

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

GEOTECNICA

Relazione di calcolo tappo di fondo in jet grouting

L'Appaltatore

Ing. Gianguido Babini

A.A. D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.

Il Direttore Tecnico

(Ing. Gianguido Babini)

Data 01/2024

firma

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini

Data 01/2024

firma



COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I O B	0 2	E	Z Z	R H	G E 0 0 0 5	0 0 8	D	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	Pagliuso	Dicembre 2022	Cotugno	Dicembre 2022	Secreti	Dicembre 2022	
B	Seconda emissione	Pagliuso	Giugno 2023	Cotugno	Giugno 2023	Secreti	Giugno 2023	
C	Terza emissione	Pagliuso	Ottobre 2023	Cotugno	Ottobre 2023	Secreti	Ottobre 2023	
D	Emissione a seguito d RIV	Pagliuso	Gennaio 2024	Cotugno	Gennaio 2024	Secreti	Gennaio 2024	



File: LI0E02EZZRHGE0005008D

n. Elab.

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo tappo di fondo in jet grouting	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 05			PROGR 008

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	5
3	VERIFICHE TAPPO DI FONDO	6
4	RIEPILOGO	11

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo tappo di fondo in jet grouting	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 05			PROGR 008

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto in esame il piano di posa delle fondazioni dei viadotti è collocato ad una quota tale sotto il piano campagna che può essere raggiunto solo in presenza di opere provvisorie. In riferimento a queste ultime, quando la quota si colloca anche sotto il livello di falda è stato necessario introdurre un tappo di fondo in jet-grouting collocato all'interno di scavi obbligati.

Nel presente documento si riportano le verifiche e il dimensionamento geotecnico del tappo in jet-grouting che si è reso necessario per le opere di fondazione dei viadotti VI02, VI06 e VI15.

