

AUTOSTRADA (A14): BOLOGNA - BARI - TARANTO

TRATTO: BOLOGNA BORGO PANIGALE - BOLOGNA SAN LAZZARO

POTENZIAMENTO IN SEDE DEL SISTEMA AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA

“PASSANTE DI BOLOGNA”

PROGETTO DEFINITIVO

AUTOSTRADA A14 / TANGENZIALE

63T – VIADOTTO RENO
NUOVO VIADOTTO RENO
PARTE GENERALE

SOTTOSTRUTTURE
RELAZIONE GEOTECNICA PALI

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Umberto Mele
Ord. Ingg. Milano n.18641

RESPONSABILE STRUTTURE

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Raffaele Rinaldesi
Ord. Ingg. Macerata N. A1068

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Andrea Tanzi
Ordine Ingg. Parma N. 1154

PROGETTAZIONE NUOVE OPERE
AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO

Ordinatore

NR

RIFERIMENTO PROGETTO		RIFERIMENTO DIRETTORIO					RIFERIMENTO ELABORATO				NR
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	WBS	PARTE D'OPERA	Tipo	Disciplina	Progressivo	Rev.	
111465	LL00	PD	AU	V63	VA63U	BER00	R	APE	4525	0	SCALA -



PROJECT MANAGER:

Ing. Raffaele Rinaldesi
Ord. Ingg. Macerata N. A1068

REDATTO:

SUPPORTO SPECIALISTICO:



VERIFICATO:

REVISIONE

n.	data
0	SETTEMBRE 2020
1	
2	
3	
4	-

VISTO DEL COMMITTENTE



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
PROGETTO_RUP

VISTO DEL CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

Sommario

1	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
1.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
1.3	SOFTWARE	3
2	MATERIALI	5
3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	6
4	CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO DEL PALO SINGOLO	10
4.1	ANALISI AGLI STATI LIMITE.....	10
4.2	METODOLOGIE DI CALCOLO	10
4.2.1	<i>Resistenza laterale di calcolo</i>	11
4.2.2	<i>Resistenza di base di calcolo</i>	12
4.2.3	<i>Resistenza di progetto</i>	13
5	ANALISI DEI PALI PILA	18
5.1	METODOLOGIE DI CALCOLO	18
5.2	RISULTATI DELLE ANALISI	20
5.3	VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE.....	25
5.4	VERIFICHE DI CAPACITÀ PORTANTE PALI AI CARICHI VERTICALI	30
5.5	VERIFICA DI RESISTENZA DELLA SEZIONE IN C.A. DEL PALO	30
6	APPENDICE A. VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE PALI. TABULATI DI CALCOLO PAL	31
6.1	PORTATA DI PORGETTO PALO D=2800 MM (A1+M1+R3) – PARAMETRI MINIMI – SENZA SCALZAMENTO.....	31
6.2	PORTATA DI PORGETTO PALO D=2800 MM (A1+M1+R3) – PARAMETRI MEDI – SENZA SCALZAMENTO	45
6.3	PORTATA DI PORGETTO PALO D=2800 MM (A1+M1+R3) – PARAMETRI MINIMI – CON SCALZAMENTO	59
6.4	PORTATA DI PORGETTO PALO D=2800 MM (A1+M1+R3) – PARAMETRI MEDI – CON SCALZAMENTO	73

1 **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

1.1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La redazione del presente documento è stata svolta secondo le prescrizioni della normativa vigente ed in particolare:

- NT1. Norme Tecniche per le Costruzioni D.M del 17.01.2018.
- NT2. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M del 17.1.2018" - Circolare n.7 C.S.LL.PP. 21.01.2019.

1.2 **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

La redazione del presente elaborato è stata svolta con riferimento ai seguenti documenti di riferimento.

- [DC1]. Autostrada A14. Potenziamento del sistema tangenziale di Bologna tra Borgo Panigale e San Lazzaro. Relazione geotecnica generale. Progetto Definitivo.
- [DC2]. 0002 PD DG GTA GE000000000DAPE 0003. Autostrada A14. Potenziamento del sistema tangenziale di Bologna tra Borgo Panigale e San Lazzaro. Planimetria e profilo geotecnico. Progetto Definitivo.

1.3 **SOFTWARE**

- MAP Matrix Analysis of Piles (G. Guiducci, 1999). Rimini (RN), Italia. Programma di calcolo per analisi delle sollecitazioni e deformazioni di tipo lineare e non lineare di palificate di fondazione collegate da plinto rigido.

I risultati delle analisi ottenuti con la metodologia sopra descritta sono in linea con quelli ottenuti con il programma GROUP (Ensoft INC. engineering software Ausin Texas USA) utilizzato in vari ambiti progettuali ad esempio nella progettazione della linea ferroviaria Alta Velocità MI-NA (Roma-Napoli e Milano-Bologna) e quindi validato da Italferr. Ciò è stato possibile attraverso un procedimento di taratura e l'utilizzo dei medesimi criteri di valutazione delle rigidità e degli effetti gruppo utilizzati nel programma GROUP.

- PAL (G. Guiducci, 1999-2006). Rimini (RN), Italia.
Programma di valutazione capacità portante per pali singoli di fondazione soggetti a carichi assiali. Sono implementati diverse metodologie di calcolo di portata laterale e di base pubblicati in letteratura tecnica. L'elaborazione opera secondo somma di contributi unitari.
- P-ALONE (G. Furlani, 2020). Rimini (RN), Italia.

Programma per l'analisi non lineare di pali singoli caricati assialmente e trasversalmente: metodo delle curve di trasferimento.

Per il programma citato, con riferimento al paragrafo 10.2 del D.M. 14.01.2008 e relativa Circolare esplicativa n° 617/09 C.S.LL.PP., si dichiara che:

- i risultati dei calcoli eseguiti con l'utilizzo del calcolatore sono stati verificati dal progettista;
- i risultati presentati nelle forme allegate al progetto ne garantiscano la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità;
- l'affidabilità dei codici utilizzati è stata verificata attraverso esame preliminare, di valutazione dell'affidabilità e soprattutto dell'idoneità del programma nel caso specifico di applicazione;
- la validazione dei codici di calcolo è stata verificata sia per confronto con soluzioni semplificate con metodi tradizionali, sia dall'esame della documentazione fornita dal produttore/distributore sulle modalità e procedure seguite per la validazione generale del codice.

2 MATERIALI

Calcestruzzo per pali di fondazione: Classe C 28/35

Resistenza caratteristica a compressione: $R_{ck} \geq 35 \text{ N/mm}^2$
Resistenza cilindrica a compressione: $f_{ck} = 0,83 R_{ck} = 29.05 \text{ N/mm}^2$
 $f_d = 16.46 \text{ N/mm}^2$

Acciaio in barre: B450C avente caratteristiche:

tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
tensione caratteristica di rottura $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$

3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel presente capitolo si riporta la caratterizzazione geotecnica per l'opera in esame in accordo alla relazione geotecnica generale della tratta A14 Bologna – Bari – Taranto nell'ambito del Potenziamento del Sistema Tangenziale di Bologna tra Borgo Panigale e San Lazzaro [DC1].

La stratigrafia è stata dedotta sulla base delle indagini geotecniche eseguite in corrispondenza dell'opera, rappresentate graficamente in figura seguente e sintetizzate nella seguente tabella.

Tabella 1 - Indagini geognostiche di riferimento

Sigla sond./pozz./prova	Quota p.c. (m s.l.m.)	Lunghezza (m)	Strumentazione installata
PB3(DH)	37.16	40.0	DH(40.0m)
S33	33.0	7.0	-
PZ-PB2	33.14	4.0	-
PB5	32.19	40.0	TA (4-40m)
S34	37.2	15.0	-
PB6(DH)	36.14	40.0	DH(40.0m)

TA = piezometri a tuolo aperto (tratto filtrante);
DH = tubo per misure Down-hole

In particolare per la caratterizzazione geotecnica si fa riferimento alle indicazioni della relazione geotecnica generale [DC1]. Il livello di falda è assunto cautelativamente a p.c. in relazione alla presenza del fiume, da lettura piezometrica il livello massimo è a quota +19 m s.l.m. (PB5).

Nella seguente figura si riporta uno stralcio del profilo stratigrafico in corrispondenza dell'opera [DC2].

Nella successiva figura si rappresentano graficamente i risultati di tutte le prove SPT disponibili per l'opera in esame. Le linee tratteggiate rappresentano i profili di progetto medio e minimo successivamente considerati per le valutazioni di portanza verticale dei pali.

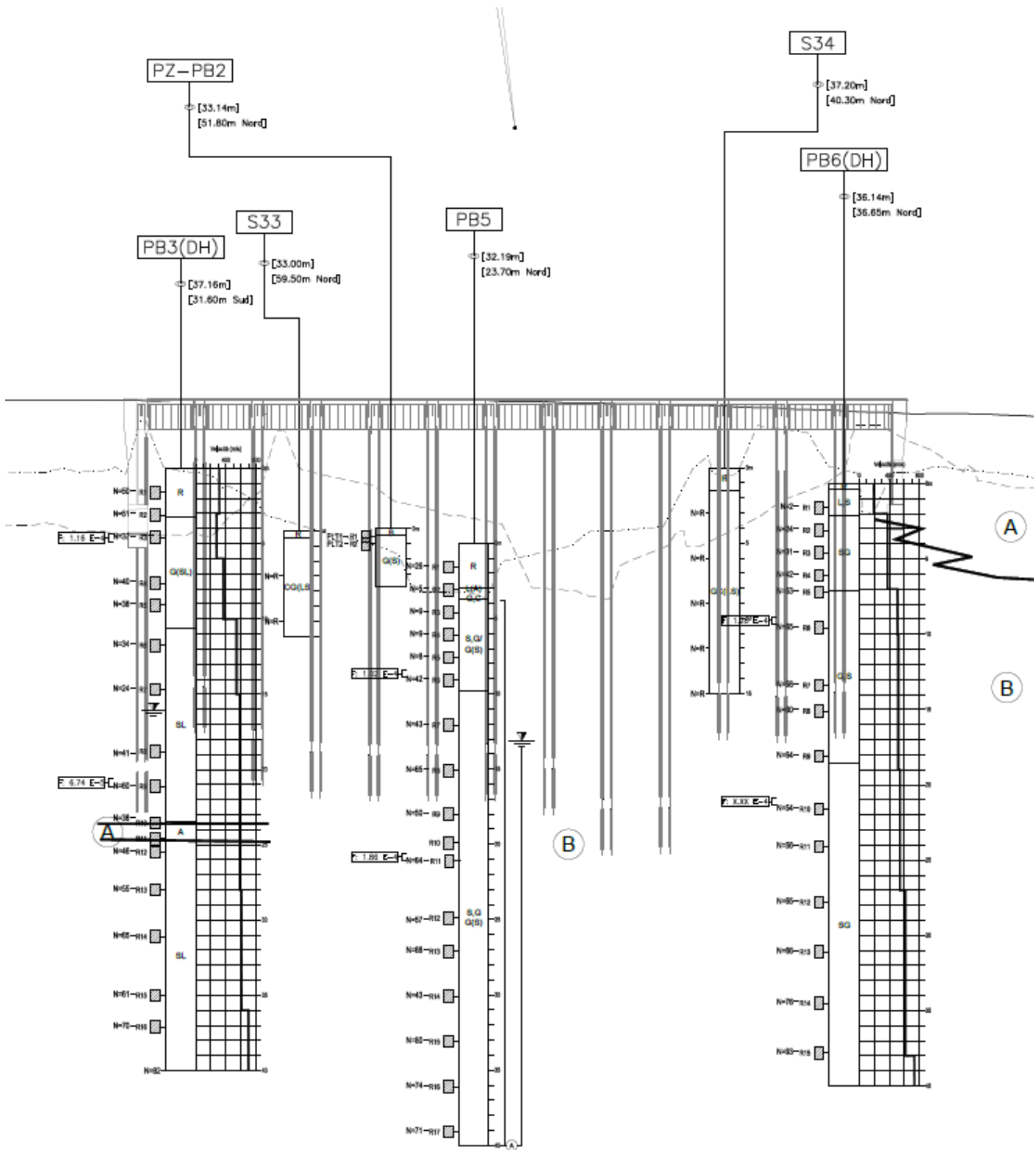


Figura 1 – stralcio profilo stratigrafico in corrispondenza dell'opera

Nell'area predomina la formazione geotecnica "B" fino alla massima profondità investigata (40.0 m), localmente qualche sondaggio ha intercettato riporto superficiale.

Nelle seguenti tabelle si sintetizzano i parametri geotecnici delle unità geotecniche che interferiscono con l'opera.

Tabella 2 - Parametri medi caratteristici dei materiali Ghiaia e Sabbia (formazione B)

Descrizione	γ	Nspt	c'	ϕ'	E'
	(kN/m ³)	(colpi/30cm)	(kPa)	(°)	(MPa)
B - Ghiaia e sabbia	19÷20	5÷R	0	33÷38	50

γ = peso di volume del terreno
 c' = coesione efficace
 ϕ' = angolo di resistenza al taglio
 E' = modulo di deformazione elastico operativo per calcolo paratie (= $E_o / 5$)

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

Tabella 3 - Stratigrafia e falda

Profondità (m da p.c.)	Descrizione	Unità geotecnica	ϕ' (°)
0.0 ÷ 10.0	Ghiaia e sabbia	B	33
10.0 ÷ 25.0	Ghiaia e sabbia	B	35
25.0 ÷ 40.0	Ghiaia e sabbia	B	37
FALDA: p.c.			

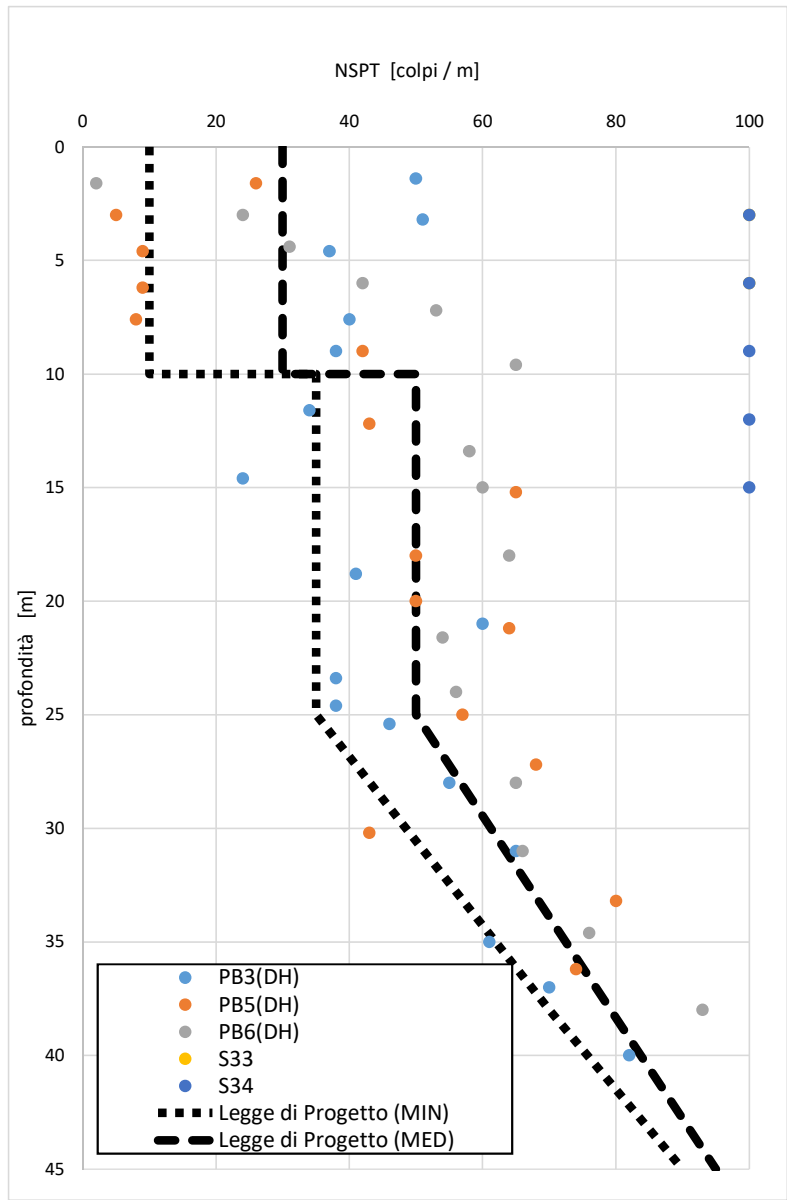


Figura 2 – N_{SPT} (viadotto Reno)

4 CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO DEL PALO SINGOLO

4.1 ANALISI AGLI STATI LIMITE

Le verifiche di capacità portante dei pali vengono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente DM 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni”.

Le curve di resistenza di progetto a compressione (o trazione) del palo singolo $R_{c,d}$ (o $R_{t,d}$), da confrontare con la massima azione di compressione (o trazione) agente in testa al palo E_d , sono date dalle seguenti espressioni:

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_R} = \min \left\{ \frac{(R_{c;cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c;cal})_{min}}{\xi_4} \right\} / \gamma_R \quad \text{Resistenza di progetto a compressione}$$

$$R_{t,d} = \frac{R_{t,k}}{\gamma_R} = \min \left\{ \frac{(R_{t;cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t;cal})_{min}}{\xi_4} \right\} / \gamma_R \quad \text{Resistenza di progetto a trazione}$$

dove:

$R_{c,cal}$ e $R_{t,cal}$ resistenza di calcolo del palo singolo, rispettivamente a compressione e a trazione, determinate ad una data profondità;

ξ_3, ξ_4 fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica del palo in funzione del numero di verticali indagate;

$R_{c,k}$ e $R_{t,k}$ resistenza caratteristica del palo singolo rispettivamente a compressione e a trazione ad una data profondità;

γ_R coefficienti parziali da applicarsi alle resistenze caratteristiche in funzione dell'approccio considerato.

In particolare le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vengono condotte con riferimento al seguente approccio, tenendo conto dei coefficienti parziali di riferimento normativo:

$$A1 + M1 + R3$$

4.2 METODOLOGIE DI CALCOLO

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

$$Q_d = Q_{LL} / FS_L + Q_{BL} / FS_B - W'_P$$

dove:

Q_{LL} = portata laterale limite,

Q_{BL} = portata di base limite,

W'_P = peso efficace del palo (al netto del peso del terreno asportato),

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

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

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

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

dove:

Q_{LL} = portata laterale limite,

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

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

4.2.1 Resistenza laterale di calcolo

La resistenza laterale di calcolo è stata determinata, in base al tipo di terreno attraversato, come indicato nel seguito (AGI, 1984).

I valori dell'attrito laterale limite in terreni granulari sono valutati mediante l'espressione:

$$\tau_{LIM} = K \cdot \sigma'_v \cdot \tan(\phi),$$

dove:

K = rapporto tra pressione orizzontale e pressione verticale efficace in prossimità del palo.

σ'_v = pressione geostatica verticale efficace;

ϕ = angolo d'attrito;

Per pali trivellati si adotta [Reese – Wright (1977)]: $K = 0.50 \div 0.70$

Nella seguente figura è illustrata la correlazione proposta da Wright e Reese tra il valore della τ_{lim} ed il valore di N_{SPT} .

