

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

VI05 – VIADOTTO DAL KM 9+661,00 A KM 9+961,60

Relazione di calcolo Pali di fondazione

L'Appaltatore

Ing. Gianguido Babini

A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.

Il Direttore Tecnico

Ing. Gianguido Babini

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini



Data

firma

Data

firma

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I 0 B	0 2	E	Z Z	C L	V I 0 5 0 3	0 0 5	C	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	P.Carandente T.	14/12/2022	S.Carozza	16/12/2022	T. Pelella	18/12/2022	
B	Revisione	P.Carandente T.	14/06/2023	S.Carozza	15/06/2023	T. Pelella	15/06/2023	
C	Revisione	P.Carandente T.	23/10/2023	S.Carozza	27/10/2023	T. Pelella	27/10/2023	

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005	REV C

INDICE

1.. PREMESSA	3
2.. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2.1 Normativa di riferimento	6
2.2 Documenti di riferimento	6
2.3 Bibliografia di riferimento	6
3.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
3.1 Calcestruzzo pali e plinti di fondazione Rck > 30 Mpa (C25/30)	8
3.2 Acciaio d'armatura B450C	8
4.. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	9
5.. AZIONI INTRADOSSO DELLA FONDAZIONE	10
6.. CRITERI PER ANALISI E VERIFICHE GEOTECNICHE	20
6.1 Metodologia di calcolo per le verifiche nei confronti del collasso per carichi verticali	20
6.2 Metodologia di calcolo per le verifiche nei confronti del collasso per carichi inclinati	21
7.. VERIFICHE GEOTECNICHE SLU/SLV VERTICALE	24
7.1 PALIFICATE SPALLA 01	24
7.2 PALIFICATE PILA 01	25
7.3 PALIFICATE PILA 02÷PILA 07 E PILA 09÷10	25
7.4 PALIFICATE PILA 08	26
7.5 PALIFICATE PILA 11	27
7.6 PALIFICATE SPALLA 02	27
8.. VERIFICHE GEOTECNICHE SLU/SLV ORIZZONTALE	29
8.1 PALIFICATE SPALLA 01	29
8.2 PALIFICATE PILA 01	30
8.3 PALIFICATE PILE 02 ÷ PILE 07 E PILE 09 ÷ 10	31
8.4 PALIFICATE PILA 08 E PILA 11	32
8.5 PALIFICATE SPALLA 02	33
9.. VERIFICHE GEOTECNICHE SLE	34
9.1 PALIFICATE PILA 02 ÷ PILA 07 E PILA 09 ÷ 10	35
9.2 PALIFICATE PILA 08 ÷ PILA 11	38
10. VERIFICHE STRUTTURALI PALI SLU/SLE	41
10.1 PALIFICATE SPALLA 01	48
10.2 PALIFICATE PILE 01	52
10.3 PALIFICATE PILE 02÷07 E PILE 09÷10	56
10.4 PALIFICATE PILA 08 E PILA 11	60
10.5 PALIFICATE SPALLA 02	64
10.6 TABELLA RIEPILOGATIVA ARMATURA PALI	68

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	2

11.	CURVE DI CAPACITÀ.....	69
11.1	Stratigrafia 1.....	69
11.2	Stratigrafia 2.....	72

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	3

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche geotecniche delle fondazioni delle pile che sostengono del viadotto ferroviario denominato VI05, previsto tra le progressive chilometriche 9+661.00 e 9+961.60.

Il viadotto, avente lunghezza complessiva pari a circa 300 m, è a doppio binario e composto da 12 campate in semplice appoggio di luce 25 m. Le strutture di sostegno sono costituite da una spalla mobile (S1), una spalla fissa (S2) e 11 pile. Le spalle sono fondate su gruppi di 12 pali trivellati di 1.5 m di diametro. Le pile da P1 a P11 sono caratterizzate da una sezione pseudorettangolare cava biconvessa con larghezza pari a 3.5 m in direzione longitudinale e 10.4 m in direzione trasversale. Le fondazioni sono del tipo indiretto, con plinti su gruppi di 9 pali di diametro 1.5 m di dimensione 12.00 x 12.00 e spessore pari a 2.5 m. Gli interassi dei pali sono pari a 4.5 m sia in direzione longitudinale che in direzione trasversale.

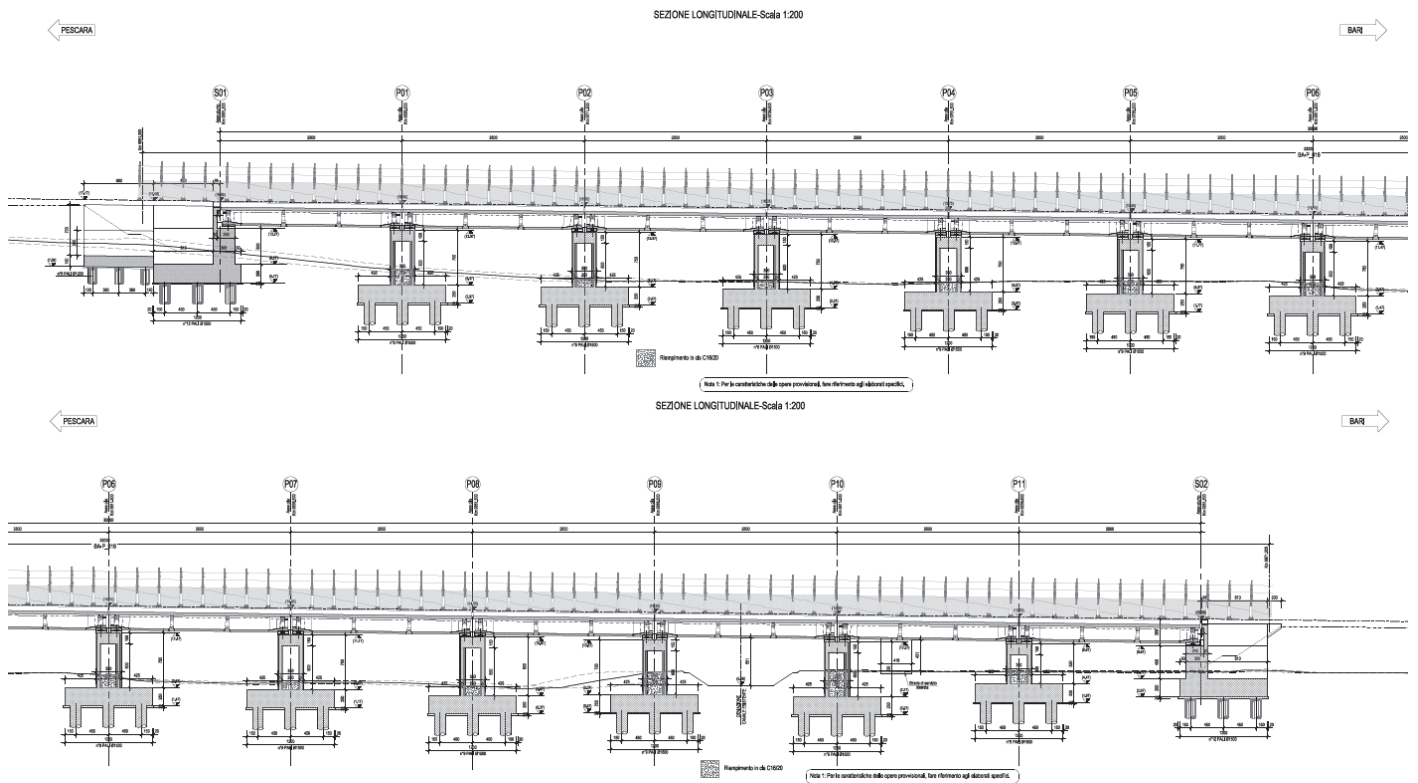


Figura 1. Rappresentazione del viadotto in esame

A scopo illustrativo vengono rappresentate le fondazioni delle pile e quelle delle spalle:

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	4

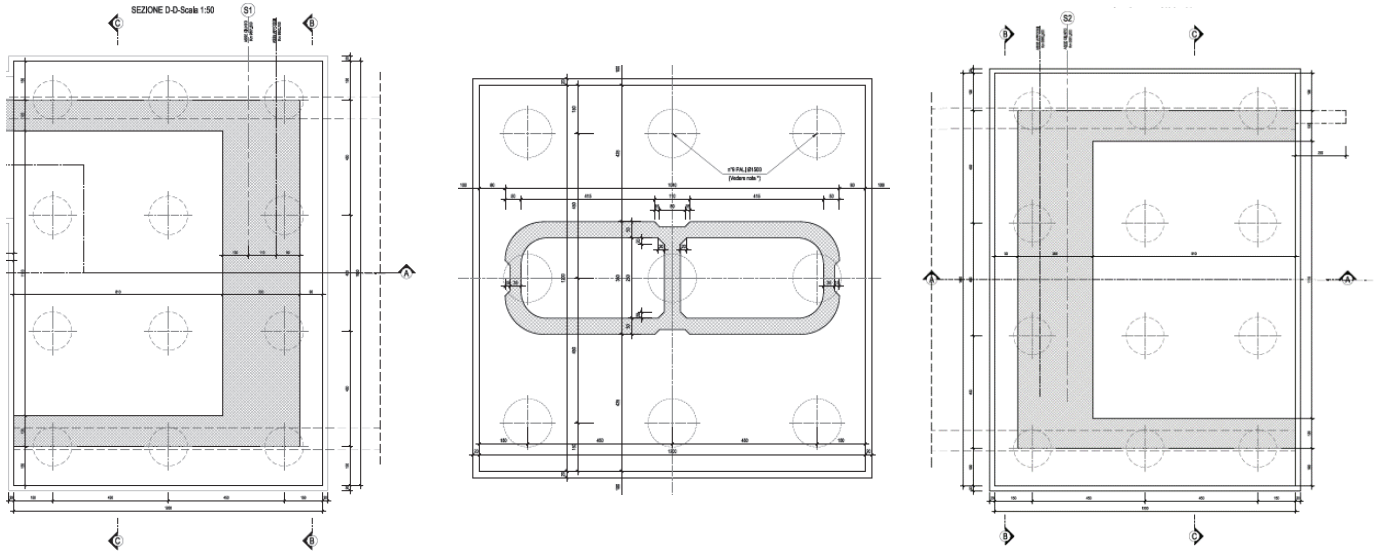


Figura 2. Pianta delle fondazioni delle pile e delle spalle

Nel presente documento si analizzano alcune fondazioni del viadotto in esame. Al fine di uniformarne il calcolo, le pile sono state suddivise in famiglie in funzione di caratteristiche quali la geometria delle pile stesse, le luci e le tipologie di impalcato e le condizioni geotecniche. Di seguito quindi si riporta un quadro riassuntivo delle analisi svolte per il viadotto in esame che vanno a coprire tutti i possibili scenari di progetto.

Tabella 1. Descrizione delle opere e raggruppamenti effettuati.

WBS	PILE	Tipologia	H	Altezza di calcolo	Stratigrafia
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[-]
VI05	P01	c.a.p. 25m	7.00	7.00	1
	P02	c.a.p. 25m	7.50	7.50	2
	P03	c.a.p. 25m	7.50	7.50	2
	P04	c.a.p. 25m	7.50	7.50	2
	P05	c.a.p. 25m	7.00	7.50	2
	P06	c.a.p. 25m	7.00	7.50	2
	P07	c.a.p. 25m	7.00	7.50	2
	P08	c.a.p. 25m	6.00	6.00	2
	P09	c.a.p. 25m	7.00	7.50	2
	P10	c.a.p. 25m	7.00	7.50	2
	P11	c.a.p. 25m	6.00	6.00	2
	Spalla 1	-	5	5	1
	Spalla 2	-	4.5	4.5	2

In particolare, viene di seguito riportate un prospetto che rappresenta le azioni considerate e quindi i raggruppamenti effettuati per le varie pile in considerazione anche degli impalcato che sostengono:

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	5

PILA n°	Tipologia di calcolo fondazioni
1	PILA IMPALCATO L=25+25m - H=7.00m PILA IMPALCATO L=25+25m - H=7.50m
2	
3	
4	
5	
6	
9	
10	

PILA n°	Tipologia di calcolo fondazioni
8	PILA IMPALCATO L=25+25m - H=6.00m
11	

Si fa presenta che le spalle avranno azioni proprie.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	6

2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in conformità alla seguente normativa:

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008).
- [N.2]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.
- [N.3]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- [N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- [N.5]. RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22-12-17 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N.6]. UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta con riferimento ai seguenti documenti.

- D.1. LI0B 02 EZZ RB GE0005 001 A - Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Lotti 2 e 3. Relazione geotecnica generale.

2.3 BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- Berezantsev VG (1965). Design of deep Foundations. Proc. 6th International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering, vol. 2, Montreal, 234-237.
- Broms, BB (1964a). Lateral resistance of piles in cohesive soils. J. Soil Mech. Found. Div. 90, No. SM2, 27–63.
- Broms, BB (1964b). Lateral resistance of piles in cohesionless soils. J. Soil Mech. Found. Div. 90, No. SM3, 123–156.
- Callisto L, Gorini DN (2022). Generalised ultimate loads for pile groups. Acta Geotechnica, 17(6), 2495-2516;
- de Sanctis L, Di Laora R, Garala TK, Madabhushi SPG, Viggiani GMB, Fargnoli P (2021). Centrifuge modelling of the behaviour of pile groups under vertical eccentric load. Soils & Foundations, 61(2), 465-479;
- Dobry R, Gazetas G (1988). Simple method for dynamic stiffness and damping of floating pile groups. Géotechnique, 38(4), 557-574.

 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	7

- de Sanctis L, Di Laora R, Maiorano RMS, Aversa S, Favata G (2021). Failure envelopes of pile groups under combined axial-moment loading: theoretical background and experimental evidence. *Soils & Foundations*, 61(5), 1419-1430;
- Di Laora R, de Sanctis L, Aversa S (2019). Bearing capacity of Pile Groups under vertical eccentric load. *Acta Geotechnica*, 14(1), 193-205;
- Di Laora R, Iodice C, Mandolini A (2022). A closed-form solution for the failure interaction diagrams of pile groups subjected to inclined eccentric load. *Acta Geotechnica*, 17(8), 3633-3646;
- Iovino M, Maiorano RMS, de Sanctis L, Aversa S (2021a). Failure envelopes of pile groups under inclined and eccentric loads. *Géotechnique Letters*, 11(4), 247-253;
- Iovino M, Di Laora R, de Sanctis L (2021b). Serviceability limit state analysis of piled foundations under combined axial-moment loading. *Acta Geotechnica*, 16(12), 3963-3973, doi: 10.1007/s11440-021-01340-4;
- Randolph MF, Wroth CP (1979). An analysis of vertical deformation of pile groups. *Géotechnique*, 29(4): 423-439
- Skempton AW (1951) The bearing capacity of clays. *Proceedings of building research congress*. ICE, London, pp 180–189
- Viggiani C, Mandolini A, Russo G (2011). *Piles and piles foundations*. Spon Press, London
- Associazione geotecnica italiana (1984) *Raccomandazioni sui pali di fondazione*.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro <small>S.P.A.</small>		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Relazione di calcolo Pali di fondazione		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	8

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO PALI E PLINTI DI FONDAZIONE RCK > 30 MPa (C25/30)

- $R_{ck} = 30$ MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni
- $f_{ck} = 25$ MPa resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33$ MPa resistenza cilindrica valore medio
- $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56$ MPa resistenza media a trazione semplice (assiale)
- $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.80$ MPa resistenza caratteristica a trazione
- $E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 31476$ MPa modulo elastico
- $\gamma = 25.0$ kN/m³ peso per unità di volume

Resistenze di progetto allo SLU

- $f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 14.2$ MPa; $\gamma_c = 1.50$ resistenza di progetto a compressione
- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.20$ MPa resistenza di progetto a trazione

Resistenze di progetto allo SLE

- $\sigma_{c,r} = 0.55 \cdot f_{ck} = 13.8$ MPa tensione limite in combinazione caratteristica (rara)
- $\sigma_{c,f} = 0.40 \cdot f_{ck} = 10.0$ MPa tensione limite in combinazione quasi permanente
- $\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.13$ MPa tensione limite di fessurazione (trazione)

3.2 ACCIAIO D'ARMATURA B450C

- $f_{yk} = 450$ MPa resistenza caratteristica di snervamento
- $f_{tk} = 540$ MPa resistenza caratteristica a rottura
- $E_s = 210000$ MPa modulo elastico

Resistenza di progetto allo SLU

- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391$ MPa ; $\gamma_s = 1.15$ resistenza di progetto a compressione

Resistenza di progetto allo SLE

- $\sigma_{s,r} = 0.75 \cdot f_{yk} = 337.5$ MPa tensione limite in combinazione caratteristica (rara)

copriferrò netto 60mm

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	9

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per una definizione delle caratteristiche geotecniche del sito ed in particolare dei valori dei parametri geotecnici utilizzati per il dimensionamento dei pali di fondazione delle opere in esame, si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale (LI0B02EZZRBGE0005001A). Di seguito vengono rappresentate le stratigrafie utilizzate per il dimensionamento delle fondazioni in oggetto:

Tabella 2. Stratigrafia e parametri di calcolo - Stratigrafia 1 - Spalla 1 e Pila P1

Unità geotecnica	Descrizione	Profondità [m]	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]	V_s [m/s]
bn3	Argille limose	10	19,5	-	-	150-200	150-320
bn2	Sabbie limose	15	19	34	-	-	200-300
bn3	Argille limose	30	19,5	-	-	200	160-600
bn3	Argille limose	35	19,5	-	-	150	160-600
SSR	Sabbie di Serracapriola	40	19,5	37	-	-	160-560

Tabella 3. Stratigrafia e parametri di calcolo - Stratigrafia 2 – Pile P2-P7, P8, P9-P10, Spalla 2

Unità geotecnica	Descrizione	Profondità [m]	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]
ga2	Sabbia limosa	4	20	33	-	190-510
ga3	Argille limose	40	20	-	130-200 per $z < 20m$ 200 per $20 < z < 35$ 150 per $z > 35$	190-360
SSR	Sabbie di Serracapriola	45	19.5	35	-	160-560

La capacità portante per le fondazioni del viadotto è stata valutata per pali di grandi diametro $D=1500mm$ considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa e quindi considerando le seguenti ipotesi di calcolo:

- Coefficienti di sicurezza sulle portate laterali e alla base:

Resistenza	Simbolo	Trivellato
		γ_R
Base	γ_b	1.35
Lat. (compr.)	γ_s	1.15
Tot. (compr.)	γ_t	1.30
Lat. (traz)	γ_{st}	1.25

- La falda viene assunta, cautelativamente, al piano campagna.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	10

- L'affondamento della fondazione (quota testa palo) è sempre posto a 2.5m dal piano campagna.

5 AZIONI INTRADOSSO DELLA FONDAZIONE

Vengono di seguito rappresentate le azioni all'intradosso delle fondazioni in esame considerate. Per quanto riguarda il sistema di riferimento si faccia riferimento alle figure seguenti (fondazioni delle pile e delle spalle):

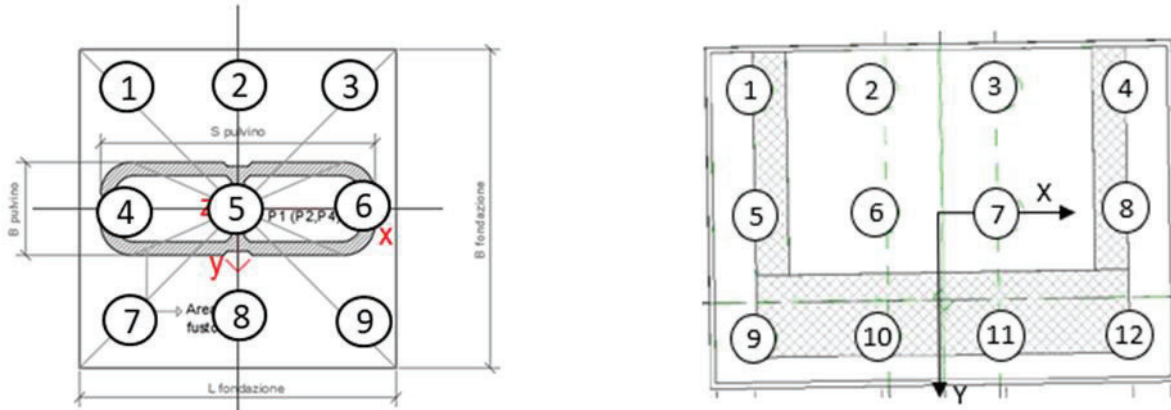


Figura 3. Sistema di riferimento per le fondazioni delle pile e delle spalle con indicazione della numerazione dei pali.

Si fa presente che la colonna M e la colonna H rappresentano la composizione vettoriale dei momenti e dei tagli sollecitanti.

Tabella 4. Azioni intradosso per pile di altezza $H_{calc} = 6$ m.

INVILUPPO:	SLU	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	SLU7	49436	654	2838	-19780	25041	31911	2913
Nvert Min	SLU22	30175	-702	175	8337	1590	8487	724
Vtrasv Max	SLU24	36410	1182	1435	-14374	18829	23688	1859
Vtrasv Min	SLU2	37955	-702	175	8337	1590	8487	724
Mtrasv Max	SLU4	42528	-702	236	8337	2147	8609	741
Mtrasv Min	SLU6	48915	1182	1430	-25721	12674	28674	1855
Vlong Max	SLU7	49436	654	2838	-19780	25041	31911	2913
Vlong Min	SLU22	30175	-702	175	8337	1590	8487	724
Mlong Max	SLU9	48887	728	2372	-9001	27493	28929	2481
Mlong Min	SLU22	30175	-702	175	8337	1590	8487	724
Mtorc Max	SLU7	49436	654	2838	-19780	25041	31911	2913
Mtorc Min	SLU24	36410	1182	1435	-14374	18829	23688	1859
INVILUPPO:	SLV GR	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	SLV5	35243	2883	3380	-16336	20674	26349	4442
Nvert Min	SLV72	26345	2883	3380	-16336	20674	26349	4442
Vtrasv Max	SLV15	32128	9610	3380	-54454	20674	58247	10187

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	11

Vtrasv Min	SLV72	26345	2883	3380	-16336	20674	26349	4442
Mtrasv Max	SLV25	32128	2883	10817	-16336	64831	66857	11194
Mtrasv Min	SLV15	32128	9610	3380	-54454	20674	58247	10187
Vlong Max	SLV25	32128	2883	10817	-16336	64831	66857	11194
Vlong Min	SLV71	30103	2883	3380	-16336	20674	26349	4442
Mlong Max	SLV25	32128	2883	10817	-16336	64831	66857	11194
Mlong Min	SLV71	30103	2883	3380	-16336	20674	26349	4442
Mtorc Max	SLV71	30103	2883	3380	-16336	20674	26349	4442
Mtorc Min	SLV72	26345	2883	3380	-16336	20674	26349	4442
INVILUPPO:	SLE RA	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz	Fx	Fy	My	Mx	M	H
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
Nvert Max	RA1	34875	257	1973	-11389	17414	20807	1990
Nvert Min	RA10	30381	-468	175	5558	1590	5781	500
Vtrasv Max	RA3	34595	806	1439	-9767	17005	19610	1649
Vtrasv Min	RA2	30381	-468	175	5558	1590	5781	500
Mtrasv Max	RA2	30381	-468	175	5558	1590	5781	500
Mtrasv Min	RA6	34516	525	1439	-14289	12724	19133	1532
Vlong Max	RA1	34875	257	1973	-11389	17414	20807	1990
Vlong Min	RA2	30381	-468	175	5558	1590	5781	500
Mlong Max	RA9	34497	338	1648	-4334	19071	19557	1682
Mlong Min	RA2	30381	-468	175	5558	1590	5781	500
Mtorc Max	RA1	34875	257	1973	-11389	17414	20807	1990
Mtorc Min	RA12	34536	423	1373	-5400	16612	17468	1437
INVILUPPO:	SLE FR	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz	Fx	Fy	My	Mx	M	H
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
Nvert Max	FR1	33855	193	1523	-8542	13458	15940	1536
Nvert Min	FR12	30484	-351	131	4168	1193	4336	375
Vtrasv Max	FR3	33645	604	1123	-7325	13151	15053	1275
Vtrasv Min	FR2	30484	-351	131	4168	1193	4336	375
Mtrasv Max	FR2	30484	-351	175	4168	1590	4461	392
Mtrasv Min	FR6	33586	394	1079	-10717	9543	14350	1149
Vlong Max	FR1	33855	193	1523	-8542	13458	15940	1536
Vlong Min	FR12	30484	-351	131	4168	1193	4336	375
Mlong Max	FR1	33571	254	1280	-3250	14701	15056	1305
Mlong Min	FR12	30484	-351	131	4168	1193	4336	375
Mtorc Max	FR1	33855	193	1523	-8542	13458	15940	1536
Mtorc Min	FR12	33601	317	1030	-4050	12459	13101	1078
INVILUPPO:	SLE QP	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz	Fx	Fy	My	Mx	M	H
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
Nvert Max	QP1	30794	0	175	0	1590	1590	175

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	12

Nvert Min	QP12	30794	0	0	0	0	0	0
Vtrasv Max	QP1	30794	0	175	0	1590	1590	175
Vtrasv Min	QP12	30794	0	0	0	0	0	0
Mtrasv Max	QP1	30794	0	175	0	1590	1590	175
Mtrasv Min	QP12	30794	0	0	0	0	0	0
Vlong Max	QP1	30794	0	175	0	1590	1590	175
Vlong Min	QP12	30794	0	0	0	0	0	0
Mlong Max	QP1	30794	0	175	0	1590	1590	175
Mlong Min	QP12	30794	0	0	0	0	0	0
Mtorc Max	QP1	30794	0	175	0	1590	1590	175
Mtorc Min	QP12	30794	0	0	0	0	0	0

Tabella 5. Azioni intradosso per pile di altezza $H_{calc}=7$.

