

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

GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo

L'Appaltatore

Ing. Gianguido Babini

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

Il Direttore Tecnico

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini

Data 23/05/2023

firma Ing. Gianguido Babini

Data 23/05/2023

firma



COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I 0 B	0 2	E	ZZ	C L	GA 0 4 0 0	0 0 1	B	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	A. Adiletta	Maggio 2023	S. Carozza	Maggio 2023	T. Pelella	Maggio 2023	



MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	1

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. SCOPI E CONTENUTI DEL DOCUMENTO.....	4
3. DESCRIZIONE DELL' OPERA	4
4. FASE REALIZZATIVE.....	5
5. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	7
6. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	8
7. FASE CONOSCITIVA	8
8. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA	8
9. CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL' AZIONE SISMICA	9
10..... SOLUZIONI PROGETTUALI.....	11
11..... CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI.....	14
12..... ANALASI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO DELLA PARATIA.....	16
12.1 STATICA DELLE TERRE	16
12.2 AZIONE DEL SOVRACCARICO A TERGO DELLA GALLERIA E SUL SOLETTONE SUPERIORE.....	17
13..... DETERMINAZIONE DELL' AZIONE SISMICA DI PROGETTO PER PARATIA E SCATOLARE IN C.A. 18	
13.1 VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA	18
13.2 CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO	18
13.3 CONDIZIONE TOPOGRAFICHE.....	18
13.4 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA.....	19
13.5 SPETTRI DI RISPOSTA	20
13.6 ANALISI PSEUDOSTATICA PER PARATIA	23
13.7 CALCOLO INERZIA SISMICA SUL PALO	24
13.8 CALCOLO DELLA SPINTA SISMICA PARATIA	24
14..... VERIFICA AGLI STATI LIMITI	24
13.1 CRITERIO DI VERIFICA STRUTTURALE.....	26
13.1.1 VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.	26
13.1.2 VERIFICA PER GLI STATI LIMITI ULTIMI A FLESSIONE-PRESSOFLESSIONE	27
13.1.3 VERIFICA AGLI STATI LIMITE A TAGLIO	27
13.2 CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA.....	27

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	2

15..... METODI DI ANALISI – CALCOLO PARATIA.....	28
15.1 CALCOLO DELLA PROFONDITA' DI INFISSIONE	29
15.2 CALCOLO DELLE SPINTE.....	29
15.3 SPINTA IN PRESENZA DI FALDA.....	30
15.4 SPINTA IN PRESENZA DI SISMA	30
15.5 ANALISI A ELEMENTI FINITI	30
15.6 SCHEMATIZZAZIONE DEL TERRENO	31
15.7 MODALITA' DI ANALISI E COMPORTAMENTO ELASTO-PLASTICO DEL TERRENO.....	32
15.8 ANALISI PER FASI DI SCAVO.....	33
15.9 VERIFICA STABILITA' GLOBALE	33
15.10 ANALISI DEI PALI.....	34
16..... MODELLO DI CALCOLO PARATIA	36
16.1 MODELLO DI CALCOLO PARATIA – CONDIZIONE A BREVE TERMINE	37
15.1.2 FASI DI CALCOLO	41
15.1.3 SINTESI VERIFICA PORTANZA PALI	46
15.1.4 RISULTATI DELLE ANALISI.....	47
15.1.4.1 RISULTATI SOLLECITAZIONI SLU-SLV	47
15.1.4.3 RISULTATI SPOSTAMENTI PARATIA	52
15.1.4.5 VERIFICA STABILITA' GLOBALE.....	56
15.1.5 VERIFICHE STRUTTURALI	57
15.1.5.5 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE PALO IN C.A.	57
16.2 MODELLO DI CALCOLO PARATIA – CONDIZIONE A LUNGO TERMINE	61
16.3 FASI DI CALCOLO	65
16.3.2.2 RISULTATI SPOSTAMENTI PARATIA.....	75
16.3.2.3 RISULTATI VERIFICA STABILITA' GLOBALE	79
17..... MODELLO DI CALCOLO SCATOLARE IN C.A.....	84
17.1 PREMESSA	84
17.2 CRITERIO DI MODELLAZIONE SCATOLARE IN C.A.....	85
17.3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELLO SCATOLARE IN C.A.....	87
17.4 STIMA DELLA COSTANTE DI WINKLER VERTICALE Kw	87
17.5 VERIFICA STATI LIMITI SCATOLARE IN C.A.....	88
17.6 CARICO SOLETTONE SUPERIORE	90
13.3 CARICO SOLETTONE INFERIORE.....	90
17.7 VERIFICHE	91
17.8 VERIFICHE AGLI SLU:PRESSOFLESSIONE E TAGLIO	91
18..... RIEPILOGO DELLE SEZIONI DI VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI PIU' SIGNIFICATIVE ALLO SLV - MOMENTO FLETTENTE E TAGLIO	94
18.1 SCHEMA DI SINTESI	106
19..... VERIFICA GEOTECNICA DELLE FONDAZIONI	109
18.1 VERIFICA DELLA PORTANZA FONDAZIONI E CALCOLO DEI CEDIMENTI SLV E SLE ..	111

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	3

20..... INCIDENZE ARMATURE 115

19	ALLEGATO 1	115
20	ALLEGATO 2	115
21	ALLEGATO 3	115

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	4

1. PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al raddoppio ferroviario della Linea Bari - Pescara nella tratta Termoli - Ripalta, per uno sviluppo complessivo di 24.930,52 km.

2. SCOPI E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Le Analisi e Verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento alla galleria artificiale denominata GA04 prevista lungo l'asse principale di progetto tra le pk 6+895,850 e 6+945,150 per una lunghezza complessiva di circa 49.30 metri.

3. DESCRIZIONE DELL' OPERA

La galleria artificiale è costituita da pali laterali in c.a. di diametro $\Phi 1200$ ad interasse di 1,40m aventi lunghezza di 24m. In testa ai pali è prevista la realizzazione del cordolo di coronamento e del solettone di copertura dello spessore di 1,20m. La galleria presenta inoltre un solettone di fondazione in c.a dello spessore di 1,20m e delle fodere di rivestimento interne di 60cm di spessore.

Di seguitosi riportano alcune immagini rappresentative delle sezioni di imbocco. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento:

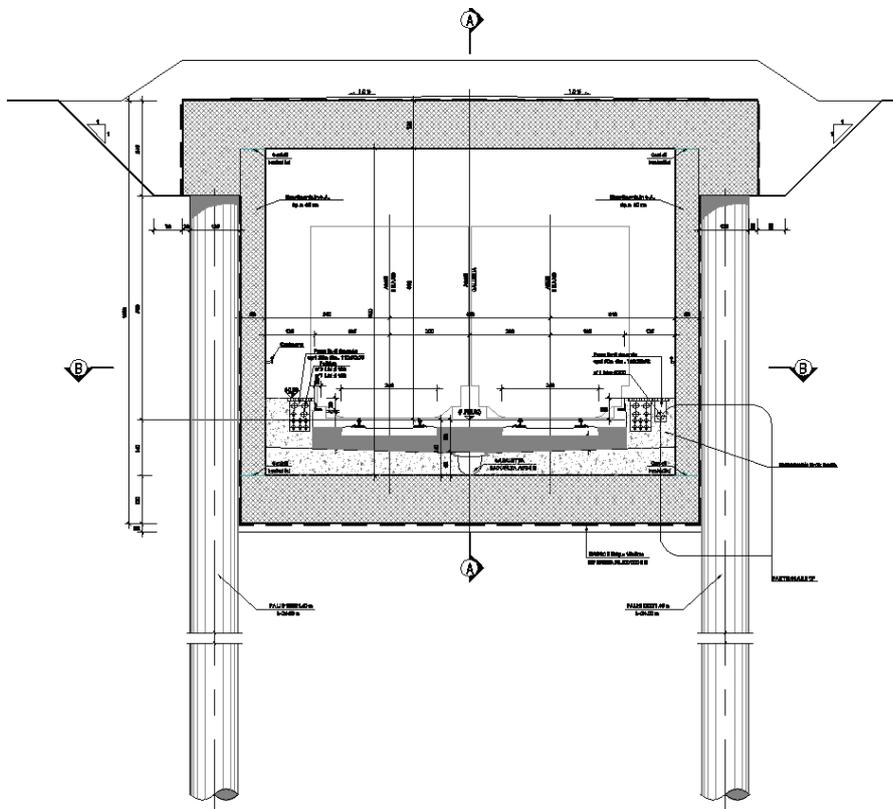


Figura 1 – Sezione galleria

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	5

4. FASE REALIZZATIVE

La galleria viene realizzata mediante procedura “top-down”. In particolare si prevede la realizzazione dei pali in .ca $\Phi 1200$ ad interasse di 1,40m a seguito di un prescavo a 45° di circa 4-5m da P.C. La modalità esecutiva prevede in seguito la realizzazione del solettone di copertura e successivamente di uno scavo a foro cieco fino alla profondità di imposta del solettone di fondo scavo. Infine si procede con i lavori di sistemazione del terreno a ricoprimento della galleria e la realizzazione delle fodere di rivestimento interne ai pali. Le fasi sono riportate nel seguito:

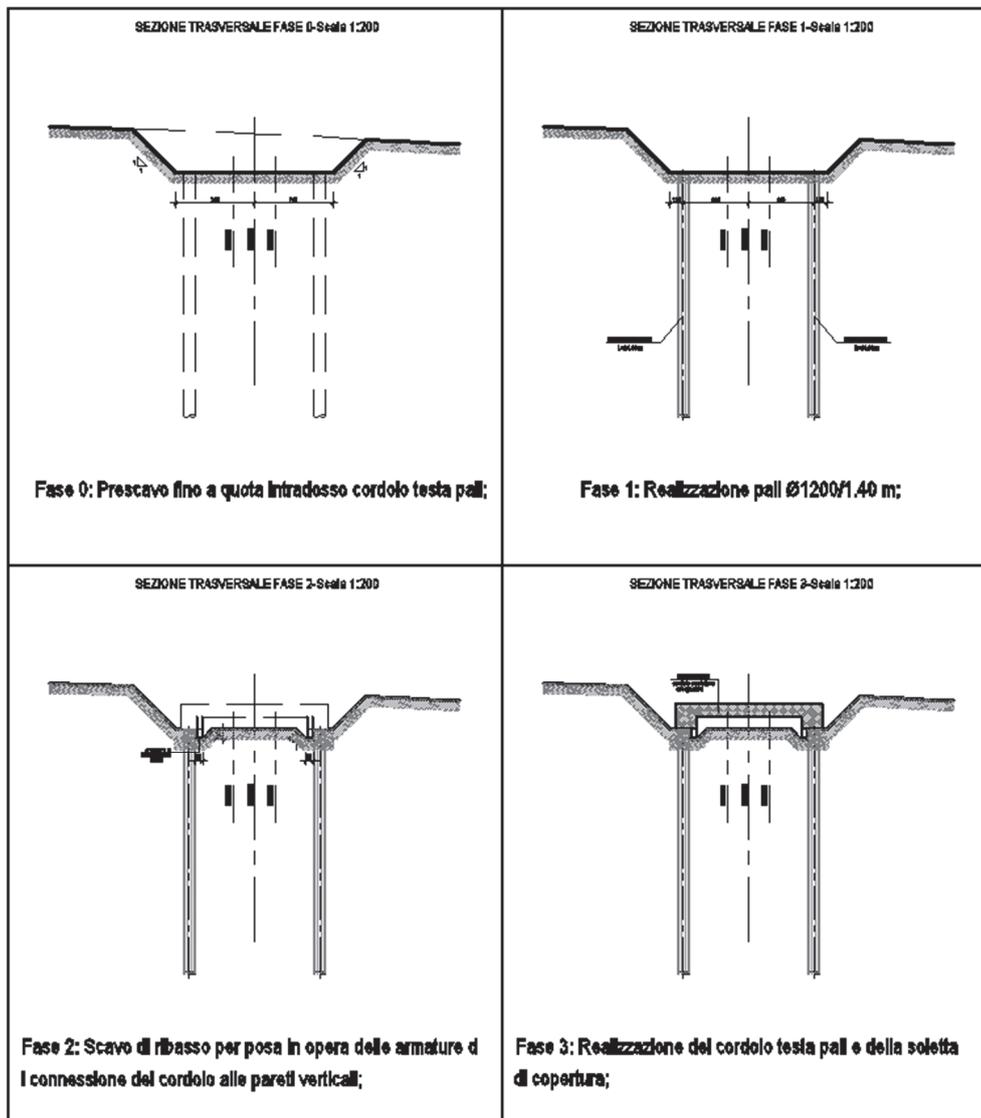


Figura 2.1 – Fasi realizzative

GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	6

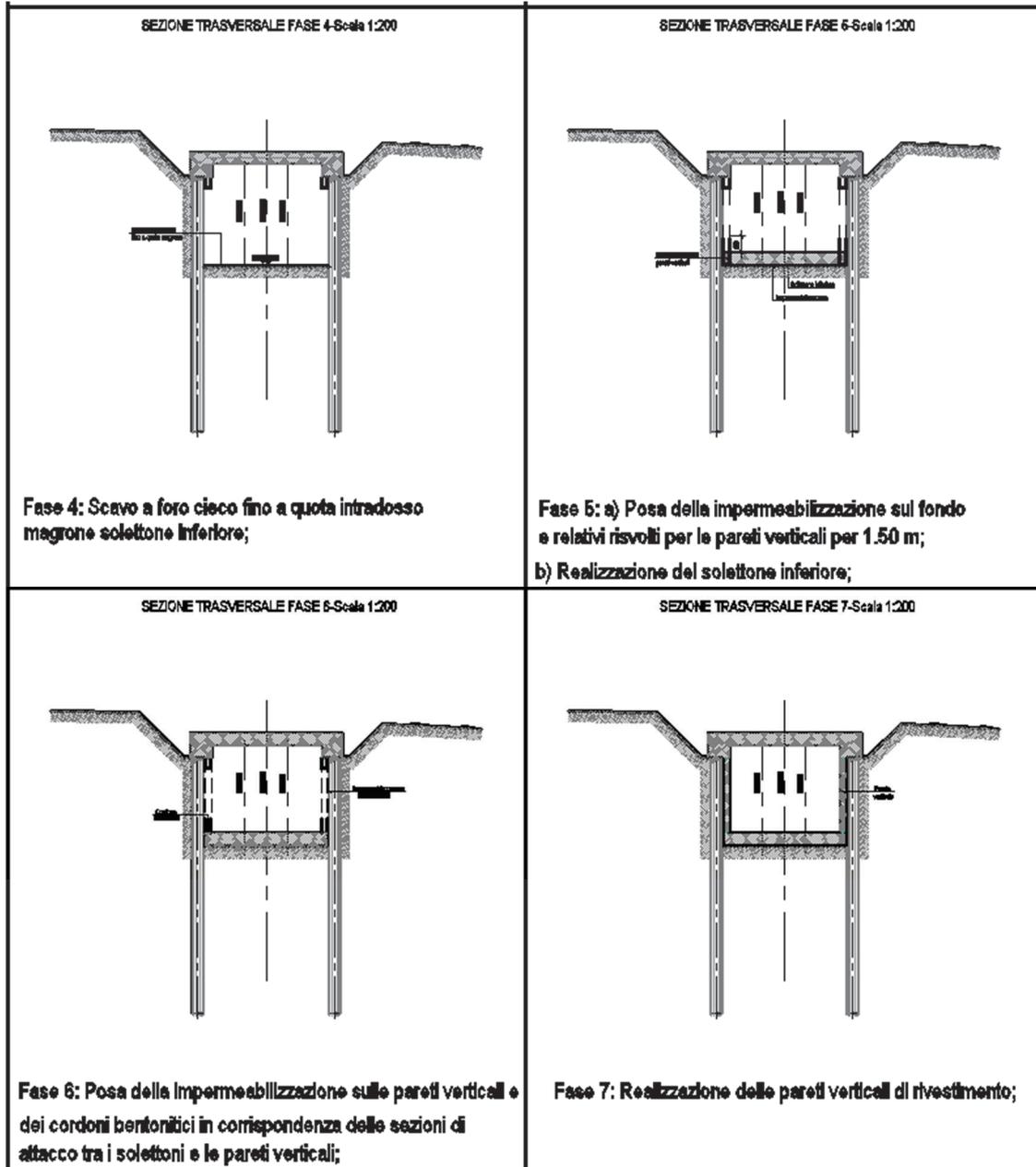


Figura 2.2– Fasi realizzative

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

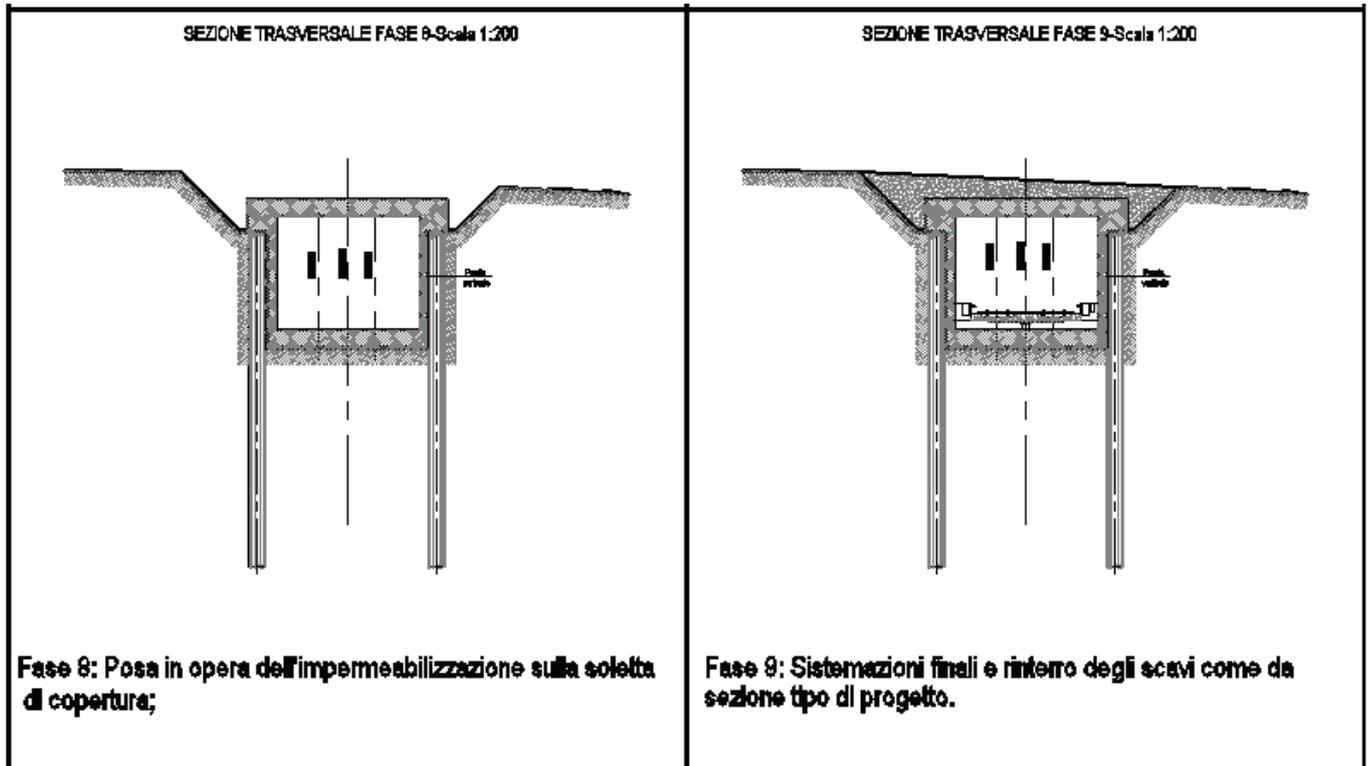


Figura 2.3 – Fasi realizzative

5. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

- [N.1]. L. n. 64 del 2/2/1974 "Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- [N.2]. 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.3]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- [N.4]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- [N.5]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- [N.6]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- [N.7]. RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22-12-17 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N.8]. CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	8

[N.9]. UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

6. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nel presente elaborato si tiene conto dei seguenti riferimenti bibliografici:

[N.10] Viggiani C.(2013). Fondazioni – (HEVELIUS EDIZIONI)

[N.11] Cetraro F. (2020-2021). Ingegneria geotecnica e geologia applicata – (EPC editore)

7. FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo del mezzo interessato dall'opera. Nel seguito si riporta un breve inquadramento geologico e la sintesi della caratterizzazione e modellazione geotecnica con specifico riferimento al volume significativo interessato dalla opera.

8. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

I risultati delle indagini geotecniche, in sito e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico, rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni/rocce interessati dalle opere. Di seguito si riporta in forma tabellare i parametri geotecnici delle principali unità geotecniche attraversate dall'opera.

<i>Terreno</i>	γ	ϕ'	c'	c_u	E
	<i>(kN/m³)</i>	<i>(°)</i>	<i>(kPa)</i>	<i>(kPa)</i>	<i>(MPa)</i>
CGC2 Conglomerati di Campomarino (argilla limosa e limo argilloso)	18.5 - 20.5	20 - 28	10 - 20	50 -250	160 -520
SSR Sabbie di Serracapriola – Unità SSR (Sabbia, sabbia limosa)	18.5 - 20.5	33 - 37	0 - 5	-	130 - 1560
SSR3 Sabbie di Serracapriola – Unità SSR3 (Argille limose e limi argillosi)	18.5 - 20.5	19 - 24	10.0 – 15.0	50 - 250	310 -910

Dove:

γ = peso di volume naturale

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

c' = coesione drenata

c_u = coesione non drenate

E_0 = Modulo di deformazione iniziale

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	9

In fase di analisi è stato considerato il seguente modello geotecnico:

<i>Terreno</i>	<i>Profondità</i>	γ	φ'	c'	c_u	E_0
	(m)	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(kPa)	(MPa)
CGC2 (argilla limosa e limo argilloso)	0.0 - 9.0	19.5	25.0	10.0	50	250
SSR (Sabbia, sabbia limosa)	9.0 - 24.0	19.5	35.0	0.0	-	800
SSR3 (Argille limose e limi argillosi)	24.0 - 29.0	19.5	23.0	10.0	50	600
SSR (Sabbia, sabbia limosa)	29.0 - 40.0	19.5	35.0	0.0	-	800

Il livello di falda locale è posto a circa 22.0 m dal piano campagna locale.

9. CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL' AZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo si riporta la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del D.M. 14 gennaio 2008 nonché la valutazione delle sollecitazioni di verifica e di dimensionamento dei vari elementi strutturali. L'opera in questione rientra in particolare nell'ambito del Progetto di Raddoppio della tratta Ferroviaria "Linea Pescara - Bari - Raddoppio Termoli - Lesina", che si sviluppa per circa 25Km, attraversando il territorio di diverse località tra cui Termoli(CB), Campomarino(CB), Campomarino – Santa Monica (CB), Marina di Chieuti / Chieuti (FG), Serracapriola-Loc.SS16 (FG).

In considerazione della variabilità dei parametri di pericolosità sismica con la localizzazione geografica del sito, ed allo scopo di individuare dei tratti omogenei nell'ambito dei quali assumere costanti detti parametri, si è provveduto a suddividere il tracciato in quattro sottozone simiche, a seguito di un esame generale del livello pericolosità sismica dell'area che evidenzia un graduale incremento dell'intensità sismica da nord verso sud; nella fattispecie le zone sismiche "omogenee" individuate, sono quelle di seguito elencate:

Progr. Inizio	Progr. Fine	Località di Riferimento Azioni Sismiche	Zona sismica Locale
0	5.250,00	Campomarino(CB)	S1
5.250,00	10.000,00	Campomarino - Santa Monica (CB)	S2
10.000,00	18.650,00	Marina di Chieuti /Chieuti (FG)	S3
18.650,00	24.200,00	Serracapriola- Loc.SS16 (FG)	S4

Le opere in progetto si trovano nel comune di Campomarino –Santa Monica. Quindi si farà riferimento alla zona S2. Alle opere si definisce una vita nominale V_N pari a 75 anni e una classe d'uso III a cui corrisponde il coefficiente C_u pari a 1.5 (§ 2.4.2, DM 14/01/2008). Di conseguenza il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica risulta pari a $V_R = V_N \times C_u = 112.5$

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica, P_{V_R} , attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo V_R dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno T_R del sisma di progetto. Sulla base delle coordinate geografiche del sito e del tempo di ritorno del sisma di progetto, T_R , sopra definito, si ricavano i parametri che caratterizzano il sisma di progetto relativo al sito di riferimento, rigido ed orizzontale (Tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14/01/2008):

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	10

- a_g : accelerazione orizzontale massima
 - F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
 - T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
- Il periodo di ritorno si determina con l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Per tenere conto dei fattori locali del sito, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione (DM 14/01/2008):

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)$$

dove:

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

S_s è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici F_0 e a_g/g (Tabella 3.2.V del D.M. 14/01/2008);

S_T è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008).

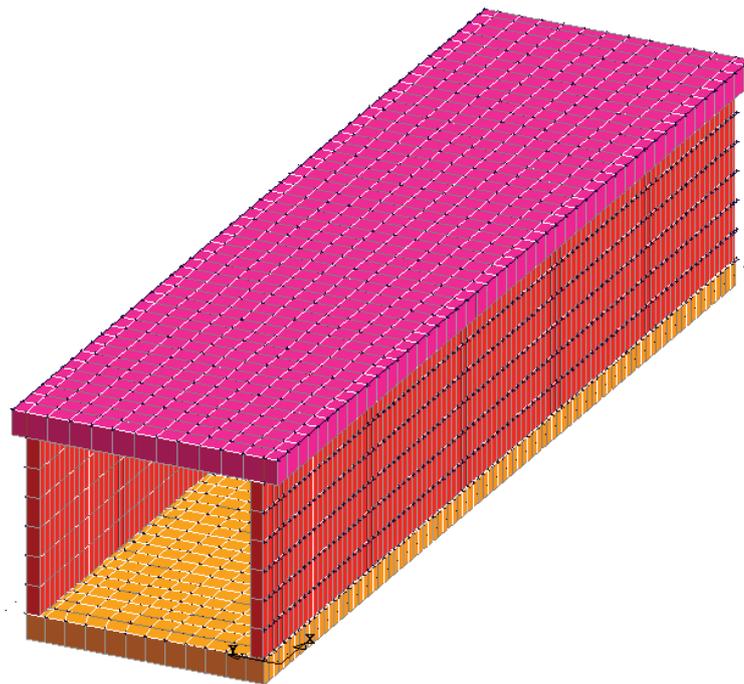
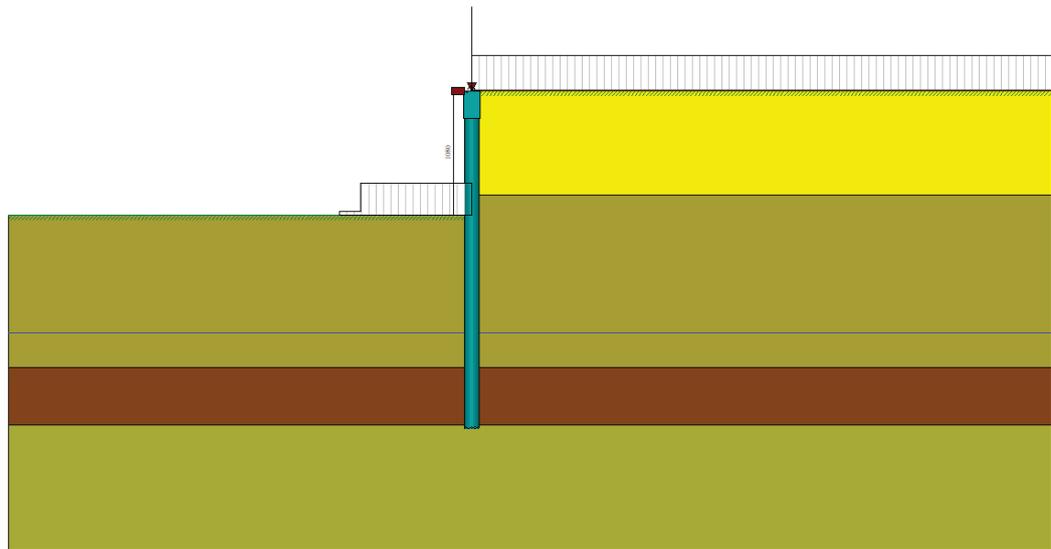
ZONA SISMICA	S2
LATITUDINE	41.94
LONGITUDINE	15.07
COMUNE	CAMPOMARINO-SANTAMONICA
PROVINCIA	CAMPOBASSO
STATO LIMITE	SLV
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	C
CATEGORIA TOPOGRAFICA	T1
VITA NOMINALE V_N	75
CLASSE D'USO	III
COEFFICIENTE D'USO C_U	1.5
VITA DI RIFERIMENTO V_R	112.5
a_g [g]	0.195
F_0	2.532
T_c^* [s]	0.375
S_s	1.404
C_c	1.451
S_T	1.00

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	11

10. SOLUZIONI PROGETTUALI

Nel seguito del presente paragrafo, si espone una sintesi dei risultati delle Analisi con riferimento alla sezione di calcolo definite ai paragrafi precedenti.



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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	12

Figura 3 – Modellazione galleria

SEZIONE TIPO	
Tipologia pali	Pali trivellati ϕ 1200 ad interasse 1.4 m
Lunghezza pali da testa cordolo	$H_{tot} = 29,30$ m compreso cordolo di 1,20 m +1,20 m solettone in c.a
Altezza di scavo max	$H_{max} = 10.80$ m
Altezza netta interna galleria (fase finale)	$H_{int} = 8.20$ m
Solettone superiore in c.a.	$H_{sup} = 1.20$ m
Solettone di fondazione in c.a.	$H_{fond} = 1.20$ m
Spessore fodere di rivestimento	$S_{riv} = 0.60$ m
Sovraccarichi permanenti ai lati della galleria	20 kPa
Sovraccarichi variabili ai lati della galleria	10 kPa (mezzi di cantiere)
Spessore terreno di ricoprimento	1.0 m

N.T.C. 2008 / 2018		SLU	SLE
Accelerazione al suolo a_g [m/s ²]		1,879	0,795
Accelerazione al suolo a_g [% di g]		0,191	0,081
Massimo fattore amplificazione spettro orizz. F0		2,534	2,549
Valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione Tc* [sec]		0,379	0,333
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico Ss	Tipo C	1,409	1,500
Coefficiente di riduzione (β_s)		0,380	0,470
Coeff. amplificazione topografica S	T1	1,00	
Coefficiente di riduzione (α)	Calcolo alfa con sottosuolo tipo ... <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	C 0,534	
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U _s [m]		C 0,147	
Coefficiente di riduzione (β)		C 0,336	
$K_h = a_g/g * S_s * S_t * \beta * \alpha$			
Coeff. intensità sismica orizzontale Kh [%]		5,396	2,433
Coeff. intensità sismica orizzontale stabilità globale Kh [%]		4,848	2,186
Intensità sismica Verticale/Orizzontale		0,50	

Figura 4 – Parametri sismici Paratia

Le analisi eseguite sono di tipo sequenziale, riproducendo in successione tutte le principali fasi operative previste per la realizzazione dell'opera. Quindi, il termine di ciascuna analisi rappresenta la condizione iniziale per la fase successiva. Naturalmente le analisi sono state eseguite per una sola sezione di paratia quindi per simmetria si svolgeranno le varie fasi operative anche per l'altra sezione.

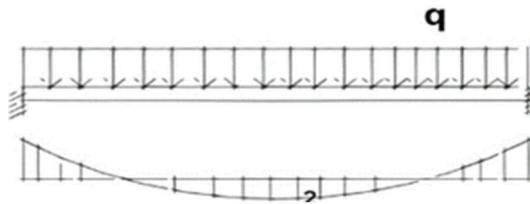
Di seguito si riportano le fasi di calcolo che sono state analizzate in successione, nell'ambito delle analisi effettuate e le immagini delle fasi più significative.

La quota di zero è posta a estradosso solettone di copertura della galleria (circa 1m al di sotto del P.C. locale).

Stage 1. Condizione geostatica e applicazione carico permanente ai lati della paratia per tener conto del terreno al di sopra della quota di imposta del solettone superiore.

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001	REV B	FOGLIO 13

- Stage 2.** Prescavo di 2,40m, esecuzione pali e realizzazione cordolo e solettone. Applicazione carico variabile uniforme di 10kPa (mezzi da cantiere) ai lati della paratia + Reazioni vincolari del solettone superiore
- Stage 3.** Esecuzione scavo a foro cieco fino ad intradosso solettone di base.
- Stage 4.** Realizzazione solettone di base.
- Stage 5.** Sistemazione finale.



- L= 12.70 m Lunghezza Solettone superiore asse – asse palo paratia
 q = 25 Kpa Peso terreno di ricoprimento+Carico addizionale
 T= Reazione verticale del solettone superiore (ql/2)
 M = Momento semi-incastro solettone superiore (ql²/24)

Il solettone è progettato con classe di calcestruzzo C32/40 e quindi, con modulo di rigidità $E = 33346000 \text{ KN/m}^2$. Nel programma PAC si è inserito un vincolo alla testa della paratia con una determinata rigidità assiale e rotazionale per simulare la rotazione e lo spostamento della paratia-solettone superiore. Calcolo rigidità assiale del solettone $K_A = EA/L$ $A = b \times S = 1,00 \times 1,20 = 1,20 \text{ m}^2$ la lunghezza del solettone in questo caso essendo la struttura simmetrica L sarà pari a $12,70/2 = 6,35 \text{ m}$

$$K_A = 6301606,30 \text{ KN/m}$$

Calcolo rigidità rotazione solettone con ipotesi di vincolo semi-incastro $K_r = 2 E I/L$ [KN m/ rad] convertendo l'angolo da radianti a gradi $K_r = (2 E I/L) \times (\pi/180)$.

Per il calcolo del momento di inerzia si tiene conto di quello fessurato consigliata pure dall'EUROCODICE pari a $I = 0,5 I_g$

$$I_g = 1,00 \times 1,20^3/12 = 0,144 \text{ m}^4 \quad I = 0,072 \text{ m}^4$$

$$K_r = 6595,681 \text{ KN m/gradi}$$

Nel programma PAC si associa quindi una rigidità assiale e rotazionale pari:

$$K_A = 6301606,300 \text{ Kg/cm} \quad K_r = 659568,100 \text{ Kg m/grado}$$

Peso proprio permanente Solettone superiore $G = 25 \times 1,20 = 30 \text{ Kpa}$

Sovraccarico q Solettone superiore 25 Kpa

Calcolo reazioni del solettone che andranno sulla paratia:

$$R_G = 1 \times 30 \times 12,70/2 = 190,5 \text{ KN} \quad \text{Reazione verticale da Carico permanente}$$

$$M_G = 1 \times 30 \times 12,70^2/24 = 201,6125 \text{ KN m} \quad \text{Momento da carico permanente}$$

$$R_q = 1 \times 25 \times 12,70/2 = 158,75 \text{ KN} \quad \text{Reazione verticale da carico accidentale}$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	14

$M_q = 1 \times 25 \times 12,702 / 24 = 168,01$ KN m Momento da carico accidentale

11. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM 14/01/2008 e del "Manuale di progettazione delle opere civili" RFI DTC SI MA IFS 001 B.

Nelle verifiche di resistenza dei calcestruzzi, viene considerato un calcestruzzo di classe di resistenza C25/30 per le opere di paratia, mentre per la struttura scatolare viene considerato un calcestruzzo di classe C32/40.

Per la completa e puntuale definizione delle caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione dell'opera si rimanda all'elaborato specifico.

Calcestruzzo armato Opere Paratie	
Classe di resistenza	C 25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 14.17$ MPa
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 31476$ MPa
Tensione massima di compressione in esercizio (RFI DTC SI MA IFS 001 B)	$\sigma_c = 0.55f_{ck} = 13.75$ MPa combinazione caratteristica (rara)
Tensione massima di compressione in esercizio (NTC 2008)	$\sigma_c = 0.60f_{ck} = 15.00$ MPa combinazione caratteristica (rara)

Calcestruzzo armato Opere Scatolare	
Classe di resistenza	C 32/40
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 18.13$ MPa
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 33346$ MPa
Tensione massima di compressione in esercizio (RFI DTC SI MA IFS 001 B)	$\sigma_c = 0.55f_{ck} = 17.60$ MPa combinazione caratteristica (rara)
Tensione massima di compressione in esercizio (NTC 2008)	$\sigma_c = 0.60f_{ck} = 19.20$ MPa combinazione caratteristica (rara)

Acciaio per barre di armatura per opere Paratia e Scatolare	
Tipo	B 450 C
Tensione caratteristica di rottura	$f_{yd} \geq 540$ MPa
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yd} \geq 450$ MPa

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	15

Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.3 \text{ MPa}$
Tensione massima in esercizio (RFI DTC SI MA IFS 001 B)	$\sigma_{lim} = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$
Tensione massima in esercizio (NTC 2008)	$\sigma_{lim} = 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

In merito alla verifica a fessurazione, la verifica consiste nel controllo dell'ampiezza massima delle fessure per le combinazioni di carico di esercizio i cui valori limite sono stabiliti, nell'ambito del progetto di opere ferroviarie, nel documento RFI DTC SICS MA IFS 001 B – 2.5.1.8.3.2.4 (Manuale di progettazione delle opere civili).

In particolare l'apertura convenzionale delle fessure δ_f dovrà rispettare i seguenti limiti:

$\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$ per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive (così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008 – Tab 4.1.III), per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;

$\delta_f \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

In definitiva, nel caso in esame, con riferimento alle indicazioni della tabella di cui in precedenza, si adotta il limite $w_1 = 0,20 \text{ mm}$ sia per le parti in elevazione che per quelle in fondazione, in quanto in entrambi i casi trattasi di strutture a permanente contatto col terreno.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	16

12. ANALASI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO DELLA PARATIA

12.1 STATICA DELLE TERRE

La spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra il terreno e la struttura deformabile, a partire da uno stato di spinta a riposo del terreno sulla paratia.

I parametri che identificano il tipo di legge costitutiva possono essere distinti in due sottoclassi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo K_0 , il coefficiente di spinta attiva K_a e il coefficiente di spinta passiva K_p .

Il coefficiente di spinta a riposo fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace σ'_h a quella verticale σ'_v attraverso la relazione:

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v$$

K_0 dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace φ' , e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

$$K_0 = K_{NC} \cdot (OCR)^m$$

Dove

$K_{NC} = 1 - \sin \varphi'$ è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ($OCR=1$). OCR è il grado di sovraconsolidazione e m è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.

Il coefficiente di spinta attiva e passiva sono dati secondo Rankine per una parete liscia, da:

$$K_a = \tan^2(45 - \varphi'/2)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \varphi'/2)$$

Per tener conto dell'angolo di attrito δ tra paratia e terreno il software Paratie impiega per K_a e K_p la formulazione rispettivamente di Coulomb e Caquot – Kerisel.