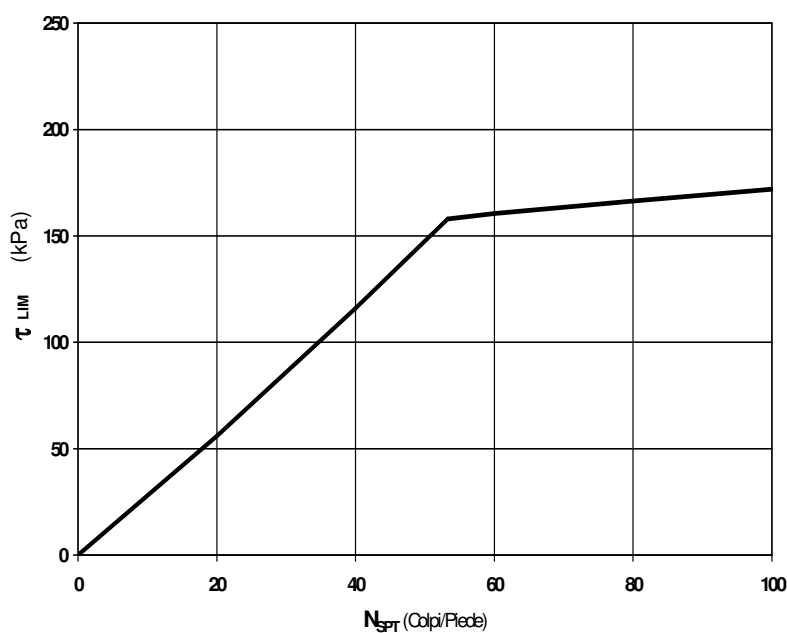


Figura 3: Terreni granulari - $\tau_{LIM} = f(N_{SPT})$ (Wright-Reese [1977])

4.2.2 Resistenza di base di calcolo

La resistenza di base di calcolo è stata determinata, in base al tipo di terreno alla base del palo, come indicato nel seguito (AGI, 1984).

I valori di q_b sono interamente mobilizzati ad una profondità critica z_c (Meyerhof, Sastry [1978]), secondo l'espressione $z_c = m \cdot D$ con D pari al diametro del palo e $m = 3$.

In accordo con le più recenti metodologie di calcolo, la valutazione della capacità limite di base per terreni granulari è condotta facendo riferimento non più alle condizioni di rottura bensì riferendosi ad una "portata critica" corrispondente ad una "condizione di servizio limite" basata su considerazioni di cedimenti ammissibili, ed in genere riferita all'insorgere di deformazioni plastiche nei terreni di fondazione. Pertanto, si porrà $q_b = q_{cr}$, dove

q_{cr} = portata critica unitaria di base;

Per pali trivellati la portata critica è valutata in accordo con le indicazioni di Reese-Wright et al. [1978]:

$$q_{cr} = 67 \cdot N_{spt} \quad (\text{kPa})$$

I valori di q_{cr} sono interamente mobilitati ad una "profondità critica" z_c come descritto sopra, con m variabile fra 4 e 21 secondo la seguente figura.

La costruzione dell'andamento della portata di base con la profondità in condizioni stratigrafiche particolari (pali che attraversano uno strato di terreno sciolto fino a immorsarsi in uno strato compatto di base di notevole spessore, piuttosto che pali immorsati in uno strato compatto di base di modesto

spessore sovrastante uno strato di terreno sciolto) è condotta in accordo alle indicazioni riportate nelle figure seguenti. Nel caso in esame si è assunto $m=3$.

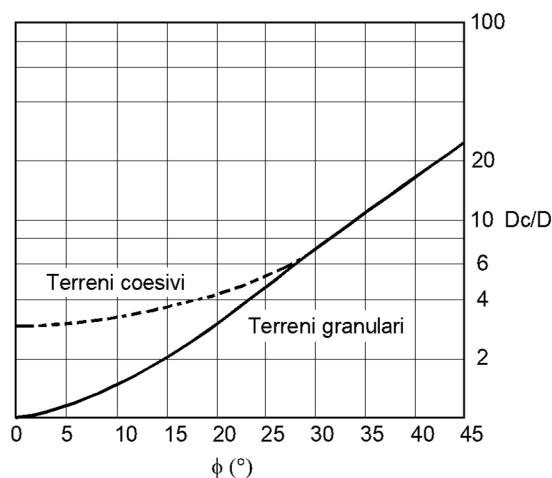


Figura 4 - $z_c/D = f(Dr)$ (Meyerhof [1976])

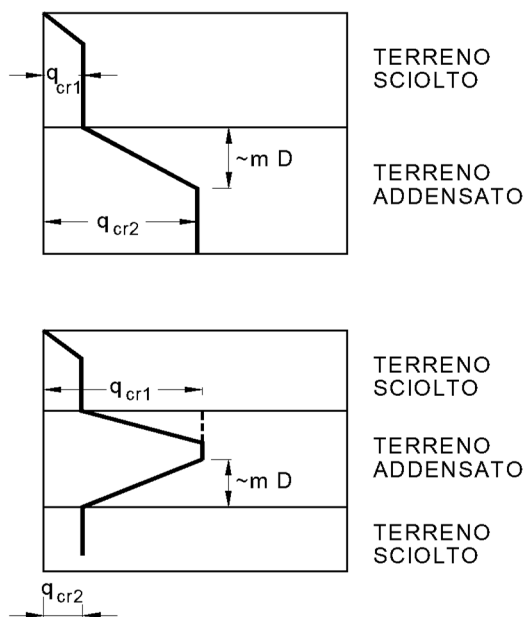


Figura 5 - Portata di base - Terreni stratificati (Meyerhof [1976])

4.2.3 Resistenza di progetto

Il valori della resistenza di progetto a compressione $R_{c,d}$ e della resistenza di progetto a trazione $R_{t,d}$ sono determinati applicando al valore caratteristico della resistenza i coefficienti parziali γ_R secondo le seguenti espressioni:

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_R}$$

$$R_{t,d} = \frac{R_{t,k}}{\gamma_R}$$

essendo:

$R_{c,d}$ e $R_{t,d}$ resistenza di progetto del palo singolo rispettivamente a compressione e a trazione;

$R_{c,k}$ e $R_{t,k}$ resistenza caratteristica del palo singolo rispettivamente a compressione e a trazione;

γ_R coefficienti parziali da applicarsi alle resistenze caratteristiche in funzione dell'approccio considerato e della tipologia esecutiva del palo (vedasi tabella seguente in cui sono riportati i fattori parziali relativi a pali trivellati).

Tabella 4 - Coefficienti parziali alle resistenze caratteristiche

Resistenza (γ_R)	Pali trivellati	
	Simbolo	R3 [-]
Base	γ_b	1.35
Laterale - compressione	γ_s	1.15
Laterale - trazione	γ_{st}	1.25

La capacità portante del palo è stata valutata con Approccio 2: A1+M1+R3 considerando sia i valori minimi che medi dei parametri geotecnici, come previsto da normativa. Il coefficiente ξ_3 è stato assunto pari a 1.60 e $\xi_4 = 1.48$, con riferimento a 3 verticali di indagine.

La capacità portante dei pali è stata valutata considerando:

- testa palo a p.c.
- falda a p.c.

Tabella 5 – Stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo portanza pali

Profondità da p.c.	Unità geotecnica	φ' [°]	τ_{min} [kPa]	τ_{max} [kPa]	qbmin [kPa]	qbmax [kPa]
0.0÷10.0	B	33	$0.5 \cdot \sigma'_v \cdot \tan(\varphi')$	$0.7 \cdot \sigma'_v \cdot \tan(\varphi')$	670	2010
10.0÷25.0	B	35			2345	3350
25.0÷38.0	B	37			2345-4500	3350-4500
38.0÷60.0	B	36			4500	4500

Nelle seguenti figure si riporta la capacità portante del palo considerando sia i valori minimi che medi dei parametri geotecnici; la lunghezza di progetto del palo verrà assunta pari al valore più cautelativo, che nel caso in esame è relativo alla portanza palo valutata con i parametri minimi.

Le valutazioni sono state effettuate in doppio, nella configurazione senza e con scalzamento considerato nei primi 6.5 m da testa palo.

In Appendice A si riportano i tabulati di calcolo completi.

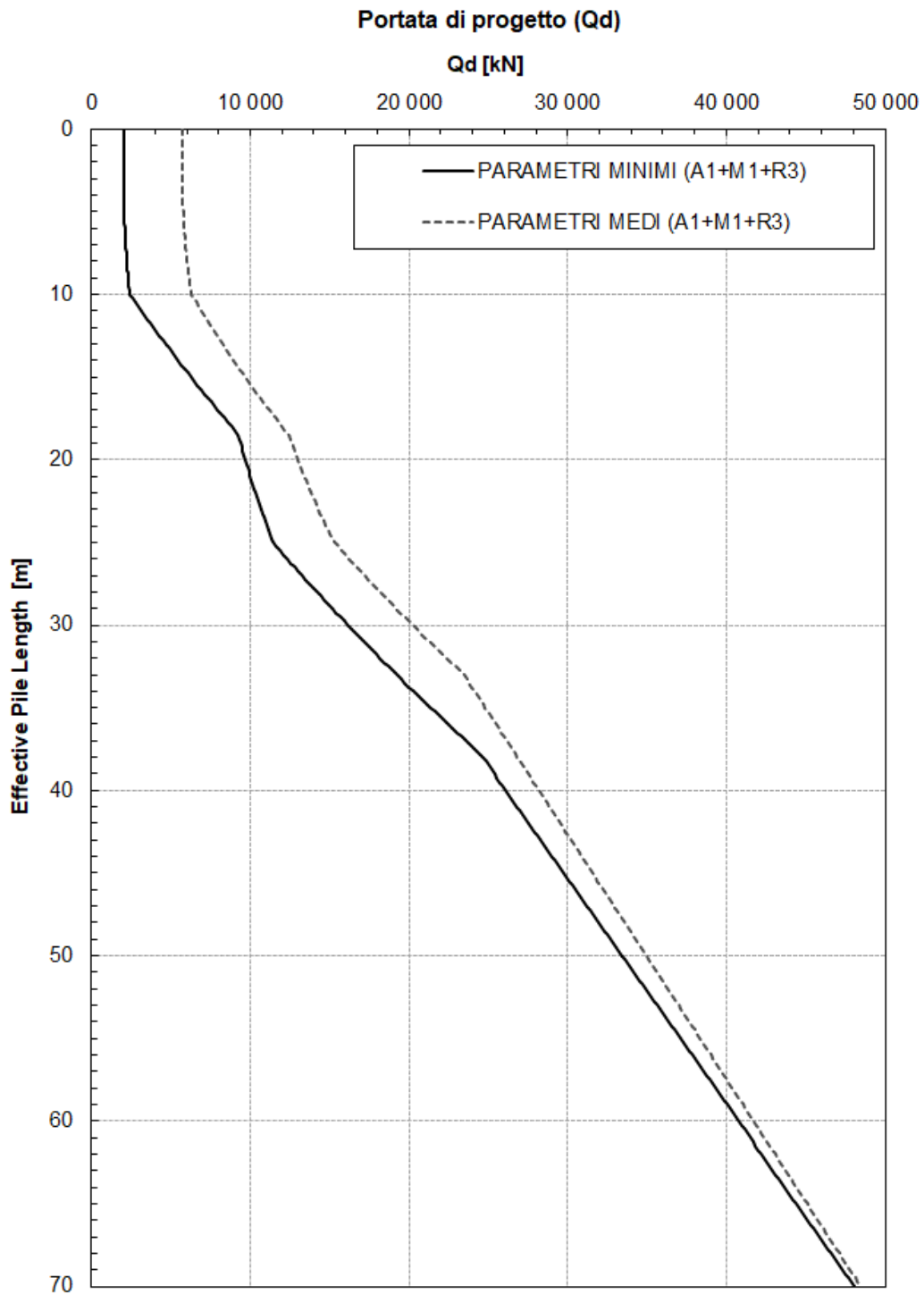


Figura 6 – Portata verticale di progetto per pali D=2800 mm, senza scalzamento.

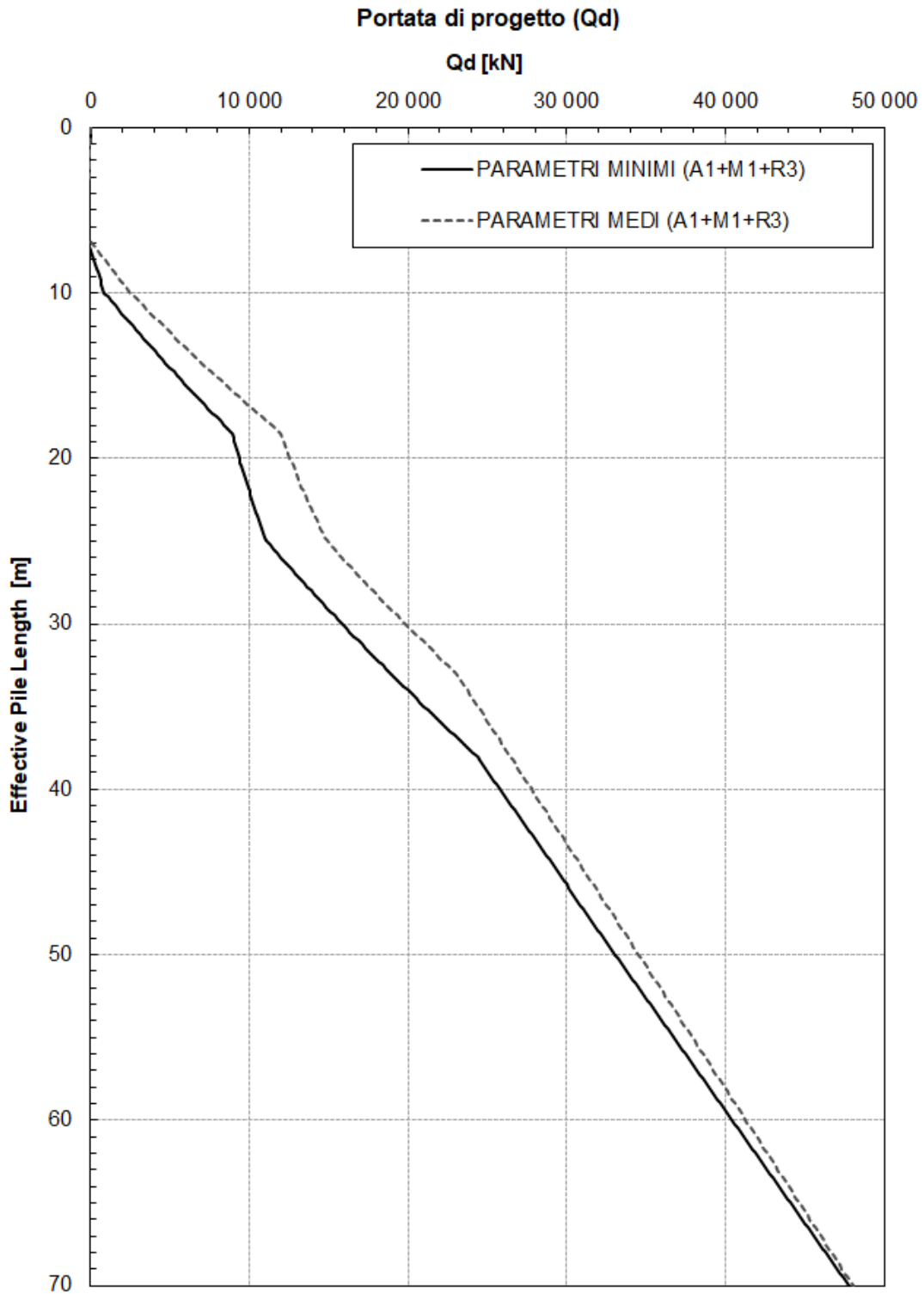


Figura 7 – Portata verticale di progetto per pali $D=2800$ mm, con scalzamento.

5 ANALISI DEI PALI PILA

L'analisi delle palificate viene svolta in accordo alla normativa vigente con quanto definito nel paragrafo 6.2.4 delle NTC 2018, per cui devono essere svolte le verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese agli Stati Limite Ultimi (SLU) ed agli Stati Limite d'Esercizio (SLE).

5.1 METODOLOGIE DI CALCOLO

Il palo è stato analizzato in campo non lineare mediante il metodo delle curve di trasferimento: t-z per l'analisi sotto i carichi assiali e p-y per l'analisi sotto i carichi trasversali.

Il metodo delle curve di trasferimento t-z è basato su una serie di correlazione empiriche che correlano la portata di base al cedimento della base necessario per la sua mobilitazione, e la portata laterale locale ai corrispondenti cedimenti relativi palo-terreno. In letteratura sono disponibili numerosi schemi di curve di trasferimento, espresse in forma tabellare o analitica. Si tratta di funzioni tarate sperimentalmente in funzione del tipo di palo (trivellato o infisso) e del tipo di terreno.

Lo schema di calcolo di un palo sottoposto ad azioni trasversali (taglio e momento) è quello di trave vincolata come un mezzo alla Winkler. Il metodo p-y consente di tener conto della non linearità del mezzo in analogia al metodo delle curve di trasferimento t-z. La letteratura contiene una serie di indicazioni sulla natura delle curve p-y maggiormente idonee in funzione del tipo di terreno (elasto-palistiche lineari, iperboliche, esponenziali).

In entrambi i casi (t-z e p-y) il problema dell'equazione differenziale viene risolto numericamente alle differenze finite, con discretizzazione del tutto generica al fine di mettere in conto qualsiasi variabilità stratigrafica lungo il palo, e con metodo incrementale ed iterativo. La presenza di eventuale attrito negativo viene trattato come spostamento imposto direttamente al vincolo t-z. Eventuali condizioni di scalzamento possono essere modellate annullando le reazioni lungo il tratto di palo interessato (tratto di palo fuori terra). La condizione di vincolo in testa può essere impostata dall'utente in funzione delle esigenze (testa libera, testa impedita di ruotare, testa vincolata elasticamente, etc).

Pertanto il metodo consente di simulare il comportamento non lineare, in esercizio fino alla rottura (collasso del sistema palo-terreno). Per i carichi assiali questo significa simulare l'intera curva carico-cedimento. Per i carichi trasversali significa analizzare il comportamento del palo sotto determinati carichi trasversali via via crescenti (T e M a testa palo, carichi distribuiti lungo il palo), e simulare un'analisi push-over fino al collasso geotecnico del sistema palo-terreno. A differenza di quanto avviene per il metodo t-z, in presenza di forze orizzontali la resistenza strutturale del palo (momento di plasticizzazione M_y) può essere chiamato in causa e limitare la resistenza del sistema.

Nell'analisi strutturale, si assume un comportamento elastico del sistema palo - terreno caratterizzato da una rigidità matriciale secante equivalente, che costituisce un vincolo cedevole a testa palo (piede

pila) e che condensa il comportamento equivalente del sistema palo-terreno. Pertanto i cedimenti della fondazione (palo pila) sono correttamente modellati nel calcolo strutturale al quale si rimanda.

