

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

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti

L'Appaltatore

Ing. Gianguido Babini

A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.p.A.  
Il Direttore Tecnico  
(Ing. Gianguido Babini)

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini

Data 10/2023

firma

Data 10/2023

firma



COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I O B	0 2	E	Z Z	R H	G E 0 0 0 5	0 0 7	C	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	Pagliuso	Dicembre 2022	Cotugno	Dicembre 2022	Secreti	Dicembre 2022	
B	Seconda emissione	Pagliuso	Giugno 2023	Cotugno	Giugno 2023	Secreti	Giugno 2023	
C	Terza emissione	Pagliuso	Ottobre 2023	Cotugno	Ottobre 2023	Secreti	Ottobre 2023	



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>C</b>	<b>2</b>

**INDICE**

1	PREMESSA	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	Documenti Referenziati	5
2.2	Documenti di riferimento	5
2.3	Unità di misura	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
3.1	Classi di esposizione e copriferri	6
3.2	Calcestruzzo pali di fondazione Rck > 30 MPa (C25/30)	7
3.3	Acciaio d'armatura B450C	7
4	SINTESI DELLE CONDIZIONI GEOTECNICHE	8
4.1	Definizione delle unità geotecniche intercettate	8
4.2	Sintesi parametri geotecnici di progetto	9
5	VIADOTTO VI01	15
6	VIADOTTO VI02	15
6.1	Scarichi di riferimento	17
6.2	Verifica della capacità portante verticale	19
6.3	Verifica alla pressione limite orizzontale	36
6.4	Calcolo dell'armatura	46
7	VIADOTTO VI03	47
7.1	Scarichi di riferimento	48
7.2	Verifica della capacità portante verticale	49
7.3	Verifica alla pressione limite orizzontale	52
7.4	Calcolo dell'armatura	56
8	VIADOTTO VI04	57
8.1	Scarichi di riferimento	58
8.2	Verifica della capacità portante verticale	59
8.3	Verifica alla pressione limite orizzontale	65
8.4	Calcolo dell'armatura	67
9	VIADOTTO VI05	69
10	VIADOTTO VI06	69
10.1	Scarichi di riferimento	70
10.2	Verifica della capacità portante verticale	72
10.3	Verifica alla pressione limite orizzontale	80
10.4	Calcolo dell'armatura	86

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>C</b>	<b>3</b>

11	VIADOTTO VI07	87
11.1	Scarichi di riferimento	87
11.2	Verifica della capacita' portante verticale	88
11.3	Verifica alla pressione limite orizzontale	91
11.4	Calcolo dell'armatura	93
12	VIADOTTO VI08	94
13	VIADOTTO VI09	94
14	VIADOTTO VI10	94
15	VIADOTTO VI11	94
16	VIADOTTO VI12	95
16.1	Scarichi di riferimento	95
16.2	Verifica della capacita' portante verticale	96
16.3	Verifica alla pressione limite orizzontale	99
16.4	Calcolo dell'armatura	101
17	VIADOTTO VI13	101
18	VIADOTTO VI14	102
18.1	Scarichi di riferimento	102
18.2	Verifica della capacita' portante verticale	103
18.3	Verifica alla pressione limite orizzontale	107
18.4	Calcolo dell'armatura	109
19	VIADOTTO VI15	110
19.1	Scarichi di riferimento	111
19.2	Verifica della capacita' portante verticale	112
19.3	Verifica alla pressione limite orizzontale	123
19.4	Calcolo dell'armatura	127
20	CEDIMENTI	127
21	CONCLUSIONI	127

	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>C</b>	<b>4</b>

## 1 PREMESSA

Il presente elaborato viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di Progetto Esecutivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al raddoppio ferroviario della Linea Bari - Pescara nella tratta Termoli - Ripalta, per uno sviluppo complessivo di 24.930,52 km.

Oggetto della relazione è la verifica geotecnica e strutturale delle opere fondazionali su pali di tutti i viadotti inseriti lungo il tracciato ferroviario; in particolare viene affrontato il dimensionamento dei pali delle pile, mentre per le spalle si esegue solo la verifica a carico limite orizzontale per quelle soggette a liquefazione o scalzamento, essendo la capacità portante verticale trattata nelle specifiche relazioni di dimensionamento delle spalle medesime. Pertanto questa relazione deve essere letta congiuntamente alle opere di dimensionamento dei viadotti che forniscono gli scarichi in fondazione secondo l'ipotesi di plinto rigido, la relazione geotecnica generale che fornisce le curve di capacità portante al carico verticale e le relazioni di dimensionamento delle singole spalle; le curve di capacità portante sono ricavate per diverse condizioni stratigrafiche, considerando il fenomeno della liquefazione se presente in corrispondenza del sisma di progetto, e per diverse condizioni di scalzamento così come derivato dagli studi idraulici.

Dunque quanto segue mette a confronto le azioni con le resistenze per dare evidenza che le verifiche pertinenti sono tutte soddisfatte.

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>C</b>	<b>4</b>

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

- [N.1]. L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- [N.2]. L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- [N.3]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- [N.4]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- [N.5]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- [N.6]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- [N.7]. RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22-12-17 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N.8]. RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- [N.9]. UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

### 2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

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

- D.1. LI0B02EZZRBGE0005001B- Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Lotti 2 e 3. Relazione geotecnica.

Ugualmente sono a riferimento tutte le relazioni di dimensionamento dei viadotti (impalcati, pile e spalle).

### 2.3 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura usate nella relazione:

lunghezze [m]; forze [kN]; momenti [kNm] tensioni [MPa]

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>C</b>	<b>4</b>

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI

Con riferimento alle specifiche di cui alla norma UNI EN 206-2004 e UNI 11104 2016, si definiscono di seguito le classi di esposizione del calcestruzzo delle diverse parti della struttura oggetto dei dimensionamenti di cui al presente documento:

- Plinti e pali di fondazione: XC2;

La determinazione delle classi di resistenza dei conglomerati dei conglomerati, di cui ai successivi paragrafi, sono state inoltre determinate tenendo conto delle classi minime stabilite dalla stessa norma.

I copriferri di progetto adottati per le barre di armatura, tengono infine conto inoltre delle prescrizioni di cui alla Tabella C4.1.IV della Circolare n617 del 02-02-09; si è in particolare previsto di adottare i seguenti Copriferri minimi espressi in mm

- Pali di fondazione: 60 mm

In termini di limiti di apertura delle fessure, alle prescrizioni normative presenti nelle NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal documento RFI DTC SICS MA IFS 001 B – 2.5.1.8.3.2.4 secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

L'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

- $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$  per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive (così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008), per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

In definitiva, nel caso in esame, si adotta il limite  $w_1$  trattandosi di elementi a permanente contatto con il terreno e non ispezionabili.

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>C</b>	<b>4</b>

### 3.2 CALCESTRUZZO PALI DI FONDAZIONE $R_{ck} > 30 \text{ MPa}$ (C25/30)

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

#### Resistenze di progetto allo SLU

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

#### Resistenze di progetto allo SLE

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

### 3.3 ACCIAIO D'ARMATURA B450C

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

#### Resistenza di progetto allo SLU

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

#### Resistenza di progetto allo SLE

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

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>C</b>	<b>4</b>

## 4 SINTESI DELLE CONDIZIONI GEOTECNICHE

Nel presente capitolo si riporta la caratterizzazione geotecnica generale del tracciato in esame, valutata sulla base dell'interpretazione di tutte le indagini geotecniche svolte in sito ed in laboratorio così come risulta dalla relazione geotecnica generale.

Il profilo stratigrafico verrà preso a riferimento per definire la stratigrafia di dettaglio lungo il tracciato ed in corrispondenza delle opere d'arte in progetto.

### 4.1 DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE INTERCETTATE

Lungo il tracciato dalle indagini eseguite sono state intercettate le seguenti unità geotecniche:

**Terreno di riporto – Unità R:** si tratta dello spessore di terreno vegetale (Rv) costituito prevalentemente da limo sabbioso debolmente argilloso con resti vegetali e inclusi clasti e da terreno di riporto antropico (Ra) costituente il rilevato ferroviario esistente;

**Coltri eluvio-colluviali (unità geologica b2):** si tratta di depositi continentali di versante e di alterazione del substrato costituiti da limi argilloso sabbiosi con resti vegetali, inclusi piroclastici e ghiaie;

**Depositi alluvionali attuali e recenti (unità geologica ba/bb):** si tratta di terreni alluvionali che si possono distinguere in base alla composizione granulometrica in:

- **Unità ba1:** ghiaia in matrice sabbiosa e sabbiosa limosa;
- **Unità ba2:** sabbia, sabbia limosa, sabbia con limo;
- **Unità ba3:** argilla limosa e limi argillosi.

**Depositi alluvionali terrazzati (unità geologica bn):** si possono distinguere in base alla composizione granulometrica in:

- **Unità bn1:** ghiaia in matrice sabbiosa e sabbiosa limosa;
- **Unità bn2:** sabbia, sabbia limosa, sabbia con limo;
- **Unità bn3:** argilla limosa e limi argillosi.

**Depositi costieri attuali e recenti (unità geologica ga/gb):** Si tratta di depositi marini di spiaggia e cordone litoraneo, duna, palude salmastra e retrobarra che si possono distinguere in base alla composizione granulometrica in:

- **Unità ga1:** ghiaia poligenica ed eterometrica da arrotondata a molto arrotondata in matrice sabbiosa e sabbiosa limosa di colore grigio e marrone, da scarsa ad abbondante;
- **Unità ga2:** sabbia, sabbia limosa, sabbia con limo di colore grigio e giallastro con abbondanti resti di lamellibranchi e locali ghiaie poligeniche da arrotondate a molto arrotondate;
- **Unità ga3:** argilla limosa e limi argillosi di colore grigio e marrone con abbondante sostanza



 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	14

organica e locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate.

**Conglomerati di Campomarino (unità geologica CGC):** si tratta di ghiaie e ciottoli arrotondati in matrice sabbioso-limosa, a luoghi debolmente argillosa di colore marrone chiaro, da poco a moderatamente cementata, a luoghi intercalata a sabbie debolmente addensate ed argille limose giallo-verdastre. Quindi si distinguono tre diverse unità geotecniche:

- **Unità CGC1g:** conglomerati poligenici ed eterometrici, ciottoli arenacei e calcareo-marnosi con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante;
- **Unità CGC1s:** sabbie e sabbie limose;
- **Unità CGC2:** argille limose e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, marrone e verdastro con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.

**Sabbie di Serracapriola (unità geologica SSR):** sabbie medio-fini di colore giallastro e rossastro, prevalentemente quarzose e a grado di cementazione variabile (**Unità SSR**). Talvolta sono presenti livelli di argilla intercalata da sabbia fina limosa (**Unità SSR3**).

**Argille subappenniniche (unità geologica ASP) – Unità ASP:** si tratta di argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro, con sottili intercalazioni di argille marnose, limi sabbiosi e talvolta di sabbie fini di colore grigio e giallastro.

#### 4.2 SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Nel seguito si sintetizzano i valori dei parametri geotecnici di progetto per le unità geotecniche intercettate.

##### Unità b2 – Limo argilloso (depositi eluvio colluviali)

$\gamma = 18\div 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$N_{spt} = 15\div 35$	numero di colpi da prova SPT
$c_u = 50\div 150 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$V_s = 130\text{-}240 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 35\text{-}115 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 90\div 300 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)
$E'_{op} = 6 \text{ MPa}$	modulo di deformazione drenato operativo
$C_v = 5.5 \text{ E-}08 \text{ (m}^2\text{/sec)}$	coefficiente di consolidazione primaria
$C_\alpha = 5.2 \text{ E-}04$	coefficiente di consolidazione secondaria

##### Unità ba1 /bb1– Ghiaia sabbiosa (Alluvioni attuali e recenti)

$\gamma = 19\div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 33\div 40^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$N_{spt} = 4\div R$	numero di colpi da prova SPT
$V_s = 200\text{-}360 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 80\text{-}200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 200\text{-}500 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$E'_{op} = 15 \text{ MPa}$	modulo di deformazione drenato operativo
$k = 10\text{-}4 \text{ m/s}$	permeabilità

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	15

$C_v = 7.5 \text{ E-}07 \text{ (m}^2\text{/sec)}$  coefficiente di consolidazione primaria  
 $C_\alpha = 1.8 \text{ E-}03$  coefficiente di consolidazione secondaria

**Unità ba2/bb2 – Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni attuali e recenti)**

$\gamma = 19\div 20 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $\phi' = 29\div 35^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $N_{spt} = 2\div 40$  numero di colpi da prova SPT  
 $V_s = 100\div 250 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio  
 $G_o = 20\div 120 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 50\div 320 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale  
 $E'_{op} = 9 \text{ MPa}$  modulo di deformazione drenato operativo  
 $k = 1\cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  permeabilità  
 $C_v = 7.5 \text{ E-}07 \text{ (m}^2\text{/sec)}$  coefficiente di consolidazione primaria  
 $C_\alpha = 1.8 \text{ E-}03$  coefficiente di consolidazione secondaria

**Unità ba3/bb3 – Argille limose (Alluvioni attuali e recenti)**

$\gamma = 18\div 19 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $c' = 5\div 10 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $\phi' = 23\div 26^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $c_u = 40\div 175 \text{ kPa}$  resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $N_{spt} = 2\div 30$  numero di colpi da prova SPT  
 $V_s = 100\div 250 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio  
 $G_o = 30\div 120 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 70\div 320 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale  
 $E'_{op} = 6 \text{ MPa}$  modulo di deformazione drenato operativo  
 $k = 10^{-8}\div 10^{-6} \text{ m/s}$  permeabilità  
 $C_v = 5.5 \text{ E-}08 \text{ (m}^2\text{/sec)}$  coefficiente di consolidazione primaria  
 $C_\alpha = 5.2 \text{ E-}04$  coefficiente di consolidazione secondaria

**Unità bn1 – Ghiaia sabbiosa (Alluvioni terrazzati)**

$\gamma = 19\div 20 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $\phi' = 39^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $N_{spt} = 80\div 100$  numero di colpi da prova SPT  
 $V_s = 200\div 400 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio  
 $G_o = 180\div 320 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 400\div 830 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale  
 $E'_{op} = 25 \text{ MPa}$  modulo di deformazione drenato operativo  
 $k = 10^{-5}\div 10^{-4} \text{ m/s}$  permeabilità

**Unità bn2 – Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni terrazzati)**

$\gamma = 19\div 20 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $\phi' = 34\div 38^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $N_{spt} = 29\div R$  numero di colpi da prova SPT  
 $V_s = 200\div 300 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio  
 $G_o = 100\div 200 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 260\div 520 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale  
 $E'_{op} = 20 \text{ MPa}$  modulo di deformazione drenato operativo  
 $k = 5\cdot 10^{-7}\div 1\cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  permeabilità

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	16

$C_v = 6.8 \text{ E-}07 \text{ (m}^2\text{/sec)}$  coefficiente di consolidazione primaria  
 $C_\alpha = 2.8 \text{ E-}04$  coefficiente di consolidazione secondaria

**Unità bn3 – Argille limose (Alluvioni terrazzati)**

$\gamma = 19.5 \div 20 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $c' = 5 \div 10 \text{ (5) kPa}$  coesione drenata (valore medio)  
 $\phi' = 25 \div 29^\circ \text{ (26}^\circ\text{)}$  angolo di resistenza al taglio (valore medio)  
 $c_u = 75 \div 270 \text{ kPa}$  resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $N_{spt} = 13 \div 72$  numero di colpi da prova SPT  
 $V_s = 150 \div 320 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio  
 $G_o = 60 \div 200 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 150 \div 520 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale  
 $E'_{op} = 15 \text{ MPa}$  modulo di deformazione drenato operativo  
 $k = 6 \cdot 10^{-8} \div 3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$  permeabilità  
 $C_v = 9.0 \text{ E-}08 \text{ (m}^2\text{/sec)}$  coefficiente di consolidazione primaria  
 $C_\alpha = 4.6 \text{ E-}04$  coefficiente di consolidazione secondaria

**Unità ga1/gb1 – Ghiaia sabbiosa (Depositi costieri attuali e recenti)**

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $\phi' = 37 \div 41^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $N_{spt} = 22 \div R$  numero di colpi da prova SPT  
 $V_s = 200 \div 560 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio  
 $G_o = 80 \div 600 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 210 \div 1560 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale  
 $E'_{op} = 25 \text{ MPa}$  modulo di deformazione drenato operativo  
 $k = 10^{-5} \div 10^{-4} \text{ m/s}$  permeabilità

**Unità ga2/gb2 – Sabbia, sabbia limosa (Depositi costieri attuali e recenti)**

$\gamma = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $\phi' = 30 \div 35^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $N_{spt} = 2 \div R$  numero di colpi da prova SPT  
 $V_s = 190 \div 510 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio  
 $G_o = 70 \div 500 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 180 \div 1300 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale  
 $E'_{op} = 20 \text{ MPa}$  modulo di deformazione drenato operativo  
 $K = 10^{-6} \div 10^{-5} \text{ m/s}$  permeabilità

**Unità ga3/gb3 – Argille limose (Depositi costieri attuali e recenti)**

$\gamma = 19.5 \div 20 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $c' = 0 \div 15 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $\phi' = 23 \div 28^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $c_u = 40 \div 350 \text{ kPa}$  resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $N_{spt} = 8 \div R$  numero di colpi da prova SPT  
 $V_s = 190 \div 360 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio  
 $G_o = 70 \div 250 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 180 \div 650 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale  
 $E'_{op} = 15 \text{ MPa}$  modulo di deformazione drenato operativo  
 $k = 10^{-8} \div 10^{-6} \text{ m/s}$  permeabilità  
 $C_v = 5.0 \text{ E-}08 \text{ (m}^2\text{/sec)}$  coefficiente di consolidazione primaria

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	17

$C\alpha = 2.8 E-04$  coefficiente di consolidazione secondaria

**Conglomerati di Campomarino - Unità CGC1g (Ghiaia sabbiosa)**

$\gamma = 19\div 20 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $\phi' = 37\div 42^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $N_{spt} = 27\div R$  numero di colpi da prova SPT  
 $V_s = 220\div 550 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio;  
 $G_o = 100\div 580 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 250\div 1500 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale  
 $E'_{op} = 50 \text{ MPa}$  modulo di deformazione drenato operativo  
 $k = 10^{-4}\div 10^{-6} \text{ m/s}$  permeabilità

**Conglomerati di Campomarino - Unità CGC1s (Sabbia, sabbia limosa)**

$\gamma = 19\div 20.5 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $\phi' = 35\div 38^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $N_{spt} = 24\div R$  numero di colpi da prova SPT  
 $V_s = 160\div 450 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio;  
 $G_o = 50\div 390 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 130\div 1000 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale  
 $E'_{op} = 40 \text{ MPa}$  modulo di deformazione drenato operativo  
 $k = 2 \cdot 10^{-6} \div 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  permeabilità

**Conglomerati di Campomarino - Unità CGC2 (Argille limose e limi argillosi)**

$\gamma = 18.5\div 20.5 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $c' = 10\div 20 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $\phi' = 20\div 28^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $c_u = 50\div 250 \text{ kPa}$  resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $N_{spt} = 14\div R$  numero di colpi da prova SPT  
 $V_s = 180\div 320 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio  
 $G_o = 60\div 200 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 160\div 520 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale  
 $E'_{op} = 30 \text{ MPa}$  modulo di deformazione drenato operativo  
 $k = 10^{-8}\div 10^{-6} \text{ m/s}$  permeabilità  
 $C_v = 2.0 E-07 \text{ (m}^2\text{/sec)}$  coefficiente di consolidazione primaria  
 $C_a = 4.0 E-04$  coefficiente di consolidazione secondaria

**Sabbie di Serracapriola – Unità SSR (Sabbia, sabbia limosa)**

$\gamma = 18.5\div 20.5 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $c' = 0\div 5 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $\phi' = 33\div 37^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $N_{spt} = 10\div R$  numero di colpi da prova SPT  
 $V_s = 160\div 560 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio;  
 $G_o = 50\div 600 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 130\div 1560 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale  
 $E'_{op} = 50 \text{ MPa}$  modulo di deformazione drenato operativo  
 $k = 6 \cdot 10^{-7}\div 4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  permeabilità  
 $C_v = 4.5 E-08 \text{ (m}^2\text{/sec)}$  coefficiente di consolidazione primaria  
 $C_a = 7.0 E-03$  coefficiente di consolidazione secondaria

**Sabbie di Serracapriola – Unità SSR3 (Argille limose e limi argillosi)**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	18

$\gamma = 18.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 22 \div 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 50 \div 250 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$N_{spt} = 35 \div R$	numero di colpi da prova SPT
$V_s = 250 \div 420 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio;
$G_o = 120 \div 350 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 310 \div 910 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$E'_{op} = 30 \text{ MPa}$	modulo di deformazione drenato operativo
$k = 6E-08 \div 8E-07 \text{ m/s}$	permeabilità
$C_v = 3.5 E-08 \text{ (m}^2/\text{sec)}$	coefficiente di consolidazione primaria
$C_a = 2.0 E-03$	coefficiente di consolidazione secondaria

**Argille subappenniniche – Unità ASP (Argille limose e limi argillosi)**

$\gamma = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 10 \div 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 22 \div 29^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 100 \div 330 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$N_{spt} = 19 \div 50$	numero di colpi da prova SPT
$V_s = 190-350 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio;
$G_o = 70-230 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 180 \div 600 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$E'_{op} = 30 \text{ MPa}$	modulo di deformazione drenato operativo
$k = 10^{-9} \div 10^{-8} \text{ m/s}$	permeabilità
$C_v = 8.5 E-08 \text{ (m}^2/\text{sec)}$	coefficiente di consolidazione primaria
$C_a = 7.0 E-03$	coefficiente di consolidazione secondaria

I moduli elastici drenati “operativi”  $E_{op}$  sono stati stimati secondo quanto segue:

- $E_{op(1,2)}$  pari a  $1/10 \div 1/20$  di  $E_o$ , con  $E_o$  stimato a partire dalle prove geofisiche e di colonna risonante;
- a partire dai valori dei moduli edometrici  $E_d$ , calcolati nell’intervallo di pressione  $400 \div 800 \text{ kPa}$ , secondo la seguente relazione:

$$E_{op2} = E_d \cdot ((1+\nu) \cdot (1-2\nu) / (1-\nu))$$

con  $E_{op2} = E_d / 1.35$ , assumendo  $\nu = 0.3$ ;

- a partire dai valori dei moduli non drenati  $E_u$  secondo la seguente relazione:

$$E_{op2} = 2/3 \cdot (E_u \cdot (1+\nu))$$

con  $E_{op2} = E_u / 1.15$ , assumendo  $\nu = 0.3$ .

Nel calcolo dei cedimenti dei rilevati si possono utilizzare i moduli “operativi”  $E_{op2}$ . Nell’analisi di fondazioni profonde e dirette si possono utilizzare i moduli “operativi”  $E_{op1}$ , in considerazione del fatto che gli spostamenti totali e differenziali sono in genere molto contenuti e generalmente inferiori all’1% della dimensione minore dell’opera di fondazione.

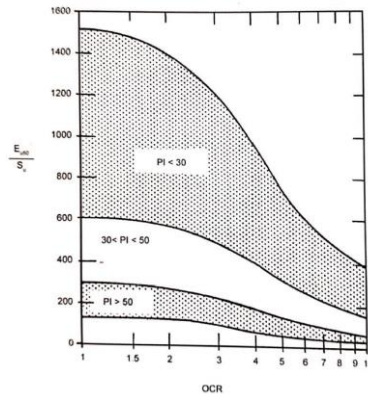
Moduli elastici non drenati  $E_u$

I moduli elastici in condizioni non drenate ( $E_u$ ) sono stati stimati con la correlazione di Duncan & Buchigani (1976):

$$E_u = k \cdot c_u$$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	19



Assumendo  $K = 200$

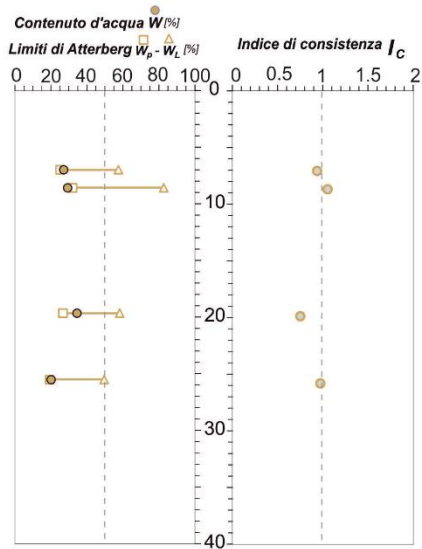
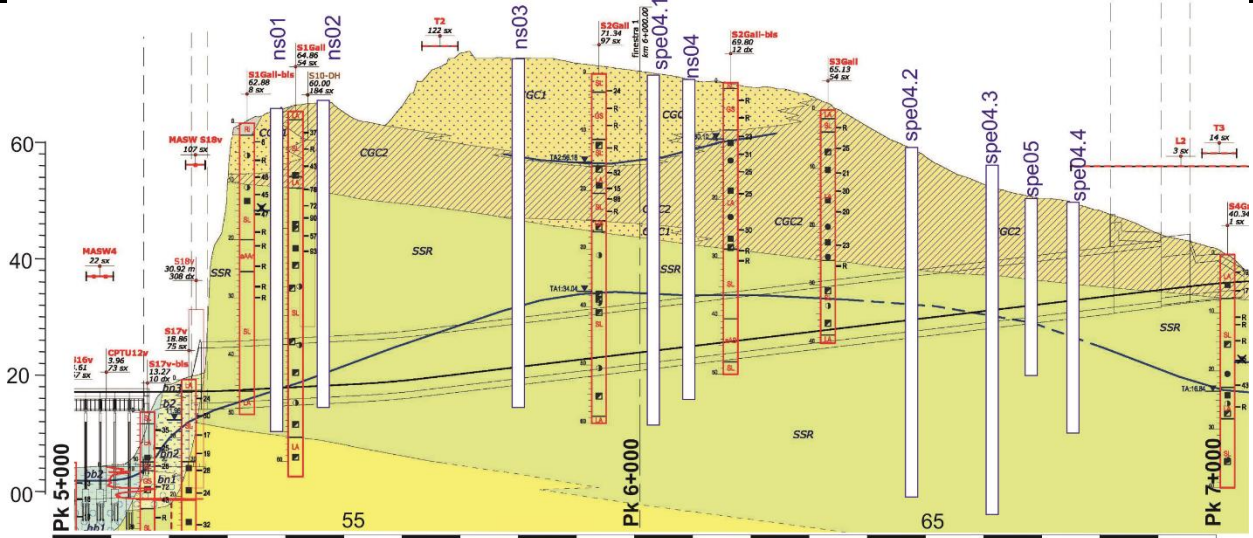
Stime rappresentative dei moduli elastici non drenati sono stati ricavati dalle tabelle sforzi-deformazioni relativi alle prove di laboratorio di tipo triassiale non consolidate-non drenate (TX-UU) e consolidate-non drenate (TX-CIU) eseguite con pressioni in cella maggiori di quelle verticali totali geostatiche. In questo caso sono stati ricavati i moduli secanti al 50% delle pressione di rottura (EU50).

I valori delle proprietà geotecniche indicate sono da intendersi come range di valori guida per la progettazione; resta inteso che nelle analisi geotecniche di dettaglio delle varie opere andranno calibrati sulla base delle condizioni geotecniche locali, delle specifiche situazioni locali, oltre che rapportati alla tipologia di opere (fondazioni pali o opere di sostegno), alle ipotesi di calcolo assunte.

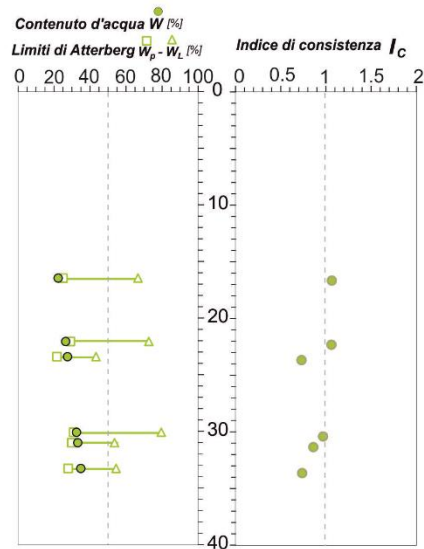
**4.3 RISULTATI GRAFICI INERENTI LA CARATTERIZZAZIONE DELLE SINGOLE UNITÀ GEOTECNICHE IN RELAZIONE ALLE OPERE D'ARTE**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazioni dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	20



**Unità CGC2**

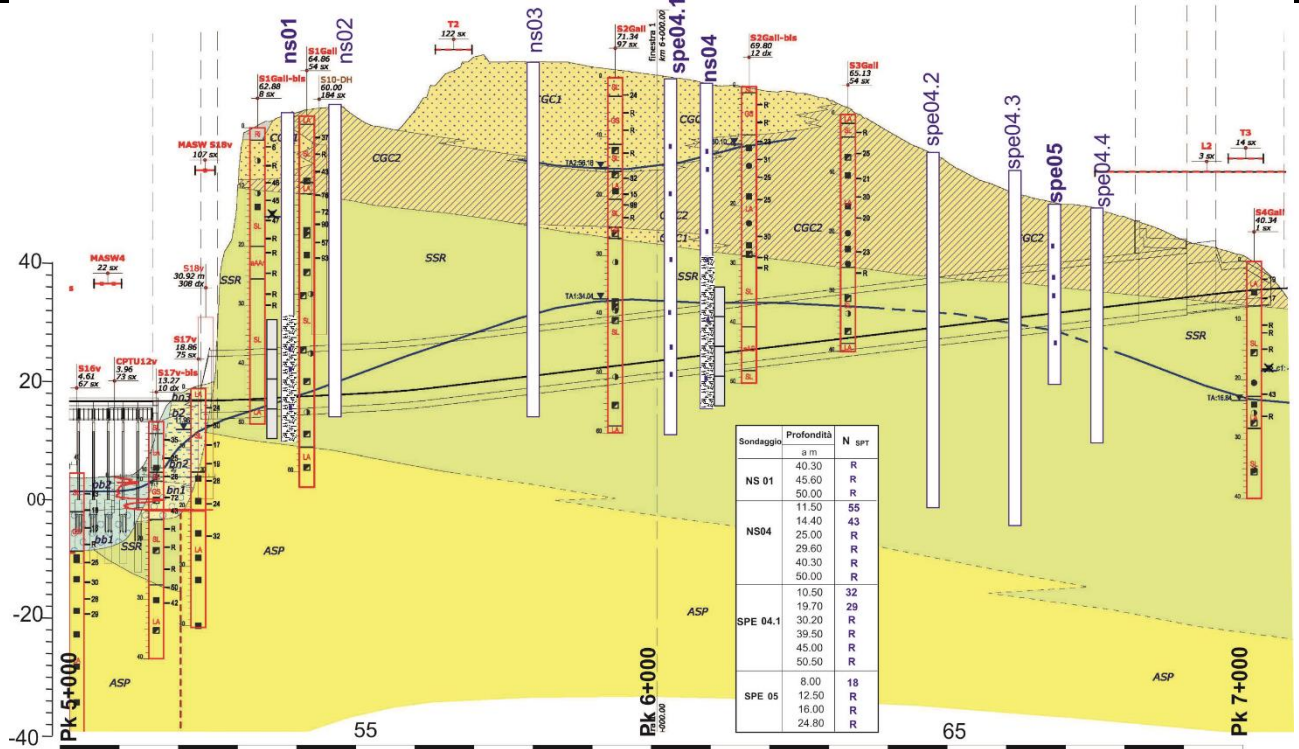


**Unità SSR3**

**Figura 4-1. Risultanze indice di plasticità da PE per GN01**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	21

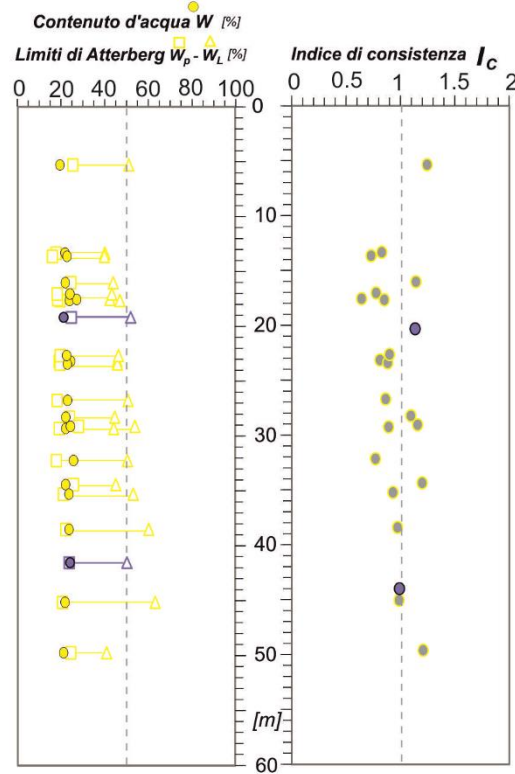
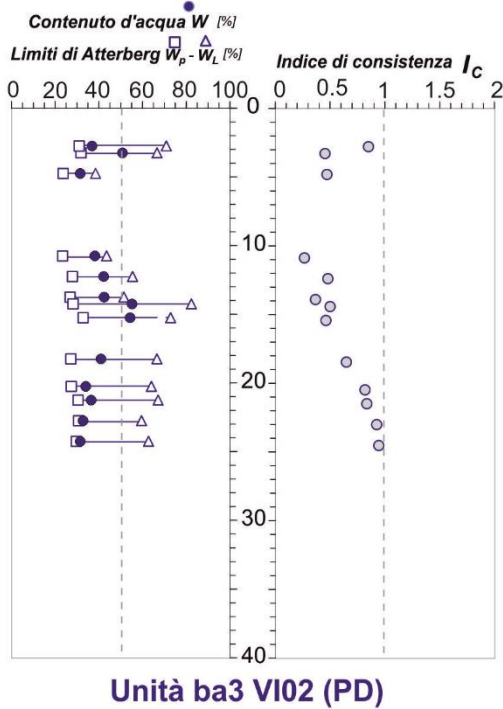
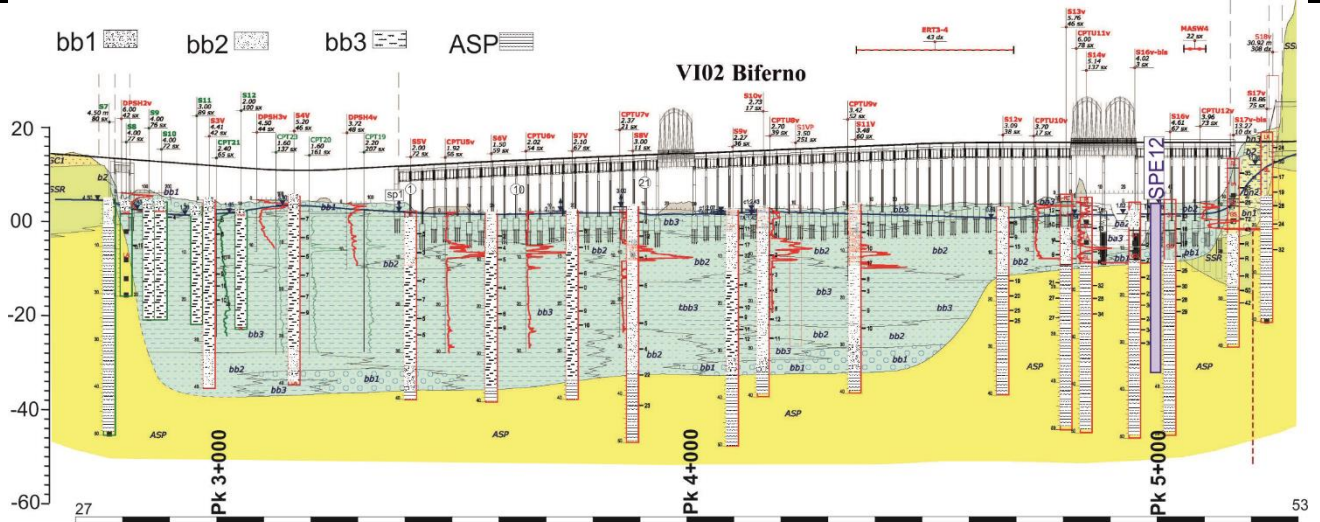


**Figura 4-2. Risultanze campioni dei sondaggi da PE per GN01**



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazioni dei viadotti**

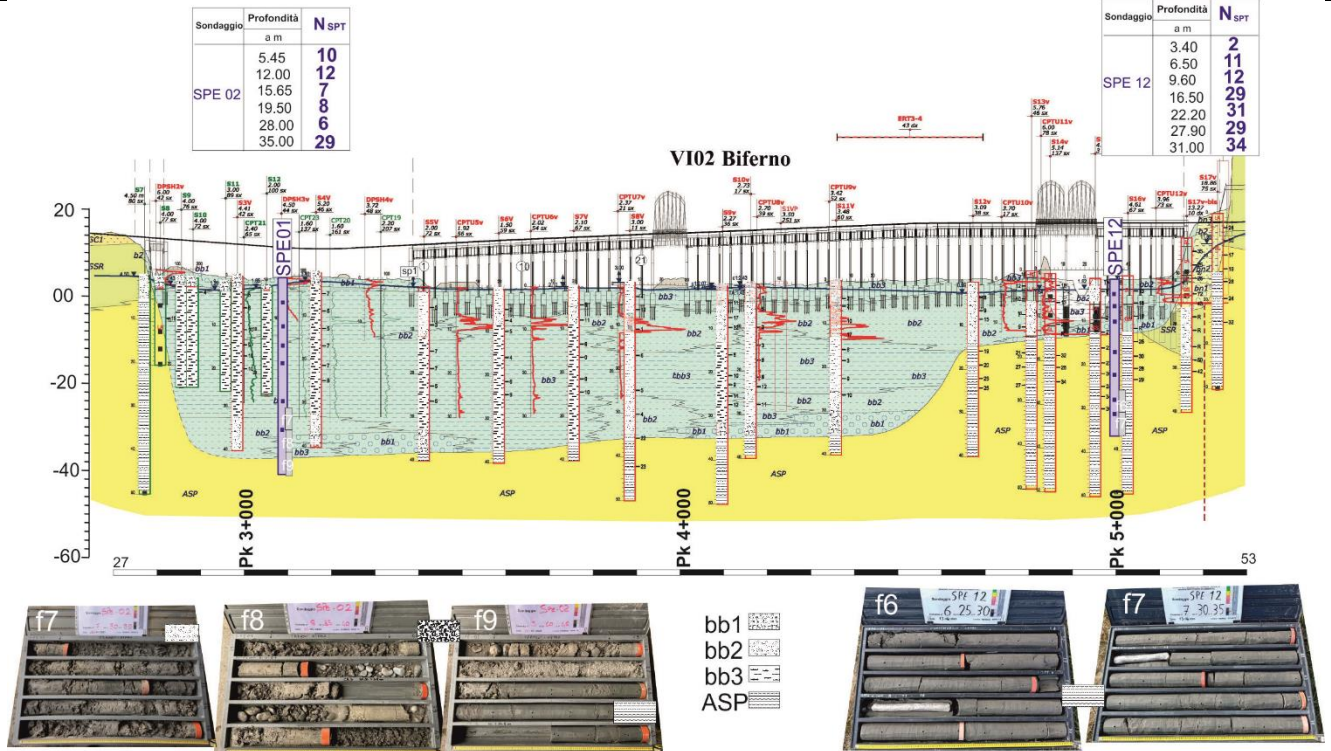
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	22



**Figura 4-3. Risultanze indice di plasticità da PE per VI02**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

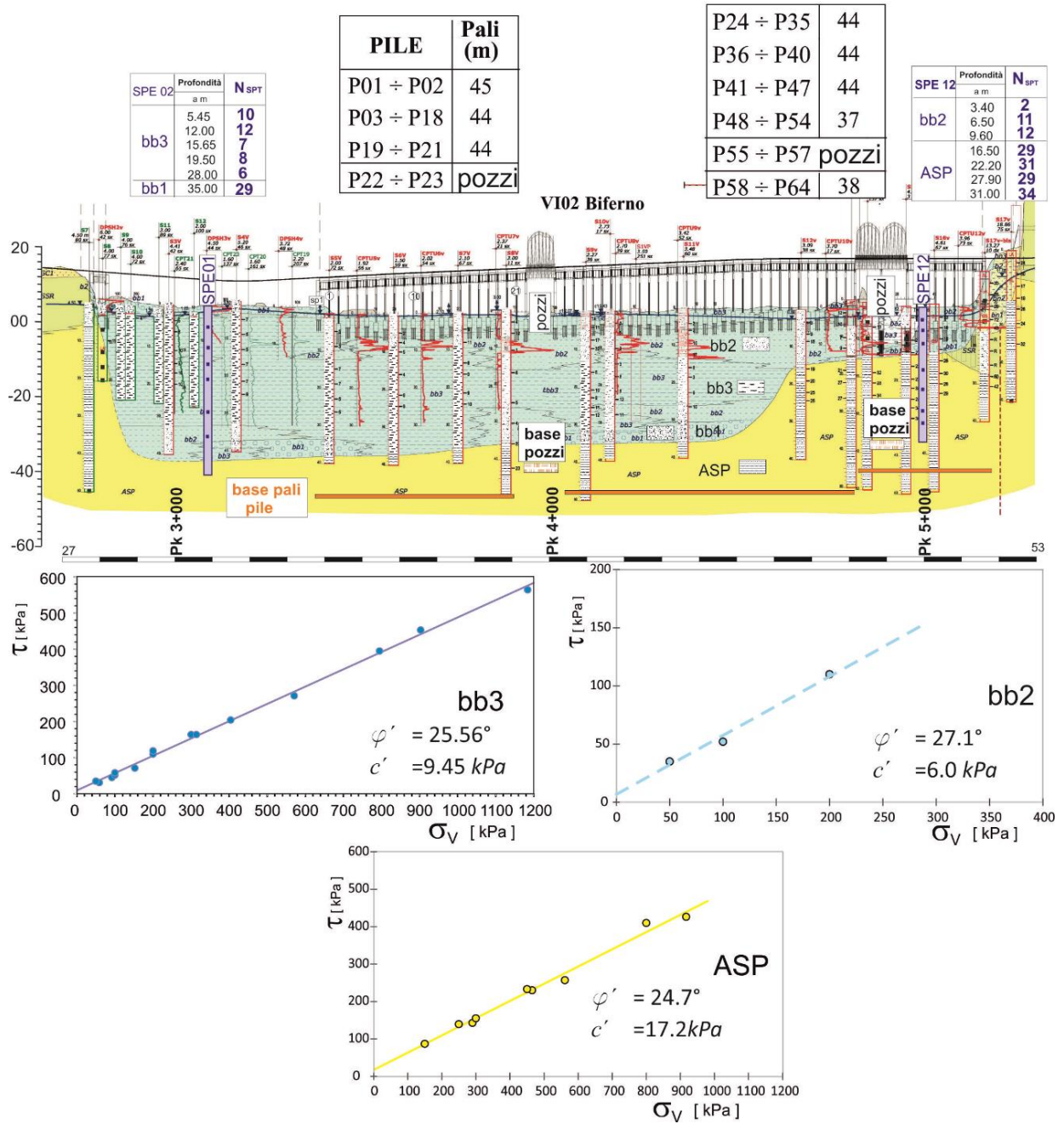
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	<b>23</b>



**Figura 4-4. Risultanze campioni dei sondaggi da PE per VI02**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazioni dei viadotti**

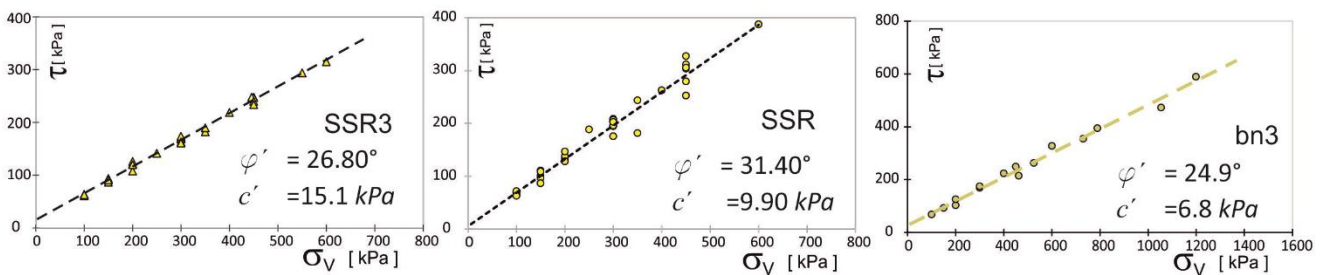
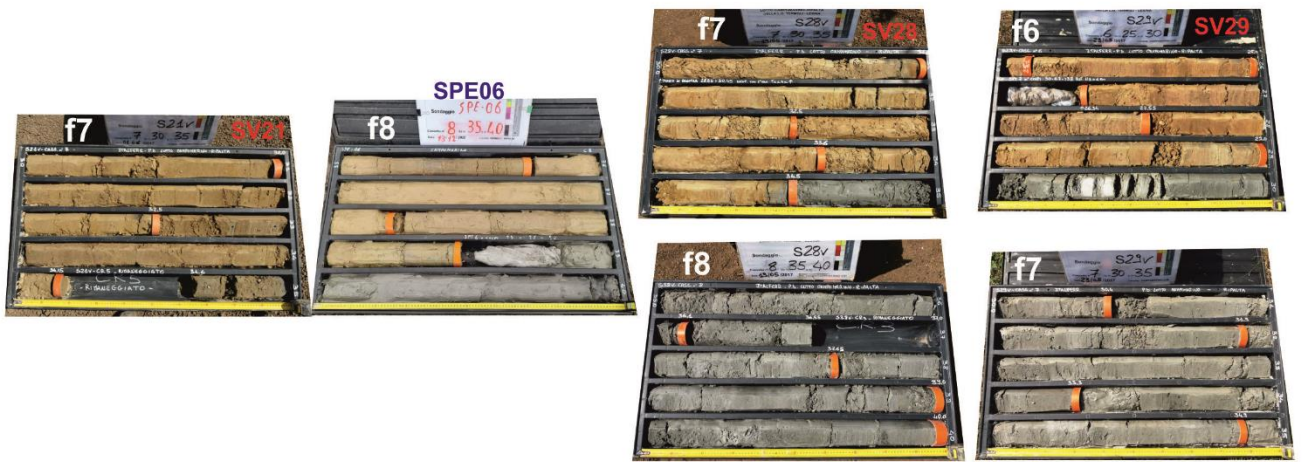
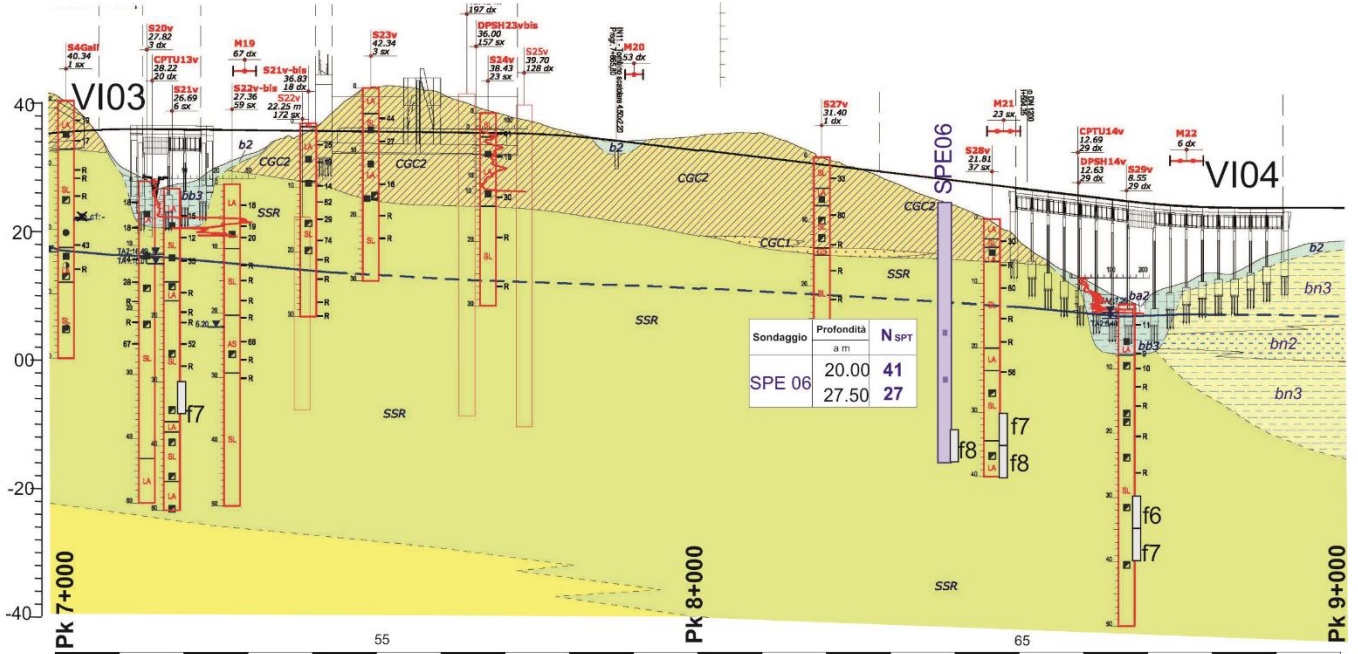
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	24



**Figura 4-5. Risultanze parametri geotecnici dei sondaggi da PE per VI02**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	25



**Figura 4-6. Risultanze campioni dei sondaggi e parametri geotecnici da PE per VI03-04**

Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazioni dei viadotti

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	05	007	B	26

Sondaggio	Profondità a m	N SPT
SPE 09	2.85	36
	5.70	51
	11.20	15
	26.00	R
	33.20	R

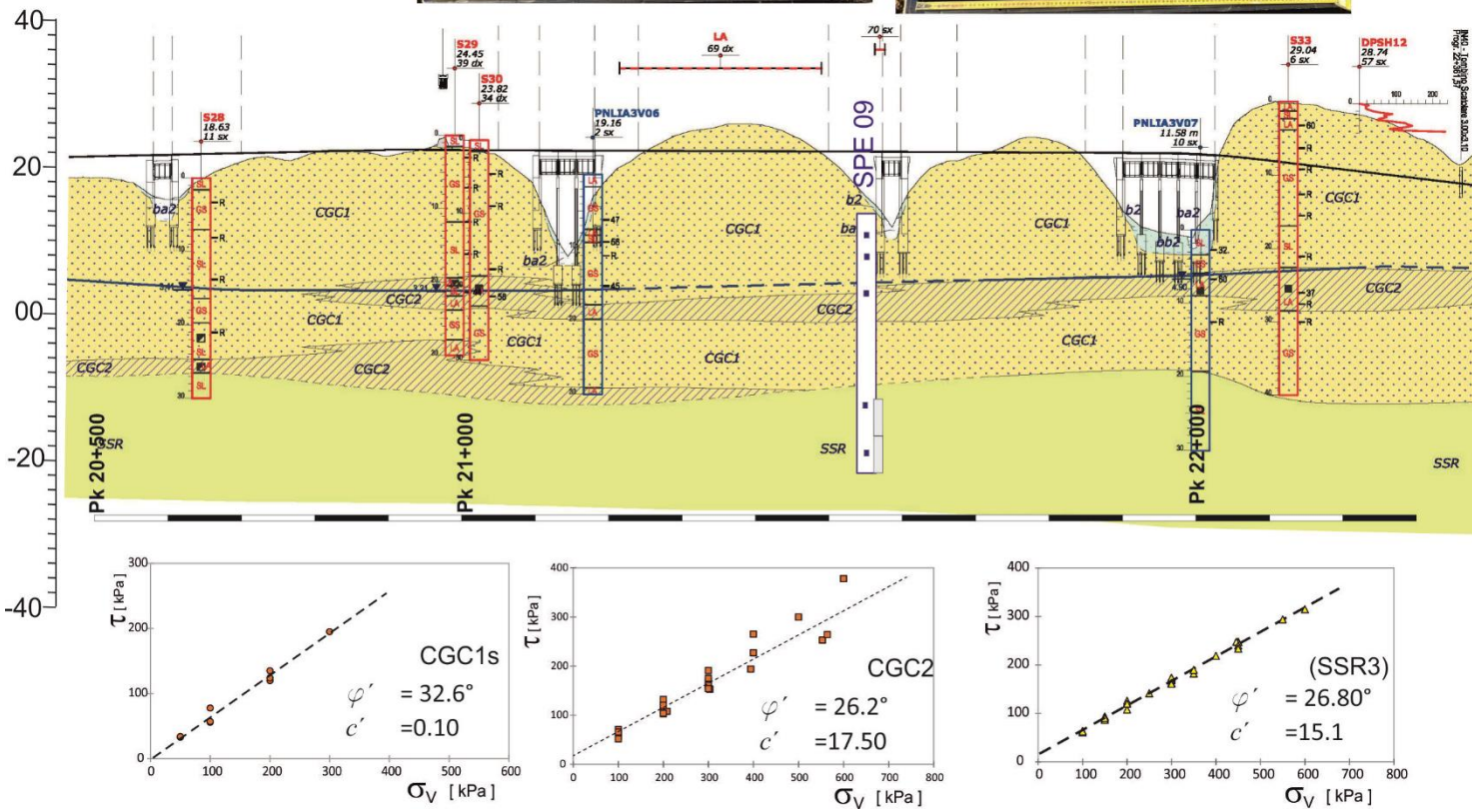


Figura 4-7. Risultanze campioni dei sondaggi e parametri geotecnici da PE per VI11-12-13-14

Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	05	007	B	27

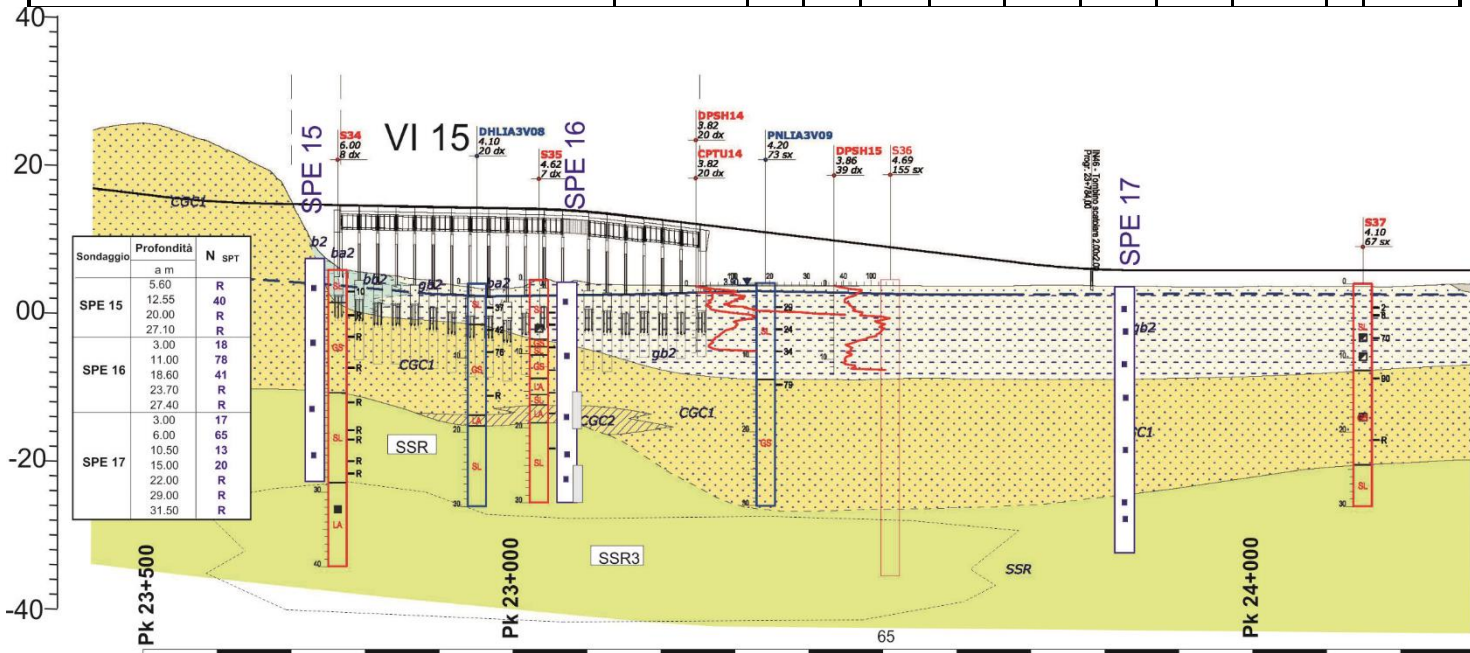


Figura 4-8. Risultanze campioni dei sondaggi da PE per VI15

## 5 CRITERI PER ANALISI E VERIFICHE GEOTECNICHE

### 5.1 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

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

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	28

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)

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

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

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:

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

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	29

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  $\mu = tg\phi$  = 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).

