

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA NUOVA ENNA - DITTAINO (LOTTO 4B)

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI01 - Ltot= 50 m

Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

SCALA:

-

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

RS3V 40 D 09 RB VI0103 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Data
A	Emissione esecutiva	S.Gasperoni	Dicembre 2019	M.E. D'Effremo	Dicembre 2019	F.Sparacino	Dicembre 2019	ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Paolo Viozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A/073	Dicembre 2019

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
3.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	6
3.1	INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE	6
3.2	STRATIGRAFIA.....	7
3.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	7
3.4	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	8
4.	PALIFICATE DI FONDAZIONE	14
4.1	CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI	14
4.1.1	<i>Stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo.....</i>	<i>14</i>
4.1.2	<i>Calcolo della capacità portante dei pali</i>	<i>14</i>
4.2	MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO	19
4.3	MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO.....	19
4.4	VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI	22
4.5	ANALISI PALIFICATA SPALLA E STIMA DEFORMAZIONI	23
5.	APPENDICE A: VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI. TABULATI DI CALCOLO PAL.....	27
5.1	COMPRESSIONE. PALI D=1500 MM	27
6.	APPENDICE B: VALUTAZIONE DEL MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO. TABULATI DI CALCOLO MR.....	33
6.1	PALI D=1500 MM L = 25M	33
6.2	PALI D=1500 MM L = 35M	35
7.	APPENDICE C: ANALISI PALIFICATA SPALLA. TABULATI DI CALCOLO MAP	37
7.1	SPALLA – ANALISI SLV.....	37



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	3 di 43

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento delle fondazioni del Viadotto VI01 nell'ambito del Progetto Definitivo lotto 4b della tratta denominata Nuova Enna - Dittaino relativa al Nuovo Collegamento ferroviario Palermo – Catania.

In particolare verranno affrontati i seguenti aspetti:

- condizioni geotecniche;
- valutazione della capacità portante verticale dei pali di fondazione;
- definizione del modulo di reazione orizzontale palo-terreno;
- valutazione del momento adimensionale lungo il palo e del parametro alfa (rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita);
- valutazione carico limite orizzontale dei pali.

Tutte le analisi svolte nel seguito sono eseguite in conformità alla normativa italiana vigente sulle opere civili [N.1].

2. **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

2.1 **Normativa di riferimento**

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni, DM del 17/01/2018.
- [N.2]. Legge 05/01/1971 n°1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica.
- [N.3]. Legge 02/02/1974 n°64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- [N.4]. C.M. 21/01/2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni.
- [N.5]. RFI DTC SI PS MA IFS 001 A del 30/12/2016: Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture.
- [N.6]. RFI DTC SI PS SP IFS 001 A del 30/12/2016: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio.
- [N.7]. UNI EN 1991-1-4:2005: Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento.
- [N.8]. UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- [N.9]. UNI EN 1992-2:2006: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti.
- [N.10]. UNI EN 1993-1-1:2005: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- [N.11]. UNI EN 1993-2:2007: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti.
- [N.12]. UNI EN 1998-1:2005: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- [N.13]. UNI EN 1998-2:2006: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti.
- [N.14]. STI 2014 –Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	5 di 43

2.2 Documenti di riferimento

- [DC1]. RS3V 40 D09 RH GE0001 001 A - Nuovo collegamento Palermo-Catania, tratta Nuova Enna - Dittaino. Progetto Definitivo. Relazione Geotecnica tratti all'aperto - Lotto 4b.
- [DC2]. RS3V 40 D09 F6 GE0001 001 A ÷ RS3V 40 D09 F6 GE0001 010 A- Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Nuova Enna - Dittaino. Progetto Definitivo. Profilo geotecnico - Lotto 4B – 10 tavole.
- [DC3]. RS3V 40 D09 RB VI0000 001 A - Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Nuova Enna - Dittaino. Progetto Definitivo. Relazione Tecnico-Descrittiva – Relazione tecnico descrittiva dimensionamento e verifica fondazioni profonde - Lotto 4b (Enna - Dittaino).

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel presente capitolo si riporta la caratterizzazione geotecnica per il viadotto in esame, valutata sulla base dell'interpretazione delle indagini geotecniche svolte in prossimità dell'opera.

La stratigrafia di riferimento finalizzata al dimensionamento delle palificate di fondazione è rappresentata nel profilo stratigrafico longitudinale [DC2].

Per maggiori dettagli sulla caratterizzazione geotecnica si rimanda alla Relazione geotecnica generale (doc. rif. [DC1]).

3.1 Indagini geotecniche eseguite

L'opera in esame è ubicata tra le progressive km 2+627 e km 2+677. Le indagini di riferimento per la caratterizzazione geotecnica sono le seguenti. Per il laboratorio sono stati presi anche i risultati dei campioni di sondaggio 7S2 che è fuori asse.

Sondaggi	Profondità [m]	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	N. prove SPT	n. prove dilatometriche	n. prove pressiométrica	n. prove Lefranc/Lugeon	Piezometro TA
4SD06_V1	40.0	5	2	-	2	-	1(LU)	CC [12.0]
4SD06_GN1	35.0	6	4	8	2	1	2(LE)	CC [25.0]

Dove:

TA [m]: piezometro a tubo aperto [tratto finestrato].

CC [m]: piezometro a cella di Casagrande [prodonità cella];

[LU] = prova di permeabilità Lugeon;

[LE] = prova di permeabilità Lefranc.

E' stata inoltre eseguita la prova sismica MASW7.

Il pezometro installato nel sondaggio 4SD06_GN1 non ha rilevato falda, l'altro piezometro ha rilevato falda alla profondità di 5.60m (+423 m s.l.m.)

3.2 Stratigrafia

Lungo lo sviluppo del viadotto è stata intercettata la formazione di Terravecchia costituita da sabbia debolmente cementata con livelli di calcarenite alternata a marna argillosa dura (unità TRVa) fino alla massima profondità indagata, con una copertura alterata (cappellaccio – unità cap-c) di spessore medio 7 m circa. Per il dimensionamento delle palificate si assume cautelativamente la seguente stratigrafia media.

Stratigrafia		
Unità geotecnica	Descrizione	Profondità [m] da p.c.
cap – c	Cappellaccio alterato della formazione di base	0.0÷7.0
TRVa	Formazione di Terravecchia arenaria e sabbia cementata alternata a marna argillosa	7.0÷50.0

Falda: Il pezometro installato nel sondaggio 4SD06_GN1 non ha rilevato falda, l'altro piezometro ha rilevato falda alla profondità di 5.60m (+423 m s.l.m.). Per la portanza dei pali è stata assunta falda cautelativamente a p.c., in relazione alla presenza del corso d'acqua. Per il dimensionamento delle opere provvisorie si assume il livello di falda indicato nel profilo geotecnico longitudinale.

3.3 Categoria di sottosuolo

Dall'indagine sismica Masw7 si ha $V_{s,eq} = 408$ m/s da cui si definisce categoria di sottosuolo tipo B.

3.4 Sintesi dei parametri geotecnici di progetto

Nel seguito si riassumono i parametri geotecnici di progetto per le unità intercettate.

Nelle seguenti figure si riportano i risultati delle prove in sito e di laboratorio delle indagini prese a riferimento per l'opera, da cui sono stati stimati i parametri geotecnici della tabella seguente. Per il laboratorio sono stati presi anche i risultati dei campioni di sondaggio 7S2. Si segnala che i valori di N_{spt} per l'unità cap-c sono piuttosto bassi se confrontati con i valori Pocket Penetrometer (PP) delle carote di sondaggio e con i valori delle velocità delle onde di taglio alle medesime profondità, quindi si assumeranno valori più cautelativi per l'unità cap-c dell'opera in esame.

Tabella 1 – VI01– Parametri geotecnici

	γ [kN/m ³]	C_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E_o [MPa]	$E'_{op,1}$ [MPa]
cap – c	20.0	50-250	5	25	200÷600	$E_o / 5$
cap-s	20.0	-	5	37	200÷500	$E_o / 5$
TRVa	20.0	250-350 (*)	15	30	600÷1500	$E_o / 5$

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

V_s = velocità delle onde di taglio

E_o = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette.

(*) La resistenza al taglio in condizioni non drenate è stata desunta dai livelli a prevalenza pelitica.