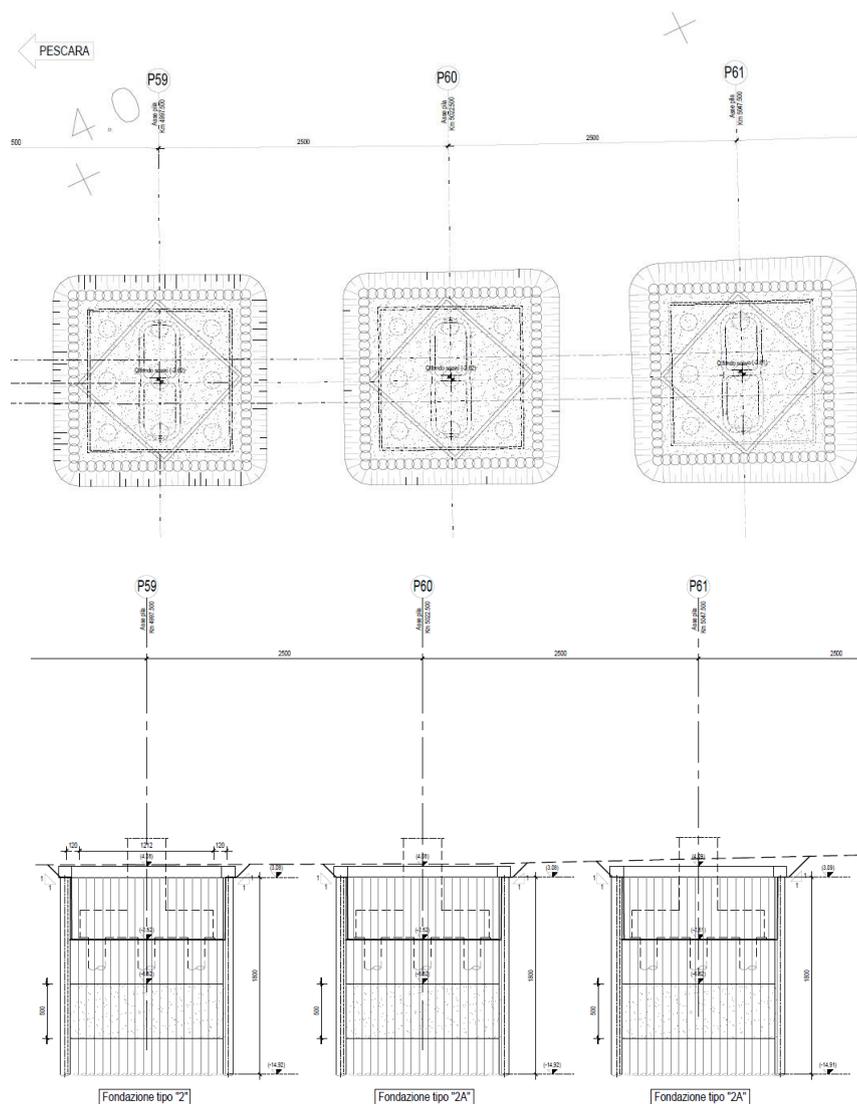


Figura 1-1 Planimetria parziale e sezioni longitudinali fondazioni (Viadotto VI02).

Dal punto di vista costruttivo la sequenza di realizzazione di questi tappi è la seguente:

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione di calcolo tappo di fondo in jet grouting	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	05	008	D	4

FASE 1

- scavo di sbancamento iniziale
- realizzazione opera provvisoria (pali secanti/palancole) di contenimento degli scavi e presidio della falda

FASE 2

- realizzazione pali di fondazione da quota scavo di sbancamento con un tratto di perforazione a vuoto e opportuno sostegno dell'armatura durante le fasi di lavorazione

FASE 3

- realizzazione tappo jet-grouting tra i pali e l'opera provvisoria a partire dallo scavo di sbancamento con un tratto di perforazione a vuoto

FASE 4

- scavo fino a quota magrone plinto di fondazione
- scapitozzatura pali di fondazione
- posa in opera del magrone di sottofondo
- posa in opera dell'armatura plinto
- getto plinto

FASE 5

- ritombamento

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione di calcolo tappo di fondo in jet grouting	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	05	008	D	5

2 NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'interpretazione dei risultati e la redazione della presente relazione sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore e di alcune Raccomandazioni.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

- [N.1]. L. n. 1086 del 5/11/1971 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- [N.2]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- [N.3]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- [N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2
- [N.5]. RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Inoltre, si fa riferimento ai seguenti documenti:

GEOTECNICA – Relazione Geotecnica Generale	LI0202D78RBGE0005001
GEOTECNICA – Piano profilo geotecnico – Tav. 5 di 20	LI0202D78F6GE0005005
GEOTECNICA – Piano profilo geotecnico – Tav. 13 di 20	LI0202D78F6GE0005013
GEOTECNICA – Piano profilo geotecnico – Tav. 19 di 20	LI0202D78F6GE0005019
GEOTECNICA - Opere provvisionali per scavo fondazioni pile/spalle tav 1/2	LI0202D78BZVI0003001
GEOTECNICA - Opere provvisionali per scavo fondazioni pile/spalle tav 2/2	LI0202D78BZVI0003002
GEOTECNICA - Fasi realizzazione fondazioni con opere provvisionali	LI0202D78BZVI0003003
VI02 - Pianta e sezione longitudinale scavi tav 11	LI0202D78P9VI0203011
VI06 - Pianta e sezione longitudinale scavi tav 2	LI0202D78P9VI0603002
VI15 - Pianta e sezione longitudinale scavi tav 2	LI0202D78P9VI1503002

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		Relazione di calcolo tappo di fondo in jet grouting	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 05		PROGR 008

3 VERIFICHE TAPPO DI FONDO

Le verifiche condotte fanno riferimento allo stato limite ultimo di tipo idraulico, riconducibile ad una perdita di equilibrio della struttura o del terreno a causa della sottospinta dell'acqua; esso viene definito nelle nuove norme tecniche (NTC2008) come **UPL** (da Uplift) e deve essere rispettata la seguente condizione:

“Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante $V_{inst,d}$, combinazione di azioni permanenti ($G_{inst,d}$) e variabili ($Q_{inst,d}$), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ($G_{stb,d}$) e delle resistenze (R_d):

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d$$

$$V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d}$$

I coefficienti parziali da utilizzare per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento sono riportati nella tabella seguente:

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9
	Sfavorevole		1.1
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0.0
	Sfavorevole		1.5
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0
	Sfavorevole		1.5

Lo schema di calcolo per la verifica del tappo di fondo è riportato di seguito.

