

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

OPERE PRINCIPALI – PONTI E CAVALCAFERROVIA

Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione geotecnica e di calcolo fondazioni

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I V 0 I 0 0 D 0 9 G E I V X 8 0 3 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	K. Petrucci	Feb.2022	L. Utzeri 	Feb.2022	D. Fadda 	Feb.2022	A. Vittezzi Feb. 2022

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle Infrastrutture
Dott. Ing. Andrea Vittezzi
Online degli Ingegneri della Provincia di Genova
N° 43/2013

File IV0100D09GEIVX803001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	3
2.1	NORMATIVA E ISTRUZIONI.....	3
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	4
3.1	CALCESTRUZZO.....	4
3.1.1	Classe C25/30 (pali, diaframmi di fondazione, cordoli e opere provvisionali).....	4
3.1.2	Classe C32/40 (fondazione pile, spalle e solettoni).....	4
3.2	ACCIAIO.....	4
3.2.1	Acciaio per cemento armato.....	4
4	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI.....	5
5	VERIFICHE GEOTECNICHE PALI DI FONDAZIONE DELLE PILE.....	6
5.1	SOLLECITAZIONI.....	9
5.2	VERIFICHE DI PORTANZA VERTICALE.....	13
5.2.1	Risultati delle verifiche SLU compressione.....	15
5.2.2	Risultati delle verifiche SLU trazione.....	18
5.2.3	Risultati delle verifiche SLV compressione.....	22
5.2.4	Risultati delle verifiche SLV trazione.....	25
5.2.5	Risultati delle verifiche allo scalzamento.....	28
5.3	VERIFICA DI PORTANZA ORIZZONTALE.....	31
5.3.1	Risultati delle verifiche.....	33
6	VERIFICHE GEOTECNICHE PALI DI FONDAZIONE DELLE SPALLE.....	36

6.1	SOLLECITAZIONI.....	38
6.1.1	<i>Massime e minime sollecitazioni sul singolo palo.....</i>	38
6.2	VERIFICHE DI PORTANZA VERTICALE.....	40
6.2.1	<i>Risultati delle verifiche SLU compressione.....</i>	40
6.2.2	<i>Risultati delle verifiche SLU trazione.....</i>	42
6.2.3	<i>Risultati delle verifiche SLV compressione.....</i>	43
6.2.4	<i>Risultati delle verifiche SLV trazione.....</i>	46
6.3	VERIFICA DI PORTANZA ORIZZONTALE.....	49
6.3.1	<i>Risultati delle verifiche.....</i>	49

1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce al dimensionamento delle fondazioni di spalle e pile del ponte stradale IVX8 sul Torrente Arroscia previsto nell'ambito del raddoppio della linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Ligure - Andora.

Per tutti i dettagli sull'opera si rimanda agli elaborati grafici e della relazione descrittiva Doc. IV0I00D09ROI VX800001.

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa e istruzioni

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

Ferrovie dello Stato hanno emanato nel tempo varie normative e linee guida riguardanti sia i sovraccarichi che le prescrizioni relative ai ponti ferroviari.

Le normative rilevanti per la redazione del progetto di messa in sicurezza sono ovviamente le normative ora vigenti per le strutture, e per i ponti ferroviari in particolare, elencate nel seguito.

- *DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC18);*
- *Circolare Applicativa delle NTC 2018, 21/01/2019 (Circ n.7)*
- *Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – parte 5 – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;*
- *RFI DTC SI PS MA IFS 001 E: Manuale di progettazione delle opere civili, 31/12/2020*
- *Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;*
- *Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi “controllo-comando e segnalamento” del sistema ferroviario nell’Unione europea.*

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

3.1 Calcestruzzo

3.1.1 Classe C25/30 (pali, diaframmi di fondazione, cordoli e opere provvisionali)

- Classe d'esposizione : XC2
- Copriferro netto minimo: $c = 60\text{mm}$
- $R_{ck} = 30\text{ N/mm}^2$
- $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,9\text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 24,9 \cdot 0,85 / 1,5 = 14,11\text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 2,56\text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico: $E = 22000 [f_{cm}/10]^{0,3} = 31447,16\text{ MPa}$

3.1.2 Classe C32/40 (fondazione pile, spalle e solettoni)

- Classe d'esposizione : XC2
- Copriferro netto minimo: $c = 40\text{mm}$
- $R_{ck} = 40\text{ N/mm}^2$
- $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 33,20\text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 33,20 \cdot 0,85 / 1,5 = 18,81\text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,10\text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico: $E = 22000 [f_{cm}/10]^{0,3} = 33642,78\text{ MPa}$

3.2 Acciaio

3.2.1 Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

Acciaio B450C

- tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450\text{ N/mm}^2$;
- tensione caratteristica di rottura $f_{tk} = 540\text{ N/mm}^2$;
- resistenza di calcolo a trazione $f_{yd} = 391,30\text{ N/mm}^2$;
- modulo elastico $E_s = 206.000\text{ N/mm}^2$.

4 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Nel seguito si riporta una sintesi dei parametri geotecnici dell'area d'interesse, per tutti i dettagli si rimanda alla relazione geotecnica generale.

Di seguito si riporta la tabella con i parametri geotecnici:

- Quota falda dipende dal regime torrentizio;
- Categoria di sottosuolo E (MASW07).

Unità	Descrizione	Prof top m slm	γ kN/mc	φ °	c' kPa	cu kPa
-	-					
1	Rilevato stradale, ghiaia sabbiosa con ciottoli	+17.5	19	35	0	-
3	Limo argilloso poco consistente	+15.0	19.5	23	0	30-40
2	Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa	+9.5	20	37	0	-
ORV	Limo argilloso a tratti debolmente sabbioso, da consistente a molto consistente	-14	20.5	24	10	150

5 VERIFICHE GEOTECNICHE PALI DI FONDAZIONE DELLE PILE

Nel seguito si riportano le sollecitazioni ad intradosso fondazione, per i dettagli del calcolo si rimanda alla relazione di calcolo delle pile (documento IV0I00D09CLIVX805001).

LC	N	Tx (trasv)	Ty (long)	Mz	Mx (long)	My (trasv)
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
D+G1+G2	19358	0	0	0	0	0
GR01_T_Nmax	30875	72	0	-1028	1	1472
GR01_T_Nmax_Mlmax	29384	301	512	25	6478	13074
GR01_T_Nmax_Mtmax	29384	301	512	25	6478	13074
GR01_T_Nmin_Mlmax	22343	301	512	25	6478	13074
GR01_T_Nmin_Mtmax	22342	301	512	25	6478	13074
GR01_W_Nmax	29582	641	152	-733	1946	9795
GR01_W_Gmax_Mlmax	2163	528	573	40	7253	13741
GR01_W_Gmax_Mtmax	2163	528	573	40	7253	13741
GR01_W_Gmin_Mlmax	21521	528	573	40	7253	13741
GR01_W_Gmin_Mtmax	21521	528	573	40	7253	13741
GR02_T_Nmax	25801	72	0	0	0	263
GR02_T_Nmax_Mlmax	430	244	723	24	9118	370
GR02_T_Nmax_Mtmax	1584	244	723	24	9117	-1072
GR02_T_Nmin_Mlmax	19789	244	723	24	9118	370
GR02_T_Nmin_Mtmax	20942	244	723	24	9117	-1072
GR02_W_Gmax_Mlmax	247	472	784	39	9897	5106
GR02_W_Gmax_Mtmax	1113	472	784	39	9896	4025
GR02_W_Gmin_Mlmax	19606	472	784	39	9897	5106
GR02W_Gmin_Mtmax	20471	472	784	39	9896	4025
Wscarico_Gmax	26134	522	572	0	7574	7462
Wscarico_Gmin	19358	522	572	0	7574	7462
GR00_S1_Ex	19281	3088	1735	0	18475	37842
GR00_S1_Ex	19436	-3094	-1174	0	-11405	-38921
GR00_S1_Ey	19281	7035	3022	0	33572	87293
GR00_S1_Ey	19436	-6936	-2854	0	-31451	-87047
GR00_S1_Ez	19099	2375	1098	0	12011	29097
GR00_S1_Ez	19617	-2276	-929	0	-9890	-28850
GR00_S1.3_Ex	19281	2317	1395	0	14825	28219
GR00_S1.3_Ex	19436	-2323	-834	0	-7755	-29299
GR00_S1.3_Ey	19281	5207	2263	0	25087	64447
GR00_S1.3_Ey	19436	-5109	-2095	0	-22966	-64201
GR00_S1.3_Ez	19099	1775	844	0	9211	21604
GR00_S1.3_Ez	19617	-1676	-676	0	-7090	-21357
GR00_S1.5_Ex	19281	2118	1307	0	13883	25734
GR00_S1.5_Ex	19436	-2124	-746	0	-6813	-26814
GR00_S1.5_Ey	19281	4734	2067	0	22890	58529
GR00_S1.5_Ey	19436	-4635	-1899	0	-20769	-58283

LC	N	Tx (trasv)	Ty (long)	Mz	Mx (long)	My (trasv)
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
GR00 S1.5 Ez	19099	1620	779	0	8486	19665
GR00 S1.5 Ez	19617	-1521	-610	0	-6365	-19418
GR01 S1 Ex N	19944	3088	1735	-152	18475	37999
GR01 S1 Ex N	20099	-3094	-1174	-152	-11405	-38763
GR01 S1 Ey N	19944	7035	3022	-152	33572	87451
GR01 S1 Ey N	20099	-6936	-2854	-152	-31451	-86889
GR01 S1 Ez N	19762	2375	1098	-152	12011	29254
GR01 S1 Ez N	20281	-2276	-929	-152	-9890	-28692
GR01 S1.3 Ey N	19944	5207	2263	-152	25087	64605
GR01 S1.3 Ey N	20099	-5109	-2095	-152	-22966	-64043
GR01 S1.3 Ez N	19762	1775	844	-152	9211	21762
GR01 S1.3 Ez N	20281	-1676	-676	-152	-7089	-21200
GR01 S1.5 Ex N	19944	2118	1307	-152	13883	25892
GR01 S1.5 Ex N	20099	-2124	-746	-152	-6813	-26656
GR01 S1.5 Ey N	19944	4734	2067	-152	22890	58687
GR01 S1.5 Ey N	20099	-4635	-1899	-152	-20769	-58125
GR01 S1.5 Ez N	19762	1620	779	-152	8486	19823
GR01 S1.5 Ez N	20281	-1521	-610	-152	-6365	-19261
GR01 S1 Ex M	19723	3088	1735	0	18476	39165
GR01 S1 Ex M	19878	-3094	-1174	0	-11404	-37598
GR01 S1 Ey M	19723	7035	3022	0	33573	88617
GR01 S1 Ey M	19878	-6936	-2854	0	-31450	-85723
GR01 S1 Ez M	19541	2375	1098	0	12012	30420
GR01 S1 Ez M	20060	-2276	-929	0	-9889	-27527
GR01 S1.3 Ex M	19723	2317	1395	0	14826	29542
GR01 S1.3 Ex M	19878	-2323	-834	0	-7754	-27975
GR01 S1.3 Ez M	19541	1775	844	0	9212	22927
GR01 S1.3 Ez M	20060	-1676	-676	0	-7088	-20034
GR01 S1.5 Ex M	19723	2118	1307	0	13884	27058
GR01 S1.5 Ex M	19878	-2124	-746	0	-6812	-25490
GR01 S1.5 Ey M	19723	4734	2067	0	22891	59853
GR01 S1.5 Ey M	19878	-4635	-1899	0	-20768	-56959
GR01 S1.5 Ez M	19541	1620	779	0	8487	20988
GR01 S1.5 Ez M	20060	-1521	-610	0	-6364	-18095
GR01 S1.3 Ey M	19723	5207	2263	0	25088	65771
GR01 S1.3 Ey M	19878	-5109	-2095	0	-22965	-62877
GR01 T Nmax Mmax	30875	301	512	-1005	6471	5205
GR01 T Nmin Mmax	23834	301	512	-1005	6471	5205
GR01 W Gmax Mmax	29582	528	573	-733	7248	8374
GR01 W Gmin Mmax	22541	528	573	-733	7248	8374
GR02 T Nmax Mmax	25801	244	723	23	9121	3285
GR02 T Nmin Mmax	18759	244	723	23	9121	3285
GR02 W Nmax	25974	641	152	38	1945	8888
GR02 W Gmax Mmax	25974	472	784	38	9899	6757
GR02 W Gmin Mmax	18933	472	784	38	9899	6757
GR01 S1.3 Ex N	19944	2317	1395	-152	14825	28377

LC	N	Tx (trasv)	Ty (long)	Mz	Mx (long)	My (trasv)
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
GR01_S1.3_Ex_N	20099	-2323	-834	-152	-7755	-29141
GR01_S1_Ex_MI	19723	3088	1735	0	18476	39165
GR01_S1_Ex_MI	19878	-3094	-1174	0	-11404	-37598
GR01_S1_Ey_MI	19723	7035	3022	0	33573	88617
GR01_S1_Ey_MI	19878	-6936	-2854	0	-31450	-85723
GR01_S1_Ez_MI	19541	2375	1098	0	12012	30420
GR01_S1_Ez_MI	20060	-2276	-929	0	-9889	-27527
GR01_S1.3_Ex_MI	19723	2317	1395	0	14826	29542
GR01_S1.3_Ex_MI	19878	-2323	-834	0	-7754	-27975
GR01_S1.3_Ey_MI	19723	5207	2263	0	25088	65771
GR01_S1.3_Ey_MI	19878	-5109	-2095	0	-22965	-62877
GR01_S1.3_Ez_MI	19541	1775	844	0	9212	22927
GR01_S1.3_Ez_MI	20060	-1676	-676	0	-7088	-20034
GR01_S1.5_Ex_MI	19723	2118	1307	0	13884	27058
GR01_S1.5_Ex_MI	19878	-2124	-746	0	-6812	-25490
GR01_S1.5_Ey_MI	19723	4734	2067	0	22891	59853
GR01_S1.5_Ey_MI	19878	-4635	-1899	0	-20768	-56959
GR01_S1.5_Ez_MI	19541	1620	779	0	8487	20988
GR01_S1.5_Ez_MI	20060	-1521	-610	0	-6364	-18095
GR00_SLER_S_0_01	19358	0	0	0	0	0
GR00_SLER_S_V_02	19358	375	101	0	1514	5650
GR01_SLER_C_V_01	34734	759	203	-519	2598	16610
GR01_SLER_C_V_04	20960	379	102	27	1301	10293
GR01_SLER_C_T_01	22673	228	61	-746	779	4225
GR01_SLER_C_T_02	21569	228	61	17	784	10053
GR01_SLER_C_T_04	21569	228	61	17	784	10053
GR00_SLEF_S_0_01	19358	0	0	0	0	0
GR00_SLEF_S_V_02	19358	75	20	0	303	1130
GR01_SLEF_C_T_01	21716	0	0	-571	1	592
GR01_SLEF_C_T_02	20960	0	0	1	4	4567
GR01_SLEF_C_T_04	20960	0	0	1	4	4567
GR00_SLEQP_01	19358	0	0	0	0	0
SLU_SCALZ_Tr_200_Gmax	31091	1745	421	2	7538	17117
SLU_SCALZ_Tr_200_Gmin	23394	1745	421	2	7538	17117
GR01_Sc_Gmin_MI_TR200	31091	1745	421	2	7538	17117
GR01_Sc_Gmax_MI_TR200	23394	1745	421	2	7538	17117
W_Sc_Gmax_TR200	28928	1933	20	0	409	14498
W_Sc_Gmin_TR200	21231	1933	20	0	409	14498
GR01_Sc_Gmin_N_TR200	30719	1745	421	-411	7533	11378
GR01_Sc_Gmax_N_TR200	23022	1745	421	-411	7533	11378
GR01_Sc_Gmin_MI_TR1	29660	1043	421	2	6276	9435
GR01_Sc_Gmax_MI_TR1	22334	1043	421	2	6276	9435
SLU_SCALZ_Tr_1_Gmax	29660	1043	421	2	6276	9435
SLU_SCALZ_Tr_1_Gmin	22334	1043	421	2	6276	9435
W_Sc_Gmax_TR1	27497	1231	20	0	349	6252
W_Sc_Gmin_TR1	20171	1231	20	0	349	6252

LC	N	Tx (trasv)	Ty (long)	Mz	Mx (long)	My (trasv)
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
GR01_Sc_Gmin_N_TR1	29287	1043	421	-411	6271	3696
GR01_Sc_Gmax_N_TR1	21961	1043	421	-411	6271	3696

5.1 Sollecitazioni

Il calcolo delle sollecitazioni agenti sul singolo palo è stato effettuato con il metodo del plinto rigido, assumendo le seguenti ipotesi:

- Plinto rigido;
- Vincolo di incastro tra pali e plinto;
- Pali costituenti la palificata verticali;
- Rotazione del plinto e della testa dei pali impedita.