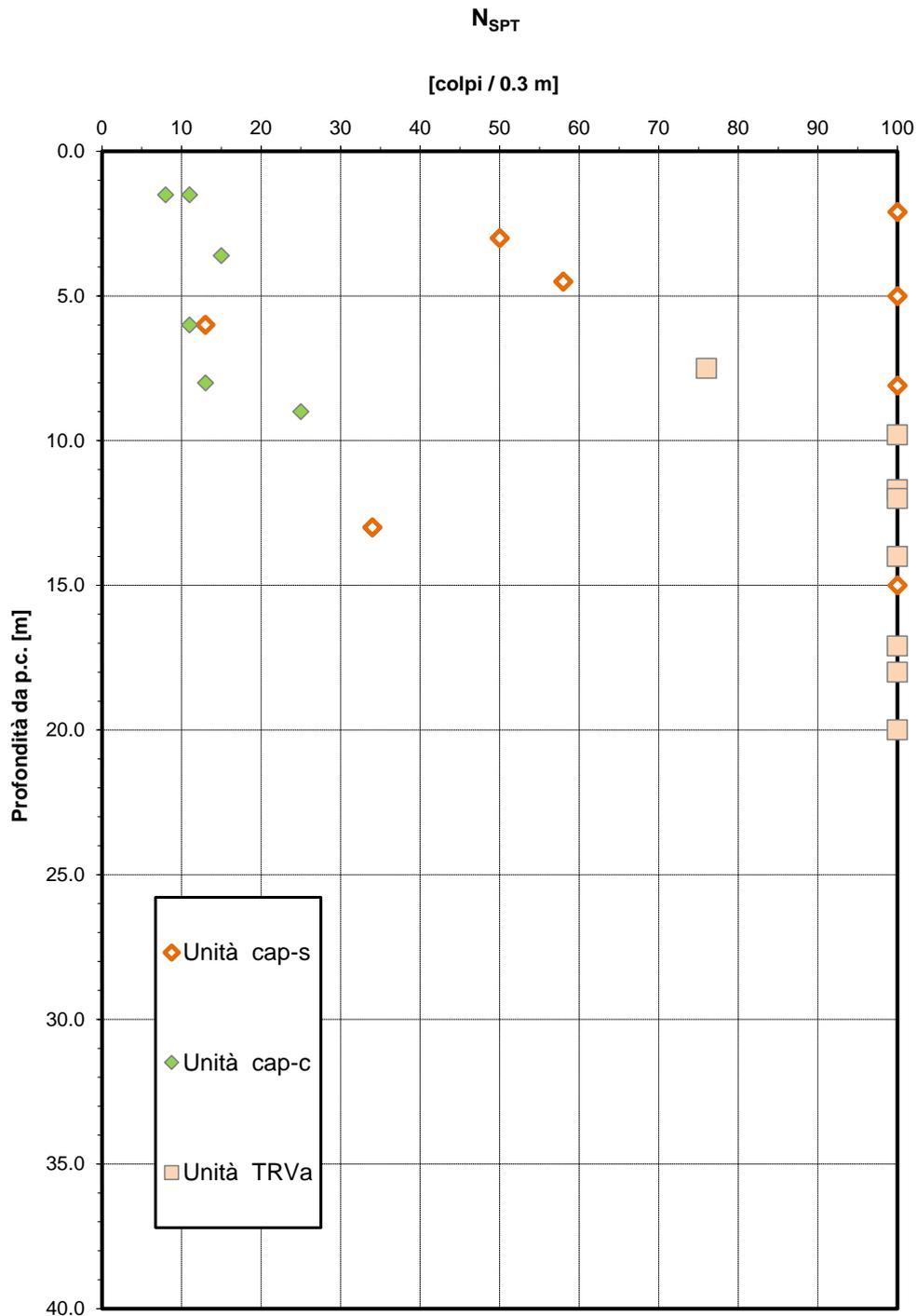


Figura 1 – Risultati prova SPT

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche

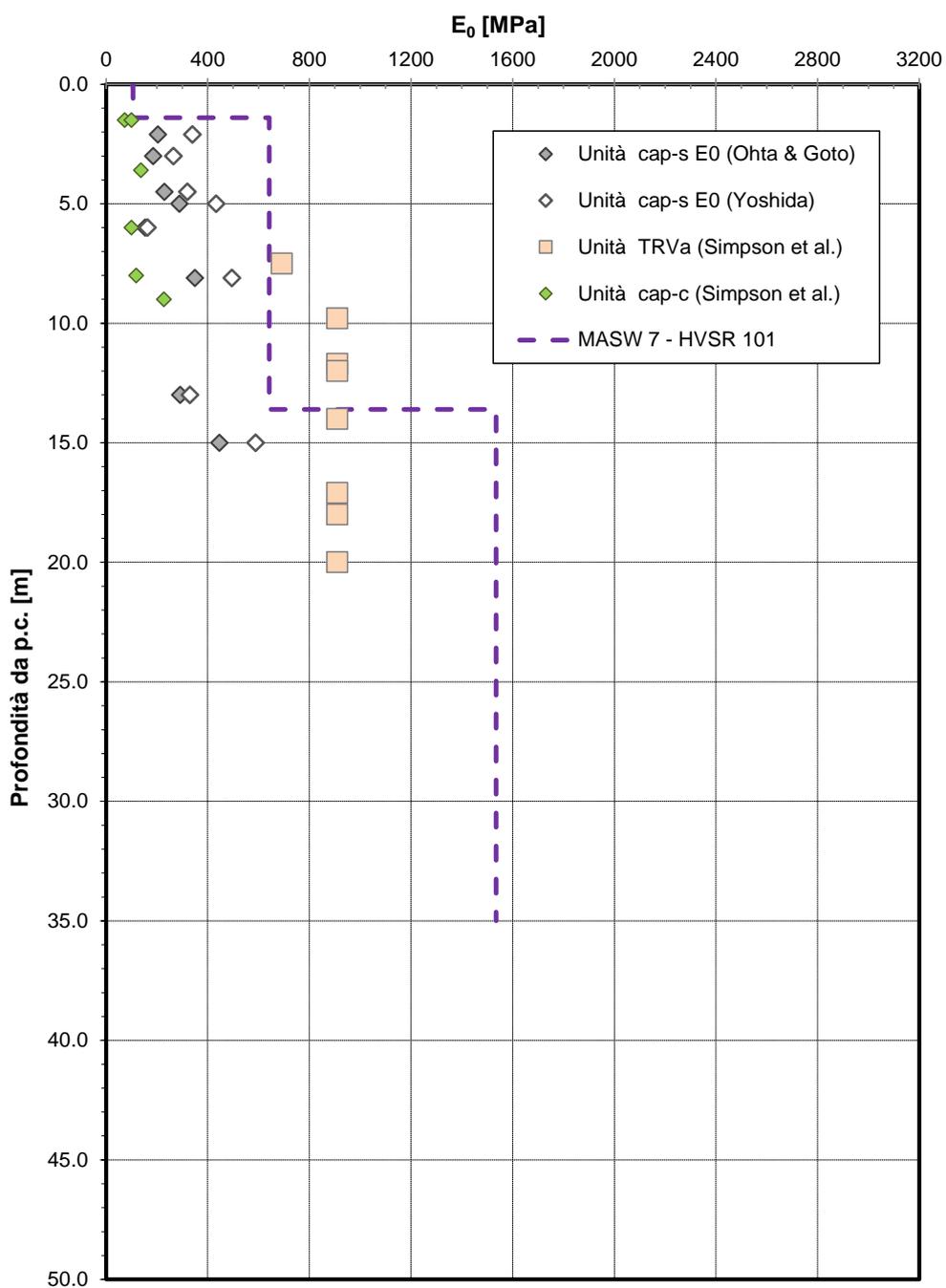
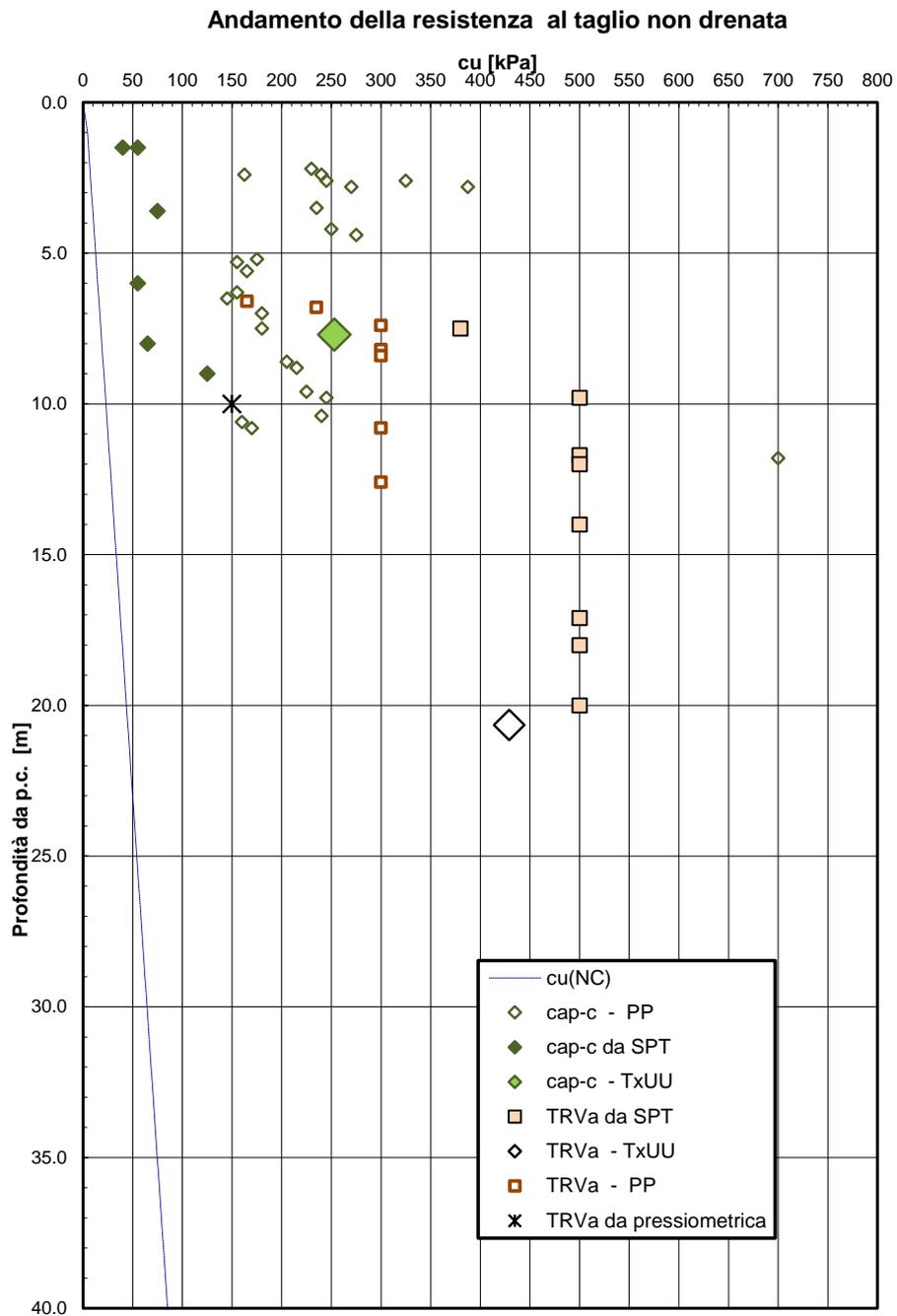


Figura 2 – Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche



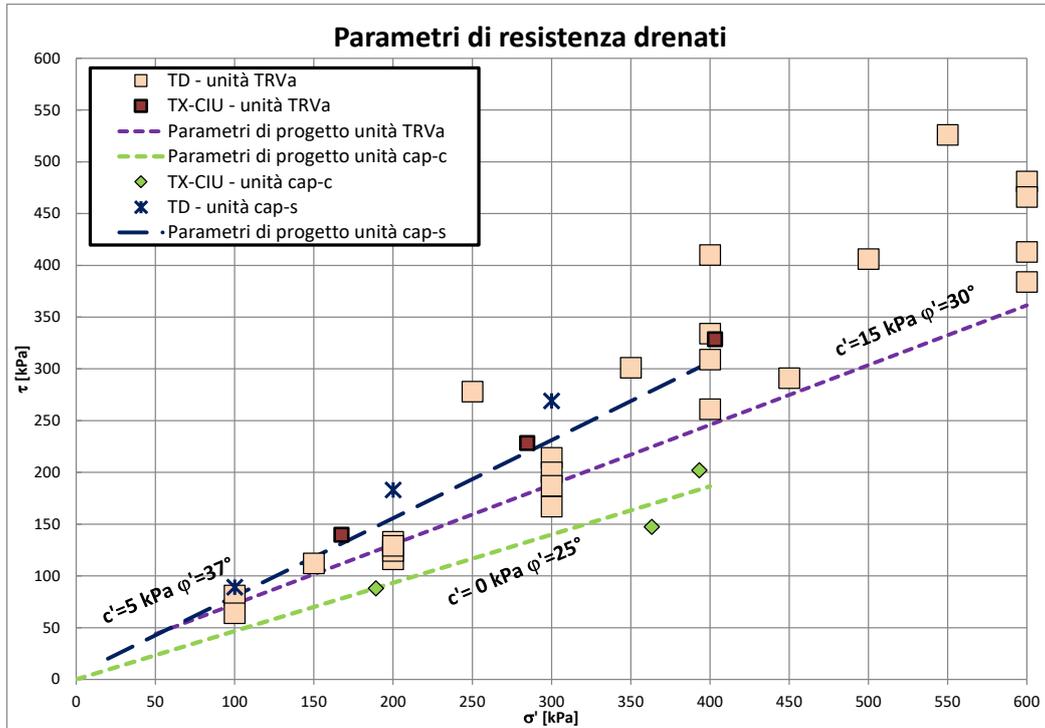


Figura 4 – Parametri di resistenza (sondaggi: 4SD06_V1, 4SD06_GN1, 7S2)

