

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 2: Taormina (e) – Giampileri (e)

VI05 – Viadotto Fiumara D'Agrò

Relazione geotecnica e di calcolo fondazioni

SCALA:

-

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

RS2S 02 D 09 RB VI0503 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	F. Formato 	Gennaio 2018	L. Utzeri 	Gennaio 2018	P. Carlesimo 	Gennaio 2018	A. Vittozzi 	Gennaio 2018

ITALFERR S.p.A.
Dipartimento Chilly e Gestione delle varianti
Progettista: Ing. Angelo Vittozzi
N° A20782
Provincia di Roma

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
3.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	6
4.	CALCOLO PALI DI FONDAZIONE.....	6
4.1	CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE DEI PALI	6
	4.1.1 Spalla A e Pile	7
	4.1.2 Spalla B	9
4.2	MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO.....	11
4.3	VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI	11
5.	APPENDICE A	14
5.1	SPALLA A E PILE.....	15
5.2	SPALLA B.....	18
1.	PREMESSA	4
2.	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
3.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	6
4.	CALCOLO PALI DI FONDAZIONE.....	6
4.1	CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE DEI PALI	6
	4.1.1 Spalla A e Pile	7
	4.1.2 Spalla B	9

4.2	MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO	11
4.3	VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI	11
5.	APPENDICE A	14
5.1	SPALLA A E PILE.....	15
5.2	SPALLA B.....	18

1. **PREMESSA**

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento delle fondazioni del viadotto Fiumara D’Agrò (VI05) nell’ambito del Progetto Definitivo del raddoppio della tratta ferroviaria Giampileri – Fiumefreddo, Lotto II Taormina - Giampileri, della Linea Messina - Catania - Palermo.

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;
- verifica a carico limite orizzontale dei pali.

Tutte le analisi svolte nel seguito sono eseguite in conformità alla normativa italiana vigente sulle opere civili (DM 14/01/2008).

2. *NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO*

2.1 *Normativa di riferimento*

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008).
- [N.2]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.
- [N.3]. RFI DTC SI CS MA IFS 001 A del 30-12-16 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N.4]. RFI DTC SI SP IFS 001 A del 30-12-16 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.

2.2 *Documenti di riferimento*

- [DC1]. RS2S02D78RHGE0005003B - Relazione geotecnica generale 3/6.
- [DC2]. RS2S02D78F6GE0005003B - Profilo longitudinale geotecnico - Tav.3/6.
- [DC3]. RS2S02D69RGGE0001001B - Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica
- [DC4]. RS2S02D69F5GE0001003B - Profilo geologico tav. 3/8 da 20+500 a 24+000
- [DC5]. RS2S02D09CLVI0503001A - Relazione geotecnica e di calcolo strutturale fondazioni su pozzo
- [DC6]. RS2S02D09CLVI0604001A - Relazione di calcolo spalle
- [DC7]. RS2S02D09CLVI0605001A - Relazione di calcolo pile

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per quanto riguarda la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni presenti in corrispondenza del viadotto si rimanda alla relazione geotecnica generale 3/6 (doc. rif. [DC1]).

In corrispondenza dell’opera sono stati eseguiti, in varie campagne di indagini, la MASW4 e i seguenti sondaggi: ST03, ST04, ST05, S23D, S24D.

Le fondazioni delle pile del viadotto interessano quasi esclusivamente i depositi alluvionali recenti bb (ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa a grana grossa, limo sabbiosa o limo sabbiosa argillosa). Solamente in corrispondenza della spalla B e a profondità maggiori di 30 m in corrispondenza della spalla A e delle pile, le fondazioni intercettano la formazione di base costituita da filladi (FDN), individuate come rocce con una forte componente argillosa.

In considerazione dell’elevato valore di scalzamento previsto in corrispondenza delle pile di scavalco P3 e P4 (16.3m), per tali pile si è deciso di prevedere fondazioni su pozzo (per il dettaglio del calcolo delle fondazioni su pozzo si veda il documento [DC5]). In corrispondenza delle restanti pile, invece, sono state previste fondazioni su pali di grande diametro (D=1.5 m).

Il livello massimo di falda rilevato in corrispondenza dell’opera si attesta all’incirca a quota +27.5 m s.l.m. (S23D).

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

Unità	γ (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	σ_c (MPa)
bb	18	0	36	-
FDN	21	-	-	12,5

4. CALCOLO PALI DI FONDAZIONE

4.1 Capacità portante verticale dei pali

Nel presente capitolo si riportano le curve di capacità portante verticale (a compressione e trazione) per l’opera in esame ed i dati di base utilizzati per il calcolo. Il dettaglio dei calcoli è riportato in APPENDICE A.

Le metodologie di calcolo adottate per la determinazione della portanza verticale, invece, sono dettagliatamente illustrate nella Relazione geotecnica generale 3/6 (doc. rif. [DC1]).

4.1.1 Spalla A e Pile

La capacità portante per le fondazioni della spalla A e delle pile del viadotto VI05 è stata valutata per pali di grande diametro $D=1500$ mm, considerando l’Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa e quindi con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione $\gamma_s = 1.15$,
- fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione $\gamma_{st} = 1.25$,
- fattore di sicurezza per la portata di base $\gamma_b = 1.35$,
- n. 1 verticale di indagine, da cui $\xi_3 = 1.70$.