Formulazione di Coulomb per k_a :

$$k_a = \frac{\cos^2(\varphi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[1 + \frac{\sin(\delta + \varphi') \cdot \sin(\varphi' - i)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - i)} \right]^2}$$

dove:

φ' è l'angolo di attrito del terreno

β è l'angolo d'inclinazione del diaframma rispetto alla verticale

δ è l'angolo di attrito paratia-terreno

i è l'angolo d'inclinazione del terreno a monte della paratia rispetto all'orizzontale

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	17

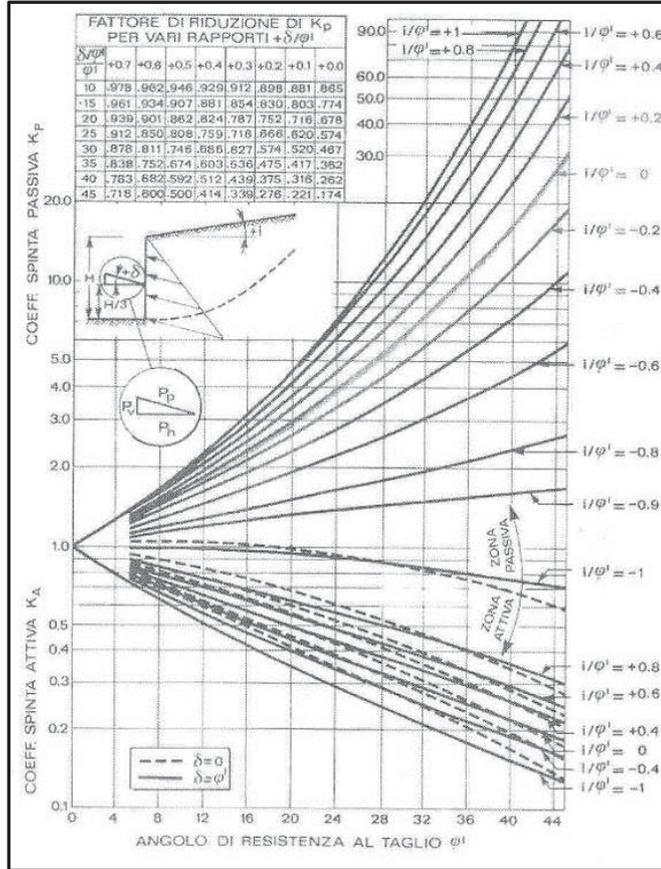


Figura 5. Formulazione di Caquot – Kerisel per K_p che considera superfici di rottura curvilinee.

Il valore limite della tensione orizzontale sarà dato da:

$$\sigma'_h = K_a \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_a}$$

$$\sigma'_h = K_p \sigma'_v + 2c' \sqrt{K_p}$$

a seconda che il collasso avvenga rispettivamente in spinta attiva o passiva. c' è la coesione drenata del terreno.

12.2 AZIONE DEL SOVRACCARICO A TERGO DELLA GALLERIA E SUL SOLETTONE SUPERIORE

Sovraccarichi permanenti ai lati della galleria 20 kPa

Sovraccarichi variabili ai lati della galleria 10 kPa (mezzi di cantiere)

Peso terreno di ricoprimento+Carico addizionale $q = 25$ Kpa

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	18

13. DETERMINAZIONE DELL' AZIONE SISMICA DI PROGETTO PER PARATIA E SCATOLARE IN C.A.

13.1 VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA

Alle opere si definisce una vita nominale V_N pari a 75 anni e una classe d'uso III a cui corrisponde il coefficiente C_u pari a 1.5 (§ 2.4.2, DM 14/01/2008). Di conseguenza il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica risulta pari a $V_R = V_N \times C_u = 112.5$

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{V_R} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = -\frac{C_u \cdot V_N}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

	STATO LIMITE	P_{V_R} : probabilità di superamento nel periodo di riferimento
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%
	SLD - Stato Limite di Danno	63%
SLU	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%

Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

13.2 CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2008. I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di **Categoria C**.

13.3 CONDIZIONE TOPOGRAFICHE

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Classificazione topografie superfici

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	19

Le categorie topografiche appena definite si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. L'area interessata risulta classificabile come T1.

13.4 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2008 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_S \cdot S_T$ e di C_c in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle tabelle che sono riportate di seguito.

Categoria sottosuolo	S_S	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

Tabella delle espressioni per S_S e C_c

Categoria Topografica	Ubicazione dell'intervento dell'opera	S_T
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tabella valori massimi del coeff. di amplificazione topografica S_T

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

13.5 SPETTRI DI RISPOSTA

Ricerca per coordinate
 LONGITUDINE: 15,0346
 LATITUDINE: 41,9569

Ricerca per comune
 REGIONE: Molise
 PROVINCIA: Campobasso
 COMUNE: Campomarino

Elaborazioni grafiche

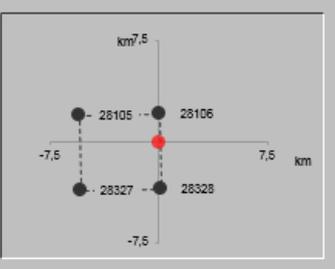
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N

75

info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U

1,5

info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R 112,5 info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	68
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	113
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	1068
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	2193

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

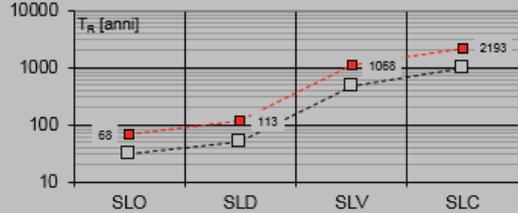
Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

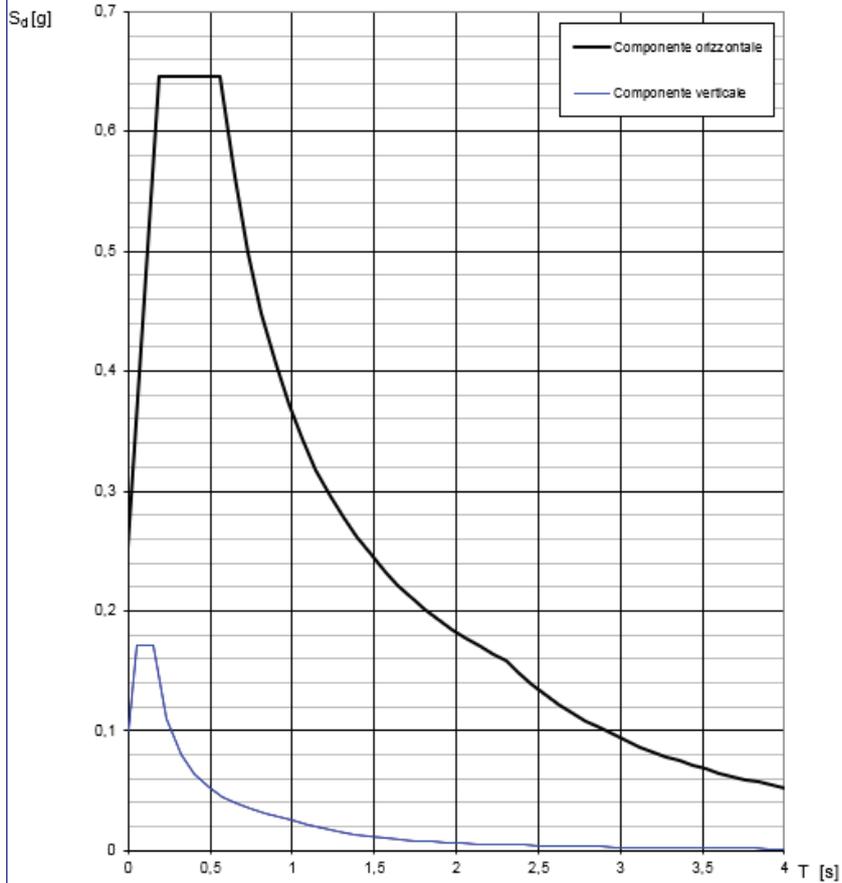
Strategia di progettazione



**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	21

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	22

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato \$LV\$

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,177 g
F_g	2,557
T_c	0,395 s
S_E	1,428
C_c	1,427
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,428
η	1,000
T_B	0,188 s
T_C	0,563 s
T_D	2,308 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / \xi + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,253
$T_B \leftarrow$	0,188	0,647
$T_C \leftarrow$	0,563	0,647
	0,646	0,564
	0,729	0,499
	0,812	0,448
	0,896	0,407
	0,979	0,372
	1,062	0,343
	1,145	0,318
	1,228	0,297
	1,311	0,278
	1,394	0,261
	1,477	0,247
	1,560	0,233
	1,644	0,222
	1,727	0,211
	1,810	0,201
	1,893	0,192
	1,976	0,184
	2,059	0,177
	2,142	0,170
	2,225	0,164
$T_D \leftarrow$	2,308	0,158
	2,389	0,147
	2,469	0,138
	2,550	0,129
	2,631	0,121
	2,711	0,114
	2,792	0,108
	2,872	0,102
	2,953	0,096
	3,033	0,091
	3,114	0,087
	3,194	0,082
	3,275	0,078
	3,356	0,075
	3,436	0,071
	3,517	0,068
	3,597	0,065
	3,678	0,062
	3,758	0,060
	3,839	0,057
	3,919	0,055
	4,000	0,053

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										
	GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001	REV B

13.6 ANALISI PSEUDOSTATICA PER PARATIA

In condizioni sismiche, nelle analisi eseguite con il metodo pseudostatico, i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali, nelle verifiche allo stato limite ultimo, possono essere assunti come definito al paragrafo 7.11.6.3.1 delle NTC 2008 e di seguito riportate:

dove

- a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- α è il coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 14/01/2008),
- β è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008).

α = coefficiente di deformabilità (si veda figura seguente);

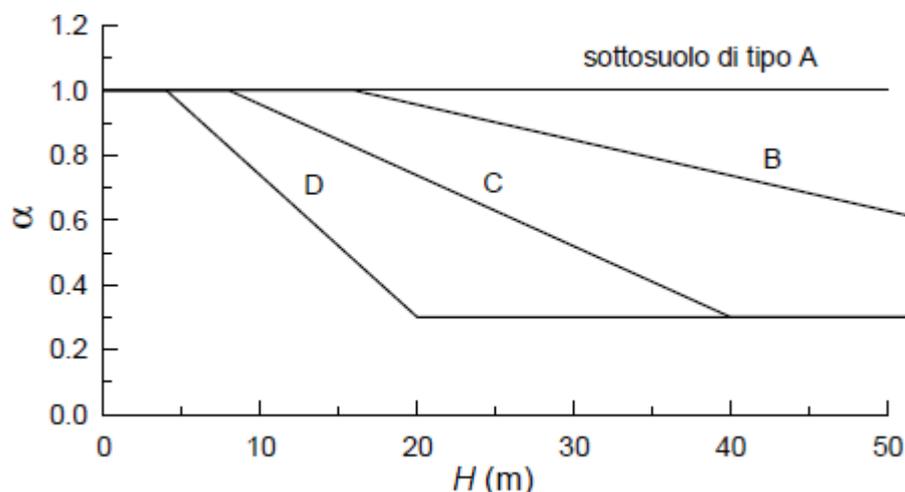


Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

β = coefficiente di spostamento (si veda figura seguente); dove $u_s \leq 0.005H$ rappresenta il massimo spostamento che l'opera può tollerare senza perdite di resistenza.

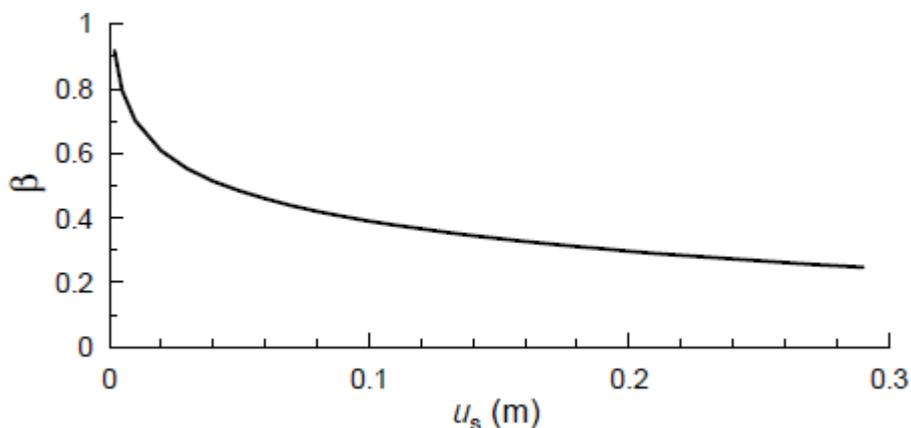


Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	24

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0.2 \cdot a_{max}/g$ deve assumersi $k_n = 0.2 \cdot a_{max}/g$.

Il coefficiente sismico verticale, k_v , si assume pari a 0 (§7.11.6.3 del DM 14/01/2008).

I parametri che caratterizzano l'azione sismica sono riportati nella tabella seguente:

Stato Limite	SLV
a_{max} (g) = $S_s \cdot S_T \cdot a_g/g$	0.253
Categoria del suolo	C

Verifica paratia - Parametri azione sismica

13.7 CALCOLO INERZIA SISMICA SUL PALO

L'inerzia sismica è calcolata dal programma in automatico, attraverso la relazione: $F_h, \text{pali} = a_H \cdot W$

13.8 CALCOLO DELLA SPINTA SISMICA PARATIA

L'effetto del sisma è ottenuto applicando un incremento di spinta del terreno valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera.

$$\Delta S_E = \left[\frac{1}{5} \gamma \cdot H^3 \cdot (K_{aE} - K_a) \right] / H$$

dove rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce, rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso), K_{aE} e K_a rappresentano i coefficienti di spinta attiva in condizioni sismiche e statiche rispettivamente.

I coefficienti di spinta attiva sono stati determinati attraverso la relazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926). I coefficienti di spinta passiva sono stati determinati attraverso la relazione di Lancellotta (2007). L'angolo di attrito terreno/struttura, δ , è stato assunto pari a zero.

14. VERIFICA AGLI STATI LIMITI

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2008 al par.2.5.3:

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots ;$$

Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} \dots ;$$

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots ;$$

Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti a lungo termine, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots ;$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	25

Combinazione sismica, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_F , γ_M e γ_R , nonché i coefficienti di combinazione ψ delle azioni, sono dati dalle tabelle NTC2008 5.2.V, 5.2.VI, 6.2.II e 6.4.II che vengono riportate nel seguito.

L'analisi mira a garantire la sicurezza e le prestazioni attese attraverso il conseguimento dei seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti degli Stati Limite di Esercizio.
- sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi

Tali verifiche sono state effettuate applicando il primo approccio progettuale (Approccio 1) che prevede le due seguenti combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1: A1+M1+R1 (STR)
- Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO)

Le verifiche delle strutture di sostegno sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

- raggiungimento della resistenza del complesso opera-terreno;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

Per le verifiche di stabilità globale è stato applicato l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2 + M2 + R2 – tabb. 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 14/01/2008).

Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.

⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	26

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniaassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

13.1 CRITERIO DI VERIFICA STRUTTURALE

13.1.1 VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

-coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;

-coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali condotte nel progetto. Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

-verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;

-verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;

-verifiche per gli stati limite di esercizio.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	27

13.1.2 VERIFICA PER GLI STATI LIMITI ULTIMI A FLESSIONE-PRESSOFLESSIONE

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione vengono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

13.1.3 VERIFICA AGLI STATI LIMITE A TAGLIO

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM14/01/2008, col metodo a traliccio con puntone di calcestruzzo ad inclinazione variabile θ .

$$V_{Rsd} = 0.9d \frac{A_{sw}}{s} f_{yk} (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \text{sen } \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9d b_w \alpha_c v f_{cd} \frac{\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta}{1 + \text{ctg}^2 \theta}$$

con:

d altezza utile sezione [mm]

b_w larghezza minima sezione [mm]

A_{sw} area armatura trasversale [mm²]

s interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]

α_c coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e σ_{cp}

σ_{cp} tensione media di compressione [N/mm²]

$v=0.5$

13.2 CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA

La verifica geotecnica consta della verifica della spinta passiva mobilitata per le combinazioni di carico più gravose e della verifica di stabilità globale del complesso opera-terreno.

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								
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	28

15. METODI DI ANALISI – CALCOLO PARATIA

Il calcolo agli elementi finiti delle paratie è stato effettuato utilizzando il codice PAC 2D prodotto dalla “AZTEC”.

Gli effetti nelle opere di sostegno flessibile delle spinte del terreno e di eventuali azioni concentrate sono stati esaminati con l’ausilio del programma di calcolo per l’analisi di strutture di sostegno flessibili PAC 2D.

PAC 2D analizza il comportamento meccanico di una struttura di sostegno flessibile di uno scavo in terreno o roccia, ponendo l’accento sull’aspetto dell’interazione “locale” fra parete e terreno.

Lo studio di una parete flessibile è condotto attraverso una simulazione numerica del reale: il programma stabilisce e risolve un sistema di equazioni algebriche la cui soluzione permette di riprodurre abbastanza realisticamente l’effettivo comportamento dell’opera di sostegno.

Per la soluzione del modello si procede ad un’analisi non lineare secondo un modello “a molle” elasto plastiche” per la parte terreno. La schematizzazione in elementi finiti avviene in questo modo:

- si analizza un problema piano (nel piano Y-Z): i gradi di libertà nodali attivi sono lo spostamento laterale e la rotazione fuori piano: gli spostamenti verticali sono automaticamente vincolati (di conseguenza le azioni assiali nelle pareti verticali non sono calcolate);
- la parete flessibile di sostegno vera e propria è schematizzata da una serie di elementi finiti BEAM verticali;
- il terreno, che spinge contro la parete (da monte e da valle) e che reagisce in modo complesso alle deformazioni della parete, è simulato attraverso un doppio letto di molle elasto-plastiche connesse agli stessi nodi della parete;
- Si è adottato un valore dell’angolo di attrito terreno paratia, ϕ , pari $2/3 \phi$. In sismica tale valore è nullo.
- i tiranti, i puntoni, le solette, gli appoggi cedevoli o fissi, sono schematizzati tramite molle puntuali convergenti in alcuni punti (nodi) della parete ove convergono parimenti elementi BEAM ed elementi terreno.

Lo scopo di PAC 2D è lo studio di un problema definito; in altre parole, il programma analizza la risposta, durante le varie fasi realizzative, di una parete caratterizzata in tutte le sue componenti (altezza, infissione e spessore della parete, entità dei tiranti, ecc.). Il problema è ricondotto a uno schema piano in cui viene analizzata una “fetta” di parete di larghezza unitaria, come mostrato nella Figura seguente.

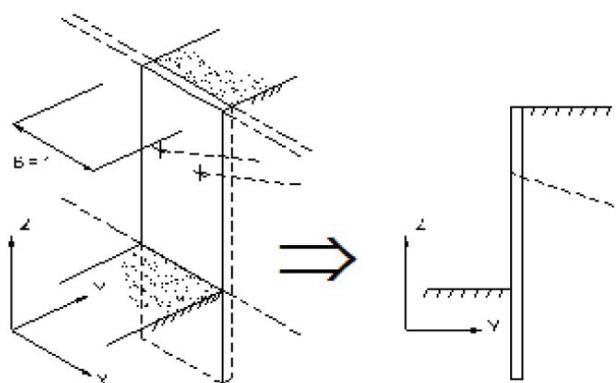


Figura 6. Modellazione della paratia

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	29

15.1 CALCOLO DELLA PROFONDITA' DI INFISSIONE

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.

Pertanto, il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (Centro di rotazione) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

Kam diagramma della spinta attiva agente da monte
 Kav diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
 Kpm diagramma della spinta passiva agente da monte
 Kpv diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad e \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione si può agire con tre modalità:

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su $\tan(\varphi)$ e sulla coesione

15.2 CALCOLO DELLE SPINTE

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione r rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	30

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

15.3 SPINTA IN PRESENZA DI FALDA

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere idrostatico o idrodinamico.

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota h al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

15.4 SPINTA IN PRESENZA DI SISMA

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con W il peso del cuneo e con C il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con S la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/2 dell'altezza della parete stessa (diagramma rettangolare).

15.5 ANALISI A ELEMENTI FINITI

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	31

15.6 SCHEMATIZZAZIONE DEL TERRENO

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (costante di Winkler). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo $[F/L^3]$. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b=100$ cm) l'area equivalente della molla sarà $A_m=m*b$.

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Il metodo degli elementi finiti è il metodo che più di tutti si fonda su basi teoriche solide e razionali. Di fatti tutto il metodo presuppone che il problema sia affrontato tenendo in conto sia l'aspetto statico e quindi l'equilibrio del problema, sia l'aspetto cinematico e quindi la congruenza degli spostamenti o meglio delle deformazioni. In questo approccio la paratia è modellata come un insieme di travi, con vincolo di continuità tra loro

(elementi beam) vincolati al terreno mediante molle elastiche, la cui rigidezza è valutata in funzione delle proprietà elastiche del terreno. Nella figura è mostrato schematicamente il modello utilizzato per l'analisi ad elementi finiti.

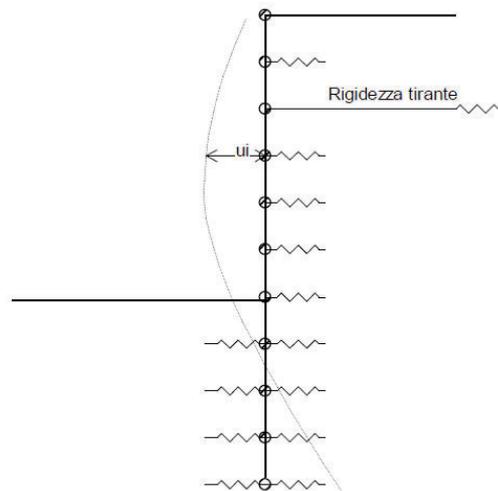


Figura 7. Schema della paratia ad elementi finiti

Dalla figura 10 il terreno viene schematizzato con delle molle di rigidezza K_w applicate sui nodi dei conci. La stima della rigidezza K_w può essere effettuata in due modi:

- Da strato
- Formula binomia

Nel caso da strato il programma in generale considera come rigidezza $K_w = (P_p - P_a) / (\text{Spostamento molla})$ per ogni baricentro di strato modellato

P_0 = pressione a riposo

P_p = pressione passiva

P_a = pressione attiva

y = Spostamento

Dove lo spostamento limite della molla di default risulta essere di 1,50 cm

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

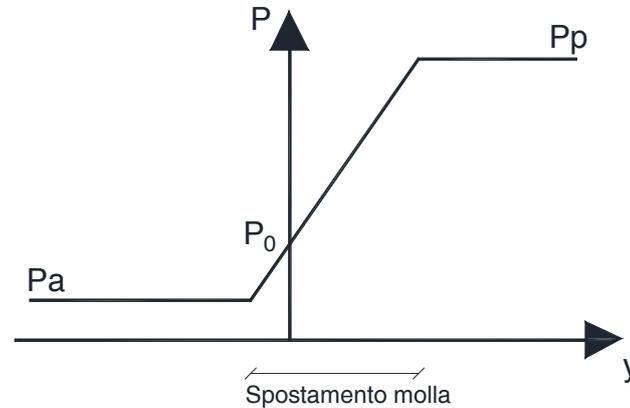


Figura 8 – Diagramma pressione – spostamento molla

Nel caso della formula binomia la formula è basata sulla capacità portante delle fondazioni con la seguente formula (Bowles, Fondazioni):

$$K_w = A_s + B_s + Z_n$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

$$A_s = \text{costante calcolata come segue } A_s = C \times (c \times N_c + 0,5 \times G \times B \times N_g)$$

$$B_s = \text{coefficiente funzione della profondità } B_s = C \times G \times N_q$$

Z = profondità in esame

C = 40 nel sistema internazionale SI

c = coesione del terreno

$$N = \pi \times \tan \varphi$$

$$N_q = \exp[n \times (\tan^2(45^\circ + \varphi/2))]$$

$$N_c = (N_q - 1) \times \cot \varphi$$

$$N_g = 1,5 \times (N_q - 1) \times \tan \varphi$$

G = peso specifico efficace

B = larghezza fondazione

15.7 MODALITA' DI ANALISI E COMPORTAMENTO ELASTO-PLASTICO DEL TERRENO

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma PAC). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max} ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max} . Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidità, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$K \times u = p$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	33

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidità è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassetto e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (metodo di Riks).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti, la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre, dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Le molle al di sotto della linea di fondo scavo hanno un comportamento asimmetrico. Se lo spostamento della paratia in corrispondenza della molla è diretto verso valle la pressione limite della molla stessa sarà data dalla differenza fra la pressione passiva di valle e la pressione attiva di monte ($K_{pv} - K_{am}$). Se lo spostamento è diretto verso monte la pressione limite sarà data dalla differenza tra la pressione passiva da monte e la pressione attiva da valle ($K_{pm} - K_{av}$). Per le molle al di sopra della linea di fondo scavo si assume sempre il criterio di rottura per pressione passiva (a compressione). Naturalmente esse vengono rimosse dall'analisi quando vanno in trazione. In particolare saranno immediatamente eliminate durante l'analisi nel caso di una paratia libera (non soggetta a carichi verso monte) mentre avranno una grossa influenza in presenza di tiranti (soprattutto nel caso di tiranti attivi) e di vincoli.

15.8 ANALISI PER FASI DI SCAVO

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidità della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s = s_0 + K(u - u_0)$$

15.9 VERIFICA STABILITA' GLOBALE

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare, il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + (W_i \cos \alpha_i - u_i l_i) \tan \varphi_i \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	34

dove n è il numero delle strisce considerate, bi e ai sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia iesima rispetto all'orizzontale, Wi è il peso della striscia iesima e ci e fi sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre ui ed li rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia (li = bi/cosai).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava h. Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato ed è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

15.10 ANALISI DEI PALI

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito f e la coesione c. Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_t = Q_p + Q_l - W_p$$

dove:

- Q_T portanza totale del palo
- Q_P portanza di base del palo
- Q_L portanza per attrito laterale del palo
- W_P peso proprio del palo

e le due componenti Q_P e Q_L sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo Q_A applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta η_p ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale η_l.

Palo compresso:

$$Q_d = \frac{Q_p}{\eta_p} + \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Palo tesò:

$$Q_d = \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_p = A_p \left(cN'_c + qN'_q + \frac{1}{2} B\gamma N'_\gamma \right)$$

dove:

- A_p è l'area portante efficace della punta del palo
- c è la coesione
- q è la pressione geostatica alla quota della punta del palo
- γ è il peso specifico del terreno
- D è il diametro del palo

N'_c N'_q N'_γ sono i coefficienti di capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	35

Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_l = \int_S \tau_a dS$$

dove τ_a è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \tan \delta$$

dove:

c_a è l'adesione palo-terreno

δ è l'angolo di attrito palo-terreno

γ è il peso specifico del terreno

z è la generica quota a partire dalla testa del palo

L è la lunghezza del palo

P è il perimetro del palo

K_s è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

Nel nostro caso essendoci innumerevoli incertezze nel calcolo della resistenza laterale dovuta alla realizzazione di pali accostati molto vicini tra loro lato valle e infine il lato monte il terreno non partecipa completamente alla resistenza superficiale, si ritiene opportuno trascurare la resistenza laterale.

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	36

16. MODELLO DI CALCOLO PARATIA

A seguito del modello geotecnico del sottosuolo si è ritenuto opportuno di calcolare la paratia sia in condizione drenata per tutti gli strati di terreno che in condizione non drenate solo per i terreni essenzialmente argilla limose sotto falda, in modo da analizzare sia le condizioni a breve termine che a lungo termine.

Come si evince dalla tabella la c_u che si è adottata nel modello per condizione a breve termine è di 50 Kpa, automaticamente si prenderà in considerazione come angolo di attrito ϕ pari a 0

Terreno	Profondità	γ	ϕ'	c'	c_u	E_0
	(m)	(kN/m^3)	($^\circ$)	(kPa)	(kPa)	(MPa)
CGC2 (argilla limosa e limo argilloso)	0.0 - 9.0	19.5	25.0	10.0	50	250
SSR (Sabbia, sabbia limosa)	9.0 - 24.0	19.5	35.0	0.0	-	800
SSR3 (Argille limose e limi argillosi)	24.0 - 29.0	19.5	23.0	10.0	50	600
SSR (Sabbia, sabbia limosa)	29.0 - 40.0	19.5	35.0	0.0	-	800

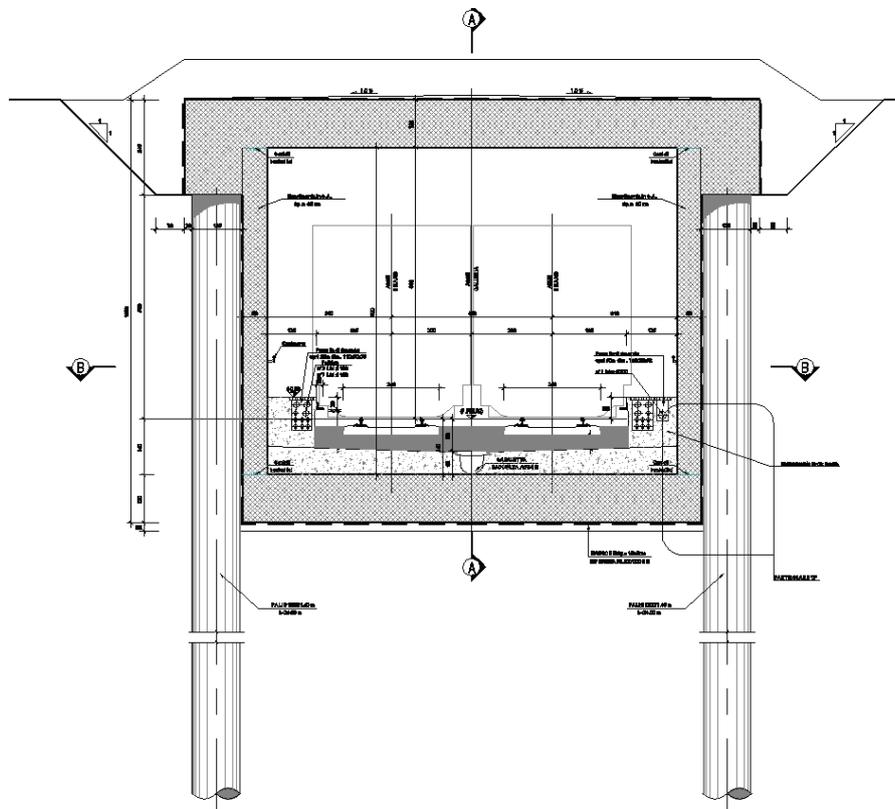


Figura 9 – Sezione galleria

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001	REV B	FOGLIO 37

16.1 MODELLO DI CALCOLO PARATIA – CONDIZIONE A BREVE TERMINE

SEZIONE TIPO	
Tipologia pali	Pali trivellati ϕ 1200 ad interasse 1.4 m
Lunghezza pali da testa cordolo	$H_{tot} = 29,30$ m compreso cordolo di 1,20 m + 1,20 m solettone in c.a.
Altezza di scavo max	$H_{max} = 10.80$ m
Altezza netta interna galleria (fase finale)	$H_{int} = 8.20$ m
Solettone superiore in c.a.	$H_{sup} = 1.20$ m
Solettone di fondazione in c.a.	$H_{fond} = 1.20$ m
Spessore fodere di rivestimento	$S_{riv} = 0.60$ m
Sovraccarichi permanenti ai lati della galleria	20 kPa
Sovraccarichi variabili ai lati della galleria	10 kPa (mezzi di cantiere)
Spessore terreno di ricoprimento	1.0 m

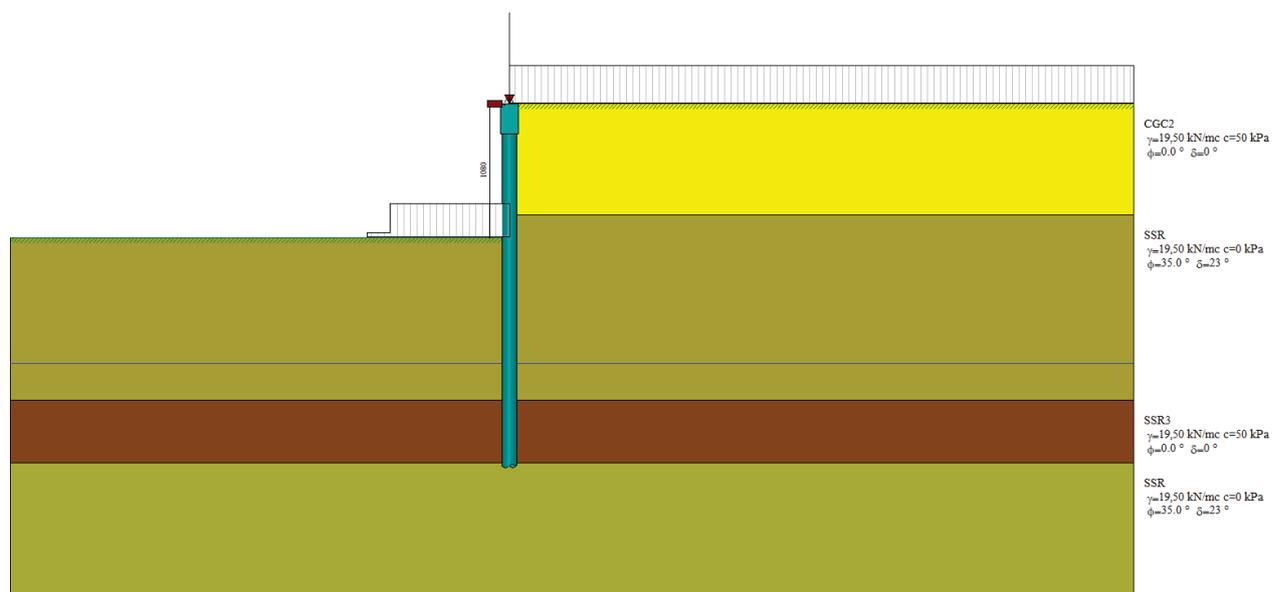


Figura10. Modello di calcolo

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

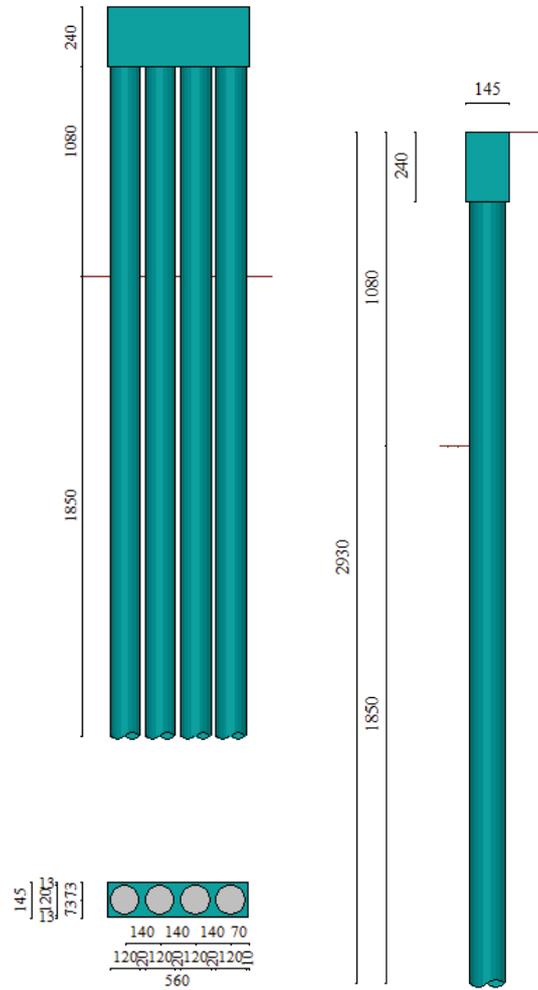


Figura 11. Prospetto e sezione modello paratia

Azioni del solettone superiore trasmesse alla paratia

$$R_G = 1 \times 30 \times 12,70/2 = 190,5 \text{ KN} \quad \text{Reazione verticale da Carico permanente}$$

$$M_G = 1 \times 30 \times 12,70^2/24 = 201,6125 \text{ KN m} \quad \text{Momento da carico permanente}$$

$$R_q = 1 \times 25 \times 12,70/2 = 158,75 \text{ KN} \quad \text{Reazione verticale da carico accidentale}$$

$$M_q = 1 \times 25 \times 12,70^2/24 = 168,01 \text{ KN m} \quad \text{Momento da carico accidentale}$$

Da notare le reazioni del solettone sul programma PAC sono ripartite a metro lineare.