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

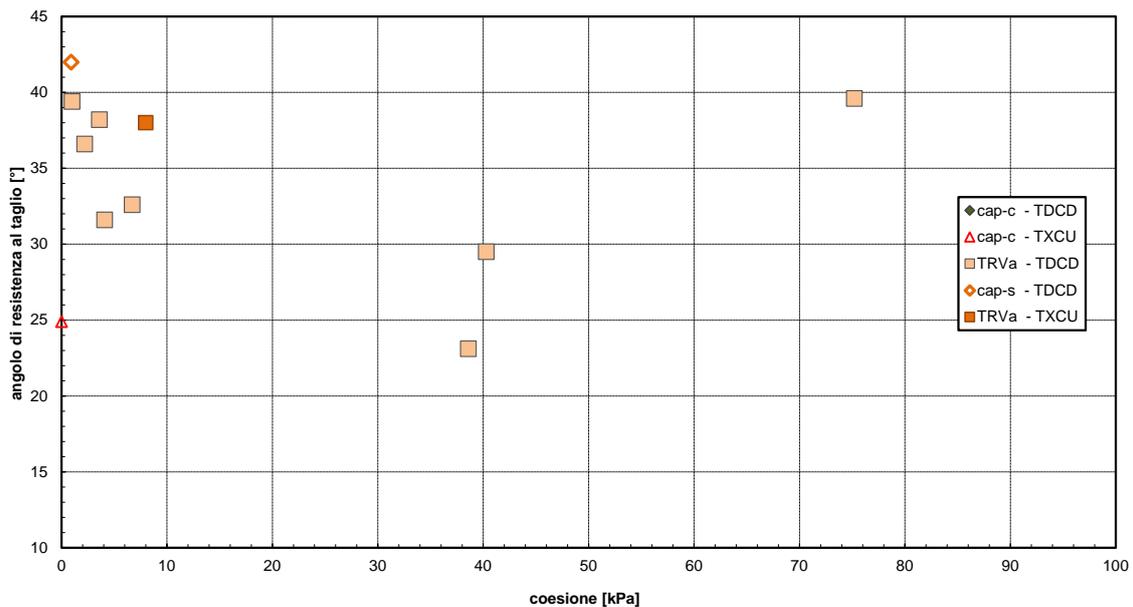


Figura 5 – Angolo di resistenza a taglio e coesione drenata (laboratorio)

Permeabilità da prove Lefranc e Lugeon

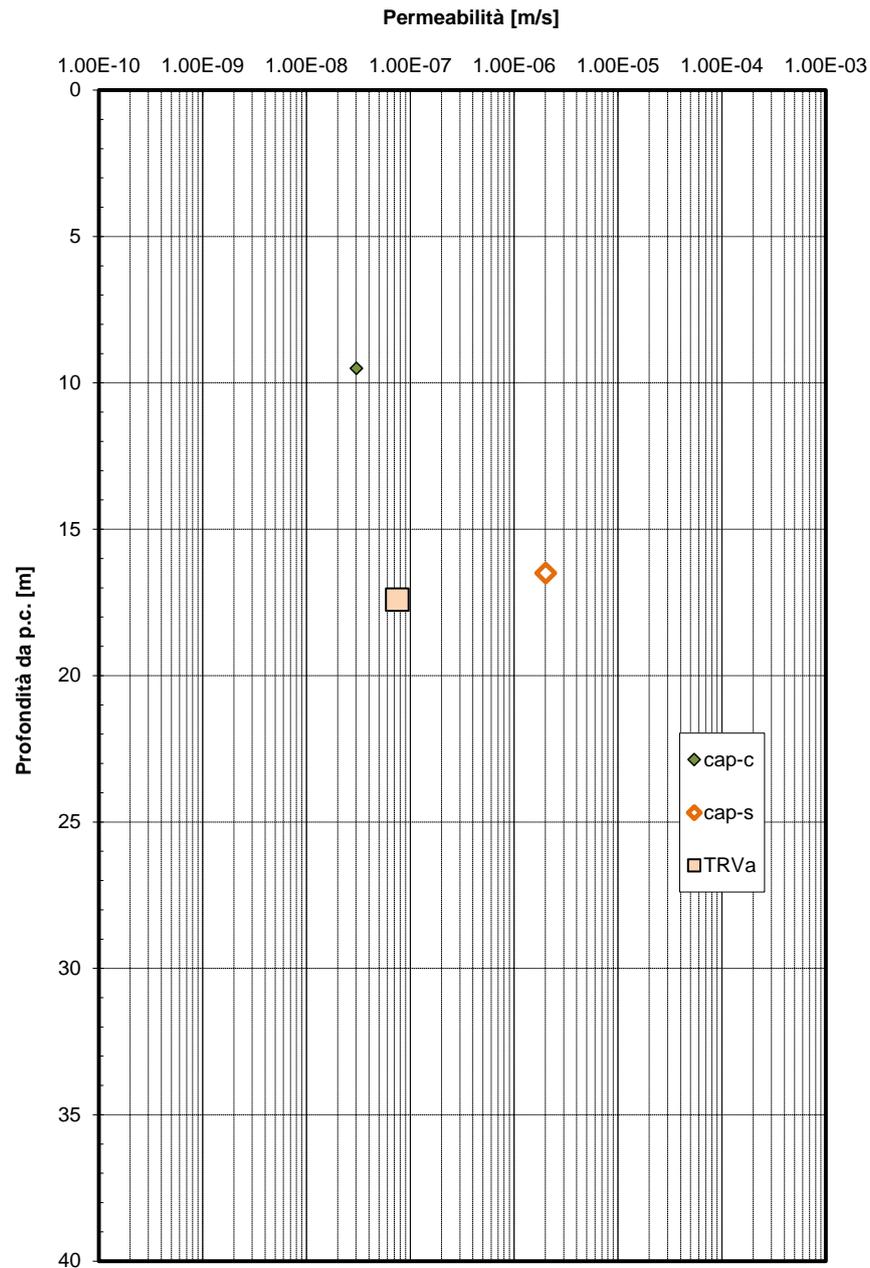


Figura 6 – Permeabilità da prove Lefranc e Lugeon

4. PALIFICATE DI FONDAZIONE

4.1 Capacità portante dei pali

Nel presente capitolo si riporta il calcolo della capacità portante dei pali per l'opera in esame.

Le metodologie di calcolo generali sono illustrate nella Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde (doc. rif. [DC3]) a cui si rimanda.

4.1.1 Stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo

Nella seguente tabella si riportano la stratigrafia ed i parametri geotecnici principali per il calcolo della capacità portante dei pali dell'opera in esame.

Tabella 2 – VI01 – Parametri geotecnici

Profondità [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	C_u [kPa]	ϕ' [°]	q_b [kPa]
da 0.0 a 7.0	cap – c	20.0	75	-	$9 \cdot c_u + \sigma_v$
da 7.0 a 50.0	TRVa	20.0	-	30	$N_q=10; q_b \leq 4000$ kPa

Dove:
 γ = peso di volume naturale
 c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate
 ϕ' = angolo di resistenza al taglio
 q_b = portata limite di base
 σ_v = tensione verticale totale

4.1.2 Calcolo della capacità portante dei pali

La capacità portante per le fondazioni del viadotto è stata valutata per pali di grande diametro $D=1200$ mm per le pile e $D=1500$ mm per le spalle, considerando l'Approccio (A1+M1+R3) di normativa e quindi con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- N_2 verticale di indagine, da cui $\xi_3 = 1.65$;
- F_{SL} = fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s = 1.90$).
- F_{SLt} = fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ($=\xi_3 \cdot \gamma_{st} = 2.06$).
- F_{SB} = fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b = 2.23$).

Quindi per la verifica di capacità portante del palo si dovranno verificare le seguenti due condizioni:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	15 di 43

- $N_{max,SLU} < Q_d$, la massima sollecitazione assiale (sia statica, che sismica) allo SLU dovrà essere inferiore alla portata di progetto del palo (riportata nelle seguenti tabelle);
- $N_{max,SLE} < Q_{II} / 1.25$ la massima sollecitazione assiale allo SLE RARA dovrà essere inferiore alla portata laterale limite del palo (Q_{II} , riportata nelle seguenti tabelle) con un fattore di sicurezza di 1.25.

Inoltre si è considerato:

- testa palo a piano campagna cautelativamente per la conformazione del piano campagna in direzione longitudinale all'opera;
- falda a 0.0 m da p.c.

In **Appendice A** si riportano i tabulati di calcolo completi.

Nelle seguenti tabelle e successive si riportano i valori di portata di progetto per le fondazioni in oggetto.

Le verifiche di capacità portante dei pali sono riportate nella relazione di calcolo dell'opera.

