

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

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

VI07-Viadotto su Torrente Arroscia da Km 86+575 a Km 86+935

Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07

SCALA:

-

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

I V 0 I 0 0 D 0 9 C L V I 0 7 0 3 0 0 3 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Aut. di Rilascio
A	Emissione esecutiva	G.Grimaldi	Feb.2022	L.Utzeri	Feb.2022	G.Fadda	Feb.2022	ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle Infrastrutture Dott. Ing. Angelo G. Izzetti Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova N° 420783

File: IV0I00D09CLVI0703003A

n. Elab.:

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	2 di 64

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA E DELLE OPERE DI FONDAZIONE	5
3	NORMATIVA, BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	10
3.1	NORMATIVA	10
3.2	BIBLIOGRAFIA	10
3.3	ELABORATI DI RIFERIMENTO	11
4	MATERIALI	12
4.1	CALCESTRUZZO PER PALI	12
4.2	ACCIAIO PER C.A.....	12
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	13
6	PROFONDITÀ DI SCALZAMENTO	14
7	CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA.....	15
7.1	CRITERI DI VERIFICA GENERALI	15
7.2	CRITERI DI VERIFICA PER LE FONDAZIONI SU PALI	15
7.3	CRITERI DI CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE.....	16
7.4	CRITERI DI CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE	21
7.5	CRITERI DI VERIFICA PER LE FONDAZIONI SU PALI AVENTE FUNZIONE DI POZZI STRUTTURALI.....	24
7.6	CRITERI DI CALCOLO DELLA STABILITÀ E PORTANZA VERTICALE DEI POZZI DI FONDAZIONE.....	25
7.7	CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI REAZIONE ORIZZONTALE E DEL SOTTOFONDO	28
8	CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALE.....	30
8.1	CRITERI DI VERIFICA GENERALI	30
8.2	INTERAZIONE PALO-TERRENO E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI.....	31
9	ANALISI E VERIFICHE SPALLE	32
9.1	SOLLECITAZIONI DI VERIFICA	32

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	3 di 64

9.2	VERIFICA DI PORTATA VERTICALE DEI PALI.....	36
9.2.1	<i>Spalla A</i>	37
9.2.2	<i>Spalla B</i>	41
9.3	VERIFICA DI PORTATA TRASVERSALE.....	45
9.3.1	<i>Spalla A</i>	45
9.3.2	<i>Spalla B</i>	47
9.4	VERIFICHE STRUTTURALI.....	49
9.4.1	<i>Spalla A</i>	49
9.4.2	<i>Spalla B</i>	57
10	ANALISI E VERIFICHE PILE.....	64
10.1	SOLLECITAZIONI DI VERIFICA.....	64
10.2	VERIFICHE STABILITÀ COMPORTAMENTO A POZZO PILA 3.....	68
10.2.1	<i>Analisi SLV</i>	68
10.2.2	<i>Analisi SLU Tr=1 anno</i>	77
10.2.3	<i>Analisi SLU Tr=200 anno</i>	86
10.3	VERIFICHE STABILITÀ COMPORTAMENTO A POZZO PILA 4.....	95
10.3.1	<i>Analisi SLV</i>	95
10.3.2	<i>Analisi SLU Tr= 1 anno</i>	104
10.3.3	<i>Analisi SLU Tr= 200 anni</i>	113
10.4	VERIFICHE STRUTTURALI.....	122
10.4.1	<i>Pila 3</i>	122
10.4.2	<i>Pila 4</i>	130

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	4 di 64

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione geotecnica e di calcolo delle opere di fondazione del viadotto VI07- Viadotto su Torrente Arroscia da Km 86+575 a Km 86+935 nell'ambito del progetto della linea Genova-Ventimiglia, tratta finale Ligure-Andora.

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	5 di 64

2 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA E DELLE OPERE DI FONDAZIONE

Il viadotto in esame si sviluppa su 6 campate di luce pari a 60.00m.

La realizzazione delle spalle richiede la realizzazione di scavi con pendenza 2:3 mentre le pile è stato necessario prevedere opportune opere provvisorie per proteggere lo scavo da un eventuale piena del torrente. L'opera provvisoria è realizzata mediante una paratia di pali secanti $\phi 1200$ a passo 900 di lunghezza pari a 17.00m. Per tutte le pile è previsto un tappo di fondo in jet grouting di spessore pari a 7.00m

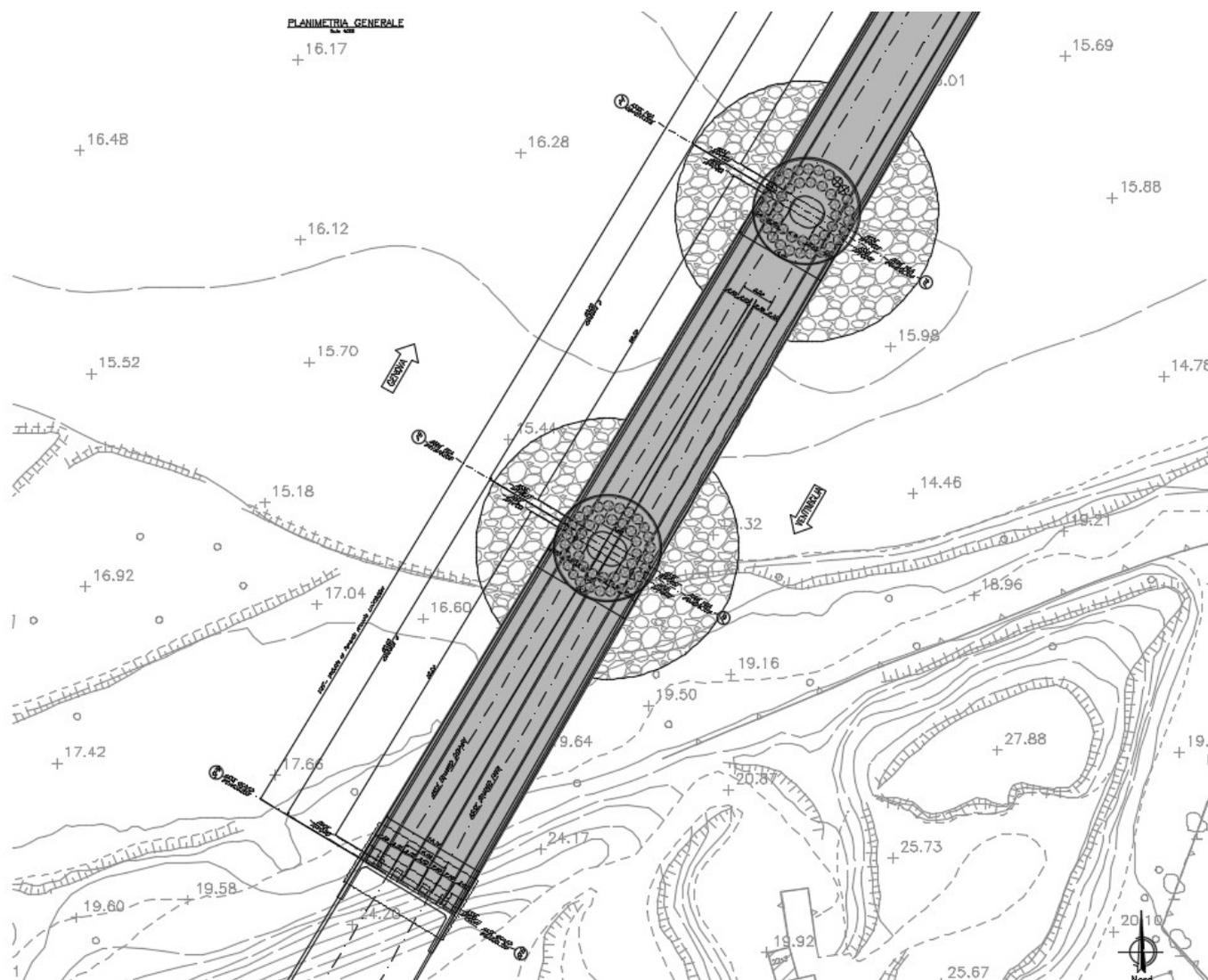


Figura 1: Planimetria generale dell'intervento 1/3

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	6 di 64

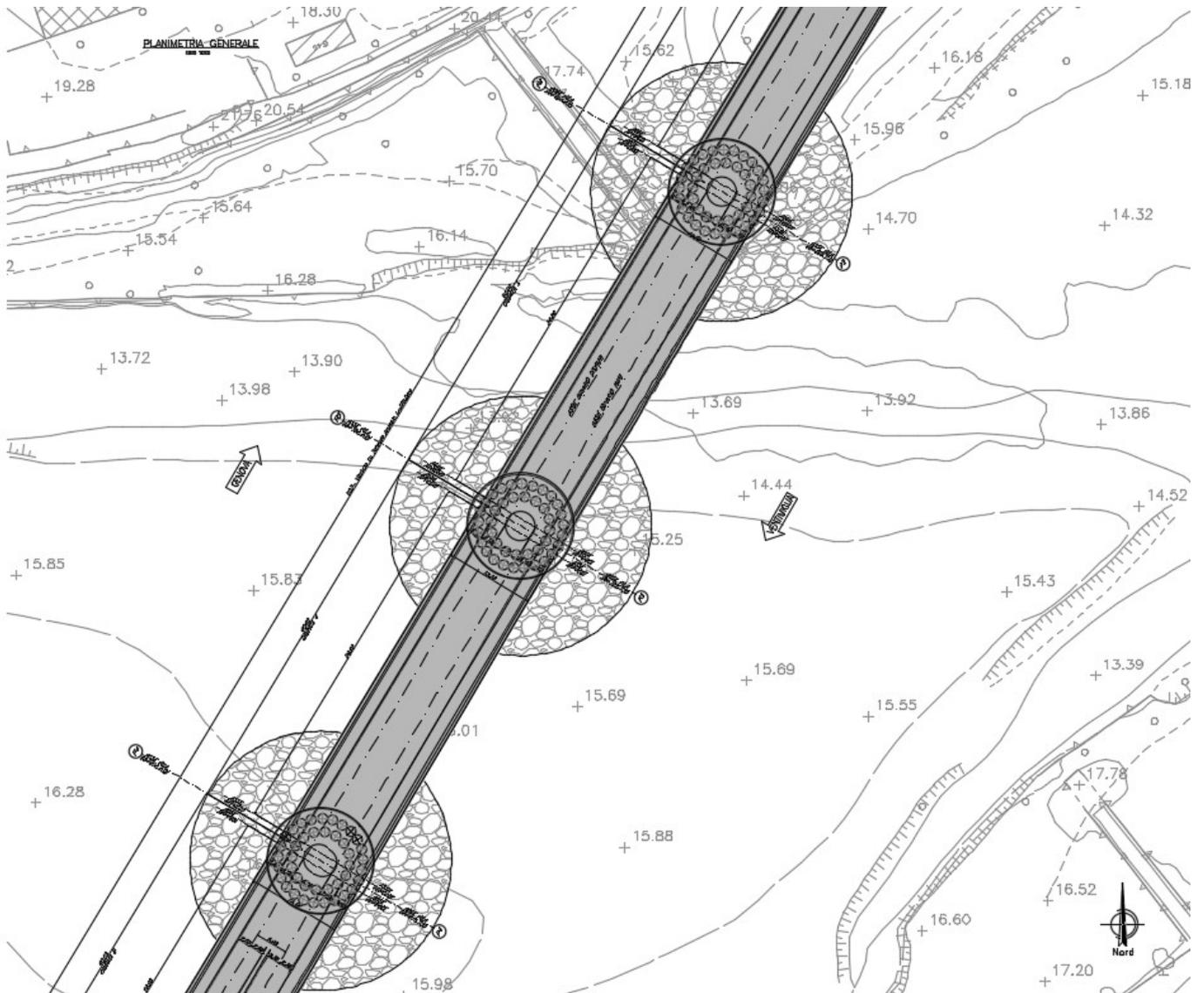
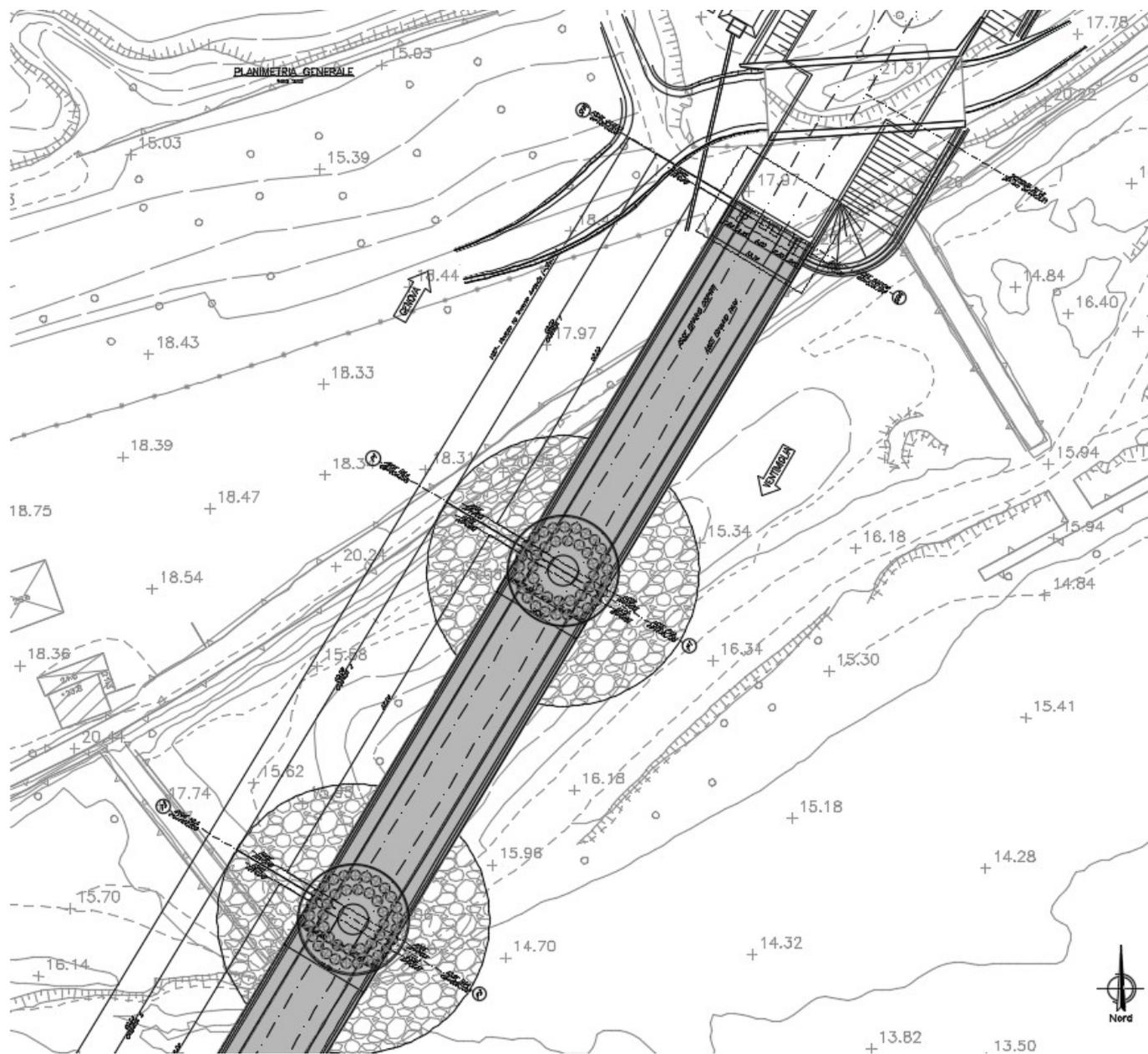


Figura 2: Planimetria generale dell'intervento 2/3

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	7 di 64

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
 fondazioni – VI07**

Figura 3: Planimetria generale dell'intervento 3/3

Le spalle hanno un plinto di fondazione a pianta rettangolare di dimensioni pari a 14.40 x 18.00 m per la spalla A e 17.50 x 10.60 m per la spalla B entrambe di spessore costante pari a 3.00 m. Le elevazioni sono caratterizzate da un muro frontale di spessore pari a 3.25 m, muro paraghiaia di spessore pari a 0.60 m mentre i due muri andatori hanno uno spessore di 0.80 m e un'altezza massima di 9.34 m. La spalla B è fondata su undici pali di diametro 1.50 m mentre la Spalla A è fondata su sedici di diametro 1.50 m.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	8 di 64

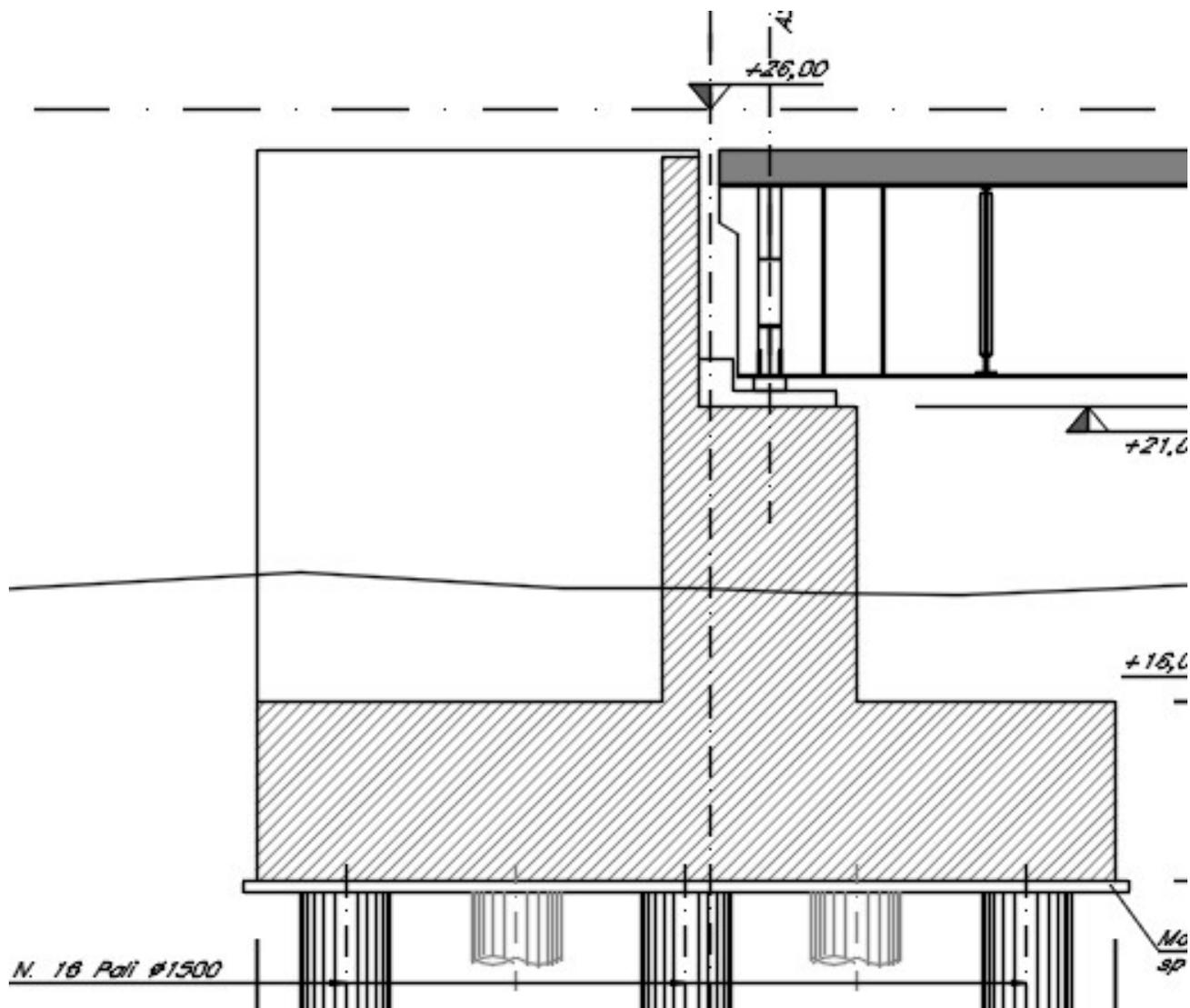


Figura 4: sezione longitudinale spalla B

Le pile del viadotto sono di due tipologie, la prima utilizzata per la pila 1-2-3 prevede una fondazione da cui spicca un fusto a sezione circolare piena di diametro 4.50 m mentre la seconda tipologia, utilizzata per le altre pile, prevede una fondazione da cui spicca un fusto a sezione circolare piena di diametro 4.50 m allungata in direzione trasversale.

Il plinto di fondazione è di forma circolare di raggio pari a 8.00m di spessore costante pari 3.00m e poggia su una palificata costituita da 41 pali di diametro di 1.50 m per tutte le pile.

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	9 di 64

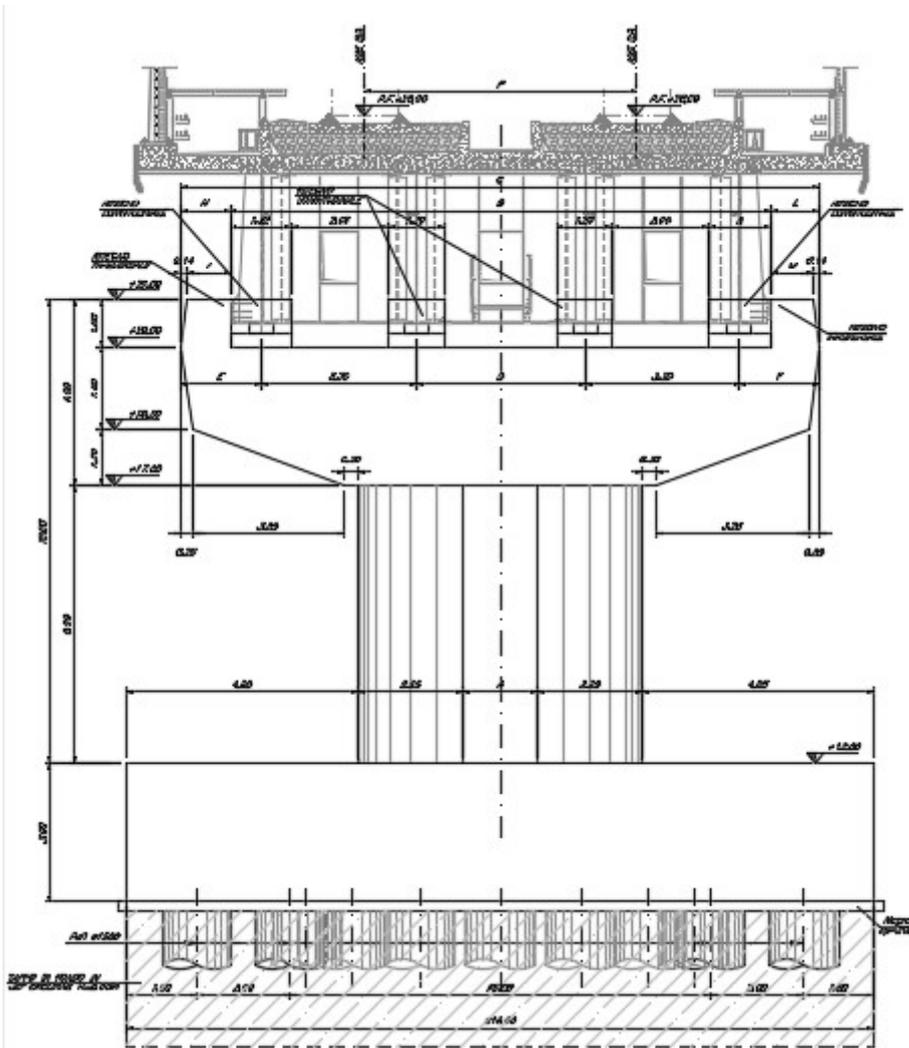


Figura 5: prospetto frontale

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI0703 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 10 di 64</p>

3 **NORMATIVA, BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

3.1 **Normativa**

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, «Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”»
- Rif. [2] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, 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.
- Rif. [3] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 - Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- Rif. [4] Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- Rif. [5] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 002 - Specifica per la progettazione e l’esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- Rif. [6] 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

3.2 **Bibliografia**

- [1] Bowles J. E., 1998. Fondazioni: progetto e analisi. McGraw-Hill ed
- [2] M. Jamiolkowski. Dimensionamento delle Fondazioni a Pozzo. In: Atti della società degli ingegneri e degli architetti in Torino, 22 07 1968
- [3] J. Brinch Hansen. The ultimate resistance of rigid piles against transversal forces. The Danish Geotechnical Institute (1961)
- [4] AGI, 1984 Raccomandazioni sui pali di fondazione
- [5] Berezantzev V. G., 1965, Design of deep foundation, Proc. 5° Int. Conf. On S.M. and F.E. Montreal
- [6] Chen Y. J., Kulhawy F. H., 1994. Case history evaluation of the behaviour of drilled shafts under axial and lateral loading. EPRI TR104601, Research Project 1493-04, Palo Alto, Ca

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0703 003	REV. A	FOGLIO 11 di 64

- [7] Reese L. C., O'Neill M. W., 1988. Drilled shafts: construction procedures and design methods. Publication FHWA-HI-88-042, Federal Highway Administration, Washington D. C.
- [8] O'Neill M. W., Hassan K. M., 1994. Drilled shafts: effects of construction on performance and design criteria. Proc. Int. Conf. on Design and Construction of Deep Foundations, Orlando, vol. 1, pp.137-187.
- [9] Gwizdala K., 1984. Large bored piles in non-cohesive soils. Swedish Geotechnical Institute, Report n. 26.
- [10] Gwizdala, K. (1984). Large diameter bored piles in non-cohesive soils. Determination of the bearing capacity and settlement from results of static penetration tests (CPT) and standard penetration test (SPT).
- [11] Wright, S. J., and L. C. Reese. "Design of large diameter bored piles." Ground Engineering 12.8 (1979): 17-51.

3.3 Elaborati di riferimento

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

PROGETTO DEFINITIVO
**Relazione geotecnica e di calcolo delle
 fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	12 di 64

4 MATERIALI

Si riportano di seguito i materiali previsti per la realizzazione delle strutture, suddivisi per elemento costruttivo.

4.1 Calcestruzzo per pali

Classe	C25/30		
$R_{ck} =$	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	25	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	36	MPa	valor medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85		coef. rid. Per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	14.17	MPa	resistenza di progetto
$f_{ctm} =$	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctfm} =$	3.07	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	1.80	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm} =$	32300	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.2		Coefficiente di Poisson
$G_c =$	13458	MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto
Classe di esposizione ambientale			XC2
Copriferro minimo			60 mm

4.2 Acciaio per c.a.

B450C			
$f_{yk} \geq$	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540	MPa	tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_{k \geq}$	1,15		
$(f_t/f_y)_{k <}$	1,35		
$g_s =$	1,15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} =$	391,3	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	200000	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,196%		deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50%		deformazione caratteristica ultima

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	13 di 64

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Di seguito si riporta la stratigrafia di progetto con i relativi parametri geotecnici.

VI07									
n. verticali totali	6								
$Z_{w,max}$ (m slm)									
Unità	Descrizione	γ kN/mc	ϕ °	c' kPa	c_u kPa	E MPa	V_s m/s	v -	σ_c MPa
1	Materiale di riporto ghiaioso sabbioso con ciottoli in matrice limosa	19	27	0	-	10	200	0.3	-
2	Ghiaia con sabbia limosa da addensata a molto addensata, con clasti calcarei e arenacei	20	35	0	-	40-70	200-300	0.3	-
3	Limo argilloso debolmente sabbioso e ghiaioso	19.5	24	0	40-90	5-10	200-300	0.25	-
ORV	Limo argilloso molto consistente	20.5	24	10	100	30	>800	0.25	-
ALN/ALNalt	Formazione di Albenga, calcescisto costituito da calcare e calcare marnoso, molto compatto e nei primi metri completamente destrutturato	24.5	25	400	-	>400	>1000	0.25	10

** considerata lo l'esito del sondaggio poco più distante dalla spalla e da quello di riferimento per essa, si consiglia di aumentare le cautele assumendo una maggiore profondità del substrato, ad esempio abbassando il tetto dello strato di 5m*

** nel corso dei sondaggi si misurano +8,5m slm ÷ +11m slm*

STRATIGRAFIE DI RIFERIMENTO SPALLE E PILE							
SPA		P1, P2, P3		P4, P5		SPB	
Unità	Prof top m slm	Unità	Prof top m slm	Unità	Prof top m slm	Unità	Prof top m slm
-		-		-		-	
2	+18	2	+15	1/2	+15	1	+20
ALN/ALNalt	-12	ALN/ALNalt	-7.5	2	+13	3	+17.5
				3	+6	2	+14
				ALN/ALNalt	+1	ALN/ALNa	+5*

PROGETTO DEFINITIVO
**Relazione geotecnica e di calcolo delle
 fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	14 di 64

6 PROFONDITÀ DI SCALZAMENTO

Di seguito si riportano le profondità di scalzamento contate da piano campagna.

ID PILA	Forma pila	D (m) [pila]	L (m) [pila]	h (m)	v (m/s)	Ys (m) Pila	Yp (m) profondità estradosso plinto	Ys > Yp	B (m) [plinto]	L (m) [plinto]	Ys (m) Pila- Plinto TR200
P2	circolare	4.5	4.5	1.5	1.2	4.1	1.5	si	12.0	16.5	6.70
P3	circolare	4.5	4.5	4.3	3.5	7.3	2.8	si	14.6	19.1	14.10
P4	circolare	4.5	4.5	4.8	3.7	7.6	2.5	si	14.6	19.1	14.80
P5	circolare	4.5	4.5	3	1.1	4.9	1.5	si	12.0	16.5	8.00
P6	circolare	4.5	4.5	2.3	1.3	4.6	1.0	si	12.0	16.5	7.80
P7	circolare	4.5	4.5	2	1.1	4.4	1.0	si	12.0	16.5	7.30
P8	circolare	4.5	4.5	1.5	0.5	2	1.0	si	12.0	16.5	3.80
P9	circolare	4.5	4.5	0.5	0.1	0.85	1.0	no	12.0	16.5	0.85

Figura 6-1: Profondità di scalzamento per Tr = 200 anni

ID PILA	Forma pila	D (m) [pila]	L (m) [pila]	h (m)	v (m/s)	Ys (m) Pila	Yp (m) profondità estradosso plinto	Ys > Yp	B (m) [plinto]	L (m) [plinto]	Ys (m) Pila- Plinto TR = 1
P3	circolare	4.5	4.5	1.8	2.6	5.4	2.8	si	14.6	19.1	11.10
P4	circolare	4.5	4.5	3.2	2.6	5.6	2.5	si	14.6	19.1	11.20

Figura 6-2: Profondità di scalzamento per Tr = 1 anno

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0703 003	REV. A

7 CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA

7.1 Criteri di verifica generali

Tutte le analisi sono state effettuate con riferimento alle prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche delle costruzioni del 17/01/2018 e nelle Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" pubblicate il 21.01.2019.

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) consistono, in generale, nel verificare il rispetto della condizione:

$$E_d < R_d$$

dove con E_d si indica il valore di progetto delle azioni, o degli effetti delle azioni, e con R_d il valore di progetto delle resistenze.

La verifica di tale condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali definiti rispettivamente per la azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

7.2 Criteri di verifica per le fondazioni su pali

Relativamente alle fondazioni su pali, viene adottato il seguente approccio:

Approccio 2): A1 + M1 + R3

Il valore di progetto delle azioni (E_d) è stato ricavato dal calcolo strutturale con riferimento alle combinazioni statiche SLU-STR e sismiche SLV, a partire dai valori caratteristici (permanenti e variabili) opportunamente amplificati mediante i coefficienti parziali γ_F .

Il valore di progetto della resistenza del palo (R_d) nei confronti dei carichi assiali è stato ottenuto a partire dai valori di calcolo delle resistenze limite medie lungo il fusto ($R_{lat,cal}$) e alla base ($R_{b,cal}$), ridotti mediante il coefficiente riduttivo ξ_3 , funzione del numero di verticali indagate (cfr. Figura 7-1- tab. 6.4.IV di NTC18), per ottenere i valori caratteristici ($R_{lat,k}$ e $R_{b,k}$) ai quali sono stati poi applicati i coefficienti parziali di sicurezza γ_R (cfr. Figura 7-2- Tab. 6.4.II di NTC18).

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34

Figura 7-1. Fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica per le fondazioni su pali

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0703 003	REV. A

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad conti
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,1
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,2
Laterale in trazione	γ_t	1,25	1,25	1,2

Figura 7-2. Coefficienti parziali per le fondazioni su pali – carico assiale

Il valore di progetto della resistenza del palo (R_d) nei confronti dei carichi trasversali è stato ottenuto a partire dai valori di calcolo delle resistenze limite medie lungo il fusto ($R_{lat,cal}$) e alla base ($R_{b,cal}$), ridotti mediante il coefficiente riduttivo ξ_3 , funzione del numero di verticali indagate (cfr. Figura 7-1- tab. 6.4.IV di NTC18), per ottenere i valori caratteristici ($R_{lat,k}$ e $R_{b,k}$) ai quali sono stati poi applicati i coefficienti parziali di sicurezza γ_R (cfr. Figura 7-2- Tab. 6.4.VI di NTC18).

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

Figura 7-3. Coefficienti parziali per le fondazioni su pali – carico trasversale

Si verificherà inoltre che la risposta del palo in esercizio sia di tipo “elastico”; verificando un adeguato coefficiente di sicurezza sulla portata ultima per attrito laterale come segue:

$N_{max,SLE} < Q_{II} / 1.25$ la massima sollecitazione assiale allo SLE RARA dovrà essere inferiore alla portata laterale limite del palo con un fattore di sicurezza di 1.25.

7.3 Criteri di calcolo della capacità portante verticale

Le resistenze di calcolo delle palificate di fondazione per le verifiche agli stati limite ultimi di collasso sotto azioni verticali ($R_{c,cal}$) ed orizzontali ($R_{tr,cal}$) sono valutate a partire dai valori di resistenza di calcolo del palo singolo, tenendo opportunamente conto, attraverso un coefficiente di efficienza stabilito di volta in volta, dell’interazione tra pali.

Determinazione della resistenza di progetto a compressione

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

$$Q_d = Q_{II} / F_{SL} + Q_{bl} / F_{SB} - W \cdot p$$

dove:

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IV01</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>VI0703 003</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>17 di 64</p>

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:

$\sigma'v$ = 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 = 0.5;

ϕ = angolo di resistenza al taglio.

Depositi coesivi

Per i terreni coesivi superficiali (alluvionali) la tensione tangenziale è stata valutata con la seguente espressione:

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IV01</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>VI0703 003</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>18 di 64</p>

$$\tau_i = \alpha \cdot c_u \leq \tau_{l,max}$$

Dove:

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

α = parametro empirico assunto come da Indicazione AGI:

$\alpha = 0.90$ per $c_u \leq 25$ kPa;

$\alpha = 0.80$ per $25 \leq c_u \leq 50$ kPa;

$\alpha = 0.60$ per $50 \leq c_u \leq 75$ kPa;

$\alpha = 0.40$ per $c_u \geq 75$ kPa.

$\tau_{l,max}$ = valore massimo dell'adesione laterale limite palo-terreno (pari a 100 kPa per terreni coesivi alluvionali).

Inoltre per i terreni coesivi alluvionali è stata anche eseguita una verifica in tensioni efficaci; in particolare si è controllato che:

$$\tau_i > 0.23 \cdot \sigma'_v$$

$$\tau_i < 0.25 \cdot \sigma'_v$$

Roccia

Si fa riferimento alle formulazioni riportate nel noto volume “Piling Engineering” di Randolph et al, in accordo al quale:

$$\tau_i = [(UCS/2)/p_a]^{0.5}$$

dove:

UCS = resistenza a compressione monoassiale della roccia

p_a = pressione atmosferica

Nel caso in esame si limita conservativamente la tensione tangenziale a 300 kPa.

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:

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI0703 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 19 di 64</p>

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:

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

essendo:

Nq^* = 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

Depositi coesivi

La portata di base limite nei terreni coesivi viene valutata con la seguente relazione:

$$q_b = 9 \cdot c_u + \sigma_v \leq q_{b,lim}$$

dove:

c_u = resistenza al taglio non drenata [kPa];

σ_v = tensione totale verticale;

$q_{b,lim}$ = pressione ultima di base massima consigliabile (3800 kN in accordo a Engling e Reese, 1974).

Roccia

Si fa riferimento alle formulazioni riportate nel noto volume “Piling Engineering” di Randolph et al, in accordo al quale:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA												
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00</td> <td>D 09 CL</td> <td>VI0703 003</td> <td>A</td> <td>20 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	20 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	20 di 64								

$$q_b = 15 \cdot p_a \cdot (UCS/p_a)^{0.5}$$

dove:

UCS = resistenza a compressione monoassiale della roccia

p_a = pressione atmosferica

Nel caso in esame si limita conservativamente la portata unitaria alla base a 7300 kPa, come per le ghiaie in accordo a Gwizdala [1984].

Determinazione della resistenza di progetto a trazione

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

$$Q_d = Q_{LL} / F_{SL} + W'_p$$

dove:

Q_{LL} = portata laterale limite (da determinarsi in conformità a quanto già descritto nel precedente paragrafo),

W'_p = peso efficace del palo (alleggerito se sotto falda),

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

Verifica a carico limite verticale di una palificata

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguito come di seguito indicato:

$$R_{d,G} = N \cdot E \cdot R_{d, \text{singolo palo}}$$

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo per il numero N di pali del gruppo e per il fattore E di efficienza della palificata.

L'esperienza (Vesic, 1968) ha mostrato che per palificate in terreni incoerenti, l'efficienza risulta non minore dell'unità, quindi si può assumere $E = 1$ (per terreni incoerenti).

Per palificate in terreni coesivi, invece, l'efficienza risulta minore dell'unità e può essere valutata ad esempio con la formulazione empirica di Converse Labarre, di seguito esplicitata.

$$E = 1 - (\Phi / 90) \cdot [(n - 1) \cdot m + (m - 1) \cdot n] / (m \cdot n)$$

Dove:

E = efficienza della palificata

N = numero di pali per fila

M = numero di file

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IV01</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>VI0703 003</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>21 di 64</p>

$\Phi = \arctg (D/i)$ con D= diametro pali, i = interasse pali.