Qui vengono recepiti i carichi forniti dallo strutturista nel baricentro a quota testa palo, per le varie combinazioni di carico, e restituiti i risultati in termini di sollecitazioni lungo il palo per le relative verifiche di resistenza.

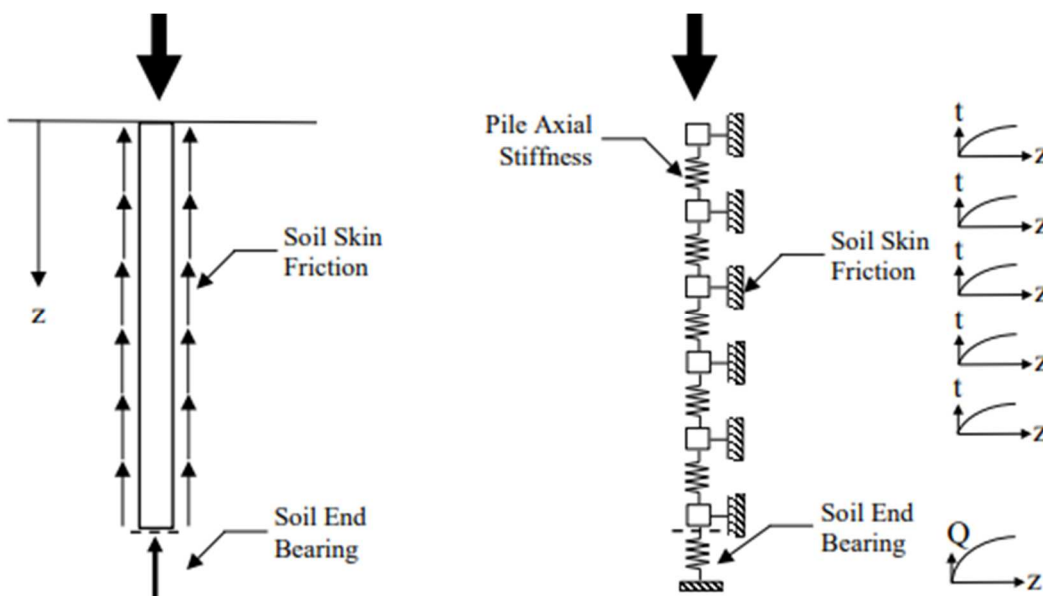


Figura 8 – Metodo delle curve di trasferimento $t-z$

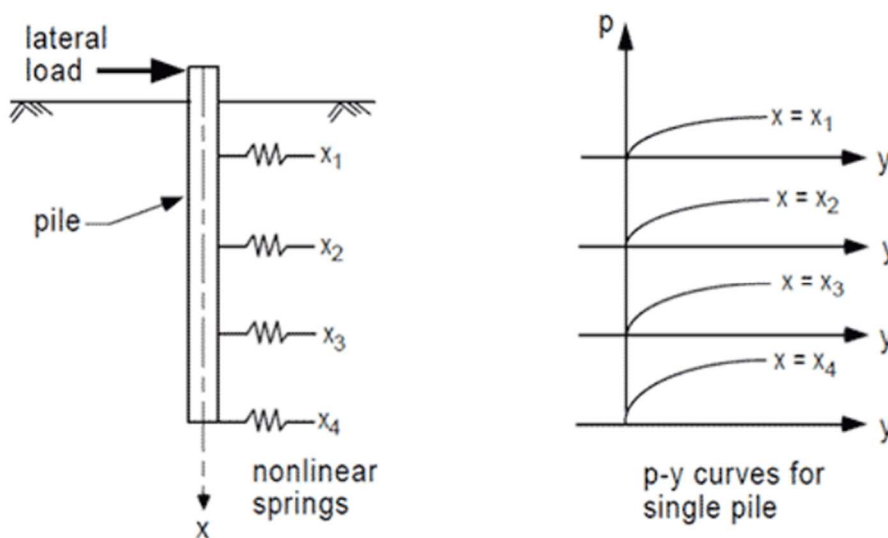


Figura 9 – Metodo delle curve $p-y$

5.2 RISULTATI DELLE ANALISI

Nelle seguenti figure si sintetizzano le massime sollecitazioni lungo i pali per le analisi eseguite per le condizioni di carico SLU/SLV. Le analisi sono state ripetute anche per lo scenario eccezionale di scalzamento nei primi 6.5 m di profondità da testa palo.

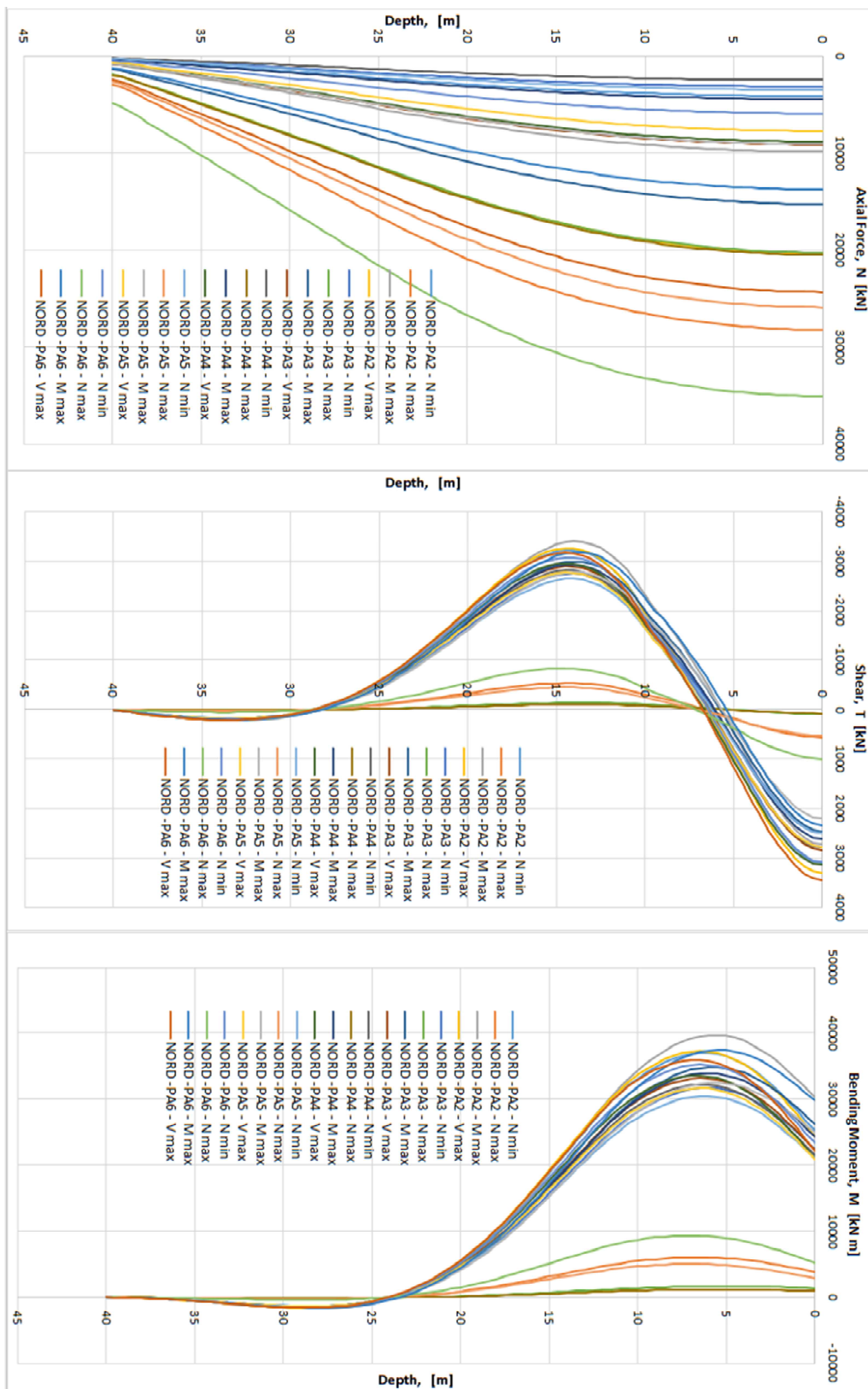


Figura 10 – Sollecitazioni lungo il palo SLU/SLV (Carr. Nord, senza scalzamento)

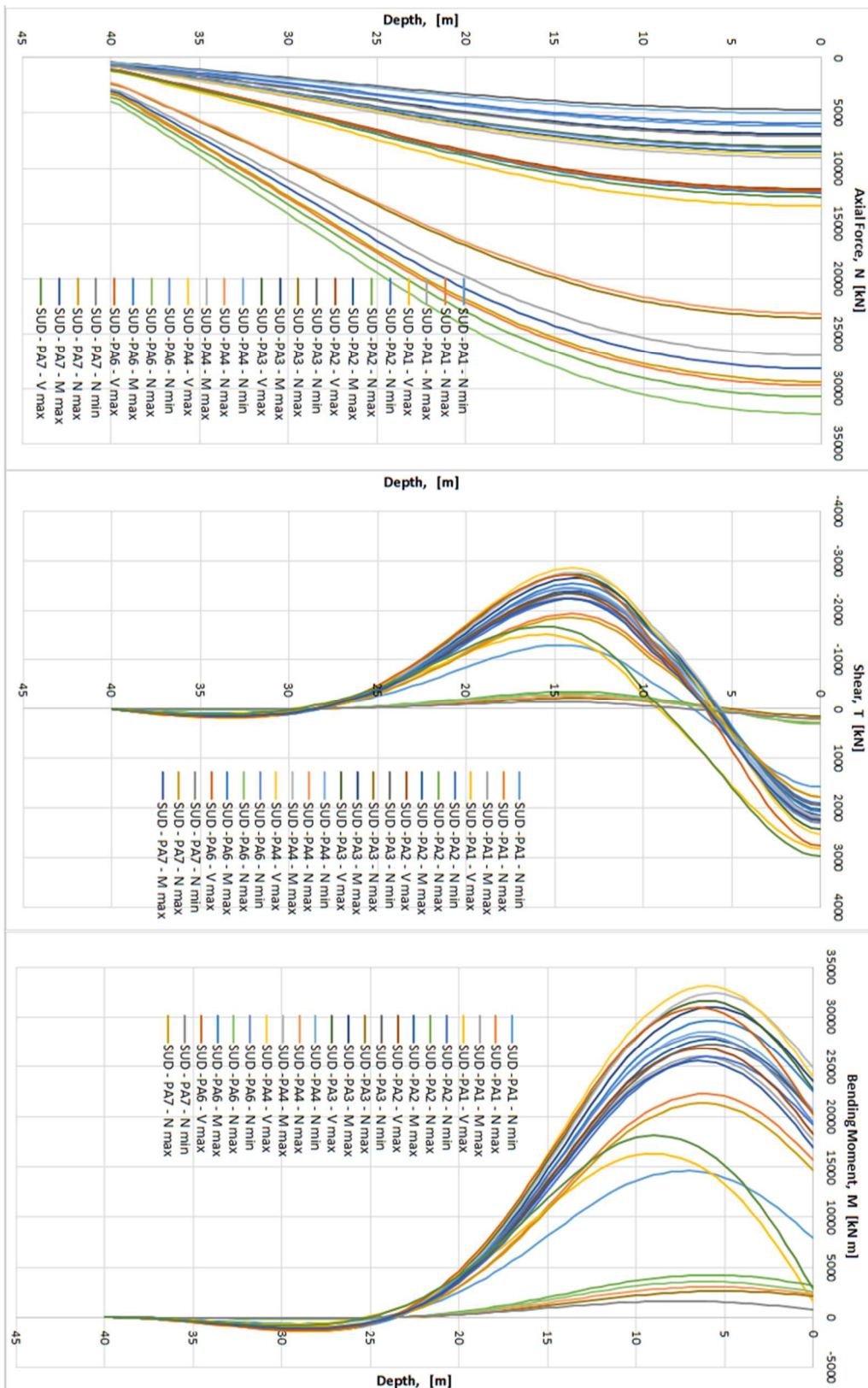


Figura 11 – Sollecitazioni lungo il palo SLU/SLV (Carr. Sud, senza scalzamento)

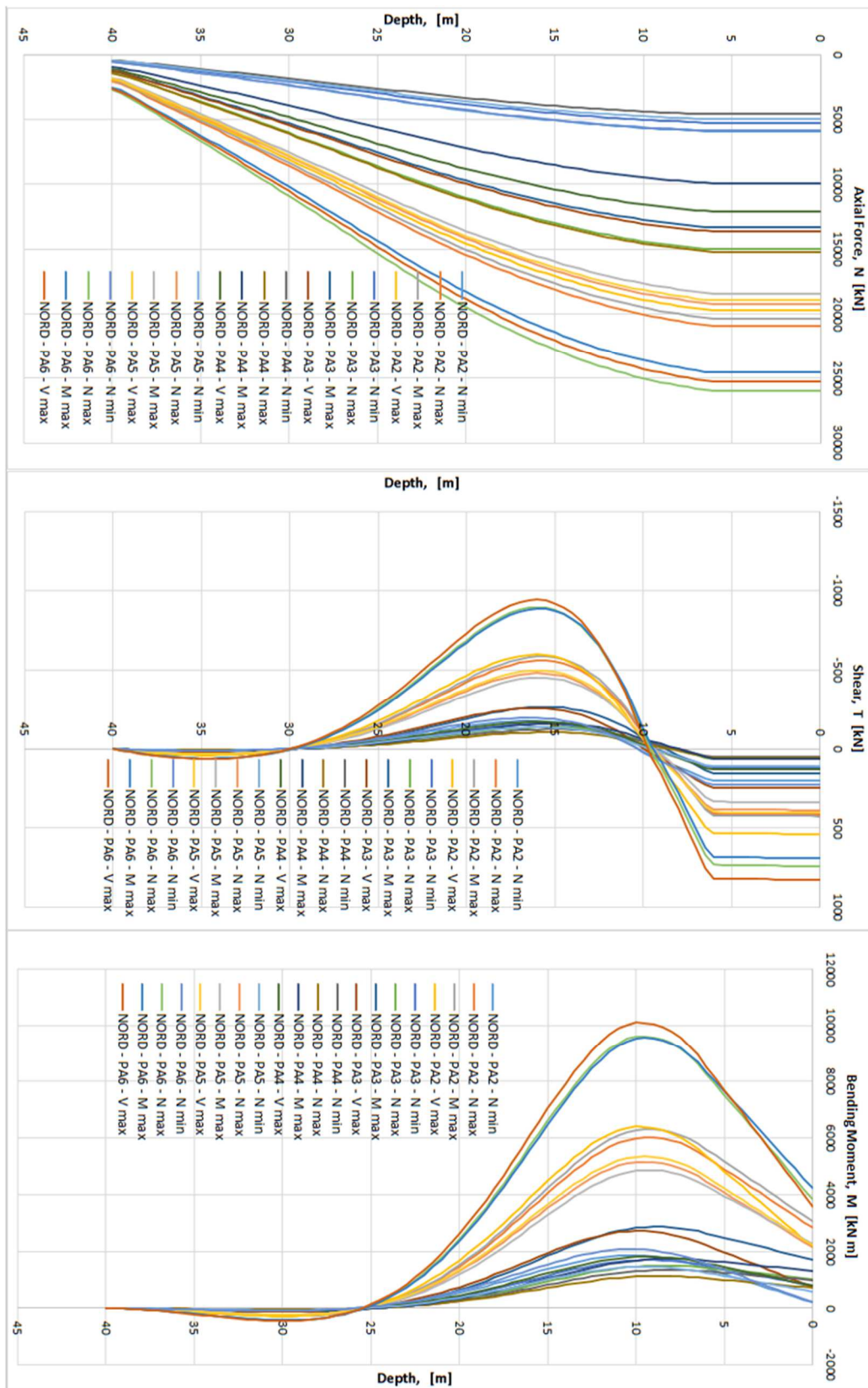


Figura 12 – Sollecitazioni lungo il palo SLU/SLV (Carr. Nord, con scalzamento)

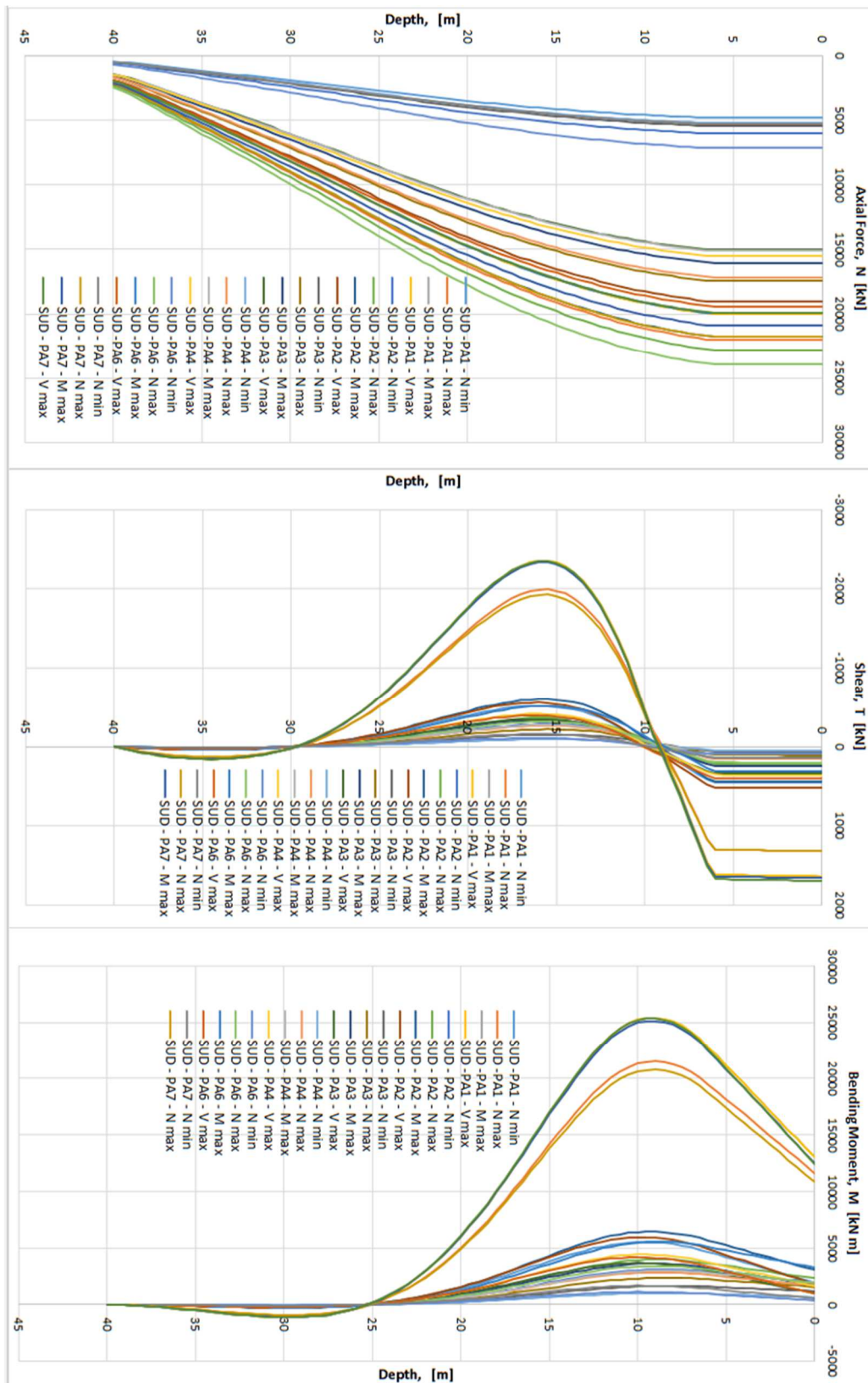


Figura 13 – Sollecitazioni lungo il palo SLU/SLV (Carr. Sud, con scalzamento)

5.3 VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE

Per la verifica di carico limite orizzontale si fa riferimento al modello non lineare p-y sopra descritto, in cui il palo è immerso in un mezzo alla Winkler con legge elasto-plastica perfetta, e resistenza limite determinata in accordo alla teoria di Broms per terreni incoerenti.

