

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. INFRASTRUTTURE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

#### DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

#### RADDOPPIO TRATTA FIUME TORTO – LERCARA DIRAMAZIONE LOTTO 1 + 2

#### SINGOLE OPERE DI LINEA

IN53 - Prolungamento tombino faunistico al km 28+819  
Relazione di calcolo opere provvisionali

SCALA:

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

RS3Z    00    D    26    CL    IN5309    001    B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	C. INTEGRA	Gennaio 2020	M.SALLEOLINI	Gennaio 2020	A. BARRECA	Gennaio 2020	F. SACCHI Gennaio 2020	
B	1° AGG. A CONSEGNA CSLLPP	C. INTEGRA	Maggio 2020	M.SALLEOLINI	Maggio 2020	A. BARRECA	Maggio 2020		

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD  
Doc. Ing. Francesco Sacchi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
n. 23175/54

File: RS3Z00D26CLIN5309001B

n. Elab.:



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE**  
**– LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	0 di 54

## INDICE

1	PREMESSA .....	2
1.1	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	2
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
2.2	SOFTWARE .....	4
3	MATERIALI.....	5
3.1	CALCESTRUZZO.....	5
3.1.1	<i>Classe C25/30 (pali e cordolo) .....</i>	<i>5</i>
3.2	ACCIAIO .....	5
3.2.1	<i>Acciaio per cemento armato .....</i>	<i>5</i>
3.2.2	<i>Acciaio da carpenteria S275JR (micropali).....</i>	<i>5</i>
4	CRITERI DI PROGETTAZIONE .....	6
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	9
5.1	TERRENO IN SITO.....	9
5.2	RILEVATO FERROVIARIO .....	10
6	AZIONE SISMICA DI PROGETTO.....	11
7	MODELLO DI CALCOLO .....	12
7.1	GEOMETRIA.....	12
7.2	FASI REALIZZATIVE .....	14



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE**  
**– LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	1 di 54

8	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU).....	17
8.1	VERIFICHE SLU DI TIPO GEOTECNICO (GEO) .....	17
8.1.1	<i>Verifica della massima spinta passiva mobilitata</i> .....	17
8.2	VERIFICHE SLU DI TIPO STRUTTURALE.....	18
8.2.1	<i>Verifica della resistenza strutturale della paratia</i> .....	18
9	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE).....	24
9.1	VERIFICA DEI CEDIMENTI SUPERFICIALI .....	25
10	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) CORDOLO.....	29
10.1	SOLLECITAZIONI SUL CORDOLO.....	29
10.2	DIMENSIONAMENTO DELLE ARMATURE.....	30
10.3	VERIFICHE SLU .....	31
10.3.1	<i>Verifica a pressoflessione</i> .....	31
10.3.2	<i>Verifica a taglio SLU</i> .....	32
11	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	32
12	ALLEGATO.....	35

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b> <b>– LOTTO 1+2</b>					
IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLIN5309001	REV. B	FOGLIO 2 di 54

## 1 PREMESSA

Nella presente relazione sono esposti i criteri generali di calcolo e le verifiche geotecniche e strutturali delle paratie che saranno utilizzate come opere provvisionali per la realizzazione dell'opera di linea IN53 che prevede il prolungamento del tombino faunistico al km 28+819.

### 1.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'opera di sostegno necessaria per gli scavi è costituita da paratie di micropali, aventi le seguenti caratteristiche:

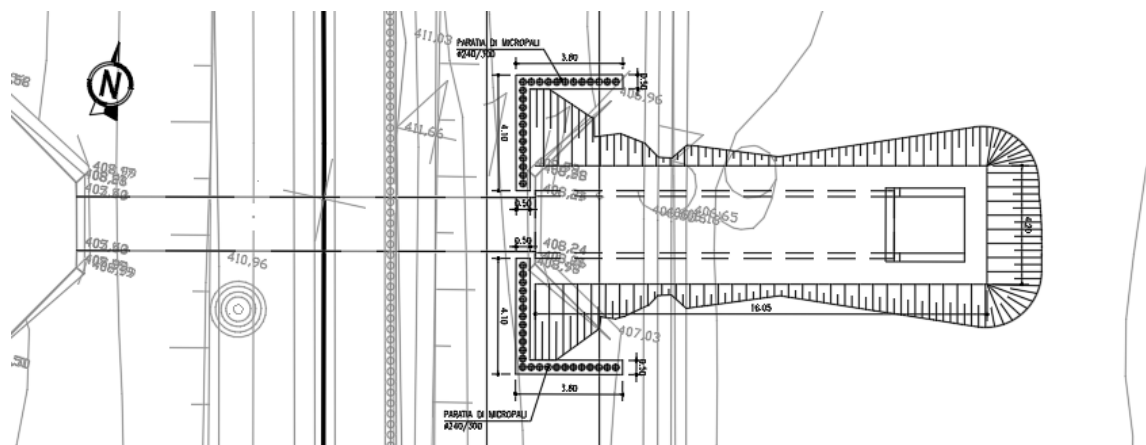
- Diametro tubo = 168.3/sp4 mm
- Diametro perforazione = 240 mm
- Spaziatura = 300 mm;
- Altezza paratia = 7.0 m
- Profondità scavo a valle = 3.5 m

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	3 di 54

La trave di coronamento della paratia, in calcestruzzo armato, ha le seguenti dimensioni:

- Altezza = 500 mm;
- Larghezza = 500 mm.

È prevista la realizzazione di allineamenti di pali in direzione perpendicolare alla paratia calcolata:



**Figura 1: Vista in pianta dell'opera da realizzare**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b> <b>– LOTTO 1+2</b>					
IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLIN5309001	REV. B	FOGLIO 4 di 54

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

Ferrovie dello Stato hanno emanato nel tempo varie normative e linee guida riguardanti sia i sovraccarichi che le prescrizioni relative ai ponti ferroviari.