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine

Descrizione del terreno

γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001	REV B	FOGLIO 39

Φ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
 δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
 c coesione del terreno espressa in [kPa]
 ca adesione terreno/paratia espressa in [kPa]

N°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	c_u [kPa]
1	CGC2	19,500	20,000	0.00	0.00	-	0,0	50,0
				0.00	0.00	-	0,0	50,0
				0.00	0.00	-	0,0	50,0
2	SSR	19,500	20,000	35.00	23.00	0,0	0,0	-
				35.00	23.00	0,0	0,0	-
				35.00	23.00	0,0	0,0	-
3	SSR3	19,500	20,000	0.00	0.00	-	0,0	50,0
				0.00	0.00	-	0,0	50,0
				0.00	0.00	-	0,0	50,0
4	SSR	19,500	20,000	35.00	23.33	0,0	0,0	-
				35.00	23.33	0,0	0,0	-
				35.00	23.33	0,0	0,0	-

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm²/cm] calcolata col metodo a strato

α inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)

Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	Kw_M [kg/cmq/cm]	Kw_V [kg/cmq/cm]	Terreno M	Terreno V
1	9,00	0.00	0.00	1.36	1.36	CGC2	CGC2
2	15,00	0.00	0.00	7.48	7.48	SSR	SSR
3	5,00	0.00	0.00	1.36	1.36	SSR3	SSR3
4	11,00	0.00	0.00	15.64	15.64	SSR	SSR

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia 21,00 [m]

Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia 21,00 [m]

Regime delle pressioni neutre: Idrostatico

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	40

N.T.C. 2008 / 2018

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo a_g [m/s ²]	1,879	0,795
Accelerazione al suolo a_g [% di g]	0,191	0,081
Massimo fattore amplificazione spettro orizz. F0	2,534	2,549
Valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione T_c^* [sec]	0,379	0,333
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico S_s	Tipo C	1,409
Coefficiente di riduzione (β_s)	0,380	0,470
Coef. amplificazione topografica S	T1	1,00
Coefficiente di riduzione (α)	Calcolo alfa con sottosuolo tipo ...	
	<input type="radio"/> C	<input type="radio"/> D
	<input type="radio"/> E	
	C	0,534
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	C	0,147
Coefficiente di riduzione (β)	C	0,336
$K_h = a_g/g * S_s * S_t * \beta * \alpha$		
Coeff. intensità sismica orizzontale K_h [%]	5,396	2,433
Coeff. intensità sismica orizzontale stabilità globale K_h [%]	4,848	2,186
Intensità sismica Verticale/Drizzontale	0,50	
<input type="checkbox"/> Applica sisma verticale solo nella verifica di stabilità		
Forma diagramma incremento sismico		
<input checked="" type="radio"/> Rettangolare <input type="radio"/> Stessa forma diagramma statico		

Figura 12. Parametri sismici paratia

Nella figura sono riportati i parametri per l'analisi sismica; in essa:
 α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 delle NTC2008);

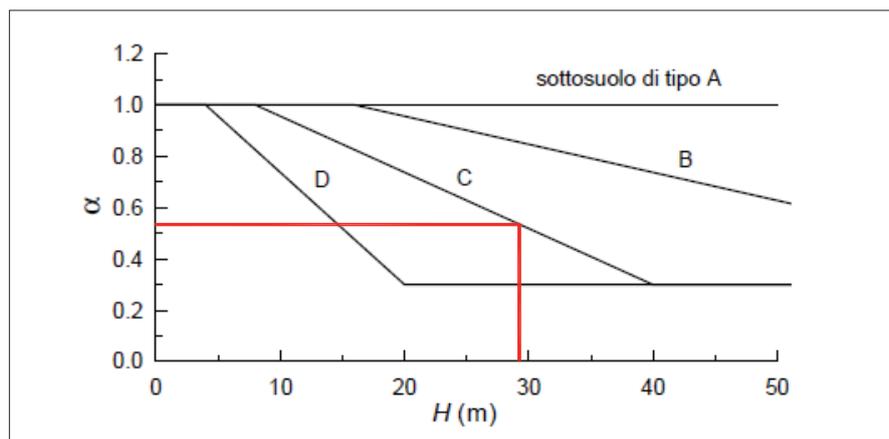


Figura 13. Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

Per $H=29,30$ m dal diagramma della **figura 13**. $\alpha=0,534$

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

β = coefficiente di spostamento (figura 7.11.3 delle NTC2008);

Dalla formula 7.11.11 NTC08 deve risultare che lo spostamento massimo $u_s \leq 0,005 H$ dove H è l' altezza della paratia H=29.30 m $u_s=0,147$ m

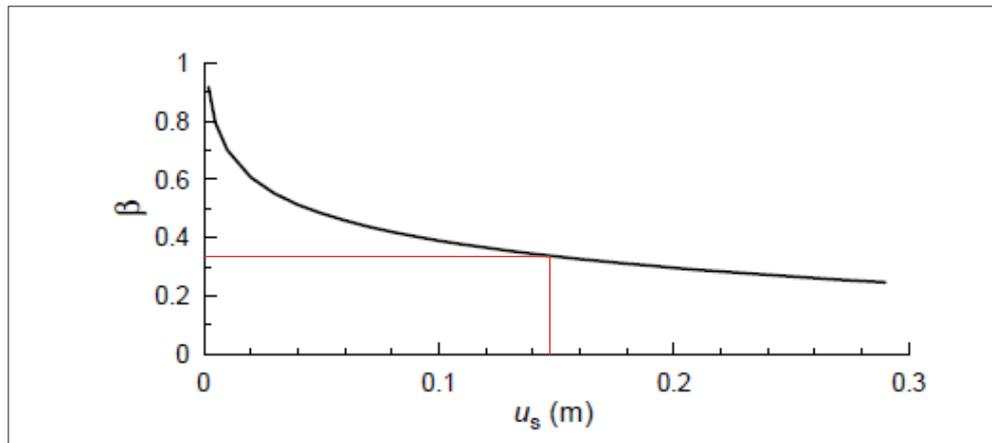


Figura 14. Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β

$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot S_s \cdot S_t \cdot a_{max}/g$ = coefficiente sismico orizzontale

$\alpha \cdot \beta = 0,534 \cdot 0,336 = 0,179 < 0,2$ quindi per il calcolo di K_h il prodotto $\alpha \cdot \beta$ si assume pari a 0,2
 $K_h = 0,2 \cdot 1,409 \cdot 1,00 \cdot 0,191 = 0,0539$

Mentre per il coefficiente sismico orizzontale per stabilità globale
 $K_h = 0,534 \cdot 0,336 \cdot 1,409 \cdot 1,00 \cdot 0,191 = 0,048$

15.1.2 FASI DI CALCOLO

Fasi di scavo

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 0.01 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=0.01]	0
3	Quota falda valle 21.00 metri - Quota falda monte 21.00 metri [Hscavo=0.01]	0
4	Scavo fino alla profondità di 2.40 metri	1
5	Inserimento vincolo 1 (X=0.00) [Hscavo=2.40]	1
6	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.40]	1
7	Inserimento condizione di carico nr 3 [Hscavo=2.40]	1
8	Inserimento condizione di carico nr 4 [Hscavo=2.40]	1
9	Scavo fino alla profondità di 10.80 metri	2

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

n°	Fase	Tempo
10	Inserimento condizione di carico nr 6 [Hscavo=10.80]	3
11	Inserimento condizione di carico nr 5 [Hscavo=10.80]	4
12	Inserimento sisma	5

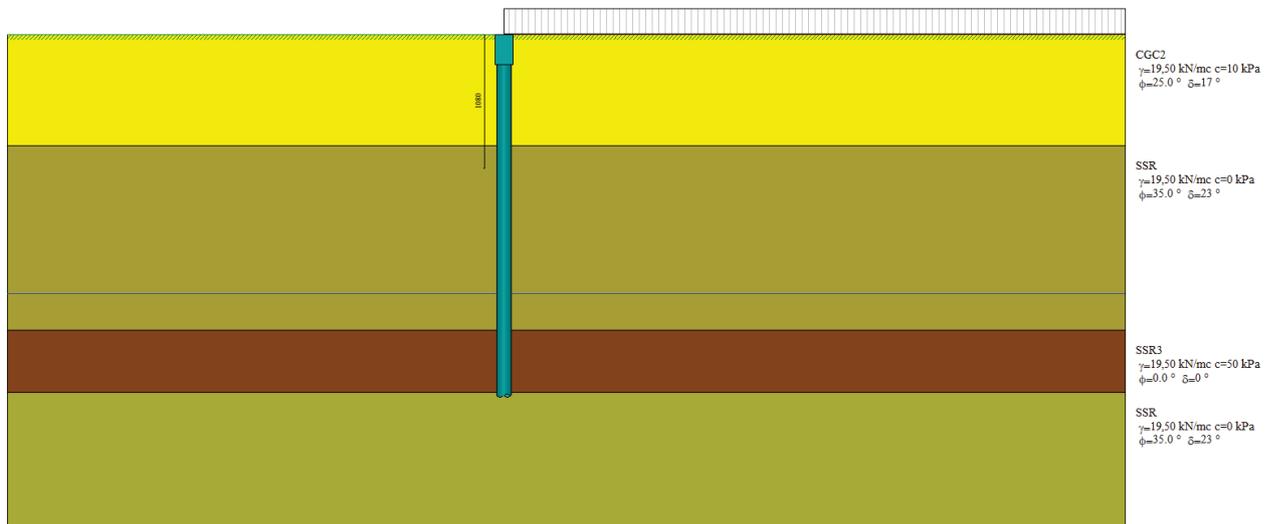


Figura 15 – Tempo 0 (Fase n° 1-2-3)

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

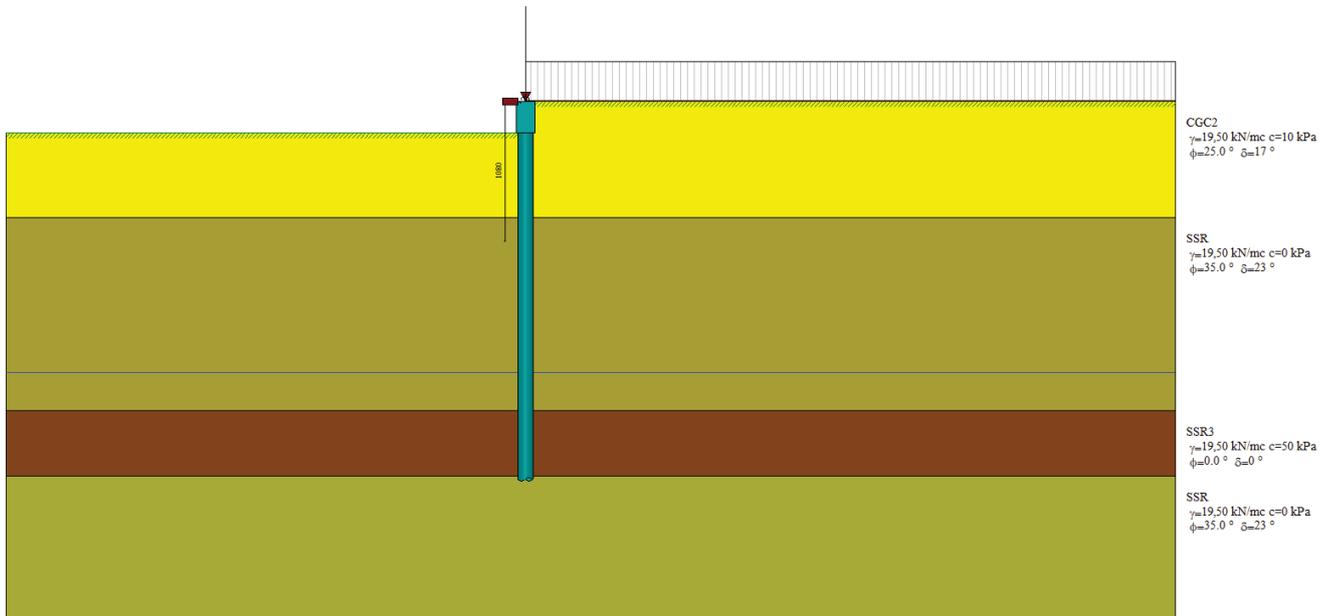


Figura 16 – Tempo 1 (Fase n° 4-5-6-7-8)

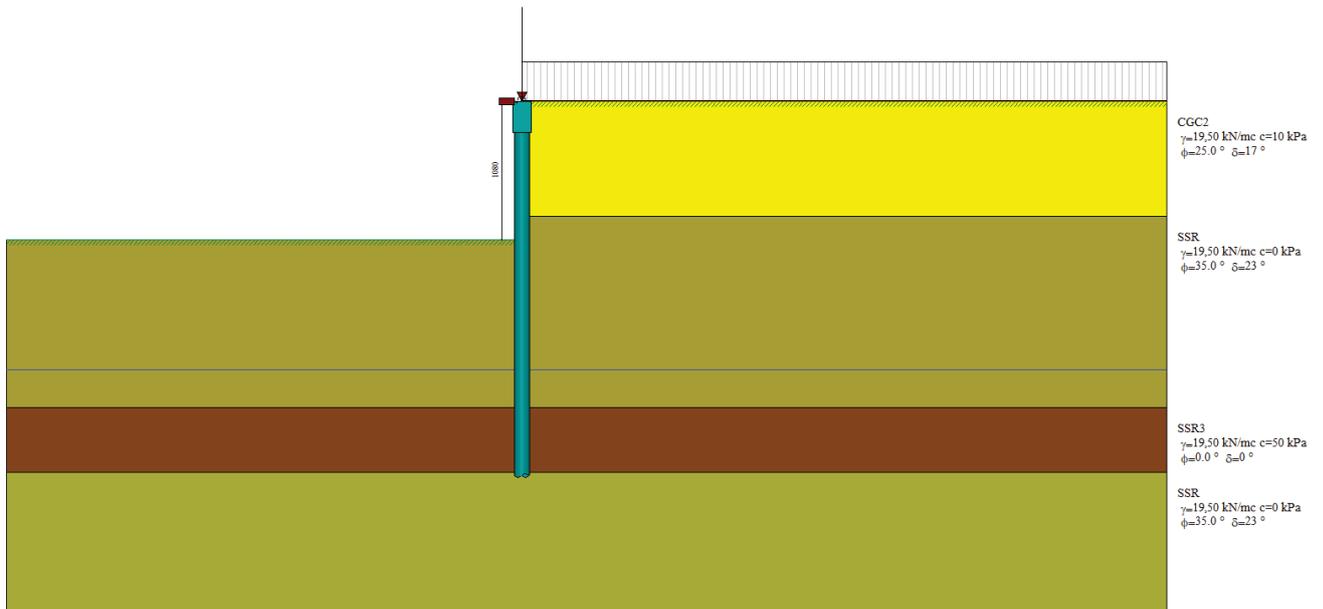


Figura 17 – Tempo 2 (Fase n° 9)

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

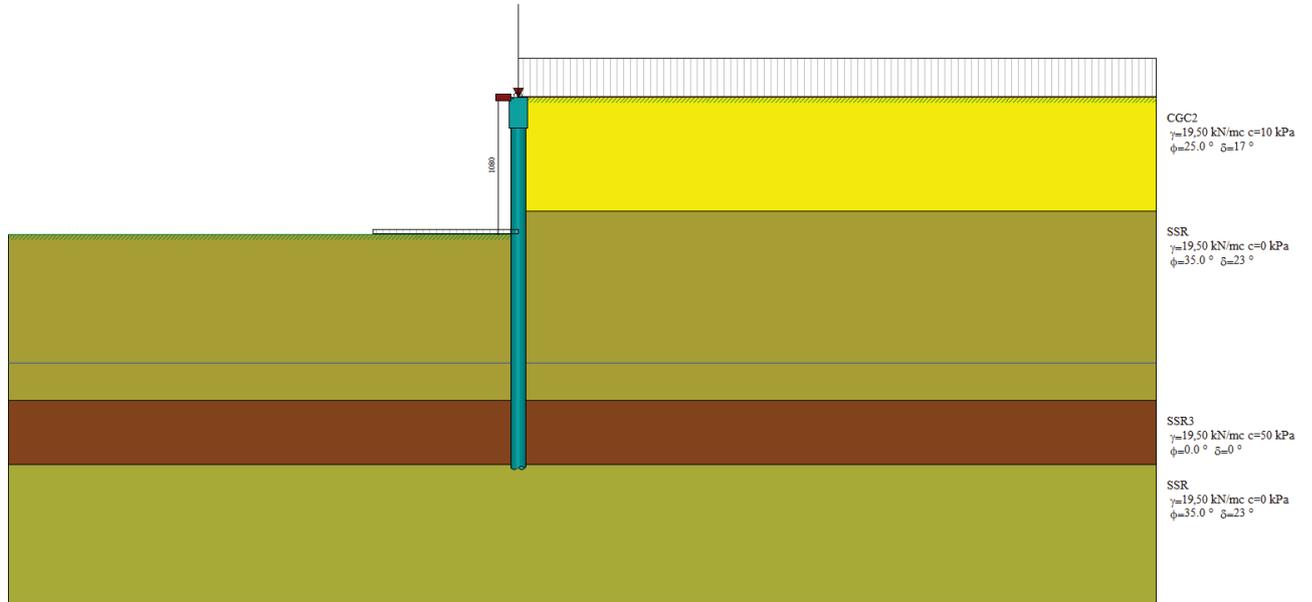


Figura 18 – Tempo 3 (Fase n° 10)

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

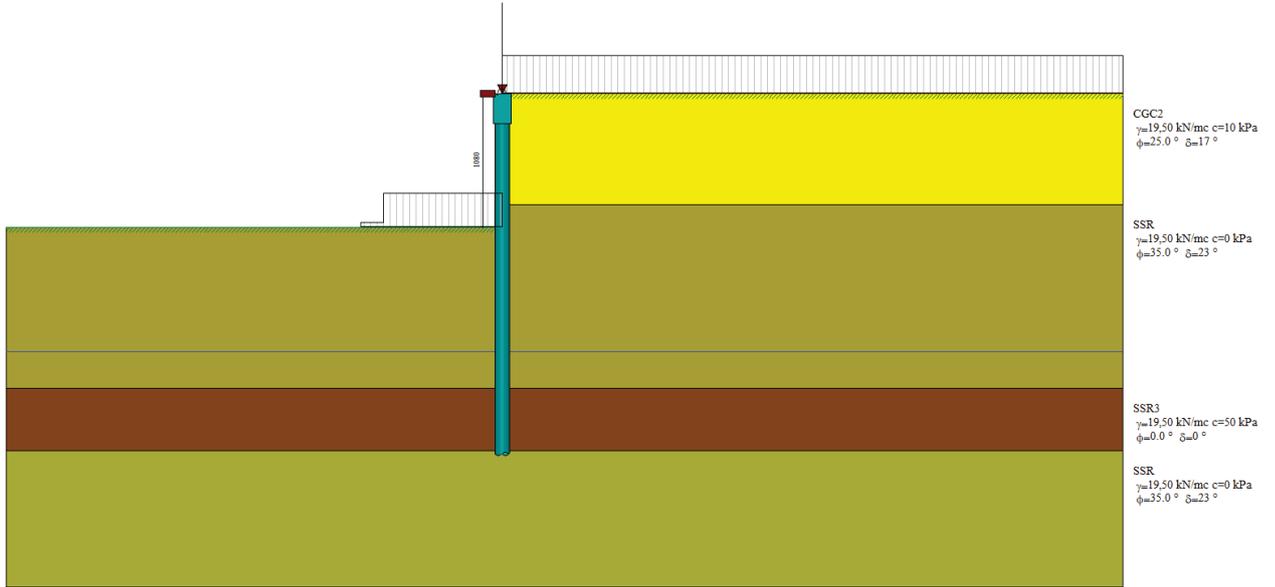


Figura 19 – Tempo 4 (Fase n° 11)

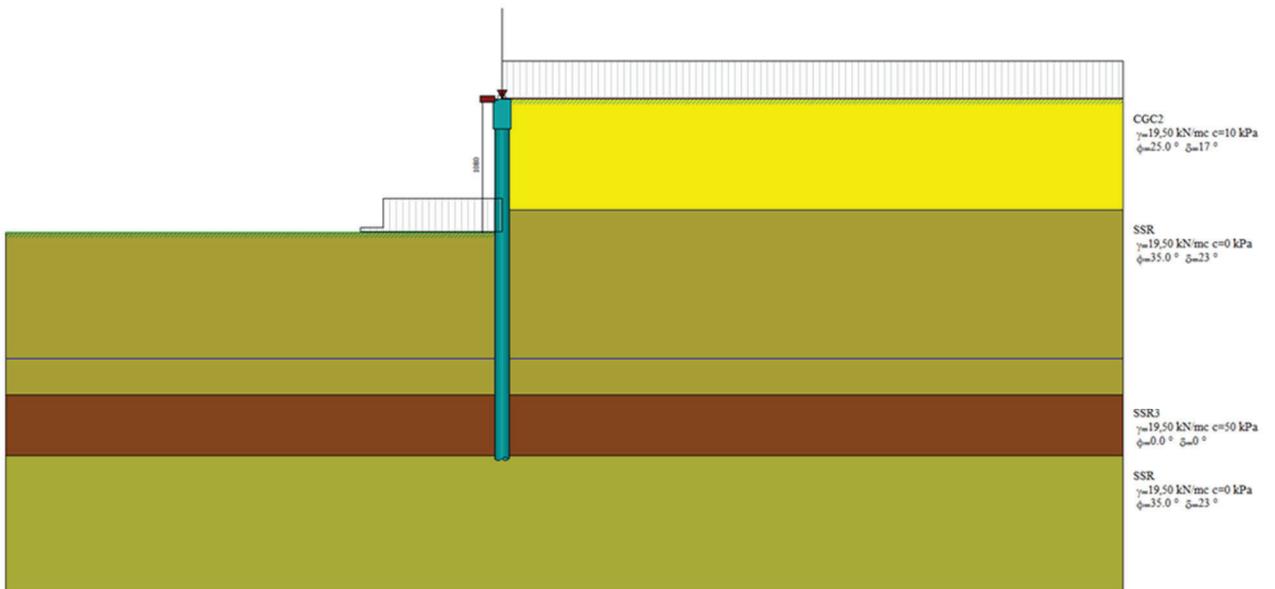


Figura 20 – Tempo 5 (Fase n° 12)

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	46

15.1.3 SINTESI VERIFICA PORTANZA PALI

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo della Combinazione/Fase

$P_{P,med}$, $P_{P,min}$ Portanza di punta media e minima, espressa in [kN]

$P_{L,med}$, $P_{L,min}$ Portanza laterale media e minima, espressa in [kN] (Si trascura a vantaggio di sicurezza)

P_d Portanza di progetto, espressa in [kN]

N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kN]

FS Fattore di sicurezza (rapporto P_d/N)

n°	Tipo	$P_{P,med}$ [kN]	$P_{L,med}$ [kN]	$P_{P,min}$ [kN]	$P_{L,min}$ [kN]	P_d [kN]	N [kN]	FS
1	SLU - STR	12690,57	0,00	12690,57	0,00	7465,04	812,43	9.189
2	SLU - STR	11904,87	0,00	11904,87	0,00	7002,87	1492,52	4.692
3	SLU - STR	9143,41	0,00	9143,41	0,00	5378,48	1492,52	3.604
4	SLU - STR	9143,41	0,00	9143,41	0,00	5378,48	1492,52	3.604
5	SLU - STR	9143,41	0,00	9143,41	0,00	5378,48	1492,52	3.604
6	SLV - STR	9143,41	0,00	9143,41	0,00	5378,48	1301,38	4.133
1	SLU - GEO	12690,57	0,00	12690,57	0,00	4391,20	812,43	5.405
2	SLU - GEO	11904,87	0,00	11904,87	0,00	4119,33	1368,06	3.011
3	SLU - GEO	9143,41	0,00	9143,41	0,00	3163,81	1368,06	2.313
4	SLU - GEO	9143,41	0,00	9143,41	0,00	3163,81	1368,06	2.313
5	SLU - GEO	9143,41	0,00	9143,41	0,00	3163,81	1368,06	2.313
6	SLV - GEO	9143,41	0,00	9143,41	0,00	3984,06	1301,38	3.061

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

15.1.4 RISULTATI DELLE ANALISI

15.1.4.1 RISULTATI SOLLECITAZIONI SLU-SLV

Nelle figure seguenti, in riferimento all' ultima fase di scavo, si riportano i diagrammi del momento flettente – taglio – sforzo normale del singolo palo della paratia nelle combinazioni A1+M1, combinazioni A2+M2 e Inviluppo.

Momento Flettente [KN m]

Taglio [KN]

Sforzo Normale [KN]

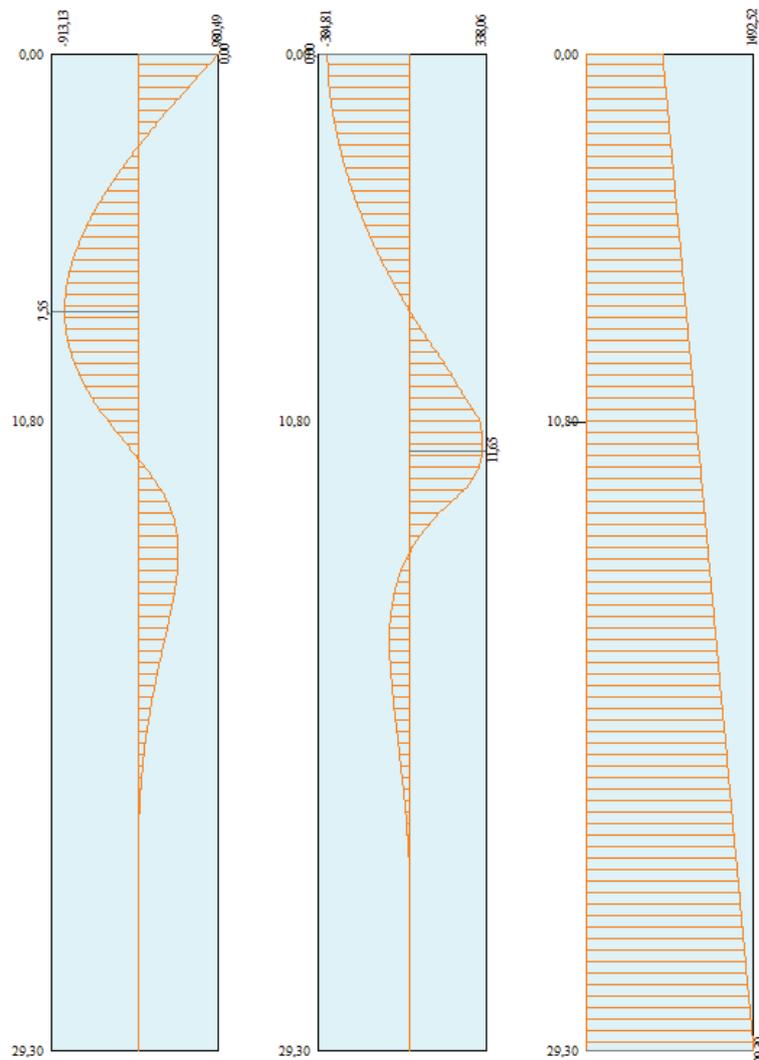


Figura 21 – Diagramma in combinazione A1+M1(SLU)

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	48

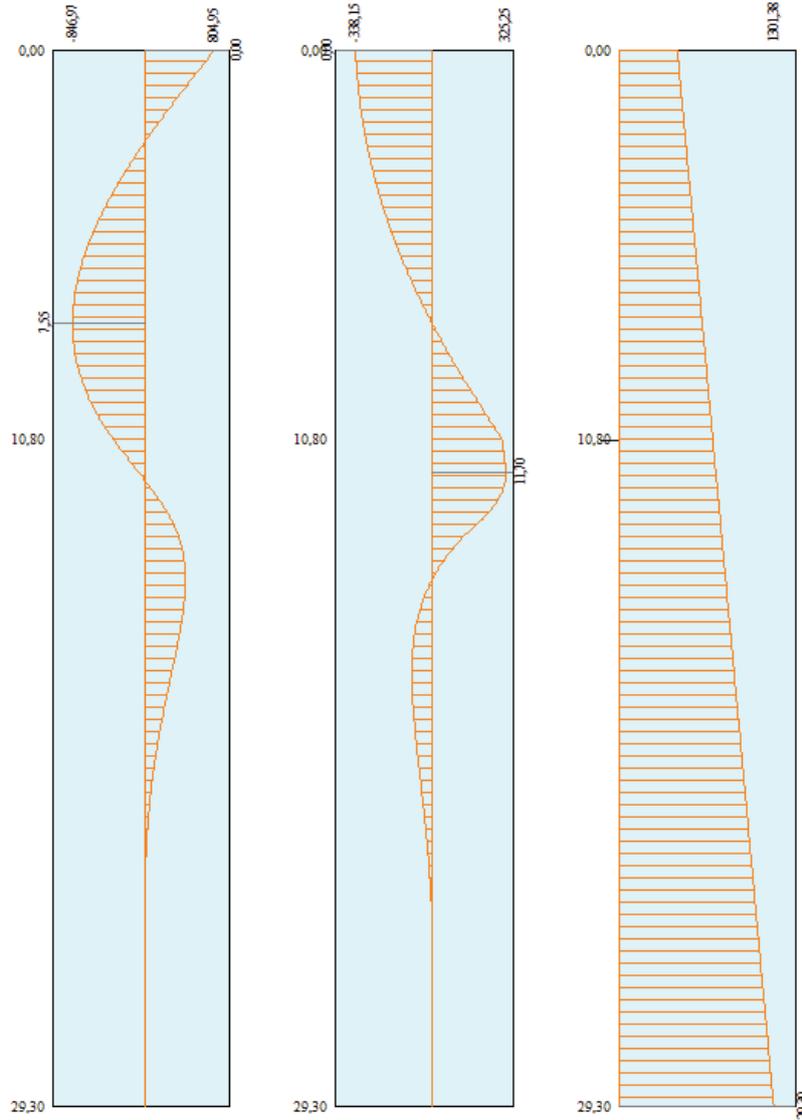


Figura 22 – Diagramma in combinazione A1+M1+SISMA (SLV)

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	49

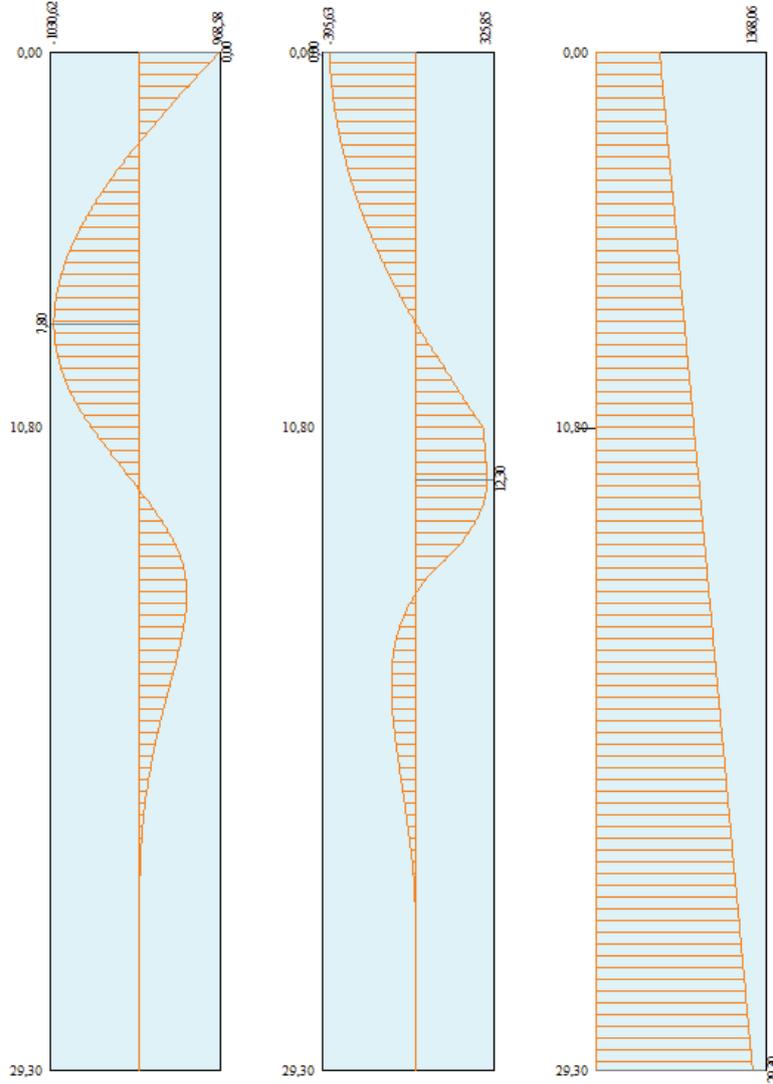


Figura 23 – Diagramma in combinazione A2+M2 (SLU)

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	50

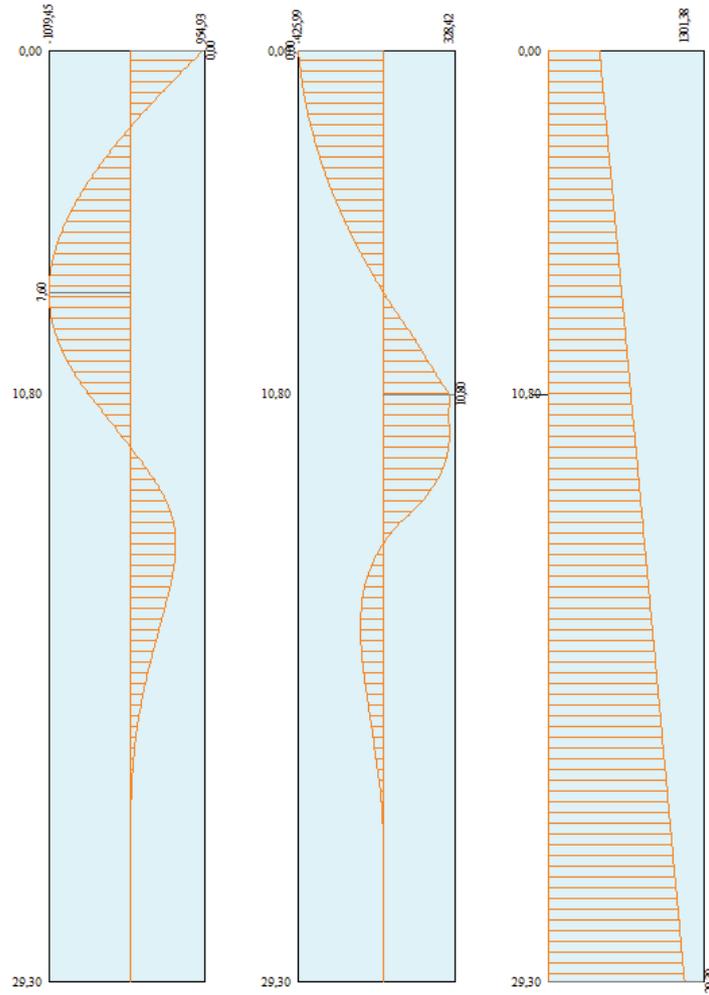


Figura 24 – Diagramma in combinazione A2+M2+SISMA (SLV)

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	51

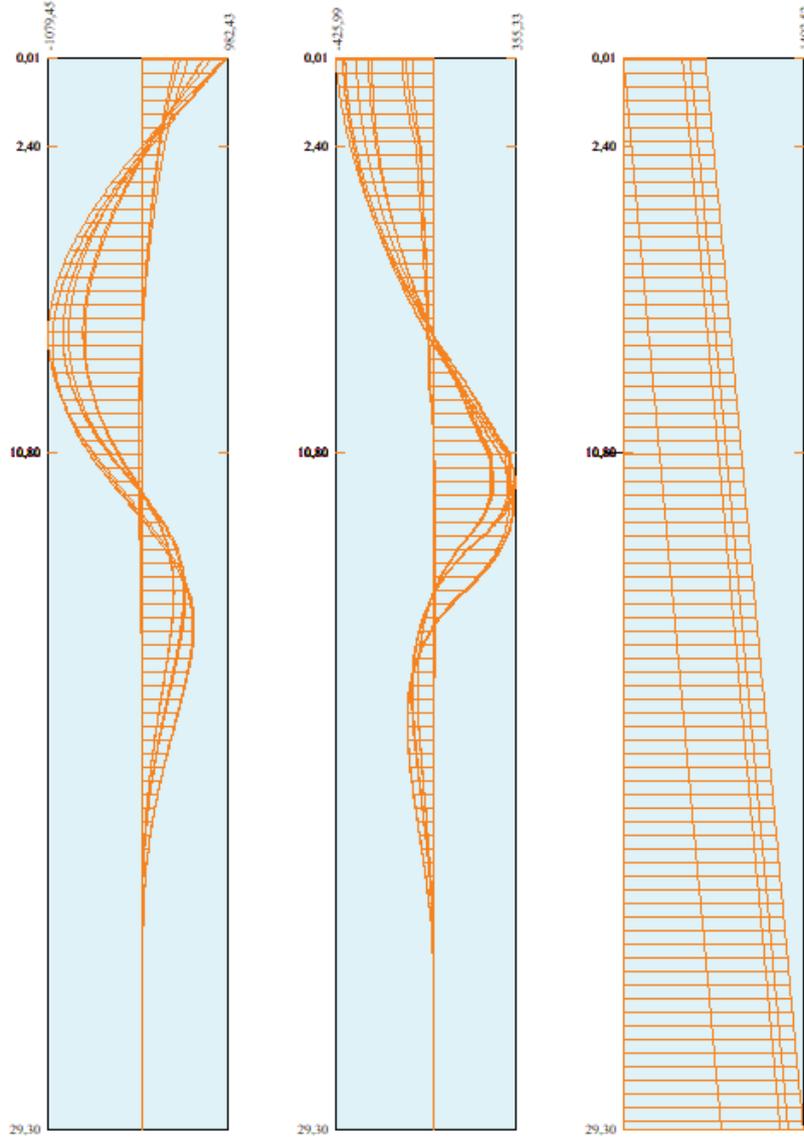


Figura 25 – Diagramma Inviluppo sollecitazioni.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	52

15.1.4.3 RISULTATI SPOSTAMENTI PARATIA

Nel paragrafo seguente, si riportano i valori degli spostamenti nelle fasi di esercizio e diagramma in riferimento all' ultima fase di scavo dell' opera (ESE) e l'inviluppo delle combinazioni ESE-SLU-SLV.

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase

Tipo Tipo combinazione/Fase

Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm], valore limite 0,005 H_{Paratia}

U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	[cm]
1	ESE	14,65	0,0000
2	ESE	14,65	0,0014
3	ESE	14,65	0,3582
4	ESE	14,65	0,3568
5	ESE	14,65	0,3542
6	ESE	14,65	0,3646
1	SLU - STR	14,65	0,0000
2	SLU - STR	14,65	0,0018
3	SLU - STR	14,65	0,4975
4	SLU - STR	14,65	0,4957
5	SLU - STR	14,65	0,4923
6	SLV - STR	14,65	0,4720
1	SLU - GEO	14,65	0,0000
2	SLU - GEO	14,65	0,0015
3	SLU - GEO	14,65	0,6425
4	SLU - GEO	14,65	0,6407
5	SLU - GEO	14,65	0,6339
6	SLV - GEO	14,65	0,6649

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	53

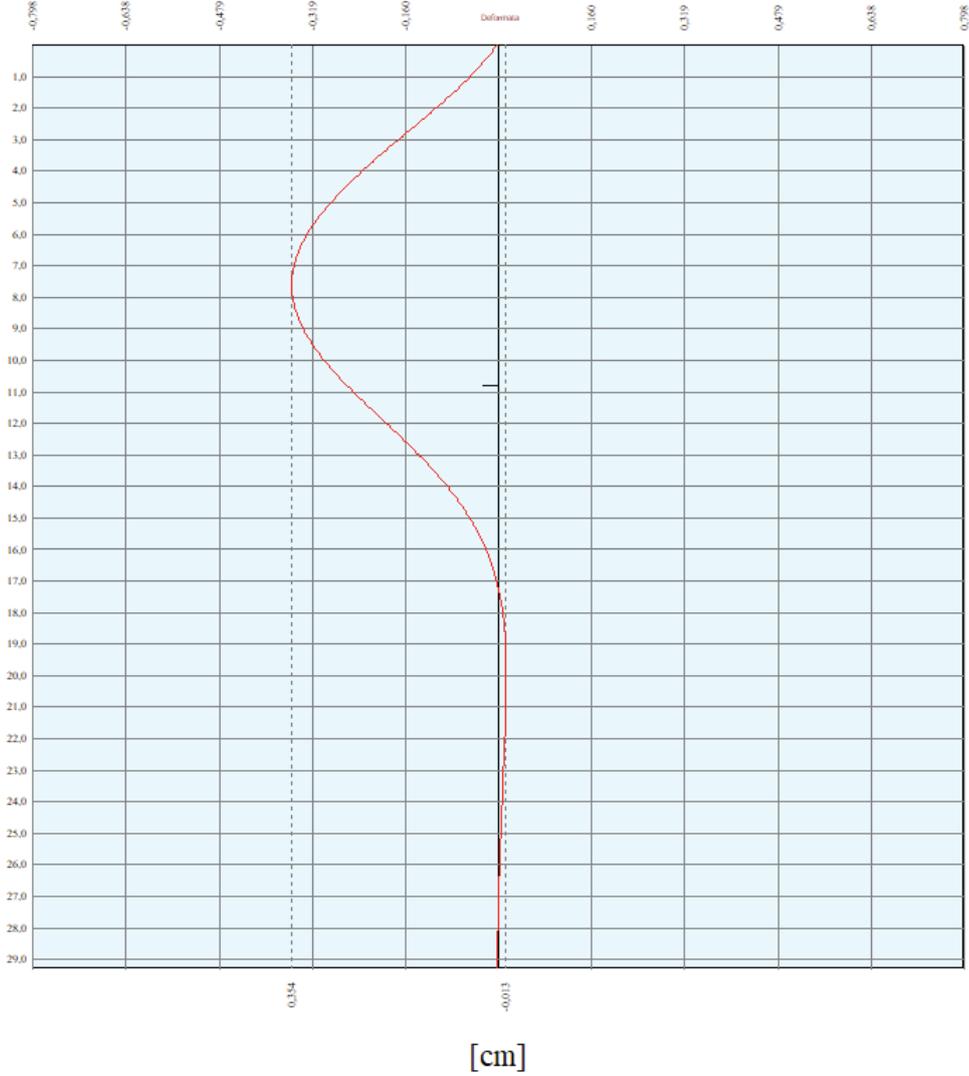


Figura 26 – Diagramma spostamenti (ESE) Fase 5.