Nota in presenza di pile soggette a scalzamento

Nel caso di pila soggetta a scalzamento, le pressioni litostatiche efficaci sono calcolate con riferimento alla quota del fondo eroso, introducendo nel contempo un coefficiente moltiplicativo delle pressioni verticali che tenga conto in modo approssimato del fatto che queste risentono solo parzialmente del presunto alleggerimento: tale coefficiente viene posto pari a $(\sigma'_{v0} / \sigma'_v)n$ con σ'_{v0} = pressione verticale efficace in assenza di erosione, σ'_v = pressione verticale efficace in presenza di erosione e $n = 0.25$ (in favore di sicurezza)

7.4 Criteri di calcolo della capacità portante orizzontale

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

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 coesivi si ha:

Palo corto:
$$H = 9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio:
$$H = -9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3} + 4.5}$$

Palo lungo:
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

dove :

H = carico limite orizzontale del palo;

c_u = resistenza non drenata del terreno;

M_y = momento di plasticizzazione del palo;

L = lunghezza del palo;

d = diametro del palo.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	22 di 64

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

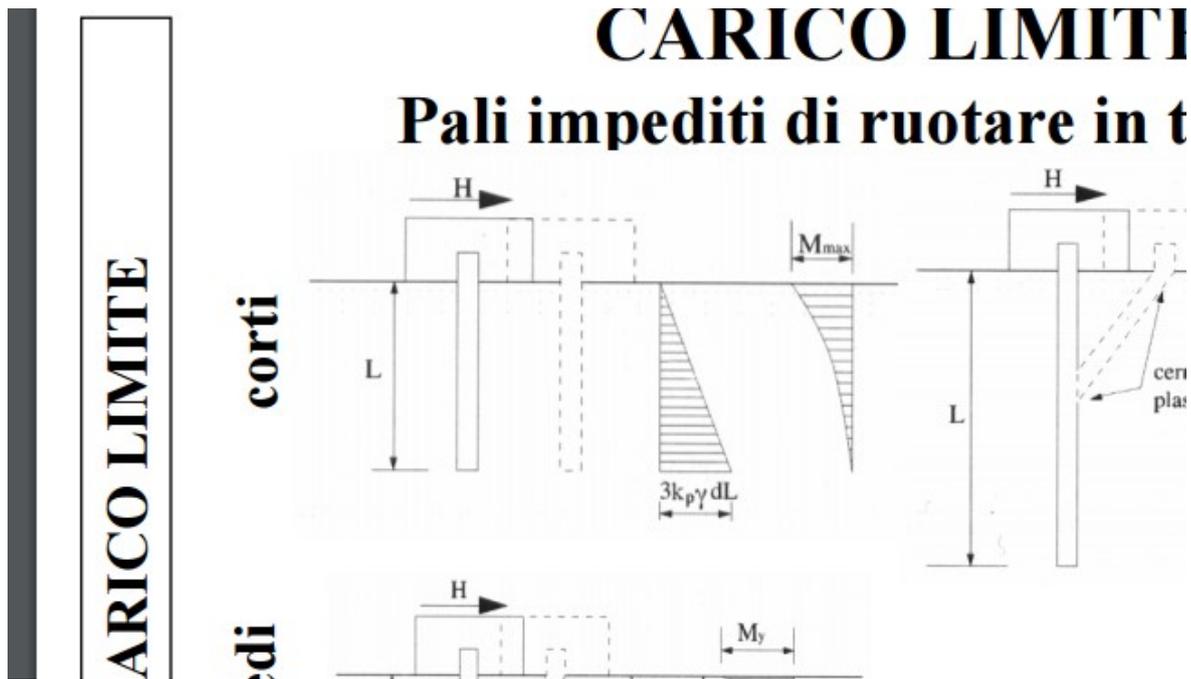
Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

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

In terreni incoerenti si ha:

Dove, oltre ai termini già definiti,

k_p = coefficiente di spinta passiva.



Nel caso in esame si è in presenza del caso di palo lungo.

Il valore di H dovrà essere confrontato con il massimo valore del taglio agente sul palo al variare delle combinazioni (Ed). Per le verifiche a carico limite orizzontale si considera cautelativamente un coefficiente di gruppo 0.8.

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

$$R_d = H / (\xi \cdot \gamma_T) > E_d$$

dove:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0703 003	REV. A	FOGLIO 23 di 64

R_d = resistenza di progetto del palo

H = valore limite in funzione del meccanismo attivato (ridotto per effetto gruppo);

ξ = fattore di correlazione in funzione delle verticali indagate;

γ_T = fattore parziale per pali soggetti a carichi orizzontali

E_d = taglio di progetto sollecitante il palo.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0703 003	REV. A

7.5 Criteri di verifica per le fondazioni su pali avente funzione di pozzi strutturali

I pali costituenti le fondazioni delle pile hanno una conferma che permette di considerare un comportamento globale analogo a quello di un pozzo di fondazione.

Le verifiche di capacità portante dei pozzi vengono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente NTC2018. La verifica è soddisfatta se:

$$F_{cd} < R_{cd}$$

essendo

$$R_{cd} = R_k / \gamma_R$$

dove:

- F_{cd} = carico assiale di compressione di progetto;
- R_{cd} = capacità portante di progetto nei confronti dei carichi;
- R_k = valore caratteristico della capacità portante limite del pozzo.

Le verifiche sono state effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

Tabella 2 Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Ai fini del dimensionamento geotecnico dei pozzi di fondazione, per il calcolo della capacità portante è stata applicata la combinazione (A1+M1+R3), in condizioni statiche e sismiche SLV.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0703 003	REV. A	FOGLIO 25 di 64

7.6 Criteri di calcolo della stabilità e portanza verticale dei pozzi di fondazione

Il metodo adottato è quello proposto da Jamiolkowski (1968) [2], che ipotizza la fondazione profonda e rigida vincolata al terreno omogeneo, modellabile secondo uno schema alla Winkler. Il modulo di reazione orizzontale è ipotizzato variabile linearmente con la profondità secondo la

relazione:

$$k_y = m_h \cdot z$$

Come criterio di rigidezza si adotta quello proposto da Silin e Zavrijev(1962), secondo cui la fondazione può essere ritenuta rigida infinitamente se risulta soddisfatta la condizione:

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{m_h \cdot B}{E I}} \leq \frac{2,5}{h}$$

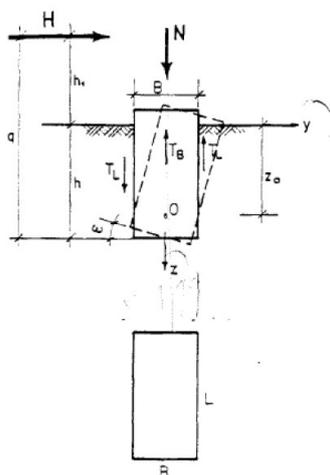
Con:

- B lato parallelo alla linea di azione della forza orizzontale H;
- m_h gradiente di reazione orizzontale;
- E ed I rispettivamente rigidezza ed inerzia della fondazione.

Con la schematizzazione proposta è possibile valutare lo stato di sollecitazione agente, la rotazione e gli spostamenti della fondazione. La risoluzione del problema prevede dunque l'esplicitazione sia del profilo di rotazione/spostamenti lungo il fusto del pozzo sia delle pressioni agenti lungo il fusto ed alla base del pozzo. Si procederà, infine, a verificare la compatibilità delle pressioni con i valori limite di spinta passiva e carico limite verticale rispettivamente per le pressioni orizzontali e verticali (alla base del pozzo).

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	26 di 64

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
 fondazioni – VI07**

Figura 4 Schema di calcolo pozzi di fondazione

Imponendo dunque le equazioni di equilibrio alla traslazione ed alla rotazione attorno al punto *O* è possibile determinare le due incognite z_0 e w : rispettivamente la profondità del punto di rotazione dal p.c. ed il valore della rotazione della fondazione attorno al punto *O*:

$$z_0 = \frac{\beta \cdot L \cdot h^2 (4q - h) \div 6 W \cdot B}{2 \beta L \cdot h \cdot (3q - h)} \quad (9)$$

$$\text{tg } \omega = \frac{12 \beta \cdot H (3q - h)}{m_h \cdot h (L h^3 \beta + 18 B W)} \quad (10)$$

$$R = \frac{\beta \cdot L h^3 + 18 B W}{2 \beta (3q - h)} \quad (11)$$

Dove

- W = momento resistente della fondazione,
- $b = kh / k_v$
- $k_v = m_v \cdot h$

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	27 di 64

É quindi possibile determinare le restanti grandezze che interessano il problema. Le pressioni orizzontali che il pozzo esplica sul terreno si valutano come

$$\sigma_y = \frac{6 H}{R \cdot h} z (z_0 - z)$$

Mentre, le pressioni verticali agenti alla base del pozzo possono esprimersi mediante la seguente relazione:

$$\begin{aligned} \sigma_z \max (\min) &= \sigma_0 \pm \sigma_z = \\ &= \frac{N}{A} \pm \frac{3 \cdot B \cdot H}{\beta \cdot R} \end{aligned}$$

Infine, il momento flettente agente lungo il fusto del pozzo si valuta mediante l'espressione

$$\begin{aligned} M_z &= H (h_1 + z) - \int_0^z \sigma_y \cdot \\ &\quad \cdot L (z_0 - z) dz = \\ &= H \left\{ h_1 + z \left[1 - \frac{L z^2}{2 R \cdot h} (2 z_0 - z) \right] \right\} \end{aligned}$$

Per la verifica di stabilità del pozzo di fondazione dovranno essere soddisfatte le seguenti condizioni.

- 1) Le pressioni orizzontali devono globalmente soddisfare il requisito

$$\int \sigma_y dz \leq \int P_{lim} dz$$

Essendo P_{lim} la pressione laterale limite valutata secondo la teoria di Brinch Hansen (1961) che tiene conto anche del contributo attritivo laterale del pozzo.

- 2) Le pressioni verticali agenti alla base del pozzo devono soddisfare il requisito

$$\sigma_z (z = h) \leq \frac{q_{lim}}{F_z}$$

Con:

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	28 di 64

- Fz coefficiente di sicurezza (pari a 2.3 secondo NTC18);
- q_{lim} valore di pressione limite determinato tramite la formulazione di Brinch-Hansen (1970) [3] per terreni incoerenti e coesivi.

7.7 Calcolo dei coefficienti di reazione orizzontale e del sottofondo

Secondo quanto proposto da Terzaghi (1955), per i depositi superficiali il valore del gradiente m_h può essere determinato come segue:

$$m_h \cdot z = \frac{\varphi \cdot \gamma \cdot z}{L \cdot 1,35}$$

Essendo:

- γ il peso di volume del terreno (da considerarsi immerso se sotto falda);
- L il lato della fondazione perpendicolare alla direzione dell'azione;
- φ una costante adimensionale che assume i seguenti valori

Sabbie sciolte ($N_{SPPT} \approx 10$ colpi/piede)	Sabbie mediamente dense ($10 \approx$ $N_{SPPT} < 30$)	Sabbie dense ($N_{SPPT} \approx 30$)
$0 < D_R$ $\leq 0,33$	$0,33 < D_R$ $\leq 0,67$	$0,67 < D_R$ $\leq 1,0$
$100 < \varphi$ < 300	$300 \leq \varphi$ < 1000	$1000 \leq \varphi$ < 2000

essendo $D_R =$ densità relativa
definita come $\frac{e_{max} - e_{nat}}{e_{max} - e_{min}}$.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0703 003	REV. A	FOGLIO 29 di 64

Da letteratura [2] il valore del gradiente m_h può essere preso come segue per terreni granulari:

Sabbie medie e fini sciolte

$$200 \leq m_h \leq 400 \text{ t/m}^4$$

Idem mediamente dense

$$400 \leq m_h \leq 600 \text{ t/m}^4$$

Sabbie grossolane mediane dense

$$600 \leq m_h \leq 1000 \text{ t/m}^4$$

Sabbie con ghiaie e ghiaie

$$1000 \leq m_h \leq 2000 \text{ t/m}^4$$

Per la costante nella formazione basale delle calcescisto ALN è stato considerato un valore pari a 85 MPa calcolato a partire dal valore del modulo elastico di progetto di 400 MPa, per cui $k = 3 E / D$ (Chen, 1985).

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IV01</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>VI0703 003</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>30 di 64</p>

8 CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALE

8.1 Criteri di verifica generali

In ottemperanza al D.M. del 17.01.2018 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Verifiche SLU

Si verifica la resistenza strutturale del palo in accordo all'approccio 2 (A1+M1+R3) secondo la teoria del c.a. e le disposizioni riportate in NTC 2018, con particolare riferimento al §7.2.5 secondo il quale:

- a taglio $E_d \leq R_d/1.3$
- lo sforzo resistente a compressione del calcestruzzo è limitato a $0.45 f_{cd}$
- $M_{Ed} (q=1.0) \leq 1.5 R_d$ (condizione implicitamente soddisfatta in questo caso assumendo al massimo $q = 1.5$)

Verifiche SLE

Le verifiche a fessurazione sono state condotte considerando:

Verifica di formazione delle fessure: la verifica si esegue per la sezione interamente reagente determinando il momento di prima fessurazione e confrontandolo con quello sollecitante; se risulta $M_{cr} < M_{Ed}$ la verifica si considera soddisfatta, altrimenti si procede alla verifica di apertura delle fessure.

Verifica di apertura delle fessure: l'apertura convenzionale delle fessure è calcolata con le modalità indicate nell'Eurocodice 2-1, come indicato dal D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008, e valutata con le sollecitazioni relative alla Combinazioni Rara della normativa vigente sui ponti ferroviari. Le massime aperture ammissibili sono:

- condizioni ambientali aggressive e molto aggressive: $w_k \leq w_3 = 0.20 \text{ mm}$
- condizioni ambientali ordinarie: $w_k \leq w_3 = 0.30 \text{ mm}$

In ottemperanza a quanto prescritto dal Manuale di progettazione - Parte II/sezione II, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture si applica come limite di apertura delle fessure $w_k \leq w_3 = 0.20 \text{ mm}$.

Verifica delle tensioni di esercizio: si verifica che le tensioni di lavoro presenti nel calcestruzzo siano inferiori ai seguenti limiti:

- combinazione QP $\sigma_c < 0.40 f_{ck}$;
- combinazione Rara $\sigma_c < 0.55 f_{ck}$,

e che le tensioni di lavoro presenti nell'acciaio siano $\sigma_s < 0.75 f_{yk}$.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0703 003	REV. A	FOGLIO 31 di 64

8.2 Interazione palo-terreno e calcolo delle sollecitazioni

Le sollecitazioni nei pali di fondazione vengono calcolate secondo lo schema statico di trave su suolo elastico alla Winkler con rotazione impedita in testa, di lunghezza complessiva pari alla lunghezza effettiva dei pali ed aventi la medesima inerzia del palo e larghezza pari al diametro del palo.

Per quanto riguarda il comportamento dei pali alle azioni orizzontali, si fa riferimento ad un modulo di reazione orizzontale del terreno variabile con la profondità, assunto pari a $k(z)=E(z)/d$.

Si considera la testa del palo coincidente con l'intradosso della platea di fondazione.

PROGETTO DEFINITIVO
**Relazione geotecnica e di calcolo delle
 fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	32 di 64

9 ANALISI E VERIFICHE SPALLE

9.1 Sollecitazioni di verifica

Nella seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi strutturale.

Spalla A

STR SLU SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T/palo
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
A1 - SLU - ML max gr.1	109488	22779	728	13448	60380	8232	5454	1424
A1 - SLU - MT max gr.1	109488	22779	728	13448	60380	8232	5454	1424
A1 - SLU - N max gr.1	115456	20276	728	13448	32441	8061	6371	1268
A1 - SLU - ML max gr.3	109488	24245	648	12204	76646	8530	5156	1516
A1 - SLU - MT max gr.3	109488	24245	648	12204	76646	8530	5156	1516
A1 - SLU - N max gr.3	115456	21741	648	12204	48707	8358	6074	1359
A1 - SLU - Vento ponte scarico	98857	24721	948	14784	46882	7326	5031	1546
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	109488	22779	728	13448	60380	8232	5454	1424
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	109488	22779	728	13448	60380	8232	5454	1424
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	115456	20276	728	13448	32441	8061	6371	1268
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	109488	24245	648	12204	76646	8530	5156	1516
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	109488	24245	648	12204	76646	8530	5156	1516
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	115456	21741	648	12204	48707	8358	6074	1359
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	98857	24721	948	14784	46882	7326	5031	1546
						8530	5031	1546

SIS M1 SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T/palo
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV - N max	76295	11537	7500	87617	24327	6626	2911	860

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	33 di 64

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
 fondazioni - VI07**

SLV - MT max gr.1	72850	11537	17854	184486	23141	7917	1189	1329
SLV - ML max gr.1	72850	22472	5863	63133	130299	8090	1016	1452
SLV - MT max gr.3	69896	11537	16451	163500	22124	7381	1356	1256
SLV - ML max gr.3	69896	22472	4459	42147	129283	7554	1183	1432
SLV - N min	66450	11537	2822	2988	20938	4608	3698	742
						8090	1016	1452

SLE RARA SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T/palo
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLE rara - ML max gr.1	77238	15259	489	9071	42169	5793	3862	954
SLE rara - MT max gr.1	77238	15259	489	9071	42169	5793	3862	954
SLE rara - N max gr.1	81217	13590	489	9071	23543	5678	4474	850
SLE rara - ML max gr.3	77238	16309	434	8213	53824	6006	3648	1020
SLE rara - MT max gr.3	77238	16309	434	8213	53824	6006	3648	1020
SLE rara - N max gr.3	81217	14640	434	8213	35198	5892	4260	915
SLE rara - Vento ponte scarico	69907	16475	379	5914	31954	5085	3653	1030
						6006	3648	1030

SLE RARA GR 4 SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T/palo
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLE RARA.- ML max gr.4	61790	13897	467	8439	48458	4940	2784	869
SLE RARA.- MT max gr.4	61790	13897	467	8439	48458	4940	2784	869
SLE RARA.- N max gr.4	65769	12228	467	8439	29832	4825	3396	765
						4940	2784	869

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	34 di 64

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
 fondazioni – VI07**
Spalla B

STR SLU SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
A1 - SLU - ML max gr.1	78009	21441	648	11880	99222	10662	3521	1950
A1 - SLU - MT max gr.1	78009	21441	648	11880	99222	10662	3521	1950
A1 - SLU - N max gr.1	80437	21033	648	11880	98982	10875	3750	1913
A1 - SLU - ML max gr.3	78009	21383	608	11278	98601	10626	3557	1945
A1 - SLU - MT max gr.3	78009	21383	608	11278	98601	10626	3557	1945
A1 - SLU - N max gr.3	80437	20974	608	11278	98361	10839	3786	1908
A1 - SLU - Vento ponte scarico	67379	23951	948	14310	110832	10141	2110	2179
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	78009	21441	648	11880	99222	10662	3521	1950
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	78009	21441	648	11880	99222	10662	3521	1950
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	80437	21033	648	11880	98982	10875	3750	1913
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	78009	21383	608	11278	98601	10626	3557	1945
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	78009	21383	608	11278	98601	10626	3557	1945
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	80437	20974	608	11278	98361	10839	3786	1908
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	67379	23951	948	14310	110832	10141	2110	2179
						10875	2110	2179

SIS MI SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{/palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV - N max	53877	8902	6080	72536	33242	7865	1931	980
SLV - MT max gr.1	50932	8902	11689	117141	33272	8750	510	1336
SLV - ML max gr.1	50932	13095	4106	44016	65482	7921	1339	1248

PROGETTO DEFINITIVO
**Relazione geotecnica e di calcolo delle
 fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	35 di 64

SLV - MT max gr.3	48408	8902	9997	92696	33298	7890	911	1217
SLV - ML max gr.3	48408	13095	2415	19571	65508	7061	1740	1211
SLV - N min	45463	8902	441	-11243	33328	5520	2746	810
						8750	510	1336

SLE RARA SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLE rara - ML max gr.1	55535	14334	434	7996	66489	7442	2655	1304
SLE rara - MT max gr.1	55535	14334	434	7996	66489	7442	2655	1304
SLE rara - N max gr.1	57154	14062	434	7996	66329	7584	2807	1279
SLE rara - ML max gr.3	55535	14334	407	7580	66489	7432	2666	1304
SLE rara - MT max gr.3	55535	14334	407	7580	66489	7432	2666	1304
SLE rara - N max gr.3	57154	14062	407	7580	66329	7573	2818	1279
SLE rara - Vento ponte scarico	48204	15961	379	5724	73721	6955	1809	1451
						7584	1809	1451

SLE RARA GR 4 SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLE RARA.- ML max gr.4	44428	12130	423	7541	57437	6123	1955	1103
SLE RARA.- MT max gr.4	44428	12130	423	7541	57437	6123	1955	1103
SLE RARA.- N max gr.4	46047	11858	423	7541	57277	6265	2107	1079
						6265	1955	1103

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0703 003	REV. A	FOGLIO 36 di 64

9.2 Verifica di portata verticale dei pali

La massima azione di compressione è pari a 8530 kN per la spalla A e 10875 kN per la spalla B.

La massima azione di compressione in esercizio SLE è pari a 6006 kN per la spalla A e 7584 kN per la spalla B.

Di seguito si riportano le curve di portanza.

In base ai carichi sopra enunciato si è considerato una lunghezza del palo di

- di 30 m per la spalla A
- di 20 m per la spalla B

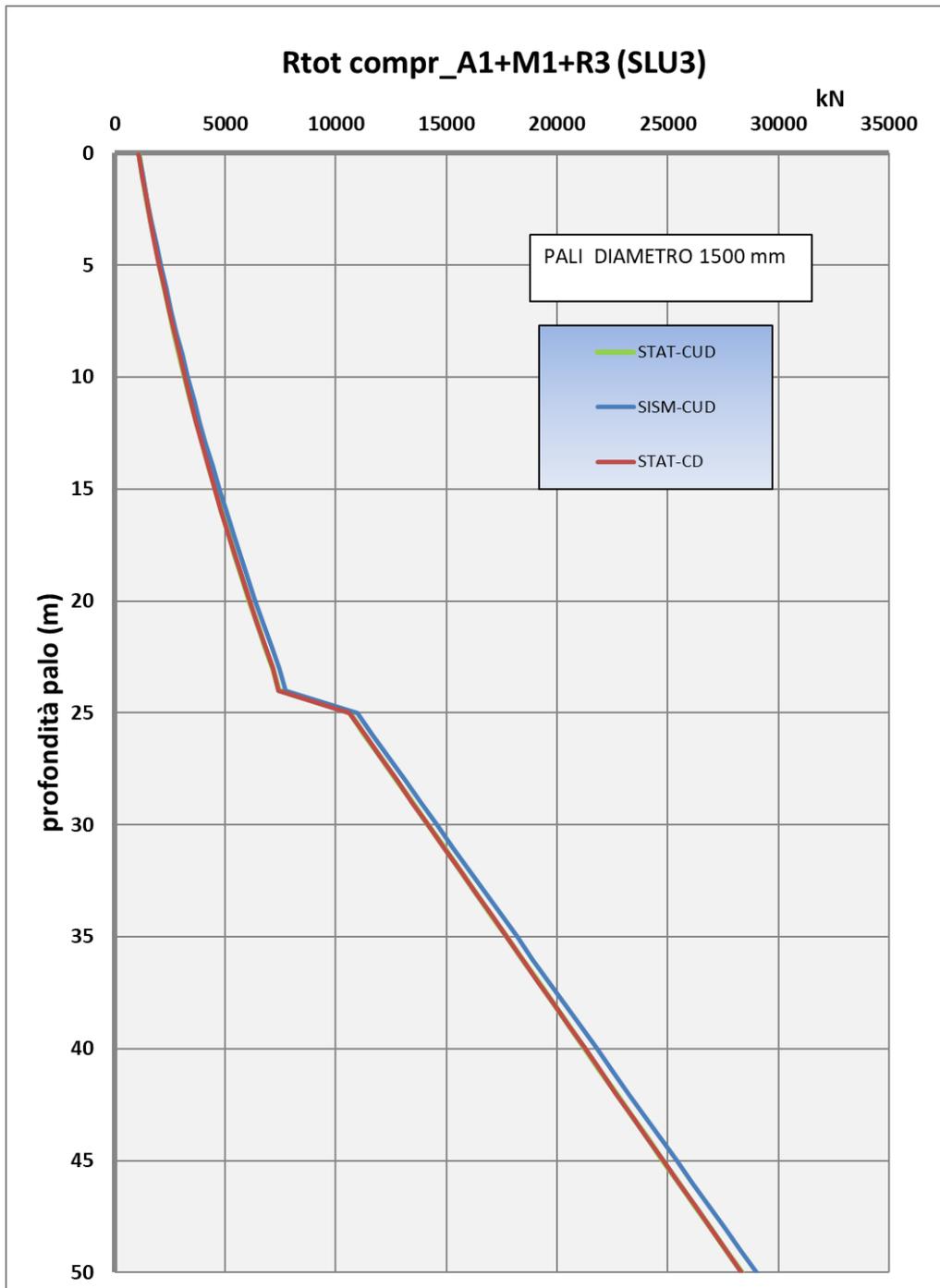
da intradosso platea di fondazione.

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	37 di 64

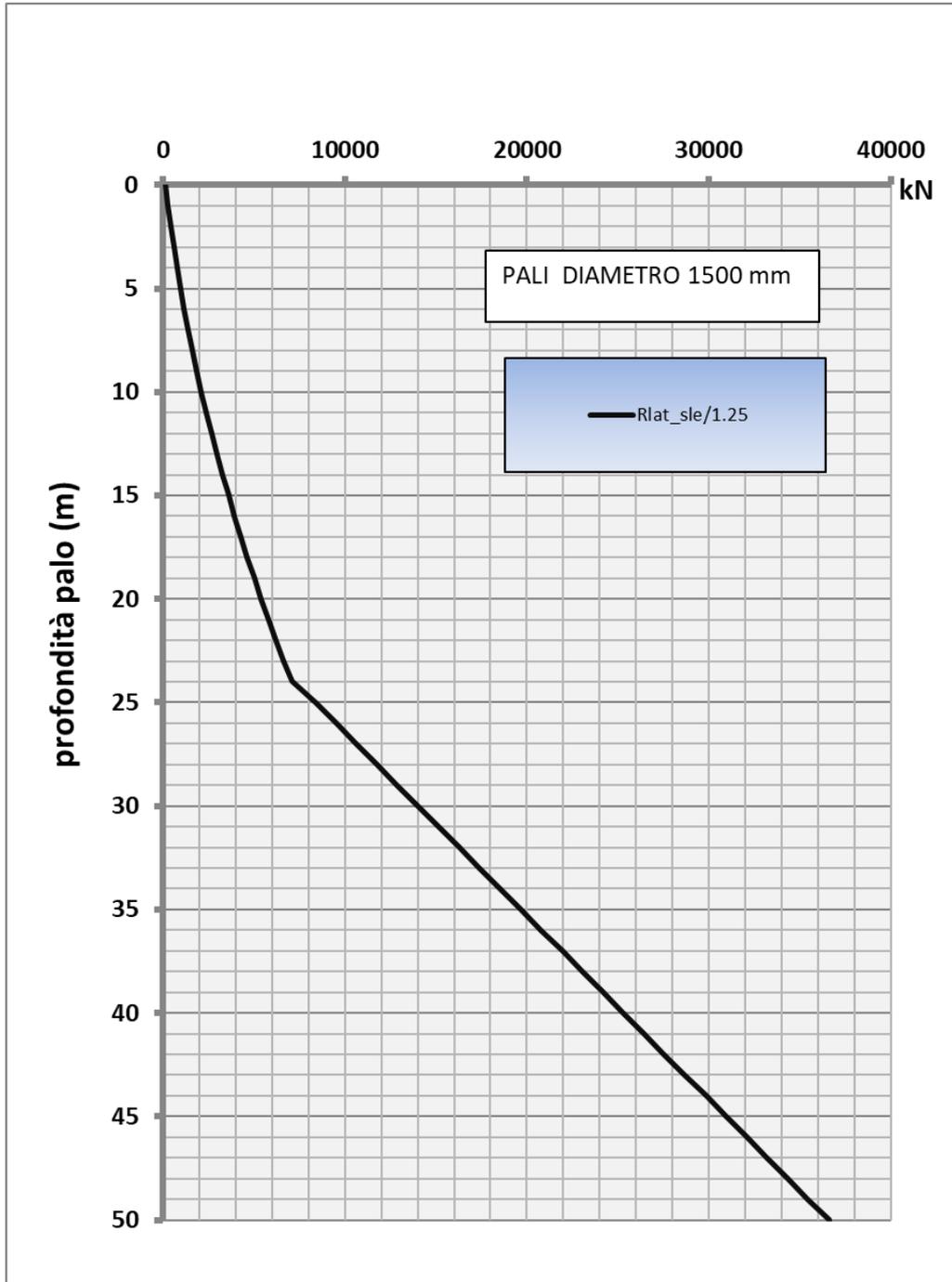
9.2.1 Spalla A



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	38 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	39 di 64

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

		prof. plinto da p.c.	5	m										
		sovr. plinto	100	kPa										
falda	0	m da testa palo												
d	1.50	m												
area	1.77	mq												
perimetro	4.71	m												
										STAT-CUD	SISM-CUD	STAT-CD	SLE	
										totale	totale	totale	trazione	
										NTC2018	NTC2018	NTC2018	solo lat	
Z	γ	σ _v	u	σ' _v	lito	parametri	φ'	Cu	Rtot_slu3	Rtot_slu3	Rtot_slu3 STA	Rlat_sle/1.25		
m, da testa palo	kN/m3	kPa	kPa	kPa	-	c'	°	kPa	kN	kN	kN	kN		
0	20.00	100	0	100	2	0	35	0	1085	1085	1085	132		
1	20.00	120	10	110	2	0	35	0	1256	1269	1256	270		
2	20.00	140	20	120	2	0	35	0	1435	1461	1435	421		
3	20.00	160	30	130	2	0	35	0	1622	1662	1622	586		
4	20.00	180	40	140	2	0	35	0	1818	1871	1818	763		
5	20.00	200	50	150	2	0	35	0	2023	2089	2023	954		
6	20.00	220	60	160	2	0	35	0	2236	2315	2236	1158		
7	20.00	240	70	170	2	0	35	0	2457	2550	2457	1375		
8	20.00	260	80	180	2	0	35	0	2687	2793	2687	1606		
9	20.00	280	90	190	2	0	35	0	2925	3044	2925	1849		
10	20.00	300	100	200	2	0	35	0	3172	3304	3172	2106		
11	20.00	320	110	210	2	0	35	0	3427	3573	3427	2376		
12	20.00	340	120	220	2	0	35	0	3691	3850	3691	2659		
13	20.00	360	130	230	2	0	35	0	3963	4135	3963	2955		
14	20.00	380	140	240	2	0	35	0	4243	4428	4243	3265		
15	20.00	400	150	250	2	0	35	0	4532	4730	4532	3588		
16	20.00	420	160	260	2	0	35	0	4829	5041	4829	3924		
17	20.00	440	170	270	2	0	35	0	5135	5360	5135	4273		
18	20.00	460	180	280	2	0	35	0	5449	5687	5449	4635		
19	20.00	480	190	290	2	0	35	0	5771	6023	5771	5011		
20	20.00	500	200	300	2	0	35	0	6102	6367	6102	5399		
21	20.00	520	210	310	2	0	35	0	6442	6720	6442	5801		
22	20.00	540	220	320	2	0	35	0	6790	7081	6790	6216		
23	20.00	560	230	330	2	0	35	0	7146	7451	7146	6645		
24	20.00	580	240	340	2	0	35	0	7419	7736	7419	7086		
25	24.50	604.5	250	354.5	4	400	25	0	10627	10958	10627	8368		
26	24.50	629	260	369	4	400	25	0	11335	11680	11335	9498		
27	24.50	653.5	270	383.5	4	400	25	0	12044	12402	12044	10628		
28	24.50	678	280	398	4	400	25	0	12753	13124	12753	11757		
29	24.50	702.5	290	412.5	4	400	25	0	13461	13845	13461	12887		
30	24.50	727	300	427	4	400	25	0	14170	14567	14170	14017		
31	24.50	751.5	310	441.5	4	400	25	0	14879	15289	14879	15146		
32	24.50	776	320	456	4	400	25	0	15587	16011	15587	16276		
33	24.50	800.5	330	470.5	4	400	25	0	16296	16733	16296	17406		
34	24.50	825	340	485	4	400	25	0	17004	17455	17004	18536		
35	24.50	849.5	350	499.5	4	400	25	0	17713	18177	17713	19665		
36	24.50	874	360	514	4	400	25	0	18422	18899	18422	20795		
37	24.50	898.5	370	528.5	4	400	25	0	19130	19620	19130	21925		
38	24.50	923	380	543	4	400	25	0	19839	20342	19839	23054		
39	24.50	947.5	390	557.5	4	400	25	0	20548	21064	20548	24184		
40	24.50	972	400	572	4	400	25	0	21256	21786	21256	25314		
41	24.50	996.5	410	586.5	4	400	25	0	21965	22508	21965	26443		
42	24.50	1021	420	601	4	400	25	0	22673	23230	22673	27573		
43	24.50	1045.5	430	615.5	4	400	25	0	23382	23952	23382	28703		
44	24.50	1070	440	630	4	400	25	0	24091	24674	24091	29832		
45	24.50	1094.5	450	644.5	4	400	25	0	24799	25396	24799	30962		
46	24.50	1119	460	659	4	400	25	0	25508	26117	25508	32092		
47	24.50	1143.5	470	673.5	4	400	25	0	26217	26839	26217	33222		
48	24.50	1168	480	688	4	400	25	0	26925	27561	26925	34351		
49	24.50	1192.5	490	702.5	4	400	25	0	27634	28283	27634	35481		
50	24.50	1217	500	717	4	400	25	0	28343	29005	28343	36611		

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0703 003	REV. A	FOGLIO 40 di 64

Verifica a compressione

$$Ed = 8530 \text{ kN} < Rd = 14170 \text{ kN}$$

verifica soddisfatta

Verifica in esercizio

$$Ed = 6006 \text{ kN} < Rd = 14017 \text{ kN}$$

verifica soddisfatta

Si omette la verifica globale trattandosi di terreni a consistenza litoide.

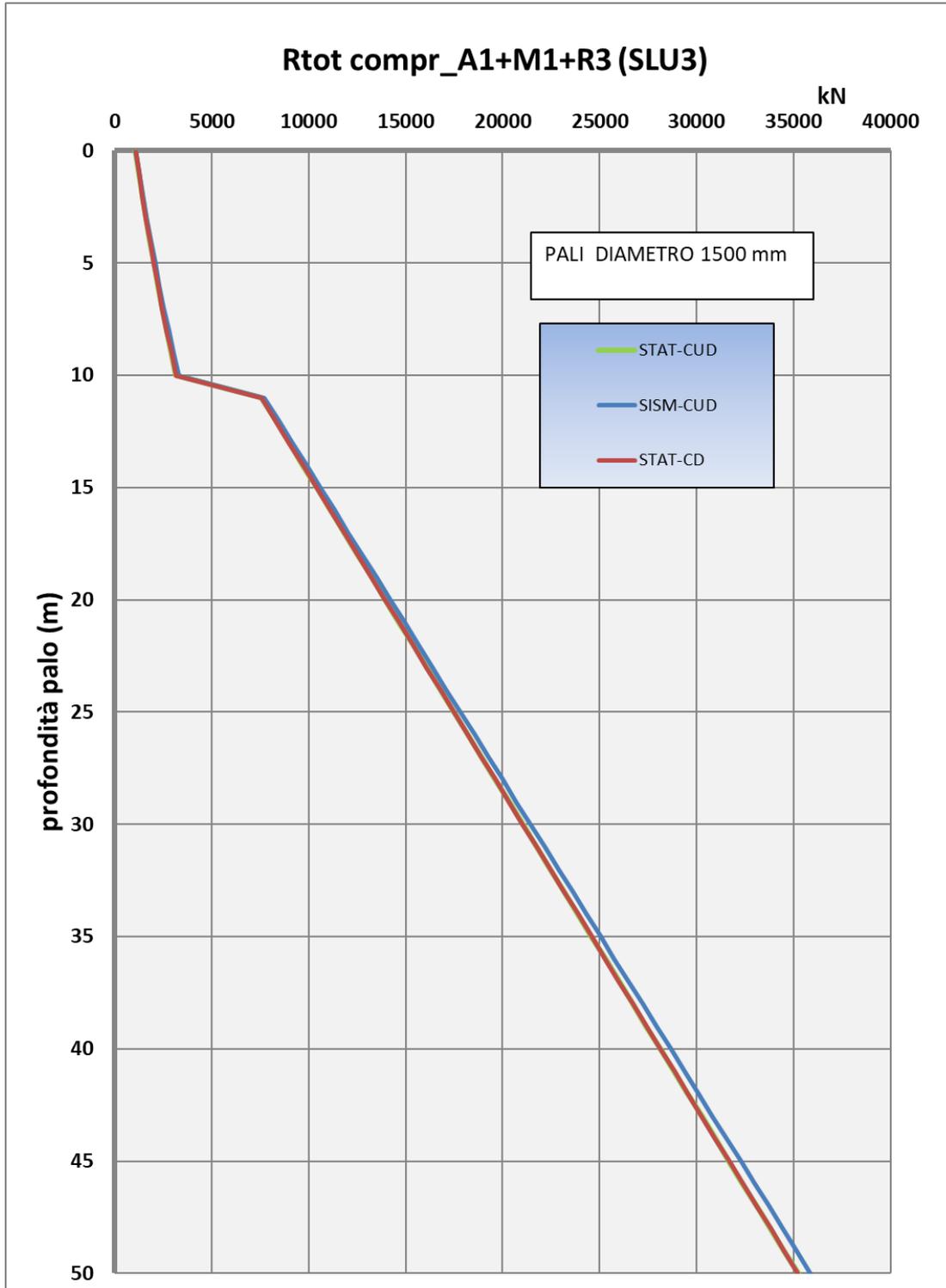
Il palo è stato approfondito all'interno del materiale roccioso fino ad una profondità di 4 volte il diametro.