Le normative rilevanti per la redazione del progetto di messa in sicurezza sono ovviamente le normative ora vigenti per le strutture, e per i ponti ferroviari in particolare, elencate nel seguito.

- *DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC18);*
- *Circolare Applicativa delle NTC 2018, 27/07/2018 (Circ n.7)*
- *Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – parte 5 – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;*
- *RFICTCSIMAIFS001\_C: Manuale di progettazione delle opere civili, 21/12/2018*
- *Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;*
- *Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi “controllo-comando e segnalamento” del sistema ferroviario nell’Unione europea.*
- *RFITCARSTAR01001D: Standard di qualità geometrica del binario e parametri di dinamica di marcia per velocità fino a 300 km/h*

### 2.2 SOFTWARE

- 1] CeAS S.r.l. – Paratie Plus 2018



PROGETTO DEFINITIVO  
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA  
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE  
– LOTTO 1+2

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	5 di 54

### 3 MATERIALI

#### 3.1 CALCESTRUZZO

##### 3.1.1 Classe C25/30 (pali e cordolo)

- Classe d'esposizione: XA2
- Copriferro netto minimo:  $c = 60\text{mm}$
- $R_{ck} = 30\text{ N/mm}^2$
- $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,9\text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione:  $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 24,90 \cdot 0,85 / 1,5 = 14,11\text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione:  $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 2,55\text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico:  $E = 22000 [f_{cm}/10]^{0,3} = 31447,16\text{ Mpa}$

#### 3.2 ACCIAIO

##### 3.2.1 Acciaio per cemento armato


Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

##### Acciaio B450C

- tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 450\text{ N/mm}^2$ ;
- tensione caratteristica di rottura  $f_{tk} = 540\text{ N/mm}^2$ ;
- resistenza di calcolo a trazione  $f_{yd} = 391,30\text{ N/mm}^2$ ;
- modulo elastico  $E_s = 206.000\text{ N/mm}^2$ .

##### 3.2.2 Acciaio da carpenteria S275JR (micropali)

- $f_{yk} = 275\text{ MPa}$  tensione caratteristica di snervamento
- $E_s = 210000\text{ MPa}$  modulo elastico

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b> <b>– LOTTO 1+2</b>					
IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLIN5309001	REV. B	FOGLIO 6 di 54

#### 4 CRITERI DI PROGETTAZIONE

In accordo con quanto definito nel par. 6.2.3. delle NTC-18, devono essere svolte le seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese:

- Verifiche agli stati limite ultimi (SLU);
- Verifiche agli stati limite d’esercizio (SLE).

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

La verifica della condizione ( $E_d \leq R_d$ ) deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

Per ogni Stato Limite d’Esercizio (SLE) deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq C_d \quad (Eq. 6.2.7 \text{ delle NTC-18})$$

dove

$E_d$  è il valore di progetto dell’effetto dell’azione, e

$C_d$  è il valore limite dell’effetto delle azioni.

All’interno del progetto devono essere quindi definite le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili per l’opera e le prestazioni attese.



	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b> <b>– LOTTO 1+2</b>					
	IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLIN5309001	REV. B

**Tabella 4-1. Coefficienti parziali sulle azioni (A1 ed A2)**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.3	1.0
Permanenti non strutturali (1)	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.3

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

**Tabella 4-2. Coefficienti parziali sui terreni (M1 ed M2)**

PARAMETRO	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{Cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.0	1.0



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE**  
**– LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
 28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	8 di 54

**Tabella 4-3. Coefficienti parziali sulle resistenze (R1, R2 ed R3)**

VERIFICA	Coefficiente parziale	(R1)	(R2)	(R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R$	1.0	1.0	1.4
Scorrimento	$\gamma_R$	1.0	1.0	1.1
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R$	1.0	1.0	1.4

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b> <b>– LOTTO 1+2</b>					
	IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLIN5309001	REV. B

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 5.1 TERRENO IN SITO

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno in sito si rimanda alla “*Relazione geotecnica generale linea ferroviaria* (Rif: RS3Z00D26GEOC0000001).

L’opera in esame ricade nella zona omogenea “2” che presenta le seguenti caratteristiche:

**Tabella 5-1: Riepilogo parametri del terreno per la Zona omogenea “9”**

ZONA	SONDAGGIO DI RIFERIMENTO	PROFONDITA'	UNITA' TERRENO	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi'$ [°]		Cu [kPa]	c' [kPa]	Vs [m/s]	Vs,eq [m/s]	Categoria di sottosuolo	G <sub>0</sub> [MPa]	Eu [MPa]	Ei [MPa]
					di prog.	di prog.	di prog.	di prog.	di prog.			di prog.	di prog.	di prog.
2	2SNV02 2SNV03	da 0 a 6m	C sup	21	30	80	27	324	460	B	70	64	61	
		da 6 a 12m	C sup	21	30	150	27	324			100	120	87	
		da 12 a 18m	C sup	21	30	280	27	324			180	224	156	
		da 18 a 24m	Sa,2	21	31	0	0	338			200	-	173	
		da 24 in poi	C inf	22	25	280	30	324			220	224	191	

La falda è posta come da profilo geotecnico (RS3Z00D26F7OC0000002).