#### Capacità in presenza di liquefazione.

Nel caso in cui è stato valutato un tratto con possibilità di liquefazione, per la valutazione della capacità verticale a compressione ed a trazione del palo, sarà considerato un contributo nullo dato dalla resistenza del terreno laterale nel tratto liquefacibile. Sarà tuttavia considerato il peso del terreno nel tratto considerato liquefacibile. Analogamente, nel calcolo della resistenza orizzontale del terreno, sarà annullata la resistenza del terreno nel tratto liquefacibile, generando un sensibile decremento della resistenza orizzontale del terreno. Questo potrà influire notevolmente sul dimensionamento delle armature dei pali.

#### Capacità in presenza di scalzamento.

Nel caso in cui è stato valutato un tratto con possibilità di scalzamento, per la valutazione della capacità verticale a compressione ed a trazione, sarà considerato un contributo nullo dato dalla resistenza del terreno laterale nel tratto considerato. Sarà inoltre annullato anche il peso del terreno nel tratto di terreno superficiale scalzato poiché lo scalzamento corrisponde appunto ad una rimozione del terreno.

Analogamente, nel calcolo della resistenza orizzontale del terreno, sarà annullata la resistenza ed il peso del terreno nel tratto considerato scalzato, generando un sensibile decremento della resistenza orizzontale del terreno. Si fa presente che le azioni orizzontali in presenza di scalzamento sono notevolmente basse poiché non c'è contemporaneità con l'azione sismica. Tale verifica, quindi, non sarà mai dimensionante ai fini del dimensionamento dell'armatura.

#### Rigidezza in presenza di scalzamento e liquefazione.

La rigidezza del terreno, da valutare al fine della determinazione della distribuzione del momento e del taglio lungo il palo tramite la teoria di Matlock e Reese, è considerata nulla nel tratto soggetto a liquefazione e scalzamento. Questo genererà dei valori di  $\alpha$  (rapporto tra  $Med/Ved$ ) generalmente più alti di quelli classici.



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	30

**5.2 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 gruppo, mentre la componente momento ha soltanto un'influenza molto modesta sulla capacità laterale, tant'è che è sufficiente fare riferimento alla sezione della superficie di collasso nello spazio delle azioni per  $M = 0$ . Il dominio di collasso della palificata nel piano (Q, H) può essere costruito in modo agevole partendo dai valori estremi delle capacità laterali del gruppo:

$$H_{dc} = \eta_h n \frac{H_k(M_{yc})}{\gamma_{tr}} = \eta_h n \frac{H_{lim}(M_{yc})}{\xi_3 \gamma_{tr}} \quad (11)$$

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

in cui  $\eta_h$  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

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

mentre per terreni incoerenti, si ha:

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

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

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

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 geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	31

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

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

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

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

(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 geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	15

**6 VIADOTTO VI01**

Il viadotto VI01 si estende tra le progressive chilometriche 2+783.9 e 2+815.9 ed è costituito da solo 2 spalle in una zona non soggetta a liquefazione o scalzamento e pertanto non è oggetto della presente relazione. Per il dimensionamento delle fondazioni delle spalle si rimanda quindi alla relazione di calcolo delle spalle medesime.

**7 VIADOTTO VI02**

Il viadotto VI02 si estende tra le progressive chilometriche 3+387.5 e 5+147.5 ed è costituito da 2 spalle e 64 pile di cui le pile dalla P55 alla P57 sono costituite da pozzi di fondazione e quindi sono oggetto di relazioni specifiche. Le pile hanno altezze variabili da 8,8m a 13,0m, mentre i plinti di fondazione poggiano su palificate di 9 pali ciascuna. Le pile oggetto di questo capitolo sono riportate di seguito.

**Tabella 6-1 – Sintesi delle caratteristiche delle pile**

WBS	PILE	H <sub>pila</sub> [m]	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub> [m]	IMPALCATI							SISMA		FONDAZIONE					
					R <sub>min</sub>	Lato sx	L	App.	Lato dx	L	App.	Zona Sismica	Categoria Sottosuolo	D <sub>pali</sub> [m]	n <sub>pali</sub> [m]	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam. [m]	
					[m]														[m]
VI02 - Biferno	P01 ÷ P02	8.8	R5	10.5	2400	C.a.p.	25	FISSO	C.a.p.	25	MOBILE	S1	D	1.5	9	2	SI	0.3	
	P03 ÷ P18	9.0	R5	10.5	2400	C.a.p.	25	FISSO	C.a.p.	25	MOBILE	S1	D	1.5	9	2	SI	2.2	
	P19 ÷ P21	10.5	R5	10.5	2400	C.a.p.	25	FISSO	C.a.p.	25	MOBILE	S1	D	1.5	9	3	NO	2.2	
	P22 - P23	Non oggetto della presente relazione																	
	P24 ÷ P35	10.5	R5	10.5	2400	C.a.p.	25	FISSO	C.a.p.	25	MOBILE	S1	D	1.5	9	3	NO	1.0	
	P36 ÷ P40	10.5	R5	10.5	2400	C.a.p.	25	FISSO	C.a.p.	25	MOBILE	S1	D	1.5	9	3	NO	4.3	
	P40 ÷ P47	10.5	R5	10.5	2400	C.a.p.	25	FISSO	C.a.p.	25	MOBILE	S1	D	1.5	9	3	NO	-	
	P48 ÷ P54	10.5	R5	10.5	2400	C.a.p.	25	FISSO	C.a.p.	25	MOBILE	S1	D	1.5	9	4	NO	-	
	P55÷57	Non oggetto della presente relazione																	
	P58 ÷ P64	13.0	R4	13	2400	C.a.p.	25	FISSO	C.a.p.	25	MOBILE	S1	C	1.5	9	5	NO	3.7	

Per questa opera si possono riconoscere le seguenti stratigrafie specifiche con i parametri ad essi associati.

Stratigrafia 2 - dal km 3+387.5 (inizio VI02) al km 3+850

**Tabella 6-2 – Stratigrafia e parametri geotecnici**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	16

**Da km 3+387.5 al km 3+850**

Unità geotecnica	Profondità	$\gamma$	Nspt	$\phi'$	$c'$	cu	E0	Vs	Go	k
	(m)	(kN/m <sup>3</sup> )		deg.	(kPa)	(kPa)	(MPa)	m/s	Mpa	m/s
ba3	0÷7	18,5				40				
ba2	7÷9,5	19	3÷32 (17,5)	33						
ba3	9,5÷40	18,5	1÷23 (12)			50÷90 (70)				
ASP	40÷50	19,5	23			250				

Stratigrafia 3 dal km 3+850 al km 4+625

**Tabella 6-3 – Stratigrafia e parametri geotecnici**

**Da km 3+850 al km 4+625**

Unità geotecnica	Profondità	$\gamma$	Nspt	$\phi'$	$c'$	cu	E0	Vs	Go	k
	(m)	(kN/m <sup>3</sup> )		deg.	(kPa)	(kPa)	(MPa)	m/s	Mpa	m/s
ba3	0÷5	18,5				40				
ba2	5÷14	19	3÷32 (17,5)	33						
ba3	14÷35	18,5	1÷12 (6,5)			50÷90 (70)				
ASP	35÷50	19,5	23			250				

Stratigrafia 4 dal km 4+625 al km 4+825

**Tabella 6-4 – Stratigrafia e parametri geotecnici**

**Da km 4+625 al km 4+825**

Unità geotecnica	Profondità	$\gamma$	Nspt	$\phi'$	$c'$	cu	E0	Vs	Go	k
	(m)	(kN/m <sup>3</sup> )		deg.	(kPa)	(kPa)	(MPa)	m/s	Mpa	m/s
ba3	0÷6	18,5				40				
ba2	6÷15	19	1÷32 (16,5)	33						
ASP	15÷50	19,5	19÷36 (27,5)			150 per z≤23m 250 per z>23m				

Stratigrafia 5 dal km 4+960 al km 5+140

**Tabella 6-5 – Stratigrafia e parametri geotecnici**

**Da km 4+960 al km 5+140**

Unità geotecnica	Profondità	$\gamma$	Nspt	$\phi'$	$c'$	cu	E0	Vs	Go	k
	(m)	(kN/m <sup>3</sup> )		deg.	(kPa)	(kPa)	(MPa)	m/s	Mpa	m/s
ba2	0÷5	19		33		40				
ba1	5÷13	19	18÷100 (59)	35						
ASP	13÷50	19,5	19÷36 (27,5)			150 per z≤23m 250 per z>23m				

Stratigrafia 6 dal km 5+140 al km 5+147.5 (fine VI02)

**Da km 5+140 al km 5+147.5**

Unità geotecnica	Profondità	$\gamma$	Nspt	$\phi'$	$c'$	cu	E0	Vs	Go	k
	(m)	(kN/m <sup>3</sup> )		deg.	(kPa)	(kPa)	(MPa)	m/s	Mpa	m/s
b2	0÷4	19	25÷35 (30)			120				
SSR	4÷23	19,5	26÷100 (63)	35						
ASP	23÷50	19,5	19÷36 (27,5)			150 per z≤23m 250 per z>23m				

**Tabella 6-6 – Stratigrafia e parametri geotecnici**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	17

**7.1 SCARICHI DI RIFERIMENTO**

Dalla relazione di calcolo del viadotto VI02 si derivano i seguenti carichi ritenuti quelli dimensionanti per l'intera opera. Condizione R4 per le pile di altezza 13,0m e condizione R5 per le pile con altezza 10,5m. In particolare la condizione R5 sarà applicata per tutte le pile di altezza inferiore a 10,5m per tutte le stratigrafie in cui esse si inseriscono.

**Tabella 6-7 – Scarichi condizione R4 viadotto VI02 (Hpila=13,0m)**

R4									
CARICO VERTICALE TESTA PALI	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9
Combinazione	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Permanenti	3524	3859	4194	3504	3838	4173	3483	3818	4152
TA1GR1_1	5210	6428	7647	4328	5546	6765	3446	4665	5883
TA1GR1_2	4440	5562	6685	3976	5098	6221	3512	4634	5757
TA1GR1_3	5263	6282	7301	4181	5200	6219	3099	4118	5137
TA1GR1_4	4690	5909	7127	3816	5034	6253	2941	4160	5378
TA1GR1_5	3920	5043	6166	3463	4586	5709	3007	4129	5252
TA1GR1_6	4743	5762	6781	3669	4688	5707	2594	3613	4632
TA1GR3_1	6319	7189	8060	4687	5558	6428	3055	3926	4797
TA1GR3_2	4969	5932	6896	4138	5101	6065	3306	4270	5234
TA1GR3_3	6292	7056	7820	4457	5220	5984	2621	3385	4149
TA1GR3_4	5799	6670	7541	4175	5045	5916	2550	3421	4292
TA1GR3_5	4449	5413	6377	3625	4589	5553	2801	3765	4729
TA1GR3_6	5773	6536	7300	3944	4708	5472	2116	2880	3644
SLV-EL+0.3ET	6545	8330	10115	1763	3548	5332	-3020	-1235	550
SLV-0.3EL+ET	-78	4982	10043	-1513	3548	8608	-2948	2113	7173
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

**Tabella 6-8 – Scarichi condizione R5 viadotto VI02 (Hpila 10,5m)**

R5									
CARICO VERTICALE TESTA PALI	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9
Combinazione	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Permanenti	3323	3611	3900	3306	3594	3882	3288	3576	3865
TA1GR1_1	5313	5962	6610	4568	5216	5865	3822	4471	5120
TA1GR1_2	4241	5162	6084	3847	4768	5690	3453	4374	5296
TA1GR1_3	5179	5813	6448	4235	4870	5504	3292	3926	4560
TA1GR1_4	4795	5443	6092	4055	4704	5353	3316	3965	4614
TA1GR1_5	3723	4644	5565	3335	4256	5177	2947	3868	4789
TA1GR1_6	4661	5295	5929	3723	4358	4992	2786	3420	4054
TA1GR3_1	6048	6603	7158	4673	5227	5782	3297	3852	4407
TA1GR3_2	4642	5474	6305	3939	4771	5603	3237	4069	4900
TA1GR3_3	5928	6468	7008	4350	4890	5431	2773	3313	3853
TA1GR3_4	5530	6085	6640	4161	4715	5270	2791	3346	3900
TA1GR3_5	4124	4955	5787	3427	4259	5091	2731	3563	4394
TA1GR3_6	5409	5950	6490	3838	4378	4918	2267	2807	3347
SLV-EL+0.3ET	6305	7796	9288	1812	3303	4795	-2681	-1190	301
SLV-0.3EL+ET	577	4651	8725	-771	3303	7377	-2119	1955	6029
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Nelle medesime condizioni sono indicati anche i valori di taglio massimo agente.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	18

**Tabella 6-9 – Valori di taglio massimo agente**

<b>R4</b>			<b>R5</b>		
<b>TAGLI TESTA PALI</b>			<b>TAGLI TESTA PALI</b>		
<b>Combinazione</b>	<b>TL</b>	<b>TT</b>	<b>Combinazione</b>	<b>TL</b>	<b>TT</b>
Permanenti	4	54	Permanenti	4	52
TA1GR1_1	164	176	TA1GR1_1	164	106
TA1GR1_2	84	122	TA1GR1_2	84	104
TA1GR1_3	166	150	TA1GR1_3	166	106
TA1GR1_4	162	176	TA1GR1_4	162	106
TA1GR1_5	83	122	TA1GR1_5	83	104
TA1GR1_6	165	150	TA1GR1_6	165	106
TA1GR3_1	307	125	TA1GR3_1	307	89
TA1GR3_2	155	98	TA1GR3_2	155	88
TA1GR3_3	310	112	TA1GR3_3	310	89
TA1GR3_4	306	125	TA1GR3_4	306	89
TA1GR3_5	153	98	TA1GR3_5	153	88
TA1GR3_6	308	112	TA1GR3_6	308	89
SLV-EL+0.3ET	1289	365	SLV-EL+0.3ET	1394	344
SLV-0.3EL+ET	387	1218	SLV-0.3EL+ET	418	1148

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	19

## **7.2 VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE**

Nel seguito sono riportati i tabulati delle curve di capacità portante verticale per ciascuna stratigrafia d'interesse e nelle condizioni specifiche del sito in termini di liquefazione e scalzamento.

### **1\_ Stratigrafia 2\_ Liquefazione**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	20

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
0.00	0	718	0	718	380
-0.50	38	734	5	767	407
-1.00	113	751	11	853	457
-1.50	188	767	16	940	507
-2.00	264	783	21	1026	557
-2.50	339	800	27	1112	607
-3.00	415	816	32	1199	657
-3.50	490	832	37	1285	708
-4.00	565	849	42	1372	758
-4.50	641	865	48	1458	808
-5.00	679	1470	53	2096	1146
-5.50	679	1574	58	2194	1196
-6.00	679	1677	64	2292	1245
-6.50	679	1780	69	2390	1295
-7.00	679	1884	74	2488	1344
-7.50	728	1443	80	2091	1136
-8.00	827	1460	85	2202	1201
-8.50	926	1476	90	2312	1266
-9.00	1025	1493	95	2423	1331
-9.50	1124	1510	101	2533	1396
-10.00	1223	1527	106	2644	1461
-10.50	1322	1544	111	2754	1526
-11.00	1421	1560	117	2865	1591
-11.50	1520	1577	122	2975	1656
-12.00	1619	1594	127	3085	1722
-12.50	1718	1610	133	3195	1786
-13.00	1817	1627	138	3305	1851
-13.50	1916	1643	143	3415	1916
-14.00	2015	1659	148	3525	1981
-14.50	2114	1676	154	3635	2046
-15.00	2212	1692	159	3745	2110
-15.50	2311	1708	164	3855	2175
-16.00	2410	1725	170	3965	2240
-16.50	2509	1741	175	4075	2305
-17.00	2608	1757	180	4185	2370
-17.50	2707	1774	186	4295	2434
-18.00	2806	1790	191	4405	2499
-18.50	2905	1806	196	4515	2564
-19.00	3004	1823	201	4626	2629
-19.50	3103	1839	207	4736	2694
-20.00	3202	1856	212	4846	2759
-20.50	3301	1872	217	4956	2823
-21.00	3400	1888	223	5066	2888
-21.50	3499	1905	228	5176	2953
-22.00	3598	1921	233	5286	3018
-22.50	3697	1937	239	5396	3083
-23.00	3796	1954	244	5506	3147
-23.50	3895	1970	249	5616	3212
-24.00	3994	1986	254	5726	3277
-24.50	4093	2003	260	5836	3342
-25.00	4192	2019	265	5946	3407
-25.50	4291	2035	270	6056	3471
-26.00	4390	2052	276	6166	3536
-26.50	4489	2068	281	6276	3601



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	21

-27.00	4588	2084	286	6386	3666
-27.50	4686	2101	292	6496	3731
-28.00	4785	2117	297	6606	3796
-28.50	4884	2133	302	6716	3860
-29.00	4983	2150	307	6826	3925
-29.50	5082	2166	313	6936	3990
-30.00	5181	2182	318	7046	4055
-30.50	5280	2199	323	7156	4120
-31.00	5379	2215	329	7266	4184
-31.50	5478	2231	334	7376	4249
-32.00	5577	2248	339	7486	4314
-32.50	5676	2264	345	7596	4379
-33.00	5775	2281	350	7707	4444
-33.50	5874	2299	355	7817	4509
-34.00	5973	2316	360	7928	4575
-34.50	6072	2333	366	8039	4640
-35.00	6171	2350	371	8150	4705
-35.50	6270	2368	376	8261	4771
-36.00	6369	2385	382	8372	4836
-36.50	6468	2402	387	8483	4901
-37.00	6567	2419	392	8594	4966
-37.50	6666	2436	398	8705	5032
-38.00	6875	5316	403	11788	6680
-38.50	7194	5334	408	12120	6882
-39.00	7515	5351	414	12452	7085
-39.50	7836	5368	419	12786	7289
-40.00	8159	5385	424	13120	7493
-40.50	8483	5403	429	13456	7698
-41.00	8808	5420	435	13793	7904
-41.50	9134	5437	440	14131	8110
-42.00	9462	5454	445	14471	8317
-42.50	9790	5472	451	14811	8525
-43.00	10120	5490	456	15153	8734
-43.50	10451	5509	461	15498	8944
-44.00	10783	5529	467	15845	9156
-44.50	11117	5549	472	16194	9369
-45.00	11452	5571	477	16546	9584
-45.50	11790	5593	482	16901	9800
-46.00	12129	5617	488	17258	10018
-46.50	12470	5641	493	17618	10237
-47.00	12813	5666	498	17981	10458

-----

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	22

**2\_ Stratigrafia 2\_ Scalzamento 0.3m**

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
0.00			0		
-0.50	0	0	5	-5	-5
-1.00	38	751	11	778	410
-1.50	113	767	16	864	460
-2.00	188	783	21	951	510
-2.50	264	800	27	1037	560
-3.00	339	816	32	1123	611
-3.50	415	832	37	1210	661
-4.00	490	849	42	1296	711
-4.50	565	865	48	1383	761
-5.00	637	1470	53	2055	1121
-5.50	708	1574	58	2224	1214
-6.00	784	1677	64	2398	1311
-6.50	865	1780	69	2576	1410
-7.00	950	1884	74	2760	1513
-7.50	1044	1443	80	2407	1332
-8.00	1143	1460	85	2517	1397
-8.50	1242	1476	90	2628	1462
-9.00	1340	1493	95	2738	1527
-9.50	1439	1510	101	2849	1592
-10.00	1538	1527	106	2959	1657
-10.50	1637	1544	111	3070	1722
-11.00	1736	1560	117	3180	1787
-11.50	1835	1577	122	3291	1852
-12.00	1934	1594	127	3401	1918
-12.50	2033	1610	133	3511	1982
-13.00	2132	1627	138	3621	2047
-13.50	2231	1643	143	3731	2112
-14.00	2330	1659	148	3841	2177
-14.50	2429	1676	154	3951	2242
-15.00	2528	1692	159	4061	2306
-15.50	2627	1708	164	4171	2371
-16.00	2726	1725	170	4281	2436
-16.50	2825	1741	175	4391	2501
-17.00	2924	1757	180	4501	2566
-17.50	3023	1774	186	4611	2630
-18.00	3122	1790	191	4721	2695
-18.50	3221	1806	196	4831	2760
-19.00	3320	1823	201	4941	2825
-19.50	3419	1839	207	5051	2890
-20.00	3518	1856	212	5161	2955
-20.50	3617	1872	217	5271	3019
-21.00	3716	1888	223	5381	3084
-21.50	3814	1905	228	5491	3149
-22.00	3913	1921	233	5601	3214
-22.50	4012	1937	239	5711	3279
-23.00	4111	1954	244	5821	3343
-23.50	4210	1970	249	5931	3408
-24.00	4309	1986	254	6041	3473
-24.50	4408	2003	260	6151	3538
-25.00	4507	2019	265	6261	3603

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	23

-25.50	4606	2035	270	6371	3667
-26.00	4705	2052	276	6481	3732
-26.50	4804	2068	281	6591	3797
-27.00	4903	2084	286	6701	3862
-27.50	5002	2101	292	6811	3927
-28.00	5101	2117	297	6921	3992
-28.50	5200	2133	302	7031	4056
-29.00	5299	2150	307	7141	4121
-29.50	5398	2166	313	7251	4186
-30.00	5497	2182	318	7361	4251
-30.50	5596	2199	323	7471	4316
-31.00	5695	2215	329	7581	4380
-31.50	5794	2231	334	7691	4445
-32.00	5893	2248	339	7801	4510
-32.50	5992	2264	345	7911	4575
-33.00	6091	2281	350	8022	4640
-33.50	6190	2299	355	8133	4705
-34.00	6289	2316	360	8244	4771
-34.50	6387	2333	366	8355	4836
-35.00	6486	2350	371	8466	4901
-35.50	6585	2368	376	8577	4967
-36.00	6684	2385	382	8687	5032
-36.50	6783	2402	387	8798	5097
-37.00	6882	2419	392	8909	5162
-37.50	6981	2436	398	9020	5228
-38.00	7190	5316	403	12104	6876
-38.50	7510	5334	408	12435	7078
-39.00	7830	5351	414	12768	7281
-39.50	8152	5368	419	13101	7485
-40.00	8475	5385	424	13436	7689
-40.50	8799	5403	429	13772	7894
-41.00	9124	5420	435	14109	8100
-41.50	9450	5437	440	14447	8306
-42.00	9777	5454	445	14786	8513
-42.50	10106	5472	451	15127	8721
-43.00	10435	5490	456	15469	8930
-43.50	10766	5509	461	15814	9140
-44.00	11098	5529	467	16160	9352
-44.50	11432	5549	472	16510	9565
-45.00	11768	5571	477	16862	9780
-45.50	12105	5593	482	17216	9996
-46.00	12444	5617	488	17573	10213
-46.50	12785	5641	493	17934	10433
-47.00	13129	5666	498	18297	10654

-----

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	24

**3\_ Stratigrafia 2\_ Scalzamento 2.2m**

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
0.00			0		
-0.50			5		
-1.00			11		
-1.50			16		
-2.00			21		
-2.50	0	0	27	-27	-27
-3.00	38	816	32	822	423
-3.50	113	832	37	908	474
-4.00	188	849	42	995	524
-4.50	264	865	48	1081	574
-5.00	336	1470	53	1753	934
-5.50	407	1574	58	1922	1027
-6.00	483	1677	64	2096	1123
-6.50	563	1780	69	2275	1223
-7.00	649	1884	74	2458	1325
-7.50	742	1443	80	2105	1145
-8.00	841	1460	85	2216	1210
-8.50	940	1476	90	2326	1275
-9.00	1039	1493	95	2437	1340
-9.50	1138	1510	101	2547	1405
-10.00	1237	1527	106	2658	1470
-10.50	1336	1544	111	2768	1535
-11.00	1435	1560	117	2879	1600
-11.50	1534	1577	122	2989	1665
-12.00	1633	1594	127	3099	1730
-12.50	1732	1610	133	3209	1795
-13.00	1831	1627	138	3319	1860
-13.50	1930	1643	143	3429	1925
-14.00	2029	1659	148	3539	1989
-14.50	2127	1676	154	3649	2054
-15.00	2226	1692	159	3759	2119
-15.50	2325	1708	164	3869	2184
-16.00	2424	1725	170	3979	2249
-16.50	2523	1741	175	4089	2314
-17.00	2622	1757	180	4199	2378
-17.50	2721	1774	186	4309	2443
-18.00	2820	1790	191	4419	2508
-18.50	2919	1806	196	4529	2573
-19.00	3018	1823	201	4639	2638
-19.50	3117	1839	207	4749	2702
-20.00	3216	1856	212	4859	2767
-20.50	3315	1872	217	4969	2832
-21.00	3414	1888	223	5079	2897
-21.50	3513	1905	228	5189	2962
-22.00	3612	1921	233	5299	3026
-22.50	3711	1937	239	5409	3091
-23.00	3810	1954	244	5520	3156
-23.50	3909	1970	249	5630	3221
-24.00	4008	1986	254	5740	3286
-24.50	4107	2003	260	5850	3351
-25.00	4206	2019	265	5960	3415
-25.50	4305	2035	270	6070	3480
-26.00	4404	2052	276	6180	3545

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>25</b>

-26.50	4503	2068	281	6290	3610
-27.00	4601	2084	286	6400	3675
-27.50	4700	2101	292	6510	3739
-28.00	4799	2117	297	6620	3804
-28.50	4898	2133	302	6730	3869
-29.00	4997	2150	307	6840	3934
-29.50	5096	2166	313	6950	3999
-30.00	5195	2182	318	7060	4063
-30.50	5294	2199	323	7170	4128
-31.00	5393	2215	329	7280	4193
-31.50	5492	2231	334	7390	4258
-32.00	5591	2248	339	7500	4323
-32.50	5690	2264	345	7610	4388
-33.00	5789	2281	350	7720	4453
-33.50	5888	2299	355	7831	4518
-34.00	5987	2316	360	7942	4583
-34.50	6086	2333	366	8053	4649
-35.00	6185	2350	371	8164	4714
-35.50	6284	2368	376	8275	4779
-36.00	6383	2385	382	8386	4845
-36.50	6482	2402	387	8497	4910
-37.00	6581	2419	392	8608	4975
-37.50	6680	2436	398	8718	5040
-38.00	6889	5316	403	11802	6689
-38.50	7208	5334	408	12134	6891
-39.00	7529	5351	414	12466	7094
-39.50	7850	5368	419	12800	7297
-40.00	8173	5385	424	13134	7502
-40.50	8497	5403	429	13470	7707
-41.00	8822	5420	435	13807	7913
-41.50	9148	5437	440	14145	8119
-42.00	9476	5454	445	14485	8326
-42.50	9804	5472	451	14825	8534
-43.00	10134	5490	456	15167	8743
-43.50	10465	5509	461	15512	8953
-44.00	10797	5529	467	15859	9165
-44.50	11131	5549	472	16208	9378
-45.00	11466	5571	477	16560	9592
-45.50	11804	5593	482	16915	9808
-46.00	12143	5617	488	17272	10026
-46.50	12484	5641	493	17632	10246
-47.00	12827	5666	498	17995	10467

-----

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	26

**4\_ Stratigrafia 3\_ Scalzamento 1m**

---

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>27</b>

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
0.00		0	0	0	0
-0.50		0	5	-5	0
-1.00	0	0	11	-11	0
-1.50	38	767	16	789	413
-2.00	113	783	21	875	463
-2.50	174	982	27	1129	601
-3.00	222	1085	32	1276	680
-3.50	275	1189	37	1427	763
-4.00	333	1292	42	1583	848
-4.50	395	1396	48	1743	936
-5.00	463	1499	53	1909	1028
-5.50	535	1602	58	2079	1122
-6.00	612	1706	64	2254	1219
-6.50	694	1809	69	2434	1319
-7.00	781	1912	74	2619	1423
-7.50	873	2016	80	2809	1529
-8.00	969	2119	85	3003	1638
-8.50	1070	2223	90	3203	1751
-9.00	1176	2326	95	3407	1866
-9.50	1287	2429	101	3616	1984
-10.00	1403	2533	106	3830	2105
-10.50	1523	2636	111	4048	2230
-11.00	1649	2740	117	4271	2357
-11.50	1779	2843	122	4500	2487
-12.00	1914	2946	127	4733	2620
-12.50	2032	1613	133	3512	1983
-13.00	2131	1629	138	3622	2047
-13.50	2230	1645	143	3732	2112
-14.00	2329	1662	148	3842	2177
-14.50	2428	1678	154	3952	2242
-15.00	2527	1694	159	4062	2307
-15.50	2626	1711	164	4172	2372
-16.00	2725	1727	170	4282	2436
-16.50	2824	1743	175	4392	2501
-17.00	2922	1760	180	4502	2566
-17.50	3021	1776	186	4612	2631
-18.00	3120	1792	191	4722	2696
-18.50	3219	1809	196	4832	2760
-19.00	3318	1825	201	4942	2825
-19.50	3417	1841	207	5052	2890
-20.00	3516	1858	212	5162	2955
-20.50	3615	1874	217	5272	3020
-21.00	3714	1890	223	5382	3084
-21.50	3813	1907	228	5492	3149
-22.00	3912	1923	233	5602	3214
-22.50	4011	1939	239	5712	3279
-23.00	4110	1956	244	5822	3344
-23.50	4209	1972	249	5932	3409
-24.00	4308	1988	254	6042	3473
-24.50	4407	2005	260	6152	3538
-25.00	4506	2021	265	6262	3603
-25.50	4605	2038	270	6372	3668
-26.00	4704	2054	276	6482	3733
-26.50	4803	2070	281	6592	3797
-27.00	4902	2087	286	6702	3862

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	28

-27.50	5001	2103	292	6812	3927
-28.00	5100	2119	297	6922	3992
-28.50	5199	2136	302	7032	4057
-29.00	5298	2152	307	7142	4122
-29.50	5396	2168	313	7252	4186
-30.00	5495	2185	318	7362	4251
-30.50	5594	2201	323	7472	4316
-31.00	5693	2217	329	7582	4381
-31.50	5792	2234	334	7692	4446
-32.00	5891	2250	339	7802	4510
-32.50	5990	2266	345	7912	4575
-33.00	6194	5146	350	10990	6220
-33.50	6502	5164	355	11311	6416
-34.00	6812	5181	360	11632	6612
-34.50	7123	5198	366	11955	6809
-35.00	7435	5215	371	12279	7006
-35.50	7748	5233	376	12604	7204
-36.00	8062	5250	382	12930	7403
-36.50	8377	5267	387	13257	7603
-37.00	8694	5284	392	13586	7803
-37.50	9011	5301	398	13915	8004
-38.00	9330	5319	403	14246	8206
-38.50	9650	5336	408	14577	8409
-39.00	9970	5353	414	14910	8612
-39.50	10292	5370	419	15244	8815
-40.00	10616	5388	424	15579	9020
-40.50	10940	5405	429	15915	9225
-41.00	11265	5422	435	16253	9431
-41.50	11592	5439	440	16591	9638
-42.00	11919	5457	445	16930	9845
-42.50	12248	5474	451	17271	10053
-43.00	12578	5507	456	17629	10270
-43.50	12911	5540	461	17989	10489
-44.00	13245	5573	467	18352	10709
-44.50	13582	5606	472	18716	10930
-45.00	13920	5639	477	19082	11153
-45.50	14261	5673	482	19451	11377
-46.00	14603	5706	488	19821	11602

-----

$l_p$  = Lunghezza utile del palo  
 $Q_{l1}$  = Portata laterale limite  
 $Q_{b1}$  = Portata di base limite  
 $W_p$  = Peso efficace del palo  
 $Q_u$  = Portata totale limite  
 $Q_d$  = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS_{,l} + Q_{b1}/FS_{,b} - W_p$



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	29

**4\_ Stratigrafia 3\_ Scalzamento 2.2m**

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
0.00			0		
-0.50			5		
-1.00			11		
-1.50			16		
-2.00			21		
-2.50	0	0	27	0	0
-3.00	25	1085	32	1079	558
-3.50	78	1189	37	1230	641
-4.00	136	1292	42	1386	726
-4.50	199	1396	48	1547	814
-5.00	266	1499	53	1712	906
-5.50	339	1602	58	1883	1000
-6.00	416	1706	64	2058	1097
-6.50	498	1809	69	2238	1197
-7.00	584	1912	74	2423	1301
-7.50	676	2016	80	2612	1407
-8.00	772	2119	85	2807	1516
-8.50	874	2223	90	3006	1628
-9.00	980	2326	95	3210	1744
-9.50	1091	2429	101	3419	1862
-10.00	1206	2533	106	3633	1983
-10.50	1327	2636	111	3851	2107
-11.00	1452	2740	117	4075	2235
-11.50	1582	2843	122	4303	2365
-12.00	1717	2946	127	4536	2498
-12.50	1835	1613	133	3315	1861
-13.00	1934	1629	138	3425	1925
-13.50	2033	1645	143	3535	1990
-14.00	2132	1662	148	3645	2055
-14.50	2231	1678	154	3755	2120
-15.00	2330	1694	159	3865	2185
-15.50	2429	1711	164	3975	2249
-16.00	2528	1727	170	4085	2314
-16.50	2627	1743	175	4195	2379
-17.00	2726	1760	180	4305	2444
-17.50	2825	1776	186	4415	2509
-18.00	2924	1792	191	4525	2574
-18.50	3023	1809	196	4635	2638
-19.00	3122	1825	201	4745	2703
-19.50	3221	1841	207	4855	2768
-20.00	3320	1858	212	4965	2833
-20.50	3419	1874	217	5075	2898
-21.00	3518	1890	223	5185	2962
-21.50	3617	1907	228	5295	3027
-22.00	3716	1923	233	5405	3092
-22.50	3814	1939	239	5515	3157
-23.00	3913	1956	244	5625	3222
-23.50	4012	1972	249	5735	3286
-24.00	4111	1988	254	5845	3351

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	30

-24.50	4210	2005	260	5955	3416
-25.00	4309	2021	265	6065	3481
-25.50	4408	2038	270	6175	3546
-26.00	4507	2054	276	6285	3611
-26.50	4606	2070	281	6395	3675
-27.00	4705	2087	286	6505	3740
-27.50	4804	2103	292	6615	3805
-28.00	4903	2119	297	6725	3870
-28.50	5002	2136	302	6835	3935
-29.00	5101	2152	307	6945	3999
-29.50	5200	2168	313	7055	4064
-30.00	5299	2185	318	7165	4129
-30.50	5398	2201	323	7275	4194
-31.00	5497	2217	329	7385	4259
-31.50	5596	2234	334	7495	4323
-32.00	5695	2250	339	7605	4388
-32.50	5794	2266	345	7715	4453
-33.00	5893	2283	350	7825	4518
-33.50	5992	2300	355	7935	4583
-34.00	6091	2316	360	8045	4648
-34.50	6190	2333	366	8155	4713
-35.00	6289	2350	371	8265	4778
-35.50	6388	2366	376	8375	4843
-36.00	6487	2383	382	8485	4908
-36.50	6586	2400	387	8595	4973
-37.00	6685	2416	392	8705	5038
-37.50	6784	2433	398	8815	5103
-38.00	6883	2450	403	8925	5168
-38.50	6982	2466	408	9035	5233
-39.00	7081	2483	414	9145	5298
-39.50	7180	2500	419	9255	5363
-40.00	7279	2516	424	9365	5428
-40.50	7378	2533	429	9475	5493
-41.00	7477	2550	435	9585	5558
-41.50	7576	2566	440	9695	5623
-42.00	7675	2583	445	9805	5688
-42.50	7774	2600	451	9915	5753
-43.00	7873	2616	456	10025	5818
-43.50	7972	2633	461	10135	5883
-44.00	8071	2650	467	10245	5948
-44.50	8170	2666	472	10355	6013
-45.00	8269	2683	477	10465	6078
-45.50	8368	2700	482	10575	6143
-46.00	14407	5706	488	19625	11480

-----

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	31

**5\_ Stratigrafia 3\_ Scalzamento 4.3m**

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
0.00			0		
-0.50			5		
-1.00			11		
-1.50			16		
-2.00			21		
-2.50			27		
-3.00			32		
-3.50			37		
-4.00			42		
-4.50	0	0	48	0	0
-5.00	35	1499	53	1481	762
-5.50	107	1602	58	1651	856
-6.00	184	1706	64	1826	953
-6.50	266	1809	69	2006	1054
-7.00	353	1912	74	2191	1157
-7.50	445	2016	80	2381	1263
-8.00	541	2119	85	2575	1373
-8.50	642	2223	90	2775	1485
-9.00	748	2326	95	2979	1600
-9.50	859	2429	101	3188	1718
-10.00	975	2533	106	3402	1840
-10.50	1095	2636	111	3620	1964
-11.00	1221	2740	117	3844	2091
-11.50	1351	2843	122	4072	2221
-12.00	1486	2946	127	4305	2354
-12.50	1604	1613	133	3084	1717
-13.00	1703	1629	138	3194	1782
-13.50	1802	1645	143	3304	1846
-14.00	1901	1662	148	3414	1911
-14.50	2000	1678	154	3524	1976
-15.00	2099	1694	159	3634	2041
-15.50	2198	1711	164	3744	2106
-16.00	2297	1727	170	3854	2171
-16.50	2396	1743	175	3964	2235
-17.00	2495	1760	180	4074	2300
-17.50	2594	1776	186	4184	2365
-18.00	2692	1792	191	4294	2430
-18.50	2791	1809	196	4404	2495
-19.00	2890	1825	201	4514	2559
-19.50	2989	1841	207	4624	2624
-20.00	3088	1858	212	4734	2689
-20.50	3187	1874	217	4844	2754
-21.00	3286	1890	223	4954	2819
-21.50	3385	1907	228	5064	2883
-22.00	3484	1923	233	5174	2948
-22.50	3583	1939	239	5284	3013
-23.00	3682	1956	244	5394	3078
-23.50	3781	1972	249	5504	3143
-24.00	3880	1988	254	5614	3208
-24.50	3979	2005	260	5724	3272
-25.00	4078	2021	265	5834	3337

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	32

-25.50	4177	2038	270	5944	3402
-26.00	4276	2054	276	6054	3467
-26.50	4375	2070	281	6164	3532
-27.00	4474	2087	286	6274	3596
-27.50	4573	2103	292	6384	3661
-28.00	4672	2119	297	6494	3726
-28.50	4771	2136	302	6604	3791
-29.00	4870	2152	307	6714	3856
-29.50	4969	2168	313	6824	3921
-30.00	5068	2185	318	6934	3985
-30.50	5166	2201	323	7044	4050
-31.00	5265	2217	329	7154	4115
-31.50	5364	2234	334	7264	4180
-32.00	5463	2250	339	7374	4245
-32.50	5562	2266	345	7484	4309
-33.00	5766	5146	350	10562	5954
-33.50	6074	5164	355	10883	6150
-34.00	6384	5181	360	11204	6346
-34.50	6695	5198	366	11527	6543
-35.00	7007	5215	371	11851	6740
-35.50	7320	5233	376	12176	6939
-36.00	7634	5250	382	12502	7138
-36.50	7949	5267	387	12829	7337
-37.00	8266	5284	392	13158	7538
-37.50	8583	5301	398	13487	7739
-38.00	8902	5319	403	13818	7940
-38.50	9222	5336	408	14149	8143
-39.00	9543	5353	414	14482	8346
-39.50	9865	5370	419	14816	8550
-40.00	10188	5388	424	15151	8754
-40.50	10512	5405	429	15487	8959
-41.00	10837	5422	435	15825	9165
-41.50	11164	5439	440	16163	9372
-42.00	11491	5457	445	16503	9579
-42.50	11820	5474	451	16843	9787
-43.00	12150	5507	456	17201	10005
-43.50	12483	5540	461	17562	10223
-44.00	12817	5573	467	17924	10443
-44.50	13154	5606	472	18288	10664
-45.00	13492	5639	477	18655	10887
-45.50	13833	5673	482	19023	11111
-46.00	14176	5706	488	19393	11336

-----

Ip = Lunghezza utile del palo  
 Qll = Portata laterale limite  
 Qbl = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	33

**5\_ Stratigrafia 5\_ Scalzamento 3.7m**

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	0.	5.	-5.	-5.
1.00	0.	0.	11.	-11.	-11.
1.50	0.	0.	16.	-16.	-16.
2.00	0.	0.	21.	-21.	-21.
2.50	0.	0.	27.	-27.	-27.
3.00	0.	0.	32.	-32.	-32.
3.50	0.	0.	37.	-37.	-37.
4.00	33.	142.	42.	133.	54.
4.50	103.	427.	48.	483.	243.
5.00	179.	712.	53.	838.	435.
5.50	259.	997.	58.	1198.	630.
6.00	345.	1282.	64.	1564.	829.
6.50	436.	1484.	69.	1851.	987.
7.00	532.	1687.	74.	2144.	1149.
7.50	633.	1889.	80.	2442.	1313.
8.00	740.	2091.	85.	2746.	1481.
8.50	852.	2293.	90.	3054.	1652.
9.00	969.	2495.	95.	3368.	1826.
9.50	1091.	2641.	101.	3631.	1974.
10.00	1218.	2732.	106.	3844.	2096.
10.50	1353.	2822.	111.	4063.	2222.
11.00	1505.	2839.	117.	4228.	2321.
11.50	1666.	2857.	122.	4401.	2424.
12.00	1833.	2874.	127.	4580.	2532.
12.50	2005.	2891.	133.	4764.	2643.
13.00	2179.	2908.	138.	4950.	2755.
13.50	2354.	2926.	143.	5137.	2867.
14.00	2531.	2943.	148.	5325.	2980.
14.50	2708.	2960.	154.	5514.	3094.
15.00	2886.	2977.	159.	5705.	3209.
15.50	3066.	2994.	164.	5896.	3324.
16.00	3247.	3012.	170.	6089.	3440.
16.50	3429.	3029.	175.	6283.	3557.
17.00	3611.	3046.	180.	6477.	3675.
17.50	3796.	3063.	186.	6673.	3793.
18.00	3981.	3081.	191.	6870.	3912.
18.50	4167.	3098.	196.	7069.	4031.
19.00	4354.	3115.	201.	7268.	4151.
19.50	4543.	3132.	207.	7468.	4272.
20.00	4733.	3149.	212.	7670.	4394.
20.50	4934.	3167.	217.	7883.	4523.
21.00	5201.	3361.	223.	8339.	4786.
21.50	5483.	3555.	228.	8810.	5059.
22.00	5766.	3749.	233.	9281.	5332.
22.50	6049.	3943.	239.	9753.	5605.
23.00	6332.	4136.	244.	10224.	5877.
23.50	6614.	4330.	249.	10696.	6150.
24.00	6897.	4524.	254.	11167.	6423.
24.50	7180.	4718.	260.	11638.	6696.
25.00	7463.	4912.	265.	12110.	6969.
25.50	7745.	4929.	270.	12404.	7149.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	34

26.00	8028.	4947.	276.	12699.	7328.
26.50	8311.	4964.	281.	12994.	7507.
27.00	8594.	4981.	286.	13288.	7687.
27.50	8876.	4998.	292.	13583.	7866.
28.00	9159.	5016.	297.	13878.	8046.
28.50	9442.	5033.	302.	14172.	8225.
29.00	9725.	5050.	307.	14467.	8405.
29.50	10007.	5067.	313.	14762.	8584.
30.00	10290.	5085.	318.	15057.	8763.
30.50	10573.	5102.	323.	15351.	8943.
31.00	10856.	5119.	329.	15646.	9122.
31.50	11138.	5136.	334.	15941.	9302.
32.00	11421.	5153.	339.	16235.	9481.
32.50	11704.	5171.	345.	16530.	9661.
33.00	11987.	5188.	350.	16825.	9840.
33.50	12269.	5205.	355.	17119.	10020.
34.00	12552.	5222.	360.	17414.	10199.
34.50	12835.	5240.	366.	17709.	10378.
35.00	13118.	5257.	371.	18003.	10558.
35.50	13400.	5274.	376.	18298.	10737.
36.00	13683.	5291.	382.	18593.	10917.
36.50	13966.	5309.	387.	18887.	11096.
37.00	14248.	5326.	392.	19182.	11276.
37.50	14531.	5343.	398.	19477.	11455.
38.00	14814.	5360.	403.	19771.	11634.
38.50	15097.	5377.	408.	20066.	11814.
39.00	15379.	5395.	414.	20361.	11993.
39.50	15662.	5412.	419.	20655.	12173.
40.00	15945.	5429.	424.	20950.	12352.
40.50	16228.	5446.	429.	21245.	12532.
41.00	16510.	5464.	435.	21539.	12711.
41.50	16793.	5481.	440.	21834.	12890.
42.00	17076.	5498.	445.	22129.	13070.
42.50	17359.	5515.	451.	22423.	13249.
43.00	17641.	5532.	456.	22718.	13429.
43.50	17924.	5550.	461.	23013.	13608.
44.00	18207.	5567.	467.	23307.	13788.
44.50	18490.	5584.	472.	23602.	13967.
45.00	18772.	5601.	477.	23897.	14146.

Lp = Lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	35

In base al confronto tra i carichi applicati ed i tabulati delle curve di capacità portante risultano le lunghezze pali di seguito evidenziate.

**Tabella 6-10 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLU**

WBS	PILE	Casi di calcolo	H <sub>reale</sub>	H <sub>calcolo</sub>	FONDAZIONE						L <sub>pali</sub> [m]	SFORZI NEI PALI SLU		
					D <sub>pali</sub> [m]	n <sub>pali</sub> [m]	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam. [m]	N <sub>min</sub> [kN]		Q <sub>d,c</sub> [kN]	F.S.	
VI02 - Biferno	P01 ÷ P02	<b>R5</b>	8.8	10.5	1.5	9	2	-	0.3	<b>45</b>	-7158	-9780	1.37	
	P03 ÷ P18	<b>R5</b>	9	10.5	1.5	9	2	-	2.2	<b>44</b>	-7158	-9165	1.28	
	P19 ÷ P21	<b>R5</b>	10.5	10.5	1.5	9	3	NO	2.2	<b>44</b>	-7158	-10587	1.48	
	P22 ÷ P23	Non oggetto della presente relazione												
	P24 ÷ P35	<b>R5</b>	10.5	10.5	1.5	9	3	NO	1.0	<b>44</b>	-7158	-10709	1.50	
	P36 ÷ P40	<b>R5</b>	10.5	10.5	1.5	9	3	NO	4.3	<b>44</b>	-7158	-10443	1.46	
	P41 ÷ P47	<b>R5</b>	10.5	10.5	1.5	9	3	NO	0	<b>44</b>	-7158	-10709	1.50	
	P48 ÷ P54	<b>R5</b>	10.5	10.5	1.5	9	4	NO	-	<b>37</b>	-7158	-11310	1.58	
	P55 ÷ P57	Non oggetto della presente relazione												
	P58 ÷ P64	<b>R4</b>	13	13	1.5	9	5	NO	3.7	<b>38</b>	-8060	-11634	1.44	

**Tabella 6-11 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLV**

WBS	PILE	Casi di calcolo	H <sub>reale</sub>	H <sub>calcolo</sub>	FONDAZIONE						L <sub>pali</sub> [m]	SFORZI NEI PALI SLV		
					D <sub>pali</sub> [m]	n <sub>pali</sub> [m]	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam. [m]	N <sub>min</sub> [kN]		Q <sub>d,c</sub> [kN]	F.S.	
VI02 - Biferno	P01 ÷ P02	<b>R5</b>	8.8	10.5	1.5	9	2	SI	0.3	<b>45</b>	-9288	-9584	1.03	
	P03 ÷ P18	<b>R5</b>	9	10.5	1.5	9	2	SI	-	<b>44</b>	-9288(*)	-9156	0.99	
	P19 ÷ P21	<b>R5</b>	10.5	10.5	1.5	9	3	NO	1.0	<b>44</b>	-9288	-10803	1.16	
	P22 ÷ P23	Non oggetto della presente relazione												
	P24 ÷ P35	<b>R5</b>	10.5	10.5	1.5	9	3	NO	1.0	<b>44</b>	-9288	-10803	1.16	
	P36 ÷ P40	<b>R5</b>	10.5	10.5	1.5	9	3	NO	1.0	<b>44</b>	-9288	-10803	1.16	
	P41 ÷ P47	<b>R5</b>	10.5	10.5	1.5	9	3	NO	0	<b>44</b>	-9288	-10803	1.16	
	P48 ÷ P54	<b>R5</b>	10.5	10.5	1.5	9	4	NO	-	<b>37</b>	-9288	-11310	1.22	
	P55 ÷ P57	Non oggetto della presente relazione												
	P58 ÷ P64	<b>R4</b>	13	13	1.5	9	5	NO	3.7	<b>38</b>	-10115	-12942	1.28	

- (\*) = l'altezza reale della pila (9m) è inferiore all'altezza di calcolo (10.5m) perciò il massimo sforzo assiale agente sul singolo palo è inferiore a quello riportato in tabella. Per semplicità i risultati non sono stati riportati per la pila di altezza 9m, ad ogni modo il massimo sforzo assiale per la pila di 9m è 8164 kN sul singolo palo da cui deriva un FS=1.12.

**Capacità portante pali di gruppo:**

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguita con la seguente relazione:

$$Q_{d, Gruppo} = N \cdot E \cdot Q_{d, singolo\ palo}$$

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo ( $Q_{d, singolo\ palo}$ ) per il numero N di pali del gruppo e per il fattore E di efficienza della palificata. In particolare l'efficienza è valutata con la formulazione empirica di Converse Labarre e risulta pari a 0.73 nel caso specifico.

Nel seguito si riportano le verifiche eseguite per le pile in esame:

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	36

**Tabella 6-12 – Verifica capacità portante pali in gruppo**

PILE	Casi di calcolo	L <sub>pali</sub> [m]	Q <sub>d</sub> (palo sing.) [kN]	PORTANZA PALI DI GRUPPO								
				Diametro	interasse	n. pali x fila	m. n. fila	Φ	E efficienza	N <sub>max,SLU</sub>	Q <sub>d</sub> Gruppo	FS
				[m]	[m]	[-]	[-]	[°]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
P01 ÷ P02	1	45	9780	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	47047	63981	<b>1.36</b>
P03 ÷ P18	2	44	9165	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	47047	59957	<b>1.27</b>
P19 ÷ P21	3	44	10587	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	47047	69260	<b>1.47</b>
P24 ÷ P35	3	44	10709	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	47047	70058	<b>1.49</b>
P36 ÷ P40	3	44	10443	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	47047	68318	<b>1.45</b>
P41 ÷ P47	3	44	10709	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	47047	70058	<b>1.49</b>
P48 ÷ P54	4	37	11310	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	47047	73990	<b>1.57</b>
P58 ÷ P64	5	38	11634	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	50018	76110	<b>1.52</b>

### 7.3 VERIFICA ALLA PRESSIONE LIMITE ORIZZONTALE

Per la verifica del carico limite orizzontale per i pali di fondazione situati nelle zone dove è stata riscontrata la presenza di lenti sabbiose potenzialmente liquefacibili, la teoria di Broms resta applicabile, ma non sono più utilizzabili le soluzioni semplificate, disponibili in forma chiusa e/o con abachi adimensionali. Quindi per questi casi, è stata eseguita una apposita verifica con programma FEM non lineare, considerando nello spessore di terreno liquefacibile una pressione orizzontale limite nulla e negli altri strati di terreno curve P-Y non lineari, definibili lungo il fusto del palo e resistenze variabili. Il palo è stato vincolato in testa alla rotazione ( $\varphi=0$  rotazione impedita) ed è stato caricato con un carico orizzontale (H) via via incrementato, mobilitando man mano la resistenza laterale disponibile fino a raggiungere il momento di prima plasticizzazione della sezione lungo il palo.

Quindi nel seguito sono riportate le verifiche a carico limite orizzontale per le palificate in presenza di scalzamento e/o liquefazione considerando:

- per ogni pila con stessa stratigrafia, stesso spessore di scalzamento/liquefazione è stata presa la fondazione con massimo carico orizzontale.
- in presenza di scalzamento il carico orizzontale massimo per la verifica è quello massimo in condizioni statiche SLU.
- In presenza di liquefazione il carico orizzontale massimo per la verifica è quello massimo tra le condizioni statiche SLU e sismiche SLV.
- In assenza di liquefazione e scalzamento il carico orizzontale massimo per la verifica è quello sismico agli SLV.
- Per le spalle non soggette a fenomeni di scalzamento e/o liquefazione si rimanda alle relazioni strutturali di riferimento.