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	54

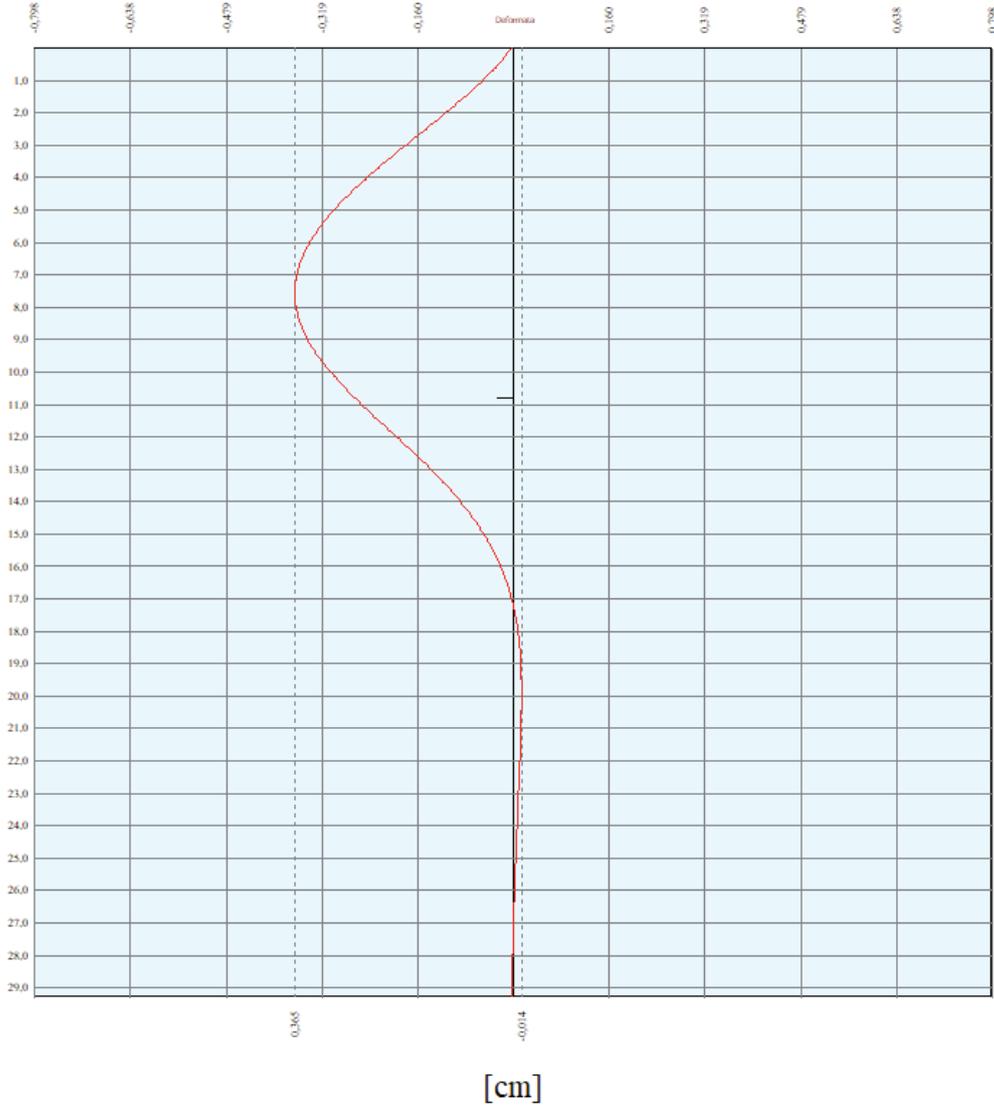


Figura 27 – Diagramma spostamenti (ESE+SISMA) Fase 6.

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	55

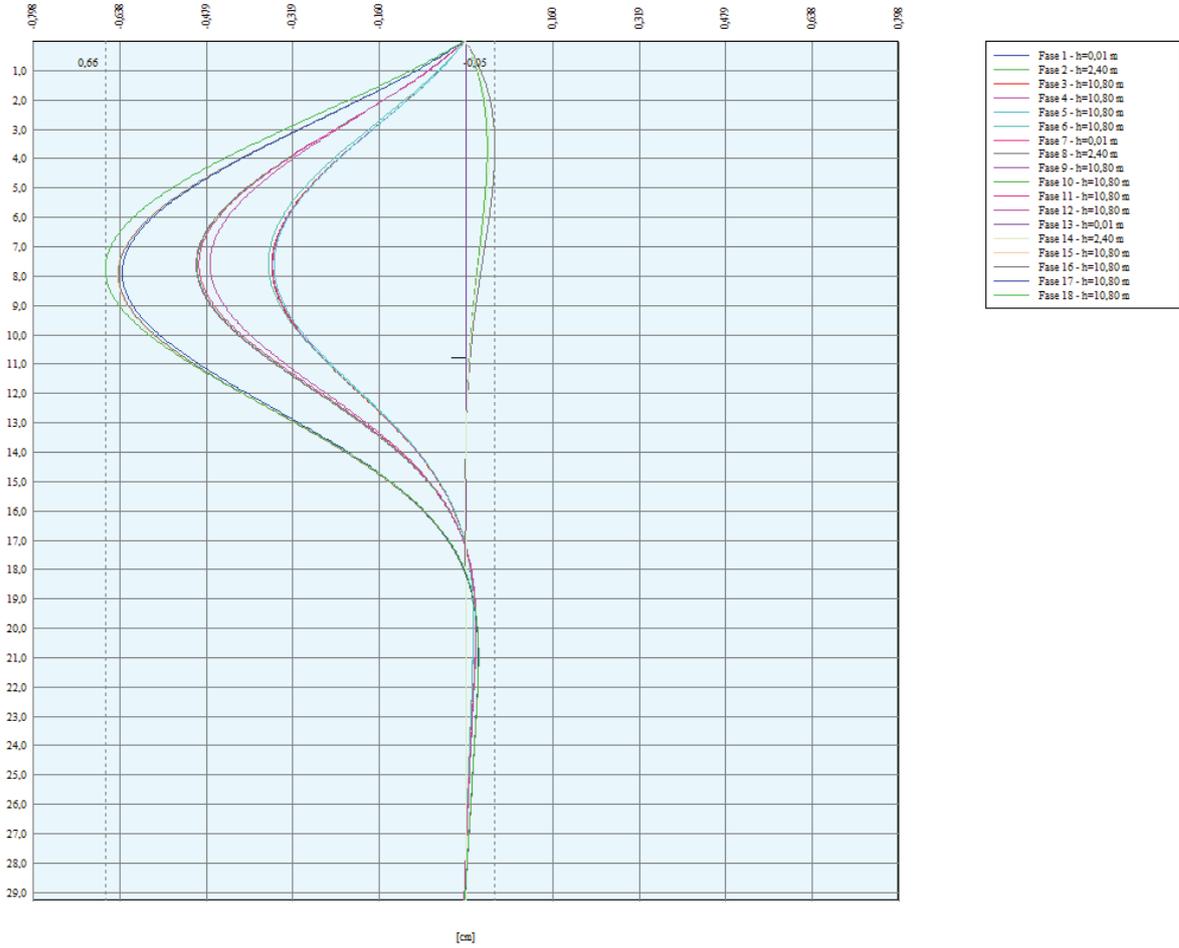


Figura 28 – Diagramma Involuppo Spostamenti di tutte le Fasi

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	56

15.1.4.5 VERIFICA STABILITA' GLOBALE

Si riporta in seguito i valori dei coefficienti di sicurezza FS delle fasi SLU-GEO e SLV- GEO e il diagramma del valore FS minimo.

Stabilità globale-Metodo di Fellenius

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]

R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]

(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]

(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]

FS Coefficiente di sicurezza

R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _C , Y _C [m]	R [m]	X _V , Y _V [m]	X _M , Y _M [m]	FS	R
1	SLU - GEO	0,00; 0,00	29,30	-29,30; 0,00	29,30; 0,00	21.018	1.100
2	SLU - GEO	0,00; 0,00	29,30	-29,21; -2,29	29,30; 0,00	5.201	1.100
3	SLU - GEO	-2,93; 0,00	29,45	-30,33; -10,78	26,52; 0,00	1.460	1.100
4	SLU - GEO	-2,93; 0,00	29,45	-30,33; -10,78	26,52; 0,00	1.466	1.100
5	SLU - GEO	-2,93; 0,00	29,45	-30,33; -10,78	26,52; 0,00	1.514	1.100
6	SLV - GEO	0,00; 2,93	32,23	-29,17; -10,78	32,10; 0,00	1.312	1.200

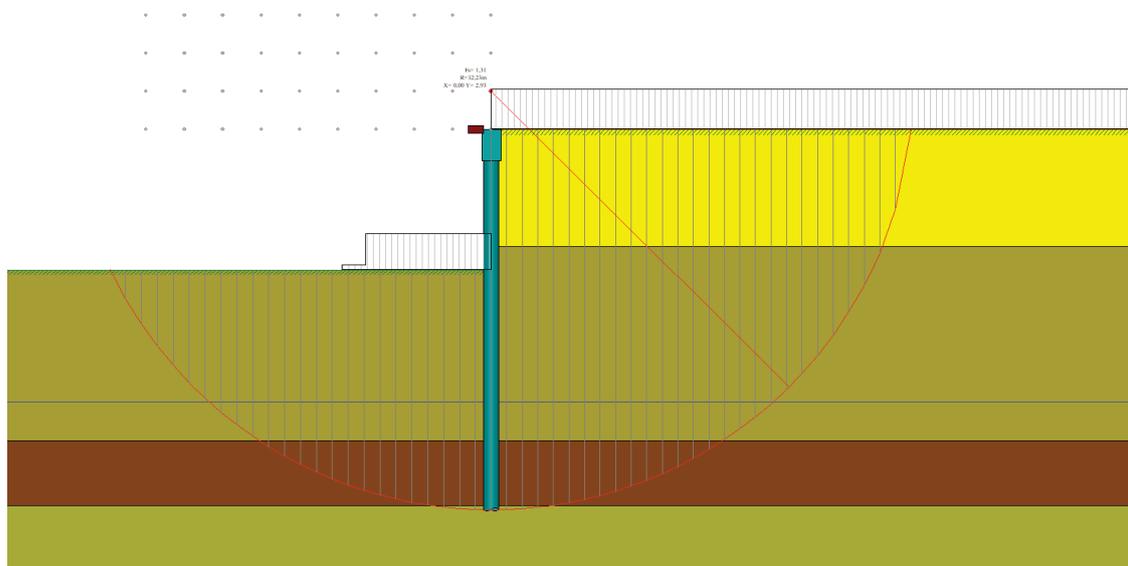


Figura 29. Verifica stabilità globale FS minimo

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	57

15.1.5 VERIFICHE STRUTTURALI

15.1.5.5 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE PALO IN C.A.

Si riporta di seguito la verifica a presso-flessione e a taglio della sezione in c.a. per le sollecitazioni massime riportate in figura.

I pali hanno un'armatura corrente di 30Φ24. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale Φ 12/10. Il cordolo in c.a. risulta armato con 6 Φ16 piano verticale e 15 Φ 16 piano orizzontale con staffe Φ 10/20 2 bracci piano verticale e 4 bracci piano orizzontale.

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30000$ [kPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ($0.83 \times R_{bk}$)	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm ²)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450000$ [kPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ($\psi R_{ck} / \gamma_c$)	$R_c^* = 144$ (Kg/cm ²)
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk} / γ_s)	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm ²)
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm ²)
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R_s^* / E_s)	$\epsilon_{yk} = 0.0015$ (0.19%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

Tratto parabolico: $0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\epsilon_{ck} < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{su}$$

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	58

N°	N _u [kN]	M _u [kNm]
1	-5310,6575	0,0000
2	0,0000	2361,1159
3	2410,2780	3019,2632
4	3615,4169	3249,2744
5	4820,5559	3406,5172
6	6025,6949	3496,7381
7	7230,8339	3516,5399
8	8435,9729	3455,4534
9	9641,1119	3305,3483
10	10846,2508	3127,8910
11	12051,3898	2919,7575
12	13256,5288	2674,0583
13	14461,6678	2389,8253
14	15666,8068	2061,8133
15	16871,9457	1679,5146
16	18077,0847	0,0000
17	18077,0847	0,0000
18	16871,9457	-1679,5146
19	15666,8068	-2061,8133
20	14461,6678	-2389,8253
21	13256,5288	-2674,0583
22	12051,3898	-2919,7575
23	10846,2508	-3127,8910
24	9641,1119	-3305,3483
25	8435,9729	-3455,4534
26	7230,8339	-3516,5399
27	6025,6949	-3496,7381
28	4820,5559	-3406,5172
29	3615,4169	-3249,2744
30	2410,2780	-3019,2632
31	0,0000	-2361,1159
32	-5310,6575	0,0000

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

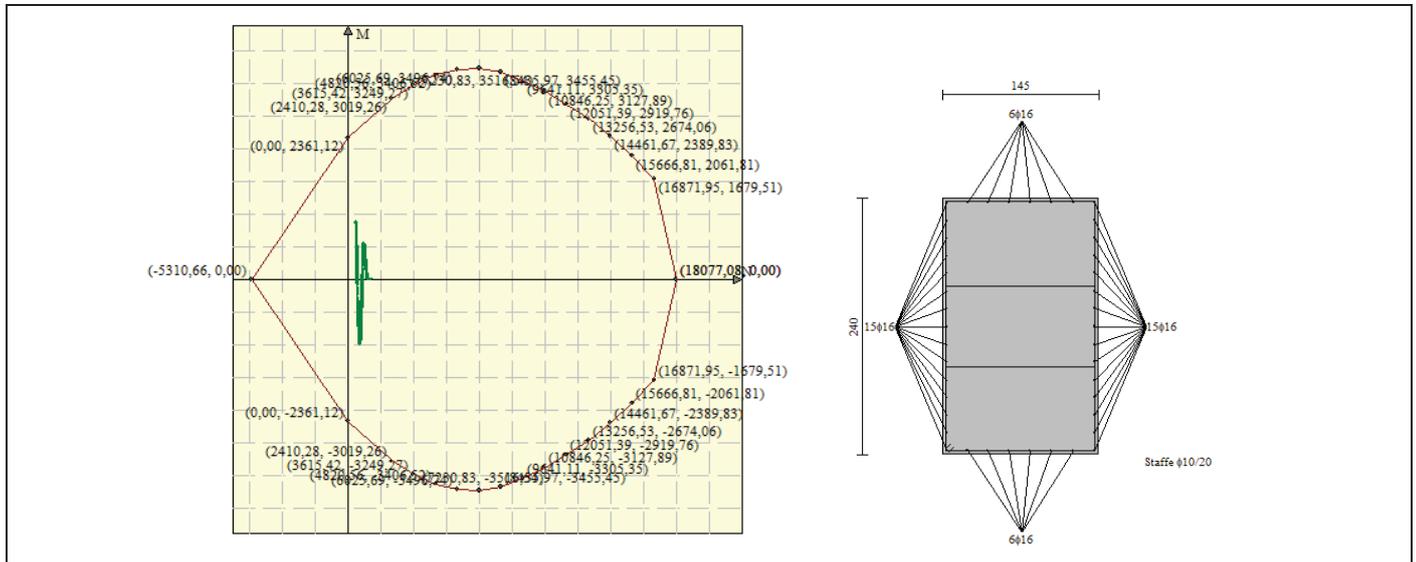


Figura 30 - Dominio M-N sezione palo-armatura cordolo in c.a.

Verifica a taglio

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
- A_{sw} area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
- s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
- V_{Ed} taglio agente sul palo, espresso in [kN]
- V_{Rd} taglio resistente, espresso in [kN]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/ V_{Ed})
- cotgq inclinazione delle bielle compresse, q inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 102,43 cm

n° - Tipo	Y	A _{sw}	s	V _{Ed}	V _{Rd}	FS	cotgθ	VERIFICA
	[m]	[cmq]	[cm]	[kN]	[kN]			
6 - SLV - GEO	0,00	2,26	10,00	-425,99	1920,32	4.508	2,50	OK

Verifica tensioni

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- A_f area di armatura espressa in [cmq]
- σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
- σ_f tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

A _f	σ _c	cmb	σ _f	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
135,72	5646	6	128277	6

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	60

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kNm]
M _f	Momento prima fessurazione, espresso in [kNm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε _{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
W _{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
W _k	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M _f	s	ε _{sm}	W _{lim}	W _k
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	6 - ESE	0,00	715,73	731,09	0,000	0.000	0,200	0,000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M _h	momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
T _h	taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
M _v	momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
T _v	taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo in c.a.

B=145,00 [cm]	H=240,00 [cm]		
A _v =30,16 [cmq]	A _{rh} =12,06 [cmq]	Staffe φ10/10	Nbh=4 - Nbv=2
M _h =1056,12 [kNm]	M _{uh} =1597,61 [kNm]	FS=1.51	
T _h =754,37 [kN]	T _{Rh} =3900,01 [kN]	FS _T =5.17	cotgθ _h =2.50
M _v =83,61 [kNm]	M _{uv} =1446,59 [kNm]	FS=17.30	
T _v =119,45 [kN]	T _R =3263,84 [kN]	FS _{Tv} =27.32	cotgθ _v =2.50

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

16.2 MODELLO DI CALCOLO PARATIA – CONDIZIONE A LUNGO TERMINE

SEZIONE TIPO	
Tipologia pali	Pali trivellati ϕ 1200 ad interasse 1.4 m
Lunghezza pali da testa cordolo	$H_{tot} = 29,30$ m compreso cordolo di 1,20 m + 1,20 m solettone in c.a.
Altezza di scavo max	$H_{max} = 10.80$ m
Altezza netta interna galleria (fase finale)	$H_{int} = 8.20$ m
Solettone superiore in c.a.	$H_{sup} = 1.20$ m
Solettone di fondazione in c.a.	$H_{fond} = 1.20$ m
Spessore fodere di rivestimento	$S_{riv} = 0.60$ m
Sovraccarichi permanenti ai lati della galleria	20 kPa
Sovraccarichi variabili ai lati della galleria	10 kPa (mezzi di cantiere)
Spessore terreno di ricoprimento	1.0 m

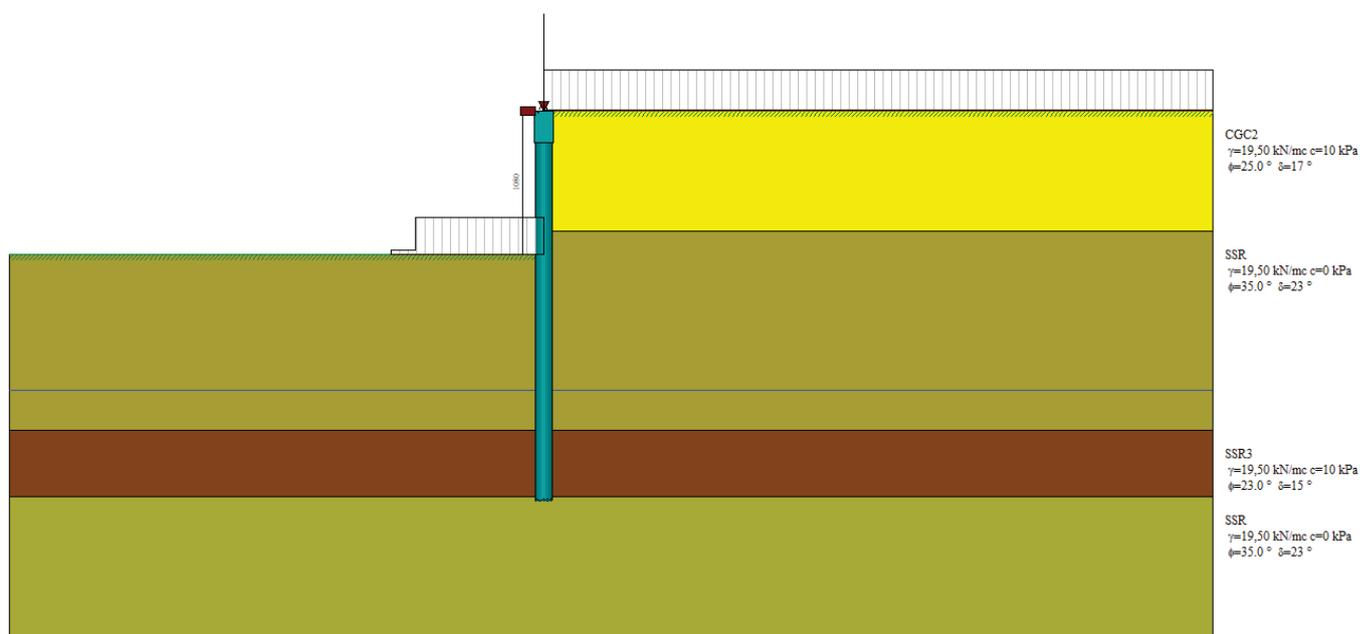


Figura 31. Modello di calcolo

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

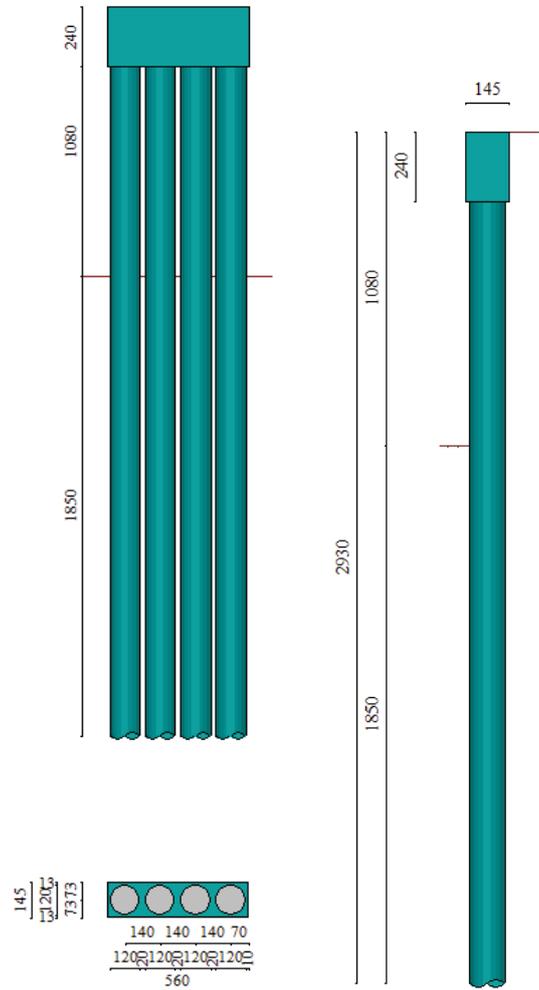


Figura 32. Prospetto e sezione paratia

Azioni del solettone superiore trasmesse alla paratia

$R_G = 1 \times 30 \times 12,70/2 = 190,5 \text{ KN}$ Reazione verticale da Carico permanente

$M_G = 1 \times 30 \times 12,70^2/24 = 201,6125 \text{ KN m}$ Momento da carico permanente

$R_q = 1 \times 25 \times 12,70/2 = 158,75 \text{ KN}$ Reazione verticale da carico accidentale

$M_q = 1 \times 25 \times 12,70^2/24 = 168,01 \text{ KN m}$ Momento da carico accidentale

Da notare le reazioni del solettone sul programma PAC sono ripartite a metro lineare.

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine

Descrizione del terreno

γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	63

Φ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
 δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
 c coesione del terreno espressa in [kPa]
 ca adesione terreno/paratia espressa in [kPa]

N°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]
1	CGC2	19,500	20,000	25.00	16.67	10,0	0,0
				25.00	16.67	10,0	0,0
				25.00	16.67	10,0	0,0
2	SSR	19,500	20,000	35.00	23.00	-	0,0
				35.00	23.00	-	0,0
				35.00	23.00	-	0,0
3	SSR3	19,500	20,000	23.00	15.33	10,0	0,0
				23.00	15.33	10,0	0,0
				23.00	15.33	10,0	0,0
4	SSR	19,500	20,000	35.00	23.33	-	0,0
				35.00	23.33	-	0,0
				35.00	23.33	-	0,0

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
 sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
 kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm²/cm] calcolata col metodo a strato
 α inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)
 Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	K_{wM} [kg/cmq/cm]	K_{wV} [kg/cmq/cm]	Terreno M	Terreno V
1	9,00	0.00	0.00	1.36	1.36	CGC2	CGC2
2	15,00	0.00	0.00	7.48	7.48	SSR	SSR
3	5,00	0.00	0.00	1.36	1.36	SSR3	SSR3
4	11,00	0.00	0.00	15.64	15.64	SSR	SSR

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia 21,00 [m]
 Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia 21,00 [m]
 Regime delle pressioni neutre: Idrostatico

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	64

N.T.C. 2008 / 2018

	SLU	SLE	
Accelerazione al suolo a_g [m/s ²]	1,879	0,795	
Accelerazione al suolo a_g [% di g]	0,191	0,081	
Massimo fattore amplificazione spettro orizz. F0	2,534	2,549	
Valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione Tc* [sec]	0,379	0,333	
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico Ss	Tipo C	1,409	
Coefficiente di riduzione (β_s)	0,380	0,470	
Coef. amplificazione topografica S	T1	1,00	
Coefficiente di riduzione (α)	Calcolo alfa con sottosuolo tipo ...		
	<input type="radio"/> C	<input type="radio"/> D	<input type="radio"/> E
	C	0,534	
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza Us [m]	C	0,147	
Coefficiente di riduzione (β)	C	0,336	
$K_h = a_g/g * S_s * S_t * \beta * \alpha$			
Coeff. intensità sismica orizzontale Kh [%]	5,396	2,433	
Coeff. intensità sismica orizzontale stabilità globale Kh [%]	4,848	2,186	
Intensità sismica Verticale/Drizzontale	0,50		
<input type="checkbox"/> Applica sisma verticale solo nella verifica di stabilità			
Forma diagramma incremento sismico			
<input checked="" type="radio"/> Rettangolare <input type="radio"/> Stessa forma diagramma statico			

Figura 33. Parametri sismici paratia

Nella figura sono riportati i parametri per l'analisi sismica; in essa:
 α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 delle NTC2008);

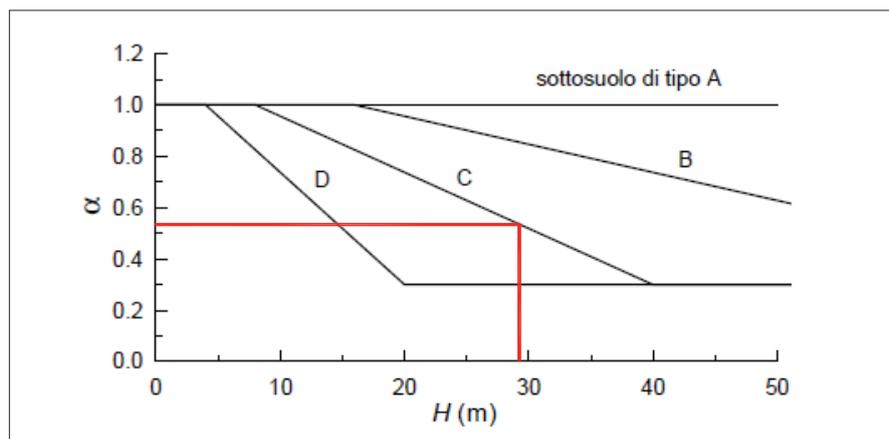


Figura 34. Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

Per $H=29,30$ m dal diagramma della **figura 13**. $\alpha=0,534$

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

β = coefficiente di spostamento (figura 7.11.3 delle NTC2008);

Dalla formula 7.11.11 NTC08 deve risultare che lo spostamento massimo $u_s \leq 0,005 H$ dove H è l' altezza della paratia H=29.30 m $u_s=0,147$ m

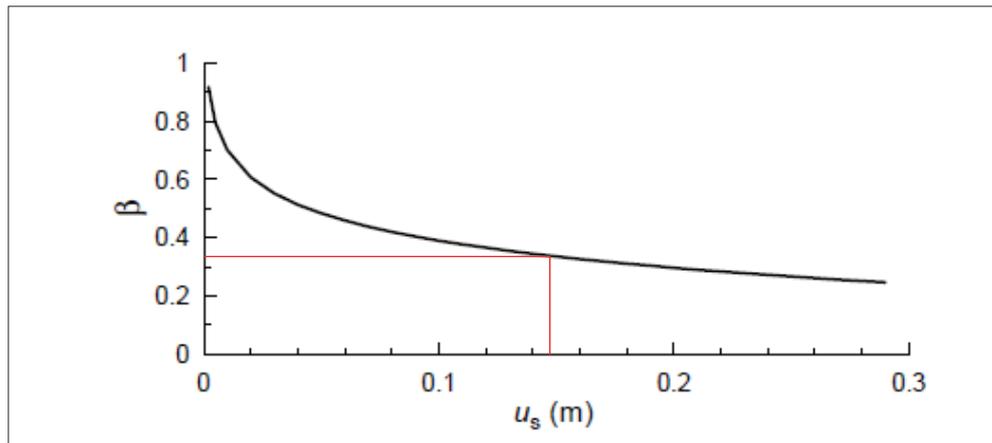


Figura 35. Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β

$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot S_s \cdot S_t \cdot a_{max}/g$ = coefficiente sismico orizzontale

$\alpha \cdot \beta = 0,534 \cdot 0,336 = 0,179 < 0,2$ quindi per il calcolo di K_h il prodotto $\alpha \cdot \beta$ si assume pari a 0,2
 $K_h = 0,2 \cdot 1,409 \cdot 1,00 \cdot 0,191 = 0,0539$

Mentre per il coefficiente sismico orizzontale per stabilità globale
 $K_h = 0,534 \cdot 0,336 \cdot 1,409 \cdot 1,00 \cdot 0,191 = 0,048$

16.3 FASI DI CALCOLO

Fasi di scavo

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 0.01 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=0.01]	0
3	Quota falda valle 21.00 metri - Quota falda monte 21.00 metri [Hscavo=0.01]	0
4	Scavo fino alla profondità di 2.40 metri	1
5	Inserimento vincolo 1 (X=0.00) [Hscavo=2.40]	1
6	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.40]	1
7	Inserimento condizione di carico nr 3 [Hscavo=2.40]	1
8	Inserimento condizione di carico nr 4 [Hscavo=2.40]	1

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

n°	Fase	Tempo
9	Scavo fino alla profondità di 10.80 metri	2
10	Inserimento condizione di carico nr 6 [Hscavo=10.80]	3
11	Inserimento condizione di carico nr 5 [Hscavo=10.80]	4
12	Inserimento sisma	5

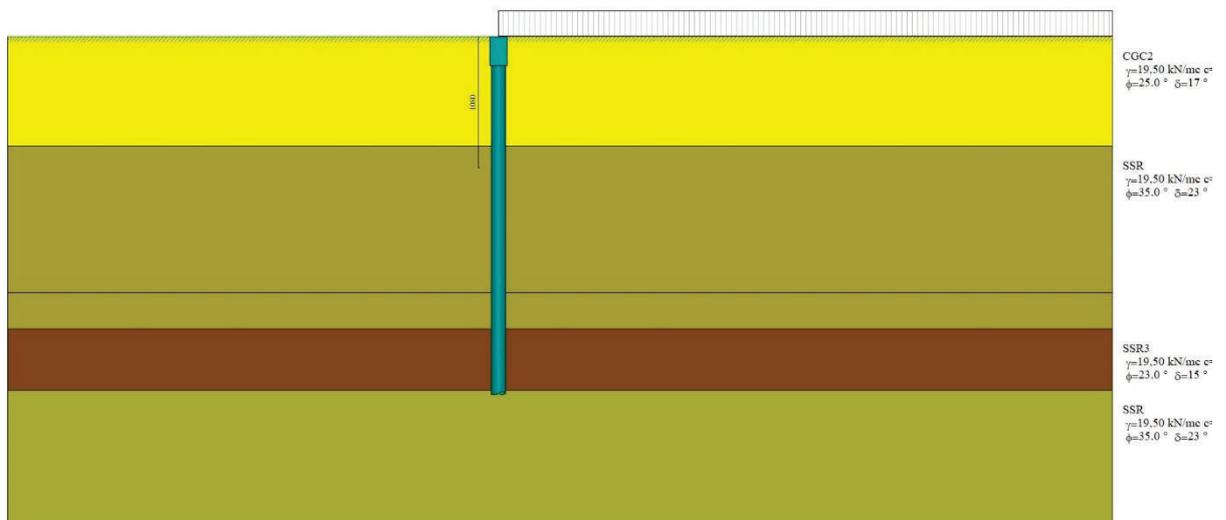


Figura 36 – Tempo 0 (Fase n° 1-2-3)

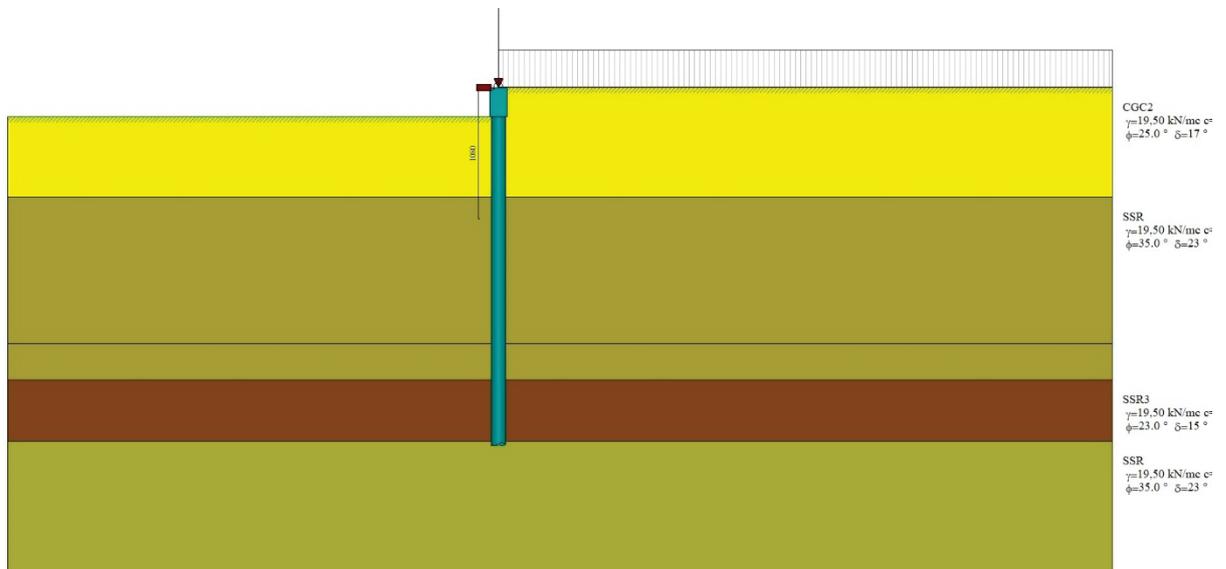


Figura 37 – Tempo 1 (Fase n° 4-5-6-7-8)

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità**
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	67

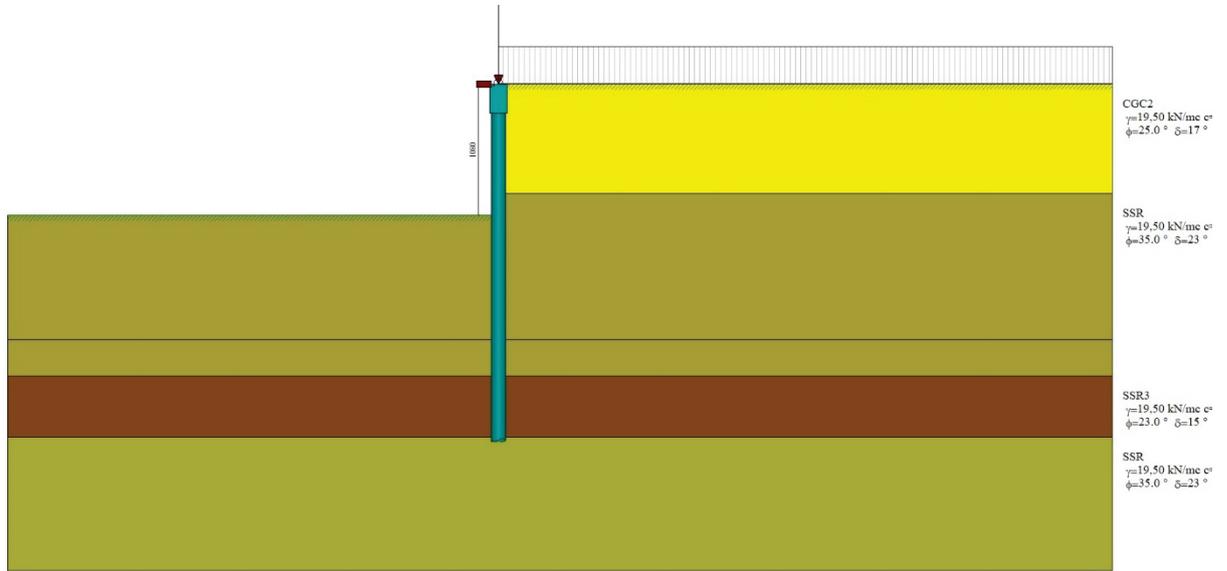


Figura 38 – Tempo 2 (Fase n° 9)

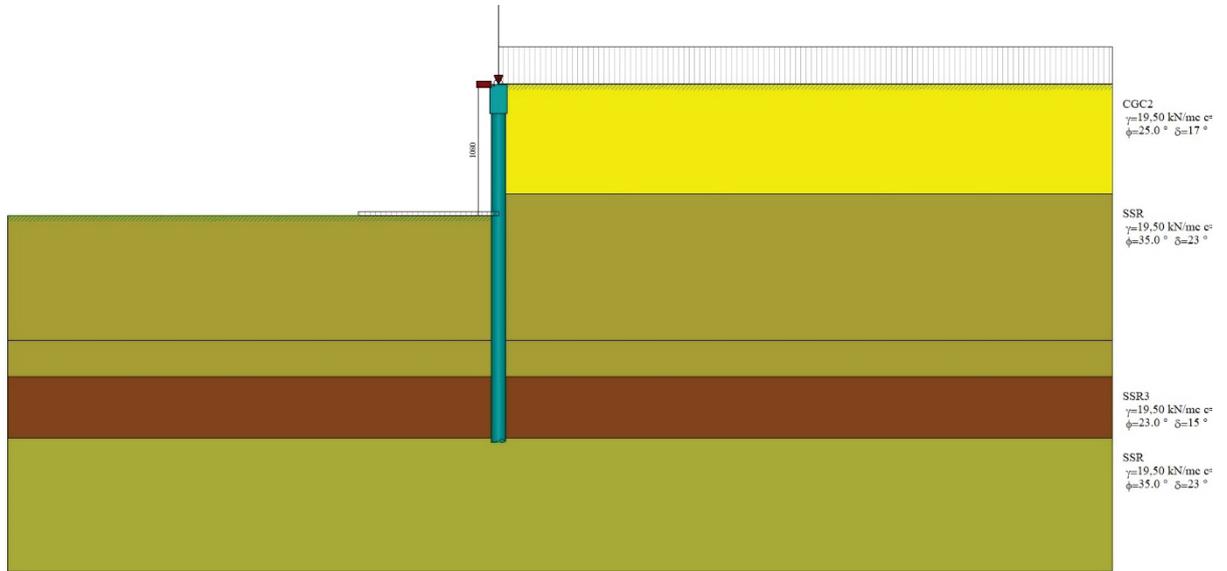


Figura 39 – Tempo 3 (Fase n° 10)

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità**
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	68