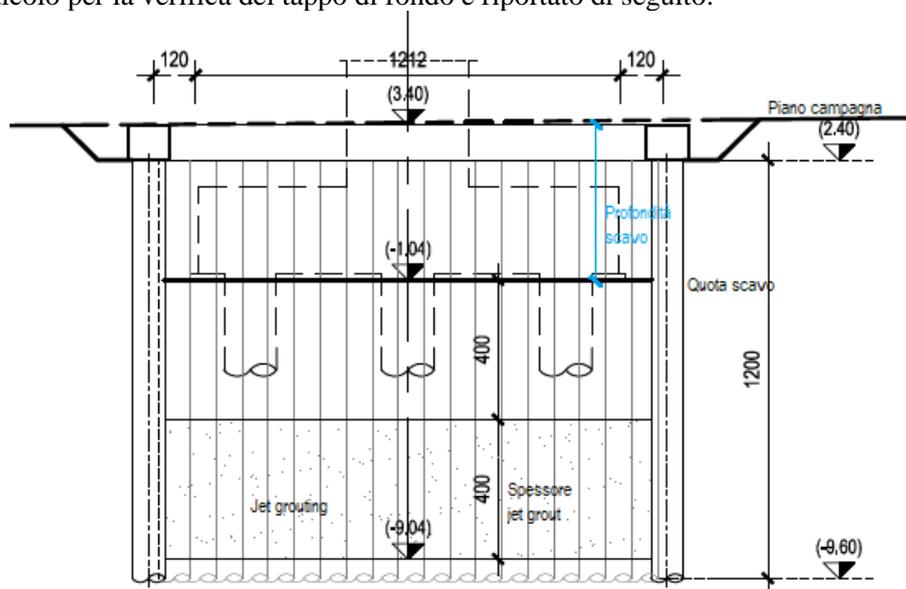


Figura 2. Esempio di schema geometrico del tappo di fondo

Le verifiche sono state condotte considerando i parametri geotecnici indicati nella Relazione Geotecnica

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro <small>S.P.A.</small>	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo tappo di fondo in jet grouting	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR
	LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	05	008	D

Generale; il livello d'acqua è stato assunto al piano campagna in conformità con il profilo geotecnico.

In considerazione della fase provvisoria, per le verifiche si è tenuto conto del contributo di attrito e coesione fra paratia e tappo di fondo, considerando come coefficiente di attrito il valore $\delta_d=1/2 \varphi$ (essendo φ l'angolo di attrito del terreno di partenza) e come coefficiente di spinta quello a riposo K_0 .

L'assunzione del coefficiente K_0 è giustificata dal fatto che il blocco di jet-grouting è collocato ad una profondità in cui la deformata dell'opera di sostegno dello scavo tenderà a mobilitare la spinta passiva del terreno e quindi ci si attesta su valori del contributo attritivo conservativi.

Le verifiche di equilibrio per i tappi di fondo sono state eseguite per le 3 aree più critiche corrispondenti ai già citati viadotti:

- Viadotto VI02, pile da 20 a 23, da 28 a 34 e da 56 a 64 (Verifica eseguita per la pila 63);
- Viadotto VI06, pile da 5 a 15, spalla S2 (Verifica eseguita per la pila 11);
- Viadotto VI15, pile da 01 a 18, spalla S1 ed S2 (Verifica eseguita per la pila 09).

Il suolo in cui sarà inserito il tappo in jet-grouting è indicato nella tabella seguente unitamente alle caratteristiche di resistenza meccanica di riferimento, essendo quelle di deformabilità ininfluenti per il calcolo specifico.

Viadotto	unità geotecnica di riferimento	Peso di volume (kN/m ³)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito (°)
VI02	ba1	19,5	0	36
VI06	ba2	19,5	0	33
VI15	ga2	20	0	32

Per i parametri del jet-grouting nei terreni in questione si assumono i seguenti parametri di resistenza meccanica:

- peso di volume 19,5-20,0kN/m³ come il terreno di partenza;
- coesione pari a 100kPa;
- angolo di attrito (32-36°) pari a quello del terreno di partenza.

Come si può vedere nella Figura 2 precedente, tra il fondo di scavo (piano di posa della fondazione e di testa pali) ed il terreno trattato con jet-grouting è previsto uno spessore di terreno naturale senza trattamento, tale per cui lo spessore del tappo di jet-grouting sia sempre pari almeno alla metà del ricoprimento considerato.

