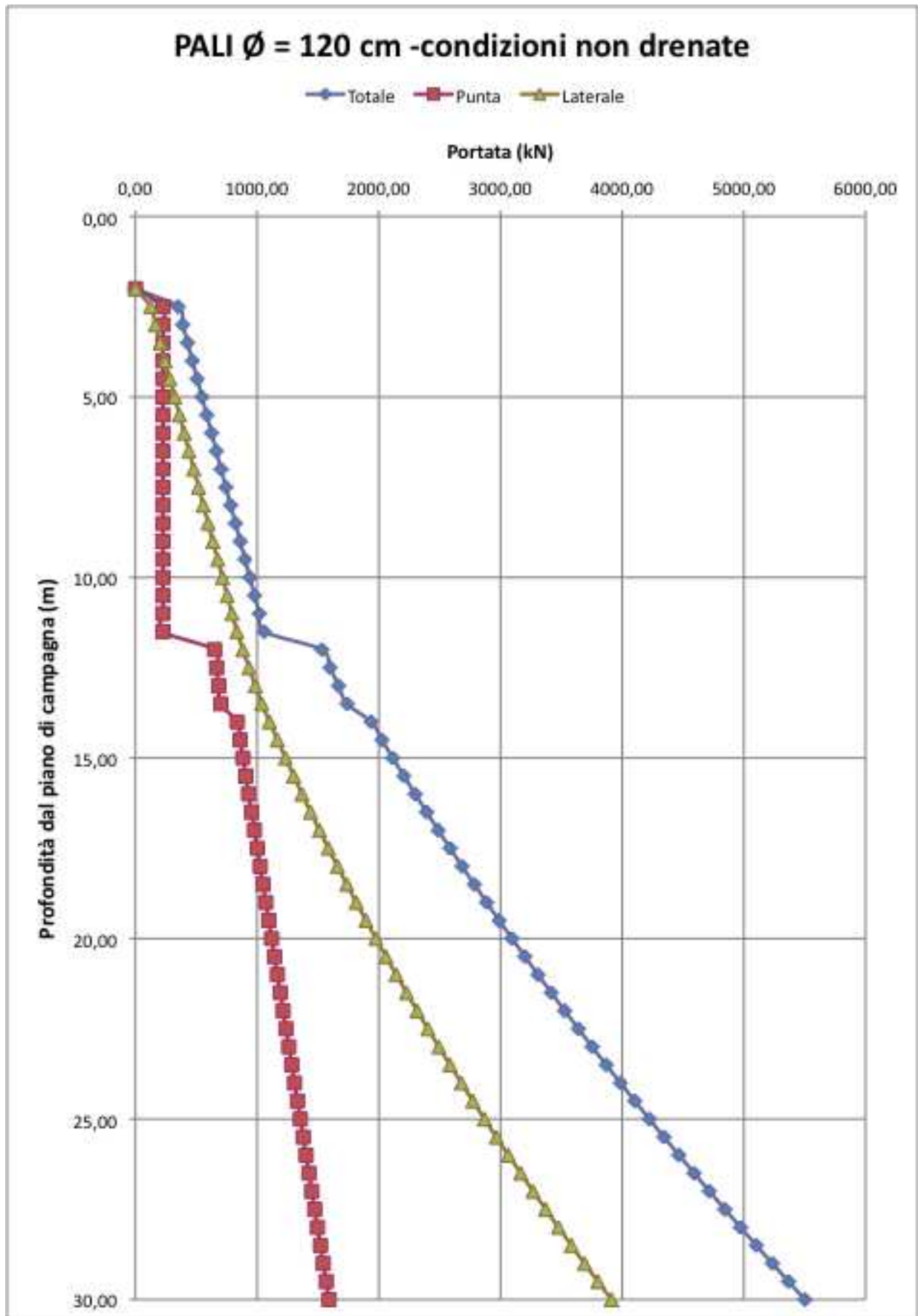
DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	25	34