INVILUPPO:	SLU	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	SLU7	49874	654	2838	-20435	27879	34566	2913
Nvert Min	SLU22	30499	-702	175	9039	1765	9210	724
Vtrasv Max	SLU24	36734	1182	1435	-15556	20264	25547	1859
Vtrasv Min	SLU17	30499	-702	175	9039	1765	9210	724
Mtrasv Max	SLU2	38392	-702	175	9039	1765	9210	724
Mtrasv Min	SLU6	49353	1182	1430	-26903	14104	30376	1855
Vlong Max	SLU7	49874	654	2838	-20435	27879	34566	2913
Vlong Min	SLU22	30499	-702	175	9039	1765	9210	724
Mlong Max	SLU9	49325	728	2372	-9729	29866	31410	2481
Mlong Min	SLU22	30499	-702	175	9039	1765	9210	724
Mtorc Max	SLU7	49874	654	2838	-20435	27879	34566	2913
Mtorc Min	SLU24	36734	1182	1435	-15556	20264	25547	1859
INVILUPPO:	SLV GR	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	SLV5	35595	2961	3544	-18631	24287	30610	4618
Nvert Min	SLV72	26641	2961	3544	-18631	24287	30610	4618
Vtrasv Max	SLV15	32461	9870	3544	-62104	24287	66684	10487
Vtrasv Min	SLV72	26641	2961	3544	-18631	24287	30610	4618
Mtrasv Max	SLV25	32461	2961	11366	-18631	76427	78665	11745
Mtrasv Min	SLV15	32461	9870	3544	-62104	24287	66684	10487
Vlong Max	SLV25	32461	2961	11366	-18631	76427	78665	11745
Vlong Min	SLV71	30399	2961	3544	-18631	24287	30610	4618
Mlong Max	SLV25	32461	2961	11366	-18631	76427	78665	11745
Mlong Min	SLV71	30399	2961	3544	-18631	24287	30610	4618
Mtorc Max	SLV71	30399	2961	3544	-18631	24287	30610	4618
Mtorc Min	SLV72	26641	2961	3544	-18631	24287	30610	4618

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	13

INVILUPPO:	SLE RA	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	RA1	35200	257	1973	-11646	19387	22616	1990
Nvert Min	RA10	30705	-468	175	6026	1765	6279	500
Vtrasv Max	RA3	34919	806	1439	-10572	18444	21259	1649
Vtrasv Min	RA2	30705	-468	175	6026	1765	6279	500
Mtrasv Max	RA2	30705	-468	175	6026	1765	6279	500
Mtrasv Min	RA6	34840	525	1439	-14814	14163	20495	1532
Vlong Max	RA1	35200	257	1973	-11646	19387	22616	1990
Vlong Min	RA2	30705	-468	175	6026	1765	6279	500
Mlong Max	RA9	34821	338	1648	-4672	20719	21239	1682
Mlong Min	RA2	30705	-468	175	6026	1765	6279	500
Mtorc Max	RA1	35200	257	1973	-11646	19387	22616	1990
Mtorc Min	RA12	34861	423	1373	-5823	17985	18904	1437
INVILUPPO:	SLE FR	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	FR1	34179	193	1523	-8734	14981	17342	1536
Nvert Min	FR12	30809	-351	131	4519	1324	4709	375
Vtrasv Max	FR3	33969	604	1123	-7929	14274	16329	1275
Vtrasv Min	FR2	30809	-351	131	4519	1324	4709	375
Mtrasv Max	FR2	30809	-351	175	4519	1765	4852	392
Mtrasv Min	FR6	33910	394	1079	-11110	10623	15371	1149
Vlong Max	FR1	34179	193	1523	-8734	14981	17342	1536
Vlong Min	FR12	30809	-351	131	4519	1324	4709	375
Mlong Max	FR1	33895	254	1280	-3504	15980	16360	1305
Mlong Min	FR12	30809	-351	131	4519	1324	4709	375
Mtorc Max	FR1	34179	193	1523	-8734	14981	17342	1536
Mtorc Min	FR12	33925	317	1030	-4367	13489	14178	1078
INVILUPPO:	SLE QP	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	QP1	31118	0	175	0	1765	1765	175
Nvert Min	QP12	31118	0	0	0	0	0	0
Vtrasv Max	QP1	31118	0	175	0	1765	1765	175
Vtrasv Min	QP12	31118	0	0	0	0	0	0
Mtrasv Max	QP1	31118	0	175	0	1765	1765	175
Mtrasv Min	QP12	31118	0	0	0	0	0	0
Vlong Max	QP1	31118	0	175	0	1765	1765	175
Vlong Min	QP12	31118	0	0	0	0	0	0
Mlong Max	QP1	31118	0	175	0	1765	1765	175
Mlong Min	QP12	31118	0	0	0	0	0	0

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	14

Mtorc Max	QP1	31118	0	175	0	1765	1765	175
Mtorc Min	QP12	31118	0	0	0	0	0	0

Tabella 6. Azioni intradosso per pile di transizione di altezza $H_{calc}=7.5$ m

INVIUPPO:	SLU	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	SLU7	45773	654	2838	-20762	29298	35909	2913
Nvert Min	SLU22	27781	-702	175	9390	1853	9571	724
Vtrasv Max	SLU24	34016	1182	1435	-16147	20982	26476	1859
Vtrasv Min	SLU2	34291	-702	175	9390	1853	9571	724
Mtrasv Max	SLU4	38864	-702	236	9390	2501	9717	741
Mtrasv Min	SLU6	45252	1182	1430	-27494	14819	31234	1855
Vlong Max	SLU7	45773	654	2838	-20762	29298	35909	2913
Vlong Min	SLU22	27781	-702	175	9390	1853	9571	724
Mlong Max	SLU9	45224	728	2372	-10093	31052	32651	2481
Mlong Min	SLU22	27781	-702	175	9390	1853	9571	724
Mtorc Max	SLU7	45773	654	2838	-20762	29298	35909	2913
Mtorc Min	SLU24	34016	1182	1435	-16147	20982	26476	1859
INVIUPPO:	SLV GR	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	SLV5	32558	2766	3396	-18797	25211	31447	4380
Nvert Min	SLV72	24243	2766	3396	-18797	25211	31447	4380
Vtrasv Max	SLV15	29647	9220	3396	-62657	25211	67539	9826
Vtrasv Min	SLV72	24243	2766	3396	-18797	25211	31447	4380
Mtrasv Max	SLV25	29647	2766	10871	-18797	79281	81479	11217
Mtrasv Min	SLV15	29647	9220	3396	-62657	25211	67539	9826
Vlong Max	SLV25	29647	2766	10871	-18797	79281	81479	11217
Vlong Min	SLV71	27333	2766	3396	-18797	25211	31447	4380
Mlong Max	SLV25	29647	2766	10871	-18797	79281	81479	11217
Mlong Min	SLV71	27333	2766	3396	-18797	25211	31447	4380
Mtorc Max	SLV71	27333	2766	3396	-18797	25211	31447	4380
Mtorc Min	SLV72	24243	2766	3396	-18797	25211	31447	4380
INVIUPPO:	SLE RA	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	RA1	32482	257	1973	-11774	20373	23531	1990
Nvert Min	RA10	27988	-468	175	6260	1853	6528	500
Vtrasv Max	RA3	32201	806	1439	-10975	19163	22084	1649
Vtrasv Min	RA2	27988	-468	175	6260	1853	6528	500
Mtrasv Max	RA2	27988	-468	175	6260	1853	6528	500
Mtrasv Min	RA6	32122	525	1439	-15076	14883	21185	1532

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	15

Vlong Max	RA1	32482	257	1973	-11774	20373	23531	1990
Vlong Min	RA2	27988	-468	175	6260	1853	6528	500
Mlong Max	RA9	32103	338	1648	-4841	21543	22080	1682
Mlong Min	RA2	27988	-468	175	6260	1853	6528	500
Mtorc Max	RA1	32482	257	1973	-11774	20373	23531	1990
Mtorc Min	RA12	32143	423	1373	-6035	18672	19623	1437
INVILUPPO:	SLE FR	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz	Fx	Fy	My	Mx	M	H
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
Nvert Max	FR1	31461	193	1523	-8831	15743	18051	1536
Nvert Min	FR12	28091	-351	131	4695	1390	4896	375
Vtrasv Max	FR3	31251	604	1123	-8232	14836	16966	1275
Vtrasv Min	FR2	28091	-351	131	4695	1390	4896	375
Mtrasv Max	FR2	28091	-351	175	4695	1853	5047	392
Mtrasv Min	FR6	31192	394	1079	-11307	11162	15889	1149
Vlong Max	FR1	31461	193	1523	-8831	15743	18051	1536
Vlong Min	FR12	28091	-351	131	4695	1390	4896	375
Mlong Max	FR1	31177	254	1280	-3631	16620	17012	1305
Mlong Min	FR12	28091	-351	131	4695	1390	4896	375
Mtorc Max	FR1	31461	193	1523	-8831	15743	18051	1536
Mtorc Min	FR12	31207	317	1030	-4526	14004	14717	1078
INVILUPPO:	SLE QP	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz	Fx	Fy	My	Mx	M	H
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
Nvert Max	QP1	28400	0	175	0	1853	1853	175
Nvert Min	QP12	28400	0	0	0	0	0	0
Vtrasv Max	QP1	28400	0	175	0	1853	1853	175
Vtrasv Min	QP12	28400	0	0	0	0	0	0
Mtrasv Max	QP1	28400	0	175	0	1853	1853	175
Mtrasv Min	QP12	28400	0	0	0	0	0	0
Vlong Max	QP1	28400	0	175	0	1853	1853	175
Vlong Min	QP12	28400	0	0	0	0	0	0
Mlong Max	QP1	28400	0	175	0	1853	1853	175
Mlong Min	QP12	28400	0	0	0	0	0	0
Mtorc Max	QP1	28400	0	175	0	1853	1853	175
Mtorc Min	QP12	28400	0	0	0	0	0	0

Tabella 7. Azioni all'intradosso per pile di altezza $H_{calc}=5.0$ m

INVILUPPO:	SLU	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz	Fx	Fy	My	Mx	M	H
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
Nvert Max	SLU6	67682	431	11771	-5658	82780	82973	11779
Nvert Min	SLU24	43331	-351	8036	4168	39166	39387	8043

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	16

Vtrasv Max	SLU3	65000	724	11771	-8952	71513	72071	11793
Vtrasv Min	SLU24	43331	-351	8036	4168	39166	39387	8043
Mtrasv Max	SLU6	58954	-351	11567	4168	44269	44465	11573
Mtrasv Min	SLU24	49250	394	8589	-11083	69061	69945	8598
Vlong Max	SLU11	65000	724	11771	-8952	71513	72071	11793
Vlong Min	SLU20	43640	0	7964	0	39817	39817	7964
Mlong Max	SLU2	67682	431	11771	-5658	82780	82973	11779
Mlong Min	SLU22	43331	-351	8036	4168	39166	39387	8043
Mtorc Max	SLU2	58954	-351	11567	4168	44269	44465	11573
Mtorc Min	SLU15	49376	724	8589	-8952	69591	70165	8619
INVILUPPO:	SLV GR	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	SLV5	50148	3905	10629	-21595	56939	60897	11323
Nvert Min	SLV6	37132	3905	10629	-21595	47635	52302	11323
Vtrasv Max	SLV3	45592	13016	10629	-71983	53683	89797	16804
Vtrasv Min	SLV6	37132	3905	10629	-21595	47635	52302	11323
Mtrasv Max	SLV1	45592	3905	20170	-21595	96674	99056	20545
Mtrasv Min	SLV6	41688	13016	10629	-71983	50892	88156	16804
Vlong Max	SLV1	45592	3905	20170	-21595	96674	99056	20545
Vlong Min	SLV6	37132	3905	10629	-21595	47635	52302	11323
Mlong Max	SLV1	45592	3905	20170	-21595	96674	99056	20545
Mlong Min	SLV4	37132	3905	10629	-21595	47635	52302	11323
Mtorc Max	SLV5	50148	3905	10629	-21595	56939	60897	11323
Mtorc Min	SLV4	41688	13016	10629	-71983	50892	88156	16804
INVILUPPO:	SLE RA	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	RA1	47865	384	7911	-4976	59248	59457	7920
Nvert Min	RA12	43434	-234	7463	2779	36563	36668	7466
Vtrasv Max	RA3	47655	495	7911	-6147	58367	58690	7926
Vtrasv Min	RA12	43434	-234	7463	2779	36563	36668	7466
Mtrasv Max	RA1	43434	-234	7463	2779	36563	36668	7466
Mtrasv Min	RA12	46001	267	7414	-7734	46900	47533	7418
Vlong Max	RA11	47655	495	7911	-6147	58367	58690	7926
Vlong Min	RA8	47865	384	7364	-4976	54279	54506	7374
Mlong Max	RA12	47865	384	7911	-4976	59248	59457	7920
Mlong Min	RA6	43434	-234	7463	2779	36563	36668	7466
Mtorc Max	RA12	43434	-234	7463	2779	36563	36668	7466
Mtorc Min	RA3	47655	495	7911	-6147	58367	58690	7926
INVILUPPO:	SLE FR	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONDIZIONE STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

Nvert Max	FR1	46809	288	7568	-3732	52902	53034	7573
Nvert Min	FR12	43485	-176	7144	2084	35093	35155	7147
Vtrasv Max	FR3	46651	371	7568	-4611	52241	52444	7577
Vtrasv Min	FR12	43485	-176	7144	2084	35093	35155	7147
Mtrasv Max	FR1	43485	-176	7232	2084	35888	35948	7234
Mtrasv Min	FR12	45411	200	7108	-5800	42845	43236	7110
Vlong Max	FR11	46651	371	7568	-4611	52241	52444	7577
Vlong Min	FR8	46809	288	7071	-3732	48379	48523	7077
Mlong Max	FR12	46809	288	7568	-3732	52902	53034	7573
Mlong Min	FR6	43485	-176	7144	2084	35093	35155	7147
Mtorc Max	FR12	43485	-176	7232	2084	35888	35948	7234
Mtorc Min	FR3	46651	371	7480	-4611	51446	51652	7490
INVILUPPO:	SLE QP	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz	Fx	Fy	My	Mx	M	H
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
Nvert Max	QP1	43640	0	6539	0	33863	33863	6539
Nvert Min	QP12	43640	0	6190	0	30682	30682	6190
Vtrasv Max	QP1	43640	0	6539	0	33863	33863	6539
Vtrasv Min	QP12	43640	0	6190	0	30682	30682	6190
Mtrasv Max	QP1	43640	0	6539	0	33863	33863	6539
Mtrasv Min	QP12	43640	0	6190	0	30682	30682	6190
Vlong Max	QP1	43640	0	6539	0	33863	33863	6539
Vlong Min	QP12	43640	0	6190	0	30682	30682	6190
Mlong Max	QP1	43640	0	6539	0	33863	33863	6539
Mlong Min	QP12	43640	0	6190	0	30682	30682	6190
Mtorc Max	QP1	43640	0	6539	0	33863	33863	6539
Mtorc Min	QP12	43640	0	6190	0	30682	30682	6190

Tabella 8. Azioni all'intradosso per pile di altezza $H_{calc}=4.5$ m

INVILUPPO:	SLU	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz	Fx	Fy	My	Mx	M	H
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
Nvert Max	SLU6	64233	651	11838	-7242	84597	84907	11855
Nvert Min	SLU24	41196	-351	7386	3642	36839	37019	7395
Vtrasv Max	SLU3	61678	724	11897	-7715	74318	74718	11919
Vtrasv Min	SLU24	41196	-351	7386	3642	36839	37019	7395
Mtrasv Max	SLU6	55938	-351	10637	3642	40633	40796	10643
Mtrasv Min	SLU24	46759	394	9172	-9775	73773	74417	9181
Vlong Max	SLU7	59035	303	13306	-8414	73925	74402	13309
Vlong Min	SLU20	41506	0	7315	0	37597	37597	7315
Mlong Max	SLU2	64233	651	11838	-7242	84597	84907	11855
Mlong Min	SLU22	41196	-351	7386	3642	36839	37019	7395
Mtorc Max	SLU7	59035	303	13306	-8414	73925	74402	13309

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	18

Mtorc Min	SLU15	46936	724	8996	-7715	73181	73586	9025
INVILUPPO:	SLV GR	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	SLV5	47721	3730	10603	-18613	58514	61403	11240
Nvert Min	SLV6	35290	3730	10603	-18613	48840	52266	11240
Vtrasv Max	SLV3	43370	12432	10603	-62045	55128	82998	16339
Vtrasv Min	SLV6	35290	3730	10603	-18613	48840	52266	11240
Mtrasv Max	SLV1	43370	3730	21397	-18613	105912	107535	21720
Mtrasv Min	SLV6	39641	12432	10603	-62045	52226	81099	16339
Vlong Max	SLV1	43370	3730	21397	-18613	105912	107535	21720
Vlong Min	SLV6	35290	3730	10603	-18613	48840	52266	11240
Mlong Max	SLV1	43370	3730	21397	-18613	105912	107535	21720
Mlong Min	SLV4	35290	3730	10603	-18613	48840	52266	11240
Mtorc Max	SLV5	47721	3730	10603	-18613	58514	61403	11240
Mtorc Min	SLV4	39641	12432	10603	-62045	52226	81099	16339
INVILUPPO:	SLE RA	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	RA1	45372	444	8388	-4920	63385	63575	8400
Nvert Min	RA12	41299	-234	6840	2428	34515	34601	6844
Vtrasv Max	RA3	45183	495	8454	-5239	63092	63309	8469
Vtrasv Min	RA12	41299	-234	6840	2428	34515	34601	6844
Mtrasv Max	RA1	41299	-234	6840	2428	34515	34601	6844
Mtrasv Min	RA12	43473	267	8151	-6543	53609	54006	8156
Vlong Max	RA7	43424	242	8939	-6167	59390	59709	8942
Vlong Min	RA12	41299	-234	6840	2428	34515	34601	6844
Mlong Max	RA12	45372	444	8388	-4920	63385	63575	8400
Mlong Min	RA6	41299	-234	6840	2428	34515	34601	6844
Mtorc Max	RA7	43424	242	8939	-6167	59390	59709	8942
Mtorc Min	RA3	45183	495	8454	-5239	63092	63309	8469
INVILUPPO:	SLE FR	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	FR1	44406	333	7785	-3690	55517	55639	7793
Nvert Min	FR12	41351	-176	6537	1821	33200	33250	6540
Vtrasv Max	FR3	44264	371	7835	-3929	55297	55437	7844
Vtrasv Min	FR12	41351	-176	6537	1821	33200	33250	6540
Mtrasv Max	FR1	41351	-176	6625	1821	33865	33914	6627
Mtrasv Min	FR12	42981	200	7520	-4907	47520	47773	7523
Vlong Max	FR11	42945	181	8199	-4625	52520	52724	8201
Vlong Min	FR8	41351	-176	6537	1821	33200	33250	6540
Mlong Max	FR12	44406	333	7785	-3690	55517	55639	7793

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	19

Mlong Min	FR6	41351	-176	6537	1821	33200	33250	6540
Mtorc Max	FR12	42945	181	8199	-4625	52520	52724	8201
Mtorc Min	FR3	44264	371	7748	-3929	54633	54774	7756
INVILUPPO:	SLE QP	Nvert	Vtrasv	Vlong	Mtrasv	Mlong	Mrisul	Hrisul
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	M (kNm)	H (kNm)
Nvert Max	QP1	41506	0	5977	0	31912	31912	5977
Nvert Min	QP12	41506	0	5627	0	29256	29256	5627
Vtrasv Max	QP1	41506	0	5977	0	31912	31912	5977
Vtrasv Min	QP12	41506	0	5627	0	29256	29256	5627
Mtrasv Max	QP1	41506	0	5977	0	31912	31912	5977
Mtrasv Min	QP12	41506	0	5627	0	29256	29256	5627
Vlong Max	QP1	41506	0	5977	0	31912	31912	5977
Vlong Min	QP12	41506	0	5627	0	29256	29256	5627
Mlong Max	QP1	41506	0	5977	0	31912	31912	5977
Mlong Min	QP12	41506	0	5627	0	29256	29256	5627
Mtorc Max	QP1	41506	0	5977	0	31912	31912	5977
Mtorc Min	QP12	41506	0	5627	0	29256	29256	5627

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	20

6 CRITERI PER ANALISI E VERIFICHE GEOTECNICHE

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO PER LE VERIFICHE NEI CONFRONTI DEL COLLASSO PER CARICHI VERTICALI

La resistenza di progetto dipende dal numero di verticali indagate e dalla tecnologia di esecuzione. In linea generale si può scrivere

$$R_d = S_d + P_d = \frac{S_k}{\gamma_s} + \frac{P_k}{\gamma_b} = \frac{S_{lim}}{\xi_3 \gamma_s} + \frac{P_{lim}}{\xi_3 \gamma_b} \quad (1)$$

in cui ξ_3 è un coefficiente che tiene conto del numero di verticali indagate e (γ_b, γ_s) sono i coefficienti parziali della resistenza alla punta e sulla laterale. Nel caso dei pali trivellati, si ha $\gamma_b = 1,35$ e $\gamma_s = 1,15$. Per il coefficiente ξ_3 si applica lo stesso valore del progetto definitivo.

Le capacità assiali di progetto a compressione, N_u , e a sfilamento, S_u , utili ai fini della costruzione dei domini di collasso si valutano con le equazioni:

$$N_u = R_d - P$$

$$S_u = S_d \frac{\gamma_s}{\gamma_{st}} + P \quad (2)$$

in cui $\gamma_{st} = 1,25$ è il coefficiente parziale della resistenza allo sfilamento e P il peso del palo. Nel caso dei terreni stratificati si pone:

$$S_{lim} = \pi d \sum_i s_{limi}(z)$$

in cui s_{limi} è la resistenza unitaria alla profondità z sul fusto di palo nel tratto i -esimo.

Terreni coesivi a grana fine

Nei terreni coesivi a grana fine, la resistenza unitaria lungo il fusto del palo può essere valutata con l'equazione di O'Neill & Reese (1999):

$$s_{lim} = \alpha c_u$$

$$\frac{c_u}{p_a} \leq 1.5 \quad \alpha = 0.55$$

$$1.5 \leq \frac{c_u}{p_a} \leq 2.5 \quad \alpha = 0.55 - 0.1 \cdot \left(\frac{c_u}{p_a} - 1.5 \right) \quad (3)$$

$$\frac{c_u}{p_a} \geq 2.5 \quad \alpha = 0.45$$

$$p_a = 100 \text{ kPa}$$

Fleming et al. (2009) suggeriscono invece di adottare un valore del coefficiente di adesione nell'intervallo [0.5; 0.6], in sostanziale accordo con O'Neill & Reese. In alternativa si può utilizzare l'espressione di Salgado (2006)

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																						
<p>Relazione di calcolo Pali di fondazione</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">VI</td> <td style="text-align: center;">05</td> <td style="text-align: center;">03</td> <td style="text-align: center;">005</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">21</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	21
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	21													

$$s_{lim} = \alpha c_u$$

$$\alpha = 0.4 \left[1 - 0.12 \ln \frac{c_u}{p_a} \right] \quad (4)$$

Si deve tenere conto tuttavia che la (3) conduce a previsioni molto cautelative nei casi in cui OCR è inferiore a 3. Essa è invece particolarmente affidabile nel caso in cui OCR si trovi nell'intervallo [3; 5]. In assenza di indicazioni specifiche sul profilo del grado preconsolidazione, si farà pertanto riferimento alle formule di O'Neill & Reese (1999). Si noti che l'equazione (3) prevede una restrizione sull'intervallo di valori del coefficiente di adesione, che deve essere compreso in ogni caso fra 0.45 e 0.55, ma non sul valore della resistenza unitaria del fusto.