Per un gruppo di n pali, sottoposto a forze verticali, orizzontali e di momento esterne (agenti alla quota testa pali ed in corrispondenza del baricentro della palificata) i carichi agenti alla testa di ciascun palo sono stimabili con le seguenti espressioni:

$$Q_{ti} = \frac{N}{n} \pm \frac{[M_x + M_{inc,x}] \cdot y_i}{\sum_1^n y_i^2} \pm \frac{[M_y + M_{inc,y}] \cdot x_i}{\sum_1^n x_i^2};$$

$$H_{tix} = \frac{H_x}{n};$$

$$H_{tiy} = \frac{H_y}{n};$$

essendo :

- N = forza verticale esterna;
- M_x = M_{long} = momento esterno attorno all'asse x, accoppiato con H_y;
- H_y = T_{long} = forza orizzontale esterna nella direzione y;
- M_y = M_{trasv} = momento esterno attorno all'asse y, accoppiato con H_x;
- H_x = T_{trasv} = forza orizzontale esterna nella direzione x;
- Q_{ti} = forza verticale agente alla testa del palo i-esimo;

- $H_{tiX} = T_{trasv_i}$ = forza orizzontale agente alla testa del palo i-esimo nella direzione x;
- $H_{tiY} = T_{long_i}$ = forza orizzontale agente alla testa del palo i-esimo nella direzione y;
- $M_{inc,x} = M_{long_inc} = \sum M_{tiX}$ = momento di incastro risultante che i pali esercitano sul plinto per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione x;
- $M_{tiX} = M_{long_inc_i}$ = momento di incastro alla testa del palo i-esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione x;
- $M_{inc,y} = M_{trasv_inc} = \sum M_{tiY}$ = momento di incastro risultante che i pali esercitano sul plinto per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione y;
- $M_{tiY} = M_{trasv_inc_i}$ = momento di incastro alla testa del palo i-esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione y;
- y_i = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione y;
- x_i = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione x.

I momenti di incastro alla testa dei pali (M_{tiX} , M_{tiY}) sono stati stimati sulla base della teoria elastica di Matlock-Reese:

- $M_{tiX} = - H_{tiY} \times |A_s| \times T / |B_s|$, momento di incastro alla testa del palo i-esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione x;
- $M_{tiY} = - H_{tiX} \times |A_s| \times T / |B_s|$, momento di incastro alla testa del palo i-esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione y;
- $T = \sqrt[4]{\frac{EJ}{E_{si}}}$;
- $K_h = 15000 \text{ kN/m}^3$
- $E_{si} = K_h \times (h_{rinterro} + h_{plinti} + 1.5\phi_{palo})$
- A_s, B_s = coefficienti di Matlock-Reese calcolati per $z / T = 0$ (intradosso fondazione).

I valori di N, T ed M esterni considerati sono quelli ottenuti dal modello allo spiccato delle fondazioni. In tutte le tabelle di seguito riportate le unità di misura sono in kN per sforzi normali e tagli e in kN×m per i momenti.

Gli sforzi normali positivi si intendono di compressione mentre i momenti positivi seguono la regola della mano destra.

Le tensioni positive sono di compressione e quelle negative di trazione.

In base alle convenzioni sui segni su indicate, per ogni palo sono riportati i massimi e i minimi sforzi assiali e la condizione di carico N–M più gravosa in termini di massima tensione nel calcestruzzo e di minima tensione nelle armature. Per le tensioni tangenziali è stato considerato il taglio massimo T agente in sommità del palo (anche non contemporaneo ad N-M).

Di seguito si riportano le massime e le minime sollecitazioni tra tutte le combinazioni, sul palo più sollecitato (valori positivi di N indicano compressione, valori negativi di N indicano trazione) :

			Mx (long)	My (trasv)	N max	N min
			kNm	kNm	kN	kN
SLU	max	GR02_W_Gmax_Mtmax	318	192	1016	-737
	max	GR02_W_Nmax	62	260	3748	2745
	max	GR01_T_Nmax_Mlmax	208	122	4594	2752
	min	GR01_T_Nmax	0	29	3916	3802
	min	D+G1+G2	0	0	2420	2420
	min	GR02_W_Gmax_Mlmax	318	192	944	-882
SISMICA q=1	max	GR00_S1_Ey	1228	2858	8493	-3672
	max	GR00_S1_Ey	1228	2858	8493	-3672
	max	GR01_S1_Ey_Ml	1228	2858	8592	-3661
	min	GR00_S1_Ey	-1159	2858	8493	-3672
	min	GR01_S1_Ey_M	1228	-2817	8592	-3661
	min	GR00_S1_Ey	1228	2858	8493	-3672
SISMICA q=1.36	max	GR00_S1.3_Ey	919	2115	6925	-2105
	max	GR00_S1.3_Ey	919	2115	6925	-2105
	max	GR01_S1.3_Ey_Ml	919	2115	7024	-2094
	min	GR00_S1.3_Ey	-851	2115	6925	-2105
	min	GR01_S1.3_Ey_M	919	-2075	7024	-2094
	min	GR00_S1.3_Ey	919	2115	6925	-2105
SLE frequente	max	GR00_SLEF_S_V_02	8	30	2486	2354
	max	GR00_SLEF_S_V_02	8	30	2486	2354
	max	GR01_SLEF_C_T_02	0	0	2772	2468
	min	GR01_SLEF_C_T_04	0	0	2772	2468
	min	GR01_SLEF_C_T_04	0	0	2772	2468
	min	GR00_SLEF_S_V_02	8	30	2486	2354
SLE q. permanente	max	GR00_SLEQP_01	0	0	2420	2420
	max	GR00_SLEQP_01	0	0	2420	2420
	max	GR00_SLEQP_01	0	0	2420	2420
	min	GR00_SLEQP_01	0	0	2420	2420
	min	GR00_SLEQP_01	0	0	2420	2420
	min	GR00_SLEQP_01	0	0	2420	2420

SLE rara	max	GR01_SLER_C_V_01	83	308	5159	3525
	max	GR01_SLER_C_V_01	83	308	5159	3525
	max	GR01_SLER_C_V_01	83	308	5159	3525
	min	GR00_SLER_S_0_01	0	0	2420	2420
	min	GR00_SLER_S_0_01	0	0	2420	2420
	min	GR00_SLER_S_V_02	41	152	2751	2089

			Mx (long)	My (trasv)	N max	N min
			kNm	kNm	kN	kN
SCL_Tr200	max	GR01_Sc_Gmin_N_TR200	171	709	4903	2777
	max	W_Sc_Gmax_TR200	8	785	4335	2897
	max	W_Sc_Gmin_TR200	8	785	3373	1935
	min	W_Sc_Gmax_TR200	8	785	4335	2897
	min	SLU_SCALZ_Tr_200_Gmax	171	709	5141	2632
	min	SLU_SCALZ_Tr_200_Gmin	171	709	4179	1670
SCL_Tr1	max	GR01_Sc_Gmin_N_TR1	171	424	4321	3000
	max	W_Sc_Gmax_TR1	8	500	3802	3072
	max	W_Sc_Gmin_TR1	8	500	2886	2157
	min	W_Sc_Gmax_TR1	8	500	3802	3072
	min	GR01_Sc_Gmin_MI_TR1	171	424	4560	2855
	min	SLU_SCALZ_Tr_1_Gmin	171	424	3644	1940

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni di taglio sul singolo palo:

	Ppalo	Vpalo
GR02_W_Nmax	-2745	83
GR02_W_Gmax_Mtmax	737	115
GR01_W_Gmax_Mlmax	751	99
D+G1+G2	-2420	30
GR01_T_Nmax	-3802	34
GR01_T_Nmax	-3802	34
GR00_S1_Ey	3672	957
GR00_S1_Ey	3672	957
GR01_S1_Ex_Ml	514	443
GR01_S1_Ey_M	3661	946
GR00_S1_Ey	3672	957
GR01_S1_Ex_N	448	446
W_Sc_Gmax_TR200	-2897	242
GR01_Sc_Gmin_N_TR200	-2777	231
GR01_Sc_Gmin_MI_TR200	-2632	224

	Ppalo	Vpalo
SLU_SCALZ_Tr_200_Gmax	-2632	224
W_Sc_Gmax_TR200	-2897	242
GR01_Sc_Gmin_N_TR200	-2777	231
W_Sc_Gmax_TR1	-3072	154
GR01_Sc_Gmin_N_TR1	-3000	149
GR01_Sc_Gmin_Ml_TR1	-2855	141
GR01_Sc_Gmin_Ml_TR1	-2855	141
W_Sc_Gmax_TR1	-3072	154
GR01_Sc_Gmin_N_TR1	-3000	149

5.2 Verifiche di portanza verticale

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) “Qd” può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{ll} / F_{SL} + Q_{bl} / F_{SB} - W'p$$

dove:

Q_{ll} = portata laterale limite,

Q_{bl} = portata di base limite,

$W'p$ = peso efficace del palo (al netto del peso del terreno asportato: peso calcestruzzo-peso terreno),

F_{SL} = fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s$).

F_{SB} = fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b$).

Portata laterale

La portata laterale limite viene valutata con la seguente relazione:

$$Q_{ll} = \pi \cdot D \cdot \sum_i (\tau_i \cdot h_i)$$

dove:

D = diametro palo,

τ_i = tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,

h_i = altezza dello strato i-esimo.

Depositi incoerenti

Per i depositi incoerenti, la tensione tangenziale ultima lungo il fusto del palo, in accordo ad esempio a Burland [1973], Reese & O'Neill [1988], Chen & Kulhawy [1994], O'Neill & Hassan [1994], può essere valutata con riferimento alla seguente espressione:

$$\tau_i = \beta \cdot \sigma'v \leq \tau_{l,max}$$

dove:

σ'_v = tensione verticale efficace litostatica,

$\tau_{l,max}$ = valore massimo dell'adesione laterale limite palo-terreno (pari a 150 kPa per terreni incoerenti).

β = coefficiente empirico $\beta = k \cdot \tan \phi$, essendo

k = coefficiente di pressione laterale = 0.7 a compressione e 0.5 a trazione;

ϕ = angolo di resistenza al taglio.

Portata di base

Per la valutazione della portata di base limite sono state utilizzate le seguenti relazioni:

$$Q_{bl} = A_p \cdot q_{bl}$$

dove:

A_p = area della base del palo,

q_{bl} = portata limite specifica di base.

Depositi incoerenti

Nei terreni incoerenti, la pressione di base del palo associabile a cedimenti pari al 10% del diametro del palo, viene valutata con la relazione di Berezantzev (1965) indicata nelle Raccomandazioni AGI:

$$q_b = N_q^* \cdot \sigma'_v \leq q_{b,lim}$$

essendo:

N_q^* = coefficiente in funzione dell'angolo di resistenza al taglio del terreno (Raccomandazioni AGI);

σ'_v = tensione verticale efficace;

$q_{b,lim}$ = pressione ultima di base massima consigliabile. Nel caso in esame si è fatto riferimento a quanto indicato da Gwizdala, 1984, vedasi seguente tabella.

Tabella 1 – Valori di q_{blim} secondo Gwizdala [1984]

	$q_{b,lim}$ (kPa)
GHIAIE	7300
SABBIE	5800
SABBIE LIMOSE	4300

Cautelativamente per le unità in esame si assume:

- terreni sabbiosi con angolo di resistenza al taglio $\phi' = 31-32^\circ$: $N_q^* = 10$; $q_b \leq 4300$ kPa
- terreni sabbiosi con angolo di resistenza al taglio $\phi' = 34^\circ$: $N_q^* = 14$; $q_b \leq 4300$ kPa
- terreni ghiaioso sabbiosi con angolo di resistenza al taglio $\phi' = 38^\circ$: $N_q^* = 23$; $q_b \leq 5800$ kPa.

5.2.1 Risultati delle verifiche SLU compressione

Caratteristiche del palo		
Diametro	1.5	m
Area	1.77	m ²
Perimetro	4.71	m
Profondità infissione	3.3	m
Lunghezza palo	40	m
Lunghezza infissione	43.3	m
L / D	26.7	
N verifica	4593.7	kN

Caratteristiche degli strati di terreno

Falda (da p.c.)	0	m
-----------------	----------	---

Form.	Spes.	Z _{inf}	γ _{sat}
	m	m	kN/m ²
pc	0	0	
1	2.5	2.5	19
2	5.5	8	19.5
3	23.5	31.5	20
4	38.5	70	20.5

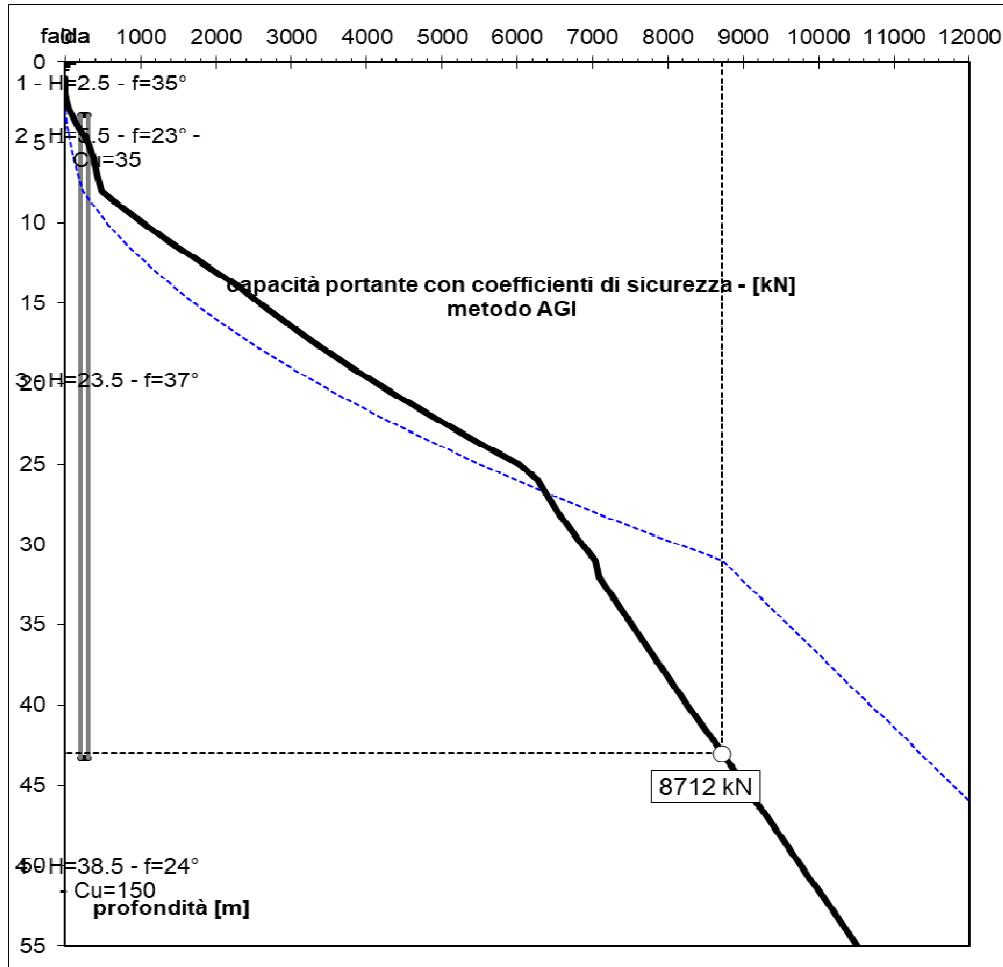
Parametri per il calcolo della portata con il metodo AGI

tipo	non coesivi						coesivi		
	φ	m	k	N _q	N _q	N _q	C _u	a	τ _c
	°	tan(φ)		L/D=4	L/D=32		kPa		α × C _u
NC	35	0.7	0.7	13.4	11.3	11.65	0	0.9	0
C	23	0.4	0.7	0.4	0	-	35	0.8	28
NC	37	0.7536	0.7	17.1	13.9	14.53	0	0.9	0
C	24	0.4	0.7	1.0	0.8	-	150	0.4	60

z	σ _v	σ _v	φ	μ	k	τ _{NC}	N _q	C _u	α	τ _c	τ	q _p	S	ΣS=S _{lim}	Q _p =P _{lim}	P _{lim}	P _p	ΣP _p =W	Q _{amm,L+P}
m	kPa	kPa				μ × k		kPa		α × C _u	τ _{NC} / τ _c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
0.0	0	0															0.0	0.0	
1	4.5	9.5	35	0.7	0.70	2.21	11.7	0	0.9	0.00	2.21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	13.5	28.5	35	0.7	0.70	6.62	11.7	0	0.9	0.00	6.62	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	22.75	47.75	23	0.4	0.70	6.76	-	35	0.8	28.00	6.76	0.0	0.0	0.0	0.0	129.1	0.0	0.0	56.2
4	32.25	67.25	23	0.4	0.70	9.58	-	35	0.8	28.00	9.58	382.3	45.2	45.2	675.5	387.2	9.7	9.7	179.2
5	41.75	86.75	23	0.4	0.70	12.41	-	35	0.8	28.00	12.41	401.8	58.5	103.6	710.0	645.4	9.7	19.4	309.0