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	41 di 64

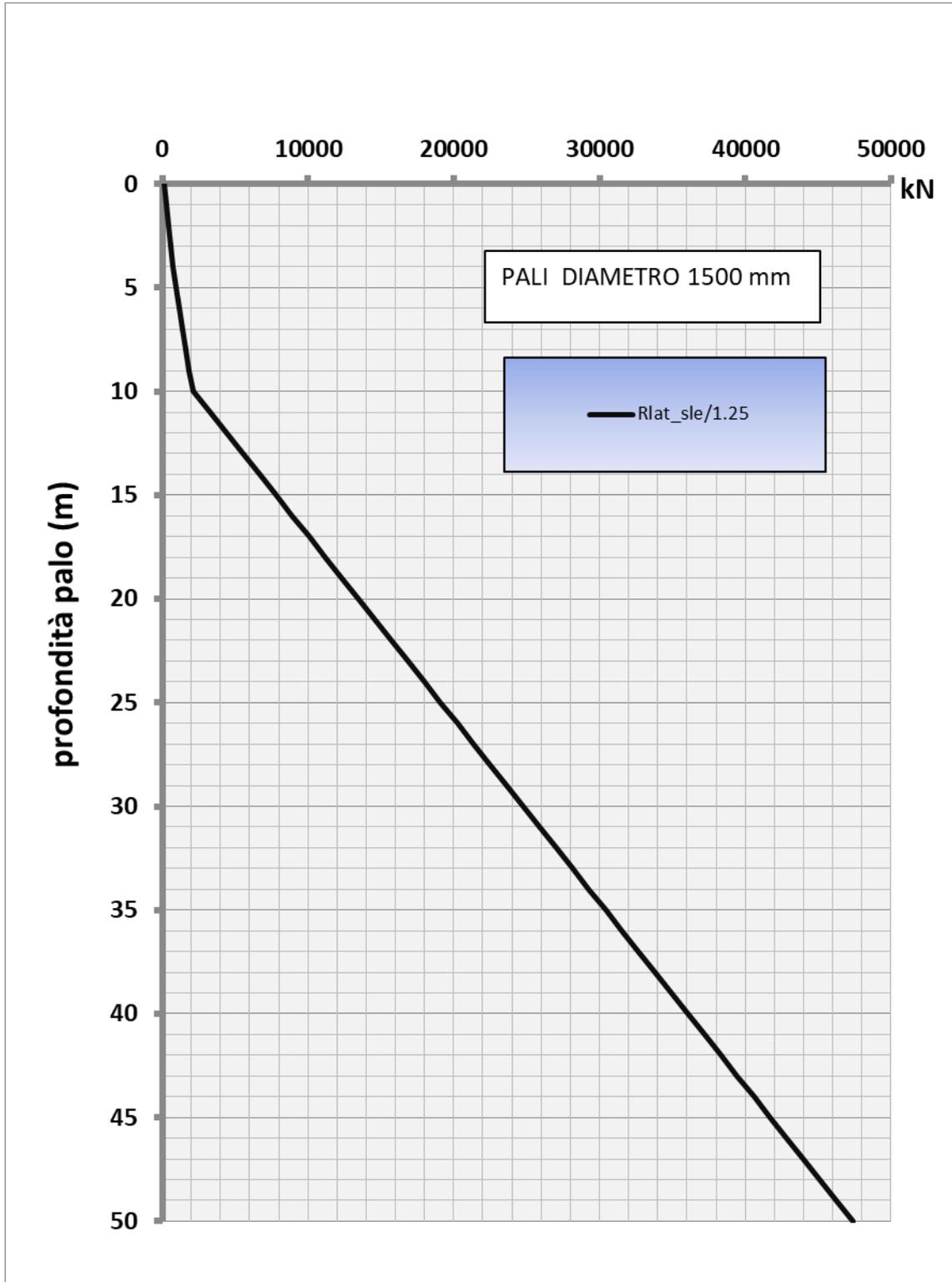
9.2.2 Spalla B



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	42 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	43 di 64

		prof. plinto da p.c.	5	m								
		sovr. plinto	100	kPa								
falda d		0	m da testa palo									
		1.50	m									
area		1.77	mq									
perimetro		4.71	m					STAT-CUD	SISM-CUD	STAT-CD	SLE	
								totale	totale	totale	trazione	
											solo lat	
Z	γ	σv	u	σ'v	lito	parametri		Cu	NTC2018	NTC2018	NTC2018	
m, da testa palo	kN/m3	kPa	kPa	kPa	-	c'	φ'	kPa	Rtot_slu3	Rtot_slu3	Rtot_slu3 STA	Rlat_slu/1.25
						kPa	°		kN	kN	kN	kN
0	20.00	100	0	100	2	0	35	0	1085	1085	1085	132
1	20.00	120	10	110	2	0	35	0	1256	1269	1256	270
2	20.00	140	20	120	2	0	35	0	1435	1461	1435	421
3	20.00	160	30	130	2	0	35	0	1622	1662	1622	586
4	20.00	180	40	140	2	0	35	0	1818	1871	1818	763
5	20.00	200	50	150	2	0	35	0	2023	2089	2023	954
6	20.00	220	60	160	2	0	35	0	2236	2315	2236	1158
7	20.00	240	70	170	2	0	35	0	2457	2550	2457	1375
8	20.00	260	80	180	2	0	35	0	2687	2793	2687	1606
9	20.00	280	90	190	2	0	35	0	2925	3044	2925	1849
10	20.00	300	100	200	2	0	35	0	3172	3304	3172	2106
11	24.50	324.5	110	214.5	4	400	25	0	7577	7723	7577	3299
12	24.50	349	120	229	4	400	25	0	8286	8445	8286	4429
13	24.50	373.5	130	243.5	4	400	25	0	8994	9167	8994	5559
14	24.50	398	140	258	4	400	25	0	9703	9889	9703	6688
15	24.50	422.5	150	272.5	4	400	25	0	10412	10610	10412	7818
16	24.50	447	160	287	4	400	25	0	11120	11332	11120	8948
17	24.50	471.5	170	301.5	4	400	25	0	11829	12054	11829	10077
18	24.50	496	180	316	4	400	25	0	12538	12776	12538	11207
19	24.50	520.5	190	330.5	4	400	25	0	13246	13498	13246	12337
20	24.50	545	200	345	4	400	25	0	13955	14220	13955	13467
21	24.50	569.5	210	359.5	4	400	25	0	14664	14942	14664	14596
22	24.50	594	220	374	4	400	25	0	15372	15664	15372	15726
23	24.50	618.5	230	388.5	4	400	25	0	16081	16385	16081	16856
24	24.50	643	240	403	4	400	25	0	16789	17107	16789	17985
25	24.50	667.5	250	417.5	4	400	25	0	17498	17829	17498	19115
26	24.50	692	260	432	4	400	25	0	18207	18551	18207	20245
27	24.50	716.5	270	446.5	4	400	25	0	18915	19273	18915	21374
28	24.50	741	280	461	4	400	25	0	19624	19995	19624	22504
29	24.50	765.5	290	475.5	4	400	25	0	20333	20717	20333	23634
30	24.50	790	300	490	4	400	25	0	21041	21439	21041	24763
31	24.50	814.5	310	504.5	4	400	25	0	21750	22160	21750	25893
32	24.50	839	320	519	4	400	25	0	22458	22882	22458	27023
33	24.50	863.5	330	533.5	4	400	25	0	23167	23604	23167	28153
34	24.50	888	340	548	4	400	25	0	23876	24326	23876	29282
35	24.50	912.5	350	562.5	4	400	25	0	24584	25048	24584	30412
36	24.50	937	360	577	4	400	25	0	25293	25770	25293	31542
37	24.50	961.5	370	591.5	4	400	25	0	26002	26492	26002	32671
38	24.50	986	380	606	4	400	25	0	26710	27214	26710	33801
39	24.50	1010.5	390	620.5	4	400	25	0	27419	27936	27419	34931
40	24.50	1035	400	635	4	400	25	0	28128	28657	28128	36060
41	24.50	1059.5	410	649.5	4	400	25	0	28836	29379	28836	37190
42	24.50	1084	420	664	4	400	25	0	29545	30101	29545	38320
43	24.50	1108.5	430	678.5	4	400	25	0	30253	30823	30253	39449
44	24.50	1133	440	693	4	400	25	0	30962	31545	30962	40579
45	24.50	1157.5	450	707.5	4	400	25	0	31671	32267	31671	41709
46	24.50	1182	460	722	4	400	25	0	32379	32989	32379	42839
47	24.50	1206.5	470	736.5	4	400	25	0	33088	33711	33088	43968
48	24.50	1231	480	751	4	400	25	0	33797	34432	33797	45098
49	24.50	1255.5	490	765.5	4	400	25	0	34505	35154	34505	46228
50	24.50	1280	500	780	4	400	25	0	35214	35876	35214	47357

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0703 003	REV. A	FOGLIO 44 di 64

Verifica a compressione

$$Ed = 10875 \text{ kN} < Rd = 13995 \text{ kN}$$

verifica soddisfatta

Verifica in esercizio

$$Ed = 7854 \text{ kN} < Rd = 13467 \text{ kN}$$

verifica soddisfatta

Si omette la verifica globale trattandosi di terreni a consistenza litoide.

Il palo è stato approfondito all'interno del materiale roccioso fino ad una profondità superiore a 4 volte il diametro.

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	45 di 64

9.3 Verifica di portata trasversale

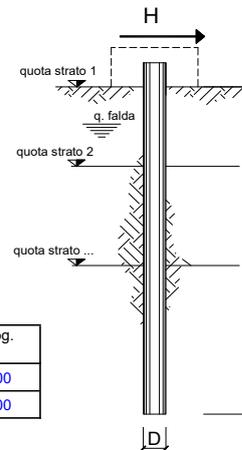
9.3.1 Spalla A

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche di portanza orizzontale.

opera **Viadotto VI07**

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{ϕ}	γ_{cu}	γ_r
SLU	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 type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input checked="" 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	1.25	1.40	1.00

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	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 (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	2	100.00	20	20	35	3.69	0	35	3.69	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	4	76.00	24.5	24.5	25	2.46	400	25	2.46	400
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3						1.00			1.00	
<input checked="" 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** (m)
 Diametro del palo D **1.50** (m)
 Lunghezza del palo L **30.00** (m)
 Momento di plasticizzazione palo M_y **8303.80** (kNm)
 Step di calcolo **0.25** (m)

- palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	H medio		H minimo	
Palo lungo	4800.1 (kN)		4800.1 (kN)	
Palo intermedio	34531.7 (kN)		34531.7 (kN)	
Palo corto	128049.3 (kN)		128049.3 (kN)	
H_{med}	4800.1 (kN)	Palo lungo	H_{min}	4800.1 (kN) Palo lungo
$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$			2823.59 (kN)	
$H_d = H_k/\gamma_r$			2171.99 (kN)	x0.8 = 1737.595 kN

$$E_{ed} = 1546 \text{ kN} < R_d = 1737 \text{ kN}$$

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	46 di 64

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro = 1500 (mm)

Raggio = 750 (mm)

Sforzo Normale = 5031 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)

fck = 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

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

E_s = 206000 (Mpa)

ϵ_{ys} = 0.190%

ϵ_{uk} = 10.000%

Armature

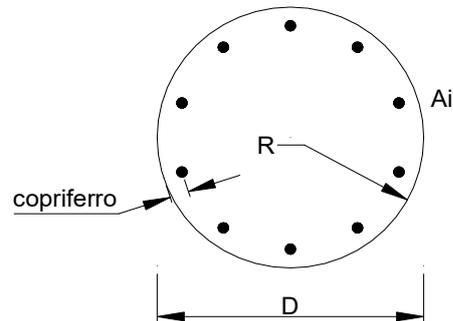
numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
32	φ 30	22619.47	81
16	φ 30	11309.73	131
0	φ 8	0.00	30

calcolo

Momento di Plasticizzazione

M_y = 8303.8 (kN m)

Inserisci



PROGETTO DEFINITIVO

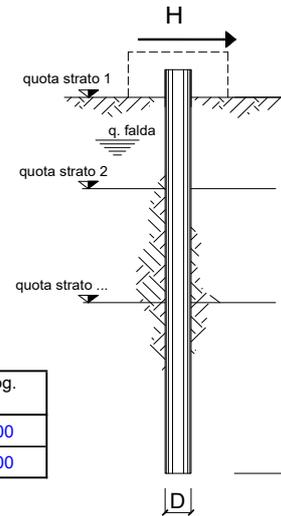
**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	47 di 64

9.3.2 Spalla B

opera **Viadotto VI07**

coefficienti parziali			A		M		R	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_ϕ	γ_{cu}	γ_r	
			γ_G	γ_Q				
SU	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 type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30	
	SISMA	<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	
DM88			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.25	1.40	1.00



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	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 (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	2	100.00	20	20	35	3.69	0	35	3.69	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	4	90.00	24.5	24.5	25	2.46	400	25	2.46	400
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3						1.00			1.00	
<input checked="" 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** (m)
 Diametro del palo D **1.50** (m)
 Lunghezza del palo L **20.00** (m)
 Momento di plasticizzazione palo My **12478.21** (kNm)
 Step di calcolo **0.25** (m)

- palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	H medio		H minimo	
Palo lungo	6232.4 (kN)		6232.4 (kN)	
Palo intermedio	17955.8 (kN)		17955.8 (kN)	
Palo corto	70605.8 (kN)		70605.8 (kN)	
H_{med}	6232.4 (kN)	Palo lungo	H_{min} 6232.4 (kN)	Palo lungo
H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)			3666.09 (kN)	
H_d = H_k/γ_r			2820.07 (kN)	x0.8 = 2256.056 kN

Eed = 2179 kN < Rd = 2256 kN

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	48 di 64

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro = 1500 (mm)

Raggio = 750 (mm)

Sforzo Normale = 2110 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo

C25/30

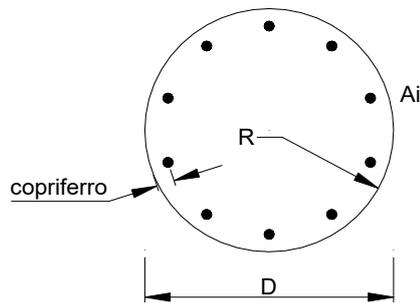
Rck = 30 (Mpa)

fck = 25 (Mpa)

$\gamma_c = 1.5$

$\alpha_{cc} = 0.85$

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



Acciaio

tipo di acciaio

B450C

$f_{yk} = 450$ (Mpa)

$\gamma_s = 1.15$

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

$E_s = 206000$ (Mpa)

$\epsilon_{ys} = 0.190\%$

$\epsilon_{uk} = 10.000\%$

Armature

numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
50	φ 30	35342.92	81
40	φ 30	28274.33	131
0	φ 8	0.00	30

calcolo

Momento di Plasticizzazione

$M_y = 12478.2$ (kN m)

Inserisci

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0703 003	REV. A	FOGLIO 49 di 64

9.4 Verifiche strutturali

Le sollecitazioni nei pali di fondazione vengono calcolate secondo lo schema statico di trave su suolo elastico alla Winkler con rotazione impedita in testa, di lunghezza complessiva pari alla lunghezza effettiva dei pali ed aventi la medesima inerzia del palo e larghezza pari al diametro del palo.

Per quanto riguarda il comportamento dei pali alle azioni orizzontali, si fa riferimento ad un modulo di reazione orizzontale del terreno variabile con la profondità, assunto pari a $k(z)=E(z)/d$ con $E(z)$ in accordo al capitolo 5.

Si considera la testa del palo coincidente con l'intradosso della platea di fondazione.

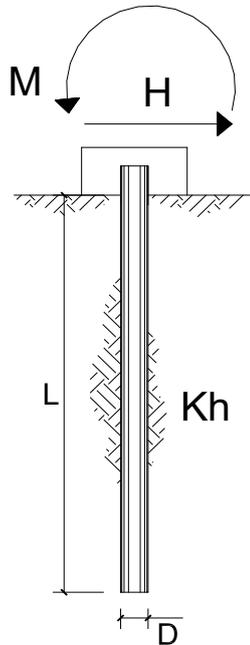
9.4.1 Spalla A

Di seguito si riporta il risultato del calcolo a mezzo del diagramma del fattore adimensionale $\alpha = Mz/T_0$ attribuendo al taglio agente testa palo un valore convenzionale di 100 kN. Il valore max di tale rapporto è risultato pari in questo caso a 2.12.

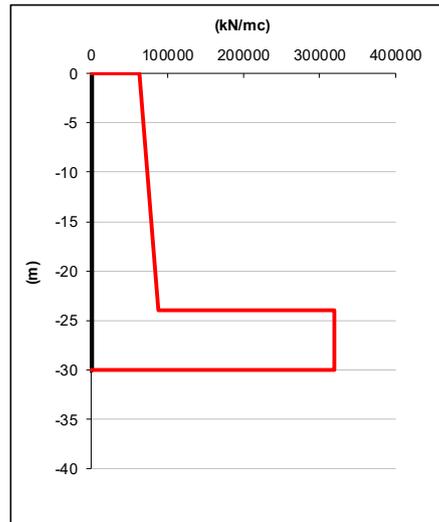
PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	50 di 64



scala grafico



strati terreno	descrizione	quote (m)	k_n (kN/m ³)	n_n (kN/m ³)
p.c.=strato 1	2	0.00	64000	1500
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	4	-24.00	320000	0
<input type="checkbox"/> strato 3				
<input type="checkbox"/> strato 4				
<input type="checkbox"/> strato 5				
<input type="checkbox"/> strato 6				

Diametro del palo 1.5 (m)
 J palo 0.24850 (m⁴)
 Lunghezza del palo 30 (m)
 Forza orizzontale in testa 100 (kN)
 Momento in testa 0 (kNm)
 E cls 31220 (Mpa)
 dimensione elementi 0.2 (m)

palo impedito di ruotare

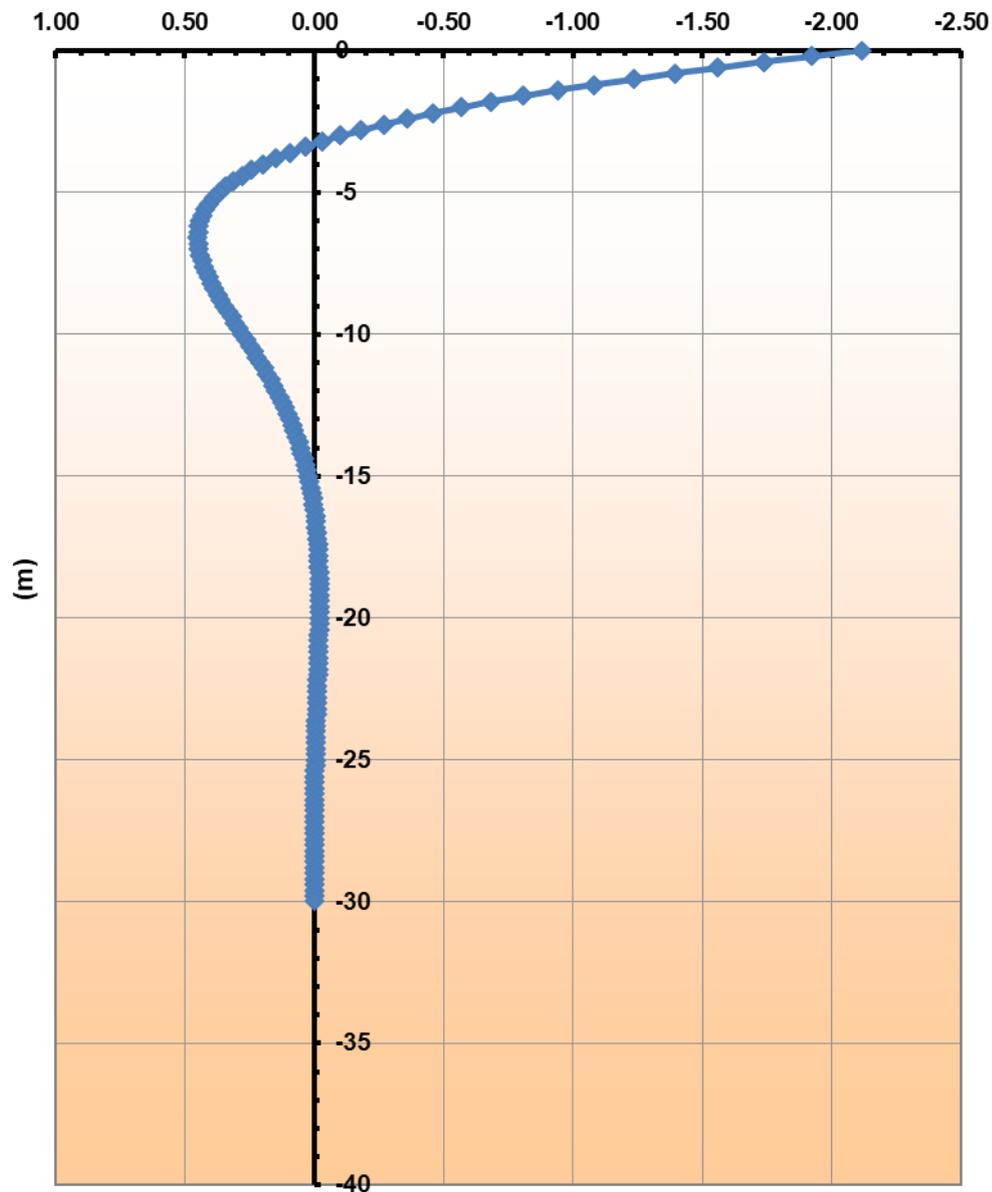
Calcolo
(ctrl+r)

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	51 di 64

Rapporto M_z/T_0



 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IV01</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>VI0703 003</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>52 di 64</p>

Calcolo delle sollecitazioni

SLE rara (per verifica tensionale)

N = 0 kN (conservativamente)

V = 1030 kN

M = 1030*2.12 = 2184 kNm

SLE Gr4 (per verifica apertura fessure)

N = 0 kN (conservativamente)

V = 869 kN

M = 869*2.12 = 1843 kNm

SLU-SLV

N = - 0 kN (conservativamente)

V = 1546 kN

M = 1546*2.12=3277 kNm

Verifiche

Descrizione armatura

Armatura longitudinale: 32 + 16 ø 30

Spirale: ø 14/10

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: palo 1500 spa A

Descrizione Sezione:	1500
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	53 di 64

Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.2	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.1	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.56	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	15.0	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	15.0	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.0	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.0	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.3	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Calcestruzzo: C25/30

Raggio circ.: 75.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.0	32	30
2	0.0	0.0	60.0	16	30

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	54 di 64

Passo staffe: 5.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.		
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate		
N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	3277.00	1546.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2184.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1843.00 (1197.11)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 7.7 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata						
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)						
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia						
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)						
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia						
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000						
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]						
N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	3277.00	0.00	6856.33	2.09	226.2(35.3)

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	55 di 64

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.312	0.0	75.0	0.00270	0.0	65.0	-0.00772	0.0	-65.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c, nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000080118	-0.002508876	0.312	0.830

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	8 mm
Passo staffe:	5.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. La resistenza delle travi è calcolata assumendo il valore di 0.9 Dmed come coppia interna. I pesi della media sono le lunghezze delle strisce.(Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con $L=lunghezza\ legatura\ proiezzata$ sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1546.00	3463.52	4088.56	120.1	131.2	2.500	1.000	14.6	38.7(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	56 di 64

As eff.		Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure							
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.89	0.0	0.0	-175.1	0.0	-65.0	2821	99.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}											
e1	Esito della verifica											
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]											
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]											
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]											
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]											
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa											
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]											
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]											
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]											
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]											
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00097	0.00000	0.500	30.0	85	0.00061 (0.00053)	434	0.264 (990.00)	1197.11	0.00	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.82	0.0	0.0	-147.8	0.0	-65.0	2821	99.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00082	0.00000	0.500	30.0	85	0.00047 (0.00044)	434	0.205 (0.40)	1197.11	0.00

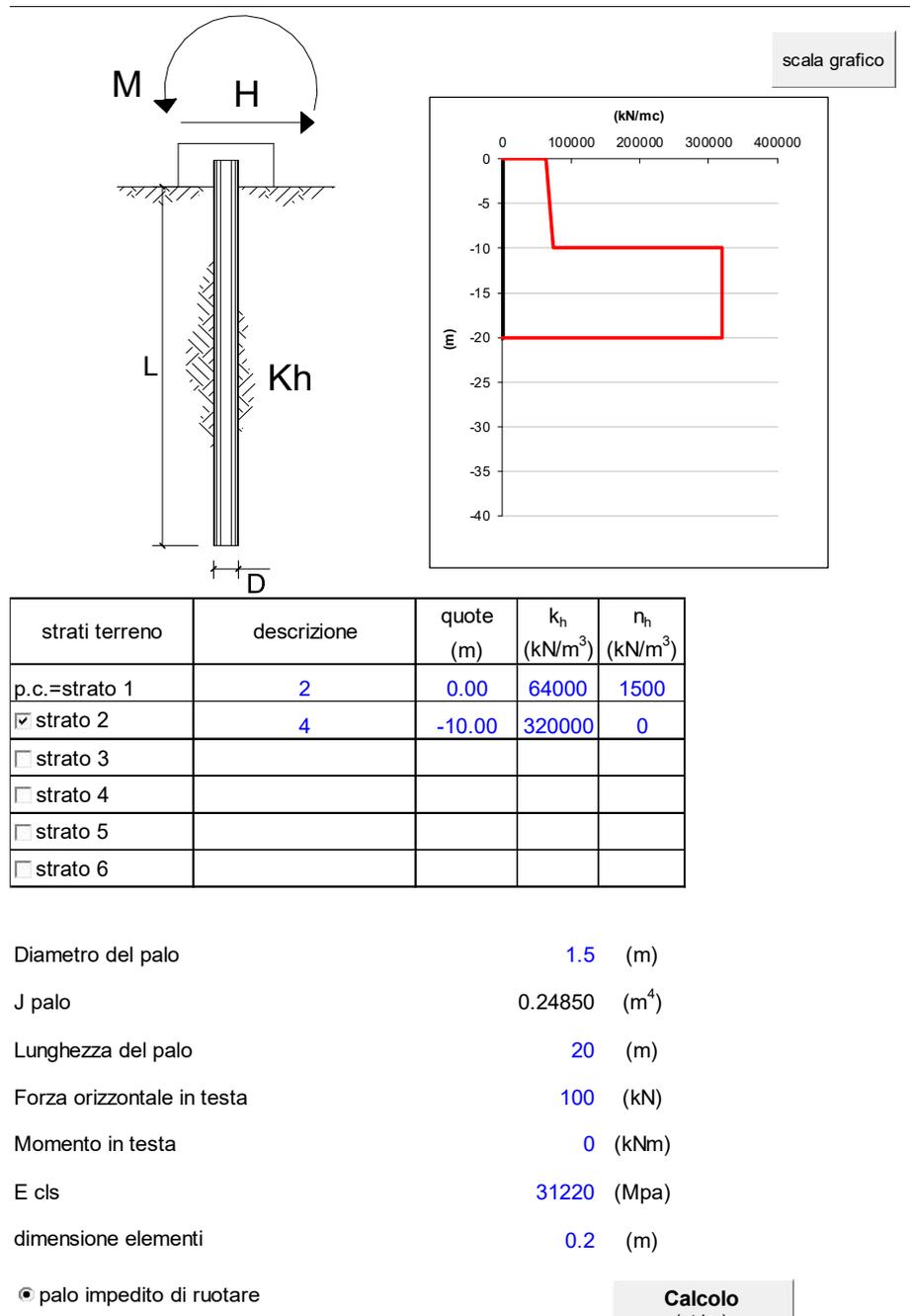
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	57 di 64

9.4.2 Spalla B

Di seguito si riporta il risultato del calcolo a mezzo del diagramma del fattore adimensionale $\alpha = Mz/To$ attribuendo al taglio agente testa palo un valore convenzionale di 100 kN. Il valore max di tale rapporto è risultato pari in questo caso a 2.12.

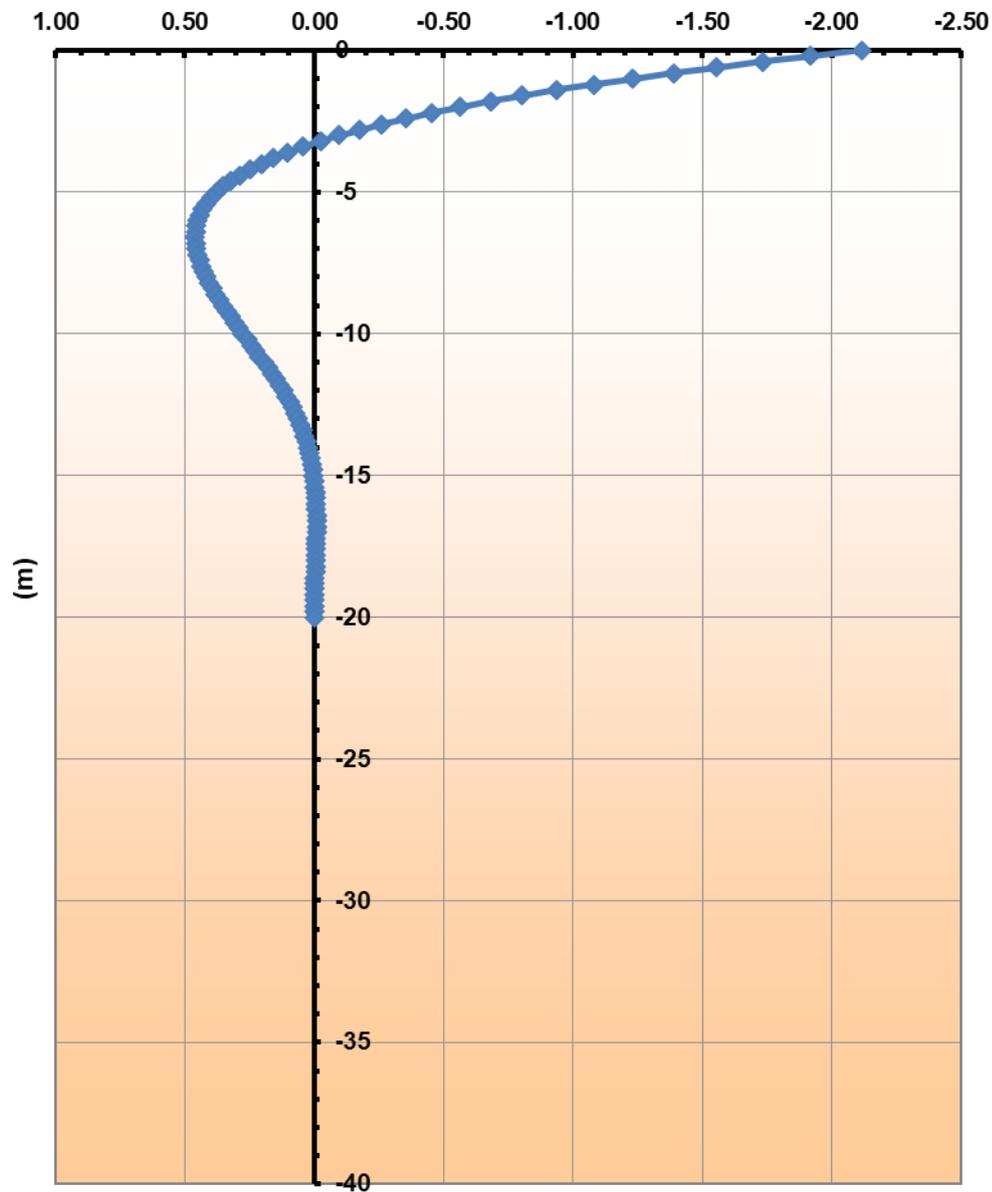


PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	58 di 64

Rapporto M_z/T_0



 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IV01</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>VI0703 003</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>59 di 64</p>

Calcolo delle sollecitazioni

SLE rara (per verifica tensionale)

$N = 0 \text{ kN}$ (conservativamente)

$V = 1451 \text{ kN}$

$M = 1451 * 2.12 = 3076 \text{ kNm}$

SLE Gr4 (per verifica apertura fessure)

$N = 0 \text{ kN}$ (conservativamente)

$V = 1103 \text{ kN}$

$M = 1103 * 2.12 = 2338 \text{ kNm}$

SLU-SLV

$N = - 0 \text{ kN}$ (conservativamente)

$V = 2179 \text{ kN}$

$M = 2179 * 2.12 = 4619 \text{ kNm}$

Verifiche

Descrizione armatura

Armatura longitudinale: 50 + 40 \varnothing 30

Spirale: \varnothing 14/10

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: palo 1500 spa B

Descrizione Sezione:	1500
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	60 di 64

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive
 Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.2 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.1 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.56 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	15.0 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	15.0 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Calcestruzzo: C25/30

Raggio circ.: 75.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.0	50	30
2	0.0	0.0	60.0	40	30

ARMATURE A TAGLIO

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	61 di 64

Diametro staffe: 8 mm
 Passo staffe: 5.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	4619.00	2179.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	3076.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2338.00 (1491.08)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.5 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.0 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 7.7 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
--------	-----	---	----	-------	--------	----------	---------

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	62 di 64

1	S	0.00	4619.00	0.00	11740.32	2.54	367.6(35.3)
---	---	------	---------	------	----------	------	-------------

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.379	0.0	75.0	0.00284	0.0	65.0	-0.00573	0.0	-65.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000065922	-0.001444157	0.379	0.914

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 8 mm
Passo staffe: 5.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = Vy ortogonale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. La resistenza delle travi è calcolata assumendo il valore di 0.9 Dmed come coppia interna. I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	2179.00	3546.02	4025.34	118.2	136.5	2.500	1.000	20.9	38.7(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	63 di 64

Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.74	0.0	0.0	-140.4	0.0	-65.0	2577	155.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k2 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00079	0.00000	0.500	30.0	85	0.00053 (0.00042)	374	0.196 (990.00)	1491.08	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.12	0.0	0.0	-106.7	0.0	-65.0	2577	155.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00060	0.00000	0.500	30.0	85	0.00036 (0.00032)	374	0.133 (0.40)	1491.08	0.00

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07

IV01 00 D 09 CL VI0703 003 A 64 di 64

10 ANALISI E VERIFICHE PILE

10.1 Sollecitazioni di verifica

Nella seguente tabella si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi strutturale.