Lo spessore previsto di jet-grouting è quindi il minimo previsto per soddisfare le verifiche. A questo proposito si è comunque previsto uno spessore minimo pari a 3.0m per avere garanzia di formazione della colonna con fattori di sicurezza FS (con $FS=F_{stab}/F_{instab}$) che per ridotti spessori sono stati impostati superiori a 1,1; peraltro, nel caso specifico, la stabilità del tappo come piastra sottoposta ad un carico distribuito dovuto all'acqua agente dal basso è garantita dal fatto che esso è realizzato dopo la costruzione dei pali di fondazione veri e propri.

**Relazione di calcolo tappo di fondo
in jet grouting**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	05	008	D	8

3.1 VERIFICA VIADOTTO VI02 - TRA P01-P07, P20-P23, P28-P34, P56-P64

Viadotto	Pila	Tipo
VI02	63	4

PESO MATERIALI			
Peso specifico jet grouting		19,5	kN/m ³
Peso specifico acqua		10	kN/m ³

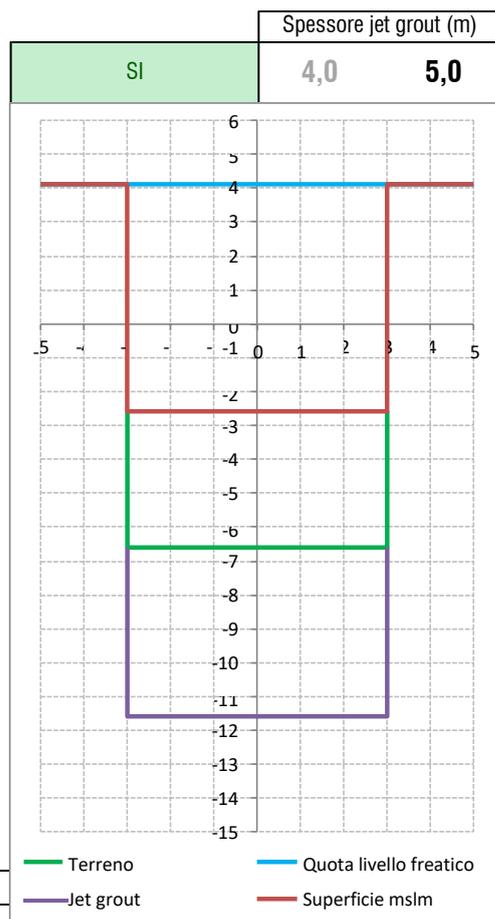
COEF. PARZIALI NTC2008			
Fattore parziale forze instab. sollevamento	$\gamma_{G,dist}$	1,1	
Fattore parziale forze stab. sollevamento	$\gamma_{G,dist}$	0,9	
Fattore parziale per coesione	$\gamma_{c'}$	1,25	
Fattore parziale per angolo attrito	γ_{ϕ}	1,25	

GEOMETRIA			
Piano campagna	p.c.	4,09	mslm
Livello falda acquifera		4,09	mslm
Quota scavo		-2,61	mslm
Profondità scavo		6,70	m
Quota base soletta jet grouting		-11,61	mslm
Larghezza interna pozzo		12,00	m
Lunghezza interna pozzo		12,00	m
N° pali		9	
Diametro pali (m)		1,50	m
Volume pali /m		15,90	m ³ /m
Volume jet grouting /m		128,10	m ³ /m

GEOLOGIA/GEOTECNIA						
Da quota scavo						
Da:	A:	Mat.	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ (°)	
-2,61	-6,61	soil	19,50	0	0	
-6,62	-11,61	JG	19,50	100	36	

Peso mat. 1	78	Mat.	ϕ^* (°)	d_{ϕ}
Peso mat. 2	97,5	soil	0,00	0,00
Peso mat. 3	8,6597E-15	JG	30,17	14,57
Peso totale	175,5	JG	29,26	14,16

CONDIZIONI FALDA ACQUIFERA			
Pressione agente su soletta jet grouting	U_w	157,00	kN/m ²
FORZE STABILIZZANTI			
Peso proprio jet grouting	P_{jg}	1986,30	kN/m
Forza di attrito	F_f	480,47	kN/m
FORZE INSTABILIZZANTI			
Sottospinta acqua	P_w	1884,00	kN/m



VERIFICA STABILITÀ jet grouting			
Forze stabilizzanti (F_{stab})	2220,09	kN/m	
Forze instabilizzanti (F_{inst})	2072,40	kN/m	
Fattore sicurezza (FS)	1,07	SI	