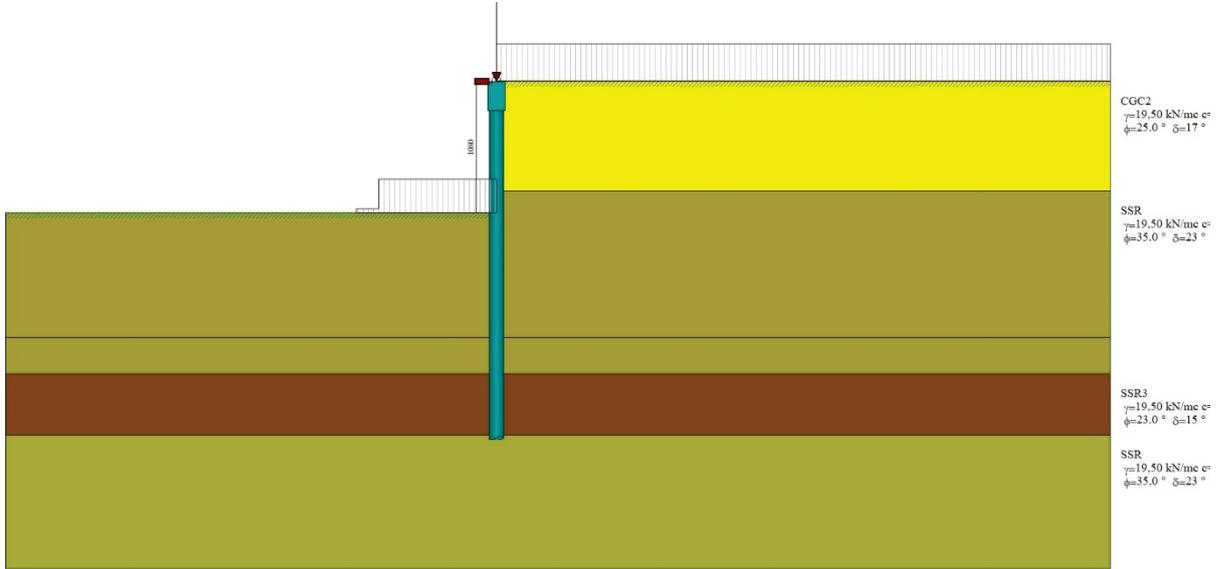


Figura 40 – Tempo 4 (Fase n° 11)

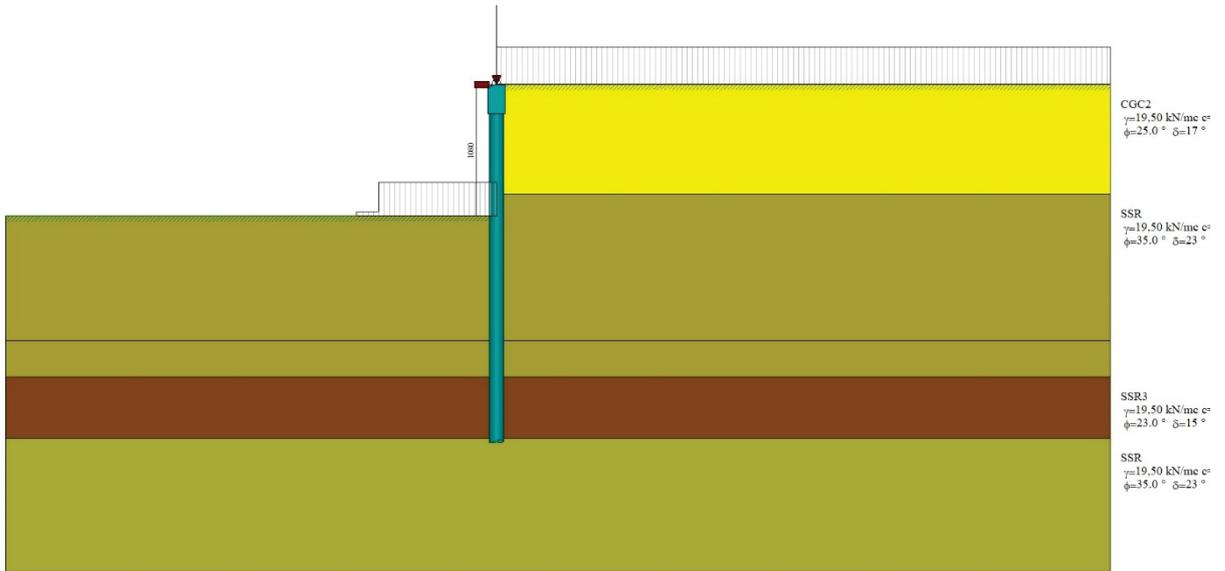


Figura 41 – Tempo 5 (Fase n° 12)

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	69

16.3.1 SINTESI VERIFICA PORTANZA PALI

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo della Combinazione/Fase

$P_{P,med}$, $P_{P,min}$ Portanza di punta media e minima, espressa in [kN]

$P_{L,med}$, $P_{L,min}$ Portanza laterale media e minima, espressa in [kN] (Si trascura a vantaggio di sicurezza)

P_d Portanza di progetto, espressa in [kN]

N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kN]

FS Fattore di sicurezza (rapporto P_d/N)

n°	Tipo	$P_{P,med}$	$P_{L,med}$	$P_{P,min}$	$P_{L,min}$	P_d	N	FS	VERIFICA
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]		
1	SLU - STR	12690,57	0,00	12690,57	0,00	7465,04	812,43	9.189	OK
2	SLU - STR	11904,87	0,00	11904,87	0,00	7002,87	1492,52	4.692	OK
3	SLU - STR	9143,41	0,00	9143,41	0,00	5378,48	1492,52	3.604	OK
4	SLU - STR	9143,41	0,00	9143,41	0,00	5378,48	1492,52	3.604	OK
5	SLU - STR	9143,41	0,00	9143,41	0,00	5378,48	1492,52	3.604	OK
6	SLV - STR	9143,41	0,00	9143,41	0,00	5378,48	1301,38	4.133	OK
1	SLU - GEO	12690,57	0,00	12690,57	0,00	4391,20	812,43	5.405	OK
2	SLU - GEO	11904,87	0,00	11904,87	0,00	4119,33	1368,06	3.011	OK
3	SLU - GEO	9143,41	0,00	9143,41	0,00	3163,81	1368,06	2.313	OK
4	SLU - GEO	9143,41	0,00	9143,41	0,00	3163,81	1368,06	2.313	OK
5	SLU - GEO	9143,41	0,00	9143,41	0,00	3163,81	1368,06	2.313	OK
6	SLV - GEO	9143,41	0,00	9143,41	0,00	3984,06	1301,38	3.061	OK

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

16.3.2 RISULTATI DELLE ANALISI

16.3.2.1 RISULTATI DELLE SOLLECITAZIONI SLU-SLV

Nelle figure seguenti, in riferimento all' ultima fase di scavo, si riportano i diagrammi del momento flettente – taglio – sforzo normale del singolo palo della paratia nelle combinazioni A1+M1, combinazioni A2+M2 e Inviluppo.

Momento Flettente [KN m]

Taglio [KN]

Sforzo Normale [KN]

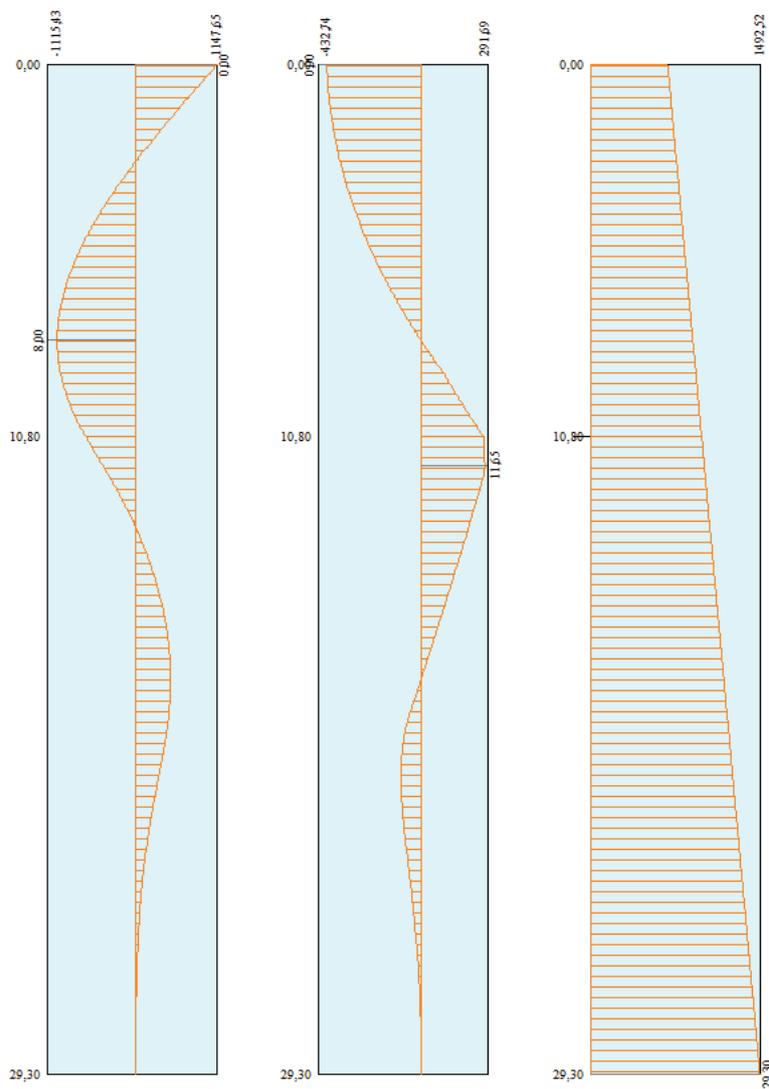


Figura 42 – Diagramma in combinazione A1+M1 (SLU)

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	71

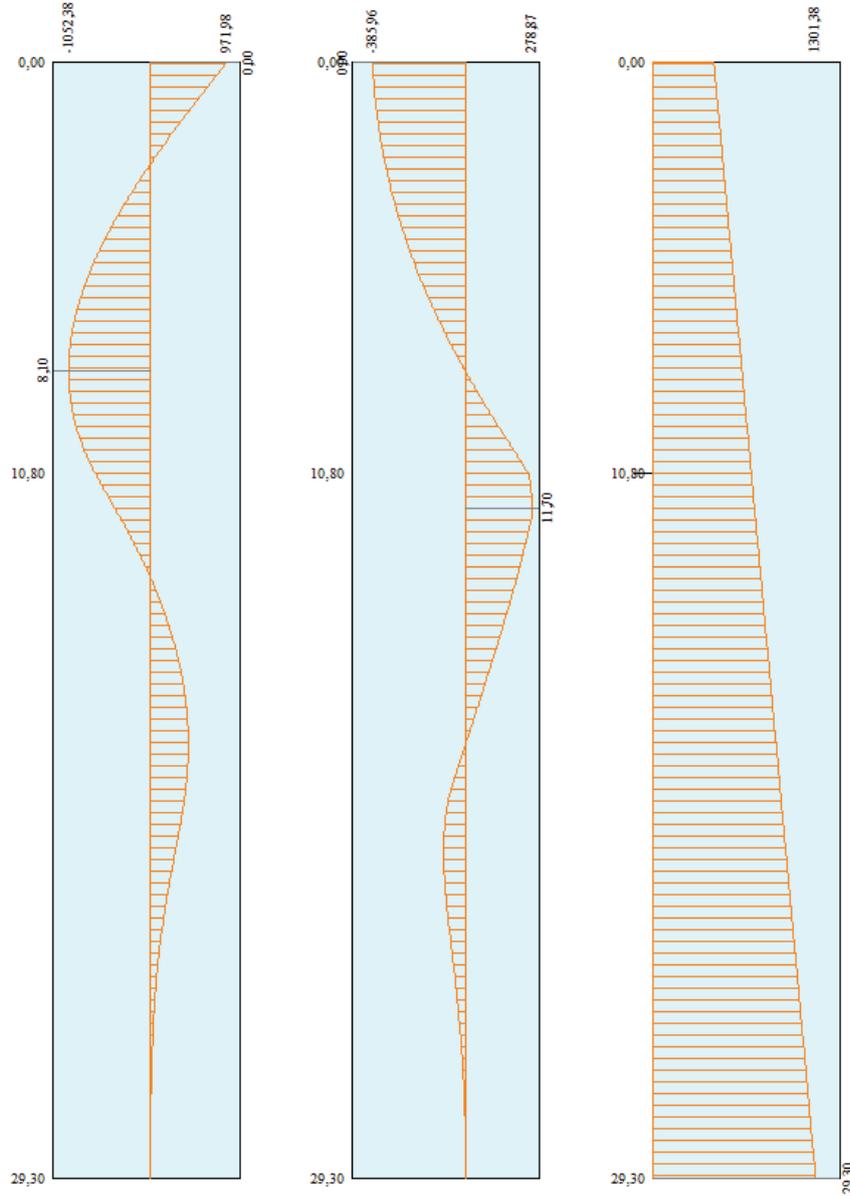


Figura 43 – Diagramma in combinazione A1+M1+SISMA (SLV)

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	72

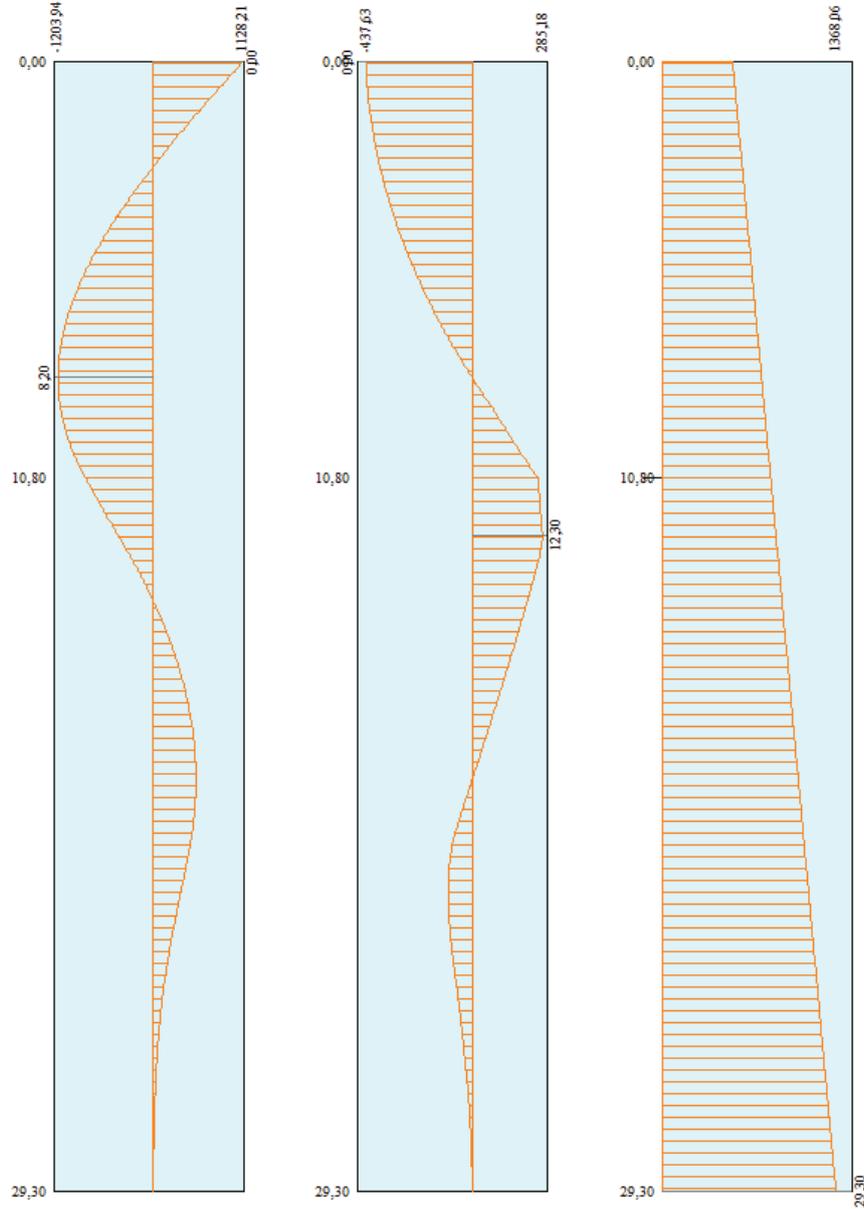


Figura 44 – Diagramma in combinazione A2+M2 (SLU)

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	73

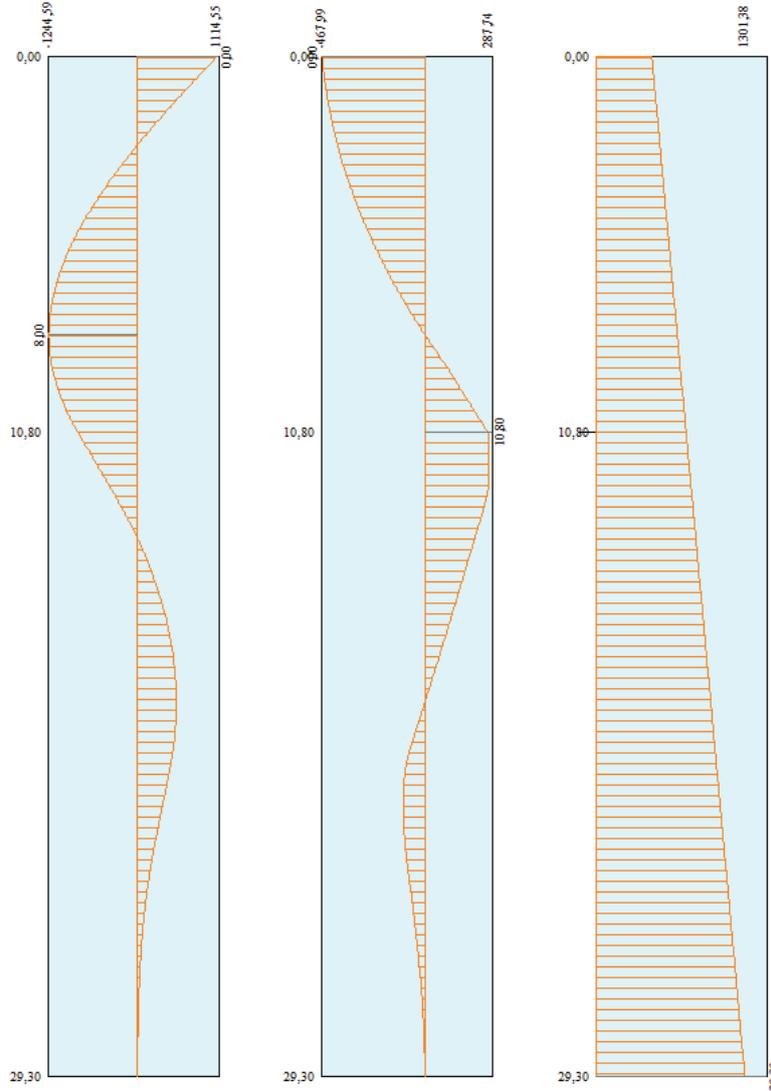


Figura 45 – Diagramma in combinazione A2+M2+SISMA (SLV)

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	74

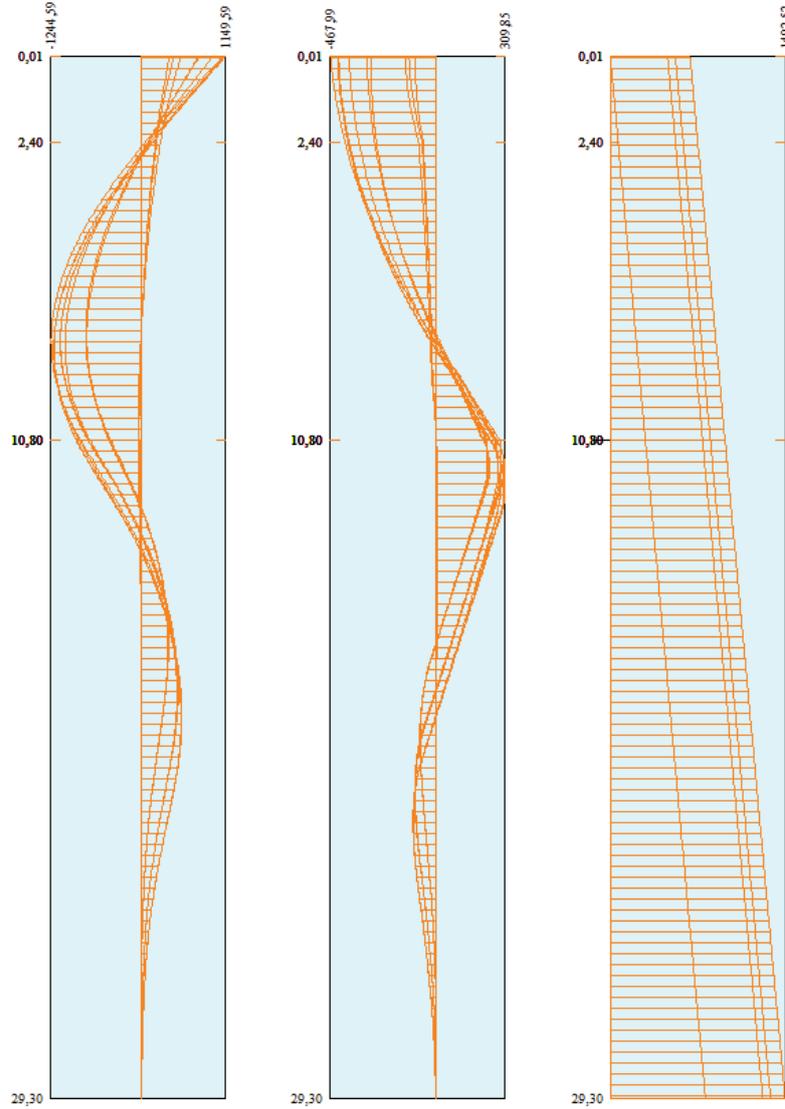


Figura 46 – Diagramma Inviluppo sollecitazioni.

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	75

16.3.2.2 RISULTATI SPOSTAMENTI PARATIA

Nel paragrafo seguente, si riportano i valori degli spostamenti nelle fasi di esercizio e diagramma in riferimento all' ultima fase di scavo dell' opera (ESE) e l'inviluppo delle combinazioni ESE-SLU-SLV.

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase

Tipo combinazione/Fase

Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm], valore limite $0,005 H_{Paratia}$

U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	ESE	14,65	0,0000
2	ESE	14,65	0,0013
3	ESE	14,65	0,4844
4	ESE	14,65	0,4829
5	ESE	14,65	0,4801
6	ESE	14,65	0,4899
1	SLU - STR	14,65	0,0000
2	SLU - STR	14,65	0,0018
3	SLU - STR	14,65	0,7968
4	SLU - STR	14,65	0,7947
5	SLU - STR	14,65	0,7909
6	SLV - STR	14,65	0,7711
1	SLU - GEO	14,65	0,0000
2	SLU - GEO	14,65	0,0015
3	SLU - GEO	14,65	0,9467
4	SLU - GEO	14,65	0,9446
5	SLU - GEO	14,65	0,9369
6	SLV - GEO	14,65	0,9642

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	76

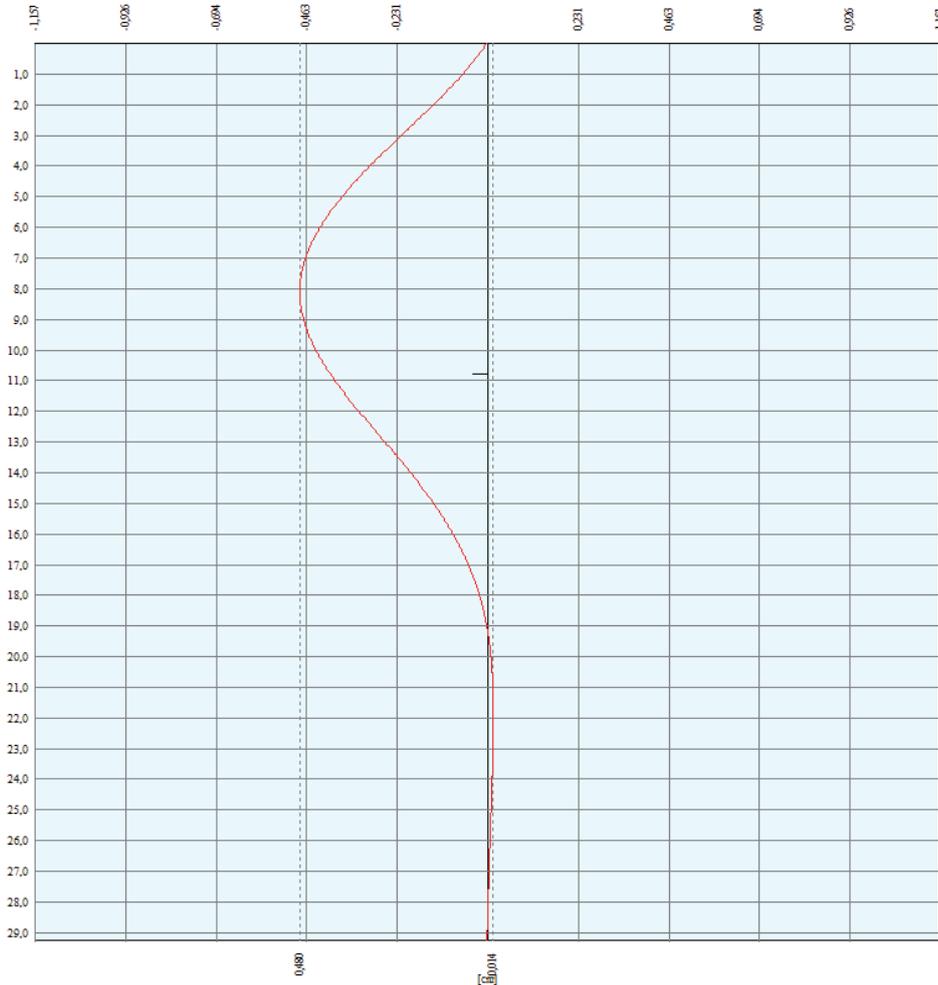


Figura 47 – Diagramma spostamenti (ESE) Fase 5.

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	77

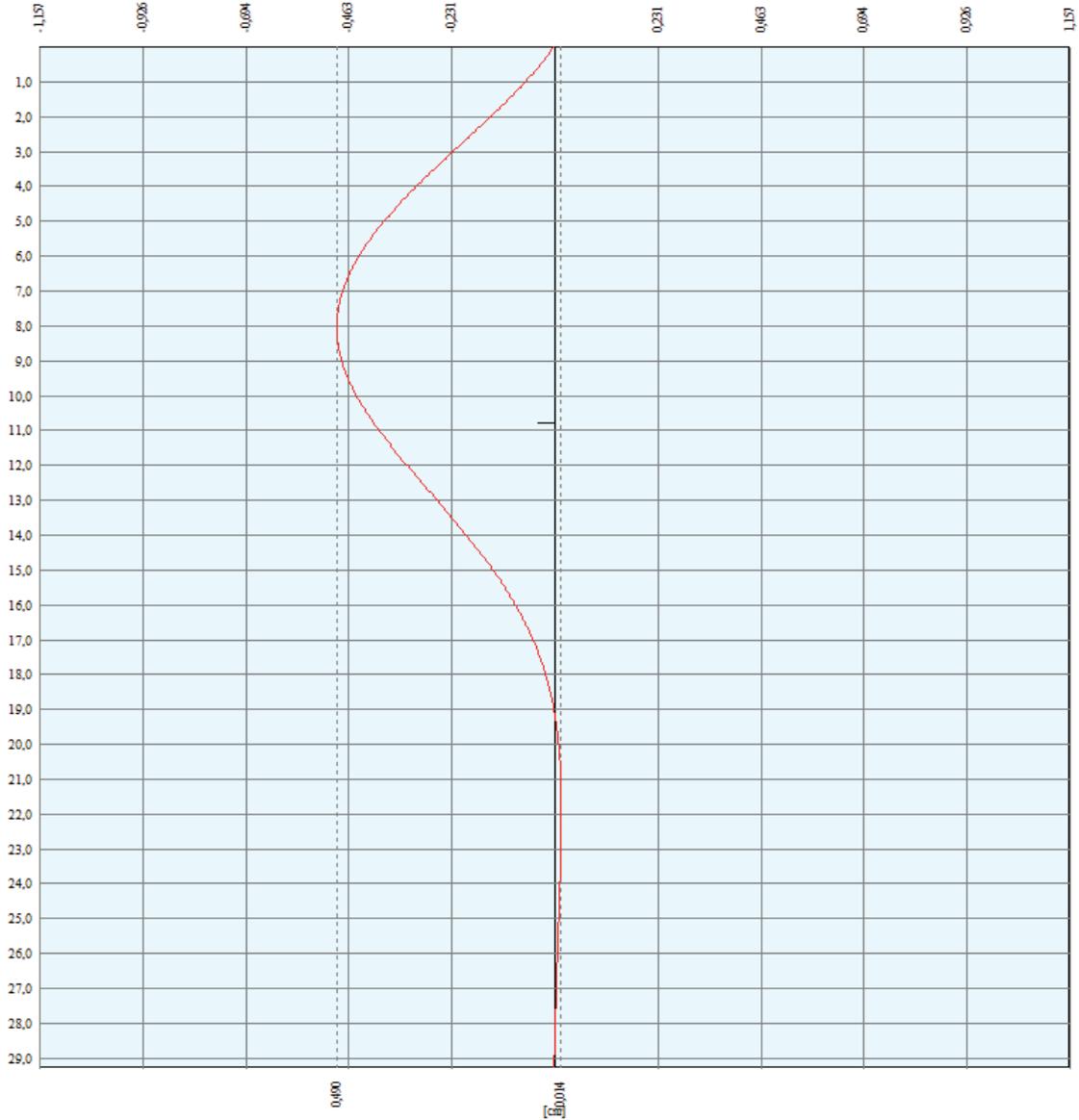


Figura 48 – Diagramma spostamenti (ESE+SISMA) Fase 6.

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	78

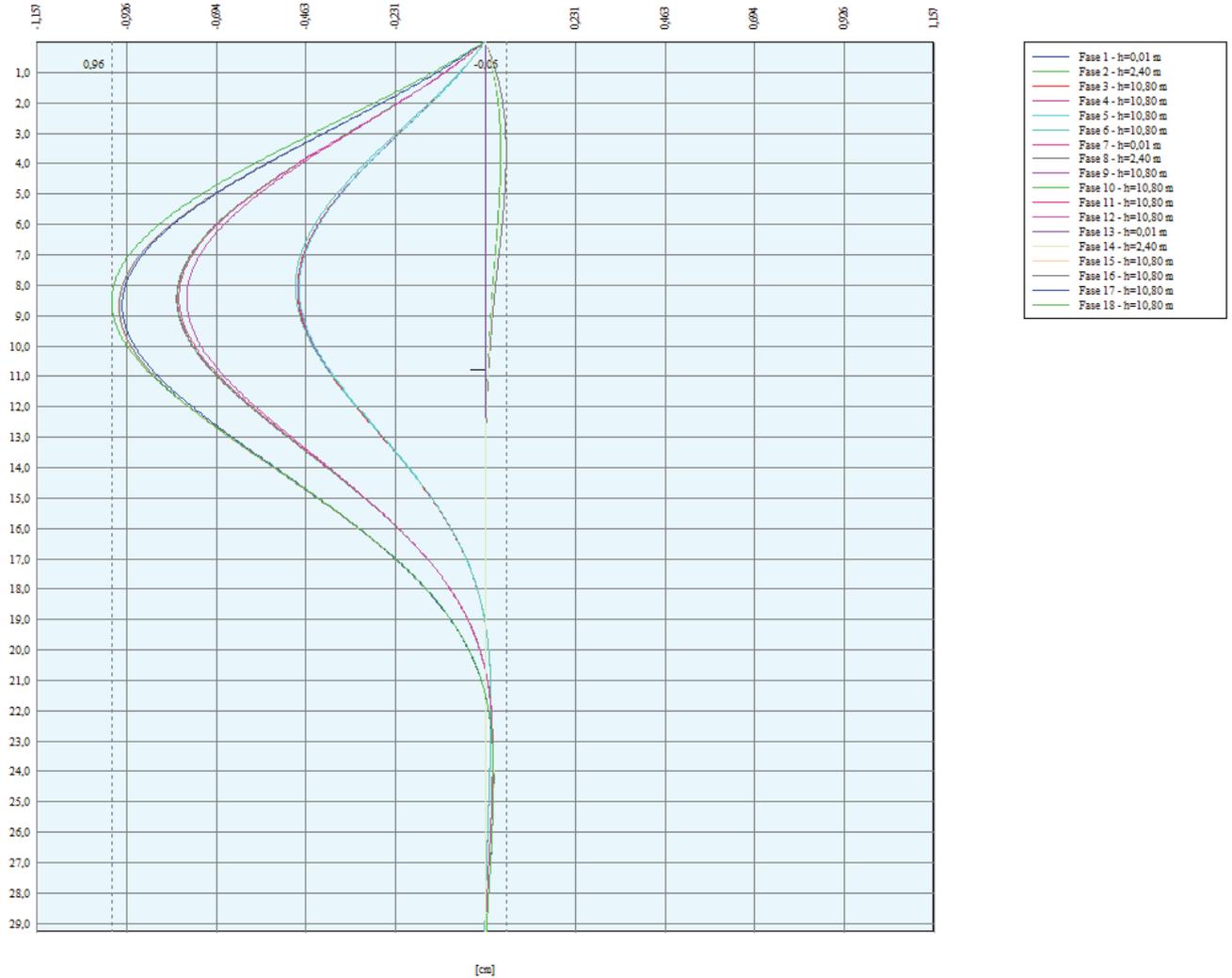


Figura 49 – Inviluppo spostamenti

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	79

16.3.2.3 RISULTATI VERIFICA STABILITA' GLOBALE

Si riporta in seguito i valori dei coefficienti di sicurezza FS delle fasi SLU-GEO e SLV- GEO e il diagramma del valore FS minimo.

Stabilità globale-Metodo di Fellenius

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]

R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]

(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]

(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]

FS Coefficiente di sicurezza

R Coefficiente di sicurezza richiesto

n°	Tipo	X _C , Y _C [m]	R [m]	X _V , Y _V [m]	X _M , Y _M [m]	FS	R
1	SLU - GEO	0,00; 2,93	32,23	-32,10; 0,09	32,10; 0,00	31.274	1.100
2	SLU - GEO	0,00; 2,93	32,23	-31,79; -2,35	32,10; 0,00	7.715	1.100
3	SLU - GEO	-2,93; 0,00	29,45	-30,33; -10,78	26,52; 0,00	2.078	1.100
4	SLU - GEO	-2,93; 0,00	29,45	-30,33; -10,78	26,52; 0,00	2.085	1.100
5	SLU - GEO	-2,93; 0,00	29,45	-30,33; -10,78	26,52; 0,00	2.142	1.100
6	SLV - GEO	-2,93; 0,00	29,45	-30,33; -10,78	26,52; 0,00	1.872	1.200

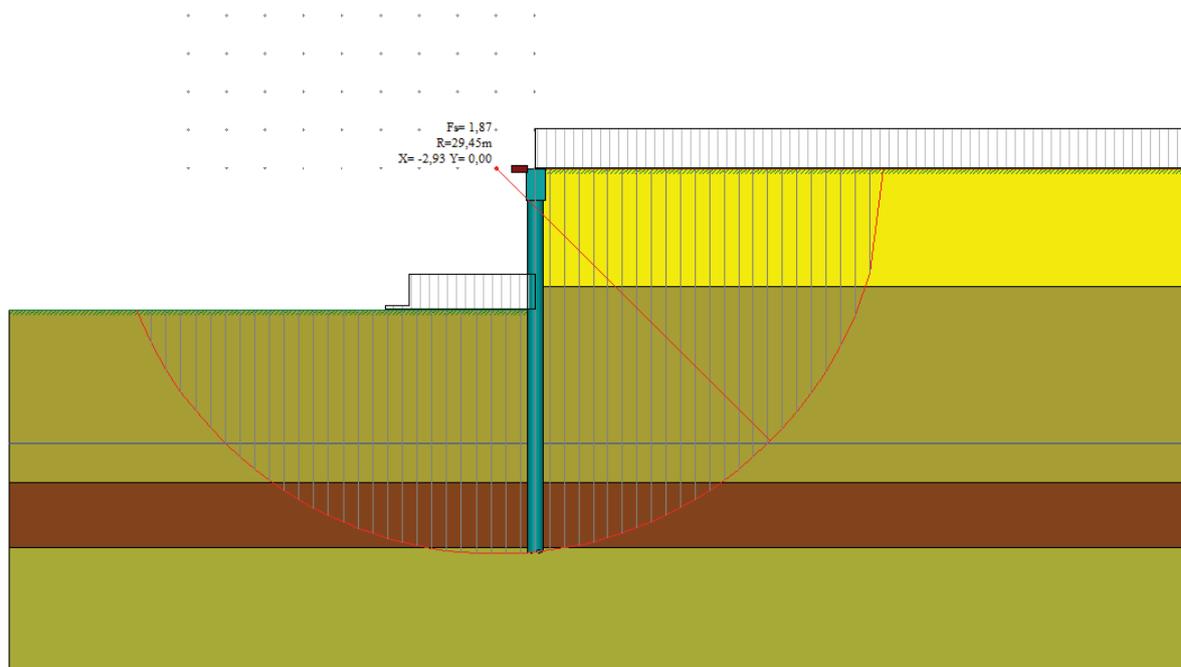


Figura 50. Verifica stabilità globale FS minimo

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										
	GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	80

16.3.3 VERIFICHE STRUTTURALI

16.3.4 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE PALO IN C.A.

Si riporta di seguito la verifica a presso-flessione e a taglio della sezione in c.a. per le sollecitazioni massime riportate in figura.

I pali hanno un'armatura corrente di 30Φ24. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale Φ 12/10. Il cordolo in c.a. risulta armato con 6 Φ16 piano verticale e 15 Φ 16 piano orizzontale con staffe Φ 10/20 2 bracci piano verticale e 4 bracci piano orizzontale.