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	16 di 43

Tabella 3 – VI01 – Capacità portante palo D=1500 mm - A1+M1+R3 Compressione

LINEA FS PALERMO-CATANIA lotto 4b VI01
Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3
STAMPA capacità portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	1193.	0.	1193.	535.
.50	3.	1210.	5.	1208.	539.
1.00	13.	1228.	11.	1231.	547.
1.50	29.	1246.	16.	1259.	558.
2.00	52.	1264.	21.	1294.	573.
2.50	81.	1281.	27.	1336.	591.
3.00	117.	1276.	32.	1361.	602.
3.50	159.	1271.	37.	1393.	617.
4.00	207.	1266.	42.	1431.	635.
4.50	262.	1262.	48.	1476.	656.
5.00	324.	1257.	53.	1528.	681.
5.50	392.	1252.	58.	1585.	709.
6.00	467.	1247.	64.	1650.	741.
6.50	548.	1242.	69.	1721.	776.
7.00	632.	1237.	74.	1795.	813.
7.50	704.	1325.	80.	1950.	885.
8.00	778.	1414.	85.	2107.	959.
8.50	856.	1502.	90.	2268.	1034.
9.00	940.	1590.	95.	2435.	1112.
9.50	1028.	1679.	101.	2606.	1193.
10.00	1121.	1767.	106.	2782.	1276.
10.50	1218.	1856.	111.	2962.	1362.
11.00	1321.	1944.	117.	3148.	1450.
11.50	1428.	2032.	122.	3338.	1541.
12.00	1540.	2121.	127.	3533.	1634.
12.50	1656.	2209.	133.	3733.	1730.
13.00	1778.	2297.	138.	3937.	1828.
13.50	1904.	2386.	143.	4146.	1929.
14.00	2035.	2474.	148.	4360.	2032.
14.50	2170.	2562.	154.	4579.	2138.
15.00	2311.	2651.	159.	4803.	2246.
15.50	2456.	2739.	164.	5031.	2357.
16.00	2606.	2827.	170.	5264.	2470.
16.50	2761.	2916.	175.	5502.	2586.
17.00	2920.	3004.	180.	5744.	2704.
17.50	3085.	3093.	186.	5992.	2825.
18.00	3254.	3181.	191.	6244.	2948.
18.50	3427.	3269.	196.	6501.	3074.
19.00	3606.	3358.	201.	6762.	3202.
19.50	3789.	3446.	207.	7028.	3333.
20.00	3977.	3534.	212.	7300.	3466.
20.50	4170.	3623.	217.	7575.	3602.
21.00	4368.	3711.	223.	7856.	3740.
21.50	4570.	3799.	228.	8142.	3881.
22.00	4777.	3888.	233.	8432.	4024.
22.50	4989.	3976.	239.	8727.	4170.
23.00	5206.	4064.	244.	9026.	4319.
23.50	5427.	4153.	249.	9331.	4469.
24.00	5653.	4241.	254.	9640.	4623.
24.50	5884.	4330.	260.	9954.	4779.
25.00	6120.	4418.	265.	10273.	4937.
25.50	6360.	4506.	270.	10596.	5098.
26.00	6606.	4595.	276.	10924.	5261.
26.50	6856.	4683.	281.	11257.	5427.
27.00	7110.	4771.	286.	11595.	5596.
27.50	7370.	4860.	292.	11938.	5766.
28.00	7634.	4948.	297.	12285.	5940.
28.50	7903.	5036.	302.	12637.	6116.
29.00	8177.	5125.	307.	12994.	6294.
29.50	8455.	5213.	313.	13356.	6475.
30.00	8738.	5301.	318.	13721.	6658.
30.50	9020.	5390.	323.	14087.	6841.
31.00	9303.	5478.	329.	14453.	7024.
31.50	9586.	5567.	334.	14818.	7207.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO**

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	17 di 43

32.00	9869.	5655.	339.	15184.	7391.
32.50	10151.	5743.	345.	15550.	7574.
33.00	10434.	5832.	350.	15916.	7757.
33.50	10717.	5920.	355.	16282.	7940.
34.00	11000.	6008.	360.	16647.	8123.
34.50	11282.	6097.	366.	17013.	8306.
35.00	11565.	6185.	371.	17379.	8489.
35.50	11848.	6273.	376.	17745.	8672.
36.00	12131.	6362.	382.	18111.	8856.
36.50	12413.	6450.	387.	18476.	9039.
37.00	12696.	6538.	392.	18842.	9222.
37.50	12979.	6627.	398.	19208.	9405.
38.00	13261.	6715.	403.	19574.	9588.
38.50	13544.	6804.	408.	19940.	9771.
39.00	13827.	6892.	414.	20305.	9954.
39.50	14110.	6980.	419.	20671.	10138.
40.00	14392.	7069.	424.	21037.	10321.
40.50	14675.	7069.	429.	21314.	10464.
41.00	14958.	7069.	435.	21592.	10608.
41.50	15241.	7069.	440.	21869.	10751.
42.00	15523.	7069.	445.	22147.	10895.
42.50	15806.	7069.	451.	22424.	11038.
43.00	16089.	7069.	456.	22702.	11182.
43.50	16372.	7069.	461.	22979.	11325.
44.00	16654.	7069.	467.	23256.	11469.
44.50	16937.	7069.	472.	23534.	11612.
45.00	17220.	7069.	477.	23811.	11756.
45.50	17503.	7069.	482.	24089.	11899.
46.00	17785.	7069.	488.	24366.	12043.
46.50	18068.	7069.	493.	24644.	12186.
47.00	18351.	7069.	498.	24921.	12330.
47.50	18634.	7069.	504.	25199.	12473.
48.00	18916.	7069.	509.	25476.	12617.
48.50	19199.	7069.	514.	25753.	12760.
49.00	19482.	7069.	520.	26031.	12904.
49.50	19765.	7069.	525.	26308.	13047.
50.00	20047.	7069.	530.	26586.	13191.

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

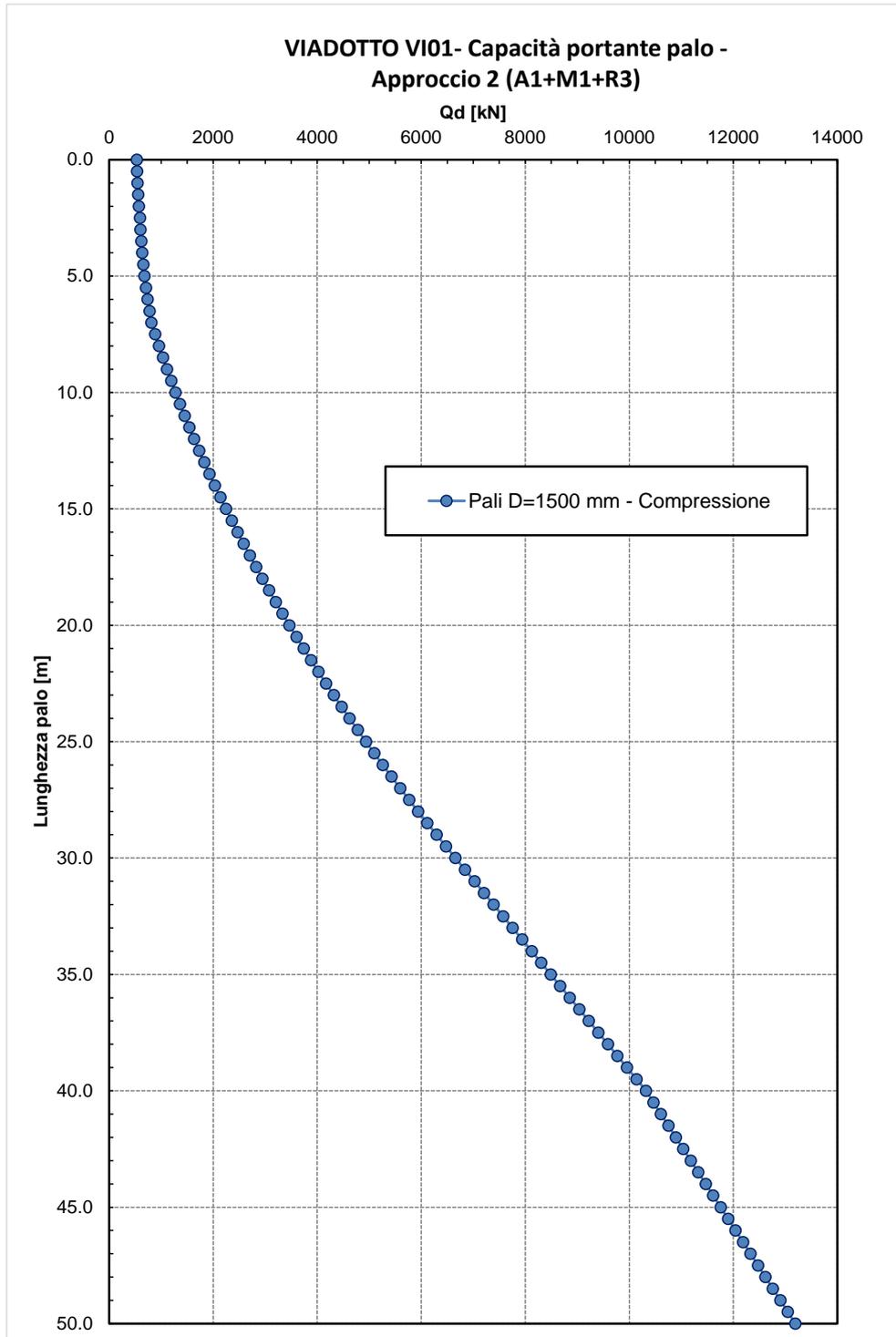


Figura 7 – Capacità portante palo

4.2 Modulo di reazione orizzontale del terreno

Lo studio dell'interazione tra palo soggetto ai carichi orizzontali ed il terreno viene effettuato ricorrendo alla teoria di Matlock e Reese che si basa sul noto modello di suolo alla Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno (E_{MR}) definito come il rapporto fra la reazione del terreno per unità di lunghezza del palo (p) ed il corrispondente spostamento orizzontale (y): $E_{MR} = p / y$. Definito il coefficiente di sottofondo alla Winkler (K_W), per un palo di diametro D , si ha questa relazione con il modulo di reazione orizzontale palo-terreno:

$$E_{MR} = K_W \cdot D$$

Le metodologie di calcolo generali sono illustrate nella Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde (doc. rif. [DC3]) a cui si rimanda.

In particolare per la valutazione del modulo di reazione orizzontale palo-terreno, si considera nei depositi coesivi $\xi=350$, con andamento della resistenza al taglio (c_u) con la profondità indicato in

. Nell'analisi delle fondazioni, tale profilo del modulo di reazione orizzontale palo-terreno, è stato cautelativamente fattorizzato con coefficiente pari a 0.8 per tenere conto che la deformabilità dei pali in gruppo è maggiore della deformabilità del singolo palo immerso nello stesso terreno.

Quindi si ottiene il seguente profilo del modulo di reazione orizzontale palo-terreno, definito da testa palo (a p.c.):

Prof. m	E kN/m ²
.000	21000.00
7.000	21000.00
7.100	42000.00
15.000	42000.00
15.100	61250.00
20.000	61250.00
20.100	112000.00
50.000	112000.00

4.3 Momento adimensionale lungo il palo

Per ricavare il momento adimensionalizzato lungo il fusto del palo si ricorre al metodo di Matlock e Reese (1956), che utilizzando il metodo delle differenze finite, hanno risolto il problema del palo soggetto ad un carico orizzontale, mediante l'impiego di parametri adimensionali.