z	σ'_v	σ_v	ϕ	μ	k	τ_{NC}	N_q	C_u	α	τ_c	τ	q_p	S	$\Sigma S=S_{lim}$	$Q_p=P_{lim}$	P_{lim}	P_p	$\Sigma P_p=W$	$Q_{amm,L+P}$
m	kPa	kPa				$\mu \times k$		kPa		$\alpha \times \tau_c$	τ_{NC} / τ_c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
6	51.25	106.25	23	0.4	0.70	15.23	-	35	0.8	28.00	15.23	421.3	71.8	175.4	744.4	738.1	9.7	29.2	373.4
7	60.75	125.75	23	0.4	0.70	18.05	-	35	0.8	28.00	18.05	440.8	85.1	260.4	778.9	775.7	9.7	38.9	420.7
8	70.25	145.25	23	0.4	0.70	20.87	-	35	0.8	28.00	20.87	460.3	98.4	358.8	813.3	813.3	9.7	48.6	474.7
9	80	165	37	0.8	0.70	42.20	14.5	0	0.9	0.00	42.20	1162.1	198.9	557.7	2053.6	1234.0	8.8	57.4	748.3
10	90	185	37	0.8	0.70	47.47	14.5	0	0.9	0.00	47.47	1307.3	223.7	781.4	2310.3	1654.6	8.8	66.3	1034.5
11	100	205	37	0.8	0.70	52.75	14.5	0	0.9	0.00	52.75	1452.6	248.6	1029.9	2567.0	2075.2	8.8	75.1	1333.4
12	110	225	37	0.8	0.70	58.02	14.5	0	0.9	0.00	58.02	1597.9	273.4	1303.4	2823.7	2495.8	8.8	83.9	1645.1
13	120	245	37	0.8	0.70	63.30	14.5	0	0.9	0.00	63.30	1743.1	298.3	1601.7	3080.4	2916.4	8.8	92.8	1969.4
14	130	265	37	0.8	0.70	68.57	14.5	0	0.9	0.00	68.57	1888.4	323.1	1924.8	3337.1	3337.1	8.8	101.6	2306.5
15	140	285	37	0.8	0.70	73.85	14.5	0	0.9	0.00	73.85	2033.6	348.0	2272.8	3593.8	3582.6	8.8	110.4	2580.0
16	150	305	37	0.8	0.70	79.12	14.5	0	0.9	0.00	79.12	2178.9	372.9	2645.7	3850.4	3828.1	8.8	119.3	2866.2
17	160	325	37	0.8	0.70	84.40	14.5	0	0.9	0.00	84.40	2324.2	397.7	3043.4	4107.1	4073.7	8.8	128.1	3165.2
18	170	345	37	0.8	0.70	89.67	14.5	0	0.9	0.00	89.67	2469.4	422.6	3466.0	4363.8	4319.2	8.8	137.0	3476.8
19	180	365	37	0.8	0.70	94.95	14.5	0	0.9	0.00	94.95	2614.7	447.4	3913.4	4620.5	4564.7	8.8	145.8	3801.2
20	190	385	37	0.8	0.70	100.22	14.5	0	0.9	0.00	100.22	2760.0	472.3	4385.7	4877.2	4810.3	8.8	154.6	4138.3
21	200	405	37	0.8	0.70	105.50	14.5	0	0.9	0.00	105.50	2905.2	497.1	4882.8	5133.9	5055.8	8.8	163.5	4488.1
22	210	425	37	0.8	0.70	110.77	14.5	0	0.9	0.00	110.77	3050.5	522.0	5404.8	5390.6	5301.3	8.8	172.3	4850.6
23	220	445	37	0.8	0.70	116.05	14.5	0	0.9	0.00	116.05	3195.7	546.9	5951.7	5647.3	5546.9	8.8	181.1	5225.8
24	230	465	37	0.8	0.70	121.32	14.5	0	0.9	0.00	121.32	3341.0	571.7	6523.4	5904.0	5792.4	8.8	190.0	5613.8
25	240	485	37	0.8	0.70	126.60	14.5	0	0.9	0.00	126.60	3486.3	596.6	7120.0	6160.7	6038.0	8.8	198.8	6014.4
26	250	505	37	0.8	0.70	131.87	14.5	0	0.9	0.00	131.87	3631.5	621.4	7741.4	6417.4	5938.2	8.8	207.6	6277.3
27	260	525	37	0.8	0.70	137.15	14.5	0	0.9	0.00	137.15	3776.8	646.3	8387.7	6674.1	5493.2	8.8	216.5	6402.5
28	270	545	37	0.8	0.70	142.42	14.5	0	0.9	0.00	142.42	3922.0	671.1	9058.8	6930.8	5048.2	8.8	225.3	6540.4
29	280	565	37	0.8	0.70	147.70	14.5	0	0.9	0.00	147.70	4067.3	696.0	9754.9	7187.5	4603.1	8.8	234.1	6691.0
30	290	585	37	0.8	0.70	152.97	14.5	0	0.9	0.00	152.97	4212.6	720.9	10475.7	7444.2	4158.1	8.8	243.0	6854.4
31	300	605	37	0.8	0.70	158.25	14.5	0	0.9	0.00	158.25	4357.8	745.7	11221.4	7700.9	3713.1	8.8	251.8	7030.4
32	310.25	625.25	24	0.4	0.70	96.69	-	150	0.4	60.00	60.00	1975.3	282.7	11504.2	3490.6	3505.6	8.0	259.8	7074.3
33	320.75	645.75	24	0.4	0.70	99.96	-	150	0.4	60.00	60.00	1995.8	282.7	11786.9	3526.8	3535.8	8.0	267.7	7221.7
34	331.25	666.25	24	0.4	0.70	103.24	-	150	0.4	60.00	60.00	2016.3	282.7	12069.7	3563.0	3566.0	8.0	275.7	7369.2
35	341.75	686.75	24	0.4	0.70	106.51	-	150	0.4	60.00	60.00	2036.8	282.7	12352.4	3599.2	3596.2	8.0	283.6	7516.6
36	352.25	707.25	24	0.4	0.70	109.78	-	150	0.4	60.00	60.00	2057.3	282.7	12635.1	3635.5	3626.4	8.0	291.6	7664.1
37	362.75	727.75	24	0.4	0.70	113.05	-	150	0.4	60.00	60.00	2077.8	282.7	12917.9	3671.7	3656.6	8.0	299.5	7811.5
38	373.25	748.25	24	0.4	0.70	116.33	-	150	0.4	60.00	60.00	2098.3	282.7	13200.6	3707.9	3690.1	8.0	307.5	7960.4
39	383.75	768.75	24	0.4	0.70	119.60	-	150	0.4	60.00	60.00	2118.8	282.7	13483.4	3744.1	3727.1	8.0	315.4	8110.8
40	394.25	789.25	24	0.4	0.70	122.87	-	150	0.4	60.00	60.00	2139.3	282.7	13766.1	3780.4	3764.0	8.0	323.4	8261.2
41	404.75	809.75	24	0.4	0.70	126.14	-	150	0.4	60.00	60.00	2159.8	282.7	14048.9	3816.6	3800.9	8.0	331.3	8411.5

z	σ'_v	σ_v	ϕ	μ	k	τ_{NC}	N_q	C_u	α	τ_c	τ	q_p	S	$\Sigma S=S_{lim}$	$Q_p=P_{lim}$	P_{lim}	P_p	$\Sigma P_p=W$	$Q_{amm,L+P}$
m	kPa	kPa				$\mu \times k$		kPa		$\alpha \times \tau_c$	τ_{NC} / τ_c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
42	415.25	830.25	24	0.4	0.70	129.42	-	150	0.4	60.00	60.00	2180.3	282.7	14331.6	3852.8	3837.8	8.0	339.3	8561.9
43	425.75	850.75	24	0.4	0.70	132.69	-	150	0.4	60.00	60.00	2200.8	282.7	14614.4	3889.0	3874.7	8.0	347.2	8712.3



Di seguito si riporta una sintesi delle verifiche:

- Lunghezza dei pali di fondazione: $L_{palo} = 40m$;

	SLU	
Ved	4593.7	kN
Vres	8712	kN
Check	Verificato	-
C.S	1.9	-

La verifica risulta soddisfatta.

5.2.2 Risultati delle verifiche SLU trazione

Caratteristiche del palo		
Diametro	1.5	m
Area	1.77	m ²
Perimetro	4.71	m
Profondità infissione	3.3	m
Lunghezza palo	40	m
Lunghezza infissione	43.3	m
L / D	26.7	
N verifica	882	kN

Caratteristiche degli strati di terreno

Falda (da p.c.)	0	m
-----------------	----------	---

Form.	Spes.	Z _{inf}	γ _{sat}
	m	m	kN/m ²
pc	0	0	
1	2.5	2.5	19
2	5.5	8	19.5
3	23.5	31.5	20
4	38.5	70	20.5

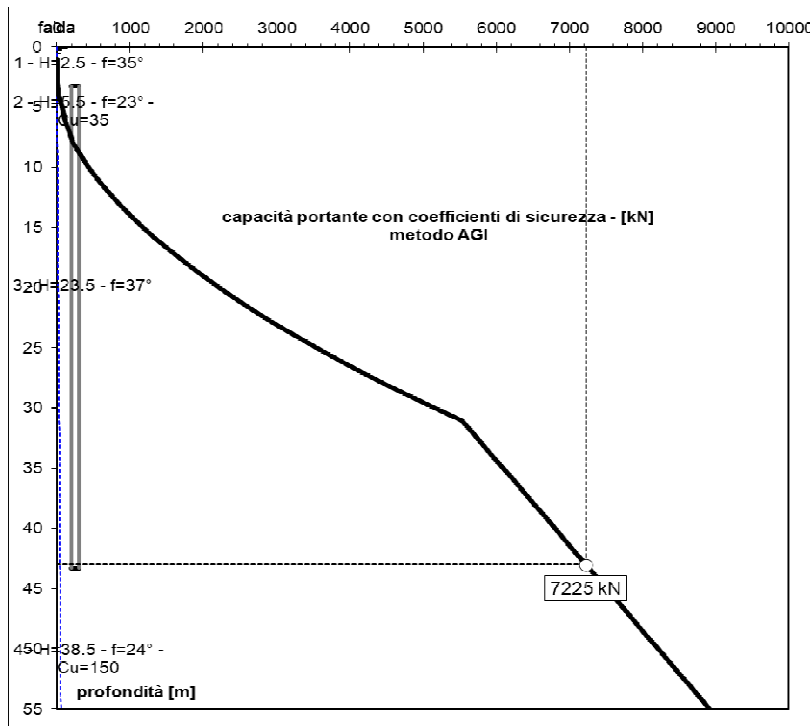
Parametri per il calcolo della portata con il metodo AGI

tipo	non coesivi						coesivi		
	φ	μ	k	N _q	N _q	N _q	C _u	α	τ _c
	°	tan(φ)		L/D=4	L/D=32		kPa		α × C _u
NC	35	0.7	0.7	13.4	11.3	11.65	0	0.9	0
C	23	0.4	0.7	0.4	0	-	35	0.8	28
NC	37	0.7536	0.7	17.1	13.9	14.53	0	0.9	0
C	24	0.4	0.7	1.0	0.8	-	150	0.4	60

z	σ' _v	σ _v	φ	μ	k	τ _{NC}	N _q	C _u	α	τ _c	τ	q _p	S	ΣS=S _{lim}	P _p	ΣP _p =W	Q _{amm,L}
m	kPa	kPa				μ × k		kPa		α × C _u	τ _{NC} / τ _c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN
0.0	0	0													0.0	0.0	
1	4.5	9.5	35	0.700	0.70	2.21	11.7	0	0.9	0.00	2.21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	13.5	28.5	35	0.700	0.70	6.62	11.7	0	0.9	0.00	6.62	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	22.75	47.75	23	0.424	0.70	6.76	-	35	0.8	28.00	6.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	32.25	67.25	23	0.424	0.70	9.58	-	35	0.8	28.00	9.58	382.3	45.2	45.2	9.7	9.7	31.0

z	σ'_v	σ_v	ϕ	μ	k	τ_{NC}	N_q	C_u	α	τ_c	τ	q_p	S	$\Sigma S = S_{lim}$	P_p	$\Sigma P_p = W$	$Q_{amm,L}$
m	kPa	kPa				$\mu \times k$		kPa		$\alpha \times C_u$	τ_{NC} / τ_c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN
5	41.75	86.75	23	0.424	0.70	12.41	-	35	0.8	28.00	12.41	401.8	58.5	103.6	9.7	19.4	68.2
6	51.25	106.25	23	0.424	0.70	15.23	-	35	0.8	28.00	15.23	421.3	71.8	175.4	9.7	29.2	111.7
7	60.75	125.75	23	0.424	0.70	18.05	-	35	0.8	28.00	18.05	440.8	85.1	260.4	9.7	38.9	161.4
8	70.25	145.25	23	0.424	0.70	20.87	-	35	0.8	28.00	20.87	460.3	98.4	358.8	9.7	48.6	217.4
9	80	165	37	0.754	0.70	42.20	14.5	0	0.9	0.00	42.20	1162.1	198.9	557.7	8.8	57.4	319.9
10	90	185	37	0.754	0.70	47.47	14.5	0	0.9	0.00	47.47	1307.3	223.7	781.4	8.8	66.3	434.0
11	100	205	37	0.754	0.70	52.75	14.5	0	0.9	0.00	52.75	1452.6	248.6	1029.9	8.8	75.1	559.8
12	110	225	37	0.754	0.70	58.02	14.5	0	0.9	0.00	58.02	1597.9	273.4	1303.4	8.8	83.9	697.3
13	120	245	37	0.754	0.70	63.30	14.5	0	0.9	0.00	63.30	1743.1	298.3	1601.7	8.8	92.8	846.5
14	130	265	37	0.754	0.70	68.57	14.5	0	0.9	0.00	68.57	1888.4	323.1	1924.8	8.8	101.6	1007.4
15	140	285	37	0.754	0.70	73.85	14.5	0	0.9	0.00	73.85	2033.6	348.0	2272.8	8.8	110.4	1180.0
16	150	305	37	0.754	0.70	79.12	14.5	0	0.9	0.00	79.12	2178.9	372.9	2645.7	8.8	119.3	1364.3
17	160	325	37	0.754	0.70	84.40	14.5	0	0.9	0.00	84.40	2324.2	397.7	3043.4	8.8	128.1	1560.3
18	170	345	37	0.754	0.70	89.67	14.5	0	0.9	0.00	89.67	2469.4	422.6	3466.0	8.8	137.0	1768.0
19	180	365	37	0.754	0.70	94.95	14.5	0	0.9	0.00	94.95	2614.7	447.4	3913.4	8.8	145.8	1987.4
20	190	385	37	0.754	0.70	100.22	14.5	0	0.9	0.00	100.22	2760.0	472.3	4385.7	8.8	154.6	2218.5
21	200	405	37	0.754	0.70	105.50	14.5	0	0.9	0.00	105.50	2905.2	497.1	4882.8	8.8	163.5	2461.3
22	210	425	37	0.754	0.70	110.77	14.5	0	0.9	0.00	110.77	3050.5	522.0	5404.8	8.8	172.3	2715.7
23	220	445	37	0.754	0.70	116.05	14.5	0	0.9	0.00	116.05	3195.7	546.9	5951.7	8.8	181.1	2981.9
24	230	465	37	0.754	0.70	121.32	14.5	0	0.9	0.00	121.32	3341.0	571.7	6523.4	8.8	190.0	3259.8
25	240	485	37	0.754	0.70	126.60	14.5	0	0.9	0.00	126.60	3486.3	596.6	7120.0	8.8	198.8	3549.4
26	250	505	37	0.754	0.70	131.87	14.5	0	0.9	0.00	131.87	3631.5	621.4	7741.4	8.8	207.6	3850.7
27	260	525	37	0.754	0.70	137.15	14.5	0	0.9	0.00	137.15	3776.8	646.3	8387.7	8.8	216.5	4163.6
28	270	545	37	0.754	0.70	142.42	14.5	0	0.9	0.00	142.42	3922.0	671.1	9058.8	8.8	225.3	4488.3
29	280	565	37	0.754	0.70	147.70	14.5	0	0.9	0.00	147.70	4067.3	696.0	9754.9	8.8	234.1	4824.7
30	290	585	37	0.754	0.70	152.97	14.5	0	0.9	0.00	152.97	4212.6	720.9	10475.7	8.8	243.0	5172.7
31	300	605	37	0.754	0.70	158.25	14.5	0	0.9	0.00	158.25	4357.8	745.7	11221.4	8.8	251.8	5532.5
32	310.25	625.25	24	0.445	0.70	96.69	-	150	0.4	60.00	60.00	1975.3	282.7	11504.2	8.0	259.8	5673.5
33	320.75	645.75	24	0.445	0.70	99.96	-	150	0.4	60.00	60.00	1995.8	282.7	11786.9	8.0	267.7	5814.5

z	σ'_v	σ_v	ϕ	μ	k	τ_{NC}	N_q	C_u	α	τ_c	τ	q_p	S	$\Sigma S=S_{lim}$	P_p	$\Sigma P_p=W$	$Q_{amm,L}$
m	kPa	kPa				$\mu \times k$		kPa		$\alpha \times C_u$	τ_{NC} / τ_c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN
34	331.25	666.25	24	0.445	0.70	103.24	-	150	0.4	60.00	60.00	2016.3	282.7	12069.7	8.0	275.7	5955.5
35	341.75	686.75	24	0.445	0.70	106.51	-	150	0.4	60.00	60.00	2036.8	282.7	12352.4	8.0	283.6	6096.5
36	352.25	707.25	24	0.445	0.70	109.78	-	150	0.4	60.00	60.00	2057.3	282.7	12635.1	8.0	291.6	6237.5
37	362.75	727.75	24	0.445	0.70	113.05	-	150	0.4	60.00	60.00	2077.8	282.7	12917.9	8.0	299.5	6378.5
38	373.25	748.25	24	0.445	0.70	116.33	-	150	0.4	60.00	60.00	2098.3	282.7	13200.6	8.0	307.5	6519.5
39	383.75	768.75	24	0.445	0.70	119.60	-	150	0.4	60.00	60.00	2118.8	282.7	13483.4	8.0	315.4	6660.6
40	394.25	789.25	24	0.445	0.70	122.87	-	150	0.4	60.00	60.00	2139.3	282.7	13766.1	8.0	323.4	6801.6
41	404.75	809.75	24	0.445	0.70	126.14	-	150	0.4	60.00	60.00	2159.8	282.7	14048.9	8.0	331.3	6942.6
42	415.25	830.25	24	0.445	0.70	129.42	-	150	0.4	60.00	60.00	2180.3	282.7	14331.6	8.0	339.3	7083.6
43	425.75	850.75	24	0.445	0.70	132.69	-	150	0.4	60.00	60.00	2200.8	282.7	14614.4	8.0	347.2	7224.6



Di seguito si riporta una sintesi delle verifiche:

- Lunghezza dei pali di fondazione: $L_{\text{palo}} = 40\text{m}$;

	SLU	
Ved	882	kN
Vres	7225	kN
Check	Verificato	-
C.S	8.19	-

La verifica risulta soddisfatta.

