

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

VI09 – Ponte su canale da km 18+621,100 a km 18+643,100

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 9 0 3	0 0 5	C	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	L. de Sanctis	14/12/2022	S.Carozza	16/12/2022	T. Pelella	18/12/2022	
B	Revisione	P.Carandente T.	07/06/2023	S.Carozza	09/06/2023	T. Pelella	09/06/2023	
C	Revisione	P.Carandente T.	20/10/2023	S.Carozza	25/10/2023	T. Pelella	25/10/2023	

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	1

**INDICE**

<b>1.. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
2.1 Normativa di riferimento .....	3
2.2 Documenti di riferimento .....	3
2.3 Bibliografia di riferimento .....	3
<b>3.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>5</b>
3.1 Calcestruzzo pali e plinti di fondazione $R_{ck} > 30$ Mpa (C25/30) .....	5
3.2 Acciaio d'armatura B450C .....	5
<b>4.. INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....</b>	<b>6</b>
<b>5.. AZIONI INTRADOSSO DELLA FONDAZIONE .....</b>	<b>6</b>
<b>6.. CRITERI PER ANALISI E VERIFICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>10</b>
6.1 Metodologia di calcolo per le verifiche nei confronti del collasso per carichi verticali .....	10
6.2 Metodologia di calcolo per le verifiche nei confronti del collasso per carichi inclinati .....	11
<b>7.. VERIFICHE GEOTECNICHE SLU/SLV VERTICALE .....</b>	<b>14</b>
7.1 SPALLA 01 .....	14
7.2 SPALLA 02 .....	15
<b>8.. VERIFICHE GEOTECNICHE SLU/SLV ORIZZONTALE .....</b>	<b>16</b>
8.1 PALIFICATA SPALLA 01 .....	17
8.2 PALIFICATE SPALLA 02 .....	19
<b>9.. VERIFICHE GEOTECNICHE SLE .....</b>	<b>21</b>
9.1 PALIFICATE SPALLA 01 .....	21
9.2 PALIFICATE SPALLA 02 .....	26
<b>10. VERIFICHE STRUTTURALI PALI SLU/SLE .....</b>	<b>32</b>
10.1 SPALLA 01 .....	37
10.2 SPALLA 2 .....	44
10.3 TABELLA RIEPILOGATIVA ARMATURA PALI .....	50
<b>11. CURVE DI CAPACITÀ PORTANTE .....</b>	<b>51</b>
11.1 STRATIGRAFIA 1 .....	51
11.2 STRATIGRAFIA 1A .....	53

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>2</b>

**1 PREMESSA**

La presente relazione ha per oggetto l'analisi e la verifica delle fondazioni delle spalle che sostengono la campata a travi incorporate da 14.9 m del viadotto ferroviario denominato VI09, previsto tra le progressive chilometriche 18+621.10 e 18+643.10.

La piattaforma ha una larghezza totale di 13.70 m ed ospita due binari posti ad interasse di 4.0 m.

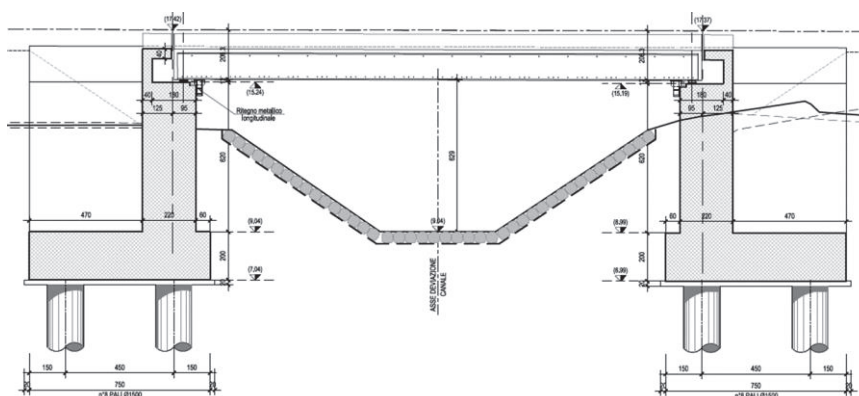


Figura 1. Rappresentazione del viadotto in esame

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

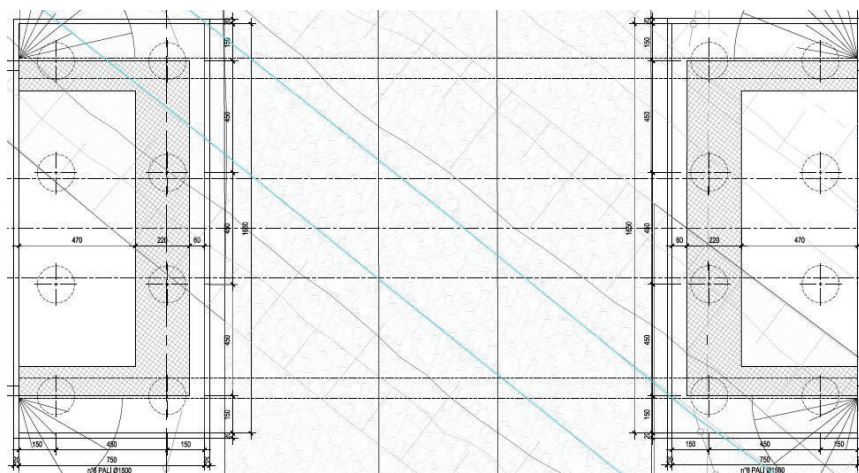


Figura 2. Pianta delle fondazioni delle pile e delle spalle

Nel presente documento si analizzano alcune fondazioni del viadotto in esame. 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.

WBS	PILE	Altezza di calcolo	Stratigrafia
[-]	[-]	[m]	[-]
VI09	Spalla 01	6	1
	Spalla 02	6	1a

 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>3</b>

## 2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) “Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 “Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018”;
- RFI DTC SI MA IFS 001 E “Manuale di Progettazione delle Opere Civili”;
- RFI DTC SI SP IFS 001 E “Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili”;

### 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.
- 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;

 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>4</b>

- 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 <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>6</b>

#### 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 1 e parametri di calcolo Spalla 01

Unità geotecnica	Profondità	$\gamma$	$c_u$	$E_0$	$q_{s,lim}$	$q_{b,lim}$
	[m]	[kNm <sup>3</sup> ]	[kPa]	[MPa]	[kPa]	[kPa]
b2	Da 0.0 a 6.0	19	120	90÷300	100	$9c_u + \sigma_v$
ASP	Da 6.0 a 23.0	19.5	150	300	100	$9c_u + \sigma_v$
	Da 23.0 a 50.0	19.5	250	300	120	$9c_u + \sigma_v$

Tabella 3. Stratigrafia 1a e parametri di calcolo Spalla 02

Unità geotecnica	Profondità	$\gamma$	$\varphi'$	$c_u$	$E_0$	$q_{s,lim}$	$q_{b,lim}$	$Nq^*$
	[m]	[kNm <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]	[MPa]	[kPa]	[kPa]	[-]
bn3	Da 0.0 a 6.0	19.5	-	150	120	100	$9c_u + \sigma_v$	-
bn2	Da 6.0 a 16.0	19.5	35	-	550	80	4300	15
bn3	Da 16.0 a 24.0	19.5	-	120	500	100	$9c_u + \sigma_v$	-
bn2	Da 24.0 a 40.0	19.5	35	-	800	80	4300	15

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

- N°1 verticali di indagine, da cui  $\xi_3=\xi_4=1.70$
- Coefficienti di sicurezza sulle portate laterali e alla base:

Resistenza	Simbolo	Trivellato
	$\gamma_R$	R3
Base	$\gamma_b$	<b>1.35</b>
Lat. (compr.)	$\gamma_s$	<b>1.15</b>
Tot. (compr)	$\gamma_t$	<b>1.30</b>
Lat. (traz)	$\gamma_{st}$	<b>1.25</b>

- La falda viene assunta 5.0 metri di profondità da piano campagna.
- 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 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	09	03	005	C	7

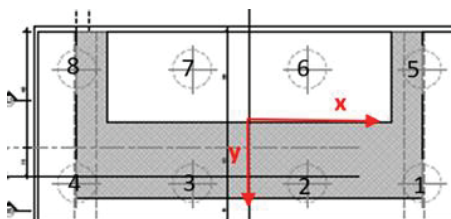


Figura 3. Sistema di riferimento per le fondazioni delle spalle con indicazione della numerazione dei pali

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

Tabella 4. Azioni all'intradosso della Spalla 01.

Combinazione		Azioni							
		F <sub>z</sub> [kN]	F <sub>x</sub> [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	F <sub>y</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	M [kNm]	H [kN]
Nvert Max	SLU6	43980	902	-6220	10787	74937	-3819	75195	10825
Nvert Min	SLU22	28385	18	-522	6556	37756	244	37760	6556
Vtrasv Max	SLU3	41129	1244	-10323	10841	67814	-3143	68595	10912
Vtrasv Min	SLU16	28385	-17	534	6556	37756	-262	37760	6556
Mtrasv Max	SLU7	42074	286	2506	10584	68236	-4911	68282	10588
Mtrasv Min	SLU14	32130	1244	-10323	8286	61722	-3143	62579	8379
Vlong Max	SLU7	43531	467	-4004	11957	83244	-1087	83340	11966
Vlong Min	SLU14	28385	0	6	6484	37168	-1	37168	6484
Mlong Max	SLU9	43531	467	-4004	11957	83244	-1087	83340	11966
Mlong Min	SLU15	28385	0	6	6484	37168	-1	37168	6484
Mtorc Max	SLU22	28385	18	-522	6556	37756	244	37760	6556
Mtorc Min	SLU24	33075	286	2506	8029	62144	-4911	62195	8034
Nvert Max	SLV5	32508	2474	-13365	8539	52656	-2156	54326	8890
Nvert Min	SLV6	24263	2474	-13365	8539	45502	-2156	47424	8890
Vtrasv Max	SLV3	29622	8246	-44563	8539	50152	-7163	67090	11871
Vtrasv Min	SLV6	24263	2474	-13365	8539	45502	-2156	47424	8890
Mtrasv Max	SLV1	29622	2474	-13365	16074	87164	-2156	88183	16263
Mtrasv Min	SLV6	27148	8246	-44563	8539	48006	-7163	65501	11871
Vlong Max	SLV1	29622	2474	-13365	16074	87164	-2156	88183	16263
Vlong Min	SLV6	24263	2474	-13365	8539	45502	-2156	47424	8890
Mlong Max	SLV1	29622	2474	-13365	16074	87164	-2156	88183	16263
Mlong Min	SLV4	24263	2474	-13365	8539	45502	-2156	47424	8890
Mtorc Max	SLV5	32508	2474	-13365	8539	52656	-2156	54326	8890
Mtorc Min	SLV4	27148	8246	-44563	8539	48006	-7163	65501	11871
Nvert Max	RA1	31160	622	-4282	7717	56264	-2638	56427	7742
Nvert Min	RA9	28385	0	6	6544	39391	-20	39391	6544
Vtrasv Max	RA3	30923	858	-7110	7776	56116	-2174	56565	7823
Vtrasv Min	RA4	28385	-11	358	6046	35342	-177	35344	6046
Mtrasv Max	RA7	29853	197	1736	7443	50577	-3385	50607	7446
Mtrasv Min	RA6	30923	858	-7110	7178	51257	-2151	51748	7229
Vlong Max	RA7	30893	643	-5367	8084	58537	-1606	58783	8110
Vlong Min	RA6	28385	12	-346	6046	35342	160	35344	6046



**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>8</b>

Mlong Max	RA12	30893	643	-5367	8084	58537	-1606	58783	8110
Mlong Min	RA11	28385	12	-346	6046	35342	160	35344	6046
Mtorc Max	RA6	28385	12	-346	6046	35342	160	35344	6046
Mtorc Min	RA12	29853	197	1736	7443	50577	-3385	50607	7446
Nvert Max	FR1	30466	467	-3210	7115	50503	-1981	50605	7130
Nvert Min	FR9	28385	0	6	6136	37038	-18	37038	6136
Vtrasv Max	FR3	30288	644	-5331	7159	50391	-1633	50672	7188
Vtrasv Min	FR4	28385	-9	270	5762	34002	-135	34003	5762
Mtrasv Max	FR7	29486	148	1304	6910	46237	-2541	46255	6912
Mtrasv Min	FR6	30288	644	-5331	6611	45938	-1616	46246	6642
Vlong Max	FR7	30266	483	-4024	7390	52207	-1207	52362	7406
Vlong Min	FR6	28385	9	-258	5762	34002	118	34003	5762
Mlong Max	FR12	30266	483	-4024	7390	52207	-1207	52362	7406
Mlong Min	FR11	28385	9	-258	5762	34002	118	34003	5762
Mtorc Max	FR6	28385	9	-258	5762	34002	118	34003	5762
Mtorc Min	FR12	29486	148	1304	6910	46237	-2541	46255	6912
Nvert Max	QP12	28385	0	6	5309	33217	-9	33217	5309
Nvert Min	QP11	28385	0	6	4911	29980	-9	29980	4911
Vtrasv Max	QP12	28385	0	6	5309	33217	-9	33217	5309
Vtrasv Min	QP2	28385	0	6	4911	29980	-9	29980	4911
Mtrasv Max	QP12	28385	0	6	5309	33217	-9	33217	5309
Mtrasv Min	QP2	28385	0	6	4911	29980	-9	29980	4911
Vlong Max	QP12	28385	0	6	5309	33217	-9	33217	5309
Vlong Min	QP2	28385	0	6	4911	29980	-9	29980	4911
Mlong Max	QP12	28385	0	6	5309	33217	-9	33217	5309
Mlong Min	QP2	28385	0	6	4911	29980	-9	29980	4911
Mtorc Max	QP2	28385	0	6	4911	29980	-9	29980	4911
Mtorc Min	QP12	28385	0	6	5309	33217	-9	33217	5309

Tabella 5. Azioni all'intradosso della Spalla 02

Combinazione		Azioni							
		F <sub>z</sub>	F <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	F <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>z</sub>	M	H
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]
Nvert Max	SLU6	43974	861	-5873	9724	66284	-2299	66544	9762
Nvert Min	SLU24	28380	5	-19	7027	41563	-21	41563	7027
Vtrasv Max	SLU3	41124	1560	-12880	9724	58731	-4152	60127	9848
Vtrasv Min	SLU14	28380	5	-19	6485	37158	-4	37158	6485
Mtrasv Max	SLU6	39473	43	4405	9724	54358	-132	54536	9724
Mtrasv Min	SLU14	32125	1560	-12880	7169	52640	-4152	54193	7337
Vlong Max	SLU10	41124	1560	-12880	9724	58731	-4152	60127	9848
Vlong Min	SLU14	28380	5	-19	6485	37158	-4	37158	6485
Mlong Max	SLU7	43974	861	-5873	9724	66284	-2299	66544	9762
Mlong Min	SLU15	28380	5	-19	6485	37158	-4	37158	6485
Mtorc Max	SLU14	28380	5	-19	6485	37158	-4	37158	6485
Mtorc Min	SLU15	32125	1560	-12880	7169	52640	-4152	54193	7337
Nvert Max	SLV5	32502	2478	-13387	7790	46653	-2158	48536	8175
Nvert Min	SLV6	24258	2478	-13387	7790	39503	-2158	41710	8175

**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>9</b>

Vtrasv Max	SLV3	29617	8249	-44577	7790	44150	-7163	62740	11346
Vtrasv Min	SLV6	24258	2478	-13387	7790	39503	-2158	41710	8175
Mtrasv Max	SLV1	29617	2478	-13387	13580	67200	-2158	68520	13804
Mtrasv Min	SLV6	27144	8249	-44577	7790	42005	-7163	61250	11346
Vlong Max	SLV1	29617	2478	-13387	13580	67200	-2158	68520	13804
Vlong Min	SLV6	24258	2478	-13387	7790	39503	-2158	41710	8175
Mlong Max	SLV1	29617	2478	-13387	13580	67200	-2158	68520	13804
Mlong Min	SLV4	24258	2478	-13387	7790	39503	-2158	41710	8175
Mtorc Max	SLV5	32502	2478	-13387	7790	46653	-2158	48536	8175
Mtorc Min	SLV4	27144	8249	-44577	7790	42005	-7163	61250	11346
Nvert Max	RA1	31155	594	-4047	6544	46725	-1586	46900	6571
Nvert Min	RA12	28380	5	-19	6544	39373	-24	39373	6544
Vtrasv Max	RA3	30918	1077	-8883	6544	46097	-2867	46945	6632
Vtrasv Min	RA4	28380	5	-275	6046	35333	-12	35334	6046
Mtrasv Max	RA1	29848	58	2874	6494	42856	-159	42952	6494
Mtrasv Min	RA4	30918	1077	-8883	5946	41246	-2843	42192	6043
Vlong Max	RA7	28380	5	-19	6544	39373	-24	39373	6544
Vlong Min	RA11	30918	1077	-8883	5946	41246	-2843	42192	6043
Mlong Max	RA5	31155	594	-4047	6544	46725	-1586	46900	6571
Mlong Min	RA6	28380	5	-275	6046	35333	-12	35334	6046
Mtorc Max	RA4	28380	5	-275	6046	35333	-12	35334	6046
Mtorc Min	RA3	30918	1077	-8883	6544	46097	-2867	46945	6632
Nvert Max	FR1	30461	447	-3040	6235	43344	-1193	43450	6251
Nvert Min	FR12	28380	5	-19	6136	37022	-21	37022	6136
Vtrasv Max	FR3	30283	809	-6667	6235	42873	-2154	43388	6287
Vtrasv Min	FR4	28380	5	-211	5762	33992	-12	33993	5762
Mtrasv Max	FR1	29481	45	2151	6198	40442	-123	40499	6198
Mtrasv Min	FR4	30283	809	-6667	5688	38427	-2136	39001	5745
Vlong Max	FR7	28380	5	-19	6235	37830	-21	37830	6235
Vlong Min	FR11	30283	809	-6667	5688	38427	-2136	39001	5745
Mlong Max	FR5	30461	447	-3040	6235	43344	-1193	43450	6251
Mlong Min	FR6	28380	5	-211	5762	33992	-12	33993	5762
Mtorc Max	FR4	28380	5	-211	5762	33992	-12	33993	5762
Mtorc Min	FR3	30283	809	-6667	6235	42873	-2154	43388	6287
Nvert Max	QP12	28380	5	-19	5309	33199	-13	33199	5309
Nvert Min	QP11	28380	5	-19	4911	29970	-12	29970	4911
Vtrasv Max	QP12	28380	5	-19	5309	33199	-13	33199	5309
Vtrasv Min	QP2	28380	5	-19	4911	29970	-12	29970	4911
Mtrasv Max	QP12	28380	5	-19	5309	33199	-13	33199	5309
Mtrasv Min	QP2	28380	5	-19	4911	29970	-12	29970	4911
Vlong Max	QP12	28380	5	-19	5309	33199	-13	33199	5309
Vlong Min	QP2	28380	5	-19	4911	29970	-12	29970	4911
Mlong Max	QP12	28380	5	-19	5309	33199	-13	33199	5309
Mlong Min	QP2	28380	5	-19	4911	29970	-12	29970	4911
Mtorc Max	QP2	28380	5	-19	4911	29970	-12	29970	4911
Mtorc Min	QP12	28380	5	-19	5309	33199	-13	33199	5309

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	10

## 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  $\xi_3$  è un coefficiente che tiene conto del numero di verticali indagate e  $(\gamma_b, \gamma_s)$  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  $\xi_3$  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)

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	11

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

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

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).