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	37

**Tabella 6-13 – Condizioni di verifica al carico limite orizzontale**

<b>VI02</b>	<b>Fondazione calcolata</b>	<b>Liquefazione (spessore strato liquefacibile lungo il palo)</b>	<b>Scalzamento (spessore scalzato da testa palo)</b>	<b>Hmax, analisi pila [kN]</b>	<b>Hmax, SLV analisi pila [kN]</b>
Stratigrafia 2 – Pile P1÷P2	<b>P1</b>	2.5m	0.3m	310	1394
Stratigrafia 2 – Spalla1, P3÷P18	<b>P3</b>	2.5m	2.2m	310	1394
Stratigrafia 3 – Pile P19÷P21	<b>P20</b>	NO	2.2m	310	1394
Stratigrafia 3 – Pile P24÷P35	<b>NO</b>	NO	-	-	-
Stratigrafia 3 – Pile P24÷P35	<b>P25</b>	NO	1.0m	310	1394
Stratigrafia 3 – Pile P36÷P40	<b>P36</b>	NO	4.3m	310	1394
Stratigrafia 4 – Pile P41÷P47	<b>NO</b>	NO	-	-	-
Stratigrafia 4 – Pile P48÷P55	<b>NO</b>	NO	NO	-	-
Stratigrafia 5 – Pile P58÷P64	<b>P58</b>	NO	3.7m	310	1289
Stratigrafia 6 – spalla SP2	<b>NO</b>	NO	NO	-	-

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>38</b>

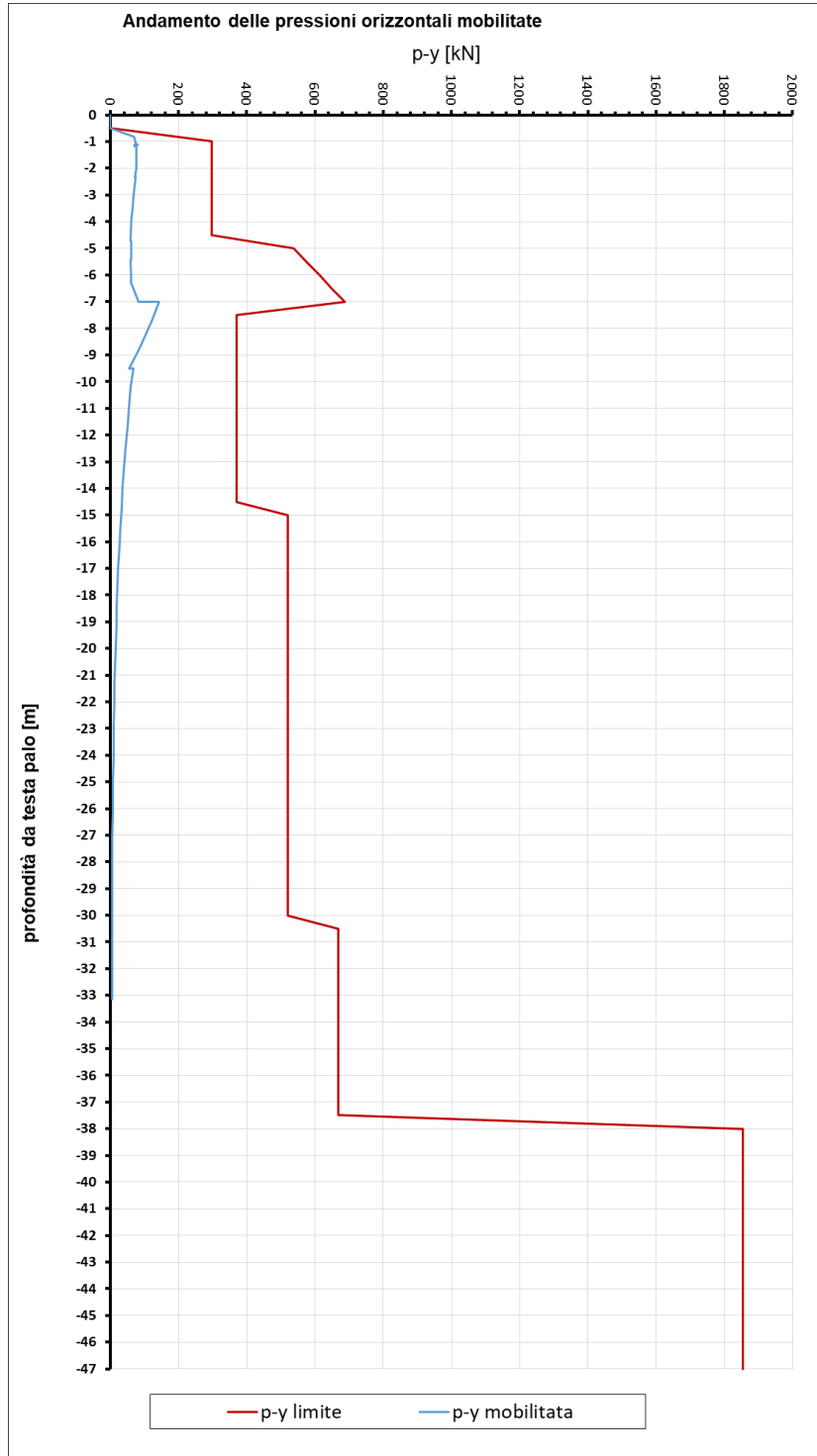


Figura 6-1 – Andamento pressioni orizzontali - VI02 - Pila P1 scalzamento

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	39

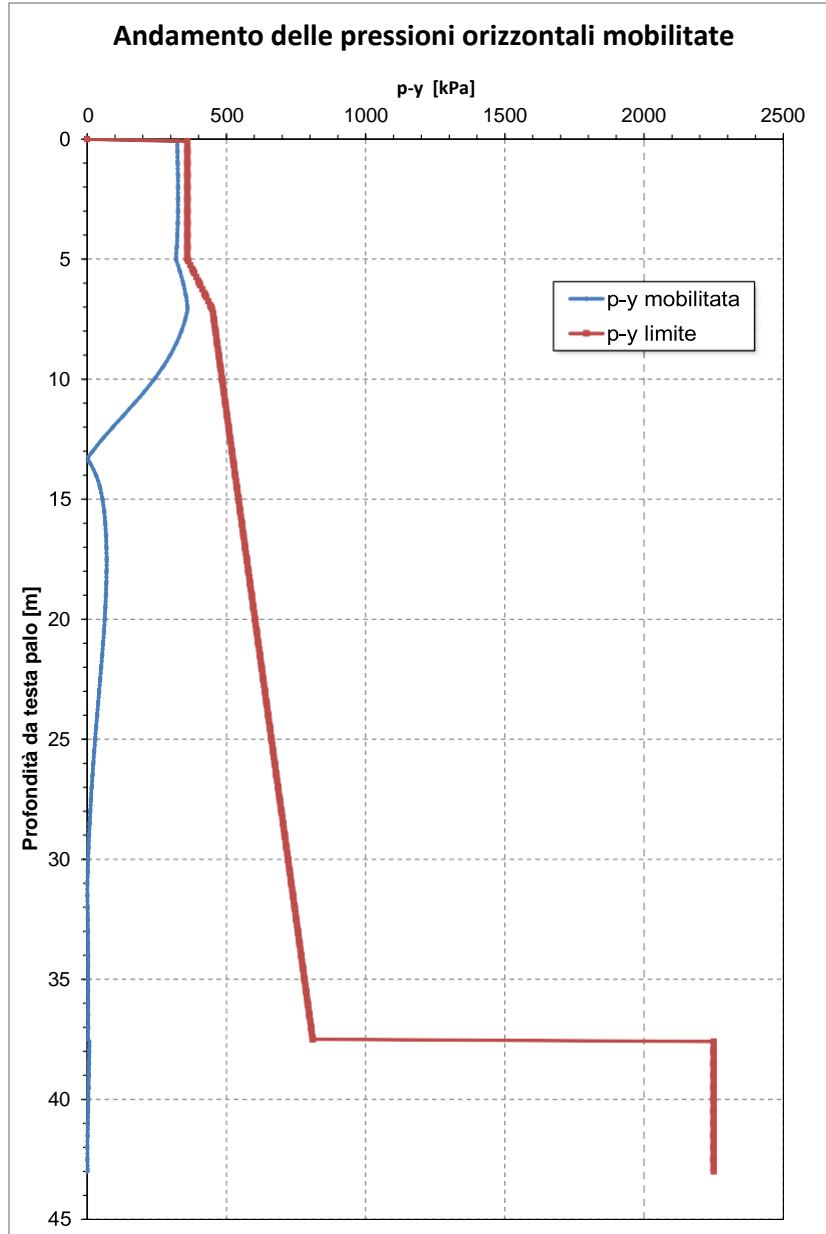


Figura 6-2 – Andamento pressioni orizzontali - VI02 - Pila P3 con liquefazione

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	40

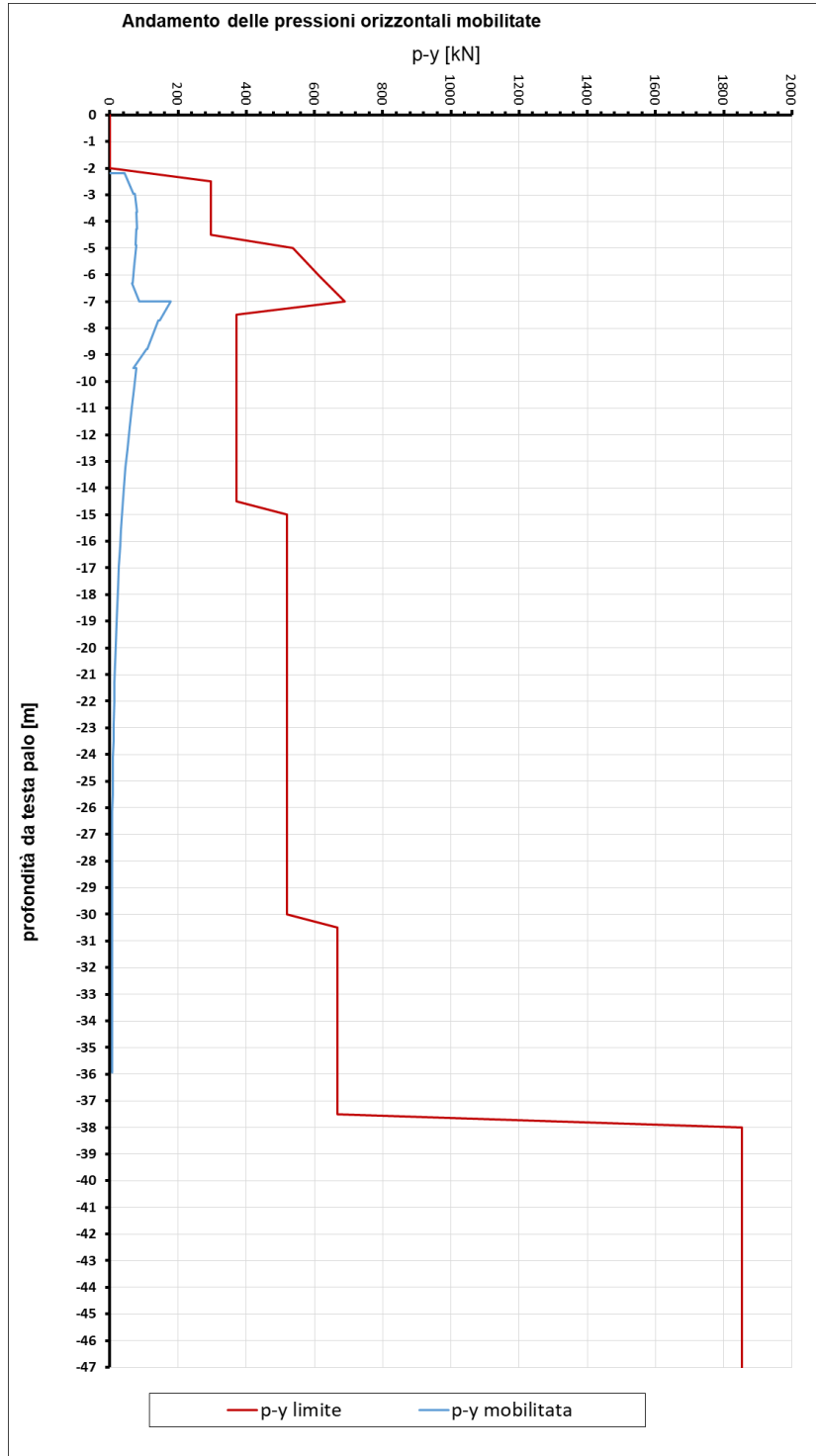


Figura 6-3 – Andamento pressioni orizzontali - VI02 - Pila P3 scalzamento

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	41

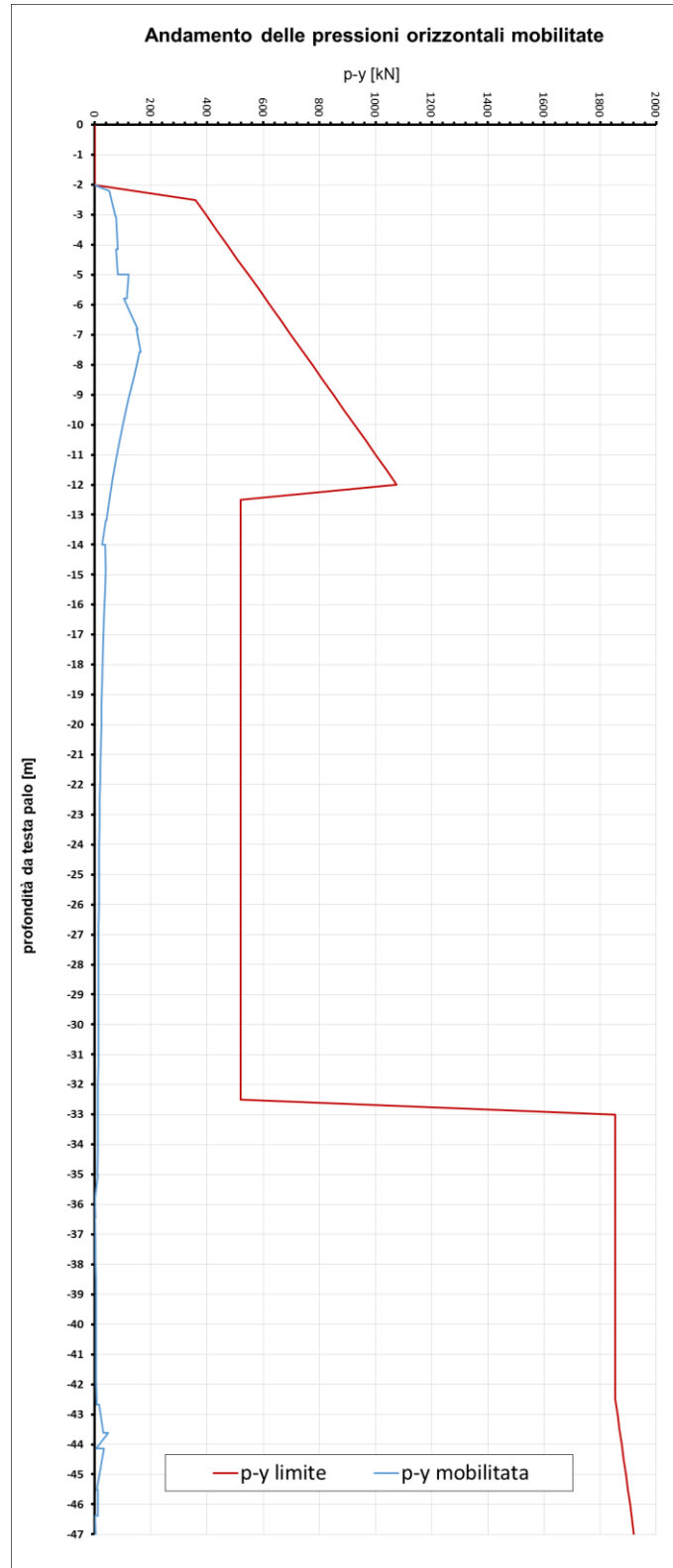


Figura 6-4 – Andamento pressioni orizzontali - VI02 - Pila P19 scalzamento

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	42

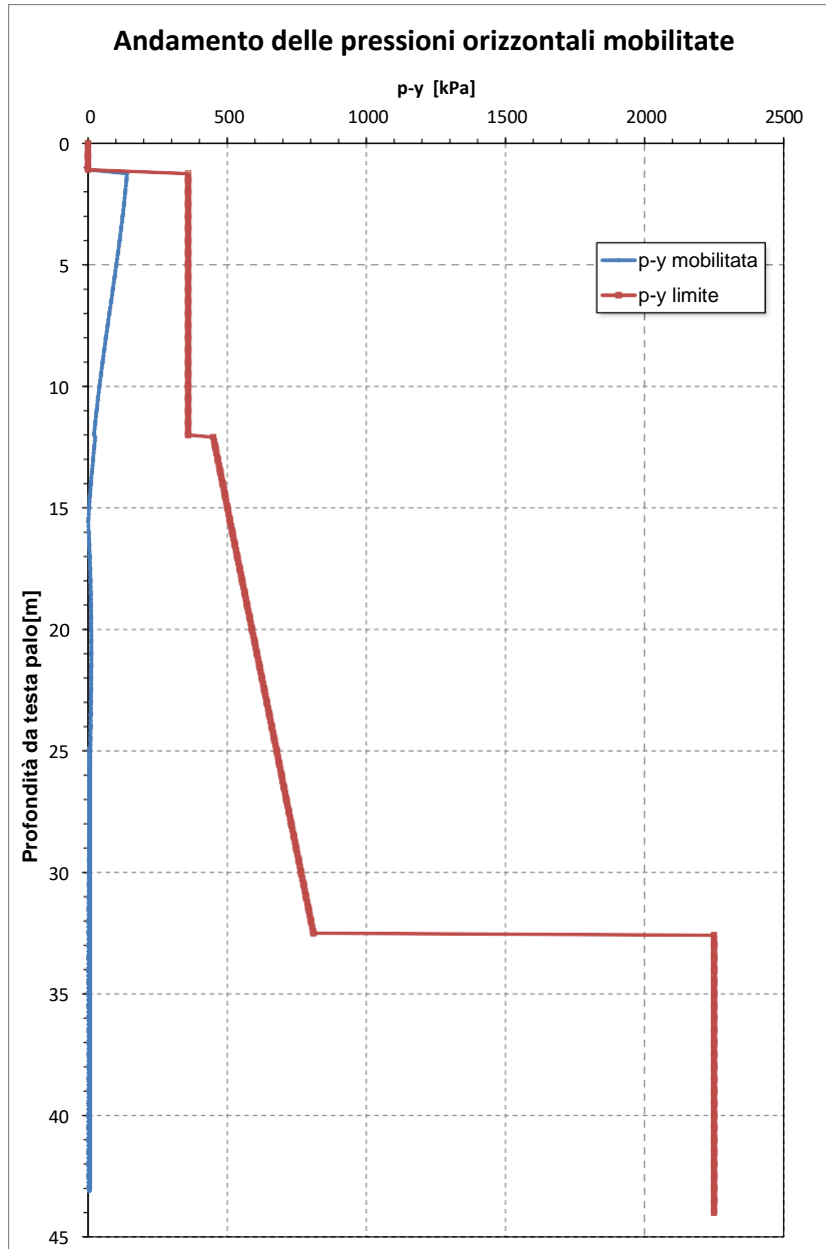


Figura 6-5 – Andamento pressioni orizzontali - VI02 - Pila P25 scalzamento 1m

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	43

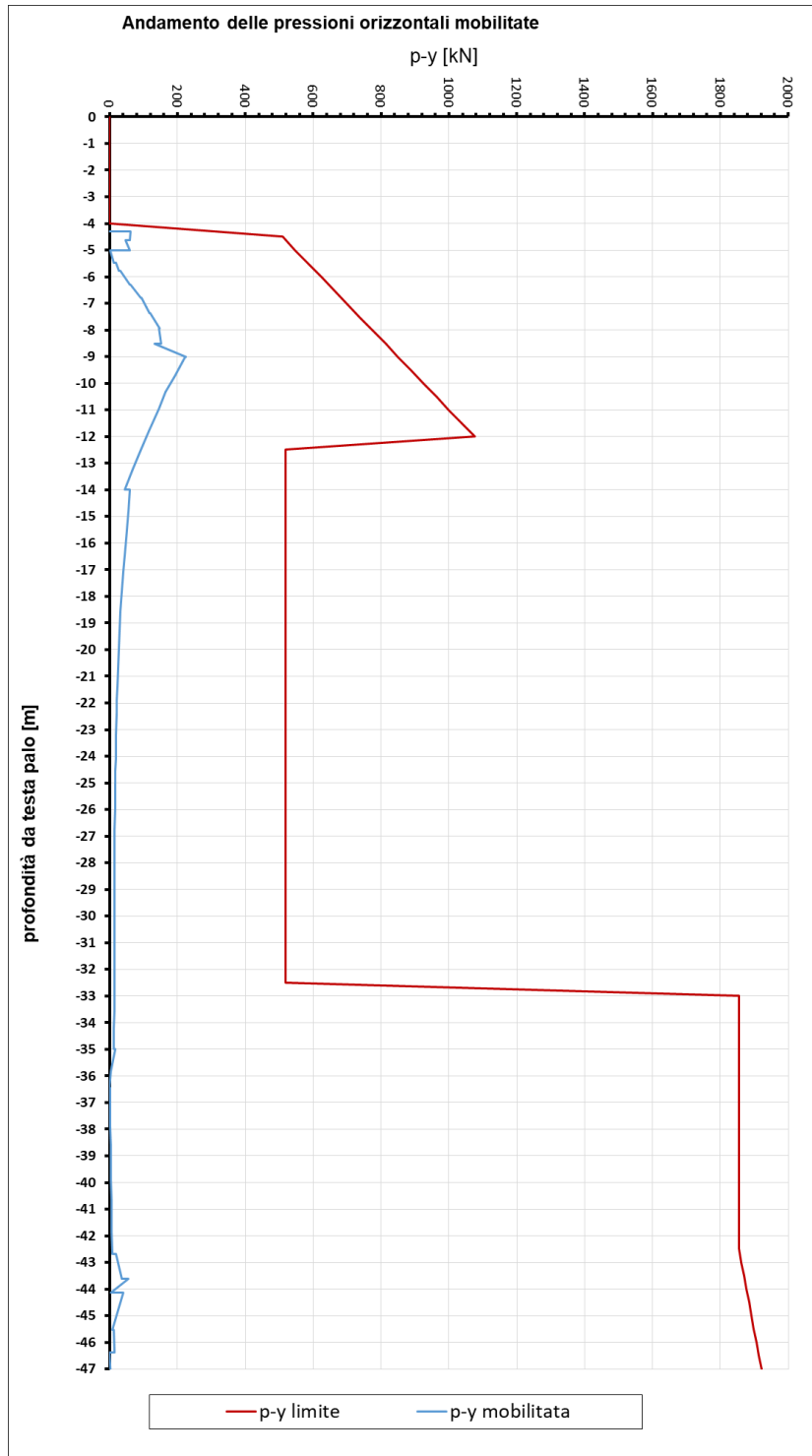


Figura 6-6 – Andamento pressioni orizzontali - VI02 - Pila P36 scalzamento 4.3m

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	44

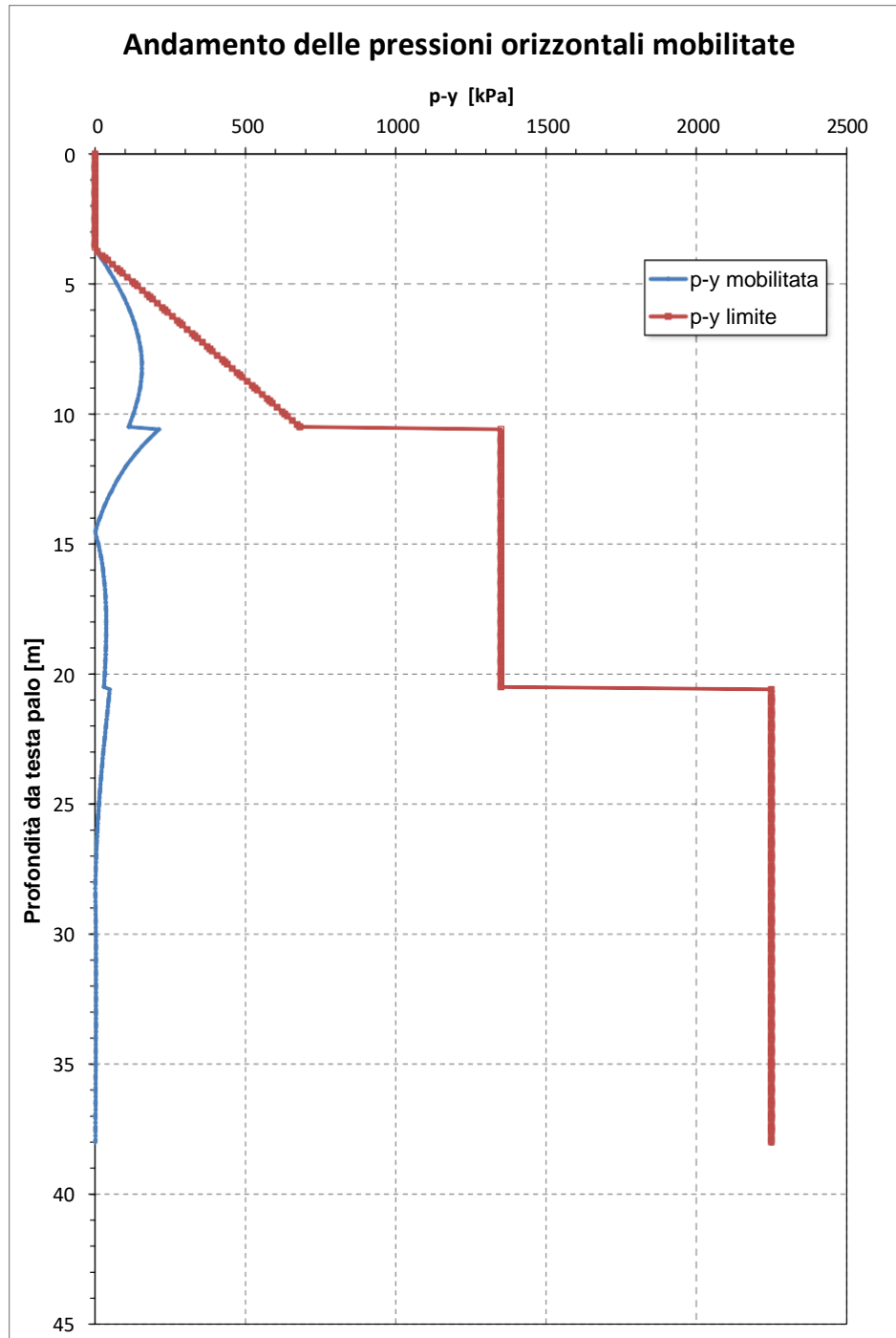


Figura 6-7 – Andamento pressioni orizzontali - VI02 - Pila P58 scalzamento

La verifica a carico limite orizzontale per i pali non soggetti a liquefazione e scalzamento (assumendo il massimo carico agli SLV) è eseguita secondo la consolidata metodologia di Broms (1964) per terreni incoerenti sotto falda attraverso un apposito foglio di calcolo. Per tutti i pali si configura l'ipotesi di palo lungo. Le verifiche, riportate



 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	45

nelle pagine seguenti, risultano soddisfatte assumendo cautelativamente un angolo d'attrito  $\varphi=30^\circ$ . Le armature in testa al palo utilizzate per il calcolo del momento resistente ( $M_y$ ) sono riportate al paragrafo delle verifiche strutturali dei pali di fondazione.

### DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	37,00	(m)		
Diametro del palo	d =	1,50	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y$ =	8817,46	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med}$ =	30,00	(°)	$\varphi'_{min}$ =	30,00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d}$ =	30,00	(°)	$\varphi'_{min,d}$ =	30,00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1+\sin\varphi)/(1-\sin\varphi)$ )	$k_{p\ med}$ =	3,00	(-)	$k_{p\ min}$ =	3,00 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma$ =	10,00	(kN/m <sup>3</sup> )		
Azione Tagliante (V):	V =	1394	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		(kN)		

### Palo corto:

$$H1_{med} = 92407,50 \text{ (kN)} \qquad H1_{min} = 92407,50 \text{ (kN)}$$

### Palo intermedio:

$$H2_{med} = 31040,81 \text{ (kN)} \qquad H2_{min} = 31040,81 \text{ (kN)}$$

### Palo lungo:

$$H3_{med} = 3615,90 \text{ (kN)} \qquad H3_{min} = 3615,90 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 3615,90 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \qquad H_{min} = 3615,90 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 2582,79 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 1986,76 \text{ (kN)}$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 1394 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1,42$$

$$FS \text{ (gruppo)} = 1,14$$

Si fa notare che per tener conto degli effetti di gruppo è stato considerato un coefficiente riduttivo del carico limite pari a 0,8 (coefficiente di gruppo).

<b>MANDATARIA</b>  <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	<b>MANDANTI</b>  <small>S.P.A.</small>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	46

#### 7.4 CALCOLO DELL'ARMATURA

Si riportano di seguito le verifiche strutturali agli SLU e SLE per il palo più sollecitato.

I pali saranno armati con 36 coppie di  $\phi 28$  longitudinali ( $72\phi 28$ ) e con una spirale  $\phi 16/10$  (2 bracci resistenti). Tale armatura costituisce la prima gabbia di armatura del palo e si estende per 12 metri a partire dalla testa del palo. Le successive gabbie di armatura potranno essere realizzate con un'armatura longitudinale e trasversale pari alla metà di quella verificata.

Il massimo momento flettente per la verifica strutturale dei pali è stato calcolato facendo riferimento a due casi:

1) CASO 1:  $V_{\max\_SLU} \cdot \alpha_{\text{caso peggiore VI02}} \cdot FS = 310 \cdot 6.45 \cdot 2.275 = 4549 \text{ kNm}$

2) CASO 2:  $V_{\max\_SLV} \cdot \alpha_{\text{caso liquefazione}} = 1394 \cdot 3.4 = 4739.6 \text{ kNm}$

Lo sforzo assiale considerato per la verifica strutturale è il caso peggiore ovvero la massima trazione agente sul singolo palo.

**Tabella 6-14 – Calcolo armatura palo**

PILE	Casi di calcolo	$H_{\text{calcolo}}$	$V_{\max,SLU}$	$V_{\max,SLV}$	Spirale	$V_{Rd}$	$M_{\max}$	$N_{\max}$	Gabbia Principale	$M_{Rd}(N_{\max})$	FS
			[kN]	[kN]		[kN]	[kNm]	[kN]		[kNm]	(-)
P01 ÷ P64	<b>1</b>	10.5	310	1394	$\phi 16/10 \text{ cm}$	4527.9	4739.6	3020	2 x 36 $\Phi 28$	7328	1.55

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	47

**8 VIADOTTO VI03**

Il viadotto si estende tra le progressive chilometriche 7+129.1 e 7+219.1 ed è costituito da 2 spalle e 2 pile di altezza da 6,0m a 6,6m, mentre i plinti di fondazione poggiano su palificate di 9 pali ciascuna. Le pile oggetto di questo capitolo sono riportate di seguito.

**Tabella 7-1 – Sintesi delle caratteristiche delle pile**

WBS	PILE	Casi di calcolo	H <sub>Pila</sub> [m]	H <sub>calcolo</sub> [m]	IMPALCATI						SISMA		FONDAZIONE					
					R <sub>min</sub>	Lato sx	L	App.	Lato dx	L	App.	Zona Sismica	Categoria Sottosuolo	D <sub>pali</sub>	n <sub>pali</sub>	Stratig.	Liquefaz.	Scalam.
VI03	P01	R6-R15	6,6	6,6	∞	Acciaio-cls	40	Fisso	C.a.p.	25	Mobile	S2	C	1.5	9	1	NO	-
	P02	R7	6,0	6	∞	C.a.p.	25	Fisso	C.a.p.	25	Mobile	S2	C	1.5	9	1	NO	-

Per questa opera vale la seguente stratigrafia specifica con i parametri ad essi associati.

**Tabella 7-2 – Stratigrafia e parametri geotecnici – VI03**

Da km 7+129.1 al km 7+219.1										
Unità geotecnica	Profondità (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	Nspt	φ' (deg.)	c' (kPa)	cu (kPa)	E0 (MPa)	Vs (m/s)	Go (Mpa)	k (m/s)
ba3	0÷9	20	12÷18 (15)	25	5	80÷160 (120)				
ba2	9÷11	20	14	32	0	200				
SSR3	11÷16	19	35÷R	19	10	400				
SSR	16÷41	19,5	28÷R (88)	35÷38 (36,5)	0	200÷600 (400)				
ASP	41÷50	19,5		28	10	300				

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	48

**8.1 SCARICHI DI RIFERIMENTO**

Dalla relazione di calcolo del viadotto VI03 si derivano i seguenti carichi ritenuti quelli dimensionanti per l'intera opera. Condizione R6 (come la R15) per le pile standard di altezza 6,0m e condizione R7 per le pile di transizione (campate adiacenti da 40m e 25m) con altezza sempre di 6,0m.

**Tabella 7-3 – Scarichi condizione R6 viadotto VI03 (Hpila=6,0m standard)**

R6=R15									
CARICO VERTICALE TESTA PALI	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9
Combinazione	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Permanenti	3258	3476	3695	3246	3464	3683	3234	3452	3670
TA1GR1_1	5061	5568	6076	4534	5041	5549	4007	4514	5022
TA1GR1_2	4093	4875	5657	3811	4593	5375	3529	4311	5093
TA1GR1_3	4924	5417	5910	4202	4695	5188	3479	3972	4465
TA1GR1_4	4544	5052	5559	4022	4529	5036	3499	4006	4514
TA1GR1_5	3577	4359	5141	3299	4081	4863	3021	3803	4585
TA1GR1_6	4407	4900	5393	3689	4182	4675	2971	3464	3957
TA1GR3_1	5582	6018	6454	4617	5052	5488	3651	4087	4523
TA1GR3_2	4378	5092	5806	3882	4596	5310	3386	4100	4814
TA1GR3_3	5458	5880	6301	4294	4715	5137	3129	3551	3972
TA1GR3_4	5066	5502	5938	4104	4540	4976	3143	3579	4015
TA1GR3_5	3862	4576	5290	3370	4084	4798	2878	3592	4306
TA1GR3_6	4942	5363	5785	3782	4203	4625	2621	3043	3464
SLV-EL+0.3ET	4491	5526	6562	2138	3173	4209	-215	820	1856
SLV-0.3EL+ET	1423	3879	6335	718	3173	5629	12	2468	4923
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

**Tabella 7-4 – Scarichi condizione R7 viadotto VI03 (Hpila=6,0m transizione)**

R7									
CARICO VERTICALE TESTA PALI	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9
Combinazione	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Permanenti	3329	3610	3891	3340	3621	3901	3351	3631	3912
TA1GR1_1	4337	4975	5613	4861	5499	6137	5385	6023	6660
TA1GR1_2	3717	4698	5678	3982	4962	5943	4246	5227	6207
TA1GR1_3	3761	4370	4979	4510	5119	5727	5258	5867	6476
TA1GR1_4	3762	4400	5038	4275	4913	5550	4788	5426	6063
TA1GR1_5	3142	4122	5103	3396	4376	5357	3649	4630	5610
TA1GR1_6	3186	3795	4403	3924	4532	5141	4661	5270	5879
TA1GR3_1	3867	4432	4998	4921	5487	6052	5975	6541	7106
TA1GR3_2	3513	4425	5336	4048	4960	5871	4583	5495	6406
TA1GR3_3	3282	3819	4355	4563	5100	5636	5845	6381	6918
TA1GR3_4	3292	3857	4423	4335	4900	5466	5378	5944	6509
TA1GR3_5	2938	3849	4761	3462	4374	5285	3986	4898	5809
TA1GR3_6	2707	3243	3780	3977	4514	5050	5248	5784	6321
SLV-EL+0.3ET	4862	6092	7322	2169	3398	4628	-525	705	1935
SLV-0.3EL+ET	1470	4176	6882	693	3398	6104	-85	2621	5326
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Nelle medesime condizioni sono indicati anche i valori di taglio massimo agente.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	49

**Tabella 7-5 – Valori di taglio massimo agente**

R6=R15			R7		
TAGLI TESTA PALI			TAGLI TESTA PALI		
Combinazione	TL	TT	Combinazione	TL	TT
Permanenti	4	48	Permanenti	5	62
TA1GR1_1	164	102	TA1GR1_1	-155	123
TA1GR1_2	84	100	TA1GR1_2	-76	121
TA1GR1_3	166	102	TA1GR1_3	-150	123
TA1GR1_4	162	102	TA1GR1_4	-156	123
TA1GR1_5	83	100	TA1GR1_5	-78	121
TA1GR1_6	165	102	TA1GR1_6	-152	123
TA1GR3_1	307	85	TA1GR3_1	-336	106
TA1GR3_2	155	84	TA1GR3_2	-169	105
TA1GR3_3	310	85	TA1GR3_3	-332	106
TA1GR3_4	306	85	TA1GR3_4	-338	106
TA1GR3_5	153	84	TA1GR3_5	-171	105
TA1GR3_6	308	85	TA1GR3_6	-334	106
SLV-EL+0.3ET	1080	281	SLV-EL+0.3ET	1239	295
SLV-0.3EL+ET	324	938	SLV-0.3EL+ET	372	985

**8.2 VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE**

Nel seguito sono riportati i tabulati delle curve di capacità portante verticale per ciascuna stratigrafia d'interesse e nelle condizioni specifiche del sito in termini di liquefazione e scalzamento.

**1\_ Stratigrafia 1**

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	2076.	0.	2076.	944.
.50	36.	2094.	5.	2124.	965.
1.00	78.	2112.	11.	2179.	990.
1.50	126.	2129.	16.	2240.	1019.
2.00	181.	2147.	21.	2307.	1050.
2.50	243.	2093.	27.	2310.	1053.
3.00	311.	2039.	32.	2318.	1059.
3.50	386.	1985.	37.	2334.	1068.
4.00	467.	1931.	42.	2355.	1081.
4.50	554.	1877.	48.	2383.	1097.
5.00	648.	1823.	53.	2418.	1117.
5.50	748.	1769.	58.	2459.	1140.
6.00	855.	1715.	64.	2507.	1166.
6.50	966.	1661.	69.	2558.	1194.
7.00	1064.	1741.	74.	2730.	1277.
7.50	1165.	1820.	80.	2905.	1361.
8.00	1270.	1900.	85.	3085.	1447.
8.50	1379.	1979.	90.	3268.	1535.
9.00	1475.	1996.	95.	3376.	1588.
9.50	1569.	2013.	101.	3481.	1640.
10.00	1664.	2030.	106.	3587.	1692.
10.50	1758.	2046.	111.	3693.	1744.
11.00	1852.	2063.	117.	3799.	1796.

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>50</b>

11.50	1946.	2080.	122.	3904.	1848.
12.00	2041.	2097.	127.	4010.	1900.
12.50	2135.	2114.	133.	4116.	1952.
13.00	2229.	2130.	138.	4222.	2004.
13.50	2324.	2147.	143.	4328.	2061.
14.00	2505.	2491.	148.	4848.	2302.
14.50	2692.	2835.	154.	5373.	2552.
15.00	2885.	3179.	159.	5905.	2804.
15.50	3083.	3523.	164.	6441.	3060.
16.00	3287.	3866.	170.	6984.	3318.
16.50	3496.	4210.	175.	7531.	3579.
17.00	3711.	4554.	180.	8085.	3843.
17.50	3931.	4898.	186.	8643.	4110.
18.00	4157.	5242.	191.	9208.	4379.
18.50	4388.	5368.	196.	9559.	4553.
19.00	4624.	5494.	201.	9917.	4730.
19.50	4866.	5620.	207.	10279.	4909.
20.00	5114.	5745.	212.	10647.	5091.
20.50	5367.	5871.	217.	11021.	5276.
21.00	5626.	5997.	223.	11400.	5464.
21.50	5890.	6123.	228.	11785.	5655.
22.00	6159.	6249.	233.	12175.	5849.
22.50	6434.	6375.	239.	12571.	6046.
23.00	6715.	6501.	244.	12972.	6245.
23.50	7001.	6627.	249.	13378.	6448.
24.00	7292.	6753.	254.	13790.	6653.
24.50	7589.	6879.	260.	14208.	6861.
25.00	7892.	7005.	265.	14631.	7072.
25.50	8199.	7130.	270.	15059.	7286.
26.00	8513.	7256.	276.	15494.	7503.
26.50	8832.	7382.	281.	15933.	7723.
27.00	9156.	7508.	286.	16378.	7946.
27.50	9486.	7634.	292.	16828.	8171.
28.00	9821.	7760.	297.	17284.	8399.
28.50	10162.	7886.	302.	17746.	8631.
29.00	10508.	8012.	307.	18213.	8865.
29.50	10860.	8138.	313.	18685.	9102.
30.00	11213.	8264.	318.	19159.	9340.
30.50	11567.	8390.	323.	19633.	9578.
31.00	11920.	8515.	329.	20107.	9816.
31.50	12274.	8641.	334.	20581.	10054.
32.00	12627.	8767.	339.	21055.	10292.
32.50	12981.	8893.	345.	21529.	10530.
33.00	13334.	9019.	350.	22003.	10768.
33.50	13687.	8995.	355.	22327.	10937.
34.00	14041.	8465.	360.	22145.	10877.
34.50	14394.	7934.	366.	21962.	10816.
35.00	14748.	7403.	371.	21780.	10756.
35.50	15101.	6872.	376.	21597.	10695.
36.00	15455.	6342.	382.	21415.	10635.
36.50	15808.	5811.	387.	21232.	10574.
37.00	16161.	5280.	392.	21049.	10514.
37.50	16515.	4750.	398.	20867.	10453.
38.00	16868.	4167.	403.	20632.	10369.
38.50	17204.	3406.	408.	20202.	10195.
39.00	17436.	3472.	414.	20494.	10341.
39.50	17652.	3538.	419.	20771.	10480.
40.00	17873.	3604.	424.	21052.	10621.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	51

40.50	18097.	3669.	429.	21337.	10763.
41.00	18325.	3735.	435.	21626.	10908.
41.50	18558.	3801.	440.	21919.	11053.
42.00	18794.	3867.	445.	22215.	11204.
42.50	19034.	3933.	451.	22516.	11355.
43.00	19278.	3999.	456.	22821.	11508.
43.50	19527.	4064.	461.	23130.	11663.
44.00	19779.	4130.	467.	23443.	11821.
44.50	20035.	4196.	472.	23759.	11980.
45.00	20296.	4262.	477.	24080.	12142.
45.50	20560.	4328.	482.	24405.	12306.
46.00	20828.	4394.	488.	24734.	12471.
46.50	21100.	4459.	493.	25067.	12639.
47.00	21377.	4525.	498.	25403.	12809.
47.50	21657.	4591.	504.	25744.	12982.

$L_p$  = Lunghezza utile del palo  
 $Q_{l1}$  = Portata laterale limite  
 $Q_{b1}$  = Portata di base limite  
 $W_p$  = Peso efficace del palo  
 $Q_u$  = Portata totale limite  
 $Q_d$  = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS,1 + Q_{b1}/FS,b - W_p$

In base al confronto tra i carichi applicati ed i tabulati delle curve di capacità portante risultano le lunghezze pali di seguito evidenziate.

**Tabella 7-6 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLU**

WBS	PILE	Casi di calcolo	$H_{calcolo}$	FONDAZIONE					$L_{pali}$	SFORZI NEI PALI SLU		
				$D_{pali}$	$n_{pali}$	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam.		$N_{min}$	$Q_{d,c}$	F.S.
				[m]	[m]				[m]			
VI03	P01	R6-R15	6.6	1.5	9	1	NO	-	30	-6454	-9340	1.45
	P02	R7	6	1.5	9	1	NO	-	30	-7106	-9340	1.31

**Tabella 7-7 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLV**

WBS	PILE	Casi di calcolo	$H_{calcolo}$	FONDAZIONE					$L_{pali}$	SFORZI NEI PALI SLV		
				$D_{pali}$	$n_{pali}$	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam.		$N_{min}$	$Q_{d,c}$	F.S.
				[m]	[m]				[m]			
VI03	P01	R6-R15	6.6	1.5	9	1	NO	-	30	-6562	-9340	1.42
	P02	R7	6	1.5	9	1	NO	-	30	-7322	-9340	1.28

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 geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>52</b>	

### Capacità portante pali di gruppo:

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguito con la seguente relazione:

$$Q_{d, Gruppo} = N \cdot E \cdot Q_{d, \text{ singolo palo}}$$

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo ( $Q_{d, \text{ singolo palo}}$ ) per il numero N di pali del gruppo e per il fattore E di efficienza della palificata. In particolare l'efficienza è valutata con la formulazione empirica di Converse Labarre e risulta pari a 0.73 nel caso specifico.

Nel seguito si riportano le verifiche eseguite per le pile in esame.

**Tabella 7-8 – Verifica capacità portante pali in gruppo**

PILE	Casi di calcolo	$L_{pali}$ [m]	$Q_d$ (palo sing.) [kN]	PORTANZA PALI DI GRUPPO								
				Diametro	interasse	n. pali x fila	m. n. fila	$\Phi$	E efficienza	$N_{max, SLU}$	$Q_d$ Gruppo	FS
				[m]	[m]	[-]	[-]	[°]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
P01	R6-R15	30	9340	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	45472	61102	1.35
P02	R7	30	9340	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	49490	61102	1.23

### 8.3 VERIFICA ALLA PRESSIONE LIMITE ORIZZONTALE

Per i pali di fondazione da realizzare nei terreni non suscettibili ai fenomeni di liquefazione, le verifiche di capacità portante laterale dei pali di fondazione vengono eseguite secondo la consolidata metodologia di Broms (1964) per terreni incoerenti sotto falda attraverso un apposito foglio di calcolo. Per tutti i pali si configura l'ipotesi di palo lungo. Le verifiche, riportate nelle pagine seguenti, risultano soddisfatte assumendo cautelativamente un angolo d'attrito  $\varphi=30^\circ$ . Le armature in testa al palo utilizzate per il calcolo del momento resistente ( $M_y$ ) sono riportate al paragrafo delle verifiche strutturali dei pali di fondazione.



Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti

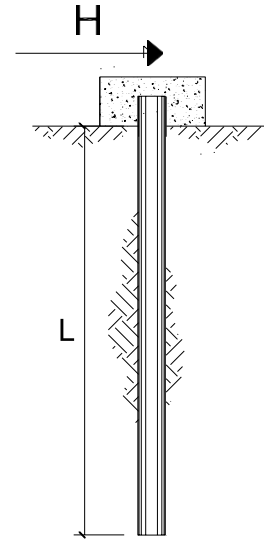
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	05	007	A	53

**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI**  
**PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_{\phi'}$	$\gamma_{\tau}$	
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$			
SUD	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.60	
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.30	
	SISMA	<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30	
DM88			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.25	1.00



n	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.45
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

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

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

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

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	54

**PILA 1:**

Lunghezza del palo	L =	30.00	(m)					
Diametro del palo	d =	1.50	(m)					
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	9785.91	(kN m)					
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med} =$	30.00	(°)	$\varphi'_{min} =$	30.00	(°)		
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d} =$	30.00	(°)	$\varphi'_{min,d} =$	30.00	(°)		
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1+\sin\varphi')/(1-\sin\varphi')$ )	$k_{p,med} =$	3.00	(-)	$k_{p,min} =$	3.00	(-)		
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma =$	10.00	(kN/m <sup>3</sup> )					
Azione Tagliante (V):	V =	1080	(kN)					
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)					

Palo corto:

$$H1_{med} = 60750.00 \text{ (kN)} \qquad H1_{min} = 60750.00 \text{ (kN)}$$

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 20576.20 \text{ (kN)} \qquad H2_{min} = 20576.20 \text{ (kN)}$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 3876.04 \text{ (kN)} \qquad H3_{min} = 3876.04 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 3876.04 \text{ (kN)} \text{ palo lungo} \qquad H_{min} = 3876.04 \text{ (kN)} \text{ palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3; R_{min}/\xi_4) = 2349.12 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 1807.01 \text{ (kN)}$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 1080 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1.67$$

$$FS \text{ (gruppo)} = 1.34$$

Si fa notare che per tener conto degli effetti di gruppo è stato considerato un coefficiente riduttivo del carico limite pari a 0,8 (coefficiente di gruppo).



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.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 geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>56</b>

#### 8.4 CALCOLO DELL'ARMATURA

Si riportano di seguito le verifiche strutturali agli SLU e SLE per il palo più sollecitato.

I pali della pila 1 saranno armati con 36 coppie di  $\phi 30$  longitudinali (72 $\phi 30$ ) e con una spirale  $\phi 16/10$  (2 bracci resistenti). Tale armatura costituisce la prima gabbia di armatura del palo e si estende per 12 metri a partire dalla testa del palo. Le successive gabbie di armatura potranno essere realizzate con un'armatura longitudinale e trasversale pari alla metà di quella verificata.

Il massimo momento flettente per la verifica strutturale dei pali è stato calcolato facendo riferimento agli SLV:

- CASO 1:  $V_{\max\_SLV} \cdot \alpha_{\text{caso liquefazione}} = 1080 \cdot 2.6 = 2808 \text{ kNm}$

I pali della pila 2 saranno armati con 36 coppie di  $\phi 26$  longitudinali (72 $\phi 26$ ) e con una spirale  $\phi 16/10$  (2 bracci resistenti). Tale armatura costituisce la prima gabbia di armatura del palo e si estende per 12 metri a partire dalla testa del palo. Le successive gabbie di armatura potranno essere realizzate con un'armatura longitudinale e trasversale pari alla metà di quella verificata.

Il massimo momento flettente per la verifica strutturale dei pali è stato calcolato facendo riferimento agli SLV:

- CASO 1:  $V_{\max\_SLV} \cdot \alpha_{\text{caso liquefazione}} = 1239 \cdot 2.6 = 3221 \text{ kNm}$

Lo sforzo assiale considerato per la verifica strutturale è il caso peggiore ovvero la massima trazione agente sul singolo palo.

**Tabella 7-9 – Calcolo armatura palo**

WBS	PILE	Casi di calcolo	$H_{\text{calcolo}}$	$V_{\max,SLV}$	Spirale	$V_{Rd}$	$M_{\max}$	$N_{\max}$	Gabbia Principale	$M_{Rd} (N_{\max})$	FS
				[kN]		[kN]	[kNm]	[kN]		[kNm]	(-)
VI03	P01	R6=R15	6	1080	$\phi 16/10 \text{ cm}$	4509.9	2808	215	2 x 36 $\Phi 30$	9278	3.3
	P02	R7	6	1239	$\phi 16/10 \text{ cm}$	4509.9	3221	525	2 x 36 $\Phi 26$	7146	2.2

<b>MANDATARIA</b>  <small>CONSORZIO STABILE SOCIETA' CONSORTILE A.R.L.</small>	<b>MANDANTI</b>  <small>ING. P. P. P.</small>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	59

## 9 VIADOTTO VI04

Il viadotto si estende tra le progressive chilometriche 8+487.00 e 8+902.00, avente lunghezza complessiva pari a circa 415m, è a doppio binario di cui la campata N°8 di luce pari a 40m è a struttura mista acciaio-clc e le restanti campate (numero 15) dalla semplice appoggio da 25 m costituite da quattro travi a cassoncino in c.a.p. preteso. La piattaforma ha una larghezza totale di 13.70 m ed ospita due binari posti ad interasse di 4.0 m. Le fondazioni sono del tipo indiretto, costituite da plinti in c.a. di forma rettangolare con dimensioni in pianta 12x12 m ed altezza 2,5 m, su palificate formate da 9 pali trivellati di diametro 1.50 m, disposti secondo maglia quadrata ad interasse, nelle due direzioni, pari a 4.50 m.

**Tabella 8-1 – Sintesi delle caratteristiche delle pile**

WBS	PILE	Tipologia	H	Altezza di calcolo	Stratigrafia
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[-]
<b>VI04</b>	P01	c.a.p. 25m	8.00	8	1
	P02	c.a.p. 25m	9.00	10	1
	P03	c.a.p. 25m	10.00		
	P04	c.a.p. 25m	11.00	12	1
	P05	c.a.p. 25m	11.50		
	P06	c.a.p. 25m	12.00		
	P07	Transizione	13.12 – 12.5	12.5 - transizione	1
	P08	Transizione	12.00 – 12.62	12 - transizione	1
	P09	c.a.p. 25m	10.00	10	1
	P10	c.a.p. 25m	9.50	10	2
	P11	c.a.p. 25m	9.52		
	P12	c.a.p. 25m	7.5	8	2
	P13	c.a.p. 25m	7.5		
	P14	c.a.p. 25m	6.5		
	P15	c.a.p. 25m	5.5		
	Spalla 1	-	6	6	1
Spalla 2	-	4.5	4.5	2	

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

PILA n°	Tipologia di calcolo fondazioni
1	<b>PILA IMPALCATO L=25+25m - H=8m</b>
2	<b>PILA IMPALCATO L=25+25m - H=10m</b>
3	
4	<b>PILA IMPALCATO L=25+25m - H=12m</b>

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>60</b>

5	<b>PILA IMPALCATO L=25+25m - H=10m</b>
6	
9	
10	
11	
12	<b>PILA IMPALCATO L=25+25m - H=8m</b>
13	
14	
15	

PILA n°	Tipologia di calcolo fondazioni
7	<b>PILA 7 IMPALCATO L=25+40m - H=12.5m</b>
8	<b>PILA 8 IMPALCATO L=25+40m - H=12m</b>

Si fa presenta che le spalle avranno azioni proprie.

Nelle seguenti tabella si sintetizza la stratigrafia ed i principali parametri geotecnici di progetto.

**Tabella 8-2 – Stratigrafia e parametri geotecnici VI04 - Stratigrafia 1 da spalla 1 fino al km 8+740**

Da km 8+487 al km 8+740										
Unità geotecnica	Profondità (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Nspt	$\varphi'$ deg.	$c'$ (kPa)	$c_u$ (kPa)	E0 (MPa)	Vs m/s	Go Mpa	k m/s
ba3	0÷8	19,5	10	26	5	50÷100 (75)	100			
SSR	8÷49	19,5	10÷100 (55)	37	0		200÷600 (400)			
ASP	49÷50	19,5		28	10	200	300			

**Tabella 8-3 – Stratigrafia e parametri geotecnici VI04 - Stratigrafia 2 dal km 8+740 alla spalla 2**

Da km 8+740 al km 8+902										
Unità geotecnica	Profondità (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Nspt	$\varphi'$ deg.	$c'$ (kPa)	$c_u$ (kPa)	E0 (MPa)	Vs m/s	Go Mpa	k m/s
bn3	0÷10	19,5	20÷45 (32,5)	27	5	100÷300 (200)	170÷400 (285)			
bn2	10÷12	19,5		34	0		400			
bn3	12÷22	19,5	20÷25 (22,5)	27	5	100÷200 (150)	200÷500 (350)			
SSR	22÷55	19,5	10÷100 (55)	37	0		200÷600 (400)			
ASP	55÷60	19,5		28	10	200	300			

cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate  
Eo = modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

## 9.1 SCARICHI DI RIFERIMENTO

Dalla relazione di calcolo del viadotto VI04 si derivano i seguenti carichi ritenuti quelli dimensionanti per l'intera opera.