Per la resistenza di calcolo alla punta si pone invece:

$$P_{lim} = \frac{\pi d^2}{4} (\sigma_{VL} + N_c c_{up}) \quad (5)$$

in cui c_{up} è il valore medio della coesione non drenata nell'intervallo $[L-4d, L+d]$ e σ_{VL} la tensione verticale totale alla profondità della punta del palo. Ai fini applicativi si assume $N_c = 9$ (Skempton 1951). Nel caso dei pali nei terreni coesivi, oppure in alternanze che siano prevalentemente costituite da terreni coesivi a grana fine, si applica un coefficiente riduttivo η (efficienza) alla capacità assiale a compressione N_u pari a 0,9 per tenere conto dell'effetto di gruppo (Fleming et al. 2009, de Sanctis et al. 2021b).

Terreni incoerenti a grana grossa

Nei terreni di permeabilità medio-elevata, la resistenza unitaria sul fusto si può esprimere con l'equazione:

$$s_{lim}(z) = \mu k \cdot \sigma'_v(z) \quad (6)$$

in cui $\mu = \tan \phi$ = coefficiente di attrito; k = coefficiente che tiene conto della tecnologia di esecuzione dei pali (= 0,7 per i pali trivellati di grande diametro), $\sigma'_v(z)$ = tensione verticale efficace alla profondità generica z . La resistenza unitaria alla punta può essere invece valutata con l'equazione:

$$P_{lim} = N_q^* \sigma'_{VL} \quad (7)$$

in cui σ'_{VL} è la tensione verticale efficace alla profondità della punta del palo ed N_q il coefficiente di carico limite ridotto per i pali di grande diametro (Berezantsev 1965).

In tutti i casi applicativi verrà mostrata una tabella di confronto fra le capacità assiali del progetto esecutivo e quelle elaborate nel presente documento. A tal riguardo si precisa che si è fatto riferimento all'abaco pubblicato nelle Raccomandazioni AGI (1984).

6.2 METODOLOGIA DI CALCOLO PER LE VERIFICHE NEI CONFRONTI DEL COLLASSO PER CARICHI INCLINATI

Nella valutazione della capacità laterale dei gruppi si può tenere conto in modo conveniente dell'interazione fra le componenti dell'azione risultante, e cioè il carico assiale, il carico laterale e il momento. Iovino et al. (2021b) hanno elaborato un algoritmo incrementale per la costruzione del dominio di collasso nello spazio

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	22

delle azioni che si può considerare una soluzione del teorema statico. L'interazione fra le componenti del carico applicato è sempre favorevole, infatti al crescere del carico assiale aumenta la capacità laterale del gruppo, mentre la componente momento ha soltanto un'influenza molto modesta sulla capacità laterale, tant'è che è sufficiente fare riferimento alla sezione della superficie di collasso nello spazio delle azioni per $M = 0$.

Il dominio di collasso della palificata nel piano (Q, H) può essere costruito in modo agevole partendo dai valori estremi delle capacità laterali del gruppo:

$$H_{dc} = \eta_h n \frac{H_k(M_{yc})}{\gamma_{tr}} = \eta_h n \frac{H_{lim}(M_{yc})}{\xi_3 \gamma_{tr}} \quad (7)$$

$$H_{dt} = \eta_h n \frac{H_k(M_{yt})}{\gamma_{tr}} = \eta_h n \frac{H_{lim}(M_{yt})}{\xi_3 \gamma_{tr}}$$

in cui η_h è l'efficienza sotto azioni orizzontali, H_{lim} la capacità laterale del palo isolato, che è funzione del momento di plasticizzazione della sezione del palo, M_{yc} il momento di plasticizzazione della sezione del palo in corrispondenza di $(N_u - P)$ ed M_{yt} il momento di plasticizzazione in corrispondenza di $[-(S_u + P)]$.

Il carico limite orizzontale si valuta con la teoria di Broms (1964a,b) per pali impediti di ruotare in testa. Il meccanismo di collasso, se non diversamente specificato, è quello di palo lungo. In questa circostanza, nel caso di terreni coesivi si ha

$$H_{lim}(M_y) = -13.5 c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}} \quad (8)$$

mentre per terreni incoerenti, si ha:

$$H_{lim}(M_y) = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2} \quad (9)$$

in cui c_u è la coesione non drenata nello strato di terreno compreso fra le due cerniere plastiche e k_p il coefficiente di spinta passiva nell'ipotesi di contatto palo-terreno liscio. Ai fini della costruzione del dominio di plasticizzazione (N, M_y) della sezione strutturale del palo, si utilizza la soluzione in forma chiusa di Di Laora et al. (2020), in cui l'armatura è assimilata a un tubo sottile di acciaio di spessore equivalente. Per le resistenze caratteristiche dei materiali e i coefficienti parziali si assume infine

$$\begin{aligned} R_{ck} &= 30 \text{MPa} \\ f_{yk} &= 450 \text{MPa} \\ \gamma_s &= 1 \\ \gamma_c &= 1 \end{aligned} \quad (10)$$

La frontiera del dominio di collasso di Iovino et al. (2021a) nei piani paralleli al piano (Q, H) può essere convenientemente idealizzata con un trapezio passante per i punti di coordinate:

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	23

$$A \equiv (Q_1, H_1)$$

$$B \equiv (Q_2, H_2)$$

$$Q_1 = \frac{Q_c + Q_t}{2} - \frac{Q_c - Q_t}{2} \sqrt{1 - \frac{M}{M_{\max}}}$$

$$Q_2 = \frac{Q_c + Q_t}{2} + \frac{Q_c - Q_t}{2} \sqrt{1 - \frac{M}{M_{\max}}}$$

(11)

$$H = H_t + i(Q - Q_t)$$

$$i = \frac{H_{dc} - H_{dt}}{Q_c - Q_t}$$

$$Q_t = -n \cdot (S_u + P)$$

$$Q_c = n \cdot (N_u - P)$$

in cui M_{\max} è il valore massimo del momento ultimo del gruppo di pali. Si tenga conto che, per un dato valore del momento M , la frontiera ha la concavità verso il basso, e dunque la linea passante per i punti A e B identifica un minorante della capacità laterale del gruppo di pali per qualunque valore di Q (Iodice et al. 2022). Come si è già detto, è sufficiente considerare la sezione della frontiera che passa per $M = 0$. In tal caso i punti A e B hanno coordinate:

$$A \equiv (Q_t, H_{dt})$$

$$B \equiv (Q_c, H_{dc})$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

7. VERIFICHE GEOTECNICHE SLU/SLV VERTICALE

Vengono di seguito rappresentati i domini di resistenza con il quale sono state dimensionate le lunghezze dei pali. Per le ipotesi riguardanti il calcolo delle curve di capacità portante verticale a compressione ed a trazione si faccia riferimento alla relazione geotecnica generale.

Verranno mostrati i domini di resistenza sia con la soluzione del progetto definitivo che con la soluzione del progetto esecutivo. Nello specifico, essendo la disposizione dei pali simmetrica (3X3 pali 1500 con $l/D=3$), si procederà alla rappresentazione dei domini di collasso (definitivi innovativi) in cui il vettore momento risultante nel piano XY è verticale ($\alpha = 0$) o inclinato di un angolo $\alpha = 45^\circ$. Per confronto, sono riportati anche i domini di snervamento che corrispondono appunto alla plasticizzazione del palo più caricato (definiti convenzionali). Anche questi ultimi sono valutati nelle due ipotesi in cui $\alpha = 0$ ed $\alpha = 45^\circ$.

Si fa presente che le azioni utilizzate per il dimensionamento tramite la teoria dei domini di collasso sono l'azione verticale e la composizione vettoriale dei momenti sollecitanti l'intradosso della fondazione. Se queste ultime saranno comprese nei domini di collasso calcolato con $\alpha = 0$ ed $\alpha = 45^\circ$, risulta ovvio che saranno verificate con tutti i possibili α .

7.1 PALIFICATE SPALLA 01

Vengono riportati i valori della resistenza a compressione ed a trazione con il quale è stato possibile calcolare i domini di resistenza.

Tabella 9. Resistenze utilizzate.

Resistenze		
L_p [m]	N_u [kN]	S_u [kN]
37.0	13512	9100

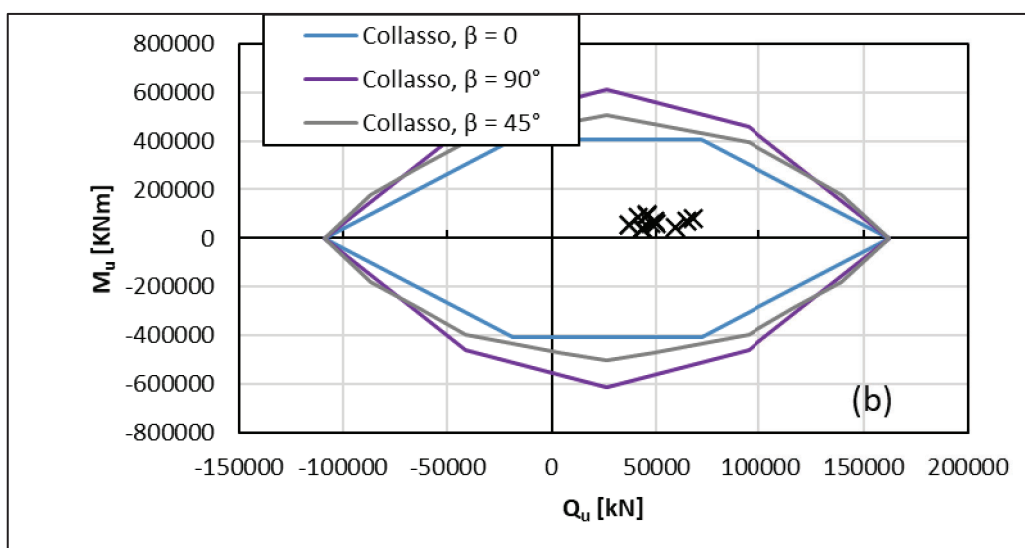


Figura 4. Domini di collasso.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

7.2 PALIFICATE PILA 01

Vengono riportati i valori della resistenza a compressione ed a trazione con il quale è stato possibile calcolare i domini di resistenza.

Tabella 10. Resistenze utilizzate.

Resistenze		
L_p [m]	N_u [kN]	S_u [kN]
35.0	12546	8312

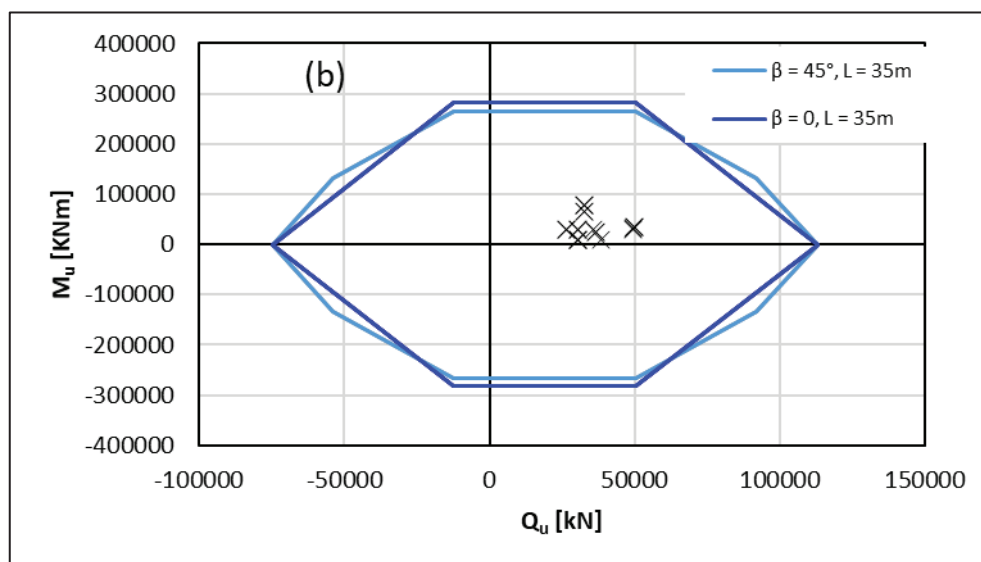


Figura 5. Domini di collasso.

7.3 PALIFICATE PILA 02÷PILA 07 E PILA 09÷10

Vengono riportati i valori della resistenza a compressione ed a trazione con il quale è stato possibile calcolare i domini di resistenza.

Tabella 11. Resistenze utilizzate.

Resistenze		
L_p [m]	N_u [kN]	S_u [kN]
35.0	7123	8722

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	26

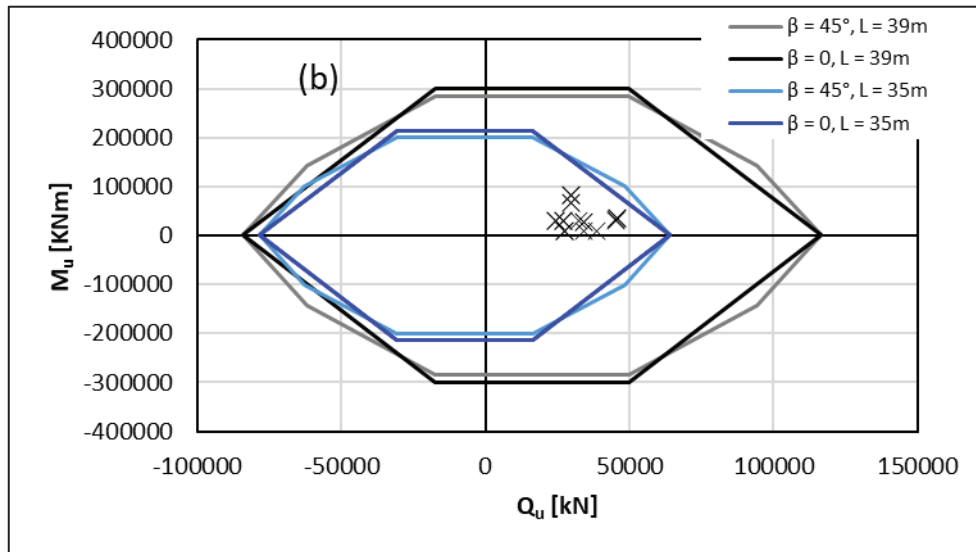


Figura 6. Domini di collasso.

7.4 PALIFICATE PILA 08

Vengono riportati i valori della resistenza a compressione ed a trazione con il quale è stato possibile calcolare i domini di resistenza.

Tabella 12. Resistenze utilizzate.

Resistenze		
L_p [m]	N_u [kN]	S_u [kN]
34.0	7012	8490

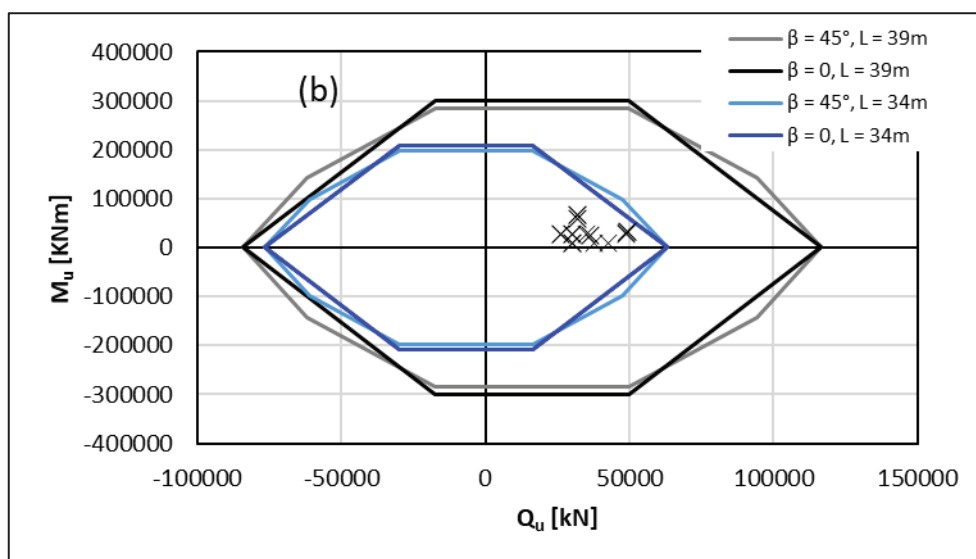


Figura 7. Domini di collasso

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

7.5 PALIFICATE PILA 11

Vengono riportati i valori della resistenza a compressione ed a trazione con il quale è stato possibile calcolare i domini di resistenza.

Tabella 13. Resistenze utilizzate.

Resistenze		
L_p [m]	N_u [kN]	S_u [kN]
34.0	7012	8490

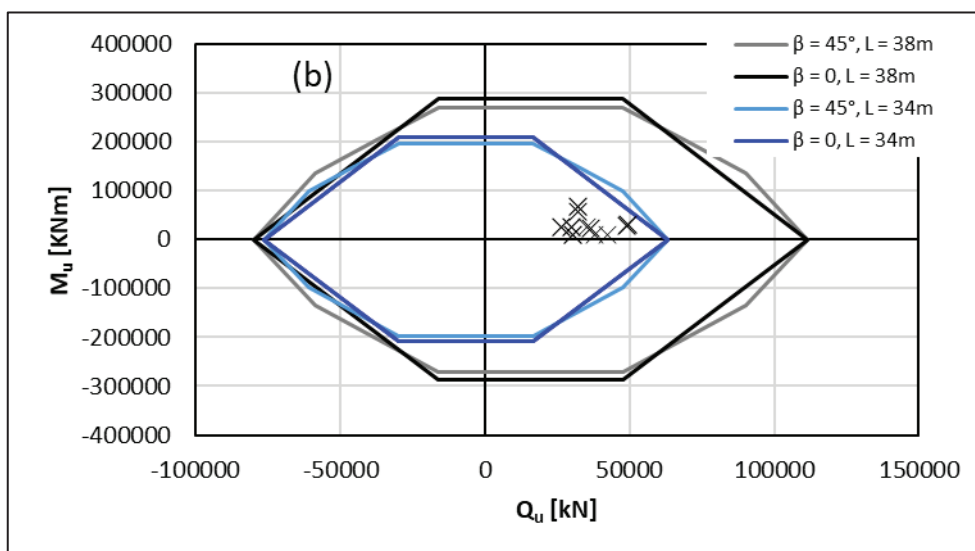


Figura 8. Domini di collasso

7.6 PALIFICATE SPALLA 02

Vengono riportati i valori della resistenza a compressione ed a trazione con il quale è stato possibile calcolare i domini di resistenza.

Tabella 14. Resistenze utilizzate.

Resistenze		
L_p [m]	N_u [kN]	S_u [kN]
41.0	12552	10340

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	28

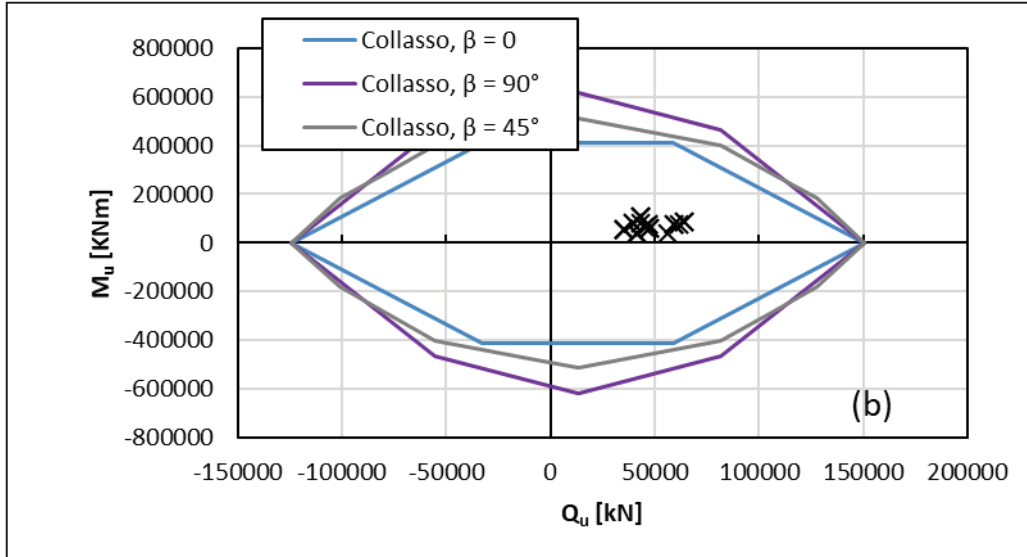


Figura 9. Domini di collasso.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

8. VERIFICHE GEOTECNICHE SLU/SLV ORIZZONTALE

Analogamente ai domini di collasso nel piano Q-M (verticale – momento) è possibile rappresentare i domini di collasso della palificata nel piano Q-H (verticale – orizzontale).

La rappresentazione dei domini di collasso delle palificate nel piano Q-H (verticale – orizzontale) richiede, in primis, la determinazione dei momenti resistenti M_y dei pali, dai quali è possibile conoscere la resistenza orizzontale palo-terreno secondo la teoria di Broms. Si fa notare che l'indicazione M_y rappresenta il valore del momento resistente utilizzando valori unitari dei coefficienti di sicurezza sull'acciaio (γ_s) ed il cls (γ_c).

Tali momenti resistenti M_y , essendo dipendenti dallo sforzo normale agente sul palo stesso, sono stati determinati in corrispondenza dei valori limite (Nu-P) \rightarrow resistenza verticale a compressione ed Su +P \rightarrow resistenza verticale a trazione. Il calcolo del momento resistente M_y e del momento resistente M_{rd} (con $\gamma_s = 1.15$ e $\gamma_c = 1.5$) è stato condotto utilizzando la formula proposta da Di Laora et al. (2019).

Essendo la teoria di Broms legata all'ipotesi di terreno omogeneo, il calcolo della resistenza orizzontale limite del terreno è stata effettuata sia per il terreno immediatamente adiacente la quota testa palo (coesivo o incoerente) che per il terreno sottostante (coesivo o incoerente). Così facendo è possibile valutare un minorante della resistenza orizzontale del terreno.

8.1 PALIFICATE SPALLA 01

Nella seguente tabella seguente sono riassunti i valori dei momenti di plasticizzazione in corrispondenza di $[-S_u, N_u]$, delle capacità laterali dei pali isolati in corrispondenza di $[-(S_u), N_u]$ e delle capacità laterali del gruppo in corrispondenza di (Q_c, Q_t) , assumendo un armatura pari a $36\Phi 28$.

Tabella 15. Capacità laterali del palo isolato e del gruppo per $L = 37$ m e $A_f = 40\Phi 30$.

$-(S_u)$ [kN]	N_u [kN]	M_{yt} [kNm]	M_{yc} [kNm]	$H_{lim}(M_{yt})$ [kNm]	$H_{lim}(M_{yc})$ [kNm]	H_{dt} [kN]	H_{dc} [kN]
-9100	13512	2485	10963	1877	6167	9173	30138

Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:

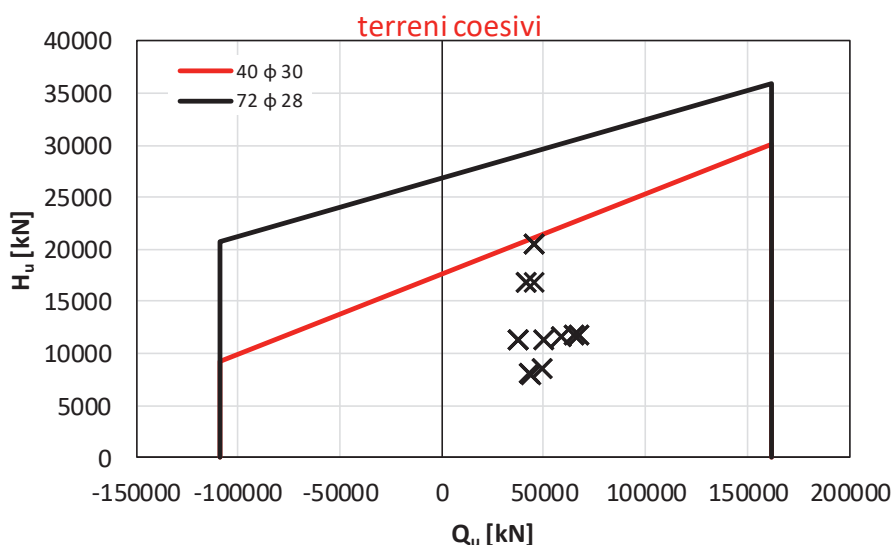


Figura 10. Dominio di collasso nel piano Q-H.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	30

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

8.2 PALIFICATE PILA 01

Nella seguente tabella seguente sono riassunti i valori dei momenti di plasticizzazione in corrispondenza di $[-S_u, N_u]$, delle capacità laterali dei pali isolati in corrispondenza di $[-(S_u), N_u]$ e delle capacità laterali del gruppo in corrispondenza di (Q_c, Q_t) , assumendo un armatura pari a $36\Phi 28$.

Tabella 16. Capacità laterali del palo isolato e del gruppo per $L = 35\text{ m}$ e $A_f = 36\Phi 28$.