Si noti che è stata considerata una sola verticale di indagine considerando anche che la maggior parte dei sondaggi disponibili sono distanti dall’asse del viadotto.

Per la verifica di capacità portante del palo sono state verificate le seguenti due condizioni:

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

Per il calcolo della capacità portante si è considerata cautelativamente la testa palo a 3.5 m da p.c. e la falda a piano campagna. Inoltre, in via cautelativa, si è assunto che i pali siano completamente immersi in alluvioni anche per spessori maggiori di 30 m (spessore medio dello strato di alluvioni individuato dai sondaggi) per tenere conto della notevole alterazione dei primi metri della formazione delle filladi.

Nella tabella seguente si riporta la stratigrafia di calcolo ed i principali dati utilizzati.

Stratigrafia di calcolo da testa palo						
Unità	Met. Calcolo	Prof. base strato (m)	γ (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	Nq
bb	Incoerente	40	18	0	36	17,80

Nel diagramma seguente si riporta l’andamento della capacità portante in funzione della lunghezza del palo.

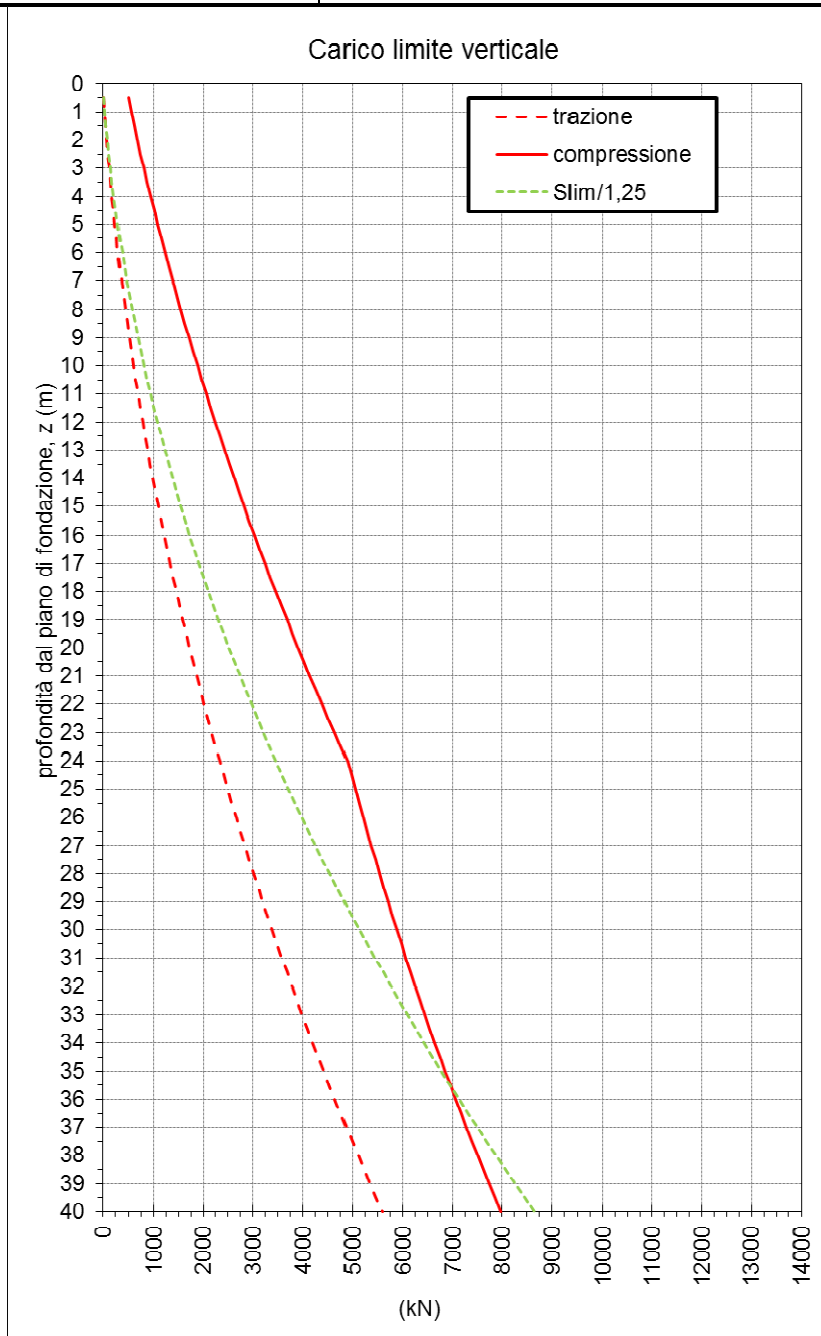


Figura 1 – VI05 spalla A e pile - Capacità portante palo D=1500 mm

4.1.2 Spalla B

La capacità portante per le fondazioni della spalla B del viadotto VI05 è stata valutata per pali di grande diametro $D=1500$ mm, considerando l’Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa e quindi con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione $\gamma_s = 1.15$,
- fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione $\gamma_{st} = 1.25$,
- fattore di sicurezza per la portata di base $\gamma_b = 1.35$,
- n. 1 verticale di indagine, da cui $\xi_3 = 1.70$.

