

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACOPO

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO**

RELAZIONE

PONTI E VIADOTTI

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI DELL' OPERA VI12

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO		
Ing. M. FERRONI		-

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

IF2R 02 E ZZ CL VI0000 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	P.Coppola	27/04/21	A.Antiga	27/04/21	L.Bruzzone	27/04/21	IL PROGETTISTA A Antiga
B	REVISIONE A SEGUITO RDV	P.Coppola	29/10/21	A.Antiga	30/10/21	L.Bruzzone	30/10/21	 31/10/2021

File: IF2R.0.2.E.ZZ.CL.VI.00.0.0.001.B.doc

n. Elab.:

APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
Ponti e Viadotti Relazione di calcolo delle fondazioni delle opere VI12	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.00.0.0.001</td> <td>B</td> <td>2 di 13</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.00.0.0.001	B	2 di 13
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.00.0.0.001	B	2 di 13								

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3	CRITERI DI CALCOLO.....	5
3.1	GENERALITÀ.....	5
3.2	SLU: CARICO LIMITE.....	5
3.3	METODO DI CALCOLO (RCAL).....	6
4	VIADOTTO VI12.....	9

APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Ponti e Viadotti Relazione di calcolo delle fondazioni delle opere VI12	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 3 di 13

1 **PREMESSA**

Nel presente documento si riporta il calcolo delle curve di capacità portante dei pali di fondazione per le seguenti opere nell'ambito del Progetto Esecutivo per il Raddoppio della Tratta Cancello - Benevento; II° lotto funzionale Frasso Telesino – Vitulano – 2° sublotto Telese-San Lorenzo:

- Viadotto VI12

Le analisi sono state condotte in analogia a quanto fatto nel Progetto Definitivo.

In particolare si è proceduto in analogia a quanto contenuto nel seguente documento del Progetto Definitivo:

“IF0H22D11ROGE0001001A: Relazione tecnico-descrittiva - Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde – Suib Lotto 2”.

Per quanto relativo ai parametri geotecnici, si è fatto riferimento ai documenti [DC1], [DC2] e [DC3] richiamati nel seguito.

Nel presente documento vengono riportate esclusivamente le curve che definiscono la capacità portante verticale dei pali in funzione della loro lunghezza. La valutazione del carico limite orizzontale, oltre alle verifiche di capacità portante verticale e orizzontale, sono riportate all'interno delle specifiche relazioni delle sottostrutture di ogni singola opera che definisce le lunghezze dei pali adottate.

APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Ponti e Viadotti Relazione di calcolo delle fondazioni delle opere VI12	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 4 di 13

2 *NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO*

2.1 *NORMATIVA DI RIFERIMENTO*

NT1. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008).

NT2. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.

2.2 *DOCUMENTI DI RIFERIMENTO*

[DC1]. IF2R.0.2.E.ZZ.SH.GE.00.0.5.004.A - RELAZIONE GEOTECNICA - Monografie geotecniche delle opere di Linea - VI12

[DC2]. IF2R.2.2.E.ZZ.RD.NW.03.0.0.001.A - OPERE D'ARTE VIABILITA'- NW03 - Ponte stradale su Vallone del Lago - Viabilità Prescrizione 48 - Relazione Geotecnica

[DC3]. IF2R.2.2.E.ZZ.RD.NW.04.0.0.001.A - OPERE D'ARTE VIABILITA'- NW04 - Ponte stradale su Vallone del Corpo - Viabilità Prescrizione 48 - Relazione Geotecnica

APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Ponti e Viadotti Relazione di calcolo delle fondazioni delle opere VI12	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 5 di 13

3 CRITERI DI CALCOLO

3.1 GENERALITÀ

Si riportano nel seguito i criteri adottati per la determinazione delle curve di capacità portante dei pali.

Si è proceduto in analogia a quanto contenuto nel seguente documento del progetto definitivo:

- IF0H22D11ROGE0001001A: Relazione tecnico-descrittiva - Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde – Suib Lotto 2.

3.2 SLU: CARICO LIMITE

Le verifiche a carico limite dei pali vengono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente (DM 14/01/2008 “Norme Tecniche per le costruzioni”).

La verifica della capacità portante dei pali è soddisfatta se:

$$F_{cd} \text{ o } F_{td} < R_{c,d} \text{ o } R_{t,d}$$

essendo:

$$R_{c,d} \text{ o } R_{t,d} = R_{c,k} \text{ o } R_{t,k} / \gamma_R$$

dove:

F_{cd} = carico assiale a compressione di progetto

F_{td} = carico assiale a trazione di progetto

$R_{c,k}$ = valore caratteristico della capacità portante limite del palo a compressione

$R_{t,k}$ = valore caratteristico della capacità portante limite del palo a trazione

In particolare le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vengono condotte con riferimento all'approccio 2, in accordo con la NTC08 (cfr. §6.4.3.1):

$$\text{Combinazione 1: A1 + M1 + R3}$$

I coefficienti parziali sui parametri geotecnici vengono quindi presi unitari.