Per quanto concerne la definizione dei coefficienti di spinta “a riposo”, attiva e passiva per ogni strato costituente la stratigrafia del sito, sono state assunte le ipotesi di calcolo descritte qui di seguito:

- L’angolo d’attrito terreno-paratia è assunto pari a 1/2 dell’angolo di resistenza al taglio del residuo terreno.
- Il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ , essendo in presenza di terreni normalmente consolidati, è valutato con la seguente formula:

$$K_0 = 1 - \sin(\varphi')$$

- Il coefficiente di spinta attiva  $K_A$  è valutato mediante la soluzione analitica di Muller-Breslau (1924) riferita a superfici di rottura piane.

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



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE**  
**– LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	10 di 54

con:

$\phi$ : angolo di attrito del terreno

$\beta$ : inclinazione del paramento

$\delta$ : angolo di attrito terra-muro

$i$ : inclinazione del terreno a monte

Nel caso particolare di piano campagna orizzontale, paramento verticale considerando cautelativamente un attrito terra-muro nullo, la correlazione citata si riduce alla formulazione originariamente proposta da Rankine:

$$K_A = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi'}{2} \right)$$

- Il coefficiente di spinta passiva  $K_P$  è valutato mediante la teoria di Lancellotta (2007).

## 5.2 RILEVATO FERROVIARIO

Per la caratterizzazione del terreno costituente il rilevato ferroviario sono stati assunti i seguenti parametri:


$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 38^\circ$$

$$\gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$E_{CV} = 40000 \text{ kPa}$$

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b>  <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>  <b>– LOTTO 1+2</b></p>					
<p>IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i></p>	<p>COMMESSA RS3Z</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>FASE-ENTE D 26</p>	<p>DOCUMENTO CLIN5309001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 11 di 54</p>

## 6 AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Le verifiche sismiche sono omesse in quanto l'opera è a carattere provvisoria e si ipotizza una durata dei lavori inferiore ai 2 anni (vedi par. 2.4.1 delle NTC-18).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b> <b>– LOTTO 1+2</b>					
	IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLIN5309001	REV. B

## 7 MODELLO DI CALCOLO

È stato utilizzato il software Paratie Plus v.2018 di CeAS S.r.l..

È stato predisposto un modello di calcolo bidimensionale. La definizione del problema in esame prevede la definizione di più fasi, ognuna delle quali è contraddistinta da una differente configurazione della geometria, dei carichi, dei vincoli ecc.

### 7.1 GEOMETRIA

Le caratteristiche geometriche del modello sono quelle riportate ai paragrafi 1.1, 5.1 e 5.2.

Sono stati considerati i seguenti carichi:

- Secondo quanto riportato al paragrafo 3.5.2.3.4 (Carichi variabili) del Manuale di progettazione, per il carico da traffico va considerato un treno di carico SW/2 (pari a 150 kN/m). A favore di sicurezza si utilizza un carico distribuito di 40 kN/m<sup>2</sup> su una larghezza di 5.30 m.

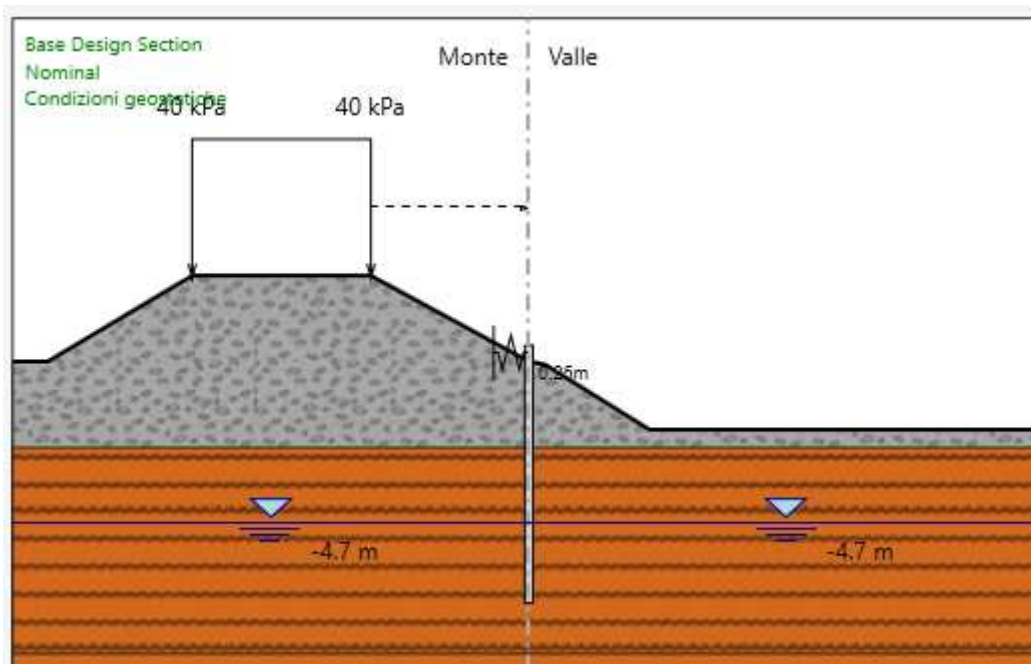



Figura 7-1: Geometria del modello

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b> <b>– LOTTO 1+2</b>					
	IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLIN5309001	REV. B

I tratti di paratia ortogonali alla principale sono stati ipotizzati agenti come vincoli di incastro per il cordolo della paratia in esame, che si comporta quindi come una mensola incastrata ad un estremo e soggetta ad un carico distribuito uniforme (spinta del terreno).



In termini di spostamenti, la sezione di paratia sottoposta alla condizione più gravosa è quella più lontana dalla sezione di incastro, perciò nel modello è stato introdotto un elemento elastico la cui rigidezza è stata calcolata in corrispondenza della sezione terminale della mensola.