5.2.3 Risultati delle verifiche SLV compressione

Caratteristiche del palo		
Diametro	1.5	m
Area	1.77	m
Perimetro	4.71	m
Profondità infissione	3.3	m
Lunghezza palo	40	m
Lunghezza infissione	43.3	m
L / D	26.7	
N verifica	7024	kN

Caratteristiche degli strati di terreno

Falda (da p.c.)	0	m
-----------------	---	---

Form.	Spes.	Z _{inf}	γ _{sat}
	m	m	kN/m ²
pc	0	0	
1	2.5	2.5	19
2	5.5	8	19.5
3	23.5	31.5	20
4	38.5	70	20.5

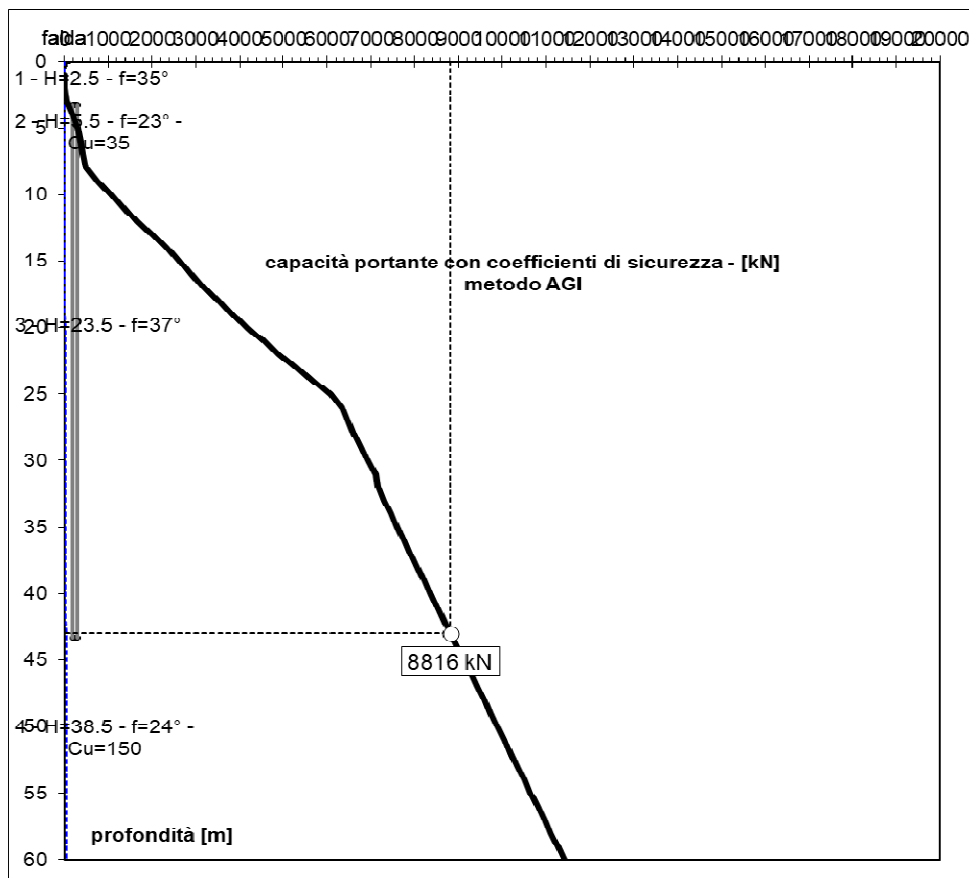
Parametri per il calcolo della portata con il metodo AGI

tipo	non coesivi						coesivi		
	φ	μ	k	N _q	N _q	N _q	C _u	α	τ _c
	°	tan(φ)		L/D=4	L/D=32		kPa		α × C _u
NC	35	0.7	0.7	13.4	11.3	11.65	0	0.9	0
C	23	0.42	0.7	0.4	0	-	35	0.8	28
NC	37	0.7	0.7	17.1	13.9	14.53	0	0.9	0
C	24	0.4	0.7	1.0	0.8	-	150	0.4	60

z	σ' _v	σ _v	φ	μ	k	τ _{NC}	N _q	C _u	α	τ _c	τ	q _p	S	ΣS=S _{lim}	Q _p =P _{lim}	P _{lim}	P _p	ΣP _p =W	Q _{amm,L+P}
m	kPa	kPa				μ × k		kPa		α × C _u	τ _{NC} / τ _c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
0.0	0	0															0.0	0.0	
1	4.5	9.5	35	0.700	0.70	2.21	11.7	0	0.9	0.00	2.21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	13.5	28.5	35	0.700	0.70	6.62	11.7	0	0.9	0.00	6.62	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	22.75	47.75	23	0.424	0.70	6.76	-	35	0.8	28.00	6.76	0.0	0.0	0.0	0.0	129.1	0.0	0.0	56.2
4	32.25	67.25	23	0.424	0.70	9.58	-	35	0.8	28.00	9.58	382.3	45.2	45.2	675.5	387.2	9.7	9.7	182.1

z	σ'_v	σ_v	ϕ	μ	k	τ_{NC}	N_q	C_u	α	τ_c	τ	q_p	S	$\Sigma S=S_{lim}$	$Q_p=P_{lim}$	P_{lim}	P_p	$\Sigma P_p=W$	$Q_{amm,L+P}$
m	kPa	kPa				$\mu \times k$		kPa		$\alpha \times C_u$	τ_{NC} / τ_c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
5	41.75	86.75	23	0.424	0.70	12.41	-	35	0.8	28.00	12.41	401.8	58.5	103.6	710.0	645.4	9.7	19.4	314.8
6	51.25	106.25	23	0.424	0.70	15.23	-	35	0.8	28.00	15.23	421.3	71.8	175.4	744.4	738.1	9.7	29.2	382.2
7	60.75	125.75	23	0.424	0.70	18.05	-	35	0.8	28.00	18.05	440.8	85.1	260.4	778.9	775.7	9.7	38.9	432.4
8	70.25	145.25	23	0.424	0.70	20.87	-	35	0.8	28.00	20.87	460.3	98.4	358.8	813.3	813.3	9.7	48.6	489.3
9	80	165	37	0.754	0.70	42.20	14.5	0	0.9	0.00	42.20	1162.1	198.9	557.7	2053.6	1234.0	8.8	57.4	765.5
10	90	185	37	0.754	0.70	47.47	14.5	0	0.9	0.00	47.47	1307.3	223.7	781.4	2310.3	1654.6	8.8	66.3	1054.4
11	100	205	37	0.754	0.70	52.75	14.5	0	0.9	0.00	52.75	1452.6	248.6	1029.9	2567.0	2075.2	8.8	75.1	1355.9
12	110	225	37	0.754	0.70	58.02	14.5	0	0.9	0.00	58.02	1597.9	273.4	1303.4	2823.7	2495.8	8.8	83.9	1670.3
13	120	245	37	0.754	0.70	63.30	14.5	0	0.9	0.00	63.30	1743.1	298.3	1601.7	3080.4	2916.4	8.8	92.8	1997.3
14	130	265	37	0.754	0.70	68.57	14.5	0	0.9	0.00	68.57	1888.4	323.1	1924.8	3337.1	3337.1	8.8	101.6	2337.0
15	140	285	37	0.754	0.70	73.85	14.5	0	0.9	0.00	73.85	2033.6	348.0	2272.8	3593.8	3582.6	8.8	110.4	2613.2
16	150	305	37	0.754	0.70	79.12	14.5	0	0.9	0.00	79.12	2178.9	372.9	2645.7	3850.4	3828.1	8.8	119.3	2902.0
17	160	325	37	0.754	0.70	84.40	14.5	0	0.9	0.00	84.40	2324.2	397.7	3043.4	4107.1	4073.7	8.8	128.1	3203.6
18	170	345	37	0.754	0.70	89.67	14.5	0	0.9	0.00	89.67	2469.4	422.6	3466.0	4363.8	4319.2	8.8	137.0	3517.9
19	180	365	37	0.754	0.70	94.95	14.5	0	0.9	0.00	94.95	2614.7	447.4	3913.4	4620.5	4564.7	8.8	145.8	3844.9
20	190	385	37	0.754	0.70	100.22	14.5	0	0.9	0.00	100.22	2760.0	472.3	4385.7	4877.2	4810.3	8.8	154.6	4184.7
21	200	405	37	0.754	0.70	105.50	14.5	0	0.9	0.00	105.50	2905.2	497.1	4882.8	5133.9	5055.8	8.8	163.5	4537.1
22	210	425	37	0.754	0.70	110.77	14.5	0	0.9	0.00	110.77	3050.5	522.0	5404.8	5390.6	5301.3	8.8	172.3	4902.3
23	220	445	37	0.754	0.70	116.05	14.5	0	0.9	0.00	116.05	3195.7	546.9	5951.7	5647.3	5546.9	8.8	181.1	5280.2
24	230	465	37	0.754	0.70	121.32	14.5	0	0.9	0.00	121.32	3341.0	571.7	6523.4	5904.0	5792.4	8.8	190.0	5670.7
25	240	485	37	0.754	0.70	126.60	14.5	0	0.9	0.00	126.60	3486.3	596.6	7120.0	6160.7	6038.0	8.8	198.8	6074.0
26	250	505	37	0.754	0.70	131.87	14.5	0	0.9	0.00	131.87	3631.5	621.4	7741.4	6417.4	5938.2	8.8	207.6	6339.6
27	260	525	37	0.754	0.70	137.15	14.5	0	0.9	0.00	137.15	3776.8	646.3	8387.7	6674.1	5493.2	8.8	216.5	6467.5
28	270	545	37	0.754	0.70	142.42	14.5	0	0.9	0.00	142.42	3922.0	671.1	9058.8	6930.8	5048.2	8.8	225.3	6608.0
29	280	565	37	0.754	0.70	147.70	14.5	0	0.9	0.00	147.70	4067.3	696.0	9754.9	7187.5	4603.1	8.8	234.1	6761.3
30	290	585	37	0.754	0.70	152.97	14.5	0	0.9	0.00	152.97	4212.6	720.9	10475.7	7444.2	4158.1	8.8	243.0	6927.2
31	300	605	37	0.754	0.70	158.25	14.5	0	0.9	0.00	158.25	4357.8	745.7	11221.4	7700.9	3713.1	8.8	251.8	7105.9
32	310.25	625.25	24	0.445	0.70	96.69	-	150	0.4	60.00	60.00	1975.3	282.7	11504.2	3490.6	3505.6	8.0	259.8	7152.2
33	320.75	645.75	24	0.445	0.70	99.96	-	150	0.4	60.00	60.00	1995.8	282.7	11786.9	3526.8	3535.8	8.0	267.7	7302.1
34	331.25	666.25	24	0.445	0.70	103.24	-	150	0.4	60.00	60.00	2016.3	282.7	12069.7	3563.0	3566.0	8.0	275.7	7451.9
35	341.75	686.75	24	0.445	0.70	106.51	-	150	0.4	60.00	60.00	2036.8	282.7	12352.4	3599.2	3596.2	8.0	283.6	7601.7
36	352.25	707.25	24	0.445	0.70	109.78	-	150	0.4	60.00	60.00	2057.3	282.7	12635.1	3635.5	3626.4	8.0	291.6	7751.5
37	362.75	727.75	24	0.445	0.70	113.05	-	150	0.4	60.00	60.00	2077.8	282.7	12917.9	3671.7	3656.6	8.0	299.5	7901.4
38	373.25	748.25	24	0.445	0.70	116.33	-	150	0.4	60.00	60.00	2098.3	282.7	13200.6	3707.9	3690.1	8.0	307.5	8052.7
39	383.75	768.75	24	0.445	0.70	119.60	-	150	0.4	60.00	60.00	2118.8	282.7	13483.4	3744.1	3727.1	8.0	315.4	8205.4
40	394.25	789.25	24	0.445	0.70	122.87	-	150	0.4	60.00	60.00	2139.3	282.7	13766.1	3780.4	3764.0	8.0	323.4	8358.2

z	σ'_v	σ_v	ϕ	μ	k	τ_{NC}	N_q	C_u	α	τ_c	τ	q_p	S	$\Sigma S=S_{lim}$	$Q_p=P_{lim}$	P_{lim}^*	P_p	$\Sigma P_p=W$	$Q_{amm.L+P}$
m	kPa	kPa				$\mu \times k$		kPa	$\alpha \times C_u$	τ_{NC} / τ_c		kPa	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
41	404.75	809.75	24	0.445	0.70	126.14	-	150	0.4	60.00	60.00	2159.8	282.7	14048.9	3816.6	3800.9	8.0	331.3	8510.9
42	415.25	830.25	24	0.445	0.70	129.42	-	150	0.4	60.00	60.00	2180.3	282.7	14331.6	3852.8	3837.8	8.0	339.3	8663.7
43	425.75	850.75	24	0.445	0.70	132.69	-	150	0.4	60.00	60.00	2200.8	282.7	14614.4	3889.0	3874.7	8.0	347.2	8816.4



Di seguito si riporta una sintesi delle verifiche:

- Lunghezza dei pali di fondazione: $L_{palo} = 40m$;

	SLV	
Ved	7024	kN
Vres	8816	kN
Check	Verificato	-
C.S	1.25	-

La verifica risulta soddisfatta.