Per la verifica di capacità portante del palo sono state verificate le seguenti due condizioni:

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

Per il calcolo della capacità portante si è considerata cautelativamente la testa palo a 3.5 m da p.c. e la falda a testa palo (da lettura eseguita in corrispondenza dell’S24D).

Nella tabella seguente si riporta la stratigrafia di calcolo ed i principali dati utilizzati.

Stratigrafia di calcolo da testa palo						
Unità	Met. Calcolo	Prof. base strato (m)	γ (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	$\sigma_{c,k}$ (MPa)
FDN	Ammasso	40	21	-	-	12,5

Nel diagramma seguente si riporta l’andamento della capacità portante in funzione della lunghezza del palo.

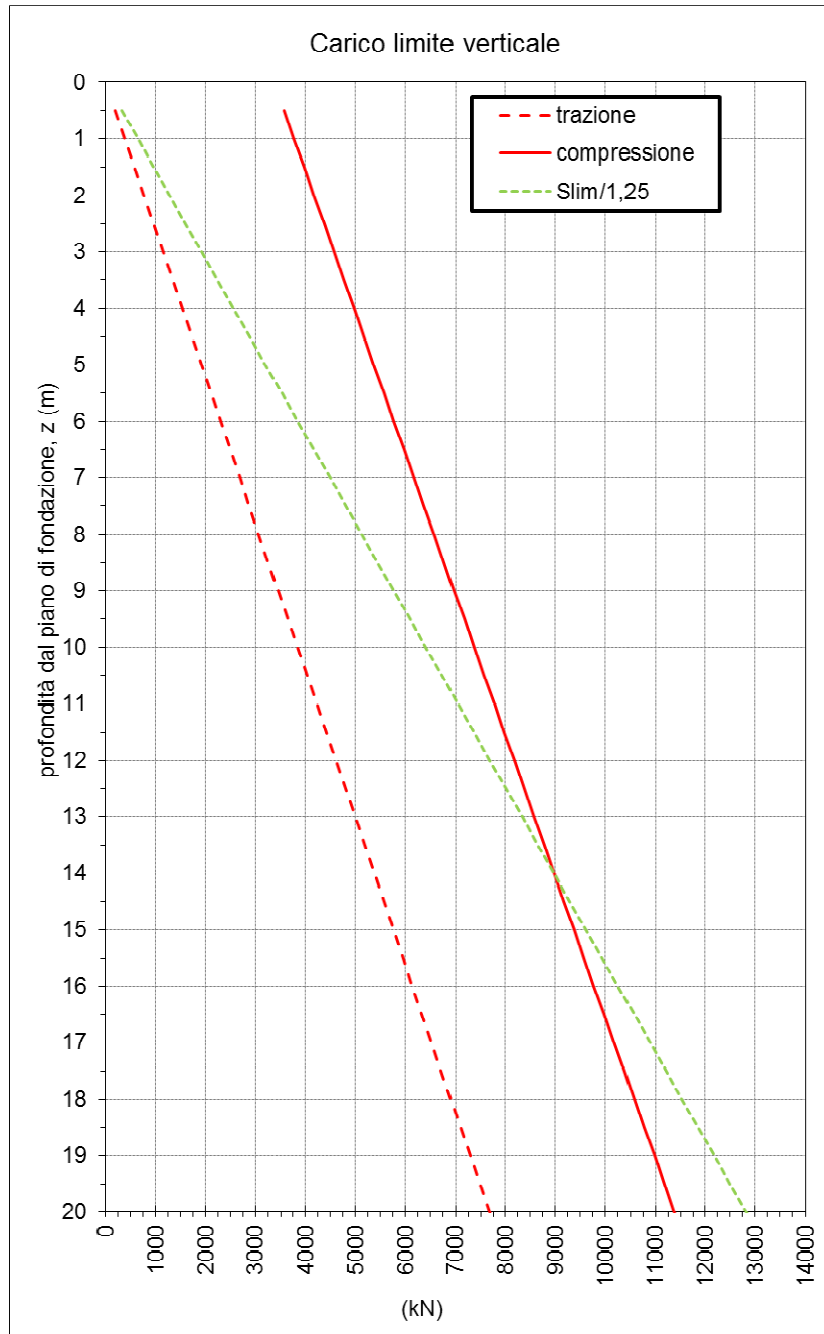


Figura 2 – VI05 Spalla B - Capacità portante palo D=1500 mm

4.2 Modulo di reazione orizzontale del terreno

Lo studio dell'interazione tra palo soggetto ai carichi orizzontali e terreno (riportato nella relazione di calcolo delle spalle del ponte) viene effettuato ricorrendo alla teoria di Matlock e Reese che si basa sul modello di suolo alla Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno (k_h).

Il modulo di reazione orizzontale è definito come il rapporto fra la reazione del terreno per unità di lunghezza del palo, $p(z)$, ed il corrispondente spostamento orizzontale, $y(z)$:

$$k_h = p(z) / y(z).$$

Nel caso di terreni incoerenti, k_h può essere assunto variabile linearmente con la profondità e si assume l'espressione (Matlock e Reese, 1956):

$$k_h(z) = n_h z/D$$

in cui n_h è un valore dipendente dallo stato di addensamento del terreno e dalla presenza della falda e D è il diametro del palo.