<b>PALO Ø = 1,20 m</b>		<b>LUNGO TERMINE</b>			
<b>VALORI DI PROGETTO - CONDIZIONE M1-R3</b>					
Profondità dal piano campagna	Lunghezza palo	R <sub>d,l</sub> Resistenza laterale (compressione)	R <sub>d,b</sub> Resistenza di base	R <sub>d,t</sub> Resistenza totale (compressione)	R <sub>d,lt</sub> 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	22,74	110,09	132,84	29,40
3,0	1,0	38,18	133,56	171,74	52,09
3,5	1,5	56,33	157,02	213,35	77,27
4,0	2,0	77,20	180,48	257,68	104,95
4,5	2,5	100,78	203,94	304,72	135,12
5,0	3,0	127,06	227,41	354,47	167,79
5,5	3,5	154,68	238,84	393,51	201,68
6,0	4,0	183,61	250,27	433,87	236,78
6,5	4,5	213,86	261,70	475,56	273,09
7,0	5,0	245,44	273,13	518,56	310,62
7,5	5,5	278,28	284,56	562,84	349,32
8,0	6,0	310,58	295,99	606,56	387,51
8,5	6,5	344,11	308,62	652,73	426,85
9,0	7,0	378,87	321,26	700,13	467,31
9,5	7,5	414,87	333,89	748,76	508,91
10,0	8,0	452,10	346,52	798,63	551,65
10,5	8,5	490,57	359,16	849,73	595,52
11,0	9,0	530,27	371,79	902,06	640,52
11,5	9,5	571,20	383,99	955,19	686,66
12,0	10,0	620,60	577,54	1198,14	740,60
12,5	10,5	671,30	595,92	1267,22	795,72
13,0	11,0	723,30	614,29	1337,60	852,04
13,5	11,5	776,59	632,67	1409,27	909,55
14,0	12,0	839,68	835,79	1675,47	976,07
14,5	12,5	904,26	859,39	1763,64	1043,97
15,0	13,0	970,33	882,98	1853,31	1113,24
15,5	13,5	1037,91	906,57	1944,48	1183,89
16,0	14,0	1106,99	930,16	2037,14	1255,93
16,5	14,5	1177,56	953,75	2131,31	1329,34
17,0	15,0	1249,63	977,34	2226,97	1404,12
17,5	15,5	1323,20	1000,93	2324,14	1480,29
18,0	16,0	1398,27	1024,52	2422,80	1557,84
18,5	16,5	1474,84	1048,11	2522,96	1636,76
19,0	17,0	1552,91	1071,70	2624,61	1717,07
19,5	17,5	1632,48	1095,29	2727,77	1798,75
20,0	18,0	1713,54	1118,89	2832,42	1881,81
20,5	18,5	1796,10	1142,48	2938,58	1966,25
21,0	19,0	1880,16	1166,07	3046,23	2052,07
21,5	19,5	1965,72	1189,66	3155,38	2139,27
22,0	20,0	2052,78	1213,25	3266,03	2227,84
22,5	20,5	2141,34	1236,84	3378,18	2317,80
23,0	21,0	2231,39	1260,43	3491,83	2409,13
23,5	21,5	2322,95	1284,02	3606,97	2501,84
24,0	22,0	2416,00	1307,61	3723,61	2595,93
24,5	22,5	2510,55	1331,20	3841,76	2691,40
25,0	23,0	2606,60	1354,80	3961,40	2788,25
25,5	23,5	2704,15	1378,39	4082,54	2886,47
26,0	24,0	2803,20	1401,98	4205,17	2986,08
26,5	24,5	2903,74	1425,57	4329,31	3087,06
27,0	25,0	3005,79	1449,16	4454,95	3189,43
27,5	25,5	3109,33	1472,75	4582,08	3293,17
28,0	26,0	3214,37	1496,34	4710,71	3398,29
28,5	26,5	3320,91	1519,93	4840,84	3504,79
29,0	27,0	3428,95	1543,52	4972,47	3612,66
29,5	27,5	3538,49	1567,11	5105,60	3721,92
30,0	28,0	3649,52	1590,71	5240,23	3832,55