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30000$ [kPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ($0.83 \times R_{bk}$)	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm ²)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450000$ [kPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ($\psi R_{ck} / \gamma_c$)	$R_c^* = 144$ (Kg/cm ²)
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk} / γ_s)	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm ²)
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm ²)
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R_s^* / E_s)	$\epsilon_{yk} = 0.0015$ (0.19%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

Tratto parabolico: $0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\epsilon_{ck} < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{su}$$

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	81

N°	N _u [kN]	M _u [kNm]
1	-5310,6575	0,0000
2	0,0000	2361,1159
3	2410,2780	3019,2632
4	3615,4169	3249,2744
5	4820,5559	3406,5172
6	6025,6949	3496,7381
7	7230,8339	3516,5399
8	8435,9729	3455,4534
9	9641,1119	3305,3483
10	10846,2508	3127,8910
11	12051,3898	2919,7575
12	13256,5288	2674,0583
13	14461,6678	2389,8253
14	15666,8068	2061,8133
15	16871,9457	1679,5146
16	18077,0847	0,0000
17	18077,0847	0,0000
18	16871,9457	-1679,5146
19	15666,8068	-2061,8133
20	14461,6678	-2389,8253
21	13256,5288	-2674,0583
22	12051,3898	-2919,7575
23	10846,2508	-3127,8910
24	9641,1119	-3305,3483
25	8435,9729	-3455,4534
26	7230,8339	-3516,5399
27	6025,6949	-3496,7381
28	4820,5559	-3406,5172
29	3615,4169	-3249,2744
30	2410,2780	-3019,2632
31	0,0000	-2361,1159
32	-5310,6575	0,0000

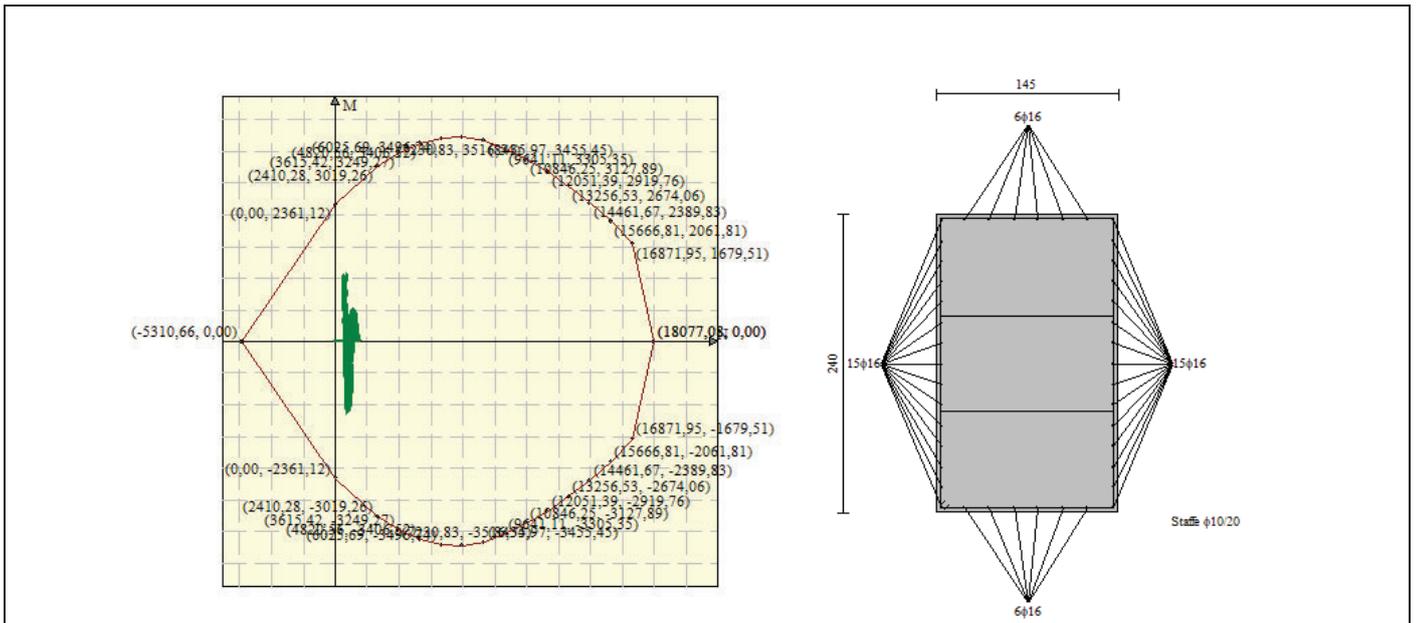


Figura 51 - Dominio M-N sezione palo-armatura cordolo in c.a.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	82

Verifica a taglio

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
 Tipo Tipo della Combinazione/Fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
 A_{sw} area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
 s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
 V_{Ed} taglio agente sul palo, espresso in [kN]
 V_{Rd} taglio resistente, espresso in [kN]
 FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/ V_{Ed})
 cotgq inclinazione delle bielle compresse, q inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 102,43 cm

n° - Tipo	Y	A _{sw}	s	V _{Ed}	V _{Rd}	FS	cotgθ	VERIFICA
	[m]	[cmq]	[cm]	[kN]	[kN]			
6 - SLV - GEO	0,00	2,26	10,00	-467,99	1920,32	4.103	2,50	OK

Verifica tensioni

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
 A_f area di armatura espressa in [cmq]
 s_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
 s_f tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

A _f	s _c	cmb	s _f	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
135,72	6224	6	145236	6

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
 Oggetto Muro/Paratia
 Y Ordinata sezione, espresso in [m]
 M Momento agente, espresso in [kNm]
 M_f Momento prima fessurazione, espresso in [kNm]
 s Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
 ε_{sm} Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
 W_{lim} Apertura limite fessure, espressa in [mm]
 W_k Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M _f	s	ε _{sm}	W _{lim}	W _k
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	6 - ESE	0,00	788,77	731,11	428,129	0.0438	0,200	0,188

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA												
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	83

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
 T_h taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
 M_v momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
 T_v taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo in c.a.

$B=145,00$ [cm]	$H=240,00$ [cm]	Staffe $\phi 10/20$	$N_{bh}=4 - N_{bv}=2$
$A_v=30,16$ [cmq]	$A_{fh}=12,06$ [cmq]	$FS=1.51$	
$M_h=1057,96$ [kNm]	$M_{uh}=1597,61$ [kNm]	$FS_r=2.58$	$\cotg\theta_h=2.50$
$T_h=755,68$ [kN]	$T_{Rh}=1950,01$ [kN]	$FS=17.30$	
$M_v=83,61$ [kNm]	$M_{uv}=1446,59$ [kNm]	$FS_{rv}=13.66$	$\cotg\theta_v=2.50$
$T_v=119,45$ [kN]	$T_R=1631,92$ [kN]		

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001	REV B	FOGLIO 84

17. MODELLO DI CALCOLO SCATOLARE IN C.A.

17.1 PREMESSA

L'opera in questione rientra in particolare nell'ambito del Progetto di Raddoppio della tratta Ferroviaria "Linea Pescara - Bari - Raddoppio Termoli - Lesina", che si sviluppa per circa 25Km, attraversando il territorio di diverse località tra cui Termoli(CB), Campomarino(CB), Campomarino – Santa Monica (CB), Marina di Chieti / Chieti (FG), Serracapriola-Loc.SS16 (FG).

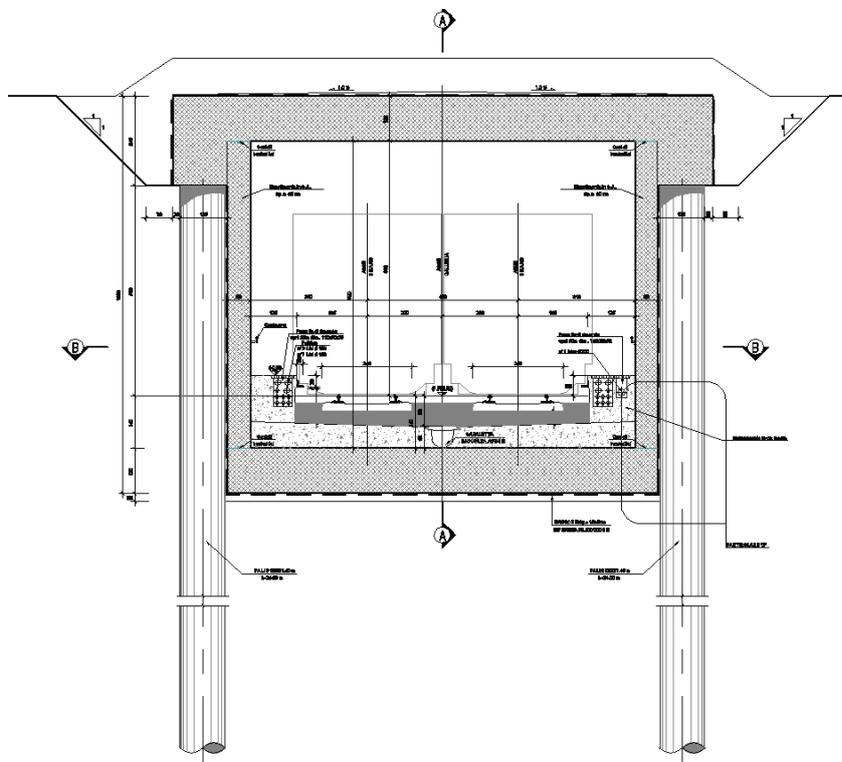


Figura 52 – Sezione scatolare c.a.

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	85

17.2 CRITERIO DI MODELLAZIONE SCATOLARE IN C.A.

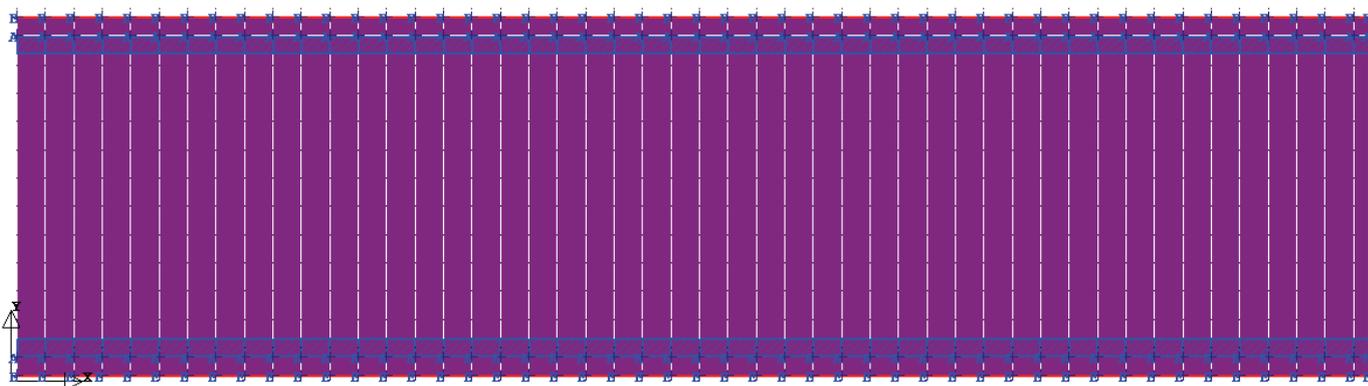


Figura 53 – Vista dall'alto scatolare in c.a.

Per tenere in conto dell' interazione scatolare con la paratia si è modellato con dei vincoli esterni di tipo esplicito per simulare la rigidezza rotazionale ed assiale della struttura.

Per la rigidezza assiale (Traslazionale lungo y), essendo la struttura dipendente sia dalla rigidezza assiale del solettone superiore che dalla rigidezza sistema paratia – terreno, si è ritenuto opportuno di calcolare una rigidezza equivalente, che racchiuda la rigidezza di entrambi i sistemi.

Dal tabulato di PAC si è preso il massimo tagliante alla testa della paratia e si è diviso per il suo spostamento orizzontale ottenendo la rigidezza equivalente, $Rig.Ty = 467,99 / 0,0000541 = 8650422 \text{ KN/m}$

Mentre la rigidezza rotazionale essendo non dipendente dal sistema paratia – terreno si è tenuto conto quello già calcolato precedentemente col sistema solettone a semi-incastro.

La rigidezza traslazionale lungo l' asse x si è ritenuta come nella realtà un valore molto elevato tale da considerare in tale direzione bloccato lo spostamento.

Il tutto rappresentato dalla figura sottostante

Tipo Vincolo	E
RIGIDENZE VINCOLI	
Rig Tx kN/m	BLOCCATO
Rig Ty kN/m	8650422
Rig Tz kN/m	BLOCCATO
Rig Rx kN*m	378096.4
Rig Ry kN*m	BLOCCATO
Rig Rz kN*m	LIBERO

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

Inoltre dalle fasi realizzative descritte precedentemente le fodere di rivestimento verranno realizzate successivamente al solettone superiore, a vantaggio di sicurezza si è ritenuto opportuno simulare tra l' attacco fodere rivestimento e solettone superiore un vincolo incastro interno come evince dalla deformata mostrata in figura.

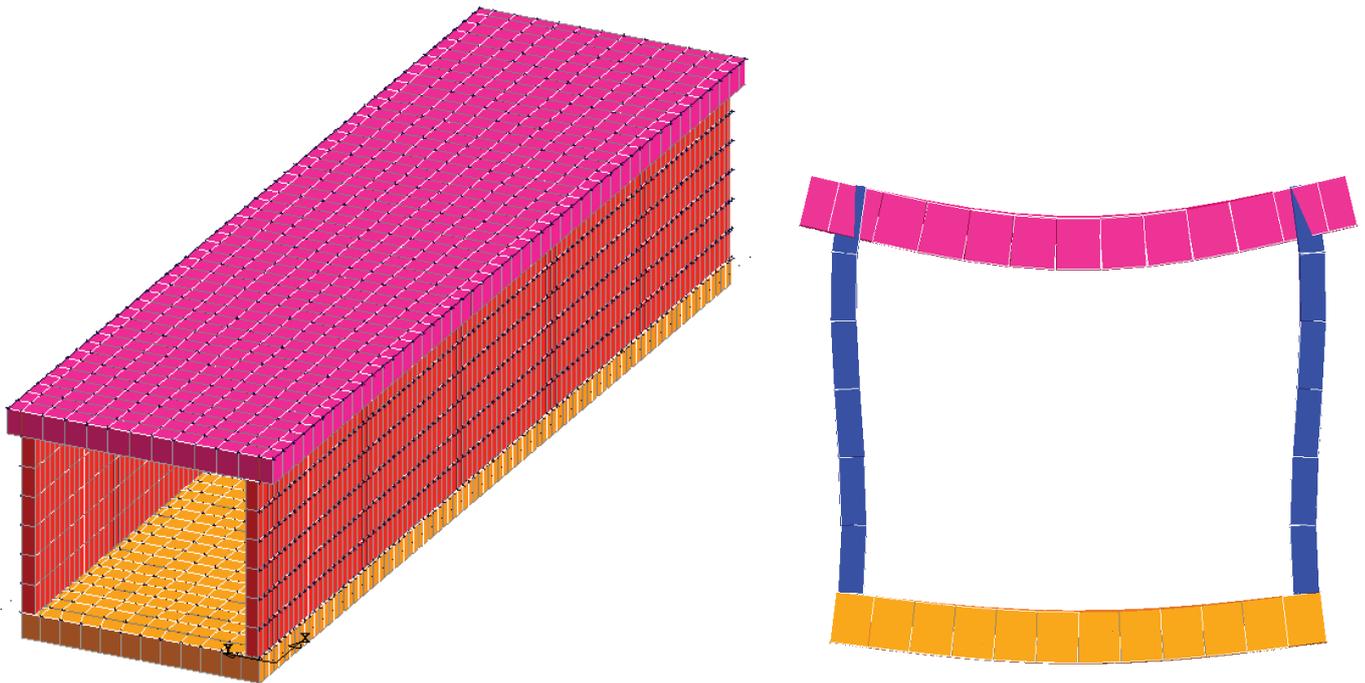


Figura 54 – Modellazione scatolare in c.a.

Per quanto riguarda invece le azioni che la paratia trasmette allo scatolare in c.a. per simulare tale interazione si applicheranno a quest' ultimo degli sforzi normali denominati rispettivamente $N_{statico}$ e N_{sisma} .

$N_{statico}$ rappresenta il massimo tagliante alla testa della paratia in condizione statica che si trasmette al solettone in sforzo normale distribuito a metro lineare.

N_{sisma} rappresenta il massimo tagliante alla testa della paratia in condizione sismica che si trasmette al solettone in sforzo normale distribuito a metro lineare.

Tali valori che sono stati applicati sono rispettivamente:

$N_{statico} = 312 \text{ KN/m}$

$N_{sisma} = 334 \text{ KN/m}$

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	87

SEZIONE TIPO	
Tipologia pali	Pali trivellati ϕ 1200 ad interasse 1.4 m
Lunghezza pali da testa cordolo	$H_{tot} = 29,30$ m compreso cordolo di 1,20 m +1,20 m solettone in c.a
Altezza di scavo max	$H_{max} = 10.80$ m
Altezza netta interna galleria (fase finale)	$H_{int} = 8.20$ m
Solettone superiore in c.a.	$H_{sup} = 1.20$ m
Solettone di fondazione in c.a.	$H_{fond} = 1.20$ m
Spessore fodere di rivestimento	$S_{riv} = 0.60$ m
Sovraccarichi permanenti ai lati della galleria	20 kPa
Sovraccarichi variabili ai lati della galleria	10 kPa (mezzi di cantiere)
Spessore terreno di ricoprimento	1.0 m

17.3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELLO SCATOLARE IN C.A.

Le caratteristiche sismiche sono quelle descritte nei paragrafi precedenti, l' unico appunto da puntualizzare si è deciso di applicare un' azione sismica di tipo non dissipativa, cioè con spettro elastico dato che la struttura sarà interrata.

17.4 STIMA DELLA COSTANTE DI WINKLER VERTICALE K_w

Per la stima della costante di reazione di sottofondo si fa uso della teoria dell' elasticità in cui la rigidità del terreno è data dal rapporto tra le pressioni di contatto $\Delta\sigma$ e lo spostamento verticale associato $\Delta\delta$, tale da esprimere linearmente il modulo di reazione di sottofondo $K_w = \Delta\sigma / \Delta\delta$. Questo risultato non è altro che la teoria originariamente proposta da Winkler. Va ricordato che la costante non è una proprietà associata al suolo come il modulo di Poisson, ma dipende dalla forma della fondazione. Il principio è fondato sulla resistenza che uno strato di terreno oppone quando subisce una certa deflessione sotto l' azione di una tensione verticale. E' un valore che si utilizza per modellare la rigidità del terreno nel piano verticale quando si considera l' interazione tra la fondazione e il terreno sottostante. Tra le principali teorie più usate troviamo quella di Terzaghi.

Terzaghi (1955) fornisce uno dei maggiori contributi per la stima di questo coefficiente utilizzando prove di carico su piastra.

Per fondazioni rettangolari di dimensioni B X L su terreno privo di coesione:

$$K_w = K_{sp} \times (1 + B/L) / 1,50$$

K_{sp} è il valore ottenuto dalla prova di carico su piastra quadrata (0,305m x 0,305m) o circolare di diametro 0,305m

$$B = 11,40 \text{ m}$$

$$L = 47,60 \text{ m}$$

Il valore di K_{sp} mediamente per sabbie sciolte dal testo di Viggiani "FONDAZIONI" assume un valore consigliato pari a 15 N/cm³.

Quindi il valore stimato risulta essere di circa 12,4 N/cm³

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	88

17.5 VERIFICA STATI LIMITI SCATOLARE IN C.A.

Si riportano di seguito le combinazioni di carico utilizzate nei calcoli. Ai fini delle verifiche agli stati limite, in accordo con le NTC08, si definiscono le seguenti combinazioni di:

- Combinazioni FONDAMENTALE, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{G3} G_3 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \Psi_{02} \gamma_{Q2} Q_{k2} + \Psi_{03} \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione RARA, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} Q_{k2} + \Psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione FREQUENTE, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{11} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \Psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione QUASI PERMANENTE, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{21} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \Psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione SISMICA, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:

$$E + G_1 + G_3 + P + \Psi_{21} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \Psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

Coefficienti parziali e di combinazione

Si utilizzano i coefficienti parziali di sicurezza e i coefficienti di combinazione di seguito riportati.

Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001	REV B	FOGLIO 89

Tabella – Coefficienti parziali di sicurezza agli SLU

Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F _{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T _k	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella – Coefficienti di combinazione per SLU e SLE

Tabella 5.2.VII - Ulteriori coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

	Azioni	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	(1)	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	(2) (3)	(2)	(2)
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽³⁾	0,80	0,0

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella – Coefficienti di combinazione per SLU e SLE

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.										
DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Peso Strutturale	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Perm.Non Strutturale	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Variabili da traffico	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
NStatico	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
NSismico	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Sisma direz. grd 0	0,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	0,30	-0,30	-0,30	
Sisma direz. grd 90	0,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	-1,00	1,00	-1,00	

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00
Variabili da traffico	1,00
NStatico	1,00
NSismico	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Sisma direz. grd 90	0,00

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00
Variabili da traffico	0,60
NStatico	1,00
NSismico	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00

COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00
Variabili da traffico	0,00
NStatico	1,00
NSismico	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00

17.6 CARICO SOLETTONE SUPERIORE

Il solettone è progettato con classe di calcestruzzo C32/40 e quindi, con modulo di rigidità $E = 33346000 \text{ KN/m}^2$

Peso proprio permanente Solettone superiore $G = 25 \times 1,20 = 30 \text{ KN/m}^2$

Peso proprio permanente non strutturale del terreno di ricoprimento spessore di 1 m:

$G = 19,50 \text{ KN/m}^3 \times 1 \text{ m} = 19,50 \text{ KN/m}^2$

Sovraccarico q Solettone superiore 25 KN/m^2 considerato come variabile da traffico

13.3 CARICO SOLETTONE INFERIORE

Per quanto riguarda il sovraccarico ferroviario (LM71) del solettone inferiore è stato distribuito attraverso il ballast con una pendenza 1 a 4 e a 45° all'interno della soletta di fondazione e con carico permanente ballast pari a:

$G = 20 \text{ KN/m}^2 \times 1,70 \text{ m} = 34 \text{ KN/m}^2$

La diffusione del carico in senso longitudinale e trasversale all'asse binario risulta, dunque, pari a:

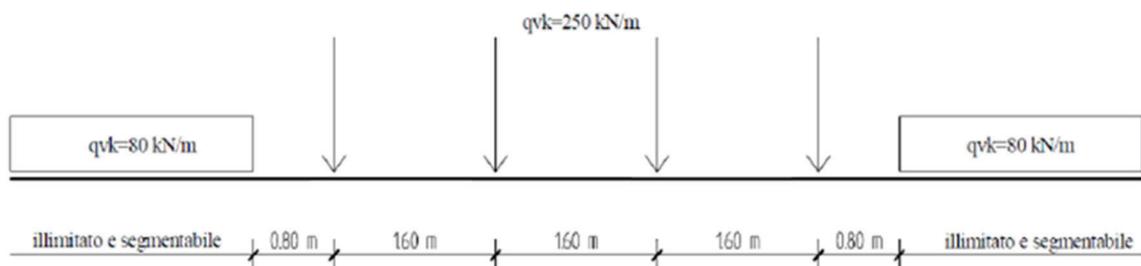
$L_{d, \text{trav}} = 6,30 + 2 * [(H_b)/4 + S_{ss}/2] = 9,60 \text{ m}$ dove 6,30m è la distanza dei punti più lontani delle traversine (pertanto

$L_{d, \text{long}} = 6,34 + 2 * [(H_b)/4 + S_{ss}/2] = 9,70 \text{ m}$ dove 6,40m è l'intero ingombro degli assi del treno di carico LM71.

Pertanto il carico ripartito dovuto al treno LM 71 risulta (considerando il coefficiente di adattamento $\alpha = 1.1$ e il coefficiente dinamico $\Phi_3 = 1.00$) risulta, considerando i 2 binari carichi:

Carico ripartito prodotto dalle forze concentrate $(2 \times 4 \times 250 \times 1,1 \times 1) / (9,60 \times 9,70) = 23.63 \text{ kN/m}^2$

Carico ripartito prodotto dal carico distribuito $(80 \text{ kN/m}) = (2 \times 80 \times 21,40 \times 1,1 \times 1) / (9,60 \times 21,45) = 18.33 \text{ kN/m}^2$



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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

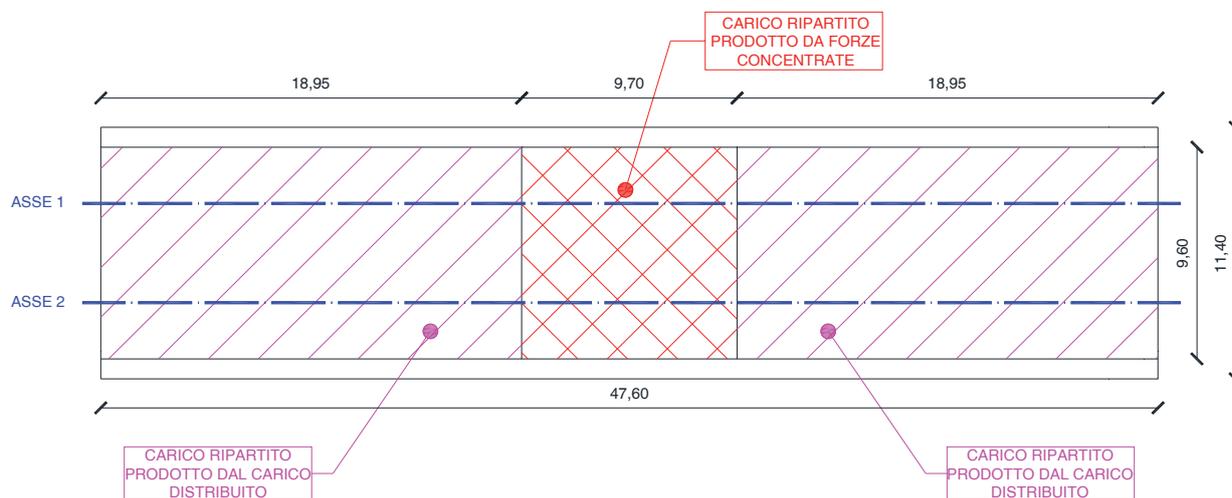


Figura 55 – Schema del sovraccarico solettone inferiore

17.7 VERIFICHE

Nelle pagine che seguono si riportano le verifiche strutturali previste dalla Normativa di riferimento allo SLU e allo SLE.

17.8 VERIFICHE AGLI SLU:PRESSOFLESSIONE E TAGLIO

Le verifiche a pressoflessione vengono condotte confrontando le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando il corrispondente fattore di sicurezza (CS) come rapporto tra la sollecitazione resistente e la massima agente.

17.8.1 VERIFICHE AGLI SLU:PRESSOFLESSIONE

Le verifiche flessionali allo SLU sono state eseguite adottando le seguenti ipotesi:

- conservazione delle sezioni piane;
- perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'armatura sono state dedotte a partire dalle deformazioni utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione.

Per quanto attiene la legge σ - ϵ del calcestruzzo si è utilizzata una curva parabola-rettangolo, considerando solo la porzione compressa $\epsilon_{c2}=0,2\%$ ed $\epsilon_{cu}=0,35\%$.

Per quanto riguarda l'acciaio si è assunto un diagramma bilineare elastico-perfettamente elastico finito con $\epsilon_{cu}=1,0\%$.

17.8.2 VERIFICA A TAGLIO

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 1992-1-1:2005, per elementi con armatura a taglio verticali.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	92

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \Bigg\} \text{resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio};$$

$$V_{Rt,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \vartheta \text{ valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento};$$

$$V_{Rt,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \vartheta + \tan \vartheta} \text{ valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.}$$

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \text{ con } d \text{ in mm}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02$$

A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 \cdot f_{cd}$$

N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$$

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$$v = 0,5$$

per calcestruzzi fino a C70/85;

$$1 \leq \cot \vartheta \leq 2,5$$

A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

s è il passo delle staffe;

f_{ywd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura;

$v_1 = v$ è il coefficiente di riduzione della resistenza del calcestruzzo fessurato per taglio;

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

α_{cw} è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

17.8.3 VERIFICHE AGLI SLE: LIMITAZIONE DELLE TENSIONI E FESSURAZIONE

Il controllo delle tensioni nei materiali viene effettuato supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare.

17.8.4 VERIFICA DI FESSURAZIONE

In accordo con quanto riportato, si adotta il limite $w = 0.2$ mm per tutti gli elementi strutturali analizzati nella presente relazione.

17.8.5 VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

In accordo con la normativa ferroviaria, che pone limiti tensionali più severi rispetto a quanto prescritto dal D.M. 14/01/2008, la massima tensione di compressione del cls deve rispettare la limitazione:

$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ per combinazione caratteristica (rara);

$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente;

per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

La massima tensione di trazione deve rispettare la limitazione:

$\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ per combinazione caratteristica (rara).

GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	94

18. RIEPILOGO DELLE SEZIONI DI VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI PIU' SIGNIFICATIVE ALLO SLV - MOMENTO FLETTENTE E TAGLIO

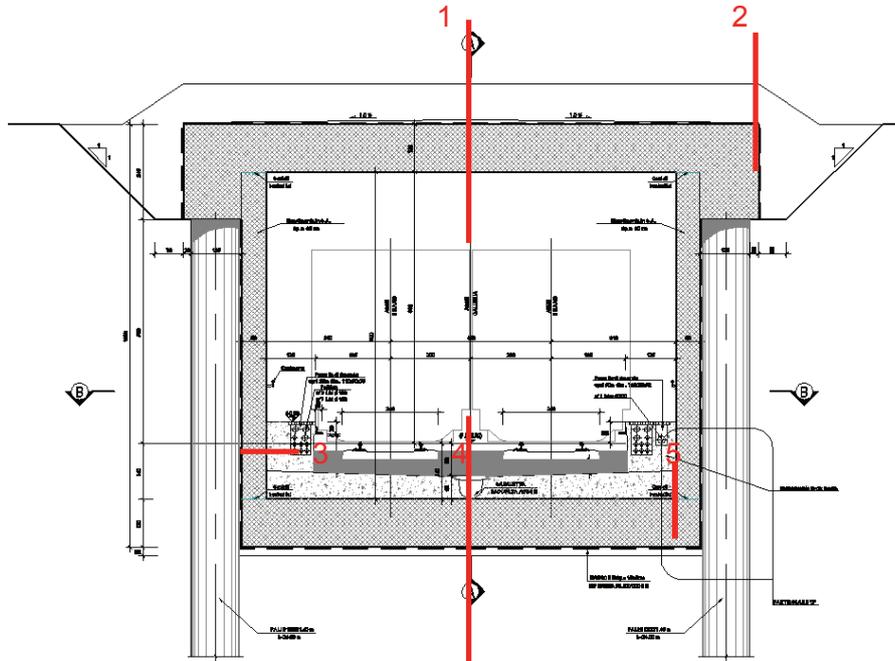


Figura 56 - Sezioni analizzate dello scatolare in c.a.

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

Tabella sollecitazioni Sezione 1

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE SOLETTONE SUPERIORE MAGLIA $\Phi 26/10 + \Phi 30/15$			
Ndmin	Mxd	MxRd	FS
KN	KNm	KNm	-
1400	1130	4888	4,32

Valori integrati e calcolati per unità di lunghezza

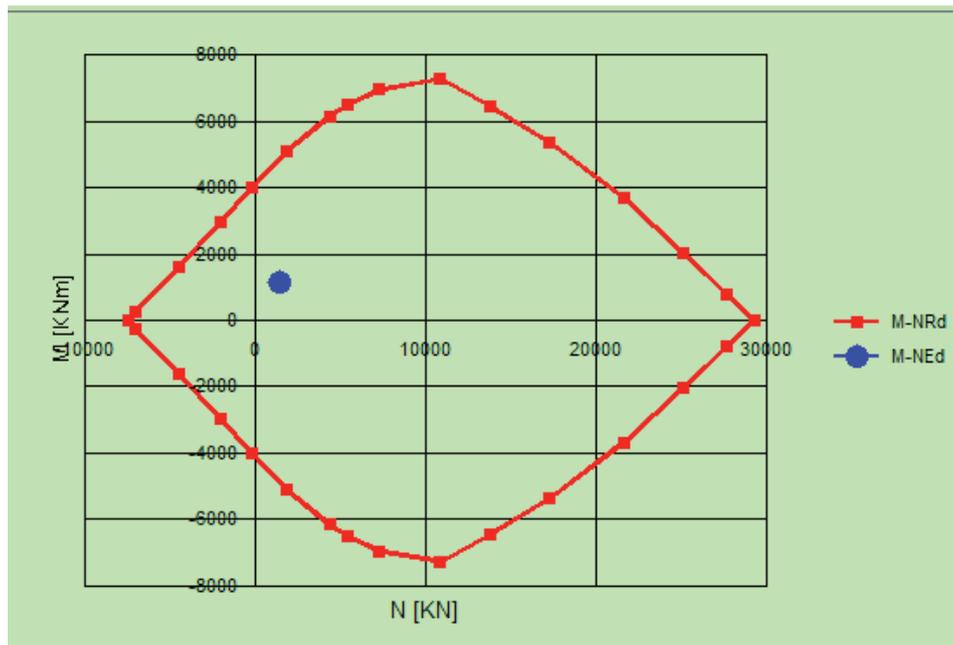


Figura 57 - Dominio di resistenza Nmin-Mx (Solettone Superiore)

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	96

Tabella sollecitazioni Sezione 2

VERIFICA A TAGLIO IN ASSENZA DI STAFFE CON $N_{dmin}=1400$ KN		
SOLETTONE SUPERIORE		
MAGLIA $\Phi 26/10$		
Td	Trd	FS
KN	KN	-
630	683	1,084

Valori integrati e calcolati per unità di lunghezza

Tabella sollecitazioni Sezione 3

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE			
SETTO Mort			
MAGLIA $\Phi 20/10$			
Ndmin	Mxort	MR	FS
KN	KNm	KNm	-
100	170	661	3,88

VERIFICA A TAGLIO IN ASSENZA DI STAFFE		
SETTO		
MAGLIA $\Phi 26/10$		
Td	Trd	FS
KN	KN	-
36	473	13,13

VERIFICA A FLESSIONE		
SETTO Mtrav		
MAGLIA $\Phi 20/10$		
Mytrav	MR	FS
KNm	KNm	-
210	636,7	3,03

Valori integrati e calcolati per unità di lunghezza

GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	97

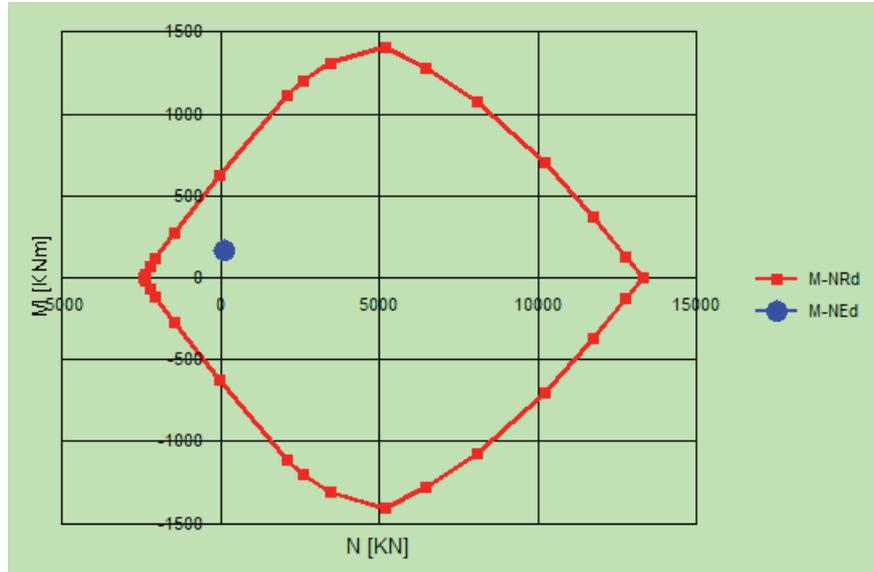


Figura 58 - Dominio di resistenza $N_{min}-M_{xort}$ (Setto)

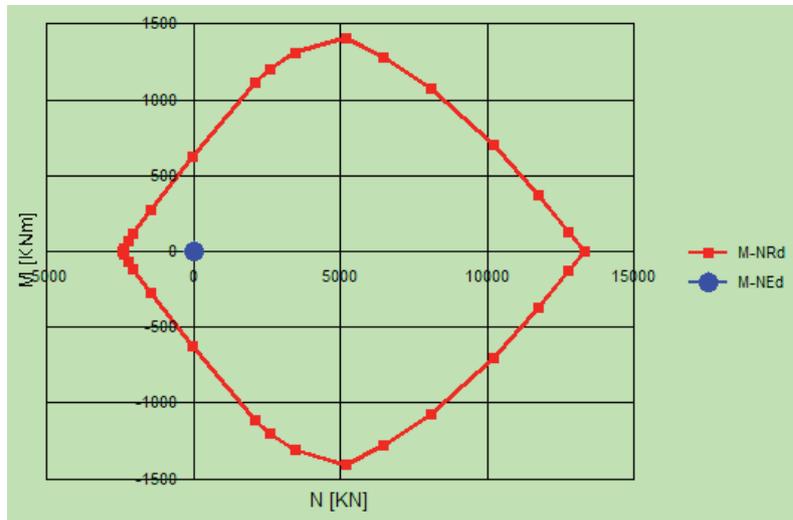


Figura 59 - Dominio di resistenza $M_{yTrav.}$ (Setto)

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

Tabella sollecitazioni Sezione 4

VERIFICA A FLESSIONE		
SOLETTONE INFERIORE		
MAGLIA $\Phi 26/20$		
Mxd	MxRd	FS
KNm	KNm	-
610	1165	1,91

Valori integrati e calcolati per unità di lunghezza

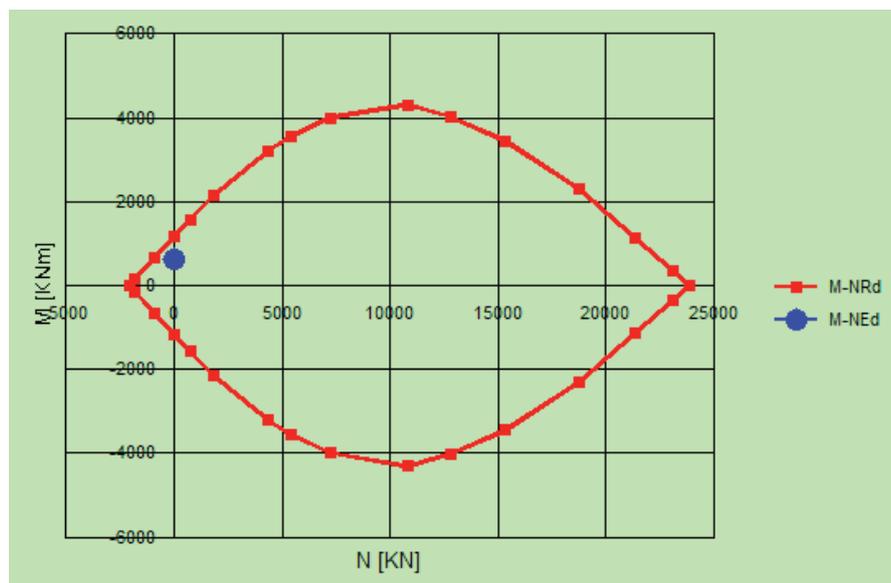


Figura 60 - Dominio di resistenza Mx (Solettone Inferiore)

Tabella sollecitazioni Sezione 5

VERIFICA A TAGLIO IN ASSENZA DI STAFFE		
SOLETTONE INFERIORE		
MAGLIA $\Phi 26/20$		
Td	Trd	FS
KN	KN	-
366	384	1,05

Valori integrati e calcolati per unità di lunghezza

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	99

Al fine di consentire una più chiara interpretazione dei risultati, di seguito si riportano le tabelle contenenti i risultati dell'analisi e delle verifiche dei setti e delle piastre costituenti il modello strutturale.