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  $\sigma_{vL}$  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  $\eta$  (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  $\sigma'_{vL}$  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). 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 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

MANDATARIA  	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>12</b>

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:

$$\begin{aligned}
H_{dc} &= \eta_h n \frac{H_k(M_{yc})}{\gamma_{tr}} = \eta_h n \frac{H_{lim}(M_{yc})}{\xi_3 \gamma_{tr}} \\
H_{dt} &= \eta_h n \frac{H_k(M_{yt})}{\gamma_{tr}} = \eta_h n \frac{H_{lim}(M_{yt})}{\xi_3 \gamma_{tr}}
\end{aligned}
\tag{11}$$

in cui  $\eta_h$  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

$$H_{lim}(M_y) = -13.5 c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}
\tag{12}$$

mentre per terreni incoerenti, si ha:

$$H_{lim}(M_y) = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2}
\tag{13}$$

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

$$\begin{aligned}
R_{ck} &= 30 MPa \\
f_{yk} &= 450 MPa \\
\gamma_s &= 1 \\
\gamma_c &= 1
\end{aligned}
\tag{14}$$

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:

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>13</b>

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

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

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

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

(15)

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

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

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

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

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:

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

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

**Relazione di calcolo Pali di fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	14

**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 con la soluzione del progetto esecutivo. Il progetto esecutivo del viadotto oggetto della presente è eseguito utilizzando i domini di collasso di Di Laora et al. (2019), di seguito definiti Innovativi. Nello specifico, si procederà alla rappresentazione dei domini di collasso innovativi in cui il vettore momento risultante è lungo all'asse X ( $\alpha = 0^\circ$ ), all'asse Y ( $\alpha = 90^\circ$ ) o inclinato di un angolo  $\alpha$  rispetto all'asse X corrispondente alla diagonale del rettangolo che inscrive il sistema di pali.

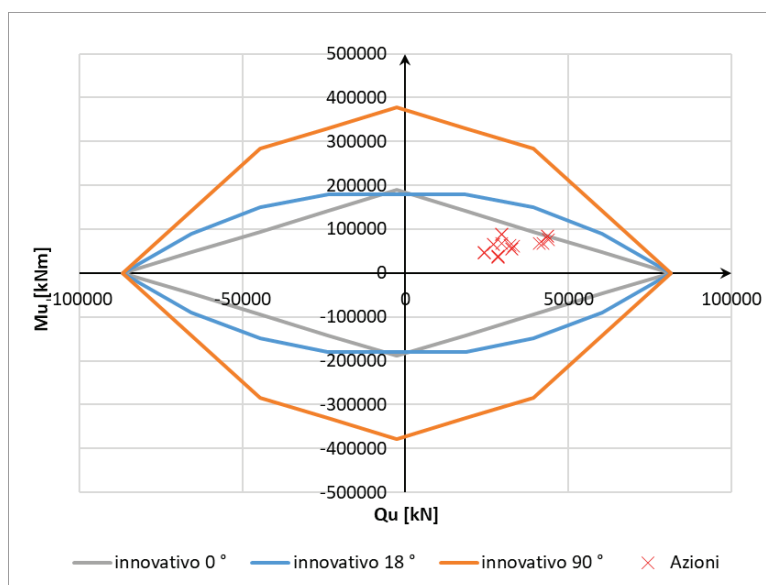
Si fa presente che le azioni utilizzate per il dimensionamento tramite la teoria dei domini di collasso sono l'azione verticale e la composizione vettoriale dei momenti sollecitanti l'intradosso della fondazione. Se queste ultime saranno comprese nei domini di collasso calcolato con  $\alpha = 0$ , angolo  $\alpha$  corrispondente alla diagonale del rettangolo che inscrive il sistema di pali e  $\alpha = 90^\circ$ , risulta ovvio che saranno verificate con tutti i possibili  $\alpha$ .

**7.1 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 6. Resistenze di progetto.

Resistenze		
$L_p$	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
[m]	[kN]	[kN]
46.0	10172	10834





**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

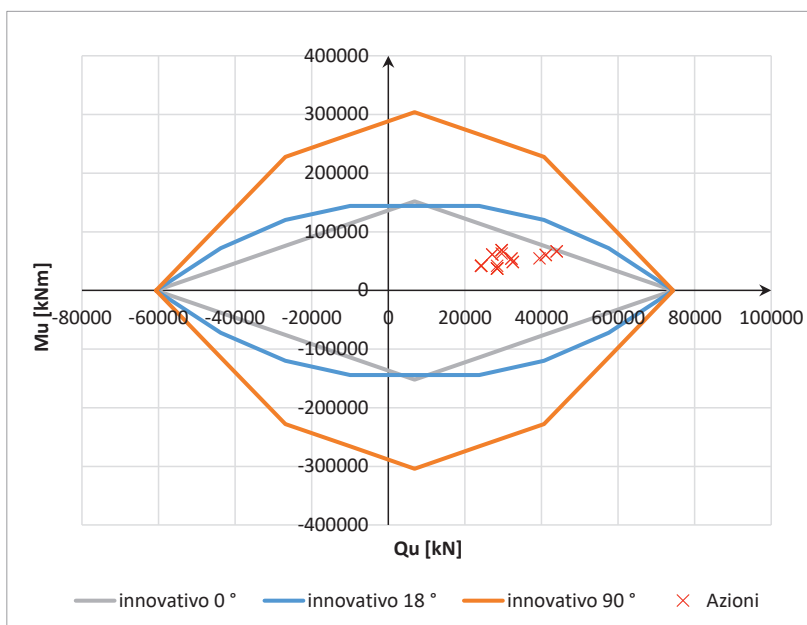
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	15

**7.2 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 7. Resistenze di progetto.

Resistenze		
$L_p$	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
[m]	[kN]	[kN]
39.0	9301	7580



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 09 03</b>			PROGR <b>005</b>

## 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 ( $\gamma_s$ ) ed il cls ( $\gamma_c$ ).

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).

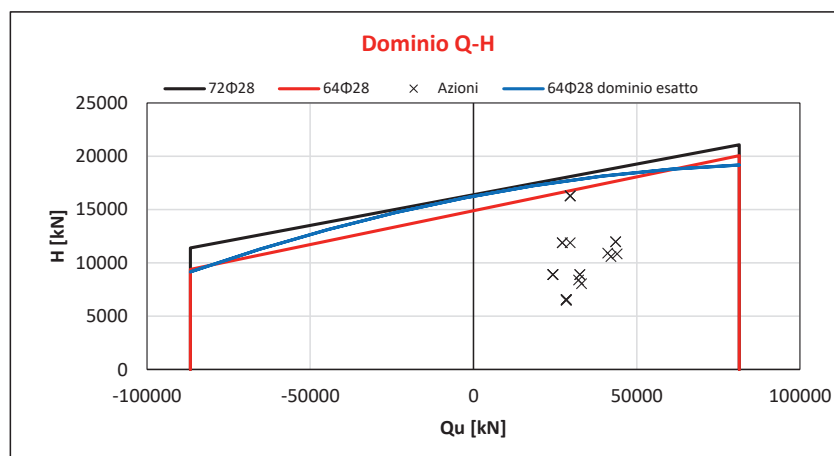
Il calcolo della resistenza orizzontale limite del terreno è stato effettuato considerando le reali successioni di strati di terreno a partire dalla quota testa palo che presenta un affondamento di 2.5m da piano campagna. Utilizzando la teoria di Broms non è possibile tenere conto del sovrappeso dato dal terreno eventualmente disposto al di sopra della quota testa palo. L'eventuale presenza di terreno al di sopra della quota testa palo, in grado di incrementare la resistenza orizzontale del terreno, è stata quindi cautelativamente trascurata.

L'adozione della relazione di Di Laora et al. (2020) conduce ad una lieve sovrastima del momento di plasticizzazione della sezione del palo. Questo comporterebbe un leggero incremento dei valori di H nel dominio Q-H rispetto al calcolo dello stesso effettuato con i momenti di plasticizzazione della sezione del palo attraverso il metodo rigoroso.

Tuttavia, la frontiera del dominio di collasso è stata idealizzata in via cautelativa con una retta che passa per i punti di coordinate A ( $Q_t, H_{dt}$ ) e B ( $Q_c, H_{dc}$ ). Questa retta identifica un minorante della capacità laterale per ogni valore del carico assiale, posto che la frontiera è una funzione di forma parabolica con la concavità verso il basso che passa per A e per B (Iovino et al. 2021).

Nella figura di seguito è rappresentato, per il caso più gravoso e relativo alla Spalla 01, in linea blu il dominio valutato combinando i valori esatti di  $M_y$  con la funzione parabolica e per confronto il dominio trapezio ottenuto applicando la soluzione approssimata di Di Laora et al. (2020). Lo scostamento fra i due domini è irrilevante e sul punto non vale la pena soffermarsi oltre.

MOMENTI RESISTENTI DELLA SEZIONE DEL PALO	$M_y (R_{c,d})$	$M_y (R_{tr,d})$
	[kNm]	[kNm]
Soluzione esatta	11969	4381
Di Laora et al. (2020)	12770	4519



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	17

### 8.1 PALIFICATA SPALLA 01

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature utilizzate (64Φ28):

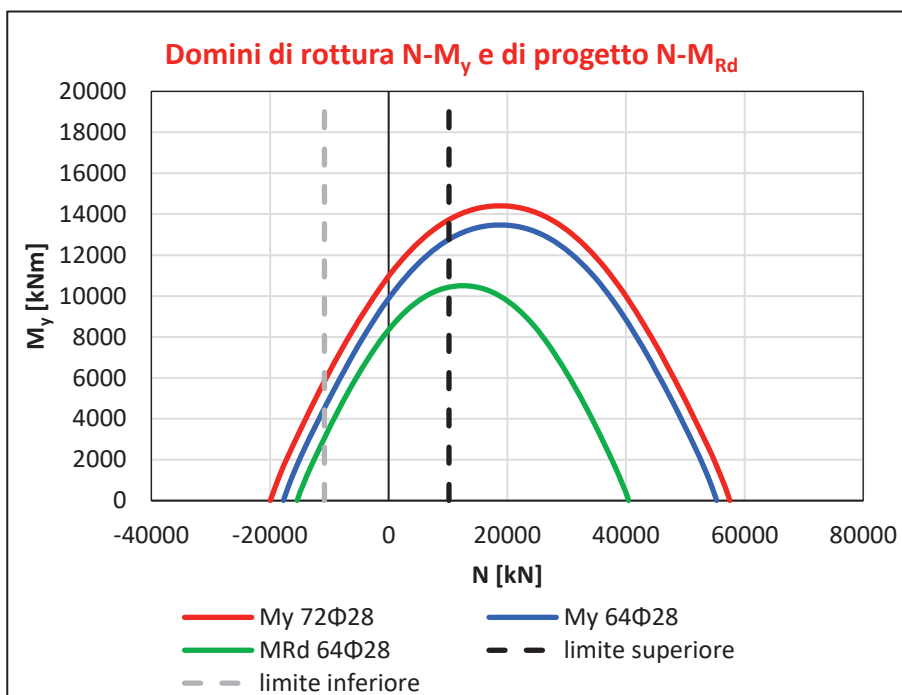


Figura 4. Dominio della sezione del palo con armature utilizzate.

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ( $H_{\text{singolo palo}}$ ).

Tabella 8. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale.

Casi di calcolo				
Armatura	$L_p$	$R_d$	$M_{Rd}$	$H_{\text{singolo palo}}$
	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
64Φ28	46.0	10172	12770	2785
		-10834	4519	1303

A partire dai valori del carico limite orizzontale del palo singolo è possibile calcolare il carico limite orizzontale del gruppo di pali utilizzando un'efficienza pari a 0.9. Vengono quindi di seguito riportati i punti caratteristici del dominio Q-H:

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 09 03</b>			PROGR <b>005</b>

Tabella 9. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H

<b>Q<sub>tot</sub></b>	<b>H<sub>tot</sub></b>
[kN]	[kN]
81372	0
81372	20052
-86671	9382
-86671	0

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:

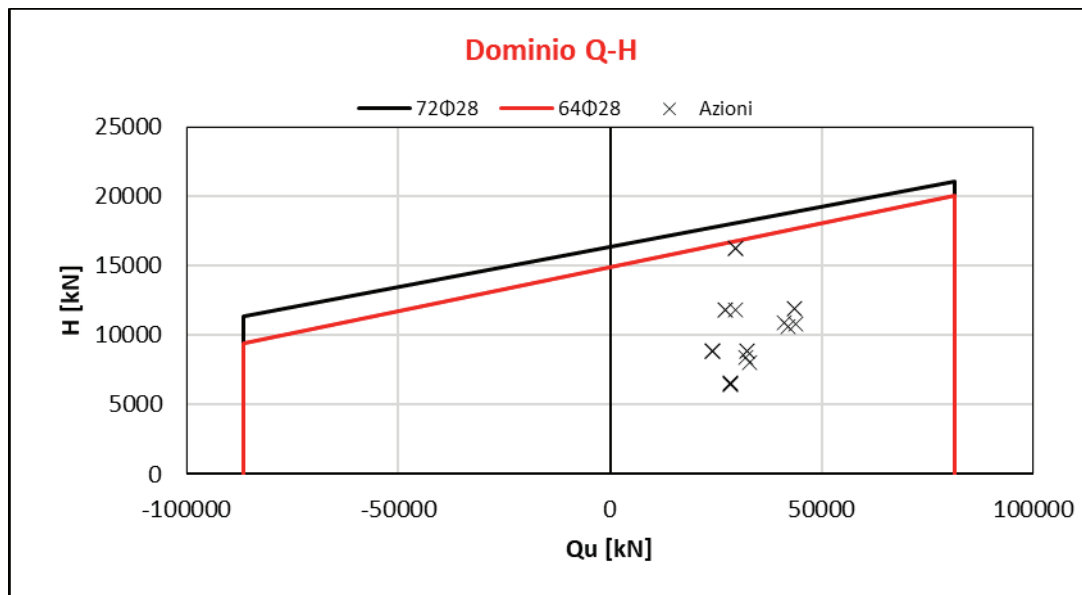


Figura 5. Dominio di collasso nel piano Q-H.

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	19

## 8.2 PALIFICATE SPALLA 02

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature utilizzate (44 $\Phi$ 30):

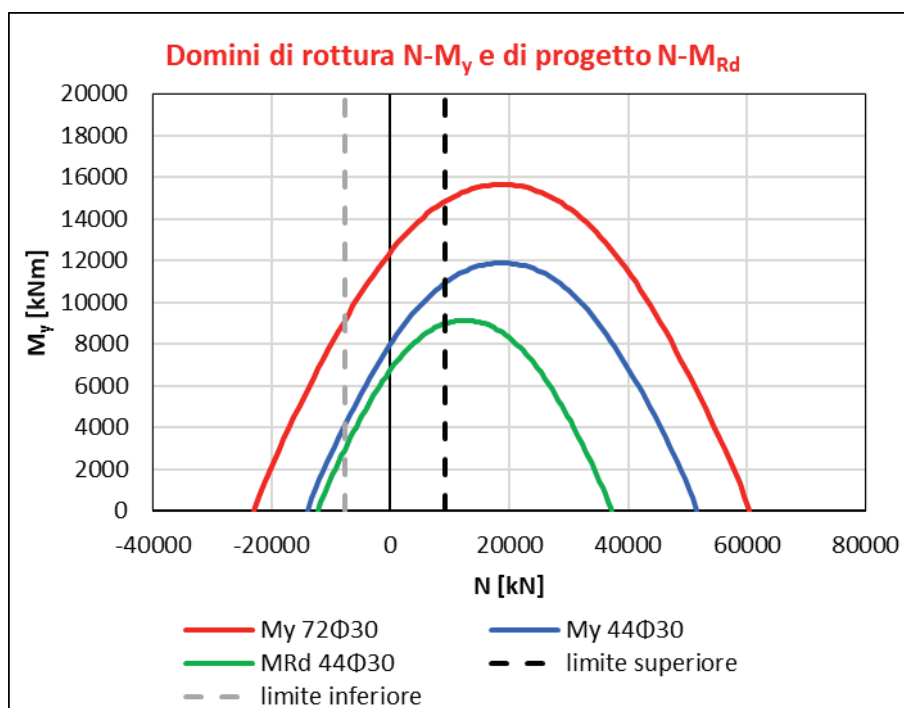


Figura 6. Dominio della sezione del palo con armature utilizzate.

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ( $H_{\text{singolo palo}}$ ).

Tabella 10. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale.

Casi di calcolo				
Armatura	$L_p$	$R_d$	$M_{Rd}$	$H_{\text{singolo palo}}$
	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
44 $\Phi$ 30	39.0	9301	10955	2673
		-7580	4155	1276

A partire dai valori del carico limite orizzontale del palo singolo è possibile calcolare il carico limite orizzontale del gruppo di pali utilizzando un'efficienza pari a 0.9. Vengono quindi di seguito riportati i punti caratteristici del dominio Q-H:

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 09 03</b>			PROGR <b>005</b>

Tabella 11. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H

$Q_{tot}$	$H_{tot}$
[kN]	[kN]
74405	0
74405	19248
-60641	9189
-60641	0

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:

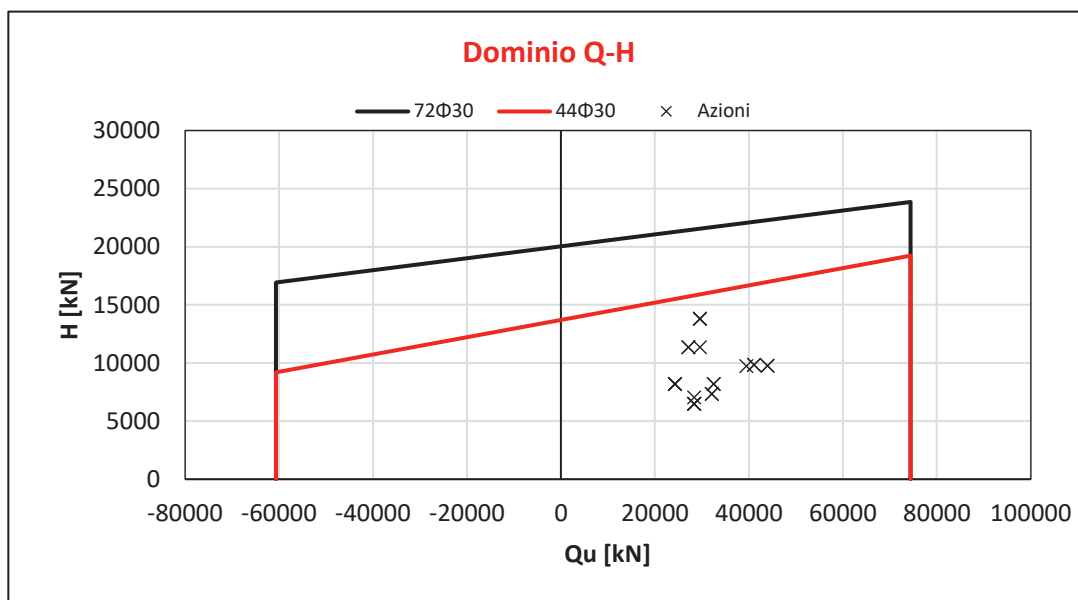


Figura 7. Dominio di collasso nel piano Q-H.

Le verifiche risultano soddisfatte con l'armatura predisposta.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	21

## 9. VERIFICHE GEOTECNICHE SLE

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

- Con riferimento alle indicazioni del MdP di RFI ( $N_{ed,max} < Q_{II}/1.25$ );
- Calcolando i massimi cedimenti e rotazioni della palificata;
- È stato inoltre calcolato l'andamento del momento e del taglio lungo lo sviluppo del palo per poter condurre le verifiche a fessurazione del palo (non oggetto della presente relazione);

Ai fini dell'individuazione del palo più caricato a sforzo assiale nelle combinazioni SLE è stata usata la ben nota distribuzione a piastra rigida (Viggiani et al. 2011) delle azioni all'intradosso fondazione:

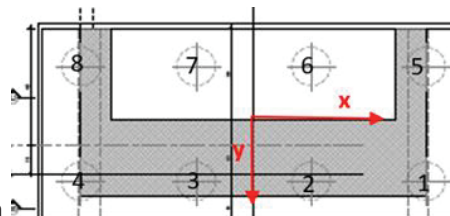
$$N_i = \frac{Q}{p} + \frac{M_y}{\sum x_i^2} x_i + \frac{M_x}{\sum y_i^2} y_i$$

Per quanto riguarda l'individuazione dei massimi cedimenti e rotazioni della palificata si è fatto uso del software PIGLET. Per i dettagli riguardanti le ipotesi di calcolo alla base del software PIGLET si faccia riferimento alla relazione geotecnica.