Nel caso in esame, considerando l'andamento del modulo di reazione orizzontale palo-terreno (E_{MR} , che verrà definito nel seguente paragrafo), si ricorre al metodo degli elementi finiti, adimensionalizzando la soluzione come segue:

$$M_0 = \alpha_m \cdot H_0$$

$$M(z) = M_0 \cdot M_{ad}(z)$$

essendo:

H_0 = azione tagliante in testa palo [F];

M_0 = azione flettente, conseguente ad H_0 , in testa al palo;

α_m = rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita [L];

M_{ad} = momento flettente adimensionale lungo il fusto del palo.

Le metodologie di calcolo generali sono illustrate nella Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde (doc. rif. [DC3]) a cui si rimanda.

Nella seguente tabella si riportano i valori del parametro alfa (α_m) ed a seguire l'andamento del momento adimensionale lungo il palo. La valutazione è stata eseguita con riferimento a diverse lunghezze palo, comunque il valore del parametro alfa praticamente non cambia.

Tabella 4 – VI01 – Valori di α_m

VI01	α_m [m] L = 25 m	α_m [m] L = 35 m
D=1500mm	3.138	3.139

Nelle seguenti tabelle si riporta il momento adimensionale lungo il fusto del palo; tutti i tabulati di calcolo sono riportati in **Appendice B**.

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	21 di 43

Tabella 5 – VI01 – Momento adimensionale lungo il palo pile D=1500 mm L = 25 m

Coeff. di Matlock e Reese-palo lotto 4b VI01 D=1500
Momento adimensionale lungo il fusto del palo
con sommita' impedita di ruotare

z m	Mad -
.000	1.0000
.781	.7663
1.563	.5623
2.344	.3872
3.125	.2386
3.906	.1147
4.688	.0127
5.469	-.0700
6.250	-.1362
7.500	-.2136
8.750	-.2468
10.000	-.2448
11.250	-.2213
12.500	-.1864
14.583	-.1209
16.667	-.0633
18.750	-.0236
21.875	.0019
25.000	.0000

Momento: $M(z) = M_o * Mad(z)$

Tabella 6 – VI01 – Momento adimensionale lungo il palo pile D=1500 mm L=35 m

Coeff. di Matlock e Reese-palo lotto 4b VI01 D=1500
Momento adimensionale lungo il fusto del palo
con sommita' impedita di ruotare

z m	Mad -
.000	1.0000
1.094	.6811
2.188	.4194
3.281	.2105
4.375	.0481
5.469	-.0748
6.563	-.1656
7.656	-.2261
8.750	-.2498
10.500	-.2366
12.250	-.1912
14.000	-.1359
15.750	-.0832
17.500	-.0411
20.417	.0026
23.333	.0130
26.250	.0089
30.625	.0016
35.000	.0000

Momento: $M(z) = M_o * Mad(z)$

4.4 Verifica a carico limite orizzontale dei pali

Per la verifica del carico limite orizzontale si fa riferimento alla teoria di Broms per il caso di pali con rotazione in testa impedita. Le metodologie di calcolo generali sono illustrate nella Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde (doc. rif. [DC3]) a cui si rimanda.

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

$$H_d = H_k / (\xi_3 \cdot \gamma_T) > V_{pd}$$

dove:

H_k = valore limite in funzione del meccanismo attivato valutato con teoria di Broms;

ξ_3 = fattore di correlazione in funzione delle verticali indagate;

γ_T = fattore parziale per pali soggetti a carichi orizzontali.

V_{pd} = massima sollecitazione orizzontale di progetto.

In particolare il fattore di sicurezza di normativa per la verifica a carico orizzontale è $FS = \gamma_T \cdot \xi_3 = 1.30 \cdot 1.65 = 2.145$. Inoltre per le verifiche a carico limite orizzontale si considera cautelativamente un coefficiente di gruppo 0.8.

Quindi $FS_{\text{gruppo}} = \gamma_T \cdot \xi_3 / 0.8 = 2.68$, da cui deve risultare:

$$V_{pd} < H_k / FS_{\text{gruppo}}$$

Per la spalla A, il valore caratteristico della resistenza (H_k) è stato valutato con riferimento ad un momento di plasticizzazione M_y pari a 4741.7 kNm, considerando il diametro del palo $D = 1500$ mm, l'armatura di $40\phi 26$.

Per la spalla B, il valore caratteristico della resistenza (H_k) è stato valutato con riferimento ad un momento di plasticizzazione M_y pari a 7980.62 kNm, considerando il diametro del palo $D = 1500$ mm, l'armatura di $36+36\phi 26$.

La verifica è stata svolta considerando il valore della resistenza al taglio non drenata media nei primi 10 m di palo; la verifica è svolta in condizioni non drenate in quanto si tratta di terreni prevalentemente coesivi e la massima sollecitazione di taglio generalmente si ha in condizioni sismiche.

Nella seguente tabella sono esplicitati i valori di riferimento per l'analisi, da cui si evince che la verifica è soddisfatta quando la resistenza laterale di progetto è maggiore della sollecitazione orizzontale massima di progetto ($H_d > V_{pd}$). Le verifiche di capacità portante dei pali sono riportate nella relazione di calcolo dell'opera.

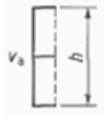
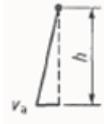
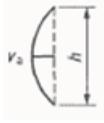
Fondazione	Armatura palo	Lpalo [m]	D [mm]	Cu [kPa]	Hk [kN]	Hd [kN]
Spalla A	40 ϕ 26	30.0	1500	75	2660.86	992.9
Spalla B	36+36 ϕ 26	36.0	1500	75	3846.53	1434.6

4.5 Analisi palificata spalla e stima deformazioni

Per la fondazione della spalla del viadotto in oggetto è stata svolta una analisi della palificata considerando i pali collegati (incastri) in testa ad un plinto di fondazione assimilabile ad un corpo infinitamente rigido. I valori massimi delle sollecitazioni agenti su ciascun palo e gli spostamenti della fondazione conseguenti ai carichi applicati sono stati determinati con l'ausilio del codice di calcolo MAP Matrix Analysis of Piles - (G. Guiducci - 1999).

Questa analisi è stata svolta considerando solo le combinazioni di carico sismiche, in quanto è finalizzata alla stima delle deformazioni massime in fondazione per la scelta dell'uso del coefficiente di spinta (k_0 , a riposo) o k_a (attiva) in condizioni sismiche per l'analisi delle palificate delle spalle. Infatti, in accordo alle linee guida Italferr relative alla valutazione della spinta del terreno sui muri di sostegno e sulle spalle di ponti fondati su pali, per il calcolo della spinta del terreno sulle opere di sostegno, occorre tenere presente che la mobilitazione della spinta attiva avviene per spostamenti di entità contenuta, come si evince dalla tabella desunta dall'EC7 - Parte 1 - Annesso C (C.3 "Movements to mobilise limit earth pressures), di seguito riportata.

Table C.1 — Ratios v_a/h

Kind of wall movement	v_a/h loose soil %	v_a/h dense soil %
a) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b) 	0,2	0,05 to 0,1
c) 	0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2

where:
 v_a is the wall motion to mobilise active earth pressure
 h is the height of the wall

Nella seguente tabella si riassumono i carichi agenti nel baricentro fondazione a quota intradosso plinto.

CARICHI ESTERNI AGENTI A INTRADOSSO FONDAZIONE						
		Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLV	SLV - N max	40646	7733	2175	14868	43625
	SLV - ML max gr.1	38263	14530	2175	14863	88321
	SLV - MT max gr.1	38263	7733	6956	46645	42060
	SLV - MT max gr.1	38263	7733	6956	46645	42060
	SLV - ML max gr.1	38263	14530	2175	14863	88321

Dove:
 Nz = sollecitazione assiale verticale
 Tx = taglio longitudinale (X= longitudinale)
 Ty = taglio trasversale (Y= trasversale)
 Mxx = momento trasversale (che ruota attorno asse X=longitudinale)
 Myy = momento longitudinale (che ruota attorno asse Y= trasversale)

La geometria della palificata è:

- 12 pali D=1500mm interasse = 4.5m
- Plinto 11.5x16.0m
- Altezza complessiva da testa palo: plinto+muro+paraghiaia= 2.0m+ 6.6m+ 3.95m= 12.55 m

Nella seguente tabella sono sintetizzati i risultati dell'analisi con le deformazioni massime a quota testa palo; in Appendice C sono mostrati i tabulati di calcolo completi con esplicitati tutti i parametri di input (geometria palificata, carichi, rigidità assiale dei pali, modulo di reazione orizzontale palo-terreno).

Lo spostamento orizzontale massimo è: 7.185 mm

Da cui:

$$V_s / h = 0.06 \%$$

La scelta dell'uso del coefficiente di spinta (k_0 , a riposo) o k_a (attiva) in condizioni sismiche per l'analisi delle palificate delle spalle è nella relazione di calcolo strutturale delle spalle, a cui si rimanda.