5.2.4 Risultati delle verifiche SLV trazione

Caratteristiche del palo		
Diametro	1.5	m
Area	1.77	m
Perimetro	4.71	m
Profondità infissione	3.3	m
Lunghezza palo	40	m
Lunghezza infissione	43.3	m
L / D	26.7	
N verifica	2105	kN

Caratteristiche degli strati di terreno

Falda (da p.c.)	0	m
-----------------	---	---

Form.	Spes.	Z _{inf}	γ _{sat}
	m	m	kN/m ²
pc	0	0	
1	2.5	2.5	19
2	5.5	8	19.5
3	23.5	31.5	20
4	38.5	70	20.5

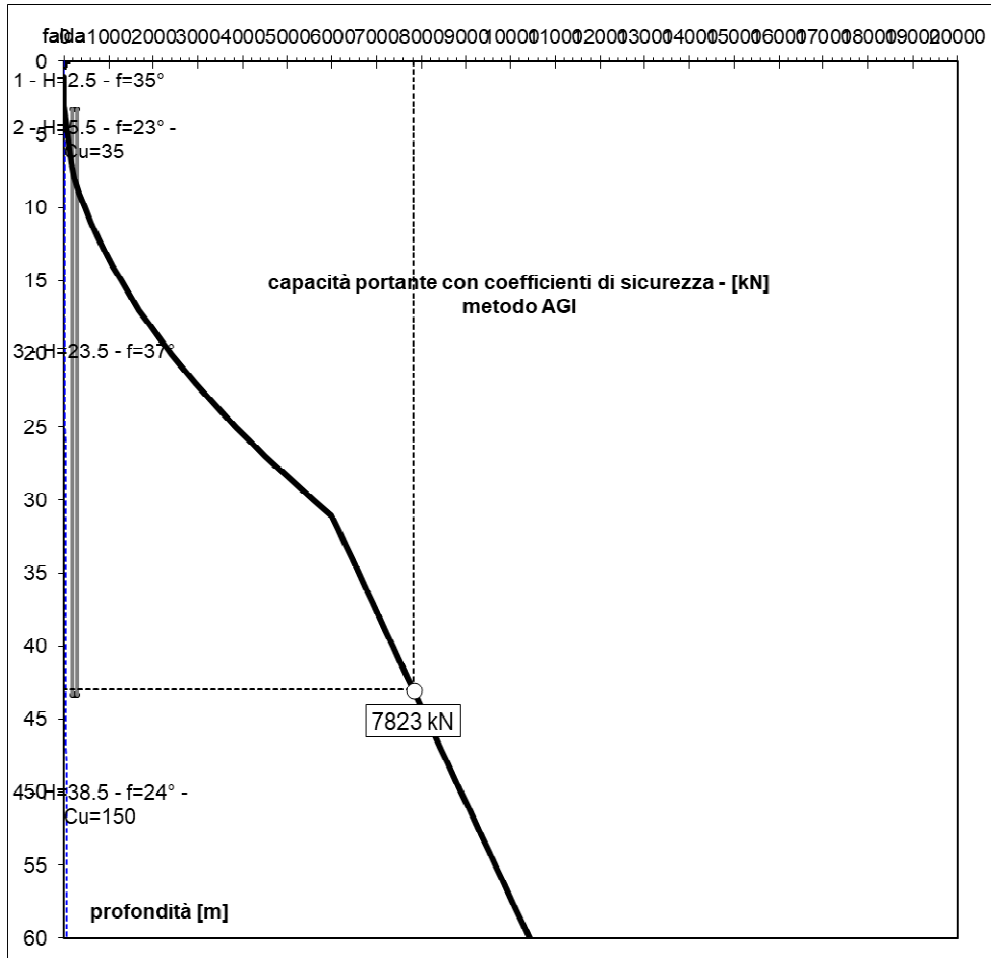
Parametri per il calcolo della portata con il metodo AGI

tipo	non coesivi						coesivi		
	φ	μ	k	N _q	N _q	N _q	C _u	α	τ _c
	°	tan(φ)		L/D=4	L/D=32		kPa		α × C _u
NC	35	0.7	0.7	13.4	11.3	11.65	0	0.9	0
C	23	0.42	0.7	0.4	0	-	35	0.8	28
NC	37	0.7	0.7	17.1	13.9	14.53	0	0.9	0
C	24	0.4	0.7	1.0	0.8	-	150	0.4	60

z	σ' _v	σ _v	φ	μ	k	τ _{NC}	N _q	C _u	α	τ _c	τ	q _p	S	ΣS=S _{lim}	P _p	ΣP _p =W	Q _{amm.L}
m	kPa	kPa				μ × k		kPa		α × C _u	τ _{NC} / τ _c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN
0	0.0	0.0													0.0	0.0	
1	4.5	9.5	35	0.700	0.70	2.21	11.7	0	0.9	0.00	2.21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	13.5	28.5	35	0.700	0.70	6.62	11.7	0	0.9	0.00	6.62	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	22.75	47.75	23	0.424	0.70	6.76	-	35	0.8	28.00	6.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	32.25	67.25	23	0.424	0.70	9.58	-	35	0.8	28.00	9.58	382.3	45.2	45.2	9.7	9.7	32.8
5	41.75	86.75	23	0.424	0.70	12.41	-	35	0.8	28.00	12.41	401.8	58.5	103.6	9.7	19.4	72.4

z	σ'_v	σ_v	ϕ	μ	k	τ_{NC}	N_q	C_u	α	τ_c	τ	q_p	S	$\Sigma S = S_{lim}$	P_p	$\Sigma P_p = W$	$Q_{amm,L}$
m	kPa	kPa				$\mu \times k$		kPa		$\alpha \times C_u$	τ_{NC} / τ_c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN
6	51.25	106.25	23	0.424	0.70	15.23	-	35	0.8	28.00	15.23	421.3	71.8	175.4	9.7	29.2	118.9
7	60.75	125.75	23	0.424	0.70	18.05	-	35	0.8	28.00	18.05	440.8	85.1	260.4	9.7	38.9	172.1
8	70.25	145.25	23	0.424	0.70	20.87	-	35	0.8	28.00	20.87	460.3	98.4	358.8	9.7	48.6	232.1
9	80	165	37	0.754	0.70	42.20	14.5	0	0.9	0.00	42.20	1162.1	198.9	557.7	8.8	57.4	342.7
10	90	185	37	0.754	0.70	47.47	14.5	0	0.9	0.00	47.47	1307.3	223.7	781.4	8.8	66.3	465.9
11	100	205	37	0.754	0.70	52.75	14.5	0	0.9	0.00	52.75	1452.6	248.6	1029.9	8.8	75.1	601.9
12	110	225	37	0.754	0.70	58.02	14.5	0	0.9	0.00	58.02	1597.9	273.4	1303.4	8.8	83.9	750.6
13	120	245	37	0.754	0.70	63.30	14.5	0	0.9	0.00	63.30	1743.1	298.3	1601.7	8.8	92.8	912.0
14	130	265	37	0.754	0.70	68.57	14.5	0	0.9	0.00	68.57	1888.4	323.1	1924.8	8.8	101.6	1086.2
15	140	285	37	0.754	0.70	73.85	14.5	0	0.9	0.00	73.85	2033.6	348.0	2272.8	8.8	110.4	1273.0
16	150	305	37	0.754	0.70	79.12	14.5	0	0.9	0.00	79.12	2178.9	372.9	2645.7	8.8	119.3	1472.6
17	160	325	37	0.754	0.70	84.40	14.5	0	0.9	0.00	84.40	2324.2	397.7	3043.4	8.8	128.1	1684.8
18	170	345	37	0.754	0.70	89.67	14.5	0	0.9	0.00	89.67	2469.4	422.6	3466.0	8.8	137.0	1909.8
19	180	365	37	0.754	0.70	94.95	14.5	0	0.9	0.00	94.95	2614.7	447.4	3913.4	8.8	145.8	2147.5
20	190	385	37	0.754	0.70	100.22	14.5	0	0.9	0.00	100.22	2760.0	472.3	4385.7	8.8	154.6	2397.9
21	200	405	37	0.754	0.70	105.50	14.5	0	0.9	0.00	105.50	2905.2	497.1	4882.8	8.8	163.5	2661.1
22	210	425	37	0.754	0.70	110.77	14.5	0	0.9	0.00	110.77	3050.5	522.0	5404.8	8.8	172.3	2936.9
23	220	445	37	0.754	0.70	116.05	14.5	0	0.9	0.00	116.05	3195.7	546.9	5951.7	8.8	181.1	3225.5
24	230	465	37	0.754	0.70	121.32	14.5	0	0.9	0.00	121.32	3341.0	571.7	6523.4	8.8	190.0	3526.7
25	240	485	37	0.754	0.70	126.60	14.5	0	0.9	0.00	126.60	3486.3	596.6	7120.0	8.8	198.8	3840.7
26	250	505	37	0.754	0.70	131.87	14.5	0	0.9	0.00	131.87	3631.5	621.4	7741.4	8.8	207.6	4167.4
27	260	525	37	0.754	0.70	137.15	14.5	0	0.9	0.00	137.15	3776.8	646.3	8387.7	8.8	216.5	4506.9
28	270	545	37	0.754	0.70	142.42	14.5	0	0.9	0.00	142.42	3922.0	671.1	9058.8	8.8	225.3	4859.0
29	280	565	37	0.754	0.70	147.70	14.5	0	0.9	0.00	147.70	4067.3	696.0	9754.9	8.8	234.1	5223.8
30	290	585	37	0.754	0.70	152.97	14.5	0	0.9	0.00	152.97	4212.6	720.9	10475.7	8.8	243.0	5601.4
31	300	605	37	0.754	0.70	158.25	14.5	0	0.9	0.00	158.25	4357.8	745.7	11221.4	8.8	251.8	5991.7
32	310.25	625.25	24	0.445	0.70	96.69	-	150	0.4	60.00	60.00	1975.3	282.7	11504.2	8.0	259.8	6144.3
33	320.75	645.75	24	0.445	0.70	99.96	-	150	0.4	60.00	60.00	1995.8	282.7	11786.9	8.0	267.7	6296.8
34	331.25	666.25	24	0.445	0.70	103.24	-	150	0.4	60.00	60.00	2016.3	282.7	12069.7	8.0	275.7	6449.4
35	341.75	686.75	24	0.445	0.70	106.51	-	150	0.4	60.00	60.00	2036.8	282.7	12352.4	8.0	283.6	6602.0
36	352.25	707.25	24	0.445	0.70	109.78	-	150	0.4	60.00	60.00	2057.3	282.7	12635.1	8.0	291.6	6754.6
37	362.75	727.75	24	0.445	0.70	113.05	-	150	0.4	60.00	60.00	2077.8	282.7	12917.9	8.0	299.5	6907.1
38	373.25	748.25	24	0.445	0.70	116.33	-	150	0.4	60.00	60.00	2098.3	282.7	13200.6	8.0	307.5	7059.7
39	383.75	768.75	24	0.445	0.70	119.60	-	150	0.4	60.00	60.00	2118.8	282.7	13483.4	8.0	315.4	7212.3
40	394.25	789.25	24	0.445	0.70	122.87	-	150	0.4	60.00	60.00	2139.3	282.7	13766.1	8.0	323.4	7364.9
41	404.75	809.75	24	0.445	0.70	126.14	-	150	0.4	60.00	60.00	2159.8	282.7	14048.9	8.0	331.3	7517.5

z	σ'_v	σ_v	ϕ	μ	k	τ_{NC}	N_q	C_u	α	τ_c	τ	q_p	S	$\Sigma S = S_{lim}$	P_p	$\Sigma P_p = W$	$Q_{amm,L}$
m	kPa	kPa				$\mu \times k$		kPa		$\alpha \times C_u$	τ_{NC} / τ_c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN
42	415.25	830.25	24	0.445	0.70	129.42	-	150	0.4	60.00	60.00	2180.3	282.7	14331.6	8.0	339.3	7670.0
43	425.75	850.75	24	0.445	0.70	132.69	-	150	0.4	60.00	60.00	2200.8	282.7	14614.4	8.0	347.2	7822.6



Di seguito si riporta una sintesi delle verifiche:

- Lunghezza dei pali di fondazione: $L_{palo} = 40m$;

	SLV	
Ved	2105	kN
Vres	7823	kN
Check	Verificato	-
C.S	3.71	-

La verifica risulta soddisfatta.

5.2.5 Risultati delle verifiche allo scalzamento

Nel seguito si riporta la verifica a scalzamento con $T_r=200$ anni che risulta la più gravosa rispetto all'analisi effettuata con un $T_r=1$ anno.

Caratteristiche del palo		
Diametro	1.5	m
Area	1.77	m
Perimetro	4.71	m
Profondità infissione	0	m
Lunghezza palo	34.7	m
Lunghezza infissione	34.7	m
L / D	23.1	
N verifica	5140	kN

Caratteristiche degli strati di terreno

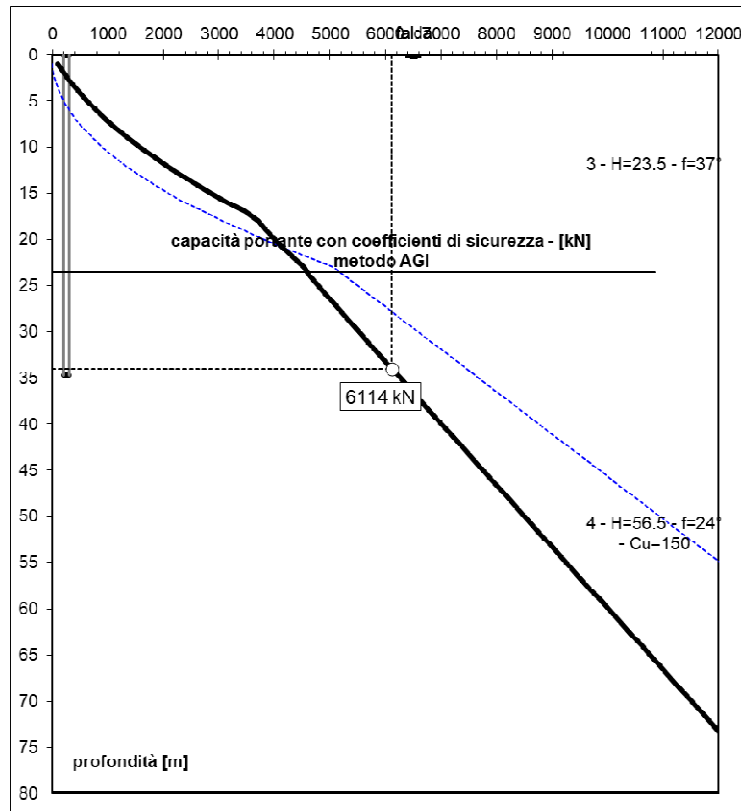
Falda (da p.c.)	0	m
-----------------	---	---

Form.	Spes.	Z _{inf}	γ_{sat}
	m	m	kN/m ²
pc	0	0	
3	23.5	23.5	20
4	56.5	80	20.5

parametri per il calcolo della portata con il metodo AGI									
tipo	non coesivi						coesivi		
	ϕ	μ	k	N _q	N _q	N _q	C _u	α	τ_c
	°	tan(ϕ)		L/D=4	L/D=32		kPa		$\alpha \times C_u$
NC	37	0.7	0.7	17.1	13.9	14.93	0	0.9	0
C	24	0.4	0.7	1.0	0.8	-	150	0.4	60

z	s' _v	s _v	f	m	k	t _{NC}	N _q	C _u	a	t _c	t	q _p	S	SS= S _{lim}	Q _p =P _{lim}	P _{lim} *	P _p	SP _p =W	Q _{amm,L+P}
m	kPa	kPa				m ' k		kPa		a ' C _u	t _{NC} / t _c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
0.0	0	0															0.0	0.0	
1	5.0	10.0	37.0	0.8	0.7	2.6	14.9	0.0	0.9	0.0	2.6	74.7	12.4	12.4	132.0	241.9	8.8	8.8	99.8
2	15.0	30.0	37.0	0.8	0.7	7.9	14.9	0.0	0.9	0.0	7.9	224.0	37.3	49.7	395.9	483.8	8.8	17.7	212.4
3	25.0	50.0	37.0	0.8	0.7	13.2	14.9	0.0	0.9	0.0	13.2	373.4	62.1	111.9	659.8	725.8	8.8	26.5	337.7
4	35.0	70.0	37.0	0.8	0.7	18.5	14.9	0.0	0.9	0.0	18.5	522.7	87.0	198.9	923.7	967.7	8.8	35.3	475.6
5	45.0	90.0	37.0	0.8	0.7	23.7	14.9	0.0	0.9	0.0	23.7	672.0	111.9	310.7	1187.6	1209.6	8.8	44.2	626.3
6	55.0	110.0	37.0	0.8	0.7	29.0	14.9	0.0	0.9	0.0	29.0	821.4	136.7	447.4	1451.5	1451.5	8.8	53.0	789.8