I diagrammi del momento e del taglio lungo il palo sono stati ottenuti con la teoria di Matlock e Reese (1960).

### 9.1 PALIFICATE SPALLA 01

#### 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 assiale su ogni palo per ogni combinazione.

È inoltre presentato il valore del taglio sollecitante sul palo singolo ottenuto banalmente dividendo la somma vettoriale dei tagli sollecitanti l'intradosso della fondazione rispetto al numero di pali.

Tabella 12. Distribuzione sui singoli pali delle azioni SLE secondo la teoria della piastra rigida.

Ripartizione delle azioni SLE sui pali della palificata											
Combinazione		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	H <sub>max</sub> , singolo palo	M <sub>max</sub> , singolo palo
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Nvert Max	RA1	6878	6973	7068	7164	626	722	817	912	968	2623
Nvert Min	RA9	5737	5737	5736	5736	1360	1360	1360	1360	818	2217
Vtrasv Max	RA3	6746	6904	7062	7220	511	669	827	985	978	2650
Vtrasv Min	RA4	5524	5516	5508	5500	1597	1589	1581	1573	756	2048
Mtrasv Max	RA7	6599	6561	6522	6484	980	941	903	864	931	2522
Mtrasv Min	RA6	6476	6634	6792	6950	781	939	1097	1255	904	2449
Vlong Max	RA7	6935	7054	7173	7293	431	550	669	788	1014	2747
Vlong Min	RA6	5500	5508	5515	5523	1573	1581	1589	1596	756	2048
Mlong Max	RA12	6935	7054	7173	7293	431	550	669	788	1014	2747
Mlong Min	RA11	5500	5508	5515	5523	1573	1581	1589	1596	756	2048
Mtorc Max	RA6	5500	5508	5515	5523	1573	1581	1589	1596	756	2048
Mtorc Min	RA12	6599	6561	6522	6484	980	941	903	864	931	2522



 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
<b>LI0B</b>		<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>22</b>

Nvert Max	FR1	6507	6578	6650	6721	896	967	1038	1110	891	2415
Nvert Min	FR9	5606	5606	5606	5606	1491	1491	1490	1490	767	2079
Vtrasv Max	FR3	6408	6526	6645	6763	809	927	1046	1164	898	2435
Vtrasv Min	FR4	5446	5440	5434	5428	1668	1662	1656	1650	720	1952
Mtrasv Max	FR7	6298	6269	6240	6211	1160	1132	1103	1074	864	2341
Mtrasv Min	FR6	6160	6279	6397	6516	1056	1175	1293	1412	830	2250
Vlong Max	FR7	6550	6639	6728	6818	749	838	928	1017	926	2509
Vlong Min	FR6	5429	5434	5440	5446	1651	1656	1662	1668	720	1952
Mlong Max	FR12	6550	6639	6728	6818	749	838	928	1017	926	2509
Mlong Min	FR11	5429	5434	5440	5446	1651	1656	1662	1668	720	1952
Mtorc Max	FR6	5429	5434	5440	5446	1651	1656	1662	1668	720	1952
Mtorc Min	FR12	6298	6269	6240	6211	1160	1132	1103	1074	864	2341
Nvert Max	QP12	5394	5394	5393	5393	1703	1703	1703	1703	664	1798
Nvert Min	QP11	5214	5214	5214	5213	1883	1883	1883	1882	614	1664
Vtrasv Max	QP12	5394	5394	5393	5393	1703	1703	1703	1703	664	1798
Vtrasv Min	QP2	5214	5214	5214	5213	1883	1883	1883	1882	614	1664
Mtrasv Max	QP12	5394	5394	5393	5393	1703	1703	1703	1703	664	1798
Mtrasv Min	QP2	5214	5214	5214	5213	1883	1883	1883	1882	614	1664
Vlong Max	QP12	5394	5394	5393	5393	1703	1703	1703	1703	664	1798
Vlong Min	QP2	5214	5214	5214	5213	1883	1883	1883	1882	614	1664
Mlong Max	QP12	5394	5394	5393	5393	1703	1703	1703	1703	664	1798
Mlong Min	QP2	5214	5214	5214	5213	1883	1883	1883	1882	614	1664
Mtorc Max	QP2	5214	5214	5214	5213	1883	1883	1883	1882	614	1664
Mtorc Min	QP12	5394	5394	5393	5393	1703	1703	1703	1703	664	1798

Risulta essere facilmente individuabile il valore massimo dello sforzo normale sul singolo palo e da questo verificare lo SLE secondo MdP di Italferr:

Tabella 13. Verifica secondo MdP Italferr

Verifica SLE da MdP Italferr				
Lp	Ned	QL	QL/1.25	FS
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
<b>46.0</b>	<b>7292.6</b>	<b>17103.2</b>	<b>13682.6</b>	<b>1.88</b>

### 9.1.2 Determinazione cedimenti e rotazioni palificata

Per quanto riguarda l'identificazione dei valori massimi di cedimenti e rotazioni, sono stati utilizzati i seguenti parametri di input in PIGLET per il terreno e per i pali:

Tabella 14. Caratteristiche del terreno e dei pali

Axial: Surface shear modulus, G(0)	46153.85	G <sub>oa</sub>
Axial: Shear modulus gradient, dG/dz	9147.609	G <sub>ma</sub>
Axial: Shear modulus below base, G <sub>b</sub>	384615.4	G <sub>b</sub>
Lateral: Surface shear modulus, G(0)	46153.85	G <sub>oℓ</sub>
Lateral: Shear modulus gradient, dG/dz	9147.609	G <sub>mℓ</sub>
Poisson's ratio (all loading modes)	0.3	ν
Free-standing length	0	L <sub>f</sub>
Young's modulus: Free-standing part (axial)	0	E <sub>pa<sub>f</sub></sub>

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>23</b>

Young's modulus: Embedded part (axial)	30000000	$E_{pa}$
Young's modulus: Free-standing part (lateral: x-z)	0	$E_{p/xf}$
Young's modulus: Embedded part (lateral: x-z)	30000000	$E_{p/x}$
Young's modulus: Free-standing part (lateral: y-z)	0	$E_{p/yf}$
Young's modulus: Embedded part (lateral: y-z)	30000000	$E_{p/y}$
Piles pinned (0) to fixed (1) to pile cap	0	Fixity

Tali parametri riflettono l'andamento della rigidezza del terreno considerato attraverso una schematizzazione di terreno alla Gibson (incremento lineare della rigidezza con la profondità). È inoltre possibile fornire in input il comportamento non lineare del palo attraverso l'indicazione della massima resistenza verticale a compressione ed a trazione (valori riportati al Cap.6). A partire da questi ultimi valori è possibile modellare il comportamento non lineare della curva carico verticale – cedimento verticale e carico orizzontale – spostamento orizzontale del palo attraverso l'indicazione dei parametri di fitting  $f, g, (u_0/d)_{50}, p$ . Non essendo state realizzate prove di carico su pali si preferisce utilizzare i valori di default suggeriti dall'Autore (Randolph, 2021).

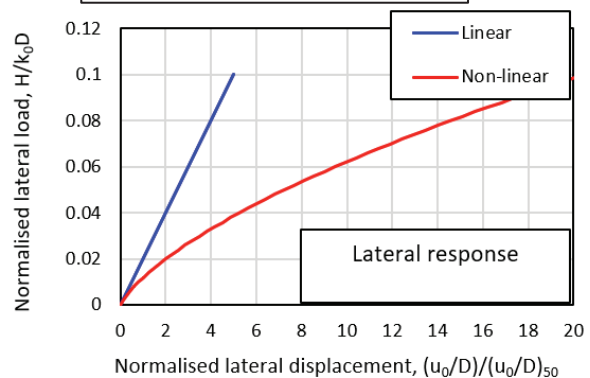
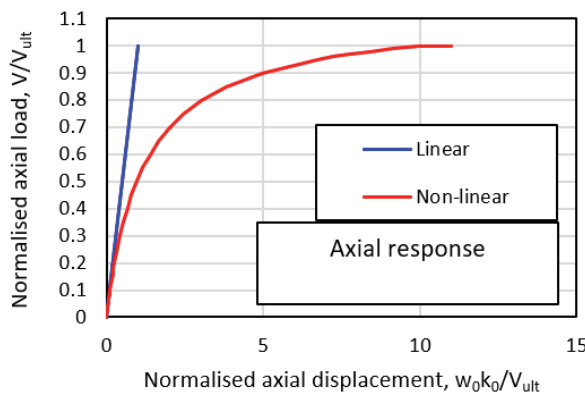
Tabella 15. Identificazione del comportamento non lineare del palo.

Nonlinear pile response (using hyperbolic curves)

Axial	f	Power g
	0.9	0.9
Lateral	$(u_0/d)_{50}$	Power p
	0.02	0.7
Number of loading steps	20	

$$k_{ii} = k_{ii,0} \left[ 1 - f \left( \frac{V_i}{V_{i,ult}} \right)^g \right]$$

$$\frac{k_{ii}}{k_{ii,0}} = \frac{1}{1 + \left[ (u_i / D_i) / (u_0 / D)_{50} \right]^p}$$



Vengono di seguito riportati i massimi valori di cedimento e di rotazione del plinto (nel baricentro del plinto) per tutte le combinazioni SLE e SLU.

Tabella 16. Valori di cedimenti e rotazioni calcolati per le combinazioni SLE tramite PIGLET.

Cedimenti e rotazioni del plinto						
Combinazione	Cedimento verticale	Cedimento orizzontale (x)	Cedimento orizzontale (y)	Rotazione (x su z)	Rotazione (y su z)	Torsione (x su y)
	[m]	[m]	[m]	[rad]	[rad]	[rad]
RA1	0.0050	0.0003	0.0038	0.0000	0.0013	0.0000
RA9	0.0036	0.0000	0.0032	0.0000	0.0007	0.0000

**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>24</b>

RA3	0.0050	0.0004	0.0038	0.0000	0.0013	0.0000
RA4	0.0035	0.0000	0.0029	0.0000	0.0006	0.0000
RA7	0.0044	0.0001	0.0036	0.0000	0.0010	0.0000
RA6	0.0046	0.0004	0.0035	0.0000	0.0011	0.0000
RA7	0.0051	0.0003	0.0039	0.0000	0.0014	0.0000
RA6	0.0035	0.0000	0.0029	0.0000	0.0006	0.0000
RA12	0.0051	0.0003	0.0039	0.0000	0.0014	0.0000
RA11	0.0035	0.0000	0.0029	0.0000	0.0006	0.0000
RA6	0.0035	0.0000	0.0029	0.0000	0.0006	0.0000
RA12	0.0044	0.0001	0.0036	0.0000	0.0010	0.0000
FR1	0.0045	0.0002	0.0034	0.0000	0.0011	0.0000
FR9	0.0035	0.0000	0.0030	0.0000	0.0006	0.0000
FR3	0.0044	0.0003	0.0035	0.0000	0.0011	0.0000
FR4	0.0035	0.0000	0.0028	0.0000	0.0006	0.0000
FR7	0.0041	0.0001	0.0033	0.0000	0.0009	0.0000
FR6	0.0042	0.0003	0.0032	0.0000	0.0009	0.0000
FR7	0.0045	0.0002	0.0036	0.0000	0.0011	0.0000
FR6	0.0035	0.0000	0.0028	0.0000	0.0006	0.0000
FR12	0.0045	0.0002	0.0036	0.0000	0.0011	0.0000
FR11	0.0035	0.0000	0.0028	0.0000	0.0006	0.0000
FR6	0.0035	0.0000	0.0028	0.0000	0.0006	0.0000
FR12	0.0041	0.0001	0.0033	0.0000	0.0009	0.0000
QP12	0.0034	0.0000	0.0025	0.0000	0.0006	0.0000
QP11	0.0034	0.0000	0.0023	0.0000	0.0005	0.0000
QP12	0.0034	0.0000	0.0025	0.0000	0.0006	0.0000
QP2	0.0034	0.0000	0.0023	0.0000	0.0005	0.0000
QP12	0.0034	0.0000	0.0025	0.0000	0.0006	0.0000
QP2	0.0034	0.0000	0.0023	0.0000	0.0005	0.0000
QP12	0.0034	0.0000	0.0025	0.0000	0.0006	0.0000
QP2	0.0034	0.0000	0.0023	0.0000	0.0005	0.0000
QP12	0.0034	0.0000	0.0025	0.0000	0.0006	0.0000
QP2	0.0034	0.0000	0.0023	0.0000	0.0005	0.0000
QP12	0.0034	0.0000	0.0025	0.0000	0.0006	0.0000
SLU6	0.0127	0.0005	0.0054	0.0000	0.0043	0.0000
SLU22	0.0034	0.0000	0.0032	0.0000	0.0006	0.0000
SLU3	0.0087	0.0006	0.0054	0.0000	0.0026	0.0000
SLU16	0.0034	0.0000	0.0032	0.0000	0.0006	0.0000
SLU7	0.0093	0.0001	0.0053	0.0000	0.0028	-0.0001
SLU14	0.0050	0.0006	0.0041	0.0000	0.0013	0.0000
SLU7	0.5445	0.0002	0.0060	0.0000	0.2407	0.0000
SLU14	0.0034	0.0000	0.0031	0.0000	0.0006	0.0000
SLU9	0.5445	0.0002	0.0060	0.0000	0.2407	0.0000
SLU15	0.0034	0.0000	0.0031	0.0000	0.0006	0.0000
SLU22	0.0034	0.0000	0.0032	0.0000	0.0006	0.0000
SLU24	0.0053	0.0001	0.0039	0.0000	0.0014	-0.0001
SLV5	0.0046	0.0013	0.0042	0.0000	0.0010	0.0000
SLV6	0.0030	0.0013	0.0042	0.0000	0.0006	0.0000
SLV3	0.0040	0.0044	0.0042	0.0001	0.0008	-0.0001
SLV6	0.0030	0.0013	0.0042	0.0000	0.0006	0.0000
SLV1	0.0066	0.0013	0.0082	0.0000	0.0023	0.0000

**Relazione di calcolo Pali di fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	25

SLV6	0.0035	0.0044	0.0042	0.0001	0.0007	-0.0001
SLV1	0.0066	0.0013	0.0082	0.0000	0.0023	0.0000
SLV6	0.0030	0.0013	0.0042	0.0000	0.0006	0.0000
SLV1	0.0066	0.0013	0.0082	0.0000	0.0023	0.0000
SLV4	0.0030	0.0013	0.0042	0.0000	0.0006	0.0000
SLV5	0.0046	0.0013	0.0042	0.0000	0.0010	0.0000
SLV4	0.0035	0.0044	0.0042	0.0001	0.0007	-0.0001

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

### 9.1.3 Diagrammi del momento e taglio per verifiche a fessurazione del palo.

Al fine delle verifiche a fessurazione del palo, non oggetto della presente relazione, è infine riportato il diagramma del momento e del taglio lungo il palo più caricato a taglio.

$H_{max, singolo\ palo} =$	<b>1014 kN</b>
----------------------------	----------------

La distribuzione dei momenti e dei tagli lungo il palo è avvenuta tramite la teoria di Matlock e Reese (1960) facendo l'ipotesi cautelativa di palo impedito di ruotare in testa. Viene di seguito riportato l'andamento delle rigidezze all'interfaccia terreno-palo di fondazione necessarie per il calcolo dei momenti e tagli. Ulteriori dettagli circa il calcolo di  $k_h$  ed  $n_h$  sono forniti in relazione geotecnica.

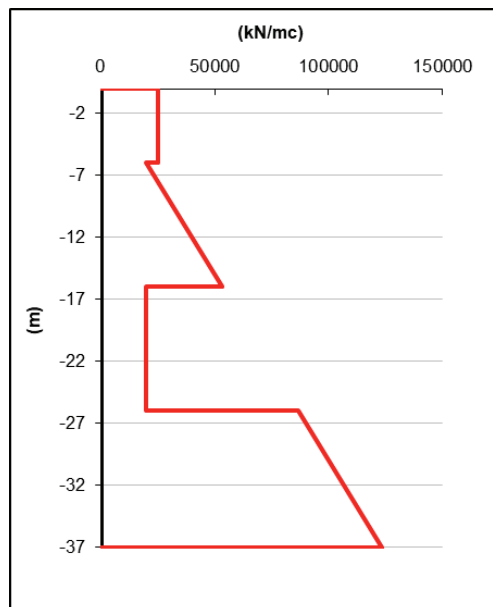


Figura 8. Rigidezze all'interfaccia terreno-palo

Vengono infine mostrati i diagrammi del taglio e del momento lungo lo sviluppo del palo dal quale è possibile dedurre che il valore di  $\alpha$  ( $M_{ed}/V_{ed}$  a quota testa palo) è pari a 2.71.

**Relazione di calcolo Pali di fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	26

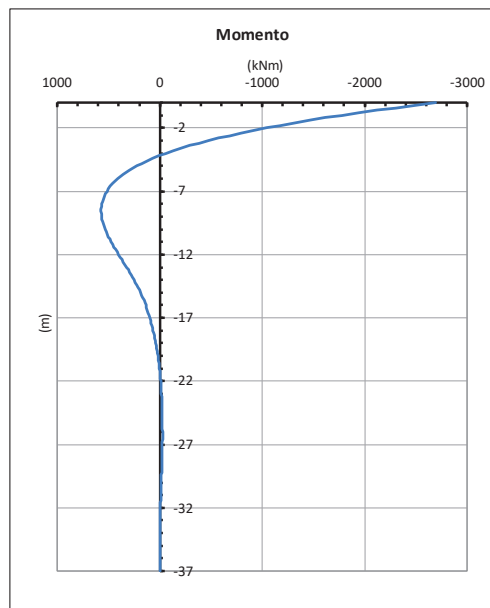
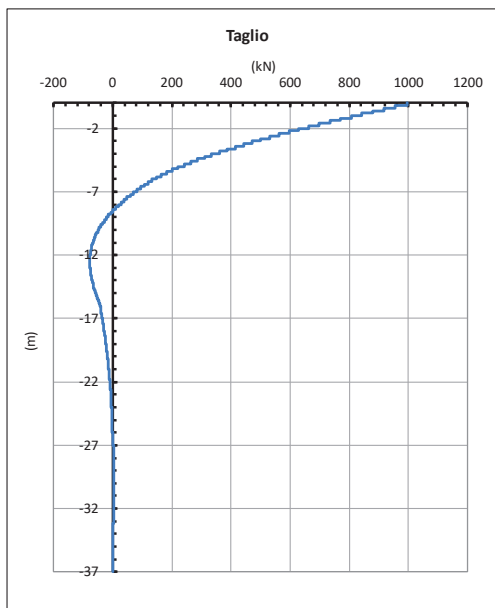
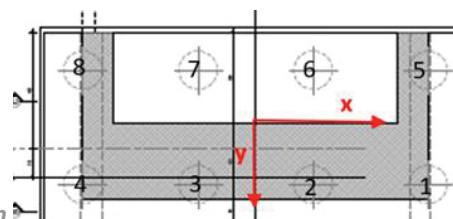


Figura 9. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock e Reese.

**9.2 PALIFICATE SPALLA 02**

**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 per ogni combinazione.

È inoltre presentato il valore del taglio sollecitante sul palo singolo ottenuto banalmente dividendo la somma vettoriale dei tagli sollecitanti l'intradosso della fondazione rispetto al numero di pali.

Tabella 17. Distribuzione sui singoli pali delle azioni SLE secondo la teoria della piastra rigida.