**Relazione di calcolo tappo di fondo
in jet grouting**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	05	008	D	9

3.2 VERIFICA VIADOTTO VI06 - TRA P05 EP15

Viadotto	Pila	Tipo
VI06	11	3A

PESO MATERIALI

Peso specifico jet grouting		19,5	kN/m ³
Peso specifico acqua		10	kN/m ³

COEF. PARZIALI NTC2008

Fattore parziale forze instab. sollevament	$\gamma_{G,dist}$	1,1	
Fattore parziale forze stab. sollevamento	$\gamma_{G,dist}$	0,9	
Fattore parziale per coesione	$\gamma_{c'}$	1,25	
Fattore parziale per angolo attrito	γ_{ϕ}	1,25	

GEOMETRIA

Piano campagna	p.c.	2,04	mslm
Livello falda acquifera		2,04	mslm
Quota scavo		-1,63	mslm
Profondità scavo		3,67	m
Quota base soletta jet grouting		-7,13	mslm
Larghezza interna pozzo		12,00	m
Lunghezza interna pozzo		12,00	m
N° pali		9	
Diametro pali (m)		1,50	m
Volume pali /m		15,90	m ³ /m
Volume jet grouting /m		128,10	m ³ /m

GEOLOGIA/GEOTECNIA

Da quota scavo

Da:	A:	Mat.	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ (°)
-1,63	-4,13	soil	19,50	0	0
-4,14	-7,13	JG	19,50	100	33
-7,14	-27,33	JG	19,50	100	33

Peso mat. 1	48,75
Peso mat. 2	58,5
Peso mat. 3	0
Peso totale	107,25

Mat.	ϕ^* (°)	d_{ϕ}
soil	0,00	0,00
JG	27,45	13,33
JG	27,45	13,33

CONDIZIONI FALDA ACQUIFERA

Pressione agente su soletta jet grouting	U_w	91,70	kN/m ²
--	-------	-------	-------------------

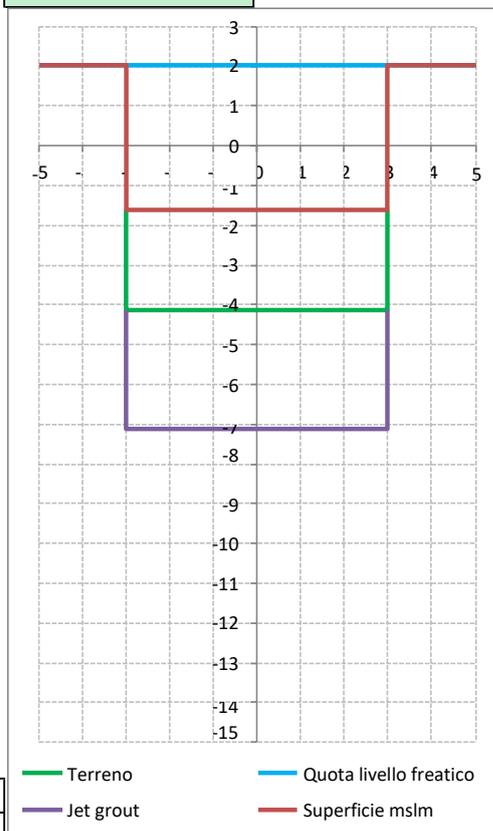
FORZE STABILIZZANTI

Peso proprio jet grouting	P_{jg}	1213,85	kN/m
Forza di attrito	F_f	269,48	kN/m

FORZE INSTABILIZZANTI

Sottospinta acqua	P_w	1100,40	kN/m
-------------------	-------	---------	------

	Spessore jet grout (m)	
SI	2,8	3,0



VERIFICA STABILITÀ jet grouting			
Forze stabilizzanti (F_{stab})	1361,95	kN/m	
Forze instabilizzanti (F_{inst})	1210,44	kN/m	

Fattore sicurezza (FS)	1,13	SI
------------------------	------	----

**Relazione di calcolo tappo di fondo
in jet grouting**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	05	008	D	10

3.3 VERIFICA VIADOTTO VI15 - TRA S1 ES2

Viadotto	Pila	Tipo
VI15	9	2A

PESO MATERIALI

Peso specifico jet grouting		20	kN/m ³
Peso specifico acqua		10	kN/m ³

COEF. PARZIALI NTC2008

Fattore parziale forze instab. sollevament	$\gamma_{G,dist}$	1,1	
Fattore parziale forze stab. sollevamento	$\gamma_{G,dist}$	0,9	
Fattore parziale per coesione	$\gamma_{c'}$	1,25	
Fattore parziale per angolo attrito	γ_{ϕ}	1,25	