La resistenza di progetto, a compressione, $R_{c,d}$ o a trazione $R_{t,d}$, è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ o $R_{t,k}$ i coefficienti parziali γ_R (R3) riportati in Tabella 1, relativi alla condizione di pali trivellati.

APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Ponti e Viadotti Relazione di calcolo delle fondazioni delle opere VI12	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 6 di 13

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
	γ_R	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tabella 1

Il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ o $R_{t,k}$ è ottenuto applicando i fattori di correlazione ξ_3 e ξ_4 (Tabella 2) alle resistenze di calcolo R_{cal} ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative.

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Per il progetto in esame si considera un coefficiente ξ_3 in funzione del numero di verticali di indagine eseguite per ciascuna singola opera.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Tabella 2

3.3 METODO DI CALCOLO (RCAL)

Portata a compressione

La portata di progetto di un palo trivellato Q_d è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{II} / FS_L + Q_{bl} / FS_B - W'_p$$

dove:

Q_{II} = portata laterale limite

Q_{bl} = portata di base limite

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

APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Ponti e Viadotti Relazione di calcolo delle fondazioni delle opere VI12	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 7 di 13

FS_L = fattore di sicurezza per la portata laterale ($=\xi_3 \cdot \gamma_s$)

FS_B = fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b$)

*Nel calcolo a compressione il peso del palo è un contributo sfavorevole, in quanto è un carico che si aggiunge all'azione di progetto dalla fondazione.

Portata a trazione

La portata di progetto di un palo trivellato Q_d è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{II} / FS_L + W'_p$$

dove:

Q_{II} = portata laterale limite

W'_p = peso efficace del palo (al netto del peso della sottospinta idraulica)*,

FS_L = fattore di sicurezza per la portata laterale ($=\xi_3 \cdot \gamma_t$)

*Nel calcolo a trazione si considera il contributo favorevole del peso del palo, alleggerito della sottospinta dell'acqua.

Portata laterale limite Q_{II}

Il carico limite laterale viene calcolato con la seguente relazione:

$$Q_{II} = \pi \times D \times \sum_i (\tau_i \times h_i)$$

dove:

D = diametro palo

τ_i = tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo

h_i = altezza dello strato i-esimo.

Per i terreni incoerenti, la tensione tangenziale limite lungo il fusto del palo viene valutata con un criterio alle tensioni efficaci con riferimento alla seguente espressione:

$$\tau_i = k_s \times \sigma'_v \times \tan(\phi) \leq \tau_{i,max}$$

dove:

σ'_v = tensione verticale efficace litostatica

$\tau_{i,max}$ = 150 kPa valore massimo dell'adesione laterale limite palo

ϕ = angolo di attrito del terreno

k_s = coefficiente empirico assunto pari a 0.6 per la capacità portante a compressione e 0.5 per quella a trazione

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Ponti e Viadotti Relazione di calcolo delle fondazioni delle opere VI12	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 8 di 13

Per i terreni coesivi, la tensione tangenziale limite lungo il fusto del palo viene valutata con riferimento alla seguente espressione:

$$\tau_t = \alpha \times C_u$$

dove:

α = coefficiente empirico assunto pari a 0.35

C_u = coesione non drenata del terreno

Portata di base limite Q_{bl}

Per la valutazione della portata di base limite è stata utilizzata la seguente relazione:

$$Q_{bl} = A_p \times q_{bl}$$

dove:

A_p = area della base del palo

q_{bl} = portata limite specifica di base

Per i terreni incoerenti, la portata limite specifica di base è stata determinata con riferimento alla seguente espressione:

$$q_{bl} = N_q \times \sigma'_v$$

il valore del coefficiente N_q adottato per i singoli strati viene riportato nelle specifiche tabelle di ogni opera.

Per i terreni coesivi, la portata limite specifica di base è stata determinata con riferimento alla seguente espressione:

$$q_{bl} = 9 \times C_u + \sigma_v$$

La valutazione della portata laterale limite Q_{ll} e di quella di base Q_{lb} è stata effettuata mediante il software Rspile (Rocscience inc, Toronto Canada). Successivamente, mediante l'ausilio di uno specifico foglio excel, si sono determinate le curve di capacità portante considerando gli opportuni fattori di sicurezza e il peso del palo.

Portata SLE

In accordo al manuale di progettazione delle Opere Civili RFI DTC SI MA IFS 001 sono state inoltre calcolate le seguenti curve:

$$Q_{ll} / 1.25$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Ponti e Viadotti Relazione di calcolo delle fondazioni delle opere VI12	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 9 di 13

4 VIADOTTO VI12

Nella seguente tabella, con riferimento al documento [DC1], si riporta la stratigrafia utilizzati per il calcolo della capacità portante dei pali dell'opera in esame.