Combinazione		Ripartizione delle azioni SLE sui pali della palificata								H <sub>max</sub> , singolo palo [kN]	M <sub>max</sub> , singolo palo [kNm]
		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8		
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]		
Nvert Max	RA1	6355	6445	6535	6625	1164	1254	1344	1433	821	2226
Nvert Min	RA12	5734	5735	5735	5736	1359	1360	1360	1361	818	2217
Vtrasv Max	RA3	6130	6327	6524	6722	1008	1205	1403	1600	829	2247
Vtrasv Min	RA4	5501	5507	5514	5520	1575	1582	1588	1594	756	2048
Mtrasv Max	RA1	6208	6144	6080	6016	1446	1382	1318	1254	812	2200
Mtrasv Min	RA4	5860	6057	6255	6452	1277	1475	1672	1869	755	2047
Vlong Max	RA7	5734	5735	5735	5736	1359	1360	1360	1361	818	2217
Vlong Min	RA11	5860	6057	6255	6452	1277	1475	1672	1869	755	2047
Mlong Max	RA5	6355	6445	6535	6625	1164	1254	1344	1433	821	2226
Mlong Min	RA6	5501	5507	5514	5520	1575	1582	1588	1594	756	2048
Mtorc Max	RA4	5501	5507	5514	5520	1575	1582	1588	1594	756	2048
Mtorc Min	RA3	6130	6327	6524	6722	1008	1205	1403	1600	829	2247

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>27</b>

Nvert Max	FR1	6114	6182	6249	6317	1298	1366	1433	1501	781	2118
Nvert Min	FR12	5604	5604	5604	5605	1490	1491	1491	1491	767	2079
Vtrasv Max	FR3	5945	6093	6241	6389	1181	1329	1478	1626	786	2130
Vtrasv Min	FR4	5429	5434	5438	5443	1652	1657	1661	1666	720	1952
Mtrasv Max	FR1	6004	5956	5908	5860	1510	1462	1414	1367	775	2100
Mtrasv Min	FR4	5698	5846	5994	6142	1428	1576	1725	1873	718	1946
Vlong Max	FR7	5649	5649	5649	5650	1445	1446	1446	1446	779	2112
Vlong Min	FR11	5698	5846	5994	6142	1428	1576	1725	1873	718	1946
Mlong Max	FR5	6114	6182	6249	6317	1298	1366	1433	1501	781	2118
Mlong Min	FR6	5429	5434	5438	5443	1652	1657	1661	1666	720	1952
Mtorc Max	FR4	5429	5434	5438	5443	1652	1657	1661	1666	720	1952
Mtorc Min	FR3	5945	6093	6241	6389	1181	1329	1478	1626	786	2130
Nvert Max	QP12	5391	5392	5392	5393	1702	1703	1703	1704	664	1798
Nvert Min	QP11	5212	5212	5213	5213	1882	1882	1883	1883	614	1664
Vtrasv Max	QP12	5391	5392	5392	5393	1702	1703	1703	1704	664	1798
Vtrasv Min	QP2	5212	5212	5213	5213	1882	1882	1883	1883	614	1664
Mtrasv Max	QP12	5391	5392	5392	5393	1702	1703	1703	1704	664	1798
Mtrasv Min	QP2	5212	5212	5213	5213	1882	1882	1883	1883	614	1664
Vlong Max	QP12	5391	5392	5392	5393	1702	1703	1703	1704	664	1798
Vlong Min	QP2	5212	5212	5213	5213	1882	1882	1883	1883	614	1664
Mlong Max	QP12	5391	5392	5392	5393	1702	1703	1703	1704	664	1798
Mlong Min	QP2	5212	5212	5213	5213	1882	1882	1883	1883	614	1664
Mtorc Max	QP2	5212	5212	5213	5213	1882	1882	1883	1883	614	1664
Mtorc Min	QP12	5391	5392	5392	5393	1702	1703	1703	1704	664	1798

Risulta essere facilmente individuabile il valore massimo dello sforzo normale sul singolo palo e da questo verificare lo SLE secondo MdP di Italferr:

Tabella 18. Verifica secondo MdP Italferr

Verifica SLE da MdP Italferr				
Lp	Ned	QL	QL/1.25	FS
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
<b>39.0</b>	6721.8	12704.1	10163.3	<b>1.51</b>

## 9.2.2 Determinazione cedimenti e rotazioni palificata

Per quanto riguarda l'identificazione dei valori massimi di cedimenti e rotazioni, sono stati utilizzati i seguenti parametri di input in PIGLET per il terreno e per i pali:

Tabella 19. Caratteristiche del terreno e dei pali

Axial: Surface shear modulus, G(0)	46153.85	G <sub>0a</sub>
Axial: Shear modulus gradient, dG/dz	9147.609	G <sub>ma</sub>
Axial: Shear modulus below base, G <sub>b</sub>	384615.4	G <sub>b</sub>
Lateral: Surface shear modulus, G(0)	46153.85	G <sub>0ℓ</sub>
Lateral: Shear modulus gradient, dG/dz	9147.609	G <sub>mℓ</sub>
Poisson's ratio (all loading modes)	0.3	ν
Free-standing length	0	L <sub>f</sub>
Young's modulus: Free-standing part (axial)	0	E <sub>paf</sub>
Young's modulus: Embedded part (axial)	30000000	E <sub>pa</sub>

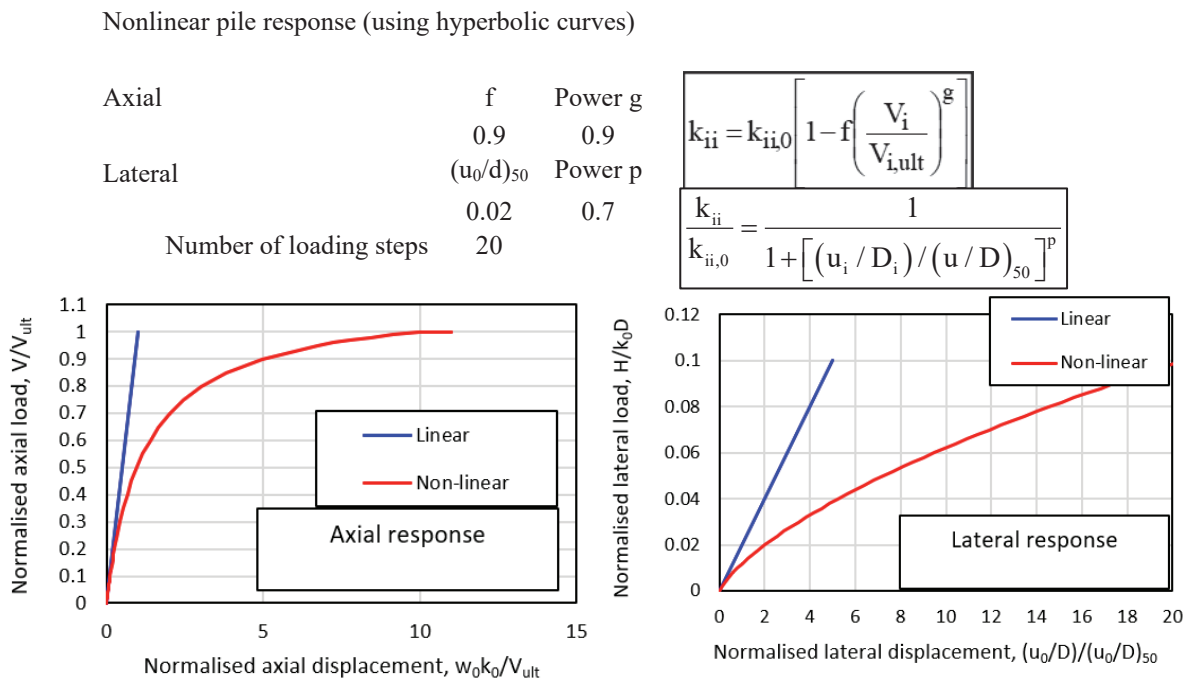
**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>28</b>

Young's modulus: Free-standing part (lateral: x-z)		0	$E_{p/xf}$
Young's modulus: Embedded part (lateral: x-z)	30000000		$E_{p/x}$
Young's modulus: Free-standing part (lateral: y-z)		0	$E_{p/yf}$
Young's modulus: Embedded part (lateral: y-z)	30000000		$E_{p/y}$
Piles pinned (0) to fixed (1) to pile cap		0	Fixity

Tali parametri riflettono l'andamento della rigidezza del terreno considerato attraverso una schematizzazione di terreno alla Gibson (incremento lineare della rigidezza con la profondità). È inoltre possibile fornire in input il comportamento non lineare del palo attraverso l'indicazione della massima resistenza verticale a compressione ed a trazione (valori riportati al Cap.6). A partire da questi ultimi valori è possibile modellare il comportamento non lineare della curva carico verticale – cedimento verticale e carico orizzontale – spostamento orizzontale del palo attraverso l'indicazione dei parametri di fitting  $f, g, (u_0/d)_{50}, p$ . Non essendo state realizzate prove di carico su pali si preferisce utilizzare i valori di default suggeriti dall'Autore (Randolph, 2021).

Tabella 20. Identificazione del comportamento non lineare del palo.



Vengono di seguito riportati i massimi valori di cedimento e di rotazione del plinto (nel baricentro del plinto) per tutte le combinazioni SLE e SLU.

Tabella 21. Valori di cedimenti e rotazioni calcolati per le combinazioni SLE tramite PIGLET.

ID Combinazione	Cedimenti e rotazioni del plinto					
	Cedimento verticale	Cedimento orizzontale (x)	Cedimento orizzontale (y)	Rotazione (x su z)	Rotazione (y su z)	Torsione (x su y)
	[m]	[m]	[m]	[rad]	[rad]	[rad]
RA1	0.0042	0.0003	0.0032	0.0000	0.0009	0.0000
RA12	0.0035	0.0000	0.0032	0.0000	0.0006	0.0000



**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>29</b>

RA3	0.0042	0.0005	0.0032	0.0000	0.0009	0.0000
RA4	0.0034	0.0000	0.0029	0.0000	0.0006	0.0000
RA1	0.0039	0.0000	0.0031	0.0000	0.0008	0.0000
RA4	0.0040	0.0005	0.0029	0.0000	0.0008	0.0000
RA7	0.0035	0.0000	0.0032	0.0000	0.0006	0.0000
RA11	0.0040	0.0005	0.0029	0.0000	0.0008	0.0000
RA5	0.0042	0.0003	0.0032	0.0000	0.0009	0.0000
RA6	0.0034	0.0000	0.0029	0.0000	0.0006	0.0000
RA4	0.0034	0.0000	0.0029	0.0000	0.0006	0.0000
RA3	0.0042	0.0005	0.0032	0.0000	0.0009	0.0000
FR1	0.0040	0.0002	0.0030	0.0000	0.0008	0.0000
FR12	0.0034	0.0000	0.0030	0.0000	0.0006	0.0000
FR3	0.0039	0.0004	0.0030	0.0000	0.0008	0.0000
FR4	0.0034	0.0000	0.0028	0.0000	0.0005	0.0000
FR1	0.0037	0.0000	0.0030	0.0000	0.0007	0.0000
FR4	0.0038	0.0004	0.0027	0.0000	0.0007	0.0000
FR7	0.0035	0.0000	0.0030	0.0000	0.0006	0.0000
FR11	0.0038	0.0004	0.0027	0.0000	0.0007	0.0000
FR5	0.0040	0.0002	0.0030	0.0000	0.0008	0.0000
FR6	0.0034	0.0000	0.0028	0.0000	0.0005	0.0000
FR4	0.0034	0.0000	0.0028	0.0000	0.0005	0.0000
FR3	0.0039	0.0004	0.0030	0.0000	0.0008	0.0000
QP12	0.0033	0.0000	0.0025	0.0000	0.0005	0.0000
QP11	0.0033	0.0000	0.0023	0.0000	0.0005	0.0000
QP12	0.0033	0.0000	0.0025	0.0000	0.0005	0.0000
QP2	0.0033	0.0000	0.0023	0.0000	0.0005	0.0000
QP12	0.0033	0.0000	0.0025	0.0000	0.0005	0.0000
QP2	0.0033	0.0000	0.0023	0.0000	0.0005	0.0000
QP12	0.0033	0.0000	0.0025	0.0000	0.0005	0.0000
QP2	0.0033	0.0000	0.0023	0.0000	0.0005	0.0000
QP12	0.0033	0.0000	0.0025	0.0000	0.0005	0.0000
QP2	0.0033	0.0000	0.0023	0.0000	0.0005	0.0000
QP12	0.0033	0.0000	0.0025	0.0000	0.0005	0.0000
SLU6	0.0123	0.0004	0.0048	0.0000	0.0041	0.0000
SLU24	0.0036	0.0000	0.0034	0.0000	0.0007	0.0000
SLU3	0.0083	0.0008	0.0048	0.0001	0.0023	0.0000
SLU14	0.0034	0.0000	0.0031	0.0000	0.0006	0.0000
SLU6	0.0070	0.0000	0.0048	0.0000	0.0018	0.0000
SLU14	0.0047	0.0008	0.0035	0.0000	0.0011	0.0000
SLU10	0.0083	0.0008	0.0048	0.0001	0.0023	0.0000
SLU14	0.0034	0.0000	0.0031	0.0000	0.0006	0.0000
SLU7	0.0123	0.0004	0.0048	0.0000	0.0041	0.0000
SLU15	0.0034	0.0000	0.0031	0.0000	0.0006	0.0000
SLU14	0.0034	0.0000	0.0031	0.0000	0.0006	0.0000
SLU15	0.0047	0.0008	0.0035	0.0000	0.0011	0.0000
SLV5	0.0045	0.0013	0.0038	0.0000	0.0010	0.0000
SLV6	0.0029	0.0013	0.0038	0.0000	0.0005	0.0000
SLV3	0.0039	0.0044	0.0038	0.0001	0.0008	-0.0001
SLV6	0.0029	0.0013	0.0038	0.0000	0.0005	0.0000
SLV1	0.0051	0.0013	0.0069	0.0000	0.0015	0.0000

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	30

SLV6	0.0035	0.0044	0.0038	0.0001	0.0006	-0.0001
SLV1	0.0051	0.0013	0.0069	0.0000	0.0015	0.0000
SLV6	0.0029	0.0013	0.0038	0.0000	0.0005	0.0000
SLV1	0.0051	0.0013	0.0069	0.0000	0.0015	0.0000
SLV4	0.0029	0.0013	0.0038	0.0000	0.0005	0.0000
SLV5	0.0045	0.0013	0.0038	0.0000	0.0010	0.0000
SLV4	0.0035	0.0044	0.0038	0.0001	0.0006	-0.0001

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

### 9.2.3 Diagrammi del momento e taglio per verifiche a fessurazione del palo.

Al fine delle verifiche a fessurazione del palo, non oggetto della presente relazione, è infine riportato il diagramma del momento e del taglio lungo il palo più caricato a taglio.

$$H_{\max, \text{singolo palo}} = 829 \text{ kN}$$

La distribuzione dei momenti e dei tagli lungo il palo è avvenuta tramite la teoria di Matlock e Reese (1960) facendo l'ipotesi cautelativa di palo impedito di ruotare in testa. Viene di seguito riportato l'andamento delle rigidezze all'interfaccia terreno-palo di fondazione necessarie per il calcolo dei momenti e tagli. Ulteriori dettagli circa il calcolo di  $k_h$  ed  $n_h$  sono forniti in relazione geotecnica.

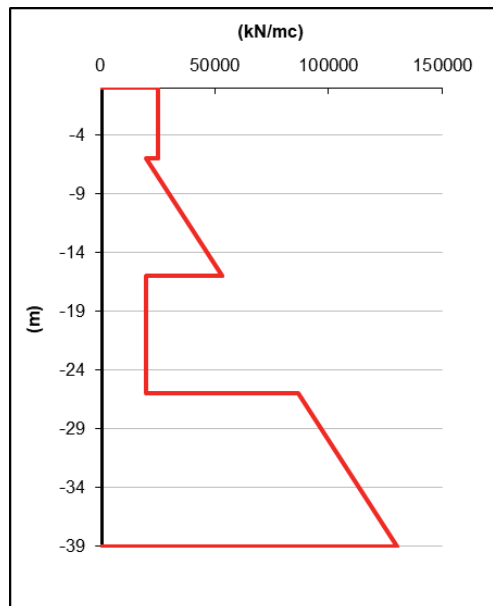


Figura 10. Rigidezze all'interfaccia terreno-palo

Vengono infine mostrati i diagrammi del taglio e del momento lungo lo sviluppo del palo dal quale è possibile dedurre che il valore di  $\alpha$  (Med/Ved a quota testa palo) è pari a 2.71.

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>31</b>

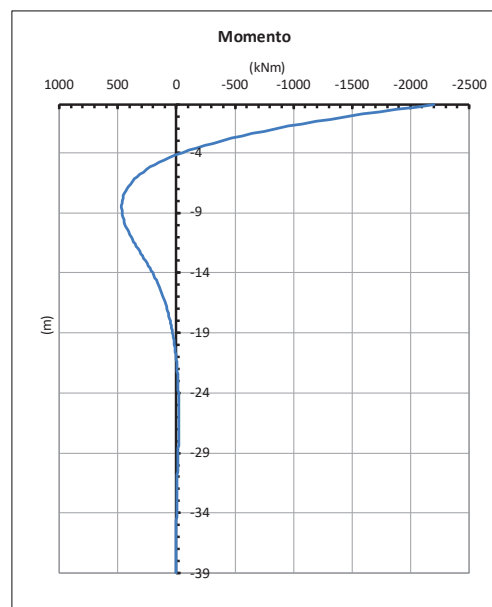
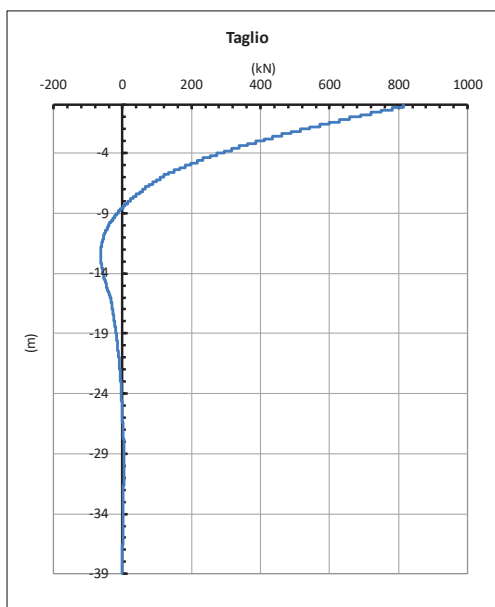


Figura 11. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock e Reese.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.S.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>32</b>

## 10. VERIFICHE STRUTTURALI PALI SLU/SLE

Le verifiche strutturali dei pali sono state eseguite in corrispondenza di quello più svantaggiato, per ogni tipologia di pala, ovvero quello sul quale si ha il valore minimo di sforzo normale.