E' stato applicato un carico unitario ed è stato letto il massimo spostamento. È stata calcolata la rigidezza come  $1/U_{max}$ :

Max spostamento	0.000206	m
k cordolo	4854.37	kN/m

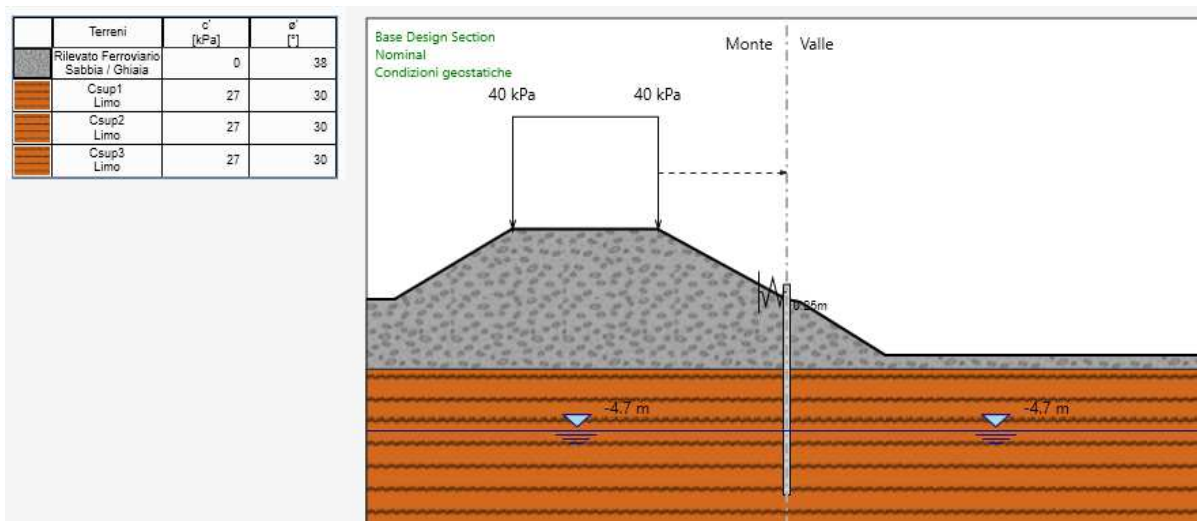
La molla modellata ha quindi le seguenti caratteristiche:

- Rigidezza della molla (cordolo) = 4854 kN/m
- Altezza di applicazione: =0.25 m (metà cordolo)

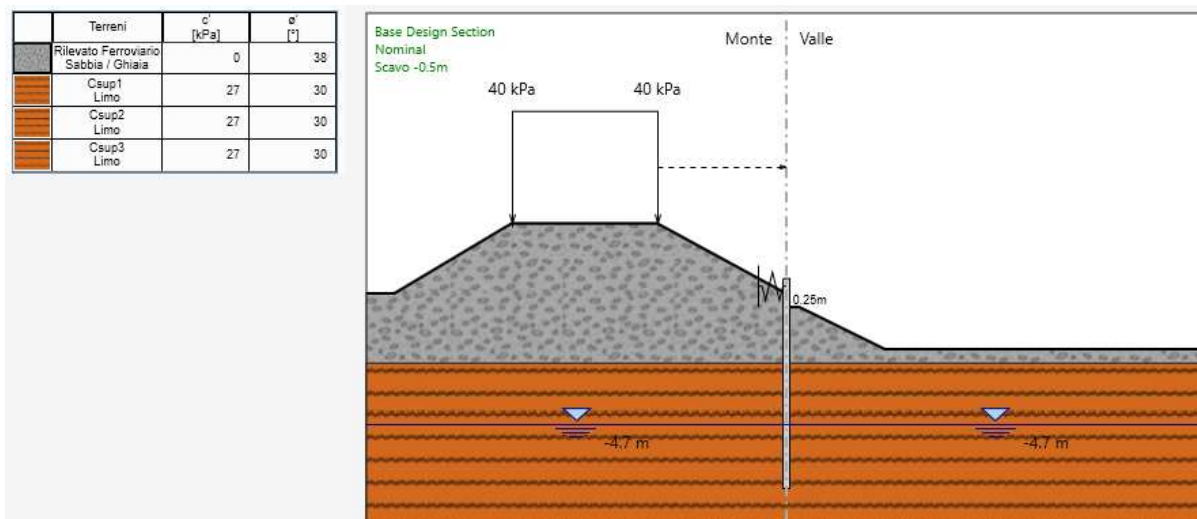
## 7.2 FASI REALIZZATIVE

Le verifiche sono state condotte in relazione alle varie fasi realizzative:

- Condizione geostatica

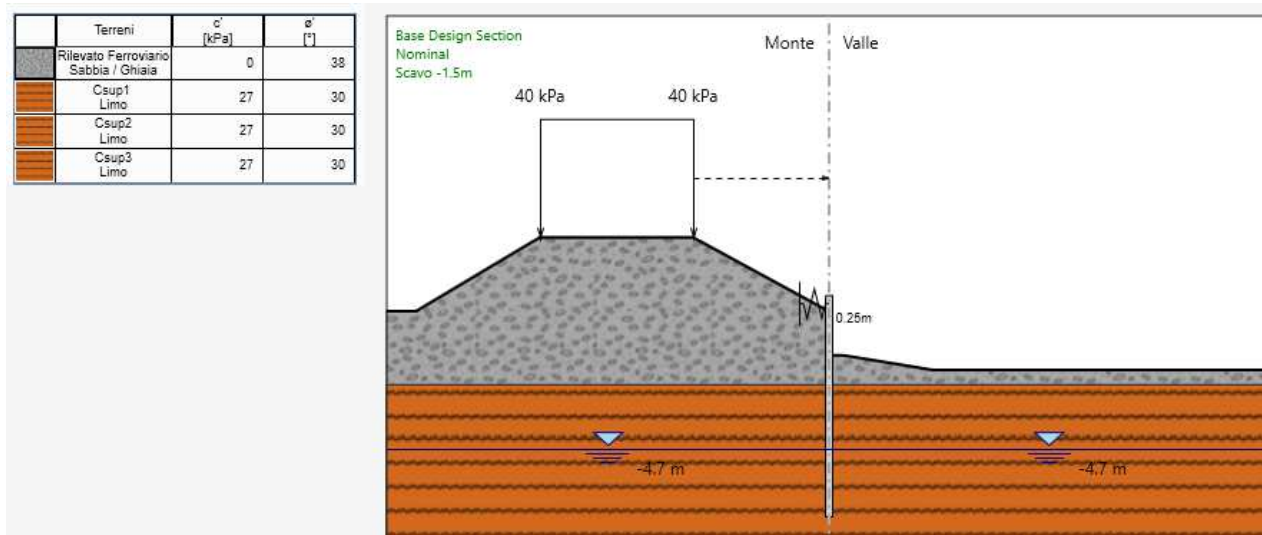


- Realizzazione dello scavo -0.5m

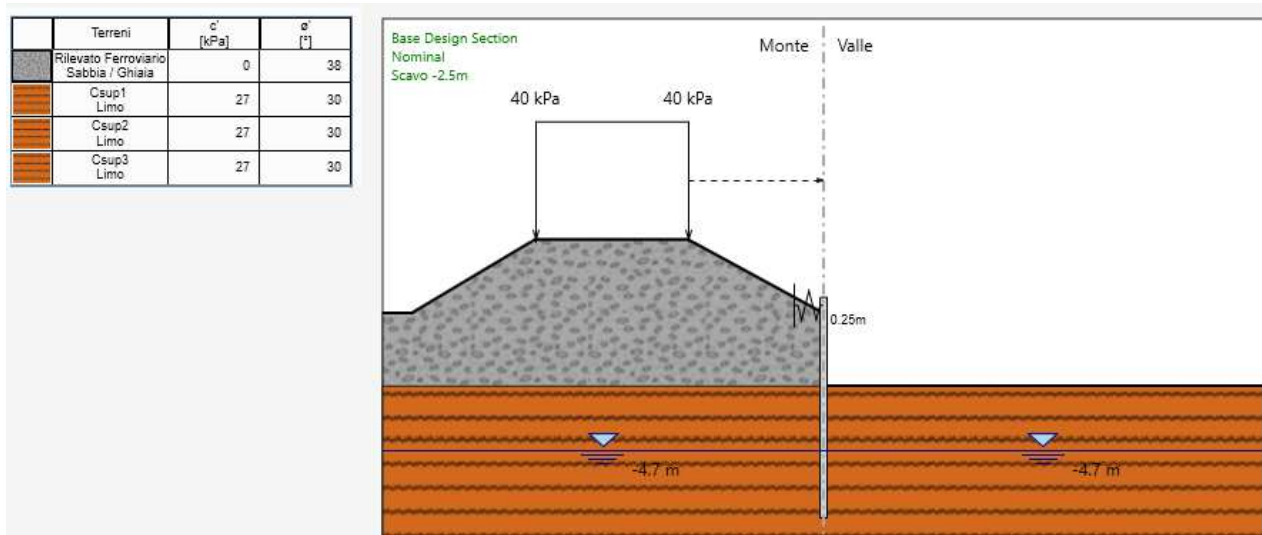




- Realizzazione dello scavo -1.5m



- Realizzazione dello scavo -2.5m



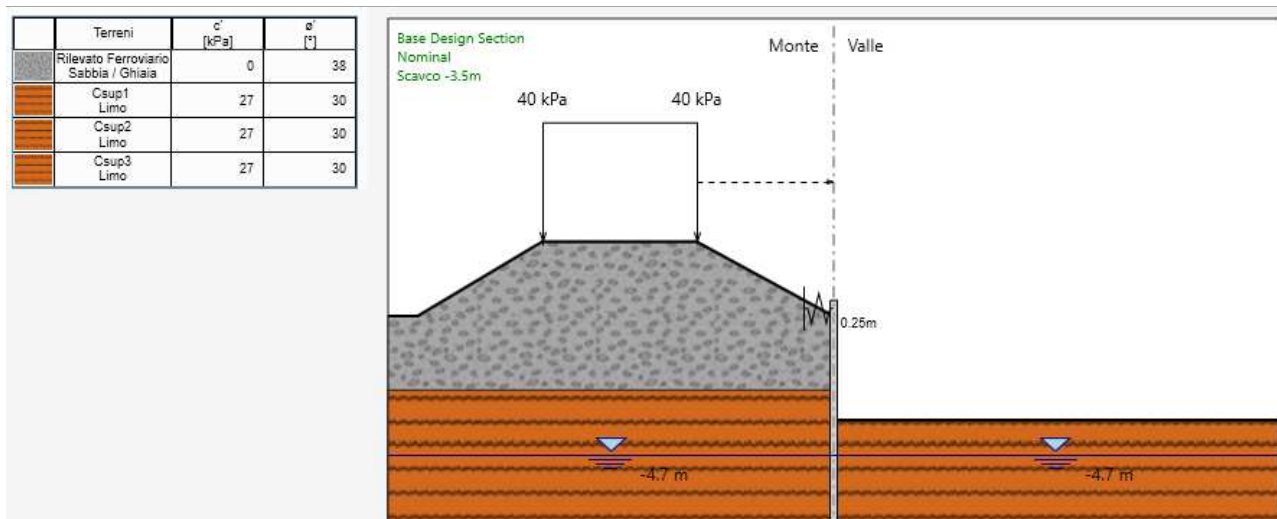


**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE**  
**- LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
 28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	16 di 54

- Realizzazione dello scavo -3.5m



	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b> <b>– LOTTO 1+2</b>					
IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLIN5309001	REV. B	FOGLIO 17 di 54

## 8 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Il presente capitolo riporta i risultati delle verifiche sviluppate agli Stati Limite Ultimi in condizioni statiche.