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

Verranno mostrati i domini di resistenza sia con la soluzione del progetto definitivo che con la soluzione del progetto

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	61

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

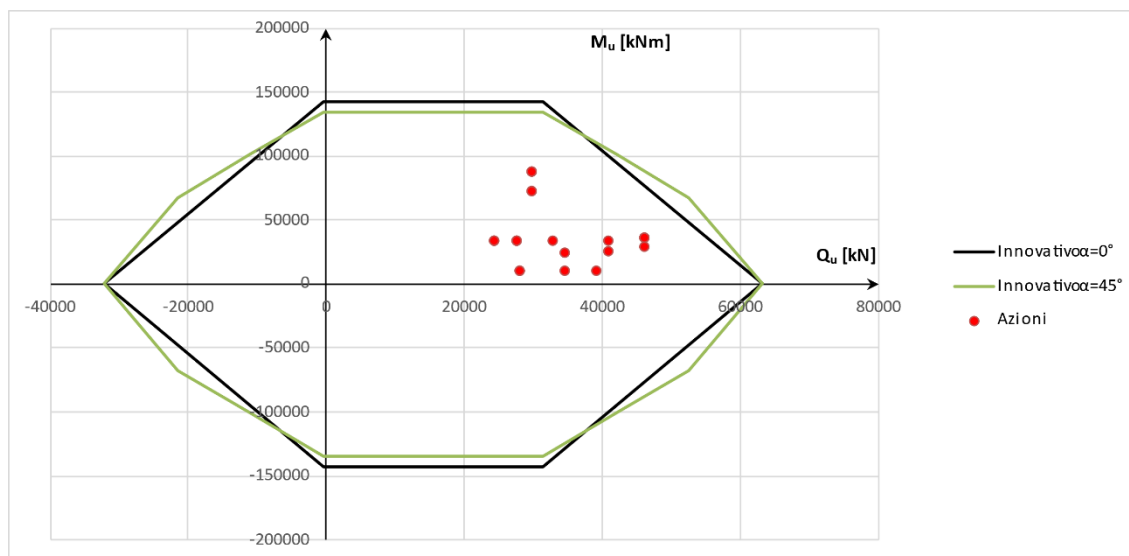
Si fa presente che le azioni utilizzate per il dimensionamento tramite la teoria dei domini di collasso sono l'azione verticale e la composizione vettoriale dei momenti sollecitanti l'intradosso della fondazione. Se queste ultime saranno comprese nei domini di collasso calcolato con  $\alpha = 0$  ed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

**Palificate Pila 01**

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

**Tabella 8-1. Resistenze utilizzate con la soluzione proposta.**

Resistenze		
$L_p$	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
[m]	[kN]	[kN]
<b>20.0</b>	7017	3572



**Figura 8-4. Domini di collasso con la soluzione progettuale proposta**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

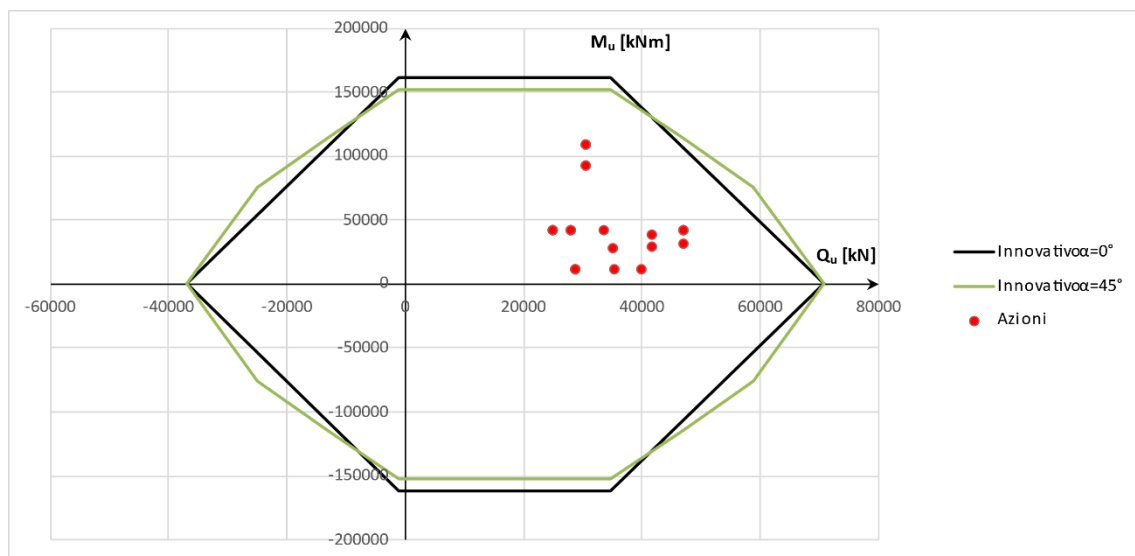
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	62

**Palificate Pila 02-03**

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

**Tabella 8-2. Resistenze utilizzate con la soluzione proposta.**

Resistenze		
$L_p$	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
[m]	[kN]	[kN]
<b>22.0</b>	7854	4112



**Figura 8-5. Domini di collasso con la soluzione progettuale proposta**

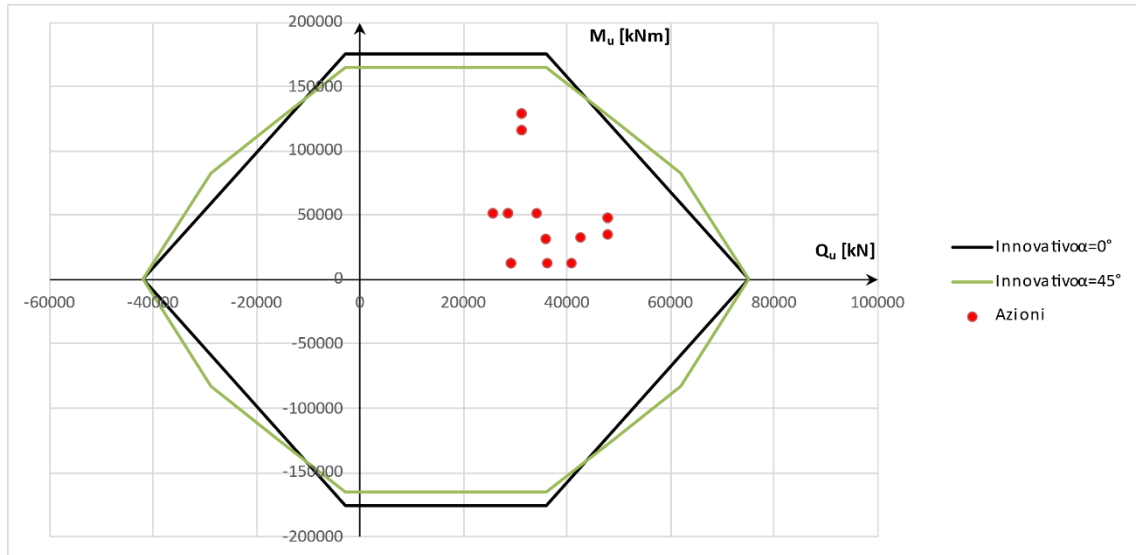
**Palificate Pila 04-06**

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

**Tabella 8-3. Resistenze utilizzate con la soluzione proposta.**

Resistenze		
$L_p$	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
[m]	[kN]	[kN]
<b>24.0</b>	8331	4653





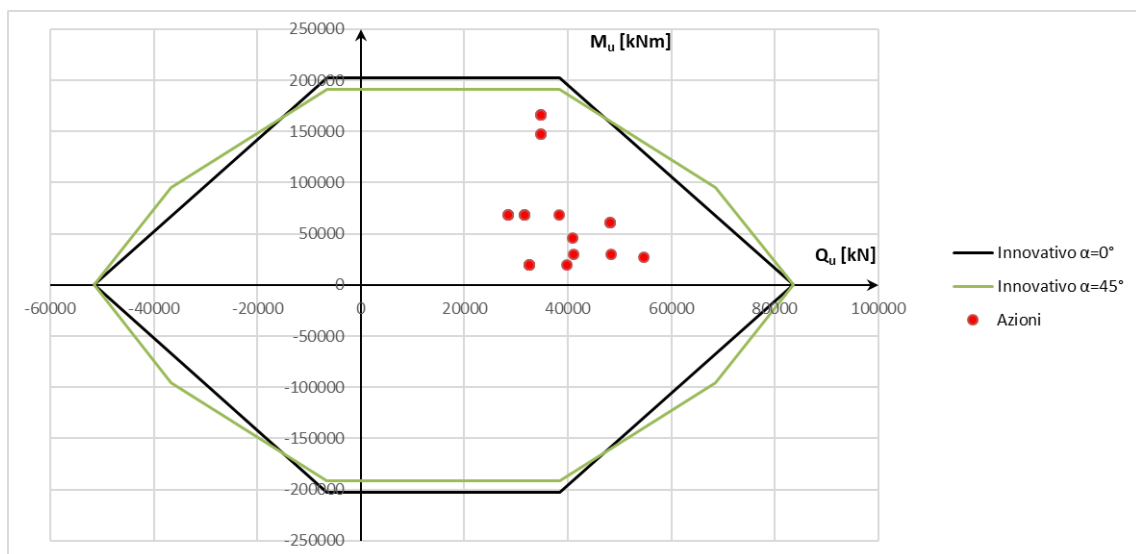
**Figura 8-6. Domini di collasso con la soluzione progettuale proposta**

**Palificate Pila 07**

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

**Tabella 8-4. Resistenze utilizzate con la soluzione proposta.**

Resistenze		
$L_p$	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
[m]	[kN]	[kN]
<b>28.0</b>	<b>9285</b>	<b>5734</b>



**Figura 8-7. Domini di collasso con la soluzione progettuale proposta**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

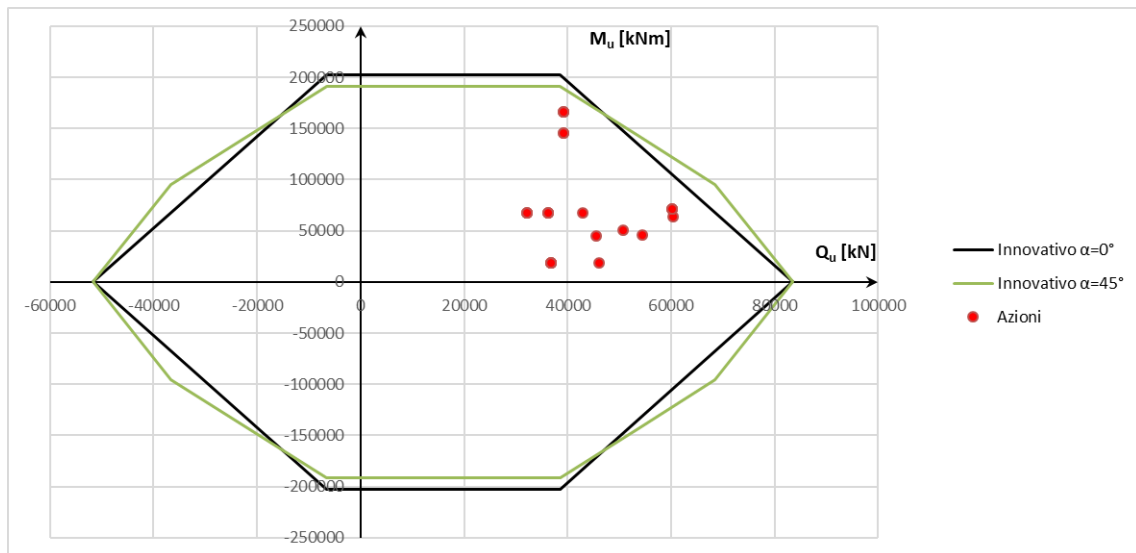
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	64

**Palificate Pila 08**

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

**Tabella 8-5. Resistenze utilizzate con la soluzione proposta.**

Resistenze		
$L_p$	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
[m]	[kN]	[kN]
<b>28.0</b>	9285	5734



**Figura 8-8. Domini di collasso con la soluzione progettuale proposta**

**Palificate Pila 09**

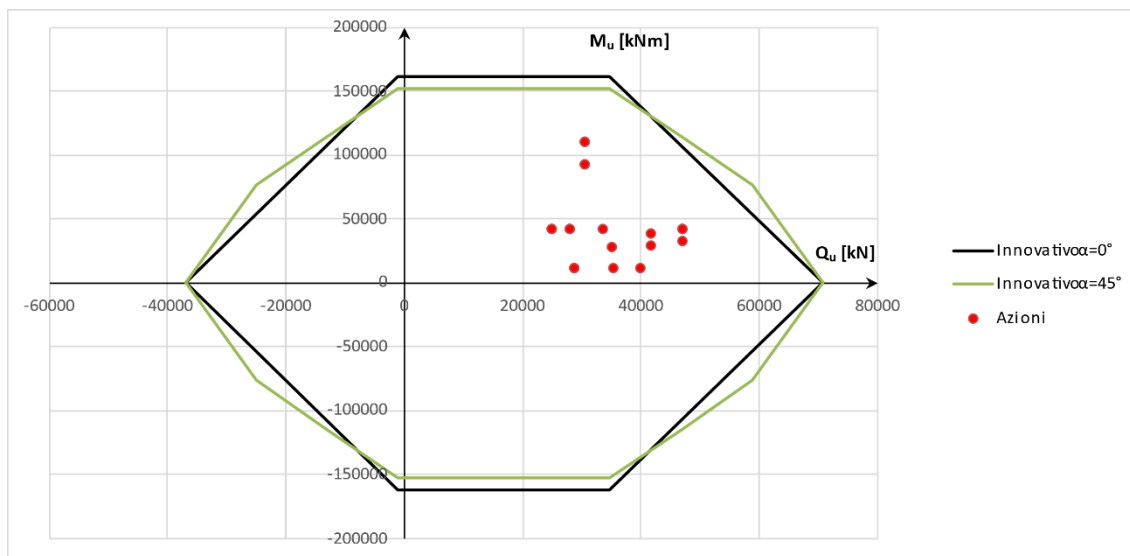
Vengono riportati i valori della resistenza a compressione ed a trazione con il quale è stato possibile calcolare i domini di resistenza.

**Tabella 8-6. Resistenze utilizzate con la soluzione proposta.**

Resistenze		
$L_p$	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
[m]	[kN]	[kN]
<b>22.0</b>	7854	4112

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>65</b>



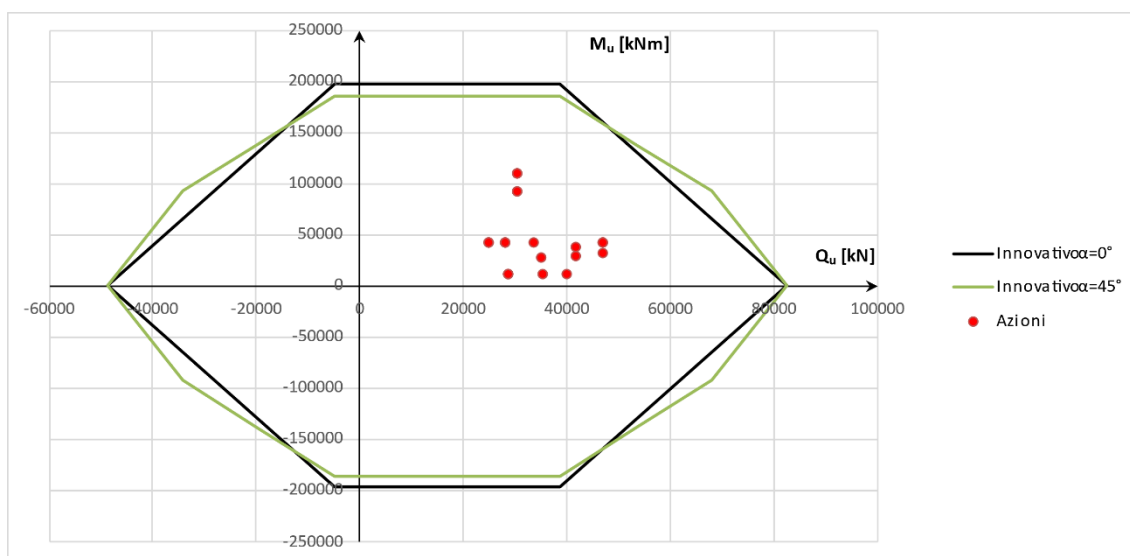
**Figura 8-9. Domini di collasso con la soluzione progettuale proposta**

**Palificate Pila 10-11**

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

**Tabella 8-7. Resistenze utilizzate con la soluzione proposta.**

Resistenze		
$L_p$	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
$[m]$	$[kN]$	$[kN]$
<b>24.0</b>	9157	5413



**Figura 8-10. Domini di collasso con la soluzione progettuale proposta**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

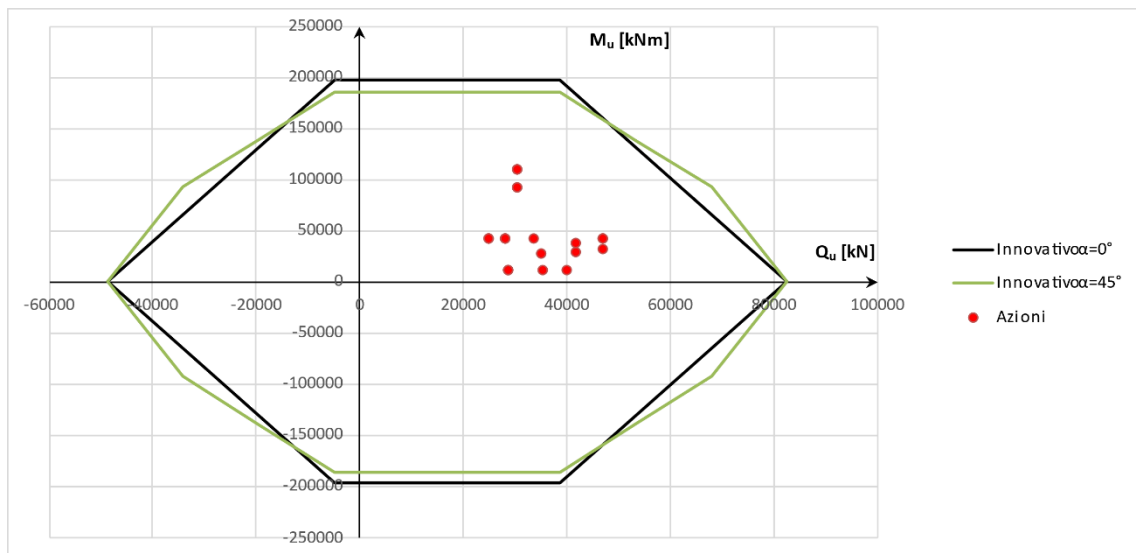
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	66

**Palificate Pila 12-15**

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

**Tabella 8-8. Resistenze utilizzate con la soluzione proposta.**

Resistenze		
$L_p$	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
[m]	[kN]	[kN]
<b>24.0</b>	9157	5413



**Figura 8-11. Domini di collasso con la soluzione progettuale proposta**

**Spalla 1**

Per le spalle, sulla base di considerazione espone nella relazione geotecnica, si è optato per non ottimizzare le lunghezze dei pali tramite la teoria dei domini di collasso. La lunghezza utilizzata è quindi analoga a quella valutata nel progetto PD Italferr. Ci si limita solo a rappresentare i valori di resistenza a compressione ed a trazione del palo, valori indispensabili per la determinazione dei domini di collasso nel piano H-Q (orizzontale – verticale).

**Tabella 8-9. Resistenze utilizzate per Spalla1**

Resistenze		
$L_p$	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
[m]	[kN]	[kN]
<b>28.0</b>	9284.804	5733.83

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.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 geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>67</b>

**Tabella 8-10. Resistenze utilizzate per Spalla2**

Resistenze		
$L_p$	$R_{c,d}$	$R_{tr,d}$
[m]	[kN]	[kN]
<b>30.0</b>	10588	7034.56

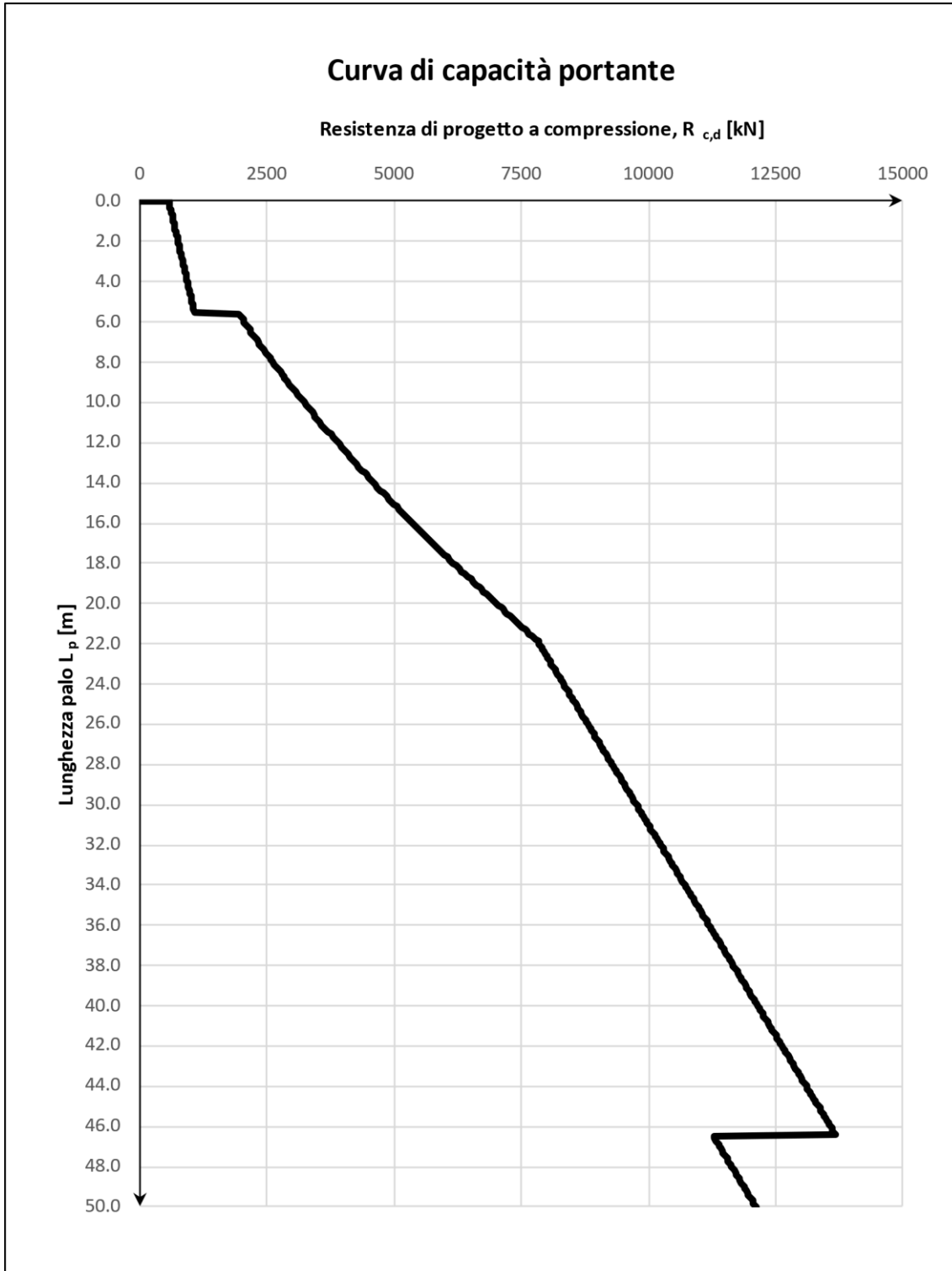
## 9.2 VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE

Nel seguito sono riportati i tabulati delle curve di capacità portante verticale per ciascuna stratigrafia d'interesse.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	61

**1\_ Stratigrafia 1**

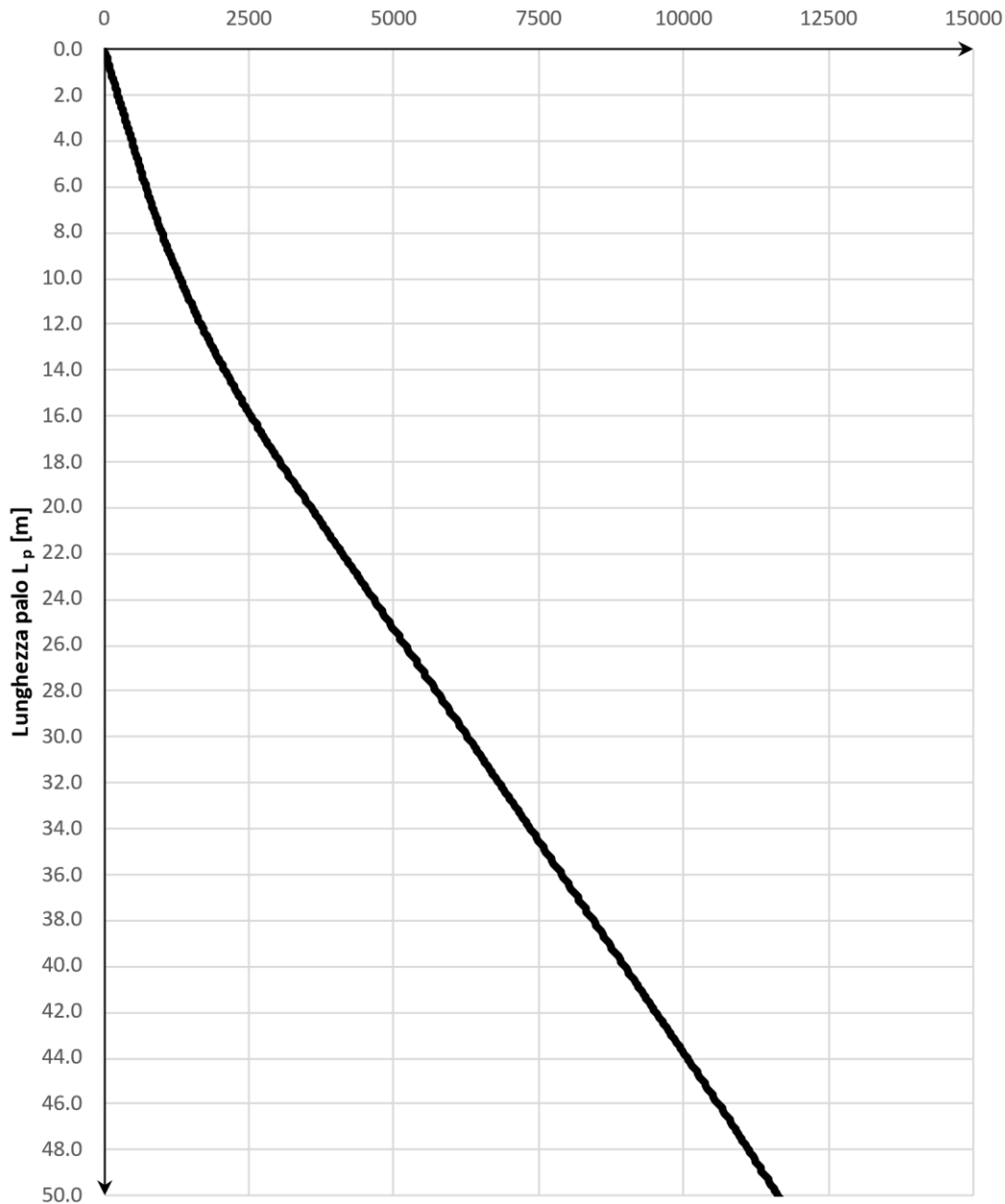


**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazioni dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>62</b>

**Curva di capacità portante**

Resistenza di progetto a trazione,  $R_{tr,d}$  [kN]

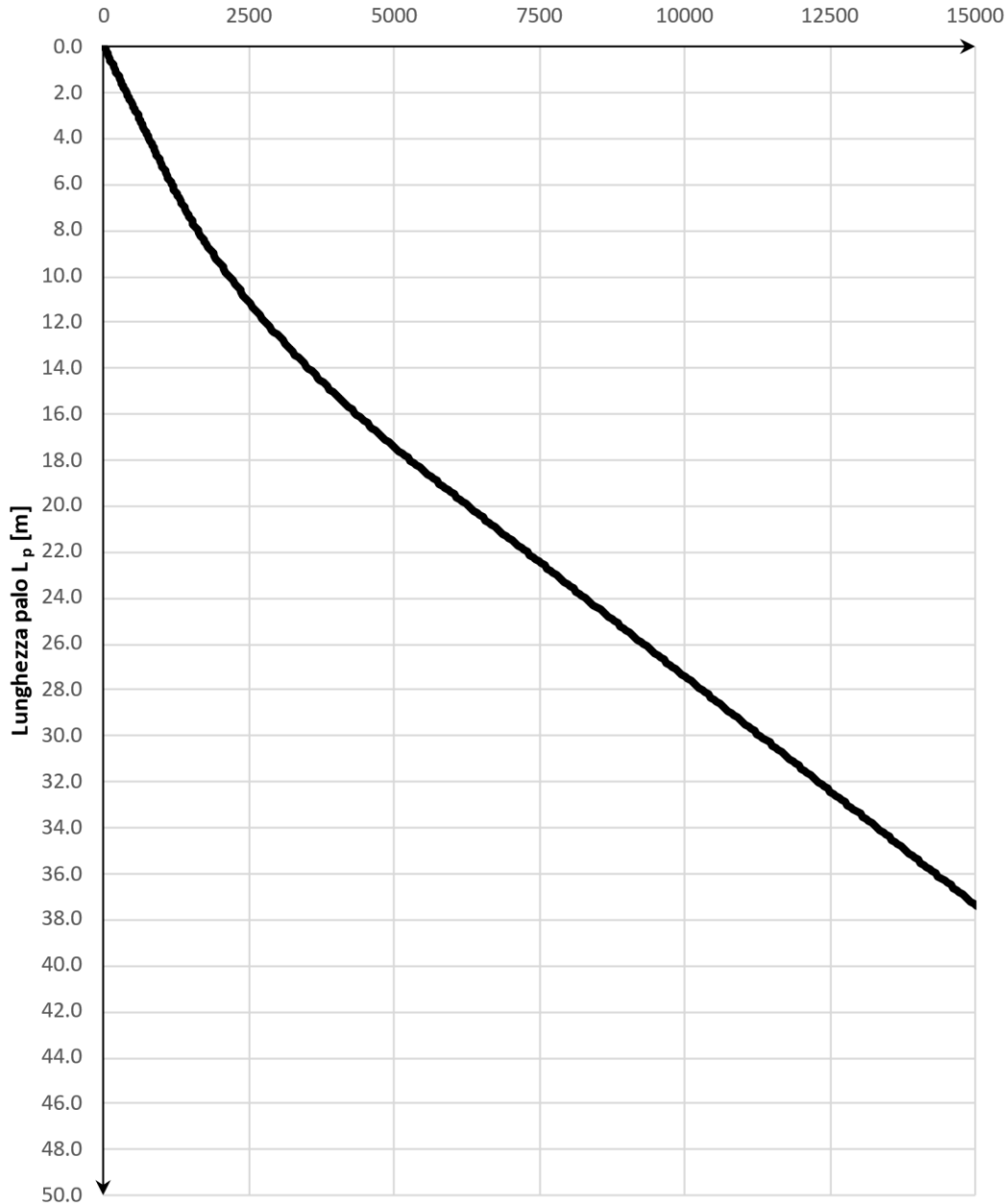


**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazioni dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	63

**Curva di capacità portante**

Resistenza di progetto SLE,  $R_d$  [kN]

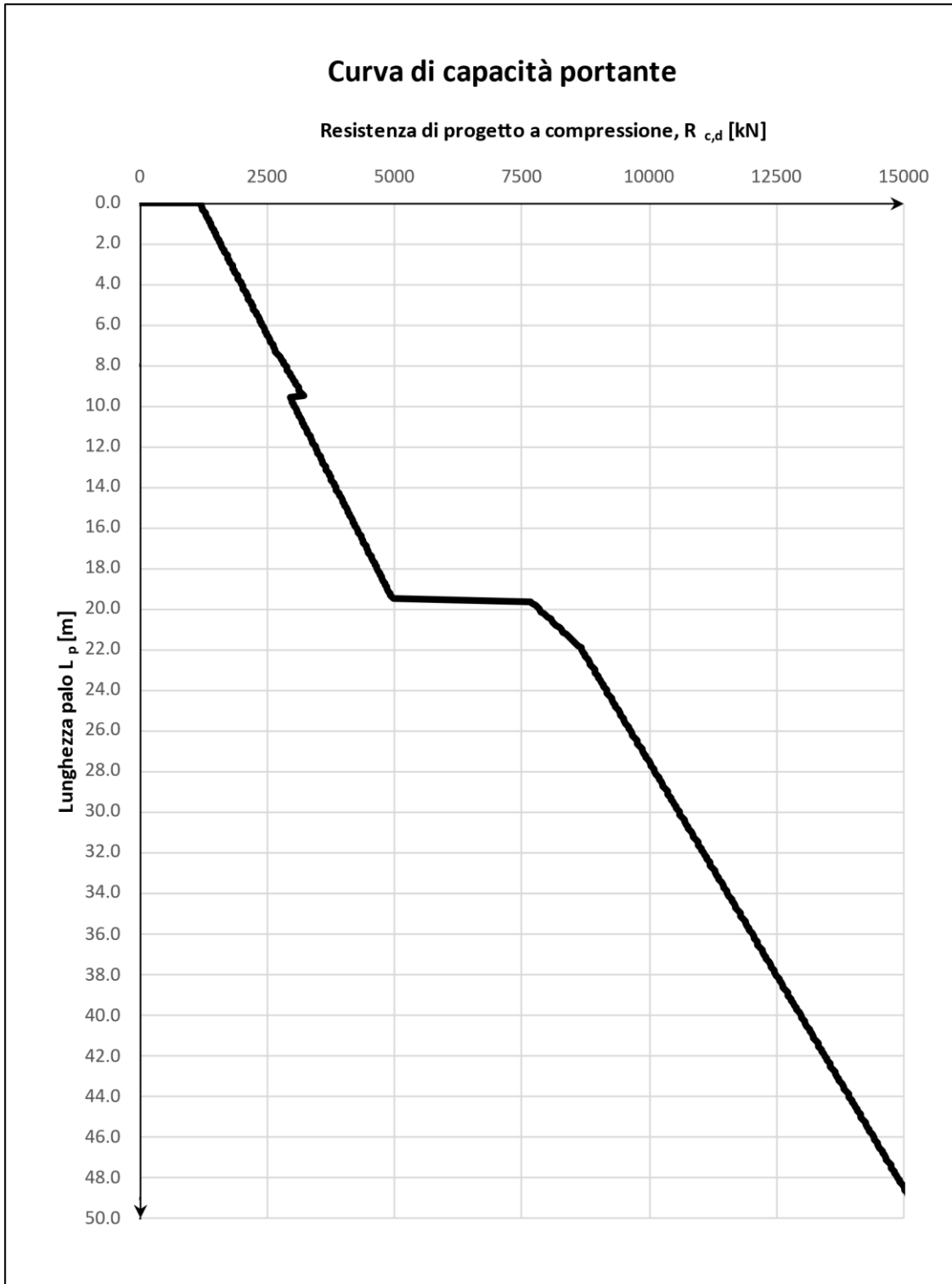




**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	63

**2\_ Stratigrafia 2**

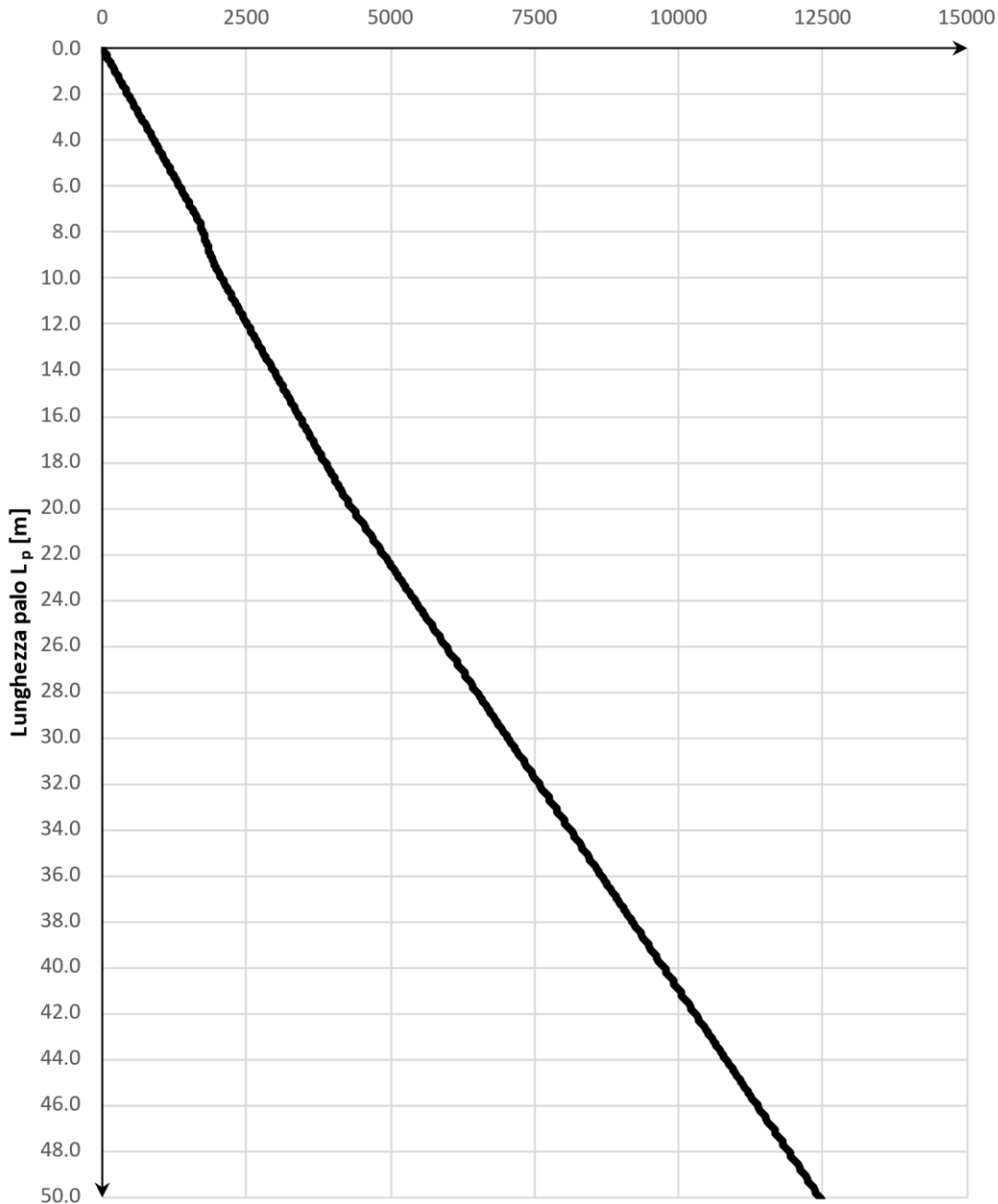


**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	64

**Curva di capacità portante**

Resistenza di progetto a trazione,  $R_{tr,d}$  [kN]

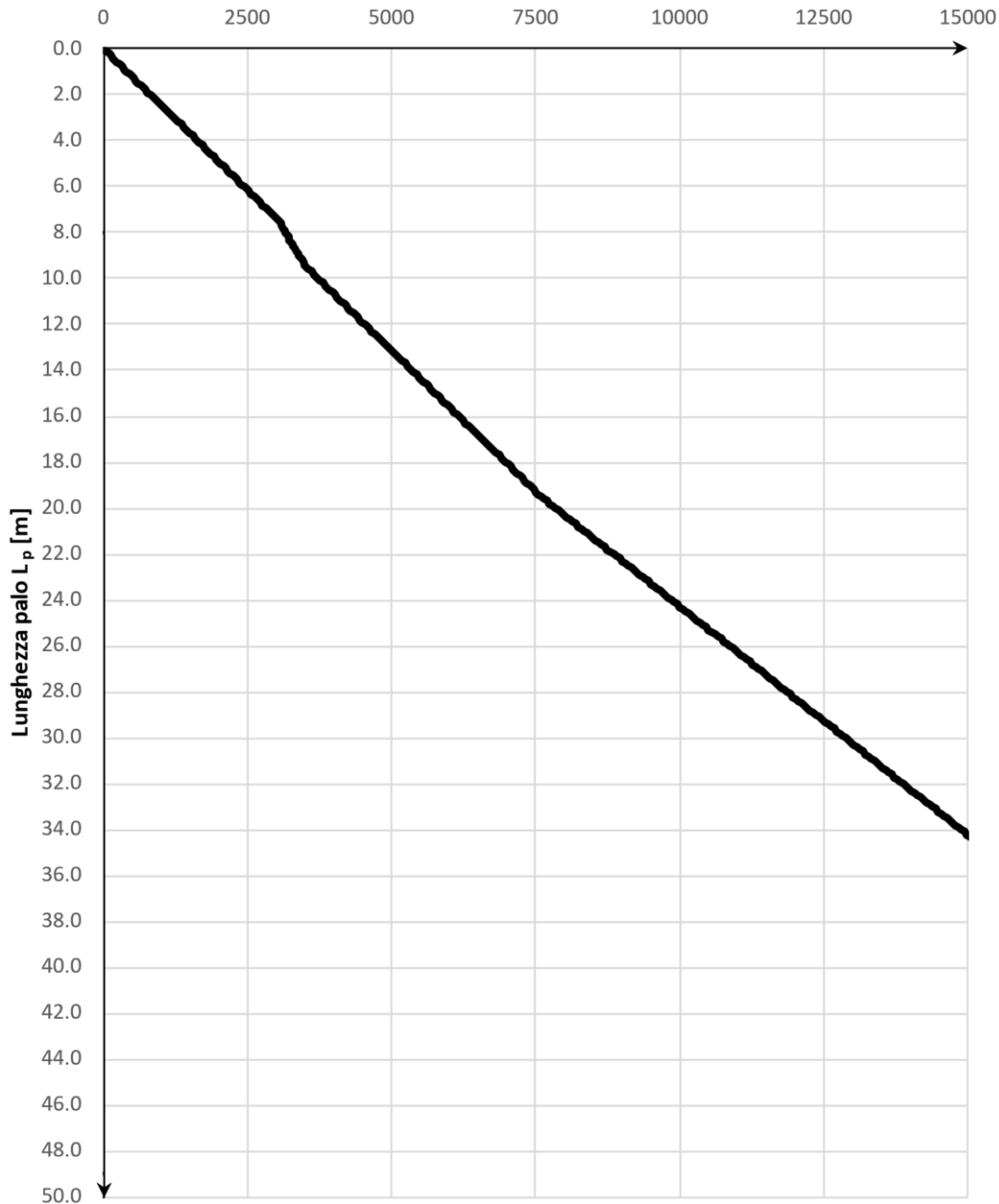


**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	65

**Curva di capacità portante**

Resistenza di progetto SLE,  $R_d$  [kN]



MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.	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 geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>65</b>

### 9.3 VERIFICA ALLA PRESSIONE LIMITE 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  $(N_u-P)$  resistenza verticale a compressione ed  $S_u + P$  resistenza verticale a trazione. Il calcolo del momento resistente  $M_y$  e del momento resistente  $M_{rd}$  (con  $\gamma_s = 1.15$  e  $\gamma_c = 1.5$ ) è stato condotto utilizzando la formula proposta da Di Laora et al. (2019).

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

#### Palificate Pila 01

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature predisposte in fase di PD ( $72\Phi 30$ ) e quelle proposte ( $36\Phi 30$ ):

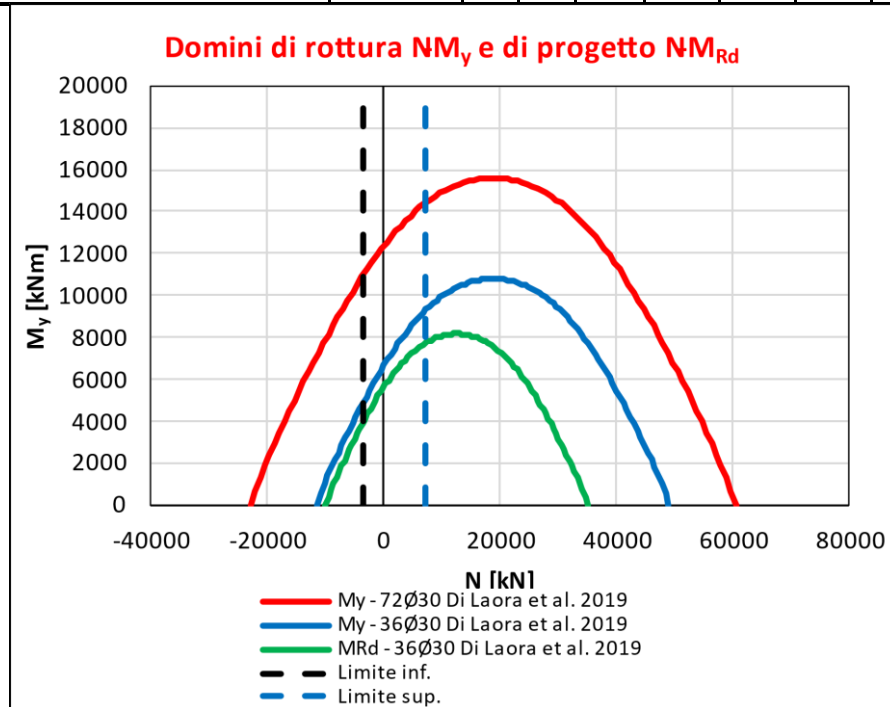


Figura 8-12. Domini della sezione del palo con armature utilizzate in fase di PD e in fase di PE

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ( $H_{\text{singolo palo}}$ ) sia in caso di terreni incoerenti che in caso di terreni coesivi.

Tabella 8-11. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale con la soluzione Italferr e la soluzione proposta.

Casi		$L_p$	$R_d$	$M_{Rd}$	$H_{\text{singolo palo}}$
Armaura	Comportamento	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
72	incoerenti	20.0	7017	14367.44	2530.41
			-3572	10963.68	2113.04
	coesivi		7017	14367.44	2649.37
			-3572	10963.68	2221.02
36	incoerenti	20.0	7017	9230.61	1884.04
			-3572	4859.75	1228.42
	coesivi		7017	9230.61	1979.83
			-3572	4859.75	1262.96

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:

Tabella 8-12. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H

	72Ø30		36Ø30	
	$Q_{\text{tot}}$ [kN]	$H_{\text{tot}}$ [kN]	$Q_{\text{tot}}$ [kN]	$H_{\text{tot}}$ [kN]
inc	63150.8	0.0	63150.8	0.0

<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>

	63150.8	20496.3		63150.8	15260.7
	-32146.7	17115.6		-32146.7	9950.2
	-32146.7	0.0		-32146.7	0.0
<i>coesivi</i>	63150.8	0.0	<i>coesivi</i>	63150.8	0.0
	63150.8	21459.9		63150.8	16036.6
	-32146.7	17990.3		-32146.7	10229.9
	-32146.7	0.0		-32146.7	0.0

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:

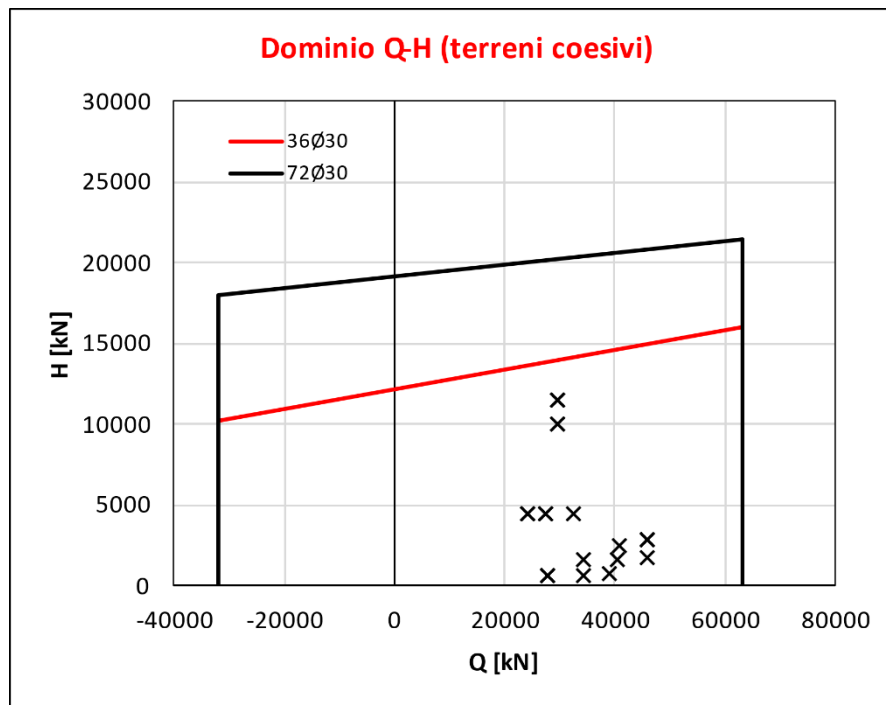
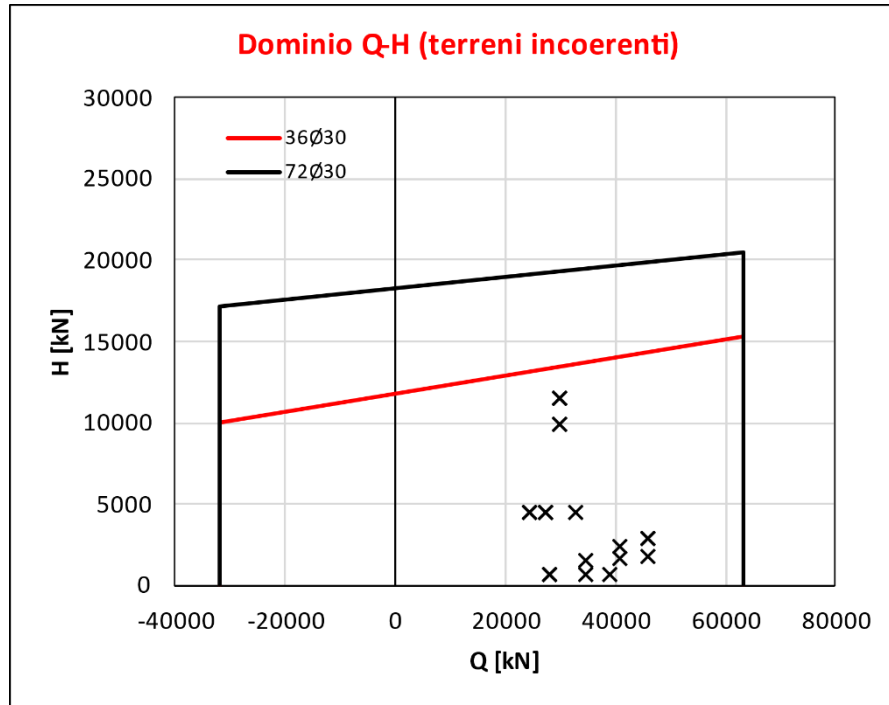


Figura 8-13. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni coesivi

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>68</b>



**Figura 8-14. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni incoerenti.**

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

### **Palificate Pila 02-03**

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature predisposte in fase di PD (72Φ30) e quelle proposte (36Φ30):

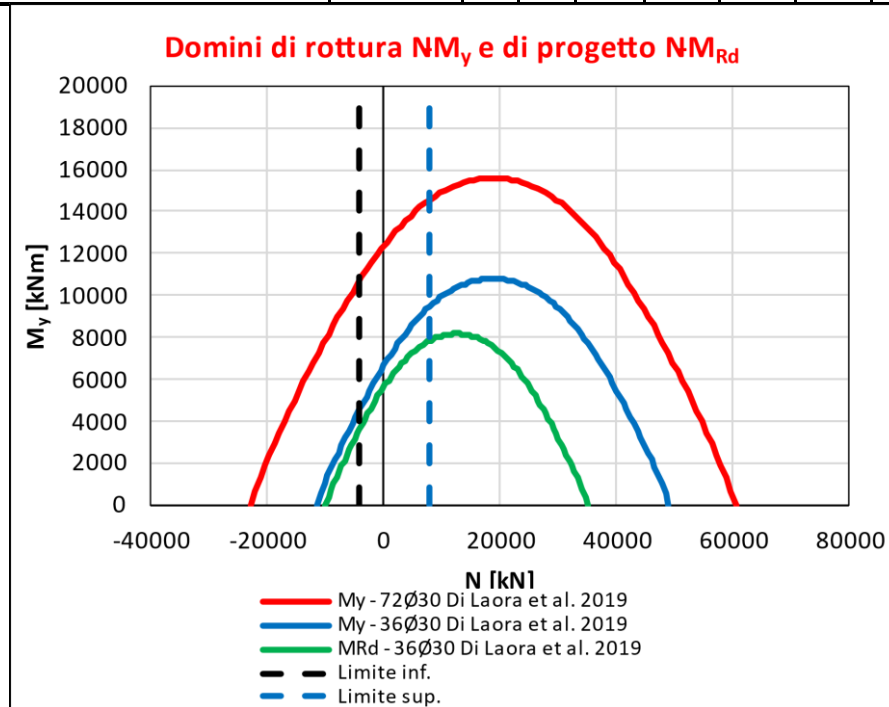


Figura 8-15. Domini della sezione del palo con armature utilizzate in fase di PD e in fase di PE

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ( $H_{\text{singolo palo}}$ ) sia in caso di terreni incoerenti che in caso di terreni coesivi.

Tabella 8-13. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale con la soluzione Italferr e la soluzione proposta.