z	s' _v	s _v	f	m	k	t _{NC}	N _q	C _u	a	t _c	t	q _p	S	SS= S _{lim}	Q _p =P _{lim}	P _{lim} *	P _p	SP _p =W	Q _{amm,L+P}
m	kPa	kPa				m ' k		kPa		a ' / C _u	t _{NC} / t _c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
7	65.0	130.0	37.0	0.8	0.7	34.3	14.9	0.0	0.9	0.0	34.3	970.7	161.6	609.0	1715.4	1703.9	8.8	61.9	970.5
8	75.0	150.0	37.0	0.8	0.7	39.6	14.9	0.0	0.9	0.0	39.6	1120.1	186.4	795.4	1979.3	1956.4	8.8	70.7	1163.9
9	85.0	170.0	37.0	0.8	0.7	44.8	14.9	0.0	0.9	0.0	44.8	1269.4	211.3	1006.7	2243.2	2208.8	8.8	79.5	1370.0
10	95.0	190.0	37.0	0.8	0.7	50.1	14.9	0.0	0.9	0.0	50.1	1418.8	236.1	1242.9	2507.1	2461.2	8.8	88.4	1588.9
11	105.0	210.0	37.0	0.8	0.7	55.4	14.9	0.0	0.9	0.0	55.4	1568.1	261.0	1503.9	2771.1	2713.7	8.8	97.2	1820.5
12	115.0	230.0	37.0	0.8	0.7	60.7	14.9	0.0	0.9	0.0	60.7	1717.4	285.9	1789.7	3035.0	2966.1	8.8	106.0	2064.7
13	125.0	250.0	37.0	0.8	0.7	65.9	14.9	0.0	0.9	0.0	65.9	1866.8	310.7	2100.4	3298.9	3218.6	8.8	114.9	2321.7
14	135.0	270.0	37.0	0.8	0.7	71.2	14.9	0.0	0.9	0.0	71.2	2016.1	335.6	2436.0	3562.8	3471.0	8.8	123.7	2591.5
15	145.0	290.0	37.0	0.8	0.7	76.5	14.9	0.0	0.9	0.0	76.5	2165.5	360.4	2796.4	3826.7	3723.4	8.8	132.5	2873.9
16	155.0	310.0	37.0	0.8	0.7	81.8	14.9	0.0	0.9	0.0	81.8	2314.8	385.3	3181.7	4090.6	3975.9	8.8	141.4	3169.0
17	165.0	330.0	37.0	0.8	0.7	87.0	14.9	0.0	0.9	0.0	7.0	2464.2	410.1	3591.9	4354.5	4228.3	8.8	150.2	3476.9
18	175.0	350.0	37.0	0.8	0.7	92.3	14.9	0.0	0.9	0.0	92.3	2613.5	435.0	4026.9	4618.4	4259.7	8.8	159.0	3701.2
19	185.0	370.0	37.0	0.8	0.7	97.6	14.9	0.0	0.9	0.0	97.6	2762.8	459.9	4486.7	4882.3	4070.0	8.8	167.9	3841.8
20	195.0	390.0	37.0	0.8	0.7	102.9	14.9	0.0	0.9	0.0	102.9	2912.2	484.7	4971.5	5146.2	3880.4	8.8	176.7	3995.2
21	205.0	410.0	37.0	0.8	0.7	108.1	14.9	0.0	0.9	0.0	108.1	3061.5	509.6	5481.0	5410.2	3690.8	8.8	185.6	4161.3
22	215.0	430.0	37.0	0.8	0.7	113.4	14.9	0.0	0.9	0.0	113.4	3210.9	534.4	6015.5	5674.1	3501.1	8.8	194.4	4340.1
23	225.0	450.0	37.0	0.8	0.7	118.7	14.9	0.0	0.9	0.0	118.7	3360.2	559.3	6574.8	5938.0	3311.5	8.8	203.2	4531.6
24	235.3	470.3	24.0	0.4	0.7	73.3	-	150.0	0.4	60.0	60.0	1820.3	282.7	6857.5	3216.6	3231.7	8.0	211.2	4630.8
25	245.8	490.8	24.0	0.4	0.7	76.6	-	150.0	0.4	60.0	60.0	1840.8	282.7	7140.2	3252.9	3261.9	8.0	219.1	4777.8
26	256.3	511.3	24.0	0.4	0.7	79.9	-	150.0	0.4	60.0	60.0	1861.3	282.7	7423.0	3289.1	3292.1	8.0	227.1	4924.8
27	266.8	531.8	24.0	0.4	0.7	83.1	-	150.0	0.4	60.0	60.0	1881.8	282.7	7705.7	3325.3	3322.3	8.0	235.0	5071.9
28	277.3	552.3	24.0	0.4	0.7	86.4	-	150.0	0.4	60.0	60.0	1902.3	282.7	7988.5	3361.6	3352.5	8.0	243.0	5218.9
29	287.8	572.8	24.0	0.4	0.7	89.7	-	150.0	0.4	60.0	0.0	1922.8	282.7	8271.2	3397.8	3382.7	8.0	250.9	5366.0
30	298.3	593.3	24.0	0.4	0.7	93.0	-	150.0	0.4	60.0	60.0	1943.3	282.7	8554.0	3434.0	3416.1	8.0	258.9	5514.4
31	308.8	613.8	24.0	0.4	0.7	96.2	-	150.0	0.4	60.0	60.0	1963.8	282.7	8836.7	3470.2	3452.7	8.0	266.8	5664.3
32	319.3	634.3	24.0	0.4	0.7	99.5	-	150.0	0.4	60.0	60.0	1984.3	282.7	9119.4	3506.5	3489.4	8.0	274.8	5814.1
33	329.8	654.8	24.0	0.4	0.7	102.8	-	150.0	0.4	60.0	60.0	2004.8	282.7	9402.2	3542.7	3526.0	8.0	282.7	5964.0
34	340.3	675.3	24.0	0.4	0.7	106.0	-	150.0	0.4	60.0	60.0	2025.3	282.7	9684.9	3578.9	3562.6	8.0	290.7	6113.8



Di seguito si riporta una sintesi delle verifiche:

- Lunghezza dei pali di fondazione: $L_{\text{palo}} = 40\text{m}$;

	SLV	
Ved	5140	kN
Vres	6144	kN
Check	Verificato	-
C.S	1.19	-

La verifica risulta soddisfatta.

5.3 Verifica di portanza orizzontale

Per la determinazione del valore di progetto della resistenza dei pali soggetti a carichi trasversali valgono le indicazioni della normativa al paragrafo 6.4.3.1.1, applicando il coefficiente parziale (γ_T) della seguente tabella (vedasi tabella di normativa 6.4.VI) ed i coefficienti ξ_3 e ξ_4 , fattori di correlazione in funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative (tabella di normativa 6.4.IV).

Tabella 2 Coefficiente parziale γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

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

Per la verifica del carico limite orizzontale si fa riferimento alla teoria di Broms per il caso di pali con rotazione in testa impedita.

Per le verifiche a carico limite orizzontale si considera cautelativamente un coefficiente di gruppo 0.8.

Le equazioni con cui si determina il carico limite a forze orizzontali dei pali sono definite di seguito al variare del tipo di meccanismo considerato.

In terreni incoerenti si ha (vedasi figura seguente):

Palo corto:
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

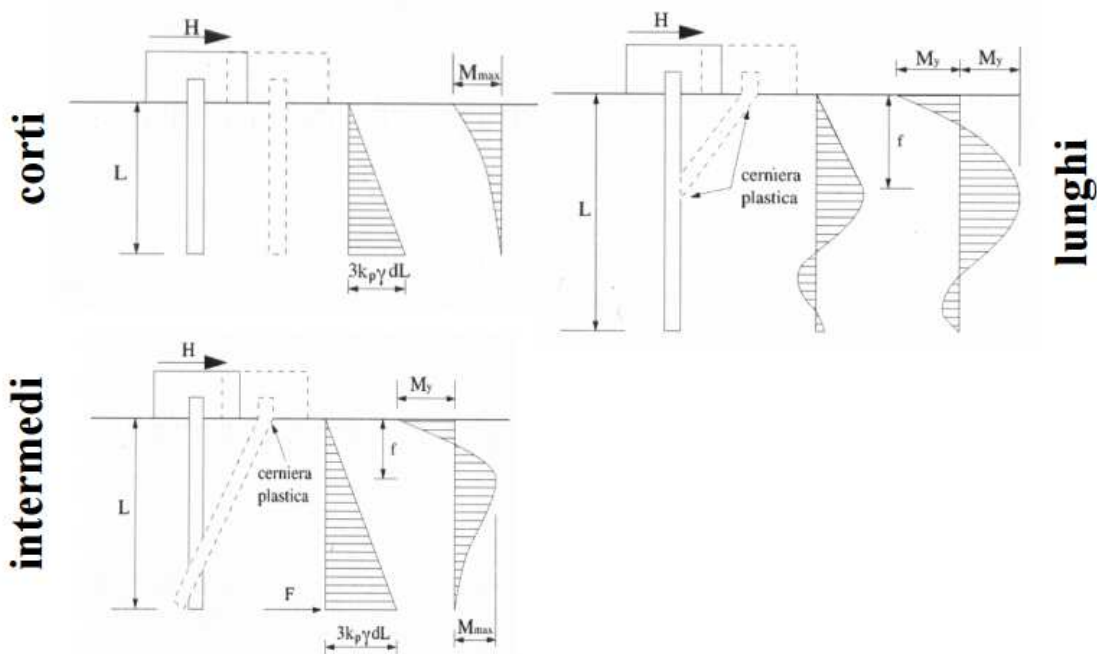
Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

dove, oltre ai termini già definiti,

k_p = coefficiente di spinta passiva.

dove :



Il valore di H dovrà essere confrontato con il massimo valore del taglio agente sul palo al variare delle combinazioni (V_{pd}).

Il valore determinato con la teoria di Broms dovrà essere ridotto secondo quanto prevede la normativa vigente.

$$H_{lim} = H / (\xi \cdot \gamma_T) > V_{pd}$$

dove:

H = valore limite in funzione del meccanismo attivato;

ξ = fattore di correlazione in funzione delle verticali indagate;

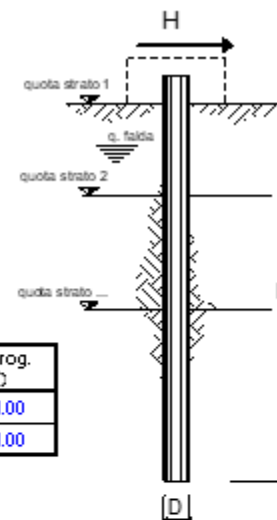
γ_T = fattore parziale per pali soggetti a carichi orizzontali.

5.3.1 Risultati delle verifiche

Si dispone una doppia gabbia di armatura di 20 ϕ 30. Per i dettagli delle verifiche strutturali si rimanda allo specifico elaborato IV0I00D09CLIV0605001.

opera **Pali/Spalla**

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R
			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_V	γ_{**}	γ_R
SUD	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input checked="" type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	T.A.	prog.
ξ_1	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_2	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ [$^\circ$]	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ [$^\circ$]	k_p	c_u (kPa)
p.c. = strato 1		100.00	19	9	35	3.69		35	3.69	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2		97.50	19.5	9.5	23	2.28	35	23	2.28	30
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3		92.00	20	10	37	4.02		37	4.02	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4		68.50	20.5	10.5	24	2.37	150	24	2.37	100
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **100.00** (m)
 Diametro del palo **D** **1.50** (m)
 Lunghezza del palo **L** **40.00** (m)
 Momento di plasticizzazione palo **M** **5847.40** (kNm)
 Step di calcolo **0.01** (m)

palo immedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	2709.0 (kN)		2595.3 (kN)	
Palo intermedio	26998.4 (kN)		24914.3 (kN)	
Palo corto	102063.4 (kN)		95954.6 (kN)	
	H_{med} 2709.0 (kN)	Palo lungo	H_{min} 2595.3 (kN)	Palo lungo
	H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)		1526.65 (kN)	
	H_d = H_k/γ_T		1174.35 (kN)	
Carico Assiale Permanente (G):	G =		134 (kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		267 (kN)	
	F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =		574.70 (kN)	
	FS = H_d / F_d =		2.04	

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro 1500 (mm)
Raggio 750 (mm)
Sforzo Normale 0 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo

C25/20

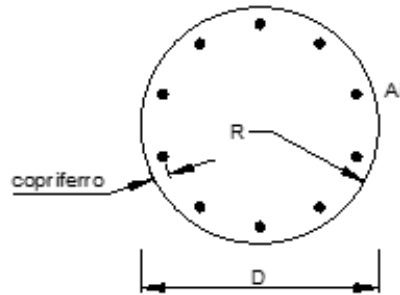
f_{ck} = 30 (Mpa)

f_{cd} = 25 (Mpa)

γ_c = 1.5

α_{cc} = 0.85

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{cd} / \gamma_c = 14.17$ (Mpa)



Acciaio

tipo di acciaio

B450C

f_{yk} = 450 (Mpa)

γ_s = 1.15

$f_{yd} = f_{yk} \cdot \gamma_s / \gamma_E = 391.3$ (Mpa)

E_s = 206000 (Mpa)

ϵ_{yk} = 0.190%

ϵ_{yk} = 10.000%

Armature

numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
20	30	14137.17	87
20	30	14137.17	147
0	30	0.00	100

calcolo

Momento di Plasticizzazione

M_p = 5847.4 (kN m)

Inserisci

Il massimo taglio agente è pari a 709.75 kN. Assumendo il coefficiente di gruppo pari a 0.8 la portanza orizzontale è pari a $0.8 \times 1174.35 = 939.48$ kN, maggiore del massimo taglio agente, pertanto la verifica risulta soddisfatta.

6 VERIFICHE GEOTECNICHE PALI DI FONDAZIONE DELLE SPALLE

Nel seguito si riportano le sollecitazioni ad intradosso fondazione, per i dettagli del calcolo si rimanda alla relazione di calcolo delle spalle (documento IV0I00D09CLIVX804001).

LC	N	Tx (trasv)	Ty (long)	Mz	Mx (long)	My (trasv)
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
RARA_1_NML_1	26218	194	-2706	0	18128	2948
RARA_1_NML_2	25492	194	-2706	0	15406	2948
RARA_2_NML_1	27637	117	-2884	0	18674	3305
RARA_2_NML_2	26500	117	-2884	0	14410	3305
FREQ_1_NML_1	24151	0	-2391	0	16788	0
FREQ_1_NML_2	24151	0	-2391	0	16788	0
FREQ_2_NML_1	26218	0	-2706	0	18128	1409
FREQ_2_NML_2	25492	0	-2706	0	15406	1409
Q.PERM_NML_1	24151	0	-2391	0	16788	0
Q.PERM_NML_2	24151	0	-2391	0	16788	0
SLU1_NML_1	35394	291	-3653	0	24473	4210
SLU1_NML_2	34414	291	-3653	0	20798	4210
SLU2_NML_1	37309	175	-3894	0	25209	4601
SLU2_NML_2	35774	175	-3894	0	19453	4601
SLU3_NML_1	26941	291	-2816	0	18597	4210
SLU3_NML_2	25961	291	-2816	0	14922	4210
SLU4_NML_1	28857	175	-3057	0	19334	4601
SLU4_NML_2	27322	175	-3057	0	13577	4601
SLV_NML_L1	26948	2119	-16978	0	-48221	9183
SLV_NML_L2	23625	2119	-16978	0	-48279	9183
SLV_NML_T1	26948	7063	-6836	0	-9395	26207
SLV_NML_T2	23625	7063	-6836	0	-9453	26207
SLV_NML_V1	30825	2119	-6836	0	-9326	9183
SLV_NML_V2	19748	2119	-6836	0	-9522	9183
RARA_1_MTRA_4	25392	194	-2706	0	18526	4637
RARA_2_MTRA_4	26263	117	-2884	0	19366	6304
FREQ_1_MTRA_4	24151	0	-2391	0	16788	0
FREQ_2_MTRA_4	25392	0	-2706	0	18526	3099
Q.PERM_MTRA_4	24151	0	-2391	0	16788	0
SLU1_MTRA_4	34280	291	-3653	0	25010	6491
SLU2_MTRA_4	35455	175	-3894	0	26144	8649

LC	N	Tx (trasv)	Ty (long)	Mz	Mx (long)	My (trasv)
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
SLU3_MTRA_4	25827	291	-2816	0	19134	6491
SLU4_MTRA_4	27002	175	-3057	0	20268	8649
SLV_MTRA_L1	26774	2105	-16888	0	-47608	9328
SLV_MTRA_L2	23478	2105	-16888	0	-47689	9328
SLV_MTRA_T1	26774	7018	-6809	0	-9106	26115
SLV_MTRA_T2	23478	7018	-6809	0	-9188	26115
SLV_MTRA_V1	30619	2105	-6809	0	-9010	9328
SLV_MTRA_V2	19632	2105	-6809	0	-9283	9328
RARA_1_PSCA_3	24151	6	-2391	0	16788	51
RARA_2_PSCA_3	24151	4	-2391	0	16788	31
FREQ_1_PSCA_3	24151	1	-2391	0	16788	10
FREQ_2_PSCA_3	24151	0	-2391	0	16788	0
Q.PERM_PSCA_3	24151	0	-2391	0	16788	0
SLU1_PSCA_3	32604	10	-3228	0	22664	76
SLU2_PSCA_3	32604	6	-3228	0	22664	46
SLU3_PSCA_3	24151	10	-2391	0	16788	76
SLU4_PSCA_3	24151	6	-2391	0	16788	46
SLV_PSCA_L1	26011	2045	-16514	0	-47348	6752
SLV_PSCA_L2	22798	2045	-16514	0	-47325	6752
SLV_PSCA_T1	26011	6816	-6628	0	-10022	22505
SLV_PSCA_T2	22798	6816	-6628	0	-9999	22505
SLV_PSCA_V1	29761	2045	-6628	0	-10049	6752
SLV_PSCA_V2	19049	2045	-6628	0	-9973	6752

6.1 Sollecitazioni

Per i criteri utilizzati nel calcolo delle sollecitazioni si rimanda al paragrafo 5.1.