Di seguito vengono riportati, per le diverse tipologie di pile individuate, i valori degli sforzi assiali sollecitanti i vari pali costituenti la palificata con l'indicazione del taglio sollecitante i pali stessi (banalmente ottenuto dividendo il taglio totale sul numero di pali) e del momento sollecitante la quota testa palo ottenuto dalla teoria di Matlock e Reese:

- Spalla 1

Tabella 22. Distribuzione sui singoli pali delle azioni SLU/SLV

Ripartizione delle azioni SLU sui pali della palificata											
Combinazione		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	H <sub>max</sub> , singolo palo	M <sub>max</sub> , singolo palo
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Nvert Max	SLU6	9453	9592	9730	9868	1127	1265	1403	1542	1353	3667
Nvert Min	SLU22	5628	5640	5651	5663	1433	1445	1456	1468	820	2221
Vtrasv Max	SLU3	8564	8794	9023	9253	1030	1259	1488	1718	1364	3696
Vtrasv Min	SLU16	5663	5652	5640	5628	1468	1457	1445	1433	820	2221
Mtrasv Max	SLU7	9134	9078	9022	8967	1552	1496	1441	1385	1323	3587
Mtrasv Min	SLU14	7101	7331	7560	7789	243	473	702	931	1047	2838
Vlong Max	SLU7	9933	10022	10111	10200	683	772	861	950	1496	4054
Vlong Min	SLU14	5613	5613	5613	5613	1483	1483	1483	1483	811	2196
Mlong Max	SLU9	9933	10022	10111	10200	683	772	861	950	1496	4054
Mlong Min	SLU15	5613	5613	5613	5613	1483	1483	1483	1483	811	2196
Mtorc Max	SLU22	5628	5640	5651	5663	1433	1445	1456	1468	820	2221
Mtorc Min	SLU24	7670	7615	7559	7503	765	710	654	598	1004	2722
Nvert Max	SLV5	6543	6840	7137	7434	693	990	1287	1584	1111	3012
Nvert Min	SLV6	5115	5412	5709	6006	59	356	653	950	1111	3012
Vtrasv Max	SLV3	5004	5994	6984	7974	-569	421	1412	2402	1484	4021
Vtrasv Min	SLV6	5115	5412	5709	6006	59	356	653	950	1111	3012
Mtrasv Max	SLV1	8100	8397	8694	8991	-1585	-1288	-991	-694	2033	5509
Mtrasv Min	SLV6	4575	5565	6556	7546	-759	231	1222	2212	1484	4021
Vlong Max	SLV1	8100	8397	8694	8991	-1585	-1288	-991	-694	2033	5509
Vlong Min	SLV6	5115	5412	5709	6006	59	356	653	950	1111	3012
Mlong Max	SLV1	8100	8397	8694	8991	-1585	-1288	-991	-694	2033	5509
Mlong Min	SLV4	5115	5412	5709	6006	59	356	653	950	1111	3012
Mtorc Max	SLV5	6543	6840	7137	7434	693	990	1287	1584	1111	3012
Mtorc Min	SLV4	4575	5565	6556	7546	-759	231	1222	2212	1484	4021

Si riportano, per dovere di sintesi, il diagramma del taglio e del momento sollecitante, calcolati secondo la teoria di Matlock e Reese, per la combinazione SLU/SLV che genera il massimo taglio sollecitante sul palo singolo:

**Relazione di calcolo Pali di fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>33</b>

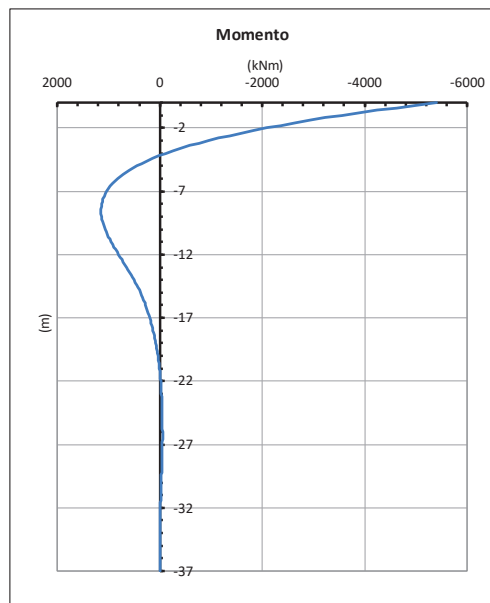
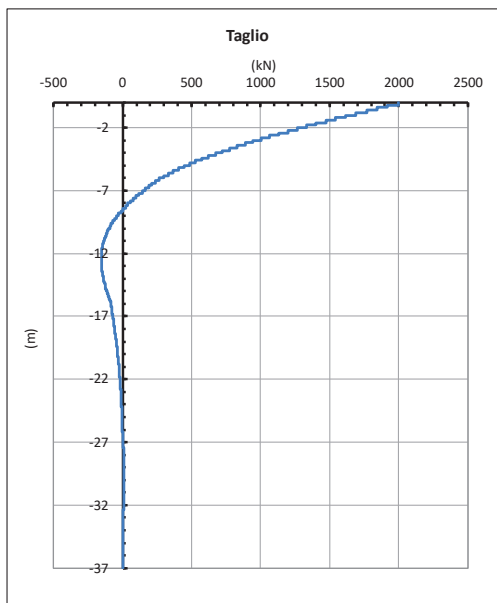


Figura 12. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock – SLU/SLV.

Tabella 23. Distribuzione sui singoli pali delle azioni SLE

Ripartizione delle azioni SLE sui pali della palificata											
Combinazione		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	H <sub>max</sub> , singolo palo	M <sub>max</sub> , singolo palo
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
Nvert Max	RA1	6878	6973	7068	7164	626	722	817	912	968	2623
Nvert Min	RA9	5737	5737	5736	5736	1360	1360	1360	1360	818	2217
Vtrasv Max	RA3	6746	6904	7062	7220	511	669	827	985	978	2650
Vtrasv Min	RA4	5524	5516	5508	5500	1597	1589	1581	1573	756	2048
Mtrasv Max	RA7	6599	6561	6522	6484	980	941	903	864	931	2522
Mtrasv Min	RA6	6476	6634	6792	6950	781	939	1097	1255	904	2449
Vlong Max	RA7	6935	7054	7173	7293	431	550	669	788	1014	2747
Vlong Min	RA6	5500	5508	5515	5523	1573	1581	1589	1596	756	2048
Mlong Max	RA12	6935	7054	7173	7293	431	550	669	788	1014	2747
Mlong Min	RA11	5500	5508	5515	5523	1573	1581	1589	1596	756	2048
Mtorc Max	RA6	5500	5508	5515	5523	1573	1581	1589	1596	756	2048
Mtorc Min	RA12	6599	6561	6522	6484	980	941	903	864	931	2522
Nvert Max	FR1	6507	6578	6650	6721	896	967	1038	1110	891	2415
Nvert Min	FR9	5606	5606	5606	5606	1491	1491	1490	1490	767	2079
Vtrasv Max	FR3	6408	6526	6645	6763	809	927	1046	1164	898	2435
Vtrasv Min	FR4	5446	5440	5434	5428	1668	1662	1656	1650	720	1952
Mtrasv Max	FR7	6298	6269	6240	6211	1160	1132	1103	1074	864	2341
Mtrasv Min	FR6	6160	6279	6397	6516	1056	1175	1293	1412	830	2250
Vlong Max	FR7	6550	6639	6728	6818	749	838	928	1017	926	2509
Vlong Min	FR6	5429	5434	5440	5446	1651	1656	1662	1668	720	1952
Mlong Max	FR12	6550	6639	6728	6818	749	838	928	1017	926	2509
Mlong Min	FR11	5429	5434	5440	5446	1651	1656	1662	1668	720	1952
Mtorc Max	FR6	5429	5434	5440	5446	1651	1656	1662	1668	720	1952
Mtorc Min	FR12	6298	6269	6240	6211	1160	1132	1103	1074	864	2341
Nvert Max	QP12	5394	5394	5393	5393	1703	1703	1703	1703	664	1798
Nvert Min	QP11	5214	5214	5214	5213	1883	1883	1883	1882	614	1664
Vtrasv Max	QP12	5394	5394	5393	5393	1703	1703	1703	1703	664	1798
Vtrasv Min	QP2	5214	5214	5214	5213	1883	1883	1883	1882	614	1664
Mtrasv Max	QP12	5394	5394	5393	5393	1703	1703	1703	1703	664	1798
Mtrasv Min	QP2	5214	5214	5214	5213	1883	1883	1883	1882	614	1664
Vlong Max	QP12	5394	5394	5393	5393	1703	1703	1703	1703	664	1798

**Relazione di calcolo Pali di fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	34

Vlong Min	QP2	5214	5214	5214	5213	1883	1883	1883	1882	614	1664
Mlong Max	QP12	5394	5394	5393	5393	1703	1703	1703	1703	664	1798
Mlong Min	QP2	5214	5214	5214	5213	1883	1883	1883	1882	614	1664
Mtorc Max	QP2	5214	5214	5214	5213	1883	1883	1883	1882	614	1664
Mtorc Min	QP12	5394	5394	5393	5393	1703	1703	1703	1703	664	1798

Si riportano, per dovere di sintesi, il diagramma del taglio e del momento sollecitante, calcolati secondo la teoria di Matlock e Reese, per la combinazione SLE che genera il massimo taglio sollecitante sul palo singolo:

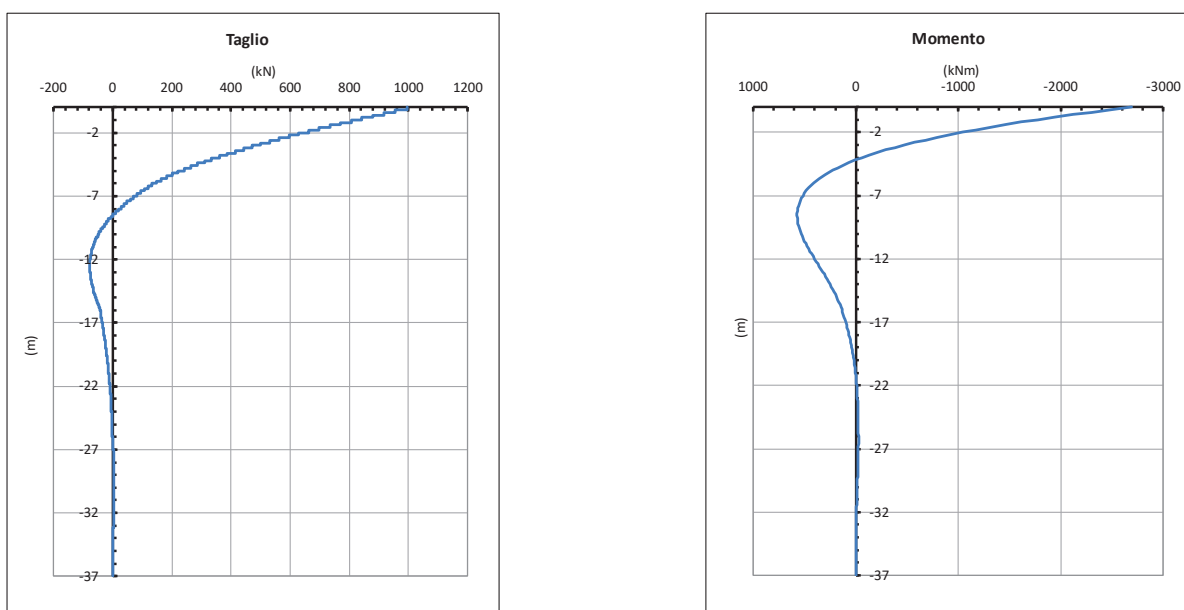


Figura 13. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock – SLE.

- Spalla 2

Tabella 24. Distribuzione sui singoli pali delle azioni SLU/SLV

Ripartizione delle azioni SLU sui pali della palificata											
Combinazione		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	H <sub>max</sub> , singolo palo	M <sub>max</sub> , singolo palo
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Nvert Max	SLU6	8983	9114	9244	9375	1619	1749	1880	2010	1220	3307
Nvert Min	SLU24	5856	5856	5857	5857	1238	1238	1239	1239	878	2380
Vtrasv Max	SLU3	7974	8260	8546	8833	1448	1735	2021	2307	1231	3336
Vtrasv Min	SLU14	5611	5612	5612	5612	1483	1483	1483	1484	811	2197
Mtrasv Max	SLU6	8101	8003	7905	7807	2061	1963	1865	1767	1216	3294
Mtrasv Min	SLU14	6511	6797	7083	7369	662	948	1234	1521	917	2485
Vlong Max	SLU10	7974	8260	8546	8833	1448	1735	2021	2307	1231	3336
Vlong Min	SLU14	5611	5612	5612	5612	1483	1483	1483	1484	811	2197
Mlong Max	SLU7	8983	9114	9244	9375	1619	1749	1880	2010	1220	3307
Mlong Min	SLU15	5611	5612	5612	5612	1483	1483	1483	1484	811	2197
Mtorc Max	SLU14	5611	5612	5612	5612	1483	1483	1483	1484	811	2197
Mtorc Min	SLU15	6511	6797	7083	7369	662	948	1234	1521	917	2485
Nvert Max	SLV5	6208	6506	6803	7101	1025	1322	1620	1917	1022	2769
Nvert Min	SLV6	4781	5078	5376	5673	391	689	986	1284	1022	2769

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>35</b>

Vtrasv Max	SLV3	4669	5660	6650	7641	-237	754	1745	2735	1418	3843
Vtrasv Min	SLV6	4781	5078	5376	5673	391	689	986	1284	1022	2769
Mtrasv Max	SLV1	6989	7287	7584	7882	-477	-180	118	415	1726	4676
Mtrasv Min	SLV6	4241	5231	6222	7213	-427	564	1555	2545	1418	3843
Vlong Max	SLV1	6989	7287	7584	7882	-477	-180	118	415	1726	4676
Vlong Min	SLV6	4781	5078	5376	5673	391	689	986	1284	1022	2769
Mlong Max	SLV1	6989	7287	7584	7882	-477	-180	118	415	1726	4676
Mlong Min	SLV4	4781	5078	5376	5673	391	689	986	1284	1022	2769
Mtorc Max	SLV5	6208	6506	6803	7101	1025	1322	1620	1917	1022	2769
Mtorc Min	SLV4	4241	5231	6222	7213	-427	564	1555	2545	1418	3843

Si riportano, per dovere di sintesi, il diagramma del taglio e del momento sollecitante, calcolati secondo la teoria di Matlock e Reese, per la combinazione SLU/SLV che genera il massimo taglio sollecitante sul palo singolo:

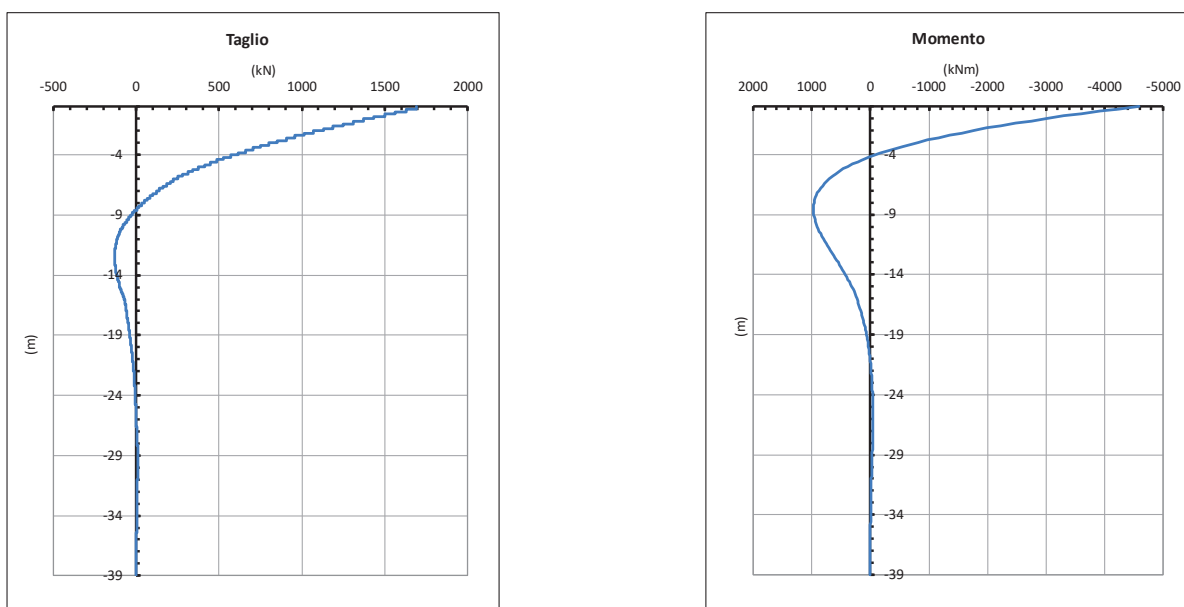


Figura 14. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock – SLU/SLV.

Tabella 25. Distribuzione sui singoli pali delle azioni SLE

Ripartizione delle azioni SLE sui pali della palificata											
Combinazione	Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	H <sub>max</sub> ,	M <sub>max</sub> ,	
									singolo palo	singolo palo	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	
Nvert Max	RA1	6355	6445	6535	6625	1164	1254	1344	1433	821	2226
Nvert Min	RA12	5734	5735	5735	5736	1359	1360	1360	1361	818	2217
Vtrasv Max	RA3	6130	6327	6524	6722	1008	1205	1403	1600	829	2247
Vtrasv Min	RA4	5501	5507	5514	5520	1575	1582	1588	1594	756	2048
Mtrasv Max	RA1	6208	6144	6080	6016	1446	1382	1318	1254	812	2200
Mtrasv Min	RA4	5860	6057	6255	6452	1277	1475	1672	1869	755	2047
Vlong Max	RA7	5734	5735	5735	5736	1359	1360	1360	1361	818	2217
Vlong Min	RA11	5860	6057	6255	6452	1277	1475	1672	1869	755	2047
Mlong Max	RA5	6355	6445	6535	6625	1164	1254	1344	1433	821	2226
Mlong Min	RA6	5501	5507	5514	5520	1575	1582	1588	1594	756	2048
Mtorc Max	RA4	5501	5507	5514	5520	1575	1582	1588	1594	756	2048
Mtorc Min	RA3	6130	6327	6524	6722	1008	1205	1403	1600	829	2247
Nvert Max	FR1	6114	6182	6249	6317	1298	1366	1433	1501	781	2118
Nvert Min	FR12	5604	5604	5604	5605	1490	1491	1491	1491	767	2079
Vtrasv Max	FR3	5945	6093	6241	6389	1181	1329	1478	1626	786	2130
Vtrasv Min	FR4	5429	5434	5438	5443	1652	1657	1661	1666	720	1952

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>36</b>

Mtrasv Max	FR1	6004	5956	5908	5860	1510	1462	1414	1367	775	2100
Mtrasv Min	FR4	5698	5846	5994	6142	1428	1576	1725	1873	718	1946
Vlong Max	FR7	5649	5649	5649	5650	1445	1446	1446	1446	779	2112
Vlong Min	FR11	5698	5846	5994	6142	1428	1576	1725	1873	718	1946
Mlong Max	FR5	6114	6182	6249	6317	1298	1366	1433	1501	781	2118
Mlong Min	FR6	5429	5434	5438	5443	1652	1657	1661	1666	720	1952
Mtorc Max	FR4	5429	5434	5438	5443	1652	1657	1661	1666	720	1952
Mtorc Min	FR3	5945	6093	6241	6389	1181	1329	1478	1626	786	2130
Nvert Max	QP12	5391	5392	5392	5393	1702	1703	1703	1704	664	1798
Nvert Min	QP11	5212	5212	5213	5213	1882	1882	1883	1883	614	1664
Vtrasv Max	QP12	5391	5392	5392	5393	1702	1703	1703	1704	664	1798
Vtrasv Min	QP2	5212	5212	5213	5213	1882	1882	1883	1883	614	1664
Mtrasv Max	QP12	5391	5392	5392	5393	1702	1703	1703	1704	664	1798
Mtrasv Min	QP2	5212	5212	5213	5213	1882	1882	1883	1883	614	1664
Vlong Max	QP12	5391	5392	5392	5393	1702	1703	1703	1704	664	1798
Vlong Min	QP2	5212	5212	5213	5213	1882	1882	1883	1883	614	1664
Mlong Max	QP12	5391	5392	5392	5393	1702	1703	1703	1704	664	1798
Mlong Min	QP2	5212	5212	5213	5213	1882	1882	1883	1883	614	1664
Mtorc Max	QP2	5212	5212	5213	5213	1882	1882	1883	1883	614	1664
Mtorc Min	QP12	5391	5392	5392	5393	1702	1703	1703	1704	664	1798

Si riportano, per dovere di sintesi, il diagramma del taglio e del momento sollecitante, calcolati secondo la teoria di Matlock e Reese, per la combinazione SLE che genera il massimo taglio sollecitante sul palo singolo:

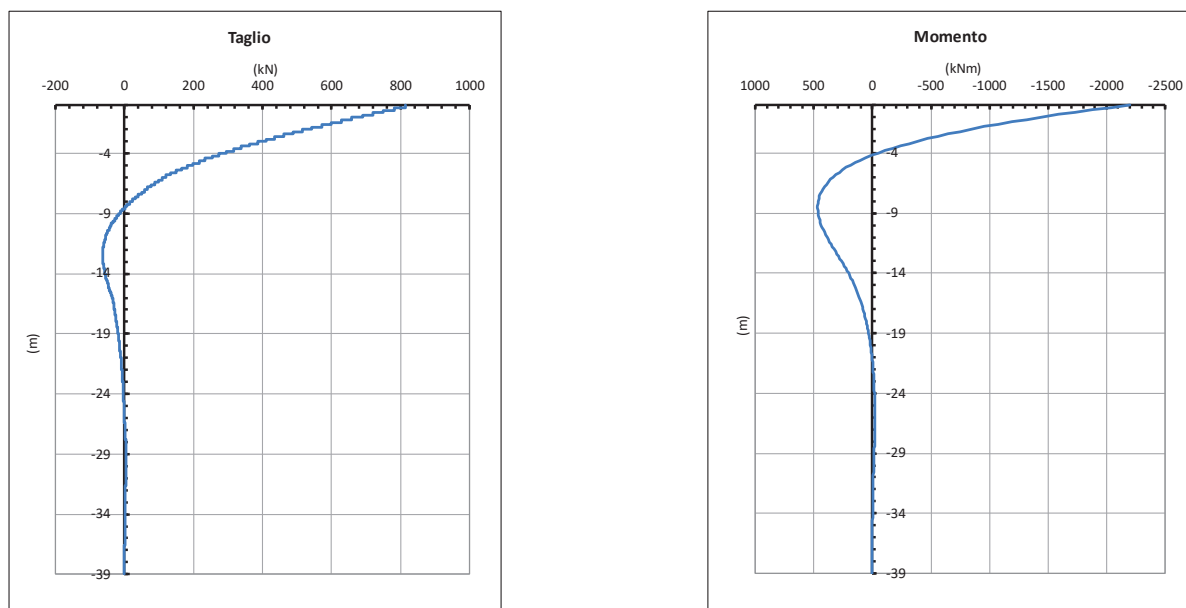


Figura 15. Diagramma del taglio e del momento secondo la teoria di Matlock – SLE.