$-(S_u)$ [kN]	N_u [kN]	M_{yt} [kNm]	M_{yc} [kNm]	$H_{lim}(M_{yt})$ [kNm]	$H_{lim}(M_{yc})$ [kNm]	H_{dt} [kN]	H_{dc} [kN]
-8312	12546	1340	9852	1081	5701	4811	25371

Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:

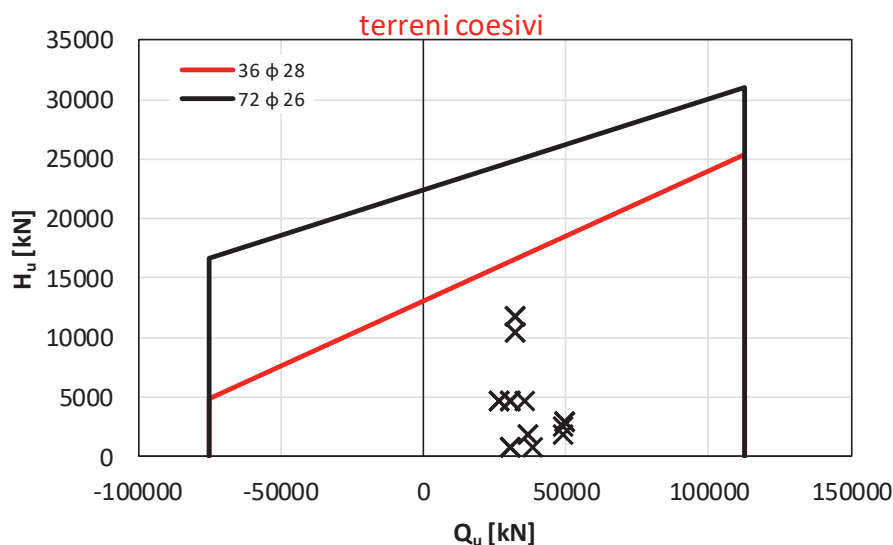


Figura 11. Dominio di collasso nel piano Q-H.

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	31

8.3 PALIFICATE PILE 02 ÷ PILE 07 E PILE 09 ÷ 10

Nella seguente tabella seguente sono riassunti i valori dei momenti di plasticizzazione in corrispondenza di $[-(S_u), N_u]$, delle capacità laterali dei pali isolati in corrispondenza di $[-(S_u), N_u]$ e delle capacità laterali del gruppo in corrispondenza di (Q_c, Q_t) , assumendo un armatura pari a $36\Phi 28$.

Tabella 17. Capacità laterali del palo isolato e del gruppo per $L = 35\text{ m}$ e $A_f = 36\Phi 30$.

$-(S_u)$ [kN]	N_u [kN]	M_{yt} [kNm]	M_{yc} [kNm]	$H_{lim}(M_{yt})$ [kNm]	$H_{lim}(M_{yc})$ [kNm]	H_{dt} [kN]	H_{dc} [kN]
-8818	7061	1006	8671	827	5107	3679	22728

Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:

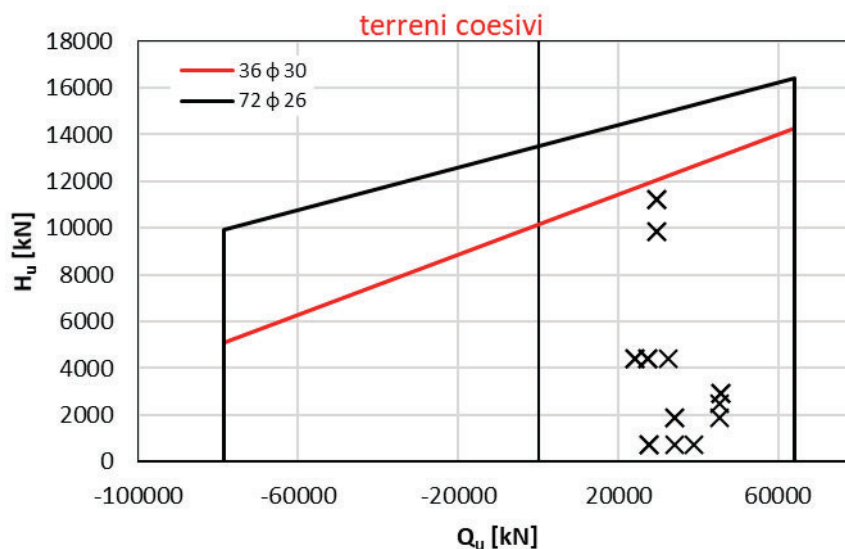


Figura 12. Dominio di collasso nel piano Q-H.

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

8.4 PALIFICATE PILA 08 E PILA 11

Nella seguente tabella seguente sono riassunti i valori dei momenti di plasticizzazione in corrispondenza di $[-(S_u), N_u]$, delle capacità laterali dei pali isolati in corrispondenza di $[-(S_u), N_u]$ e delle capacità laterali del gruppo in corrispondenza di (Q_c, Q_t) , assumendo un armatura pari a $36\Phi 28$.

Tabella 18. Capacità laterali del palo isolato e del gruppo per $L = 34\text{ m}$ e $A_f = 36\Phi 28$.

$-(S_u)$ [kN]	N_u [kN]	M_{yt} [kNm]	M_{yc} [kNm]	$H_{lim}(M_{yt})$ [kNm]	$H_{lim}(M_{yc})$ [kNm]	H_{dt} [kN]	H_{dc} [kN]
-8490	7012	1222	8646	782	3049	3479	13569

Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:

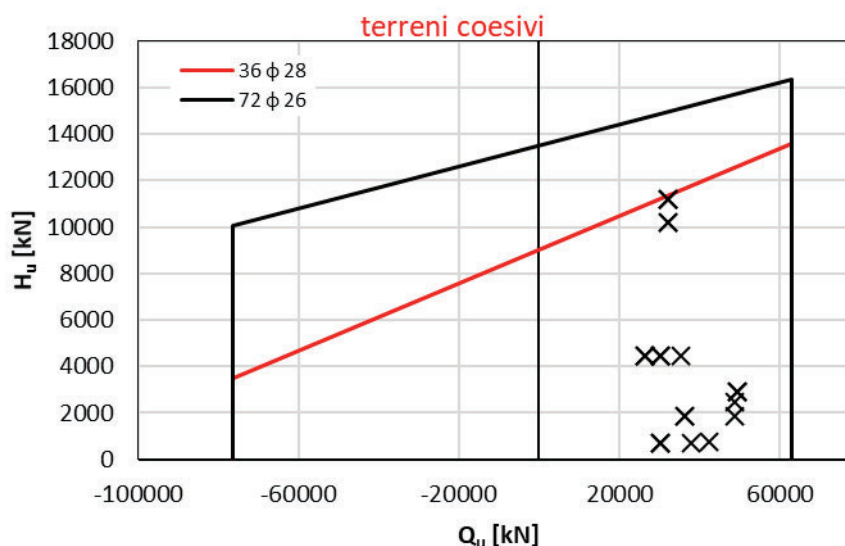


Figura 13. Dominio di collasso nel piano Q-H.

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	33

8.5 PALIFICATE SPALLA 02

Nella seguente tabella seguente sono riassunti i valori dei momenti di plasticizzazione in corrispondenza di $[-S_u, N_u]$, delle capacità laterali dei pali isolati in corrispondenza di $[-(S_u), N_u]$ e delle capacità laterali del gruppo in corrispondenza di (Q_c, Q_t) , assumendo un armatura pari a $36\Phi 30$.

Tabella 19. Capacità laterali del palo isolato e del gruppo per $L = 41\text{ m}$ e $A_f = 40\Phi 32$.

$-(S_u)$ [kN]	N_u [kN]	M_{yt} [kNm]	M_{yc} [kNm]	$H_{lim}(M_{yt})$ [kNm]	$H_{lim}(M_{yc})$ [kNm]	H_{dt} [kN]	H_{dc} [kN]
-10340	12552	2899	11813	2126	6406	10705	32256

Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:

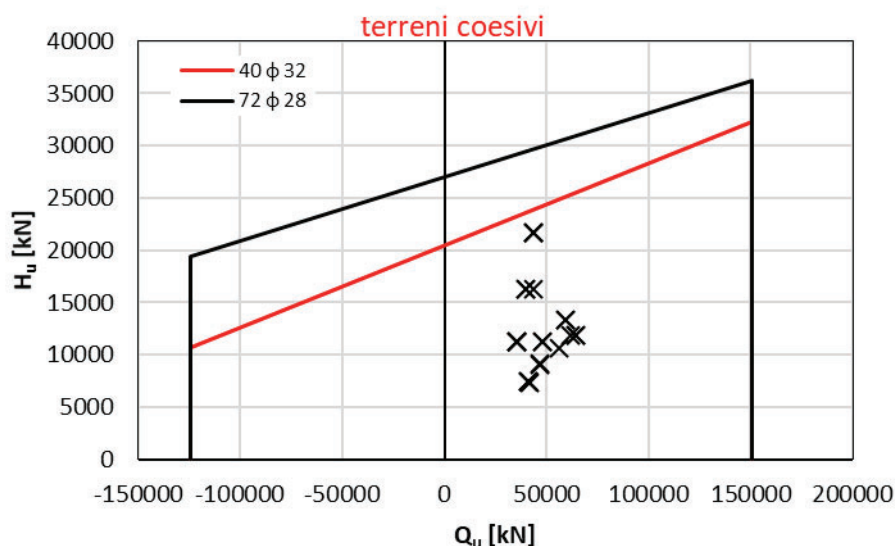


Figura 14. Dominio di collasso nel piano Q-H.

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Relazione di calcolo Pali di fondazione		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	34

9. VERIFICHE GEOTECNICHE SLE

Le verifiche geotecniche SLE sono state condotte con i seguenti approcci:

- Con riferimento alle indicazioni del MdP di RFI ($S_{cal} > 1,25 N+P$);
- Calcolando i massimi cedimenti e rotazioni della palificata;

La verifica secondo MdP di RFI richiede il controllo che per la combinazione SLE Rara non sia stata mobilitata la capacità sul fusto; per farlo si individuano le distribuzioni dei carichi sui pali attraverso la formula semplificata (Viggiani et al. 2011) seguente:

$$N_i = \frac{Q}{p} + \frac{M_y}{\sum x_i^2} x_i + \frac{M_x}{\sum y_i^2} y_i \quad (12)$$

in cui (M_x, M_y) sono le componenti del momento risultante ed (x_i, y_i) le coordinate del palo i-esimo nel sistema di riferimento con origine nel baricentro della palificata. In esse, si è tenuto conto del peso del plinto che grava dunque integralmente sui pali

Per l'identificazione dei valori massimi di cedimenti e rotazioni, invece, si utilizza il codice PILE-CAM, 'Analysis of Pile groups under Combined Axial-Moment loads', sviluppato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Napoli Parthenope (Iovino et al. 2021a). Si tratta di un modello di analisi basato sul metodo dei coefficienti di interazione, in cui la non linearità di comportamento è concentrata all'interfaccia palo terreno. Nel dettaglio, le ipotesi del modello di analisi sono: (1) i pali sono idealizzati come elementi non-lineari interagenti, caratterizzati da una soglia di plasticizzazione a compressione (N_{uk}) diversa da quella a sfilamento ($-S_{uk}$); (2) la rigidezza a compressione (K_c) è diversa da quella a trazione (K_t); (3) la platea è idealizzata come elemento di collegamento rigido, separato dal terreno; (4) gli effetti di interazione sono modellati con il metodo dei coefficienti di influenza, mediante la soluzione approssimata di Dobry & Gazetas (1988); (5) si tiene conto del pre-carico sui pali (Q_p) dovuto al peso del plinto di collegamento dei pali. Il codice di calcolo consente di prevedere le curve momento rotazione e carico cedimento per percorsi di carico ad eccentricità costante, eventualmente nulla, o carico assiale costante, a partire da un livello di carico assiale sulla fondazione qualsivoglia.

Oltre alla geometria della palificata, è necessario definire per ciascun palo i parametri quali le due capacità assiali ($N_{uk}, -S_{uk}$) e le due rigidezze (K_c, K_t). Se i pali sono tutti uguali, è sufficiente la determinazione soltanto di quattro parametri. Il codice è dunque molto adatto allo svolgimento delle analisi di Stato Limite di Servizio delle fondazioni dei viadotti a campate multiple. Malgrado le ipotesi semplificative assunte, il metodo di analisi è in grado di tenere conto delle principali peculiarità di comportamento dei gruppi di pali sotto carico eccentrico e monotono: (a) non linearità di comportamento; (b) dipendenza della curva momento-rotazione dalla storia pregressa di carico e dal percorso di carico; nel caso delle pile dei viadotti, come per molte altre situazioni, la fondazione è prima sottoposta al carico verticale gravitazionale e poi, sotto carico assiale costante, al momento esterno dovuto all'azione del vento o della frenatura. Per alcuni pali si verifica pertanto un'inversione del carico: in questo caso la rigidezza del ramo di scarico si assume coincidente con quella iniziale fino a quando il carico sul palo non è nullo; nel tratto successivo, si assume invece mediante una traslazione di assi lo stesso comportamento della curva backbone in trazione; (c) 'accoppiamento' fra le componenti (Q, M) del carico applicato e spostamenti coniugati (w, θ).

Il legame costitutivo del palo singolo può essere elastico-perfettamente plastico, iperbolico o iperbolico con troncamento. Nel seguito si farà l'ipotesi di comportamento iperbolico con troncamento al 90% dell'asintoto.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

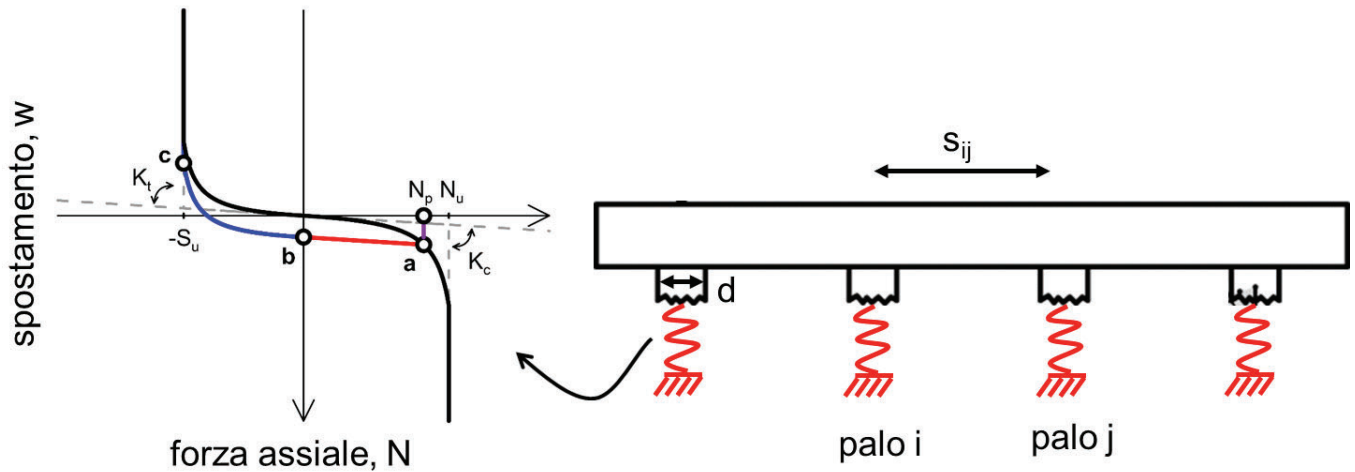


Figura 15. Legame costitutivo del palo singolo

9.1 PALIFICATE PILA 02 ÷ PILA 07 E PILA 09 ÷ 10

9.1.1 Verifica secondo MdP di RFI

Basandosi sulla numerazione dei pali già presentata in Figura 3 e sulle azioni SLE presentate al capitolo 5 è possibile valutare lo sforzo assiali su ogni palo.

Tabella 20. Distribuzione sui singoli pali delle azioni.

Comb.	Descrizione	N ₁ [kN]	N ₂ [kN]	N ₃ [kN]	N ₄ [kN]	N ₅ [kN]	N ₆ [kN]	N ₇ [kN]	N ₈ [kN]	N ₉ [kN]
(a)	[Q _{max} , M] – SLU	4770	5855	6940	4001	5086	6171	3232	4317	5402
(b)	[Q, M _{max}] – SLU	1054	3990	6927	358	3294	6230	-338	2598	5534
(c)	[Q _{max} , M] – SLE-R	3291	4045	4800	2855	3609	4364	2418	2418	3928
(d)	[Q, M _{max}] – SLE-R	2929	3746	4564	2749	3567	4385	2570	3388	4205

In linea con le prescrizioni del manuale di progettazione di RFI si controlla che per la combinazione SLE Rara non sia stata mobilitata la capacità sul fusto. Per la combinazione SLE RARA con il valore massimo del carico assiale, il carico medio sui pali è $N = 3609$ kN, dunque.

Tabella 21. Verifica secondo MdP Italferr

Verifica SLE da MdP Italferr				
L _p	N+P	S _{cal}	1,25 N+P	FS
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
35.00	5155	14801	6444	2.30

9.1.2 Determinazione cedimenti e rotazioni palificata

Nella figura seguente è illustrata la curva di backbone del palo di lunghezza $L = 35$ m. Il troncamento al 90% dell'asintoto della curva di backbone corrisponde ad (N_{uk}) per i carichi di compressione ed (S_{uk}) per i carichi di trazione, dove $[-S_{uk} = -(S_k + P)$, $N_{uk} = R_k - P]$ sono le capacità assiali caratteristiche a sfilamento e a compressione e P il peso del palo. Le rigidezze assiali sono state valutate con un metodo a molle con il profilo

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

di G_0 della caratterizzazione geotecnica del progetto esecutivo. Per semplicità è stato assunto $K_t = K_c$. Si veda la tabella seguente.

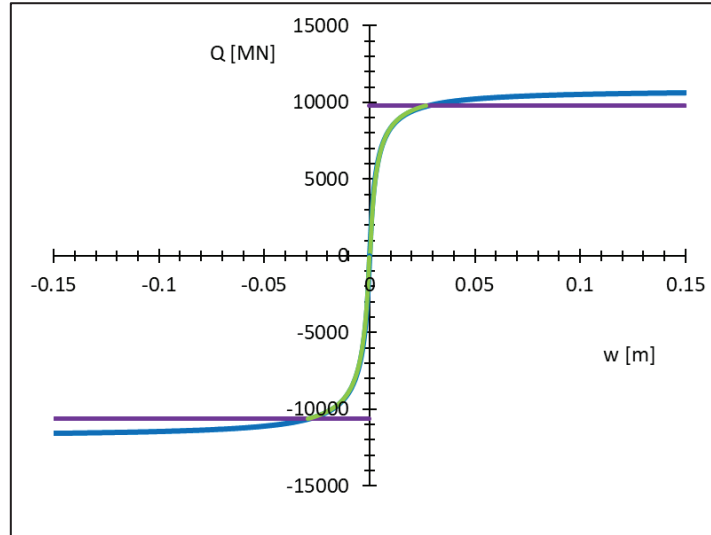


Figura 16. Curva di backbone per il palo di lunghezza $L = 35$ m.

Tabella 22. Parametri alla scala del palo singolo nel caso $L = 35$ m

L [m]	N_{uk} [kN]	S_{uk} [kN]	K_c [kN/m]	K_t [kN/m]
35	8753	10516	3630973	3630873

Di seguito è illustrato il dominio di collasso caratteristico del gruppo di pali di lunghezza $L = 35$ m. Per confronto, è rappresentato il percorso di carico della combinazione SLE FREQ con carico assiale massimo e momento relativo [31461 kN; 18051 kNm], che viene qui definito percorso (a). Si noti che nella fattispecie questo coincide con il percorso con momento massimo e carico assiale relativo, che possiamo chiamare (b).

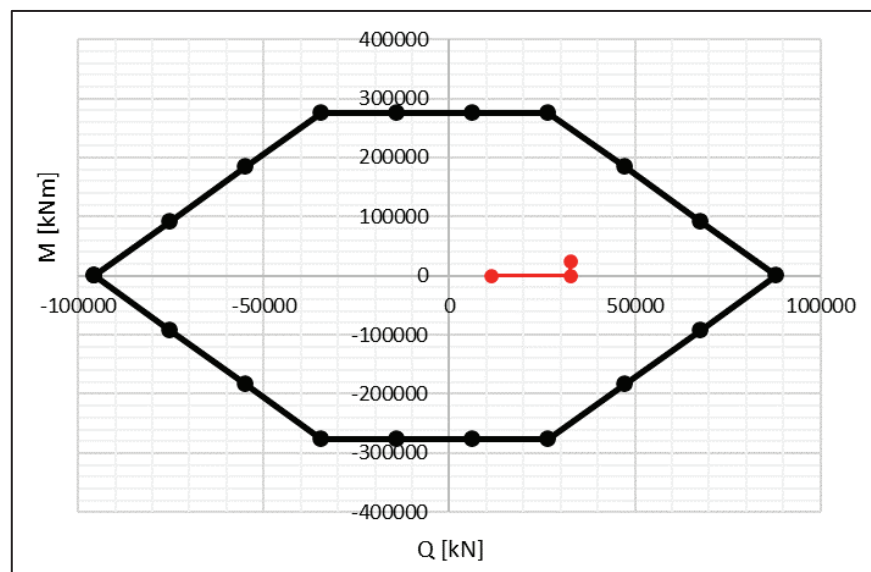


Figura 17. Domini di collasso caratteristici e percorsi di carico per le analisi SLE.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

La curva carico cedimento parte dal livello di pre-carico dovuto al peso del plinto ed è spinta fino a rottura. La curva (M, θ) dipende in generale dal livello di carico assiale. Nella figura successiva sono rappresentate le curve carico-cedimento (Q, w) e momento-rotazione (M, θ) del percorso (a).

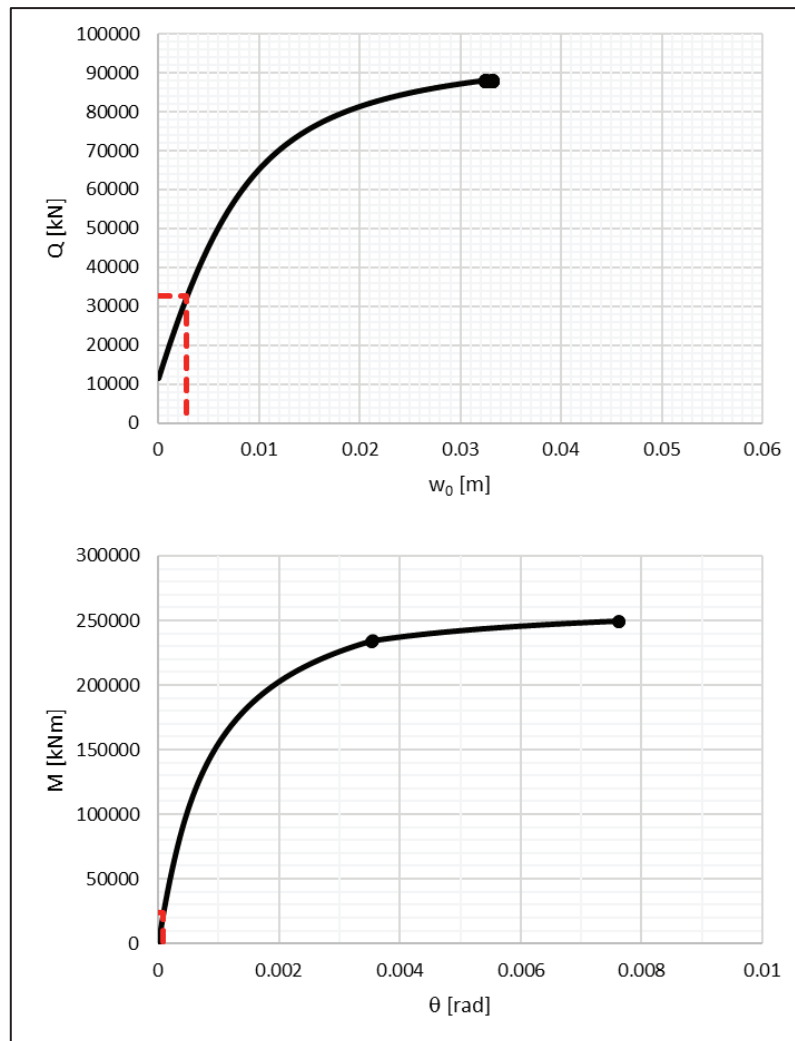


Figura 18. Curva carico cedimento e curva momento rotazione del percorso (a).

In tabella, infine, sono rappresentati i valori di cedimento e rotazione ottenuti dall'analisi. In essa, w_1 è il cedimento al termine del ramo orizzontale e θ la rotazione al termine del ramo verticale. L'incremento di spostamento verticale Δw nella fase di applicazione del momento è trascurabile.

Tabella 23. Risultati delle analisi SLE.

Load Path	w_1 [mm]	θ [rad]
(a)	2.85	$8.31 \cdot 10^{-5}$

Come è possibile notare i valori di cedimento e rotazione sono notevolmente bassi e non in grado di pregiudicare difetti di livello trasversale e longitudinale per l'opera.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	38

9.2 PALIFICATE PILA 08 ÷ PILA 11

9.2.1 Verifica secondo MdP di RFI

Basandosi sulla numerazione dei pali già presentata in Figura 3 e sulle azioni SLE presentate al capitolo 5 è possibile valutare lo sforzo assiali su ogni palo.