Nel caso di terreni argillosi, k_h viene assunto costante con la profondità e, secondo Davisson (1970), può essere valutato con la seguente espressione:

$$k_h = 67 c_u/D$$

Nel caso in esame si può assumere

	bb	FDN
n_h (kN/m ³)	9000	12000

4.3 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 sono riportate in dettaglio nella Relazione geotecnica generale 3/6 (doc. rif. [DC1]). Nel caso di terreni stratificati o falda non a piano campagna, le verifiche a carico limite orizzontale sono state svolte con un programma di calcolo (Mancina, Nori, Iasiello, 2010) che opera

con le stesse ipotesi di base di Broms e ricerca per tentativi le posizioni di cerniere plastiche e centri di rotazione che garantiscono le condizioni di equilibrio.

Data la lunghezza dei pali di fondazione, il meccanismo di rottura è quello di palo lungo.

Il valore caratteristico della resistenza ($H_{lim,k}$) è ottenuto applicando alla resistenza calcolata il fattore di correlazione $\xi_3 = 1.70$ (per l'opera in esame è stata considerata una sola verticale di indagine). Quindi, per ottenere il valore di progetto del carico limite del palo nella palificata (H_d), il valore caratteristico del palo singolo è stato diviso per γ_T (=1.3 per combinazione A1+M1+R3) e poi moltiplicato per un coefficiente pari a 0.8 al fine di tenere conto dell'effetto gruppo.

$$H_d = 0.8 \times H_{lim,d} = 0.8 \times H_{lim,k} / \gamma_T$$

A seguire si riporta la tabella riepilogativa delle valutazioni effettuate considerando, ad esempio, un momento di plasticizzazione pari a $M_y = 7000$ kN m. Il calcolo del carico limite per le fondazioni in esame, con il valore del momento di plasticizzazione di riferimento, è riportato nelle relazioni di calcolo delle pile e delle spalle.

VI05 – spalla A e pile				
<i>stratigrafia di calcolo</i>				
	z da testa palo (m)	γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	prof. falda da testa palo (m)
bb	40	18	36	0
<i>valutazione H_d</i>				
D palo (m)	M_y (kN m)	$H_{lim,k}$ (kN)	$H_{lim,d}$ (kN)	H_d (kN)
1,5	7000	1840,0	1415	1132

VI05 – spalla B				
<i>stratigrafia di calcolo</i>				
	z da testa palo (m)	γ (kN/m ³)	c (kPa)	prof. falda da testa palo (m)
FDN	40	21	190	0
<i>valutazione H_d</i>				
D palo (m)	My (kN m)	$H_{lim,k}$ (kN)	$H_{lim,d}$ (kN)	H_d (kN)
1,5	7000	2636,4	2028	1622



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO
LOTTO 2: Taormina - Giampileri

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI
VI05 – Viadotto Fiumara D’Agrò - Relazione
geotecnica e di calcolo fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02 D 09	RB	VI0503 001	A	14 di 20

5. APPENDICE A

5.1 Spalla A e Pile

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale	peso secco gamma_d	gamma_sat	coesione non dren. cu	coesione dren. c'
I° strato	bb	(m) 40	m 0	m 40	(kN/m³) 18	(kN/m³) 18	(kPa) 0	(kPa) 0
		40						
lunghezza palo	incrementi	unità	diametro	peso secco gamma_d	gamma_sat	coesione non dren. cu	coesione dren. c'	angolo attrito phi'
(m)			m	(kN/m³)	(kN/m³)	(kPa)	(kPa)	(°)
0,5	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
1,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
1,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
2,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
2,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
3,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
3,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
4,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
4,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
5,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
5,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
6,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
6,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
7,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
7,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
8,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
8,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
9,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
9,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
10,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
10,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
11,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
11,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
12,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
12,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
13,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
13,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
14,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
14,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
15,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
15,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
16,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
16,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
17,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
17,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
18,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
18,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
19,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
19,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
20,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
20,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
21,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
21,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
22,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
22,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
23,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
23,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
24,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
24,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
25,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
25,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
26,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
26,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
27,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
27,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
28,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
28,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
29,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
29,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
30,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
30,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
31,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
31,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
32,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
32,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
33,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
33,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
34,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
34,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
35,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
35,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
36,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
36,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
37,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
37,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
38,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
38,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
39,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
39,50	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36
40,00	0,50	bb	1,5	18	18	0	0	36

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI
VI05 – Viadotto Fiumara D’Agrò - Relazione
geotecnica e di calcolo fondazioni