Pila 3

SLU-STR-SOLL.-TOTALI-NEL-BARICENTRO-DELLA-PALIFICATA											
scalzamento con Tr=1						scalzamento con Tr=200					
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	n°	kN	kN	kN	kNm	kNm
A1--SLU--N-max-gr.1	117205	2556	1717	33527	30765	A1--SLU--N-max-gr.1	117205	3146	2307	41108	37493
A1--SLU--MT-max-gr.1	117205	2556	1717	33527	30765	A1--SLU--MT-max-gr.1	117205	3146	2307	41108	37493
A1--SLU--ML-max-gr.1	109847	2695	378	4394	44117	A1--SLU--ML-max-gr.1	109847	11741	967	11975	50845
A1--SLU--N-max-gr.3	117205	3991	1637	32171	48699	A1--SLU--N-max-gr.3	117205	12039	2227	39752	55427
A1--SLU--MT-max-gr.3	117205	3991	1637	32171	48699	A1--SLU--MT-max-gr.3	117205	3773	2227	39752	55427
A1--SLU--ML-max-gr.3	109847	4129	298	3038	62051	A1--SLU--ML-max-gr.3	109847	3911	888	10620	68779
A1--SLU--Vento ponte scarico	98157	397	2537	40437	3779	A1--SLU--Vento ponte scarico	98157	179	3127	48019	10507
A1--SLU--G _{min} --N-max-gr.1	117205	2556	1717	33527	30765	A1--SLU--G _{min} --N-max-gr.1	117205	2338	2307	41108	37493
A1--SLU--G _{min} --MT-max-gr.1	117205	2556	1717	33527	30765	A1--SLU--G _{min} --MT-max-gr.1	117205	2338	2307	41108	37493
A1--SLU--G _{min} --ML-max-gr.1	109847	2695	378	4394	44117	A1--SLU--G _{min} --ML-max-gr.1	109847	2477	967	11975	50845
A1--SLU--G _{min} --N-max-gr.3	117205	3991	1637	32171	48699	A1--SLU--G _{min} --N-max-gr.3	117205	3773	2227	39752	55427
A1--SLU--G _{min} --MT-max-gr.3	117205	3991	1637	32171	48699	A1--SLU--G _{min} --MT-max-gr.3	117205	3773	2227	39752	55427
A1--SLU--G _{min} --ML-max-gr.3	109847	4129	298	3038	62051	A1--SLU--G _{min} --ML-max-gr.3	109847	3911	888	10620	68779
A1--SLU--G _{min} --Vento ponte scarico	98157	397	2537	40437	3779	A1--SLU--G _{min} --Vento ponte scarico	98157	179	3127	48019	10507

SIS-Q=1.36-SOLL.-TOTALI-NEL-BARICENTRO-DELLA-PALIFICATA					
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLV--N-max	80320	6304	5729	78684	65196
SLV--MT-max-gr.1	74975	6304	19046	260317	65196
SLV--ML-max-gr.1	73960	19621	5729	78217	201509
SLV--MT-max-gr.3	70394	6304	19046	260317	65196
SLV--ML-max-gr.3	69379	19621	5729	78217	201509
SLV--N-min	65049	6304	5729	78684	65196

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	65 di 64

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
 fondazioni – VI07**
SLE RARA SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

scalzamento con Tr=1					
C.C.	N	T_x	T_y	M_x	M_y
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLE rara - N max gr.1	83194	1814	1148	22569	21877
SLE rara - MT max gr.1	83194	1814	1148	22569	21877
SLE rara - ML max gr.1	78119	1906	255	2992	31047
SLE rara - N max gr.3	83194	2864	1093	21634	35002
SLE rara - MT max gr.3	83194	2864	1093	21634	35002
SLE rara - ML max gr.3	78119	2956	200	2057	44172
SLE rara - Vento ponte scarico	70057	253	1109	17050	2370

SLE RARA GR 4 SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

scalzamento con Tr=1					
C.C.	N	T_x	T_y	M_x	M_y
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLE RARA.- N max gr.4	66555	2444	1126	21261	29752
SLE RARA.- MT max gr.4	66555	2444	1126	21261	29752
SLE RARA.- ML max gr.4	62495	2536	233	2618	37310

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	66 di 64

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
 fondazioni – VI07**
Pila 4

scalzamento con Tr=1	N	T _x	T _y	M _x	M _y	scalzamento con Tr=200	N	T _x	T _y	M _x	M _y
C.C.	kN	kN	kN	kNm	kNm	C.C.	kN	kN	kN	kNm	kNm
n°						n°					
A1~SLU~N max gr.1	127579	2430	1504	29821	30108	A1~SLU~N max gr.1	127579	2725	1756	30319	35935
A1~SLU~MT max gr.1	127579	2430	1461	29821	30108	A1~SLU~MT max gr.1	127579	2971	1756	30319	35935
A1~SLU~ML max gr.1	120222	2606	251	2846	43910	A1~SLU~ML max gr.1	120222	3147	546	3344	49737
A1~SLU~N max gr.3	127579	3864	1381	28465	48042	A1~SLU~N max gr.3	127579	10480	1677	28963	53869
A1~SLU~MT max gr.3	127579	3864	1381	28465	48042	A1~SLU~MT max gr.3	127579	3773	1677	28963	53869
A1~SLU~ML max gr.3	120222	4040	171	1490	61844	A1~SLU~ML max gr.3	120222	3949	467	1988	67671
A1~SLU~Vento ponte scarico	108532	271	2108	33813	3122	A1~SLU~Vento ponte scarico	108532	179	2404	34312	8948
A1~SLU~Gmin~N max gr.1	127579	2430	1461	29821	30108	A1~SLU~Gmin~N max gr.1	127579	2338	1756	30319	35935
A1~SLU~Gmin~MT max gr.1	127579	2430	1461	29821	30108	A1~SLU~Gmin~MT max gr.1	127579	2338	1756	30319	35935
A1~SLU~Gmin~ML max gr.1	120222	2606	251	2846	43910	A1~SLU~Gmin~ML max gr.1	120222	2514	546	3344	49737
A1~SLU~Gmin~N max gr.3	127579	3864	1381	28465	48042	A1~SLU~Gmin~N max gr.3	127579	3773	1677	28963	53869
A1~SLU~Gmin~MT max gr.3	127579	3864	1381	28465	48042	A1~SLU~Gmin~MT max gr.3	127579	3773	1677	28963	53869
A1~SLU~Gmin~ML max gr.3	120222	4040	171	1490	61844	A1~SLU~Gmin~ML max gr.3	120222	3949	467	1988	67671
A1~SLU~Gmin~Vento ponte scarico	108532	271	2108	33813	3122	A1~SLU~Gmin~Vento ponte scarico	108532	179	2404	34312	8948

sis-q=1.36-SOLL.-TOTALI-NEL-BARICENTRO-DELLA-PALIFICATA

C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLV~N max	88083	6413	5837	80521	66547
SLV~MT max gr.1	82255	6413	19406	266442	66547
SLV~ML max gr.1	81240	19981	5837	80054	206013
SLV~MT max gr.3	77260	6413	19406	266442	66547
SLV~ML max gr.3	76245	19981	5837	80054	206013
SLV~N min	71432	6413	5837	80521	66547

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	67 di 64

Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07

***sle rara SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA
PALIFICATA***

scalzamento con Tr=1					
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLE rara - N max gr.1	90266	1729	978	20099	21439
SLE rara - MT max gr.1	90266	1729	978	20099	21439
SLE rara - ML max gr.1	85192	1846	171	1959	30910
SLE rara - N max gr.3	90266	2779	923	19164	34564
SLE rara - MT max gr.3	90266	2779	923	19164	34564
SLE rara - ML max gr.3	85192	2896	116	1024	44035
SLE rara - Vento ponte scarico	77130	168	900	13950	1932

sle RARA GR 4 SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

scalzamento con Tr=1					
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLE RARA.- N max gr.4	72213	2359	956	18791	29314
SLE RARA.- MT max gr.4	72213	2359	956	18791	29314
SLE RARA.- ML max gr.4	68154	2476	149	1585	37172

PROGETTO DEFINITIVO

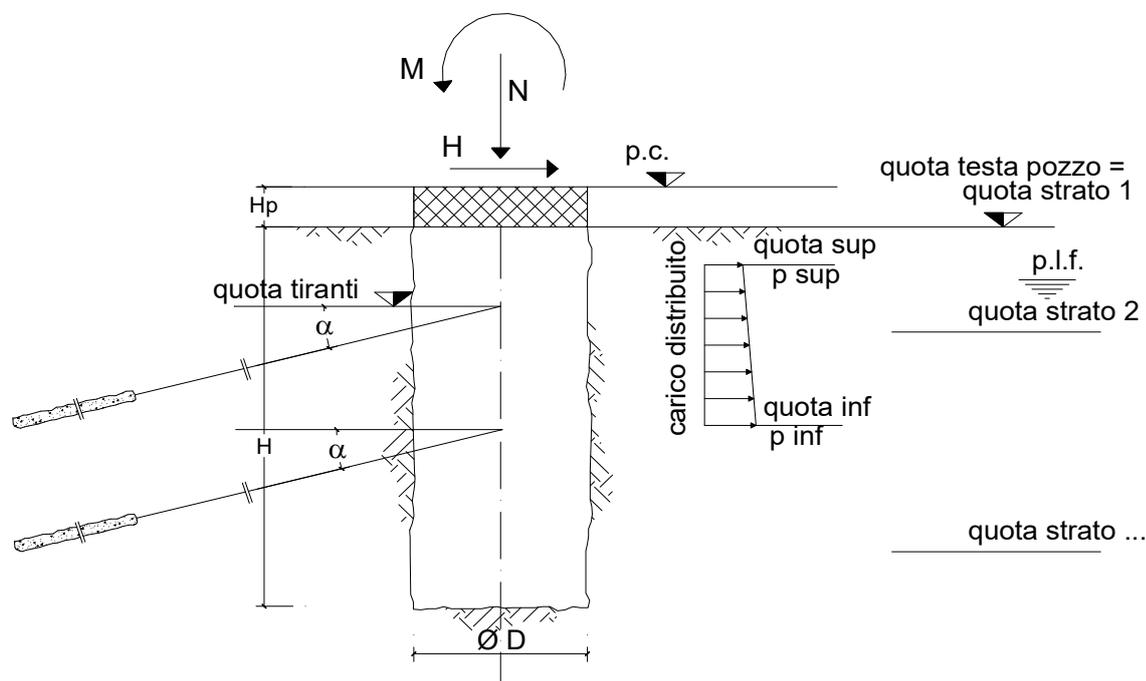
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	68 di 64

Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07

10.2 Verifiche stabilità comportamento a pozzo Pila 3

10.2.1 Analisi SLV

opera: *pila 3 slv*



parametri geotecnici caratteristici fusto

strati terreno	quote (m)	descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	c_u (kPa)	k_h (kN/m ³)	η_h (kN/m ⁴)
p.c.=strato 1	0.00	uni 2	20.0	20.0	35	0	0	1000	1500
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	-6.50	uni 2	20.0	20.0	35	0	0	10750	1500
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	-17.00	uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	-20.00	uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000	0
<input type="checkbox"/> strato 5									
<input type="checkbox"/> strato 6									

parametri geotecnici caratteristici base

descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kPa)	c_u (kPa)	k_v (kN/m ³)
uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000

quota falda 0.00 (m)

γ_{acqua} 10 (kN/m³)

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	69 di 64

geometria pozzo

Altezza pozzo	20.00	(m)
diámetro pozzo	13.00	(m)
inerzia pozzo	1401.98	(m ⁴)
modulo elastico cls	12000	(MN/m ²)
peso specifico cls	22	(kN/m ³)
EI	1.68E+10	(kN m ²)
spessore plinto Hp	0.00001	(m)
peso plinto	0	(kN)

tiranti	quote (m)	EAVL (kN/m ²)	α (°)	N _n (kN/m)
<input type="checkbox"/> Tirante 1	-1.00	1890	20	100
<input type="checkbox"/> Tirante 2	-3.00	2940	10	200
<input type="checkbox"/> Tirante 3	-6.00	2940	10	300

carichi distribuiti	quota sup. (m)	p sup (kN/m)	quota inf. (m)	p inf (kN/m)
<input type="checkbox"/>	-4	1500	-22	1500

coefficienti parziali

			azioni		proprietà del terreno			resistenze
			permanenti	temporanee variabili	tan ϕ'	c'	c _u	q _{lim}
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	2.30
	SISMA	⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	
Definiti dal Progettista	○		1.10	1.10	1.10	1.10	1.00	3.00

	Azioni alla base della pila	
	permanenti	temporanee
N [kN]	74975.0	0.0
M [kNm]	-268357.0	0.0
H [kN]	20062.2	0.0

Mx	65196
My	260317
Tx	19046
Ty	6304

azioni di calcolo in testa al pozzo	
N [kN]	74975.0
M [kNm]	-268357.2
H [kN]	20062.2

parametri geotecnici di calcolo fusto

strati terreno	quote (m)	descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	k _n (kN/m ³)	n _h (kN/m ⁴)	kp	ka
p.c.=strato 1	0.00	uni 2	20.0	20.0	35.00	0.00	0.00	1000	1500	3.69	0.27
strato 2	-6.50	uni 2	20.0	20.0	35.00	0.00	0.00	10750	1500	3.69	0.27
strato 3	-17.00	uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0.00	85000	0	2.46	0.41
strato 4	-20.00	uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0.00	85000	0	2.46	0.41
strato 5											
strato 6											

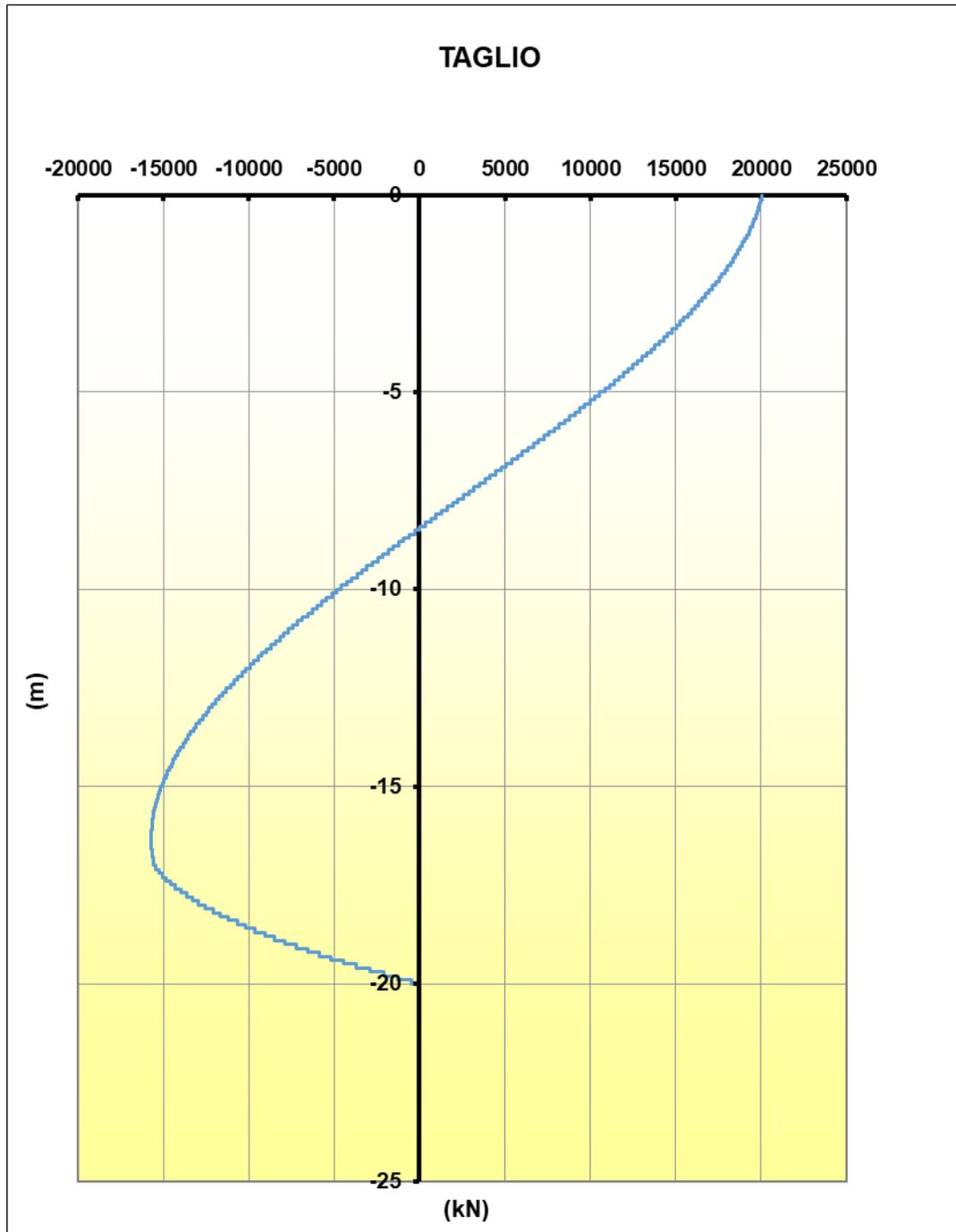
parametri geotecnici di calcolo base

descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	k _v (kN/m ³)
uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0	85000

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

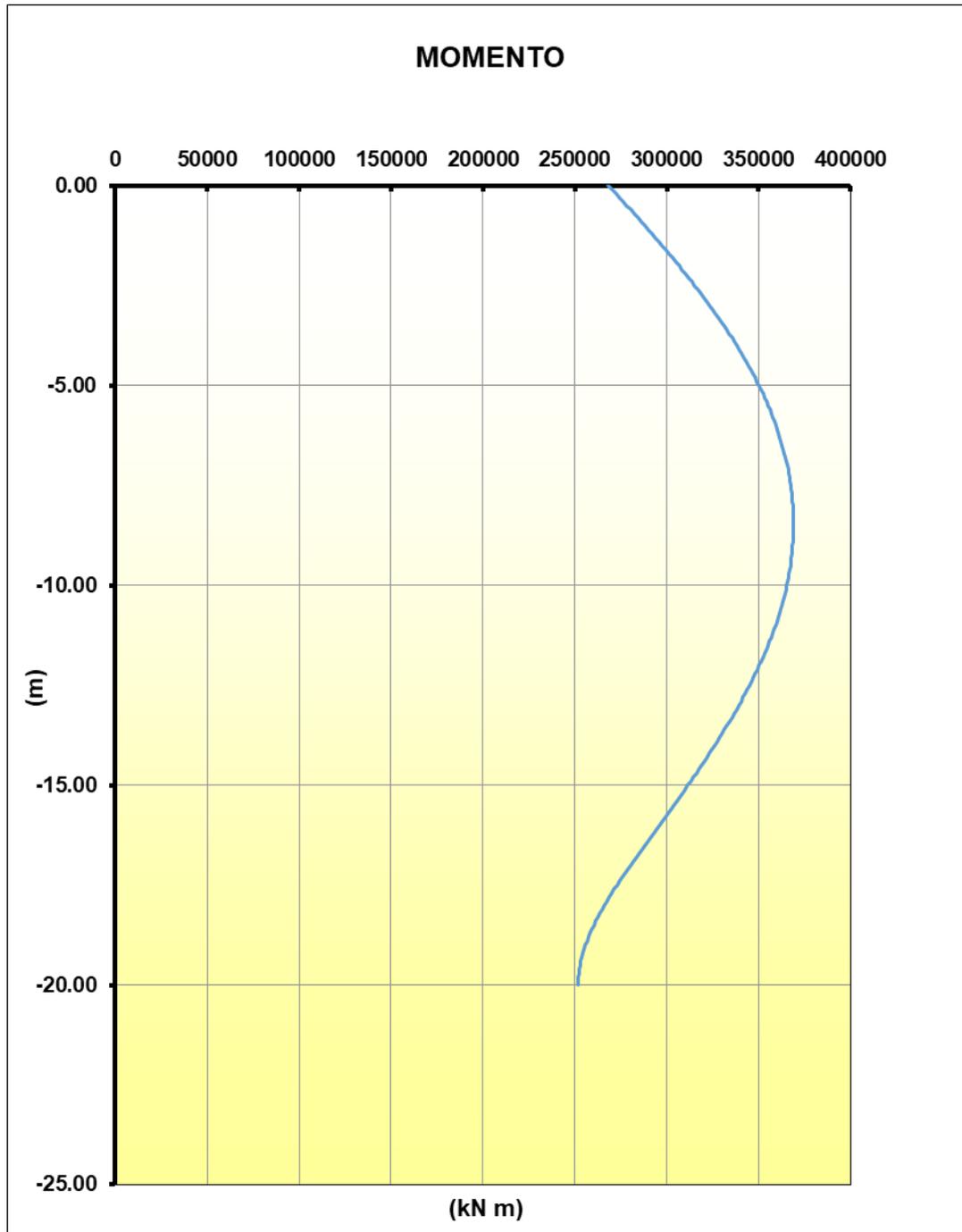
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	70 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

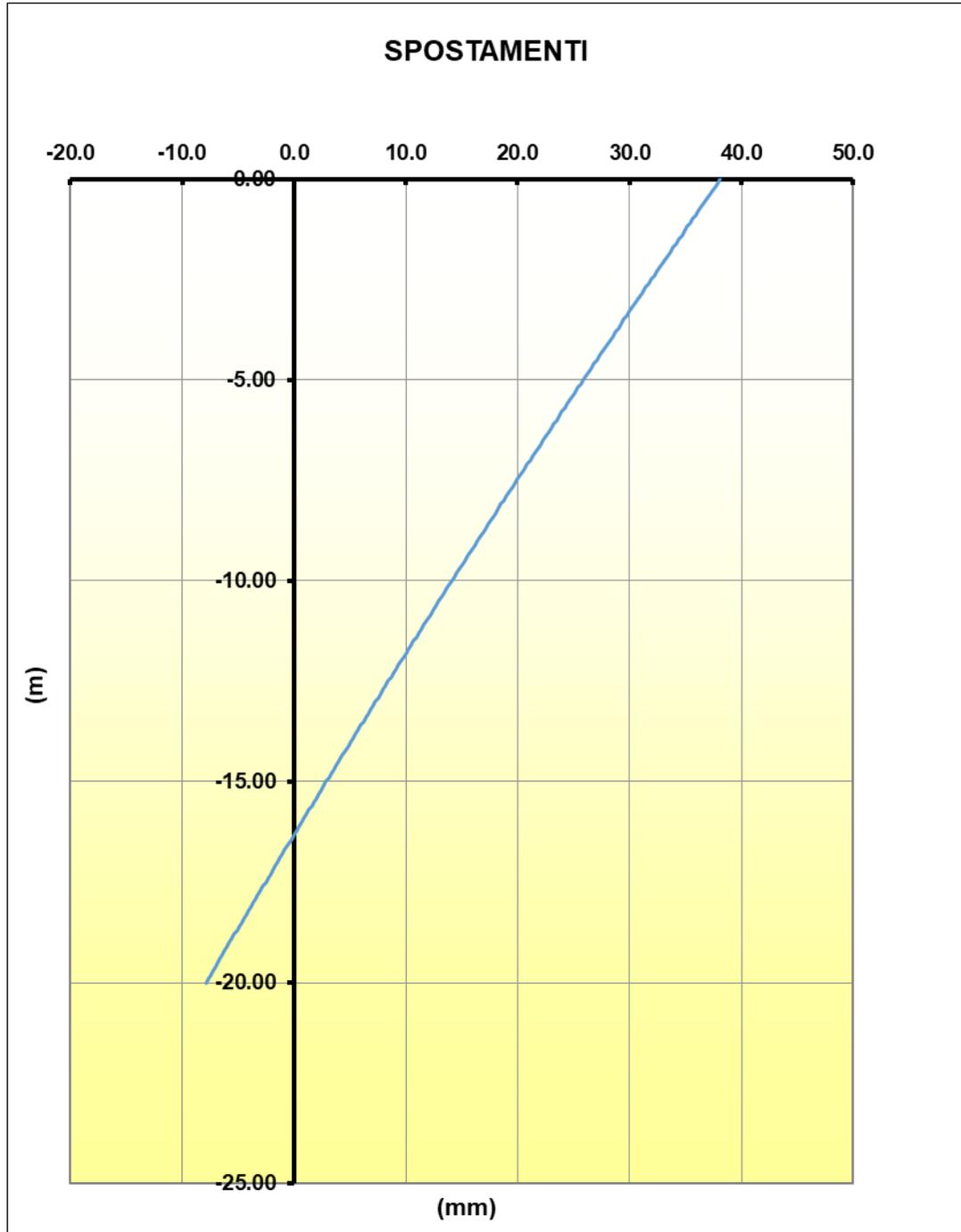
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	71 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

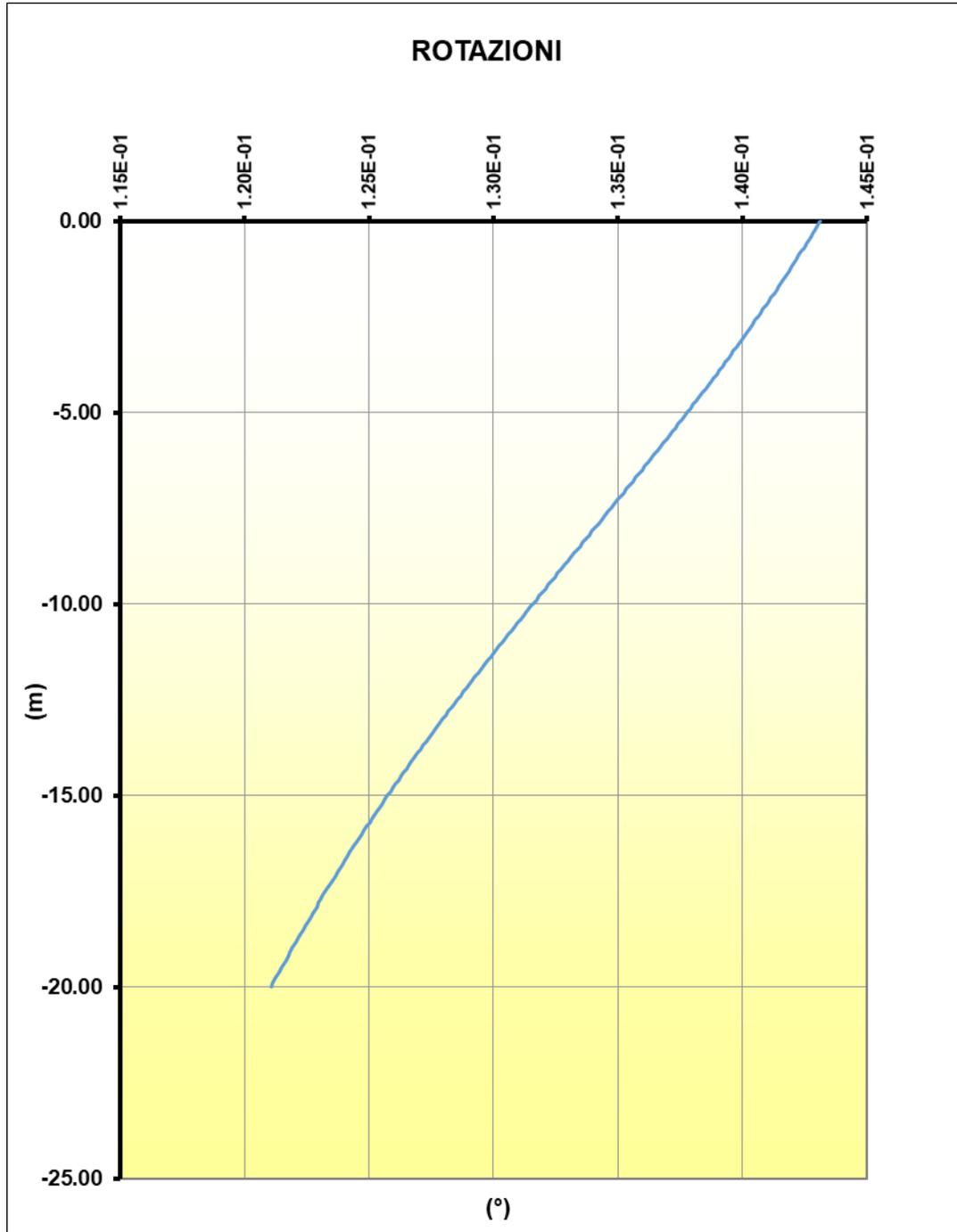
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	72 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

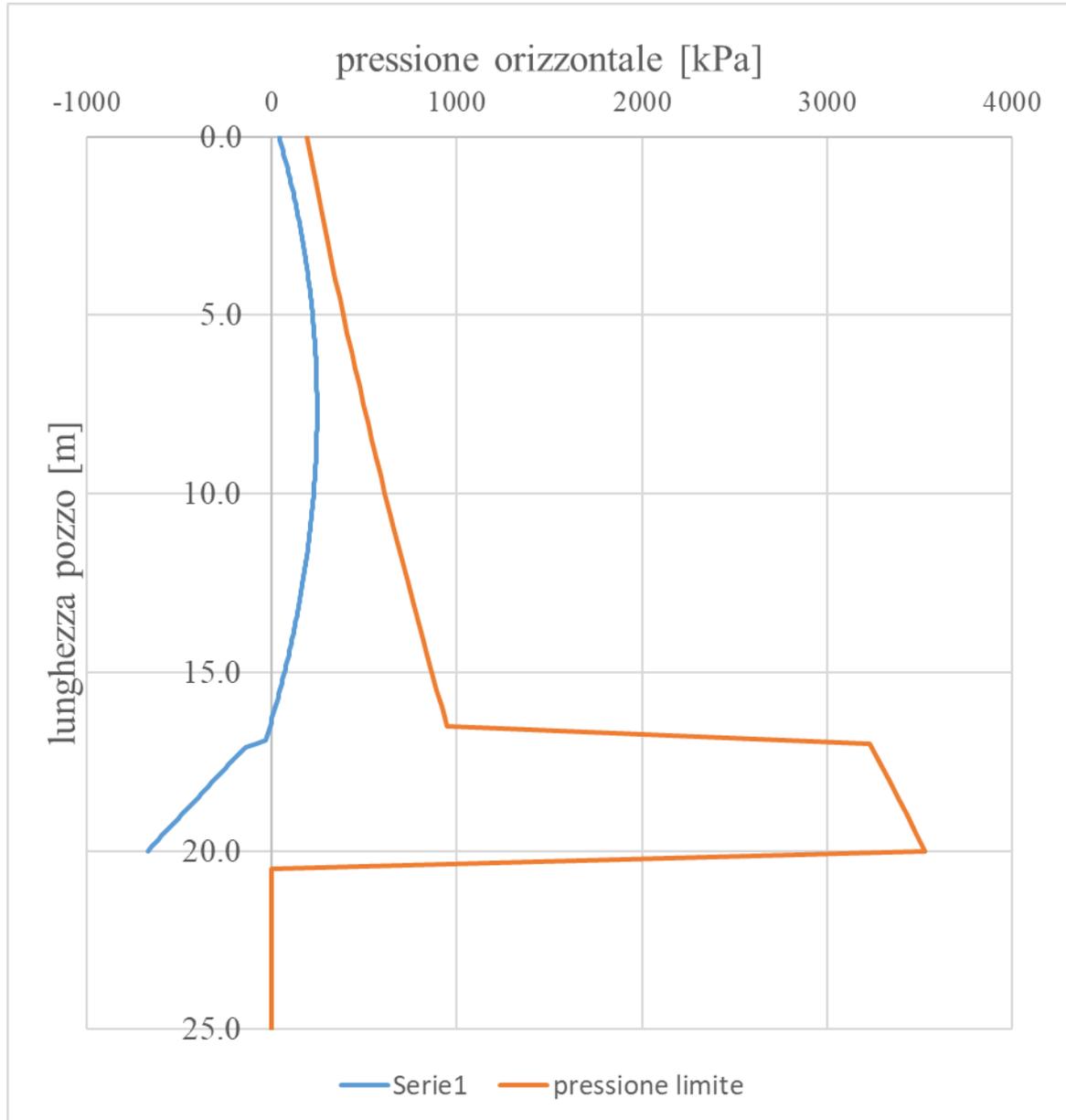
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	73 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	74 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	75 di 64

Sollecitazioni alla base del pozzo

$$N_b = 133377.24 \quad (\text{kN})$$

$$M_b = 251781.43 \quad (\text{kNm})$$

Sottospinta idrostatica alla base del pozzo

$$N_w = 26546.46 \quad (\text{kN})$$

Pressioni verticali alla base del pozzo

$$\sigma_{zmax} = (N_b - N_w) / A_b + (3DH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmin} = (N_b - N_w) / A_b - (3DH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmax} = 1972.19 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\sigma_{zmin} = -362.47 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICHE GEOTECNICHE

Capacità portante limite

$$q_{lim} = c'N_{csc} + qN_{qsq} + 0,5\gamma BN\gamma s\gamma$$

$$q_{lim} = c_u N_c s_c + q$$

$$q = 213.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$N_q = 10.66 \quad (-)$$

$$N_c = 20.72 \quad (-)$$

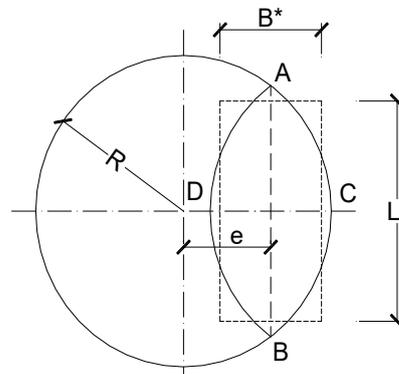
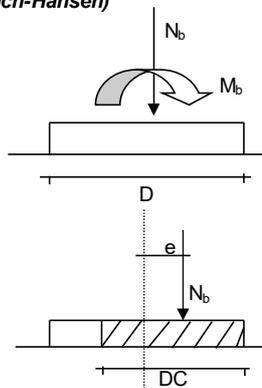
$$N_\gamma = 10.88 \quad (-)$$

$$s_c = 1 + (B/L) * (N_q / N_c)$$

$$s_q = 1 + (B/L) * \tan(j')$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 * (B/L)$$

(Brinch-Hansen)



$$DC = 2(R - e)$$

$$AB = \sqrt{R^2 - e^2}$$

$$\frac{AB}{CD} = \frac{L^*}{B^*}$$

$$h' = R - e$$

$$B^* \cdot L^* = A^* = 2 \left(R^2 \cos^{-1} \left(\frac{R - h'}{R} \right) - (R - h') \sqrt{2Rh' - h'^2} \right)$$

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	76 di 64

$$e = 1.89 \quad (\text{m})$$

$$h' = 4.61 \quad (\text{m})$$

$$A^* = 84.35 \quad (\text{m}^2)$$

$$L^* = 10.67 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 7.91 \quad (\text{m})$$

$$B^*/L^* = 0.74 \quad (\text{m})$$

$$sc = 1.382 \quad (-)$$

$$sq = 1.346 \quad (-)$$

$$s\gamma = 0.703 \quad (-)$$

$$q_{lim} = 14952.93 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Sforzo Verticale limite nel terreno

$$N_{lim} = q_{lim} \cdot A^*$$

$$N_{lim} = 1261280.32 \quad (\text{kN})$$

Sforzo Verticale massimo nel terreno

$$N_b - N_w = 106830.78 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di Sicurezza

$$F_s = N_{lim} / (N_b - N_w)$$

$$F_s = 11.81 \quad \geq \quad 2.3$$

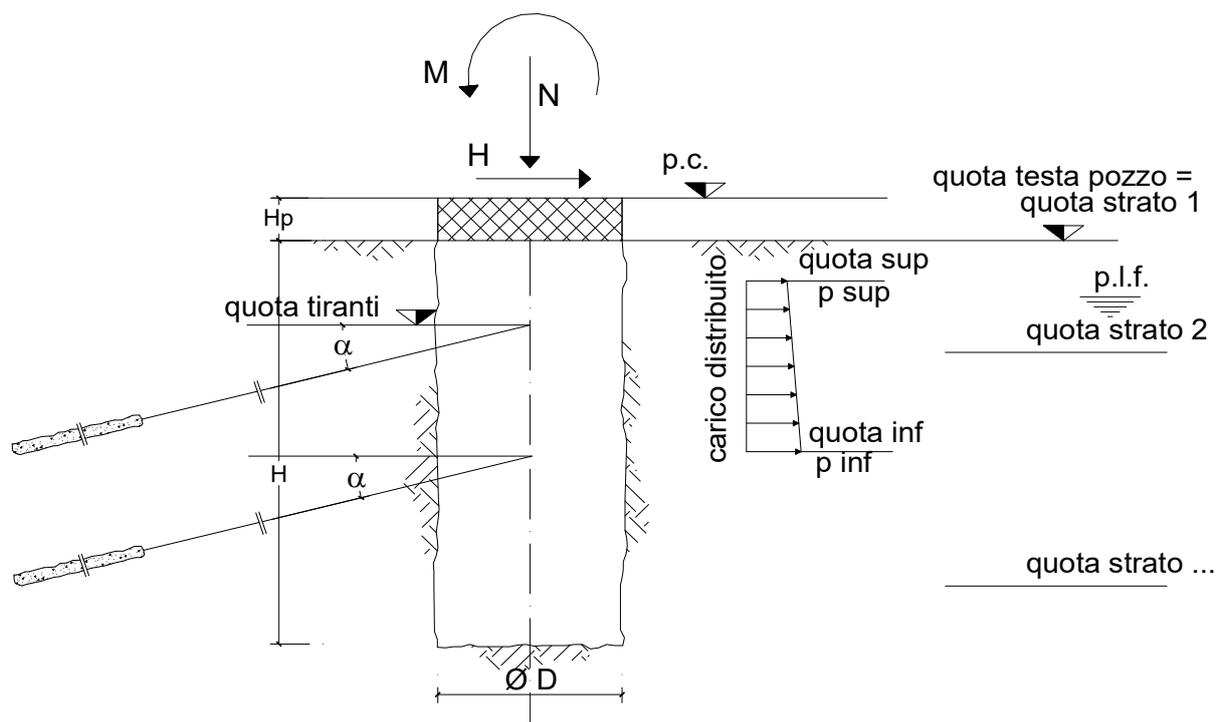
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	77 di 64

10.2.2 Analisi SLU Tr=1 anno

opera: **pila 3 tr1**



parametri geotecnici caratteristici fusto

strati terreno	quote (m)	descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	φ (°)	c' (kPa)	c_u (kPa)	k_h (kN/m ³)	n_h (kN/m ⁴)
p.c.=strato 1	0.00	uni 2	20.0	20.0	1	0	0	1	1
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	-6.50	uni 2	20.0	20.0	35	0	0	10000	1500
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	-17.00	uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	-20.00	uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000	0
<input type="checkbox"/> strato 5									
<input type="checkbox"/> strato 6									

parametri geotecnici caratteristici base

descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	φ (°)	c (kPa)	c_u (kPa)	k_v (kN/m ³)
uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000

quota falda 0.00 (m)

γ_{acqua} 10 (kN/m³)

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	78 di 64

geometria pozzo

Altezza pozzo	20.00	(m)
diametro pozzo	13.00	(m)
inerzia pozzo	1401.98	(m ⁴)
modulo elastico cls	12000	(MN/m ²)
peso specifico cls	22	(kN/m ³)
EI	1.68E+10	(kN m ²)
spessore plinto Hp	0.00001	(m)
peso plinto	0	(kN)

tiranti	quote (m)	EA/L (kN/m ²)	α (°)	N _n (kN/m)
<input type="checkbox"/> Tirante 1	-1.00	1890	20	100
<input type="checkbox"/> Tirante 2	-3.00	2940	10	200
<input type="checkbox"/> Tirante 3	-6.00	2940	10	300

<input type="checkbox"/> carichi distribuiti	quota sup. (m)	p sup (kN/m)	quota inf. (m)	p inf (kN/m)
	-4	1500	-22	1500

coefficienti parziali

			azioni		proprietà del terreno			resistenze
			permanenti	temporanee variabili	tan ϕ'	c'	c _u	q _{lim}
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	2.30
	SISMA	●	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	
Definiti dal Progettista	○	1.10	1.10	1.10	1.10	1.00	3.00	

Azioni alla base della pila		
	permanenti	temporanee
N [kN]	117205.0	0.0
M [kNm]	-58365.8	0.0
H [kN]	4313.7	0.0

Mx	48699
My	32171
Tx	3991
Ty	1637

azioni di calcolo in testa al pozzo	
N [kN]	117205.0
M [kNm]	-58365.8
H [kN]	4313.7

parametri geotecnici di calcolo fusto

strati terreno	quote (m)	descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	k _n (kN/m ³)	η_h (kN/m ⁴)	k _p	k _a
p.c.=strato 1	0.00	uni 2	20.0	20.0	1.00	0.00	0.00	1	1	1.04	0.97
strato 2	-6.50	uni 2	20.0	20.0	35.00	0.00	0.00	10000	1500	3.69	0.27
strato 3	-17.00	uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0.00	85000	0	2.46	0.41
strato 4	-20.00	uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0.00	85000	0	2.46	0.41
strato 5											
strato 6											

parametri geotecnici di calcolo base

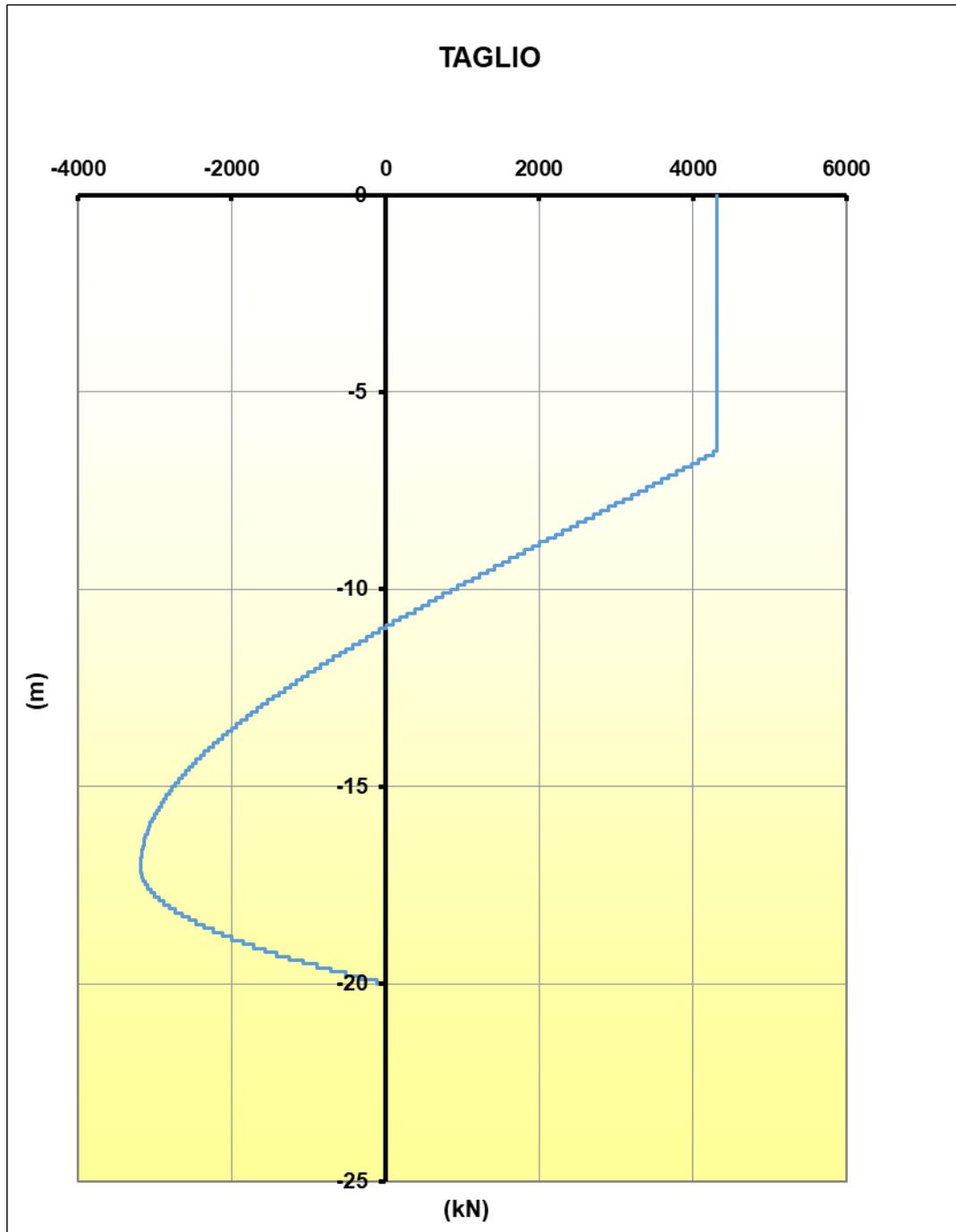
descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	k _v (kN/m ³)
uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0	85000