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	26 di 43

Deformazioni massime del plinto

	dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	c.d.c.
D.1	2.258	3.786	.254	.988	.045	1
D.2	2.126	7.185	.502	.988	.045	2
D.3	2.126	7.185	.502	.988	.045	2
D.4	2.126	3.769	.248	3.155	.141	3
D.5	2.126	3.769	.248	3.155	.141	3

D.1: cond. di carico con dz massimo
VI01 - SLV - N max _

D.2: cond. di carico con dx massimo
VI01 - SLV - ML max gr.1 _

D.3: cond. di carico con rx massimo
VI01 - SLV - ML max gr.1 _

D.4: cond. di carico con dy massimo
VI01 - SLV - MT max gr.1 _

D.5: cond. di carico con ry massimo
VI01 - SLV - MT max gr.1 _



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	27 di 43

5. APPENDICE A: VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE DEI PALI. TABULATI DI CALCOLO PAL

5.1 Compressione. Pali D=1500 mm

*** 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

LINEA FS PALERMO-CATANIA lotto 4b VI01
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

Quota testa palo da p.c.	=	.00 m
Quota falda da p.c.	=	.00 m
Peso di volume del palo	=	6.00 kN/m ³
Fattore di sicurezza portata laterale	=	1.90 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base	=	2.23 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1500. 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: $3.0 * 1.500 = 4.50$ m
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.500 = 4.50$ m
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

LINEA FS PALERMO-CATANIA lotto 4b VI01
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	28 di 43

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "capc " (Coesivo) da .00 a 7.00 m

Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³
 Tau = alfa * Cu < 100.0 kPa Criterio alfa(Cu) nel seguito
 Tau > .23 * S'v
 Tau < .55 * S'v
 Qb = 9.0 * Cu + Sv < 3800. kPa
 Cu variabile lin. da 75.0 a 75.0 kPa

Strato 2 "TRVa " (Incoerente) da 7.00 a 50.00 m

Gn = 20.0 kN/m³ Ge = 10.0 kN/m³
 Tau = K * tan(delta) * S'v < 120.0 kPa
 K = .70 delta = 30.0 deg
 Qb = 10.0 * S'v < 4000. kPa

pag. / 4

LINEA FS PALERMO-CATANIA lotto 4b VI01
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "capc "	1.00	1.00	1.00
2 "TRVa "	1.00	1.00	-

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

Per terreni coesivi: Criterio Tau = alfa * Cu

Cu kPa	alfa
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
51.0	.60
75.0	.60
75.1	.40
400.0	.40

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	29 di 43

pag. / 5

LINEA FS PALERMO-CATANIA lotto 4b VI01
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

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	75.0	.00	.0	675.
.50	5.0	10.0	75.0	.55	2.8	685.
1.00	10.0	20.0	75.0	.55	5.5	695.
1.50	15.0	30.0	75.0	.55	8.3	705.
2.00	20.0	40.0	75.0	.55	11.0	715.
2.50	25.0	50.0	75.0	.55	13.8	725.
3.00	30.0	60.0	75.0	.55	16.5	722.
3.50	35.0	70.0	75.0	.55	19.3	719.
4.00	40.0	80.0	75.0	.55	22.0	717.
4.50	45.0	90.0	75.0	.55	24.8	714.
5.00	50.0	100.0	75.0	.55	27.5	711.
5.50	55.0	110.0	75.0	.55	30.3	708.
6.00	60.0	120.0	75.0	.55	33.0	706.
6.50	65.0	130.0	75.0	.55	35.8	703.
7.00	70.0	140.0	75.0	.48	33.4	700.
7.50	75.0	150.0	--	.40	30.3	750.
8.00	80.0	160.0	--	.40	32.3	800.
8.50	85.0	170.0	--	.40	34.4	850.
9.00	90.0	180.0	--	.40	36.4	900.
9.50	95.0	190.0	--	.40	38.4	950.
10.00	100.0	200.0	--	.40	40.4	1000.
10.50	105.0	210.0	--	.40	42.4	1050.
11.00	110.0	220.0	--	.40	44.5	1100.
11.50	115.0	230.0	--	.40	46.5	1150.
12.00	120.0	240.0	--	.40	48.5	1200.
12.50	125.0	250.0	--	.40	50.5	1250.
13.00	130.0	260.0	--	.40	52.5	1300.
13.50	135.0	270.0	--	.40	54.6	1350.
14.00	140.0	280.0	--	.40	56.6	1400.
14.50	145.0	290.0	--	.40	58.6	1450.
15.00	150.0	300.0	--	.40	60.6	1500.
15.50	155.0	310.0	--	.40	62.6	1550.
16.00	160.0	320.0	--	.40	64.7	1600.
16.50	165.0	330.0	--	.40	66.7	1650.
17.00	170.0	340.0	--	.40	68.7	1700.
17.50	175.0	350.0	--	.40	70.7	1750.
18.00	180.0	360.0	--	.40	72.7	1800.
18.50	185.0	370.0	--	.40	74.8	1850.
19.00	190.0	380.0	--	.40	76.8	1900.
19.50	195.0	390.0	--	.40	78.8	1950.
20.00	200.0	400.0	--	.40	80.8	2000.
20.50	205.0	410.0	--	.40	82.8	2050.
21.00	210.0	420.0	--	.40	84.9	2100.
21.50	215.0	430.0	--	.40	86.9	2150.
22.00	220.0	440.0	--	.40	88.9	2200.
22.50	225.0	450.0	--	.40	90.9	2250.
23.00	230.0	460.0	--	.40	93.0	2300.
23.50	235.0	470.0	--	.40	95.0	2350.
24.00	240.0	480.0	--	.40	97.0	2400.
24.50	245.0	490.0	--	.40	99.0	2450.
25.00	250.0	500.0	--	.40	101.0	2500.
25.50	255.0	510.0	--	.40	103.1	2550.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	30 di 43

26.00	260.0	520.0	--	.40	105.1	2600.
26.50	265.0	530.0	--	.40	107.1	2650.
27.00	270.0	540.0	--	.40	109.1	2700.
27.50	275.0	550.0	--	.40	111.1	2750.
28.00	280.0	560.0	--	.40	113.2	2800.
28.50	285.0	570.0	--	.40	115.2	2850.
29.00	290.0	580.0	--	.40	117.2	2900.
29.50	295.0	590.0	--	.40	119.2	2950.
30.00	300.0	600.0	--	.40	120.0	3000.
30.50	305.0	610.0	--	.39	120.0	3050.
31.00	310.0	620.0	--	.39	120.0	3100.
31.50	315.0	630.0	--	.38	120.0	3150.
32.00	320.0	640.0	--	.38	120.0	3200.
32.50	325.0	650.0	--	.37	120.0	3250.
33.00	330.0	660.0	--	.36	120.0	3300.
33.50	335.0	670.0	--	.36	120.0	3350.
34.00	340.0	680.0	--	.35	120.0	3400.
34.50	345.0	690.0	--	.35	120.0	3450.
35.00	350.0	700.0	--	.34	120.0	3500.
35.50	355.0	710.0	--	.34	120.0	3550.
36.00	360.0	720.0	--	.33	120.0	3600.
36.50	365.0	730.0	--	.33	120.0	3650.
37.00	370.0	740.0	--	.32	120.0	3700.
37.50	375.0	750.0	--	.32	120.0	3750.
38.00	380.0	760.0	--	.32	120.0	3800.
38.50	385.0	770.0	--	.31	120.0	3850.
39.00	390.0	780.0	--	.31	120.0	3900.
39.50	395.0	790.0	--	.30	120.0	3950.
40.00	400.0	800.0	--	.30	120.0	4000.
40.50	405.0	810.0	--	.30	120.0	4000.
41.00	410.0	820.0	--	.29	120.0	4000.
41.50	415.0	830.0	--	.29	120.0	4000.
42.00	420.0	840.0	--	.29	120.0	4000.
42.50	425.0	850.0	--	.28	120.0	4000.
43.00	430.0	860.0	--	.28	120.0	4000.
43.50	435.0	870.0	--	.28	120.0	4000.
44.00	440.0	880.0	--	.27	120.0	4000.
44.50	445.0	890.0	--	.27	120.0	4000.
45.00	450.0	900.0	--	.27	120.0	4000.
45.50	455.0	910.0	--	.26	120.0	4000.
46.00	460.0	920.0	--	.26	120.0	4000.
46.50	465.0	930.0	--	.26	120.0	4000.
47.00	470.0	940.0	--	.26	120.0	4000.
47.50	475.0	950.0	--	.25	120.0	4000.
48.00	480.0	960.0	--	.25	120.0	4000.
48.50	485.0	970.0	--	.25	120.0	4000.
49.00	490.0	980.0	--	.24	120.0	4000.
49.50	495.0	990.0	--	.24	120.0	4000.
50.00	500.0	1000.0	--	.24	120.0	4000.

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	31 di 43

pag. / 9

LINEA FS PALERMO-CATANIA lotto 4b VI01
 Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	1193.	0.	1193.	535.
.50	3.	1210.	5.	1208.	539.
1.00	13.	1228.	11.	1231.	547.
1.50	29.	1246.	16.	1259.	558.
2.00	52.	1264.	21.	1294.	573.
2.50	81.	1281.	27.	1336.	591.
3.00	117.	1276.	32.	1361.	602.
3.50	159.	1271.	37.	1393.	617.
4.00	207.	1266.	42.	1431.	635.
4.50	262.	1262.	48.	1476.	656.
5.00	324.	1257.	53.	1528.	681.
5.50	392.	1252.	58.	1585.	709.
6.00	467.	1247.	64.	1650.	741.
6.50	548.	1242.	69.	1721.	776.
7.00	632.	1237.	74.	1795.	813.
7.50	704.	1325.	80.	1950.	885.
8.00	778.	1414.	85.	2107.	959.
8.50	856.	1502.	90.	2268.	1034.
9.00	940.	1590.	95.	2435.	1112.
9.50	1028.	1679.	101.	2606.	1193.
10.00	1121.	1767.	106.	2782.	1276.
10.50	1218.	1856.	111.	2962.	1362.
11.00	1321.	1944.	117.	3148.	1450.
11.50	1428.	2032.	122.	3338.	1541.
12.00	1540.	2121.	127.	3533.	1634.
12.50	1656.	2209.	133.	3733.	1730.
13.00	1778.	2297.	138.	3937.	1828.
13.50	1904.	2386.	143.	4146.	1929.
14.00	2035.	2474.	148.	4360.	2032.
14.50	2170.	2562.	154.	4579.	2138.
15.00	2311.	2651.	159.	4803.	2246.
15.50	2456.	2739.	164.	5031.	2357.
16.00	2606.	2827.	170.	5264.	2470.
16.50	2761.	2916.	175.	5502.	2586.
17.00	2920.	3004.	180.	5744.	2704.
17.50	3085.	3093.	186.	5992.	2825.
18.00	3254.	3181.	191.	6244.	2948.
18.50	3427.	3269.	196.	6501.	3074.
19.00	3606.	3358.	201.	6762.	3202.
19.50	3789.	3446.	207.	7028.	3333.
20.00	3977.	3534.	212.	7300.	3466.
20.50	4170.	3623.	217.	7575.	3602.
21.00	4368.	3711.	223.	7856.	3740.
21.50	4570.	3799.	228.	8142.	3881.
22.00	4777.	3888.	233.	8432.	4024.
22.50	4989.	3976.	239.	8727.	4170.
23.00	5206.	4064.	244.	9026.	4319.
23.50	5427.	4153.	249.	9331.	4469.
24.00	5653.	4241.	254.	9640.	4623.
24.50	5884.	4330.	260.	9954.	4779.
25.00	6120.	4418.	265.	10273.	4937.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO**