Casi		$L_p$	$R_d$	$M_{Rd}$	$H_{\text{singolo palo}}$
Armaura	Comportamento	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
72	incoerenti	22.0	7854	14541.03	2550.75
			-4112	10732.44	2083.22
	coesivi		7854	14541.03	2669.90
			-4112	10732.44	2189.87
36	incoerenti	22.0	7854	9454.98	1914.45
			-4112	4572.32	1179.49
	coesivi		7854	9454.98	2012.12
			-4112	4572.32	1207.89

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:



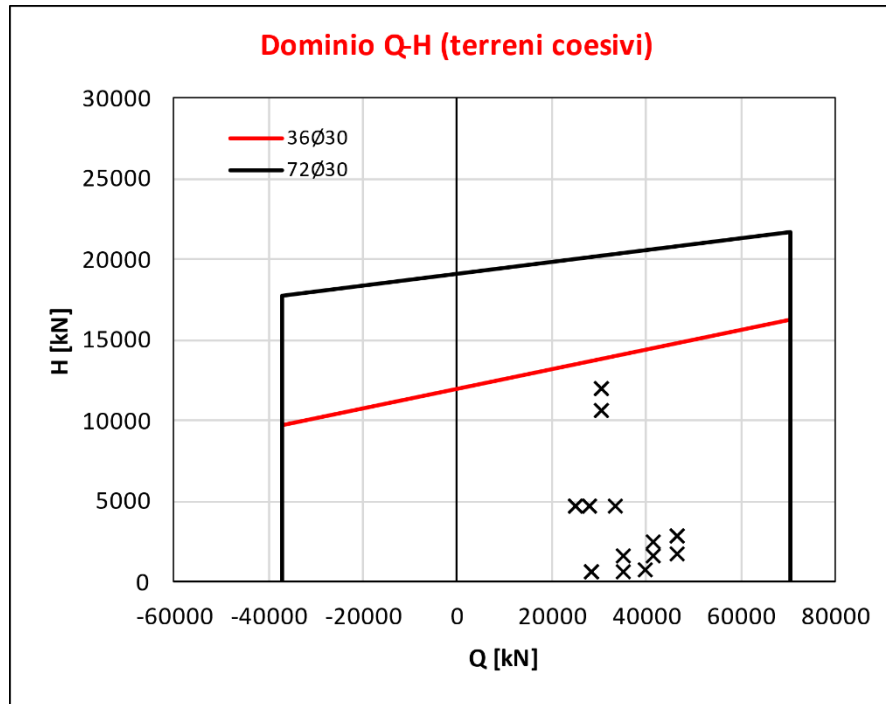
**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	70

**Tabella 8-14. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H**

72Ø30			36Ø30		
	$Q_{tot}$ [kN]	$H_{tot}$ [kN]		$Q_{tot}$ [kN]	$H_{tot}$ [kN]
<i>incoerenti</i>	63150.8	0.0	<i>incoerenti</i>	70688.2	0.0
	70688.2	0.0		70688.2	15507.1
	70688.2	20661.0		-37011.1	9553.9
	-37011.1	16874.1		-37011.1	0.0
<i>coesivi</i>	-37011.1	0.0	<i>coesivi</i>	70688.2	0.0
	70688.2	0.0		70688.2	16298.2
	70688.2	21626.2		-37011.1	9783.9
	-37011.1	17738.0		-37011.1	0.0

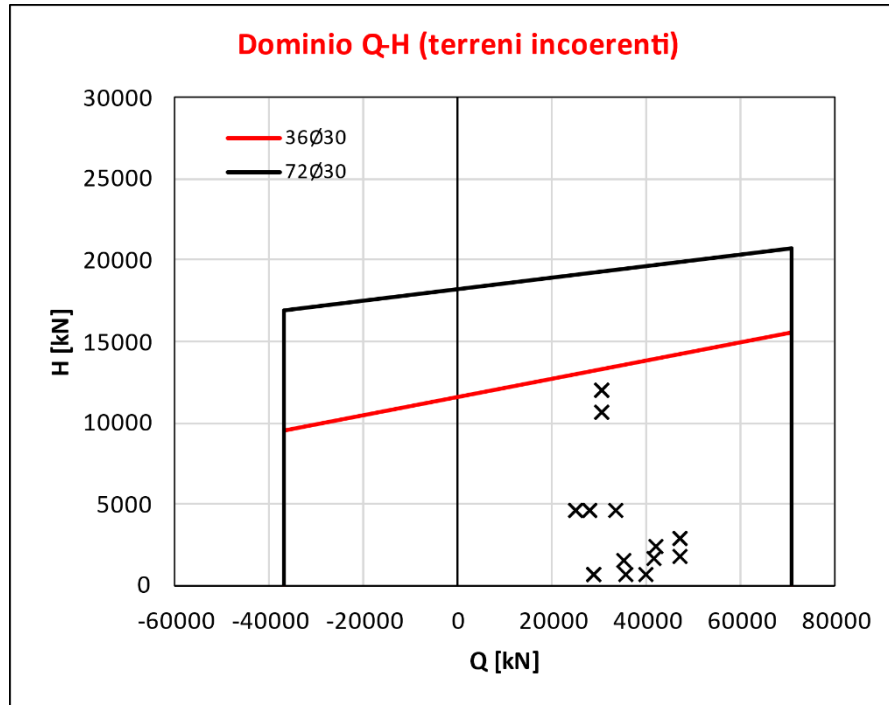
Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:



**Figura 8-16. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni coesivi**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	71



**Figura 8-17. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni incoerenti.**

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

#### **Palificate Pila 04-06**

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature predisposte in fase di PD (72Ø30) e quelle proposte (40Ø30):

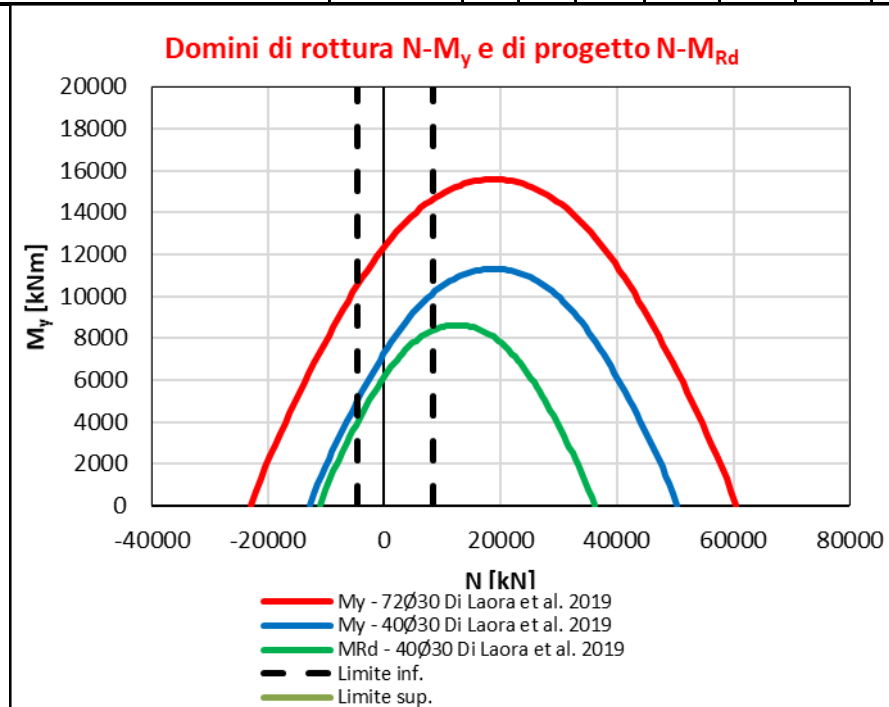


Figura 8-18. Domini della sezione del palo con armature utilizzate in fase di PD e in fase di PE

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ( $H_{\text{singolo palo}}$ ) sia in caso di terreni incoerenti che in caso di terreni coesivi.

Tabella 8-15. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale con la soluzione Italferr e la soluzione proposta.

Casi		$L_p$	$R_d$	$M_{Rd}$	$H_{\text{singolo palo}}$
Armaura	Comportamento	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
72	incoerenti	24.0	8331	14633.61	2561.56
			-4653	10496.13	2052.53
	coesivi		8331	14633.61	2680.80
			-4653	10496.13	2157.73
40	incoerenti	24.0	8331	10143.59	2006.31
			-4653	5004.41	1252.68
	coesivi		8331	10143.59	2109.18
			-4653	5004.41	1290.18

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:

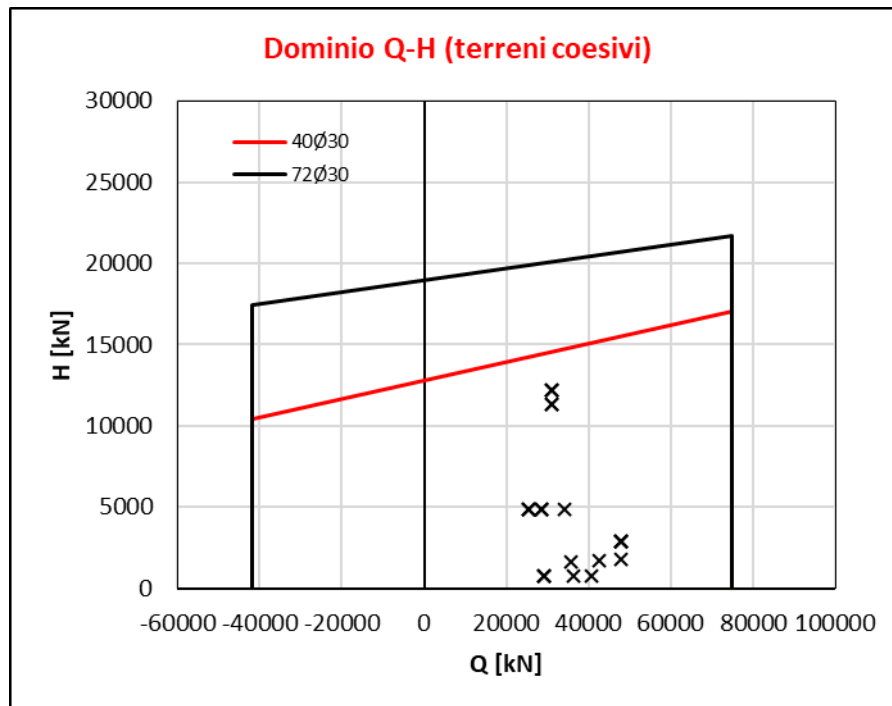
**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	73

**Tabella 8-16. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H**

72Ø30			40Ø30		
	$Q_{tot}$ [kN]	$H_{tot}$ [kN]		$Q_{tot}$ [kN]	$H_{tot}$ [kN]
<i>incoerenti</i>	74979.9	0.0	<i>incoerenti</i>	74979.9	0.0
	74979.9	20748.6		74979.9	16251.1
	-41875.6	16625.5		-41875.6	10146.7
	-41875.6	0.0		-41875.6	0.0
<i>coesivi</i>	74979.9	0.0	<i>coesivi</i>	74979.9	0.0
	74979.9	21714.5		74979.9	17084.3
	-41875.6	17477.6		-41875.6	10450.5
	-41875.6	0.0		-41875.6	0.0

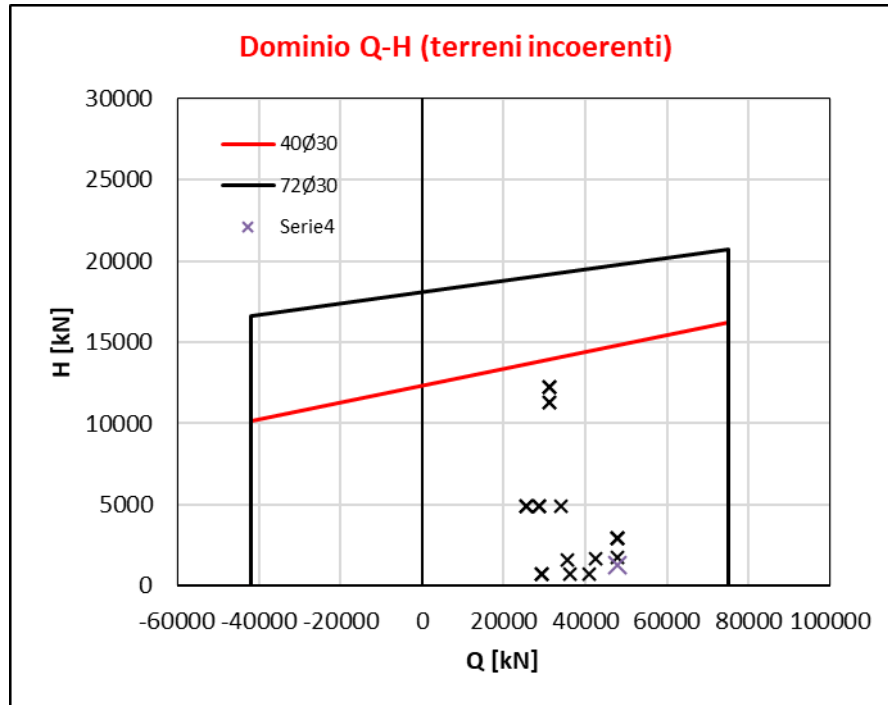
Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:



**Figura 8-19. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni coesivi**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	74



**Figura 8-20. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni incoerenti.**

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

### **Palificate Pila 07**

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature predisposte in fase di PD (72Ø28+36Ø28) e quelle proposte (58Ø28):

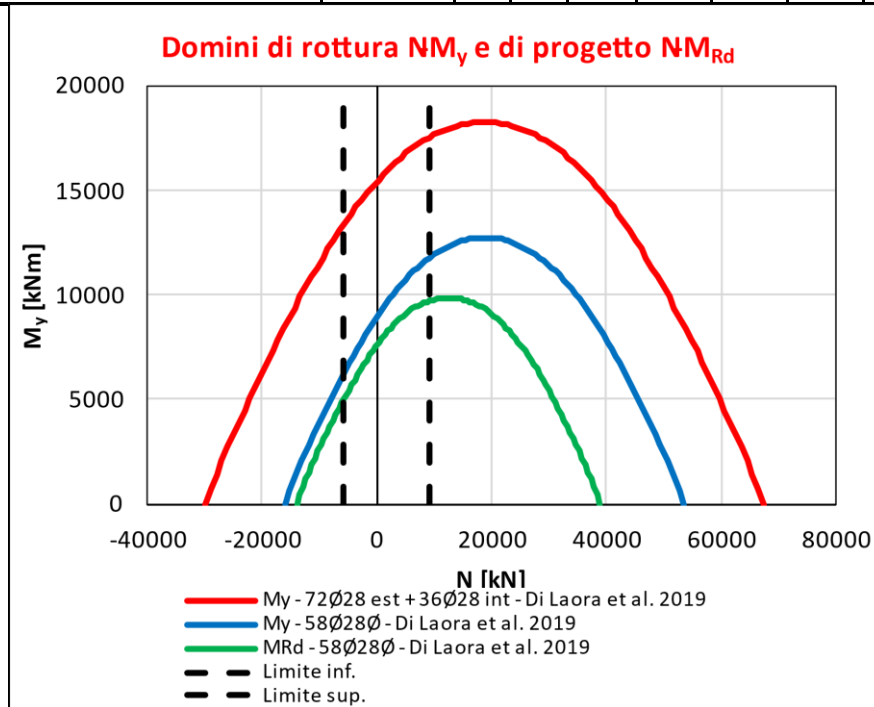


Figura 8-21. Domini della sezione del palo con armature utilizzate in fase di PD e in fase di PE

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ( $H_{\text{singolo palo}}$ ) sia in caso di terreni incoerenti che in caso di terreni coesivi.

Tabella 8-17. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale con la soluzione Italferr e la soluzione proposta.

Casi		$L_p$	$R_d$	$M_{Rd}$	$H_{\text{singolo palo}}$
Armaura	Comportamento	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
72Ø28 est + 36Ø28 int	incoerenti	28.0	9285	17547.14	2891.18
			-5734	13369.75	2411.86
	coesivi		9285	17547.14	3009.01
			-5734	13369.75	2529.11
58Ø28	incoerenti	28.0	9285	11838.96	2224.06
			-5734	6322.05	1463.89
	coesivi		9285	11838.96	2336.33
			-5734	6322.05	1525.00

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:

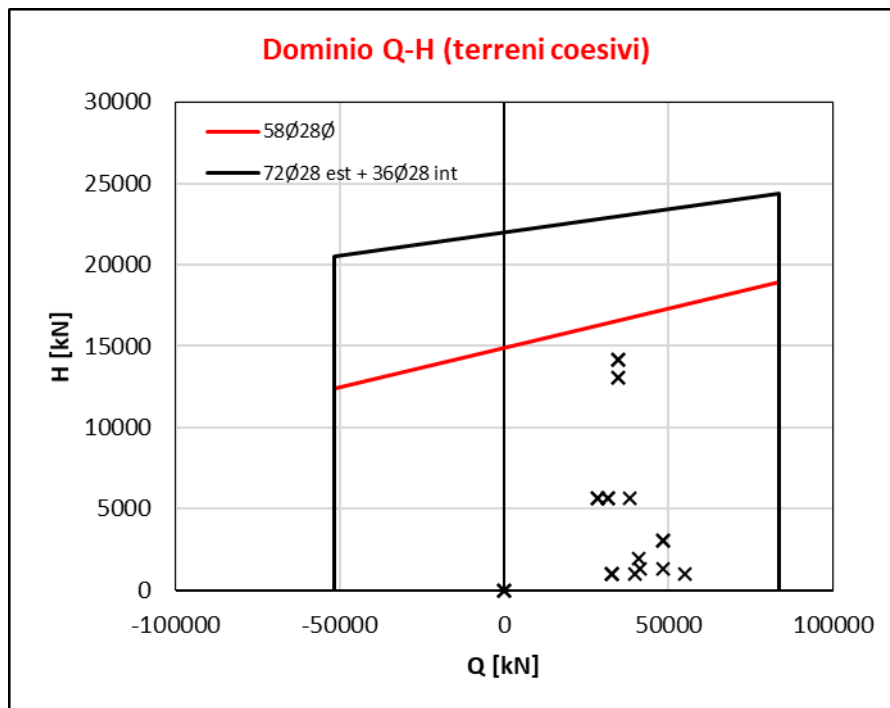
**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	76

**Tabella 8-18. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H**

72Ø28 est + 36Ø28 int			58Ø30		
	Q <sub>tot</sub> [kN]	H <sub>tot</sub> [kN]		Q <sub>tot</sub> [kN]	H <sub>tot</sub> [kN]
<i>incoerenti</i>	83563.2	0.0	<i>incoerenti</i>	83563.2	0.0
	83563.2	23418.5		83563.2	18014.9
	-51604.5	19536.1		-51604.5	11857.5
	-51604.5	0.0		-51604.5	0.0
<i>coesivi</i>	83563.2	0.0	<i>coesivi</i>	83563.2	0.0
	83563.2	24373.0		83563.2	18924.3
	-51604.5	20485.8		-51604.5	12352.5
	-51604.5	0.0		-51604.5	0.0

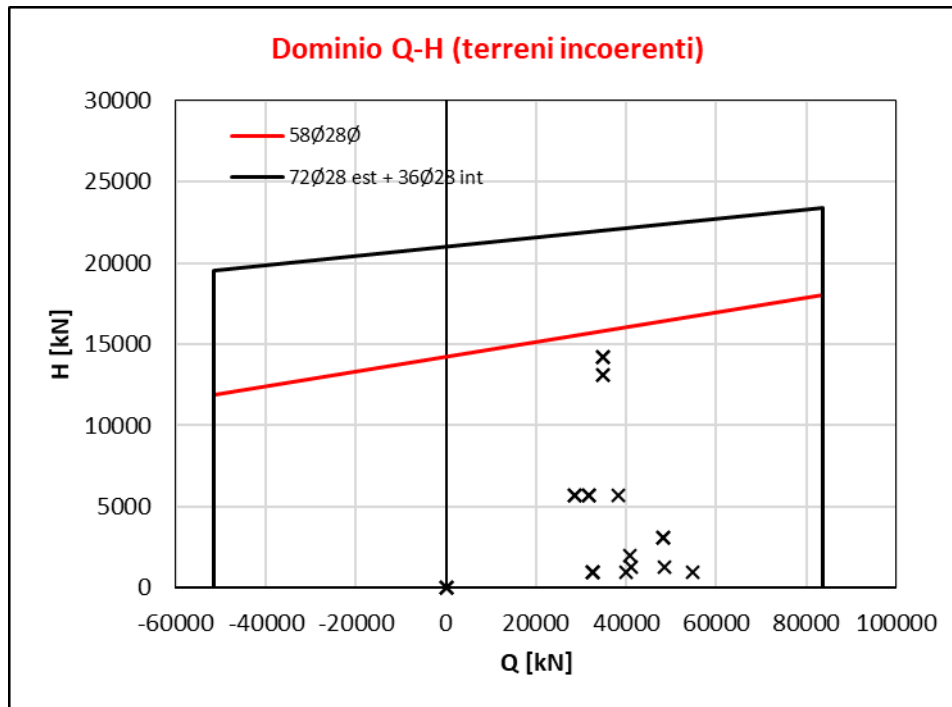
Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:



**Figura 8-22. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni coesivi**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>77</b>



**Figura 8-23. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni incoerenti.**

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

### **Palificate Pila 08**

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature predisposte in fase di PD (72Ø28+36Ø28) e quelle proposte (58Ø28):



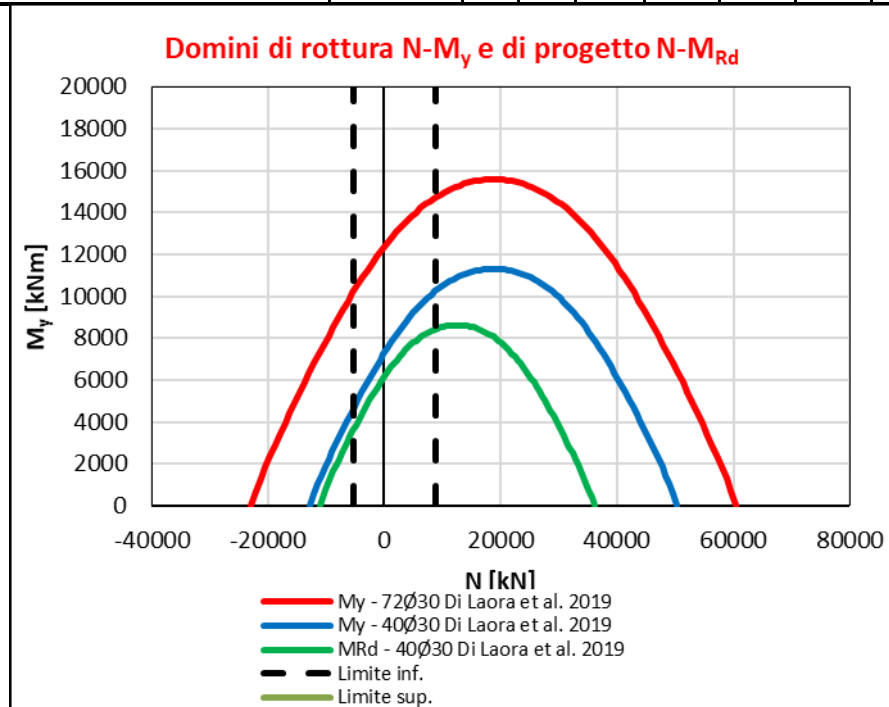


Figura 8-24. Domini della sezione del palo con armature utilizzate in fase di PD e in fase di PE

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ( $H_{\text{singolo palo}}$ ) sia in caso di terreni incoerenti che in caso di terreni coesivi.

Tabella 8-19. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale con la soluzione Italferr e la soluzione proposta.

Casi		$L_p$	$R_d$	$M_{Rd}$	$H_{\text{singolo palo}}$
Armaura	Comportamento	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
72Ø28 est + 36Ø28 int	incoerenti	28.0	9285	17547.14	2891.18
			-5734	13369.75	2411.86
	coesivi		9285	17547.14	3009.01
			-5734	13369.75	2529.11
58Ø28	incoerenti	28.0	9285	11838.96	2224.06
			-5734	6322.05	1463.89
	coesivi		9285	11838.96	2336.33
			-5734	6322.05	1525.00

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:

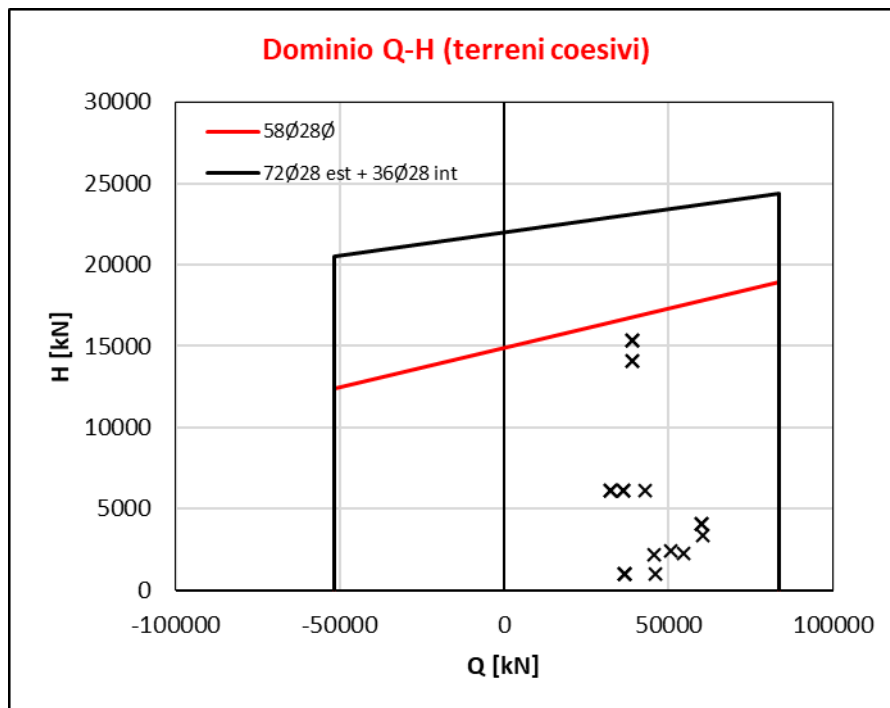
**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	79

**Tabella 8-20. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H**

72Ø28 est + 36Ø28 int			58Ø28		
	Q <sub>tot</sub> [kN]	H <sub>tot</sub> [kN]		Q <sub>tot</sub> [kN]	H <sub>tot</sub> [kN]
<i>incoerenti</i>	83563.2	0.0	<i>incoerenti</i>	83563.2	0.0
	83563.2	23418.5		83563.2	18014.9
	-51604.5	19536.1		-51604.5	11857.5
	-51604.5	0.0		-51604.5	0.0
<i>coesivi</i>	83563.2	0.0	<i>coesivi</i>	83563.2	0.0
	83563.2	24373.0		83563.2	18924.3
	-51604.5	20485.8		-51604.5	12352.5
	-51604.5	0.0		-51604.5	0.0

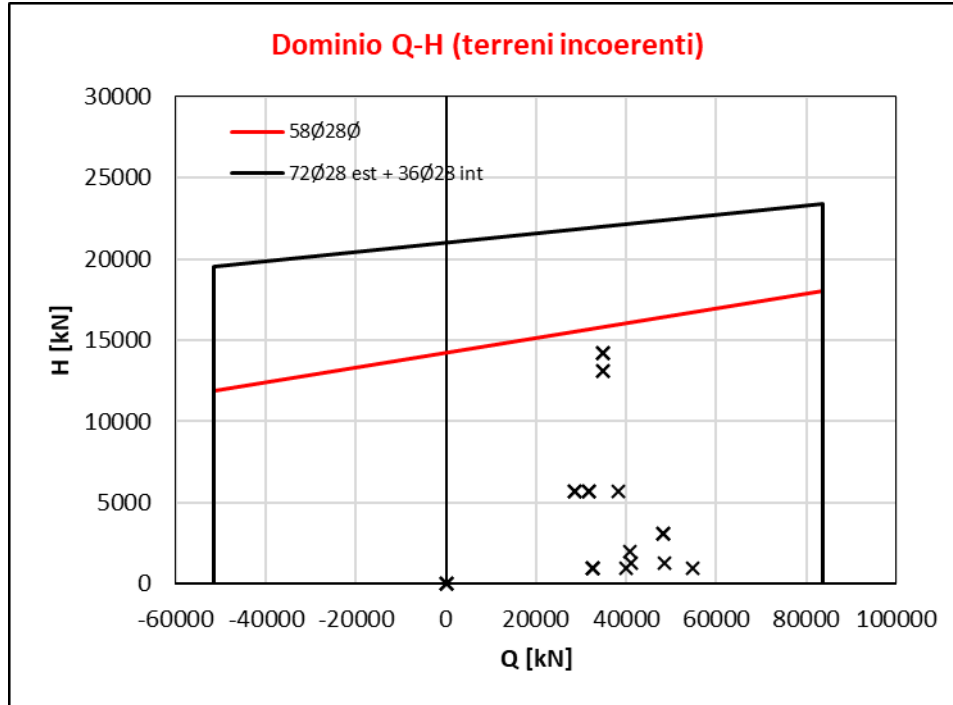
Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:



**Figura 8-25. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni coesivi**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	80



**Figura 8-26. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni incoerenti.**

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

### **Palificate Pila 09**

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature predisposte in fase di PD (72Ø30) e quelle proposte (40Ø30):

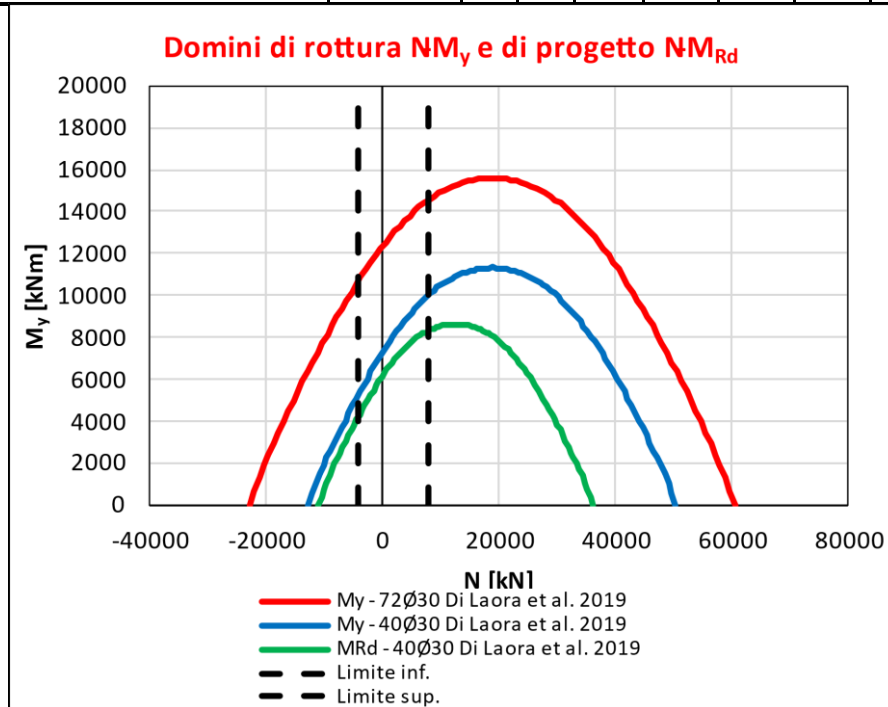


Figura 8-26. Domini della sezione del palo con armature utilizzate in fase di PD e in fase di PE

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ( $H_{\text{singolo palo}}$ ) sia in caso di terreni incoerenti che in caso di terreni coesivi.

Tabella 8-21. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale con la soluzione Italferr e la soluzione proposta.

Casi		$L_p$	$R_d$	$M_{Rd}$	$H_{\text{singolo palo}}$
Armaura	Comportamento	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
72	incoerenti	22.0	7854	14541.03	2571.83
			-4112	10732.44	2020.95
	coesivi		7854	14541.03	2691.14
			-4112	10732.44	2124.58
40	incoerenti	22.0	7854	10027.96	2020.77
			-4112	5289.83	1203.85
	coesivi		7854	10027.96	2124.38
			-4112	5289.83	1235.33

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:

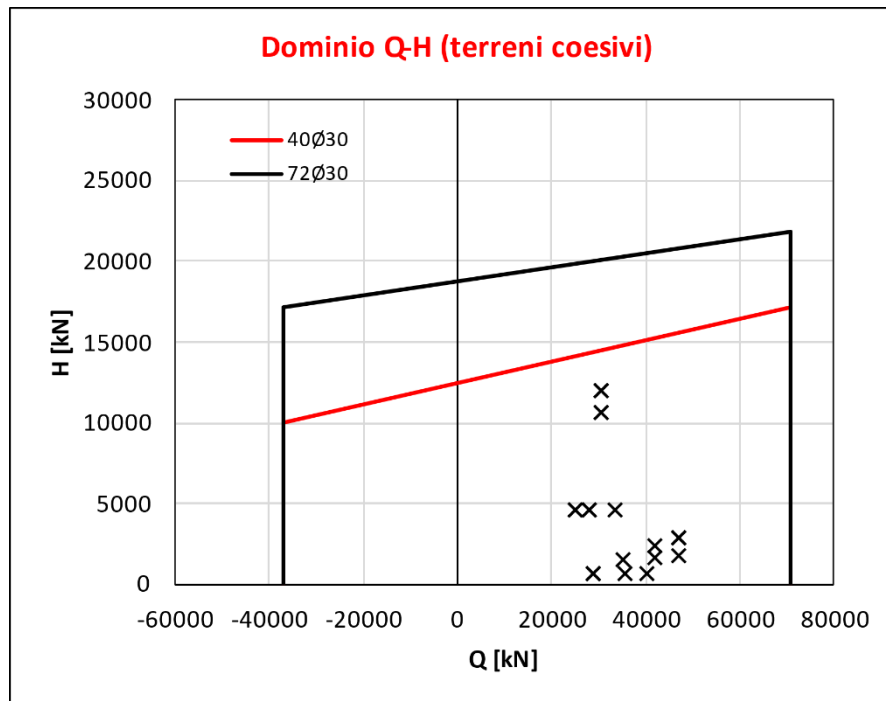
**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	82

**Tabella 8-22. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H**

72Ø30			40Ø30		
	$Q_{tot}$ [kN]	$H_{tot}$ [kN]		$Q_{tot}$ [kN]	$H_{tot}$ [kN]
<i>incoerenti</i>	70688.2	0.0	<i>incoerenti</i>	70688.2	0.0
	70688.2	20831.8		70688.2	16368.2
	-37011.1	16369.7		-37011.1	9751.2
	-37011.1	0.0		-37011.1	0.0
<i>coesivi</i>	70688.2	0.0	<i>coesivi</i>	70688.2	0.0
	70688.2	21798.3		70688.2	17207.5
	-37011.1	17209.1		-37011.1	10006.2
	-37011.1	0.0		-37011.1	0.0

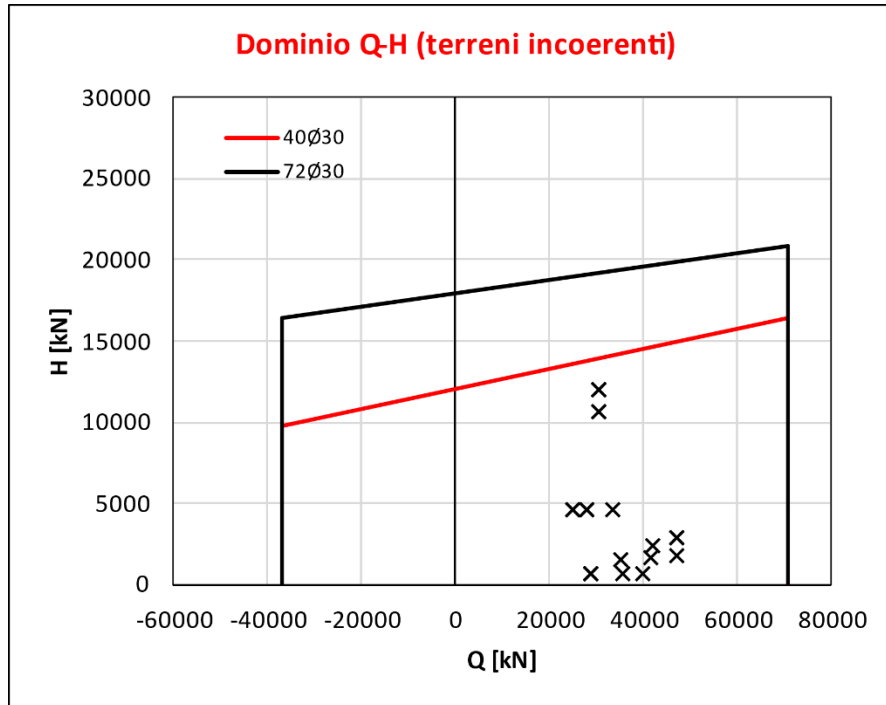
Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:



**Figura 8-27. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni coesivi**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	83



**Figura 8-28. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni incoerenti.**

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

### **Palificate Pila 10-11**

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature predisposte in fase di PD (72Ø30) e quelle proposte (36Ø30):

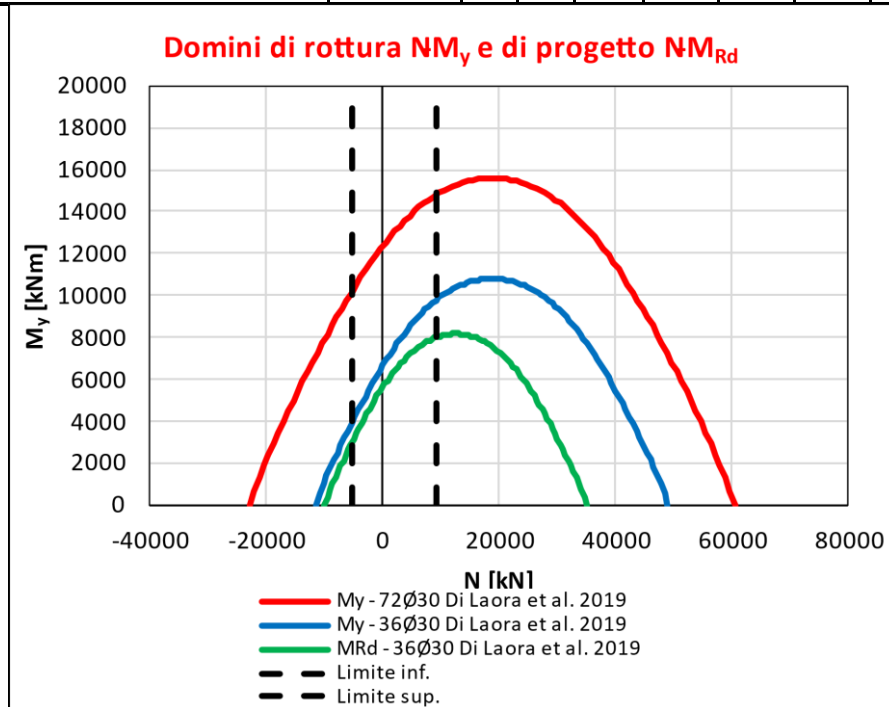


Figura 8-29. Domini della sezione del palo con armature utilizzate in fase di PD e in fase di PE

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ( $H_{\text{singolo palo}}$ ) sia in caso di terreni incoerenti che in caso di terreni coesivi.

Tabella 8-23. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale con la soluzione Italferr e la soluzione proposta.

Casi		$L_p$	$R_d$	$M_{Rd}$	$H_{\text{singolo palo}}$
Armaura	Comportamento	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
72	incoerenti	24.0	9157	14783.33	2470.74
			-5413	10155.36	1923.57
	coesivi		9157	14783.33	3469.62
			-5413	10155.36	2653.99
36	incoerenti	24.0	9157	9767.09	1874.23
			-5413	3863.68	1009.98
	coesivi		9157	9767.09	2579.33
			-5413	3863.68	1254.06

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:

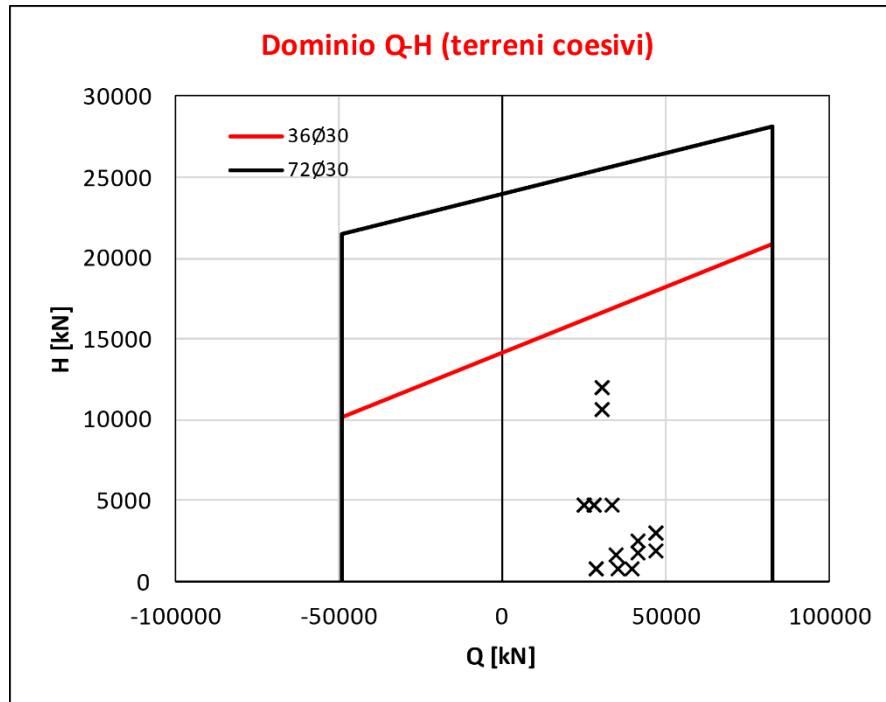
**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	85

**Tabella 8-24. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H**

72Ø30			36Ø30		
	$Q_{tot}$ [kN]	$H_{tot}$ [kN]		$Q_{tot}$ [kN]	$H_{tot}$ [kN]
<i>incoerenti</i>	70688.2	0.0	<i>incoerenti</i>	70688.2	0.0
	70688.2	20831.8		70688.2	16368.2
	-37011.1	16369.7		-37011.1	9751.2
	-37011.1	0.0		-37011.1	0.0
<i>coesivi</i>	70688.2	0.0	<i>coesivi</i>	70688.2	0.0
	70688.2	21798.3		70688.2	17207.5
	-37011.1	17209.1		-37011.1	10006.2
	-37011.1	0.0		-37011.1	0.0

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:

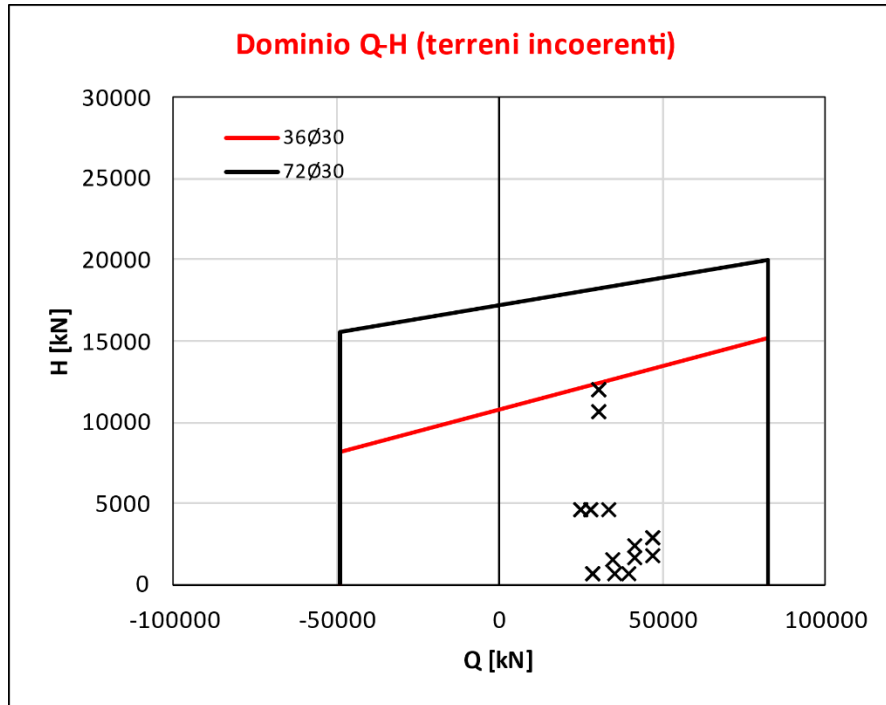


**Figura 8-30. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni coesivi**



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	86



**Figura 8-31. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni incoerenti.**

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

### **Palificate Pila 12-15**

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature predisposte in fase di PD (72Ø30) e quelle proposte (36Ø30):

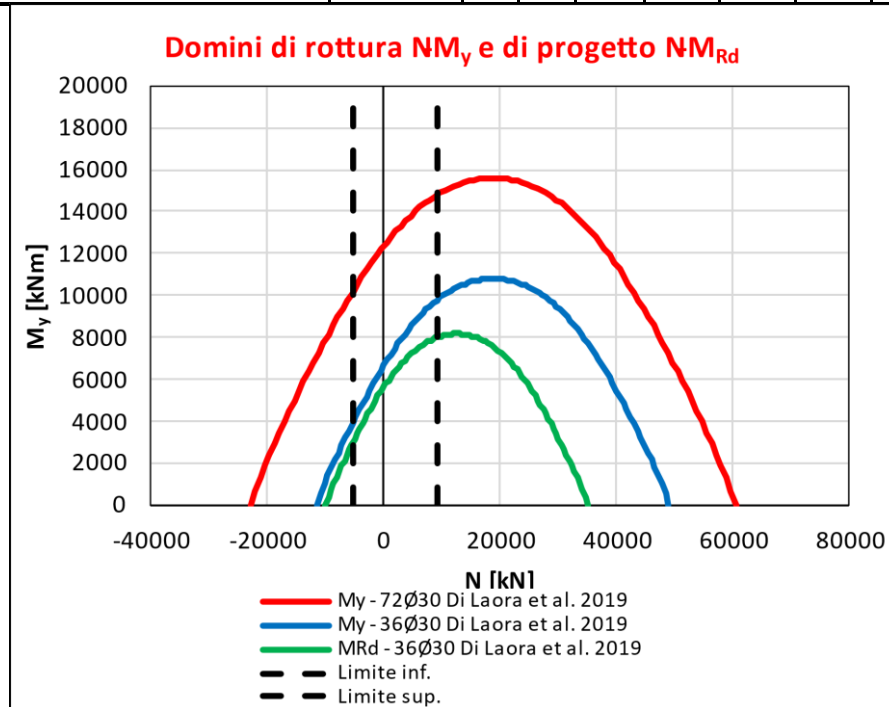


Figura 8-32. Domini della sezione del palo con armature utilizzate in fase di PD e in fase di PE

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ( $H_{\text{singolo palo}}$ ) sia in caso di terreni incoerenti che in caso di terreni coesivi.

Tabella 8-25. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale con la soluzione Italferr e la soluzione proposta.

Casi		$L_p$	$R_d$	$M_{Rd}$	$H_{\text{singolo palo}}$
Armaura	Comportamento	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
72	incoerenti	24.0	9157	14783.33	2470.74
			-5413	10155.36	1923.57
	coesivi		9157	14783.33	3469.62
			-5413	10155.36	2653.99
36	incoerenti	24.0	9157	9767.09	1874.23
			-5413	3863.68	1009.98
	coesivi		9157	9767.09	2579.33
			-5413	3863.68	1254.06

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:

<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	88

Tabella 8-26. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H

72Ø30			36Ø30		
	$Q_{tot}$ [kN]	$H_{tot}$ [kN]		$Q_{tot}$ [kN]	$H_{tot}$ [kN]
<i>incoerenti</i>	82416.9	0.0	<i>incoerenti</i>	82416.9	0.0
	82416.9	20013.0		82416.9	15181.2
	-48717.7	15580.9		-48717.7	8180.8
	-48717.7	0.0		-48717.7	0.0
<i>coesivi</i>	82416.9	0.0	<i>coesivi</i>	82416.9	0.0
	82416.9	28103.9		82416.9	20892.5
	-48717.7	21497.3		-48717.7	10157.9
	-48717.7	0.0		-48717.7	0.0

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:

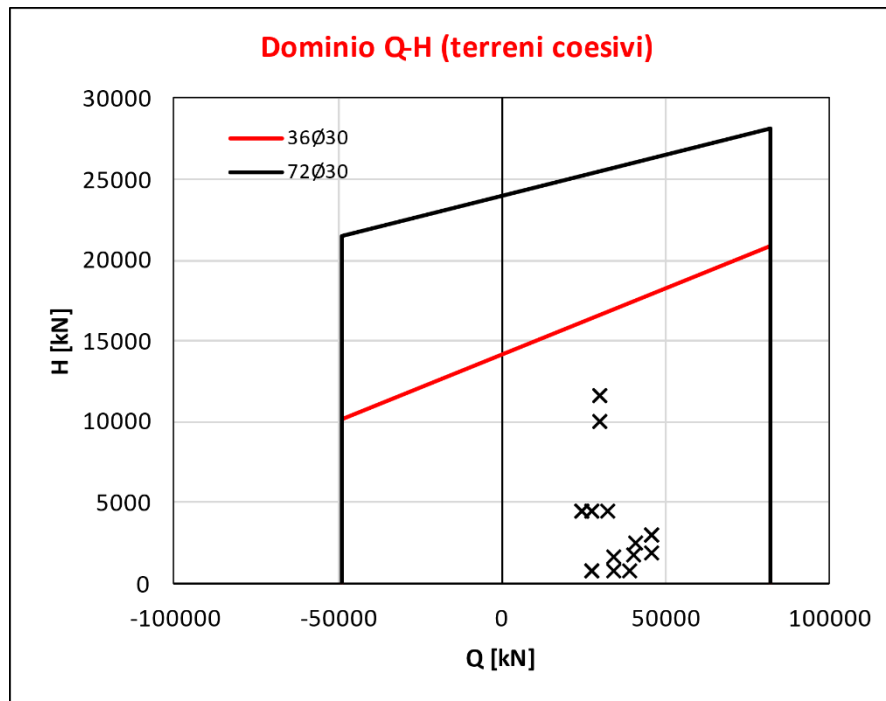
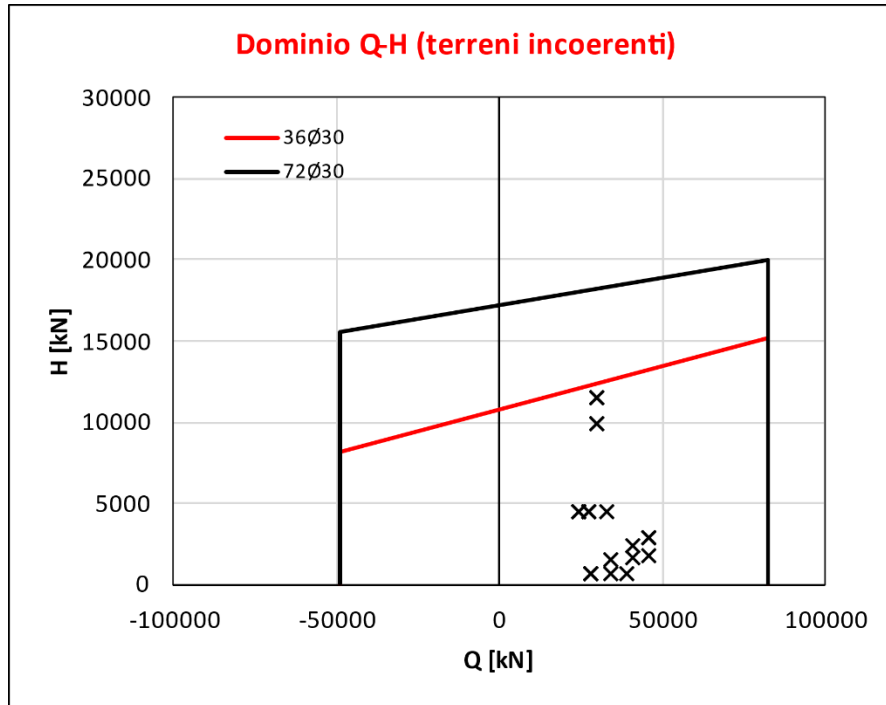


Figura 8-33. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni coesivi

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	89



**Figura 8-34. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni incoerenti.**

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

### **Spalla 1**

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature predisposte in fase di PD (72Ø28+36Ø28) e quelle proposte (72Ø28):

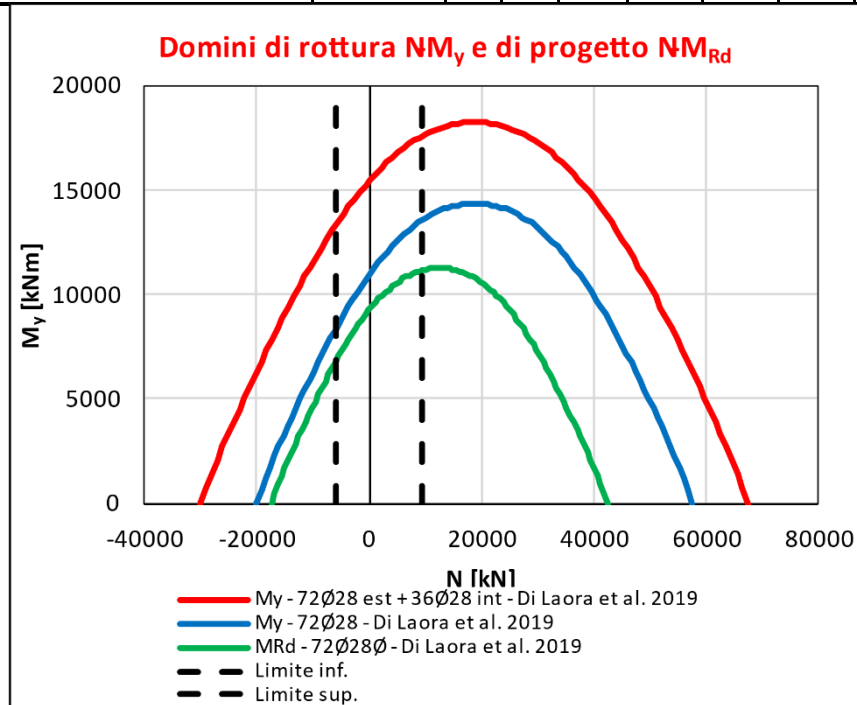


Figura 8-35. Domini della sezione del palo con armature utilizzate in fase di PD e in fase di PE

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ( $H_{\text{singolo palo}}$ ) sia in caso di terreni incoerenti che in caso di terreni coesivi.

Tabella 8-27. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale con la soluzione Italferr e la soluzione proposta.