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS2S 02 D 09 RB VI0503 001 A 16 di 20

angolo attrito phi	coeff. adesione palo- terr. alpha	coeff. tensione orizz. k0	coeff. attrito palo-terr. mu	coeff. Nc (cond. non drenate)	coeff. Nc (cond. drenate)	coeff. Nq (cond. drenate)		
(°)								
36	0,90	0,41	0,73	9,00		17,80		
coeff. adesione palo- terr. alpha	coeff. tensione orizz. k0	coeff. attrito palo- terr. mu	coeff. Nc (cond. non drenate)	coeff. Nc (cond. drenate)	coeff. Nq (cond. drenate)	Peso proprio palo/m (non alleggerito)		sigz(L)
						(kN)		(kPa)
								66,5
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	6	76
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	12	85
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	19	94
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	25	103
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	31	112
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	37	121
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	43	130
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	49	139
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	56	148
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	62	157
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	68	166
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	74	175
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	80	184
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	87	193
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	93	202
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	99	211
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	105	220
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	111	229
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	118	238
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	124	247
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	130	256
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	136	265
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	142	274
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	148	283
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	155	292
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	161	301
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	167	310
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	173	319
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	179	328
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	186	337
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	192	346
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	198	355
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	204	364
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	210	373
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	216	382
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	223	391
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	229	400
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	235	409
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	241	418
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	247	427
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	254	436
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	260	445
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	266	454
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	272	463
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	278	472
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	285	481
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	291	490
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	297	499
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	303	508
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	309	517
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	315	526
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	322	535
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	328	544
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	334	553
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	340	562
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	346	571
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	353	580
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	359	589
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	365	598
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	371	607
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	377	616
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	383	625
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	390	634
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	396	643
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	402	652
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	408	661
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	414	670
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	421	679
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	427	688
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	433	697
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	439	706
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	445	715
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	452	724
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	458	733
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	464	742
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	470	751
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	476	760
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	482	769
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	489	778
0,90	0,41	0,73	9,00		17,80	6	495	787