In generale, trattandosi di pali lunghi, il sistema è sempre molto lontano dalla condizione di collasso e la resistenza ai carichi trasversali del palo è governata dal momento di plasticizzazione strutturale del palo. Pertanto l'analisi – tipo push-over - viene spinta amplificando progressivamente il taglio agente in testa fino al moltiplicatore di:

$$\xi \times \gamma_R = 1.60 \times 1.30 = 2.08$$

dove $\xi = 1.6$ è il fattore di correlazione corrispondente al numero delle verticali d'indagine (cautelativamente si sono considerate 3 verticali,) e $\gamma_R = 1.3$ è il coefficiente parziale per le verifiche agli stati limite ultimi (cfr. NTC 2018 Tabelle 6.4.IV e 6.4.VI).

Le sollecitazioni massime così ottenute sono rappresentate graficamente nelle seguenti figure e rappresentano le sollecitazioni che devono essere massimizzate dalla resistenza strutturale della sezione in c.a. lungo il palo.

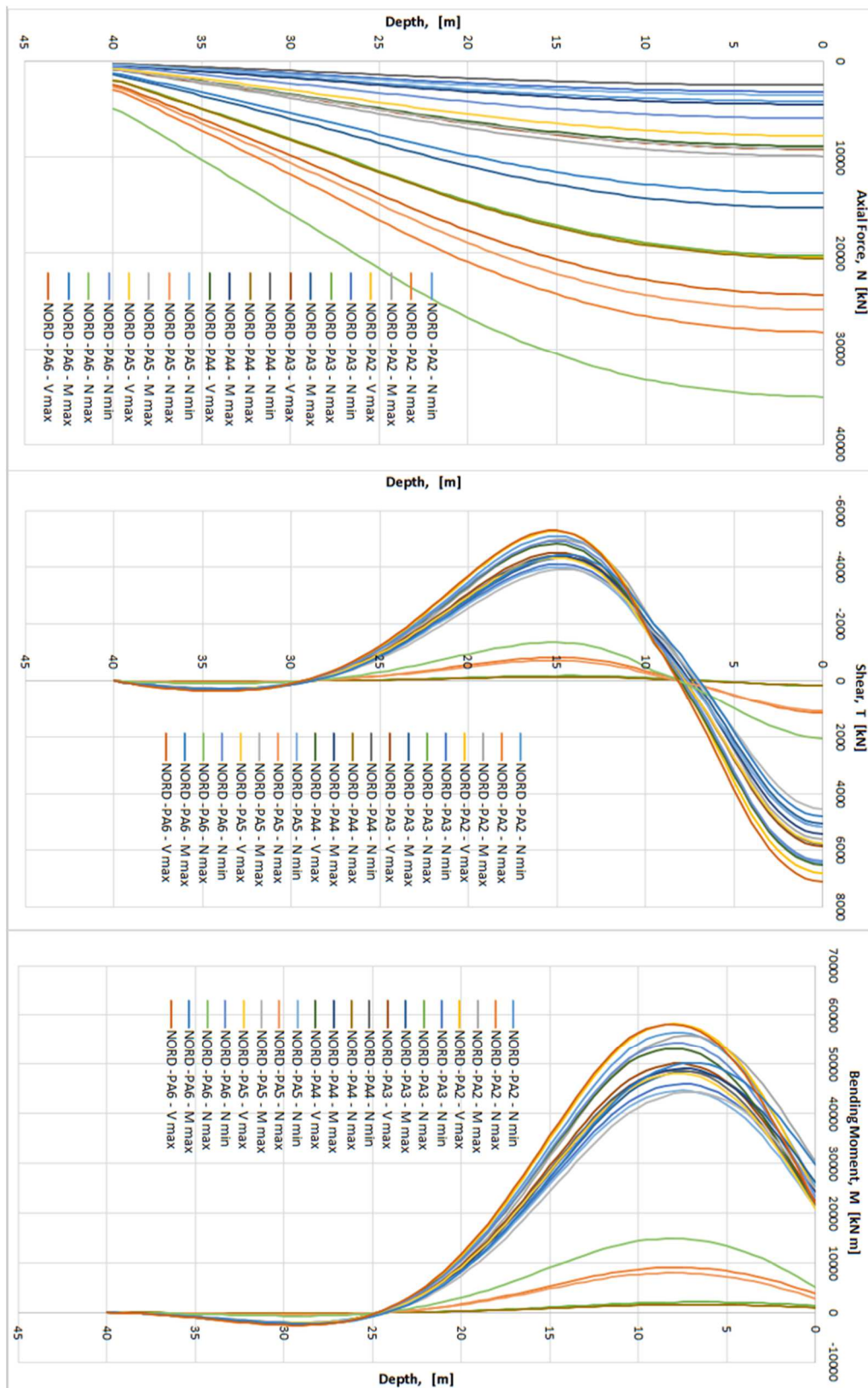


Figura 14 – Sollecitazioni SLU/SLV per resistenza trasversale (Carr. Nord, senza scalzamento)

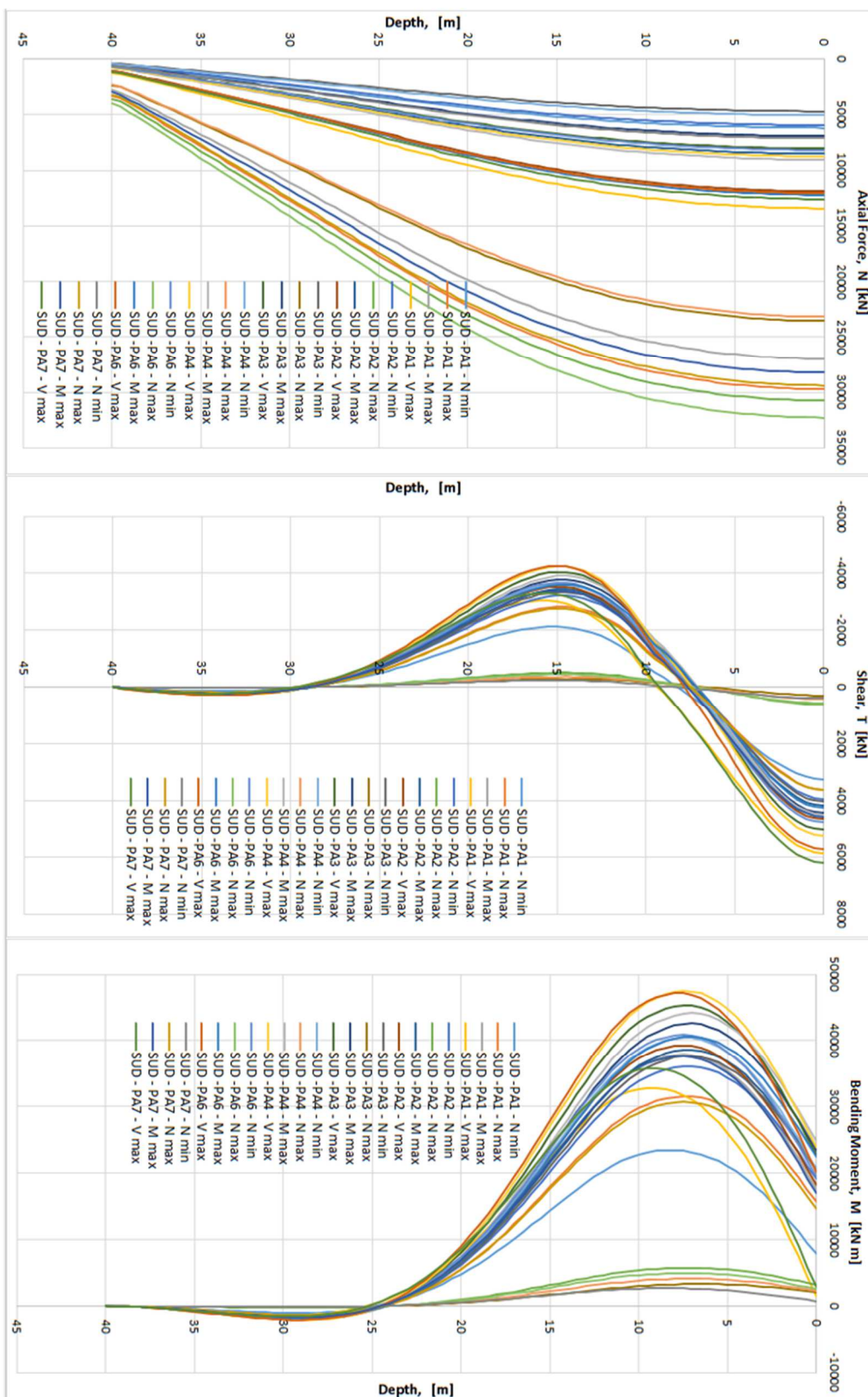


Figura 15 – Sollecitazioni SLU/SLV per resistenza trasversale (Carr. Sud, senza scalzamento)

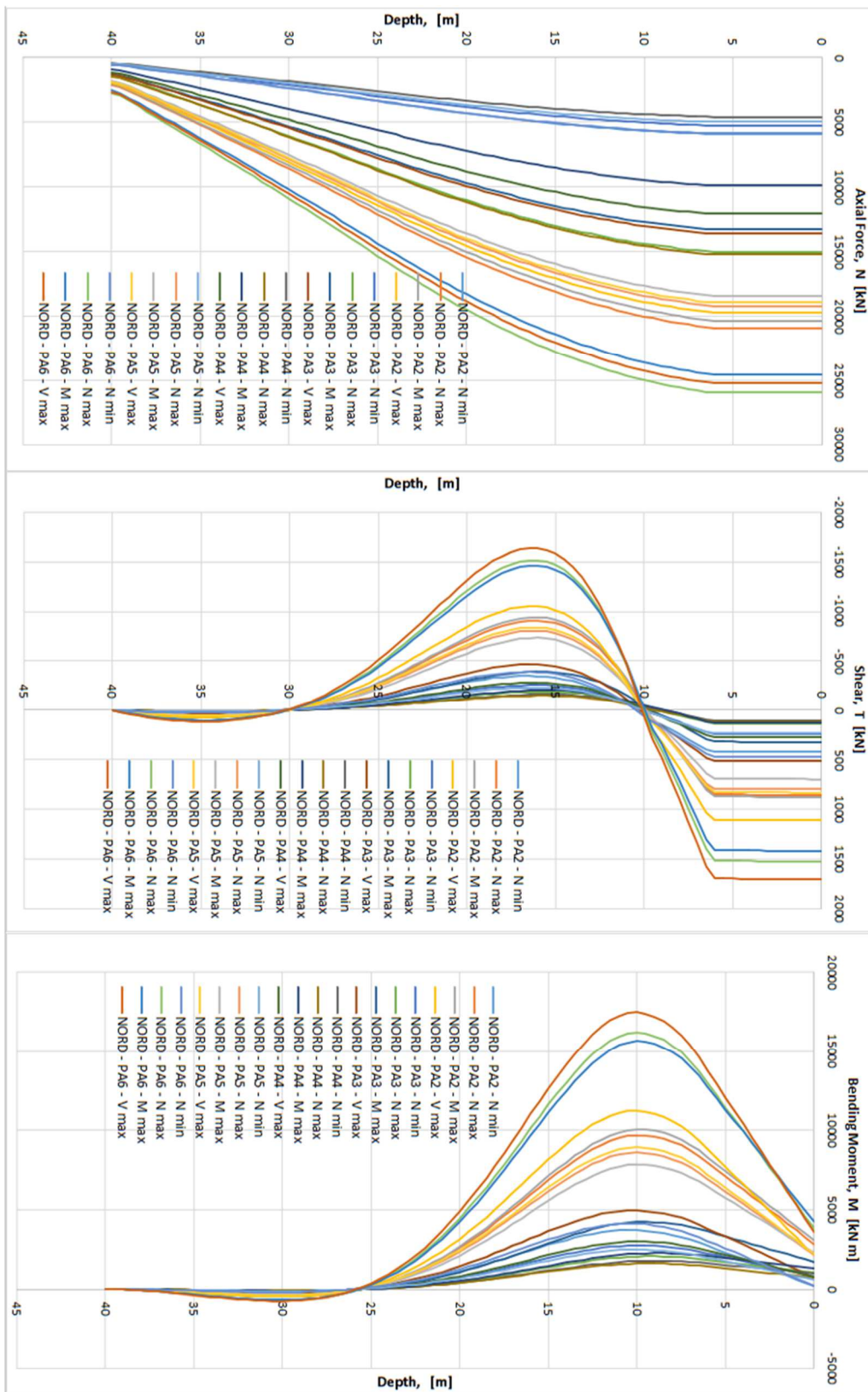


Figura 16 – Sollecitazioni SLU/SLV per resistenza trasversale (Carr. Nord, con scalzamento)

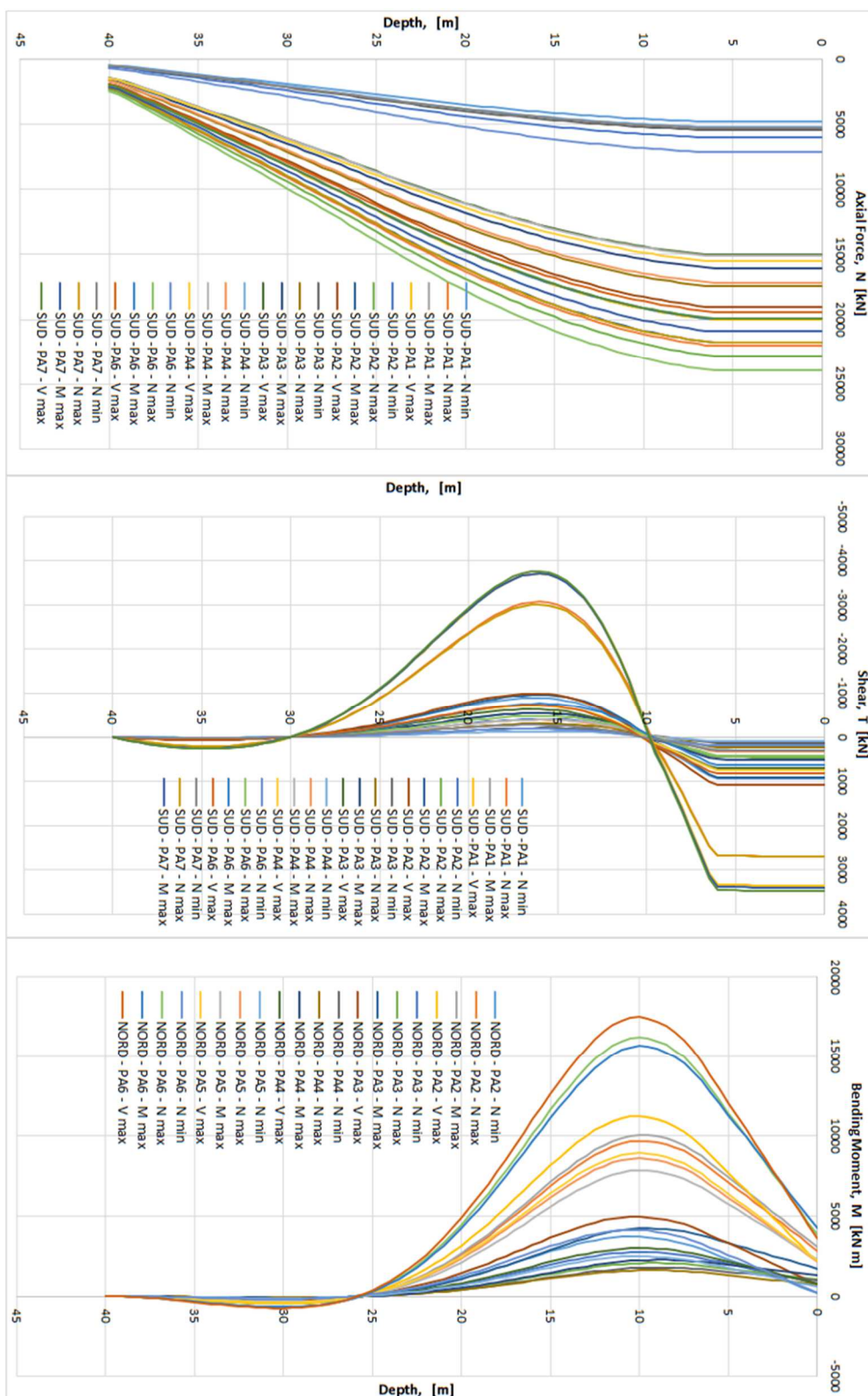


Figura 17 – Sollecitazioni SLU/SLV per resistenza trasversale (Carr. Sud, con scalzamento)

5.4 VERIFICHE DI CAPACITÀ PORTANTE PALI AI CARICHI VERTICALI

Le verifiche di capacità portante dei pali sono condotte in accordo alla normativa vigente con Approccio 2 (A1+M1+R3). La portata di progetto espressa in funzione della lunghezza utile del palo è riportata nel precedente capitolo 4, ed in forma tabellare negli elaborati di calcolo in Appendice A.

Il progetto delle lunghezze palo e le relative verifiche sono esposti al paragrafo 7.1 delle relazioni 111465-LL00-PD-AU-V63-VA63N-PIL00-R-STR-4602-0 (P6/P7 della carreggiata Nord),

111465-LL00-PD-AU-V63-VA63N-PIL00-R-STR-4603-0 (P1/P2/P3 della carreggiata Nord),

111465-LL00-PD-AU-V63-VA63N-PIL00-R-STR-4604-0 (P4/P5 della carreggiata Nord),

111465-LL00-PD-AU-V63-VA63S-PIL00-R-STR-4703-0 (P2/P3/P6 della carreggiata Sud),

111465-LL00-PD-AU-V63-VA63S-PIL00-R-STR-4704-0 (P4/P5 della carreggiata Sud),

ed al paragrafo 6.1 della relazione 111465-LL00-PD-AU-V63-VA63S-PIL00-R-STR-4702-0 (P1/P7 della carreggiata Sud), alle quali si rimanda.

5.5 VERIFICA DI RESISTENZA DELLA SEZIONE IN C.A. DEL PALO

Le verifiche di resistenza strutturale del palo sono esposte al paragrafo 7.2 delle relazioni sopra elencate ed al paragrafo 6.2 della relazione 111465-LL00-PD-AU-V63-VA63S-PIL00-R-STR-4702-0 (P1/P7 della carreggiata Sud), alle quali si rimanda.