GEOMETRIA

Piano campagna	p.c.	3,40	mslm
Livello falda acquifera		3,40	mslm
Quota scavo		-1,04	mslm
Profondità scavo		4,44	m
Quota base soletta jet grouting		-7,54	mslm
Larghezza interna pozzo		12,00	m
Lunghezza interna pozzo		12,00	m
N° pali		9	
Diametro pali (m)		1,50	m
Volume pali /m		15,90	m ³ /m
Volume jet grouting /m		128,10	m ³ /m

GEOLOGIA/GEOTECNIA

Da quota scavo

Da:	A:	Mat.	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ (°)
-1,04	-4,04	soil	20,00	0	0
-4,05	-8,54	JG	20,00	100	32

Peso mat. 1	60
Peso mat. 2	70
Peso mat. 3	
Peso totale	130

Mat.	ϕ^* (°)	d_{ϕ}
soil	0,00	0,00
JG	26,56	12,92
JG	29,26	14,16

CONDIZIONI FALDA ACQUIFERA

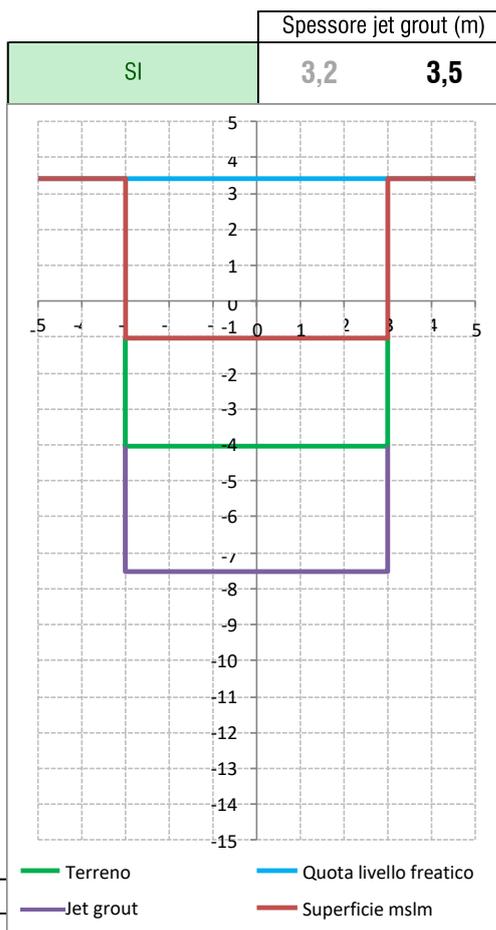
Pressione agente su soletta jet grouting	U_w	109,40	kN/m ²
--	-------	--------	-------------------

FORZE STABILIZZANTI

Peso proprio jet grouting	P_{jg}	1471,33	kN/m
Forza di attrito	F_f	322,61	kN/m

FORZE INSTABILIZZANTI

Sottospinta acqua	P_w	1312,80	kN/m
-------------------	-------	---------	------



VERIFICA STABILITÀ jet grouting

Forze stabilizzanti (F_{stab})	1646,81	kN/m
Forze instabilizzanti (F_{inst})	1444,08	kN/m

Fattore sicurezza (FS)	1,14	SI
------------------------	-------------	----

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione di calcolo tappo di fondo in jet grouting		COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 05		PROGR 008

4 RIEPILOGO

Di seguito uno schema riassuntivo con gli spessori di tappo di fondo minimo consigliato e le WBS associate.

Viadotto	Pila di riferimento	Tipo pali	PK	Profondità scavo (m)	Spessore suolo sopra j-G (m)	H _{jg}	FSH _{rec}
VI02	63	4	5+097	6,70	4,0	5,0	1,07
VI06	11	3A	15+370	3,67	2,5	3,0	1,14
VI15	9	2A	22+993	4,44	3,0	3,5	1,13

Viadotto	Opere provvisionali
VI02	TRA P01-P07, P20-P23, P28-P34, P56-P64
VI06	TRA P05 E P15
VI15	TRA S1 E S2