Sulla base di quanto descritto sopra in questo capitolo, sono state eseguite le verifiche strutturali per il Palo n°5 della Spalla 01 della Spalla 02.

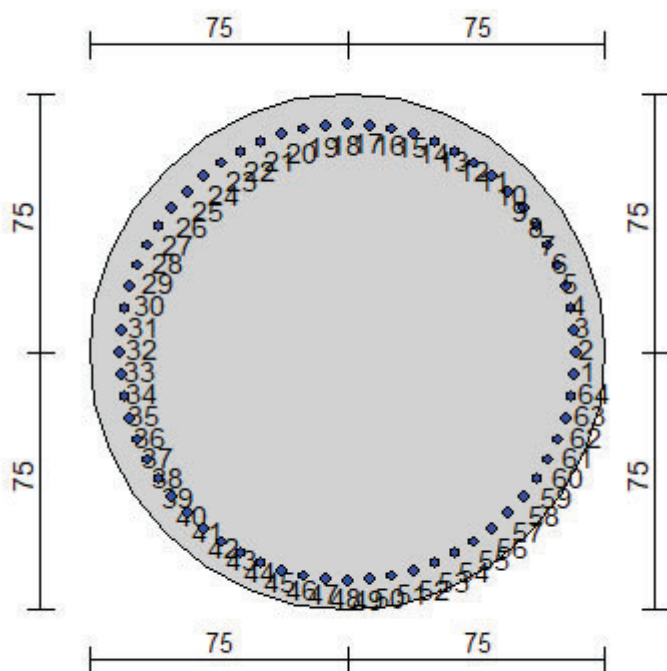
Nei paragrafi successivi si riportano i risultati delle verifiche strutturali per i pali appena citati.



**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	37

**10.1 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

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>38</b>

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	141.0	81.5	6.16	no
3	140.0	87.9	6.16	no
4	138.4	94.2	6.16	no
5	136.3	100.4	6.16	no
6	133.5	106.3	6.16	no
7	130.1	111.8	6.16	no
8	126.3	117.1	6.16	no
9	121.9	121.9	6.16	no
10	117.1	126.3	6.16	no
11	111.8	130.1	6.16	no
12	106.3	133.5	6.16	no
13	100.4	136.3	6.16	no
14	94.2	138.4	6.16	no
15	87.9	140.0	6.16	no
16	81.5	141.0	6.16	no
17	75.0	141.3	6.16	no
18	68.5	141.0	6.16	no
19	62.1	140.0	6.16	no
20	55.8	138.4	6.16	no
21	49.6	136.3	6.16	no
22	43.7	133.5	6.16	no
23	38.2	130.1	6.16	no
24	32.9	126.3	6.16	no
25	28.1	121.9	6.16	no
26	23.7	117.1	6.16	no
27	19.9	111.8	6.16	no
28	16.5	106.3	6.16	no
29	13.7	100.4	6.16	no
30	11.6	94.2	6.16	no
31	10.0	87.9	6.16	no
32	9.0	81.5	6.16	no
33	8.7	75.0	6.16	no
34	9.0	68.5	6.16	no
35	10.0	62.1	6.16	no
36	11.6	55.8	6.16	no
37	13.7	49.6	6.16	no
38	16.5	43.7	6.16	no
39	19.9	38.2	6.16	no
40	23.7	32.9	6.16	no
41	28.1	28.1	6.16	no
42	32.9	23.7	6.16	no
43	38.2	19.9	6.16	no
44	43.7	16.5	6.16	no
45	49.6	13.7	6.16	no
46	55.8	11.6	6.16	no
47	62.1	10.0	6.16	no
48	68.5	9.0	6.16	no
49	75.0	8.7	6.16	no
50	81.5	9.0	6.16	no
51	87.9	10.0	6.16	no
52	94.2	11.6	6.16	no
53	100.4	13.7	6.16	no
54	106.3	16.5	6.16	no
55	111.8	19.9	6.16	no
56	117.1	23.7	6.16	no

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo Pali di fondazione</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	39

57	121.9	28.1	6.16	no
58	126.3	32.9	6.16	no
59	130.1	38.2	6.16	no
60	133.5	43.7	6.16	no
61	136.3	49.6	6.16	no
62	138.4	55.8	6.16	no
63	140.0	62.1	6.16	no
64	141.0	68.5	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/cm<sup>2</sup>

fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249.00 daN/cm<sup>2</sup>

fcd = 141.10 daN/cm<sup>2</sup> ( $\alpha_{cc} = 0.85$ ;  $\gamma_c = 1.50$ )

fctm (resistenza a trazione media) = 25.58 daN/cm<sup>2</sup>

G (modulo di elasticità tangenziale) = 140389 daN/cm<sup>2</sup>

E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314472 daN/cm<sup>2</sup>

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/cm<sup>2</sup>

fyd = 3913 daN/cm<sup>2</sup> ( $\gamma_a = 1.15$ )

fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>

$\epsilon_{uk}$  (deformazione di rottura) = 0.075

G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cm<sup>2</sup>

E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm<sup>2</sup>

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 = -15420.6 kN
asse N + (Mx = 0, My = 0)	Nu = 40194.8 kN
asse Mx + (N = 0, My = 0)	Mxu = 8057.0 kN m
asse Mx - (N = 0, My = 0)	Mxu = -8057.0 kN m
asse My + (N = 0, Mx = 0)	Myu = 8057.0 kN m
asse My - (N = 0, Mx = 0)	Myu = -8057.0 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)

**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>40</b>

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	1127.0	3667.0	0.0	P	2703.9	8797.9	0.0	0.350	0.567	0.420	Ok
				M	32708.3	3665.2	0.0	0.338	0.035	0.030	Ok
				N	1127.0	8391.9	0.0	0.350	0.660	0.440	Ok
2	1433.0	2221.0	0.0	P	6071.7	9410.5	0.0	0.350	0.415	0.240	Ok
				M	35694.2	2219.0	0.0	0.296	0.085	0.040	Ok
				N	1433.0	8475.1	0.0	0.350	0.640	0.260	Ok
3	1030.0	3696.0	0.0	P	2434.2	8734.6	0.0	0.350	0.581	0.420	Ok
				M	32648.2	3694.3	0.0	0.339	0.034	0.030	Ok
				N	1030.0	8365.3	0.0	0.350	0.666	0.440	Ok
4	1468.0	2221.0	0.0	P	6232.1	9428.9	0.0	0.350	0.410	0.240	Ok
				M	35694.2	2219.0	0.0	0.296	0.085	0.040	Ok
				N	1468.0	8484.6	0.0	0.350	0.638	0.260	Ok
5	1552.0	3587.0	0.0	P	3918.4	9056.3	0.0	0.350	0.505	0.400	Ok
				M	32874.0	3585.1	0.0	0.336	0.037	0.050	Ok
				N	1552.0	8507.2	0.0	0.350	0.633	0.420	Ok
6	243.0	2838.0	0.0	P	708.4	8273.3	0.0	0.350	0.688	0.340	Ok
				M	34421.6	2836.0	0.0	0.315	0.062	0.010	Ok
				N	243.0	8131.7	0.0	0.350	0.722	0.350	Ok
7	683.0	4054.0	0.0	P	1427.6	8473.6	0.0	0.350	0.641	0.480	Ok
				M	31907.3	4052.4	0.0	0.348	0.023	0.020	Ok
				N	683.0	8265.7	0.0	0.350	0.690	0.490	Ok
8	1483.0	2196.0	0.0	P	6378.7	9445.5	0.0	0.350	0.404	0.230	Ok
				M	35745.6	2194.1	0.0	0.296	0.086	0.040	Ok
				N	1483.0	8488.6	0.0	0.350	0.637	0.260	Ok
9	683.0	4054.0	0.0	P	1427.6	8473.6	0.0	0.350	0.641	0.480	Ok
				M	31907.3	4052.4	0.0	0.348	0.023	0.020	Ok
				N	683.0	8265.7	0.0	0.350	0.690	0.490	Ok
10	1483.0	2196.0	0.0	P	6378.7	9445.5	0.0	0.350	0.404	0.230	Ok
				M	35745.6	2194.1	0.0	0.296	0.086	0.040	Ok
				N	1483.0	8488.6	0.0	0.350	0.637	0.260	Ok
11	1433.0	2221.0	0.0	P	6071.7	9410.5	0.0	0.350	0.415	0.240	Ok
				M	35694.2	2219.0	0.0	0.296	0.085	0.040	Ok
				N	1433.0	8475.1	0.0	0.350	0.640	0.260	Ok
12	765.0	2722.0	0.0	P	2456.3	8739.9	0.0	0.350	0.580	0.310	Ok
				M	34661.0	2720.0	0.0	0.312	0.066	0.020	Ok
				N	765.0	8290.4	0.0	0.350	0.684	0.330	Ok
13	693.0	3012.0	0.0	P	1984.0	8622.9	0.0	0.350	0.607	0.350	Ok
				M	34061.7	3010.3	0.0	0.320	0.056	0.020	Ok
				N	693.0	8268.7	0.0	0.350	0.689	0.360	Ok
14	59.0	3012.0	0.0	P	158.8	8105.9	0.0	0.350	0.728	0.370	Ok
				M	34061.7	3010.3	0.0	0.320	0.056	0.000	Ok
				N	59.0	8075.2	0.0	0.350	0.736	0.370	Ok
15	-569.0	4021.0	0.0	P	-1088.8	7694.4	0.0	0.350	0.829	0.520	Ok
				M	-9009.8	4026.5	0.0	0.350	2.293	0.060	Ok
				N	-569.0	7874.7	0.0	0.350	0.784	0.510	Ok
16	59.0	3012.0	0.0	P	158.8	8105.9	0.0	0.350	0.728	0.370	Ok
				M	34061.7	3010.3	0.0	0.320	0.056	0.000	Ok
				N	59.0	8075.2	0.0	0.350	0.736	0.370	Ok
17	-1585.0	5509.0	0.0	P	-2107.9	7326.5	0.0	0.350	0.927	0.750	Ok
				M	-6246.3	5510.9	0.0	0.350	1.546	0.250	Ok
				N	-1585.0	7520.3	0.0	0.350	0.874	0.730	Ok
18	-759.0	4021.0	0.0	P	-1429.8	7574.9	0.0	0.350	0.860	0.530	Ok
				M	-9009.8	4026.5	0.0	0.350	2.293	0.080	Ok
				N	-759.0	7809.1	0.0	0.350	0.801	0.510	Ok
19	-1585.0	5509.0	0.0	P	-2107.9	7326.5	0.0	0.350	0.927	0.750	Ok
				M	-6246.3	5510.9	0.0	0.350	1.546	0.250	Ok
				N	-1585.0	7520.3	0.0	0.350	0.874	0.730	Ok
20	59.0	3012.0	0.0	P	158.8	8105.9	0.0	0.350	0.728	0.370	Ok
				M	34061.7	3010.3	0.0	0.320	0.056	0.000	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	09	03	005	C	41

				N	59.0	8075.2	0.0	0.350	0.736	0.370	Ok
21	-1585.0	5509.0	0.0	P	-2107.9	7326.5	0.0	0.350	0.927	0.750	Ok
				M	-6246.3	5510.9	0.0	0.350	1.546	0.250	Ok
				N	-1585.0	7520.3	0.0	0.350	0.874	0.730	Ok
22	59.0	3012.0	0.0	P	158.8	8105.9	0.0	0.350	0.728	0.370	Ok
				M	34061.7	3010.3	0.0	0.320	0.056	0.000	Ok
				N	59.0	8075.2	0.0	0.350	0.736	0.370	Ok
23	693.0	3012.0	0.0	P	1984.0	8622.9	0.0	0.350	0.607	0.350	Ok
				M	34061.7	3010.3	0.0	0.320	0.056	0.020	Ok
				N	693.0	8268.7	0.0	0.350	0.689	0.360	Ok
24	-759.0	4021.0	0.0	P	-1429.8	7574.9	0.0	0.350	0.860	0.530	Ok
				M	-9009.8	4026.5	0.0	0.350	2.293	0.080	Ok
				N	-759.0	7809.1	0.0	0.350	0.801	0.510	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	%	%		
17	-1585.0	5509.0	0.0	P	-2107.9	7326.5	0.0	0.350	0.927	0.750	Ok
17	-1585.0	5509.0	0.0	M	-6246.3	5510.9	0.0	0.350	1.546	0.250	Ok
17	-1585.0	5509.0	0.0	N	-1585.0	7520.3	0.0	0.350	0.874	0.730	Ok

**Verifiche taglio-torsione**

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

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

Staffe = Ø 12 / 10.0, 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

**Verifiche cmb. SLU**

Cmb	Vx	Vy	T	N	α c	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	1353.00	0.00	0.00	1127.00	1.045	2.50	<b>0.5375</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.5375	0.0000	0.0000	0.5375	
	3906.09	3906.09	1793.33	0.3464	0.0000	0.0000	0.3464	
2 SLU	820.00	0.00	0.00	1433.00	1.058	2.50	<b>0.3258</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.3258	0.0000	0.0000	0.3258	
	3952.24	3952.24	1793.33	0.2075	0.0000	0.0000	0.2075	
3 SLU	1364.00	0.00	0.00	1030.00	1.042	2.50	<b>0.5419</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.5419	0.0000	0.0000	0.5419	
	3891.46	3891.46	1793.33	0.3505	0.0000	0.0000	0.3505	
4 SLU	820.00	0.00	0.00	1468.00	1.059	2.50	<b>0.3258</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.3258	0.0000	0.0000	0.3258	
	3957.52	3957.52	1793.33	0.2072	0.0000	0.0000	0.2072	
5 SLU	1323.00	0.00	0.00	1552.00	1.063	2.50	<b>0.5256</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.5256	0.0000	0.0000	0.5256	
	3970.19	3970.19	1793.33	0.3332	0.0000	0.0000	0.3332	
6 SLU	1047.00	0.00	0.00	243.00	1.010	2.50	<b>0.4159</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.4159	0.0000	0.0000	0.4159	
	3772.78	3772.78	1793.33	0.2775	0.0000	0.0000	0.2775	
7 SLU	1496.00	0.00	0.00	683.00	1.028	2.50	<b>0.5943</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.5943	0.0000	0.0000	0.5943	
	3839.13	3839.13	1793.33	0.3897	0.0000	0.0000	0.3897	
8 SLU	811.00	0.00	0.00	1483.00	1.060	2.50	<b>0.3222</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.3222	0.0000	0.0000	0.3222	
	3959.78	3959.78	1793.33	0.2048	0.0000	0.0000	0.2048	
9 SLU	1496.00	0.00	0.00	683.00	1.028	2.50	<b>0.5943</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.5943	0.0000	0.0000	0.5943	

**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	42

	3839.13	3839.13	1793.33	0.3897	0.0000	0.0000	0.3897	
10 SLU	811.00	0.00	0.00	1483.00	1.060	2.50	<b>0.3222</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.3222	0.0000	0.0000	0.3222	
	3959.78	3959.78	1793.33	0.2048	0.0000	0.0000	0.2048	
11 SLU	820.00	0.00	0.00	1433.00	1.058	2.50	<b>0.3258</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.3258	0.0000	0.0000	0.3258	
	3952.24	3952.24	1793.33	0.2075	0.0000	0.0000	0.2075	
12 SLU	1004.00	0.00	0.00	765.00	1.031	2.50	<b>0.3988</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.3988	0.0000	0.0000	0.3988	
	3851.50	3851.50	1793.33	0.2607	0.0000	0.0000	0.2607	
13 SLU	1111.00	0.00	0.00	693.00	1.028	2.50	<b>0.4414</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.4414	0.0000	0.0000	0.4414	
	3840.64	3840.64	1793.33	0.2893	0.0000	0.0000	0.2893	
14 SLU	1111.00	0.00	0.00	59.00	1.002	2.50	<b>0.4414</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.4414	0.0000	0.0000	0.4414	
	3745.03	3745.03	1793.33	0.2967	0.0000	0.0000	0.2967	
15 SLU	1484.00	0.00	0.00	-569.00	1.000	2.50	<b>0.5895</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.5895	0.0000	0.0000	0.5895	
	3736.13	3736.13	1793.33	0.3972	0.0000	0.0000	0.3972	
16 SLU	1111.00	0.00	0.00	59.00	1.002	2.50	<b>0.4414</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.4414	0.0000	0.0000	0.4414	
	3745.03	3745.03	1793.33	0.2967	0.0000	0.0000	0.2967	
17 SLU	2033.00	0.00	0.00	-1585.00	1.000	2.50	<b>0.8076</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.8076	0.0000	0.0000	0.8076	
	3736.13	3736.13	1793.33	0.5441	0.0000	0.0000	0.5441	
18 SLU	1484.00	0.00	0.00	-759.00	1.000	2.50	<b>0.5895</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.5895	0.0000	0.0000	0.5895	
	3736.13	3736.13	1793.33	0.3972	0.0000	0.0000	0.3972	
19 SLU	2033.00	0.00	0.00	-1585.00	1.000	2.50	<b>0.8076</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.8076	0.0000	0.0000	0.8076	
	3736.13	3736.13	1793.33	0.5441	0.0000	0.0000	0.5441	
20 SLU	1111.00	0.00	0.00	59.00	1.002	2.50	<b>0.4414</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.4414	0.0000	0.0000	0.4414	
	3745.03	3745.03	1793.33	0.2967	0.0000	0.0000	0.2967	
21 SLU	2033.00	0.00	0.00	-1585.00	1.000	2.50	<b>0.8076</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.8076	0.0000	0.0000	0.8076	
	3736.13	3736.13	1793.33	0.5441	0.0000	0.0000	0.5441	
22 SLU	1111.00	0.00	0.00	59.00	1.002	2.50	<b>0.4414</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.4414	0.0000	0.0000	0.4414	
	3745.03	3745.03	1793.33	0.2967	0.0000	0.0000	0.2967	
23 SLU	1111.00	0.00	0.00	693.00	1.028	2.50	<b>0.4414</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.4414	0.0000	0.0000	0.4414	
	3840.64	3840.64	1793.33	0.2893	0.0000	0.0000	0.2893	
24 SLU	1484.00	0.00	0.00	-759.00	1.000	2.50	<b>0.5895</b>	Ok
	2517.25	2517.25	2185.38	0.5895	0.0000	0.0000	0.5895	
	3736.13	3736.13	1793.33	0.3972	0.0000	0.0000	0.3972	

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

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

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

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

Cmb	Mx	My	N	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	$\sigma_a$	$\sigma_a/\sigma_{aL}$	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq		
25	2623.0	0.0	626.0	7366.1	0.49	-159111.3	0.44	Ok
26	2217.0	0.0	1360.0	6403.3	0.43	-113054.2	0.31	Ok
27	2650.0	0.0	511.0	7412.1	0.50	-163976.6	0.46	Ok
28	2048.0	0.0	1597.0	5976.4	0.40	-96052.1	0.27	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	09	03	005	C	43