Calcolo

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

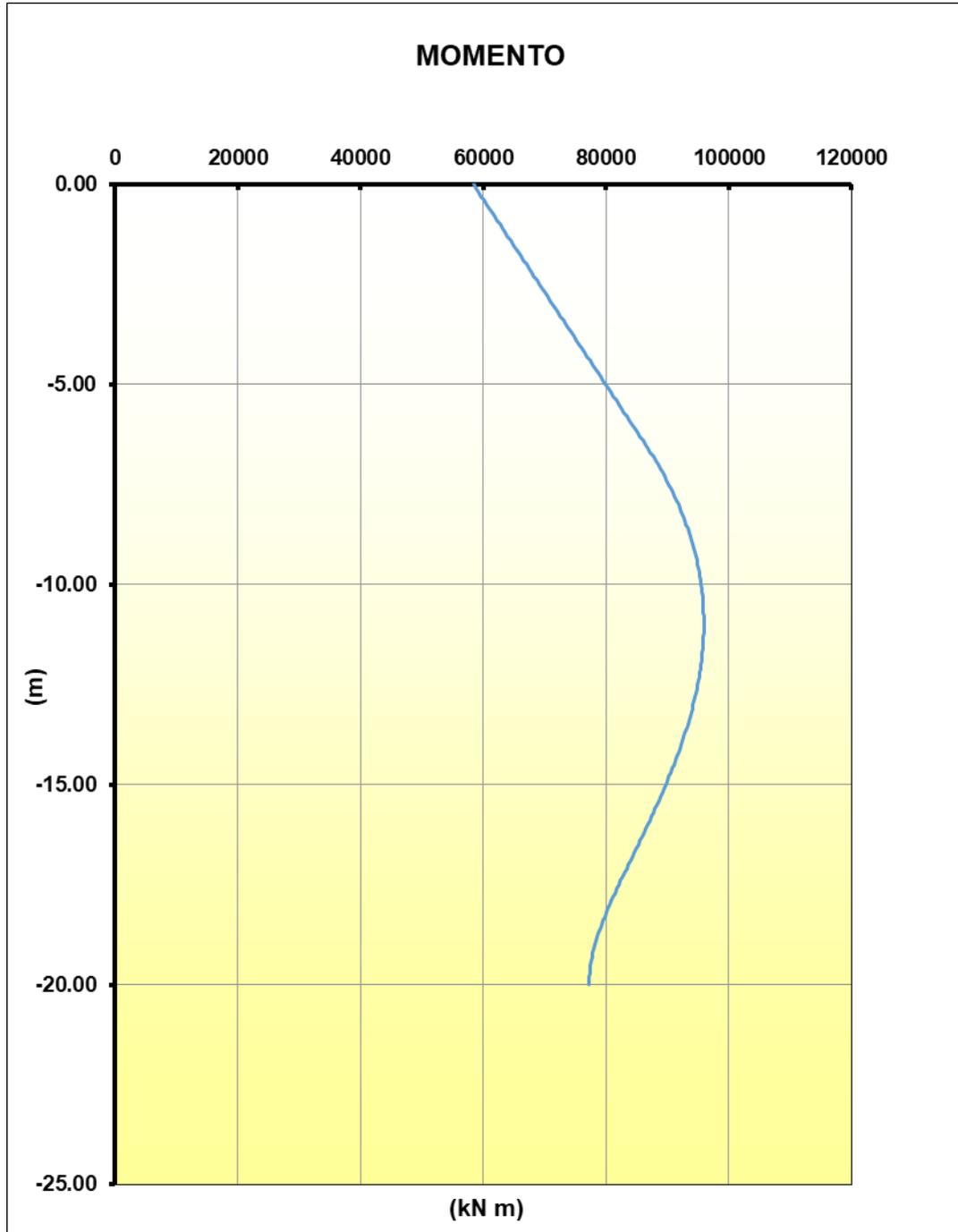
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	79 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

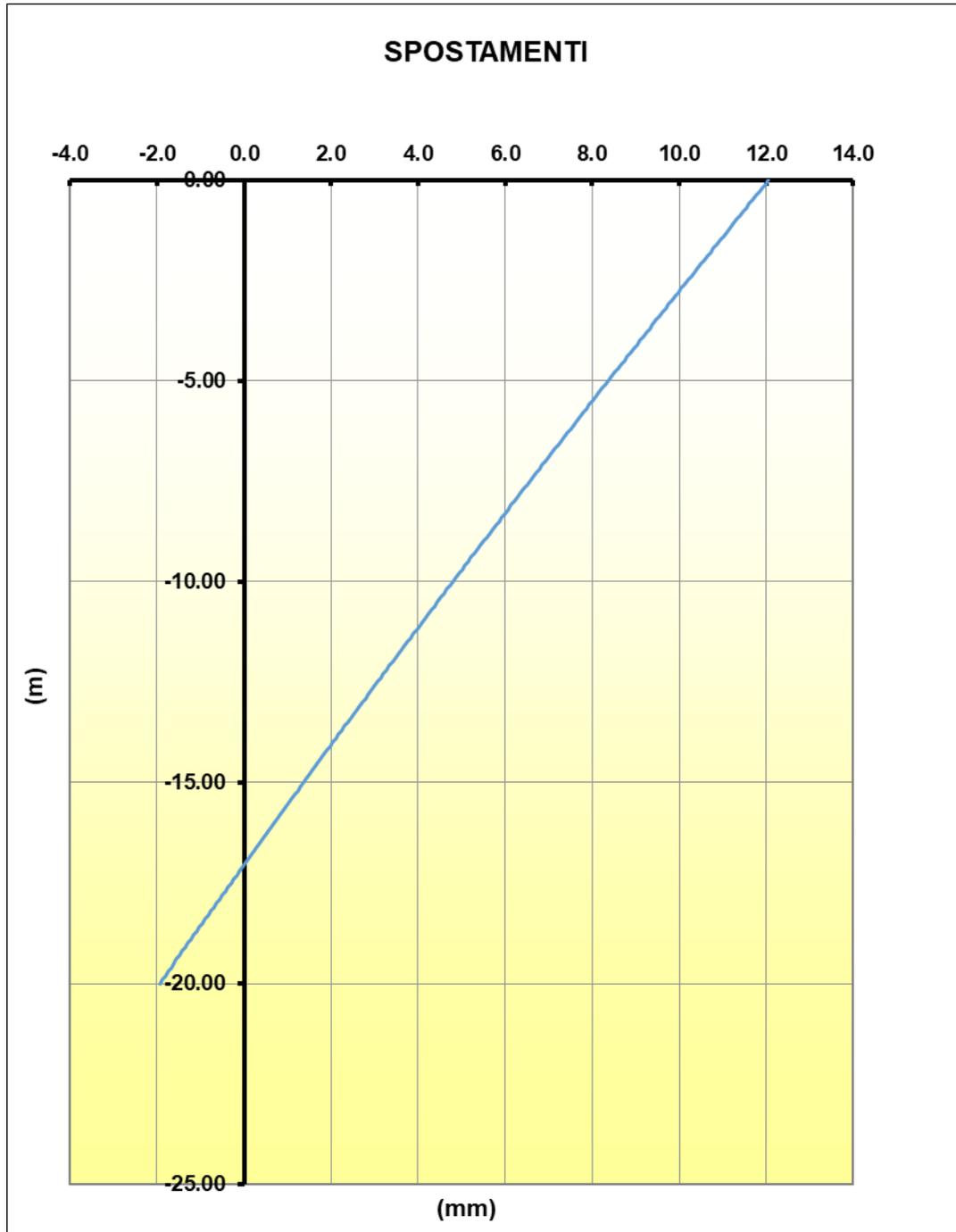
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	80 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

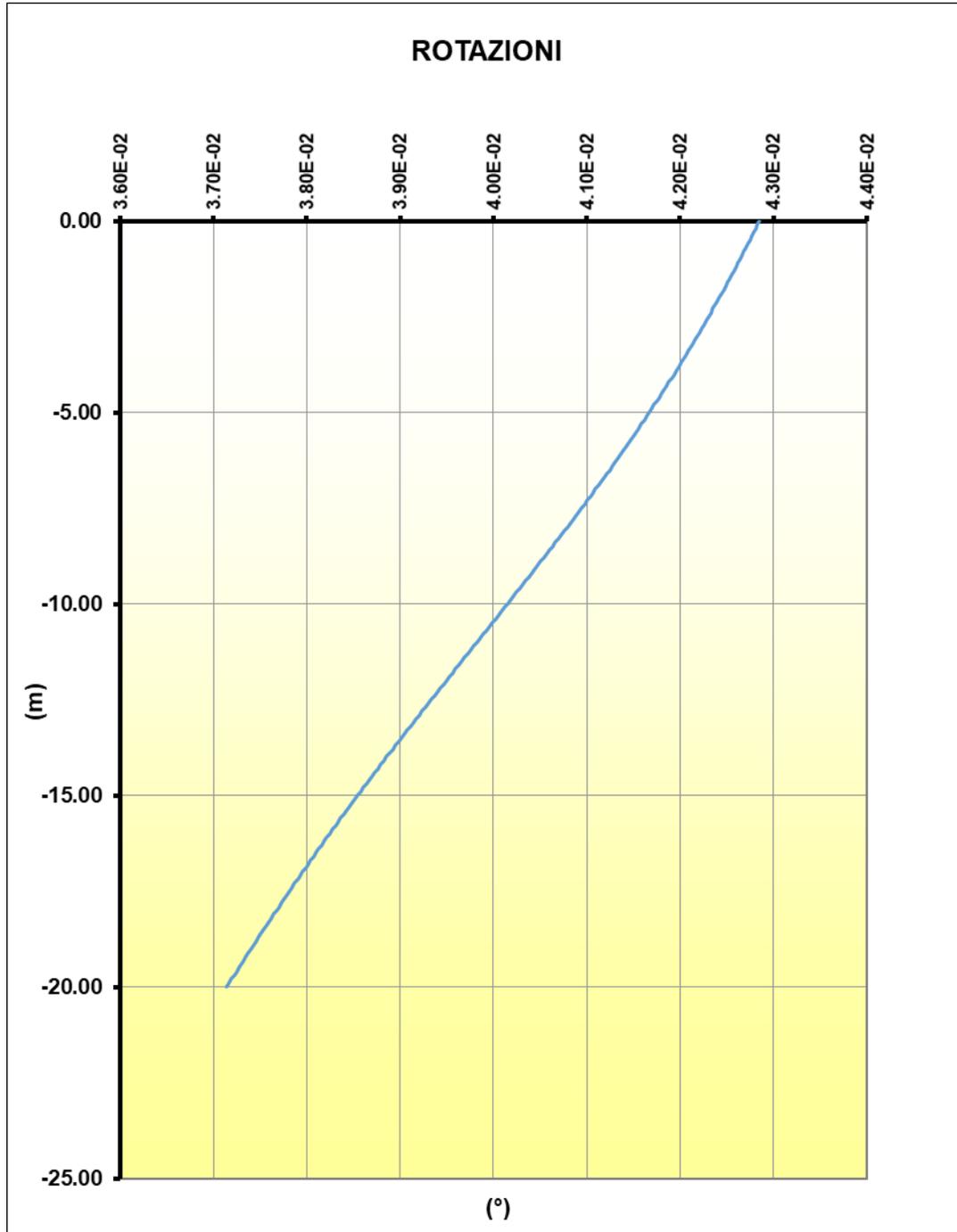
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	81 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

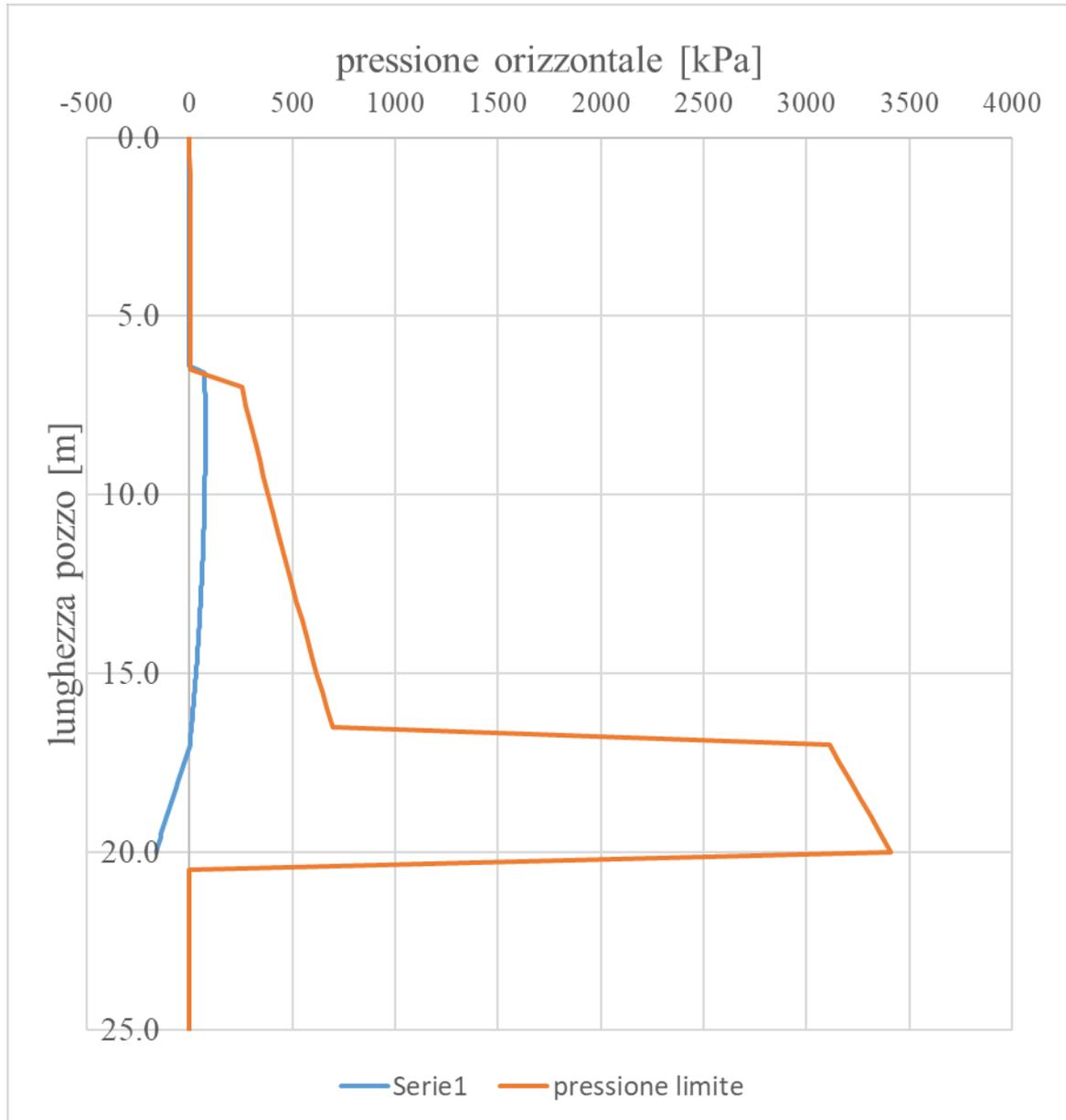
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	82 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	83 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	84 di 64

Sollecitazioni alla base del pozzo

$$N_b = 175607.24 \quad (\text{kN})$$

$$M_b = 77248.18 \quad (\text{kNm})$$

Sottospinta idrostatica alla base del pozzo

$$N_w = 26546.46 \quad (\text{kN})$$

Pressioni verticali alla base del pozzo

$$\sigma_{zmax} = (N_b - N_w) / A_b + (3DH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmin} = (N_b - N_w) / A_b - (3DH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmax} = 1481.16 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\sigma_{zmin} = 764.87 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICHE GEOTECNICHE

Capacità portante limite

$$q_{lim} = cN_{csc} + qN_{qsq} + 0,5 \gamma BN \gamma s \gamma$$

$$q_{lim} = c_u N_c sc + q$$

$$q = 213.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$N_q = 10.66 \quad (-)$$

$$N_c = 20.72 \quad (-)$$

$$N_\gamma = 10.88 \quad (-)$$

$$sc = 1 + (B/L)^* (N_q/N_c)$$

$$sq = 1 + (B/L)^* \tan(\gamma')$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4^* (B/L)$$

$$DC = 2(R - e)$$

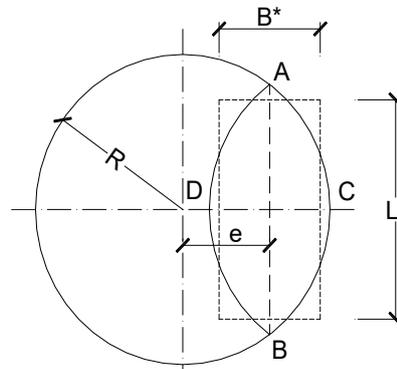
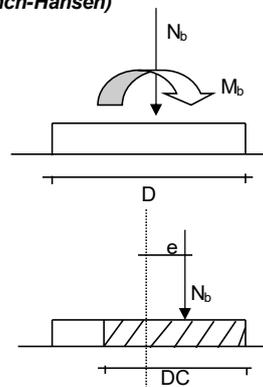
$$AB = \sqrt{R^2 - e^2}$$

$$\frac{AB}{CD} = \frac{L^*}{B^*}$$

$$h' = R - e$$

$$B^* \cdot L^* = A^* = 2 \left(R^2 \cos^{-1} \left(\frac{R - h'}{R} \right) - (R - h') \sqrt{2Rh' - h'^2} \right)$$

(Brinch-Hansen)



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	85 di 64

$$e = 0.44 \quad (\text{m})$$

$$h' = 6.06 \quad (\text{m})$$

$$A^* = 121.30 \quad (\text{m}^2)$$

$$L^* = 11.39 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 10.65 \quad (\text{m})$$

$$B^*/L^* = 0.93 \quad (\text{m})$$

$$s_c = 1.481 \quad (-)$$

$$s_q = 1.436 \quad (-)$$

$$s_\gamma = 0.626 \quad (-)$$

$$q_{lim} = 16067.60 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Sforzo Verticale limite nel terreno

$$N_{lim} = q_{lim} \cdot A^*$$

$$N_{lim} = 1949061.80 \quad (\text{kN})$$

Sforzo Verticale massimo nel terreno

$$N_b - N_w = 149060.78 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di Sicurezza

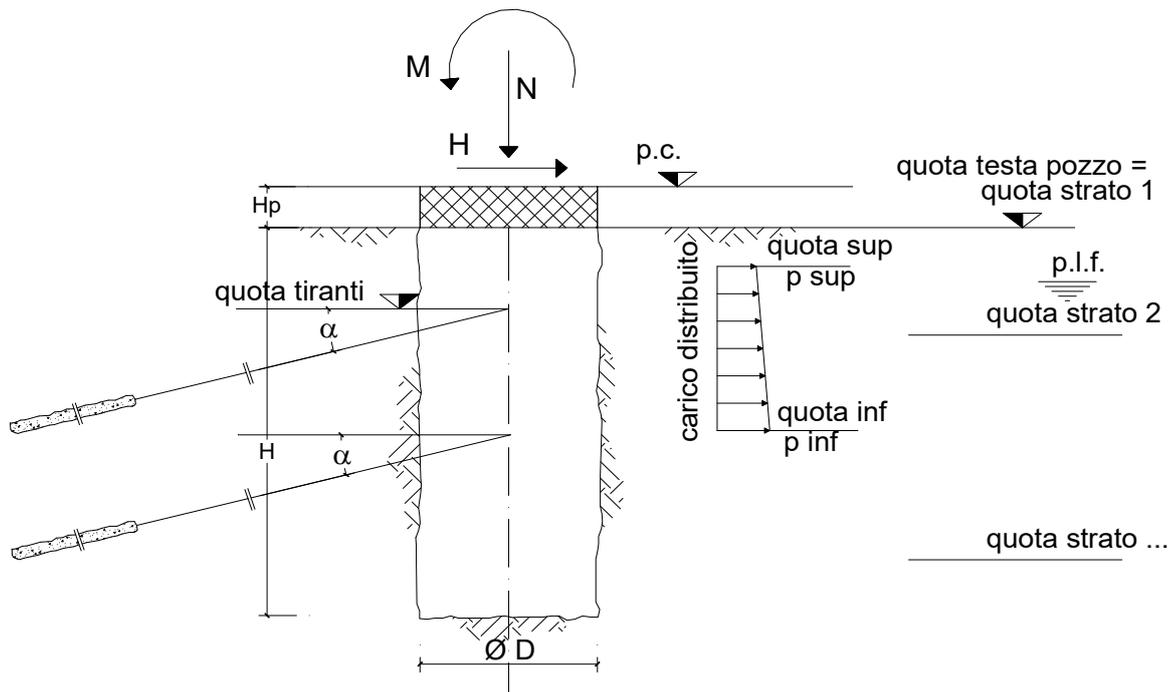
$$F_s = N_{lim} / (N_b - N_w)$$

$$F_s = 13.08 \geq 2.3$$

PROGETTO DEFINITIVO
**Relazione geotecnica e di calcolo delle
 fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	86 di 64

10.2.3 Analisi SLU $T_r=200$ anno

 opera: **pila 3 tr200**


parametri geotecnici caratteristici fusto

strati terreno	quote (m)	descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	c_u (kPa)	k_h (kN/m ³)	n_h (kN/m ²)
p.c.=strato 1	0.00	uni 2	20.0	20.0	1	0	0	1	1
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	-11.00	uni 2	20.0	20.0	35	0	0	15000	1500
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	-17.00	uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	-20.00	uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000	0
<input type="checkbox"/> strato 5									
<input type="checkbox"/> strato 6									

parametri geotecnici caratteristici base

descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kPa)	c_u (kPa)	k_v (kN/m ³)
uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000

quota falda 0.00 (m)

 γ_{acqua} 10 (kN/m³)

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	87 di 64

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
 fondazioni - VI07**
geometria pozzo

Altezza pozzo	20.00	(m)
diametro pozzo	13.00	(m)
inerzia pozzo	1401.98	(m ⁴)
modulo elastico cls	12000	(MN/m ²)
peso specifico cls	22	(kN/m ³)
EI	1.68E+10	(kN m ²)
spessore plinto Hp	0.00001	(m)
peso plinto	0	(kN)

tiranti	quote (m)	EA/L (kN/m ²)	α (°)	N _n (kN/m)
<input type="checkbox"/> Tirante 1	-1.00	1890	20	100
<input type="checkbox"/> Tirante 2	-3.00	2940	10	200
<input type="checkbox"/> Tirante 3	-6.00	2940	10	300

carichi distribuiti	quota sup. (m)	p sup (kN/m)	quota inf. (m)	p inf (kN/m)
	-4	1500	-22	1500

coefficienti parziali

		azioni		proprietà del terreno			resistenze
		permanenti	temporanee variabili	tan φ'	c'	c _u	q _{lim}
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	SISMA	⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tensioni Ammissibili		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Definiti dal Progettista		○	1.10	1.10	1.10	1.10	1.00

Azioni alla base della pila		
	permanenti	temporanee
N [kN]	117205.0	0.0
M [kNm]	-68208.3	0.0
H [kN]	4381.2	0.0

Mx	55427
My	39752
Tx	2227
Ty	3773

azioni di calcolo in testa al pozzo	
N [kN]	117205.0
M [kNm]	-68208.4
H [kN]	4381.2

parametri geotecnici di calcolo fusto

strati terreno	quote (m)	descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	φ (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	k _n (kN/m ³)	η_h (kN/m ⁴)	kp	ka
p.c.=strato 1	0.00	uni 2	20.0	20.0	1.00	0.00	0.00	1	1	1.04	0.97
strato 2	-11.00	uni 2	20.0	20.0	35.00	0.00	0.00	15000	1500	3.69	0.27
strato 3	-17.00	uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0.00	85000	0	2.46	0.41
strato 4	-20.00	uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0.00	85000	0	2.46	0.41
strato 5											
strato 6											

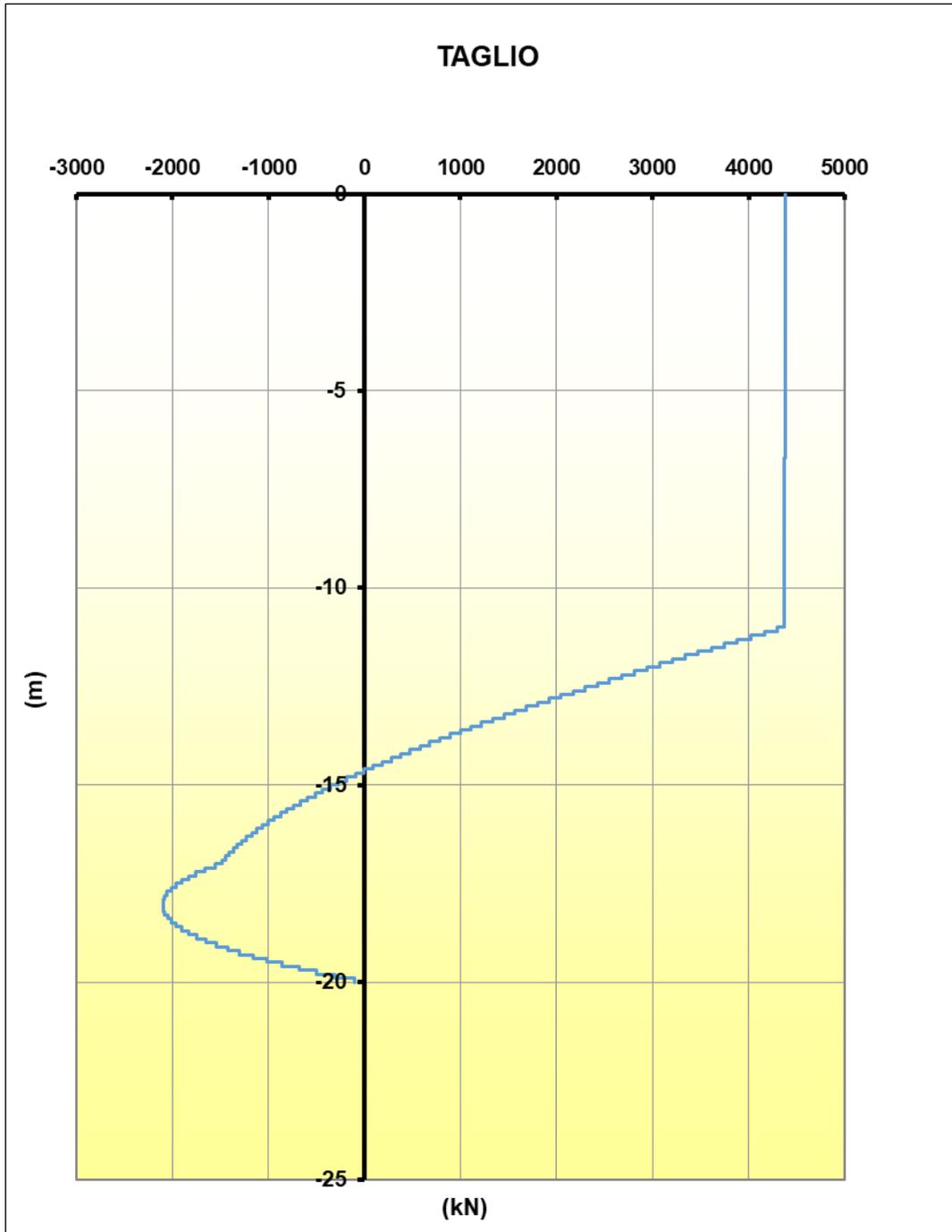
parametri geotecnici di calcolo base

descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	φ (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	k _v (kN/m ³)
uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0	85000

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

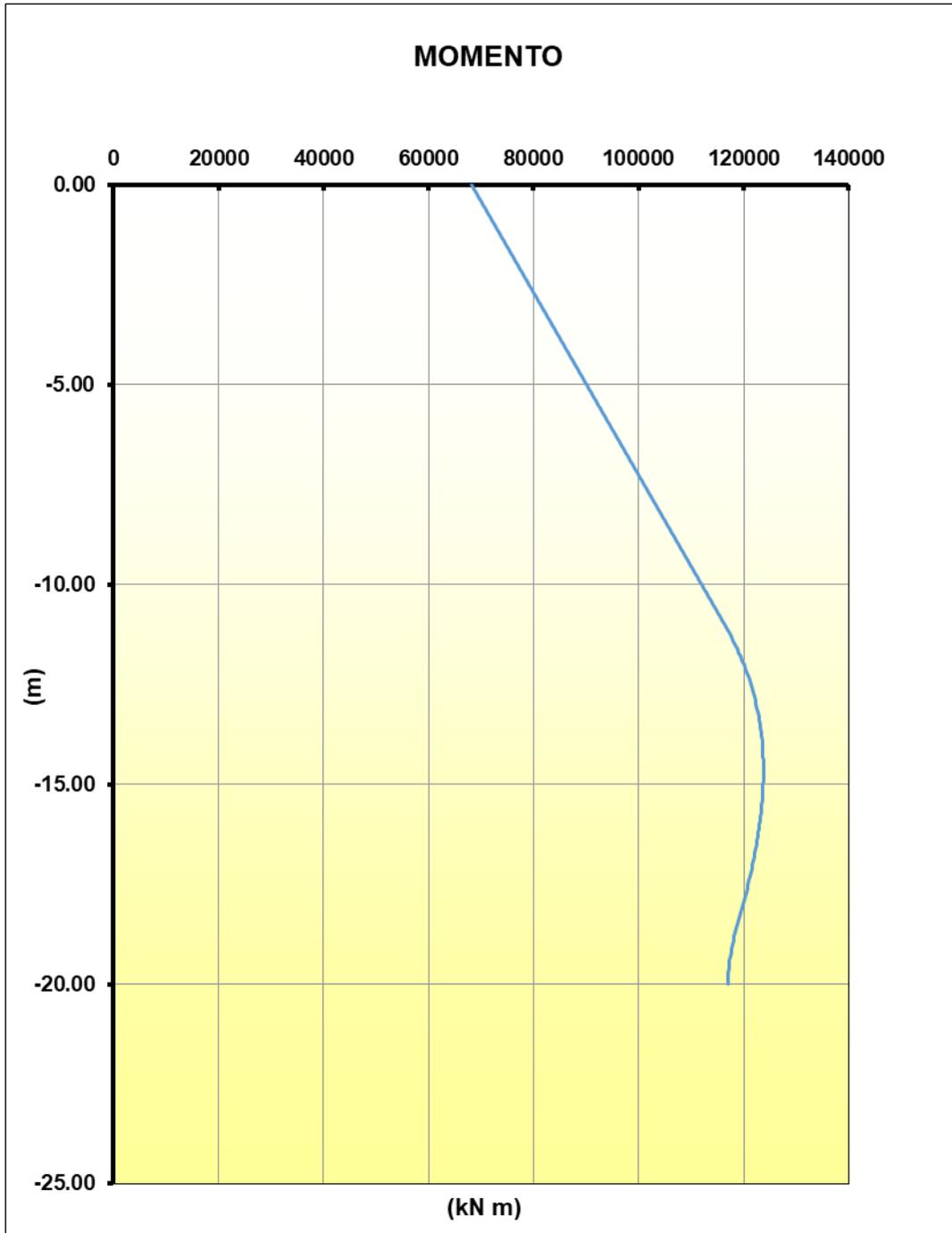
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	88 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	89 di 64