Tabella 24. Distribuzione sui singoli pali delle azioni.

Comb.	Descrizione	N ₁ [kN]	N ₂ [kN]	N ₃ [kN]	N ₄ [kN]	N ₅ [kN]	N ₆ [kN]	N ₇ [kN]	N ₈ [kN]	N ₉ [kN]
(a)	[Q _{max} , M] – SLU	5298	6225	7153	4565	5493	6420	3833	4760	5688
(b)	[Q, M _{max}] - SLU	1774	4175	6576	1169	3570	5971	564	2965	5366
(c)	[Q _{max} , M] – SLE-R	3652	4297	4942	3230	3875	4520	2808	2808	4098
(d)	[Q, M _{max}] – SLE-R	3269	3993	4718	3109	3833	4557	2948	3672	4397

In linea con le prescrizioni del manuale di progettazione di RFI si controlla che per la combinazione SLE Rara non sia stata mobilitata la capacità sul fusto. Per la combinazione SLE RARA con il valore massimo del carico assiale, il carico medio sui pali è $N = 3875$ kN, dunque.

Tabella 25. Verifica secondo MdP Italferr

Verifica SLE da MdP Italferr				
L _p	N+P	S _{cal}	1,25 N+P	FS
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
34.00	5553	14528	6941.25	2.09

9.2.2 Determinazione cedimenti e rotazioni palificata

Nella figura seguente è illustrata la curva di backbone del palo di lunghezza $L = 34$ m. Il troncamento al 90% dell'asintoto della curva di backbone corrisponde ad (N_{uk}) per i carichi di compressione ed (S_{uk}) per i carichi di trazione, dove [$-S_{uk} = -(S_k+P)$, $N_{uk} = R_k-P$] sono le capacità assiali caratteristiche a sfilamento e a compressione e P il peso del palo. Le rigidzze assiali sono state valutate con un metodo a molle con il profilo di G_0 della caratterizzazione geotecnica del progetto esecutivo. Per semplicità è stato assunto $K_t = K_c$. Si veda la tabella seguente.

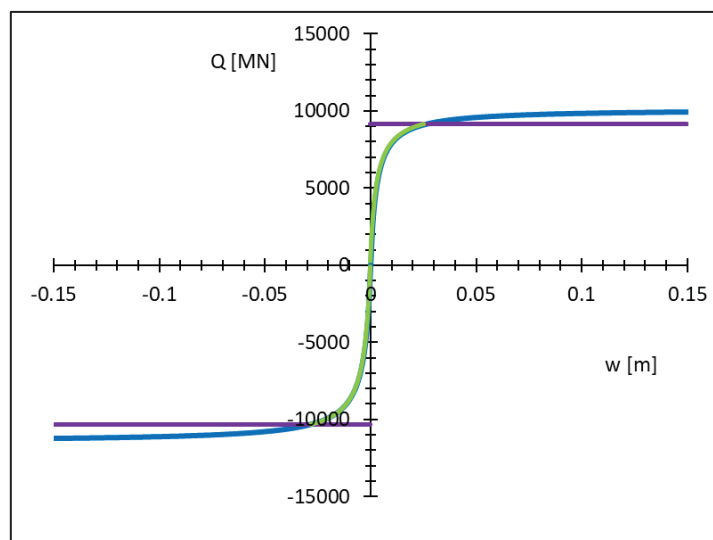


Figura 19. Curva di backbone per il palo di lunghezza $L = 34$ m.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

Tabella 26. Parametri alla scala del palo singolo nel caso $L = 34$ m

L [m]	N_{uk} [kN]	S_{uk} [kN]	K_c [kN/m]	K_t [kN/m]
34	7012	8490	3635332	3635332

Di seguito è illustrato il dominio di collasso caratteristico del gruppo di pali di lunghezza $L = 34$ m. Per confronto, è rappresentato il percorso di carico della combinazione SLE FREQ con carico assiale massimo e momento relativo [33855 kN; 15940 kNm], che viene qui definito percorso (a). Si noti che nella fattispecie questo coincide con il percorso con momento massimo e carico assiale relativo, che possiamo chiamare (b).

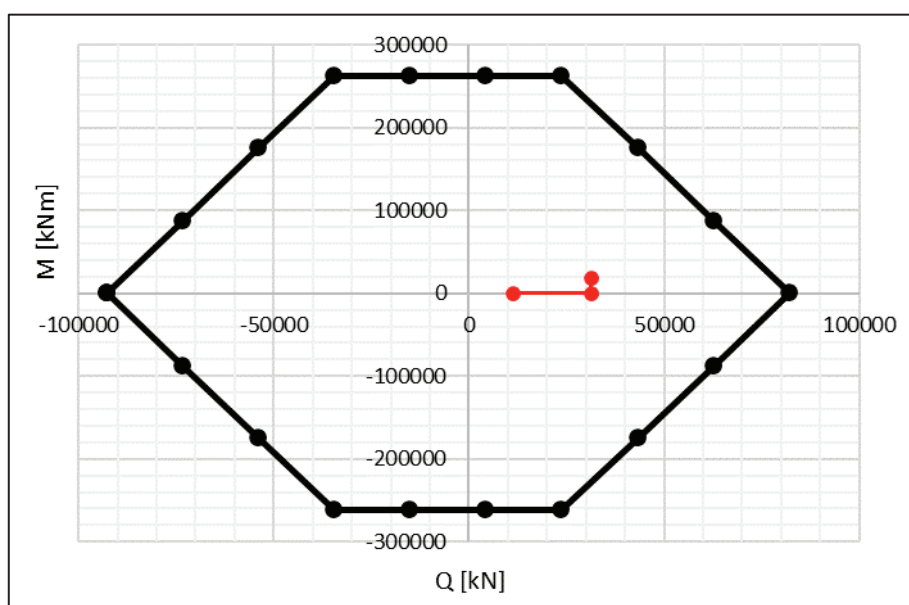


Figura 20. Domini di collasso caratteristici e percorsi di carico per le analisi SLE.

La curva carico cedimento parte dal livello di pre-carico dovuto al peso del plinto ed è spinta fino a rottura. La curva (M, θ) dipende in generale dal livello di carico assiale. Nella figura successiva sono rappresentate le curve carico-cedimento (Q, w) e momento-rotazione (M, θ) del percorso (a).

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	40

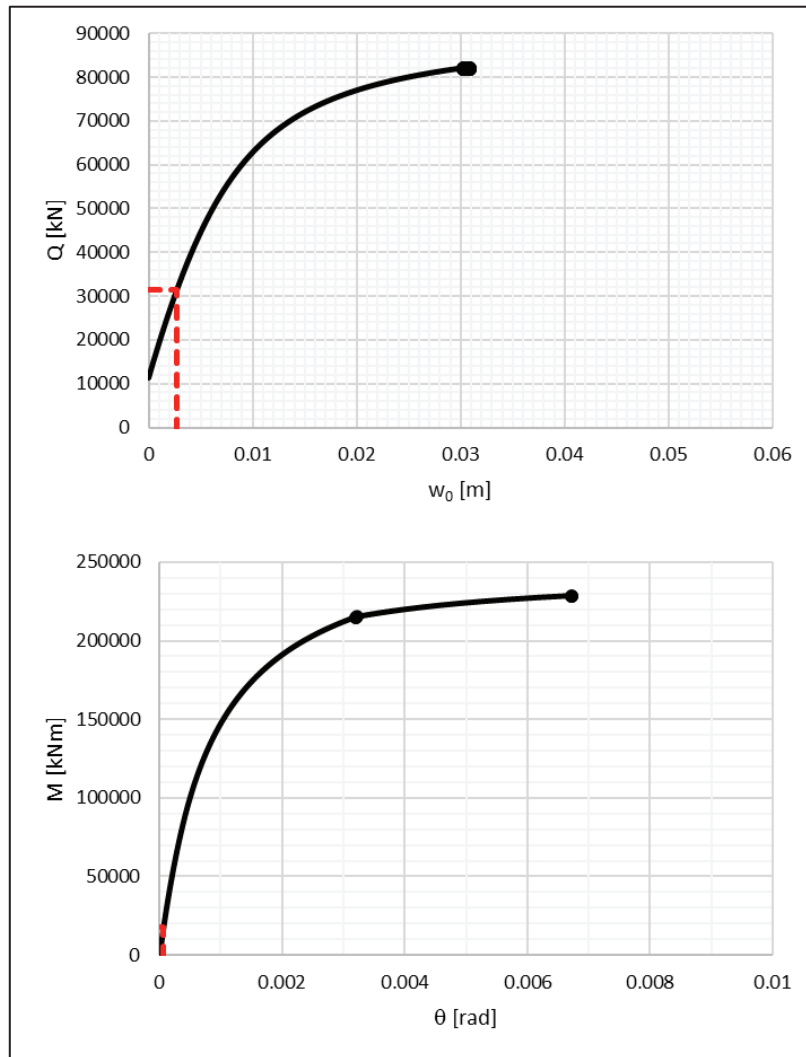


Figura 21. Curva carico cedimento e curva momento rotazione del percorso (a).

In tabella, infine, sono rappresentati i valori di cedimento e rotazione ottenuti dall'analisi. In essa, w_1 è il cedimento al termine del ramo orizzontale e θ la rotazione al termine del ramo verticale. L'incremento di spostamento verticale Δw nella fase di applicazione del momento è trascurabile.

Tabella 27. Risultati delle analisi SLE.

Load Path	w_1 [mm]	θ [rad]
(a)	2.71	$6.22 \cdot 10^{-5}$

Come è possibile notare i valori di cedimento e rotazione sono notevolmente bassi e non in grado di pregiudicare difetti di livello trasversale e longitudinale per l'opera.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	41

10. VERIFICHE STRUTTURALI PALI SLU/SLE

Per poter calcolare l'andamento delle sollecitazioni lungo lo sviluppo del palo, lo studio dell'interazione palo terreno in presenza di carichi orizzontali viene condotto simulando il terreno con un mezzo alla Winkler. I pali di fondazione della pila sono caratterizzati da snellezze relativamente elevate. Inoltre i carichi applicati possono ritenersi azioni concentrate. In tali ipotesi il modello di Winkler fornisce soluzioni sufficientemente approssimate.

Fra spostamento orizzontale del palo alla profondità z e reazione unitaria del terreno alla medesima profondità esiste la relazione:

$$p = k_h \cdot y \quad (13)$$

dove k_h = coefficiente di reazione orizzontale del terreno. A tale coefficiente corrisponde il modulo di reazione orizzontale del terreno:

$$E_h = k_h \cdot d \quad (14)$$

Nel caso di terreni incoerenti si assume k_h linearmente variabile con la profondità (Matlock & Reese, 1958):

$$k_h = n_h \cdot \frac{z}{d} \quad (15)$$

L'equazione differenziale della linea elastica del palo si può scrivere nella forma:

$$E_p J \frac{d^4 u}{dz^4} + n_h z \cdot u = 0 \quad (16)$$

dove n_h che dipende dallo stato di addensamento e dalla presenza o meno della falda. Alcuni suggerimenti si possono trovare nel libro di Viggiani et al. (2011). Nella fattispecie la lunghezza caratteristica viene definita come segue:

$$\lambda = \sqrt[5]{\frac{E_p J}{n_h}} \quad (17)$$

Il palo può essere considerato infinitamente lungo per $L/\lambda > 4$. Nel seguito verranno allora utilizzate le soluzioni valide per palo lungo. Per un palo di lunghezza qualsiasi lo spostamento, la rotazione, il momento e il taglio si possono esprimere come segue:

$$\begin{aligned}
 u &= A_u \frac{H\lambda^3}{E_p J} + B_u \frac{M\lambda^2}{E_p J} \\
 \theta &= A_\theta \frac{H\lambda^2}{E_p J} + B_\theta \frac{M\lambda}{E_p J} \\
 M &= A_M \cdot H\lambda + B_M \cdot M \\
 T &= A_T \cdot H + B_T \cdot \frac{M}{\lambda}
 \end{aligned} \quad (18)$$

Nella tabella che segue si riassumono i valori dei coefficienti $A_u, B_u, A_\theta, B_\theta, A_M, B_M, A_T, B_T$ per diversi valori

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	42

della profondità relativa (z/λ).

Tabella 28. Coefficienti corrispondenti a z/λ ed L/λ .

z/λ	z [m]	A_u	B_u	A_θ	B_θ	A_M	B_M	A_T	B_T
0	0,00	2,3	1,6	-1.55	-1.7	0	1	1	0
0,5	1,74	1,5	0,75	-1.45	-1.25	0.48	0.96	0.8	-0.175
1	3,47	0,825	0,325	-1.15	-0.825	0.775	0.84	0.28	-0.375
1,5	5,21	0,4	0,1	-0.8	-0.4	0.725	0.62	-0.175	-0.475
2	6,95	0,1	-0,05	-0.45	-0.075	0.58	0.36	-0.4	-0.475
2,5	8,68	-0,1	-0,1	-0.225	0.01	0.4	0.15	-0.44	-0.39
3	10,42	-0,2	-0,1	-0.05	0.02	0.21	0.025	-0.32	-0.2
3,5	12,16	-0,15	-0,05	0.05	0.02	0.05	-0.05	-0.2	-0.08
4	13,89	-0,1	-0,01	0.1	0.01	-0.02	-0.06	-0.1	-0.01
4,5	15,63	-0,05	-0,01	0.075	0.005	-0.05	-0.06	-0.02	0.02
5	17,37	-0,01	-0,01	0.05	0.0025	-0.05	-0.05	-0.01	-0.01

Nel caso di terreni sovraconsolidati si assume k_h costante (Viggiani et al. 2011):

$$k_h = 170 \div 800 \frac{c_u}{d} \quad (19)$$

L'equazione differenziale della linea elastica del palo si può scrivere nella forma:

$$E_p J \frac{d^4 u}{dz^4} + k_h d \cdot u = 0 \quad (20)$$

in cui d è il diametro del palo.

Nella fattispecie il palo può essere assimilato ad una trave di lunghezza infinita. Il momento e il taglio si possono valutare con la soluzione per carico in una posizione intermedia di intensità pari al doppio del carico orizzontale alla sommità del palo:

$$M = \frac{P\lambda}{4} e^{-\frac{z}{\lambda}} \left(\cos \frac{z}{\lambda} - \text{sen} \frac{z}{\lambda} \right)$$

$$T = -\frac{P}{2} e^{-\frac{z}{\lambda}} \cos \frac{z}{\lambda} \quad (21)$$

$$P = 2H$$

Ai fini delle verifiche SLU e SLE si considerano due combinazioni di carico, quella con il massimo valore del carico laterale e il corrispondente carico assiale $[Q, H_{\max}]$ e quella con il minimo valore del carico assiale e il corrispondente valore del carico laterale $[Q_{\min}, H]$.

Nelle figure seguenti sono illustrati i profili delle caratteristiche della sollecitazione nel palo per le combinazioni SLU e SLE valutati mediante la (20) nell'ipotesi $k_h = 250 \cdot (c_u/d)$.

Inoltre, nelle tabelle immediatamente sotto i profili di ogni pila/spalla, sono riassunti i valori degli stati di sforzo alla sommità dei pali per le combinazioni considerate. In essa, N è il valore medio del carico assiale sui pali. Si noti che la verifica per la combinazione con $[Q_{\min}, H]$ è inutile, come ci si poteva attendere.

I profili di M e T , e gli stati di sforzo alla sommità dei pali, vengono utilizzati per eseguire le verifiche strutturali SLU/SLE nei paragrafi successivi.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

- Spalla 01

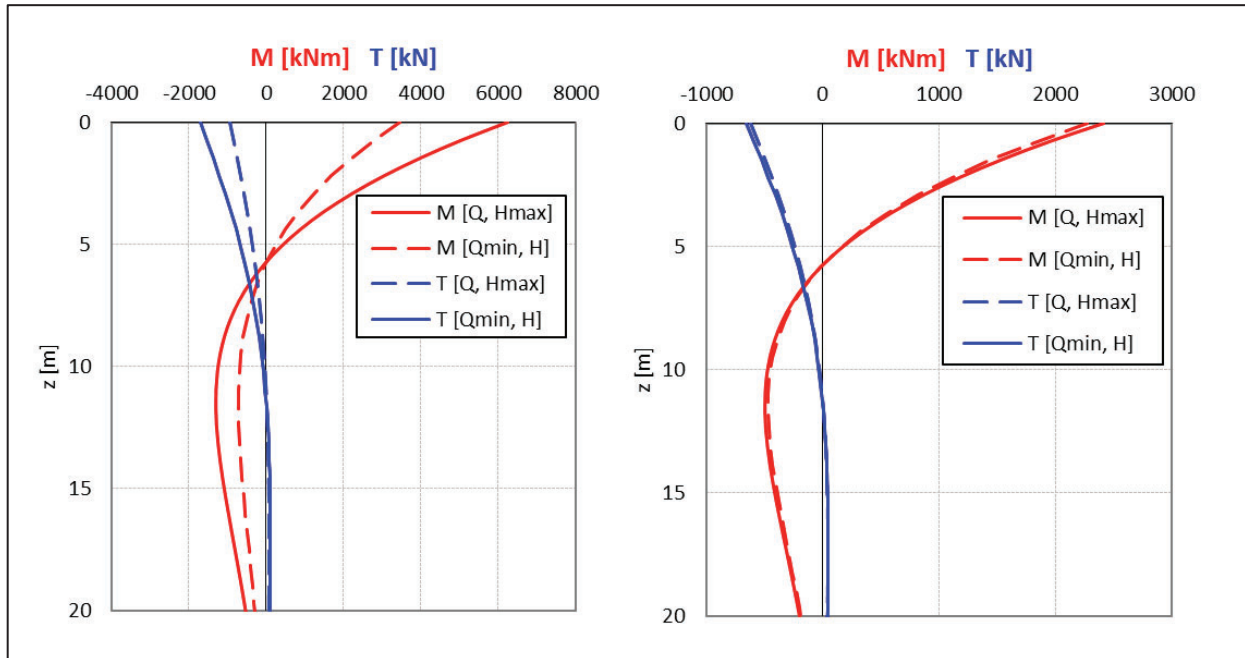


Figura 22. Diagramma del taglio e del momento.

Tabella 29. Stati di sforzo alla sommità dei pali.

Stato limite	Combinazione	N (kN)	T (kN)	M (kNm)
SLU	[Q, H _{max}]	3799	1712	6249
SLU	[Q _{min} , H]	3094	944	3444
SLE	[Q, H _{max}]	3971	661	2411
SLE	[Q _{min} , H]	3619	622	2271

Noti i diagrammi del taglio e del momento lungo lo sviluppo del palo è possibile dedurre che il valore di α (Med/Ved a quota testa palo) è pari a **3.65**.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

- Pila 01

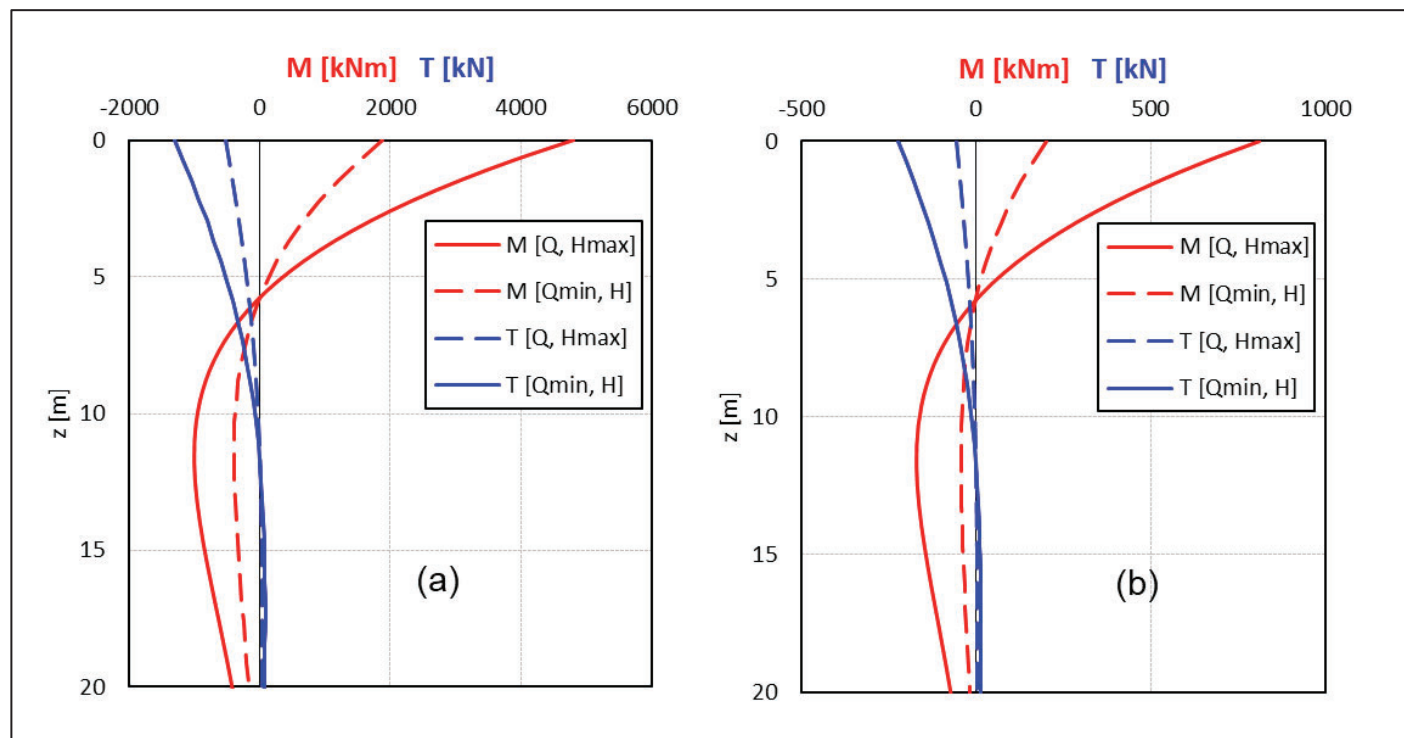


Figura 23. Diagramma del taglio e del momento.

Tabella 30. Stati di sforzo alla sommità dei pali e valori del momento resistente.

Stato limite	Combinazione	N (kN)	T (kN)	M (kNm)
SLU	[Q, H _{max}]	3607	1305	4798
SLU	[Q _{min} , H]	2960	513	1887
SLE	[Q, H _{max}]	3911	221	813
SLE	[Q _{min} , H]	3412	56	204

Noti i diagrammi del taglio e del momento lungo lo sviluppo del palo è possibile dedurre che il valore di α (Med/Ved a quota testa palo) è pari a **3.68**.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

- Pila 02+07 e 09+10

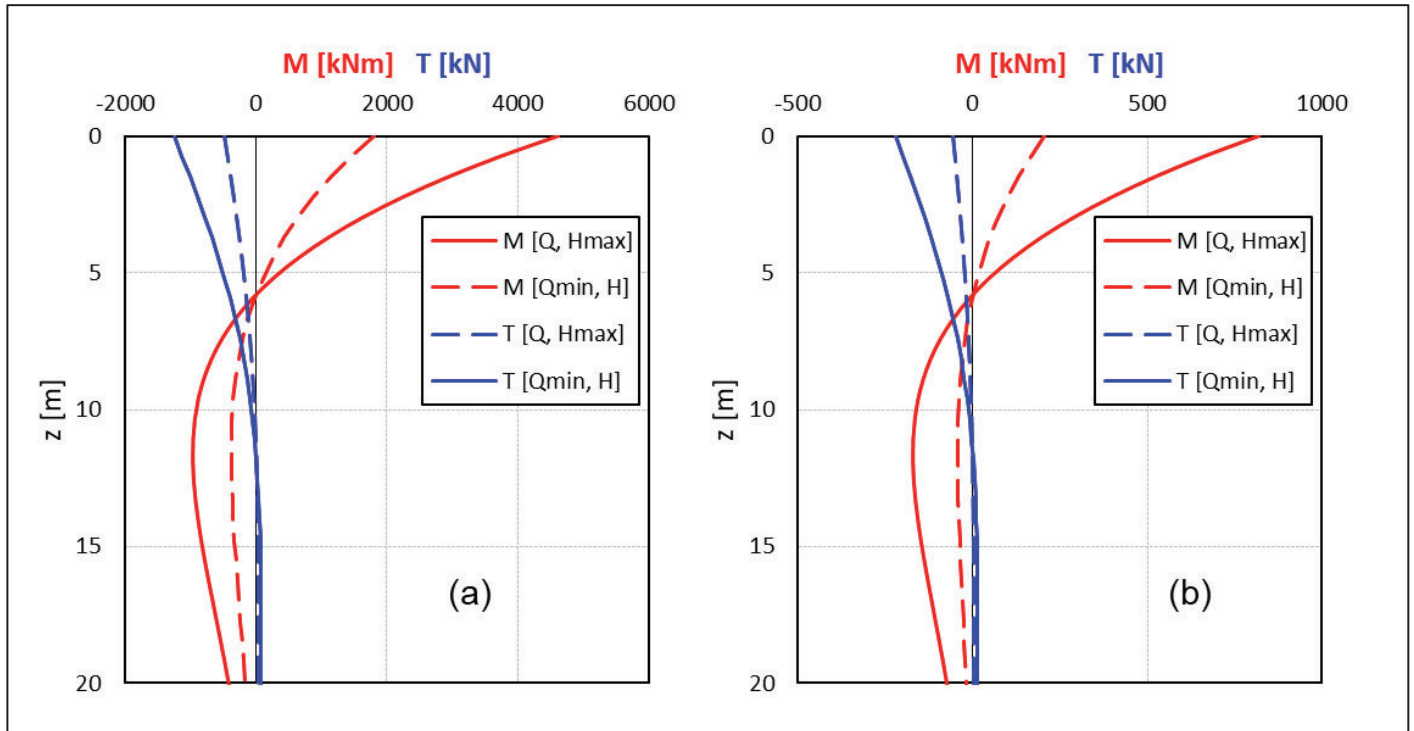


Figura 24. Diagramma del taglio e del momento.