### 8.1 VERIFICHE SLU DI TIPO GEOTECNICO (GEO)

Le verifiche di sicurezza di tipo geotecnico considerate pertinenti per il caso in esame sono:

- Verifica della massima spinta passiva mobilitata (Par.8.1.1).

#### 8.1.1 *Verifica della massima spinta passiva mobilitata*

La verifica è stata condotta, in accordo alla normativa (Par.6.5.3.1.2 delle NTC-18), secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2, ovvero secondo la combinazione di coefficienti A2 + M2 + R1, i cui coefficienti sono riportati nella,

Tabella 4-2 e Tabella 4-3.


La convergenza raggiunta dal programma, con limitati spostamenti (dell'ordine di qualche centimetro), assicura l'equilibrio dell'opera anche in presenza di parametri di resistenza al taglio dei terreni fattorizzati.

Si ritiene inoltre utile verificare che, anche in presenza di parametri fattorizzati, la spinta passiva mobilitata a valle conservi dei margini di sicurezza rispetto al valore ultimo fattorizzato. A tale fine, il programma ParatiePlus fornisce come dato di output tale valore.

$R_{[P,MOB]d} = 224.9 \text{ kN/m}$  (spinta passiva di progetto mobilitata)

$R_{[P,DISP]d} = 625.73 \text{ kN/m}$  (spinta passiva ultima di progetto mobilitabile)

Il rapporto fra le due grandezze fornisce un valore di  $2.78 > 1$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b> <b>– LOTTO 1+2</b>					
	IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLIN5309001	REV. B

## 8.2 VERIFICHE SLU DI TIPO STRUTTURALE

Come definito nel Paragrafo C6.5.3.1.2 della Circolare NTC-18, le verifiche di Tipo STR sono svolte considerando la combinazione A1+M1+R1.

### 8.2.1 Verifica della resistenza strutturale della paratia

Gli andamenti delle sollecitazioni di momento flettente massimo e taglio massimo lungo la paratia sono riportati nelle figure seguenti.

Per le verifiche strutturali si fa riferimento a quanto prescritto in EC3. Si premette che per tutti i tubi commerciali comunemente impiegati per l'armatura dei micropali si può assumere che la sezione sia di classe 1 ovvero che valga:

$$\frac{D}{t} \leq 50\varepsilon^2$$

dove:

$$\varepsilon = \sqrt{(235\text{MPa}/f_y)}$$

$$f_y = \text{tensione di snervamento}$$

$$D = \text{diametro del tubo}$$

$$t = \text{spessore del tubo}$$

Ciò premesso si definiscono “momento plastico per sola flessione”, e “taglio plastico” le seguenti quantità:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl} \times (f_y / \gamma_{mo})$$

$$V_{pl,Rd} = A_v \times (f_y/\sqrt{3}) \times (1/\gamma_{mo})$$

dove:

$$W_{pl} = \text{modulo di resistenza plastico} = 4/3 (R^3 - r^3) = 507 \text{ cm}^3$$

$$R = \text{raggio esterno del tubo}$$

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	19 di 54

$r$  = raggio interno del tubo =  $D/2-t$

$f_y$  = tensione di snervamento = 275MPa

$\gamma_{M0}$  = coefficiente di sicurezza sul materiale = 1.05

$A_{\text{tubo}}$  = sezione del tubo = 20.6 cm<sup>2</sup>

$A_v$  =  $2 \cdot A_{\text{tubo}}/\pi$  = 13.11 cm<sup>2</sup>

Pertanto, le azioni resistenti di ogni micropalo risultano:

$M_{\text{pl,Rd}}$  = 26.22 kNm (singolo palo)

$M_{\text{pl,Rd}}$  = 87.42 kNm (1 m di paratia)

$V_{\text{pl,Rd}}$  = 175.13 kN (singolo palo)

$V_{\text{pl,Rd}}$  = 583.75 kN (1 m di paratia)

**I massimi valori di taglio e momento flettente si verificano nella di passaggio dei carichi da traffico, i rispettivi diagrammi sono riportati in Figura 8-1 e**