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	32 di 43

25.50	6360.	4506.	270.	10596.	5098.
26.00	6606.	4595.	276.	10924.	5261.
26.50	6856.	4683.	281.	11257.	5427.
27.00	7110.	4771.	286.	11595.	5596.
27.50	7370.	4860.	292.	11938.	5766.
28.00	7634.	4948.	297.	12285.	5940.
28.50	7903.	5036.	302.	12637.	6116.
29.00	8177.	5125.	307.	12994.	6294.
29.50	8455.	5213.	313.	13356.	6475.
30.00	8738.	5301.	318.	13721.	6658.
30.50	9020.	5390.	323.	14087.	6841.
31.00	9303.	5478.	329.	14453.	7024.
31.50	9586.	5567.	334.	14818.	7207.
32.00	9869.	5655.	339.	15184.	7391.
32.50	10151.	5743.	345.	15550.	7574.
33.00	10434.	5832.	350.	15916.	7757.
33.50	10717.	5920.	355.	16282.	7940.
34.00	11000.	6008.	360.	16647.	8123.
34.50	11282.	6097.	366.	17013.	8306.
35.00	11565.	6185.	371.	17379.	8489.
35.50	11848.	6273.	376.	17745.	8672.
36.00	12131.	6362.	382.	18111.	8856.
36.50	12413.	6450.	387.	18476.	9039.
37.00	12696.	6538.	392.	18842.	9222.
37.50	12979.	6627.	398.	19208.	9405.
38.00	13261.	6715.	403.	19574.	9588.
38.50	13544.	6804.	408.	19940.	9771.
39.00	13827.	6892.	414.	20305.	9954.
39.50	14110.	6980.	419.	20671.	10138.
40.00	14392.	7069.	424.	21037.	10321.
40.50	14675.	7069.	429.	21314.	10464.
41.00	14958.	7069.	435.	21592.	10608.
41.50	15241.	7069.	440.	21869.	10751.
42.00	15523.	7069.	445.	22147.	10895.
42.50	15806.	7069.	451.	22424.	11038.
43.00	16089.	7069.	456.	22702.	11182.
43.50	16372.	7069.	461.	22979.	11325.
44.00	16654.	7069.	467.	23256.	11469.
44.50	16937.	7069.	472.	23534.	11612.
45.00	17220.	7069.	477.	23811.	11756.
45.50	17503.	7069.	482.	24089.	11899.
46.00	17785.	7069.	488.	24366.	12043.
46.50	18068.	7069.	493.	24644.	12186.
47.00	18351.	7069.	498.	24921.	12330.
47.50	18634.	7069.	504.	25199.	12473.
48.00	18916.	7069.	509.	25476.	12617.
48.50	19199.	7069.	514.	25753.	12760.
49.00	19482.	7069.	520.	26031.	12904.
49.50	19765.	7069.	525.	26308.	13047.
50.00	20047.	7069.	530.	26586.	13191.

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	33 di 43

6. APPENDICE B: VALUTAZIONE DEL MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO. TABULATI DI CALCOLO MR

6.1 Pali D=1500 mm L = 25m

Coeff. di Matlock e Reese-palo lotto 4b VI01 D=1500

Lunghezza palo	Lp	=	25.00 m
Diametro palo	D	=	1.50 m
Modulo elastico palo	Ep	=	30000.00 MPa
Rigidezza flessionale	EJ	=	7455148.00 kN*m ²

Definizione per punti del modulo di reazione del terreno E

Prof. m	E kN/m ²
.000	21000.00
7.000	21000.00
7.100	42000.00
15.000	42000.00
15.100	61250.00
20.000	61250.00
20.100	112000.00
50.000	112000.00

Per il primo segmento:

Modulo iniziale	Eo	=	21000.000 kN/m ²
Gradiente del modulo	Kh	=	.000 kN/m ³

Lunghezza elastica	$T = (EJ/Eo)^{0.25}$	=	4.341 m
Zmax	$= Lp/T$	=	5.759

Coefficienti adimensionali di flessibilita' della sommita' del palo:

Ay	=	1.3965
As = By	=	.9915
Bs	=	1.3714

Spostamento:	$d = Ay Fo T^3/EJ + By Mo T^2/EJ$
Rotazione:	$r = As Fo T^2/EJ + Bs Mo T / EJ$

Per sommita' palo impedita di ruotare:

$Mo = - (T As/Bs) * Fo$	=	- alfa * Fo	alfa = 3.1384 m
-------------------------	---	-------------	-----------------

Sollecitazioni lungo il fusto del palo



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	34 di 43

Taglio: $F = A_v F_o + B_v M_o/T$
 Momento: $M = A_m F_o T + B_m M_o$

Coeff. di Matlock e Reese-palo lotto 4b VI01 D=1500

Momento adimensionale lungo il fusto del palo
 con sommita' impedita di ruotare

z m	Mad -
.000	1.0000
.781	.7663
1.563	.5623
2.344	.3872
3.125	.2386
3.906	.1147
4.688	.0127
5.469	-.0700
6.250	-.1362
7.500	-.2136
8.750	-.2468
10.000	-.2448
11.250	-.2213
12.500	-.1864
14.583	-.1209
16.667	-.0633
18.750	-.0236
21.875	.0019
25.000	.0000

Momento: $M(z) = M_o * Mad(z)$

Coefficienti adimensionali di Matlock e Reese

z/T	A _v	A _m	B _v	B _m
.000	1.0000	.0000	.0000	1.0000
.180	.7649	.1581	-.1571	.9849
.360	.5621	.2768	-.2758	.9451
.540	.3869	.3615	-.3620	.8871
.720	.2427	.4177	-.4194	.8163
.900	.1237	.4500	-.4548	.7371
1.080	.0286	.4632	-.4719	.6534
1.260	-.0457	.4612	-.4747	.5679
1.440	-.1051	.4476	-.4662	.4830
1.728	-.1697	.4088	-.4321	.3518
2.016	-.2258	.3501	-.3598	.2374
2.304	-.2402	.2817	-.2827	.1449
2.592	-.2278	.2136	-.2100	.0742
2.880	-.1980	.1516	-.1419	.0233
3.360	-.1450	.0685	-.0682	-.0263
3.840	-.0793	.0142	-.0077	-.0436
4.320	-.0274	-.0104	.0248	-.0380
5.040	.0163	-.0117	.0317	-.0143
5.759	.0000	.0000	.0000	.0000



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	35 di 43

6.2 Pali D=1500 mm L = 35m

Coeff. di Matlock e Reese-palo lotto 4b VI01 D=1500

Lunghezza palo	Lp	=	35.00 m
Diametro palo	D	=	1.50 m
Modulo elastico palo	Ep	=	30000.00 MPa
Rigidezza flessionale	EJ	=	7455148.00 kN*m2

Definizione per punti del modulo di reazione del terreno E

Prof. m	E kN/m2
.000	21000.00
7.000	21000.00
7.100	42000.00
15.000	42000.00
15.100	61250.00
20.000	61250.00
20.100	112000.00
50.000	112000.00

Per il primo segmento:

Modulo iniziale	Eo	=	21000.000 kN/m2
Gradiente del modulo	Kh	=	.000 kN/m3

Lunghezza elastica	$T = (EJ/Eo)^{0.25}$	=	4.341 m
Zmax	$= Lp/T$	=	8.063

Coefficienti adimensionali di flessibilita' della sommita' del palo:

Ay =	1.3877
As = By =	.9891
Bs =	1.3676

Spostamento: $d = Ay Fo T^3/EJ + By Mo T^2/EJ$
Rotazione: $r = As Fo T^2/EJ + Bs Mo T / EJ$

Per sommita' palo impedita di ruotare:

$Mo = - (T As/Bs) * Fo = - \text{alfa} * Fo$ $\text{alfa} = 3.1391 \text{ m}$

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

Taglio: $F = Av Fo + Bv Mo/T$
Momento: $M = Am Fo T + Bm Mo$

Coeff. di Matlock e Reese-palo lotto 4b VI01 D=1500



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
 PROGETTO DEFINITIVO
 TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	36 di 43

Momento adimensionale lungo il fusto del palo
 con sommita' impedita di ruotare

z m	Mad -
.000	1.0000
1.094	.6811
2.188	.4194
3.281	.2105
4.375	.0481
5.469	-.0748
6.563	-.1656
7.656	-.2261
8.750	-.2498
10.500	-.2366
12.250	-.1912
14.000	-.1359
15.750	-.0832
17.500	-.0411
20.417	.0026
23.333	.0130
26.250	.0089
30.625	.0016
35.000	.0000

Momento: $M(z) = M_0 * Mad(z)$

Coefficienti adimensionali di Matlock e Reese

z/T	Av	Am	Bv	Bm
.000	1.0000	.0000	.0000	1.0000
.252	.6807	.2098	-.2094	.9711
.504	.4213	.3468	-.3478	.8989
.756	.2201	.4259	-.4294	.7995
1.008	.0680	.4607	-.4686	.6852
1.260	-.0408	.4628	-.4768	.5652
1.512	-.1134	.4424	-.4642	.4462
1.764	-.1866	.4048	-.4191	.3337
2.016	-.2323	.3511	-.3512	.2357
2.419	-.2401	.2533	-.2506	.1136
2.822	-.2081	.1616	-.1577	.0323
3.225	-.1617	.0869	-.0871	-.0158
3.628	-.1125	.0310	-.0360	-.0403
4.032	-.0584	-.0033	.0056	-.0456
4.704	-.0088	-.0252	.0273	-.0323
5.375	.0161	-.0191	.0233	-.0134
6.047	.0131	-.0080	.0097	-.0022
7.055	.0029	-.0002	-.0003	.0013
8.063	.0000	.0000	.0000	.0000



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO**

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	37 di 43

7. APPENDICE C: ANALISI PALIFICATA SPALLA. TABULATI DI CALCOLO MAP

7.1 Spalla – Analisi SLV

M A P - Matrix Analysis of Piles
Programma per l'analisi di palificate collegate da un plinto rigido
(C) G.Guiducci, S.G.I. - luglio 1994

pag./ 2

LINEA PALERMO-CATANIA LOTTO 4b
VI01 spalla

Geometria Palificata

palo	vin	X m	Y m	Z m	axz deg	ayz deg	axy deg	Box m	Boy m
1	0	4.500	6.750	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
2	0	4.500	2.250	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
3	0	4.500	-2.250	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
4	0	4.500	-6.750	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
5	0	.000	6.750	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
6	0	.000	2.250	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
7	0	.000	-2.250	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
8	0	.000	-6.750	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
9	0	-4.500	6.750	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
10	0	-4.500	2.250	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
11	0	-4.500	-2.250	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
12	0	-4.500	-6.750	.000	.00	.00	.00	1.50	.00

vin = 0 - incastro; 1 - cerniera; 2 - appoggio
X, Y, Z = Coordinate testa pali
axz = Inclinazione palo nel piano Xp Z rispetto alla verticale
(positiva se verso Xp positivo)
ayz = Inclinazione palo nel piano Yp Z rispetto alla verticale
(positiva se verso Yp positivo)
axy = Rotazione assi Xp Yp (positiva se antioraria)
Box = Lato dell'elemento parallelo all'asse Xp
Boy = Lato dell'elemento parallelo all'asse Yp
se Boy = 0 D = Box: diametro
altrimenti D = $\sqrt{\text{Box} * \text{Boy} * 1.273}$: diametro equivalente