Tabella 31. Stati di sforzo alla sommità dei pali e valori del momento resistente.

Stato limite	Combinazione	N (kN)	T (kN)	M (kNm)
SLU	[Q, H _{max}]	3294	1246	4617
SLU	[Q _{min} , H]	2694	487	1803
SLE	[Q, H _{max}]	3609	221	819
SLE	[Q _{min} , H]	3110	56	206

Noti i diagrammi del taglio e del momento lungo lo sviluppo del palo è possibile dedurre che il valore di α (Med/Ved a quota testa palo) è pari a **3.70**.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

- Pila 08 e Pila 11

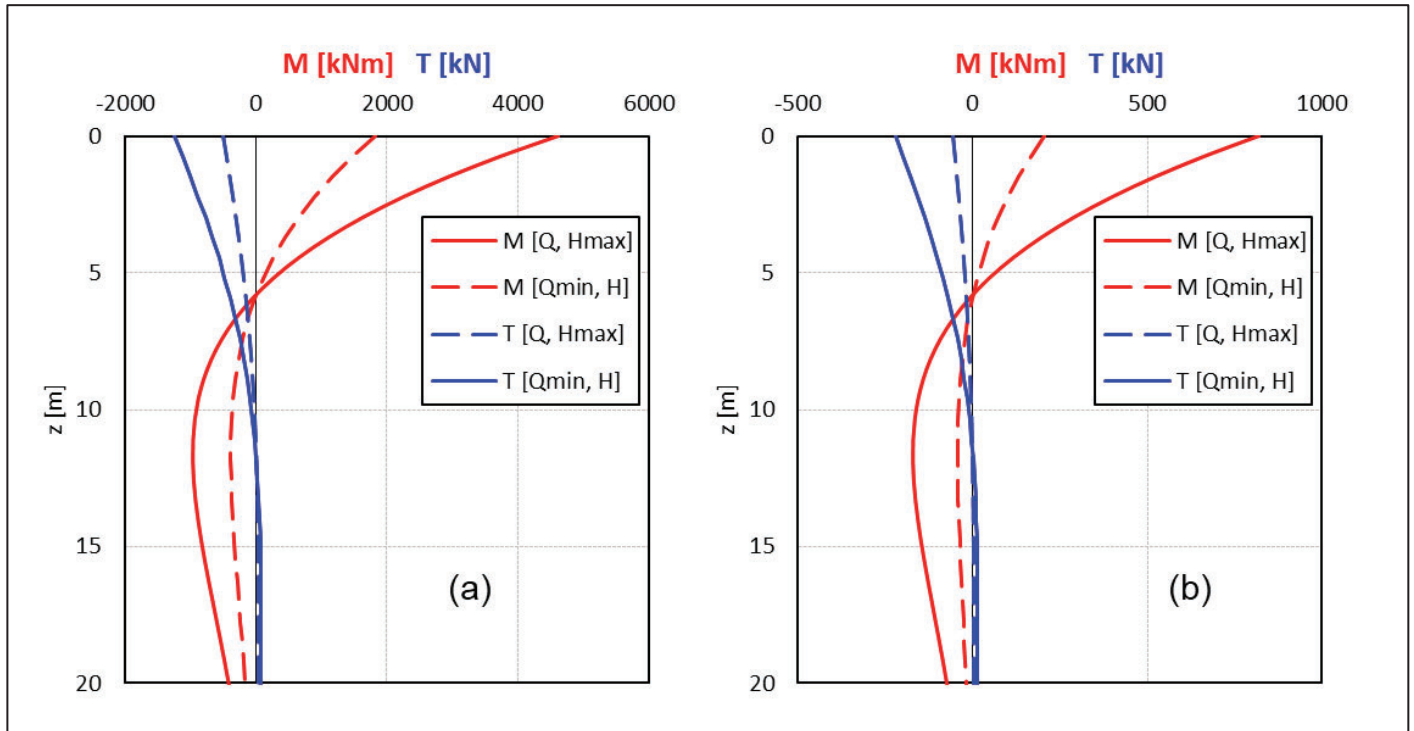


Figura 25. Diagramma del taglio e del momento.

Tabella 32. Stati di sforzo alla sommità dei pali e valori del momento resistente.

Stato limite	Combinazione	N (kN)	T (kN)	M (kNm)
SLU	[Q, H _{max}]	3570	1244	4607
SLU	[Q _{min} , H]	2927	494	1828
SLE	[Q, H _{max}]	3875	221	819
SLE	[Q _{min} , H]	3376	56	206

Noti i diagrammi del taglio e del momento lungo lo sviluppo del palo è possibile dedurre che il valore di α (Med/Ved a quota testa palo) è pari a **3.70**.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

- Spalla 02

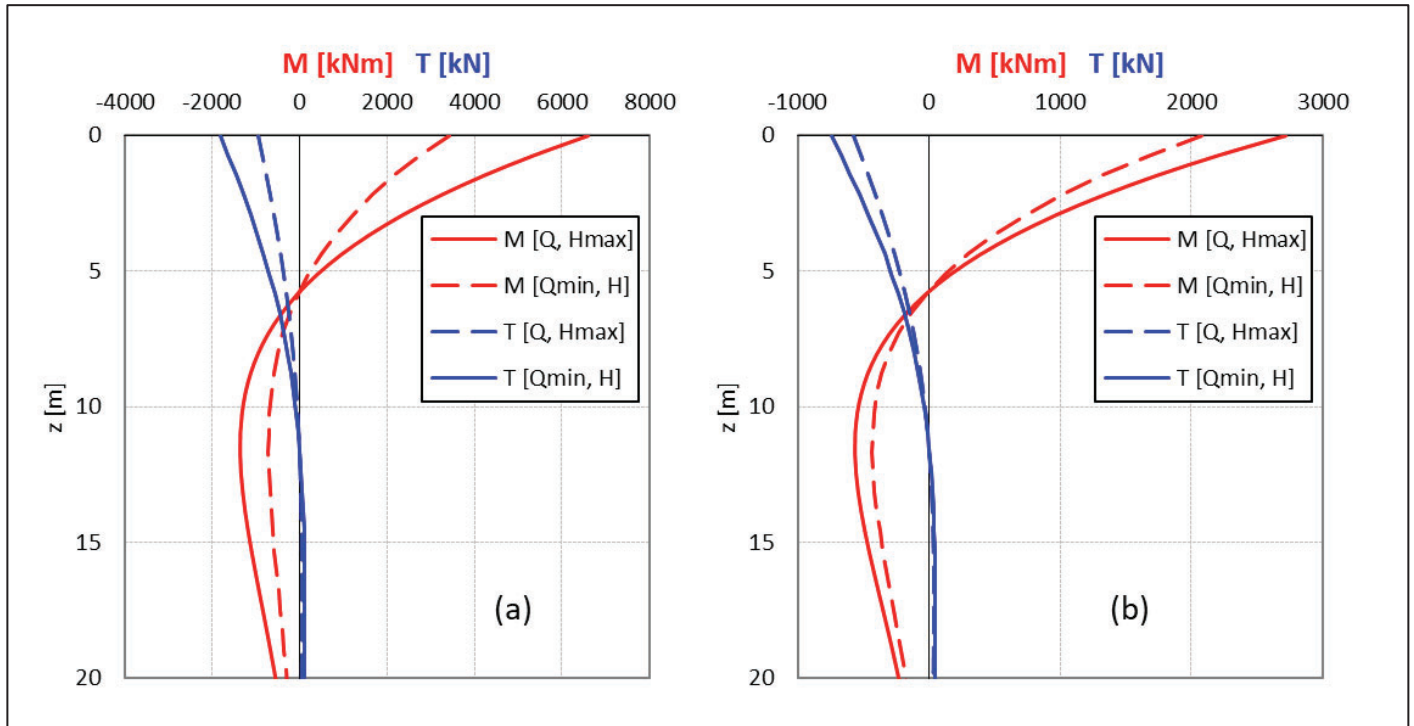


Figura 26. Diagramma del taglio e del momento.

Tabella 33. Stati di sforzo alla sommità dei pali e valori del momento resistente.

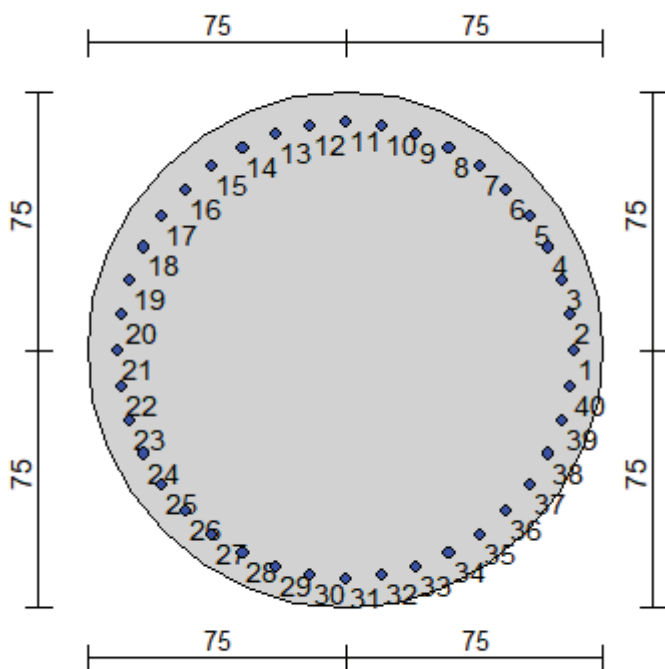
Stato limite	Combinazione	N (kN)	T (kN)	M (kNm)
SLU	[Q, H _{max}]	3614	1810	6607
SLU	[Q _{min} , H]	2941	937	3419
SLE	[Q, H _{max}]	3619	745	2720
SLE	[Q _{min} , H]	3442	570	2082

Noti i diagrammi del taglio e del momento lungo lo sviluppo del palo è possibile dedurre che il valore di α (Med/Ved a quota testa palo) è pari a **3.65**.

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	48

10.1 PALIFICATE SPALLA 01



Geometria della sezione:

Vertice	X	Y
n.	cm	cm
1	75.0	150.0
2	89.6	148.6
3	103.7	144.3
4	116.7	137.4
5	128.0	128.0
6	137.4	116.7
7	144.3	103.7
8	148.6	89.6
9	150.0	75.0
10	148.6	60.4
11	144.3	46.3
12	137.4	33.3
13	128.0	22.0
14	116.7	12.6
15	103.7	5.7
16	89.6	1.4
17	75.0	0.0
18	60.4	1.4
19	46.3	5.7
20	33.3	12.6
21	22.0	22.0
22	12.6	33.3
23	5.7	46.3
24	1.4	60.4
25	0.0	75.0
26	1.4	89.6
27	5.7	103.7

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																						
<p>Relazione di calcolo Pali di fondazione</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> <tr> <td>LI0B</td> <td>02</td> <td>E</td> <td>ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI</td> <td>05</td> <td>03</td> <td>005</td> <td>C</td> <td>49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	49
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	49													

28	12.6	116.7
29	22.0	128.0
30	33.3	137.4
31	46.3	144.3
32	60.4	148.6

Armature:

Pos	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	sì / no
1	141.3	75.0	7.07	no
2	140.5	85.4	7.07	no
3	138.1	95.5	7.07	no
4	134.1	105.1	7.07	no
5	128.6	114.0	7.07	no
6	121.9	121.9	7.07	no
7	114.0	128.6	7.07	no
8	105.1	134.1	7.07	no
9	95.5	138.1	7.07	no
10	85.4	140.5	7.07	no
11	75.0	141.3	7.07	no
12	64.6	140.5	7.07	no
13	54.5	138.1	7.07	no
14	44.9	134.1	7.07	no
15	36.0	128.6	7.07	no
16	28.1	121.9	7.07	no
17	21.4	114.0	7.07	no
18	15.9	105.1	7.07	no
19	11.9	95.5	7.07	no
20	9.5	85.4	7.07	no
21	8.7	75.0	7.07	no
22	9.5	64.6	7.07	no
23	11.9	54.5	7.07	no
24	15.9	44.9	7.07	no
25	21.4	36.0	7.07	no
26	28.1	28.1	7.07	no
27	36.0	21.4	7.07	no
28	44.9	15.9	7.07	no
29	54.5	11.9	7.07	no
30	64.6	9.5	7.07	no
31	75.0	8.7	7.07	no
32	85.4	9.5	7.07	no
33	95.5	11.9	7.07	no
34	105.1	15.9	7.07	no
35	114.0	21.4	7.07	no
36	121.9	28.1	7.07	no
37	128.6	36.0	7.07	no
38	134.1	44.9	7.07	no
39	138.1	54.5	7.07	no
40	140.5	64.6	7.07	no

Normativa di riferimento:

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:

Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:

Calcestruzzo classe: C25/30

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 300.00 daN/cm²

fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249.00 daN/cm²

fcd = 141.10 daN/cm² ($\alpha_{cc} = 0.85$; $\gamma_c = 1.50$)

fctm (resistenza a trazione media) = 25.58 daN/cm²

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	50

G (modulo di elasticità tangenziale) = 140389 daN/cm²
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314472 daN/cm²
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.20
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm²
 fyd = 3913 daN/cm² ($\gamma_a = 1.15$)
 fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm²
 ϵ_{uk} (deformazione di rottura) = 0.075
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cm²
 E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm²
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Intersezioni del dominio con gli assi N, Mx e My:

asse N - (Mx = 0, My = 0) Nu = -11063.9 kN
 asse N + (Mx = 0, My = 0) Nu = 35838.1 kN
 asse Mx + (N = 0, My = 0) Mxu = 6018.3 kN m
 asse Mx - (N = 0, My = 0) Mxu = -6018.3 kN m
 asse My + (N = 0, Mx = 0) Myu = 6018.3 kN m
 asse My - (N = 0, Mx = 0) Myu = -6018.3 kN m

Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:
 Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla tipo verifica: P)
 Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla tipo verifica: M)
 Verifica con Nu costante (sigla tipo verifica: N)

Verifiche SLU (verifica Ok per Sd/Su < 1)

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ϵ_{cls}	$\epsilon_{acciaio}$	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	3799.0	6249.0	0.0	P	4446.9	7314.8	0.0	0.350	0.518	0.850	Ok
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.c.	--
				N	3799.0	7174.7	0.0	0.350	0.555	0.870	Ok
2	3094.0	3444.0	0.0	P	6963.0	7750.7	0.0	0.350	0.398	0.440	Ok
				M	28770.6	3442.4	0.0	0.350	0.021	0.110	Ok
				N	3094.0	6992.3	0.0	0.350	0.602	0.490	Ok

Risultati combinazioni maggiormente gravose:

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ϵ_{cls}	$\epsilon_{acciaio}$	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	3799.0	6249.0	0.0	P	4446.9	7314.8	0.0	0.350	0.518	0.850	Ok
2	3094.0	3444.0	0.0	M	28770.6	3442.4	0.0	0.350	0.021	0.110	Ok
1	3799.0	6249.0	0.0	N	3799.0	7174.7	0.0	0.350	0.555	0.870	Ok

Verifiche taglio-torsione

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.3 (per verif. Vx)
 Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.3 (per verif. Vy)
 Staffe = Ø 12 / 10.0, bracci: 2 dir. X, 2 dir. Y

Risultati delle verifiche:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	51

Vx, Vy, T, N sollecitazioni (F = kN e M = kN m)
 VRsdx, VRsdy, TRsd, resistenze acciaio
 VRcdx, VRcdy, TRcd, resistenze cls

Verifiche cmb. SLU

Cmb	Vx	Vy	T	N	αc	Ctg θ	Verif Tot	Ver
	VRsdx	VRsdy	TRsd	Vx/VRsdx	Vy/VRsdy	T/TRsd	Verif acc	
	VRcdx	VRcdy	TRcd	Vx/VRcdx	Vy/VRcdy	T/TRcd	Verif cls	
1 SLU	1712.00	0.00	0.00	3799.00	1.153	2.50	0.6806	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.6806	0.0000	0.0000	0.6806	
	4305.64	4305.64	1793.33	0.3976	0.0000	0.0000	0.3976	
2 SLU	944.00	0.00	0.00	3094.00	1.125	2.50	0.3753	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.3753	0.0000	0.0000	0.3753	
	4199.41	4199.41	1793.33	0.2248	0.0000	0.0000	0.2248	

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (+) = compressione, (-) = trazione):

CLS: $\sigma_{cL} = 14940.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Acciaio: $\sigma_{aL} = 360000.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	σ_a	σ_a/σ_{aL}	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq		
3	2411.0	0.0	3971.0	8409.2	0.56	112989.9	0.24	Ok
4	2271.0	0.0	3619.0	7915.3	0.53	106157.8	0.24	Ok

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure: $W_{kL} = 0.40$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	mm		
5	2411.0	0.0	3971.0	0.10	0.26	Ok
6	2271.0	0.0	3619.0	0.10	0.25	Ok

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS: $\sigma_{cL} = 11205.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

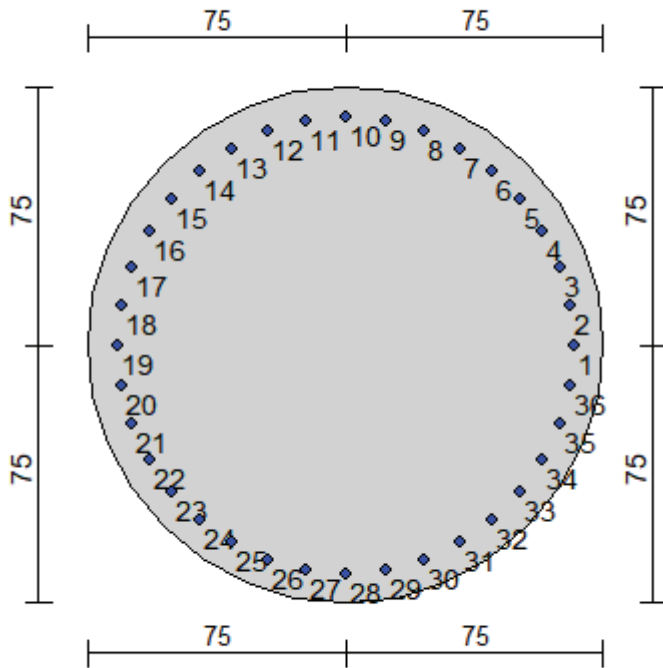
Fessure: $W_{kL} = 0.30$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
7	2411.0	0.0	3971.0	8409.2	0.75	0.10	0.35	Ok
8	2271.0	0.0	3619.0	7915.3	0.71	0.10	0.33	Ok

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	52

10.2 PALIFICATE PILE 01



Geometria della sezione:

Vertice	X	Y
n.	cm	cm
1	75.0	150.0
2	89.6	148.6
3	103.7	144.3
4	116.7	137.4
5	128.0	128.0
6	137.4	116.7
7	144.3	103.7
8	148.6	89.6
9	150.0	75.0
10	148.6	60.4
11	144.3	46.3
12	137.4	33.3
13	128.0	22.0
14	116.7	12.6
15	103.7	5.7
16	89.6	1.4
17	75.0	0.0
18	60.4	1.4
19	46.3	5.7
20	33.3	12.6
21	22.0	22.0
22	12.6	33.3
23	5.7	46.3
24	1.4	60.4
25	0.0	75.0
26	1.4	89.6
27	5.7	103.7

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	53

28	12.6	116.7
29	22.0	128.0
30	33.3	137.4
31	46.3	144.3
32	60.4	148.6

Armature:

Pos	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	sì / no
1	141.3	75.0	6.16	no
2	140.3	86.5	6.16	no
3	137.3	97.7	6.16	no
4	132.4	108.2	6.16	no
5	125.8	117.6	6.16	no
6	117.6	125.8	6.16	no
7	108.2	132.4	6.16	no
8	97.7	137.3	6.16	no
9	86.5	140.3	6.16	no
10	75.0	141.3	6.16	no
11	63.5	140.3	6.16	no
12	52.3	137.3	6.16	no
13	41.8	132.4	6.16	no
14	32.4	125.8	6.16	no
15	24.2	117.6	6.16	no
16	17.6	108.2	6.16	no
17	12.7	97.7	6.16	no
18	9.7	86.5	6.16	no
19	8.7	75.0	6.16	no
20	9.7	63.5	6.16	no
21	12.7	52.3	6.16	no
22	17.6	41.8	6.16	no
23	24.2	32.4	6.16	no
24	32.4	24.2	6.16	no
25	41.8	17.6	6.16	no
26	52.3	12.7	6.16	no
27	63.5	9.7	6.16	no
28	75.0	8.7	6.16	no
29	86.5	9.7	6.16	no
30	97.7	12.7	6.16	no
31	108.2	17.6	6.16	no
32	117.6	24.2	6.16	no
33	125.8	32.4	6.16	no
34	132.4	41.8	6.16	no
35	137.3	52.3	6.16	no
36	140.3	63.5	6.16	no

Normativa di riferimento:

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:

Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:

Calcestruzzo classe: C25/30

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 300.00 daN/cm²

fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249.00 daN/cm²

fcd = 141.10 daN/cm² ($\alpha_{cc} = 0.85$; $\gamma_c = 1.50$)

fctm (resistenza a trazione media) = 25.58 daN/cm²

G (modulo di elasticità tangenziale) = 140389 daN/cm²

E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314472 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.20

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	54

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C

f_{yk} (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm²

f_{yd} = 3913 daN/cm² ($\gamma_a = 1.15$)

f_{kt} (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm²

ϵ_{uk} (deformazione di rottura) = 0.075

G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cm²

E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012

Peso specifico = 7850 daN/mc

Intersezioni del dominio con gli assi N, Mx e My:

asse N - ($M_x = 0, M_y = 0$) $N_u = -8674.1$ kN
 asse N + ($M_x = 0, M_y = 0$) $N_u = 33448.3$ kN
 asse Mx + ($N = 0, M_y = 0$) $M_{xu} = 4850.9$ kN m
 asse Mx - ($N = 0, M_y = 0$) $M_{xu} = -4850.9$ kN m
 asse My + ($N = 0, M_x = 0$) $M_{yu} = 4850.9$ kN m
 asse My - ($N = 0, M_x = 0$) $M_{yu} = -4850.9$ kN m

Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla tipo verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla tipo verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla tipo verifica: N)

Verifiche SLU (verifica Ok per Sd/Su < 1)

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ϵ cls	ϵ acciaio	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	3607.0	4798.0	0.0	P	4792.3	6374.7	0.0	0.350	0.524	0.750	Ok
				M	22564.0	4798.8	0.0	0.350	0.043	0.160	Ok
				N	3607.0	6074.5	0.0	0.350	0.607	0.790	Ok
2	2960.0	1887.0	0.0	P	11055.2	7047.7	0.0	0.350	0.258	0.270	Ok
				M	29584.6	1885.5	0.0	0.309	0.069	0.100	Ok
				N	2960.0	5894.0	0.0	0.350	0.657	0.320	Ok

Risultati combinazioni maggiormente gravose:

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ϵ cls	ϵ acciaio	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	3607.0	4798.0	0.0	P	4792.3	6374.7	0.0	0.350	0.524	0.750	Ok
1	3607.0	4798.0	0.0	M	22564.0	4798.8	0.0	0.350	0.043	0.160	Ok
1	3607.0	4798.0	0.0	N	3607.0	6074.5	0.0	0.350	0.607	0.790	Ok

Verifiche taglio-torsione

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.4 (per verific. Vx)

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.4 (per verific. Vy)

Staffe = Ø 12 / 15.0, bracci: 2 dir. X, 2 dir. Y

Risultati delle verifiche:

Vx, Vy, T, N sollecitazioni (F = kN e M = kN m)