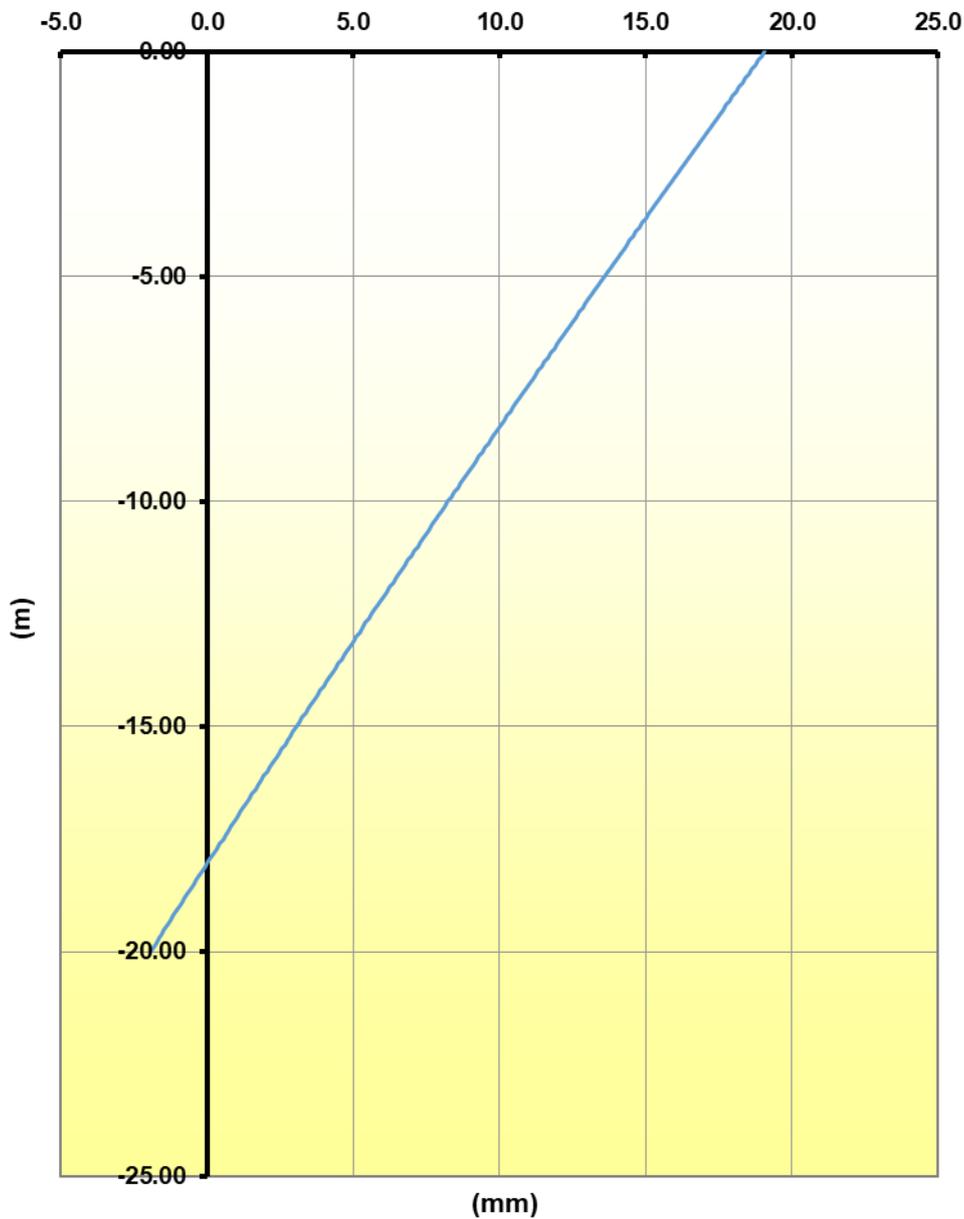


PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	90 di 64

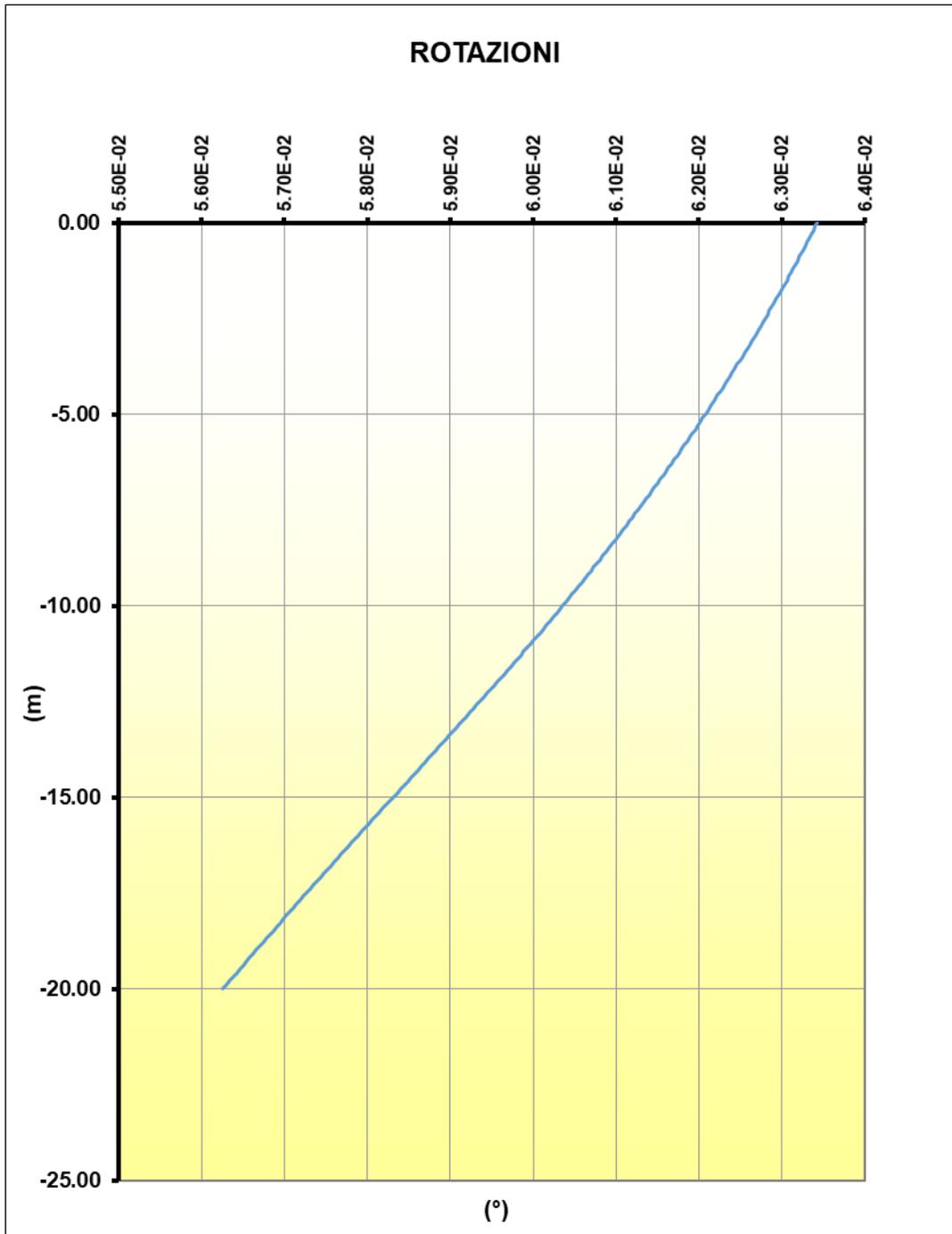
SPOSTAMENTI



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

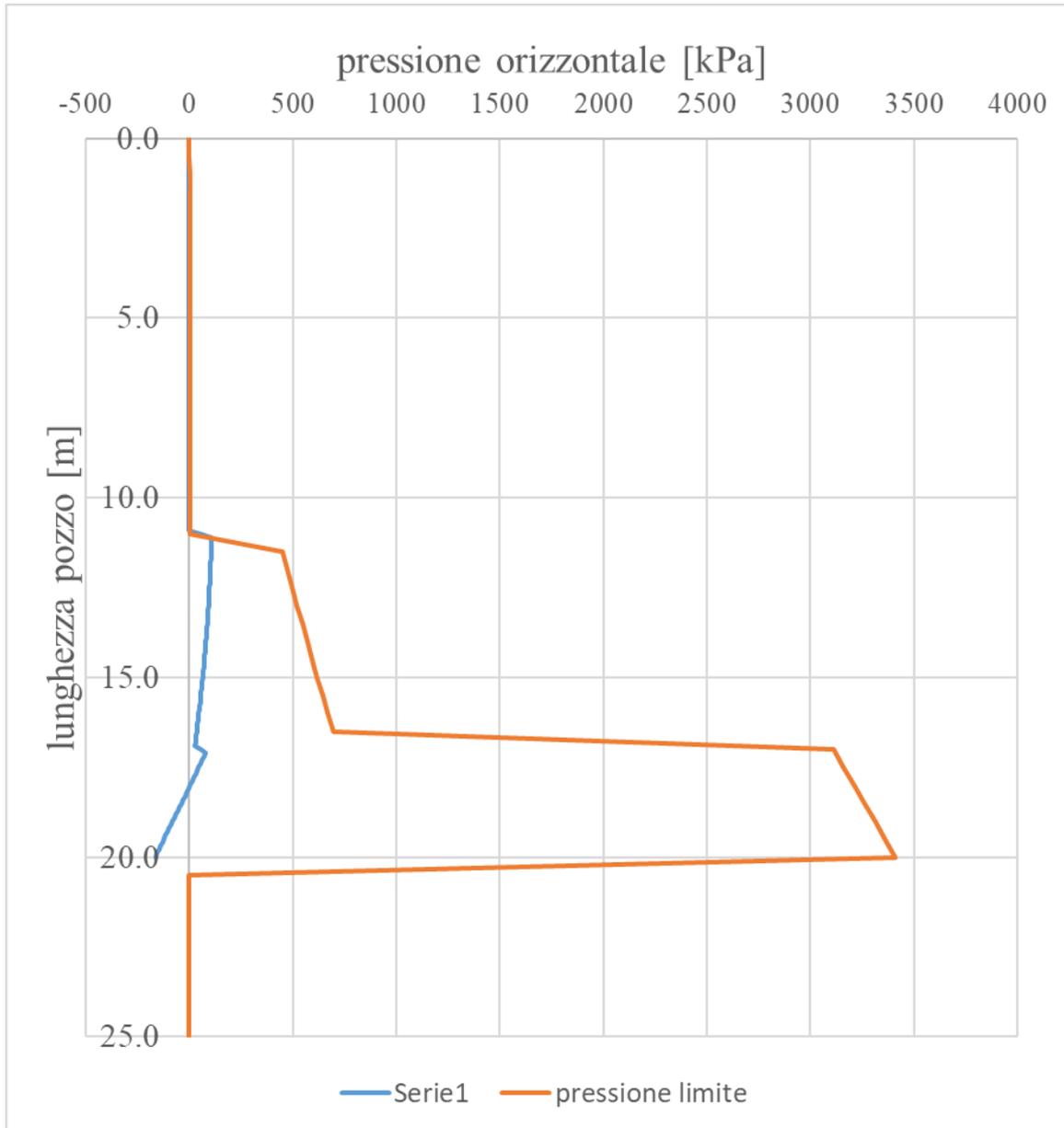
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	91 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	92 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	93 di 64

Sollecitazioni alla base del pozzo

$$N_b = 175607.24 \quad (\text{kN})$$

$$M_b = 117010.07 \quad (\text{kNm})$$

Sottospinta idrostatica alla base del pozzo

$$N_w = 26546.46 \quad (\text{kN})$$

Pressioni verticali alla base del pozzo

$$\sigma_{zmax} = (N_b - N_w) / A_b + (3DH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmin} = (N_b - N_w) / A_b - (3DH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmax} = 1665.51 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\sigma_{zmin} = 580.53 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICHE GEOTECNICHE

Capacità portante limite

$$q_{lim} = c'N_{csc} + qN_{qsq} + 0,5\gamma BN\gamma s\gamma$$

$$q_{lim} = c_u N_c sc + q$$

$$q = 213.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$N_q = 10.66 \quad (-)$$

$$N_c = 20.72 \quad (-)$$

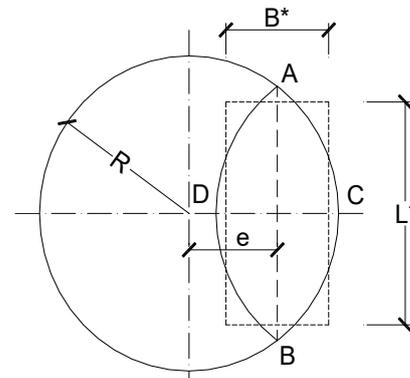
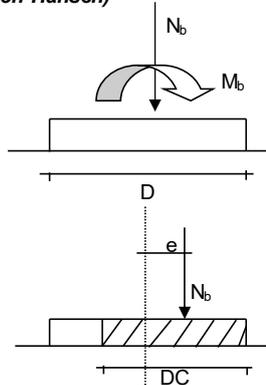
$$N_\gamma = 10.88 \quad (-)$$

$$sc = 1 + (B/L) * (N_q/N_c)$$

$$sq = 1 + (B/L) * \tan(j')$$

$$s\gamma = 1 - 0,4 * (B/L)$$

(Brinch-Hansen)



$$DC = 2(R - e)$$

$$AB = \sqrt{R^2 - e^2}$$

$$\frac{AB}{CD} = \frac{L^*}{B^*}$$

$$h' = R - e$$

$$B^* \cdot L^* = A^* = 2 \left(R^2 \cos^{-1} \left(\frac{R - h'}{R} \right) - (R - h') \sqrt{2Rh' - h'^2} \right)$$

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	94 di 64

$$e = 0.67 \quad (\text{m})$$

$$h' = 5.83 \quad (\text{m})$$

$$A^* = 115.44 \quad (\text{m}^2)$$

$$L^* = 11.31 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 10.21 \quad (\text{m})$$

$$B^*/L^* = 0.90 \quad (\text{m})$$

$$sc = 1.464 \quad (-)$$

$$sq = 1.421 \quad (-)$$

$$sy = 0.639 \quad (-)$$

$$q_{lim} = 15884.55 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Sforzo Verticale limite nel terreno

$$N_{lim} = q_{lim} \cdot A^*$$

$$N_{lim} = 1833687.76 \quad (\text{kN})$$

Sforzo Verticale massimo nel terreno

$$N_b - N_w = 149060.78 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di Sicurezza

$$F_s = N_{lim} / (N_b - N_w)$$

$$F_s = 12.30 \geq 2.3$$

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07

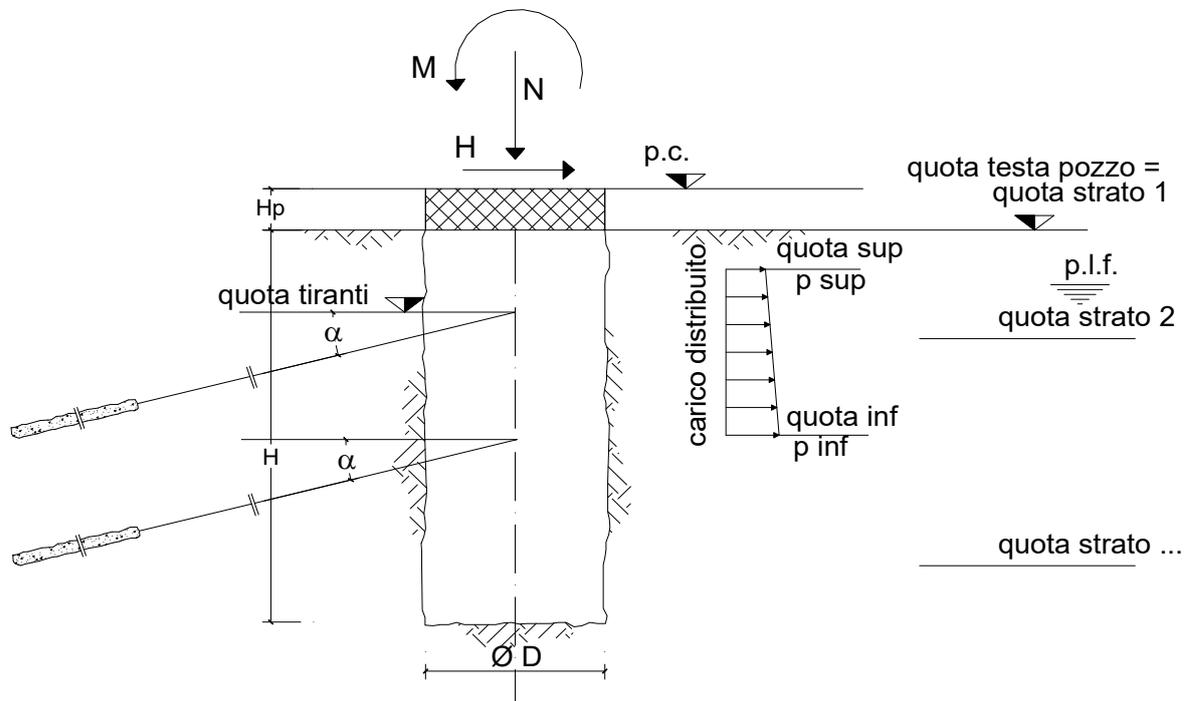
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	95 di 64

10.3 Verifiche stabilità comportamento a pozzo Pila 4

10.3.1 Analisi SLV

opera:

pila 4 slv



parametri geotecnici caratteristici fusto

strati terreno	quote (m)	descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	φ (°)	c' (kPa)	c_u (kPa)	k_h (kN/m ³)	η_h (kN/m ⁴)
p.c.=strato 1	0.00	uni 2	20.0	20.0	35	0	0	1500	1500
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	-4.00	uni 3	19.5	19.5	0	0	65	5000	500
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	-8.00	uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	-15.00	uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000	0
<input type="checkbox"/> strato 5									
<input type="checkbox"/> strato 6									

parametri geotecnici caratteristici base

descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	φ (°)	c (kPa)	c_u (kPa)	k_v (kN/m ³)
uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000

quota falda 0.00 (m)

γ_{acqua} 10 (kN/m³)

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	96 di 64

geometria pozzo

Altezza pozzo	15.00	(m)
diametro pozzo	13.00	(m)
inerzia pozzo	1401.98	(m ⁴)
modulo elastico cls	12000	(MN/m ²)
peso specifico cls	22	(kN/m ³)
EI	1.68E+10	(kN m ²)
spessore plinto Hp	0.00001	(m)
peso plinto	0	(kN)

tiranti	quote (m)	EA/L (kN/m ²)	α (°)	N _n (kN/m)
<input type="checkbox"/> Tirante 1	-1.00	1890	20	100
<input type="checkbox"/> Tirante 2	-3.00	2940	10	200
<input type="checkbox"/> Tirante 3	-6.00	2940	10	300

<input type="checkbox"/> carichi distribuiti	quota sup. (m)	p sup (kN/m)	quota inf. (m)	p inf (kN/m)
	-4	1500	-22	1500

coefficienti parziali

			azioni		proprietà del terreno			resistenze
			permanenti	temporanee variabili	tan ϕ'	c'	c _u	qlim
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	2.30
	SISMA	⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili			○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00
Definiti dal Progettista			○	1.10	1.10	1.10	1.10	3.00

Azioni alla base della pila		
	permanenti	temporanee
N [kN]	82255.0	0.0
M [kNm]	-274604.9	0.0
H [kN]	20438.2	0.0

Mx	266442
My	66457
Tx	19406
Ty	6413

azioni di calcolo in testa al pozzo	
N [kN]	82255.0
M [kNm]	-274605.1
H [kN]	20438.2

parametri geotecnici di calcolo fusto

strati terreno	quote (m)	descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	k _n (kN/m ³)	η_h (kN/m ⁴)	k _p	k _a
p.c.=strato 1	0.00	uni 2	20.0	20.0	35.00	0.00	0.00	1500	1500	3.69	0.27
strato 2	-4.00	uni 3	19.5	19.5			65.00	5000	500	1.00	1.00
strato 3	-8.00	uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0.00	85000	0	2.46	0.41
strato 4	-15.00	uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0.00	85000	0	2.46	0.41
strato 5											
strato 6											

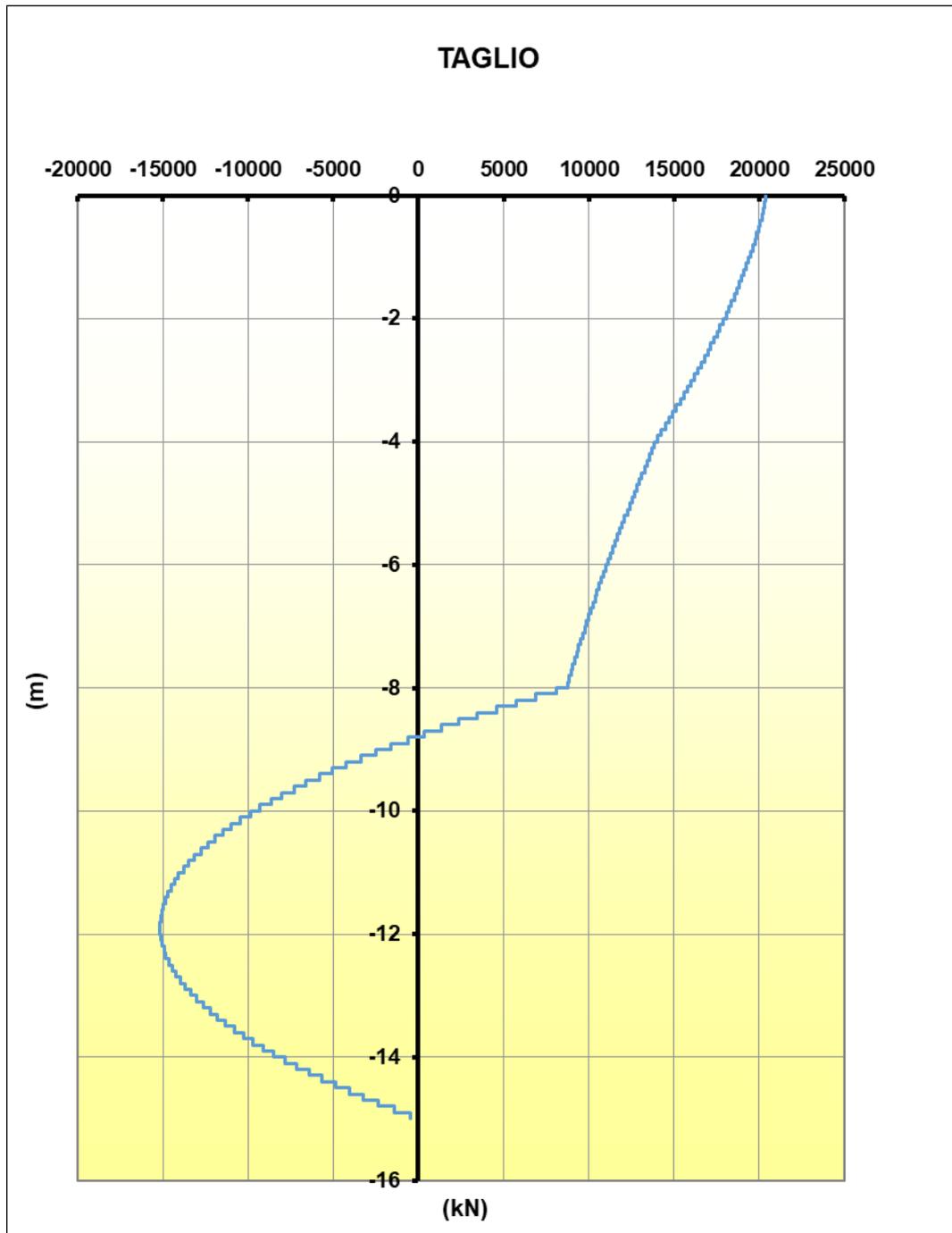
parametri geotecnici di calcolo base

descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	k _v (kN/m ³)
uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0	85000

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

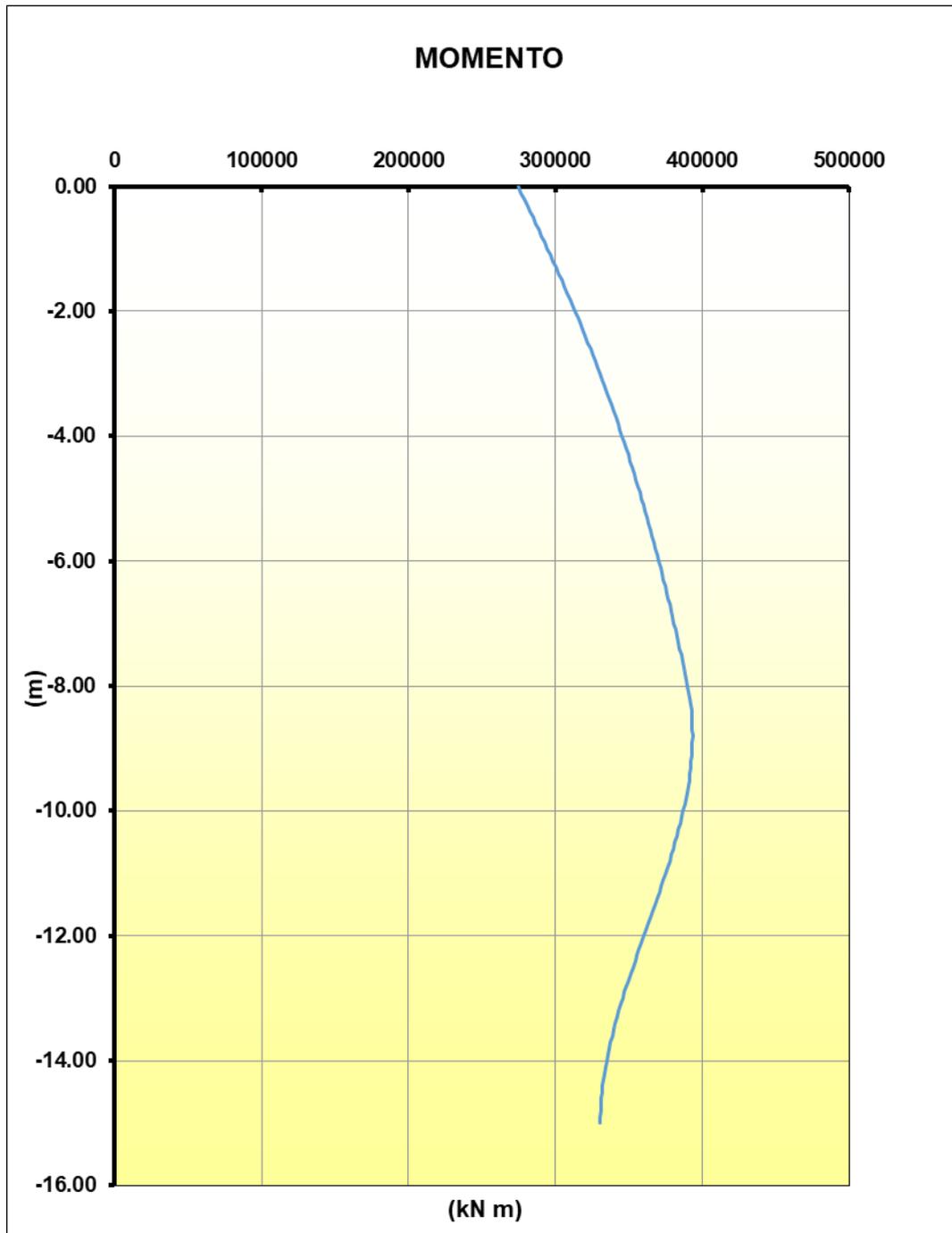
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	97 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

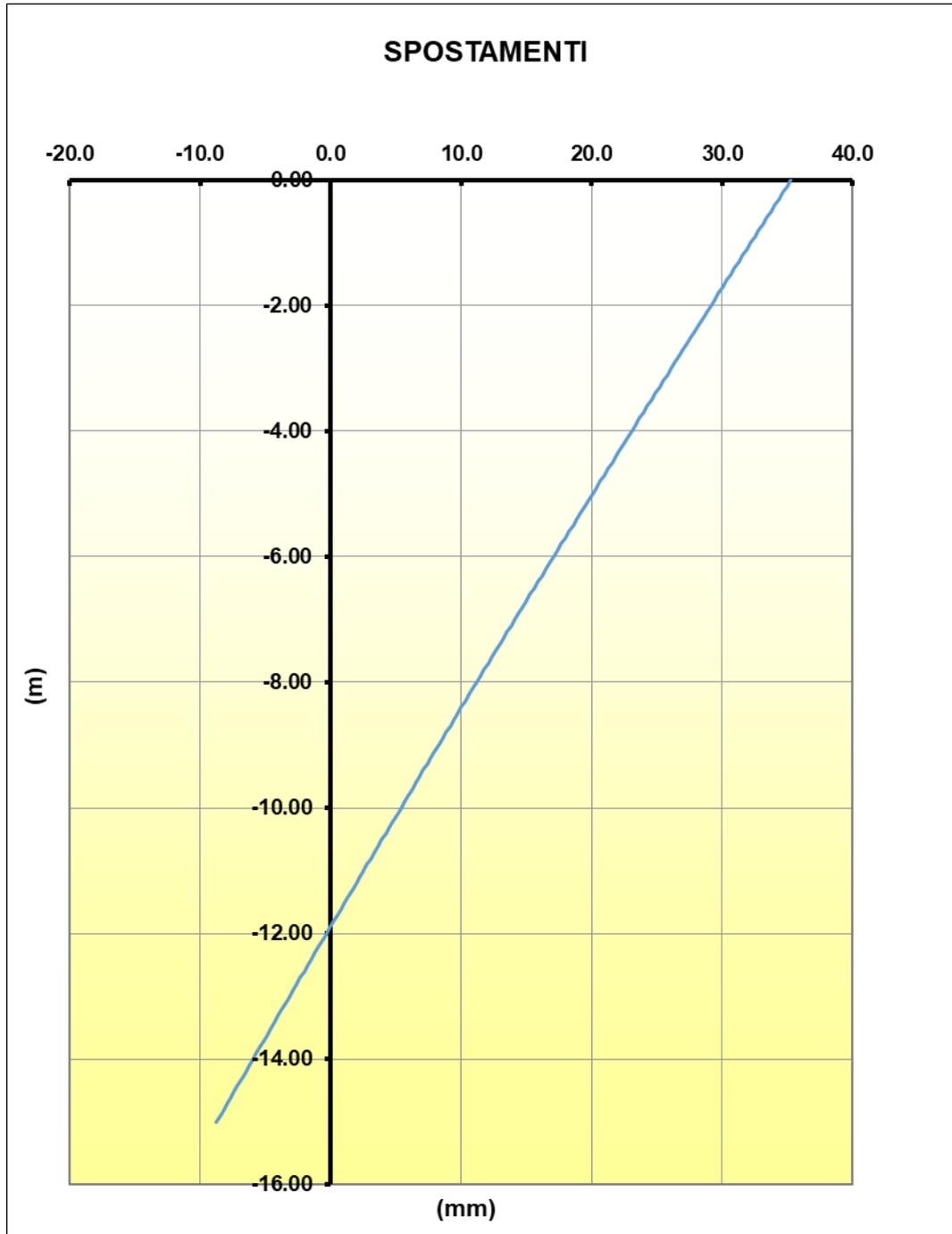
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	98 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

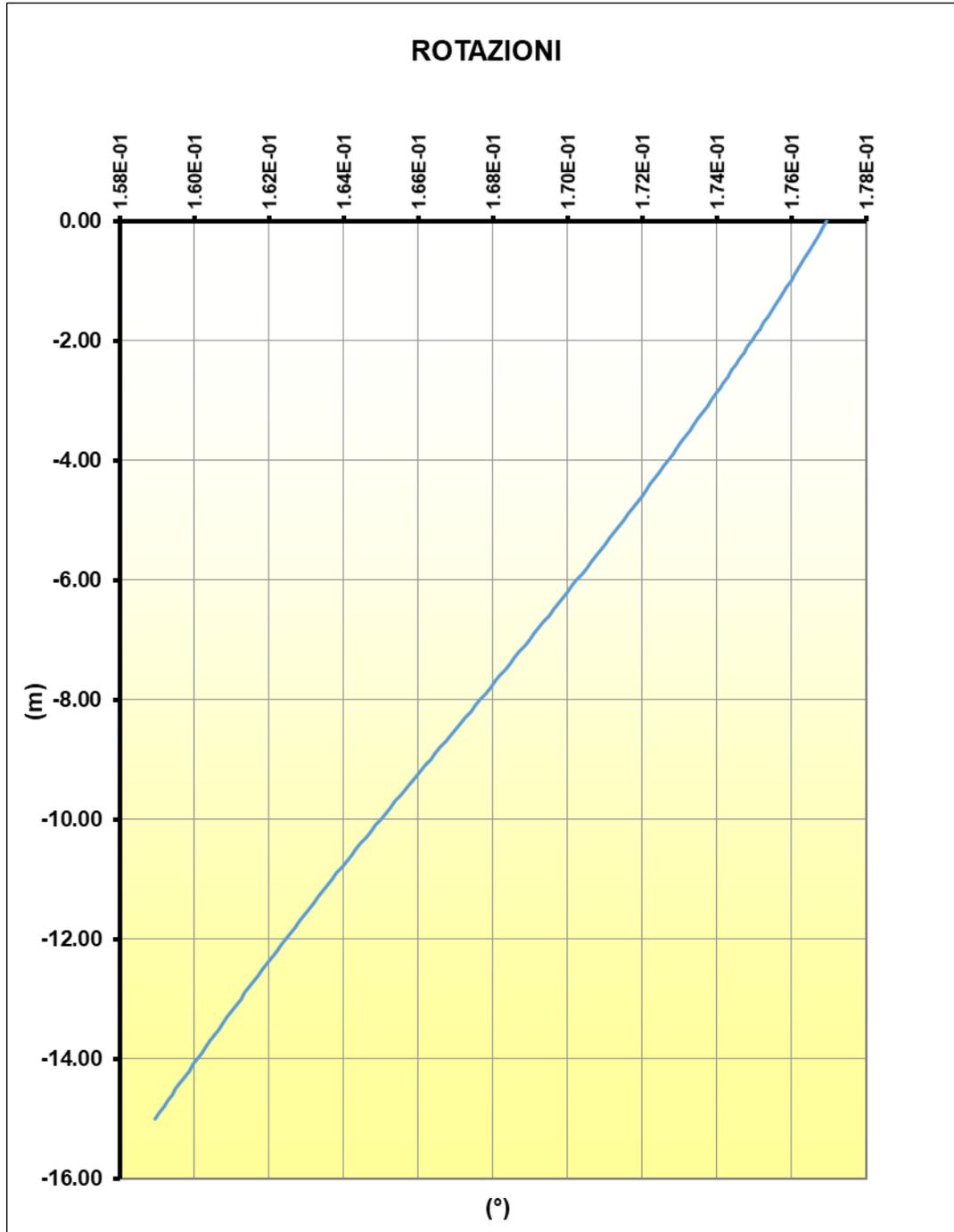
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	99 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

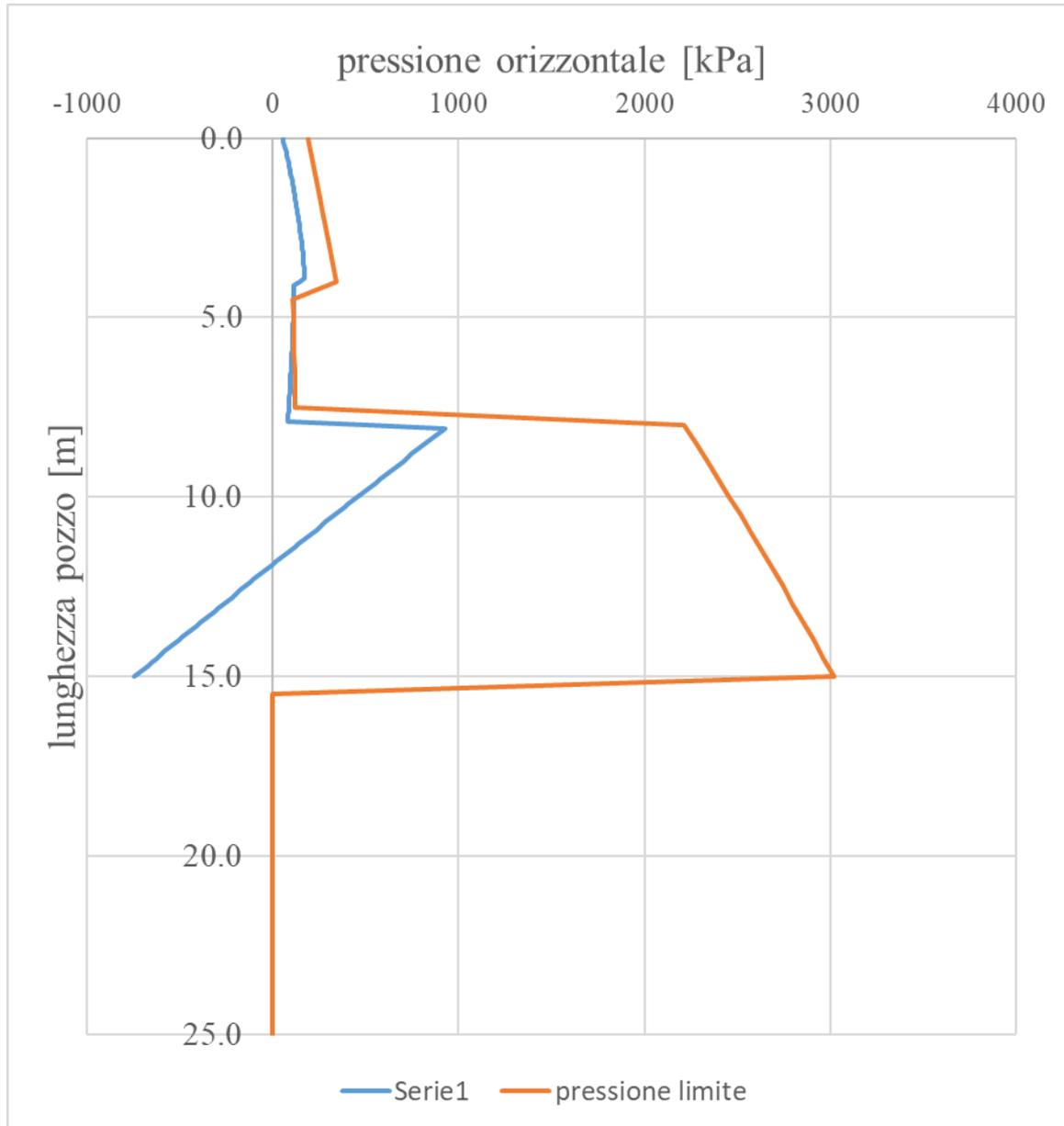
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	100 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	101 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	102 di 64

Sollecitazioni alla base del pozzo

$$N_b = 126056.68 \quad (\text{kN})$$

$$M_b = 330589.50 \quad (\text{kNm})$$

Sottospinta idrostatica alla base del pozzo

$$N_w = 19909.84 \quad (\text{kN})$$

Pressioni verticali alla base del pozzo

$$\sigma_{zmax} = (N_b - N_w) / A_b + (3DH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmin} = (N_b - N_w) / A_b - (3DH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmax} = 2332.41 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\sigma_{zmin} = -733.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICHE GEOTECNICHE

Capacità portante limite

$$q_{lim} = c' N_{csc} + q N_{qsq} + 0,5 \gamma B N_{\gamma s \gamma}$$

$$q_{lim} = c_u N_{csc} + q$$

$$q = 179.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$N_q = 10.66 \quad (-)$$

$$N_c = 20.72 \quad (-)$$

$$N_{\gamma} = 10.88 \quad (-)$$

$$sc = 1 + (B/L) * (N_q/N_c)$$

$$sq = 1 + (B/L) * \text{tang}(i')$$

$$s\gamma = 1 - 0,4 * (B/L)$$

$$DC = 2(R - e)$$

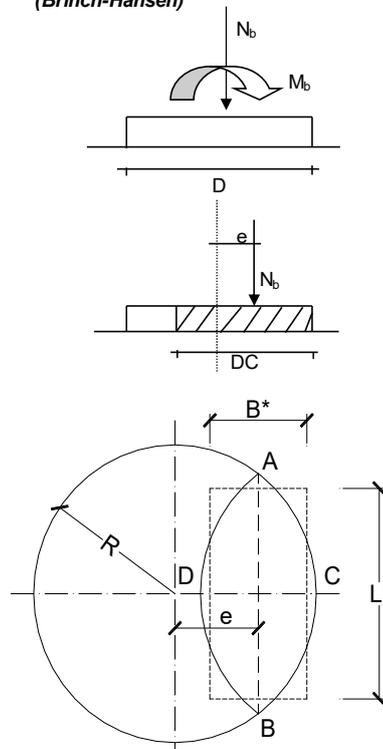
$$AB = \sqrt{R^2 - e^2}$$

$$\frac{AB}{CD} = \frac{L^*}{B^*}$$

$$h' = R - e$$

$$B^* \cdot L^* = A^* = 2 \left(R^2 \cos^{-1} \left(\frac{R - h'}{R} \right) - (R - h') \sqrt{2Rh' - h'^2} \right)$$

(Brinch-Hansen)



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	103 di 64

$$e = 2.62 \quad (\text{m})$$

$$h' = 3.88 \quad (\text{m})$$

$$A^* = 66.44 \quad (\text{m}^2)$$

$$L^* = 10.10 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 6.58 \quad (\text{m})$$

$$B^*/L^* = 0.65 \quad (\text{m})$$

$$sc = 1.335 \quad (-)$$

$$sq = 1.304 \quad (-)$$

$$sy = 0.739 \quad (-)$$

$$q_{lim} = 13948.02 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Sforzo Verticale limite nel terreno

$$N_{lim} = q_{lim} \cdot A^*$$

$$N_{lim} = 926763.67 \quad (\text{kN})$$

Sforzo Verticale massimo nel terreno

$$N_b - N_w = 106146.84 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di Sicurezza

$$F_s = N_{lim} / (N_b - N_w)$$

$$F_s = 8.73 \geq 2.3$$

PROGETTO DEFINITIVO

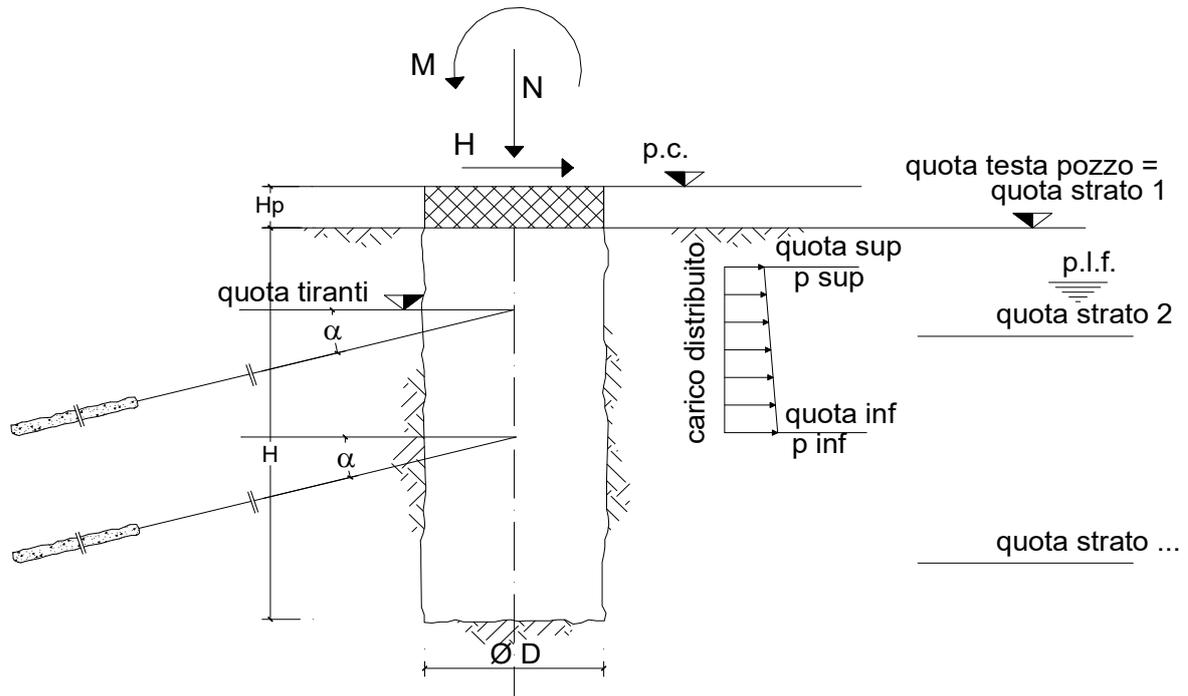
Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	104 di 64