6.1.1 Massime e minime sollecitazioni sul singolo palo

Di seguito si riportano le massime e le minime sollecitazioni tra tutte le combinazioni, sul palo più sollecitato (valori positivi di N indicano compressione, valori negativi di N indicano trazione) :

			Mx (long)	My (trasv)	N max	N min
			kNm	kNm	kN	kN
SLU	max	SLU2_NML_1	-1054	47	3510	2708
	max	SLU1_NML_1	-989	79	3352	2547
	min	SLU3_PSCA_3	-648	3	2323	1702
	min	SLU2_PSCA_3	-874	2	3137	2296
SLV	max	SLV_NML_L1	-4598	574	6187	-1695
	max	SLV_NML_T1	-1851	1913	4434	58
	min	SLV_PSCA_T1	-1795	1846	4254	81
	min	SLV_PSCA_L1	-4472	554	5967	-1631
SLE frequente	max	FREQ_2_NML_1	-733	0	2477	1893
	max	FREQ_1_PSCA_3	-648	0	2325	1700
	min	FREQ_1_NML_1	-648	0	2325	1700
	min	FREQ_1_NML_1	-648	0	2325	1700
SLE q. perm.	max	Q.PERM_NML_1	-648	0	2325	1700
	max	Q.PERM_NML_1	-648	0	2325	1700
	min	Q.PERM_NML_1	-648	0	2325	1700
	min	Q.PERM_NML_1	-648	0	2325	1700
SLE rara	max	RARA_2_NML_1	-781	32	2597	2009
	max	RARA_1_NML_1	-733	53	2477	1892
	min	RARA_1_PSCA_3	-648	2	2324	1702
	min	RARA_2_PSCA_3	-648	1	2324	1701

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni di taglio sul singolo palo:

Combinazione	Ved [kN]
SLU1_NML_1	305.38
SLU2_NML_1	324.81
SLU2_PSCA_3	269.00
SLU3_PSCA_3	199.26
SLV_NML_T1	819.10
SLV_NML_L1	1425.84
SLV_PSCA_L1	1386.68
SLV_PSCA_T1	792.28

6.2 Verifiche di portanza verticale

Per i criteri utilizzati nel calcolo della portanza verticale dei pali si rimanda al paragrafo 5.2.

6.2.1 Risultati delle verifiche SLU compressione

Le verifiche sono state eseguite considerando la falda a quota p.c.

Caratteristiche del palo		
Diametro	1.5	m
Area	1.77	m
Perimetro	4.71	m
Profondità infissione	2.8	m
Lunghezza palo	25	m
Lunghezza infissione	27.8	m
L / D	16.7	
N verifica	3510	kN

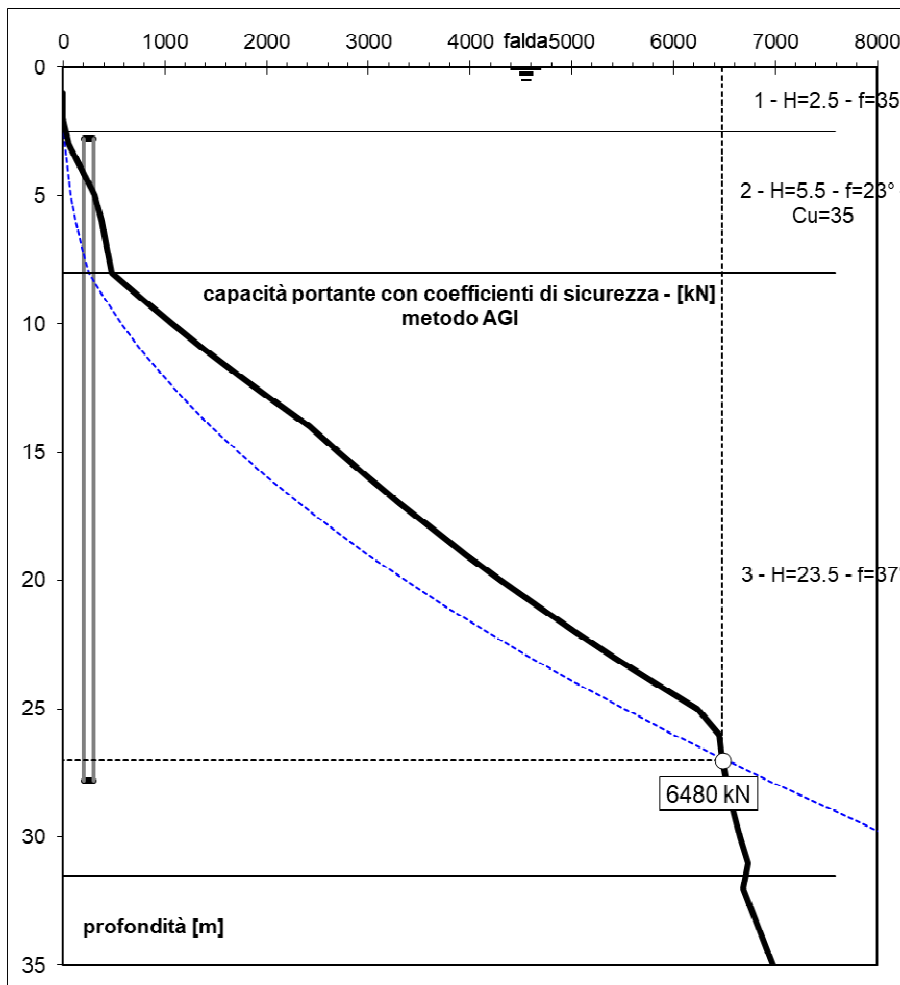
Caratteristiche degli strati di terreno

Falda (da p.c.)	0	m
-----------------	----------	---

Form.	Spes.	Z _{inf}	γ _{sat}
	m	m	kN/m ²
pc	0	0	
1	2.5	2.5	19
2	5.5	8	19.5
3	23.5	31.5	20
4	32.5	64	20.5

Parametri per il calcolo della portata con il metodo AGI									
Tipo	Non coesivi						Coesivi		
	φ	μ	k	N _q	N _q	N _q	C _u	α	τ _c
	°	tan(φ)		L/D=4	L/D=32		kPa		a' C _u
NC	35	0.7002	0.7	13.4	11.3	12.41	0	0.9	0
C	23	0.4245	0.7	0.4	0	-	35	0.8	28
NC	37	0.7536	0.7	17.1	13.9	15.68	0	0.9	0
C	24	0.4452	0.7	1.0	0.8	-	100	0.4	40

z	σ'_v	σ_v	ϕ	μ	k	τ_{NC}	N_q	C_u	α	τ_c	τ	q_D	S	$\Sigma S=S_{lim}$	$Q_D=P_{lim}$	P_{lim}^*	P_p	$\Sigma P_p=W$	$Q_{amm,L+P}$
m	kPa	kPa				$\mu \times k$		kPa		$\alpha \times C_u$	τ_{NC} / τ_c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
0.0	0	0															0.0	0.0	
1.0	4.5	9.5	35	0.700	0.70	2.21	12.4	0	0.9	0.00	2.21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	13.5	28.5	35	0.700	0.70	6.62	12.4	0	0.9	0.00	6.62	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.0	22.75	47.75	23	0.424	0.70	6.76	-	35	0.8	28.00	6.76	362.8	31.9	31.9	641.0	129.1	9.7	9.7	59.9
4.0	32.25	67.25	23	0.424	0.70	9.58	-	35	0.8	28.00	9.58	382.3	45.2	77.0	675.5	387.2	9.7	19.4	182.9
5.0	41.75	86.75	23	0.424	0.70	12.41	-	35	0.8	28.00	12.41	401.8	58.5	135.5	710.0	645.4	9.7	29.2	312.6
6.0	51.25	106.25	23	0.424	0.70	15.23	-	35	0.8	28.00	15.23	421.3	71.8	207.2	744.4	738.1	9.7	38.9	377.1
7.0	60.75	125.75	23	0.424	0.70	18.05	-	35	0.8	28.00	18.05	440.8	85.1	292.3	778.9	775.7	9.7	48.6	424.3
8.0	70.25	145.25	23	0.424	0.70	20.87	-	35	0.8	28.00	20.87	460.3	98.4	390.7	813.3	813.3	9.7	58.3	478.4
9.0	80	165	37	0.754	0.70	42.20	15.7	0	0.9	0.00	42.20	1254.5	198.9	589.5	2216.9	1278.2	8.8	67.2	771.2
10.0	90	185	37	0.754	0.70	47.47	15.7	0	0.9	0.00	47.47	1411.3	223.7	813.2	2494.0	1743.0	8.8	76.0	1076.7
11.0	100	205	37	0.754	0.70	52.75	15.7	0	0.9	0.00	52.75	1568.1	248.6	1061.8	2771.1	2207.9	8.8	84.8	1394.9
12.0	110	225	37	0.754	0.70	58.02	15.7	0	0.9	0.00	58.02	1724.9	273.4	1335.2	3048.2	2672.7	8.8	93.7	1725.8
13.0	120	245	37	0.754	0.70	63.30	15.7	0	0.9	0.00	63.30	1881.8	298.3	1633.5	3325.3	3137.6	8.8	102.5	2069.5
14.0	130	265	37	0.754	0.70	68.57	15.7	0	0.9	0.00	68.57	2038.6	323.1	1956.7	3602.5	3602.5	8.8	111.3	2425.8
15.0	140	285	37	0.754	0.70	73.85	15.7	0	0.9	0.00	73.85	2195.4	348.0	2304.7	3879.6	3867.5	8.8	120.2	2707.8
16.0	150	305	37	0.754	0.70	79.12	15.7	0	0.9	0.00	79.12	2352.2	372.9	2677.5	4156.7	4132.6	8.8	129.0	3002.6
17.0	160	325	37	0.754	0.70	84.40	15.7	0	0.9	0.00	84.40	2509.0	397.7	3075.2	4433.8	4397.6	8.8	137.8	3310.0
18.0	170	345	37	0.754	0.70	89.67	15.7	0	0.9	0.00	89.67	2665.8	422.6	3497.8	4710.9	4662.7	8.8	146.7	3630.2
19.0	180	365	37	0.754	0.70	94.95	15.7	0	0.9	0.00	94.95	2822.6	447.4	3945.2	4988.0	4927.8	8.8	155.5	3963.0
20.0	190	385	37	0.754	0.70	100.22	15.7	0	0.9	0.00	100.22	2979.5	472.3	4417.5	5265.1	5192.8	8.8	164.3	4308.6
21.0	200	405	37	0.754	0.70	105.50	15.7	0	0.9	0.00	105.50	3136.3	497.1	4914.7	5542.2	5457.9	8.8	173.2	4666.9
22.0	210	425	37	0.754	0.70	110.77	15.7	0	0.9	0.00	110.77	3293.1	522.0	5436.7	5819.4	5723.0	8.8	182.0	5038.0
23.0	220	445	37	0.754	0.70	116.05	15.7	0	0.9	0.00	116.05	3449.9	546.9	5983.5	6096.5	5988.0	8.8	190.9	5421.7
24.0	230	465	37	0.754	0.70	121.32	15.7	0	0.9	0.00	121.32	3606.7	571.7	6555.3	6373.6	6253.1	8.8	199.7	5818.1
25.0	240	485	37	0.754	0.70	126.60	15.7	0	0.9	0.00	126.60	3763.5	596.6	7151.8	6650.7	6518.2	8.8	208.5	6227.3
26.0	250	505	37	0.754	0.70	131.87	15.7	0	0.9	0.00	131.87	3920.3	621.4	7773.3	6927.8	6321.1	8.8	217.4	6647.8
27.0	260	525	37	0.754	0.70	137.15	15.7	0	0.9	0.00	137.15	4077.1	646.3	8419.6	7204.9	5661.9	8.8	226.2	7079.7



Di seguito si riporta una sintesi delle verifiche:

- Lunghezza dei pali di fondazione: $L_{\text{palo}} = 25\text{m}$;

	SLU	
Ved	3510	kN
Vres	6480	kN
Check	Verificato	-
C.S	1.85	-

La verifica risulta soddisfatta.

6.2.2 Risultati delle verifiche SLU trazione

Non si riscontrano pali in trazione a SLU.

6.2.3 Risultati delle verifiche SLV compressione

Le verifiche sono state eseguite considerando la falda a quota p.c.

Caratteristiche del palo		
Diametro	1.5	m
Area	1.77	m
Perimetro	4.71	m
Profondità infissione	2.8	m
Lunghezza palo	25	m
Lunghezza infissione	27.8	m
L / D	16.7	
N verifica	6252	kN

Caratteristiche degli strati di terreno

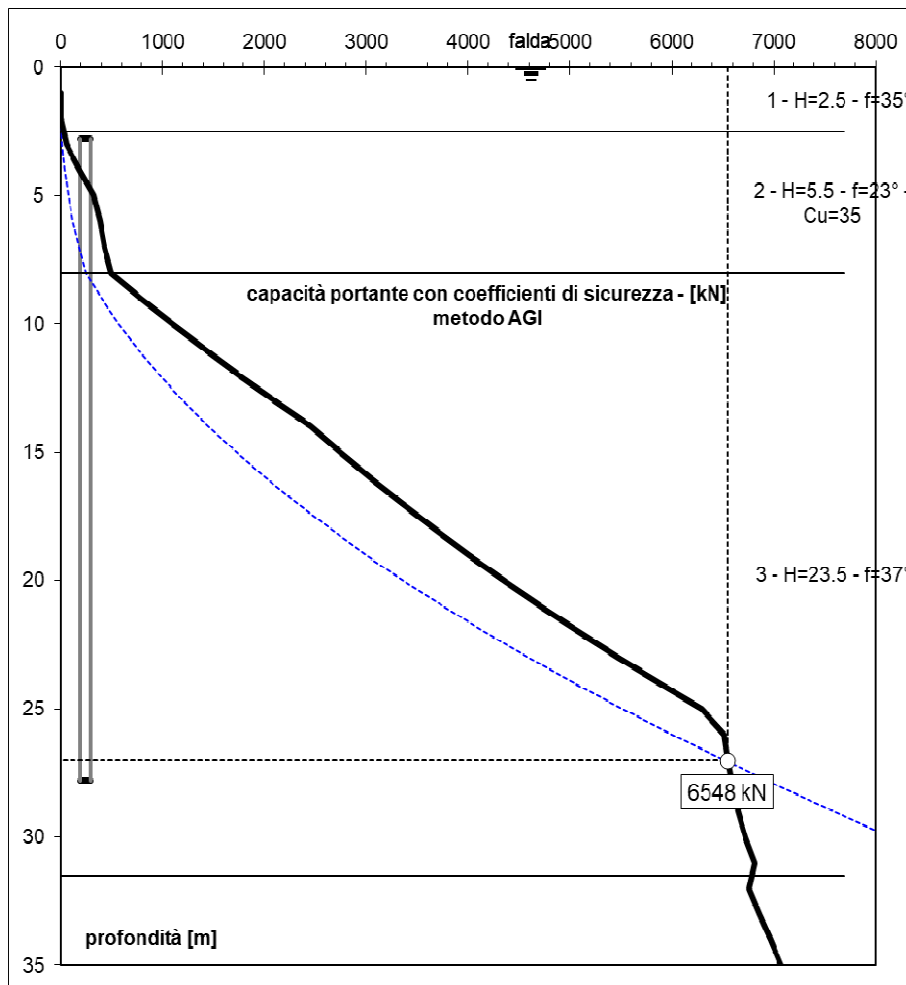
Falda (da p.c.)	0	m
-----------------	----------	---

Form.	Spes.	Z _{inf}	γ _{sat}
	m	m	kN/m ²
pc	0	0	
1	2.5	2.5	19
2	5.5	8	19.5
3	23.5	31.5	20
4	32.5	64	20.5