Casi		$L_p$	$R_d$	$M_{Rd}$	$H_{\text{singolo palo}}$
Armaura	Comportamento	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
72Ø28 est + 36Ø28 int	incoerenti	28.0	9285	17547.14	2891.18
			-5734	13369.75	2411.86
	coesivi		9285	17547.14	3009.01
			-5734	13369.75	2529.11
72Ø28	incoerenti	28.0	9285	13535.22	2431.72
			-5734	8447.99	1775.99
	coesivi		9285	13535.22	2549.34
			-5734	8447.99	1864.41

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:

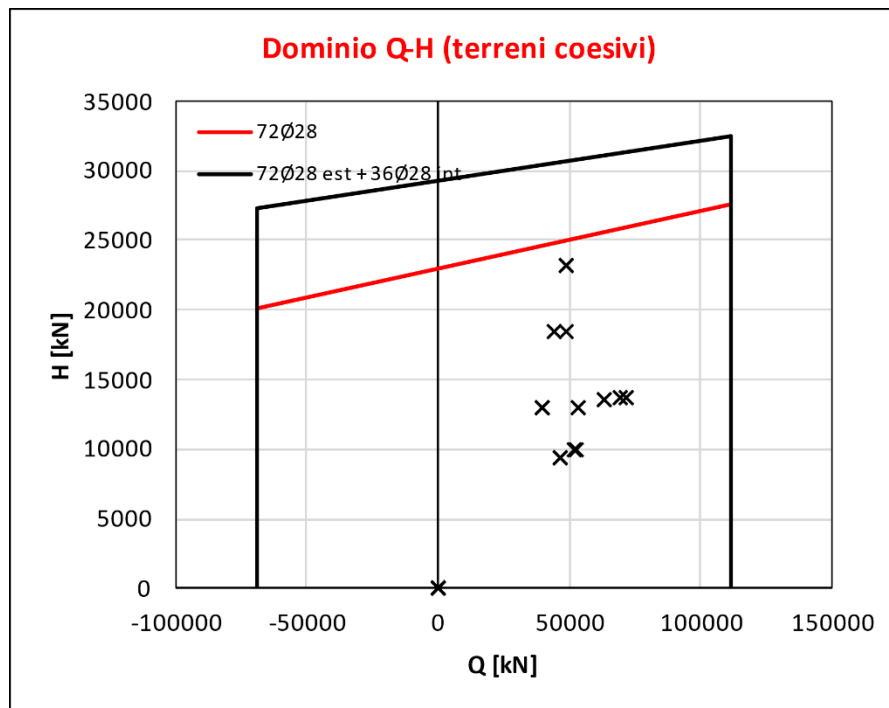
**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	91

**Tabella 8-28. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H**

72Ø28 est + 36Ø28 int			72Ø28		
	$Q_{tot}$ [kN]	$H_{tot}$ [kN]		$Q_{tot}$ [kN]	$H_{tot}$ [kN]
<i>incoerenti</i>	111417.6	0.0	<i>incoerenti</i>	111417.6	0.0
	111417.6	31224.7		111417.6	26262.6
	-68806.0	26048.1		-68806.0	19180.6
	-68806.0	0.0		-68806.0	0.0
<i>coesivi</i>	111417.6	0.0	<i>coesivi</i>	111417.6	0.0
	111417.6	32497.3		111417.6	27532.8
	-68806.0	27314.4		-68806.0	20135.6
	-68806.0	0.0		-68806.0	0.0

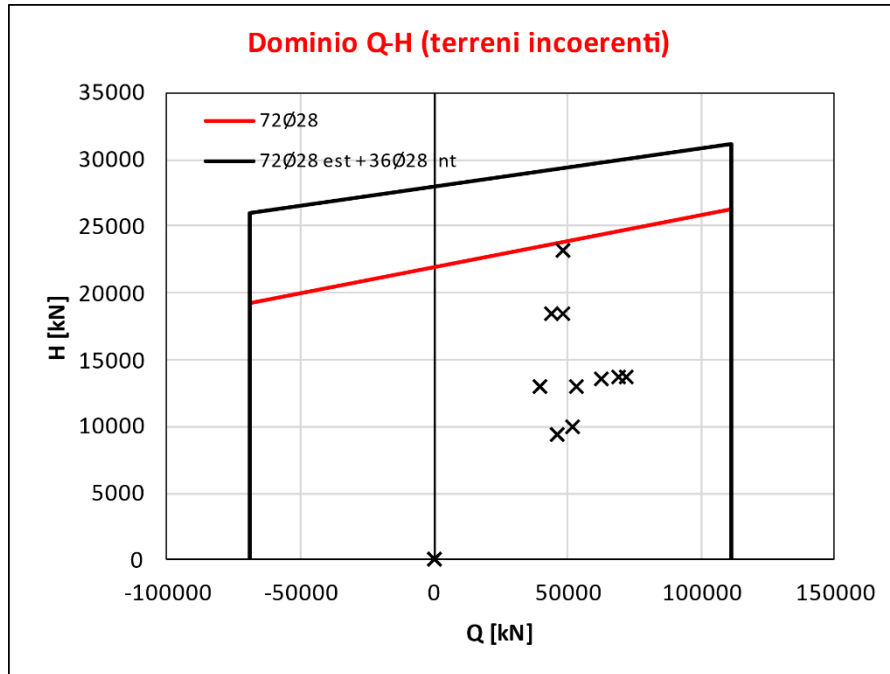
Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:



**Figura 8-36. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni coesivi**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	92



**Figura 8-37. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni incoerenti.**

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

### **Spalla 2**

Si riporta di seguito il dominio N-M della sezione dei pali considerati con l'indicazione delle armature predisposte in fase di PD (72Ø28+36Ø28) e quelle proposte (72Ø28):

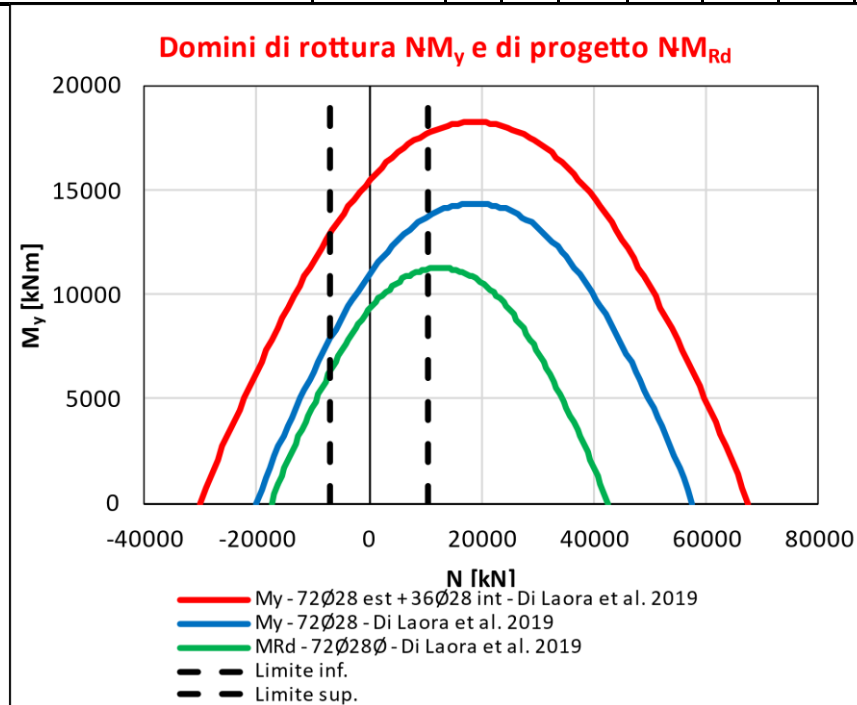


Figura 8-38. Domini della sezione del palo con armature utilizzate in fase di PD e in fase di PE

Dalla seguente tabella è possibile conoscere il valore del momento resistente utilizzato per la determinazione del carico limite orizzontale del terreno ( $H_{\text{singolo palo}}$ ) sia in caso di terreni incoerenti che in caso di terreni coesivi.

Tabella 8-29. Valori del momento resistente con cui è calcolato il carico limite orizzontale con la soluzione Italferr e la soluzione proposta.

Casi		$L_p$	$R_d$	$M_{Rd}$	$H_{\text{singolo palo}}$
Armaura	Comportamento	[m]	[kN]	[kNm]	[kN]
72Ø28 est + 36Ø28 int	incoerenti	30.0	10588	17726.99	2788.70
			-7035	12832.20	2248.26
	coesivi		10588	17726.99	3932.82
			-7035	12832.20	3140.78
72Ø28	incoerenti	30.0	10588	13753.07	2354.57
			-7035	7804.48	1613.89
	coesivi		10588	13753.07	3298.41
			-7035	7804.48	2182.76

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:



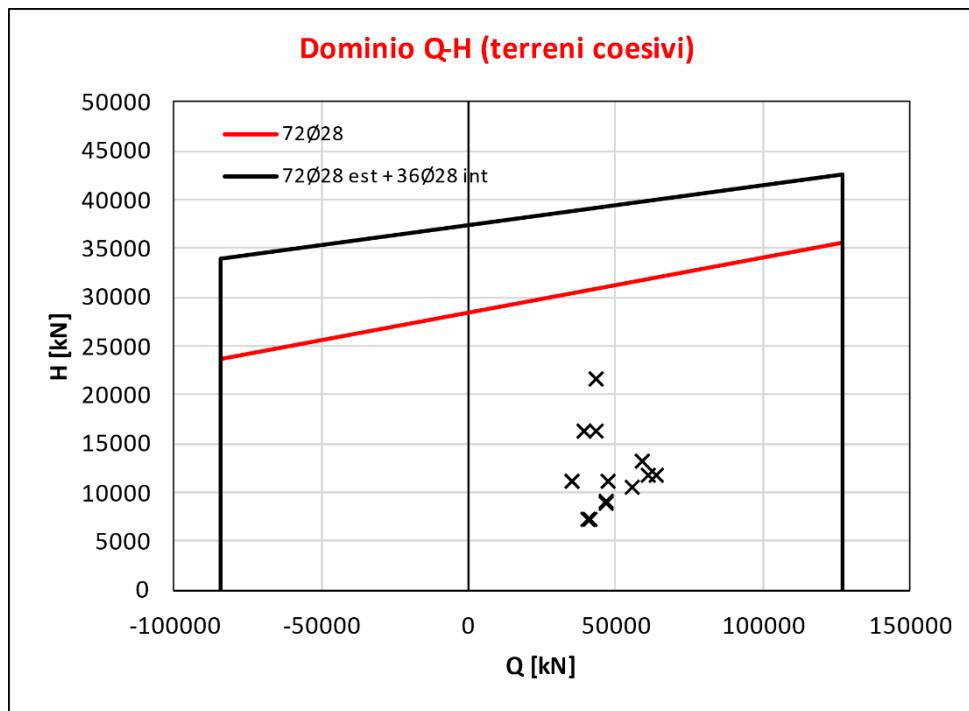
**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	94

**Tabella 8-30. Valori con cui costruire il dominio semplificato Q-H**

72Ø28 est + 36Ø28 int			72Ø28		
	Q <sub>tot</sub> [kN]	H <sub>tot</sub> [kN]		Q <sub>tot</sub> [kN]	H <sub>tot</sub> [kN]
<i>incoerenti</i>	127056.0	0.0	<i>incoerenti</i>	127056.0	0.0
	127056.0	30118.0		127056.0	25429.4
	-84414.7	24281.2		-84414.7	17430.0
	-84414.7	0.0		-84414.7	0.0
<i>coesivi</i>	127056.0	0.0	<i>coesivi</i>	127056.0	0.0
	127056.0	42474.4		127056.0	35622.8
	-84414.7	33920.4		-84414.7	23573.9
	-84414.7	0.0		-84414.7	0.0

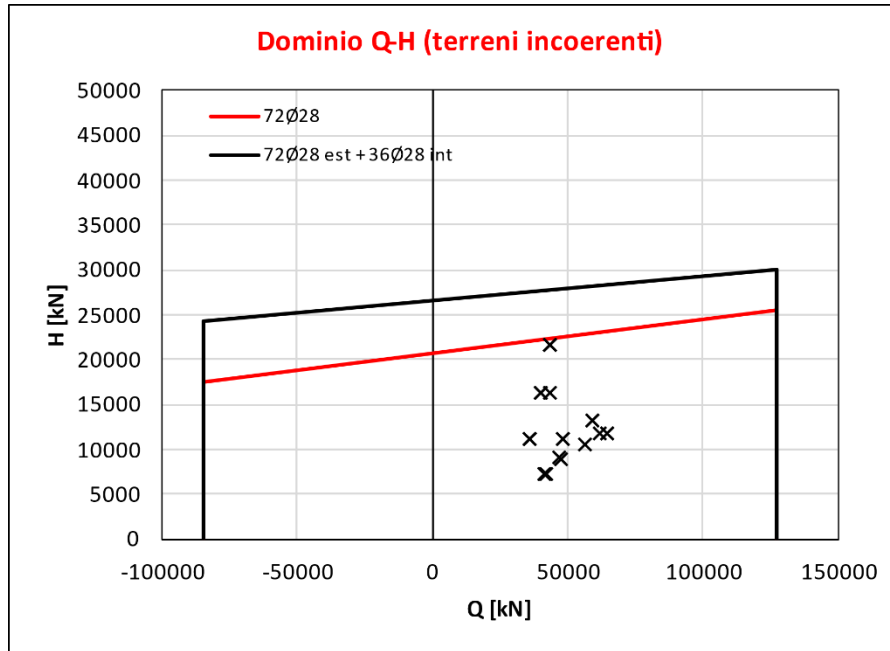
Di seguito sono rappresentati i domini di collasso nel piano Q-H con l'indicazione delle azioni taglianti. Anche in questo caso, come fatto per i domini Q-M, è stato utilizzato il valore del taglio totale agente all'intradosso fondazione calcolato come somma vettoriale:



**Figura 8-39. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni coesivi**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazioni dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	95



**Figura 8-40. Domini di collasso nel piano Q-H per terreni incoerenti.**

Le verifiche sono soddisfatte con le armature predisposte.

<b>MANDATARIA</b>  <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	<b>MANDANTI</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 geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	68

#### 9.4 CALCOLO DELL'ARMATURA

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

Per le diverse tipologie di pile individuate, sono stati valutati 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.

Si rimanda allo specifico elaborato per ulteriori dettagli.

Di seguito viene riportata una tabella riepilogativa dei pali.

**Tabella 8-31 – Calcolo armatura palo**

Pila	Lunghezza pali proposta	Arm. Long. Verifiche Strutturali	Arm. Taglio Verifiche Strutturali
01	20m	36Ø30	Ø12/15cm
02÷03	22m	36Ø30	Ø12/15cm
04÷06	24m	40Ø30	Ø12/15cm
07	28m	58Ø28	Ø12/15cm
08	28m	58Ø28	Ø12/10cm
09	22m	40Ø30	Ø12/15cm
10÷11	24m	36Ø30	Ø12/15cm
12÷15	24m	36Ø30	Ø12/15cm
Spalla 1	28m	72Ø28	Ø12/10cm
Spalla 2	30m	72Ø28	Ø12/10cm

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> <small>INGEGNERIA</small>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>											
<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>69</b>	

## 10 VIADOTTO VI05

Il viadotto VI05 si estende tra le progressive chilometriche 9+661.6 e 9+961.6 ed è costituito da 2 spalle in una zona non soggetta a liquefazione o scalzamento e pertanto non è oggetto della presente relazione. Per il dimensionamento delle fondazioni delle spalle si rimanda quindi alla relazione di calcolo delle spalle medesime.

## 11 VIADOTTO VI06

Il viadotto si estende tra le progressive chilometriche 15+105.4 e 15+910.4 ed è costituito da 2 spalle e 28 pile di cui le pile dalla P16 alla P18 sono costituite da pozzi di fondazione e quindi sono oggetto di relazioni specifiche.

Le restanti pile hanno altezze da 4.5m a 7,38m, mentre i plinti di fondazione poggiano su palificate di 9 pali ciascuna. Le pile oggetto di questo capitolo sono riportate di seguito.

**Tabella 10-1 – Sintesi delle caratteristiche delle pile**

WBS	PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	IMPALCATI							SISMA		FONDAZIONE	
				R <sub>min</sub>	Lato sx	L	App.	Lato dx	L	App.	Zona Sismica	Categoria Sottosuolo	D <sub>pali</sub>	n <sub>pali</sub>
				[m]		[m]			[m]				[m]	[m]
VI06 – Torrente Saccione	P01	R12	6	∞	Travi inc.	20	FISSO	Travi inc.	20	MOBILE	S3	C	1.5	9
	P02	R12	6	∞	Travi inc.	20	FISSO	C.a.p.	25	MOBILE	S3	C	1.5	9
	P03	R11	6.5	∞	C.a.p.	25	FISSO	C.a.p.	25	MOBILE	S3	C	1.5	9
	P04 ÷ P15	R11	6.5	∞	C.a.p.	25	FISSO	C.a.p.	25	MOBILE	S3	C	1.5	9
	P19	R11	6.5	∞	C.a.p.	25	FISSO	C.a.p.	25	MOBILE	S3	C	1.5	9
	P20 ÷ P28	R11	6.5	∞	C.a.p.	25	FISSO	C.a.p.	25	MOBILE	S3	C	1.5	9

Nelle seguenti tabella si sintetizza la stratigrafia ed i principali parametri geotecnici di progetto.

Come riportato nell'apposito documento di verifica del rischio di liquefazione, lo strato di sabbia superficiale, presente a partire dal p.c. fino a 4-6 m circa (unità ga2 e ba2) è potenzialmente liquefacibile.

**Tabella 10-2 – Stratigrafia e parametri geotecnici VI06 - Stratigrafia 1 - da spalla 1 fino al km 15+175**

Da km 15+105.4 al km 15+175										
Unità geotecnica	Profondità (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	N <sub>spt</sub>	φ' (deg.)	c' (kPa)	cu (kPa)	E <sub>0</sub> (MPa)	V <sub>s</sub> (m/s)	Go (Mpa)	k (m/s)
ga2	0÷4	19,5		32	0		200			
ga3	4÷33	19,5	17÷56 (36,5)	24	5	75 per z≤15m 120÷180 (150) per z>15m	200÷500 (350)			
SSR	33÷50	19,5	100	35	0		600÷800 (700)			

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETA' CONSORTILE A.R.L.	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 geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</b>			COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>RH</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>GE 00 05</b>			PROGR <b>007</b>

**Tabella 10-3 – Stratigrafia e parametri geotecnici VI06 - Stratigrafia 2 dal km 15+175 fino alla spalla 2**

Da km 15+175 al km 15+910.4										
Unità geotecnica	Profondità (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Nspt	$\phi'$ deg.	$c'$ (kPa)	cu (kPa)	E0 (MPa)	Vs (m/s)	Go (Mpa)	k (m/s)
ba2	0÷6	19	9÷31 (20)	32	0		150÷200 (175)			
ba3	6÷31	19	4÷30 (17)	25	5	40 per z≤15m 50÷150 (100) per z>15m	70÷400 (235)			
SSR	31÷50	19,5	100	35	0		600÷800 (700)			

### 11.1 SCARICHI DI RIFERIMENTO

Dalla relazione di calcolo del viadotto VI06 si derivano i seguenti carichi ritenuti quelli dimensionanti per l'intera opera. Condizione R11 per le pile standard di altezza 6,5m e condizione R12 per le pile di transizione (impalcato da 25 e 20m) con altezza 6,0m.

**Tabella 10-4 – Scarichi condizione R11 viadotto VI06 (Hpila=6,5m standard)**

R11									
CARICO VERTICALE TESTA PALI	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9
Combinazione	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Permanenti	3397	3526	3654	3387	3515	3643	3376	3505	3633
TA1GR1_1	4268	4597	4926	4569	4898	5227	4869	5198	5527
TA1GR1_2	3882	4397	4912	4021	4536	5051	4160	4675	5190
TA1GR1_3	4781	5083	5385	4300	4602	4904	3819	4121	4423
TA1GR1_4	3822	4151	4480	4126	4455	4784	4431	4760	5089
TA1GR1_5	3436	3951	4466	3578	4094	4609	3721	4236	4751
TA1GR1_6	4335	4637	4939	3858	4159	4461	3380	3682	3984
TA1GR3_1	3963	4240	4517	4615	4892	5169	5267	5544	5821
TA1GR3_2	3757	4223	4688	4068	4534	4999	4380	4845	5311
TA1GR3_3	5198	5448	5697	4364	4614	4864	3531	3781	4031
TA1GR3_4	3517	3794	4071	4173	4449	4726	4828	5105	5382
TA1GR3_5	3311	3777	4242	3626	4091	4557	3941	4406	4872
TA1GR3_6	4752	5001	5251	3922	4172	4422	3092	3342	3592
SLV-EL+0.3ET	4786	5425	6063	2675	3313	3952	563	1202	1840
SLV-0.3EL+ET	2308	3947	5585	1675	3313	4952	1041	2680	4318
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

**Tabella 10-5 – Scarichi condizione R12 viadotto VI06 (Hpila=6,0m transizione)**

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>71</b>

<b>R12</b>									
CARICO VERTICALE TESTA PALI	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9
Combinazione	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Permanenti	3559	3706	3852	3419	3565	3712	3278	3425	3571
TA1GR1_1	5358	5723	6088	4687	5051	5416	4015	4379	4744
TA1GR1_2	4508	5078	5649	4077	4647	5217	3645	4216	4786
TA1GR1_3	5213	5564	5915	4423	4775	5126	3634	3985	4336
TA1GR1_4	4816	5181	5546	4209	4574	4939	3602	3967	4332
TA1GR1_5	3966	4536	5107	3599	4170	4740	3233	3803	4373
TA1GR1_6	4671	5022	5373	3946	4297	4648	3221	3572	3923
TA1GR3_1	5747	6056	6364	4745	5054	5363	3744	4052	4361
TA1GR3_2	4724	5241	5758	4131	4648	5165	3538	4055	4572
TA1GR3_3	5615	5910	6205	4492	4787	5082	3369	3664	3959
TA1GR3_4	5205	5514	5822	4268	4577	4885	3331	3640	3948
TA1GR3_5	4182	4699	5215	3654	4170	4687	3125	3642	4159
TA1GR3_6	5073	5368	5663	4015	4309	4604	2956	3251	3546
SLV-EL+0.3ET	4586	5295	6004	2582	3291	4000	578	1287	1996
SLV-0.3EL+ET	2337	4011	5684	1618	3291	4965	898	2572	4245
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Nelle medesime condizioni sono indicati anche i valori di taglio massimo agente.

**Tabella 10-6 – Valori di taglio massimo agente**

<b>R11</b>			<b>R12</b>		
TAGLI TESTA PALI			TAGLI TESTA PALI		
Combinazione	TL	TT	Combinazione	TL	TT
Permanenti	3	37	Permanenti	4	42
TA1GR1_1	-98	86	TA1GR1_1	134	93
TA1GR1_2	-45	84	TA1GR1_2	69	92
TA1GR1_3	134	86	TA1GR1_3	137	93
TA1GR1_4	-100	86	TA1GR1_4	132	93
TA1GR1_5	-47	84	TA1GR1_5	67	92
TA1GR1_6	132	86	TA1GR1_6	136	93
TA1GR3_1	-213	69	TA1GR3_1	249	77
TA1GR3_2	-102	68	TA1GR3_2	125	76
TA1GR3_3	249	69	TA1GR3_3	252	77
TA1GR3_4	-215	69	TA1GR3_4	247	77
TA1GR3_5	-103	68	TA1GR3_5	124	76
TA1GR3_6	247	69	TA1GR3_6	251	77
SLV-EL+0.3ET	1012	266	SLV-EL+0.3ET	938	264
SLV-0.3EL+ET	304	888	SLV-0.3EL+ET	281	881

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	72

**11.2 VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE**

Nel seguito sono riportati i tabulati delle curve di capacità portante verticale per ciascuna stratigrafia d'interesse e nelle condizioni specifiche del sito in termini di liquefazione e scalzamento.

**1\_ Stratigrafia 1 – Liquefazione/ Scalzamento**

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	0.	5.	-5.	-5.
1.00	0.	0.	11.	-11.	-11.
1.50	6.	0.	16.	-10.	-13.
2.00	52.	165.	21.	196.	81.
2.50	111.	330.	27.	414.	182.
3.00	175.	495.	32.	639.	286.
3.50	246.	660.	37.	869.	393.
4.00	323.	825.	42.	1106.	503.
4.50	406.	990.	48.	1349.	616.
5.00	496.	1156.	53.	1598.	733.
5.50	591.	1321.	58.	1853.	853.
6.00	693.	1486.	64.	2115.	976.
6.50	798.	1503.	69.	2232.	1034.
7.00	904.	1520.	74.	2350.	1093.
7.50	1010.	1537.	80.	2468.	1151.
8.00	1116.	1555.	85.	2586.	1209.
8.50	1222.	1572.	90.	2704.	1268.
9.00	1328.	1589.	95.	2822.	1326.
9.50	1434.	1606.	101.	2940.	1384.
10.00	1540.	1624.	106.	3058.	1443.
10.50	1646.	1641.	111.	3176.	1501.
11.00	1752.	1658.	117.	3294.	1559.
11.50	1858.	1675.	122.	3412.	1618.
12.00	1965.	1692.	127.	3530.	1676.
12.50	2071.	1710.	133.	3649.	1735.
13.00	2184.	1833.	138.	3880.	1845.
13.50	2300.	1956.	143.	4113.	1957.
14.00	2417.	2079.	148.	4348.	2069.
14.50	2535.	2203.	154.	4584.	2182.

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>73</b>

15.00	2656.	2326.	159.	4823.	2296.
15.50	2777.	2449.	164.	5062.	2411.
16.00	2901.	2573.	170.	5304.	2526.
16.50	3026.	2696.	175.	5546.	2643.
17.00	3152.	2819.	180.	5791.	2760.
17.50	3280.	2863.	186.	5957.	2842.
18.00	3410.	2907.	191.	6125.	2925.
18.50	3541.	2950.	196.	6295.	3008.
19.00	3674.	2994.	201.	6466.	3093.
19.50	3808.	3038.	207.	6639.	3178.
20.00	3944.	3081.	212.	6813.	3264.
20.50	4081.	3125.	217.	6989.	3351.
21.00	4220.	3169.	223.	7166.	3439.
21.50	4361.	3213.	228.	7345.	3527.
22.00	4503.	3256.	233.	7526.	3617.
22.50	4647.	3300.	239.	7708.	3707.
23.00	4792.	3344.	244.	7892.	3798.
23.50	4939.	3388.	249.	8077.	3890.
24.00	5087.	3431.	254.	8264.	3983.
24.50	5237.	3475.	260.	8453.	4076.
25.00	5389.	3519.	265.	8643.	4171.
25.50	5542.	3563.	270.	8834.	4266.
26.00	5697.	3606.	276.	9027.	4362.
26.50	5853.	3650.	281.	9222.	4459.
27.00	6011.	3694.	286.	9418.	4556.
27.50	6170.	3738.	292.	9616.	4655.
28.00	6331.	3781.	297.	9816.	4754.
28.50	6494.	3825.	302.	10017.	4854.
29.00	6658.	3869.	307.	10219.	4955.
29.50	6824.	3912.	313.	10423.	5057.
30.00	6991.	3956.	318.	10629.	5160.
30.50	7163.	4000.	323.	10839.	5275.
31.00	7337.	4045.	329.	11051.	5391.
31.50	7513.	4090.	334.	11265.	5508.
32.00	7691.	4135.	339.	11481.	5626.
32.50	7871.	4180.	345.	11699.	5745.
33.00	8053.	4225.	350.	11919.	5865.
33.50	8237.	4270.	355.	12141.	5986.
34.00	8423.	4315.	360.	12365.	6108.
34.50	8611.	4360.	366.	12591.	6231.
35.00	8801.	4405.	371.	12819.	6355.
35.50	9003.	4450.	376.	13049.	6480.
36.00	9207.	4495.	382.	13281.	6606.
36.50	9413.	4540.	387.	13515.	6733.
37.00	9621.	4585.	392.	13751.	6861.
37.50	9831.	4630.	398.	13989.	6990.
38.00	10043.	4675.	403.	14229.	7120.
38.50	10257.	4720.	408.	14471.	7251.
39.00	10473.	4765.	414.	14715.	7383.
39.50	10691.	4810.	419.	14961.	7516.
40.00	10911.	4855.	424.	15209.	7650.
40.50	11133.	4900.	429.	15459.	7785.
41.00	11357.	4945.	435.	15711.	7921.
41.50	11583.	4990.	440.	15965.	8058.
42.00	11811.	5035.	445.	16221.	8196.
42.50	12041.	5080.	451.	16479.	8335.
43.00	12273.	5125.	456.	16739.	8475.
43.50	12507.	5170.	461.	17001.	8616.
44.00	12743.	5215.	467.	17265.	8758.
44.50	12981.	5260.	472.	17531.	8901.



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	74

45.00	17409.	10249.	477.	27182.	13345.
45.50	17763.	10249.	482.	27530.	13525.
46.00	18116.	10249.	488.	27878.	13706.
46.50	18470.	10249.	493.	28226.	13887.
47.00	18823.	10249.	498.	28574.	14067.
47.50	19177.	10249.	504.	28922.	14248.

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Q11 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 $Qd = \text{Portata di progetto} = Q11/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

**2\_ Stratigrafia 2 – Liquefazione**

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	390.	0.	390.	177.
.50	0.	454.	5.	449.	201.
1.00	0.	518.	11.	507.	225.
1.50	0.	582.	16.	566.	249.
2.00	0.	646.	21.	625.	272.
2.50	0.	710.	27.	683.	296.
3.00	0.	774.	32.	742.	320.
3.50	9.	838.	37.	809.	348.
4.00	73.	855.	42.	855.	385.
4.50	148.	872.	48.	973.	427.
5.00	224.	889.	53.	1060.	469.
5.50	299.	907.	58.	1147.	511.
6.00	374.	924.	64.	1235.	553.
6.50	450.	941.	69.	1322.	596.
7.00	525.	958.	74.	1409.	638.
7.50	601.	975.	80.	1497.	680.
8.00	676.	993.	85.	1584.	722.
8.50	751.	1010.	90.	1671.	764.
9.00	827.	1027.	95.	1759.	807.
9.50	902.	1044.	101.	1846.	849.
10.00	978.	1062.	106.	1933.	891.
10.50	1053.	1079.	111.	2021.	933.
11.00	1128.	1096.	117.	2108.	976.
11.50	1204.	1113.	122.	2195.	1018.
12.00	1279.	1131.	127.	2283.	1060.
12.50	1357.	1148.	133.	2372.	1103.
13.00	1436.	1232.	138.	2531.	1178.
13.50	1516.	1317.	143.	2690.	1253.
14.00	1598.	1402.	148.	2851.	1330.
14.50	1684.	1486.	154.	3016.	1408.

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>75</b>

15.00	1775.	1571.	159.	3186.	1489.
15.50	1870.	1655.	164.	3361.	1572.
16.00	1969.	1740.	170.	3539.	1658.
16.50	2073.	1825.	175.	3722.	1745.
17.00	2173.	1909.	180.	3902.	1831.
17.50	2273.	1976.	186.	4063.	1909.
18.00	2375.	2043.	191.	4228.	1988.
18.50	2481.	2110.	196.	4394.	2069.
19.00	2588.	2177.	201.	4564.	2150.
19.50	2699.	2244.	207.	4736.	2234.
20.00	2812.	2311.	212.	4910.	2318.
20.50	2927.	2378.	217.	5088.	2404.
21.00	3045.	2445.	223.	5267.	2491.
21.50	3166.	2512.	228.	5449.	2580.
22.00	3289.	2578.	233.	5634.	2670.
22.50	3415.	2645.	239.	5822.	2761.
23.00	3543.	2712.	244.	6012.	2854.
23.50	3674.	2779.	249.	6204.	2948.
24.00	3808.	2846.	254.	6399.	3043.
24.50	3944.	2913.	260.	6597.	3140.
25.00	4082.	2980.	265.	6797.	3238.
25.50	4224.	3047.	270.	7000.	3338.
26.00	4368.	3114.	276.	7206.	3438.
26.50	4514.	3181.	281.	7414.	3541.
27.00	4663.	3248.	286.	7624.	3644.
27.50	4814.	3315.	292.	7838.	3749.
28.00	4969.	3382.	297.	8053.	3855.
28.50	5148.	3449.	302.	8294.	3975.
29.00	5465.	4050.	307.	9207.	4409.
29.50	5809.	4651.	313.	10148.	4859.
30.00	6160.	5252.	318.	11094.	5311.
30.50	6513.	5854.	323.	12043.	5765.
31.00	6867.	6455.	329.	12993.	6219.
31.50	7220.	7056.	334.	13942.	6673.
32.00	7573.	7657.	339.	14892.	7127.
32.50	7927.	8259.	345.	15841.	7581.
33.00	8280.	8860.	350.	16790.	8035.
33.50	8634.	8986.	355.	17265.	8273.
34.00	8987.	9112.	360.	17739.	8511.
34.50	9341.	9238.	366.	18213.	8749.
35.00	9694.	9364.	371.	18687.	8987.
35.50	10047.	9490.	376.	19161.	9225.
36.00	10401.	9615.	382.	19635.	9463.
36.50	10754.	9741.	387.	20109.	9701.
37.00	11108.	9867.	392.	20583.	9939.
37.50	11461.	9993.	398.	21057.	10177.
38.00	11815.	10119.	403.	21531.	10415.
38.50	12168.	10245.	408.	22005.	10653.
39.00	12521.	10249.	414.	22357.	10836.
39.50	12875.	10249.	419.	22706.	11016.
40.00	13228.	10249.	424.	23054.	11197.
40.50	13582.	10249.	429.	23402.	11378.
41.00	13935.	10249.	435.	23750.	11558.
41.50	14289.	10249.	440.	24098.	11739.
42.00	14642.	10249.	445.	24446.	11920.
42.50	14996.	10249.	451.	24794.	12101.
43.00	15349.	10249.	456.	25142.	12281.
43.50	15702.	10249.	461.	25491.	12462.
44.00	16056.	10249.	467.	25839.	12643.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	76

45.00	16763.	10249.	477.	26535.	13004.
45.50	17116.	10249.	482.	26889.	13185.
46.00	17470.	10249.	488.	27231.	13366.
46.50	17823.	10249.	493.	27579.	13546.
47.00	18176.	10249.	498.	27927.	13727.
47.50	18530.	10249.	504.	28276.	13908.

-----

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

**3\_ Stratigrafia 2 – Scalzamento 5.3m**

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>77</b>

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	0.	5.	-5.	-5.
1.00	0.	0.	11.	-11.	-11.
1.50	0.	0.	16.	-16.	-16.
2.00	0.	0.	21.	-21.	-21.
2.50	0.	0.	27.	-27.	-27.
3.00	0.	0.	32.	-32.	-32.
3.50	0.	0.	37.	-37.	-37.
4.00	0.	0.	42.	-42.	-42.
4.50	0.	0.	48.	-48.	-48.
5.00	0.	0.	53.	-53.	-53.
5.50	38.	58.	58.	38.	-12.
6.00	113.	175.	64.	225.	76.
6.50	188.	292.	69.	412.	163.
7.00	264.	409.	74.	599.	251.
7.50	339.	526.	80.	786.	338.
8.00	415.	643.	85.	973.	426.
8.50	490.	760.	90.	1160.	513.
9.00	565.	877.	95.	1348.	601.
9.50	641.	994.	101.	1535.	689.
10.00	716.	1062.	106.	1672.	754.
10.50	792.	1079.	111.	1759.	796.
11.00	867.	1096.	117.	1847.	838.
11.50	942.	1113.	122.	1934.	880.
12.00	1018.	1131.	127.	2021.	922.
12.50	1096.	1148.	133.	2111.	966.
13.00	1175.	1232.	138.	2269.	1041.
13.50	1254.	1317.	143.	2428.	1116.
14.00	1337.	1402.	148.	2590.	1192.
14.50	1423.	1486.	154.	2755.	1271.
15.00	1513.	1571.	159.	2925.	1351.
15.50	1608.	1655.	164.	3099.	1435.
16.00	1708.	1740.	170.	3278.	1520.
16.50	1811.	1825.	175.	3461.	1608.
17.00	1911.	1909.	180.	3640.	1694.
17.50	2011.	1976.	186.	3802.	1771.
18.00	2114.	2043.	191.	3966.	1850.
18.50	2219.	2110.	196.	4133.	1931.
19.00	2327.	2177.	201.	4302.	2013.
19.50	2437.	2244.	207.	4474.	2096.
20.00	2550.	2311.	212.	4649.	2181.
20.50	2666.	2378.	217.	4826.	2266.
21.00	2784.	2445.	223.	5006.	2354.
21.50	2905.	2512.	228.	5188.	2442.
22.00	3028.	2578.	233.	5373.	2532.
22.50	3154.	2645.	239.	5560.	2624.
23.00	3282.	2712.	244.	5750.	2716.
23.50	3413.	2779.	249.	5943.	2810.
24.00	3546.	2846.	254.	6138.	2906.
24.50	3682.	2913.	260.	6336.	3003.
25.00	3821.	2980.	265.	6536.	3101.
25.50	3962.	3047.	270.	6739.	3200.
26.00	4106.	3114.	276.	6944.	3301.
26.50	4253.	3181.	281.	7152.	3403.
27.00	4402.	3248.	286.	7363.	3507.
27.50	4553.	3315.	292.	7576.	3611.
28.00	4707.	3382.	297.	7792.	3718.
28.50	4866.	3449.	302.	8033.	3837.
29.00	5203.	4050.	307.	8946.	4272.
29.50	5548.	4651.	313.	9886.	4721.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>78</b>

30.00	5898.	5252.	318.	10833.	5174.
30.50	6252.	5854.	323.	11782.	5628.
31.00	6605.	6455.	329.	12732.	6082.
31.50	6959.	7056.	334.	13681.	6536.
32.00	7312.	7657.	339.	14630.	6990.
32.50	7666.	8259.	345.	15580.	7444.
33.00	8019.	8860.	350.	16529.	7898.
33.50	8372.	8986.	355.	17003.	8136.
34.00	8726.	9112.	360.	17477.	8374.
34.50	9079.	9238.	366.	17951.	8612.
35.00	9432.	9364.	371.	18425.	8850.
35.50	9786.	9490.	376.	18899.	9088.
36.00	10140.	9615.	382.	19373.	9326.
36.50	10493.	9741.	387.	19847.	9564.
37.00	10846.	9867.	392.	20321.	9801.
37.50	11200.	9993.	398.	20795.	10039.
-----					
38.00	11553.	10119.	403.	21269.	10277.
38.50	11907.	10245.	408.	21744.	10515.
39.00	12260.	10249.	414.	22096.	10698.
39.50	12614.	10249.	419.	22444.	10879.
40.00	12967.	10249.	424.	22792.	11059.
40.50	13320.	10249.	429.	23140.	11240.
41.00	13674.	10249.	435.	23489.	11421.
41.50	14027.	10249.	440.	23837.	11602.
42.00	14381.	10249.	445.	24185.	11782.
42.50	14734.	10249.	451.	24533.	11963.
43.00	15088.	10249.	456.	24881.	12144.
43.50	15441.	10249.	461.	25229.	12324.
44.00	15794.	10249.	467.	25577.	12505.
44.50	16148.	10249.	472.	25925.	12686.
45.00	16501.	10249.	477.	26274.	12867.
45.50	16855.	10249.	482.	26622.	13047.
46.00	17208.	10249.	488.	26970.	13228.
46.50	17562.	10249.	493.	27318.	13409.
47.00	17915.	10249.	498.	27666.	13589.
47.50	18268.	10249.	504.	28014.	13770.

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.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 geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>RH</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>GE 00 05</b>			PROGR <b>007</b>

In base al confronto tra i carichi applicati ed i tabulati delle curve di capacità portante risultano le lunghezze pali di seguito evidenziate.

**Tabella 10-7 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLU**

PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	FONDAZIONE			L <sub>pali</sub> [m]	Curva di portanza	SFORZI NEI PALI SLU		
			D <sub>pali</sub>	n <sub>pali</sub>	Stratig.			N <sub>min</sub>	Q <sub>d,c</sub>	F.S.
			[m]	[m]				[kN]	[kN]	
P01 ÷ P02	R12	6	1.5	9	1	35	2	-6364	-9364	1.47
P03	R11	6.5	1.5	9	1	35	2	-5490	-9364	1.70
P04 ÷ P15	R11	6.5	1.5	9	2	35	2	-5490	-8987	1.63
P19	R11	6.5	1.5	9	2	34	3	-5490	-8374	1.52
P20 ÷ P28	R11	6.5	1.5	9	2	33	2	-5490	-8035	1.46

**Tabella 10-8 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLU**

PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	FONDAZIONE			L <sub>pali</sub> [m]	Curva di portanza	SFORZI NEI PALI SLV		
			D <sub>pali</sub>	n <sub>pali</sub>	Stratig.			N <sub>min</sub>	Q <sub>d,c</sub>	F.S.
			[m]	[m]				[kN]	[kN]	
P01 ÷ P02	R12	6	1.5	9	1	35	2	-6004	-9364	1.56
P03	R11	6.5	1.5	9	1	35	2	-5495	-9364	1.70
P04 ÷ P15	R11	6.5	1.5	9	2	35	2	-5495	-8987	1.63
P19	R11	6.5	1.5	9	2	34	3	-5495	-8374	1.52
P20 ÷ P28	R11	6.5	1.5	9	2	33	2	-5495	-8035	1.46

### Capacità portante pali di gruppo:

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguita con la seguente relazione:

$$Q_{d, Gruppo} = N \cdot E \cdot Q_{d, \text{ singolo palo}}$$

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo ( $Q_{d, \text{ singolo palo}}$ ) per il numero N di pali del gruppo e per il fattore E di efficienza della palificata. In particolare l'efficienza è valutata con la formulazione empirica di Converse Labarre e risulta pari a 0.73 nel caso specifico.

Nel seguito si riportano le verifiche eseguite per le pile in esame:

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>80</b>

**Tabella 10-9 – Verifica capacità portante pali in gruppo**

PILE	Casi di calcolo	L <sub>pali</sub> [m]	Q <sub>d</sub> (palo sing.) [kN]	PORTANZA PALI DI GRUPPO								
				Diametro	interasse	n. pali x fila	m. n. fila	Φ	E efficienza	N <sub>max,SLU</sub>	Q <sub>d</sub> Gruppo	FS
				[m]	[m]	[-]	[-]	[°]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
P01 ÷ P02	R12	35	9364	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	45486	61259	<b>1.35</b>
P03	R11	35	9364	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	44028	61259	<b>1.39</b>
P04 ÷ P15	R11	35	8987	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	44028	58793	<b>1.33</b>
P19	R11	34	8374	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	44028	54783	<b>1.24</b>
P20 ÷ P28	R11	33	8035	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	44028	52565	<b>1.19</b>

### 11.3 VERIFICA ALLA PRESSIONE LIMITE ORIZZONTALE

Per la verifica del carico limite orizzontale per i pali di fondazione situati nelle zone dove è stata riscontrata la presenza di lenti sabbiose potenzialmente liquefacibili, la teoria di Broms resta applicabile, ma non sono più utilizzabili le soluzioni semplificate, disponibili in forma chiusa e/o con abachi adimensionali. Quindi per questi casi, è stata eseguita una apposita verifica con programma FEM non lineare, considerando nello spessore di terreno liquefacibile una pressione orizzontale limite nulla e negli altri strati di terreno curve P-Y non lineari, definibili lungo il fusto del palo e resistenze variabili. Il palo, in testa è stato vincolato alla rotazione ( $\varphi=0$  rotazione impedita) ed è stato applicato un carico orizzontale (H) via via incrementato, mobilitando man mano la resistenza laterale disponibile fino a raggiungere il momento di prima plasticizzazione della sezione lungo il palo.

Quindi nel seguito sono riportate le verifiche a carico limite orizzontale per le palificate in presenza di scalzamento e/o liquefazione considerando:

- per ogni pila con stessa stratigrafia, stesso spessore di scalzamento/liquefazione è stata presa la fondazione con massimo carico orizzontale.
- in presenza di scalzamento il carico orizzontale massimo per la verifica è quello massimo in condizioni statiche SLU.
- In presenza di liquefazione il carico orizzontale massimo per la verifica è quello massimo tra le condizioni statiche SLU e sismiche SLV.
- In assenza di liquefazione e scalzamento il carico orizzontale massimo per la verifica è quello sismico agli SLV.
- Per le spalle non soggette a fenomeni di scalzamento e/o liquefazione si rimanda alle relazioni strutturali di riferimento.

Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	81

Tabella 10-10 – Condizioni di verifica al carico limite orizzontale

VI06	Fondazione calcolata	Liquefazione (spessore strato liquefacibile lungo il palo)	Scalzamento (spessore scalzato da testa palo)	Hmax SLU, [kN]	Hmax SLV, [kN]
Stratigrafia 1 – Spalla SP1	<b>SP1</b>	NO	1.5m	794.3	-
Stratigrafia 1 – Pile P01÷P03	<b>P3</b>	1.5m	1.5m	252	1012
Stratigrafia 2 – Pile P04÷P15, P20÷P28	<b>P5</b>	3.5m	3.5m	252	1012
Stratigrafia 2 – Pile P19	<b>P19</b>	3.5m	5.3m	252	1012
Stratigrafia 2 – spalla SP2	NO	NO	NO	-	-

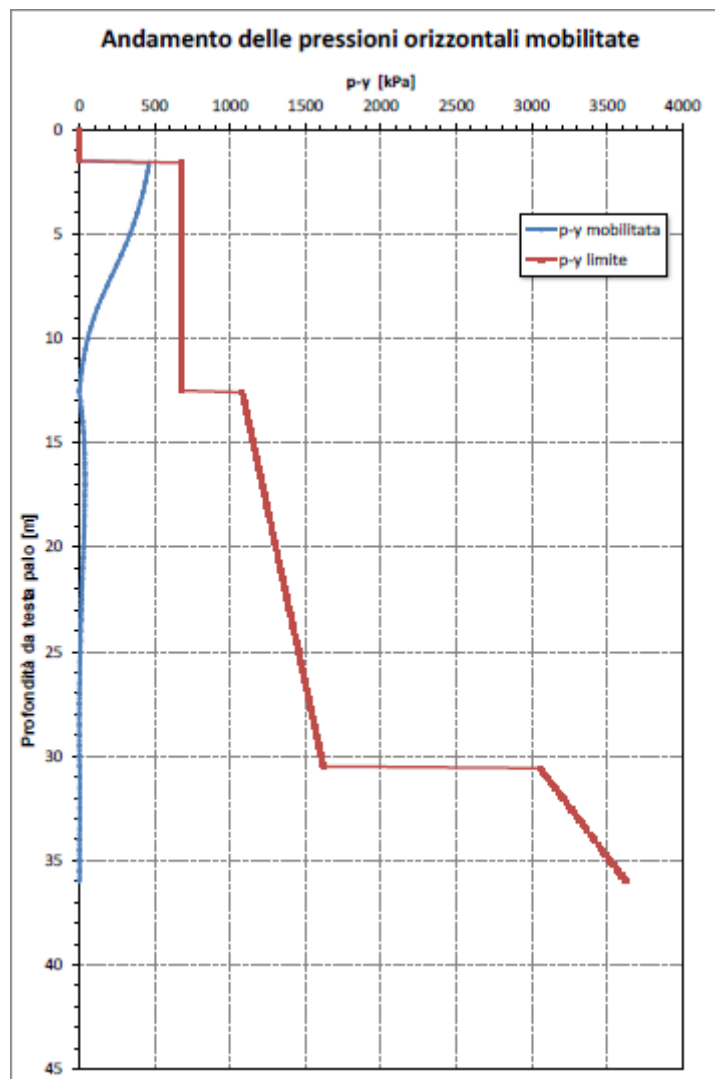


Figura 10-1 Andamento pressioni orizzontali - VI06 – Spalla SP1 con scalzamento



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazioni dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	82

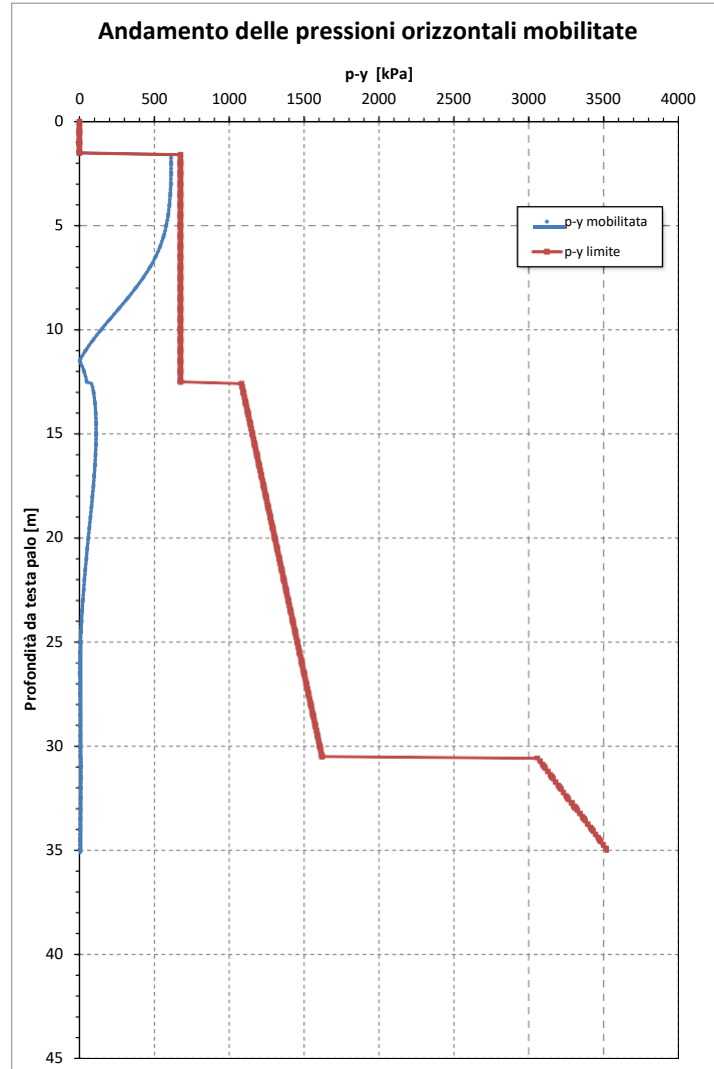


Figura 10-2 – Andamento pressioni orizzontali - VI06 - Pila P3 con liquefazione

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>83</b>

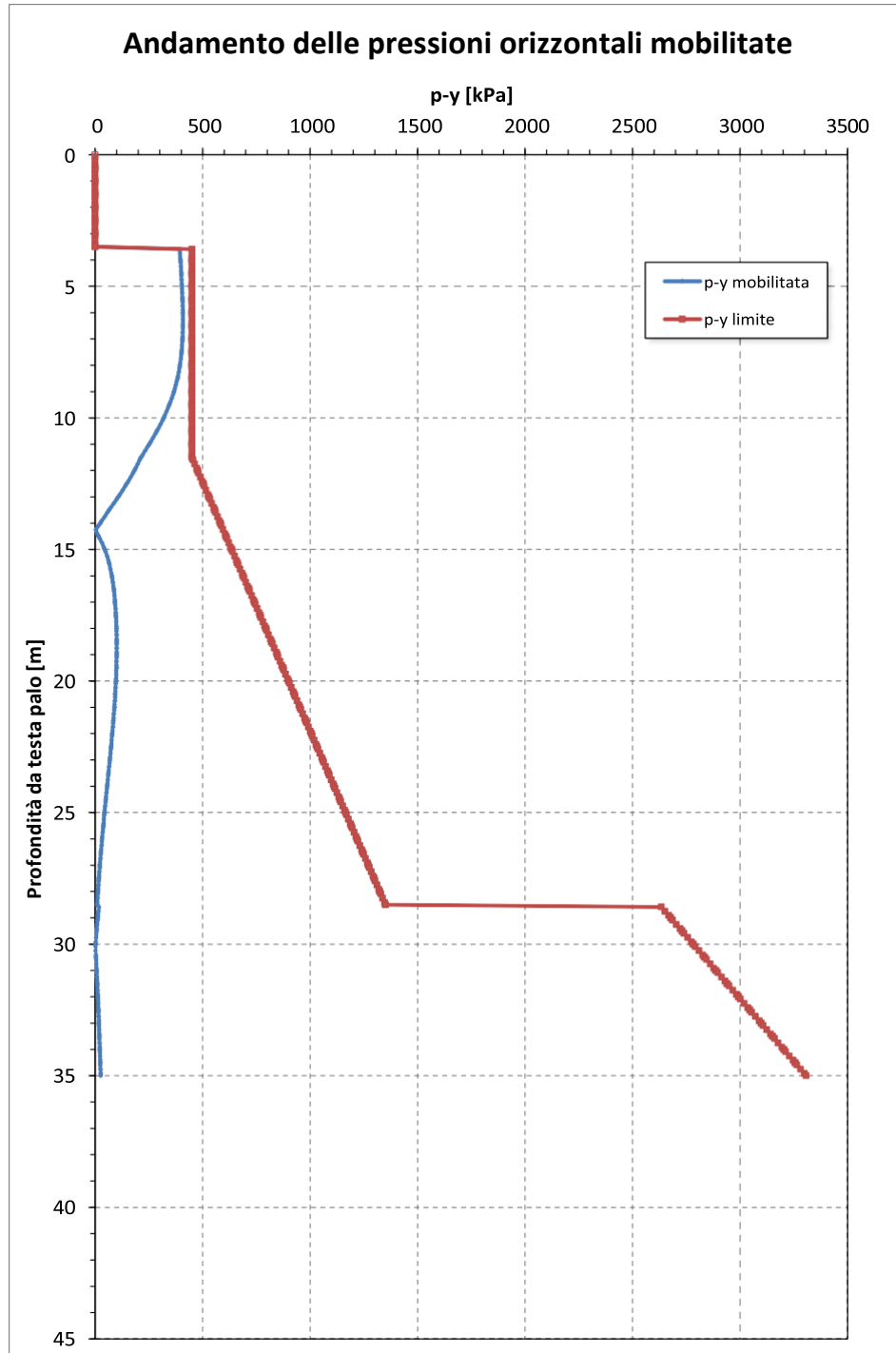


Figura 10-3 – Andamento pressioni orizzontali - VI06 - Pila P5 liquefazione

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>84</b>

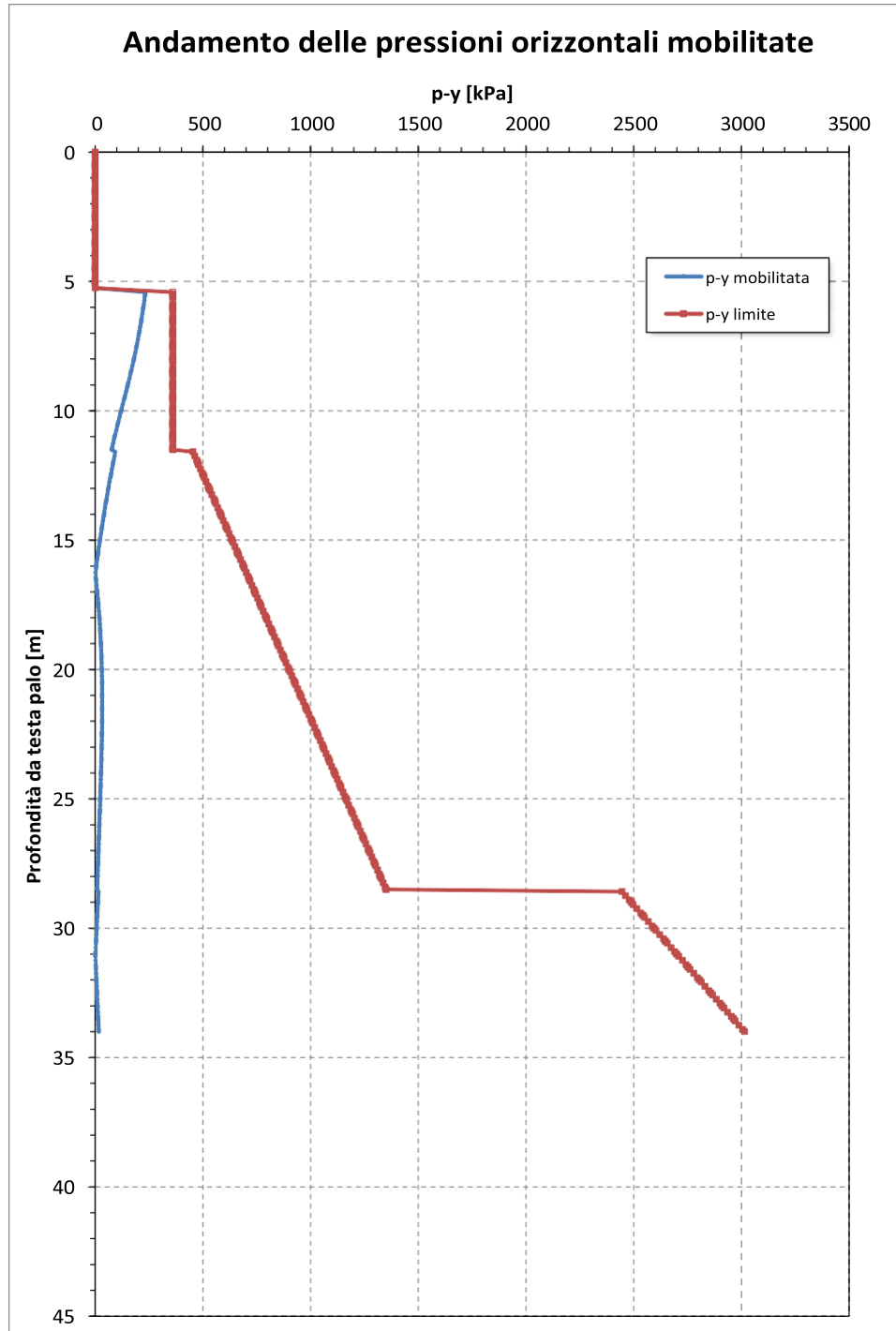


Figura 10-4 – Andamento pressioni orizzontali - VI06 - Pila P19 con scalzamento

La verifica a carico limite orizzontale per i pali non soggetti a liquefazione e scalzamento (assumendo il massimo carico agli SLV) è eseguita secondo la consolidata metodologia di Broms (1964) per terreni incoerenti sotto falda attraverso un apposito foglio di calcolo. Per tutti i pali si configura l'ipotesi di palo lungo. Le verifiche, riportate nelle pagine seguenti, risultano soddisfatte assumendo cautelativamente un angolo d'attrito  $\phi=30^\circ$ . Le armature in

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>85</b>

testa al palo utilizzate per il calcolo del momento resistente ( $M_y$ ) sono riportate al paragrafo delle verifiche strutturali dei pali di fondazione.

### DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	33,00	(m)							
Diametro del palo	d =	1,50	(m)							
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y$ =	8817,46	(kN m)							
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med}$ =	30,00	(°)			$\varphi'_{min}$ =	30,00	(°)		
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d}$ =	30,00	(°)			$\varphi'_{min,d}$ =	30,00	(°)		
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1+\sin\varphi')/(1-\sin\varphi')$ )	$k_{p\ med}$ =	3,00	(-)			$k_{p\ min}$ =	3,00	(-)		
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma$ =	10,00	(kN/m <sup>3</sup> )							
Azione tagliante (V):	G =	1012	(kN)							
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		(kN)							

### Palo corto:

$$H1_{med} = 73507,50 \text{ (kN)} \qquad H1_{min} = 73507,50 \text{ (kN)}$$

### Palo intermedio:

$$H2_{med} = 24769,70 \text{ (kN)} \qquad H2_{min} = 24769,70 \text{ (kN)}$$

### Palo lungo:

$$H3_{med} = 3615,90 \text{ (kN)} \qquad H3_{min} = 3615,90 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 3615,90 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \qquad H_{min} = 3615,90 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 2127,00 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 1636,16 \text{ (kN)}$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 1012 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1,61$$

$$FS \text{ (gruppo)} = 1,29$$

Si fa notare che per tener conto degli effetti di gruppo è stato considerato un coefficiente riduttivo del carico limite pari a 0,8 (coefficiente di gruppo).

<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>86</b>

#### 11.4 CALCOLO DELL'ARMATURA

Si riportano di seguito le verifiche strutturali agli SLU e SLE per il palo più sollecitato.

I pali saranno armati con 36 coppie di  $\phi 28$  longitudinali ( $72\phi 28$ ) e con una spirale  $\phi 16/10$  (2 bracci resistenti). Tale armatura costituisce la prima gabbia di armatura del palo e si estende per 12 metri a partire dalla testa del palo. Le successive gabbie di armatura potranno essere realizzate con un'armatura longitudinale e trasversale pari alla metà di quella verificata.

Il massimo momento flettente per la verifica strutturale dei pali è stato calcolato facendo riferimento a due casi:

1. CASO 1:  $V_{\max\_SLU} \cdot \alpha_{\text{caso peggiore VI02}} \cdot FS = 252 \cdot 6.04 \cdot 2.68 = 4079 \text{ kNm}$
2. CASO 2:  $V_{\max\_SLV} \cdot \alpha_{\text{caso liquefazione}} = 1012 \cdot 3.06 = 3096 \text{ kNm}$

Lo sforzo assiale considerato per la verifica strutturale è il caso peggiore ovvero la massima trazione agente sul singolo palo.

**Tabella 10-11 – Calcolo armatura palo**

PILE	$H_{\text{calcolo}}$	$V_{\max,SLU}$	$V_{\max,SLV}$	Spirale	$V_{Rd}$	$M_{\max}$	$N_{\max}$	Gabbia Principale	$M_{Rd} (N_{\max})$	FS
		[kN]	[kN]		[kN]	[kNm]	[kN]		[kNm]	(-)
P01 ÷ P28	6.5	252	1012	$\phi 16/10 \text{ cm}$	4527.9	4079	-563	2 x 36 $\Phi 28$	8449	2.07

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> <small>INGEGNERIA</small>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>87</b>

## 11 VIADOTTO VI07

Il viadotto si estende tra le progressive chilometriche 17+520.0 e 17+595.0 ed è costituito da 2 spalle e 2 pile da 5,0m di altezza, mentre i plinti di fondazione poggiano su palificate di 9 pali ciascuna e altezza 5m. Le pile oggetto di questo capitolo sono riportate di seguito.

**Tabella 11-1 – Sintesi delle caratteristiche delle pile**

WBS	PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	IMPALCATI							SISMA		FONDAZIONE				
				R <sub>min</sub>	Lato sx	L	App.	Lato dx	L	App.	Zona Sismica	Cat. di Sottosuolo	D <sub>pali</sub>	n <sub>pali</sub>	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam.
				[m]													
<b>VI07</b>	P01 ÷ P02	1	5.0	∞	C.a.p.	25	Fisso	C.a.p.	25	Mobile	S3	B	1.5	9	1	SI	-

Nella seguente tabella si sintetizza la stratigrafia ed i principali parametri geotecnici di progetto.

**Tabella 11-2 – Stratigrafia e parametri geotecnici VI07**

Da km 17+520 al km 17+595										
Unità geotecnica	Profondità (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	N <sub>spt</sub>	φ' (deg.)	c' (kPa)	cu (kPa)	E <sub>0</sub> (MPa)	V <sub>s</sub> (m/s)	Go (Mpa)	k (m/s)
ba2	0÷6,5	19		32	0		200÷300 (250)			
bn2	6,5÷20	19,5	48÷100 (74)	35	0		300÷800 (550)			
bn3	20÷35	19,5	21÷30 (25,5)	26	5	100÷200 (150)	800			
SSR	35÷50	19,5		35	0		600÷800 (700)			

### 11.1 SCARICHI DI RIFERIMENTO

Dalla relazione di calcolo del viadotto VI07 si derivano i seguenti carichi ritenuti quelli dimensionanti per l'intera opera. Condizione R16 per le pile di altezza 5,0m (pila standard).

**Tabella 11-3 – Scarichi condizione R16 viadotto VI06 (Hpila=5,0m standard)**

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	<b>88</b>

R16												
CARICO VERTICALE TESTA PALI	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9	PALO 10	PALO 11	PALO 12
Combinazione	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Permanenti	3104	3249	3395	3100	3245	3391	3096	3241	3386	3092	3237	3382
TA1GR1_1	4346	4688	5030	4168	4510	4852	3990	4332	4674	3812	4154	4496
TA1GR1_2	3680	4229	4777	3585	4133	4681	3489	4037	4585	3393	3941	4489
TA1GR1_3	4214	4544	4875	3958	4289	4620	3702	4033	4364	3446	3777	4108
TA1GR1_4	3960	4302	4643	3783	4125	4467	3607	3948	4290	3430	3772	4114
TA1GR1_5	3294	3842	4391	3200	3748	4296	3105	3653	4202	3011	3559	4107
TA1GR1_6	3827	4158	4489	3573	3904	4235	3319	3650	3980	3064	3395	3726
TA1GR3_1	4622	4917	5211	4297	4592	4886	3972	4267	4561	3648	3942	4236
TA1GR3_2	3835	4338	4842	3668	4171	4674	3500	4003	4506	3332	3836	4339
TA1GR3_3	4499	4782	5066	4095	4378	4662	3691	3974	4258	3287	3571	3854
TA1GR3_4	4236	4530	4825	3912	4207	4501	3589	3883	4178	3266	3560	3854
TA1GR3_5	3449	3952	4455	3283	3786	4289	3116	3620	4123	2950	3454	3957
TA1GR3_6	4112	4396	4680	3710	3993	4277	3307	3591	3875	2905	3189	3472
SLV-EL+0.3ET	3022	3605	4187	2522	3104	3686	2022	2604	3186	1522	2104	2686
SLV-0.3EL+ET	2043	3116	4190	1868	2941	4015	1693	2767	3840	1519	2592	3665
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Nelle medesime condizioni sono indicati anche i valori di taglio massimo agente.

**Tabella 11-4 – Valori di taglio massimo agente**

R16		
TAGLI TESTA PALI		
Combinazione	TL	TT
Permanenti	3	35
TA1GR1_1	123	76
TA1GR1_2	63	74
TA1GR1_3	125	76
TA1GR1_4	122	76
TA1GR1_5	62	74
TA1GR1_6	123	76
TA1GR3_1	231	63
TA1GR3_2	116	62
TA1GR3_3	232	63
TA1GR3_4	230	63
TA1GR3_5	115	62
TA1GR3_6	231	63
SLV-EL+0.3ET	577	158
SLV-0.3EL+ET	191	537

**11.2 VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE**

Nel seguito sono riportati i tabulati delle curve di capacità portante verticale per ciascuna stratigrafia d'interesse e nelle condizioni specifiche del sito in termini di liquefazione e scalzamento.

**1\_ Stratigrafia 1 – Liquefazione/ Scalzamento**

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	89

<b>Ip</b> m	<b>Q11</b> kN	<b>Qb1</b> kN	<b>Wp</b> kN	<b>Qu</b> kN	<b>Qd</b> kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	87.	5.	82.	33.
1.00	0.	175.	11.	164.	65.
1.50	0.	262.	16.	247.	98.
2.00	0.	350.	21.	329.	131.
2.50	0.	437.	27.	411.	164.
3.00	0.	525.	32.	493.	196.
3.50	0.	612.	37.	575.	229.
4.00	0.	700.	42.	657.	262.
4.50	0.	787.	48.	740.	295.
5.00	0.	875.	53.	822.	327.
5.50	0.	962.	58.	904.	360.
6.00	0.	1050.	64.	986.	393.
6.50	8.	1137.	69.	1077.	420.
7.00	70.	1309.	74.	1305.	531.
7.50	146.	1481.	80.	1547.	639.
8.00	227.	1653.	85.	1795.	750.
8.50	314.	1825.	90.	2049.	863.
9.00	406.	1996.	95.	2307.	980.
9.50	504.	2168.	101.	2572.	1099.
10.00	607.	2340.	106.	2841.	1221.
10.50	716.	2512.	111.	3117.	1346.
11.00	830.	2684.	117.	3397.	1474.
11.50	950.	2810.	122.	3638.	1584.
12.00	1075.	2936.	127.	3883.	1698.
12.50	1206.	3062.	133.	4135.	1814.
13.00	1342.	3187.	138.	4391.	1933.
13.50	1483.	3313.	143.	4654.	2054.
14.00	1631.	3439.	148.	4921.	2179.
14.50	1783.	3565.	154.	5195.	2306.
15.00	1941.	3691.	159.	5473.	2436.
15.50	2105.	3817.	164.	5757.	2569.
16.00	2274.	3944.	170.	5838.	2614.
16.50	2448.	3651.	175.	5924.	2662.
17.00	2628.	3568.	180.	6016.	2712.
17.50	2814.	3485.	186.	6113.	2765.
18.00	3005.	3402.	191.	6216.	2821.
18.50	3201.	3318.	196.	6324.	2880.
19.00	3403.	3235.	201.	6437.	2942.
19.50	3611.	3152.	207.	6556.	3006.
20.00	3814.	3069.	212.	6671.	3068.
20.50	3965.	3086.	217.	6834.	3147.
21.00	4106.	3104.	223.	6987.	3222.
21.50	4248.	3121.	228.	7141.	3296.
22.00	4389.	3138.	233.	7294.	3370.
22.50	4531.	3155.	239.	7447.	3445.
23.00	4672.	3172.	244.	7600.	3519.
23.50	4813.	3190.	249.	7754.	3593.
24.00	4955.	3207.	254.	7907.	3668.
24.50	5096.	3224.	260.	8060.	3742.
25.00	5237.	3241.	265.	8214.	3816.
25.50	5379.	3259.	270.	8367.	3891.
26.00	5520.	3276.	276.	8520.	3965.
26.50	5661.	3293.	281.	8674.	4039.
27.00	5803.	3310.	286.	8827.	4114.
27.50	5944.	3328.	292.	8980.	4188.
28.00	6086.	3345.	297.	9134.	4262.



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	90

28.50	6230.	3362.	302.	9289.	4338.
29.00	6376.	3379.	307.	9448.	4415.
29.50	6525.	3396.	313.	9608.	4493.
30.00	6676.	3414.	318.	9772.	4572.
30.50	6830.	3431.	323.	9938.	4653.
31.00	6987.	3448.	329.	10106.	4735.
31.50	7146.	3465.	334.	10277.	4818.
32.00	7307.	3483.	339.	10451.	4903.
32.50	7472.	3500.	345.	10627.	4989.
33.00	7638.	3517.	350.	10806.	5076.
33.50	7808.	3534.	355.	10987.	5165.
34.00	7980.	3552.	360.	11171.	5255.
34.50	8154.	3569.	366.	11357.	5346.
35.00	8333.	3586.	371.	11546.	5438.
35.50	8685.	4283.	376.	12592.	5917.
36.00	9038.	4980.	382.	13637.	6395.
36.50	9392.	5678.	387.	14682.	6873.
37.00	9745.	6375.	392.	15728.	7351.
37.50	10099.	7072.	398.	16773.	7830.
38.00	10452.	7769.	403.	17818.	8308.
38.50	10806.	8466.	408.	18864.	8786.
39.00	11159.	9163.	414.	19909.	9264.
39.50	11512.	9861.	419.	20954.	9742.
40.00	11866.	9987.	424.	21428.	9972.
40.50	12219.	10112.	429.	21902.	10202.
41.00	12573.	10238.	435.	22376.	10431.
41.50	12926.	10249.	440.	22736.	10611.
42.00	13280.	10249.	445.	23084.	10786.
42.50	13633.	10249.	451.	23432.	10961.
43.00	13986.	10249.	456.	23780.	11136.
43.50	14340.	10249.	461.	24128.	11311.
44.00	14693.	10249.	467.	24476.	11486.
44.50	15047.	10249.	472.	24824.	11661.
45.00	15400.	10249.	477.	25173.	11836.
45.50	15754.	10249.	482.	25521.	12011.
46.00	16107.	10249.	488.	25869.	12186.
46.50	16460.	10249.	493.	26217.	12361.
47.00	16814.	10249.	498.	26565.	12536.
47.50	17167.	10249.	504.	26913.	12711.
48.00	17521.	10249.	509.	27261.	12887.
48.50	17874.	10249.	514.	27609.	13062.
49.00	18228.	10249.	520.	27958.	13237.
49.50	18581.	10249.	525.	28306.	13412.
50.00	18934.	10249.	530.	28654.	13587.

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS,l + Q_{b1}/FS,b - W_p$

In base al confronto tra i carichi applicati ed i tabulati delle curve di capacità portante risultano le lunghezze pali di seguito evidenziate.

**Tabella 11-5 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLU**

PILE	Casi di calcolo	Hcalcolo	FONDAZIONE				Lpali	SFORZI NEI PALI SLU		
			Dpali	npali	Stratig.	Liquefaz.		Scalzam.	Nmin	Qd,c

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.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 geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>

			[m]	[m]			[m]	[m]	[kN]	[kN]	
P01 ÷ P02	R16	5	1.5	12	1	SI	-	36	-5211	-6395	1.23

**Tabella 11-6 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLU**

PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	FONDAZIONE					L <sub>pali</sub>	SFORZI NEI PALI SLV		
			D <sub>pali</sub>	n <sub>pali</sub>	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam.		N <sub>min</sub>	Q <sub>d,c</sub>	F.S.
			[m]	[m]							
P01 ÷ P02	R16	5	1.5	12	1	SI	-	36	-4187	-6395.0	1.53

### Capacità portante pali di gruppo:

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguita con la seguente relazione:

$$Q_{d, Gruppo} = N \cdot E \cdot Q_{d, \text{ singolo palo}}$$

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo ( $Q_{d, \text{ singolo palo}}$ ) per il numero N di pali del gruppo e per il fattore E di efficienza della palificata. In particolare l'efficienza è valutata con la formulazione empirica di Converse Labarre e risulta pari a 0.73 nel caso specifico.

Nel seguito si riportano le verifiche eseguite per le pile in esame:

**Tabella 11-7 – Verifica capacità portante pali in gruppo**

PILE	Casi di calcolo	L <sub>pali</sub>	Q <sub>d</sub> (palo sing.)	PORTANZA PALI DI GRUPPO								
				Diametro	interasse	n. pali x fila	m. n. fila	Φ	E efficienza	N <sub>max,SLU</sub>	Q <sub>d Gruppo</sub>	FS
				[m]	[m]	[-]	[-]	[°]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
P01 ÷ P02	1	36	-6395	1.5	4.5	4	3	18.43	0.71	-38987	-54472	1.40

### 11.3 VERIFICA ALLA PRESSIONE LIMITE ORIZZONTALE

Per la verifica del carico limite orizzontale per i pali di fondazione situati nelle zone dove è stata riscontrata la presenza di lenti sabbiose potenzialmente liquefacibili, la teoria di Broms resta applicabile, ma non sono più utilizzabili le soluzioni semplificate, disponibili in forma chiusa e/o con abachi adimensionali. Quindi per questi casi, è stata eseguita una apposita verifica con programma FEM non lineare, considerando nello spessore di terreno liquefacibile una pressione orizzontale limite nulla e negli altri strati di terreno curve P-Y non lineari, definibili lungo il fusto del palo e resistenze variabili. Il palo, in testa è stato vincolato alla rotazione ( $\varphi=0$  rotazione

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> <small>ING. P. P.</small>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	92

impedita) ed è stato applicato un carico orizzontale (H) via via incrementato, mobilitando man mano la resistenza laterale disponibile fino a raggiungere il momento di prima plasticizzazione della sezione lungo il palo.

Quindi nel seguito sono riportate le verifiche a carico limite orizzontale per le palificate in presenza di scalzamento e/o liquefazione considerando:

- per ogni pila con stessa stratigrafia, stesso spessore di scalzamento/liquefazione è stata presa la fondazione con massimo carico orizzontale.
- in presenza di scalzamento il carico orizzontale massimo per la verifica è quello massimo in condizioni statiche SLU.
- In presenza di liquefazione il carico orizzontale massimo per la verifica è quello massimo tra le condizioni statiche SLU e sismiche SLV.
- In assenza di liquefazione e scalzamento il carico orizzontale massimo per la verifica è quello sismico agli SLV.

**Tabella 11-8 – Condizioni di verifica al carico limite orizzontale**

<b>VI07</b>	<b>Fondazione calcolata</b>	<b>Liquefazione</b> (spessore strato liquefacibile lungo il palo)	<b>Scalzamento</b> (spessore scalzato da testa palo)	<b>Hmax SLU, [kN]</b>	<b>Hmax SLV, [kN]</b>
Stratigrafia 1 – spalle e pile	<b>Spalla 1 e P1</b>	3m	NO	232	577

Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	05	007	B	93

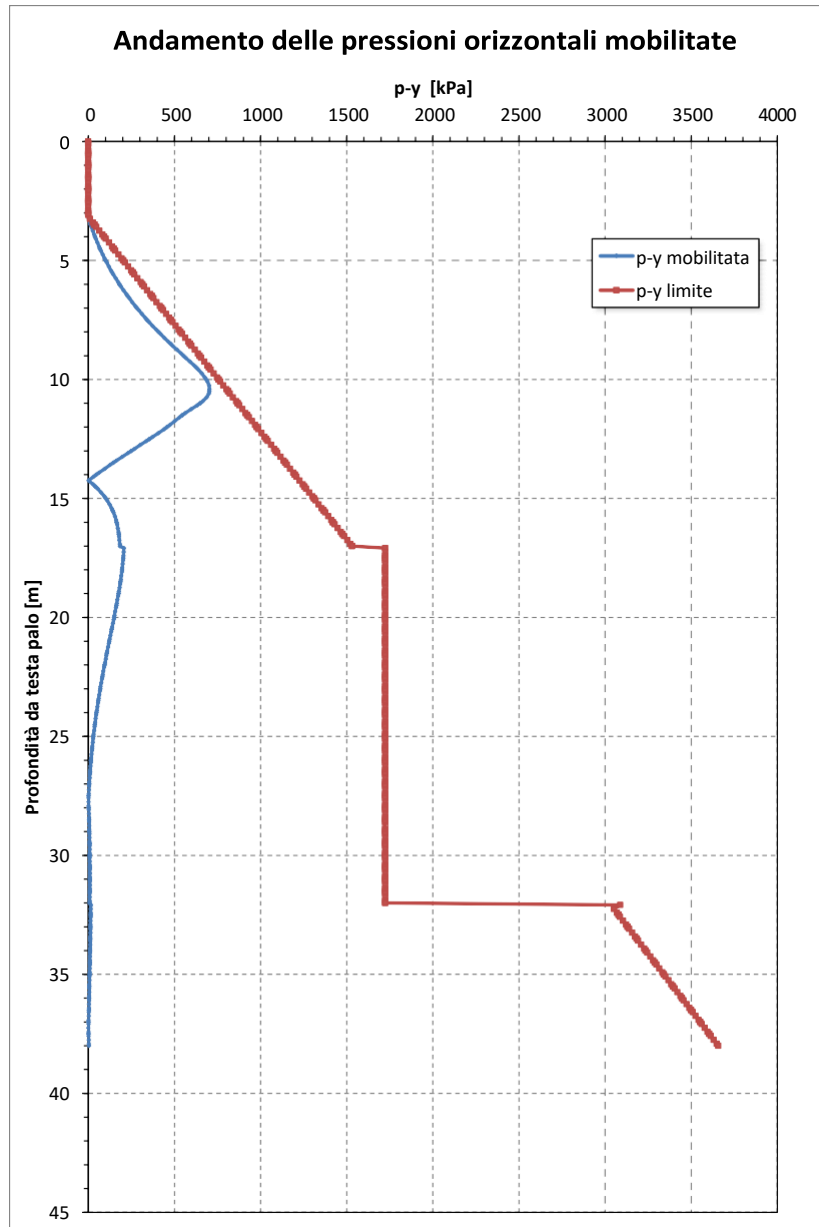


Figura 11-1 – Andamento pressioni orizzontali - VI07 – spalla 1 con liquefazione

#### 11.4 CALCOLO DELL'ARMATURA

Si riportano di seguito le verifiche strutturali agli SLU e SLE per il palo più sollecitato.

I pali saranno armati con 32 coppie di  $\phi 28$  longitudinali ( $72\phi 28$ ) e con una spirale  $\phi 16/20$  (2 bracci resistenti). Tale armatura costituisce la prima gabbia di armatura del palo e si estende per 12 metri a partire dalla testa del palo. Le

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	94

successive gabbie di armatura potranno essere realizzate con un'armatura longitudinale e trasversale pari alla metà di quella verificata.

Il massimo momento flettente per la verifica strutturale dei pali è stato calcolato facendo riferimento agli SLV:

$$1. \text{ CASO 1: } V_{\max, \text{SLV}} \cdot \alpha_{\text{ caso liquefazione}} = 577 \cdot 4.5 = 2597 \text{ kNm}$$

Lo sforzo assiale considerato per la verifica strutturale è il caso peggiore ovvero la massima trazione agente sul singolo palo.

**Tabella 11-9 – Calcolo armatura palo**

PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	V <sub>max,SLV</sub>	Spirale	V <sub>Rd</sub>	M <sub>max</sub>	N <sub>max</sub>	Gabbia Principale	M <sub>Rd</sub> (N <sub>max</sub> )	FS
			[kN]		[kN]	[kNm]	[kN]		[kNm]	(-)
P01 ÷ P02	R16	5	577	φ 16/20 cm	2986	2597	-1519	2 x 32 Φ 28	7927	3.05

## 12 VIADOTTO VI08

Il viadotto VI08 si estende tra le progressive chilometriche 18+066.6 e 18+081.5 ed è costituito da 2 spalle in una zona non soggetta a liquefazione o scalzamento e pertanto non è oggetto della presente relazione. Per il dimensionamento delle fondazioni delle spalle si rimanda quindi alla relazione di calcolo delle spalle medesime.

## 13 VIADOTTO VI09

Il viadotto VI09 si estende tra le progressive chilometriche 18+621.1 e 18+643.1 ed è costituito da 2 spalle in una zona non soggetta a liquefazione o scalzamento e pertanto non è oggetto della presente relazione. Per il dimensionamento delle fondazioni delle spalle si rimanda quindi alla relazione di calcolo delle spalle medesime.

## 14 VIADOTTO VI10

Il viadotto VI10 si estende tra le progressive chilometriche 20+226.6 e 20+251.6 ed è costituito da 2 spalle in una zona non soggetta a liquefazione o scalzamento e pertanto non è oggetto della presente relazione. Per il dimensionamento delle fondazioni delle spalle si rimanda quindi alla relazione di calcolo delle spalle medesime.

## 15 VIADOTTO VI11

Il viadotto VI11 si estende tra le progressive chilometriche 20+580.0 e 20+605.0 ed è costituito da 2 spalle in una zona non soggetta a liquefazione o scalzamento e pertanto non è oggetto della presente relazione. Per il dimensionamento delle fondazioni delle spalle si rimanda quindi alla relazione di calcolo delle spalle medesime.

<b>MANDATARIA</b>  <b>MANDANTI</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 geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	95

## 16 VIADOTTO VI12

Il viadotto si estende tra le progressive chilometriche 21+106.5 e 21+181.5 ed è costituito da 2 spalle e 2 pile da 12,0m di altezza, mentre i plinti di fondazione poggiano su palificate di 9 pali ciascuna. Le pile oggetto di questo capitolo sono riportate di seguito.

**Tabella 16-1 – Sintesi delle caratteristiche delle pile**

WBS	PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	IMPALCATI								SISMA		FONDAZIONE				
				R <sub>min</sub>	Lato sx	L	App.	Lato dx	L	App.	Zona Sismica	Cat. di Sottosuolo	D <sub>pali</sub>	n <sub>pali</sub>	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam.	
				[m]		[m]		[m]				[m]	[m]	[m]				
VI07	P01 ÷ P02	R17	12	∞	C.a.p.	25	Fisso	C.a.p.	25	Mobile	S4	B	1.5	9	1	NO	-	

Nella seguente tabella si sintetizza la stratigrafia ed i principali parametri geotecnici di progetto.

**Tabella 16-2 – Stratigrafia e parametri geotecnici – VI12 - Pile**

Unità geotecnica	Profondità [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	N <sub>spt</sub> [-]	$\phi'$ [°]	c' [kPa]	cu [kPa]	E <sub>o</sub> [MPa]
CGC1g	Da 0.0 a 5.5	19.0	45÷100	39	0	-	200÷600
CGC2	Da 5.5 a 7.5	20.0	58	26	10	120	200÷400
CGC1g	Da 7.5 a 16.5	19.0	45÷100	38	0	-	400÷800
CGC2	Da 16.5 a 18.5	20.0	58	26	10	150	400÷600
SSR	Da 18.5 a 40.0	19.5	-	35	0	-	600÷800

Dove:

$\gamma$  = peso di volume naturale

N<sub>spt</sub> = n. di colpi ogni 30cm da prova SPT

$\phi'$  = angolo di resistenza al taglio

c' = coesione drenata

cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate

E<sub>o</sub> = modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

### 16.1 SCARICHI DI RIFERIMENTO

Dalla relazione di calcolo del viadotto VI12 si derivano i seguenti carichi ritenuti quelli dimensionanti per l'intera opera. Condizione R17 per le pile di altezza 12,0m (pila standard).

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETA' CONSORTILE A.R.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 geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>RH</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>GE 00 05</b>			PROGR <b>007</b>

**Tabella 16-3 – Scarichi condizione R17 viadotto VI12 (Hpila=12,0m standard)**

R17									
CARICO VERTICALE TESTA PALI	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9
Combinazione	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Permanenti	3581	3897	4213	3562	3878	4194	3542	3858	4174
TA1GR1_1	5724	6427	7130	4896	5599	6302	4069	4772	5475
TA1GR1_2	4613	5587	6562	4177	5151	6126	3741	4715	5690
TA1GR1_3	5591	6279	6968	4564	5253	5941	3538	4226	4915
TA1GR1_4	5205	5908	6611	4384	5087	5790	3564	4267	4970
TA1GR1_5	4094	5068	6043	3664	4639	5614	3235	4210	5185
TA1GR1_6	5072	5760	6449	4052	4741	5429	3032	3721	4409
TA1GR3_1	6539	7140	7740	5010	5611	6211	3481	4081	4682
TA1GR3_2	5057	5934	6811	4277	5154	6031	3497	4374	5252
TA1GR3_3	6420	7006	7592	4687	5273	5860	2955	3541	4127
TA1GR3_4	6020	6621	7221	4498	5098	5699	2975	3576	4176
TA1GR3_5	4538	5415	6292	3765	4642	5519	2992	3869	4746
TA1GR3_6	5901	6487	7073	4175	4761	5347	2450	3036	3622
SLV-EL+0.3ET	6594	8435	10276	1746	3587	5428	-3102	-1261	580
SLV-0.3EL+ET	-263	5041	10346	-1718	3587	8892	-3172	2133	7437
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Nelle medesime condizioni sono indicati anche i valori di taglio massimo agente.

**Tabella 16-4 – Valori di taglio massimo agente**

R17		
TAGLI TESTA PALI		
Combinazione	TL	TT
Permanenti	4	53
TA1GR1_1	164	107
TA1GR1_2	84	105
TA1GR1_3	166	107
TA1GR1_4	162	107
TA1GR1_5	83	105
TA1GR1_6	165	107
TA1GR3_1	307	90
TA1GR3_2	155	89
TA1GR3_3	310	90
TA1GR3_4	306	90
TA1GR3_5	153	89
TA1GR3_6	308	90
SLV-EL+0.3ET	1429	413
SLV-0.3EL+ET	429	1378

## 16.2 VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE

Nel seguito sono riportati i tabulati delle curve di capacità portante verticale per ciascuna stratigrafia d'interesse e nelle condizioni specifiche del sito in termini di liquefazione e scalzamento.

### 1\_ Stratigrafia 1 – Liquefazione/ Scalzamento

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	97

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	1739.	0.	1739.	756.
.50	66.	1798.	5.	1859.	810.
1.00	139.	1857.	11.	1985.	868.
1.50	217.	1916.	16.	2118.	928.
2.00	302.	1975.	21.	2256.	992.
2.50	392.	2034.	27.	2400.	1058.
3.00	488.	2093.	32.	2550.	1127.
3.50	589.	2111.	37.	2662.	1181.
4.00	695.	2129.	42.	2781.	1238.
4.50	807.	2146.	48.	2905.	1297.
5.00	921.	2164.	53.	3032.	1358.
5.50	1045.	2533.	58.	3519.	1576.
6.00	1175.	2902.	64.	4014.	1798.
6.50	1311.	3272.	69.	4514.	2023.
7.00	1453.	3641.	74.	5020.	2250.
7.50	1601.	4010.	80.	5532.	2481.
8.00	1755.	4379.	85.	6049.	2715.
8.50	1914.	4749.	90.	6573.	2951.
9.00	2080.	5118.	95.	7102.	3191.
9.50	2251.	5487.	101.	7637.	3433.
10.00	2428.	5204.	106.	7526.	3395.
10.50	2610.	4922.	111.	7421.	3360.
11.00	2799.	4639.	117.	7321.	3328.
11.50	2993.	4356.	122.	7228.	3299.
12.00	3193.	4074.	127.	7140.	3273.
12.50	3399.	3791.	133.	7058.	3250.
13.00	3611.	3508.	138.	6981.	3230.
13.50	3828.	3226.	143.	6911.	3212.
14.00	4041.	2943.	148.	6835.	3193.
14.50	4193.	2961.	154.	7000.	3273.
15.00	4334.	2979.	159.	7154.	3347.
15.50	4475.	2996.	164.	7307.	3422.
16.00	4630.	3014.	170.	7474.	3503.
16.50	4868.	3440.	175.	8133.	3804.
17.00	5126.	3865.	180.	8811.	4115.
17.50	5388.	4291.	186.	9494.	4429.
18.00	5656.	4717.	191.	10182.	4746.
18.50	5930.	5143.	196.	10876.	5065.
19.00	6209.	5568.	201.	11576.	5387.
19.50	6493.	5994.	207.	12281.	5712.
20.00	6783.	6420.	212.	12991.	6040.
20.50	7079.	6845.	217.	13707.	6371.
21.00	7380.	6971.	223.	14129.	6574.
21.50	7686.	7097.	228.	14556.	6779.
22.00	7998.	7223.	233.	14988.	6988.
22.50	8316.	7349.	239.	15426.	7199.
23.00	8639.	7475.	244.	15870.	7414.
23.50	8967.	7601.	249.	16319.	7631.
24.00	9301.	7727.	254.	16773.	7850.
24.50	9640.	7853.	260.	17233.	8073.
25.00	9985.	7979.	265.	17699.	8298.
25.50	10336.	8105.	270.	18170.	8527.
26.00	10689.	8230.	276.	18644.	8756.
26.50	11042.	8356.	281.	19118.	8986.
27.00	11396.	8482.	286.	19592.	9216.
27.50	11749.	8608.	292.	20066.	9446.
28.00	12103.	8734.	297.	20540.	9675.



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	97

28.50	12456.	8860.	302.	21014.	9905.
29.00	12810.	8986.	307.	21488.	10135.
29.50	13163.	9112.	313.	21962.	10365.
30.00	13516.	9238.	318.	22436.	10594.
30.50	13870.	9364.	323.	22910.	10824.
31.00	14223.	9490.	329.	23384.	11054.
31.50	14577.	9615.	334.	23858.	11284.
32.00	14930.	9741.	339.	24332.	11513.
32.50	15284.	9867.	345.	24806.	11743.
33.00	15637.	9993.	350.	25280.	11973.
33.50	15990.	10119.	355.	25754.	12203.
34.00	16344.	10245.	360.	26228.	12433.
34.50	16697.	10249.	366.	26581.	12609.
35.00	17051.	10249.	371.	26929.	12785.
35.50	17404.	10249.	376.	27277.	12960.
36.00	17758.	10249.	382.	27625.	13135.
36.50	18111.	10249.	387.	27973.	13310.
37.00	18464.	10249.	392.	28322.	13485.
37.50	18818.	10249.	398.	28670.	13660.

$L_p$  = Lunghezza utile del palo  
 $Q_{l1}$  = Portata laterale limite  
 $Q_{b1}$  = Portata di base limite  
 $W_p$  = Peso efficace del palo  
 $Q_u$  = Portata totale limite  
 $Q_d$  = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS,1 + Q_{b1}/FS,b - W_p$

In base al confronto tra i carichi applicati ed i tabulati delle curve di capacità portante risultano le lunghezze pali di seguito evidenziate.

**Tabella 16-5 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLU**

PILE	Casi di calcolo	$H_{calcolo}$	FONDAZIONE					$L_{pali}$	SFORZI NEI PALI SLU		
			$D_{pali}$	$n_{pali}$	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam.		$N_{min}$	$Q_{d,c}$	F.S.
			[m]	[m]				[m]			
P01 ÷ P02	R17	12	1.5	12	1	NO	-	32	-7740	-11513	<b>1.49</b>

**Tabella 16-6 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLU**

PILE	Casi di calcolo	$H_{calcolo}$	FONDAZIONE					$L_{pali}$	SFORZI NEI PALI SLV		
			$D_{pali}$	$n_{pali}$	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam.		$N_{min}$	$Q_{d,c}$	F.S.
			[m]	[m]				[m]			
P01 ÷ P02	R17	12	1.5	12	1	NO	-	32	-10346	-11513	<b>1.11</b>

**Capacità portante pali di gruppo:**

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguita con la seguente relazione:

$$Q_{d,Gruppo} = N \cdot E \cdot Q_d, \text{ singolo palo}$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.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 geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	97

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo ( $Q_{d, \text{singolo palo}}$ ) per il numero N di pali del gruppo e per il fattore E di efficienza della palificata. In particolare l'efficienza è valutata con la formulazione empirica di Converse Labarre e risulta pari a 0.73 nel caso specifico.

Nel seguito si riportano le verifiche eseguite per le pile in esame:

**Tabella 16-7 – Verifica capacità portante pali in gruppo**

PILE	Casi di calcolo	$L_{\text{pali}}$ [m]	$Q_d$ (palo sing.) [kN]	PORTANZA PALI DI GRUPPO								
				Diametro	interasse	n. pali x fila	m. n. fila	$\Phi$	E efficienza	$N_{\text{max,SLU}}$	$Q_{d \text{ Gruppo}}$	FS
				[m]	[m]	[-]	[-]	[°]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
P01 ÷ P02	R17	36	-11513	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	-50495	-75318	1.49

### 16.3 VERIFICA ALLA PRESSIONE LIMITE ORIZZONTALE

Per i pali di fondazione da realizzare nei terreni non suscettibili ai fenomeni di liquefazione, le verifiche di capacità portante laterale dei pali di fondazione vengono eseguite secondo la consolidata metodologia di Broms (1964) per terreni incoerenti sotto falda attraverso un apposito foglio di calcolo. Per tutti i pali si configura l'ipotesi di palo lungo. Le verifiche, riportate nelle pagine seguenti, risultano soddisfatte assumendo cautelativamente un angolo d'attrito  $\phi=30^\circ$ . Le armature in testa al palo utilizzate per il calcolo del momento resistente ( $M_y$ ) sono riportate al paragrafo delle verifiche strutturali dei pali di fondazione.

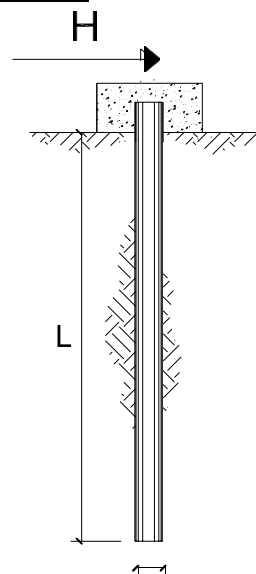
Per ragione di sintesi si riporta la verifica del palo maggiormente sollecitato appartenente alla pila più alta:

#### **CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

##### **TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R	
Metodo di calcolo			permanententi	variabili	$\gamma_{\phi'}$	$\gamma_T$	
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$			
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60	
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30	
	SISMA	●	1.00	1.00	1.00	1.30	
DM88			○	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			○	1.30	1.50	1.25	1.00



n	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.45
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	97

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

Palo intermedio: 
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left[ \frac{L}{d} \right]^2 + \frac{M_y}{k_p d^4}$$

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

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo	L =	32.00	(m)		
Diametro del palo	d =	1.50	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	11465.50	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med} =$	30.00	(°)	$\varphi'_{min} =$	30.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d} =$	30.00	(°)	$\varphi'_{min,d} =$	30.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1 + \sin j') / (1 - \sin j')$ )	$k_{p_{med}} =$	3.00	(-)	$k_{p_{min}} =$	3.00 (-)
Peso di unità di volume (con falda $g = g'$ )	$\gamma =$	10.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
Azione Tagliante (V):	V =	1429	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)		

Palo corto:

**H1<sub>med</sub> =** 92407.50 (kN)                      **H1<sub>min</sub> =** 92407.50 (kN)

Palo intermedio:

**H2<sub>med</sub> =** 31112.38 (kN)                      **H2<sub>min</sub> =** 31112.38 (kN)

Palo lungo:

**H3<sub>med</sub> =** 4307.74 (kN)                      **H3<sub>min</sub> =** 4307.74 (kN)

**H<sub>med</sub> =** 4307.74 (kN)    palo lungo                      **H<sub>min</sub> =** 4307.74 (kN)    palo lungo

**H<sub>k</sub> = Min(H<sub>med</sub>/ξ<sub>3</sub>; R<sub>min</sub>/ξ<sub>4</sub>) =** 2533.97 (kN)

**H<sub>d</sub> = H<sub>k</sub>/γ<sub>T</sub> =** 1949.21 (kN)

**F<sub>d</sub> = G · γ<sub>G</sub> + Q · γ<sub>Q</sub> =** 1429 (kN)

**FS = H<sub>d</sub> / F<sub>d</sub> =** 1.36

**FS (gruppo) =** 1.09

Si fa notare che per tener conto degli effetti di gruppo è stato considerato un coefficiente riduttivo del carico limite

pari a 0,8 (coefficiente di gruppo).



## LINEA PESCARA – BARI

### RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	97

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.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 geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	101

#### 16.4 CALCOLO DELL'ARMATURA

Si riportano di seguito le verifiche strutturali agli SLU e SLE per il palo più sollecitato.

I pali saranno armati con 36 coppie di  $\phi 30$  longitudinali (72 $\phi 30$ ) e con una spirale  $\phi 16/10$  (2 bracci resistenti). Tale armatura costituisce la prima gabbia di armatura del palo e si estende per 12 metri a partire dalla testa del palo. Le successive gabbie di armatura potranno essere realizzate con un'armatura longitudinale e trasversale pari alla metà di quella verificata.

Il massimo momento flettente per la verifica strutturale dei pali è stato calcolato facendo riferimento agli SLV:

$$2. \text{ CASO 1: } V_{\max, \text{SLV}} \cdot \alpha_{\text{caso liquefazione}} = 1429 \cdot 3.31 = 4730 \text{ kNm}$$

Lo sforzo assiale considerato per la verifica strutturale è il caso peggiore ovvero la massima trazione agente sul singolo palo.

**Tabella 16-8 – Calcolo armatura palo**

PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	V <sub>max,SLV</sub>	Spirale	V <sub>Rd</sub>	M <sub>max</sub>	N <sub>max</sub>	Gabbia Principale	M <sub>Rd</sub> (N <sub>max</sub> )	FS
			[kN]		[kN]	[kNm]	[kN]		[kNm]	(-)
P01 ÷ P02	R17	12	1429	$\phi$ 16/10 cm	4486.9	4730	3172	Est: 2 x 36 $\Phi$ 30 Int: 36 $\Phi$ 28	7272	1.54

#### 17 VIADOTTO VI13

Il viadotto VI13 si estende tra le progressive chilometriche 21+573.5 e 21+598.5 ed è costituito da 2 spalle in una zona non soggetta a liquefazione o scalzamento e pertanto non è oggetto della presente relazione. Per il dimensionamento delle fondazioni delle spalle si rimanda quindi alla relazione di calcolo delle spalle medesime.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.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 geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	102

## 18 VIADOTTO VI14

Il viadotto si estende tra le progressive chilometriche 21+901.5 e 22+026.5 ed è costituito da 2 spalle e 4 pile da 8.5m di altezza, mentre i plinti di fondazione poggiano su palificate di 9 pali ciascuna. Le pile oggetto di questo capitolo sono riportate di seguito.

**Tabella 18-1 – Sintesi delle caratteristiche delle pile**

PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	IMPALCATI							SISMA		FONDAZIONE				
			R <sub>min</sub> [m]	Lato sx	L [m]	App.	Lato dx	L [m]	App.	Zona Sismica	Cat. di Sottosuolo	D <sub>pali</sub> [m]	n <sub>pali</sub> [m]	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam. [m]
P01	R18=R19	8.5	2200	C.a.p.	25	Fisso	C.a.p.	25	Mobile	S4	B	1.5	9	1	NO	-
P02 ÷ P04	R18=R19	8.5	2200	C.a.p.	25	Fisso	C.a.p.	25	Mobile	S4	B	1.5	9	1	NO	4,3

Nella seguente tabella si sintetizza la stratigrafia ed i principali parametri geotecnici di progetto.

**Tabella 18-2 – Stratigrafia e parametri geotecnici – VI14**

Da km 21+573.5 al km 21+598.5										
Unità geotecnica	Profondità (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	N <sub>spt</sub>	φ' deg.	c' (kPa)	cu (kPa)	E <sub>0</sub> (MPa)	V <sub>s</sub> m/s	Go Mpa	k m/s
CGC1g	0÷5	19	45÷100 (72,5)	39	0		200÷300 (250)			
CGC2	5÷9,5	20	37	26	10	100÷300 (200)	300÷400 (350)			
CGC1g	9,5÷18	19	45÷100 (72,5)	38	0		400÷800 (600)			
SSR	18÷30	19,5		35	0		600÷800 (700)			

### 18.1 SCARICHI DI RIFERIMENTO

Dalla relazione di calcolo del viadotto VI14 si derivano i seguenti carichi ritenuti quelli dimensionanti per l'intera opera. Condizione R18 per le pile di altezza 8,5m (pila standard).

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	103

**Tabella 18-3 – Scarichi condizione R18 viadotto VI14 (Hpila=8,5m)**

R18=R19									
CARICO VERTICALE TESTA PALI	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9
Combinazione	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Permanenti	3291	3543	3796	3276	3528	3781	3261	3514	3766
TA1GR1_1	4776	5764	6752	4140	5128	6116	3504	4492	5480
TA1GR1_2	4071	5018	5965	3733	4680	5627	3395	4342	5289
TA1GR1_3	4799	5614	6429	3966	4781	5596	3133	3948	4763
TA1GR1_4	4259	5247	6235	3628	4616	5604	2997	3985	4973
TA1GR1_5	3553	4501	5448	3221	4168	5115	2888	3835	4782
TA1GR1_6	4282	5097	5912	3454	4269	5084	2626	3441	4256
TA1GR3_1	5610	6310	7010	4439	5139	5839	3269	3968	4668
TA1GR3_2	4462	5282	6102	3863	4683	5503	3263	4083	4904
TA1GR3_3	5567	6173	6779	4196	4802	5408	2825	3431	4037
TA1GR3_4	5093	5792	6492	3927	4627	5327	2761	3461	4161
TA1GR3_5	3945	4765	5585	3350	4171	4991	2756	3576	4397
TA1GR3_6	5049	5656	6262	3684	4290	4896	2318	2924	3530
SLV-EL+0.3ET	5314	6583	7853	1968	3238	4507	-1377	-108	1161
SLV-0.3EL+ET	940	4241	7543	-64	3238	6539	-1067	2234	5535
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Nelle medesime condizioni sono indicati anche i valori di taglio massimo agente.

**Tabella 18-4 – Valori di taglio massimo agente**

R18		
TAGLI TESTA PALI		
Combinazione	TL	TT
Permanenti	4	50
TA1GR1_1	164	179
TA1GR1_2	84	120
TA1GR1_3	166	150
TA1GR1_4	162	179
TA1GR1_5	83	120
TA1GR1_6	165	150
TA1GR3_1	307	124
TA1GR3_2	155	95
TA1GR3_3	310	110
TA1GR3_4	306	124
TA1GR3_5	153	95
TA1GR3_6	308	110
SLV-EL+0.3ET	1232	316
SLV-0.3EL+ET	370	1055

**18.2 VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE**

Nel seguito sono riportati i tabulati delle curve di capacità portante verticale per ciascuna stratigrafia d'interesse e nelle condizioni specifiche del sito in termini di liquefazione e scalzamento.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	104

**1\_ Stratigrafia – No Scalzamento**

<b>Ip</b> m	<b>Q11</b> kN	<b>Qb1</b> kN	<b>Wp</b> kN	<b>Qu</b> kN	<b>Qd</b> kN
.00	0.	1425.	0.	1425.	620.
.50	70.	1672.	5.	1737.	757.
1.00	152.	1919.	11.	2061.	902.
1.50	247.	2166.	16.	2398.	1052.
2.00	355.	2413.	21.	2747.	1209.
2.50	476.	2661.	27.	3110.	1373.
3.00	606.	2624.	32.	3198.	1418.
3.50	741.	2587.	37.	3291.	1466.
4.00	880.	2605.	42.	3442.	1539.
4.50	1021.	2622.	48.	3596.	1613.
5.00	1162.	2640.	53.	3749.	1688.
5.50	1304.	2658.	58.	3903.	1762.
6.00	1445.	2675.	64.	4057.	1837.
6.50	1590.	2693.	69.	4215.	1913.
7.00	1762.	3182.	74.	4870.	2208.
7.50	1943.	3671.	80.	5535.	2508.
8.00	2131.	4160.	85.	6205.	2811.
8.50	2324.	4648.	90.	6882.	3116.
9.00	2522.	5137.	95.	7564.	3425.
9.50	2727.	5626.	101.	8252.	3737.
10.00	2937.	6115.	106.	8946.	4051.
10.50	3153.	6604.	111.	9646.	4369.
11.00	3375.	7092.	117.	10351.	4689.
11.50	3603.	7275.	122.	10757.	4880.
12.00	3837.	7458.	127.	11168.	5073.
12.50	4076.	7289.	133.	11233.	5116.
13.00	4321.	7120.	138.	11304.	5163.
13.50	4572.	6951.	143.	11380.	5212.
14.00	4829.	6782.	148.	11463.	5264.
14.50	5091.	6613.	154.	11551.	5319.
15.00	5360.	6444.	159.	11645.	5377.
15.50	5634.	6276.	164.	11745.	5439.
16.00	5914.	6107.	170.	11851.	5503.
16.50	6196.	5938.	175.	11959.	5568.
17.00	6461.	6064.	180.	12344.	5753.
17.50	6728.	6189.	186.	12732.	5938.
18.00	7000.	6315.	191.	13125.	6127.
18.50	7278.	6441.	196.	13523.	6318.
19.00	7562.	6567.	201.	13927.	6512.
19.50	7851.	6693.	207.	14337.	6709.
20.00	8145.	6819.	212.	14752.	6908.
20.50	8445.	6945.	217.	15172.	7111.
21.00	8750.	7071.	223.	15598.	7316.
21.50	9061.	7197.	228.	16030.	7524.
22.00	9377.	7323.	233.	16466.	7735.
22.50	9699.	7449.	239.	16909.	7948.
23.00	10026.	7574.	244.	17357.	8165.
23.50	10359.	7700.	249.	17810.	8384.
24.00	10697.	7826.	254.	18269.	8606.
24.50	11041.	7952.	260.	18733.	8831.
25.00	11390.	8078.	265.	19203.	9058.
25.50	11743.	8204.	270.	19677.	9288.
26.00	12097.	8330.	276.	20151.	9518.
26.50	12450.	8456.	281.	20625.	9747.
27.00	12803.	8582.	286.	21099.	9977.
27.50	13157.	8708.	292.	21573.	10207.
28.00	13510.	8834.	297.	22047.	10437.



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	105

28.50	13864.	8959.	302.	22521.	10667.
29.00	14217.	9085.	307.	22995.	10896.
29.50	14571.	9211.	313.	23469.	11126.
30.00	14924.	9337.	318.	23943.	11356.
30.50	15277.	9463.	323.	24417.	11586.
31.00	15631.	9589.	329.	24891.	11815.
31.50	15984.	9715.	334.	25365.	12045.
32.00	16338.	9841.	339.	25839.	12275.
32.50	16691.	9967.	345.	26313.	12505.

$L_p$  = Lunghezza utile del palo  
 $Q_{l1}$  = Portata laterale limite  
 $Q_{b1}$  = Portata di base limite  
 $W_p$  = Peso efficace del palo  
 $Q_u$  = Portata totale limite  
 $Q_d$  = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS,1 + Q_{b1}/FS,b - W_p$

**2\_ Stratigrafia – Scalzamento 4.3m**

$L_p$ m	$Q_{l1}$ kN	$Q_{b1}$ kN	$W_p$ kN	$Q_u$ kN	$Q_d$ kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	0.	5.	-5.	-5.
1.00	0.	0.	11.	-11.	-11.
1.50	0.	0.	16.	-16.	-16.
2.00	0.	0.	21.	-21.	-21.
2.50	0.	0.	27.	-27.	-27.
3.00	0.	0.	32.	-32.	-32.
3.50	0.	0.	37.	-37.	-37.
4.00	0.	0.	42.	-42.	-42.
4.50	71.	154.	48.	177.	55.
5.00	212.	462.	53.	621.	256.
5.50	353.	770.	58.	1065.	457.
6.00	495.	1078.	64.	1509.	657.
6.50	640.	1386.	69.	1957.	860.
7.00	811.	2016.	74.	2753.	1216.
7.50	991.	2647.	80.	3559.	1577.
8.00	1177.	3278.	85.	4370.	1941.
8.50	1369.	3908.	90.	5188.	2308.
9.00	1567.	4539.	95.	6011.	2678.
9.50	1771.	5170.	101.	6840.	3051.
10.00	1980.	5801.	106.	7675.	3426.
10.50	2195.	6431.	111.	8515.	3805.
11.00	2416.	7062.	117.	9362.	4187.
11.50	2643.	7245.	122.	9766.	4377.
12.00	2876.	7428.	127.	10176.	4569.
12.50	3114.	7260.	133.	10242.	4613.
13.00	3358.	7092.	138.	10313.	4659.
13.50	3608.	6924.	143.	10390.	4708.
14.00	3864.	6757.	148.	10472.	4761.
14.50	4126.	6589.	154.	10561.	4816.
15.00	4393.	6421.	159.	10655.	4874.
15.50	4666.	6253.	164.	10755.	4935.
16.00	4945.	6086.	170.	10861.	4999.
16.50	5226.	5918.	175.	10969.	5064.
17.00	5491.	6044.	180.	11354.	5249.
17.50	5757.	6170.	186.	11741.	5434.
18.00	6028.	6295.	191.	12133.	5622.
18.50	6305.	6421.	196.	12530.	5813.
19.00	6588.	6547.	201.	12934.	6006.
19.50	6876.	6673.	207.	13342.	6203.
20.00	7169.	6799.	212.	13756.	6402.
20.50	7468.	6925.	217.	14176.	6604.
21.00	7773.	7051.	223.	14601.	6809.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	106

21.50	8083.	7177.	228.	15031.	7016.
22.00	8398.	7303.	233.	15467.	7227.
22.50	8719.	7429.	239.	15909.	7440.
23.00	9045.	7555.	244.	16356.	7656.
23.50	9377.	7680.	249.	16808.	7874.
24.00	9715.	7806.	254.	17266.	8096.
24.50	10057.	7932.	260.	17730.	8320.
25.00	10406.	8058.	265.	18199.	8548.
25.50	10759.	8184.	270.	18672.	8777.
26.00	11112.	8310.	276.	19146.	9007.
26.50	11465.	8436.	281.	19620.	9237.
27.00	11819.	8562.	286.	20094.	9466.
27.50	12172.	8688.	292.	20568.	9696.
28.00	12526.	8814.	297.	21043.	9926.
-----					
28.50	12879.	8940.	302.	21517.	10156.
29.00	13233.	9065.	307.	21991.	10385.
29.50	13586.	9191.	313.	22465.	10615.
30.00	13939.	9317.	318.	22939.	10845.
30.50	14293.	9443.	323.	23413.	11075.
31.00	14646.	9569.	329.	23887.	11304.
31.50	15000.	9695.	334.	24361.	11534.
32.00	15353.	9821.	339.	24835.	11764.
32.50	15707.	9947.	345.	25309.	11994.