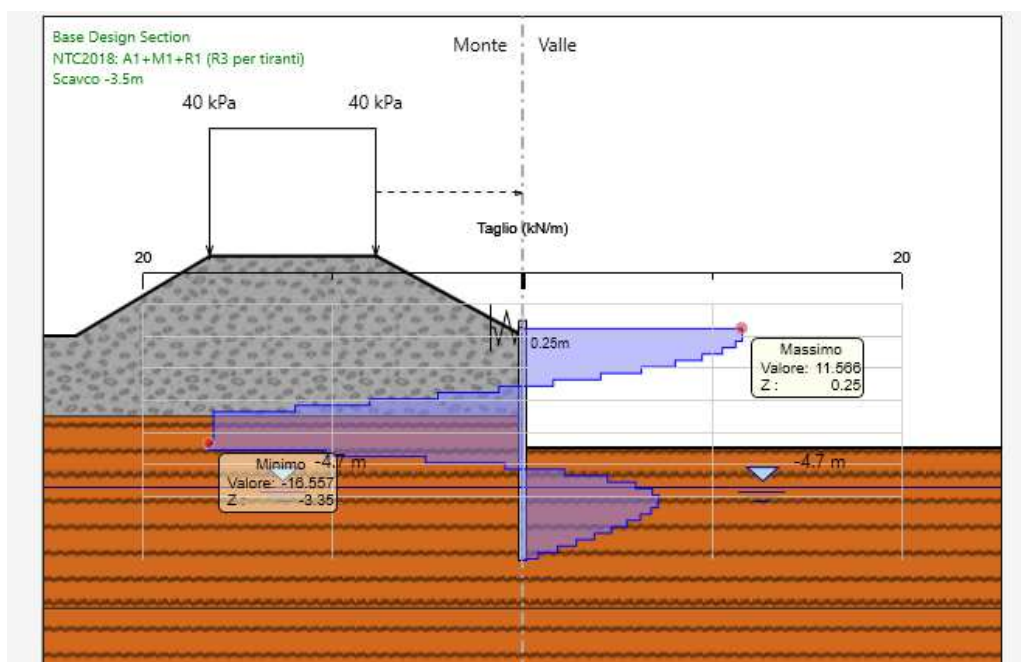
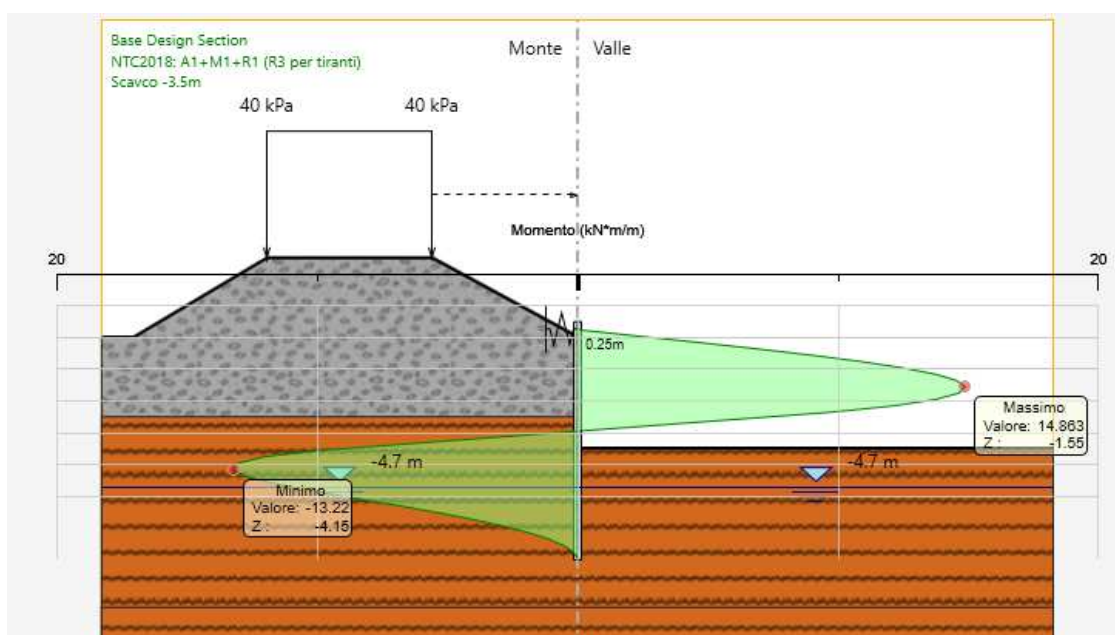
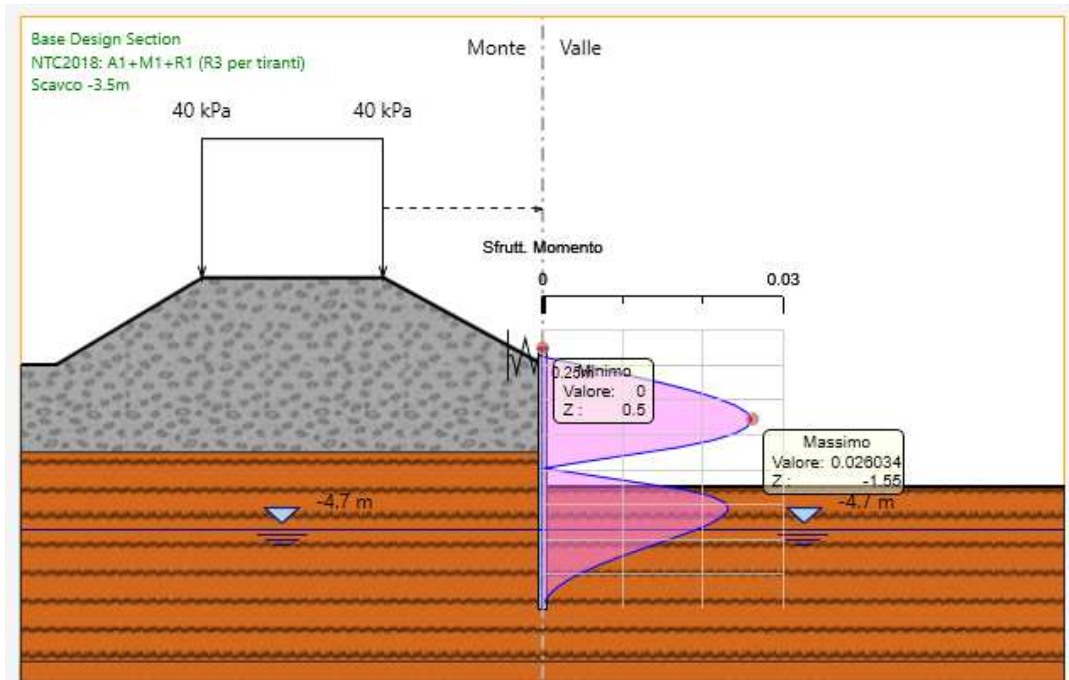


Figura 8-3 insieme alle resistenze.