10.3.2 Analisi SLU $T_r = 1$ anno

opera:

pila 4 tr1



parametri geotecnici caratteristici fusto

strati terreno	quote (m)	descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	c_u (kPa)	k_h (kN/m ³)	η_h (kN/m ⁴)
p.c.=strato 1	0.00	uni 2	20.0	20.0	1	0	0	1	1
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	-5.00	uni 3	19.5	19.5	24	0	0	5000	500
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	-8.00	uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	-15.00	uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000	0
<input type="checkbox"/> strato 5									
<input type="checkbox"/> strato 6									

parametri geotecnici caratteristici base

descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kPa)	c_u (kPa)	k_v (kN/m ³)
uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000

quota falda 0.00 (m)

γ_{acqua} 10 (kN/m³)

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	105 di 64

geometria pozzo

Altezza pozzo	15.00	(m)
diametro pozzo	13.00	(m)
inerzia pozzo	1401.98	(m ⁴)
modulo elastico cls	12000	(MN/m ²)
peso specifico cls	22	(kN/m ³)
EI	1.68E+10	(kN m ²)
spessore plinto Hp	0.00001	(m)
peso plinto	0	(kN)

tiranti	quote (m)	EA/L (kN/m ²)	α (°)	N _n (kN/m)
<input type="checkbox"/> Tirante 1	-1.00	1890	20	100
<input type="checkbox"/> Tirante 2	-3.00	2940	10	200
<input type="checkbox"/> Tirante 3	-6.00	2940	10	300

carichi distribuiti	quota sup. (m)	p sup (kN/m)	quota inf. (m)	p inf (kN/m)
	-4	1500	-22	1500

coefficienti parziali

			azioni		proprietà del terreno			resistenze
			permanenti	temporanee variabili	tan ϕ'	c'	c _u	q _{lim}
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	2.30
	SISMA	●	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili			○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00
Definiti dal Progettista			○	1.10	1.10	1.10	1.10	3.00

Azioni alla base della pila		
	permanenti	temporanee
N [kN]	127579.0	0.0
M [kNm]	-55841.7	0.0
H [kN]	4103.4	0.0

Mx	48042
My	28465
Tx	1381
Ty	3864

azioni di calcolo in testa al pozzo	
N [kN]	127579.0
M [kNm]	-55841.7
H [kN]	4103.4

parametri geotecnici di calcolo fusto

strati terreno	quote (m)	descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	k _n (kN/m ³)	η_h (kN/m ⁴)	k _p	k _a
p.c.=strato 1	0.00	uni 2	20.0	20.0	1.00	0.00	0.00	1	1	1.04	0.97
strato 2	-5.00	uni 3	19.5	19.5	24.00	0.00	0.00	5000	500	2.37	0.42
strato 3	-8.00	uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0.00	85000	0	2.46	0.41
strato 4	-15.00	uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0.00	85000	0	2.46	0.41
strato 5											
strato 6											

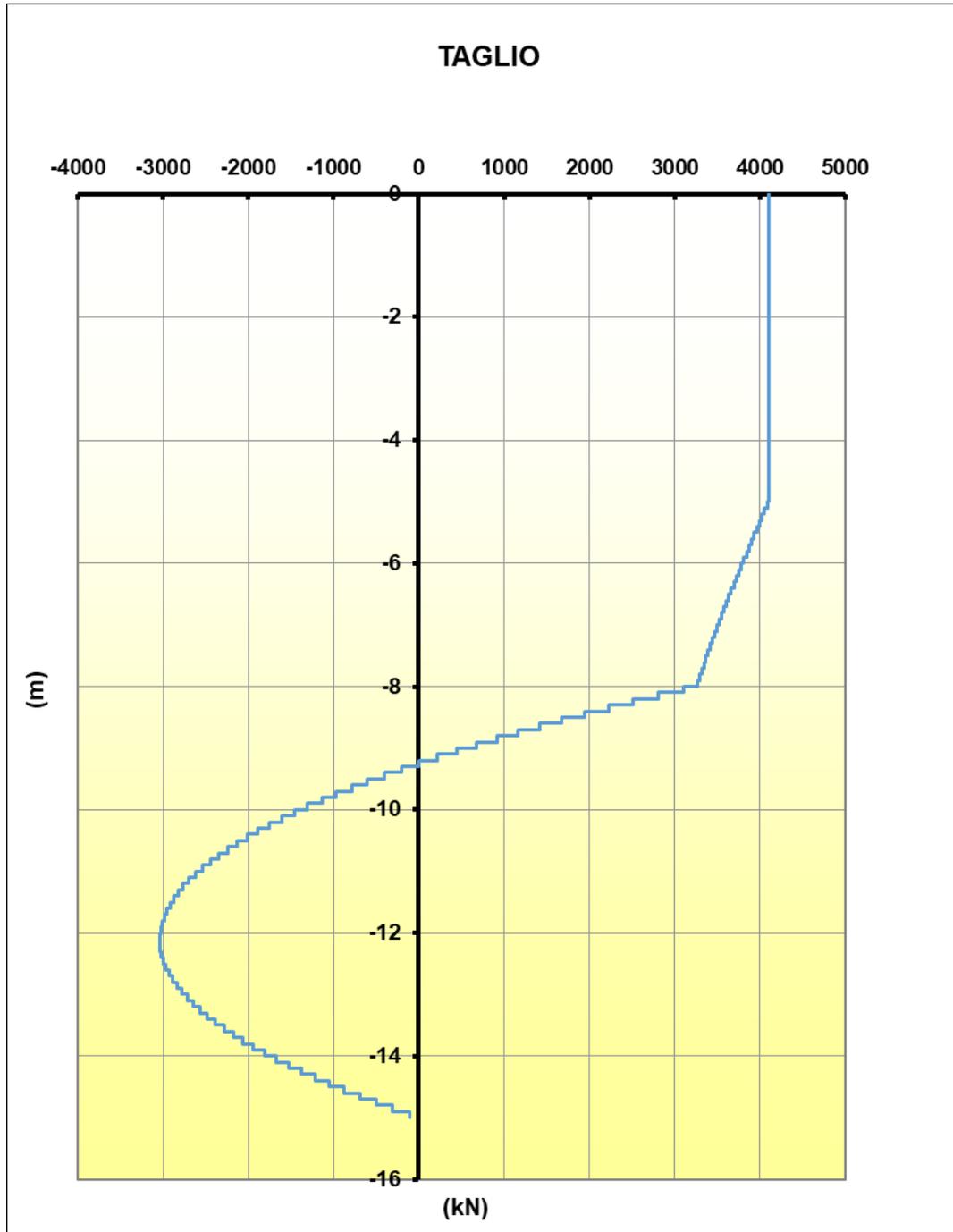
parametri geotecnici di calcolo base

descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	k _v (kN/m ³)
uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0	85000

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

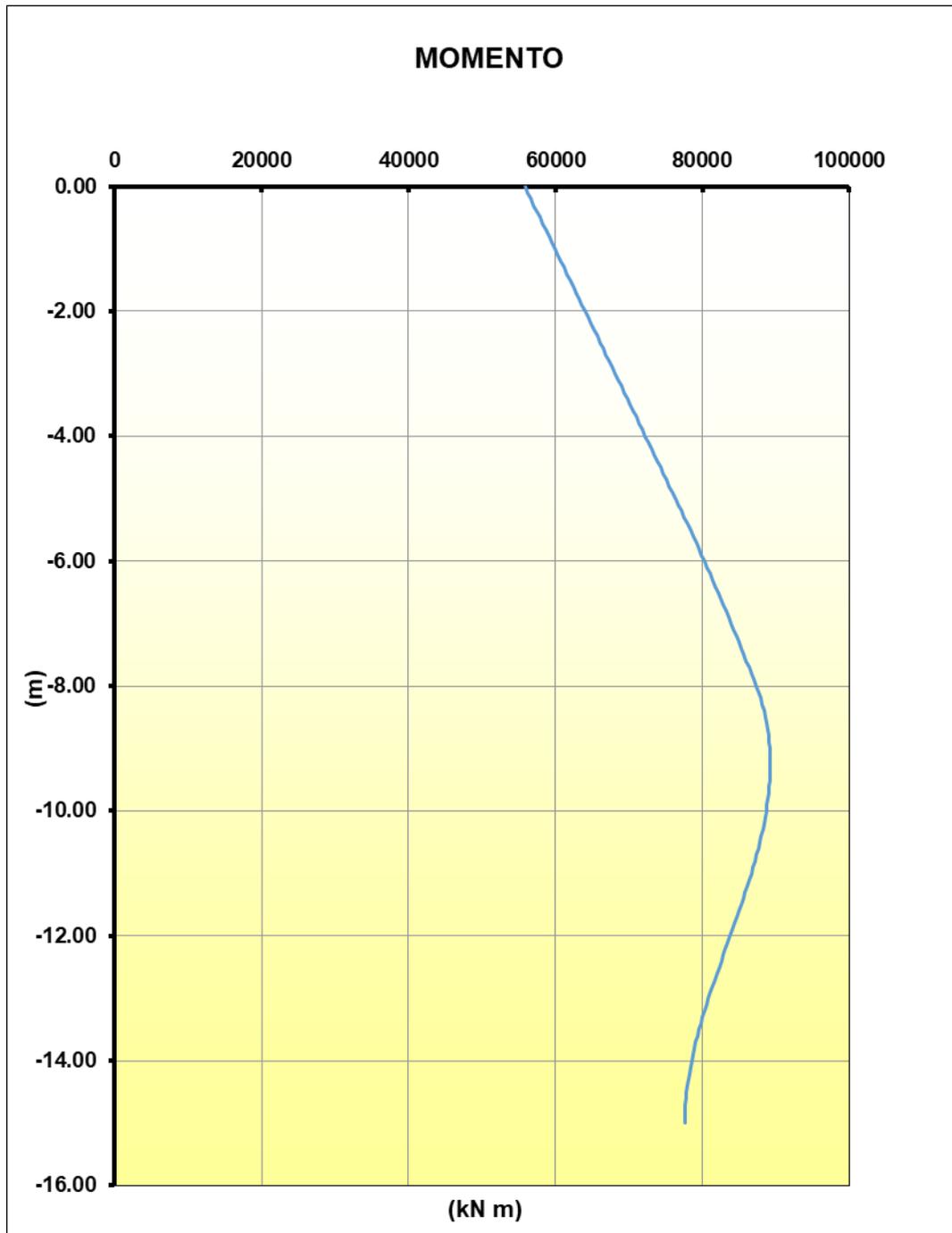
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	106 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

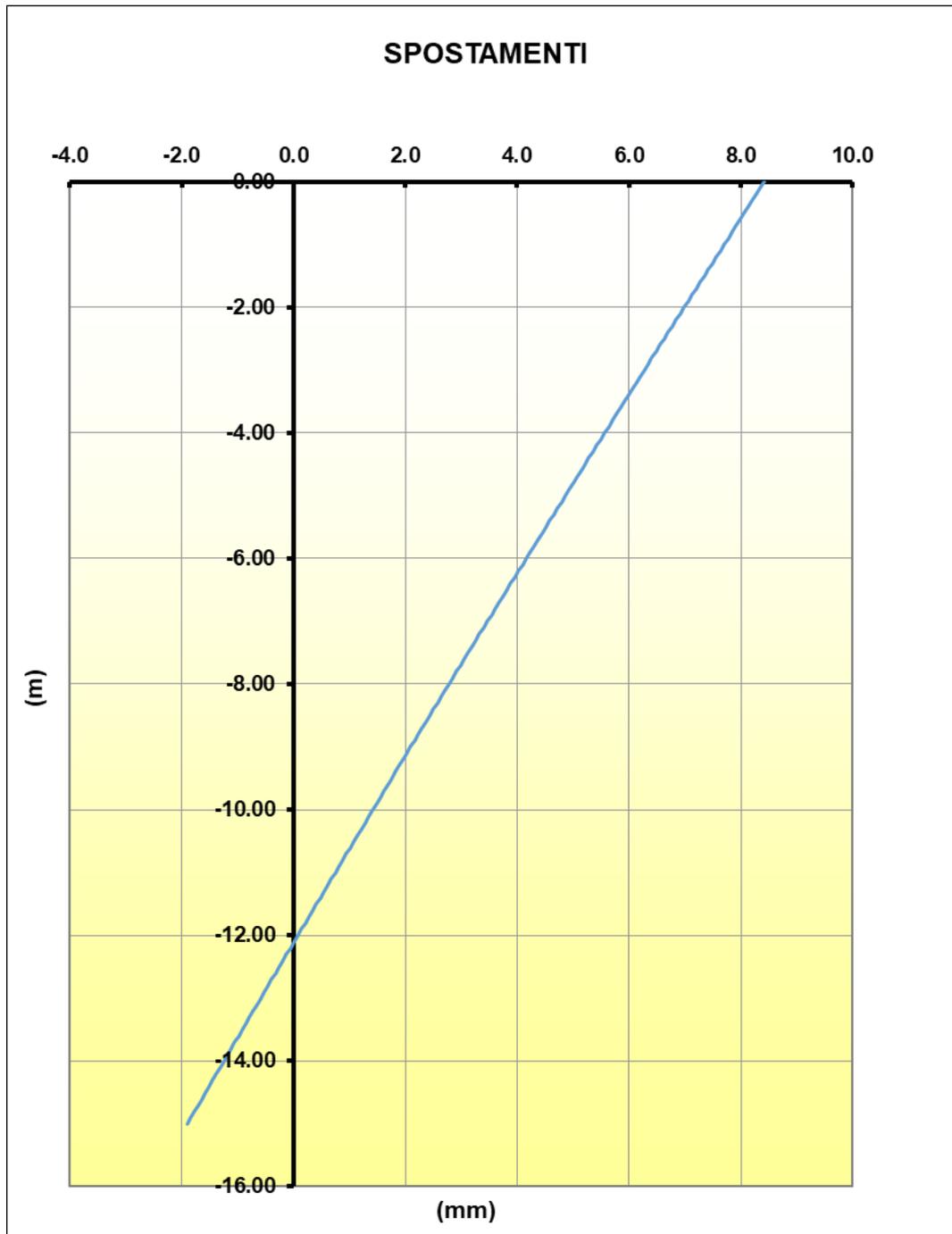
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	107 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

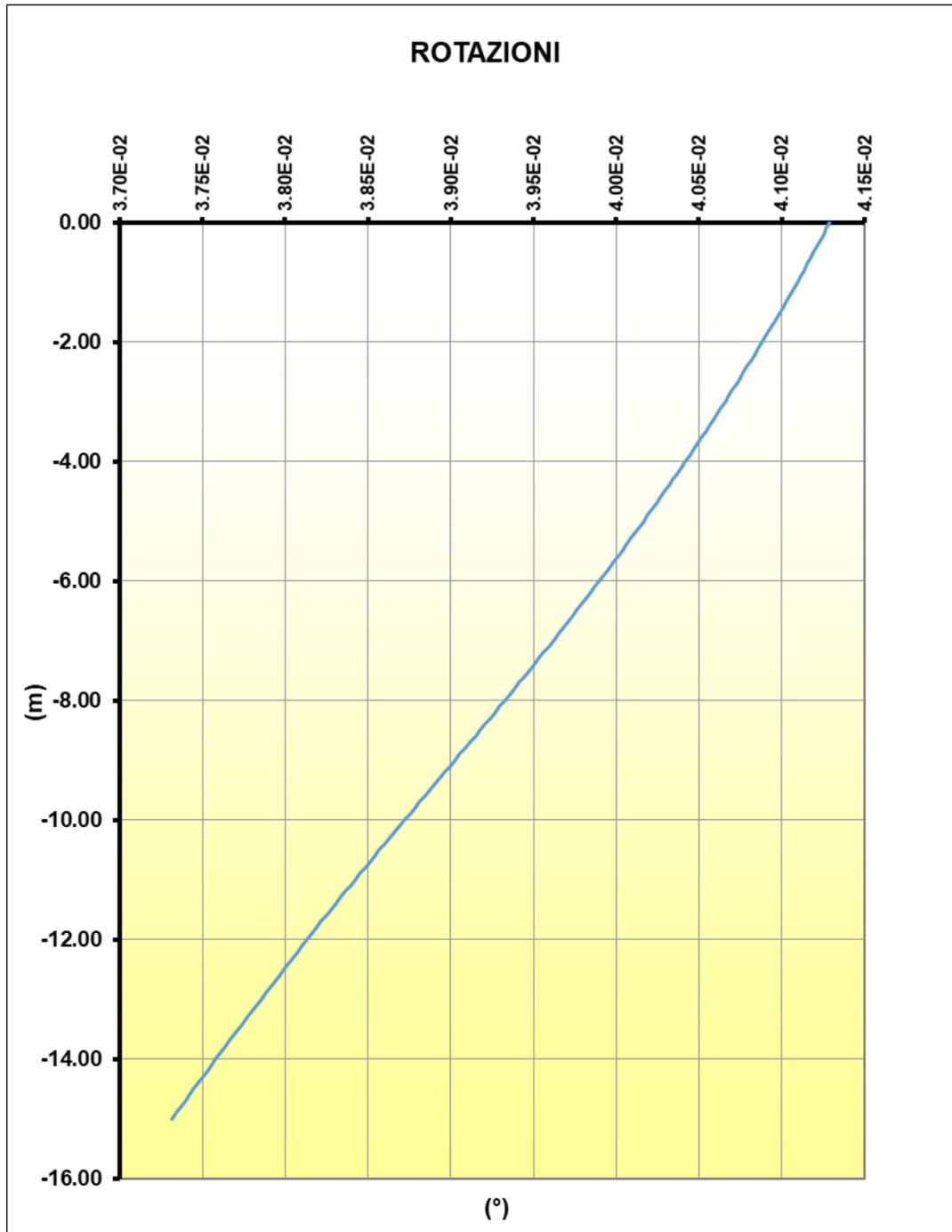
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	108 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

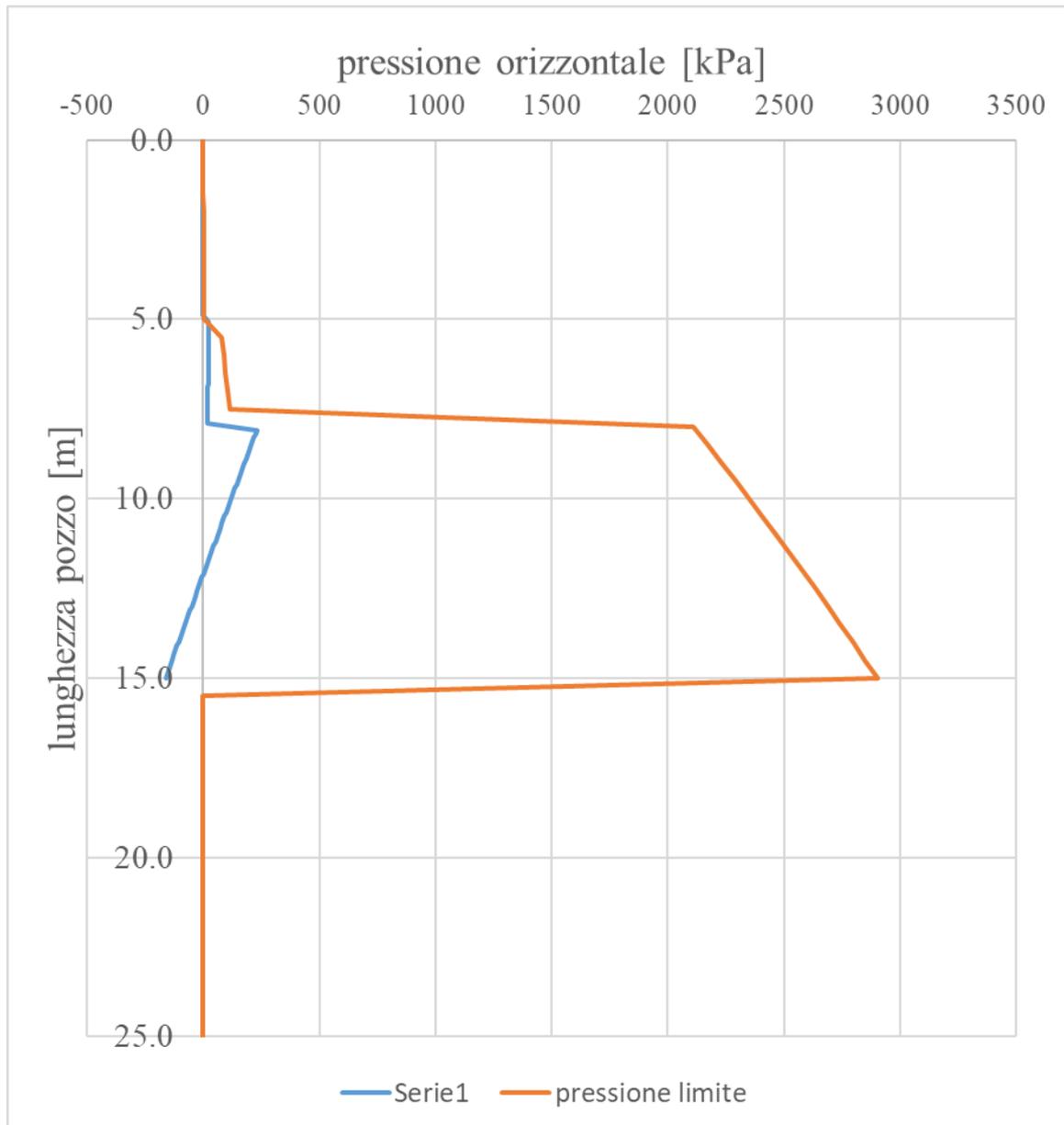
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	109 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	110 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	111 di 64

Sollecitazioni alla base del pozzo

$$N_b = 171380.68 \quad (\text{kN})$$

$$M_b = 77612.57 \quad (\text{kNm})$$

Sottospinta idrostatica alla base del pozzo

$$N_w = 19909.84 \quad (\text{kN})$$

Pressioni verticali alla base del pozzo

$$\sigma_{zmax} = (N_b - N_w) / A_b + (3DH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmin} = (N_b - N_w) / A_b - (3DH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmax} = 1501.01 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\sigma_{zmin} = 781.34 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICHE GEOTECNICHE

Capacità portante limite

$$q_{lim} = c'N_{csc} + qN_{qsq} + 0,5\gamma BN_{\gamma s\gamma}$$

$$q_{lim} = c_u N_{csc} + q$$

$$q = 180.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$N_q = 10.66 \quad (-)$$

$$N_c = 20.72 \quad (-)$$

$$N_\gamma = 10.88 \quad (-)$$

$$sc = 1 + (B/L) * (N_q/N_c)$$

$$sq = 1 + (B/L) * \text{tang}(j)$$

$$s\gamma = 1 - 0,4 * (B/L)$$

$$DC = 2(R - e)$$

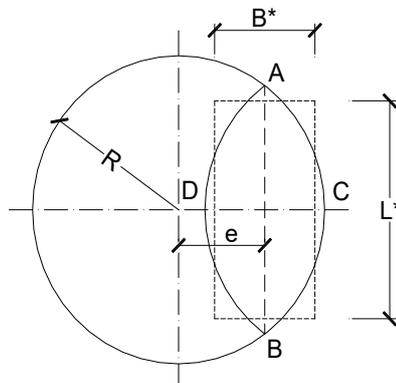
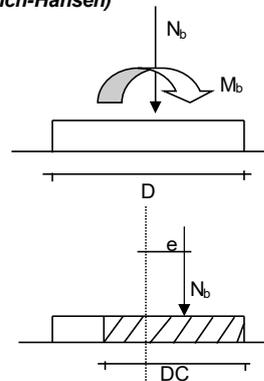
$$AB = \sqrt{R^2 - e^2}$$

$$\frac{AB}{CD} = \frac{L^*}{B^*}$$

$$h' = R - e$$

$$B^* \cdot L^* = A^* = 2 \left(R^2 \cos^{-1} \left(\frac{R - h'}{R} \right) - (R - h') \sqrt{2Rh' - h'^2} \right)$$

(Brinch-Hansen)



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	112 di 64

$$e = 0.45 \quad (\text{m})$$

$$h' = 6.05 \quad (\text{m})$$

$$A^* = 120.97 \quad (\text{m}^2)$$

$$L^* = 11.39 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 10.62 \quad (\text{m})$$

$$B^*/L^* = 0.93 \quad (\text{m})$$

$$sc = 1.480 \quad (-)$$

$$sq = 1.435 \quad (-)$$

$$sy = 0.627 \quad (-)$$

$$q_{lim} = 15544.49 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Sforzo Verticale limite nel terreno

$$N_{lim} = q_{lim} \cdot A^*$$

$$N_{lim} = 1880374.80 \quad (\text{kN})$$

Sforzo Verticale massimo nel terreno

$$N_b - N_w = 151470.84 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di Sicurezza

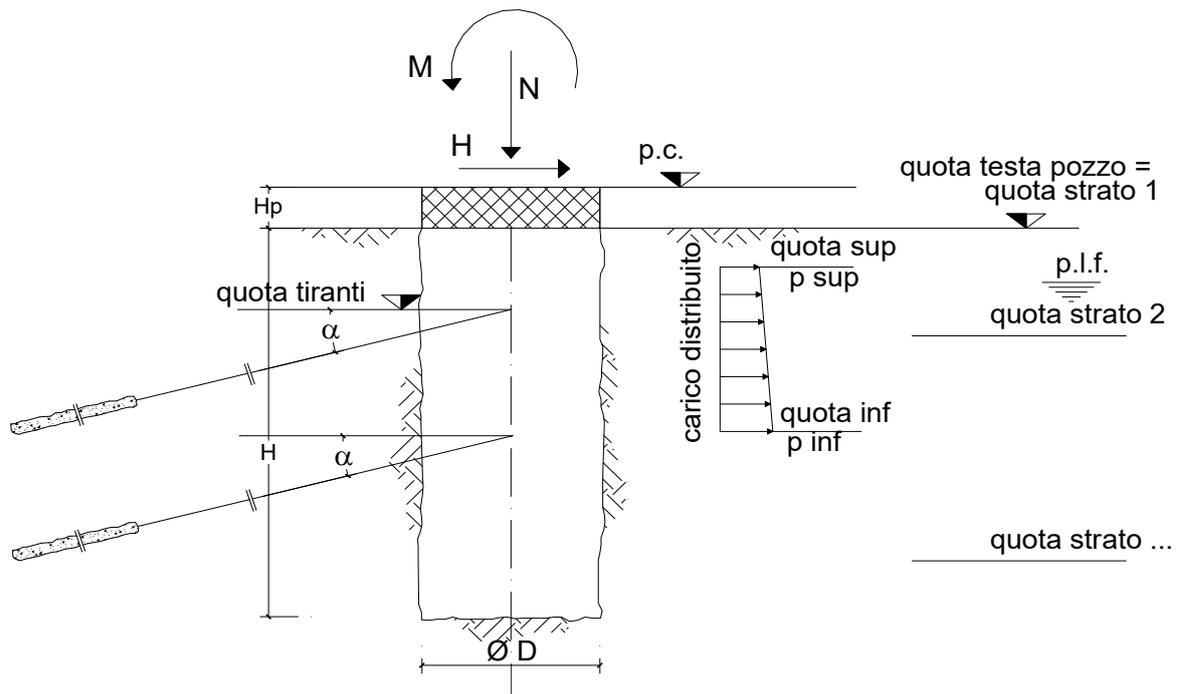
$$F_s = N_{lim} / (N_b - N_w)$$

$$F_s = 12.41 \geq 2.3$$

PROGETTO DEFINITIVO
**Relazione geotecnica e di calcolo delle
 fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	113 di 64

10.3.3 Analisi SLU $T r= 200$ anni

 opera: **pila 4 tr200**

parametri geotecnici caratteristici fusto

strati terreno	quote (m)	descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	φ (°)	c' (kPa)	c_u (kPa)	k_h (kN/m ³)	n_h (kN/m ⁴)
p.c.=strato 1	0.00	uni 2	20.0	20.0	1	0	0	1	1
✓ strato 2	-5.00	uni 3	19.5	19.5	1	0	0	1	1
✓ strato 3	-9.00	uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000	0
✓ strato 4	-15.00	uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000	0
□ strato 5									
□ strato 6									

parametri geotecnici caratteristici base

descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	φ (°)	c (kPa)	c_u (kPa)	k_v (kN/m ³)
uni 4	24.5	24.5	25	400	0	85000

quota falda 0.00 (m)

 γ_{acqua} 10 (kN/m³)

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	114 di 64

geometria pozzo

Altezza pozzo	15.00	(m)
diámetro pozzo	13.00	(m)
inerzia pozzo	1401.98	(m ⁴)
modulo elastico cls	12000	(MN/m ²)
peso specifico cls	22	(kN/m ³)
EI	1.68E+10	(kN m ²)
spessore plinto Hp	0.00001	(m)
peso plinto	0	(kN)

tiranti	quote (m)	EA/L (kN/m ²)	α (°)	N _n (kN/m)
<input type="checkbox"/> Tirante 1	-1.00	1890	20	100
<input type="checkbox"/> Tirante 2	-3.00	2940	10	200
<input type="checkbox"/> Tirante 3	-6.00	2940	10	300

<input type="checkbox"/> carichi distribuiti	quota sup. (m)	p sup (kN/m)	quota inf. (m)	p inf (kN/m)
	-4	1500	-22	1500

coefficienti parziali

		azioni		proprietà del terreno			resistenze
		permanenti	temporanee variabili	tan ϕ'	c'	c _u	q _{lim}
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	SISMA	⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tensioni Ammissibili		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Definiti dal Progettista		○	1.10	1.10	1.10	1.10	1.00

Azioni alla base della pila		
	permanenti	temporanee
N [kN]	127579.0	0.0
M [kNm]	-61161.5	0.0
H [kN]	4128.9	0.0

Mx	53869
My	28963
Tx	1677
Ty	3773

azioni di calcolo in testa al pozzo	
N [kN]	127579.0
M [kNm]	-61161.5
H [kN]	4128.9

parametri geotecnici di calcolo fusto

strati terreno	quote (m)	descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	k _n (kN/m ³)	n _h (kN/m ⁴)	k _p	k _a
p.c.=strato 1	0.00	uni 2	20.0	20.0	1.00	0.00	0.00	1	1	1.04	0.97
strato 2	-5.00	uni 3	19.5	19.5	1.00	0.00	0.00	1	1	1.04	0.97
strato 3	-9.00	uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0.00	85000	0	2.46	0.41
strato 4	-15.00	uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0.00	85000	0	2.46	0.41
strato 5											
strato 6											

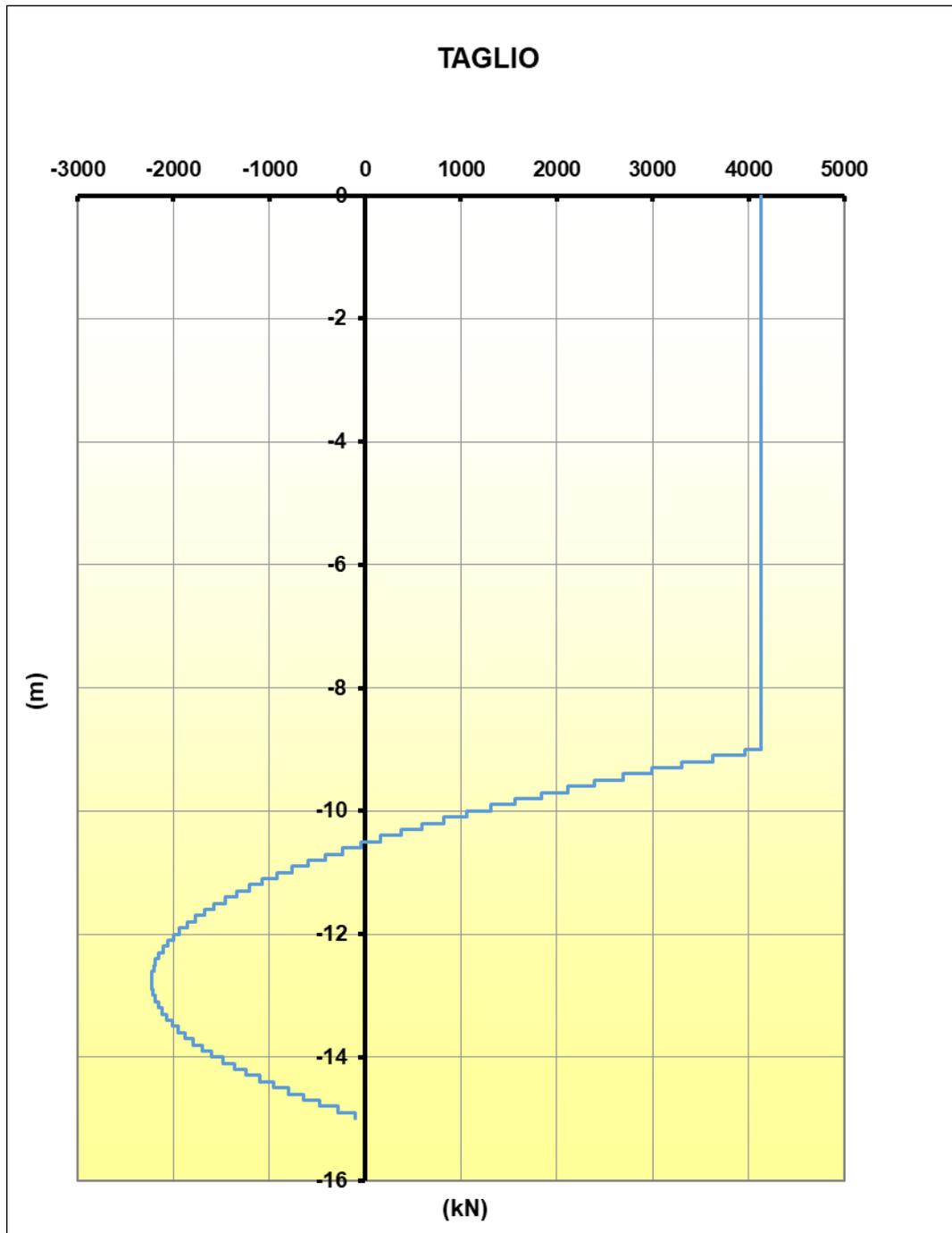
parametri geotecnici di calcolo base

descrizione	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	k _v (kN/m ³)
uni 4	24.5	24.5	25.00	400.00	0	85000

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

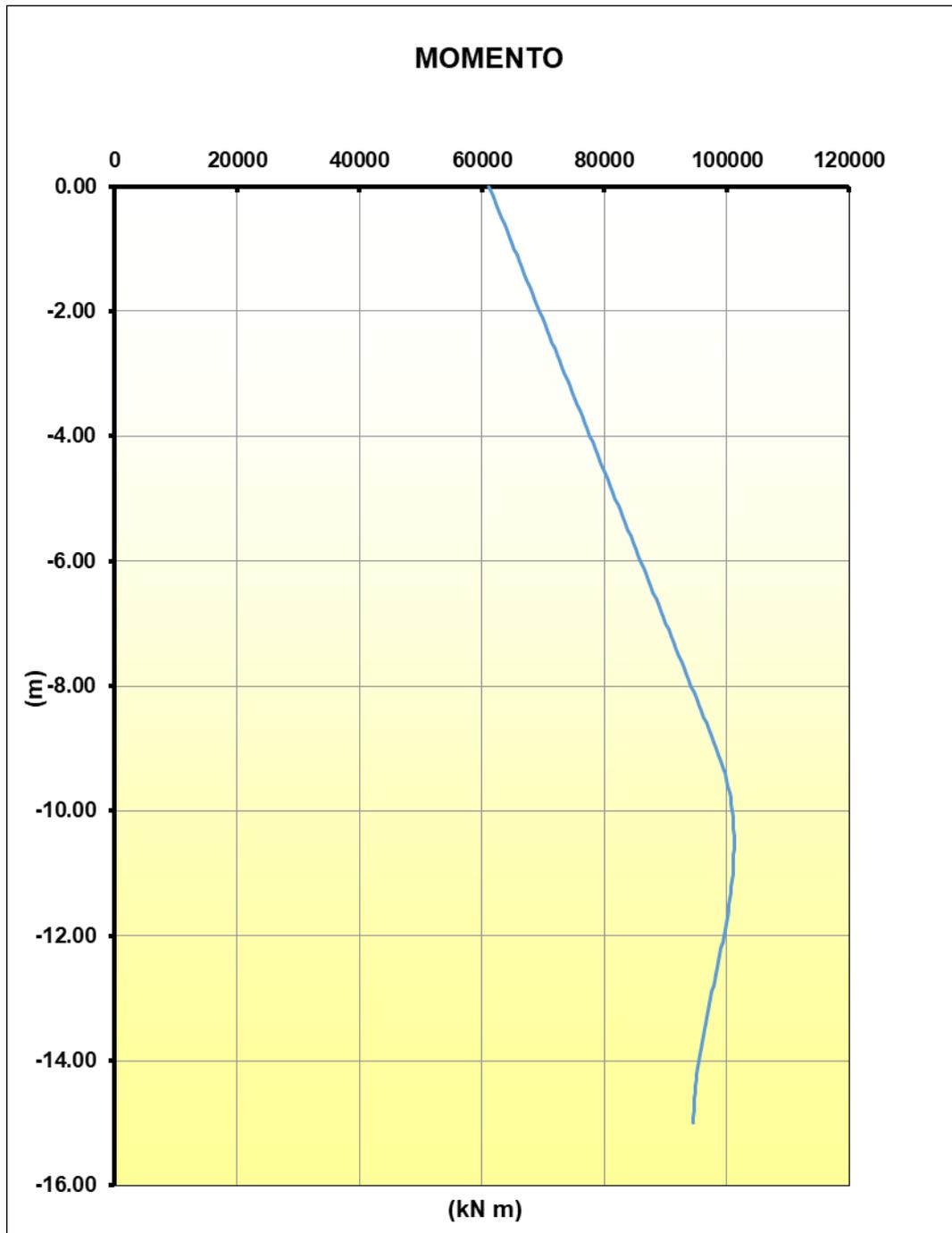
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	115 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