6 APPENDICE A. VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE PALI. TABULATI DI CALCOLO PAL

6.1 PORTATA DI PORGETTO PALO D=2800 MM (A1+M1+R3) – PARAMETRI MINIMI – SENZA SCALZAMENTO

*** P A L ***
Programma per l'analisi della capacita' portante
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
ottobre 2006

pag./ 2

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

Quota testa palo da p.c.	=	.00 m
Quota falda da p.c.	=	.00 m
Peso di volume del palo	=	6.75 kN/m ³
Fattore di sicurezza portata laterale	=	1.70 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base	=	2.00 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 2800. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 2.800 = 8.40$ m
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 2.800 = 8.40$ m
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 Unit_B (Incoerente) da .00 a 10.00 m
Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 9.0 kN/m³
Tau = K * tan(delta) * S'v < 120.0 kPa
K = .50 delta = 33.0 deg
Qb variabile lin. da 670. a 670. kPa

Strato 2 Unit B (Incoerente) da 10.00 a 25.00 m
Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³
Tau = K * tan(delta) * S'v < 150.0 kPa
K = .50 delta = 35.0 deg
Qb variabile lin. da 2345. a 2345. kPa

Strato 3 Unit B (Incoerente) da 25.00 a 38.00 m
Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³
Tau = K * tan(delta) * S'v < 150.0 kPa
K = .50 delta = 35.0 deg
Qb variabile lin. da 2345. a 4500. kPa

pag./ 4

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 Unit B (Incoerente) da 38.00 a 70.00 m

Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³

Tau = K * tan(delta) * S'v < 150.0 kPa
K = .50 delta = 37.0 deg

Qb variabile lin. da 4500. a 4500. kPa

pag./ 5

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 Unit_B	1.00	1.00	-
2 Unit B	1.00	1.00	-
3 Unit B	1.00	1.00	-
4 Unit B	1.00	1.00	-

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

pag. / 6

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
.00	.0	.0	--	.00	.0	670.
.50	4.5	10.0	--	.32	1.5	670.
1.00	9.0	20.0	--	.32	2.9	670.
1.50	13.5	30.0	--	.32	4.4	670.
2.00	18.0	40.0	--	.32	5.8	670.
2.50	22.5	50.0	--	.32	7.3	670.
3.00	27.0	60.0	--	.32	8.8	670.
3.50	31.5	70.0	--	.32	10.2	670.
4.00	36.0	80.0	--	.32	11.7	670.
4.50	40.5	90.0	--	.32	13.2	670.
5.00	45.0	100.0	--	.32	14.6	670.
5.50	49.5	110.0	--	.32	16.1	670.
6.00	54.0	120.0	--	.32	17.5	670.
6.50	58.5	130.0	--	.32	19.0	670.
7.00	63.0	140.0	--	.32	20.5	670.
7.50	67.5	150.0	--	.32	21.9	670.
8.00	72.0	160.0	--	.32	23.4	670.
8.50	76.5	170.0	--	.32	24.8	670.
9.00	81.0	180.0	--	.32	26.3	670.
9.50	85.5	190.0	--	.32	27.8	670.
10.00	90.0	200.0	--	.34	30.4	670.
10.50	95.0	210.0	--	.35	33.3	769.
11.00	100.0	220.0	--	.35	35.0	867.
11.50	105.0	230.0	--	.35	36.8	966.
12.00	110.0	240.0	--	.35	38.5	1064.
12.50	115.0	250.0	--	.35	40.3	1163.
13.00	120.0	260.0	--	.35	42.0	1261.
13.50	125.0	270.0	--	.35	43.8	1360.
14.00	130.0	280.0	--	.35	45.5	1458.
14.50	135.0	290.0	--	.35	47.3	1557.

pag./ 7

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	140.0	300.0	--	.35	49.0	1655.
15.50	145.0	310.0	--	.35	50.8	1754.
16.00	150.0	320.0	--	.35	52.5	1852.
16.50	155.0	330.0	--	.35	54.3	1951.
17.00	160.0	340.0	--	.35	56.0	2049.
17.50	165.0	350.0	--	.35	57.8	2148.
18.00	170.0	360.0	--	.35	59.5	2246.
18.50	175.0	370.0	--	.35	61.3	2345.
19.00	180.0	380.0	--	.35	63.0	2345.
19.50	185.0	390.0	--	.35	64.8	2345.
20.00	190.0	400.0	--	.35	66.5	2345.
20.50	195.0	410.0	--	.35	68.3	2345.
21.00	200.0	420.0	--	.35	70.0	2345.
21.50	205.0	430.0	--	.35	71.8	2345.
22.00	210.0	440.0	--	.35	73.5	2345.
22.50	215.0	450.0	--	.35	75.3	2345.
23.00	220.0	460.0	--	.35	77.0	2345.
23.50	225.0	470.0	--	.35	78.8	2345.
24.00	230.0	480.0	--	.35	80.5	2345.
24.50	235.0	490.0	--	.35	82.3	2345.
25.00	240.0	500.0	--	.35	84.0	2345.
25.50	245.0	510.0	--	.35	85.8	2428.
26.00	250.0	520.0	--	.35	87.5	2511.
26.50	255.0	530.0	--	.35	89.3	2594.
27.00	260.0	540.0	--	.35	91.0	2677.
27.50	265.0	550.0	--	.35	92.8	2759.
28.00	270.0	560.0	--	.35	94.5	2842.
28.50	275.0	570.0	--	.35	96.3	2925.
29.00	280.0	580.0	--	.35	98.0	3008.
29.50	285.0	590.0	--	.35	99.8	3091.

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
30.00	290.0	600.0	--	.35	101.5	3174.
30.50	295.0	610.0	--	.35	103.3	3257.
31.00	300.0	620.0	--	.35	105.0	3340.
31.50	305.0	630.0	--	.35	106.8	3423.
32.00	310.0	640.0	--	.35	108.5	3505.
32.50	315.0	650.0	--	.35	110.3	3588.
33.00	320.0	660.0	--	.35	112.0	3671.
33.50	325.0	670.0	--	.35	113.8	3754.
34.00	330.0	680.0	--	.35	115.5	3837.
34.50	335.0	690.0	--	.35	117.3	3920.
35.00	340.0	700.0	--	.35	119.0	4003.
35.50	345.0	710.0	--	.35	120.8	4086.
36.00	350.0	720.0	--	.35	122.5	4168.
36.50	355.0	730.0	--	.35	124.3	4251.
37.00	360.0	740.0	--	.35	126.0	4334.
37.50	365.0	750.0	--	.35	127.8	4417.
38.00	370.0	760.0	--	.36	134.5	4500.
38.50	375.0	770.0	--	.38	141.3	4500.
39.00	380.0	780.0	--	.38	143.2	4500.
39.50	385.0	790.0	--	.38	145.1	4500.
40.00	390.0	800.0	--	.38	146.9	4500.
40.50	395.0	810.0	--	.38	148.8	4500.
41.00	400.0	820.0	--	.38	150.0	4500.
41.50	405.0	830.0	--	.37	150.0	4500.
42.00	410.0	840.0	--	.37	150.0	4500.
42.50	415.0	850.0	--	.36	150.0	4500.
43.00	420.0	860.0	--	.36	150.0	4500.
43.50	425.0	870.0	--	.35	150.0	4500.
44.00	430.0	880.0	--	.35	150.0	4500.
44.50	435.0	890.0	--	.34	150.0	4500.

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
45.00	440.0	900.0	--	.34	150.0	4500.
45.50	445.0	910.0	--	.34	150.0	4500.
46.00	450.0	920.0	--	.33	150.0	4500.
46.50	455.0	930.0	--	.33	150.0	4500.
47.00	460.0	940.0	--	.33	150.0	4500.
47.50	465.0	950.0	--	.32	150.0	4500.
48.00	470.0	960.0	--	.32	150.0	4500.
48.50	475.0	970.0	--	.32	150.0	4500.
49.00	480.0	980.0	--	.31	150.0	4500.
49.50	485.0	990.0	--	.31	150.0	4500.
50.00	490.0	1000.0	--	.31	150.0	4500.
50.50	495.0	1010.0	--	.30	150.0	4500.
51.00	500.0	1020.0	--	.30	150.0	4500.
51.50	505.0	1030.0	--	.30	150.0	4500.
52.00	510.0	1040.0	--	.29	150.0	4500.
52.50	515.0	1050.0	--	.29	150.0	4500.
53.00	520.0	1060.0	--	.29	150.0	4500.
53.50	525.0	1070.0	--	.29	150.0	4500.
54.00	530.0	1080.0	--	.28	150.0	4500.
54.50	535.0	1090.0	--	.28	150.0	4500.
55.00	540.0	1100.0	--	.28	150.0	4500.
55.50	545.0	1110.0	--	.28	150.0	4500.
56.00	550.0	1120.0	--	.27	150.0	4500.
56.50	555.0	1130.0	--	.27	150.0	4500.
57.00	560.0	1140.0	--	.27	150.0	4500.
57.50	565.0	1150.0	--	.27	150.0	4500.
58.00	570.0	1160.0	--	.26	150.0	4500.
58.50	575.0	1170.0	--	.26	150.0	4500.
59.00	580.0	1180.0	--	.26	150.0	4500.
59.50	585.0	1190.0	--	.26	150.0	4500.

pag. / 10

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
60.00	590.0	1200.0	--	.25	150.0	4500.
60.50	595.0	1210.0	--	.25	150.0	4500.
61.00	600.0	1220.0	--	.25	150.0	4500.
61.50	605.0	1230.0	--	.25	150.0	4500.
62.00	610.0	1240.0	--	.25	150.0	4500.
62.50	615.0	1250.0	--	.24	150.0	4500.
63.00	620.0	1260.0	--	.24	150.0	4500.
63.50	625.0	1270.0	--	.24	150.0	4500.
64.00	630.0	1280.0	--	.24	150.0	4500.
64.50	635.0	1290.0	--	.24	150.0	4500.
65.00	640.0	1300.0	--	.23	150.0	4500.
65.50	645.0	1310.0	--	.23	150.0	4500.
66.00	650.0	1320.0	--	.23	150.0	4500.
66.50	655.0	1330.0	--	.23	150.0	4500.
67.00	660.0	1340.0	--	.23	150.0	4500.
67.50	665.0	1350.0	--	.23	150.0	4500.
68.00	670.0	1360.0	--	.22	150.0	4500.
68.50	675.0	1370.0	--	.22	150.0	4500.
69.00	680.0	1380.0	--	.22	150.0	4500.
69.50	685.0	1390.0	--	.22	150.0	4500.
70.00	690.0	1400.0	--	.22	150.0	4500.

zz = Profondita' da piano campagna
 S'v = Tensione verticale efficace
 Sv = Tensione verticale totale
 Cu = Coesione non drenata
 Tau = Tensione di adesione laterale limite
 qb = Portata di base limite unitaria

pag. / 11

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	4126.	0.	4126.	2063.
.50	3.	4126.	21.	4108.	2044.
1.00	13.	4126.	42.	4097.	2029.
1.50	29.	4126.	62.	4092.	2017.
2.00	51.	4126.	83.	4094.	2010.
2.50	80.	4126.	104.	4102.	2006.
3.00	116.	4126.	125.	4117.	2006.
3.50	157.	4126.	145.	4138.	2010.
4.00	206.	4126.	166.	4165.	2017.
4.50	260.	4126.	187.	4199.	2029.
5.00	321.	4126.	208.	4239.	2044.
5.50	389.	4126.	229.	4286.	2063.
6.00	463.	4126.	249.	4339.	2085.
6.50	543.	4126.	270.	4398.	2112.
7.00	630.	4126.	291.	4464.	2142.
7.50	723.	4126.	312.	4537.	2176.
8.00	823.	4126.	333.	4616.	2214.
8.50	929.	4126.	353.	4701.	2255.
9.00	1041.	4126.	374.	4793.	2300.
9.50	1160.	4126.	395.	4891.	2349.
10.00	1287.	4126.	416.	4996.	2403.
10.50	1428.	4732.	436.	5724.	2769.
11.00	1578.	5339.	457.	6460.	3139.
11.50	1736.	5946.	478.	7203.	3515.
12.00	1901.	6552.	499.	7955.	3894.
12.50	2074.	7159.	520.	8714.	4279.
13.00	2255.	7766.	540.	9481.	4668.
13.50	2444.	8372.	561.	10255.	5061.
14.00	2640.	8979.	582.	11038.	5459.
14.50	2844.	9586.	603.	11828.	5861.

pag. / 12

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	3056.	10193.	623.	12625.	6268.
15.50	3276.	10799.	644.	13431.	6680.
16.00	3503.	11406.	665.	14244.	7096.
16.50	3737.	12013.	686.	15064.	7516.
17.00	3980.	12619.	707.	15893.	7942.
17.50	4230.	13226.	727.	16729.	8371.
18.00	4488.	13833.	748.	17573.	8805.
18.50	4754.	14439.	769.	18424.	9244.
19.00	5027.	14439.	790.	18677.	9384.
19.50	5308.	14439.	810.	18937.	9528.
20.00	5597.	14439.	831.	19205.	9677.
20.50	5893.	14439.	852.	19481.	9830.
21.00	6197.	14439.	873.	19764.	9988.
21.50	6509.	14439.	894.	20055.	10151.
22.00	6829.	14439.	914.	20354.	10317.
22.50	7156.	14439.	935.	20660.	10489.
23.00	7491.	14439.	956.	20974.	10665.
23.50	7833.	14439.	977.	21296.	10845.
24.00	8184.	14439.	998.	21626.	11031.
24.50	8542.	14439.	1018.	21963.	11220.
25.00	8908.	14439.	1039.	22308.	11414.
25.50	9281.	14950.	1060.	23171.	11868.
26.00	9662.	15460.	1081.	24041.	12326.
26.50	10051.	15970.	1101.	24920.	12789.
27.00	10447.	16481.	1122.	25806.	13256.
27.50	10852.	16991.	1143.	26700.	13728.
28.00	11263.	17502.	1164.	27601.	14205.
28.50	11683.	18012.	1185.	28510.	14686.
29.00	12110.	18522.	1205.	29427.	15171.
29.50	12545.	19033.	1226.	30352.	15661.

pag. / 13

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
30.00	12988.	19543.	1247.	31284.	16156.
30.50	13438.	20053.	1268.	32224.	16655.
31.00	13897.	20564.	1288.	33172.	17158.
31.50	14362.	21074.	1309.	34127.	17666.
32.00	14836.	21584.	1330.	35090.	18179.
32.50	15317.	22095.	1351.	36061.	18696.
33.00	15806.	22605.	1372.	37040.	19218.
33.50	16303.	23116.	1392.	38026.	19744.
34.00	16807.	23626.	1413.	39020.	20275.
34.50	17319.	24136.	1434.	40021.	20810.
35.00	17839.	24647.	1455.	41031.	21350.
35.50	18366.	25157.	1475.	42047.	21894.
36.00	18901.	25667.	1496.	43072.	22443.
36.50	19444.	26178.	1517.	44105.	22996.
37.00	19994.	26688.	1538.	45145.	23554.
37.50	20553.	27198.	1559.	46192.	24116.
38.00	21124.	27709.	1579.	47253.	24686.
38.50	21736.	27709.	1600.	47844.	25025.
39.00	22361.	27709.	1621.	48449.	25372.
39.50	22995.	27709.	1642.	49062.	25723.
40.00	23637.	27709.	1663.	49684.	26080.
40.50	24288.	27709.	1683.	50313.	26441.
41.00	24946.	27709.	1704.	50950.	26807.
41.50	25605.	27709.	1725.	51589.	27174.
42.00	26265.	27709.	1746.	52228.	27541.
42.50	26925.	27709.	1766.	52867.	27908.
43.00	27585.	27709.	1787.	53506.	28274.
43.50	28244.	27709.	1808.	54145.	28641.
44.00	28904.	27709.	1829.	54784.	29008.
44.50	29564.	27709.	1850.	55423.	29375.

pag. / 14

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
45.00	30224.	27709.	1870.	56062.	29742.
45.50	30883.	27709.	1891.	56701.	30109.
46.00	31543.	27709.	1912.	57340.	30475.
46.50	32203.	27709.	1933.	57979.	30842.
47.00	32862.	27709.	1953.	58618.	31209.
47.50	33522.	27709.	1974.	59257.	31576.
48.00	34182.	27709.	1995.	59896.	31943.
48.50	34842.	27709.	2016.	60535.	32310.
49.00	35501.	27709.	2037.	61174.	32676.
49.50	36161.	27709.	2057.	61813.	33043.
50.00	36821.	27709.	2078.	62452.	33410.
50.50	37481.	27709.	2099.	63091.	33777.
51.00	38140.	27709.	2120.	63729.	34144.
51.50	38800.	27709.	2141.	64368.	34511.
52.00	39460.	27709.	2161.	65007.	34878.
52.50	40120.	27709.	2182.	65646.	35244.
53.00	40779.	27709.	2203.	66285.	35611.
53.50	41439.	27709.	2224.	66924.	35978.
54.00	42099.	27709.	2244.	67563.	36345.
54.50	42758.	27709.	2265.	68202.	36712.
55.00	43418.	27709.	2286.	68841.	37079.
55.50	44078.	27709.	2307.	69480.	37445.
56.00	44738.	27709.	2328.	70119.	37812.
56.50	45397.	27709.	2348.	70758.	38179.
57.00	46057.	27709.	2369.	71397.	38546.
57.50	46717.	27709.	2390.	72036.	38913.
58.00	47377.	27709.	2411.	72675.	39280.
58.50	48036.	27709.	2431.	73314.	39646.
59.00	48696.	27709.	2452.	73953.	40013.
59.50	49356.	27709.	2473.	74592.	40380.

pag. / 15

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Min

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
60.00	50016.	27709.	2494.	75231.	40747.
60.50	50675.	27709.	2515.	75870.	41114.
61.00	51335.	27709.	2535.	76509.	41481.
61.50	51995.	27709.	2556.	77147.	41847.
62.00	52654.	27709.	2577.	77786.	42214.
62.50	53314.	27709.	2598.	78425.	42581.
63.00	53974.	27709.	2618.	79064.	42948.
63.50	54634.	27709.	2639.	79703.	43315.
64.00	55293.	27709.	2660.	80342.	43682.
64.50	55953.	27709.	2681.	80981.	44049.
65.00	56613.	27709.	2702.	81620.	44415.
65.50	57273.	27709.	2722.	82259.	44782.
66.00	57932.	27709.	2743.	82898.	45149.
66.50	58592.	27709.	2764.	83537.	45516.
67.00	59252.	27709.	2785.	84176.	45883.
67.50	59912.	27709.	2806.	84815.	46250.
68.00	60571.	27709.	2826.	85454.	46616.
68.50	61231.	27709.	2847.	86093.	46983.
69.00	61891.	27709.	2868.	86732.	47350.
69.50	62551.	27709.	2889.	87371.	47717.
70.00	63210.	27709.	2909.	88010.	48084.