29	2522.0	0.0	980.0	7169.2	0.48	-143065.7	0.40	Ok
30	2449.0	0.0	781.0	6923.6	0.46	-143376.1	0.40	Ok
31	2747.0	0.0	431.0	7658.6	0.51	-172615.1	0.48	Ok
32	2048.0	0.0	1573.0	5972.2	0.40	-96633.6	0.27	Ok
33	2747.0	0.0	431.0	7658.6	0.51	-172615.1	0.48	Ok
34	2048.0	0.0	1573.0	5972.2	0.40	-96633.6	0.27	Ok
35	2048.0	0.0	1573.0	5972.2	0.40	-96633.6	0.27	Ok
36	2522.0	0.0	980.0	7169.2	0.48	-143065.7	0.40	Ok

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

Valori limite:

Fessure:  $WkL = 0.40$  mm (verifica Ok per  $Wk/WkL < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	mm		
37	2415.0	0.0	896.0	0.19	0.49	Ok
38	2079.0	0.0	1491.0	0.13	0.32	Ok
39	2435.0	0.0	809.0	0.20	0.50	Ok
40	1952.0	0.0	1668.0	0.10	0.26	Ok
41	2341.0	0.0	1160.0	0.17	0.43	Ok
42	2250.0	0.0	1056.0	0.17	0.42	Ok
43	2509.0	0.0	749.0	0.21	0.53	Ok
44	1952.0	0.0	1651.0	0.11	0.26	Ok
45	2509.0	0.0	749.0	0.21	0.53	Ok
46	1952.0	0.0	1651.0	0.11	0.26	Ok
47	1952.0	0.0	1651.0	0.11	0.26	Ok
48	2341.0	0.0	1160.0	0.17	0.43	Ok

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

Valori limite:

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

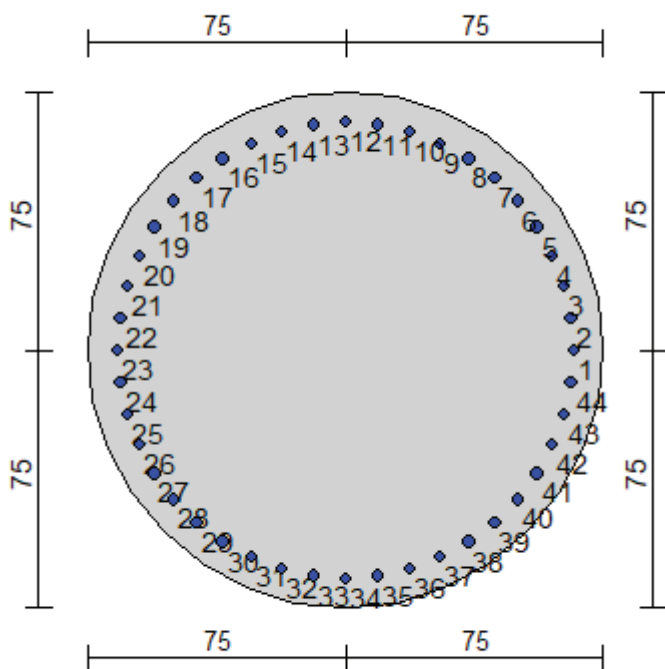
Fessure:  $WkL = 0.30$  mm (verifica Ok per  $Wk/WkL < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
49	1798.0	0.0	1703.0	5296.1	0.47	0.09	0.29	Ok
50	1664.0	0.0	1883.0	4948.1	0.44	0.07	0.22	Ok
51	1798.0	0.0	1703.0	5296.1	0.47	0.09	0.29	Ok
52	1664.0	0.0	1883.0	4948.1	0.44	0.07	0.22	Ok
53	1798.0	0.0	1703.0	5296.1	0.47	0.09	0.29	Ok
54	1664.0	0.0	1883.0	4948.1	0.44	0.07	0.22	Ok
55	1798.0	0.0	1703.0	5296.1	0.47	0.09	0.29	Ok
56	1664.0	0.0	1883.0	4948.1	0.44	0.07	0.22	Ok
57	1798.0	0.0	1703.0	5296.1	0.47	0.09	0.29	Ok
58	1664.0	0.0	1883.0	4948.1	0.44	0.07	0.22	Ok
59	1664.0	0.0	1883.0	4948.1	0.44	0.07	0.22	Ok
60	1798.0	0.0	1703.0	5296.1	0.47	0.09	0.29	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	09	03	005	C	44

**10.2 SPALLA 2**



**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



**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>45</b>

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	140.6	84.4	7.07	no
3	138.6	93.7	7.07	no
4	135.3	102.5	7.07	no
5	130.8	110.8	7.07	no
6	125.1	118.4	7.07	no
7	118.4	125.1	7.07	no
8	110.8	130.8	7.07	no
9	102.5	135.3	7.07	no
10	93.7	138.6	7.07	no
11	84.4	140.6	7.07	no
12	75.0	141.3	7.07	no
13	65.6	140.6	7.07	no
14	56.3	138.6	7.07	no
15	47.5	135.3	7.07	no
16	39.2	130.8	7.07	no
17	31.6	125.1	7.07	no
18	24.9	118.4	7.07	no
19	19.2	110.8	7.07	no
20	14.7	102.5	7.07	no
21	11.4	93.7	7.07	no
22	9.4	84.4	7.07	no
23	8.7	75.0	7.07	no
24	9.4	65.6	7.07	no
25	11.4	56.3	7.07	no
26	14.7	47.5	7.07	no
27	19.2	39.2	7.07	no
28	24.9	31.6	7.07	no
29	31.6	24.9	7.07	no
30	39.2	19.2	7.07	no
31	47.5	14.7	7.07	no
32	56.3	11.4	7.07	no
33	65.6	9.4	7.07	no
34	75.0	8.7	7.07	no
35	84.4	9.4	7.07	no
36	93.7	11.4	7.07	no
37	102.5	14.7	7.07	no
38	110.8	19.2	7.07	no
39	118.4	24.9	7.07	no
40	125.1	31.6	7.07	no
41	130.8	39.2	7.07	no
42	135.3	47.5	7.07	no
43	138.6	56.3	7.07	no
44	140.6	65.6	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/cm<sup>2</sup>

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	46

$f_{ck}$  (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249.00 daN/cm<sup>2</sup>

$f_{cd}$  = 141.10 daN/cm<sup>2</sup> ( $\alpha_{cc}$  = 0.85;  $\gamma_c$  = 1.50)

$f_{ctm}$  (resistenza a trazione media) = 25.58 daN/cm<sup>2</sup>

G (modulo di elasticità tangenziale) = 140389 daN/cm<sup>2</sup>

E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314472 daN/cm<sup>2</sup>

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**

$f_{yk}$  (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$  = 3913 daN/cm<sup>2</sup> ( $\gamma_a$  = 1.15)

$f_{kt}$  (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>

$\epsilon_{uk}$  (deformazione di rottura) = 0.075

G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cm<sup>2</sup>

E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm<sup>2</sup>

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 - ( $M_x = 0$ , $M_y = 0$ )	$N_u = -12170.3$ kN
asse N + ( $M_x = 0$ , $M_y = 0$ )	$N_u = 36944.5$ kN
asse Mx + ( $N = 0$ , $M_y = 0$ )	$M_{xu} = 6548.8$ kN m
asse Mx - ( $N = 0$ , $M_y = 0$ )	$M_{xu} = -6548.8$ kN m
asse My + ( $N = 0$ , $M_x = 0$ )	$M_{yu} = 6548.8$ kN m
asse My - ( $N = 0$ , $M_x = 0$ )	$M_{yu} = -6548.8$ 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	$\epsilon_{cls}$	$\epsilon_{acciaio}$	Sd/Su	Ver
n.	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
1	1619.0	3307.0	0.0	P	3738.6	7636.5	0.0	0.350	0.547	0.430	Ok
				M	30175.3	3305.2	0.0	0.341	0.031	0.050	Ok
				N	1619.0	7076.1	0.0	0.350	0.688	0.470	Ok
2	1238.0	2380.0	0.0	P	4002.4	7694.5	0.0	0.350	0.532	0.310	Ok
				M	32092.6	2378.4	0.0	0.313	0.065	0.040	Ok
				N	1238.0	6956.0	0.0	0.350	0.719	0.340	Ok
3	1448.0	3336.0	0.0	P	3266.2	7524.8	0.0	0.350	0.574	0.440	Ok
				M	30115.1	3334.3	0.0	0.342	0.030	0.050	Ok
				N	1448.0	7022.4	0.0	0.350	0.702	0.480	Ok
4	1483.0	2197.0	0.0	P	5376.5	7965.0	0.0	0.350	0.461	0.280	Ok
				M	32470.6	2195.3	0.0	0.306	0.072	0.050	Ok
				N	1483.0	7033.4	0.0	0.350	0.699	0.310	Ok
5	2061.0	3294.0	0.0	P	4934.6	7886.8	0.0	0.350	0.482	0.420	Ok
				M	30202.2	3292.2	0.0	0.341	0.032	0.070	Ok
				N	2061.0	7202.2	0.0	0.350	0.655	0.460	Ok
6	662.0	2485.0	0.0	P	1907.4	7160.0	0.0	0.350	0.666	0.350	Ok

**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>47</b>

				M	31875.4	2483.5	0.0	0.316	0.061	0.020	Ok
				N	662.0	6771.0	0.0	0.350	0.770	0.370	Ok
7	1448.0	3336.0	0.0	P	3266.2	7524.8	0.0	0.350	0.574	0.440	Ok
				M	30115.1	3334.3	0.0	0.342	0.030	0.050	Ok
				N	1448.0	7022.4	0.0	0.350	0.702	0.480	Ok
8	1483.0	2197.0	0.0	P	5376.5	7965.0	0.0	0.350	0.461	0.280	Ok
				M	32470.6	2195.3	0.0	0.306	0.072	0.050	Ok
				N	1483.0	7033.4	0.0	0.350	0.699	0.310	Ok
9	1619.0	3307.0	0.0	P	3738.6	7636.5	0.0	0.350	0.547	0.430	Ok
				M	30175.3	3305.2	0.0	0.341	0.031	0.050	Ok
				N	1619.0	7076.1	0.0	0.350	0.688	0.470	Ok
10	1483.0	2197.0	0.0	P	5376.5	7965.0	0.0	0.350	0.461	0.280	Ok
				M	32470.6	2195.3	0.0	0.306	0.072	0.050	Ok
				N	1483.0	7033.4	0.0	0.350	0.699	0.310	Ok
11	1483.0	2197.0	0.0	P	5376.5	7965.0	0.0	0.350	0.461	0.280	Ok
				M	32470.6	2195.3	0.0	0.306	0.072	0.050	Ok
				N	1483.0	7033.4	0.0	0.350	0.699	0.310	Ok
12	662.0	2485.0	0.0	P	1907.4	7160.0	0.0	0.350	0.666	0.350	Ok
				M	31875.4	2483.5	0.0	0.316	0.061	0.020	Ok
				N	662.0	6771.0	0.0	0.350	0.770	0.370	Ok
13	1025.0	2769.0	0.0	P	2733.5	7384.3	0.0	0.350	0.609	0.370	Ok
				M	31288.8	2767.2	0.0	0.325	0.050	0.030	Ok
				N	1025.0	6888.0	0.0	0.350	0.738	0.400	Ok
14	391.0	2769.0	0.0	P	970.1	6870.4	0.0	0.350	0.743	0.400	Ok
				M	31288.8	2767.2	0.0	0.325	0.050	0.010	Ok
				N	391.0	6681.9	0.0	0.350	0.795	0.410	Ok
15	-237.0	3843.0	0.0	P	-394.8	6401.0	0.0	0.350	0.874	0.600	Ok
				M	-5966.3	3847.7	0.0	0.350	1.976	0.040	Ok
				N	-237.0	6460.3	0.0	0.350	0.856	0.590	Ok
16	391.0	2769.0	0.0	P	970.1	6870.4	0.0	0.350	0.743	0.400	Ok
				M	31288.8	2767.2	0.0	0.325	0.050	0.010	Ok
				N	391.0	6681.9	0.0	0.350	0.795	0.410	Ok
17	-477.0	4676.0	0.0	P	-643.4	6306.9	0.0	0.350	0.901	0.740	Ok
				M	-4377.1	4678.5	0.0	0.350	1.520	0.110	Ok
				N	-477.0	6370.0	0.0	0.350	0.883	0.730	Ok
18	-427.0	3843.0	0.0	P	-698.4	6286.0	0.0	0.350	0.908	0.610	Ok
				M	-5966.3	3847.7	0.0	0.350	1.976	0.070	Ok
				N	-427.0	6388.9	0.0	0.350	0.877	0.600	Ok
19	-477.0	4676.0	0.0	P	-643.4	6306.9	0.0	0.350	0.901	0.740	Ok
				M	-4377.1	4678.5	0.0	0.350	1.520	0.110	Ok
				N	-477.0	6370.0	0.0	0.350	0.883	0.730	Ok
20	391.0	2769.0	0.0	P	970.1	6870.4	0.0	0.350	0.743	0.400	Ok
				M	31288.8	2767.2	0.0	0.325	0.050	0.010	Ok
				N	391.0	6681.9	0.0	0.350	0.795	0.410	Ok
21	-477.0	4676.0	0.0	P	-643.4	6306.9	0.0	0.350	0.901	0.740	Ok
				M	-4377.1	4678.5	0.0	0.350	1.520	0.110	Ok
				N	-477.0	6370.0	0.0	0.350	0.883	0.730	Ok
22	391.0	2769.0	0.0	P	970.1	6870.4	0.0	0.350	0.743	0.400	Ok
				M	31288.8	2767.2	0.0	0.325	0.050	0.010	Ok
				N	391.0	6681.9	0.0	0.350	0.795	0.410	Ok
23	1025.0	2769.0	0.0	P	2733.5	7384.3	0.0	0.350	0.609	0.370	Ok
				M	31288.8	2767.2	0.0	0.325	0.050	0.030	Ok
				N	1025.0	6888.0	0.0	0.350	0.738	0.400	Ok
24	-427.0	3843.0	0.0	P	-698.4	6286.0	0.0	0.350	0.908	0.610	Ok
				M	-5966.3	3847.7	0.0	0.350	1.976	0.070	Ok
				N	-427.0	6388.9	0.0	0.350	0.877	0.600	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	%	%		
17	-477.0	4676.0	0.0	P	-643.4	6306.9	0.0	0.350	0.901	0.740	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	09	03	005	C	48

17	-477.0	4676.0	0.0	M	-4377.1	4678.5	0.0	0.350	1.520	0.110	Ok
17	-477.0	4676.0	0.0	N	-477.0	6370.0	0.0	0.350	0.883	0.730	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:

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

VRsd<sub>x</sub>, VRsd<sub>y</sub>, TRsd, resistenze acciaio

VRcd<sub>x</sub>, VRcd<sub>y</sub>, TRcd, resistenze cls

**Verifiche cmb. SLU**

Cmb	Vx	Vy	T	N	α c	Ctg θ	Verif Tot	Ver
	VRsd <sub>x</sub>	VRsd <sub>y</sub>	TRsd	Vx/VRsd <sub>x</sub>	Vy/VRsd <sub>y</sub>	T/TRsd	Verif acc	
	VRcd <sub>x</sub>	VRcd <sub>y</sub>	TRcd	Vx/VRcd <sub>x</sub>	Vy/VRcd <sub>y</sub>	T/TRcd	Verif cls	
1 SLU	1220.00	0.00	0.00	1619.00	1.065	2.50	<b>0.4850</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.4850	0.0000	0.0000	0.4850	
	3977.14	3977.14	1793.33	0.3068	0.0000	0.0000	0.3068	
2 SLU	878.00	0.00	0.00	1238.00	1.050	2.50	<b>0.3491</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.3491	0.0000	0.0000	0.3491	
	3919.73	3919.73	1793.33	0.2240	0.0000	0.0000	0.2240	
3 SLU	1231.00	0.00	0.00	1448.00	1.058	2.50	<b>0.4894</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.4894	0.0000	0.0000	0.4894	
	3951.37	3951.37	1793.33	0.3115	0.0000	0.0000	0.3115	
4 SLU	811.00	0.00	0.00	1483.00	1.060	2.50	<b>0.3224</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.3224	0.0000	0.0000	0.3224	
	3956.65	3956.65	1793.33	0.2050	0.0000	0.0000	0.2050	
5 SLU	1216.00	0.00	0.00	2061.00	1.083	2.50	<b>0.4834</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.4834	0.0000	0.0000	0.4834	
	4043.75	4043.75	1793.33	0.3007	0.0000	0.0000	0.3007	
6 SLU	917.00	0.00	0.00	662.00	1.027	2.50	<b>0.3646</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.3646	0.0000	0.0000	0.3646	
	3832.93	3832.93	1793.33	0.2392	0.0000	0.0000	0.2392	
7 SLU	1231.00	0.00	0.00	1448.00	1.058	2.50	<b>0.4894</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.4894	0.0000	0.0000	0.4894	
	3951.37	3951.37	1793.33	0.3115	0.0000	0.0000	0.3115	
8 SLU	811.00	0.00	0.00	1483.00	1.060	2.50	<b>0.3224</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.3224	0.0000	0.0000	0.3224	
	3956.65	3956.65	1793.33	0.2050	0.0000	0.0000	0.2050	
9 SLU	1220.00	0.00	0.00	1619.00	1.065	2.50	<b>0.4850</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.4850	0.0000	0.0000	0.4850	
	3977.14	3977.14	1793.33	0.3068	0.0000	0.0000	0.3068	
10 SLU	811.00	0.00	0.00	1483.00	1.060	2.50	<b>0.3224</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.3224	0.0000	0.0000	0.3224	
	3956.65	3956.65	1793.33	0.2050	0.0000	0.0000	0.2050	
11 SLU	811.00	0.00	0.00	1483.00	1.060	2.50	<b>0.3224</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.3224	0.0000	0.0000	0.3224	
	3956.65	3956.65	1793.33	0.2050	0.0000	0.0000	0.2050	
12 SLU	917.00	0.00	0.00	662.00	1.027	2.50	<b>0.3646</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.3646	0.0000	0.0000	0.3646	
	3832.93	3832.93	1793.33	0.2392	0.0000	0.0000	0.2392	
13 SLU	1022.00	0.00	0.00	1025.00	1.041	2.50	<b>0.4063</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.4063	0.0000	0.0000	0.4063	
	3887.63	3887.63	1793.33	0.2629	0.0000	0.0000	0.2629	
14 SLU	1022.00	0.00	0.00	391.00	1.016	2.50	<b>0.4063</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.4063	0.0000	0.0000	0.4063	
	3792.10	3792.10	1793.33	0.2695	0.0000	0.0000	0.2695	
15 SLU	1418.00	0.00	0.00	-237.00	1.000	2.50	<b>0.5638</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.5638	0.0000	0.0000	0.5638	

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	49

	3733.18	3733.18	1793.33	0.3798	0.0000	0.0000	0.3798	
16 SLU	1022.00	0.00	0.00	391.00	1.016	2.50	<b>0.4063</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.4063	0.0000	0.0000	0.4063	
	3792.10	3792.10	1793.33	0.2695	0.0000	0.0000	0.2695	
17 SLU	1726.00	0.00	0.00	-477.00	1.000	2.50	<b>0.6862</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.6862	0.0000	0.0000	0.6862	
	3733.18	3733.18	1793.33	0.4623	0.0000	0.0000	0.4623	
18 SLU	1418.00	0.00	0.00	-427.00	1.000	2.50	<b>0.5638</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.5638	0.0000	0.0000	0.5638	
	3733.18	3733.18	1793.33	0.3798	0.0000	0.0000	0.3798	
19 SLU	1726.00	0.00	0.00	-477.00	1.000	2.50	<b>0.6862</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.6862	0.0000	0.0000	0.6862	
	3733.18	3733.18	1793.33	0.4623	0.0000	0.0000	0.4623	
20 SLU	1022.00	0.00	0.00	391.00	1.016	2.50	<b>0.4063</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.4063	0.0000	0.0000	0.4063	
	3792.10	3792.10	1793.33	0.2695	0.0000	0.0000	0.2695	
21 SLU	1726.00	0.00	0.00	-477.00	1.000	2.50	<b>0.6862</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.6862	0.0000	0.0000	0.6862	
	3733.18	3733.18	1793.33	0.4623	0.0000	0.0000	0.4623	
22 SLU	1022.00	0.00	0.00	391.00	1.016	2.50	<b>0.4063</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.4063	0.0000	0.0000	0.4063	
	3792.10	3792.10	1793.33	0.2695	0.0000	0.0000	0.2695	
23 SLU	1022.00	0.00	0.00	1025.00	1.041	2.50	<b>0.4063</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.4063	0.0000	0.0000	0.4063	
	3887.63	3887.63	1793.33	0.2629	0.0000	0.0000	0.2629	
24 SLU	1418.00	0.00	0.00	-427.00	1.000	2.50	<b>0.5638</b>	Ok
	2515.26	2515.26	2185.38	0.5638	0.0000	0.0000	0.5638	
	3733.18	3733.18	1793.33	0.3798	0.0000	0.0000	0.3798	