VRsdx, VRsdy, TRsd, resistenze acciaio

VRcdx, VRcdy, TRcd, resistenze cls

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	55

Verifiche cmb. SLU

Cmb	Vx	Vy	T	N	αc	Ctg θ	Verif Tot	Ver
	VRsdx	VRsdy	TRsd	Vx/VRsdx	Vy/VRsdy	T/TRsd	Verif acc	
	VRcdx	VRcdy	TRcd	Vx/VRcdx	Vy/VRcdy	T/TRcd	Verif cls	
1 SLU	1305.00	0.00	0.00	3607.00	1.146	2.50	0.7776	Ok
	1678.17	1678.17	1456.92	0.7776	0.0000	0.0000	0.7776	
	4280.09	4280.09	1793.33	0.3049	0.0000	0.0000	0.3049	
2 SLU	513.00	0.00	0.00	2960.00	1.119	2.50	0.3057	Ok
	1678.17	1678.17	1456.92	0.3057	0.0000	0.0000	0.3057	
	4182.52	4182.52	1793.33	0.1227	0.0000	0.0000	0.1227	

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (+) = compressione, (-) = trazione):

CLS: $\sigma_{cL} = 14940.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Acciaio: $\sigma_{aL} = 360000.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	σ_a	σ_a/σ_{aL}	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq		
3	813.0	0.0	3911.0	3787.9	0.25	53486.0	0.01	Ok
4	204.0	0.0	3412.0	2114.4	0.14	30879.7	0.05	Ok

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure: $W_{kL} = 0.40$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	mm		
5	813.0	0.0	3911.0	0.00	0.00	Ok
6	204.0	0.0	3412.0	0.00	0.00	Ok

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS: $\sigma_{cL} = 11205.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

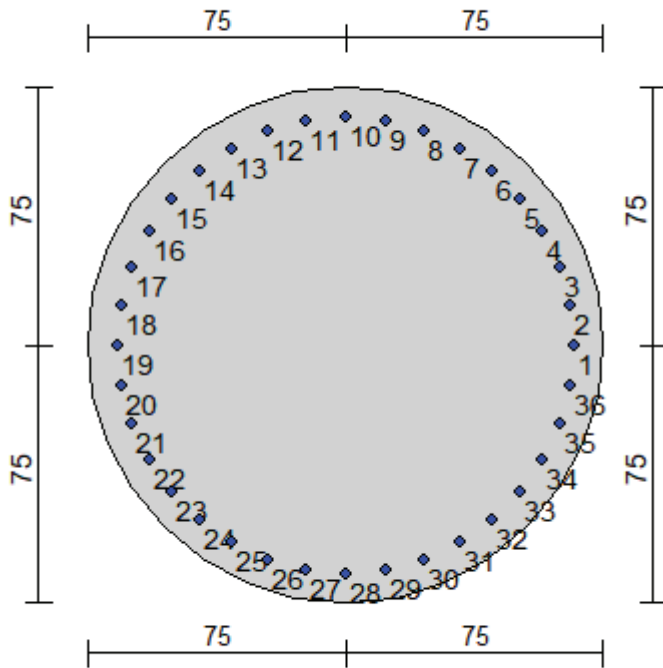
Fessure: $W_{kL} = 0.30$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
7	813.0	0.0	3911.0	3787.9	0.34	0.00	0.00	Ok
8	204.0	0.0	3412.0	2114.4	0.19	0.00	0.00	Ok

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	56

10.3 PALIFICATE PILE 02÷07 E PILE 09÷10



Geometria della sezione:

Vertice	X	Y
n.	cm	cm
1	75.0	150.0
2	89.6	148.6
3	103.7	144.3
4	116.7	137.4
5	128.0	128.0
6	137.4	116.7
7	144.3	103.7
8	148.6	89.6
9	150.0	75.0
10	148.6	60.4
11	144.3	46.3
12	137.4	33.3
13	128.0	22.0
14	116.7	12.6
15	103.7	5.7
16	89.6	1.4
17	75.0	0.0
18	60.4	1.4
19	46.3	5.7
20	33.3	12.6
21	22.0	22.0
22	12.6	33.3
23	5.7	46.3
24	1.4	60.4
25	0.0	75.0
26	1.4	89.6
27	5.7	103.7

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	57

28	12.6	116.7
29	22.0	128.0
30	33.3	137.4
31	46.3	144.3
32	60.4	148.6

Armature:

Pos	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	sì / no
1	141.3	75.0	7.07	no
2	140.3	86.5	7.07	no
3	137.3	97.7	7.07	no
4	132.4	108.2	7.07	no
5	125.8	117.6	7.07	no
6	117.6	125.8	7.07	no
7	108.2	132.4	7.07	no
8	97.7	137.3	7.07	no
9	86.5	140.3	7.07	no
10	75.0	141.3	7.07	no
11	63.5	140.3	7.07	no
12	52.3	137.3	7.07	no
13	41.8	132.4	7.07	no
14	32.4	125.8	7.07	no
15	24.2	117.6	7.07	no
16	17.6	108.2	7.07	no
17	12.7	97.7	7.07	no
18	9.7	86.5	7.07	no
19	8.7	75.0	7.07	no
20	9.7	63.5	7.07	no
21	12.7	52.3	7.07	no
22	17.6	41.8	7.07	no
23	24.2	32.4	7.07	no
24	32.4	24.2	7.07	no
25	41.8	17.6	7.07	no
26	52.3	12.7	7.07	no
27	63.5	9.7	7.07	no
28	75.0	8.7	7.07	no
29	86.5	9.7	7.07	no
30	97.7	12.7	7.07	no
31	108.2	17.6	7.07	no
32	117.6	24.2	7.07	no
33	125.8	32.4	7.07	no
34	132.4	41.8	7.07	no
35	137.3	52.3	7.07	no
36	140.3	63.5	7.07	no

Normativa di riferimento:

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:

Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:

Calcestruzzo classe: C25/30

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 300.00 daN/cm²

fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249.00 daN/cm²

fcd = 141.10 daN/cm² ($\alpha_{cc} = 0.85$; $\gamma_c = 1.50$)

fctm (resistenza a trazione media) = 25.58 daN/cm²

G (modulo di elasticità tangenziale) = 140389 daN/cm²

E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314472 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.20

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	58

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C

f_{yk} (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm²

f_{yd} = 3913 daN/cm² ($\gamma_a = 1.15$)

f_{kt} (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm²

ϵ_{uk} (deformazione di rottura) = 0.075

G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cm²

E (modulo elastico) = 200000 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012

Peso specifico = 7850 daN/mc

Intersezioni del dominio con gli assi N, Mx e My:

asse N - ($M_x = 0, M_y = 0$)	$N_u = -9957.5$ kN
asse N + ($M_x = 0, M_y = 0$)	$N_u = 34731.7$ kN
asse Mx + ($N = 0, M_y = 0$)	$M_{xu} = 5484.4$ kN m
asse Mx - ($N = 0, M_y = 0$)	$M_{xu} = -5484.4$ kN m
asse My + ($N = 0, M_x = 0$)	$M_{yu} = 5484.4$ kN m
asse My - ($N = 0, M_x = 0$)	$M_{yu} = -5484.4$ kN m

Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per M_{xu}, M_{yu} e N_u proporzionali (sigla tipo verifica: P)

Verifica con rapporto M_{xu}, M_{yu} assegnato (sigla tipo verifica: M)

Verifica con N_u costante (sigla tipo verifica: N)

Verifiche SLU (verifica Ok per $S_d/S_u < 1$)

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ϵ_{cls}	$\epsilon_{acciaio}$	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	3294.0	4617.0	0.0	P	4961.6	6954.4	0.0	0.350	0.501	0.660	Ok
				M	24608.6	4617.7	0.0	0.350	0.024	0.130	Ok
				N	3294.0	6557.2	0.0	0.350	0.607	0.700	Ok
2	2694.0	1803.0	0.0	P	11259.3	7535.5	0.0	0.350	0.255	0.240	Ok
				M	31052.3	1801.6	0.0	0.301	0.079	0.090	Ok
				N	2694.0	6392.4	0.0	0.350	0.651	0.280	Ok

Risultati combinazioni maggiormente gravose:

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ϵ_{cls}	$\epsilon_{acciaio}$	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	3294.0	4617.0	0.0	P	4961.6	6954.4	0.0	0.350	0.501	0.660	Ok
1	3294.0	4617.0	0.0	M	24608.6	4617.7	0.0	0.350	0.024	0.130	Ok
1	3294.0	4617.0	0.0	N	3294.0	6557.2	0.0	0.350	0.607	0.700	Ok

Verifiche taglio-torsione

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.3 (per verific. Vx)

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.3 (per verific. Vy)

Staffe = \emptyset 12 / 15.0, bracci: 2 dir. X, 2 dir. Y

Risultati delle verifiche:

Vx, Vy, T, N sollecitazioni (F = kN e M = kN m)

VRsdx, VRsdy, TRsd, resistenze acciaio

VRcdx, VRcdy, TRcd, resistenze cls

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	59

Verifiche cmb. SLU

Cmb	Vx	Vy	T	N	αc	Ctg θ	Verif Tot	Ver
	VRsd _x	VRsd _y	TRsd	Vx/VRsd _x	Vy/VRsd _y	T/TRsd	Verif acc	
	VRcd _x	VRcd _y	TRcd	Vx/VRcd _x	Vy/VRcd _y	T/TRcd	Verif cls	
1 SLU	1246.00	0.00	0.00	3294.00	1.133	2.50	0.7431	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.7431	0.0000	0.0000	0.7431	
	4229.54	4229.54	1793.33	0.2946	0.0000	0.0000	0.2946	
2 SLU	487.00	0.00	0.00	2694.00	1.109	2.50	0.2904	Ok
	1676.84	1676.84	1456.92	0.2904	0.0000	0.0000	0.2904	
	4139.13	4139.13	1793.33	0.1177	0.0000	0.0000	0.1177	

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (+) = compressione, (-) = trazione):

CLS: $\sigma_{cL} = 14940.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Acciaio: $\sigma_{aL} = 360000.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	σ_a	σ_a/σ_{aL}	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq		
3	819.0	0.0	3609.0	3556.7	0.24	50098.0	0.00	Ok
4	206.0	0.0	3110.0	1924.3	0.13	28047.5	0.04	Ok

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure: $W_{kL} = 0.40$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/W _{kL}	Ver
n.	kN m	kN m	kN	mm		
5	819.0	0.0	3609.0	0.00	0.00	Ok
6	206.0	0.0	3110.0	0.00	0.00	Ok

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS: $\sigma_{cL} = 11205.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

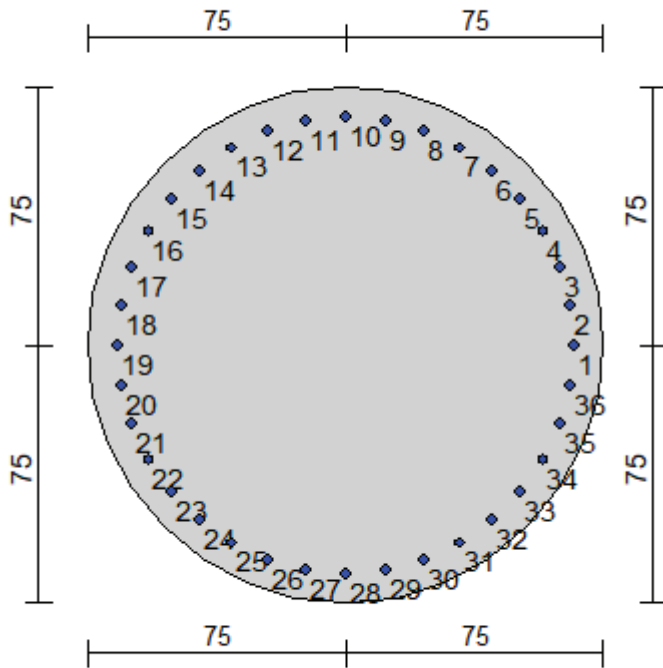
Fessure: $W_{kL} = 0.30$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/W _{kL}	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
7	819.0	0.0	3609.0	3556.7	0.32	0.00	0.00	Ok
8	206.0	0.0	3110.0	1924.3	0.17	0.00	0.00	Ok

Relazione di calcolo Pali di
fondazione

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	60

10.4 PALIFICATE PILA 08 E PILA 11



Geometria della sezione:

Vertice	X	Y
n.	cm	cm
1	75.0	150.0
2	89.6	148.6
3	103.7	144.3
4	116.7	137.4
5	128.0	128.0
6	137.4	116.7
7	144.3	103.7
8	148.6	89.6
9	150.0	75.0
10	148.6	60.4
11	144.3	46.3
12	137.4	33.3
13	128.0	22.0
14	116.7	12.6
15	103.7	5.7
16	89.6	1.4
17	75.0	0.0
18	60.4	1.4
19	46.3	5.7
20	33.3	12.6
21	22.0	22.0
22	12.6	33.3
23	5.7	46.3
24	1.4	60.4
25	0.0	75.0
26	1.4	89.6
27	5.7	103.7

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	61

28	12.6	116.7
29	22.0	128.0
30	33.3	137.4
31	46.3	144.3
32	60.4	148.6

Armature:

Pos	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	sì / no
1	141.4	75.0	6.16	no
2	140.4	86.5	6.16	no
3	137.4	97.7	6.16	no
4	132.5	108.2	6.16	no
5	125.9	117.7	6.16	no
6	117.7	125.9	6.16	no
7	108.2	132.5	6.16	no
8	97.7	137.4	6.16	no
9	86.5	140.4	6.16	no
10	75.0	141.4	6.16	no
11	63.5	140.4	6.16	no
12	52.3	137.4	6.16	no
13	41.8	132.5	6.16	no
14	32.3	125.9	6.16	no
15	24.1	117.7	6.16	no
16	17.5	108.2	6.16	no
17	12.6	97.7	6.16	no
18	9.6	86.5	6.16	no
19	8.6	75.0	6.16	no
20	9.6	63.5	6.16	no
21	12.6	52.3	6.16	no
22	17.5	41.8	6.16	no
23	24.1	32.3	6.16	no
24	32.3	24.1	6.16	no
25	41.8	17.5	6.16	no
26	52.3	12.6	6.16	no
27	63.5	9.6	6.16	no
28	75.0	8.6	6.16	no
29	86.5	9.6	6.16	no
30	97.7	12.6	6.16	no
31	108.2	17.5	6.16	no
32	117.7	24.1	6.16	no
33	125.9	32.3	6.16	no
34	132.5	41.8	6.16	no
35	137.4	52.3	6.16	no
36	140.4	63.5	6.16	no

Normativa di riferimento:

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:

Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:

Calcestruzzo classe: C25/30

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 300.00 daN/cm²

fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249.00 daN/cm²

fcd = 141.10 daN/cm² ($\alpha_{cc} = 0.85$; $\gamma_c = 1.50$)

fctm (resistenza a trazione media) = 25.58 daN/cm²

G (modulo di elasticità tangenziale) = 140389 daN/cm²

E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314472 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.20

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	62

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C

f_{yk} (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm²

f_{yd} = 3913 daN/cm² ($\gamma_a = 1.15$)

f_{kt} (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm²

ϵ_{uk} (deformazione di rottura) = 0.075

G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cm²

E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012

Peso specifico = 7850 daN/mc

Intersezioni del dominio con gli assi N, Mx e My:

asse N - ($M_x = 0, M_y = 0$) $N_u = -8674.1$ kN
 asse N + ($M_x = 0, M_y = 0$) $N_u = 33448.3$ kN
 asse Mx + ($N = 0, M_y = 0$) $M_{xu} = 4855.5$ kN m
 asse Mx - ($N = 0, M_y = 0$) $M_{xu} = -4855.5$ kN m
 asse My + ($N = 0, M_x = 0$) $M_{yu} = 4855.5$ kN m
 asse My - ($N = 0, M_x = 0$) $M_{yu} = -4855.5$ kN m

Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla tipo verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla tipo verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla tipo verifica: N)

Verifiche SLU (verifica Ok per Sd/Su < 1)

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ϵ cls	ϵ acciaio	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	3570.0	4607.0	0.0	P	4973.6	6418.3	0.0	0.350	0.514	0.720	Ok
				M	23155.1	4608.3	0.0	0.350	0.034	0.150	Ok
				N	3570.0	6069.8	0.0	0.350	0.610	0.760	Ok
2	2927.0	1828.0	0.0	P	11284.0	7047.2	0.0	0.350	0.252	0.260	Ok
				M	29709.8	1826.6	0.0	0.307	0.072	0.100	Ok
				N	2927.0	5889.9	0.0	0.350	0.661	0.310	Ok

Risultati combinazioni maggiormente gravose:

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ϵ cls	ϵ acciaio	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	3570.0	4607.0	0.0	P	4973.6	6418.3	0.0	0.350	0.514	0.720	Ok
1	3570.0	4607.0	0.0	M	23155.1	4608.3	0.0	0.350	0.034	0.150	Ok
1	3570.0	4607.0	0.0	N	3570.0	6069.8	0.0	0.350	0.610	0.760	Ok

Verifiche taglio-torsione

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.4 (per verific. Vx)

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.4 (per verific. Vy)

Staffe = \emptyset 12 / 15.0, bracci: 2 dir. X, 2 dir. Y

Risultati delle verifiche:

Vx, Vy, T, N sollecitazioni (F = kN e M = kN m)

VRsd_x, VRsd_y, TRsd, resistenze acciaio

VRcd_x, VRcd_y, TRcd, resistenze cls

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	63

Verifiche cmb. SLU

Cmb	Vx	Vy	T	N	αc	Ctg θ	Verif Tot	Ver
	VRsdx	VRsdy	TRsd	Vx/VRsdx	Vy/VRsdy	T/TRsd	Verif acc	
	VRcdx	VRcdy	TRcd	Vx/VRcdx	Vy/VRcdy	T/TRcd	Verif cls	
1 SLU	1244.00	0.00	0.00	3570.00	1.144	2.50	0.7413	Ok
	1678.17	1678.17	1456.92	0.7413	0.0000	0.0000	0.7413	
	4274.51	4274.51	1793.33	0.2910	0.0000	0.0000	0.2910	
2 SLU	494.00	0.00	0.00	2927.00	1.118	2.50	0.2944	Ok
	1678.17	1678.17	1456.92	0.2944	0.0000	0.0000	0.2944	
	4177.55	4177.55	1793.33	0.1183	0.0000	0.0000	0.1183	

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (+) = compressione, (-) = trazione):

CLS: $\sigma_{cL} = 14940.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Acciaio: $\sigma_{aL} = 360000.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	σ_a	σ_a/σ_{aL}	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq		
3	819.0	0.0	3875.0	3783.6	0.25	53437.9	0.01	Ok
4	206.0	0.0	3376.0	2101.5	0.14	30688.8	0.05	Ok

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure: $W_{kL} = 0.40$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	mm		
5	819.0	0.0	3875.0	0.00	0.00	Ok
6	206.0	0.0	3376.0	0.00	0.00	Ok

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS: $\sigma_{cL} = 11205.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

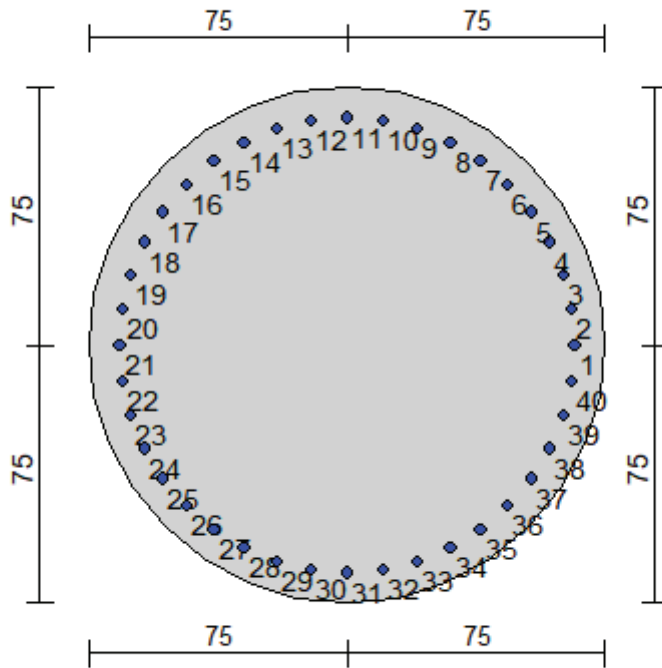
Fessure: $W_{kL} = 0.30$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
7	819.0	0.0	3875.0	3783.6	0.34	0.00	0.00	Ok
8	206.0	0.0	3376.0	2101.5	0.19	0.00	0.00	Ok

**Relazione di calcolo Pali di
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	64

10.5 PALIFICATE SPALLA 02



Geometria della sezione:

Vertice	X	Y
n.	cm	cm
1	75.0	150.0
2	89.6	148.6
3	103.7	144.3
4	116.7	137.4
5	128.0	128.0
6	137.4	116.7
7	144.3	103.7
8	148.6	89.6
9	150.0	75.0
10	148.6	60.4
11	144.3	46.3
12	137.4	33.3
13	128.0	22.0
14	116.7	12.6
15	103.7	5.7
16	89.6	1.4
17	75.0	0.0
18	60.4	1.4
19	46.3	5.7
20	33.3	12.6
21	22.0	22.0
22	12.6	33.3
23	5.7	46.3
24	1.4	60.4
25	0.0	75.0
26	1.4	89.6
27	5.7	103.7

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	65

28	12.6	116.7
29	22.0	128.0
30	33.3	137.4
31	46.3	144.3
32	60.4	148.6

Armature:

Pos	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	sì / no
1	141.2	75.0	8.04	no
2	140.4	85.4	8.04	no
3	138.0	95.5	8.04	no
4	134.0	105.1	8.04	no
5	128.6	113.9	8.04	no
6	121.8	121.8	8.04	no
7	113.9	128.6	8.04	no
8	105.1	134.0	8.04	no
9	95.5	138.0	8.04	no
10	85.4	140.4	8.04	no
11	75.0	141.2	8.04	no
12	64.6	140.4	8.04	no
13	54.5	138.0	8.04	no
14	44.9	134.0	8.04	no
15	36.1	128.6	8.04	no
16	28.2	121.8	8.04	no
17	21.4	113.9	8.04	no
18	16.0	105.1	8.04	no
19	12.0	95.5	8.04	no
20	9.6	85.4	8.04	no
21	8.8	75.0	8.04	no
22	9.6	64.6	8.04	no
23	12.0	54.5	8.04	no
24	16.0	44.9	8.04	no
25	21.4	36.1	8.04	no
26	28.2	28.2	8.04	no
27	36.1	21.4	8.04	no
28	44.9	16.0	8.04	no
29	54.5	12.0	8.04	no
30	64.6	9.6	8.04	no
31	75.0	8.8	8.04	no
32	85.4	9.6	8.04	no
33	95.5	12.0	8.04	no
34	105.1	16.0	8.04	no
35	113.9	21.4	8.04	no
36	121.8	28.2	8.04	no
37	128.6	36.1	8.04	no
38	134.0	44.9	8.04	no
39	138.0	54.5	8.04	no
40	140.4	64.6	8.04	no

Normativa di riferimento:

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:

Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:

Calcestruzzo classe: C25/30

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 300.00 daN/cm²

fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249.00 daN/cm²

fcd = 141.10 daN/cm² ($\alpha_{cc} = 0.85$; $\gamma_c = 1.50$)

fctm (resistenza a trazione media) = 25.58 daN/cm²

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	66

G (modulo di elasticità tangenziale) = 140389 daN/cm²
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314472 daN/cm²
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.20
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm²
 fyd = 3913 daN/cm² ($\gamma_a = 1.15$)
 fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm²
 ϵ_{uk} (deformazione di rottura) = 0.075
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cm²
 E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm²
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Intersezioni del dominio con gli assi N, Mx e My:

asse N - (Mx = 0, My = 0) Nu = -12588.2 kN
 asse N + (Mx = 0, My = 0) Nu = 37362.5 kN
 asse Mx + (N = 0, My = 0) Mxu = 6734.3 kN m
 asse Mx - (N = 0, My = 0) Mxu = -6734.3 kN m
 asse My + (N = 0, Mx = 0) Myu = 6734.3 kN m
 asse My - (N = 0, Mx = 0) Myu = -6734.3 kN m

Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:
 Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla tipo verifica: P)
 Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla tipo verifica: M)
 Verifica con Nu costante (sigla tipo verifica: N)

Verifiche SLU (verifica Ok per Sd/Su < 1)

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ϵ_{cls}	$\epsilon_{acciaio}$	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	3614.0	6607.0	0.0	P	4338.3	7931.2	0.0	0.350	0.509	0.830	Ok
				M	21439.9	6608.3	0.0	0.350	0.086	0.170	Ok
				N	3614.0	7780.6	0.0	0.350	0.547	0.850	Ok
2	2941.0	3419.0	0.0	P	7218.9	8392.2	0.0	0.350	0.382	0.410	Ok
				M	30357.5	3417.3	0.0	0.343	0.029	0.100	Ok
				N	2941.0	7614.4	0.0	0.350	0.588	0.450	Ok

Risultati combinazioni maggiormente gravose:

Cmb	N	Mx	My	t.v.	Nu	Mxu	Myu	ϵ_{cls}	$\epsilon_{acciaio}$	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	3614.0	6607.0	0.0	P	4338.3	7931.2	0.0	0.350	0.509	0.830	Ok
1	3614.0	6607.0	0.0	M	21439.9	6608.3	0.0	0.350	0.086	0.170	Ok
1	3614.0	6607.0	0.0	N	3614.0	7780.6	0.0	0.350	0.547	0.850	Ok

Verifiche taglio-torsione

Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.2 (per verif. Vx)
 Base Bw = 135.0, altezza H = 135.0, altezza d = 126.2 (per verif. Vy)
 Staffe = \emptyset 12 / 10.0, bracci: 2 dir. X, 2 dir. Y

Risultati delle verifiche:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	67

Vx, Vy, T, N sollecitazioni (F = kN e M = kN m)
 VRsdx, VRsdy, TRsd, resistenze acciaio
 VRcdx, VRcdy, TRcd, resistenze cls

Verifiche cmb. SLU

Cmb	Vx	Vy	T	N	αc	Ctg θ	Verif Tot	Ver
	VRsdx	VRsdy	TRsd	Vx/VRsdx	Vy/VRsdy	T/TRsd	Verif acc	
	VRcdx	VRcdy	TRcd	Vx/VRcdx	Vy/VRcdy	T/TRcd	Verif cls	
1 SLU	1810.00	0.00	0.00	3614.00	1.146	2.50	0.7202	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.7202	0.0000	0.0000	0.7202	
	4274.38	4274.38	1793.33	0.4235	0.0000	0.0000	0.4235	
2 SLU	937.00	0.00	0.00	2941.00	1.119	2.50	0.3728	Ok
	2513.27	2513.27	2185.38	0.3728	0.0000	0.0000	0.3728	
	4173.04	4173.04	1793.33	0.2245	0.0000	0.0000	0.2245	

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (+) = compressione, (-) = trazione):

CLS: $\sigma_{cL} = 14940.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Acciaio: $\sigma_{aL} = 360000.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	σ_a	σ_a/σ_{aL}	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq		
3	2720.0	0.0	3619.0	8956.7	0.60	119097.1	0.31	Ok
4	2082.0	0.0	3442.0	6913.7	0.46	92982.3	0.19	Ok

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure: $W_{kL} = 0.40$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	mm		
5	2720.0	0.0	3619.0	0.15	0.37	Ok
6	2082.0	0.0	3442.0	0.07	0.18	Ok

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS: $\sigma_{cL} = 11205.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Fessure: $W_{kL} = 0.30$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
7	2720.0	0.0	3619.0	8956.7	0.80	0.15	0.50	Ok
8	2082.0	0.0	3442.0	6913.7	0.62	0.07	0.25	Ok

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	68

10.6 TABELLA RIEPILOGATIVA ARMATURA PALI

Pila	Lunghezza pali proposta	Arm. Long. Verifiche Strutturali	Arm. Taglio Verifiche Strutturali
01	35m	36Φ28	Φ12/15cm
02÷07_09÷10	35m	36Φ30	Φ12/15cm
08 e 11	34m	36Φ28	Φ12/15cm
Spalla 1	37m	40Ø30	Φ12/10cm
Spalla 2	41m	40Ø32	Φ12/10cm

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	69

11. CURVE DI CAPACITÀ

11.1 STRATIGRAFIA 1

11.1.1 Stratigrafia 1, $b = 2.5$ m, Scalzamento = 0

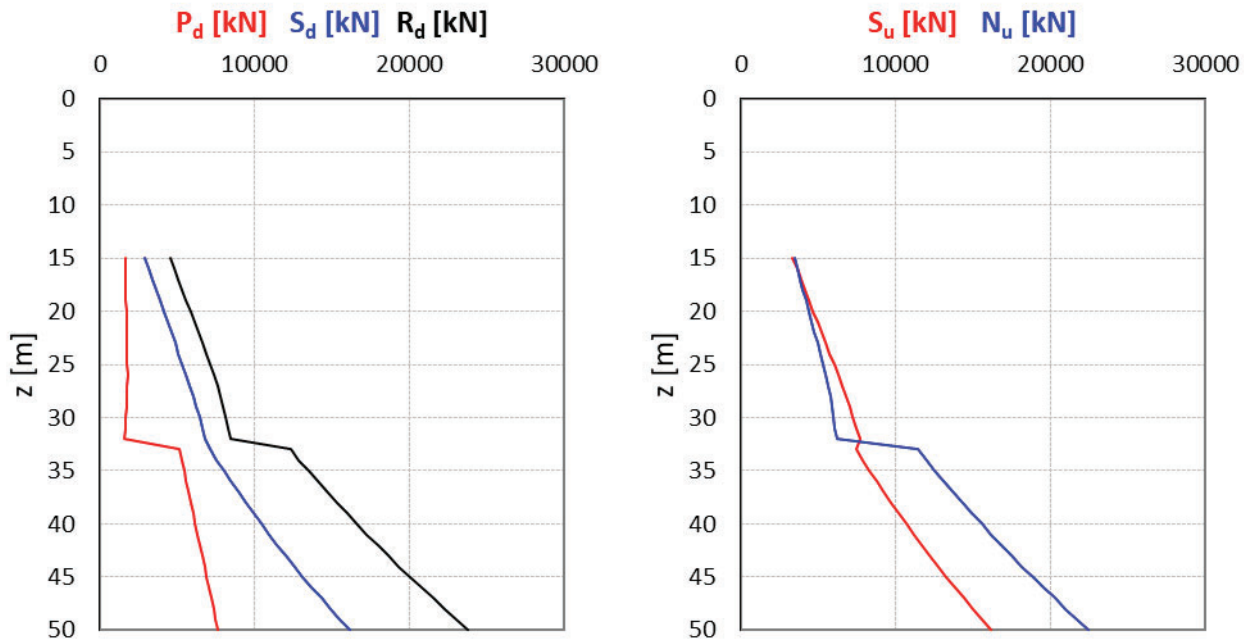


Tabella 1. Stratigrafia 1, $b = 2,5$ m, scalzamento = 0;

L [m]	Q_L [kN]	Q_b [kN]	P [kN]	S_d [kN]	R_d [kN]	P_d [kN]	S_u [kN]	N_u [kN]
15	5732	3779	663	2932	4579	1647	3360	3458
16	6204	3814	707	3173	4835	1662	3626	3645
17	6675	3848	751	3414	5091	1677	3892	3831
18	7146	3883	795	3655	5347	1692	4158	4017
19	7617	3917	839	3896	5603	1707	4424	4204
20	8089	3952	884	4137	5859	1722	4690	4390
21	8560	3986	928	4378	6115	1737	4956	4576
22	9031	4021	972	4619	6371	1752	5222	4762
23	9502	4055	1016	4861	6627	1767	5488	4949
24	9974	4090	1060	5102	6884	1782	5754	5135
25	10445	4124	1104	5343	7140	1797	6020	5321
26	10916	4159	1149	5584	7396	1812	6286	5507
27	11387	4087	1193	5825	7606	1781	6552	5652
28	11817	4015	1237	6045	7794	1750	6798	5778
29	12206	3944	1281	6244	7962	1718	7025	5885
30	12595	3872	1325	6442	8130	1687	7252	5991
31	12984	3801	1370	6641	8297	1656	7479	6098
32	13372	3729	1414	6840	8465	1625	7707	6205
33	13980	11831	875	7151	12306	5155	7453	11431
34	14824	12167	901	7582	12884	5301	7877	11983
35	15691	12503	928	8026	13474	5448	8312	12546
36	16582	12838	954	8482	14076	5594	8758	13122

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	70

37	17497	13174	981	8950	14690	5740	9215	13710
38	18436	13510	1007	9430	15317	5887	9683	14309
39	19397	13846	1034	9922	15955	6033	10162	14921
40	20383	14181	1060	10426	16605	6179	10652	15545
41	21392	14517	1087	10942	17268	6326	11154	16181
42	22425	14853	1113	11471	17942	6472	11666	16829
43	23482	15189	1140	12011	18629	6618	12190	17489
44	24562	15524	1166	12563	19328	6764	12725	18162
45	25665	15860	1193	13128	20039	6911	13271	18846
46	26793	16196	1219	13705	20762	7057	13828	19542
47	27943	16532	1246	14293	21497	7203	14396	20251
48	29118	16867	1272	14894	22244	7350	14975	20971
49	30316	17203	1299	15507	23003	7496	15565	21704
50	31538	17539	1325	16132	23774	7642	16167	22449

Note:

b = profondità del piano di posa del plinto di collegamento dei pali

Per il carico limite alla punta nel tratto in cui il palo attraversa la formazione SSR [$\varphi = 37^\circ$] è stato assunto $N^*_q = 20$ [Raccomandazioni AGI 1984].

11.1.2 Stratigrafia 1, $b = 2.0$ m, Scalzamento = 0

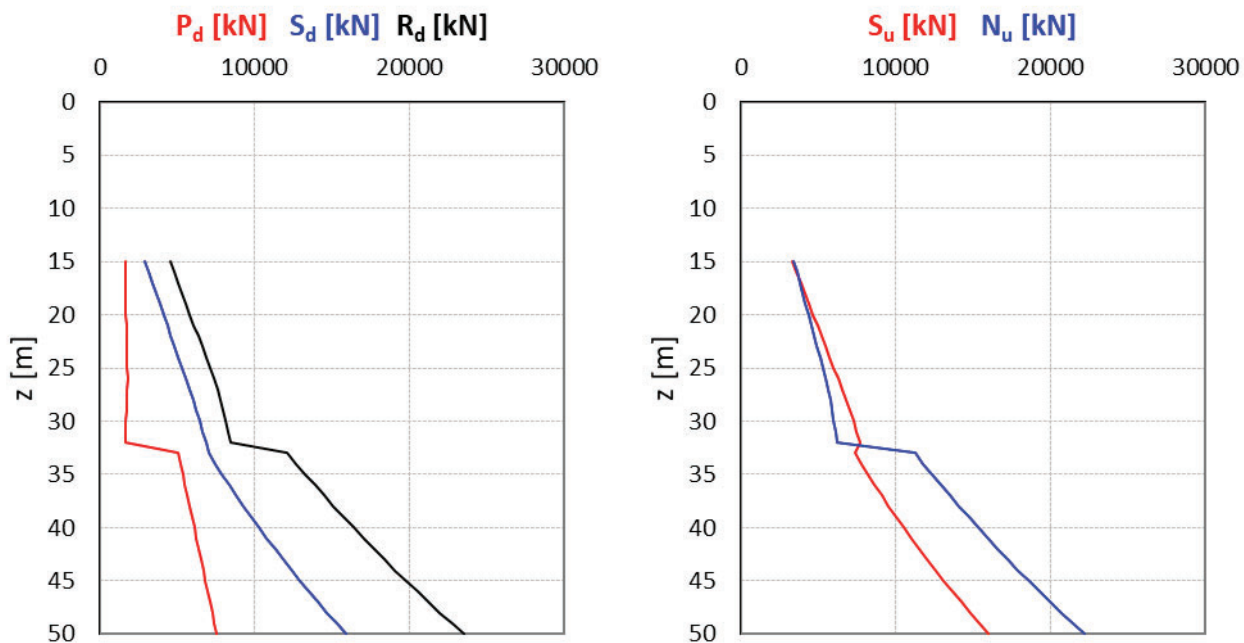


Tabella 2. Stratigrafia 1, $b = 2$ m, scalzamento = 0

L [m]	Q_L [kN]	Q_b [kN]	P [kN]	S_d [kN]	R_d [kN]	P_d [kN]	S_u [kN]	N_u [kN]
15	5713	3762	663	2922	4562	1639	3351	3443
16	6184	3797	707	3163	4818	1654	3617	3629
17	6656	3831	751	3404	5074	1669	3883	3815
18	7127	3866	795	3646	5330	1684	4149	4002
19	7598	3900	839	3887	5586	1699	4415	4188

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	71

20	8069	3935	884	4128	5842	1714	4681	4374
21	8541	3969	928	4369	6098	1729	4947	4561
22	9012	4003	972	4610	6354	1744	5213	4747
23	9483	4038	1016	4851	6610	1759	5479	4933
24	9954	4072	1060	5092	6866	1774	5745	5119
25	10426	4107	1104	5333	7122	1789	6011	5306
26	10897	4141	1149	5574	7378	1804	6277	5492
27	11368	4123	1193	5815	7611	1796	6543	5657
28	11839	4051	1237	6056	7821	1765	6808	5802
29	12228	3980	1281	6255	7989	1734	7036	5909
30	12617	3908	1325	6454	8157	1703	7263	6016
31	13006	3836	1370	6653	8324	1672	7490	6122
32	13394	3765	1414	6851	8492	1640	7717	6229
33	13783	11663	875	7050	12132	5082	7361	11257
34	14615	11999	901	7476	12704	5228	7779	11803
35	15471	12335	928	7914	13288	5375	8208	12360
36	16350	12670	954	8363	13884	5521	8649	12930
37	17253	13006	981	8825	14492	5667	9100	13512
38	18180	13342	1007	9299	15113	5813	9563	14105
39	19130	13678	1034	9785	15745	5960	10036	14711
40	20104	14013	1060	10283	16389	6106	10521	15329
41	21101	14349	1087	10793	17046	6252	11017	15959
42	22122	14685	1113	11316	17714	6399	11524	16601
43	23167	15021	1140	11850	18395	6545	12042	17255
44	24235	15356	1166	12396	19088	6691	12571	17921
45	25327	15692	1193	12955	19793	6838	13111	18600
46	26442	16028	1219	13526	20509	6984	13663	19290
47	27582	16364	1246	14108	21238	7130	14225	19993
48	28744	16700	1272	14703	21979	7276	14799	20707
49	29931	17035	1299	15310	22733	7423	15384	21434
50	31140	17371	1325	15929	23498	7569	15980	22172

Note:

b = profondità del piano di posa del plinto di collegamento dei pali

Per il carico limite alla punta nel tratto in cui il palo attraversa la formazione SSR [$\varphi = 37^\circ$] è stato assunto $N^*_q = 20$ [Raccomandazioni AGI 1984].

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo Pali di fondazione	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 05 03			PROGR 005

11.2 STRATIGRAFIA 2

11.2.1 Stratigrafia 2, b = 2.5 m, Scalzamento = 0

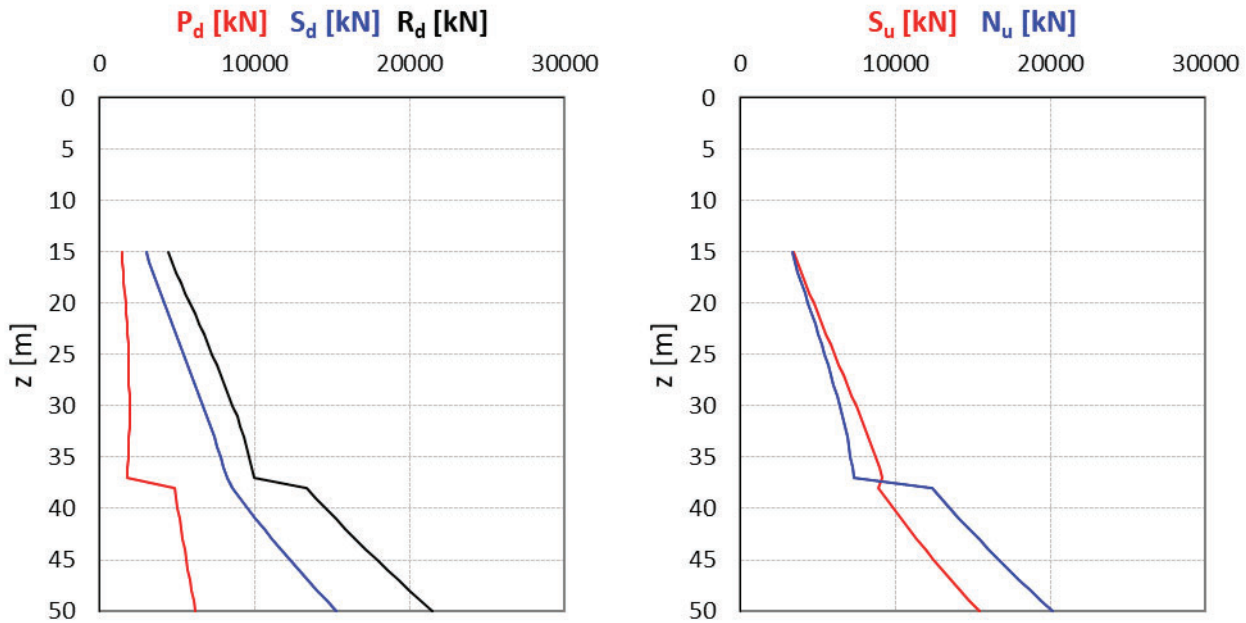


Tabella 3. Stratigrafia 2, b = 2,5 m, scalzamento = 0

L [m]	Q _L [kN]	Q _b [kN]	P [kN]	S _d [kN]	R _d [kN]	P _d [kN]	S _u [kN]	N _u [kN]
15	5720	3243	663	3015	4470	1456	3436	3361
16	6136	3278	707	3234	4705	1472	3682	3528
17	6552	3388	751	3453	4974	1521	3928	3725
18	6996	3497	795	3687	5257	1570	4187	3936
19	7467	3607	839	3935	5554	1619	4460	4160
20	7938	3716	884	4184	5852	1668	4732	4383
21	8410	3826	928	4432	6149	1718	5005	4607
22	8881	3935	972	4680	6447	1767	5278	4830
23	9352	4045	1016	4929	6745	1816	5550	5054
24	9823	4117	1060	5177	7025	1848	5823	5263
25	10295	4153	1104	5425	7290	1864	6096	5456
26	10766	4188	1149	5674	7554	1880	6368	5650
27	11237	4223	1193	5922	7818	1896	6641	5843
28	11708	4259	1237	6170	8082	1912	6914	6037
29	12179	4294	1281	6419	8346	1928	7186	6231
30	12651	4330	1325	6667	8611	1944	7459	6424
31	13122	4365	1370	6915	8875	1960	7732	6618
32	13593	4294	1414	7164	9092	1928	8004	6769
33	14023	4223	1458	7390	9286	1896	8257	6900
34	14412	4153	1502	7595	9460	1864	8490	7012
35	14801	4082	1546	7800	9633	1833	8722	7123
36	15189	4011	1590	8005	9806	1801	8955	7235
37	15578	3941	1635	8210	9979	1769	9188	7347
38	16237	10729	1007	8557	13374	4817	8880	12366
39	17183	10981	1034	9056	13985	4930	9365	12951

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	73

40	18151	11232	1060	9566	14608	5043	9861	13548
41	19141	11484	1087	10087	15243	5156	10367	14156
42	20152	11736	1113	10620	15889	5269	10884	14776
43	21186	11988	1140	11165	16547	5382	11412	15407
44	22242	12240	1166	11722	17216	5495	11950	16050
45	23319	12492	1193	12289	17897	5608	12499	16704
46	24419	12743	1219	12869	18590	5721	13059	17370
47	25540	12995	1246	13460	19294	5834	13629	18048
48	26683	13247	1272	14062	20009	5947	14210	18737
49	27848	13499	1299	14676	20736	6060	14801	19438
50	29036	13751	1325	15302	21475	6173	15403	20150

Note:

b = profondità del piano di posa del plinto di collegamento dei pali

Per il carico limite alla punta nel tratto in cui il palo attraversa la formazione SSR [$\varphi = 35^\circ$] è stato assunto $N^*_q = 15$ [Raccomandazioni AGI 1984].

11.2.2 Stratigrafia 2, $b = 2.0$ m, Scalzamento = 0

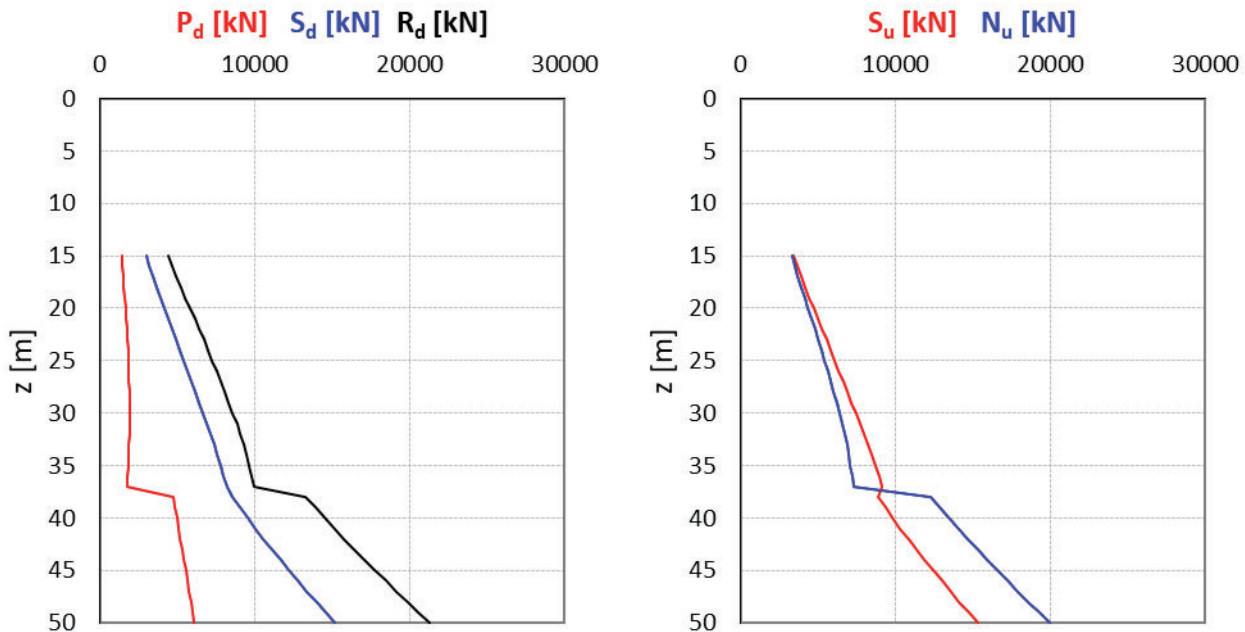


Tabella 4. Stratigrafia 2, $b = 2$ m, scalzamento = 0

L [m]	Q_L [kN]	Q_b [kN]	P [kN]	S_d [kN]	R_d [kN]	P_d [kN]	S_u [kN]	N_u [kN]
15	5704	3225	663	3006	4454	1448	3428	3346
16	6120	3260	707	3225	4689	1464	3674	3513
17	6536	3370	751	3445	4957	1513	3920	3711
18	6980	3480	795	3678	5240	1562	4179	3921
19	7451	3589	839	3927	5538	1611	4452	4145
20	7922	3699	884	4175	5836	1660	4725	4368
21	8393	3808	928	4423	6133	1710	4997	4592
22	8865	3918	972	4672	6431	1759	5270	4816

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione di calcolo Pali di fondazione				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	05	03	005	C	74

23	9336	4027	1016	4920	6728	1808	5543	5039
24	9807	4100	1060	5168	7009	1841	5815	5248
25	10278	4135	1104	5417	7273	1856	6088	5441
26	10750	4170	1149	5665	7537	1872	6361	5635
27	11221	4206	1193	5914	7802	1888	6633	5829
28	11692	4241	1237	6162	8066	1904	6906	6022
29	12163	4276	1281	6410	8330	1920	7179	6216
30	12635	4312	1325	6659	8594	1936	7451	6410
31	13106	4347	1370	6907	8859	1952	7724	6603
32	13577	4276	1414	7155	9075	1920	7997	6754
33	14007	4206	1458	7382	9270	1888	8249	6885
34	14396	4135	1502	7587	9443	1856	8482	6997
35	14785	4064	1546	7792	9616	1825	8715	7108
36	15173	3994	1590	7997	9789	1793	8947	7220
37	15562	3923	1635	8201	9963	1761	9180	7332
38	16216	10596	1007	8546	13303	4757	8869	12295
39	17150	10848	1034	9038	13908	4870	9349	12874
40	18106	11100	1060	9542	14525	4983	9839	13465
41	19084	11352	1087	10058	15154	5096	10340	14067
42	20084	11604	1113	10585	15794	5209	10851	14681
43	21106	11855	1140	11123	16446	5322	11373	15306
44	22150	12107	1166	11673	17109	5435	11906	15942
45	23216	12359	1193	12235	17784	5548	12449	16591
46	24304	12611	1219	12809	18470	5661	13003	17251
47	25414	12863	1246	13393	19168	5774	13568	17922
48	26546	13114	1272	13990	19877	5888	14143	18605
49	27700	13366	1299	14598	20599	6001	14729	19300
50	28875	13618	1325	15218	21331	6114	15325	20006

Note:

b = profondità del piano di posa del plinto di collegamento dei pali

Per il carico limite alla punta nel tratto in cui il palo attraversa la formazione SSR [$\varphi = 35^\circ$] è stato assunto $N^*_q = 15$ [Raccomandazioni AGI 1984].