Il codice di calcolo utilizza come parametro rappresentativo dei risultati delle verifiche il Moltiplicatore di collasso che è dato dal rapporto tra la resistenza e le azioni di progetto a metro lineare; pertanto, la verifica risulta soddisfatta quando questo parametro è maggiore o uguale a 1. Nelle tabelle seguenti si evidenzia tale parametro in colore verde

Quo N.r	P. Nr	Nod3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt Direz. X	x/d	Molt Direz. Y	x/d
0	1	317	0	0	0	5006	87989	1233	23,0	0,1	1,3	0,09
0	1	318	0	0	0	8277	86519	1239	13,9	0,1	1,3	0,09
0	1	319	0	0	0	4078	89349	-325	28,2	0,1	1,3	0,09
0	1	320	0	0	0	7495	87816	-281	15,3	0,1	1,3	0,09
0	1	323	0	0	0	10858	85225	749	10,6	0,1	1,3	0,09
0	1	324	0	0	0	12729	84492	434	9,0	0,1	1,4	0,09
0	1	325	0	0	0	10576	86905	-201	10,9	0,1	1,3	0,09
0	1	326	0	0	0	12748	86400	-123	9,0	0,1	1,3	0,09
0	1	328	0	0	0	8548	84021	-1772	13,4	0,1	1,4	0,09
0	1	329	0	0	0	5194	85431	-1824	22,1	0,1	1,3	0,09
0	1	344	0	0	0	14054	84108	231	8,2	0,1	1,4	0,09
0	1	345	0	0	0	14974	83945	97	7,7	0,1	1,4	0,09
0	1	346	0	0	0	14262	86164	-68	8,1	0,1	1,3	0,09
0	1	347	0	0	0	15305	86098	-32	7,5	0,1	1,3	0,09
0	1	348	0	0	0	15594	83922	8	7,4	0,1	1,4	0,09
0	1	350	0	0	0	16092	84089	-51	7,1	0,1	1,4	0,09
0	1	351	0	0	0	16005	86141	-7	7,2	0,1	1,3	0,09
0	1	352	0	0	0	16404	84286	-90	7,0	0,1	1,4	0,09
0	1	354	0	0	0	16576	84495	-118	6,9	0,1	1,4	0,09
0	1	355	0	0	0	16474	86270	9	7,0	0,1	1,3	0,09
0	1	357	0	0	0	16765	86443	20	6,9	0,1	1,3	0,09
0	1	390	0	0	0	16922	86637	29	6,8	0,1	1,3	0,09
0	1	407	0	0	0	16657	84719	-141	6,9	0,1	1,4	0,09
0	1	408	0	0	0	16684	84964	-163	6,9	0,1	1,4	0,09
0	1	409	0	0	0	16990	86851	35	6,8	0,1	1,3	0,09
0	1	410	0	0	0	17003	87088	42	6,8	0,1	1,3	0,09
0	1	414	0	0	0	16690	85243	-187	6,9	0,1	1,3	0,09
0	1	415	0	0	0	16704	85564	-213	6,9	0,1	1,3	0,09
0	1	416	0	0	0	16994	87358	50	6,8	0,1	1,3	0,09
0	1	417	0	0	0	16993	87670	60	6,8	0,1	1,3	0,09
0	1	431	0	0	0	16759	85938	-239	6,9	0,1	1,3	0,09
0	1	432	0	0	0	16898	86371	-262	6,8	0,1	1,3	0,09
0	1	433	0	0	0	17035	88036	70	6,7	0,1	1,3	0,09
0	1	434	0	0	0	17174	86857	-271	6,7	0,1	1,3	0,09
0	1	435	0	0	0	17167	88462	81	6,7	0,1	1,3	0,09
0	1	437	0	0	0	17602	87369	-272	6,5	0,1	1,3	0,09
0	1	438	0	0	0	17841	89419	62	6,4	0,1	1,3	0,09
0	1	439	0	0	0	17451	88950	90	6,6	0,1	1,3	0,09
0	1	458	0	0	0	16748	83945	440	6,9	0,1	1,4	0,09
0	1	462	0	0	0	17053	84318	359	6,7	0,1	1,4	0,09
0	1	477	0	0	0	3009	86531	1542	38,2	0,1	1,3	0,09
0	1	478	0	0	0	1770	88586	-41	65,0	0,1	1,3	0,09
0	1	479	0	0	0	3639	86735	-1666	31,6	0,1	1,3	0,09
0	1	509	0	0	0	18042	86991	-314	6,4	0,1	1,3	0,09
0	1	510	0	0	0	18442	90207	38	6,2	0,1	1,3	0,09
0	1	516	0	0	0	18027	86975	389	6,4	0,1	1,3	0,09
0	1	533	0	0	0	17485	87373	327	6,6	0,1	1,3	0,09
0	1	534	0	0	0	17126	86786	314	6,7	0,1	1,3	0,09
0	1	535	0	0	0	17702	89401	-73	6,5	0,1	1,3	0,09
0	1	536	0	0	0	17362	88861	-88	6,6	0,1	1,3	0,09
0	1	539	0	0	0	16905	86277	278	6,8	0,1	1,3	0,09
0	1	540	0	0	0	16791	85858	236	6,8	0,1	1,3	0,09
0	1	541	0	0	0	17137	88354	-67	6,7	0,1	1,3	0,09
0	1	542	0	0	0	17047	87949	-56	6,7	0,1	1,3	0,09
0	1	544	0	0	0	16724	83847	-460	6,9	0,1	1,4	0,09
0	1	545	0	0	0	16990	84284	-436	6,8	0,1	1,4	0,09
0	1	560	0	0	0	16741	85506	203	6,9	0,1	1,3	0,09
0	1	561	0	0	0	16726	85207	176	6,9	0,1	1,3	0,09
0	1	562	0	0	0	17025	87613	-50	6,8	0,1	1,3	0,09
0	1	563	0	0	0	17033	87327	-44	6,7	0,1	1,3	0,09
0	1	564	0	0	0	16717	84948	152	6,9	0,1	1,4	0,09
0	1	566	0	0	0	16685	84718	131	6,9	0,1	1,4	0,09
0	1	567	0	0	0	17042	87079	-38	6,7	0,1	1,3	0,09
0	1	568	0	0	0	16598	84508	108	6,9	0,1	1,4	0,09
0	1	570	0	0	0	16418	84311	81	7,0	0,1	1,4	0,09
0	1	571	0	0	0	17025	86858	-33	6,8	0,1	1,3	0,09
0	1	573	0	0	0	16952	86659	-27	6,8	0,1	1,3	0,09
0	1	606	0	0	0	16788	86477	-19	6,8	0,1	1,3	0,09
0	1	623	0	0	0	16097	84124	42	7,1	0,1	1,4	0,09
0	1	624	0	0	0	15605	83985	-17	7,4	0,1	1,4	0,09
0	1	625	0	0	0	16488	86315	-9	7,0	0,1	1,3	0,09
0	1	626	0	0	0	16008	86196	7	7,2	0,1	1,3	0,09
0	1	630	0	0	0	14971	84017	-106	7,7	0,1	1,4	0,09

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	100

Quo N.r	P. Nr	Nod3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt Direz. X	x/d	Molt Direz. Y	x/d
0	1	631	0	0	0	14032	84190	-241	8,2	0,1	1,4	0,09
0	1	632	0	0	0	15293	86162	32	7,5	0,1	1,3	0,09
0	1	633	0	0	0	14231	86236	70	8,1	0,1	1,3	0,09
0	1	647	0	0	0	12680	84585	-447	9,1	0,1	1,4	0,09
0	1	648	0	0	0	10770	85337	-768	10,7	0,1	1,3	0,09
0	1	649	0	0	0	12687	86482	125	9,1	0,1	1,3	0,09
0	1	650	0	0	0	8139	86655	-1252	14,1	0,1	1,3	0,09
0	1	651	0	0	0	10471	87006	208	11,0	0,1	1,3	0,09
0	1	653	0	0	0	4841	88075	-1228	23,7	0,1	1,3	0,09
0	1	654	0	0	0	3923	89450	332	29,3	0,1	1,3	0,09
0	1	655	0	0	0	7349	87948	291	15,6	0,1	1,3	0,09
0	1	674	0	0	0	8439	84164	1802	13,6	0,1	1,4	0,09
0	1	678	0	0	0	5047	85514	1831	22,8	0,1	1,3	0,09
0	1	693	0	0	0	17808	87022	321	6,5	0,1	1,3	0,09
0	1	694	0	0	0	18268	90293	-75	6,3	0,1	1,3	0,09
0	1	695	0	0	0	17911	87182	-488	6,4	0,1	1,3	0,09
0	1	725	0	0	0	2823	86529	-1520	40,7	0,1	1,3	0,09
0	1	726	0	0	0	1593	88592	30	72,2	0,1	1,3	0,09
0	1	732	0	0	0	3438	86704	1627	33,4	0,1	1,3	0,09
0	1	743	0	0	0	17349	78957	-450	6,6	0,1	1,5	0,09
0	1	744	0	0	0	17120	78777	-616	6,7	0,1	1,5	0,09
0	1	745	0	0	0	18887	88480	-309	6,1	0,1	1,3	0,09
0	1	746	0	0	0	19276	88849	-228	6,0	0,1	1,3	0,09
0	1	748	0	0	0	17386	79000	-291	6,6	0,1	1,5	0,09
0	1	749	0	0	0	19576	90954	32	5,9	0,1	1,3	0,09
0	1	750	0	0	0	19077	90481	39	6,0	0,1	1,3	0,09
0	1	751	0	0	0	19434	89061	-148	5,9	0,1	1,3	0,09
0	1	757	0	0	0	17338	78969	-128	6,6	0,1	1,5	0,09
0	1	758	0	0	0	19466	89136	-64	5,9	0,1	1,3	0,09
0	1	759	0	0	0	17269	78893	24	6,7	0,1	1,5	0,09
0	1	760	0	0	0	19446	89130	16	5,9	0,1	1,3	0,09
0	1	762	0	0	0	17362	78985	156	6,6	0,1	1,5	0,09
0	1	763	0	0	0	19930	91421	13	5,8	0,1	1,3	0,09
0	1	764	0	0	0	19943	91457	5	5,8	0,1	1,3	0,09
0	1	765	0	0	0	19441	89127	82	5,9	0,1	1,3	0,09
0	1	766	0	0	0	19814	91253	20	5,8	0,1	1,3	0,09
0	1	768	0	0	0	18693	85776	294	6,1	0,1	1,3	0,09
0	1	769	0	0	0	18311	85416	416	6,3	0,1	1,3	0,09
0	1	770	0	0	0	18827	85967	190	6,1	0,1	1,3	0,09
0	1	778	0	0	0	18847	86027	89	6,1	0,1	1,3	0,09
0	1	781	0	0	0	18789	85982	-6	6,1	0,1	1,3	0,09
0	1	792	0	0	0	19855	91374	-4	5,8	0,1	1,3	0,09
0	1	793	0	0	0	17292	78979	268	6,6	0,1	1,5	0,09
0	1	794	0	0	0	19295	88997	136	6,0	0,1	1,3	0,09
0	1	795	0	0	0	18798	85994	-91	6,1	0,1	1,3	0,09
0	1	796	0	0	0	19667	91210	-19	5,8	0,1	1,3	0,09
0	1	797	0	0	0	17047	78870	408	6,7	0,1	1,5	0,09
0	1	798	0	0	0	19016	88783	206	6,0	0,1	1,3	0,09
0	1	799	0	0	0	19340	90932	-41	5,9	0,1	1,3	0,09
0	1	800	0	0	0	18644	85866	-166	6,2	0,1	1,3	0,09
0	1	803	0	0	0	16783	78794	646	6,8	0,1	1,5	0,09
0	1	804	0	0	0	18567	88413	302	6,2	0,1	1,3	0,09
0	1	805	0	0	0	18830	90490	-85	6,1	0,1	1,3	0,09
0	1	806	0	0	0	18358	85715	-251	6,3	0,1	1,3	0,09
0	1	816	0	0	0	18088	85602	-482	6,4	0,1	1,3	0,09

Quo N.r	P. Nr	Nod3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt Direz. X	x/d	Molt Direz. Y	x/d
1	1	3	56464	231585	143844	-9408	-75455	-2782	13,2	0,1	2,6	0,00
1	1	94	26179	163363	30983	-10024	-45159	-1244	9,4	0,0	1,7	0,02
1	1	96	18530	175830	59021	-8475	-58090	2502	28,6	0,0	3,4	0,00
1	1	98	16307	220790	100322	-14939	-97566	5878	22,3	0,1	2,4	0,02
1	1	101	47331	214514	135977	-9298	-77862	3231	15,1	0,0	2,7	0,01
1	1	192	30009	178682	33155	-10055	-45096	1245	8,6	0,0	1,6	0,03
1	1	194	21417	190716	66230	-8605	-58037	-2465	26,1	0,0	3,3	0,01
1	1	196	18080	238213	111519	-15094	-97413	-5828	21,3	0,1	2,3	0,02
1	1	197	118084	291086	50662	-47380	-147596	-22326	4,7	0,0	1,7	0,03
1	1	198	65670	159097	71654	-21888	-81329	-7028	9,2	0,0	3,2	0,03
1	1	199	36791	164962	17455	-17979	-81592	2076	6,0	0,0	1,3	0,03
1	1	200	29446	149976	25823	-16036	-77374	702	7,1	0,0	1,4	0,03
1	1	201	29815	151597	22744	-15040	-75182	-4	7,3	0,0	1,4	0,03
1	1	202	29997	150537	19646	-15398	-75155	-459	7,2	0,0	1,4	0,03
1	1	203	30033	150458	17203	-15625	-75314	-703	7,1	0,0	1,4	0,03
1	1	239	29858	149480	17765	-15725	-75057	892	7,1	0,0	1,5	0,03
1	1	240	29863	149347	20042	-15482	-74862	637	7,2	0,0	1,5	0,03
1	1	241	30153	149706	21466	-15141	-74894	203	7,2	0,0	1,5	0,03
1	1	242	31787	148964	17855	-15868	-76923	-604	6,9	0,0	1,4	0,03
1	1	244	55387	168549	30122	-39807	-113633	21350	7,6	0,1	2,6	0,05
1	1	245	78389	257156	10878	-71817	-198662	40106	4,6	0,1	1,6	0,06
1	1	246	98933	250368	45813	-49358	-152187	23650	5,1	0,0	1,8	0,04

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	101

Quo N.r	P. Nr	Nod3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt Direz. X	x/d	Molt Direz. Y	x/d
1	1	247	57672	148567	69369	-22650	-83027	7556	9,8	0,0	3,2	0,04
1	1	248	41121	183861	7887	-17594	-80818	-1788	5,7	0,0	1,3	0,02
1	1	249	37373	182277	20462	-15780	-76537	-591	6,3	0,0	1,3	0,02
1	1	250	36370	181486	21688	-15007	-74923	28	6,5	0,0	1,3	0,02
1	1	251	36181	181172	19831	-15366	-74929	475	6,5	0,0	1,3	0,02
1	1	252	36199	181232	17456	-15589	-75123	706	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	253	36281	181548	15150	-15718	-75386	802	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	254	36384	181984	13054	-15781	-75659	812	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	255	36488	182457	11197	-15802	-75915	773	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	256	36586	182917	9575	-15796	-76142	710	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	257	36673	183340	8168	-15777	-76335	638	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	258	36750	183717	6952	-15752	-76495	566	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	259	36815	184045	5904	-15725	-76626	499	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	260	36872	184329	4998	-15698	-76731	439	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	261	36920	184571	4213	-15672	-76813	387	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	262	36961	184779	3528	-15647	-76875	339	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	263	36995	184954	2926	-15620	-76918	296	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	264	37025	185102	2389	-15592	-76944	254	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	265	37049	185224	1906	-15560	-76954	211	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	266	37068	185321	1462	-15523	-76950	167	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	267	37083	185394	1049	-15482	-76931	120	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	268	37093	185445	658	-15436	-76900	70	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	269	37098	185471	280	-15387	-76858	19	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	270	37099	185475	99	-15402	-76875	-34	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	271	37095	185454	465	-15454	-76922	-88	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	272	37086	185410	844	-15504	-76959	-140	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	273	37072	185342	1238	-15550	-76986	-191	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	274	37054	185250	1654	-15593	-77001	-241	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	275	37031	185134	2101	-15632	-77002	-289	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	276	37003	184993	2589	-15667	-76989	-336	6,3	0,0	1,3	0,02
1	1	277	36970	184824	3130	-15700	-76960	-385	6,3	0,0	1,3	0,02
1	1	278	36930	184626	3738	-15732	-76914	-436	6,3	0,0	1,3	0,02
1	1	279	36885	184395	4429	-15765	-76850	-493	6,3	0,0	1,3	0,02
1	1	280	36831	184125	5221	-15799	-76765	-558	6,3	0,0	1,3	0,02
1	1	281	36769	183812	6134	-15836	-76657	-630	6,3	0,0	1,3	0,02
1	1	282	36697	183450	7191	-15873	-76521	-711	6,3	0,0	1,3	0,02
1	1	283	36613	183037	8417	-15909	-76354	-798	6,3	0,0	1,3	0,02
1	1	284	36518	182575	9837	-15938	-76153	-884	6,3	0,0	1,3	0,02
1	1	285	36412	182074	11475	-15950	-75915	-959	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	286	36300	181560	13350	-15933	-75644	-1005	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	287	36191	181083	15464	-15868	-75356	-996	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	288	36109	180729	17768	-15729	-75081	-892	6,4	0,0	1,3	0,02
1	1	289	36121	180604	20028	-15486	-74890	-635	6,5	0,0	1,3	0,02
1	1	290	36436	180960	21339	-15147	-74932	-201	6,5	0,0	1,3	0,02
1	1	291	38331	179682	16695	-15891	-77013	611	6,2	0,0	1,3	0,02
1	1	292	48206	180872	15501	-17091	-77574	-1970	5,2	0,0	1,3	0,02
1	1	293	64754	198794	43459	-39701	-113488	-21254	7,1	0,0	2,4	0,04
1	1	294	89360	295464	8189	-71530	-198180	-39867	4,4	0,1	1,5	0,05
1	1	851	3631	179533	9244	-6422	8205	4905	27,3	0,1	2,1	0,14
1	1	965	28703	181349	610	25741	126464	74	10,4	0,1	1,9	0,05
1	1	968	28703	181351	594	25740	126464	-73	10,4	0,1	1,9	0,05
1	1	975	29768	181245	511	25725	126603	61	10,2	0,1	1,9	0,05
1	1	978	29768	181246	498	25724	126602	-60	10,2	0,1	1,9	0,05
1	1	985	30658	181157	426	25691	126711	49	10,1	0,1	1,9	0,05
1	1	988	30658	181157	415	25690	126710	-48	10,1	0,1	1,9	0,05
1	1	995	31398	181084	353	25651	126793	39	10,0	0,1	1,9	0,05
1	1	998	31398	181084	343	25651	126793	-38	10,0	0,1	1,9	0,05
1	1	1005	32008	181025	291	25614	126856	30	10,0	0,1	1,9	0,05
1	1	1008	32008	181025	281	25613	126856	-30	10,0	0,1	1,9	0,05
1	1	1015	32507	180979	236	25581	126904	23	9,9	0,1	1,9	0,05
1	1	1018	32507	180979	227	25580	126903	-23	9,9	0,1	1,9	0,05
1	1	1025	32907	180944	195	25555	126940	18	9,9	0,1	1,9	0,05
1	1	1026	33080	180855	546	23383	116010	51	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1027	33080	180854	537	23382	116010	-50	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1028	32907	180944	185	25554	126939	-17	9,9	0,1	1,9	0,05
1	1	1035	33221	180919	164	25535	126966	14	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1036	33376	180839	423	23357	116025	38	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1037	33376	180839	413	23356	116025	-37	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1038	33221	180919	154	25534	126966	-12	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1045	33459	180902	134	25521	126986	10	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1046	33600	180830	311	23337	116036	28	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1047	33599	180829	301	23336	116036	-27	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1048	33458	180902	124	25519	126985	-9	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1055	33625	180893	105	25510	127000	7	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1056	33757	180826	209	23323	116043	20	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1057	33756	180825	197	23322	116044	-18	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1058	33625	180893	94	25509	126999	-6	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1065	33727	180891	77	25504	127008	5	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1066	33853	180827	124	23312	116046	13	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1067	33851	180826	112	23311	116047	-11	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1068	33726	180891	65	25502	127008	-3	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1075	33766	180896	49	25499	127012	3	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1076	33890	180833	58	23303	116045	6	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1077	33888	180831	44	23303	116047	-5	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1078	33765	180895	43	25498	127012	-1	9,8	0,1	1,9	0,05

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	102

Quo N.r	P. Nr	Nod3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt Direz. X	x/d	Molt Direz. Y	x/d
1	1	1085	33743	180907	51	25497	127012	1	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1086	33869	180844	86	23297	116041	0	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1087	33866	180841	101	23299	116046	1	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1088	33742	180906	66	25498	127014	1	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1095	33658	180926	77	25500	127010	-2	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1096	33789	180859	170	23305	116045	-7	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1097	33786	180856	187	23307	116050	8	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1098	33657	180924	94	25502	127013	3	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1105	33507	180952	104	25507	127005	-4	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1106	33648	180881	271	23316	116045	-14	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1107	33644	180876	291	23319	116051	16	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1108	33506	180950	124	25509	127008	6	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1115	33286	180987	134	25518	126995	-7	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1116	33440	180909	381	23332	116041	-23	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1117	33436	180903	404	23334	116048	24	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1118	33285	180985	157	25520	126998	9	9,8	0,1	1,9	0,05
1	1	1125	32989	181032	164	25534	126978	-11	9,9	0,1	1,9	0,05
1	1	1126	33161	180945	503	23353	116034	-34	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1127	33155	180938	530	23356	116041	35	10,3	0,1	2,0	0,05
1	1	1128	32987	181030	192	25536	126982	13	9,9	0,1	1,9	0,05
1	1	1135	32605	181089	208	25556	126953	-16	9,9	0,1	1,9	0,05
1	1	1138	32603	181086	238	25558	126958	18	9,9	0,1	1,9	0,05
1	1	1145	32124	181160	259	25583	126919	-22	10,0	0,1	1,9	0,05
1	1	1148	32121	181156	295	25585	126924	24	10,0	0,1	1,9	0,05
1	1	1155	31531	181246	318	25615	126872	-29	10,0	0,1	1,9	0,05
1	1	1158	31528	181242	361	25618	126877	31	10,0	0,1	1,9	0,05
1	1	1165	30809	181350	385	25649	126808	-37	10,1	0,1	1,9	0,05
1	1	1168	30805	181345	438	25652	126813	40	10,1	0,1	1,9	0,05
1	1	1175	29937	181473	463	25679	126722	-47	10,2	0,1	1,9	0,05
1	1	1178	29933	181466	527	25683	126729	50	10,2	0,1	1,9	0,05
1	1	1185	28891	181616	553	25695	126611	-58	10,4	0,1	1,9	0,05
1	1	1188	28886	181607	632	25699	126618	62	10,4	0,1	1,9	0,05
1	1	1195	27641	181778	657	25680	126467	-70	10,5	0,1	1,9	0,05
1	1	1198	27635	181767	754	25685	126475	73	10,5	0,1	1,9	0,05

Gr.Q N.ro	Gen N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt Direz. X	Comb	Molt Direz. Y	Comb
1	1	1	11688	57038	9006	5891	23774	1421	6,02	1	1,39	1
1	1	2	10508	52302	6341	5468	25701	410	6,55	1	1,37	1
1	1	4	2090	58273	6899	-5633	-29335	-260	8,70	1	1,21	1
1	1	5	9726	48588	6895	5305	25104	355	6,86	1	1,42	1
1	1	6	12985	63618	3266	-7034	-29627	197	5,16	1	1,16	1
1	1	8	12179	65699	2377	-6666	-28895	172	5,47	1	1,17	1
1	1	10	11571	66384	2476	-5898	-28244	72	6,03	1	1,18	1
1	1	13	11276	66505	2449	-5671	-27986	16	6,25	1	1,19	1
1	1	24	11898	65899	1444	-5602	-28025	-37	6,18	1	1,19	1
1	1	26	12064	65907	1306	-5608	-28058	-33	6,14	1	1,19	1
1	1	38	12732	66489	722	-5646	-28269	-10	6,00	1	1,18	1
1	1	39	10164	50661	337	5062	24587	-180	6,98	1	1,42	1
1	1	40	12778	66614	621	-5651	-28302	-8	5,99	1	1,18	1
1	1	41	10269	51201	281	5052	24810	-112	6,96	1	1,41	1
1	1	42	12808	66727	506	-5655	-28330	-6	5,98	1	1,18	1
1	1	43	10257	51452	205	4954	24599	-43	7,05	1	1,42	1
1	1	44	12827	66822	378	-5657	-28352	-4	5,98	1	1,18	1
1	1	45	10258	51704	143	4952	24565	-48	7,05	1	1,41	1
1	1	47	10295	51938	116	4963	24680	-34	7,03	1	1,41	1
1	1	49	10249	51832	77	4944	24666	14	7,06	1	1,41	1
1	1	1419	10947	58745	452	-414	-2025	34	16,48	1	3,11	1
1	1	1431	12294	65262	321	-3923	-19563	16	7,54	1	1,47	1
1	1	1432	10069	53161	271	3182	15725	-17	9,26	1	1,82	1
1	1	1433	10434	56198	241	1415	6846	2	12,96	1	2,49	1
1	1	1434	10947	59237	220	-371	-1979	13	16,71	1	3,09	1
1	1	1435	11570	62288	207	-2147	-10775	15	10,39	1	1,99	1
1	1	1436	12300	65339	203	-3919	-19566	11	7,55	1	1,47	1
1	1	1437	10062	53319	105	3181	15701	-2	9,27	1	1,82	1
1	1	1438	10443	56282	93	1416	6854	1	12,95	1	2,49	1
1	1	1439	10946	59304	90	-362	-1967	5	16,76	1	3,09	1
1	1	1440	11566	62344	80	-2138	-10766	7	10,41	1	1,99	1
1	1	1441	12300	65384	75	-3915	-19565	5	7,55	1	1,47	1
1	1	1442	10073	53263	142	3183	15704	-1	9,26	1	1,82	1
1	1	1443	10473	56276	61	1417	6856	-1	12,92	1	2,49	1
1	1	1444	10939	59310	62	-359	-1963	-2	16,79	1	3,09	1
1	1	1445	11561	62358	65	-2133	-10761	-2	10,43	1	1,99	1
1	1	1446	12297	65393	67	-3910	-19562	-1	7,56	1	1,47	1

Gr.Q N.ro	Gen N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt Direz. X	Comb	Molt Direz. Y	Comb
1	2	49	10249	51832	77	4944	24666	14	7,06	1	1,41	1
1	2	51	10266	51743	512	4941	24588	29	7,06	1	1,41	1

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	103

Gr.Q N.ro	Gen N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt. Direz. X	Comb	Molt. Direz. Y	Comb
1	2	53	10017	49936	500	5021	24780	82	7,05	1	1,42	1
1	2	54	12822	66849	368	-5660	-28362	6	5,97	1	1,17	1
1	2	55	10758	53204	655	4955	24416	90	6,93	1	1,40	1
1	2	56	12802	66758	507	-5658	-28342	8	5,98	1	1,18	1
1	2	57	10430	52434	1248	4956	24561	55	7,01	1	1,41	1
1	2	58	12774	66641	636	-5655	-28316	11	5,99	1	1,18	1
1	2	59	9670	49000	1080	5117	24879	176	7,04	1	1,43	1
1	2	60	12733	66504	752	-5650	-28284	13	6,00	1	1,18	1
1	2	62	12678	66355	857	-5645	-28249	16	6,01	1	1,18	1
1	2	90	11527	65524	2667	-6009	-28350	-53	5,97	1	1,18	1
1	2	92	12304	64534	3142	-6383	-28928	-87	5,61	1	1,18	1
1	2	93	10083	49599	6849	5383	25226	-422	6,71	1	1,41	1
1	2	94	11660	62630	5517	-5574	-29153	135	6,24	1	1,18	1
1	2	95	9531	54962	7392	5754	25596	-793	6,53	1	1,35	1
1	2	96	2414	64861	9034	-6024	-27456	295	8,08	1	1,21	1
1	2	97	8252	56580	6030	6179	24495	-1600	6,46	1	1,37	1
1	2	1464	10928	58905	528	-405	-2015	-31	16,56	1	3,10	1
1	2	1549	1140	56850	520	-768	-2010	29	50,49	8	3,20	1
1	2	1550	2727	59940	1642	-1902	-10502	-11	20,58	1	2,05	1
1	2	1551	6233	62636	3994	-3711	-19039	-9	10,08	1	1,52	1
1	2	1552	2967	50211	4982	2884	15441	-132	14,71	1	1,88	1
1	2	1553	1221	52842	2123	1185	6876	172	35,77	1	2,59	1
1	2	1554	581	55292	372	-738	-2230	132	60,49	8	3,24	1
1	2	1555	1113	58703	1366	-1456	-10628	64	30,80	1	2,07	1
1	2	1556	4478	61201	4396	-3538	-19131	-319	11,43	1	1,53	1
1	2	1557	416	51834	2904	1959	16002	-442	26,00	1	1,82	1
1	2	1558	295	50640	1108	970	7450	554	51,35	1	2,60	1
1	2	1559	260	52047	285	-826	-2745	775	60,12	1	3,30	1
1	2	1560	482	56399	1071	-1074	-11219	420	44,83	1	2,07	1
1	2	1561	3417	62538	3531	-2123	-19868	-886	17,85	1	1,49	1
1	2	1562	-1089	50866	1412	-1242	17363	-708	55,76	1	1,76	1
1	2	1563	-368	47697	1277	1341	8113	1092	43,12	1	2,61	1
1	2	1564	-187	49546	789	-1336	-3282	1265	41,72	1	3,31	1
1	2	1565	127	52368	1052	-912	-11842	914	56,90	1	2,11	1
1	2	1566	3830	66386	352	-1898	-22151	-1168	18,57	1	1,36	1

Gr.Q N.ro	Gen N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt. Direz. X	Comb	Molt. Direz. Y	Comb
1	3	99	11713	57022	8894	-5964	-23957	-1465	5,97	1	1,39	1
1	3	100	10590	52554	6341	-5486	-25690	-436	6,52	1	1,37	1
1	3	102	3616	58810	6510	5880	29380	238	7,88	1	1,20	1
1	3	103	9726	48457	6941	-5302	-25082	-357	6,86	1	1,43	1
1	3	104	12669	63588	3230	6766	29509	-167	5,34	1	1,17	1
1	3	105	9715	47627	5281	-5113	-24351	-303	7,04	1	1,46	1
1	3	106	11615	65438	2479	6464	28825	-149	5,67	1	1,17	1
1	3	108	11315	66145	2540	5922	28270	-66	6,06	1	1,18	1
1	3	111	11203	66341	2447	5687	28000	-16	6,25	1	1,19	1
1	3	122	11892	65856	1441	5599	28015	36	6,18	1	1,19	1
1	3	136	12730	66484	720	5643	28257	10	6,00	1	1,18	1
1	3	137	10108	50622	331	-5090	-24674	194	6,96	1	1,42	1
1	3	138	12775	66611	618	5648	28289	8	5,99	1	1,18	1
1	3	139	10286	51367	216	-5049	-24825	105	6,96	1	1,41	1
1	3	140	12806	66724	502	5652	28317	6	5,98	1	1,18	1
1	3	141	10248	51358	218	-4945	-24602	30	7,06	1	1,42	1
1	3	142	12825	66819	372	5654	28339	4	5,98	1	1,18	1
1	3	143	10263	51725	144	-4934	-24527	36	7,07	1	1,42	1
1	3	145	10294	51911	121	-4952	-24645	29	7,04	1	1,41	1
1	3	147	10252	51813	91	-4939	-24637	-14	7,07	1	1,41	1
1	3	1675	11562	62192	308	2155	10776	-23	10,38	1	1,99	1
1	3	1676	12289	65260	313	3921	19553	-16	7,55	1	1,47	1
1	3	1677	10077	53166	238	-3180	-15724	19	9,26	1	1,82	1
1	3	1678	10429	56191	223	-1414	-6844	1	12,97	1	2,49	1
1	3	1679	10941	59235	206	369	1976	-11	16,73	1	3,09	1
1	3	1680	11564	62286	196	2145	10768	-15	10,40	1	1,99	1
1	3	1681	12295	65335	194	3917	19556	-10	7,55	1	1,47	1
1	3	1682	10063	53301	114	-3174	-15693	1	9,28	1	1,82	1
1	3	1683	10442	56274	104	-1413	-6852	0	12,96	1	2,49	1
1	3	1684	10941	59298	84	361	1964	-4	16,78	1	3,09	1
1	3	1685	11562	62339	72	2136	10759	-6	10,42	1	1,99	1
1	3	1686	12297	65378	66	3912	19555	-5	7,56	1	1,47	1
1	3	1687	10081	53247	154	-3176	-15694	0	9,26	1	1,82	1
1	3	1688	10468	56264	69	-1414	-6853	1	12,93	1	2,49	1
1	3	1689	10935	59303	71	360	1962	3	16,79	1	3,09	1
1	3	1690	11558	62350	73	2133	10756	3	10,43	1	1,99	1
1	3	1691	12295	65384	74	3909	19552	1	7,56	1	1,47	1

Gr.Q N.ro	Gen N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt. Direz. X	Comb	Molt. Direz. Y	Comb
1	4	147	10252	51813	91	-4939	-24637	-14	7,07	1	1,41	1
1	4	149	10276	51681	504	-4932	-24556	-26	7,07	1	1,41	1
1	4	151	10032	50023	559	-5003	-24741	-68	7,06	1	1,42	1
1	4	152	12821	66837	373	5657	28346	-6	5,98	1	1,18	1
1	4	153	10732	53413	576	-4968	-24485	-89	6,93	1	1,40	1

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	104

Gr.Q N.ro	Gen N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt. Direz. X	Comb	Molt. Direz. Y	Comb
1	4	154	12802	66744	511	5655	28326	-9	5,98	1	1,18	1
1	4	155	10346	51930	1380	-4996	-24621	-90	6,99	1	1,41	1
1	4	156	12773	66625	638	5652	28299	-11	5,99	1	1,18	1
1	4	157	9789	49174	942	-5078	-24686	-176	7,05	1	1,43	1
1	4	158	12733	66487	753	5647	28268	-13	6,00	1	1,18	1
1	4	186	11243	65894	2646	5698	27988	-1	6,23	1	1,19	1
1	4	188	11536	65533	2665	6025	28340	56	5,96	1	1,18	1
1	4	190	12260	64525	3173	6420	28928	88	5,59	1	1,18	1
1	4	191	10084	49470	6966	-5384	-25216	427	6,71	1	1,41	1
1	4	192	11222	62578	5611	5509	29124	-150	6,38	1	1,18	1
1	4	193	9635	55295	7332	-5780	-25578	830	6,49	1	1,34	1
1	4	194	1571	64667	8893	6018	27439	-272	8,36	1	1,21	1
1	4	195	8262	56507	5731	-6282	-24728	1670	6,38	1	1,36	1
1	4	1704	10930	59070	416	391	1999	25	16,63	1	3,10	1
1	4	1794	1143	56823	532	766	2007	-29	50,55	9	3,20	1
1	4	1795	2725	59916	1628	1905	10496	10	20,57	1	2,05	1
1	4	1796	6152	62612	3958	3705	19027	10	10,13	1	1,52	1
1	4	1797	2963	50147	4988	-2880	-15436	134	14,73	1	1,89	1
1	4	1798	1241	52841	2148	-1182	-6874	-172	35,74	1	2,59	1
1	4	1799	581	55274	388	736	2228	-131	60,58	9	3,24	1
1	4	1800	1115	58663	1372	1456	10619	-63	30,79	1	2,07	1
1	4	1801	4455	61186	4408	3553	19125	312	11,41	1	1,53	1
1	4	1802	391	51994	2950	-1940	-15999	430	26,32	1	1,82	1
1	4	1803	313	50662	1134	-970	-7451	-555	51,12	1	2,60	1
1	4	1804	256	52054	302	828	2743	-775	60,09	1	3,30	1
1	4	1805	483	56376	1077	1071	11212	-419	44,93	1	2,07	1
1	4	1806	3522	62525	3565	2155	19867	898	17,51	1	1,49	1
1	4	1807	-634	50872	1566	-490	-17302	631	99,90	8	1,76	1
1	4	1808	-352	47767	1320	-1342	-8111	-1095	42,94	1	2,61	1
1	4	1809	-196	49553	820	1334	3279	-1264	41,86	1	3,32	1
1	4	1810	140	52400	1174	915	11836	-911	56,47	1	2,11	1
1	4	1811	4004	66413	178	1887	22153	1178	18,35	1	1,36	1

Gr.Q N.ro	Gen N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt. Direz. X	Comb	Molt. Direz. Y	Comb
1	1	1	11688	57038	9006	5891	23774	1421	6,96	1	1,61	1
1	1	2	10508	52302	6341	5468	25701	410	7,58	1	1,58	1
1	1	4	2090	58273	6899	-5633	-29335	-260	10,10	1	1,40	1
1	1	5	9726	48588	6895	5305	25104	355	7,94	1	1,65	1
1	1	6	12985	63618	3266	-7034	-29627	197	5,97	1	1,35	1
1	1	8	12179	65699	2377	-6666	-28895	172	6,33	1	1,35	1
1	1	10	11571	66384	2476	-5898	-28244	72	6,98	1	1,37	1
1	1	13	11276	66505	2449	-5671	-27986	16	7,23	1	1,37	1
1	1	24	11898	65899	1444	-5602	-28025	-37	7,15	1	1,38	1
1	1	26	12064	65907	1306	-5608	-28058	-33	7,11	1	1,38	1
1	1	38	12732	66489	722	-5646	-28269	-10	6,94	1	1,36	1
1	1	39	10164	50661	337	5062	24587	-180	8,07	1	1,65	1
1	1	40	12778	66614	621	-5651	-28302	-8	6,93	1	1,36	1
1	1	41	10269	51201	281	5052	24810	-112	8,05	1	1,63	1
1	1	42	12808	66727	506	-5655	-28330	-6	6,92	1	1,36	1
1	1	43	10257	51452	167	4954	24599	-43	8,16	1	1,64	1
1	1	44	12827	66822	378	-5657	-28352	-4	6,91	1	1,36	1
1	1	45	10258	51704	122	4952	24565	-48	8,16	1	1,64	1
1	1	47	10295	51938	74	4963	24680	-34	8,14	1	1,63	1
1	1	49	10249	51832	59	4944	24666	14	8,17	1	1,63	1
1	1	1419	10947	58745	452	-414	-2025	34	18,96	1	3,57	1
1	1	1431	12294	65262	321	-3923	-19563	16	8,71	1	1,70	1
1	1	1432	10069	53161	271	3182	15725	-17	10,69	1	2,10	1
1	1	1433	10434	56198	241	1415	6846	2	14,89	1	2,86	1
1	1	1434	10947	59237	220	-371	-1979	13	19,22	1	3,56	1
1	1	1435	11570	62288	207	-2147	-10775	15	11,96	1	2,28	1
1	1	1436	12300	65339	203	-3919	-19566	11	8,71	1	1,70	1
1	1	1437	10062	53319	74	3181	15701	-2	10,70	1	2,10	1
1	1	1438	10443	56282	84	1416	6854	1	14,88	1	2,86	1
1	1	1439	10946	59304	90	-362	-1967	5	19,28	1	3,56	1
1	1	1440	11566	62344	80	-2138	-10766	7	11,99	1	2,28	1
1	1	1441	12300	65384	75	-3915	-19565	5	8,72	1	1,70	1
1	1	1442	10073	53263	142	3183	15704	-1	10,69	1	2,10	1
1	1	1443	10473	56276	56	1417	6856	-1	14,84	1	2,86	1
1	1	1444	10939	59310	54	-359	-1963	-2	19,31	1	3,56	1
1	1	1445	11561	62358	55	-2133	-10761	-2	12,00	1	2,28	1
1	1	1446	12297	65393	56	-3910	-19562	-1	8,73	1	1,70	1