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	26	34





DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	27	34

## 5. FONDAZIONI SUPERFICIALI

La presente trattazione fa riferimento alle condizioni di carico verticale, senza considerare quindi alcuna inclinazione, in quanto le due condizioni presentano soluzioni che non si differenziano in modo significativo. Inoltre le dimensioni delle fondazioni trovate in entrambi i casi vengono abbondantemente surclassate da quelle ottenute considerando le condizioni di strappamento.

### 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	$\tan\phi$	$c'$	$c_u$	$\gamma$
<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.

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	28	34

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  $E_d$**

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

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

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 in prima approssimazione a partire dal piano di campagna per tener conto che vaste zone del tracciato possono essere a rischio di allagamento in caso di eventi eccezionali.

Per le argille si fa riferimento alla condizione più cautelativa di breve termine:

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

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	29	34

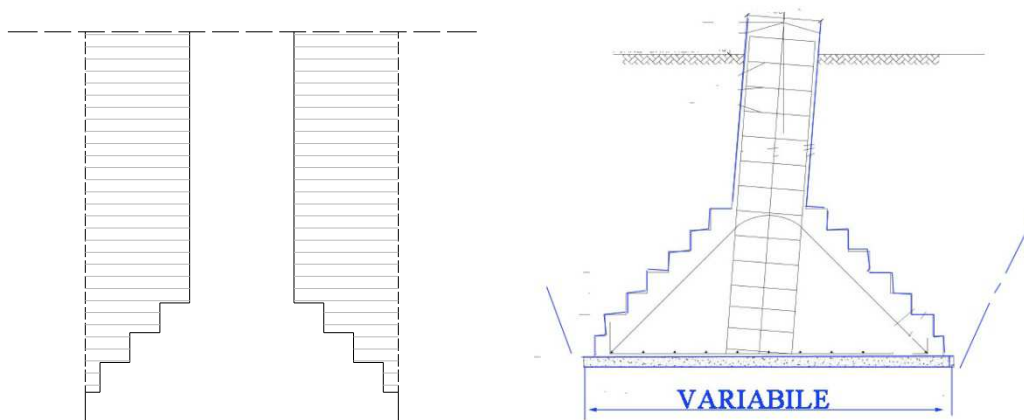
I risultati dei calcoli effettuati sono riportati nella tabella 5.IV che segue.

		<i>quadrate</i>		
FONDAZIONI		3,0 x3,0	3,50 x 3,50	4,0 x 4,0
PROFONDITA' (m dal p.c.)		$R_d=q_{ult}/2,3$ (kPa)	$R_d=q_{ult}/2,3$ (kPa)	$R_d=q_{ult}/2,3$ (kPa)
3,0	Sabbie e ghiaie	161	161	161
3,5		170	188	188
4,0		191	198	215
2,5	argille	99		
3,0		101		
3,5		103		
4,0		105		

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

## 5.2 Verifica allo strappamento

In questo caso si è posta la condizione che il peso complessivo della fondazione e del terreno ad essa soprastante sia maggiore della forza di strappamento verticale. A favore di sicurezza si considera esclusivamente il parallelepipedo di terreno direttamente al di sopra della fondazione, come illustrato in figura 5.1: si penalizza la forza stabilizzante per 0,9 e la forza di strappamento per 1,5. Si può assumere come coefficiente di sicurezza 1 in quanto si giudica la condizione sufficientemente cautelativa.