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 = $Ql1/FS,l + Qb1/FS,b - Wp$

6.2 PORTATA DI PORGETTO PALO D=2800 MM (A1+M1+R3) – PARAMETRI MEDI – SENZA SCALZAMENTO

*** P A L ***
Programma per l'analisi della capacita' portante
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
ottobre 2006

pag./ 2

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

Quota testa palo da p.c.	=	.00 m
Quota falda da p.c.	=	.00 m
Peso di volume del palo	=	6.75 kN/m ³
Fattore di sicurezza portata laterale	=	1.84 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base	=	2.16 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 2800. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 2.800 = 8.40$ m
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 2.800 = 8.40$ m
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 Unit_B (Incoerente) da .00 a 10.00 m

Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 9.0 kN/m³

Tau = K * tan(delta) * S'v < 120.0 kPa
 K = .70 delta = 33.0 deg

Qb variabile lin. da 2010. a 2010. kPa

Strato 2 Unit B (Incoerente) da 10.00 a 25.00 m

Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³

Tau = K * tan(delta) * S'v < 150.0 kPa
 K = .70 delta = 35.0 deg

Qb variabile lin. da 3350. a 3350. kPa

Strato 3 Unit B (Incoerente) da 25.00 a 33.00 m

Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³

Tau = K * tan(delta) * S'v < 150.0 kPa
 K = .70 delta = 35.0 deg

Qb variabile lin. da 3350. a 4500. kPa

pag./ 4

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 Unit B (Incoerente) da 33.00 a 70.00 m

Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³

Tau = K * tan(delta) * S'v < 150.0 kPa
K = .70 delta = 37.0 deg

Qb variabile lin. da 4500. a 4500. kPa

pag./ 5

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 Unit_B	1.00	1.00	-
2 Unit B	1.00	1.00	-
3 Unit B	1.00	1.00	-
4 Unit B	1.00	1.00	-

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

pag./ 6

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
.00	.0	.0	--	.00	.0	2010.
.50	4.5	10.0	--	.45	2.0	2010.
1.00	9.0	20.0	--	.45	4.1	2010.
1.50	13.5	30.0	--	.45	6.1	2010.
2.00	18.0	40.0	--	.45	8.2	2010.
2.50	22.5	50.0	--	.45	10.2	2010.
3.00	27.0	60.0	--	.45	12.3	2010.
3.50	31.5	70.0	--	.45	14.3	2010.
4.00	36.0	80.0	--	.45	16.4	2010.
4.50	40.5	90.0	--	.45	18.4	2010.
5.00	45.0	100.0	--	.45	20.5	2010.
5.50	49.5	110.0	--	.45	22.5	2010.
6.00	54.0	120.0	--	.45	24.5	2010.
6.50	58.5	130.0	--	.45	26.6	2010.
7.00	63.0	140.0	--	.45	28.6	2010.
7.50	67.5	150.0	--	.45	30.7	2010.
8.00	72.0	160.0	--	.45	32.7	2010.
8.50	76.5	170.0	--	.45	34.8	2010.
9.00	81.0	180.0	--	.45	36.8	2010.
9.50	85.5	190.0	--	.45	38.9	2010.
10.00	90.0	200.0	--	.47	42.5	2010.
10.50	95.0	210.0	--	.49	46.6	2089.
11.00	100.0	220.0	--	.49	49.0	2168.
11.50	105.0	230.0	--	.49	51.5	2246.
12.00	110.0	240.0	--	.49	53.9	2325.
12.50	115.0	250.0	--	.49	56.4	2404.
13.00	120.0	260.0	--	.49	58.8	2483.
13.50	125.0	270.0	--	.49	61.3	2562.
14.00	130.0	280.0	--	.49	63.7	2641.
14.50	135.0	290.0	--	.49	66.2	2719.

pag. / 7

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	140.0	300.0	--	.49	68.6	2798.
15.50	145.0	310.0	--	.49	71.1	2877.
16.00	150.0	320.0	--	.49	73.5	2956.
16.50	155.0	330.0	--	.49	76.0	3035.
17.00	160.0	340.0	--	.49	78.4	3114.
17.50	165.0	350.0	--	.49	80.9	3192.
18.00	170.0	360.0	--	.49	83.3	3271.
18.50	175.0	370.0	--	.49	85.8	3350.
19.00	180.0	380.0	--	.49	88.2	3350.
19.50	185.0	390.0	--	.49	90.7	3350.
20.00	190.0	400.0	--	.49	93.1	3350.
20.50	195.0	410.0	--	.49	95.6	3350.
21.00	200.0	420.0	--	.49	98.0	3350.
21.50	205.0	430.0	--	.49	100.5	3350.
22.00	210.0	440.0	--	.49	102.9	3350.
22.50	215.0	450.0	--	.49	105.4	3350.
23.00	220.0	460.0	--	.49	107.8	3350.
23.50	225.0	470.0	--	.49	110.3	3350.
24.00	230.0	480.0	--	.49	112.7	3350.
24.50	235.0	490.0	--	.49	115.2	3350.
25.00	240.0	500.0	--	.49	117.6	3350.
25.50	245.0	510.0	--	.49	120.1	3422.
26.00	250.0	520.0	--	.49	122.5	3494.
26.50	255.0	530.0	--	.49	125.0	3566.
27.00	260.0	540.0	--	.49	127.4	3638.
27.50	265.0	550.0	--	.49	129.9	3709.
28.00	270.0	560.0	--	.49	132.3	3781.
28.50	275.0	570.0	--	.49	134.8	3853.
29.00	280.0	580.0	--	.49	137.2	3925.
29.50	285.0	590.0	--	.49	139.7	3997.

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
30.00	290.0	600.0	--	.49	142.1	4069.
30.50	295.0	610.0	--	.49	144.6	4141.
31.00	300.0	620.0	--	.49	147.0	4213.
31.50	305.0	630.0	--	.49	149.5	4284.
32.00	310.0	640.0	--	.48	150.0	4356.
32.50	315.0	650.0	--	.48	150.0	4428.
33.00	320.0	660.0	--	.47	150.0	4500.
33.50	325.0	670.0	--	.46	150.0	4500.
34.00	330.0	680.0	--	.45	150.0	4500.
34.50	335.0	690.0	--	.45	150.0	4500.
35.00	340.0	700.0	--	.44	150.0	4500.
35.50	345.0	710.0	--	.43	150.0	4500.
36.00	350.0	720.0	--	.43	150.0	4500.
36.50	355.0	730.0	--	.42	150.0	4500.
37.00	360.0	740.0	--	.42	150.0	4500.
37.50	365.0	750.0	--	.41	150.0	4500.
38.00	370.0	760.0	--	.41	150.0	4500.
38.50	375.0	770.0	--	.40	150.0	4500.
39.00	380.0	780.0	--	.39	150.0	4500.
39.50	385.0	790.0	--	.39	150.0	4500.
40.00	390.0	800.0	--	.38	150.0	4500.
40.50	395.0	810.0	--	.38	150.0	4500.
41.00	400.0	820.0	--	.38	150.0	4500.
41.50	405.0	830.0	--	.37	150.0	4500.
42.00	410.0	840.0	--	.37	150.0	4500.
42.50	415.0	850.0	--	.36	150.0	4500.
43.00	420.0	860.0	--	.36	150.0	4500.
43.50	425.0	870.0	--	.35	150.0	4500.
44.00	430.0	880.0	--	.35	150.0	4500.
44.50	435.0	890.0	--	.34	150.0	4500.

pag./ 9

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
45.00	440.0	900.0	--	.34	150.0	4500.
45.50	445.0	910.0	--	.34	150.0	4500.
46.00	450.0	920.0	--	.33	150.0	4500.
46.50	455.0	930.0	--	.33	150.0	4500.
47.00	460.0	940.0	--	.33	150.0	4500.
47.50	465.0	950.0	--	.32	150.0	4500.
48.00	470.0	960.0	--	.32	150.0	4500.
48.50	475.0	970.0	--	.32	150.0	4500.
49.00	480.0	980.0	--	.31	150.0	4500.
49.50	485.0	990.0	--	.31	150.0	4500.
50.00	490.0	1000.0	--	.31	150.0	4500.
50.50	495.0	1010.0	--	.30	150.0	4500.
51.00	500.0	1020.0	--	.30	150.0	4500.
51.50	505.0	1030.0	--	.30	150.0	4500.
52.00	510.0	1040.0	--	.29	150.0	4500.
52.50	515.0	1050.0	--	.29	150.0	4500.
53.00	520.0	1060.0	--	.29	150.0	4500.
53.50	525.0	1070.0	--	.29	150.0	4500.
54.00	530.0	1080.0	--	.28	150.0	4500.
54.50	535.0	1090.0	--	.28	150.0	4500.
55.00	540.0	1100.0	--	.28	150.0	4500.
55.50	545.0	1110.0	--	.28	150.0	4500.
56.00	550.0	1120.0	--	.27	150.0	4500.
56.50	555.0	1130.0	--	.27	150.0	4500.
57.00	560.0	1140.0	--	.27	150.0	4500.
57.50	565.0	1150.0	--	.27	150.0	4500.
58.00	570.0	1160.0	--	.26	150.0	4500.
58.50	575.0	1170.0	--	.26	150.0	4500.
59.00	580.0	1180.0	--	.26	150.0	4500.
59.50	585.0	1190.0	--	.26	150.0	4500.

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
60.00	590.0	1200.0	--	.25	150.0	4500.
60.50	595.0	1210.0	--	.25	150.0	4500.
61.00	600.0	1220.0	--	.25	150.0	4500.
61.50	605.0	1230.0	--	.25	150.0	4500.
62.00	610.0	1240.0	--	.25	150.0	4500.
62.50	615.0	1250.0	--	.24	150.0	4500.
63.00	620.0	1260.0	--	.24	150.0	4500.
63.50	625.0	1270.0	--	.24	150.0	4500.
64.00	630.0	1280.0	--	.24	150.0	4500.
64.50	635.0	1290.0	--	.24	150.0	4500.
65.00	640.0	1300.0	--	.23	150.0	4500.
65.50	645.0	1310.0	--	.23	150.0	4500.
66.00	650.0	1320.0	--	.23	150.0	4500.
66.50	655.0	1330.0	--	.23	150.0	4500.
67.00	660.0	1340.0	--	.23	150.0	4500.
67.50	665.0	1350.0	--	.23	150.0	4500.
68.00	670.0	1360.0	--	.22	150.0	4500.
68.50	675.0	1370.0	--	.22	150.0	4500.
69.00	680.0	1380.0	--	.22	150.0	4500.
69.50	685.0	1390.0	--	.22	150.0	4500.
70.00	690.0	1400.0	--	.22	150.0	4500.

zz = Profondita' da piano campagna
 S'v = Tensione verticale efficace
 Sv = Tensione verticale totale
 Cu = Coesione non drenata
 Tau = Tensione di adesione laterale limite
 qb = Portata di base limite unitaria

pag. / 11

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	12377.	0.	12377.	5730.
.50	4.	12377.	21.	12360.	5712.
1.00	18.	12377.	42.	12353.	5698.
1.50	40.	12377.	62.	12355.	5690.
2.00	72.	12377.	83.	12365.	5686.
2.50	112.	12377.	104.	12385.	5687.
3.00	162.	12377.	125.	12414.	5693.
3.50	220.	12377.	145.	12452.	5704.
4.00	288.	12377.	166.	12498.	5720.
4.50	364.	12377.	187.	12554.	5741.
5.00	450.	12377.	208.	12619.	5767.
5.50	544.	12377.	229.	12692.	5797.
6.00	648.	12377.	249.	12775.	5833.
6.50	760.	12377.	270.	12867.	5873.
7.00	882.	12377.	291.	12967.	5918.
7.50	1012.	12377.	312.	13077.	5968.
8.00	1152.	12377.	333.	13196.	6023.
8.50	1300.	12377.	353.	13323.	6083.
9.00	1458.	12377.	374.	13460.	6148.
9.50	1624.	12377.	395.	13606.	6218.
10.00	1801.	12377.	416.	13762.	6293.
10.50	1999.	12862.	436.	14424.	6605.
11.00	2209.	13347.	457.	15099.	6923.
11.50	2430.	13833.	478.	15785.	7247.
12.00	2662.	14318.	499.	16481.	7577.
12.50	2904.	14803.	520.	17188.	7912.
13.00	3158.	15289.	540.	17906.	8254.
13.50	3422.	15774.	561.	18635.	8601.
14.00	3697.	16259.	582.	19374.	8955.
14.50	3982.	16745.	603.	20124.	9314.

pag. / 12

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	4279.	17230.	623.	20885.	9679.
15.50	4586.	17716.	644.	21657.	10050.
16.00	4904.	18201.	665.	22440.	10426.
16.50	5232.	18686.	686.	23233.	10809.
17.00	5572.	19172.	707.	24037.	11197.
17.50	5922.	19657.	727.	24852.	11592.
18.00	6283.	20142.	748.	25678.	11992.
18.50	6655.	20628.	769.	26514.	12398.
19.00	7038.	20628.	790.	26876.	12585.
19.50	7431.	20628.	810.	27249.	12778.
20.00	7836.	20628.	831.	27632.	12977.
20.50	8251.	20628.	852.	28026.	13182.
21.00	8676.	20628.	873.	28431.	13392.
21.50	9113.	20628.	894.	28847.	13609.
22.00	9560.	20628.	914.	29274.	13831.
22.50	10018.	20628.	935.	29711.	14059.
23.00	10487.	20628.	956.	30159.	14293.
23.50	10967.	20628.	977.	30618.	14533.
24.00	11457.	20628.	998.	31087.	14779.
24.50	11959.	20628.	1018.	31568.	15031.
25.00	12471.	20628.	1039.	32059.	15288.
25.50	12993.	21070.	1060.	33004.	15756.
26.00	13527.	21513.	1081.	33959.	16231.
26.50	14071.	21955.	1101.	34925.	16710.
27.00	14626.	22398.	1122.	35902.	17196.
27.50	15192.	22841.	1143.	36890.	17688.
28.00	15769.	23283.	1164.	37888.	18185.
28.50	16356.	23726.	1185.	38897.	18689.
29.00	16955.	24168.	1205.	39917.	19198.
29.50	17564.	24611.	1226.	40948.	19713.

pag. / 13

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
30.00	18183.	25053.	1247.	41990.	20234.
30.50	18814.	25496.	1268.	43042.	20761.
31.00	19455.	25939.	1288.	44105.	21294.
31.50	20107.	26381.	1309.	45179.	21832.
32.00	20767.	26824.	1330.	46260.	22374.
32.50	21426.	27266.	1351.	47342.	22917.
33.00	22086.	27709.	1372.	48423.	23460.
33.50	22746.	27709.	1392.	49062.	23798.
34.00	23405.	27709.	1413.	49701.	24135.
34.50	24065.	27709.	1434.	50340.	24473.
35.00	24725.	27709.	1455.	50979.	24811.
35.50	25385.	27709.	1475.	51618.	25149.
36.00	26044.	27709.	1496.	52257.	25486.
36.50	26704.	27709.	1517.	52896.	25824.
37.00	27364.	27709.	1538.	53535.	26162.
37.50	28024.	27709.	1559.	54174.	26500.
38.00	28683.	27709.	1579.	54813.	26838.
38.50	29343.	27709.	1600.	55452.	27175.
39.00	30003.	27709.	1621.	56091.	27513.
39.50	30663.	27709.	1642.	56730.	27851.
40.00	31322.	27709.	1663.	57369.	28189.
40.50	31982.	27709.	1683.	58008.	28526.
41.00	32642.	27709.	1704.	58646.	28864.
41.50	33301.	27709.	1725.	59285.	29202.
42.00	33961.	27709.	1746.	59924.	29540.
42.50	34621.	27709.	1766.	60563.	29877.
43.00	35281.	27709.	1787.	61202.	30215.
43.50	35940.	27709.	1808.	61841.	30553.
44.00	36600.	27709.	1829.	62480.	30891.
44.50	37260.	27709.	1850.	63119.	31229.

pag. / 14

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
45.00	37920.	27709.	1870.	63758.	31566.
45.50	38579.	27709.	1891.	64397.	31904.
46.00	39239.	27709.	1912.	65036.	32242.
46.50	39899.	27709.	1933.	65675.	32580.
47.00	40559.	27709.	1953.	66314.	32917.
47.50	41218.	27709.	1974.	66953.	33255.
48.00	41878.	27709.	1995.	67592.	33593.
48.50	42538.	27709.	2016.	68231.	33931.
49.00	43197.	27709.	2037.	68870.	34268.
49.50	43857.	27709.	2057.	69509.	34606.
50.00	44517.	27709.	2078.	70148.	34944.
50.50	45177.	27709.	2099.	70787.	35282.
51.00	45836.	27709.	2120.	71426.	35620.
51.50	46496.	27709.	2141.	72064.	35957.
52.00	47156.	27709.	2161.	72703.	36295.
52.50	47816.	27709.	2182.	73342.	36633.
53.00	48475.	27709.	2203.	73981.	36971.
53.50	49135.	27709.	2224.	74620.	37308.
54.00	49795.	27709.	2244.	75259.	37646.
54.50	50455.	27709.	2265.	75898.	37984.
55.00	51114.	27709.	2286.	76537.	38322.
55.50	51774.	27709.	2307.	77176.	38659.
56.00	52434.	27709.	2328.	77815.	38997.
56.50	53093.	27709.	2348.	78454.	39335.
57.00	53753.	27709.	2369.	79093.	39673.
57.50	54413.	27709.	2390.	79732.	40011.
58.00	55073.	27709.	2411.	80371.	40348.
58.50	55732.	27709.	2431.	81010.	40686.
59.00	56392.	27709.	2452.	81649.	41024.
59.50	57052.	27709.	2473.	82288.	41362.

pag. / 15

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Senza Scalzamento - Parametri Med

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
60.00	57712.	27709.	2494.	82927.	41699.
60.50	58371.	27709.	2515.	83566.	42037.
61.00	59031.	27709.	2535.	84205.	42375.
61.50	59691.	27709.	2556.	84844.	42713.
62.00	60351.	27709.	2577.	85482.	43050.
62.50	61010.	27709.	2598.	86121.	43388.
63.00	61670.	27709.	2618.	86760.	43726.
63.50	62330.	27709.	2639.	87399.	44064.
64.00	62990.	27709.	2660.	88038.	44402.
64.50	63649.	27709.	2681.	88677.	44739.
65.00	64309.	27709.	2702.	89316.	45077.
65.50	64969.	27709.	2722.	89955.	45415.
66.00	65628.	27709.	2743.	90594.	45753.
66.50	66288.	27709.	2764.	91233.	46090.
67.00	66948.	27709.	2785.	91872.	46428.
67.50	67608.	27709.	2806.	92511.	46766.
68.00	68267.	27709.	2826.	93150.	47104.
68.50	68927.	27709.	2847.	93789.	47441.
69.00	69587.	27709.	2868.	94428.	47779.
69.50	70247.	27709.	2889.	95067.	48117.
70.00	70906.	27709.	2909.	95706.	48455.