Gr.Q N.ro	Gen N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt. Direz. X	Comb	Molt. Direz. Y	Comb
1	2	49	10249	51832	59	4944	24666	14	8,17	1	1,63	1
1	2	51	10266	51743	512	4941	24588	29	8,17	1	1,63	1
1	2	53	10017	49936	500	5021	24780	82	8,15	1	1,65	1
1	2	54	12822	66849	368	-5660	-28362	6	6,91	1	1,36	1
1	2	55	10758	53204	598	4955	24416	90	8,02	1	1,63	1
1	2	56	12802	66758	507	-5658	-28342	8	6,92	1	1,36	1
1	2	57	10430	52434	1248	4956	24561	55	8,11	1	1,63	1
1	2	58	12774	66641	636	-5655	-28316	11	6,93	1	1,36	1

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a
PK 6+945,15 per viabilità
Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	105

Gr.Q N.ro	Gen N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt. Direz. X	Comb	Molt. Direz. Y	Comb
1	2	59	9670	49000	1080	5117	24879	176	8,15	1	1,65	1
1	2	60	12733	66504	752	-5650	-28284	13	6,94	1	1,36	1
1	2	62	12678	66355	857	-5645	-28249	16	6,95	1	1,37	1
1	2	90	11527	65524	2667	-6009	-28350	-53	6,91	1	1,37	1
1	2	92	12304	64534	3142	-6383	-28928	-87	6,49	1	1,36	1
1	2	93	10083	49599	6849	5383	25226	-422	7,77	1	1,63	1
1	2	94	11660	62630	5517	-5574	-29153	135	7,23	1	1,37	1
1	2	95	9531	54962	7392	5754	25596	-793	7,56	1	1,56	1
1	2	96	2414	64861	9034	-6024	-27456	295	9,38	1	1,40	1
1	2	97	8252	56580	6030	6179	24495	-1600	7,48	1	1,59	1
1	2	1464	10928	58905	528	-405	-2015	-31	19,04	1	3,57	1
1	2	1549	1932	56850	520	-347	-2010	64	72,62	1	3,68	1
1	2	1550	2727	59940	1642	-1902	-10502	-11	23,83	1	2,36	1
1	2	1551	6233	62636	3994	-3711	-19039	-9	11,67	1	1,75	1
1	2	1552	2967	50211	4982	2884	15441	-132	17,04	1	2,18	1
1	2	1553	1221	52842	2123	1185	6876	172	41,44	1	2,98	1
1	2	1554	981	55292	372	-451	-2230	271	88,05	1	3,72	1
1	2	1555	1113	58703	1366	-1456	-10628	64	35,70	1	2,38	1
1	2	1556	4478	61201	4396	-3538	-19131	-319	13,24	1	1,77	1
1	2	1557	416	51834	2904	1959	16002	-442	30,17	1	2,10	1
1	2	1558	295	50640	1108	970	7450	554	59,58	1	2,98	1
1	2	1559	260	52047	285	-826	-2745	775	69,76	1	3,79	1
1	2	1560	482	56399	1071	-1074	-11219	420	52,00	1	2,38	1
1	2	1561	3417	62538	3531	-2123	-19868	-886	20,66	1	1,72	1
1	2	1562	-1089	50866	1412	-1242	17363	-708	65,17	1	2,03	1
1	2	1563	-368	47697	1277	1341	8113	1092	50,14	1	3,00	1
1	2	1564	-187	49546	789	-1336	-3282	1265	48,48	1	3,81	1
1	2	1565	127	52368	1052	-912	-11842	914	66,05	1	2,43	1
1	2	1566	3830	66386	233	-1898	-22151	-1168	21,48	1	1,57	1

Gr.Q N.ro	Gen N.r	Nodo 3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	Molt. Direz. X	Comb	Molt. Direz. Y	Comb
1	3	99	11713	57022	8894	-5964	-23957	-1465	6,90	1	1,60	1
1	3	100	10590	52554	6341	-5486	-25690	-436	7,55	1	1,58	1
1	3	102	3616	58810	6510	5880	29380	238	9,14	1	1,39	1
1	3	103	9726	48457	6941	-5302	-25082	-357	7,94	1	1,65	1
1	3	104	12669	63588	3230	6766	29509	-167	6,18	1	1,35	1
1	3	105	9715	47627	5281	-5113	-24351	-303	8,14	1	1,69	1
1	3	106	11615	65438	2479	6464	28825	-149	6,56	1	1,36	1
1	3	108	11315	66145	2540	5922	28270	-66	7,02	1	1,37	1
1	3	111	11203	66341	2447	5687	28000	-16	7,23	1	1,37	1
1	3	122	11892	65856	1441	5599	28015	36	7,15	1	1,38	1
1	3	136	12730	66484	720	5643	28257	10	6,94	1	1,36	1
1	3	137	10108	50622	331	-5090	-24674	194	8,06	1	1,64	1
1	3	138	12775	66611	618	5648	28289	8	6,93	1	1,36	1
1	3	139	10286	51367	212	-5049	-24825	105	8,05	1	1,63	1
1	3	140	12806	66724	502	5652	28317	6	6,92	1	1,36	1
1	3	141	10248	51358	180	-4945	-24602	30	8,17	1	1,64	1
1	3	142	12825	66819	372	5654	28339	4	6,92	1	1,36	1
1	3	143	10263	51725	124	-4934	-24527	36	8,18	1	1,64	1
1	3	145	10294	51911	79	-4952	-24645	29	8,15	1	1,63	1
1	3	147	10252	51813	82	-4939	-24637	-14	8,18	1	1,63	1
1	3	1675	11562	62192	308	2155	10776	-23	11,95	1	2,29	1
1	3	1676	12289	65260	313	3921	19553	-16	8,72	1	1,70	1
1	3	1677	10077	53166	238	-3180	-15724	19	10,69	1	2,10	1
1	3	1678	10429	56191	223	-1414	-6844	1	14,90	1	2,86	1
1	3	1679	10941	59235	206	369	1976	-11	19,24	1	3,56	1
1	3	1680	11564	62286	196	2145	10768	-15	11,97	1	2,29	1
1	3	1681	12295	65335	194	3917	19556	-10	8,72	1	1,70	1
1	3	1682	10063	53301	78	-3174	-15693	1	10,71	1	2,10	1
1	3	1683	10442	56274	67	-1413	-6852	0	14,89	1	2,86	1
1	3	1684	10941	59298	76	361	1964	-4	19,29	1	3,56	1
1	3	1685	11562	62339	69	2136	10759	-6	11,99	1	2,28	1
1	3	1686	12297	65378	66	3912	19555	-5	8,72	1	1,70	1
1	3	1687	10081	53247	154	-3176	-15694	0	10,70	1	2,10	1
1	3	1688	10468	56264	67	-1414	-6853	1	14,86	1	2,86	1
1	3	1689	10935	59303	67	360	1962	3	19,31	1	3,56	1
1	3	1690	11558	62350	65	2133	10756	3	12,00	1	2,29	1
1	3	1691	12295	65384	65	3909	19552	1	8,73	1	1,70	1

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

18.1 SCHEMA DI SINTESI

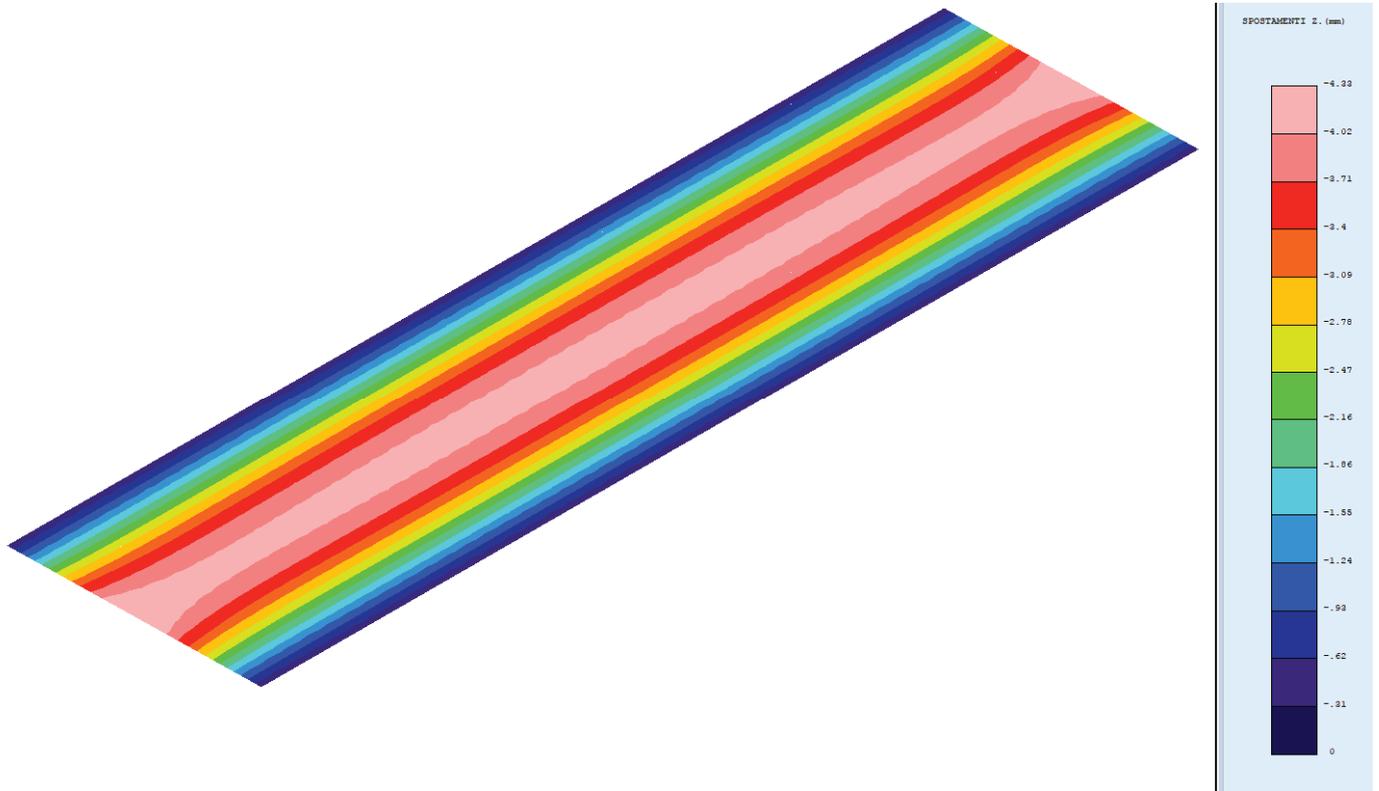


Figura 61 – Spostamento massimo solettone superiore a carico verticale SLU

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

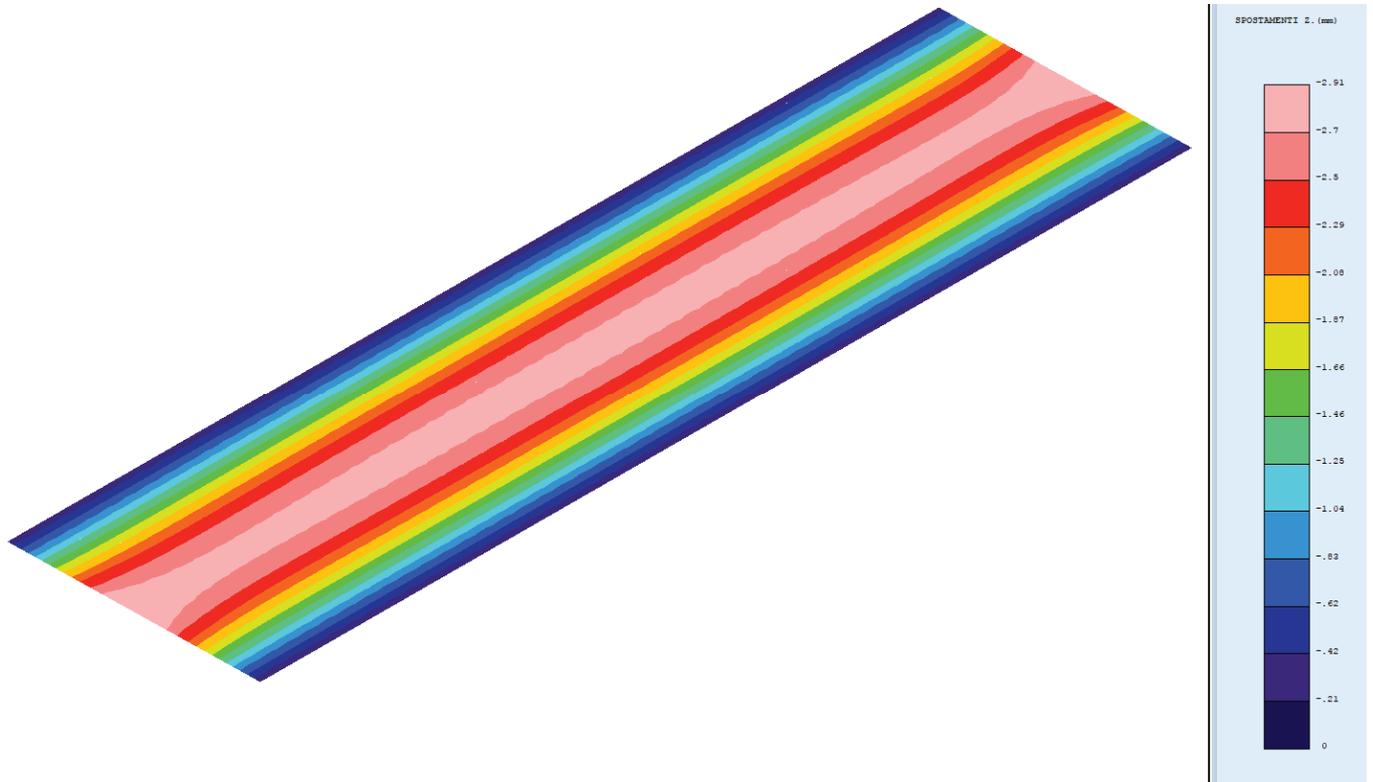


Figura 62 – Spostamento solettone superiore a carico verticale SLE - RARA

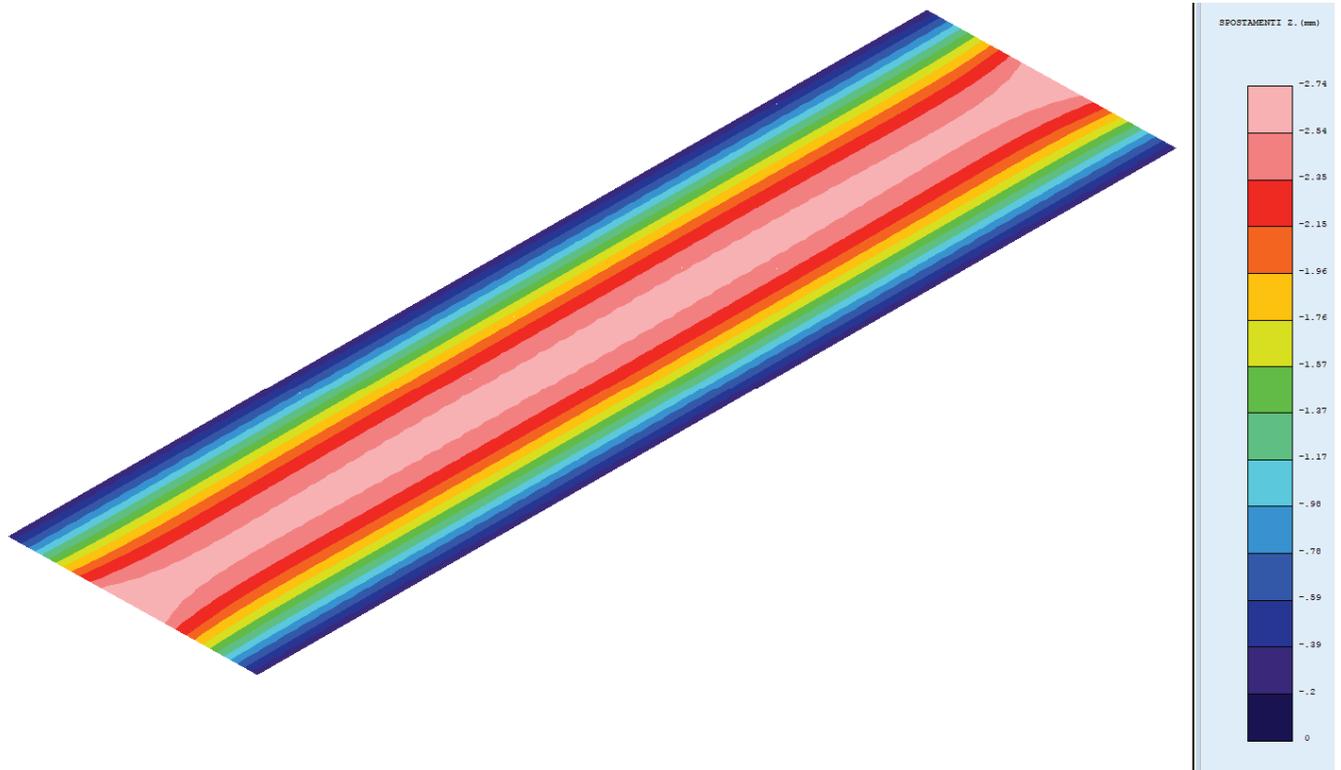


Figura 63 – Spostamento solettone superiore a carico verticale SLE – FREQUENTE

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

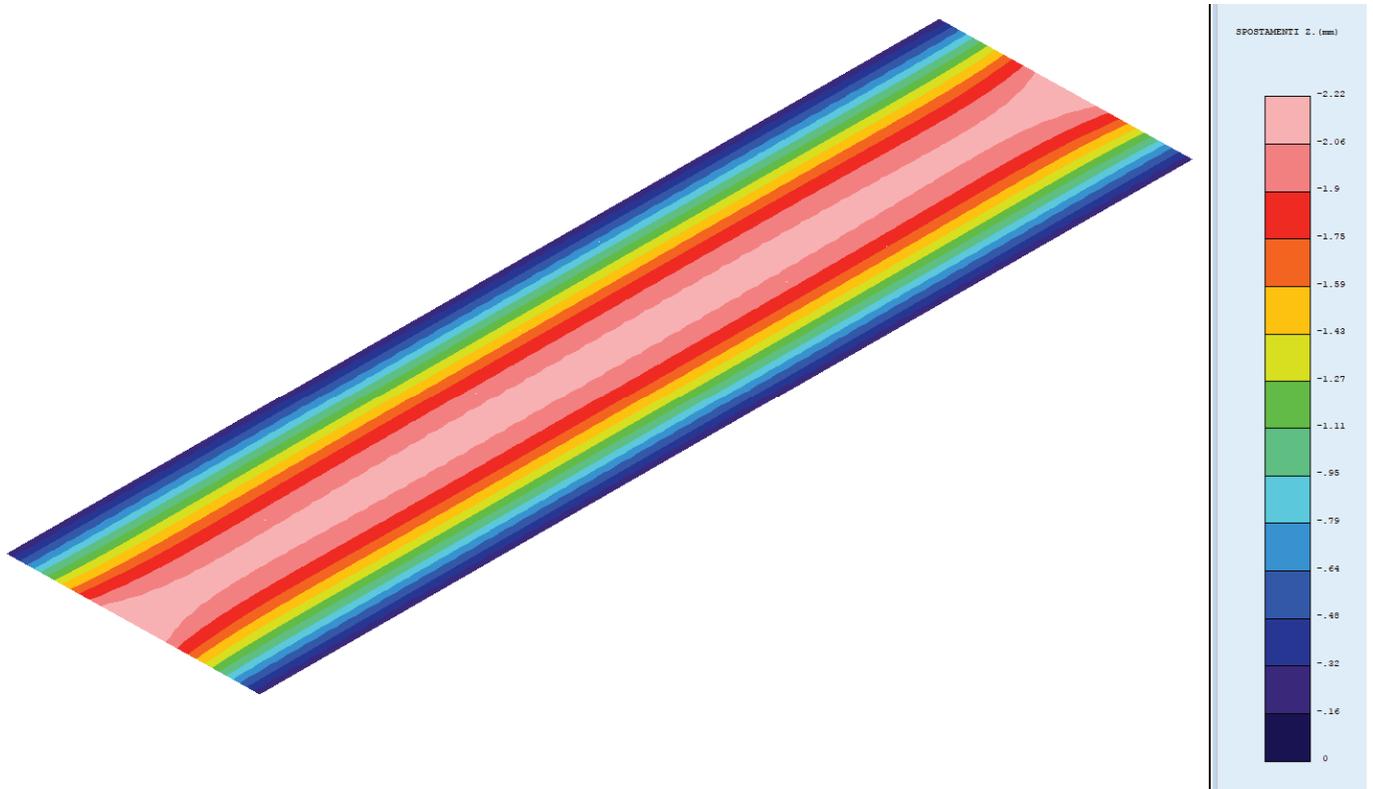


Figura 64 – Spostamento solettone superiore a carico verticale SLE – PERMANENTE

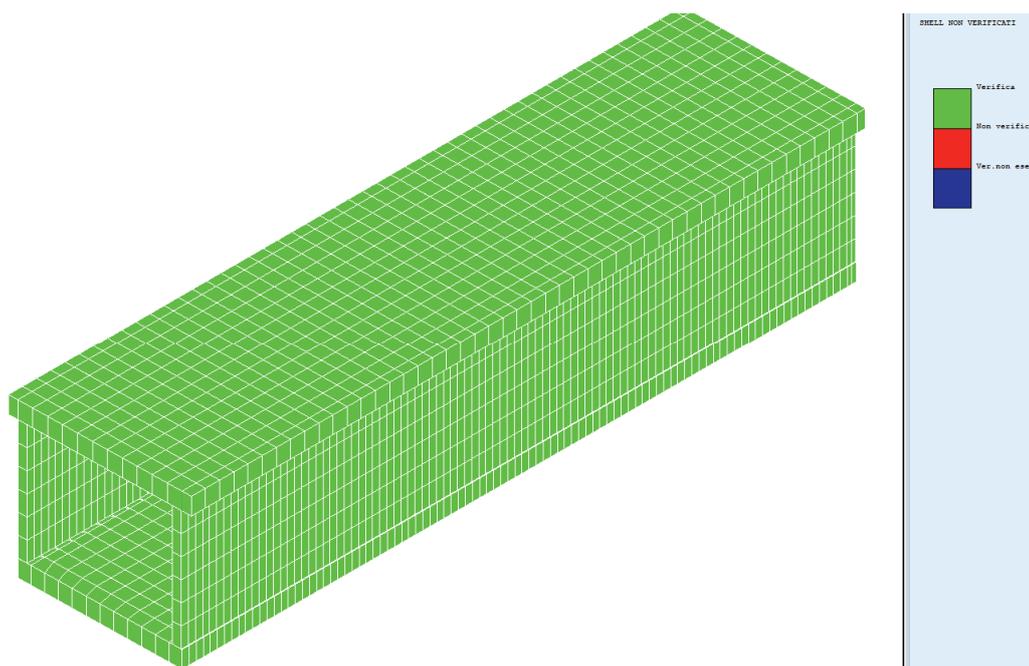


Figura 65 – VERIFICA GENERALE SLU-SLE

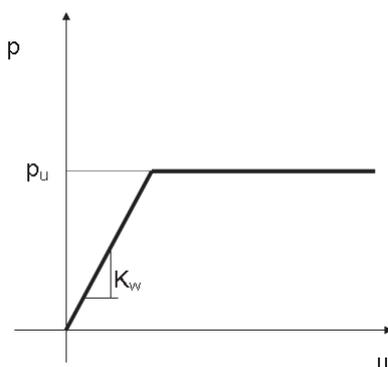
MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	109

19. VERIFICA GEOTECNICA DELLE FONDAZIONI

La fondazione dello scatolare oggetto della relazione è costituita da una platea di dimensioni 11,40 m x 49,30 m con spessore di 1,20 m.

Si è implementato un tipo di verifica in cui la modellazione agli elementi finiti dell'intera struttura di fondazione può essere costituita, nella forma più generale.

In particolare gli elementi strutturali vengono modellati in campo elastico lineare mentre il terreno viene modellato come un letto di molle non lineari e non reagenti a trazione il cui legame costitutivo, per una area di impronta unitaria, è rappresentato dal diagramma seguente:



Il legame di tipo elastoplastico reagente a sola compressione è ottenuto utilizzando come rigidità all'origine la costante di *Winkler* del terreno e come resistenza il valore della capacità portante ultima calcolata con le normali teorie di *Brinch-Hansen* e *Vesic*. Il modello così ottenuto è in grado di tenere in conto dell'eterogeneità del terreno in maniera puntuale.

A questo punto viene condotta un'analisi non lineare a controllo di forza incrementando le azioni agenti fino ad ottenere il collasso della fondazione.

Al fine di verificare la compatibilità delle deformazioni del terreno, che in campo plastico possono diventare molto elevate, con la effettiva capacità di redistribuzione della fondazione, durante l'analisi viene limitata la rotazione tra i vari punti della stessa. Il raggiungimento di una prefissata rotazione ultima individua il criterio per la determinazione del moltiplicatore di collasso.

Tale modalità di analisi risulta descritta anche nel codice *FEMA 356*, codice di indubbio valore internazionale, a cui può farsi riferimento come previsto dalle *NTC 2008*.

Invece, il calcolo viene eseguito sulla base della conoscenza delle tensioni nel sottosuolo.

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										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	110

$$\mu = \int \frac{\sigma(z)}{E} dz$$

essendo

E = modulo elastico o edometrico

$\sigma(z)$ = tensione verticale nel sottosuolo dovuta all'incremento di carico q

La distribuzione delle tensioni verticali viene valutata secondo l'espressione di *Steinbrenner*, considerando la pressione agente uniformemente su una superficie rettangolare di dimensioni B e L:

$$\sigma(z) = \frac{q}{4\pi} \left[\frac{2 \times M \times N \times \sqrt{V} \times (V+1)}{V(V+V1)} + \left| \arctan \frac{2 \times M \times N \times \sqrt{V}}{V-V1} \right| \right]$$

con:

$$M = B / z$$

$$N = L / z$$

$$V = M^2 + N^2 + 1$$

$$V1 = (M \times N)^2$$

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

18.1 VERIFICA DELLA PORTANZA FONDAZIONI E CALCOLO DEI CEDIMENTI SLV E SLE

La verifica a portanza è soddisfatta se il moltiplicatore di collasso è maggiore di 1 per tutte le combinazioni di calcolo, in figura è rappresentata quella minima, con i cedimenti ad essi associati allo SLV.

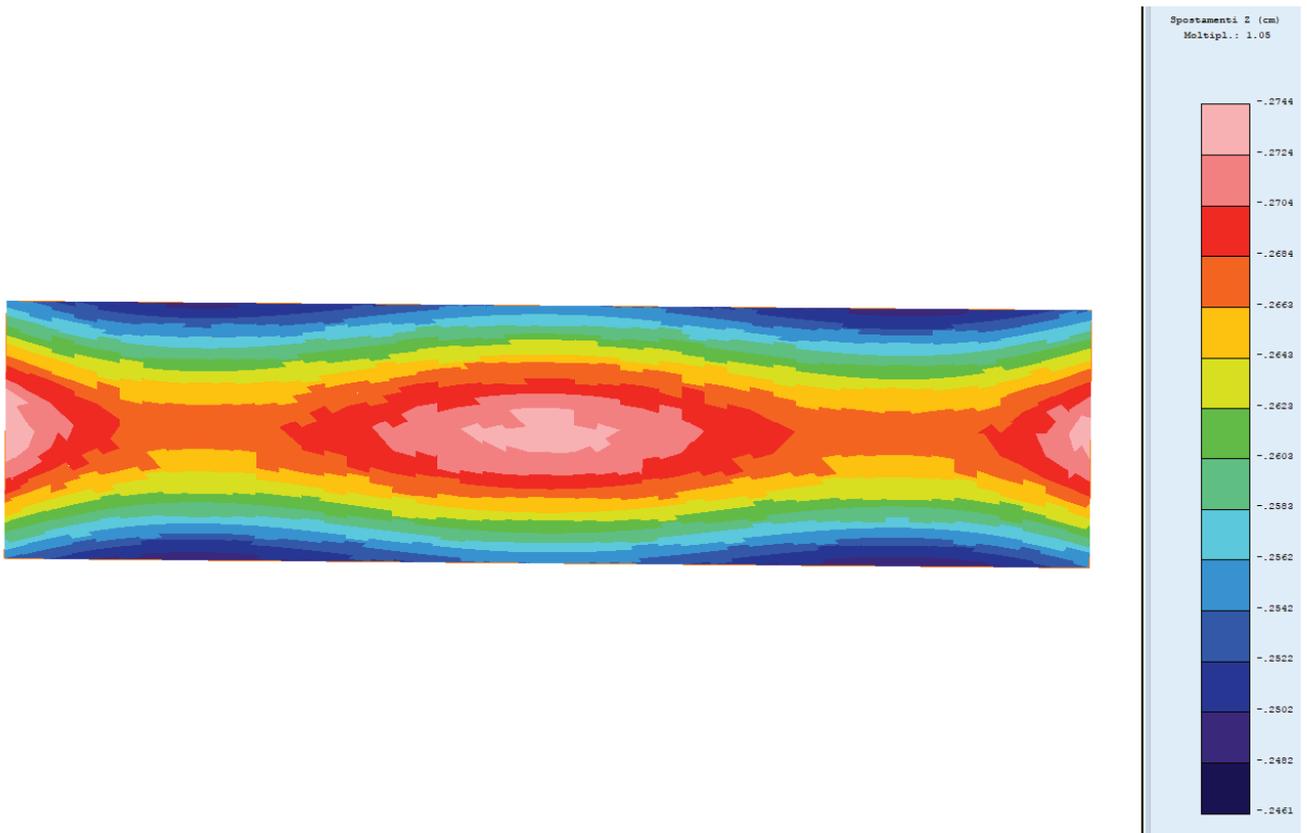


Figura 66 - Cedimenti terreno allo SLV-Condizione drenata

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										
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001	REV B

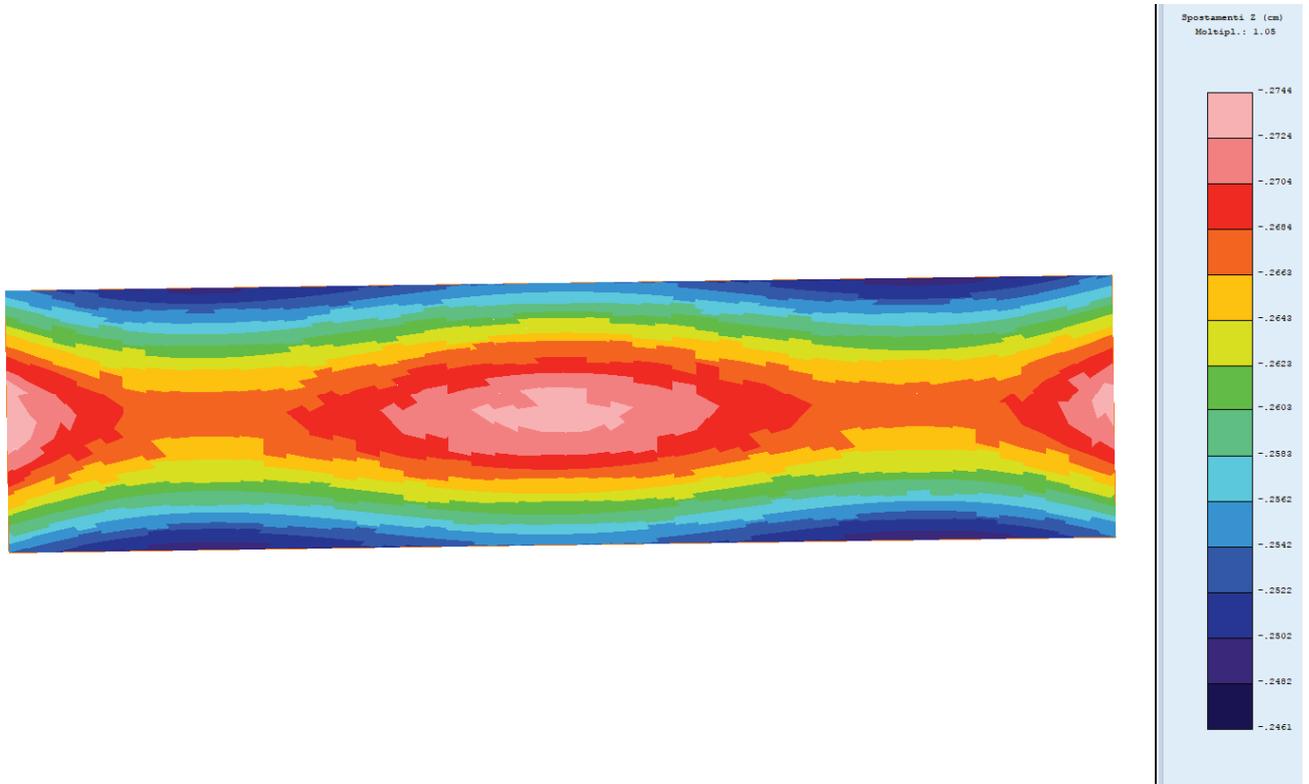


Figura 67 - Cedimenti terreno allo SLV-Condizione non drenata

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

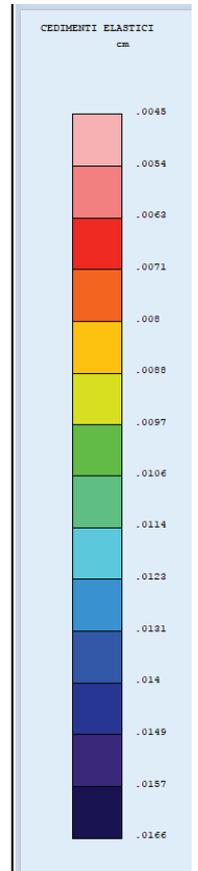
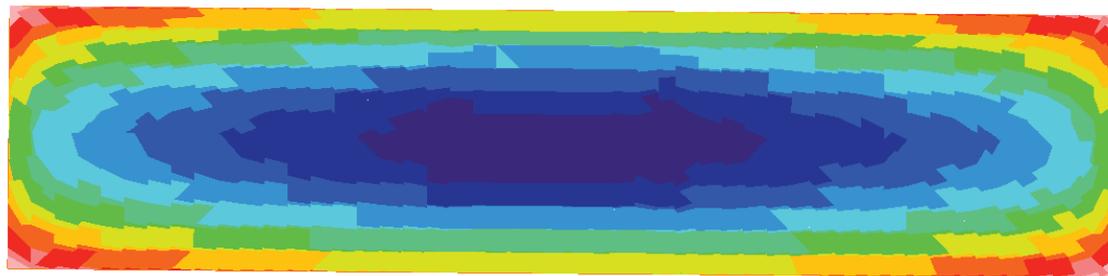


Figura 68 - Involuppo cedimenti terreno allo SLE

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									
		GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GA 04 00			PROGR 001

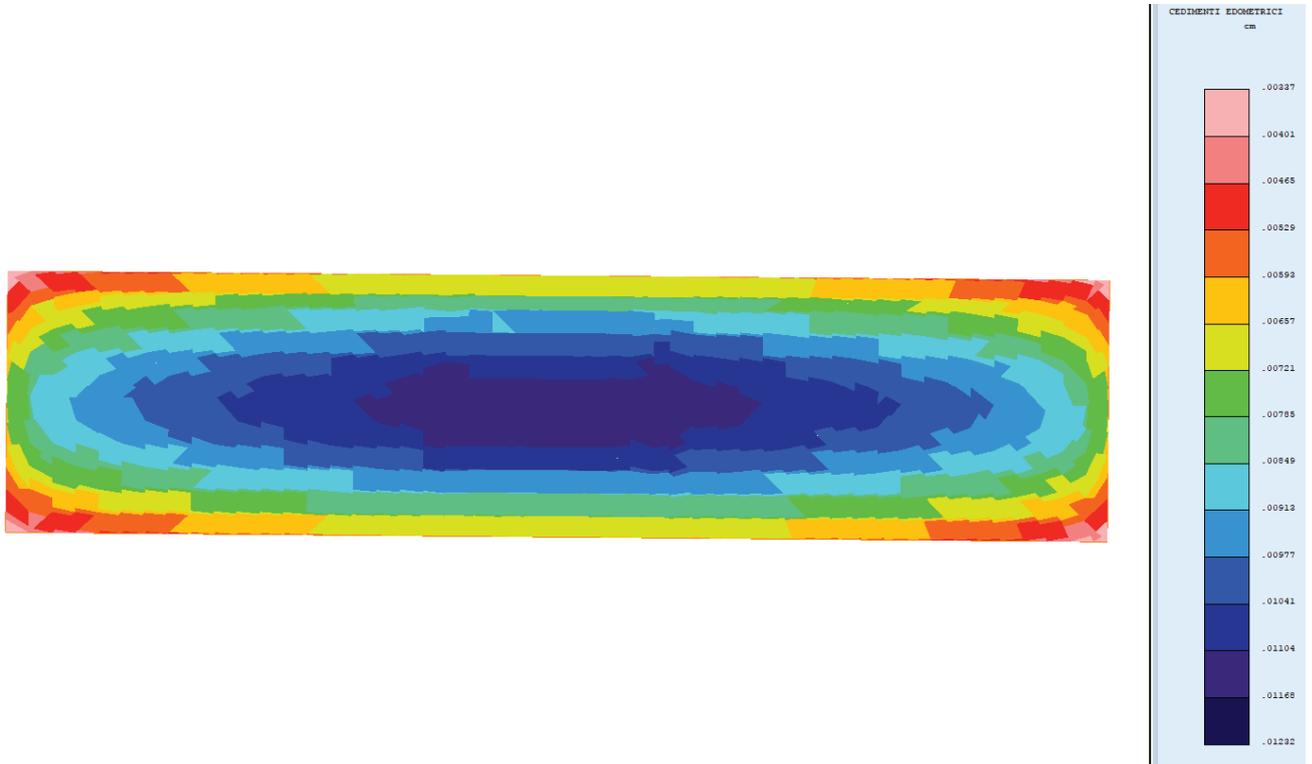


Figura 69 - Inviluppo cedimenti edometrici terreno allo SLE

Naturalmente l'intero calcolo allo SLU e SLE dello scatolare è stato descritto nel Tabulato di calcolo ad esso dedicato a parte, denominato ALLEGATO 3.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
GA04 – Galleria Artificiale da PK 6+895,85 a PK 6+945,15 per viabilità Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	GA	04	00	001	B	115

20. INCIDENZE ARMATURE

Incidenza paratia

Incidenza palo (Kg/m ³)	Incidenza cordolo in c.a. (Kg/m ³)
135	70

Incidenza scatolare in c.a.

Incidenza solettone superiore (Kg/m ³)	Incidenza solettone inferiore (Kg/m ³)	Incidenza rivestimento (Kg/m ³)
211	100	160

N.B.

Le incidenze delle armature dei solettoni sono state calcolate escludendo i cavallotti.
 Le incidenze del rivestimento sono state calcolate inclusi gli spilli, la normativa impone un minimo di 9 spilli/MQ.

19 ALLEGATO 1

Tabulato di calcolo paratia – condizione a breve termine

20 ALLEGATO 2

Tabulato di calcolo paratia – condizione a lungo termine

21 ALLEGATO 3

Tabulato di calcolo scatolare in c.a.