pw(L)	sigz(L)	plim	int(slim_dz)	Plim	Ƴ base	Slim	Ƴ laterale	Qlim	Qlim - Ppalo	Ƴ trazione	Tim+Ppalo	Slim/1,25
(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN)		(kN)		(kN)	(kN)		(kN)	(kN)
35.0	32											
40.0	36	632	10.0	1117	1.35	24	1.15	499	491	1.25	17.3	19
45.0	40	703	11.2	1243	1.35	50	1.15	567	551	1.25	35.9	40
50.0	44	774	12.4	1369	1.35	79	1.15	637	613	1.25	55.9	64
55.0	48	846	13.6	1494	1.35	111	1.15	708	676	1.25	77.2	89
60.0	52	917	14.8	1620	1.35	146	1.15	781	741	1.25	99.8	117
65.0	56	988	16.0	1746	1.35	184	1.15	855	807	1.25	123.8	147
70.0	60	1059	17.2	1872	1.35	225	1.15	931	874	1.25	149.1	180
75.0	64	1131	18.4	1998	1.35	268	1.15	1008	943	1.25	175.7	215
80.0	68	1202	19.6	2124	1.35	314	1.15	1086	1014	1.25	203.6	251
85.0	72	1273	20.8	2250	1.35	363	1.15	1166	1086	1.25	232.9	291
90.0	76	1344	22.0	2375	1.35	415	1.15	1247	1159	1.25	263.5	332
95.0	80	1415	23.2	2501	1.35	470	1.15	1330	1234	1.25	295.4	376
100.0	84	1487	24.4	2627	1.35	527	1.15	1415	1310	1.25	328.6	422
105.0	88	1558	25.6	2753	1.35	588	1.15	1500	1388	1.25	363.2	470
110.0	92	1629	26.8	2879	1.35	651	1.15	1587	1467	1.25	399.1	521
115.0	96	1700	28.0	3005	1.35	717	1.15	1676	1547	1.25	436.3	574
120.0	100	1772	29.2	3131	1.35	786	1.15	1766	1629	1.25	474.9	629
125.0	104	1843	30.4	3256	1.35	857	1.15	1857	1713	1.25	514.8	686
130.0	108	1914	31.6	3382	1.35	932	1.15	1950	1798	1.25	556.0	745
135.0	112	1985	32.8	3508	1.35	1009	1.15	2045	1884	1.25	598.6	807
140.0	116	2056	34.0	3634	1.35	1089	1.15	2141	1972	1.25	642.4	871
145.0	120	2128	35.2	3760	1.35	1172	1.15	2238	2061	1.25	687.6	938
150.0	124	2199	36.4	3886	1.35	1258	1.15	2337	2152	1.25	734.2	1006
155.0	128	2270	37.6	4012	1.35	1346	1.15	2437	2244	1.25	782.0	1077
160.0	132	2341	38.8	4137	1.35	1438	1.15	2538	2337	1.25	831.2	1150
165.0	136	2412	40.0	4263	1.35	1532	1.15	2641	2432	1.25	881.7	1226
170.0	140	2484	41.2	4389	1.35	1629	1.15	2746	2529	1.25	933.6	1303
175.0	144	2555	42.4	4515	1.35	1729	1.15	2852	2626	1.25	986.8	1383
180.0	148	2626	43.6	4641	1.35	1832	1.15	2959	2726	1.25	1041.3	1465
185.0	152	2697	44.8	4767	1.35	1937	1.15	3068	2827	1.25	1097.1	1550
190.0	156	2769	46.0	4892	1.35	2045	1.15	3178	2929	1.25	1154.3	1636
195.0	160	2840	47.2	5018	1.35	2156	1.15	3290	3032	1.25	1212.7	1725
200.0	164	2911	48.4	5144	1.35	2270	1.15	3403	3138	1.25	1272.6	1816
205.0	168	2982	49.6	5270	1.35	2387	1.15	3517	3244	1.25	1333.7	1910
210.0	172	3053	50.8	5396	1.35	2507	1.15	3633	3352	1.25	1396.2	2005
215.0	176	3125	52.0	5522	1.35	2629	1.15	3751	3461	1.25	1460.0	2103
220.0	180	3196	53.2	5648	1.35	2755	1.15	3870	3572	1.25	1525.1	2204
225.0	184	3267	54.4	5773	1.35	2883	1.15	3990	3685	1.25	1591.6	2306
230.0	188	3338	55.6	5899	1.35	3014	1.15	4112	3798	1.25	1659.3	2411
235.0	192	3410	56.8	6025	1.35	3147	1.15	4235	3914	1.25	1728.5	2518
240.0	196	3481	58.0	6151	1.35	3284	1.15	4360	4030	1.25	1798.9	2627
245.0	200	3552	59.1	6277	1.35	3423	1.15	4486	4148	1.25	1870.7	2739
250.0	204	3623	60.3	6403	1.35	3565	1.15	4614	4268	1.25	1943.8	2852
255.0	208	3694	61.5	6529	1.35	3710	1.15	4743	4389	1.25	2018.2	2968
260.0	212	3766	62.7	6654	1.35	3858	1.15	4873	4511	1.25	2093.9	3087
265.0	216	3837	63.9	6780	1.35	4009	1.15	5005	4635	1.25	2171.0	3207
270.0	220	3908	65.1	6906	1.35	4162	1.15	5138	4760	1.25	2249.4	3330
275.0	224	3979	66.3	7032	1.35	4319	1.15	5273	4887	1.25	2329.2	3455
280.0	228	4000	67.5	7069	1.35	4478	1.15	5370	4976	1.25	2410.3	3582
285.0	232	4000	68.7	7069	1.35	4640	1.15	5453	5051	1.25	2492.6	3712
290.0	236	4000	69.9	7069	1.35	4804	1.15	5538	5127	1.25	2576.4	3844
295.0	240	4000	71.1	7069	1.35	4972	1.15	5623	5205	1.25	2661.4	3978
300.0	244	4000	72.3	7069	1.35	5142	1.15	5710	5284	1.25	2747.8	4114
305.0	248	4000	73.5	7069	1.35	5316	1.15	5799	5365	1.25	2835.5	4253
310.0	252	4000	74.7	7069	1.35	5492	1.15	5889	5447	1.25	2924.6	4393
315.0	256	4000	75.9	7069	1.35	5671	1.15	5981	5530	1.25	3014.9	4537
320.0	260	4000	77.1	7069	1.35	5852	1.15	6074	5615	1.25	3106.6	4682
325.0	264	4000	78.3	7069	1.35	6037	1.15	6168	5702	1.25	3199.6	4830
330.0	268	4000	79.5	7069	1.35	6224	1.15	6264	5789	1.25	3294.0	4979
335.0	272	4000	80.7	7069	1.35	6414	1.15	6361	5879	1.25	3389.7	5132
340.0	276	4000	81.9	7069	1.35	6607	1.15	6460	5969	1.25	3486.7	5286
345.0	280	4000	83.1	7069	1.35	6803	1.15	6560	6061	1.25	3585.0	5443
350.0	284	4000	84.3	7069	1.35	7002	1.15	6662	6155	1.25	3684.7	5602
355.0	288	4000	85.5	7069	1.35	7203	1.15	6765	6250	1.25	3785.7	5763
360.0	292	4000	86.7	7069	1.35	7408	1.15	6869	6346	1.25	3888.0	5926
365.0	296	4000	87.9	7069	1.35	7615	1.15	6975	6444	1.25	3991.6	6092
370.0	300	4000	89.1	7069	1.35	7825	1.15	7082	6544	1.25	4096.6	6260
375.0	304	4000	90.3	7069	1.35	8037	1.15	7191	6644	1.25	4202.9	6430
380.0	308	4000	91.5	7069	1.35	8253	1.15	7302	6747	1.25	4310.6	6602
385.0	312	4000	92.7	7069	1.35	8471	1.15	7413	6850	1.25	4419.5	6777
390.0	316	4000	93.9	7069	1.35	8693	1.15	7526	6955	1.25	4529.8	6954
395.0	320	4000	95.1	7069	1.35	8917	1.15	7641	7062	1.25	4641.4	7133
400.0	324	4000	96.3	7069	1.35	9144	1.15	7757	7170	1.25	4754.4	7315
405.0	328	4000	97.5	7069	1.35	9373	1.15	7875	7280	1.25	4868.6	7499
410.0	332	4000	98.7	7069	1.35	9606	1.15	7993	7390	1.25	4984.3	7685
415.0	336	4000	99.9	7069	1.35	9841	1.15	8114	7503	1.25	5101.2	7873
420.0	340	4000	101.1	7069	1.35	10079	1.15	8236	7617	1.25	5219.4	8063
425.0	344	4000	102.3	7069	1.35	10320	1.15	8359	7732	1.25	5339.0	8256
430.0	348	4000	103.5	7069	1.35	10564	1.15	8484	7848	1.25	5460.0	8451
435.0	352	4000	104.7	7069	1.35	10811	1.15	8610	7967	1.25	5582.2	8649