$L_p$  = Lunghezza utile del palo  
 $Q_{11}$  = Portata laterale limite  
 $Q_{b1}$  = Portata di base limite  
 $W_p$  = Peso efficace del palo  
 $Q_u$  = Portata totale limite  
 $Q_d$  = Portata di progetto =  $Q_{11}/FS,1 + Q_{b1}/FS,b - W_p$

In base al confronto tra i carichi applicati ed i tabulati delle curve di capacità portante risultano le lunghezze pali di seguito evidenziate.

**Tabella 18-5 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLU**

PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	FONDAZIONE					L <sub>pali</sub> [m]	Curva di portanza	SFORZI NEI PALI SLU		
			D <sub>pali</sub>	n <sub>pali</sub>	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam.			N <sub>min</sub> [kN]	Q <sub>d,c</sub> [kN]	F.S.
			[m]	[m]								
P01 ÷ P02	R18=R19	8.5	1.5	9	1	NO	-	26	1	-7010	-9518	1.36
P02 ÷ P04	R18=R19	8.5	1.5	9	1	NO	4.3	28	2	-7010	-9926	1.42

**Tabella 18-6 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLU**

PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	FONDAZIONE					L <sub>pali</sub> [m]		SFORZI NEI PALI SLV		
			D <sub>pali</sub>	n <sub>pali</sub>	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam.			N <sub>min</sub> [kN]	Q <sub>d,c</sub> [kN]	F.S.
			[m]	[m]								
P01 ÷ P02	R18=R19	8.5	1.5	9	1	NO	-	26	1	-7853	-9518	1.21
P02 ÷ P04	R18=R19	8.5	1.5	9	1	NO	4.3	28	2	-7853	-9926	1.26

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETA' CONSORTILE A.R.L.	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 geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>RH</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>GE 00 05</b>			PROGR <b>007</b>

### Capacità portante pali di gruppo:

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguita con la seguente relazione:

$$Q_{d, Gruppo} = N \cdot E \cdot Q_{d, \text{ singolo palo}}$$

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo ( $Q_{d, \text{ singolo palo}}$ ) per il numero N di pali del gruppo e per il fattore E di efficienza della palificata. In particolare l'efficienza è valutata con la formulazione empirica di Converse Labarre e risulta pari a 0.73 nel caso specifico.

Nel seguito si riportano le verifiche eseguite per le pile in esame:

**Tabella 18-7 – Verifica capacità portante pali in gruppo**

PILE	Casi di calcolo	L <sub>pali</sub> [m]	Q <sub>d</sub> (palo sing.) [kN]	PORTANZA PALI DI GRUPPO								
				Diametro	interasse	n. pali x fila	m. n. fila	Φ	E efficienza	N <sub>max, SLU</sub>	Q <sub>d Gruppo</sub>	FS
				[m]	[m]	[-]	[-]	[°]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
P01	R18=R19	26	-9518	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	-46252	-62267	<b>1.35</b>
P02 ÷ P04	R18=R19	28	-9926	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	-46252	-64936	<b>1.40</b>

### 18.3 VERIFICA ALLA PRESSIONE LIMITE ORIZZONTALE

Per la verifica del carico limite orizzontale per i pali di fondazione situati nelle zone dove è stata riscontrata la presenza di lenti sabbiose potenzialmente liquefacibili, la teoria di Broms resta applicabile, ma non sono più utilizzabili le soluzioni semplificate, disponibili in forma chiusa e/o con abachi adimensionali. Quindi per questi casi, è stata eseguita una apposita verifica con programma FEM non lineare, considerando nello spessore di terreno liquefacibile una pressione orizzontale limite nulla e negli altri strati di terreno curve P-Y non lineari, definibili lungo il fusto del palo e resistenze variabili. Il palo, in testa è stato vincolato alla rotazione ( $\varphi=0$  rotazione impedita) ed è stato applicato un carico orizzontale (H) via via incrementato, mobilitando man mano la resistenza laterale disponibile fino a raggiungere il momento di prima plasticizzazione della sezione lungo il palo.

Quindi nel seguito sono riportate le verifiche a carico limite orizzontale per le palificate in presenza di scalzamento e/o liquefazione considerando:

- per ogni pila con stessa stratigrafia, stesso spessore di scalzamento/liquefazione è stata presa la fondazione con massimo carico orizzontale.
- in presenza di scalzamento il carico orizzontale massimo per la verifica è quello massimo in condizioni statiche SLU.
- In presenza di liquefazione il carico orizzontale massimo per la verifica è quello massimo tra le condizioni statiche SLU e sismiche SLV.
- In assenza di liquefazione e scalzamento il carico orizzontale massimo per la verifica è quello sismico agli SLV.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	108

- Per le spalle non soggette a fenomeni di scalzamento e/o liquefazione si rimanda alle relazioni strutturali di riferimento.

**Tabella 18-8 Condizioni di verifica al carico limite orizzontale**

VI14	Fondazione calcolata	Liquefazione (spessore strato liquefacibile lungo il palo)	Scalzamento (spessore scalzato da testa palo)	Hmax SLU, [kN]	Hmax, SLV, [kN]
Stratigrafia 1 – Pile P2-P4	<b>P3</b>	NO	4.3m	310	1232

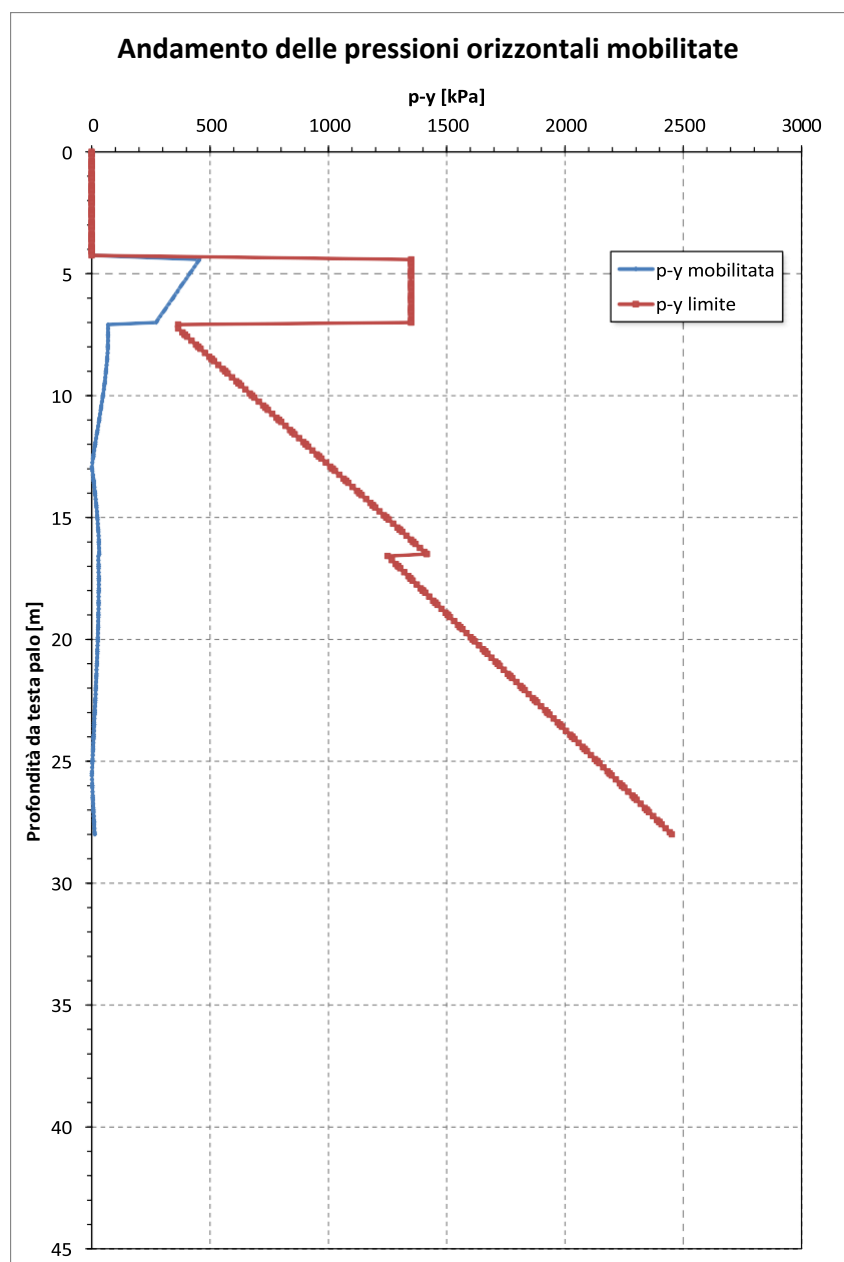


Figura 18-1 – Andamento pressioni orizzontali - VI14 - Pila P3 con scalzamento

<b>MANDATARIA</b>  <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	<b>MANDANTI</b>  <small>ING. P. P.</small>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>RH</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>GE 00 05</b>			PROGR <b>007</b>

#### 18.4 CALCOLO DELL'ARMATURA

Si riportano di seguito le verifiche strutturali agli SLU e SLE per il palo più sollecitato.

I pali saranno armati con 36 coppie di  $\phi 26$  longitudinali (72 $\phi 26$ ) e con una spirale  $\phi 16/10$  (2 bracci resistenti). Tale armatura costituisce la prima gabbia di armatura del palo e si estende per 12 metri a partire dalla testa del palo. Le successive gabbie di armatura potranno essere realizzate con un'armatura longitudinale e trasversale pari alla metà di quella verificata.

Il massimo momento flettente per la verifica strutturale dei pali è stato calcolato facendo riferimento a due casi:

1. CASO 1:  $V_{\max\_SLU} \cdot \alpha_{\text{caso peggiore VI02}} \cdot FS = 310 \cdot 4.97 \cdot 2.76 = 4252 \text{ kNm}$
2. CASO 2:  $V_{\max\_SLV} \cdot \alpha_{\text{caso liquefazione}} = 1232 \cdot 2.89 = 3561 \text{ kNm}$

Lo sforzo assiale considerato per la verifica strutturale è il caso peggiore ovvero la massima trazione agente sul singolo palo

**Tabella 18-9 Calcolo armatura palo**

PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	V <sub>max,SLV</sub>	Spirale	V <sub>Rd</sub>	M <sub>max</sub>	N <sub>max</sub>	Gabbia Principale	M <sub>Rd</sub> (N <sub>max</sub> )	FS
			[kN]		[kN]	[kNm]	[kN]		[kNm]	(-)
P01 ÷ P02	R18	8.5	1232	$\phi$ 16/10 cm	4486.9	4252	1377	2 x 36 $\Phi$ 26	7199	1.69

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> <small>S.P.A.</small>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>												
<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	110		

## 19 VIADOTTO VI15

Il viadotto si estende tra le progressive chilometriche 22+768.8 e 23+253.8 ed è costituito da 2 spalle e 18 pile da 7,5m a 9m di altezza, mentre i plinti di fondazione poggiano su palificate di 9 pali ciascuna. Le pile oggetto di questo capitolo sono riportate di seguito.

**Tabella 19-1 – Sintesi delle caratteristiche delle pile**

WBS	PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	IMPALCATI							SISMA		FONDAZIONE				
				R <sub>min</sub>	Lato sx	L	App.	Lato dx	L	App.	Zona Sismica	Categoria Sottosuolo	D <sub>pali</sub>	n <sub>pali</sub>	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam.
				[m]		[m]		[m]				[m]	[m]	[m]			
VI15 – Palude- Capo d'Acqua	P01 ÷ P02	R20	7.5	2200	C.a.p.	25	MOBILE	C.a.p.	25	FISSO	S4	B	1.5	9	1	NO	-
	P03	R20	7.5	2200	C.a.p.	25	MOBILE	C.a.p.	25	FISSO	S4	B	1.5	9	1	NO	4.5
	P04 ÷ P11	R20	7.5	2200	C.a.p.	25	MOBILE	C.a.p.	25	FISSO	S4	B	1.5	9	1	NO	2.0
	P12	R20	7.5	2200	C.a.p.	25	MOBILE	Acc-cls.	35	FISSO	S4	B	1.5	9	1	NO	-
	P13	R20	7.5	2200	C.a.p.	25	MOBILE	C.a.p.	25	FISSO	S4	B	1.5	9	1	NO	-
	P14 ÷ P16	R20	7.5	2200	C.a.p.	25	MOBILE	C.a.p.	25	FISSO	S4	B	1.5	9	1	NO	-
	P17 ÷ P18	R20	7.5	2200	C.a.p.	25	MOBILE	C.a.p.	25	FISSO	S4	B	1.5	9	2	NO	-

Nelle seguenti tabelle si sintetizza la stratigrafia ed i principali parametri geotecnici di progetto.

**Tabella 19-2 – Stratigrafia e parametri geotecnici – VI15 Stratigrafia 1 da spalla A km22+768.8 al km 23+190 (P16 inclusa)**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	111

Da km 22+768.8 al km 23+190										
Unità geotecnica	Profondità (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Nspt	$\varphi'$ deg.	$c'$ (kPa)	cu (kPa)	E0 (MPa)	Vs m/s	Go Mpa	k m/s
ga2	0÷10	19,5	2÷100 (51)	33	0		100÷300 (200)			
CGC1g	10÷17	19	42÷100 (71)	38	0		350÷800 (575)			
CGC2	17÷19	19,5	59	26	10	120	250÷350 (300)			
SSR	19÷30	19	100	37	0		400÷600 (500)			
SSR3	30÷40	19		24	10	100÷250 (175)	200÷400 (300)			

**Tabella 19-3 – Stratigrafia e parametri geotecnici VI15 - Stratigrafia 2 dal km 23+190 (da P17 )a spalla 2**

Da km 23+190 al km 23+253.8										
Unità geotecnica	Profondità (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Nspt	$\varphi'$ deg.	$c'$ (kPa)	cu (kPa)	E0 (MPa)	Vs m/s	Go Mpa	k m/s
ga2	0÷13	19,5	2÷100 (51)	33	0		100÷300 (200)			
CGC1s	13÷30	19	62÷100 (81)	35	0		350÷800 (575)			
SSR3	30÷40	19		24	10	100÷250 (175)	200÷400 (300)			

**19.1 SCARICHI DI RIFERIMENTO**

Dalla relazione di calcolo del viadotto VI15 si derivano i seguenti carichi ritenuti quelli dimensionanti per l'intera opera. Condizione R20 per le pile di altezza 7,5m (pila di transizione tra impalcati da 35 e 25m).

**Tabella 19-4 – Scarichi condizione R20 viadotto VI15 (Hpila=7,5m transizione)**

R20										
CARICO VERTICALE TESTA PALI	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9	
Combinazione	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Permanenti	3162	3441	3720	3146	3425	3704	3129	3408	3687	
TA1GR1_1	3617	4696	5775	4116	5195	6274	4616	5695	6774	
TA1GR1_2	3963	5020	6076	3637	4693	5749	3310	4366	5423	
TA1GR1_3	3193	4104	5014	3917	4827	5737	4640	5550	6460	
TA1GR1_4	3072	4151	5230	3577	4656	5735	4081	5160	6239	
TA1GR1_5	3419	4476	5532	3097	4153	5210	2775	3831	4888	
TA1GR1_6	2649	3559	4470	3377	4287	5197	4105	5015	5925	
TA1GR3_1	3337	4114	4890	4409	5186	5963	5482	6258	7035	
TA1GR3_2	4358	5286	6215	3763	4692	5621	3169	4097	5026	
TA1GR3_3	2829	3512	4194	4128	4810	5492	5426	6109	6791	
TA1GR3_4	2793	3569	4346	3870	4646	5423	4947	5723	6500	
TA1GR3_5	3814	4742	5671	3224	4152	5081	2634	3563	4491	
TA1GR3_6	2285	2968	3650	3588	4271	4953	4891	5574	6256	
SLV-EL+0.3ET	5261	6500	7740	1956	3195	4435	-1349	-110	1130	
SLV-0.3EL+ET	1117	4188	7259	125	3195	6266	-868	2202	5273	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nelle medesime condizioni sono indicati anche i valori di taglio massimo agente.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.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 geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>RH</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>GE 00 05</b>			PROGR <b>007</b>

**Tabella 19-5 – Valori di taglio massimo agente**

R20		
TAGLI TESTA PALI		
Combinazione	TL	TT
Permanenti	4	57
TA1GR1_1	-144	203
TA1GR1_2	94	135
TA1GR1_3	-140	174
TA1GR1_4	-146	203
TA1GR1_5	92	135
TA1GR1_6	-141	174
TA1GR3_1	-312	142
TA1GR3_2	173	108
TA1GR3_3	-307	128
TA1GR3_4	-313	142
TA1GR3_5	171	108
TA1GR3_6	-309	128
SLV-EL+0.3ET	1290	310
SLV-0.3EL+ET	387	1033

## 19.2 VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE

Nel seguito sono riportati i tabulati delle curve di capacità portante verticale per ciascuna stratigrafia d'interesse e nelle condizioni specifiche del sito in termini di liquefazione e scalzamento.



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	113

**1\_ Stratigrafia 1 – No Scalzamento**

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
0.00	0	0	0	0	0
-0.50	15	655	5	665	306
-1.00	48	764	11	802	369
-1.50	86	873	16	944	435
-2.00	130	982	21	1091	504
-2.50	178	1091	27	1243	575
-3.00	231	1200	32	1400	650
-3.50	290	1309	37	1562	727
-4.00	354	1419	42	1730	807
-4.50	422	1528	48	1902	889
-5.00	496	1637	53	2080	974
-5.50	575	1746	58	2263	1062
-6.00	659	1855	64	2450	1153
-6.50	748	1964	69	2643	1247
-7.00	842	2073	74	2841	1343
-7.50	952	3861	80	4733	2225
-8.00	1077	4044	85	5036	2373
-8.50	1208	4227	90	5345	2523
-9.00	1345	4410	95	5659	2677
-9.50	1488	4593	101	5980	2834
-10.00	1636	4776	106	6306	2994
-10.50	1790	4959	111	6638	3157
-11.00	1951	5142	117	6975	3324
-11.50	2116	5324	122	7319	3493
-12.00	2288	5507	127	7668	3666
-12.50	2466	5690	133	8023	3842
-13.00	2649	5873	138	8384	4021
-13.50	2838	6056	143	8751	4203
-14.00	3033	6239	148	9123	4388
-14.50	3234	6422	154	9502	4577
-15.00	3392	2505	159	5738	2844
-15.50	3505	2523	164	5863	2908
-16.00	3618	2540	170	5988	2973
-16.50	3731	2557	175	6113	3037
-17.00	3901	6415	180	10135	4909
-17.50	4129	6574	186	10517	5102
-18.00	4363	6733	191	10905	5297
-18.50	4603	6892	196	11298	5496
-19.00	4848	7051	201	11697	5697
-19.50	5098	7210	207	12102	5902
-20.00	5355	7369	212	12512	6110
-20.50	5617	7528	217	12927	6320
-21.00	5884	7687	223	13349	6534
-21.50	6157	7846	228	13776	6751
-22.00	6436	8005	233	14208	6971
-22.50	6720	8164	239	14646	7194
-23.00	7010	8323	244	15090	7419
-23.50	7306	8482	249	15539	7648
-24.00	7607	8641	254	15994	7880
-24.50	7914	8800	260	16454	8115

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	114

-25.00	8226	8959	265	16920	8353
-25.50	8544	9118	270	17392	8594
-26.00	8867	9278	276	17869	8839
-26.50	9196	9437	281	18352	9086
-27.00	9531	9596	286	18840	9336
-27.50	9871	9755	292	19334	9589
-28.00	10113	3420	297	13237	6783
-28.50	10256	3472	302	13425	6879
-29.00	10400	3523	307	13616	6976
-29.50	10547	3574	313	13808	7074
-30.00	10695	3626	318	14003	7173
-30.50	10846	3677	323	14199	7273
-31.00	10998	3728	329	14398	7375
-31.50	11153	3779	334	14598	7477
-32.00	11310	3831	339	14801	7581
-32.50	11468	3882	345	15006	7685
-33.00	11629	3933	350	15213	7791
-33.50	11792	3985	355	15421	7898
-34.00	11957	4036	360	15632	8006
-34.50	12124	4087	366	15845	8116
-35.00	12293	4139	371	16060	8226
-35.50	12464	4190	376	16277	8337
-36.00	12637	4241	382	16496	8450
-36.50	12812	4292	387	16718	8563
-37.00	12989	4344	392	16941	8678
-37.50	13168	4395	398	17166	8794
-38.00	13350	4446	403	17393	8911
-38.50	13533	4498	408	17622	9029
-39.00	13718	4549	414	17854	9148
-39.50	13906	4599	419	18086	9268
-40.00	14241	10249	424	24067	12061
-40.50	14727	10249	429	24547	12319
-41.00	15218	10249	435	25033	12581
-41.50	15715	10249	440	25524	12846
-42.00	16217	10249	445	26022	13114
-42.50	16725	10249	451	26524	13384
-43.00	17239	10249	456	27033	13658
-43.50	17758	10249	461	27547	13935
-44.00	18283	10249	467	28066	14215
-44.50	18814	10249	472	28591	14498
-45.00	19349	10249	477	29122	14784
-45.50	19891	10249	482	29658	15073
-46.00	20438	10249	488	30200	15365

-----

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
 LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
 fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	115

**2\_ Stratigrafia 1 – Scalzamento 2.2m**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	116

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
0.00			0		
-0.50			5		
-1.00			11		
-1.50			16		
-2.00	0	0	21	0	0
-2.50	25	1091	27	1090	493
-3.00	79	1200	32	1247	567
-3.50	137	1309	37	1410	644
-4.00	201	1419	42	1577	724
-4.50	270	1528	48	1750	806
-5.00	343	1637	53	1927	891
-5.50	422	1746	58	2110	979
-6.00	506	1855	64	2298	1070
-6.50	595	1964	69	2491	1164
-7.00	689	2073	74	2688	1260
-7.50	799	3861	80	4581	2142
-8.00	924	4044	85	4884	2290
-8.50	1055	4227	90	5192	2440
-9.00	1192	4410	95	5507	2594
-9.50	1335	4593	101	5827	2751
-10.00	1483	4776	106	6153	2911
-10.50	1638	4959	111	6485	3074
-11.00	1798	5142	117	6823	3241
-11.50	1964	5324	122	7166	3410
-12.00	2136	5507	127	7516	3583
-12.50	2313	5690	133	7871	3759
-13.00	2496	5873	138	8232	3938
-13.50	2685	6056	143	8598	4120
-14.00	2880	6239	148	8971	4305
-14.50	3081	6422	154	9349	4494
-15.00	3239	2505	159	5586	2761
-15.50	3352	2523	164	5711	2826
-16.00	3466	2540	170	5836	2890
-16.50	3579	2557	175	5961	2954
-17.00	3748	6415	180	9983	4827
-17.50	3976	6574	186	10365	5019
-18.00	4210	6733	191	10752	5214
-18.50	4450	6892	196	11146	5413
-19.00	4695	7051	201	11545	5615
-19.50	4946	7210	207	11949	5819
-20.00	5202	7369	212	12359	6027
-20.50	5464	7528	217	12775	6237
-21.00	5732	7687	223	13196	6451
-21.50	6005	7846	228	13623	6668
-22.00	6283	8005	233	14055	6888
-22.50	6568	8164	239	14493	7111
-23.00	6858	8323	244	14937	7336
-23.50	7153	8482	249	15386	7565
-24.00	7454	8641	254	15841	7797
-24.50	7761	8800	260	16302	8032
-25.00	8073	8959	265	16768	8270
-25.50	8391	9118	270	17239	8511
-26.00	8715	9278	276	17716	8756
-26.50	9044	9437	281	18199	9003
-27.00	9378	9596	286	18688	9253
-27.50	9718	9755	292	19181	9506

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	117

-28.00	9961	3420	297	13084	6700
-28.50	10103	3472	302	13272	6796
-29.00	10247	3523	307	13463	6893
-29.50	10394	3574	313	13655	6991
-30.00	10542	3626	318	13850	7090
-30.50	10693	3677	323	14046	7190
-31.00	10846	3728	329	14245	7292
-31.50	11000	3779	334	14446	7394
-32.00	11157	3831	339	14648	7498
-32.50	11316	3882	345	14853	7603
-33.00	11477	3933	350	15060	7708
-33.50	11639	3985	355	15269	7815
-34.00	11804	4036	360	15480	7923
-34.50	11971	4087	366	15693	8033
-35.00	12140	4139	371	15908	8143
-35.50	12311	4190	376	16125	8254
-36.00	12484	4241	382	16344	8367
-36.50	12659	4292	387	16565	8480
-37.00	12837	4344	392	16788	8595
-37.50	13016	4395	398	17013	8711
-38.00	13197	4446	403	17241	8828
-38.50	13380	4498	408	17470	8946
-39.00	13566	4549	414	17701	9065
-39.50	13753	4599	419	17933	9185
-40.00	14089	10249	424	23914	11978
-40.50	14574	10249	429	24394	12237
-41.00	15066	10249	435	24880	12498
-41.50	15562	10249	440	25372	12763
-42.00	16065	10249	445	25869	13031
-42.50	16573	10249	451	26372	13301
-43.00	17086	10249	456	26880	13575
-43.50	17606	10249	461	27394	13852
-44.00	18130	10249	467	27913	14132
-44.50	18661	10249	472	28438	14415
-45.00	19197	10249	477	28969	14701
-45.50	19738	10249	482	29505	14990
-46.00	20286	10249	488	30047	15282

-----

$L_p$  = Lunghezza utile del palo  
 $Q_{l1}$  = Portata laterale limite  
 $Q_{b1}$  = Portata di base limite  
 $W_p$  = Peso efficace del palo  
 $Q_u$  = Portata totale limite  
 $Q_d$  = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS,1 + Q_{b1}/FS,b - W_p$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	118

**3\_ Stratigrafia 1 – Scalzamento 4.3m**

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
0.00			0	0	0
-0.50			5	-5	-5
-1.00			11	-11	-11
-1.50			16	-16	-16
-2.00			21	-21	-21
-2.50			27	-27	-27
-3.00			32	-32	-32
-3.50			37	-37	-37
-4.00			42	-42	-42
-4.50	0	0	48	-48	-48
-5.00	38	1637	53	1622	726
-5.50	117	1746	58	1805	814
-6.00	201	1855	64	1992	904
-6.50	290	1964	69	2185	998
-7.00	384	2073	74	2383	1094
-7.50	494	3861	80	4275	1976
-8.00	619	4044	85	4578	2124
-8.50	750	4227	90	4887	2274
-9.00	887	4410	95	5201	2428
-9.50	1030	4593	101	5522	2585
-10.00	1178	4776	106	5848	2745
-10.50	1333	4959	111	6180	2909
-11.00	1493	5142	117	6518	3075
-11.50	1659	5324	122	6861	3244
-12.00	1830	5507	127	7210	3417
-12.50	2008	5690	133	7565	3593
-13.00	2191	5873	138	7926	3772
-13.50	2380	6056	143	8293	3954
-14.00	2575	6239	148	8666	4139
-14.50	2776	6422	154	9044	4328
-15.00	2934	2505	159	5280	2595
-15.50	3047	2523	164	5405	2660
-16.00	3160	2540	170	5531	2724
-16.50	3273	2557	175	5656	2788
-17.00	3443	6415	180	9677	4661
-17.50	3671	6574	186	10059	4853
-18.00	3905	6733	191	10447	5049
-18.50	4145	6892	196	10840	5247
-19.00	4390	7051	201	11239	5449
-19.50	4641	7210	207	11644	5653
-20.00	4897	7369	212	12054	5861
-20.50	5159	7528	217	12470	6072
-21.00	5426	7687	223	12891	6285
-21.50	5699	7846	228	13318	6502
-22.00	5978	8005	233	13750	6722
-22.50	6263	8164	239	14188	6945
-23.00	6552	8323	244	14632	7171
-23.50	6848	8482	249	15081	7400
-24.00	7149	8641	254	15536	7631
-24.50	7456	8800	260	15996	7866
-25.00	7768	8959	265	16462	8105
-25.50	8086	9118	270	16934	8346
-26.00	8409	9278	276	17411	8590
-26.50	8738	9437	281	17894	8837

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>A</b>	119

-27.00	9073	9596	286	18382	9087
-27.50	9413	9755	292	18876	9340
-28.00	9655	3420	297	12779	6534
-28.50	9798	3472	302	12967	6630
-29.00	9942	3523	307	13158	6727
-29.50	10089	3574	313	13350	6825
-30.00	10237	3626	318	13545	6924
-30.50	10388	3677	323	13741	7024
-31.00	10540	3728	329	13940	7126
-31.50	10695	3779	334	14140	7228
-32.00	10852	3831	339	14343	7332
-32.50	11011	3882	345	14548	7437
-33.00	11171	3933	350	14755	7542
-33.50	11334	3985	355	14964	7649
-34.00	11499	4036	360	15174	7757
-34.50	11666	4087	366	15387	7867
-35.00	11835	4139	371	15602	7977
-35.50	12006	4190	376	15819	8088
-36.00	12179	4241	382	16039	8201
-36.50	12354	4292	387	16260	8314
-37.00	12531	4344	392	16483	8429
-37.50	12711	4395	398	16708	8545
-38.00	12892	4446	403	16935	8662
-38.50	13075	4498	408	17165	8780
-39.00	13260	4549	414	17396	8899
-39.50	13448	4599	419	17628	9019
-40.00	13783	10249	424	23609	11812
-40.50	14269	10249	429	24089	12071
-41.00	14760	10249	435	24575	12332
-41.50	15257	10249	440	25067	12597
-42.00	15760	10249	445	25564	12865
-42.50	16268	10249	451	26066	13136
-43.00	16781	10249	456	26575	13409
-43.50	17300	10249	461	27089	13686
-44.00	17825	10249	467	27608	13966
-44.50	18356	10249	472	28133	14249
-45.00	18892	10249	477	28664	14535
-45.50	19433	10249	482	29200	14824
-46.00	19980	10249	488	29742	15116

Lp = Lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	120

**4\_ Stratigrafia 2 – No Scalzamento**

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	3.	109.	5.	106.	47.
1.00	10.	218.	11.	218.	96.
1.50	23.	327.	16.	334.	148.
2.00	41.	436.	21.	456.	203.
2.50	64.	546.	27.	583.	261.
3.00	92.	655.	32.	714.	321.
3.50	125.	764.	37.	851.	384.
4.00	163.	873.	42.	993.	450.
4.50	206.	982.	48.	1140.	519.
5.00	254.	1091.	53.	1293.	590.
5.50	308.	1200.	58.	1450.	665.
6.00	366.	1309.	64.	1612.	742.
6.50	430.	1419.	69.	1780.	821.
7.00	499.	1528.	74.	1952.	904.
7.50	572.	1637.	80.	2130.	989.
8.00	651.	1746.	85.	2312.	1077.
8.50	735.	1855.	90.	2500.	1168.
9.00	824.	1964.	95.	2693.	1262.
9.50	918.	2073.	101.	2891.	1358.
10.00	1018.	2182.	106.	3094.	1457.
10.50	1123.	2292.	111.	3303.	1560.
11.00	1240.	2450.	117.	3573.	1691.
11.50	1363.	2608.	122.	3849.	1826.
12.00	1491.	2767.	127.	4130.	1964.
12.50	1624.	2925.	133.	4417.	2105.
13.00	1763.	3084.	138.	4709.	2248.
13.50	1907.	3242.	143.	5006.	2394.
14.00	2056.	3401.	148.	5308.	2543.
14.50	2210.	3559.	154.	5615.	2695.
15.00	2369.	3718.	159.	5928.	2850.
15.50	2534.	3837.	164.	6206.	2989.
16.00	2703.	3956.	170.	6490.	3131.
16.50	2878.	4075.	175.	6779.	3276.
17.00	3059.	4195.	180.	7073.	3424.
17.50	3244.	4314.	186.	7372.	3575.
18.00	3434.	4433.	191.	7677.	3728.
18.50	3630.	4553.	196.	7987.	3884.
19.00	3831.	4672.	201.	8302.	4044.
19.50	4037.	4791.	207.	8622.	4206.
20.00	4249.	4910.	212.	8947.	4370.
20.50	4465.	5030.	217.	9278.	4538.
21.00	4687.	5149.	223.	9613.	4708.
21.50	4914.	5268.	228.	9954.	4882.
22.00	5146.	5388.	233.	10300.	5058.
22.50	5383.	5507.	239.	10652.	5237.
23.00	5626.	5626.	244.	11008.	5418.
23.50	5874.	5370.	249.	10994.	5429.
24.00	6126.	5113.	254.	10985.	5442.
24.50	6385.	4857.	260.	10982.	5459.
25.00	6648.	4600.	265.	10983.	5478.
25.50	6916.	4344.	270.	10990.	5500.
26.00	7190.	4088.	276.	11002.	5524.
26.50	7469.	3831.	281.	11019.	5552.



**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	121

27.00	7753.	3575.	286.	11042.	5582.
27.50	8024.	3318.	292.	11050.	5605.
28.00	8185.	3369.	297.	11257.	5711.
28.50	8329.	3419.	302.	11446.	5807.
29.00	8475.	3469.	307.	11637.	5905.
29.50	8624.	3520.	313.	11831.	6003.
30.00	8774.	3570.	318.	12026.	6103.
30.50	8926.	3620.	323.	12223.	6204.
31.00	9080.	3671.	329.	12422.	6306.
31.50	9236.	3721.	334.	12624.	6409.
32.00	9395.	3772.	339.	12828.	6513.
32.50	9557.	3822.	345.	13034.	6619.
33.00	9721.	3872.	350.	13243.	6726.
33.50	9887.	3923.	355.	13455.	6834.
34.00	10056.	3973.	360.	13669.	6944.
34.50	10228.	4023.	366.	13886.	7056.
35.00	10402.	4074.	371.	14105.	7168.
35.50	10579.	4124.	376.	14327.	7283.
36.00	10759.	4174.	382.	14552.	7398.
36.50	10941.	4225.	387.	14779.	7515.
37.00	11125.	4275.	392.	15008.	7633.
37.50	11313.	4326.	398.	15240.	7753.
38.00	11502.	4376.	403.	15475.	7874.
38.50	11695.	4426.	408.	15713.	7997.
39.00	11890.	4477.	414.	15953.	8121.
39.50	12106.	4527.	419.	16214.	8257.
40.00	12440.	5163.	424.	17179.	8727.
40.50	12794.	5799.	429.	18163.	9208.
41.00	13147.	6434.	435.	19147.	9689.
41.50	13501.	7070.	440.	20131.	10171.
42.00	13854.	7706.	445.	21115.	10652.
42.50	14208.	8342.	451.	22099.	11133.
43.00	14561.	8978.	456.	23083.	11614.
43.50	14914.	9614.	461.	24067.	12095.
44.00	15268.	10249.	467.	25051.	12576.
44.50	15621.	10249.	472.	25399.	12763.
45.00	15975.	10249.	477.	25747.	12950.
45.50	16328.	10249.	482.	26095.	13137.
46.00	16682.	10249.	488.	26443.	13323.
46.50	17035.	10249.	493.	26791.	13510.
47.00	17388.	10249.	498.	27140.	13697.
47.50	17742.	10249.	504.	27488.	13884.

Lp = Lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS_{,1} + Q_{b1}/FS_{,b} - W_p$

In base al confronto tra i carichi applicati ed i tabulati delle curve di capacità portante risultano le lunghezze pali di seguito evidenziate.

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 geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>RH</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>GE 00 05</b>			PROGR <b>007</b>

**Tabella 19-6 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLU**

PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	FONDAZIONE					L <sub>pali</sub> [m]	SFORZI NEI PALI SLU		
			D <sub>pali</sub>	n <sub>pali</sub>	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam.		N <sub>min</sub>	Q <sub>d,c</sub>	F.S.
			[m]	[m]							
P01 ÷ P02	<b>1</b>	7.5	1.5	9	1	NO	-	<b>39</b>	-7035	-9148	<b>1.30</b>
P03	<b>1</b>	7.5	1.5	9	1	NO	4.5	<b>42</b>	-7035	-12865	<b>1.83</b>
P04 ÷ P11	<b>2</b>	7.5	1.5	9	1	NO	2.0	<b>39</b>	-7035	-9065	<b>1.29</b>
P14 ÷ P16	<b>3</b>	7.5	1.5	9	1	NO	-	<b>37</b>	-7035	-8678	<b>1.23</b>
P17 ÷ P18	<b>4</b>	7.5	1.5	9	2	NO	-	<b>40</b>	-7035	-8727	<b>1.24</b>

**Tabella 19-7 – Sintesi delle lunghezze pali derivate per verifica SLV**

PILE	Casi di calcolo	H <sub>calcolo</sub>	FONDAZIONE					L <sub>pali</sub> [m]	SFORZI NEI PALI SLV		
			D <sub>pali</sub>	n <sub>pali</sub>	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam.		N <sub>min</sub>	Q <sub>d,c</sub>	F.S.
			[m]	[m]							
P01 ÷ P02	<b>1</b>	7.5	1.5	9	1	NO	-	<b>39</b>	-7740	-9148	<b>1.18</b>
P03	<b>1</b>	7.5	1.5	9	1	NO	-	<b>42</b>	-7740	-13114	<b>1.69</b>
P04 ÷ P11	<b>2</b>	7.5	1.5	9	1	NO	-	<b>39</b>	-7740	-9148	<b>1.18</b>
P14 ÷ P16	<b>3</b>	7.5	1.5	9	1	NO	-	<b>37</b>	-7740	-8678	<b>1.12</b>
P17 ÷ P18	<b>4</b>	7.5	1.5	9	2	NO	-	<b>40</b>	-7740	-8727	<b>1.13</b>

### Capacità portante pali di gruppo:

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguita con la seguente relazione:

$$Q_{d, Gruppo} = N \cdot E \cdot Q_{d, \text{ singolo palo}}$$

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo ( $Q_{d, \text{ singolo palo}}$ ) per il numero N di pali del gruppo e per il fattore E di efficienza della palificata. In particolare l'efficienza è valutata con la formulazione empirica di Converse Labarre e risulta pari a 0.73 nel caso specifico.

Nel seguito si riportano le verifiche eseguite per le pile in esame:

**Tabella 19-8 – Verifica capacità portante pali in gruppo**

PILE	Casi di calcolo	L <sub>pali</sub> [m]	Q <sub>d</sub> (palo sing.) [kN]	PORTANZA PALI DI GRUPPO								
				Diametro	interasse	n. pali x fila	m. n. fila	Φ	E efficienza	N <sub>max,SLU</sub>	Q <sub>d Gruppo</sub>	FS
				[m]	[m]	[-]	[-]	[°]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
P01 ÷ P02	<b>1</b>	39	-9148	1.5	4.5	3	3	18.43	<b>0.73</b>	-46758	-59846	<b>1.30</b>
P03	<b>1</b>	42	-13114	1.5	4.5	3	3	18.43	<b>0.73</b>	-46758	-85791	<b>1.83</b>
P04 ÷ P11	<b>2</b>	39	-9148	1.5	4.5	3	3	18.43	<b>0.73</b>	-46758	-59846	<b>1.28</b>
P14 ÷ P16	<b>3</b>	37	-8678	1.5	4.5	3	3	18.43	<b>0.73</b>	-46758	-56771	<b>1.21</b>
P17 ÷ P18	<b>4</b>	40	-8727	1.5	4.5	3	3	18.43	<b>0.73</b>	-46758	-57092	<b>1.22</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 geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	123

### 19.3 VERIFICA ALLA PRESSIONE LIMITE ORIZZONTALE

Per la verifica del carico limite orizzontale per i pali di fondazione situati nelle zone dove è stata riscontrata la presenza di lenti sabbiose potenzialmente liquefacibili, la teoria di Broms resta applicabile, ma non sono più utilizzabili le soluzioni semplificate, disponibili in forma chiusa e/o con abachi adimensionali. Quindi per questi casi, è stata eseguita una apposita verifica con programma FEM non lineare, considerando nello spessore di terreno liquefacibile una pressione orizzontale limite nulla e negli altri strati di terreno curve P-Y non lineari, definibili lungo il fusto del palo e resistenze variabili. Il palo, in testa è stato vincolato alla rotazione ( $\varphi=0$  rotazione impedita) ed è stato applicato un carico orizzontale (H) via via incrementato, mobilitando man mano la resistenza laterale disponibile fino a raggiungere il momento di prima plasticizzazione della sezione lungo il palo.

Quindi nel seguito sono riportate le verifiche a carico limite orizzontale per le palificate in presenza di scalzamento e/o liquefazione considerando:

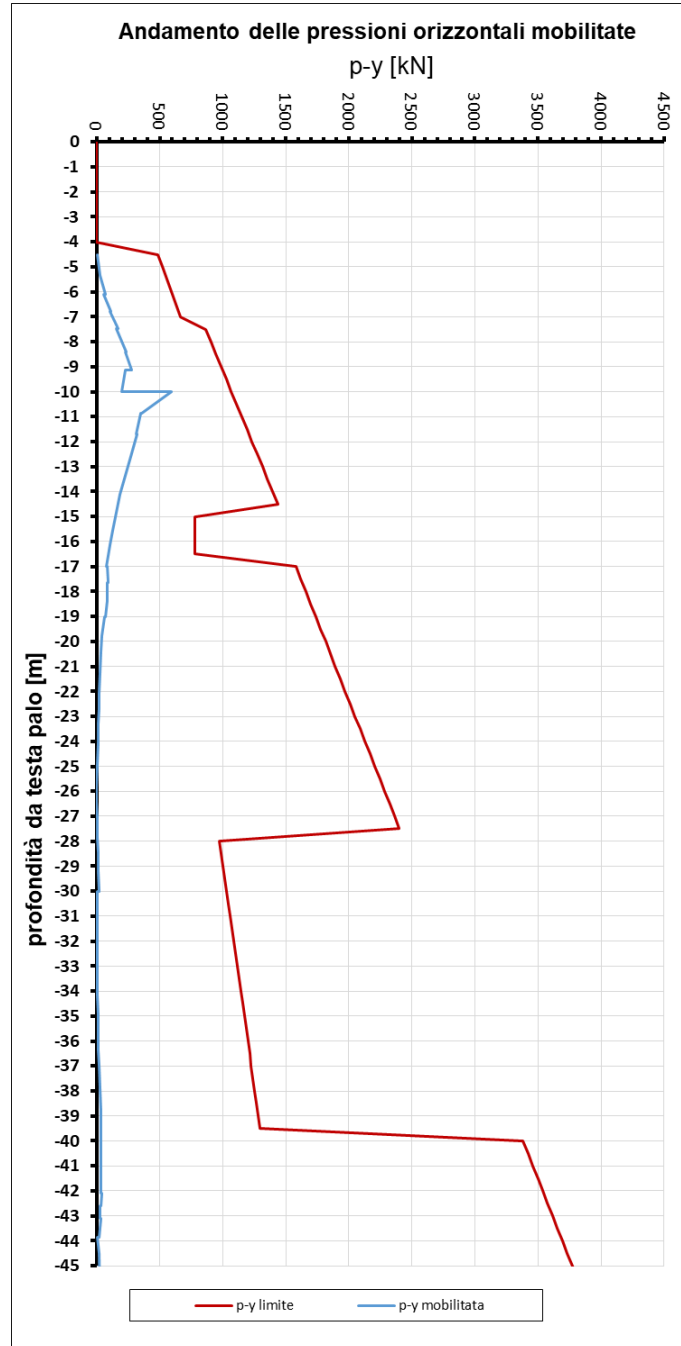
- per ogni pila con stessa stratigrafia, stesso spessore di scalzamento/liquefazione è stata presa la fondazione con massimo carico orizzontale.
- in presenza di scalzamento il carico orizzontale massimo per la verifica è quello massimo in condizioni statiche SLU.
- In presenza di liquefazione il carico orizzontale massimo per la verifica è quello massimo tra le condizioni statiche SLU e sismiche SLV.
- In assenza di liquefazione e scalzamento il carico orizzontale massimo per la verifica è quello sismico agli SLV.
- Per le spalle non soggette a fenomeni di scalzamento e/o liquefazione si rimanda alle relazioni strutturali di riferimento.

**Tabella 19-9 Condizioni di verifica al carico limite orizzontale**

VI15	Fondazione calcolata	Liquefazione (spessore strato liquefacibile lungo il palo)	Scalzamento (spessore scalzato da testa palo)	Hmax SLU, [kN]	Hmax SLV, [kN]
Stratigrafia 1 – Spalla 1, Pile P1-P2	<b>NO</b>	NO	-	-	-
Stratigrafia 1 – Spalla 1, Pile P3	<b>P3</b>	NO	4.5m	313	1290
Stratigrafia 1 – Pile P4-P11	<b>P4</b>	NO	2.0m	313	1290

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

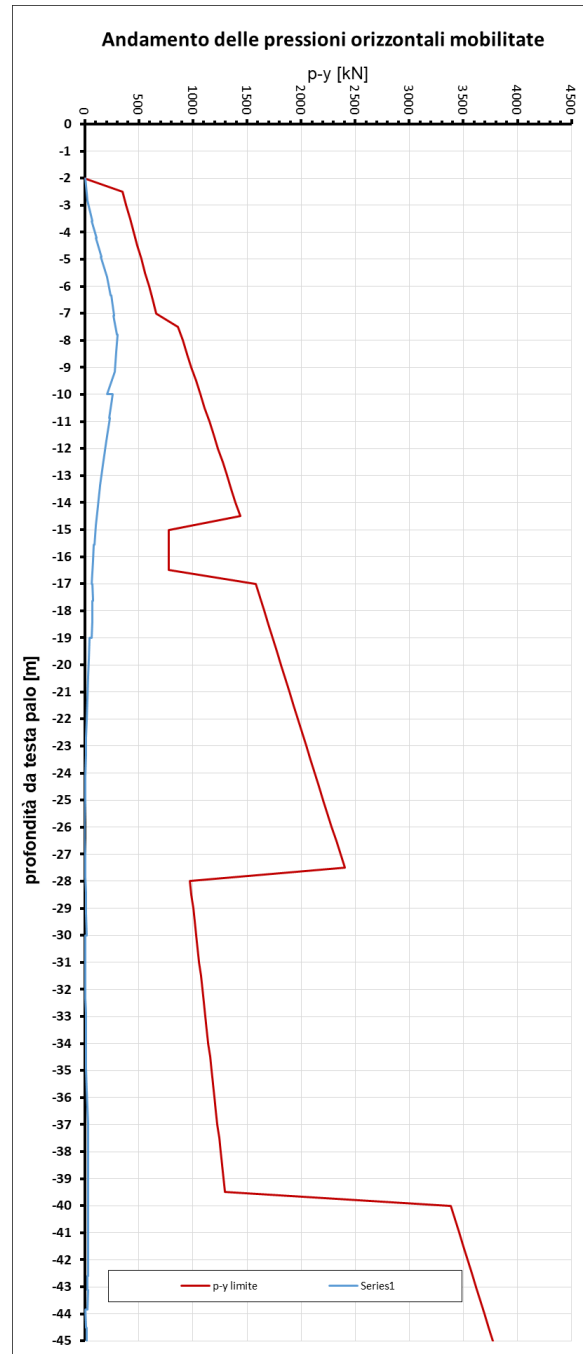
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	124



**Figura 19-1 – Andamento pressioni orizzontali - VI15 - Pila P3 con scalzamento 4.5m**

**Relazione geotecnica e di calcolo delle  
fondazione dei viadotti**

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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	125



**Figura 19-2 Andamento pressioni orizzontali - VI15 - Pila P4 con scalzamento 2.0m**

La verifica a carico limite orizzontale per i pali non soggetti a liquefazione e scalzamento (assumendo il massimo carico agli SLV) è eseguita secondo la consolidata metodologia di Broms (1964) per terreni incoerenti sotto falda attraverso un apposito foglio di calcolo. Per tutti i pali si configura l'ipotesi di palo lungo. Le verifiche, riportate nelle pagine seguenti, risultano soddisfatte assumendo cautelativamente un angolo d'attrito  $\phi=30^\circ$ . Le armature in

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.	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 geotecnica e di calcolo delle</b> <b>fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	126

testa al palo utilizzate per il calcolo del momento resistente ( $M_y$ ) sono riportate al paragrafo delle verifiche strutturali dei pali di fondazione.

### DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	37,00	(m)								
Diametro del palo	d =	1,50	(m)								
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y$ =	8817,46	(kN m)								
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med}$ =	30,00	(°)			$\varphi'_{min}$ =	30,00	(°)			
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d}$ =	30,00	(°)			$\varphi'_{min,d}$ =	30,00	(°)			
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1 + \sin\varphi') / (1 - \sin\varphi')$ )	$k_{p,med}$ =	3,00	(-)			$k_{p,min}$ =	3,00	(-)			
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma$ =	10,00	(kN/m <sup>3</sup> )								
Azione Tagliante (V):	V =	1290	(kN)								
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		(kN)								

### Palo corto:

$$H1_{med} = 92407,50 \text{ (kN)} \qquad H1_{min} = 92407,50 \text{ (kN)}$$

### Palo intermedio:

$$H2_{med} = 31040,81 \text{ (kN)} \qquad H2_{min} = 31040,81 \text{ (kN)}$$

### Palo lungo:

$$H3_{med} = 3615,90 \text{ (kN)} \qquad H3_{min} = 3615,90 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 3615,90 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \qquad H_{min} = 3615,90 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 2582,79 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k / \gamma_T = 1986,76 \text{ (kN)}$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 1290 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1,54$$

$$FS = H_d / F_d = 1,23$$

Si fa notare che per tener conto degli effetti di gruppo è stato considerato un coefficiente riduttivo del carico limite pari a 0,8 (coefficiente di gruppo).

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	127

## 19.4 CALCOLO DELL'ARMATURA

Si riportano di seguito le verifiche strutturali agli SLU e SLE per il palo più sollecitato.

I pali saranno armati con 36 coppie di  $\phi 28$  longitudinali (72 $\phi 28$ ) e con una spirale  $\phi 16/10$  (2 bracci resistenti). Tale armatura costituisce la prima gabbia di armatura del palo e si estende per 12 metri a partire dalla testa del palo. Le successive gabbie di armatura potranno essere realizzate con un'armatura longitudinale e trasversale pari alla metà di quella verificata.

Il massimo momento flettente per la verifica strutturale dei pali è stato calcolato facendo riferimento a due casi:

1. CASO 1:  $V_{\max\_SLU} \cdot \alpha_{\text{caso peggiore VI02}} \cdot FS = 313 \cdot 6.4 \cdot 2.6 = 5208 \text{ kNm}$
2. CASO 2:  $V_{\max\_SLV} \cdot \alpha_{\text{caso liquefazione}} = 1290 \cdot 3.3 = 4257 \text{ kNm}$

Lo sforzo assiale considerato per la verifica strutturale è il caso peggiore ovvero la massima trazione agente sul singolo palo

**Tabella 19-1 Calcolo armatura palo**

PILE	Casi di calcolo	$H_{\text{calcolo}}$	$V_{\max,SLU}$	$V_{\max,SLV}$	Spirale	$V_{Rd}$	$M_{\max}$	$N_{\max}$	Gabbia Principale	$M_{Rd} (N_{\max})$	FS
			[kN]	[kN]		[kN]	[kNm]	[kN]		[kNm]	(-)
P01 ÷ P18	1	7.5	313.0	1290.0	$\phi 16/10 \text{ cm}$	4486.9	5208	1349.0	2 x 36 $\Phi 28$	8296	1.59

## 20 CEDIMENTI

Il calcolo dei cedimenti del singolo palo non è significativo per dare indicazioni circa la verifica sui cedimenti differenziali, quindi questo tema è stato affrontato in maniera più esaustiva nella relazione geotecnica generale al capitolo 9.4 a cui si rimanda.

Nell'ambito di questa verifica però si ribadisce come il cedimento differenziale pericolo che nasce dal momento in cui l'impalcato viene poggiato sulle è generato solo dal 50% dei pesi propri che si scaricano in fondazione essendo l'altro 50% pertinente dei pesi proprio pertinenti a tutto quanto fa riferimento alla pila.

In base a quanto sopra si è verificato che il massimo cedimento differenziale atteso tra appoggi successivi dell'impalcato si attesta su 15mm per terreno coesivo e 20mm per terreno incoerente quindi compatibile con i limiti imposti a questo effetto.

## 21 CONCLUSIONI

<p>MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small></p> <p>MANDANTI <b>HYpro</b></p>	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p>										
<p><b>Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazione dei viadotti</b></p>	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>RH</b>	<b>GE</b>	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>007</b>	<b>B</b>	128

La presente relazione si configura come una sintesi tra la relazione geotecnica generale dove vengono calcolate le capacità dei singoli pali e le relazioni di calcolo dei viadotti (impalcati, pile e spalle) in cui sono calcolati gli scarichi massimi in fondazione e sono affrontate le verifiche a capacità portante di alcuni elementi (pali delle spalle tranne quando soggette a liquefazione e scalzamento).

Risulta che dall'incrocio dei vari input richiamati in questa relazione, tutte le fondazioni su pali dei viadotti ferroviari indicate in progetto sono verificate in termini di lunghezza ed armatura rispetto alla capacità portante, al carico limite orizzontale alle sollecitazioni agenti in testa ai singoli pali ed ai cedimenti indotti in condizioni statiche, sismiche ed in presenza di scalzamento o liquefazione.