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO**

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	38 di 43

pag. / 3

Caratterizzazione dei pali soggetti a carichi assiali e torsionali
(uguali per tutti i pali)

palo	AK kN/m	TK kN*m/rad
1	1500000.	.0

AK = Rigidezza assiale palo-terreno
TK = Rigidezza torsionale palo-terreno

Baricentro palificata: Xg = .000 m Yg = .000 m
Rotazione direzioni princip. di inerzia: .00 deg

Caratterizzazione del terreno per pali soggetti a carichi trasversali

Terreno tipo 1

Prof. m	E kN/m ²
.00	16000.0
2.00	32000.0
2.10	56000.0
13.00	56000.0
13.10	87500.0
38.00	122500.0

Caratterizzazione dei pali soggetti a carichi trasversali
(uguali per tutti i pali)

palo	Lp m	EJx kN*m ²	Itx	Ridx	EJy kN*m ²	Ity	Ridy
1	36.00	7455147.	1	1.000	7455147.	1	1.000

Lp = Lunghezza palo (compreso eventuale tratto fuori terra)
EJ = Rigidezza flessionale del palo
It = Tipo di terreno
Rid = Moltiplicatore del modulo di reazione orizzontale

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	39 di 43

pag. / 4

LINEA PALERMO-CATANIA LOTTO 4b
VI01 spalla

CONDIZIONE DI CARICO 1
VI01 - SLV - N max _

Coordinate Centri di Carico (c.c.)

c.c.	Xc m	Yc m	Zc m	Alfc deg
1	.000	.000	.000	.00

Componenti di Azioni Esterne riferite ai Centri di Carico

c.c.	Fzc kN	Fxc kN	Mxc kN*m	Fyc kN	Myc kN*m	Mzc kN*m
1	40646.0	7733.0	43625.0	2175.0	14868.0	.0

Componenti di Carico Risultanti (riferimento globale)

Fz kN	Fx kN	Mx kN*m	Fy kN	My kN*m	Mz kN*m
40646.0	7733.0	43625.0	2175.0	14868.0	.0

Punto di applic. carico verticale: Xv = 1.073 m Yv = .366 m

Componenti di Spostamento del Plinto (riferimento globale)

dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	rz mRad
2.258	3.786	.254	.988	.045	.000

Sollecitazioni in Sommita' ai Singoli Pali (riferimento locale)

palo	Fzp kN	Fxp kN	Mxp kN*m	Fyp kN	Myp kN*m	Mzp kN*m	Mris kN*m
1	5555.4	644.4	-1509.9	181.3	-460.3	.0	1578.5
2	5253.3	644.4	-1509.9	181.3	-460.3	.0	1578.5
3	4951.2	644.4	-1509.9	181.3	-460.3	.0	1578.5
4	4649.1	644.4	-1509.9	181.3	-460.3	.0	1578.5
5	3840.3	644.4	-1509.9	181.3	-460.3	.0	1578.5
6	3538.2	644.4	-1509.9	181.3	-460.3	.0	1578.5
7	3236.1	644.4	-1509.9	181.3	-460.3	.0	1578.5
8	2934.0	644.4	-1509.9	181.3	-460.3	.0	1578.5
9	2125.2	644.4	-1509.9	181.3	-460.3	.0	1578.5
10	1823.1	644.4	-1509.9	181.3	-460.3	.0	1578.5
11	1521.0	644.4	-1509.9	181.3	-460.3	.0	1578.5
12	1218.9	644.4	-1509.9	181.3	-460.3	.0	1578.5

Mris = (Mxp^2 + Myp^2)^0.5



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO**

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	40 di 43

pag. / 5

LINEA PALERMO-CATANIA LOTTO 4b
VI01 spalla

CONDIZIONE DI CARICO 2
VI01 - SLV - ML max gr.1 _

Coordinate Centri di Carico (c.c.)

c.c.	Xc m	Yc m	Zc m	Alfc deg
1	.000	.000	.000	.00

Componenti di Azioni Esterne riferite ai Centri di Carico

c.c.	Fzc kN	Fxc kN	Mxc kN*m	Fyc kN	Myc kN*m	Mzc kN*m
1	38263.0	14530.0	88321.0	2175.0	14863.0	.0

Componenti di Carico Risultanti (riferimento globale)

Fz kN	Fx kN	Mx kN*m	Fy kN	My kN*m	Mz kN*m
38263.0	14530.0	88321.0	2175.0	14863.0	.0

Punto di applic. carico verticale: Xv = 2.308 m Yv = .388 m

Componenti di Spostamento del Plinto (riferimento globale)

dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	rz mRad
2.126	7.185	.502	.988	.045	.000

Sollecitazioni in Sommita' ai Singoli Pali (riferimento locale)

palo	Fzp kN	Fxp kN	Mxp kN*m	Fyp kN	Myp kN*m	Mzp kN*m	Mris kN*m
1	7029.7	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
2	6727.7	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
3	6425.7	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
4	6123.7	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
5	3641.6	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
6	3339.6	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
7	3037.6	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
8	2735.6	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
9	253.5	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
10	-48.5	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
11	-350.6	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
12	-652.6	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8

$$Mris = (Mxp^2 + Myp^2)^{0.5}$$

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	41 di 43

pag. / 6

LINEA PALERMO-CATANIA LOTTO 4b
VI01 spalla

CONDIZIONE DI CARICO 3
VI01 - SLV - MT max gr.1 _

Coordinate Centri di Carico (c.c.)

c.c.	Xc m	Yc m	Zc m	Alfc deg
1	.000	.000	.000	.00

Componenti di Azioni Esterne riferite ai Centri di Carico

c.c.	Fzc kN	Fxc kN	Mxc kN*m	Fyc kN	Myc kN*m	Mzc kN*m
1	38263.0	7733.0	42060.0	6956.0	46645.0	.0

Componenti di Carico Risultanti (riferimento globale)

Fz kN	Fx kN	Mx kN*m	Fy kN	My kN*m	Mz kN*m
38263.0	7733.0	42060.0	6956.0	46645.0	.0

Punto di applic. carico verticale: Xv = 1.099 m Yv = 1.219 m

Componenti di Spostamento del Plinto (riferimento globale)

dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	rz mRad
2.126	3.769	.248	3.155	.141	.000

Sollecitazioni in Sommita' ai Singoli Pali (riferimento locale)

palo	Fzp kN	Fxp kN	Mxp kN*m	Fyp kN	Myp kN*m	Mzp kN*m	Mris kN*m
1	6292.7	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
2	5339.5	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
3	4386.3	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
4	3433.1	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
5	4618.3	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
6	3665.2	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
7	2712.0	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
8	1758.8	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
9	2944.0	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
10	1990.9	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
11	1037.7	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
12	84.5	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2

Mris = (Mxp² + Myp²)^{0.5}

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	42 di 43

pag. / 7

LINEA PALERMO-CATANIA LOTTO 4b
VI01 spalla

CONDIZIONE DI CARICO 4
VI01 - SLV - MT max gr.1 _

Coordinate Centri di Carico (c.c.)

c.c.	Xc m	Yc m	Zc m	Alfc deg
1	.000	.000	.000	.00

Componenti di Azioni Esterne riferite ai Centri di Carico

c.c.	Fzc kN	Fxc kN	Mxc kN*m	Fyc kN	Myc kN*m	Mzc kN*m
1	38263.0	7733.0	42060.0	6956.0	46645.0	.0

Componenti di Carico Risultanti (riferimento globale)

Fz kN	Fx kN	Mx kN*m	Fy kN	My kN*m	Mz kN*m
38263.0	7733.0	42060.0	6956.0	46645.0	.0

Punto di applic. carico verticale: Xv = 1.099 m Yv = 1.219 m

Componenti di Spostamento del Plinto (riferimento globale)

dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	rz mRad
2.126	3.769	.248	3.155	.141	.000

Sollecitazioni in Sommita' ai Singoli Pali (riferimento locale)

palo	Fzp kN	Fxp kN	Mxp kN*m	Fyp kN	Myp kN*m	Mzp kN*m	Mris kN*m
1	6292.7	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
2	5339.5	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
3	4386.3	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
4	3433.1	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
5	4618.3	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
6	3665.2	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
7	2712.0	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
8	1758.8	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
9	2944.0	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
10	1990.9	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
11	1037.7	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2
12	84.5	644.4	-1517.9	579.7	-1474.5	.0	2116.2

Mris = (Mxp² + Myp²)^{0.5}

VI01 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3V	40	D 09 RB	VI0103 001	A	43 di 43

pag./ 8

LINEA PALERMO-CATANIA LOTTO 4b
VI01 spalla

CONDIZIONE DI CARICO 5
VI01 - SLV - ML max gr.1 _

Coordinate Centri di Carico (c.c.)

c.c.	Xc m	Yc m	Zc m	Alfc deg
1	.000	.000	.000	.00

Componenti di Azioni Esterne riferite ai Centri di Carico

c.c.	Fzc kN	Fxc kN	Mxc kN*m	Fyc kN	Myc kN*m	Mzc kN*m
1	38263.0	14530.0	88321.0	2175.0	14863.0	.0

Componenti di Carico Risultanti (riferimento globale)

Fz kN	Fx kN	Mx kN*m	Fy kN	My kN*m	Mz kN*m
38263.0	14530.0	88321.0	2175.0	14863.0	.0

Punto di applic. carico verticale: Xv = 2.308 m Yv = .388 m

Componenti di Spostamento del Plinto (riferimento globale)

dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	rz mRad
2.126	7.185	.502	.988	.045	.000

Sollecitazioni in Sommita' ai Singoli Pali (riferimento locale)

palo	Fzp kN	Fxp kN	Mxp kN*m	Fyp kN	Myp kN*m	Mzp kN*m	Mris kN*m
1	7029.7	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
2	6727.7	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
3	6425.7	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
4	6123.7	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
5	3641.6	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
6	3339.6	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
7	3037.6	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
8	2735.6	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
9	253.5	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
10	-48.5	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
11	-350.6	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8
12	-652.6	1210.8	-2804.3	181.3	-460.3	.0	2841.8

Mris = (Mxp^2 + Myp^2)^0.5