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 = $Ql1/FS,l + Qb1/FS,b - Wp$

6.3 PORTATA DI PORGETTO PALO D=2800 MM (A1+M1+R3) – PARAMETRI MINIMI – CON SCALZAMENTO

*** P A L ***
Programma per l'analisi della capacita' portante
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
ottobre 2006

pag./ 2

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

Quota testa palo da p.c.	=	.00 m
Quota falda da p.c.	=	.00 m
Peso di volume del palo	=	6.75 kN/m ³
Fattore di sicurezza portata laterale	=	1.70 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base	=	2.00 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 2800. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 2.800 = 8.40$ m
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 2.800 = 8.40$ m
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 0 Unit_B (Incoerente) da .00 a 6.50 m
 Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 9.0 kN/m³
 Tau = K * tan(delta) * S'v < 120.0 kPa
 K = .50 delta = 33.0 deg
 Qb variabile lin. da 670. a 670. kPa

Strato 1 Unit_B (Incoerente) da 6.50 a 10.00 m
 Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 9.0 kN/m³
 Tau = K * tan(delta) * S'v < 120.0 kPa
 K = .50 delta = 33.0 deg
 Qb variabile lin. da 670. a 670. kPa

Strato 2 Unit B (Incoerente) da 10.00 a 25.00 m
 Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³
 Tau = K * tan(delta) * S'v < 150.0 kPa
 K = .50 delta = 35.0 deg
 Qb variabile lin. da 2345. a 2345. kPa

pag./ 4

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 3 Unit B (Incoerente) da 25.00 a 38.00 m

Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³

Tau = K * tan(delta) * S'v < 150.0 kPa
K = .50 delta = 35.0 deg

Qb variabile lin. da 2345. a 4500. kPa

Strato 4 Unit B (Incoerente) da 38.00 a 70.00 m

Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³

Tau = K * tan(delta) * S'v < 150.0 kPa
K = .50 delta = 37.0 deg

Qb variabile lin. da 4500. a 4500. kPa

pag./ 5

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
0 Unit_B	.00	.00	-
1 Unit_B	1.00	1.00	-
2 Unit B	1.00	1.00	-
3 Unit B	1.00	1.00	-
4 Unit B	1.00	1.00	-

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

pag./ 6

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
.00	.0	.0	--	.00	.0	0.
.50	4.5	10.0	--	.00	.0	0.
1.00	9.0	20.0	--	.00	.0	0.
1.50	13.5	30.0	--	.00	.0	0.
2.00	18.0	40.0	--	.00	.0	0.
2.50	22.5	50.0	--	.00	.0	0.
3.00	27.0	60.0	--	.00	.0	0.
3.50	31.5	70.0	--	.00	.0	0.
4.00	36.0	80.0	--	.00	.0	0.
4.50	40.5	90.0	--	.00	.0	0.
5.00	45.0	100.0	--	.00	.0	0.
5.50	49.5	110.0	--	.00	.0	0.
6.00	54.0	120.0	--	.00	.0	0.
6.50	58.5	130.0	--	.16	9.5	0.
7.00	63.0	140.0	--	.32	20.5	39.
7.50	67.5	150.0	--	.32	21.9	79.
8.00	72.0	160.0	--	.32	23.4	118.
8.50	76.5	170.0	--	.32	24.8	158.
9.00	81.0	180.0	--	.32	26.3	197.
9.50	85.5	190.0	--	.32	27.8	236.
10.00	90.0	200.0	--	.34	30.4	276.
10.50	95.0	210.0	--	.35	33.3	398.
11.00	100.0	220.0	--	.35	35.0	519.
11.50	105.0	230.0	--	.35	36.8	641.
12.00	110.0	240.0	--	.35	38.5	763.
12.50	115.0	250.0	--	.35	40.3	884.
13.00	120.0	260.0	--	.35	42.0	1006.
13.50	125.0	270.0	--	.35	43.8	1128.
14.00	130.0	280.0	--	.35	45.5	1250.
14.50	135.0	290.0	--	.35	47.3	1371.

pag./ 7

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	140.0	300.0	--	.35	49.0	1493.
15.50	145.0	310.0	--	.35	50.8	1615.
16.00	150.0	320.0	--	.35	52.5	1736.
16.50	155.0	330.0	--	.35	54.3	1858.
17.00	160.0	340.0	--	.35	56.0	1980.
17.50	165.0	350.0	--	.35	57.8	2102.
18.00	170.0	360.0	--	.35	59.5	2223.
18.50	175.0	370.0	--	.35	61.3	2345.
19.00	180.0	380.0	--	.35	63.0	2345.
19.50	185.0	390.0	--	.35	64.8	2345.
20.00	190.0	400.0	--	.35	66.5	2345.
20.50	195.0	410.0	--	.35	68.3	2345.
21.00	200.0	420.0	--	.35	70.0	2345.
21.50	205.0	430.0	--	.35	71.8	2345.
22.00	210.0	440.0	--	.35	73.5	2345.
22.50	215.0	450.0	--	.35	75.3	2345.
23.00	220.0	460.0	--	.35	77.0	2345.
23.50	225.0	470.0	--	.35	78.8	2345.
24.00	230.0	480.0	--	.35	80.5	2345.
24.50	235.0	490.0	--	.35	82.3	2345.
25.00	240.0	500.0	--	.35	84.0	2345.
25.50	245.0	510.0	--	.35	85.8	2428.
26.00	250.0	520.0	--	.35	87.5	2511.
26.50	255.0	530.0	--	.35	89.3	2594.
27.00	260.0	540.0	--	.35	91.0	2677.
27.50	265.0	550.0	--	.35	92.8	2759.
28.00	270.0	560.0	--	.35	94.5	2842.
28.50	275.0	570.0	--	.35	96.3	2925.
29.00	280.0	580.0	--	.35	98.0	3008.
29.50	285.0	590.0	--	.35	99.8	3091.

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
30.00	290.0	600.0	--	.35	101.5	3174.
30.50	295.0	610.0	--	.35	103.3	3257.
31.00	300.0	620.0	--	.35	105.0	3340.
31.50	305.0	630.0	--	.35	106.8	3423.
32.00	310.0	640.0	--	.35	108.5	3505.
32.50	315.0	650.0	--	.35	110.3	3588.
33.00	320.0	660.0	--	.35	112.0	3671.
33.50	325.0	670.0	--	.35	113.8	3754.
34.00	330.0	680.0	--	.35	115.5	3837.
34.50	335.0	690.0	--	.35	117.3	3920.
35.00	340.0	700.0	--	.35	119.0	4003.
35.50	345.0	710.0	--	.35	120.8	4086.
36.00	350.0	720.0	--	.35	122.5	4168.
36.50	355.0	730.0	--	.35	124.3	4251.
37.00	360.0	740.0	--	.35	126.0	4334.
37.50	365.0	750.0	--	.35	127.8	4417.
38.00	370.0	760.0	--	.36	134.5	4500.
38.50	375.0	770.0	--	.38	141.3	4500.
39.00	380.0	780.0	--	.38	143.2	4500.
39.50	385.0	790.0	--	.38	145.1	4500.
40.00	390.0	800.0	--	.38	146.9	4500.
40.50	395.0	810.0	--	.38	148.8	4500.
41.00	400.0	820.0	--	.38	150.0	4500.
41.50	405.0	830.0	--	.37	150.0	4500.
42.00	410.0	840.0	--	.37	150.0	4500.
42.50	415.0	850.0	--	.36	150.0	4500.
43.00	420.0	860.0	--	.36	150.0	4500.
43.50	425.0	870.0	--	.35	150.0	4500.
44.00	430.0	880.0	--	.35	150.0	4500.
44.50	435.0	890.0	--	.34	150.0	4500.

pag. / 9

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
45.00	440.0	900.0	--	.34	150.0	4500.
45.50	445.0	910.0	--	.34	150.0	4500.
46.00	450.0	920.0	--	.33	150.0	4500.
46.50	455.0	930.0	--	.33	150.0	4500.
47.00	460.0	940.0	--	.33	150.0	4500.
47.50	465.0	950.0	--	.32	150.0	4500.
48.00	470.0	960.0	--	.32	150.0	4500.
48.50	475.0	970.0	--	.32	150.0	4500.
49.00	480.0	980.0	--	.31	150.0	4500.
49.50	485.0	990.0	--	.31	150.0	4500.
50.00	490.0	1000.0	--	.31	150.0	4500.
50.50	495.0	1010.0	--	.30	150.0	4500.
51.00	500.0	1020.0	--	.30	150.0	4500.
51.50	505.0	1030.0	--	.30	150.0	4500.
52.00	510.0	1040.0	--	.29	150.0	4500.
52.50	515.0	1050.0	--	.29	150.0	4500.
53.00	520.0	1060.0	--	.29	150.0	4500.
53.50	525.0	1070.0	--	.29	150.0	4500.
54.00	530.0	1080.0	--	.28	150.0	4500.
54.50	535.0	1090.0	--	.28	150.0	4500.
55.00	540.0	1100.0	--	.28	150.0	4500.
55.50	545.0	1110.0	--	.28	150.0	4500.
56.00	550.0	1120.0	--	.27	150.0	4500.
56.50	555.0	1130.0	--	.27	150.0	4500.
57.00	560.0	1140.0	--	.27	150.0	4500.
57.50	565.0	1150.0	--	.27	150.0	4500.
58.00	570.0	1160.0	--	.26	150.0	4500.
58.50	575.0	1170.0	--	.26	150.0	4500.
59.00	580.0	1180.0	--	.26	150.0	4500.
59.50	585.0	1190.0	--	.26	150.0	4500.

pag. / 10

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
60.00	590.0	1200.0	--	.25	150.0	4500.
60.50	595.0	1210.0	--	.25	150.0	4500.
61.00	600.0	1220.0	--	.25	150.0	4500.
61.50	605.0	1230.0	--	.25	150.0	4500.
62.00	610.0	1240.0	--	.25	150.0	4500.
62.50	615.0	1250.0	--	.24	150.0	4500.
63.00	620.0	1260.0	--	.24	150.0	4500.
63.50	625.0	1270.0	--	.24	150.0	4500.
64.00	630.0	1280.0	--	.24	150.0	4500.
64.50	635.0	1290.0	--	.24	150.0	4500.
65.00	640.0	1300.0	--	.23	150.0	4500.
65.50	645.0	1310.0	--	.23	150.0	4500.
66.00	650.0	1320.0	--	.23	150.0	4500.
66.50	655.0	1330.0	--	.23	150.0	4500.
67.00	660.0	1340.0	--	.23	150.0	4500.
67.50	665.0	1350.0	--	.23	150.0	4500.
68.00	670.0	1360.0	--	.22	150.0	4500.
68.50	675.0	1370.0	--	.22	150.0	4500.
69.00	680.0	1380.0	--	.22	150.0	4500.
69.50	685.0	1390.0	--	.22	150.0	4500.
70.00	690.0	1400.0	--	.22	150.0	4500.

zz = Profondita' da piano campagna
 S'v = Tensione verticale efficace
 Sv = Tensione verticale totale
 Cu = Coesione non drenata
 Tau = Tensione di adesione laterale limite
 qb = Portata di base limite unitaria

pag. / 11

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	0.	21.	-21.	-21.
1.00	0.	0.	42.	-42.	-42.
1.50	0.	0.	62.	-62.	-62.
2.00	0.	0.	83.	-83.	-83.
2.50	0.	0.	104.	-104.	-104.
3.00	0.	0.	125.	-125.	-125.
3.50	0.	0.	145.	-145.	-145.
4.00	0.	0.	166.	-166.	-166.
4.50	0.	0.	187.	-187.	-187.
5.00	0.	0.	208.	-208.	-208.
5.50	0.	0.	229.	-229.	-229.
6.00	0.	0.	249.	-249.	-249.
6.50	10.	0.	270.	-260.	-264.
7.00	87.	243.	291.	38.	-119.
7.50	180.	485.	312.	354.	37.
8.00	280.	728.	333.	675.	196.
8.50	386.	971.	353.	1003.	359.
9.00	498.	1213.	374.	1337.	525.
9.50	617.	1456.	395.	1678.	696.
10.00	744.	1699.	416.	2027.	871.
10.50	885.	2448.	436.	2896.	1307.
11.00	1035.	3198.	457.	3775.	1750.
11.50	1193.	3947.	478.	4662.	2196.
12.00	1358.	4697.	499.	5556.	2648.
12.50	1531.	5446.	520.	6458.	3103.
13.00	1712.	6195.	540.	7367.	3563.
13.50	1901.	6945.	561.	8285.	4028.
14.00	2097.	7694.	582.	9210.	4498.
14.50	2301.	8444.	603.	10142.	4971.

pag. / 12

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	2513.	9193.	623.	11083.	5450.
15.50	2733.	9943.	644.	12031.	5933.
16.00	2960.	10692.	665.	12987.	6420.
16.50	3194.	11442.	686.	13950.	6912.
17.00	3437.	12191.	707.	14921.	7408.
17.50	3687.	12940.	727.	15900.	7909.
18.00	3945.	13690.	748.	16887.	8415.
18.50	4211.	14439.	769.	17881.	8925.
19.00	4484.	14439.	790.	18134.	9065.
19.50	4765.	14439.	810.	18394.	9209.
20.00	5054.	14439.	831.	18662.	9358.
20.50	5350.	14439.	852.	18938.	9511.
21.00	5654.	14439.	873.	19221.	9669.
21.50	5966.	14439.	894.	19512.	9831.
22.00	6286.	14439.	914.	19811.	9998.
22.50	6613.	14439.	935.	20117.	10170.
23.00	6948.	14439.	956.	20431.	10346.
23.50	7290.	14439.	977.	20753.	10526.
24.00	7641.	14439.	998.	21083.	10711.
24.50	7999.	14439.	1018.	21420.	10901.
25.00	8364.	14439.	1039.	21765.	11095.
25.50	8738.	14950.	1060.	22628.	11549.
26.00	9119.	15460.	1081.	23498.	12007.
26.50	9508.	15970.	1101.	24377.	12470.
27.00	9904.	16481.	1122.	25263.	12937.
27.50	10309.	16991.	1143.	26157.	13409.
28.00	10720.	17502.	1164.	27058.	13886.
28.50	11140.	18012.	1185.	27967.	14367.
29.00	11567.	18522.	1205.	28884.	14852.
29.50	12002.	19033.	1226.	29809.	15342.

pag. / 13

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
30.00	12445.	19543.	1247.	30741.	15837.
30.50	12895.	20053.	1268.	31681.	16336.
31.00	13354.	20564.	1288.	32629.	16839.
31.50	13819.	21074.	1309.	33584.	17347.
32.00	14293.	21584.	1330.	34547.	17860.
32.50	14774.	22095.	1351.	35518.	18377.
33.00	15263.	22605.	1372.	36497.	18899.
33.50	15760.	23116.	1392.	37483.	19425.
34.00	16264.	23626.	1413.	38477.	19956.
34.50	16776.	24136.	1434.	39478.	20491.
35.00	17296.	24647.	1455.	40487.	21030.
35.50	17823.	25157.	1475.	41504.	21575.
36.00	18358.	25667.	1496.	42529.	22124.
36.50	18901.	26178.	1517.	43561.	22677.
37.00	19451.	26688.	1538.	44602.	23235.
37.50	20009.	27198.	1559.	45649.	23797.
38.00	20581.	27709.	1579.	46710.	24367.
38.50	21193.	27709.	1600.	47301.	24706.
39.00	21818.	27709.	1621.	47906.	25053.
39.50	22452.	27709.	1642.	48519.	25404.
40.00	23094.	27709.	1663.	49141.	25761.
40.50	23745.	27709.	1683.	49770.	26122.
41.00	24403.	27709.	1704.	50407.	26488.
41.50	25062.	27709.	1725.	51046.	26855.
42.00	25722.	27709.	1746.	51685.	27222.
42.50	26382.	27709.	1766.	52324.	27588.
43.00	27042.	27709.	1787.	52963.	27955.
43.50	27701.	27709.	1808.	53602.	28322.
44.00	28361.	27709.	1829.	54241.	28689.
44.50	29021.	27709.	1850.	54880.	29056.

pag. / 14

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
45.00	29680.	27709.	1870.	55519.	29423.
45.50	30340.	27709.	1891.	56158.	29790.
46.00	31000.	27709.	1912.	56797.	30156.
46.50	31660.	27709.	1933.	57436.	30523.
47.00	32319.	27709.	1953.	58075.	30890.
47.50	32979.	27709.	1974.	58714.	31257.
48.00	33639.	27709.	1995.	59353.	31624.
48.50	34299.	27709.	2016.	59992.	31991.
49.00	34958.	27709.	2037.	60631.	32357.
49.50	35618.	27709.	2057.	61270.	32724.
50.00	36278.	27709.	2078.	61909.	33091.
50.50	36938.	27709.	2099.	62547.	33458.
51.00	37597.	27709.	2120.	63186.	33825.
51.50	38257.	27709.	2141.	63825.	34192.
52.00	38917.	27709.	2161.	64464.	34558.
52.50	39576.	27709.	2182.	65103.	34925.
53.00	40236.	27709.	2203.	65742.	35292.
53.50	40896.	27709.	2224.	66381.	35659.
54.00	41556.	27709.	2244.	67020.	36026.
54.50	42215.	27709.	2265.	67659.	36393.
55.00	42875.	27709.	2286.	68298.	36759.
55.50	43535.	27709.	2307.	68937.	37126.
56.00	44195.	27709.	2328.	69576.	37493.
56.50	44854.	27709.	2348.	70215.	37860.
57.00	45514.	27709.	2369.	70854.	38227.
57.50	46174.	27709.	2390.	71493.	38594.
58.00	46834.	27709.	2411.	72132.	38961.
58.50	47493.	27709.	2431.	72771.	39327.
59.00	48153.	27709.	2452.	73410.	39694.
59.50	48813.	27709.	2473.	74049.	40061.

pag. / 15

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Min

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
60.00	49473.	27709.	2494.	74688.	40428.
60.50	50132.	27709.	2515.	75327.	40795.
61.00	50792.	27709.	2535.	75965.	41162.
61.50	51452.	27709.	2556.	76604.	41528.
62.00	52111.	27709.	2577.	77243.	41895.
62.50	52771.	27709.	2598.	77882.	42262.
63.00	53431.	27709.	2618.	78521.	42629.
63.50	54091.	27709.	2639.	79160.	42996.
64.00	54750.	27709.	2660.	79799.	43363.
64.50	55410.	27709.	2681.	80438.	43729.
65.00	56070.	27709.	2702.	81077.	44096.
65.50	56730.	27709.	2722.	81716.	44463.
66.00	57389.	27709.	2743.	82355.	44830.
66.50	58049.	27709.	2764.	82994.	45197.
67.00	58709.	27709.	2785.	83633.	45564.
67.50	59369.	27709.	2806.	84272.	45931.
68.00	60028.	27709.	2826.	84911.	46297.
68.50	60688.	27709.	2847.	85550.	46664.
69.00	61348.	27709.	2868.	86189.	47031.
69.50	62007.	27709.	2889.	86828.	47398.
70.00	62667.	27709.	2909.	87467.	47765.