**Figura 5.1:** possibili tipologie di fondazione superficiale

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	30	34

### 5.3 Verifica allo scorrimento

Per verificare che le forze orizzontali, longitudinale e trasversale, non creino instabilità nella fondazione si calcolerà la forza resistente alla base di quest'ultima secondo la formula qui di seguito riportata:

$$T_{lim} = N \cdot \tan \delta$$

dove:

N = risultante delle forze verticali sulla fondazione [kN];

$\delta$  = angolo di attrito fondazione – terreno [°].

Per la determinazione di  $\delta$ , in base alle osservazioni contenute nel documento di Rif.[1], si suddividono i sostegni in due gruppi distinti: sostegni ricadenti in terreni di tipo coesivo e in terreni di tipo granulare.

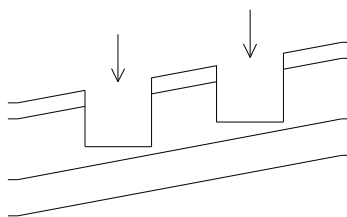
Facendo riferimento alle indagini disponibili si assegna al primo gruppo un valore di  $\delta$  pari a 23° mentre per il secondo si utilizzerà 29°.

Nei confronti dell'azione orizzontale fattorizzata si applica sull'azione resistente  $T_{lim}$  un coefficiente parziale pari a 1.1.

La resistenza alla base della fondazione può venire incrementata tenendo in considerazione il 50% della spinta passiva applicata dal terreno sulla fondazione; in particolare, nel caso di plinto rastremato, si tiene conto, a favore di sicurezza, solamente delle azioni applicate alla sezione più larga, vale a dire quella di base.

La presente trattazione sarà svolta per la combinazione di carico più cautelativa che, data la forma dell'espressione utilizzata, sarà quella caratterizzata dal minor valore di N, vale a dire la combinazione di strappamento.

### 5.4 Verifica di stabilità globale



**Figura 5.2:** schema di fondazione su pendio

DATA DATE	DOCUMENTO DOCUMENT	COMMESSA JOB	PROTOCOLLO DOC. No.	REVISIONE REVISION	PAG. PAGE	PAG. TOT. TOT. PAGES
09/2020	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	31	34

Per qualche sostegno potrebbero anche essere necessarie verifiche in termini di stabilità globale.

### **5.5 Cedimenti delle fondazioni su terreno naturale**

Viste le dimensioni ipotizzabili per le fondazioni e per il fatto che le eventuali fondazioni superficiali saranno calcolate per tassi di lavoro lontani dalla rottura si ritiene che gli eventuali cedimenti saranno per lo più immediati e molto modesti.

Essi verranno comunque calcolati in fase di progetto definitivo con riferimento alle indagini dedicate che in detta fase verranno appunto eseguite.

<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	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	32	34



## 5 CONCLUSIONI

La presente nota, prese in esame le informazioni disponibili sul tracciato che sarà interessato dalla prossima costruzione della linea elettrica da 380 kV, cui si fa riferimento nella Relazione Geologica (Rif.[1]) Essa vuole rappresentare una guida per il progettista strutturale per un eventuale predimensionamento preliminare.

Il tracciato si sviluppa parte in Emilia Romagna, nelle provincia di Parma ed in parte in Lombardia nella provincia di Cremona.

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

Nel tracciato lombardo è presente anche un livello C di modesto spessore che si trova inglobato nel livello B-B’.

Non sembra essere presente il rischio di liquefazione, che comunque verrà verificato in fase di progetto definitivo, acquisiti i risultati delle indagini integrative.

Per ciascun traliccio si valuterà attentamente in relazione alle caratteristiche locali del terreno ed alle sollecitazioni scaricate dal traliccio se utilizzare fondazioni superficiali o profonde, anche se è ipotizzabile si debba far ricorso in prevalenza a queste ultime.

In particolare si raccomanda prudenza nell’ eseguire scavi di una certa profondità; essi dovranno restare aperti per il minor tempo possibile, 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	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	33	34

## **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	Linea elettrica 380 kV-fondazioni	219	08	01	34	34