5.2 Spalla B

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale	peso secco gamma_d	gamma_sat	coesione non dren. cu	coesione dren. c'
		(m)	m	m	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kPa)	(kPa)
1° strato	FDN	40	0	40	21	21		
lunghezza palo	incrementi	unità	diametro	peso secco gamma_d	gamma_sat	coesione non dren. cu	coesione dren. c'	angolo attrito phi ^r
(m)			m	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kPa)	(kPa)	(°)
0,5	0,50	FDN	1,5	21	21			
1,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
1,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
2,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
2,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
3,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
3,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
4,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
4,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
5,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
5,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
6,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
6,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
7,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
7,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
8,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
8,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
9,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
9,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
10,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
10,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
11,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
11,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
12,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
12,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
13,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
13,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
14,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
14,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
15,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
15,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
16,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
16,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
17,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
17,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
18,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
18,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
19,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
19,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
20,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
20,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
21,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
21,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
22,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
22,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
23,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
23,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
24,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
24,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
25,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
25,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
26,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
26,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
27,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
27,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
28,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
28,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
29,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
29,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
30,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
30,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
31,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
31,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
32,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
32,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
33,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
33,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
34,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
34,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
35,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
35,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
36,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
36,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
37,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
37,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
38,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
38,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
39,00	0,50	FDN	1,5	21	21			
39,50	0,50	FDN	1,5	21	21			
40,00	0,50	FDN	1,5	21	21			