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 = $Ql1/FS,l + Qb1/FS,b - Wp$

6.4 PORTATA DI PORGETTO PALO D=2800 MM (A1+M1+R3) – PARAMETRI MEDI – CON SCALZAMENTO

*** P A L ***
 Programma per l'analisi della capacita' portante
 assiale di un palo di fondazione
 (C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
 ottobre 2006

pag./ 2

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

Quota testa palo da p.c.	=	.00 m
Quota falda da p.c.	=	.00 m
Peso di volume del palo	=	6.75 kN/m ³
Fattore di sicurezza portata laterale	=	1.84 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base	=	2.16 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 2800. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
 quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli
 strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 2.800 = 8.40$ m
 entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 2.800 = 8.40$ m
 sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 0 Unit_B (Incoerente) da .00 a 6.50 m
 Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 9.0 kN/m³
 Tau = K * tan(delta) * S'v < 120.0 kPa
 K = .70 delta = 33.0 deg
 Qb variabile lin. da 2010. a 2010. kPa

Strato 1 Unit_B (Incoerente) da 6.50 a 10.00 m
 Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 9.0 kN/m³
 Tau = K * tan(delta) * S'v < 120.0 kPa
 K = .70 delta = 33.0 deg
 Qb variabile lin. da 2010. a 2010. kPa

Strato 2 Unit B (Incoerente) da 10.00 a 25.00 m
 Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³
 Tau = K * tan(delta) * S'v < 150.0 kPa
 K = .70 delta = 35.0 deg
 Qb variabile lin. da 3350. a 3350. kPa

pag./ 4

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 3 Unit B (Incoerente) da 25.00 a 33.00 m

Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³

Tau = K * tan(delta) * S'v < 150.0 kPa
 K = .70 delta = 35.0 deg

Qb variabile lin. da 3350. a 4500. kPa

Strato 4 Unit B (Incoerente) da 33.00 a 70.00 m

Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³

Tau = K * tan(delta) * S'v < 150.0 kPa
 K = .70 delta = 37.0 deg

Qb variabile lin. da 4500. a 4500. kPa

pag./ 5

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
0 Unit_B	.00	.00	-
1 Unit_B	1.00	1.00	-
2 Unit B	1.00	1.00	-
3 Unit B	1.00	1.00	-
4 Unit B	1.00	1.00	-

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

pag./ 6

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
.00	.0	.0	--	.00	.0	0.
.50	4.5	10.0	--	.00	.0	0.
1.00	9.0	20.0	--	.00	.0	0.
1.50	13.5	30.0	--	.00	.0	0.
2.00	18.0	40.0	--	.00	.0	0.
2.50	22.5	50.0	--	.00	.0	0.
3.00	27.0	60.0	--	.00	.0	0.
3.50	31.5	70.0	--	.00	.0	0.
4.00	36.0	80.0	--	.00	.0	0.
4.50	40.5	90.0	--	.00	.0	0.
5.00	45.0	100.0	--	.00	.0	0.
5.50	49.5	110.0	--	.00	.0	0.
6.00	54.0	120.0	--	.00	.0	0.
6.50	58.5	130.0	--	.23	13.3	0.
7.00	63.0	140.0	--	.45	28.6	118.
7.50	67.5	150.0	--	.45	30.7	236.
8.00	72.0	160.0	--	.45	32.7	355.
8.50	76.5	170.0	--	.45	34.8	473.
9.00	81.0	180.0	--	.45	36.8	591.
9.50	85.5	190.0	--	.45	38.9	709.
10.00	90.0	200.0	--	.47	42.5	828.
10.50	95.0	210.0	--	.49	46.6	976.
11.00	100.0	220.0	--	.49	49.0	1124.
11.50	105.0	230.0	--	.49	51.5	1273.
12.00	110.0	240.0	--	.49	53.9	1421.
12.50	115.0	250.0	--	.49	56.4	1570.
13.00	120.0	260.0	--	.49	58.8	1718.
13.50	125.0	270.0	--	.49	61.3	1866.
14.00	130.0	280.0	--	.49	63.7	2015.
14.50	135.0	290.0	--	.49	66.2	2163.

pag./ 7

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	140.0	300.0	--	.49	68.6	2311.
15.50	145.0	310.0	--	.49	71.1	2460.
16.00	150.0	320.0	--	.49	73.5	2608.
16.50	155.0	330.0	--	.49	76.0	2757.
17.00	160.0	340.0	--	.49	78.4	2905.
17.50	165.0	350.0	--	.49	80.9	3053.
18.00	170.0	360.0	--	.49	83.3	3202.
18.50	175.0	370.0	--	.49	85.8	3350.
19.00	180.0	380.0	--	.49	88.2	3350.
19.50	185.0	390.0	--	.49	90.7	3350.
20.00	190.0	400.0	--	.49	93.1	3350.
20.50	195.0	410.0	--	.49	95.6	3350.
21.00	200.0	420.0	--	.49	98.0	3350.
21.50	205.0	430.0	--	.49	100.5	3350.
22.00	210.0	440.0	--	.49	102.9	3350.
22.50	215.0	450.0	--	.49	105.4	3350.
23.00	220.0	460.0	--	.49	107.8	3350.
23.50	225.0	470.0	--	.49	110.3	3350.
24.00	230.0	480.0	--	.49	112.7	3350.
24.50	235.0	490.0	--	.49	115.2	3350.
25.00	240.0	500.0	--	.49	117.6	3350.
25.50	245.0	510.0	--	.49	120.1	3422.
26.00	250.0	520.0	--	.49	122.5	3494.
26.50	255.0	530.0	--	.49	125.0	3566.
27.00	260.0	540.0	--	.49	127.4	3638.
27.50	265.0	550.0	--	.49	129.9	3709.
28.00	270.0	560.0	--	.49	132.3	3781.
28.50	275.0	570.0	--	.49	134.8	3853.
29.00	280.0	580.0	--	.49	137.2	3925.
29.50	285.0	590.0	--	.49	139.7	3997.

pag./ 8

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
30.00	290.0	600.0	--	.49	142.1	4069.
30.50	295.0	610.0	--	.49	144.6	4141.
31.00	300.0	620.0	--	.49	147.0	4213.
31.50	305.0	630.0	--	.49	149.5	4284.
32.00	310.0	640.0	--	.48	150.0	4356.
32.50	315.0	650.0	--	.48	150.0	4428.
33.00	320.0	660.0	--	.47	150.0	4500.
33.50	325.0	670.0	--	.46	150.0	4500.
34.00	330.0	680.0	--	.45	150.0	4500.
34.50	335.0	690.0	--	.45	150.0	4500.
35.00	340.0	700.0	--	.44	150.0	4500.
35.50	345.0	710.0	--	.43	150.0	4500.
36.00	350.0	720.0	--	.43	150.0	4500.
36.50	355.0	730.0	--	.42	150.0	4500.
37.00	360.0	740.0	--	.42	150.0	4500.
37.50	365.0	750.0	--	.41	150.0	4500.
38.00	370.0	760.0	--	.41	150.0	4500.
38.50	375.0	770.0	--	.40	150.0	4500.
39.00	380.0	780.0	--	.39	150.0	4500.
39.50	385.0	790.0	--	.39	150.0	4500.
40.00	390.0	800.0	--	.38	150.0	4500.
40.50	395.0	810.0	--	.38	150.0	4500.
41.00	400.0	820.0	--	.38	150.0	4500.
41.50	405.0	830.0	--	.37	150.0	4500.
42.00	410.0	840.0	--	.37	150.0	4500.
42.50	415.0	850.0	--	.36	150.0	4500.
43.00	420.0	860.0	--	.36	150.0	4500.
43.50	425.0	870.0	--	.35	150.0	4500.
44.00	430.0	880.0	--	.35	150.0	4500.
44.50	435.0	890.0	--	.34	150.0	4500.

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
45.00	440.0	900.0	--	.34	150.0	4500.
45.50	445.0	910.0	--	.34	150.0	4500.
46.00	450.0	920.0	--	.33	150.0	4500.
46.50	455.0	930.0	--	.33	150.0	4500.
47.00	460.0	940.0	--	.33	150.0	4500.
47.50	465.0	950.0	--	.32	150.0	4500.
48.00	470.0	960.0	--	.32	150.0	4500.
48.50	475.0	970.0	--	.32	150.0	4500.
49.00	480.0	980.0	--	.31	150.0	4500.
49.50	485.0	990.0	--	.31	150.0	4500.
50.00	490.0	1000.0	--	.31	150.0	4500.
50.50	495.0	1010.0	--	.30	150.0	4500.
51.00	500.0	1020.0	--	.30	150.0	4500.
51.50	505.0	1030.0	--	.30	150.0	4500.
52.00	510.0	1040.0	--	.29	150.0	4500.
52.50	515.0	1050.0	--	.29	150.0	4500.
53.00	520.0	1060.0	--	.29	150.0	4500.
53.50	525.0	1070.0	--	.29	150.0	4500.
54.00	530.0	1080.0	--	.28	150.0	4500.
54.50	535.0	1090.0	--	.28	150.0	4500.
55.00	540.0	1100.0	--	.28	150.0	4500.
55.50	545.0	1110.0	--	.28	150.0	4500.
56.00	550.0	1120.0	--	.27	150.0	4500.
56.50	555.0	1130.0	--	.27	150.0	4500.
57.00	560.0	1140.0	--	.27	150.0	4500.
57.50	565.0	1150.0	--	.27	150.0	4500.
58.00	570.0	1160.0	--	.26	150.0	4500.
58.50	575.0	1170.0	--	.26	150.0	4500.
59.00	580.0	1180.0	--	.26	150.0	4500.
59.50	585.0	1190.0	--	.26	150.0	4500.

pag. / 10

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
60.00	590.0	1200.0	--	.25	150.0	4500.
60.50	595.0	1210.0	--	.25	150.0	4500.
61.00	600.0	1220.0	--	.25	150.0	4500.
61.50	605.0	1230.0	--	.25	150.0	4500.
62.00	610.0	1240.0	--	.25	150.0	4500.
62.50	615.0	1250.0	--	.24	150.0	4500.
63.00	620.0	1260.0	--	.24	150.0	4500.
63.50	625.0	1270.0	--	.24	150.0	4500.
64.00	630.0	1280.0	--	.24	150.0	4500.
64.50	635.0	1290.0	--	.24	150.0	4500.
65.00	640.0	1300.0	--	.23	150.0	4500.
65.50	645.0	1310.0	--	.23	150.0	4500.
66.00	650.0	1320.0	--	.23	150.0	4500.
66.50	655.0	1330.0	--	.23	150.0	4500.
67.00	660.0	1340.0	--	.23	150.0	4500.
67.50	665.0	1350.0	--	.23	150.0	4500.
68.00	670.0	1360.0	--	.22	150.0	4500.
68.50	675.0	1370.0	--	.22	150.0	4500.
69.00	680.0	1380.0	--	.22	150.0	4500.
69.50	685.0	1390.0	--	.22	150.0	4500.
70.00	690.0	1400.0	--	.22	150.0	4500.

zz = Profondita' da piano campagna
 S'v = Tensione verticale efficace
 Sv = Tensione verticale totale
 Cu = Coesione non drenata
 Tau = Tensione di adesione laterale limite
 qb = Portata di base limite unitaria

pag. / 11

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q1l kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	0.	21.	-21.	-21.
1.00	0.	0.	42.	-42.	-42.
1.50	0.	0.	62.	-62.	-62.
2.00	0.	0.	83.	-83.	-83.
2.50	0.	0.	104.	-104.	-104.
3.00	0.	0.	125.	-125.	-125.
3.50	0.	0.	145.	-145.	-145.
4.00	0.	0.	166.	-166.	-166.
4.50	0.	0.	187.	-187.	-187.
5.00	0.	0.	208.	-208.	-208.
5.50	0.	0.	229.	-229.	-229.
6.00	0.	0.	249.	-249.	-249.
6.50	15.	0.	270.	-256.	-262.
7.00	121.	728.	291.	559.	112.
7.50	252.	1456.	312.	1396.	499.
8.00	391.	2184.	333.	2243.	891.
8.50	540.	2912.	353.	3099.	1288.
9.00	697.	3640.	374.	3963.	1690.
9.50	864.	4368.	395.	4837.	2097.
10.00	1041.	5096.	416.	5722.	2509.
10.50	1239.	6010.	436.	6812.	3019.
11.00	1449.	6923.	457.	7915.	3535.
11.50	1670.	7837.	478.	9029.	4058.
12.00	1901.	8751.	499.	10153.	4586.
12.50	2144.	9664.	520.	11289.	5120.
13.00	2397.	10578.	540.	12435.	5660.
13.50	2661.	11492.	561.	13592.	6205.
14.00	2936.	12405.	582.	14760.	6757.
14.50	3222.	13319.	603.	15938.	7314.

pag. / 12

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	3518.	14232.	623.	17127.	7878.
15.50	3826.	15146.	644.	18327.	8447.
16.00	4143.	16060.	665.	19538.	9022.
16.50	4472.	16973.	686.	20760.	9603.
17.00	4812.	17887.	707.	21992.	10189.
17.50	5162.	18800.	727.	23235.	10782.
18.00	5523.	19714.	748.	24489.	11380.
18.50	5895.	20628.	769.	25754.	11985.
19.00	6278.	20628.	790.	26116.	12172.
19.50	6671.	20628.	810.	26488.	12365.
20.00	7075.	20628.	831.	26872.	12564.
20.50	7490.	20628.	852.	27266.	12769.
21.00	7916.	20628.	873.	27671.	12979.
21.50	8353.	20628.	894.	28087.	13196.
22.00	8800.	20628.	914.	28513.	13418.
22.50	9258.	20628.	935.	28951.	13646.
23.00	9727.	20628.	956.	29399.	13880.
23.50	10207.	20628.	977.	29858.	14120.
24.00	10697.	20628.	998.	30327.	14366.
24.50	11198.	20628.	1018.	30808.	14618.
25.00	11710.	20628.	1039.	31299.	14875.
25.50	12233.	21070.	1060.	32243.	15343.
26.00	12767.	21513.	1081.	33199.	15817.
26.50	13311.	21955.	1101.	34165.	16297.
27.00	13866.	22398.	1122.	35142.	16783.
27.50	14432.	22841.	1143.	36129.	17275.
28.00	15009.	23283.	1164.	37128.	17772.
28.50	15596.	23726.	1185.	38137.	18276.
29.00	16194.	24168.	1205.	39157.	18785.
29.50	16803.	24611.	1226.	40188.	19300.

pag. / 13

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
30.00	17423.	25053.	1247.	41230.	19821.
30.50	18054.	25496.	1268.	42282.	20348.
31.00	18695.	25939.	1288.	43345.	20880.
31.50	19347.	26381.	1309.	44419.	21419.
32.00	20006.	26824.	1330.	45500.	21961.
32.50	20666.	27266.	1351.	46581.	22504.
33.00	21326.	27709.	1372.	47663.	23047.
33.50	21985.	27709.	1392.	48302.	23384.
34.00	22645.	27709.	1413.	48941.	23722.
34.50	23305.	27709.	1434.	49580.	24060.
35.00	23965.	27709.	1455.	50219.	24398.
35.50	24624.	27709.	1475.	50858.	24735.
36.00	25284.	27709.	1496.	51497.	25073.
36.50	25944.	27709.	1517.	52136.	25411.
37.00	26604.	27709.	1538.	52775.	25749.
37.50	27263.	27709.	1559.	53414.	26087.
38.00	27923.	27709.	1579.	54052.	26424.
38.50	28583.	27709.	1600.	54691.	26762.
39.00	29243.	27709.	1621.	55330.	27100.
39.50	29902.	27709.	1642.	55969.	27438.
40.00	30562.	27709.	1663.	56608.	27775.
40.50	31222.	27709.	1683.	57247.	28113.
41.00	31881.	27709.	1704.	57886.	28451.
41.50	32541.	27709.	1725.	58525.	28789.
42.00	33201.	27709.	1746.	59164.	29126.
42.50	33861.	27709.	1766.	59803.	29464.
43.00	34520.	27709.	1787.	60442.	29802.
43.50	35180.	27709.	1808.	61081.	30140.
44.00	35840.	27709.	1829.	61720.	30478.
44.50	36500.	27709.	1850.	62359.	30815.

pag. / 14

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
45.00	37159.	27709.	1870.	62998.	31153.
45.50	37819.	27709.	1891.	63637.	31491.
46.00	38479.	27709.	1912.	64276.	31829.
46.50	39139.	27709.	1933.	64915.	32166.
47.00	39798.	27709.	1953.	65554.	32504.
47.50	40458.	27709.	1974.	66193.	32842.
48.00	41118.	27709.	1995.	66832.	33180.
48.50	41777.	27709.	2016.	67471.	33518.
49.00	42437.	27709.	2037.	68109.	33855.
49.50	43097.	27709.	2057.	68748.	34193.
50.00	43757.	27709.	2078.	69387.	34531.
50.50	44416.	27709.	2099.	70026.	34869.
51.00	45076.	27709.	2120.	70665.	35206.
51.50	45736.	27709.	2141.	71304.	35544.
52.00	46396.	27709.	2161.	71943.	35882.
52.50	47055.	27709.	2182.	72582.	36220.
53.00	47715.	27709.	2203.	73221.	36557.
53.50	48375.	27709.	2224.	73860.	36895.
54.00	49035.	27709.	2244.	74499.	37233.
54.50	49694.	27709.	2265.	75138.	37571.
55.00	50354.	27709.	2286.	75777.	37909.
55.50	51014.	27709.	2307.	76416.	38246.
56.00	51673.	27709.	2328.	77055.	38584.
56.50	52333.	27709.	2348.	77694.	38922.
57.00	52993.	27709.	2369.	78333.	39260.
57.50	53653.	27709.	2390.	78972.	39597.
58.00	54312.	27709.	2411.	79611.	39935.
58.50	54972.	27709.	2431.	80250.	40273.
59.00	55632.	27709.	2452.	80889.	40611.
59.50	56292.	27709.	2473.	81527.	40948.

pag. / 15

Nodo Bologna - Ponte sul Reno - Pali Trivellati D=2800 mm
 Portanza Verticale - A1+M1+R3 - Con Scalzamento - Parametri Med

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
60.00	56951.	27709.	2494.	82166.	41286.
60.50	57611.	27709.	2515.	82805.	41624.
61.00	58271.	27709.	2535.	83444.	41962.
61.50	58931.	27709.	2556.	84083.	42300.
62.00	59590.	27709.	2577.	84722.	42637.
62.50	60250.	27709.	2598.	85361.	42975.
63.00	60910.	27709.	2618.	86000.	43313.
63.50	61570.	27709.	2639.	86639.	43651.
64.00	62229.	27709.	2660.	87278.	43988.
64.50	62889.	27709.	2681.	87917.	44326.
65.00	63549.	27709.	2702.	88556.	44664.
65.50	64208.	27709.	2722.	89195.	45002.
66.00	64868.	27709.	2743.	89834.	45339.
66.50	65528.	27709.	2764.	90473.	45677.
67.00	66188.	27709.	2785.	91112.	46015.
67.50	66847.	27709.	2806.	91751.	46353.
68.00	67507.	27709.	2826.	92390.	46691.
68.50	68167.	27709.	2847.	93029.	47028.
69.00	68827.	27709.	2868.	93668.	47366.
69.50	69486.	27709.	2889.	94307.	47704.
70.00	70146.	27709.	2909.	94945.	48042.

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 = $Ql1/FS,l + Qb1/FS,b - Wp$