**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	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	$\sigma_a$	$\sigma_a/\sigma_{aL}$	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq		
25	2226.0	0.0	1164.0	7253.6	0.49	-146264.6	0.41	Ok
26	2217.0	0.0	1359.0	7252.0	0.49	-139210.1	0.39	Ok
27	2247.0	0.0	1008.0	7296.5	0.49	-153126.8	0.43	Ok
28	2048.0	0.0	1575.0	6737.6	0.45	-118500.0	0.33	Ok
29	2200.0	0.0	1446.0	7208.9	0.48	-135029.4	0.38	Ok
30	2047.0	0.0	1277.0	6698.8	0.45	-127823.5	0.36	Ok
31	2217.0	0.0	1359.0	7252.0	0.49	-139210.1	0.39	Ok
32	2047.0	0.0	1277.0	6698.8	0.45	-127823.5	0.36	Ok
33	2226.0	0.0	1164.0	7253.6	0.49	-146264.6	0.41	Ok
34	2048.0	0.0	1575.0	6737.6	0.45	-118500.0	0.33	Ok
35	2048.0	0.0	1575.0	6737.6	0.45	-118500.0	0.33	Ok
36	2247.0	0.0	1008.0	7296.5	0.49	-153126.8	0.43	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		
37	2118.0	0.0	1298.0	0.19	0.48	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	09	03	005	C	50

38	2079.0	0.0	1490.0	0.17	0.43	Ok
39	2130.0	0.0	1181.0	0.20	0.50	Ok
40	1952.0	0.0	1652.0	0.14	0.36	Ok
41	2100.0	0.0	1510.0	0.17	0.44	Ok
42	1946.0	0.0	1428.0	0.15	0.39	Ok
43	2112.0	0.0	1445.0	0.18	0.45	Ok
44	1946.0	0.0	1428.0	0.15	0.39	Ok
45	2118.0	0.0	1298.0	0.19	0.48	Ok
46	1952.0	0.0	1652.0	0.14	0.36	Ok
47	1952.0	0.0	1652.0	0.14	0.36	Ok
48	2130.0	0.0	1181.0	0.20	0.50	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	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	Wk	Wk/WkL	Ver
n.	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
49	1798.0	0.0	1702.0	5946.7	0.53	0.12	0.39	Ok
50	1664.0	0.0	1882.0	5528.8	0.49	0.09	0.29	Ok
51	1798.0	0.0	1702.0	5946.7	0.53	0.12	0.39	Ok
52	1664.0	0.0	1882.0	5528.8	0.49	0.09	0.29	Ok
53	1798.0	0.0	1702.0	5946.7	0.53	0.12	0.39	Ok
54	1664.0	0.0	1882.0	5528.8	0.49	0.09	0.29	Ok
55	1798.0	0.0	1702.0	5946.7	0.53	0.12	0.39	Ok
56	1664.0	0.0	1882.0	5528.8	0.49	0.09	0.29	Ok
57	1798.0	0.0	1702.0	5946.7	0.53	0.12	0.39	Ok
58	1664.0	0.0	1882.0	5528.8	0.49	0.09	0.29	Ok
59	1664.0	0.0	1882.0	5528.8	0.49	0.09	0.29	Ok
60	1798.0	0.0	1702.0	5946.7	0.53	0.12	0.39	Ok

**10.3 TABELLA RIEPILOGATIVA ARMATURA PALI**

Pila	Lunghezza pali	Arm. Long. Verifiche Strutturali	Arm. Taglio Verifiche Strutturali
Spalla 1	46m	64 $\Phi$ 28	$\Phi$ 12/10cm
Spalla 2	39m	44 $\Phi$ 30	$\Phi$ 12/10cm

**Relazione di calcolo Pali di fondazione**

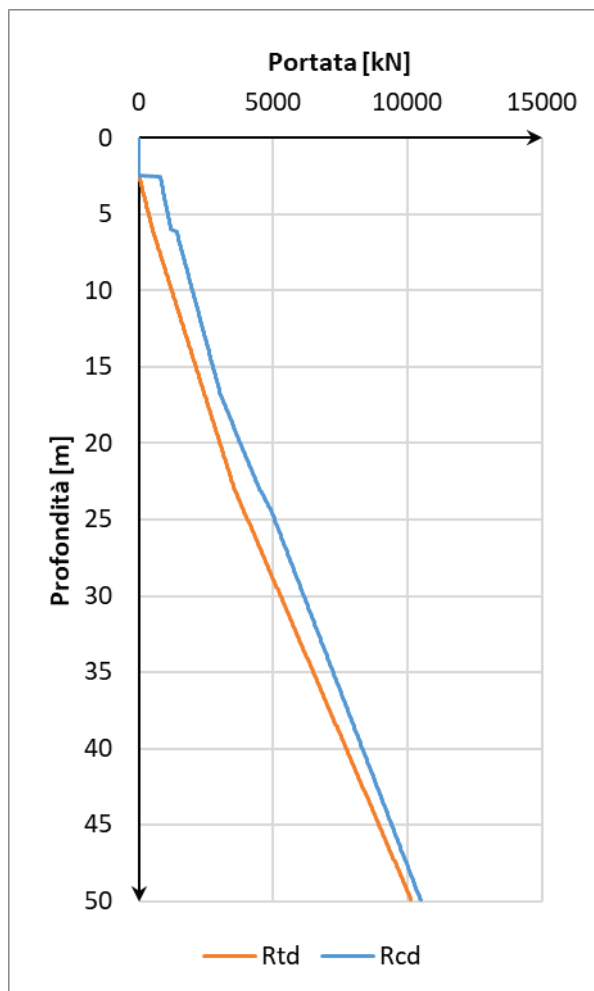
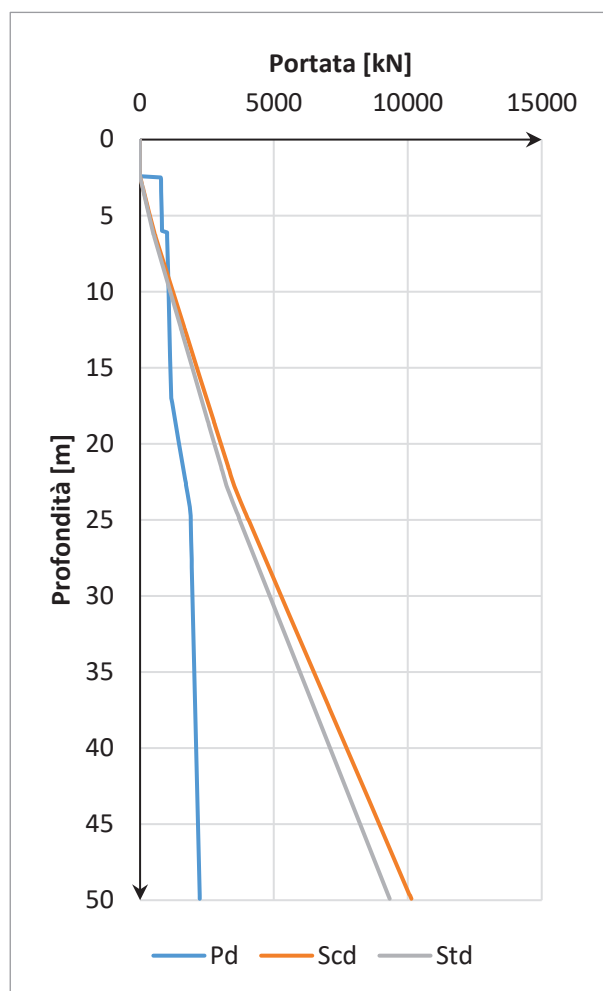
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	09	03	005	C	51

**11. CURVE DI CAPACITÀ PORTANTE**

Di seguito sono riportate le curve di capacità portante dei pali per le diverse stratigrafie di interesse. Le curve sono riportate per le capacità di design e in particolare:

- Pd: capacità portante punta palo;
- Scd: capacità portante laterale a compressione;
- Std: capacità portante laterale a trazione;
- Rcd: capacità portante totale a compressione;
- Rtd: capacità portante totale a trazione.

**11.1 STRATIGRAFIA 1**



Profondità [m]	Pd [kN]	Scd [kN]	Std [kN]	Rcd [kN]	Rtd [kN]
2.5	781.4	14.3	13.2	795.7	13.2
3.5	794.5	157.5	144.9	912.3	184.7
4.5	807.7	300.7	276.6	1028.8	356.1
5.5	820.9	443.9	408.3	1145.4	527.6

**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
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>52</b>

6.5	1021.3	604.9	556.5	1467.2	715.6
7.5	1034.8	783.9	721.2	1619.9	920.0
8.5	1048.3	962.9	885.9	1772.7	1124.4
9.5	1061.8	1141.9	1050.5	1925.4	1328.8
10.5	1075.4	1320.8	1215.2	2078.1	1533.3
11.5	1088.9	1499.8	1379.8	2230.8	1737.7
12.5	1102.4	1678.8	1544.5	2383.6	1942.1
13.5	1115.9	1857.8	1709.1	2536.3	2146.5
14.5	1129.4	2036.7	1873.8	2689.0	2350.9
15.5	1142.9	2215.7	2038.4	2841.7	2555.3
16.5	1156.4	2394.7	2203.1	2994.5	2759.8
17.5	1219.9	2573.7	2367.8	3197.1	2964.2
18.5	1316.5	2752.6	2532.4	3433.0	3168.6
19.5	1413.2	2931.6	2697.1	3668.9	3373.0
20.5	1509.9	3110.6	2861.7	3904.8	3577.4
21.5	1606.5	3289.5	3026.4	4140.6	3781.8
22.5	1703.2	3468.5	3191.0	4376.5	3986.3
23.5	1799.9	3686.5	3391.6	4651.5	4226.6
24.5	1888.2	3930.6	3616.2	4944.1	4490.9
25.5	1901.8	4174.7	3840.7	5161.9	4755.2
26.5	1915.3	4418.7	4065.2	5379.7	5019.5
27.5	1928.8	4662.8	4289.7	5597.5	5283.8
28.5	1942.3	4906.8	4514.3	5815.3	5548.1
29.5	1955.8	5150.9	4738.8	6033.2	5812.4
30.5	1969.3	5394.9	4963.3	6251.0	6076.6
31.5	1982.8	5639.0	5187.9	6468.8	6340.9
32.5	1996.4	5883.1	5412.4	6686.6	6605.2
33.5	2009.9	6127.1	5636.9	6904.4	6869.5
34.5	2023.4	6371.2	5861.5	7122.2	7133.8
35.5	2036.9	6615.2	6086.0	7340.0	7398.1
36.5	2050.4	6859.3	6310.5	7557.8	7662.4
37.5	2063.9	7103.3	6535.1	7775.6	7926.7
38.5	2077.4	7347.4	6759.6	7993.4	8191.0
39.5	2090.9	7591.4	6984.1	8211.2	8455.3
40.5	2104.5	7835.5	7208.7	8429.1	8719.6
41.5	2118.0	8079.6	7433.2	8646.9	8983.9
42.5	2131.5	8323.6	7657.7	8864.7	9248.2
43.5	2145.0	8567.7	7882.3	9082.5	9512.4
44.5	2158.5	8811.7	8106.8	9300.3	9776.7
45.5	2172.0	9055.8	8331.3	9518.1	10041.0
46.5	2185.5	9299.8	8555.8	9735.9	10305.3

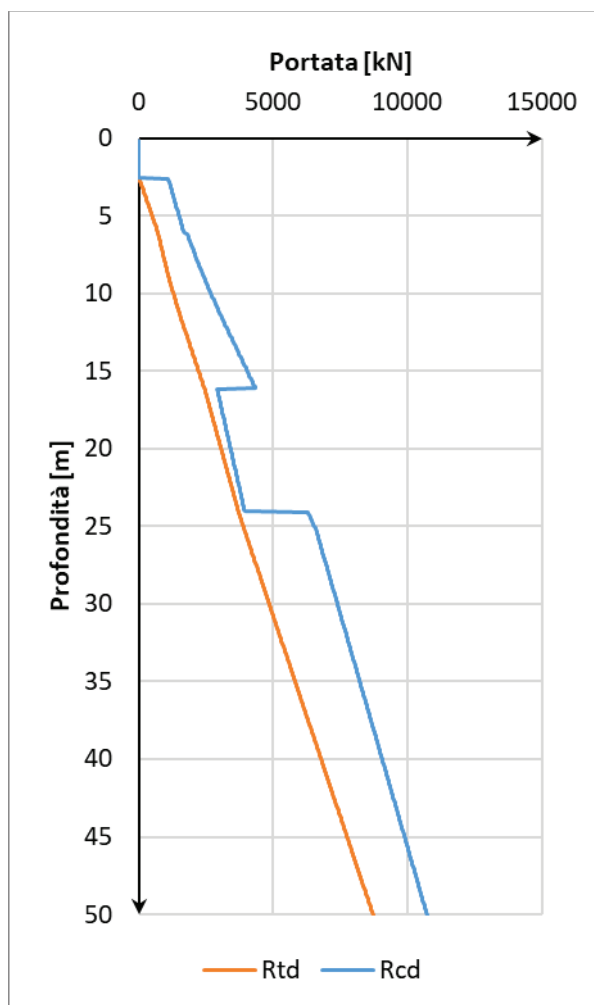
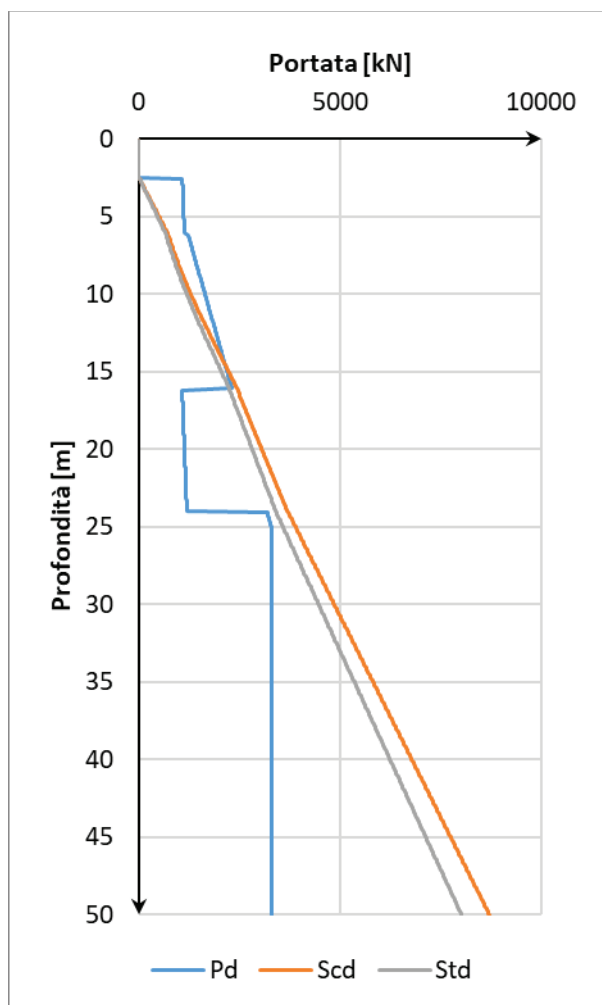


**Relazione di calcolo Pali di fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>53</b>

47.5	2199.1	9543.9	8780.4	9953.7	10569.6
48.5	2212.6	9787.9	9004.9	10171.5	10833.9
49.5	2226.1	10032.0	9229.4	10389.3	11098.2

**11.2 STRATIGRAFIA 1A**



Profondità [m]	Pd [kN]	Scd [kN]	Std [kN]	Rcd [kN]	Rtd [kN]
2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.5	1090.7	198.9	183.0	1245.4	227.1
4.5	1105.3	397.7	365.9	1414.7	454.3
5.5	1120.0	596.6	548.9	1584.0	681.4
6.5	1255.5	766.6	705.3	1871.9	855.5
7.5	1365.2	901.2	829.1	2089.7	1005.8
8.5	1474.9	1047.0	963.3	2318.7	1166.5
9.5	1584.7	1204.1	1107.7	2559.0	1337.5

**Relazione di calcolo Pali di  
fondazione**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>09</b>	<b>03</b>	<b>005</b>	<b>C</b>	<b>54</b>

10.5	1694.4	1372.3	1262.5	2810.5	1518.8
11.5	1804.1	1551.8	1427.7	3073.2	1710.4
12.5	1913.8	1742.0	1602.6	3346.6	1911.9
13.5	2023.6	1934.8	1780.0	3622.6	2115.8
14.5	2133.3	2127.7	1957.5	3898.7	2319.7
15.5	2243.0	2320.5	2134.9	4174.7	2523.6
16.5	1077.0	2499.8	2299.8	2958.3	2918.3
17.5	1092.0	2658.9	2446.2	3088.3	3108.9
18.5	1107.0	2818.0	2592.6	3218.2	3299.4
19.5	1122.0	2977.1	2738.9	3348.1	3490.0
20.5	1137.1	3136.2	2885.3	3478.0	3680.5
21.5	1152.1	3295.3	3031.7	3608.0	3871.0
22.5	1167.1	3454.4	3178.0	3737.9	4061.6
23.5	1182.1	3613.5	3324.4	3867.8	4252.1
24.5	3230.5	3789.4	3486.3	6392.6	4113.6
25.5	3311.0	3982.2	3663.7	6639.4	4317.5
26.5	3311.0	4175.1	3841.1	6805.7	4521.4
27.5	3311.0	4367.9	4018.5	6972.1	4725.3
28.5	3311.0	4560.8	4195.9	7138.4	4929.3
29.5	3311.0	4753.6	4373.3	7304.7	5133.2
30.5	3311.0	4946.4	4550.7	7471.0	5337.1
31.5	3311.0	5139.3	4728.1	7637.4	5541.0
32.5	3311.0	5332.1	4905.5	7803.7	5744.9
33.5	3311.0	5524.9	5082.9	7970.0	5948.8
34.5	3311.0	5717.8	5260.3	8136.3	6152.7
35.5	3311.0	5910.6	5437.7	8302.7	6356.7
36.5	3311.0	6103.4	5615.2	8469.0	6560.6
37.5	3311.0	6296.3	5792.6	8635.3	6764.5
38.5	3311.0	6489.1	5970.0	8801.6	6968.4
39.5	3311.0	6681.9	6147.4	8968.0	7172.3
40.5	3311.0	6874.8	6324.8	9134.3	7376.2
41.5	3311.0	7067.6	6502.2	9300.6	7580.1
42.5	3311.0	7260.4	6679.6	9467.0	7784.1
43.5	3311.0	7453.3	6857.0	9633.3	7988.0
44.5	3311.0	7646.1	7034.4	9799.6	8191.9
45.5	3311.0	7838.9	7211.8	9965.9	8395.8
46.5	3311.0	8031.8	7389.2	10132.3	8599.7
47.5	3311.0	8224.6	7566.6	10298.6	8803.6
48.5	3311.0	8417.4	7744.0	10464.9	9007.6
49.5	3311.0	8610.3	7921.5	10631.2	9211.5