sigz(L)	plim	int(slim_dz)	Plim	γ base	Slim	γ laterale	Qlim	Qlim - Ppako	γ trazione	Tlim	Slim/1,25
(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN)		(kN)		(kN)	(kN)		(kN)	(kN)
74											
79	4375	170,0	7731	1,35	401	1,15	3574	3569	1,25	192,02985	320
85	4375	170,0	7731	1,35	801	1,15	3779	3769	1,25	384,0597	641
90	4375	170,0	7731	1,35	1202	1,15	3983	3970	1,25	576,08955	961
96	4375	170,0	7731	1,35	1602	1,15	4188	4170	1,25	768,1194	1282
101	4375	170,0	7731	1,35	2003	1,15	4393	4370	1,25	960,14925	1602
107	4375	170,0	7731	1,35	2403	1,15	4598	4570	1,25	1152,1791	1923
112	4375	170,0	7731	1,35	2804	1,15	4803	4771	1,25	1344,209	2243
118	4375	170,0	7731	1,35	3204	1,15	5008	4971	1,25	1536,2388	2564
123	4375	170,0	7731	1,35	3605	1,15	5213	5171	1,25	1728,2687	2884
129	4375	170,0	7731	1,35	4006	1,15	5418	5372	1,25	1920,2985	3204
134	4375	170,0	7731	1,35	4406	1,15	5622	5572	1,25	2112,3284	3525
140	4375	170,0	7731	1,35	4807	1,15	5827	5772	1,25	2304,3582	3845
145	4375	170,0	7731	1,35	5207	1,15	6032	5973	1,25	2496,3881	4166
151	4375	170,0	7731	1,35	5608	1,15	6237	6173	1,25	2688,4179	4486
156	4375	170,0	7731	1,35	6008	1,15	6442	6373	1,25	2880,4478	4807
162	4375	170,0	7731	1,35	6409	1,15	6647	6573	1,25	3072,4776	5127
167	4375	170,0	7731	1,35	6809	1,15	6852	6774	1,25	3264,5075	5448
173	4375	170,0	7731	1,35	7210	1,15	7057	6974	1,25	3456,5373	5768
178	4375	170,0	7731	1,35	7611	1,15	7262	7174	1,25	3648,5672	6088
184	4375	170,0	7731	1,35	8011	1,15	7466	7375	1,25	3840,597	6409
189	4375	170,0	7731	1,35	8412	1,15	7671	7575	1,25	4032,6269	6729
195	4375	170,0	7731	1,35	8812	1,15	7876	7775	1,25	4224,6567	7050
200	4375	170,0	7731	1,35	9213	1,15	8081	7975	1,25	4416,6866	7370
206	4375	170,0	7731	1,35	9613	1,15	8286	8176	1,25	4608,7164	7691
211	4375	170,0	7731	1,35	10014	1,15	8491	8376	1,25	4800,7463	8011
217	4375	170,0	7731	1,35	10414	1,15	8696	8576	1,25	4992,7761	8332
222	4375	170,0	7731	1,35	10815	1,15	8901	8777	1,25	5184,806	8652
228	4375	170,0	7731	1,35	11215	1,15	9106	8977	1,25	5376,8358	8972
233	4375	170,0	7731	1,35	11616	1,15	9310	9177	1,25	5568,8657	9293
239	4375	170,0	7731	1,35	12017	1,15	9515	9377	1,25	5760,8955	9613
244	4375	170,0	7731	1,35	12417	1,15	9720	9578	1,25	5952,9254	9934
250	4375	170,0	7731	1,35	12818	1,15	9925	9778	1,25	6144,9552	10254
255	4375	170,0	7731	1,35	13218	1,15	10130	9978	1,25	6336,9851	10575
261	4375	170,0	7731	1,35	13619	1,15	10335	10179	1,25	6529,0149	10895
266	4375	170,0	7731	1,35	14019	1,15	10540	10379	1,25	6721,0448	11215
272	4375	170,0	7731	1,35	14420	1,15	10745	10579	1,25	6913,0746	11536
277	4375	170,0	7731	1,35	14820	1,15	10950	10780	1,25	7105,1045	11856
283	4375	170,0	7731	1,35	15221	1,15	11154	10980	1,25	7297,1343	12177
288	4375	170,0	7731	1,35	15622	1,15	11359	11180	1,25	7489,1642	12497
294	4375	170,0	7731	1,35	16022	1,15	11564	11380	1,25	7681,194	12818
299	4375	170,0	7731	1,35	16423	1,15	11769	11581	1,25	7873,2239	13138
305	4375	170,0	7731	1,35	16823	1,15	11974	11781	1,25	8065,2537	13459
310	4375	170,0	7731	1,35	17224	1,15	12179	11981	1,25	8257,2836	13779
316	4375	170,0	7731	1,35	17624	1,15	12384	12182	1,25	8449,3134	14099
321	4375	170,0	7731	1,35	18025	1,15	12589	12382	1,25	8641,3433	14420
327	4375	170,0	7731	1,35	18425	1,15	12794	12582	1,25	8833,3731	14740
332	4375	170,0	7731	1,35	18826	1,15	12998	12782	1,25	9025,403	15061
338	4375	170,0	7731	1,35	19227	1,15	13203	12983	1,25	9217,4328	15381
343	4375	170,0	7731	1,35	19627	1,15	13408	13183	1,25	9409,4627	15702
349	4375	170,0	7731	1,35	20028	1,15	13613	13383	1,25	9601,4925	16022
354	4375	170,0	7731	1,35	20428	1,15	13818	13584	1,25	9793,5224	16343
360	4375	170,0	7731	1,35	20829	1,15	14023	13784	1,25	9985,5522	16663
365	4375	170,0	7731	1,35	21229	1,15	14228	13984	1,25	10177,582	16983
371	4375	170,0	7731	1,35	21630	1,15	14433	14185	1,25	10369,612	17304
376	4375	170,0	7731	1,35	22030	1,15	14637	14385	1,25	10561,642	17624
382	4375	170,0	7731	1,35	22431	1,15	14842	14585	1,25	10753,672	17945
387	4375	170,0	7731	1,35	22832	1,15	15047	14785	1,25	10945,702	18265
393	4375	170,0	7731	1,35	23232	1,15	15252	14986	1,25	11137,731	18586
398	4375	170,0	7731	1,35	23633	1,15	15457	15186	1,25	11329,761	18906
404	4375	170,0	7731	1,35	24033	1,15	15662	15386	1,25	11521,791	19227
409	4375	170,0	7731	1,35	24434	1,15	15867	15587	1,25	11713,821	19547
415	4375	170,0	7731	1,35	24834	1,15	16072	15787	1,25	11905,851	19867
420	4375	170,0	7731	1,35	25235	1,15	16277	15987	1,25	12097,881	20188
426	4375	170,0	7731	1,35	25635	1,15	16481	16187	1,25	12289,91	20508
431	4375	170,0	7731	1,35	26036	1,15	16686	16388	1,25	12481,94	20829
437	4375	170,0	7731	1,35	26437	1,15	16891	16588	1,25	12673,97	21149
442	4375	170,0	7731	1,35	26837	1,15	17096	16788	1,25	12866	21470
448	4375	170,0	7731	1,35	27238	1,15	17301	16989	1,25	13058,03	21790
453	4375	170,0	7731	1,35	27638	1,15	17506	17189	1,25	13250,06	22111
459	4375	170,0	7731	1,35	28039	1,15	17711	17389	1,25	13442,09	22431
464	4375	170,0	7731	1,35	28439	1,15	17916	17589	1,25	13634,119	22751
470	4375	170,0	7731	1,35	28840	1,15	18121	17790	1,25	13826,149	23072
475	4375	170,0	7731	1,35	29240	1,15	18325	17990	1,25	14018,179	23392
481	4375	170,0	7731	1,35	29641	1,15	18530	18190	1,25	14210,209	23713
486	4375	170,0	7731	1,35	30041	1,15	18735	18391	1,25	14402,239	24033
492	4375	170,0	7731	1,35	30442	1,15	18940	18591	1,25	14594,269	24354
497	4375	170,0	7731	1,35	30843	1,15	19145	18791	1,25	14786,299	24674
503	4375	170,0	7731	1,35	31243	1,15	19350	18992	1,25	14978,328	24995
508	4375	170,0	7731	1,35	31644	1,15	19555	19192	1,25	15170,358	25315
514	4375	170,0	7731	1,35	32044	1,15	19760	19392	1,25	15362,388	25635