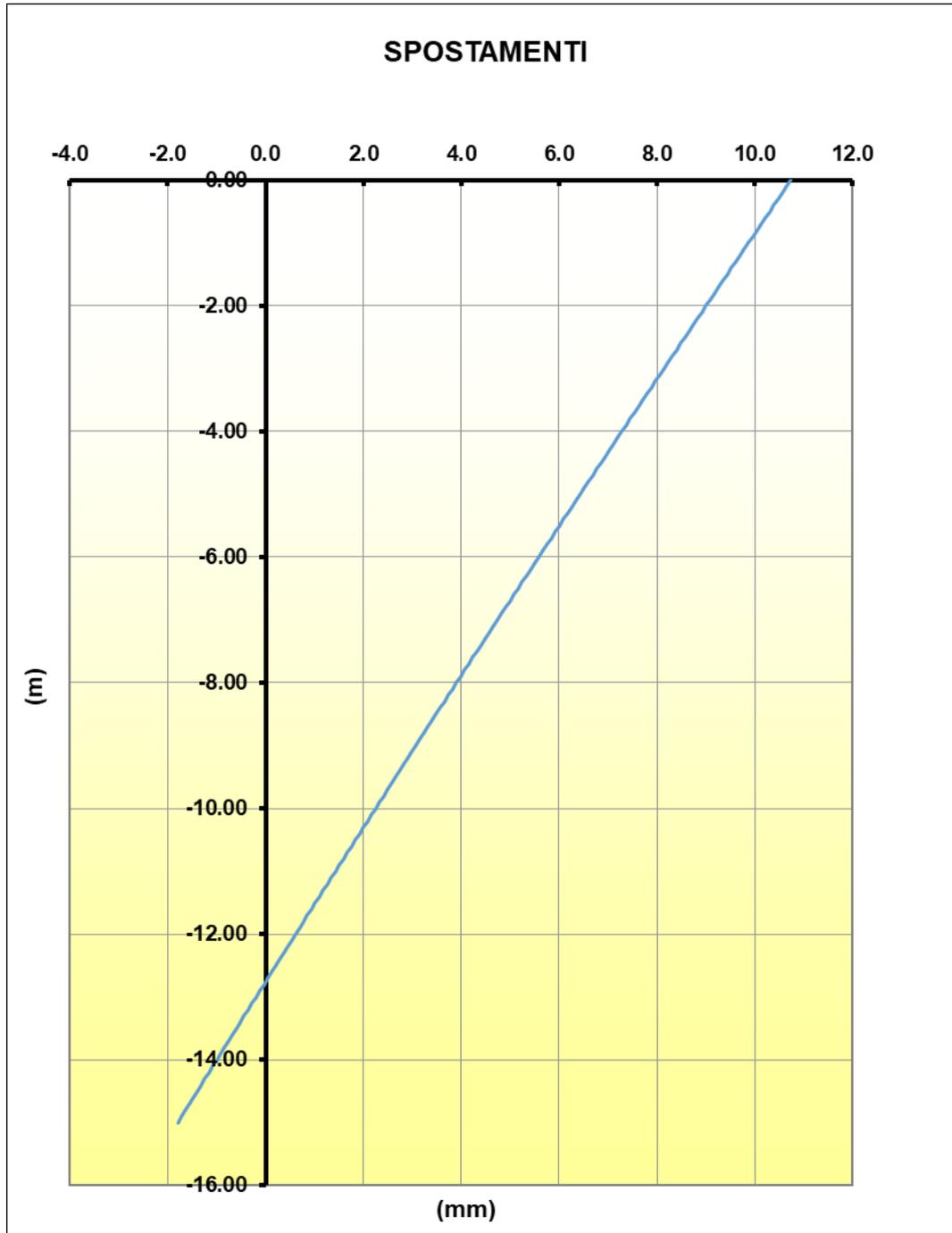
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	116 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

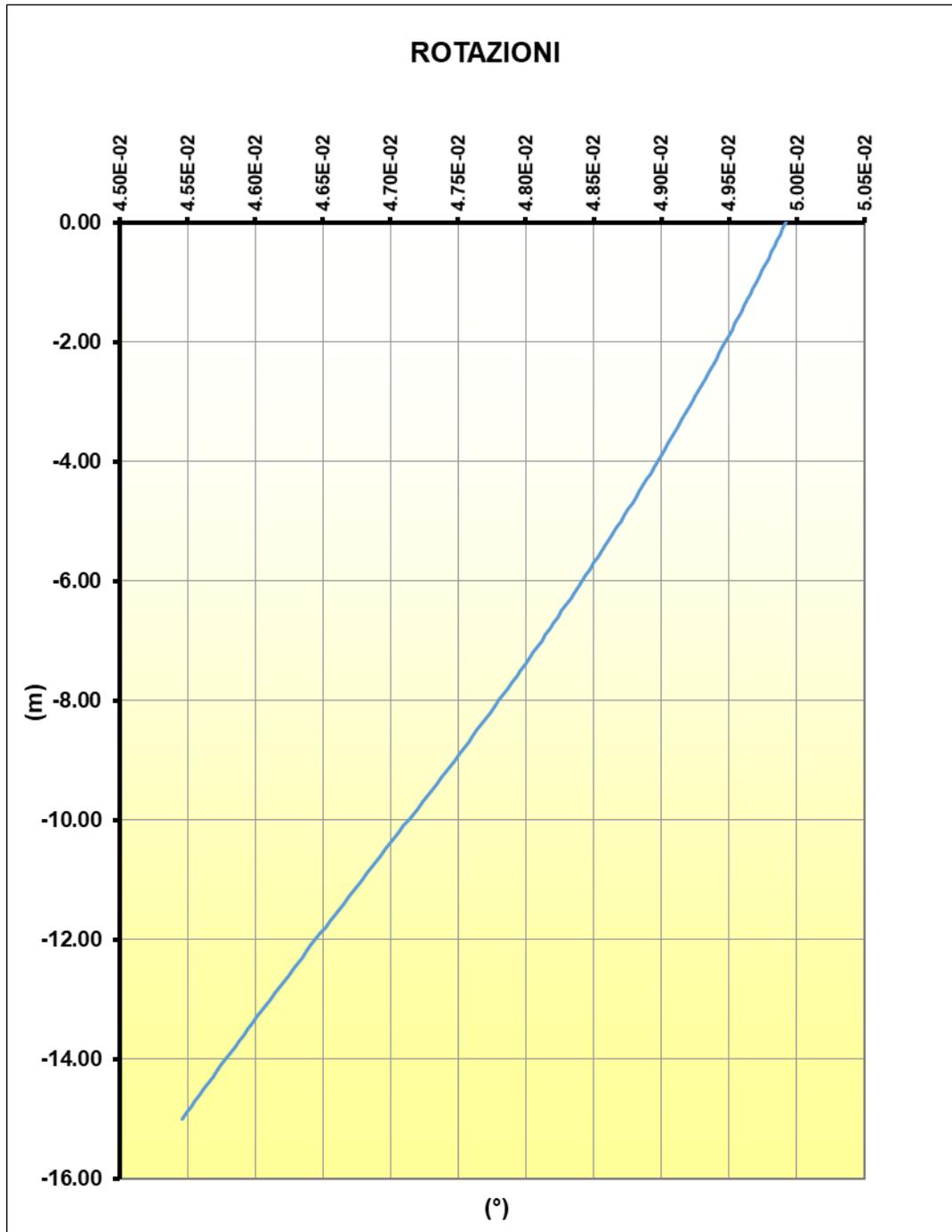
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	117 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

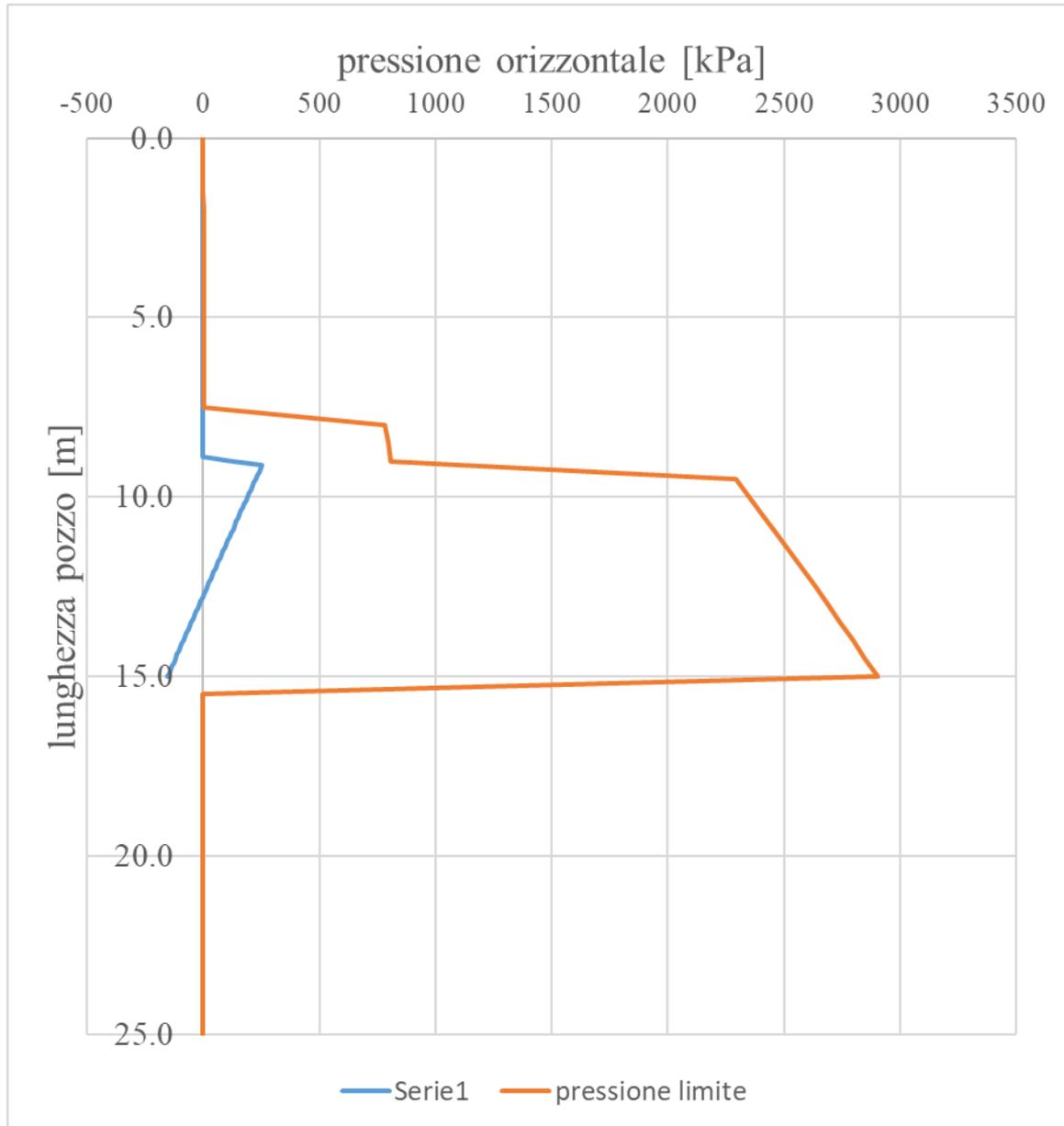
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	118 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	119 di 64



PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	120 di 64

Sollecitazioni alla base del pozzo

$$N_b = 171380.68 \quad (\text{kN})$$

$$M_b = 94553.70 \quad (\text{kNm})$$

Sottospinta idrostatica alla base del pozzo

$$N_w = 19909.84 \quad (\text{kN})$$

Pressioni verticali alla base del pozzo

$$\sigma_{zmax} = (N_b - N_w) / A_b + (3DH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmin} = (N_b - N_w) / A_b - (3DH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmax} = 1579.55 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\sigma_{zmin} = 702.80 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICHE GEOTECNICHE

Capacità portante limite

$$q_{lim} = c'N_{csc} + qN_{qsq} + 0,5\gamma BN\gamma s\gamma$$

$$q_{lim} = c_u N_c sc + q$$

$$q = 175.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$N_q = 10.66 \quad (-)$$

$$N_c = 20.72 \quad (-)$$

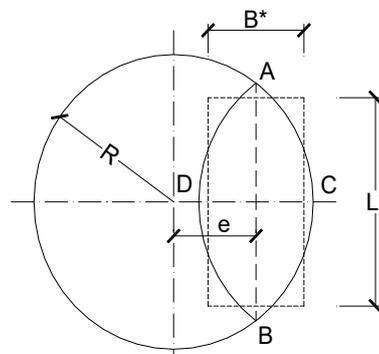
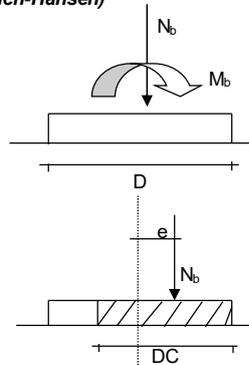
$$N_\gamma = 10.88 \quad (-)$$

$$sc = 1 + (B/L) * (Nq/Nc)$$

$$sq = 1 + (B/L) * \text{tang}(j)$$

$$s\gamma = 1 - 0,4 * (B/L)$$

(Brinch-Hansen)



$$DC = 2(R - e)$$

$$AB = \sqrt{R^2 - e^2}$$

$$\frac{AB}{CD} = \frac{L^*}{B^*}$$

$$h' = R - e$$

$$B^* \cdot L^* = A^* = 2 \left(R^2 \cos^{-1} \left(\frac{R - h'}{R} \right) - (R - h') \sqrt{2Rh' - h'^2} \right)$$

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	121 di 64

$$e = 0.55 \quad (\text{m})$$

$$h' = 5.95 \quad (\text{m})$$

$$A^* = 118.40 \quad (\text{m}^2)$$

$$L^* = 11.35 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 10.43 \quad (\text{m})$$

$$B^*/L^* = 0.92 \quad (\text{m})$$

$$sc = 1.473 \quad (-)$$

$$sq = 1.428 \quad (-)$$

$$sy = 0.633 \quad (-)$$

$$q_{lim} = 15390.39 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Sforzo Verticale limite nel terreno

$$N_{lim} = q_{lim} \cdot A^*$$

$$N_{lim} = 1822297.70 \quad (\text{kN})$$

Sforzo Verticale massimo nel terreno

$$N_b - N_w = 151470.84 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di Sicurezza

$$F_s = N_{lim} / (N_b - N_w)$$

$$F_s = 12.03 \geq 2.3$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0703 003	REV. A	FOGLIO 122 di 64

10.4 Verifiche strutturali

Le sollecitazioni nei pali di fondazione vengono calcolate secondo lo schema statico di trave su suolo elastico alla Winkler con rotazione impedita in testa, di lunghezza complessiva pari alla lunghezza effettiva dei pali ed aventi la medesima inerzia del palo e larghezza pari al diametro del palo.

Per quanto riguarda il comportamento dei pali alle azioni orizzontali, si fa riferimento ad un modulo di reazione orizzontale del terreno variabile con la profondità, assunto pari a $k(z)=E(z)/d$ con $E(z)$ in accordo al capitolo 5.

Si considera la testa del palo coincidente con l'intradosso della platea di fondazione.

10.4.1 Pila 3

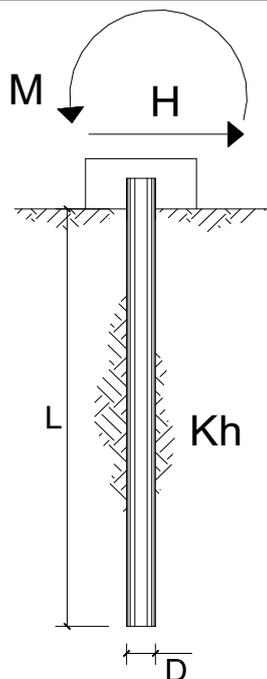
Di seguito si riporta il risultato del calcolo a mezzo del diagramma del fattore adimensionale $\alpha = Mz/T_0$ attribuendo al taglio agente testa palo un valore convenzionale di 100 kN. Il valore max di tale rapporto è risultato pari in questo caso a 2.12 in SLV e 7.56 allo SLU $T_r=200$.

PROGETTO DEFINITIVO

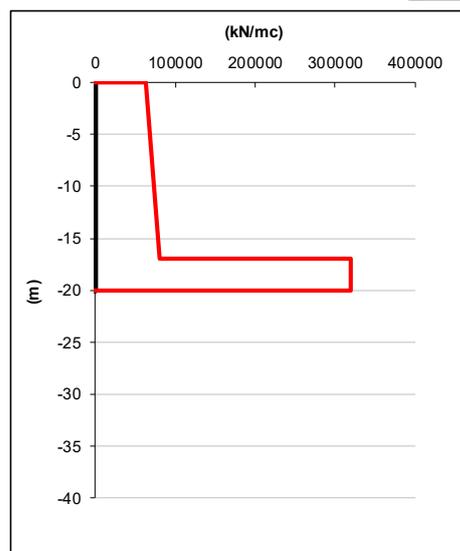
Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	123 di 64

SLV



scala g



strati terreno	descrizione	quote (m)	k_h (kN/m ³)	n_h (kN/m ³)
p.c.=strato 1	2	0.00	64000	1500
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	4	-17.00	320000	0
<input type="checkbox"/> strato 3				
<input type="checkbox"/> strato 4				
<input type="checkbox"/> strato 5				
<input type="checkbox"/> strato 6				

Diametro del palo 1.5 (m)

J palo 0.24850 (m⁴)

Lunghezza del palo 20 (m)

Forza orizzontale in testa 100 (kN)

Momento in testa 0 (kNm)

E cls 31220 (Mpa)

dimensione elementi 0.2 (m)

palo impedito di ruotare

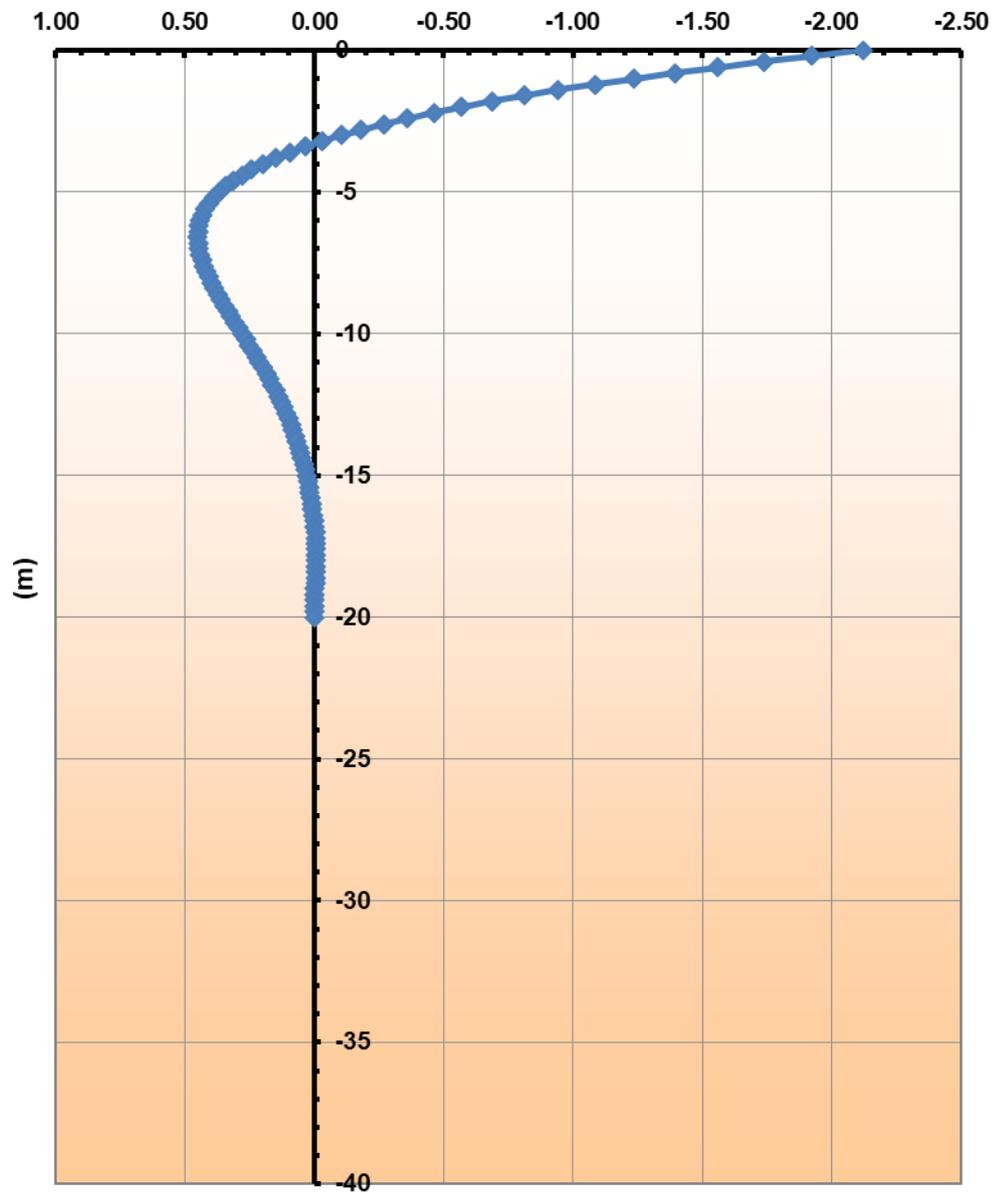
Calcolo
(ctrl+r)

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	124 di 64

Rapporto M_z/T_0

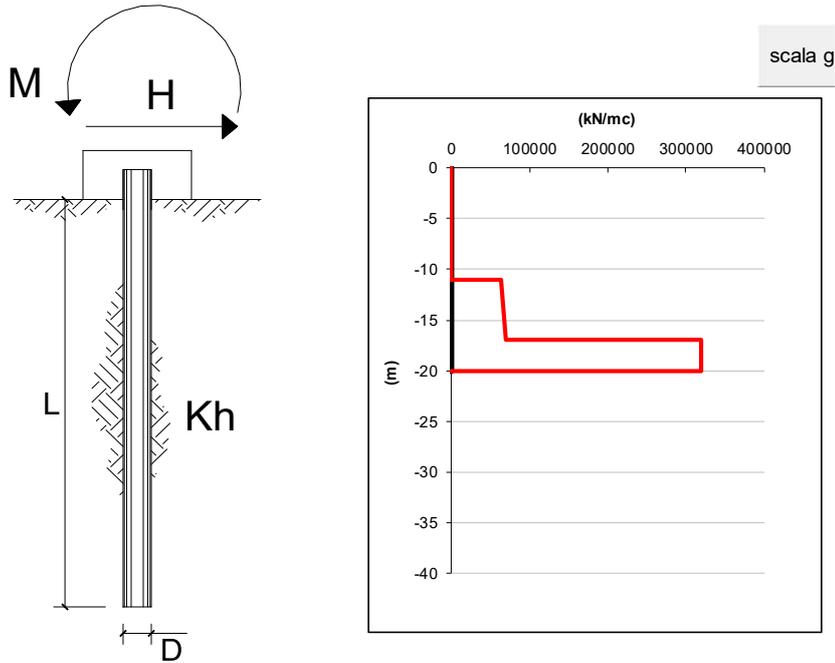


PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	125 di 64

SLU Tr=200 anni



strati terreno	descrizione	quote (m)	k_h (kN/m ³)	η_h (kN/m ³)
p.c.=strato 1	2	0.00	1	1
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	2	-11.00	64000	1500
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	4	-17.00	320000	0
<input type="checkbox"/> strato 4				
<input type="checkbox"/> strato 5				
<input type="checkbox"/> strato 6				

Diametro del palo 1.5 (m)

J palo 0.24850 (m⁴)

Lunghezza del palo 20 (m)

Forza orizzontale in testa 100 (kN)

Momento in testa 0 (kNm)

E cls 31220 (Mpa)

dimensione elementi 0.2 (m)

palo impedito di ruotare

Calcolo
(ctrl+r)

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	126 di 64

Calcolo delle sollecitazioni

SLV

$N = - 0 \text{ kN}$ (conservativamente)

$V = 465 \text{ kN}$

$M = 465 * 2.12 = 986 \text{ kNm}$

SLU Tr=200 anni

$N = - 0 \text{ kN}$ (conservativamente)

$V = 102 \text{ kN}$

$M = 102 * 7.56 = 771 \text{ kNm}$

Verifiche

Descrizione armatura

Armatura longitudinale: 20 \varnothing 30

Spirale: \varnothing 14/20

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: palo 1500 pila 3

Descrizione Sezione:	1500
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.2 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.1 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	127 di 64

Def.unit. ultima ecu: 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec: 31475.0 MPa
 Resis. media a trazione fctm: 2.56 MPa

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.0 MPa
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.0 MPa
 Resist. snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Calcestruzzo: C25/30

Raggio circ.: 75.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.0	20	30

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
 Passo staffe: 5.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	986.00	465.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	128 di 64

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.5	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	17.3	cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.7	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	986.00	0.00	3225.71	3.27	106.0(35.3)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.218	0.0	75.0	0.00235	0.0	65.0	-0.01259	0.0	-65.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000114904	-0.005117798	0.218	0.712

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	8	mm
Passo staffe:	5.0	cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. La resistenza delle travi è calcolata assumendo il valore di 0.9 Dmed come coppia interna. I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni – VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	129 di 64

Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	465.00	3219.44	2197.86	124.2	118.0	2.500	1.000	4.3	20.1(0.0)

PROGETTO DEFINITIVO

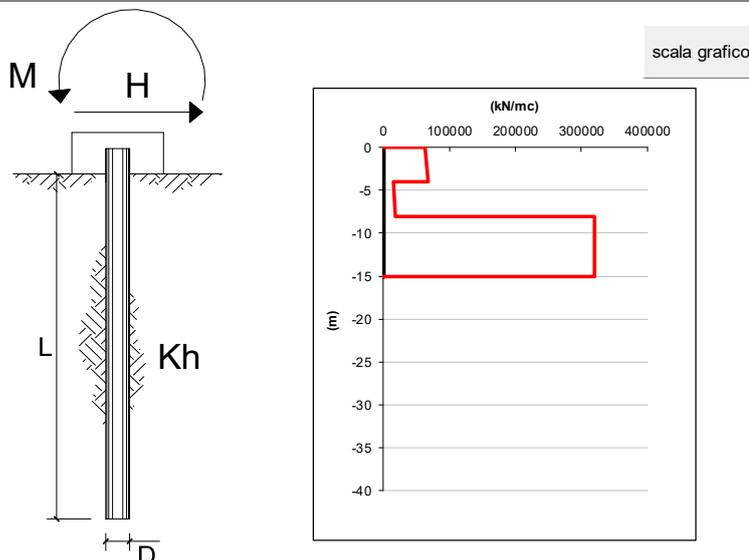
Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	130 di 64

10.4.2 Pila 4

Di seguito si riporta il risultato del calcolo a mezzo del diagramma del fattore adimensionale $\alpha = Mz/To$ attribuendo al taglio agente testa palo un valore convenzionale di 100 kN. Il valore max di tale rapporto è risultato pari in questo caso a 2.06 in SLV e 5.93 allo SLU $Tr=200$.

SLV



strati terreno	descrizione	quote (m)	k_h (kN/m ³)	n_h (kN/m ³)
p.c.=strato 1	2	0.00	64000	1500
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	3	-4.00	16000	1000
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	4	-8.00	320000	0
<input type="checkbox"/> strato 4				
<input type="checkbox"/> strato 5				
<input type="checkbox"/> strato 6				

Diametro del palo 1.5 (m)
 J palo 0.24850 (m⁴)
 Lunghezza del palo 15 (m)
 Forza orizzontale in testa 100 (kN)
 Momento in testa 0 (kNm)
 E cls 31220 (Mpa)
 dimensione elementi 0.2 (m)

palo impedito di ruotare

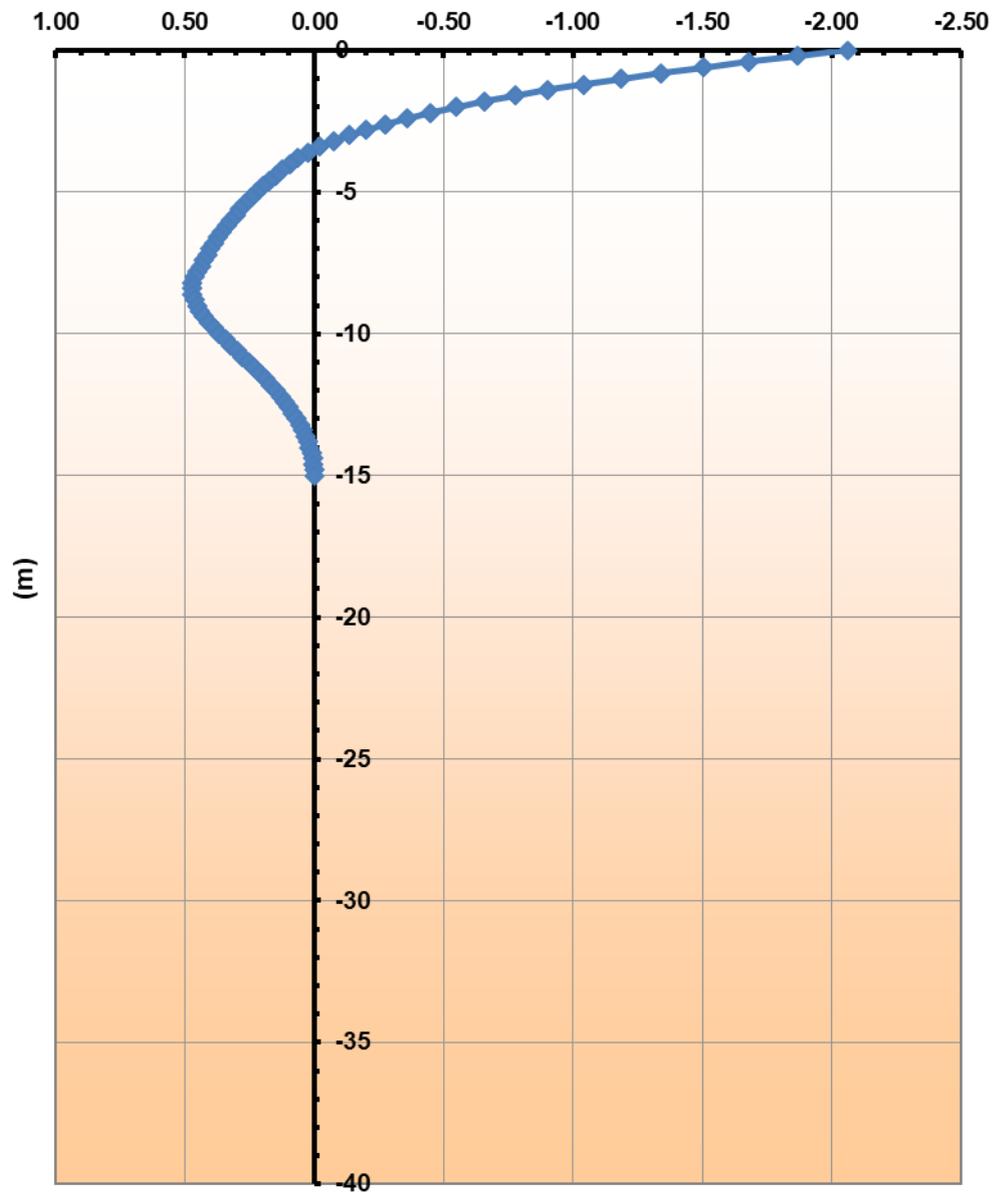
Calcolo

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	131 di 64

Rapporto M_z/T_0

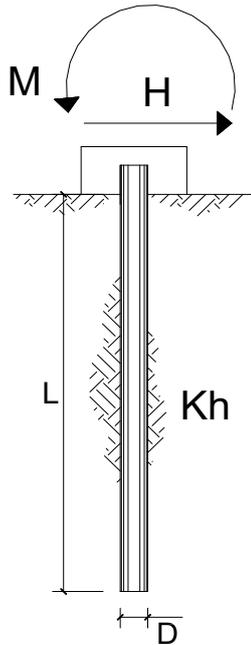


PROGETTO DEFINITIVO

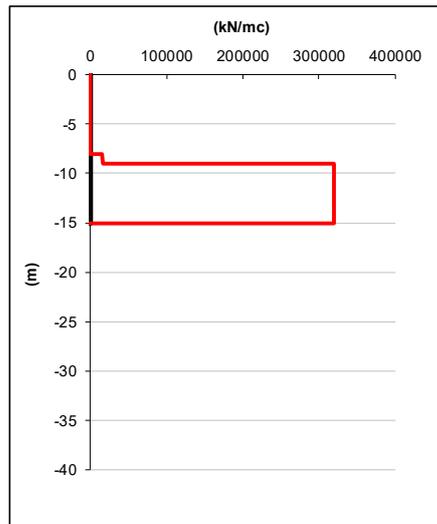
Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	132 di 64

SLU Tr=200 anni



scala g



strati terreno	descrizione	quote (m)	k_h (kN/m ³)	η_h (kN/m ³)
p.c.=strato 1	2	0.00	1	1
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	3	-5.00	1	1
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	3	-8.00	16000	1000
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	4	-9.00	320000	0
<input type="checkbox"/> strato 5				
<input type="checkbox"/> strato 6				

Diametro del palo 1.5 (m)
 J palo 0.24850 (m⁴)
 Lunghezza del palo 15 (m)
 Forza orizzontale in testa 100 (kN)
 Momento in testa 0 (kNm)
 E cls 31220 (Mpa)
 dimensione elementi 0.2 (m)

palo impedito di ruotare

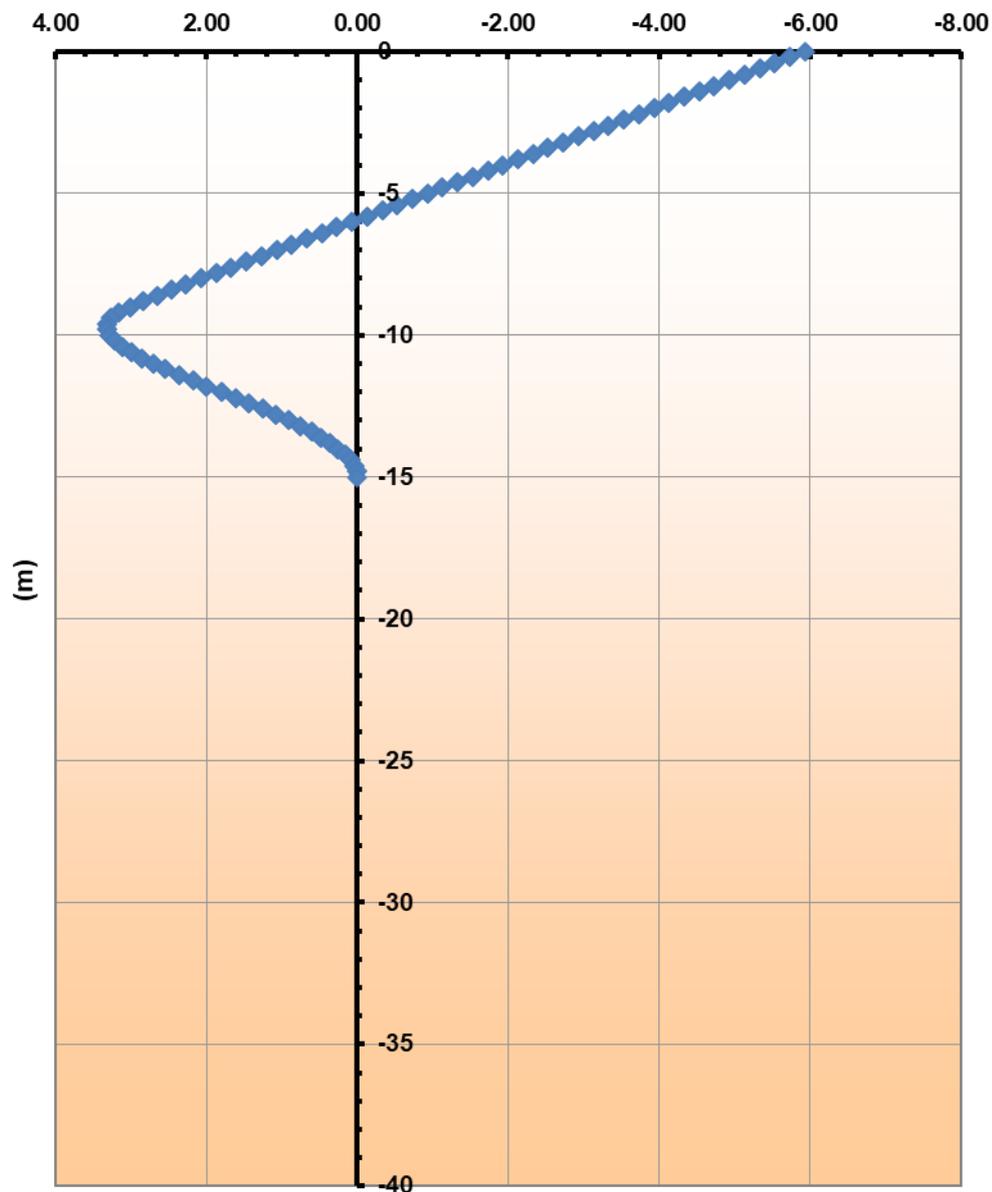
Calcolo

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geotecnica e di calcolo delle
fondazioni - VI07**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0703 003	A	133 di 64

Rapporto M_z/T_0



 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni – VI07</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI0703 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 134 di 64</p>

Calcolo delle sollecitazioni

SLV

$N = - 0 \text{ kN}$ (conservativamente)

$V = 476 \text{ kN}$

$M = 476 * 2.06 = 980 \text{ kNm}$

SLU Tr=200 anni

$N = - 0 \text{ kN}$ (conservativamente)

$V = 95 \text{ kN}$

$M = 95 * 5.93 = 563 \text{ kNm}$

Verifiche

Descrizione armatura

Armatura longitudinale: 20 \varnothing 30

Spirale: \varnothing 14/20

Per la verifica si fa riferimento a quanto fatto per i pali della Pila 3.