Profondità [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	ϕ' [°]	N_q [-]	$Q_{b,lim}$ [kPa]
da 0.0 a 7.5	ba1	19.0	-	36	25	5800
da 7.5 a 12.5	bn1	20.0	-	39	25	5800
da 12.5 a 16.5	bn3	20.0	130	25	-	-
da 16.5 a 20.5	bn1	20.0	-	39	25	5800
da 20.5 a 22.5	bn2	20.0	-	32	17	4300
da 22.5 a 45.0	bn1	20.0	-	39	25	5800

La capacità portante per le fondazioni del viadotto è stata valutata per pali di grande diametro $D=1200$ mm considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- N. 1 verticali di indagine, da cui $\xi_3 = 1.70$
- FS_L = fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s = 2.0$)
- $FS_{L,t}$ = fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ($=\xi_3 \cdot \gamma_{st} = 2.1$)
- FS_B = fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b = 2.3$)
- testa palo a 3.0 m di profondità da p.c.
- falda a 0.0 m di profondità da p.c.

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
Ponti e Viadotti Relazione di calcolo delle fondazioni delle opere VI12	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.00.0.0.001	REV. B	FOGLIO 10 di 13

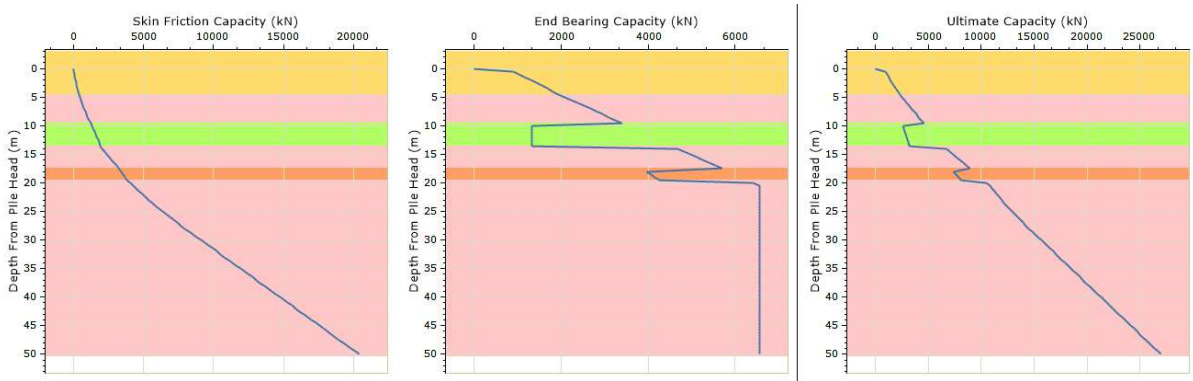


Figura 4-1 – Curve a compressione non fattorizzate

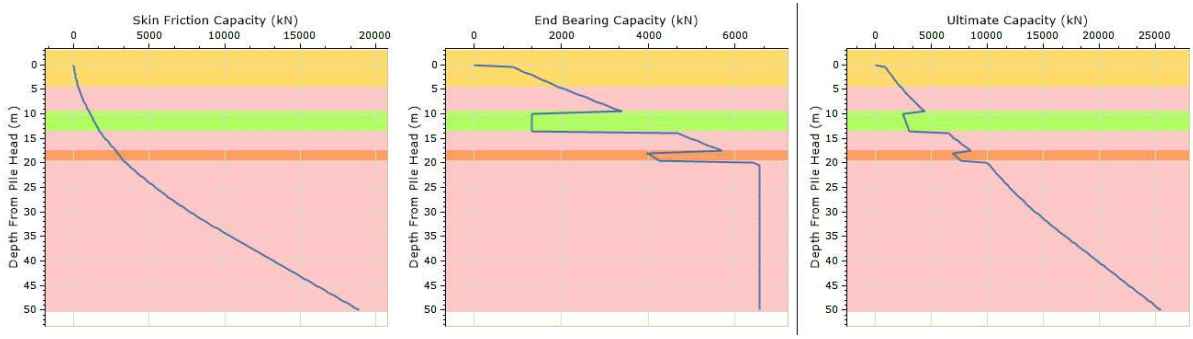


Figura 4-2 – Curve a trazione non fattorizzate

APPALTATORE:



Consorzio Telese Società Consorziale Responsabilità Limitata

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO

PROGETTAZIONE:

Mandatario:

Mandante:

SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO

Ponti e Viadotti
Relazione di calcolo delle fondazioni delle opere VI12

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IF2R 2.2.E.ZZ CL VI.00.0.0.001 B 11 di 13

Table with 15 columns: Depth From Pile Head (m), Elevation (m), Skin Friction Capacity (kN), End Bearing Capacity (kN), Ultimate Capacity (kN), FSLc, FSLt, FSB, Q1/F5 (kN), Q1/F(KN), Qb/F5 (kN), Wp (kN), Qd.c (kN). It contains detailed data for foundation capacity calculations across various depths from 0 to -50 meters.

APPALTATORE: TELESE S.c.a.r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.00.0.0.001</td> <td>B</td> <td>13 di 13</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.00.0.0.001	B	13 di 13
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	VI.00.0.0.001	B	13 di 13								
Ponti e Viadotti Relazione di calcolo delle fondazioni delle opere VI12													