Parametri per il calcolo della portata con il metodo AGI

Tipo	Non coesivi						Coesivi		
	φ	μ	k	N _q	N _q	N _q	C _u	α	τ _c
	°	tan(φ)		L/D=4	L/D=32		kPa		a' C _u
NC	35	0.7002	0.7	13.4	11.3	12.41	0	0.9	0
C	23	0.4245	0.7	0.4	0	-	35	0.8	28
NC	37	0.7536	0.7	17.1	13.9	15.68	0	0.9	0
C	24	0.4452	0.7	1.0	0.8	-	100	0.4	40

z	σ'_v	σ_v	ϕ	μ	k	τ_{NC}	N_q	C_u	α	τ_c	τ	q_p	S	$\Sigma S = S_{lim}$	$Q_p = P_{lim}$	P_{lim}^*	P_p	$\Sigma P_p = W$	$Q_{amm,L+P}$	
m	kPa	kPa				$\mu \times k$		kPa		$\alpha \times C_u$	τ_{NC} / τ_c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	
0.0	0	0															0.0	0.0		
1.0	4.5	9.5	35	0.700	0.70	2.21	12.4	0	0.9	0.00	2.21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2.0	13.5	28.5	35	0.700	0.70	6.62	12.4	0	0.9	0.00	6.62	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.0	22.75	47.75	23	0.424	0.70	6.76	-	35	0.8	28.00	6.76	362.8	31.9	31.9	641.0	129.1	9.7	9.7	62.8	
4.0	32.25	67.25	23	0.424	0.70	9.58	-	35	0.8	28.00	9.58	382.3	45.2	77.0	675.5	387.2	9.7	19.4	188.7	
5.0	41.75	86.75	23	0.424	0.70	12.41	-	35	0.8	28.00	12.41	401.8	58.5	135.5	710.0	645.4	9.7	29.2	321.4	
6.0	51.25	106.25	23	0.424	0.70	15.23	-	35	0.8	28.00	15.23	421.3	71.8	207.2	744.4	738.1	9.7	38.9	388.8	
7.0	60.75	125.75	23	0.424	0.70	18.05	-	35	0.8	28.00	18.05	440.8	85.1	292.3	778.9	775.7	9.7	48.6	438.9	
8.0	70.25	145.25	23	0.424	0.70	20.87	-	35	0.8	28.00	20.87	460.3	98.4	390.7	813.3	813.3	9.7	58.3	495.9	
9.0	80	165	37	0.754	0.70	42.20	15.7	0	0.9	0.00	42.20	1254.5	198.9	589.5	2216.9	1278.2	8.8	67.2	791.3	
10.0	90	185	37	0.754	0.70	47.47	15.7	0	0.9	0.00	47.47	1411.3	223.7	813.2	2494.0	1743.0	8.8	76.0	1099.5	
11.0	100	205	37	0.754	0.70	52.75	15.7	0	0.9	0.00	52.75	1568.1	248.6	1061.8	2771.1	2207.9	8.8	84.8	1420.3	
12.0	110	225	37	0.754	0.70	58.02	15.7	0	0.9	0.00	58.02	1724.9	273.4	1335.2	3048.2	2672.7	8.8	93.7	1753.9	
13.0	120	245	37	0.754	0.70	63.30	15.7	0	0.9	0.00	63.30	1881.8	298.3	1633.5	3325.3	3137.6	8.8	102.5	2100.2	
14.0	130	265	37	0.754	0.70	68.57	15.7	0	0.9	0.00	68.57	2038.6	323.1	1956.7	3602.5	3602.5	8.8	111.3	2459.2	
15.0	140	285	37	0.754	0.70	73.85	15.7	0	0.9	0.00	73.85	2195.4	348.0	2304.7	3879.6	3867.5	8.8	120.2	2743.9	
16.0	150	305	37	0.754	0.70	79.12	15.7	0	0.9	0.00	79.12	2352.2	372.9	2677.5	4156.7	4132.6	8.8	129.0	3041.3	
17.0	160	325	37	0.754	0.70	84.40	15.7	0	0.9	0.00	84.40	2509.0	397.7	3075.2	4433.8	4397.6	8.8	137.8	3351.4	
18.0	170	345	37	0.754	0.70	89.67	15.7	0	0.9	0.00	89.67	2665.8	422.6	3497.8	4710.9	4662.7	8.8	146.7	3674.2	
19.0	180	365	37	0.754	0.70	94.95	15.7	0	0.9	0.00	94.95	2822.6	447.4	3945.2	4988.0	4927.8	8.8	155.5	4009.7	
20.0	190	385	37	0.754	0.70	100.22	15.7	0	0.9	0.00	100.22	2979.5	472.3	4417.5	5265.1	5192.8	8.8	164.3	4357.9	
21.0	200	405	37	0.754	0.70	105.50	15.7	0	0.9	0.00	105.50	3136.3	497.1	4914.7	5542.2	5457.9	8.8	173.2	4718.9	
22.0	210	425	37	0.754	0.70	110.77	15.7	0	0.9	0.00	110.77	3293.1	522.0	5436.7	5819.4	5723.0	8.8	182.0	5092.6	
23.0	220	445	37	0.754	0.70	116.05	15.7	0	0.9	0.00	116.05	3449.9	546.9	5983.5	6096.5	5988.0	8.8	190.9	5478.9	
24.0	230	465	37	0.754	0.70	121.32	15.7	0	0.9	0.00	121.32	3606.7	571.7	6555.3	6373.6	6253.1	8.8	199.7	5878.0	
25.0	240	485	37	0.754	0.70	126.60	15.7	0	0.9	0.00	126.60	3763.5	596.6	7151.8	6650.7	6518.2	8.8	208.5	6289.9	
26.0	250	505	37	0.754	0.70	131.87	15.7	0	0.9	0.00	131.87	3920.3	621.4	7773.3	6927.8	6321.1	8.8	217.4	6513.0	
27.0	260	525	37	0.754	0.70	137.15	15.7	0	0.9	0.00	137.15	4077.1	646.3	8419.6	7204.9	5661.9	8.8	226.2	6547.5	



Di seguito si riporta una sintesi delle verifiche:

- Lunghezza dei pali di fondazione: $L_{\text{palo}} = 25\text{m}$;

	SLV	
Ved	6252	kN
Vres	6548	kN
Check	Verificato	-
C.S	1.05	-

La verifica risulta soddisfatta.

6.2.4 Risultati delle verifiche SLV trazione

Le verifiche sono state eseguite considerando la falda a quota p.c.

Caratteristiche del palo		
Diametro	1.5	m
Area	1.77	m
Perimetro	4.71	m
Profondità infissione	2.8	m
Lunghezza palo	25	m
Lunghezza infissione	27.8	m
L / D	16.7	
N verifica	2040	kN

Caratteristiche degli strati di terreno

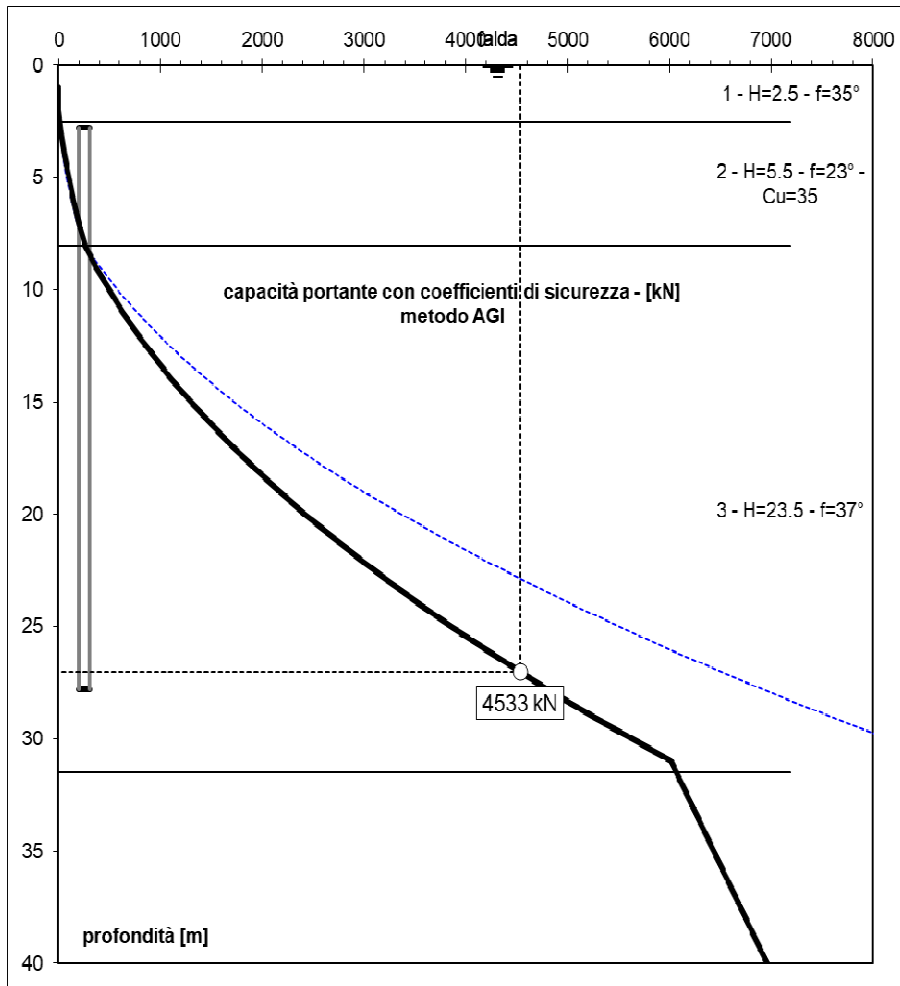
Falda (da p.c.)	0	m
-----------------	----------	---

Form.	Spes.	Z _{inf}	γ _{sat}
	m	m	kN/m ²
pc	0	0	
1	2.5	2.5	19
2	5.5	8	19.5
3	23.5	31.5	20
4	32.5	64	20.5

Parametri per il calcolo della portata con il metodo AGI

Tipo	Non coesivi						Coesivi		
	φ	μ	k	N _q	N _q	N _q	C _u	α	τ _c
	°	tan(φ)		L/D=4	L/D=32		kPa		a' C _u
NC	35	0.7002	0.7	13.4	11.3	12.41	0	0.9	0
C	23	0.4245	0.7	0.4	0	-	35	0.8	28
NC	37	0.7536	0.7	17.1	13.9	15.68	0	0.9	0
C	24	0.4452	0.7	1.0	0.8	-	100	0.4	40

z	σ'_v	σ_v	ϕ	μ	k	τ_{NC}	N_q	C_u	α	τ_c	τ	q_p	S	$\Sigma S = S_{lim}$	P_p	$\Sigma P_p = W$	$Q_{amm,L}$
m	kPa	kPa				$\mu \times k$		kPa		$\alpha \times C_u$	τ_{NC} / τ_c	kPa	kN	kN	kN	kN	kN
0.0	0	0													0.0	0.0	
1.0	4.5	9.5	35	0.700	0.70	2.21	12.4	0	0.9	0.00	2.21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	13.5	28.5	35	0.700	0.70	6.62	12.4	0	0.9	0.00	6.62	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.0	22.75	47.75	23	0.424	0.70	6.76	-	35	0.8	28.00	6.76	362.8	31.9	31.9	9.7	9.7	26.0
4.0	32.25	67.25	23	0.424	0.70	9.58	-	35	0.8	28.00	9.58	382.3	45.2	77.0	9.7	19.4	58.8
5.0	41.75	86.75	23	0.424	0.70	12.41	-	35	0.8	28.00	12.41	401.8	58.5	135.5	9.7	29.2	98.5
6.0	51.25	106.25	23	0.424	0.70	15.23	-	35	0.8	28.00	15.23	421.3	71.8	207.2	9.7	38.9	144.9
7.0	60.75	125.75	23	0.424	0.70	18.05	-	35	0.8	28.00	18.05	440.8	85.1	292.3	9.7	48.6	198.1
8.0	70.25	145.25	23	0.424	0.70	20.87	-	35	0.8	28.00	20.87	460.3	98.4	390.7	9.7	58.3	258.1
9.0	80	165	37	0.754	0.70	42.20	15.7	0	0.9	0.00	42.20	1254.5	198.9	589.5	8.8	67.2	368.7
10.0	90	185	37	0.754	0.70	47.47	15.7	0	0.9	0.00	47.47	1411.3	223.7	813.2	8.8	76.0	492.0
11.0	100	205	37	0.754	0.70	52.75	15.7	0	0.9	0.00	52.75	1568.1	248.6	1061.8	8.8	84.8	627.9
12.0	110	225	37	0.754	0.70	58.02	15.7	0	0.9	0.00	58.02	1724.9	273.4	1335.2	8.8	93.7	776.6
13.0	120	245	37	0.754	0.70	63.30	15.7	0	0.9	0.00	63.30	1881.8	298.3	1633.5	8.8	102.5	938.1
14.0	130	265	37	0.754	0.70	68.57	15.7	0	0.9	0.00	68.57	2038.6	323.1	1956.7	8.8	111.3	1112.2
15.0	140	285	37	0.754	0.70	73.85	15.7	0	0.9	0.00	73.85	2195.4	348.0	2304.7	8.8	120.2	1299.0
16.0	150	305	37	0.754	0.70	79.12	15.7	0	0.9	0.00	79.12	2352.2	372.9	2677.5	8.8	129.0	1498.6
17.0	160	325	37	0.754	0.70	84.40	15.7	0	0.9	0.00	84.40	2509.0	397.7	3075.2	8.8	137.8	1710.9
18.0	170	345	37	0.754	0.70	89.67	15.7	0	0.9	0.00	89.67	2665.8	422.6	3497.8	8.8	146.7	1935.8
19.0	180	365	37	0.754	0.70	94.95	15.7	0	0.9	0.00	94.95	2822.6	447.4	3945.2	8.8	155.5	2173.5
20.0	190	385	37	0.754	0.70	100.22	15.7	0	0.9	0.00	100.22	2979.5	472.3	4417.5	8.8	164.3	2424.0
21.0	200	405	37	0.754	0.70	105.50	15.7	0	0.9	0.00	105.50	3136.3	497.1	4914.7	8.8	173.2	2687.1
22.0	210	425	37	0.754	0.70	110.77	15.7	0	0.9	0.00	110.77	3293.1	522.0	5436.7	8.8	182.0	2962.9
23.0	220	445	37	0.754	0.70	116.05	15.7	0	0.9	0.00	116.05	3449.9	546.9	5983.5	8.8	190.9	3251.5
24.0	230	465	37	0.754	0.70	121.32	15.7	0	0.9	0.00	121.32	3606.7	571.7	6555.3	8.8	199.7	3552.8
25.0	240	485	37	0.754	0.70	126.60	15.7	0	0.9	0.00	126.60	3763.5	596.6	7151.8	8.8	208.5	3866.8
26.0	250	505	37	0.754	0.70	131.87	15.7	0	0.9	0.00	131.87	3920.3	621.4	7773.3	8.8	217.4	4193.5
27.0	260	525	37	0.754	0.70	137.15	15.7	0	0.9	0.00	137.15	4077.1	646.3	8419.6	8.8	226.2	4532.9



Di seguito si riporta una sintesi delle verifiche:

- Lunghezza dei pali di fondazione: $L_{\text{palo}} = 25\text{m}$;

	SLV	
Ved	2040	kN
Vres	4533	kN
Check	Verificato	-
C.S	2.22	-

La verifica risulta soddisfatta.

6.3 Verifica di portanza orizzontale

Per i criteri utilizzati nel calcolo della portanza verticale dei pali si rimanda al paragrafo 5.3.

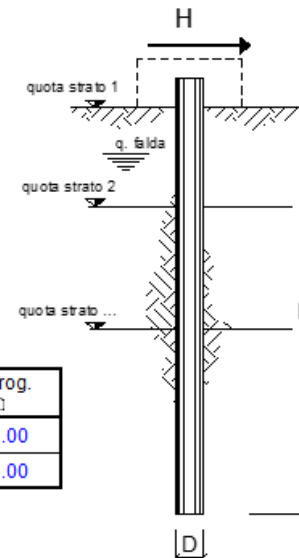
6.3.1 Risultati delle verifiche

Si dispone una doppia gabbia di armatura di 42 ϕ 30. Per i dettagli e le verifiche strutturali si rimanda allo specifico elaborato IV0I00D09CLIVX804001.

opera **Pali/Spalla**

coefficienti parziali			A		M		R
			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_ψ	γ_{cu}	γ_T
SLS	A1+M1+R1	<input type="checkbox"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="checkbox"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input checked="" type="checkbox"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="checkbox"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		<input type="checkbox"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input type="checkbox"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	T.A.	prog.
ψ_1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.00
ψ_2	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ψ_3	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00



strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	φ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u	φ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1		100.00	19.5	9.5	23	2.28	35	23	2.28	30
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2		95.00	20	10	37	4.02		37	4.02	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3		71.50	20.5	10.5	24	2.37	100	24	2.37	100
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda 100.00 (m)

Diametro del palo D 1.50 (m)

Lunghezza del palo L 25.00 (m)

Momento di plasticizzazione palo M_l 11135.96 (kNm)

Step di calcolo 0.01 (m)

- palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

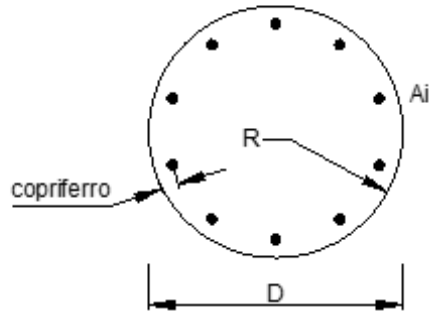
Diametro = 1500 (mm)
Raggio = 750 (mm)
Sforzo Normale = 0 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo

R_{ck} = 30 (Mpa)
 f_{ck} = 25 (Mpa)
 γ_c = 1.5
 α_{cc} = 0.85

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.17$ (Mpa)



Acciaio

tipo di acciaio

f_{yk} = 450 (Mpa)
 γ_s = 1.15
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3$ (Mpa)
 E_s = 206000 (Mpa)
 ϵ_{yk} = 0.190%
 ϵ_{uk} = 10.000%

Armature

numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
42	30	29688.05	87
42	30	29688.05	147
0	0	0.00	100

Momento di Plasticizzazione

M_y = 11136.0 (kN m)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	4065.5 (kN)		3972.0 (kN)	
Palo intermedio	9118.9 (kN)		8989.8 (kN)	
Palo corto	34567.6 (kN)		34381.3 (kN)	
	H_{med} 4065.5 (kN)	Palo lungo	H_{min} 3972.0 (kN)	Palo lungo
	H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)		2336.46 (kN)	
	H_d = H_k/γ_T		1797.28 (kN)	

Il massimo taglio agente è pari a 1426 kN. Assumendo il coefficiente di gruppo pari a 0.8 la portanza orizzontale è pari a 0.8 x 1797 = 1438 kN, maggiore del massimo taglio agente, pertanto la verifica risulta soddisfatta.