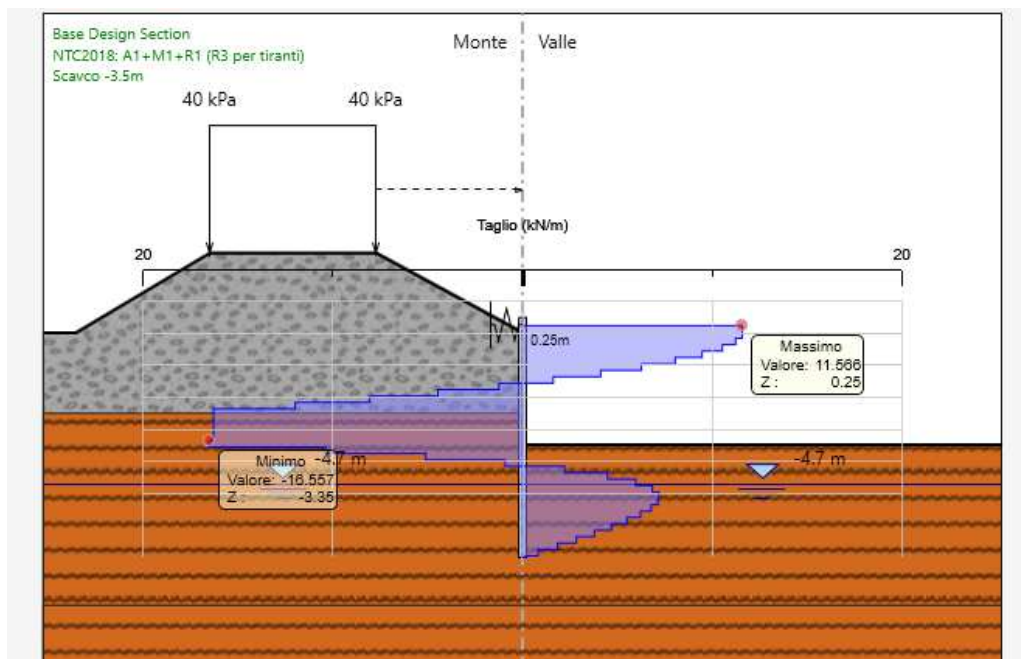
In Figura 8-2 e Figura 8-4 sono rappresentati i tassi di sfruttamento degli elementi rispettivamente in termini di momento flettente e di taglio. Sono riportati gli involuipi di tutte le fasi realizzative considerate.



**Figura 8-1: Diagrammi momento flettente - Fase: realizzazione dello scavo - A1+M1+R1**

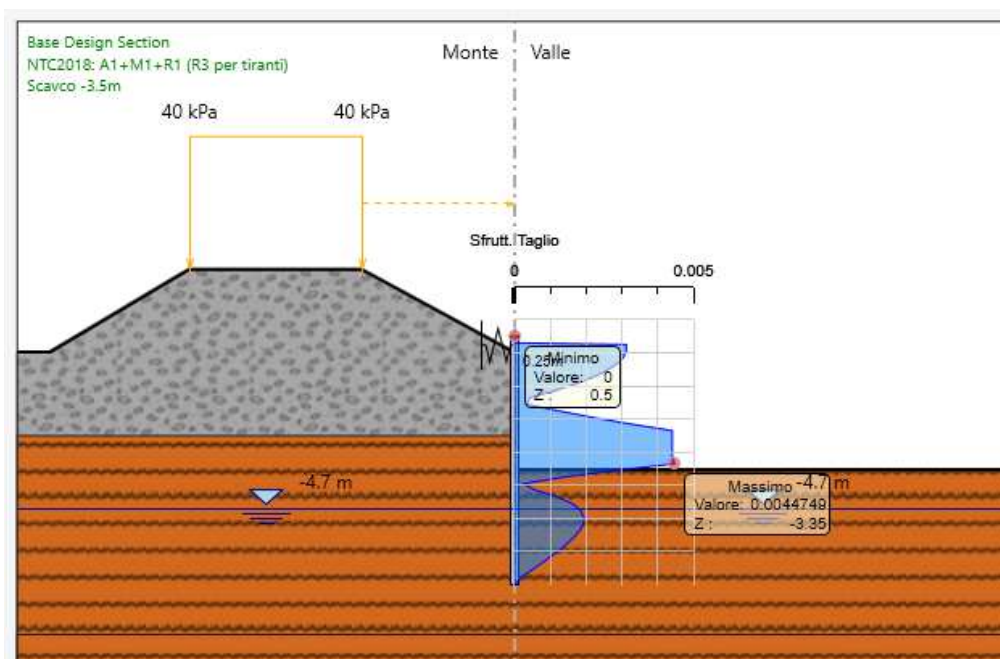


**Figura 8-2: Tasso di sfruttamento momento flettente - Fase: realizzazione dello scavo - A1+M1+R1**



 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO</b>  <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE</b>  <b>- LOTTO 1+2</b></p>					
	<p>IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i></p>	<p>COMMESSA RS3Z</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>FASE-ENTE D 26</p>	<p>DOCUMENTO CLIN5309001</p>	<p>REV. B</p>

**Figura 8-3: Diagrammi taglio - Fase: realizzazione dello scavo - A1+M1+R1**



**Figura 8-4: Tasso di sfruttamento taglio - Fase: realizzazione dello scavo - A1+M1+R1**





**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE**  
**- LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
 28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	23 di 54

Si riportano di seguito le verifiche svolte e le caratteristiche del tubolare:

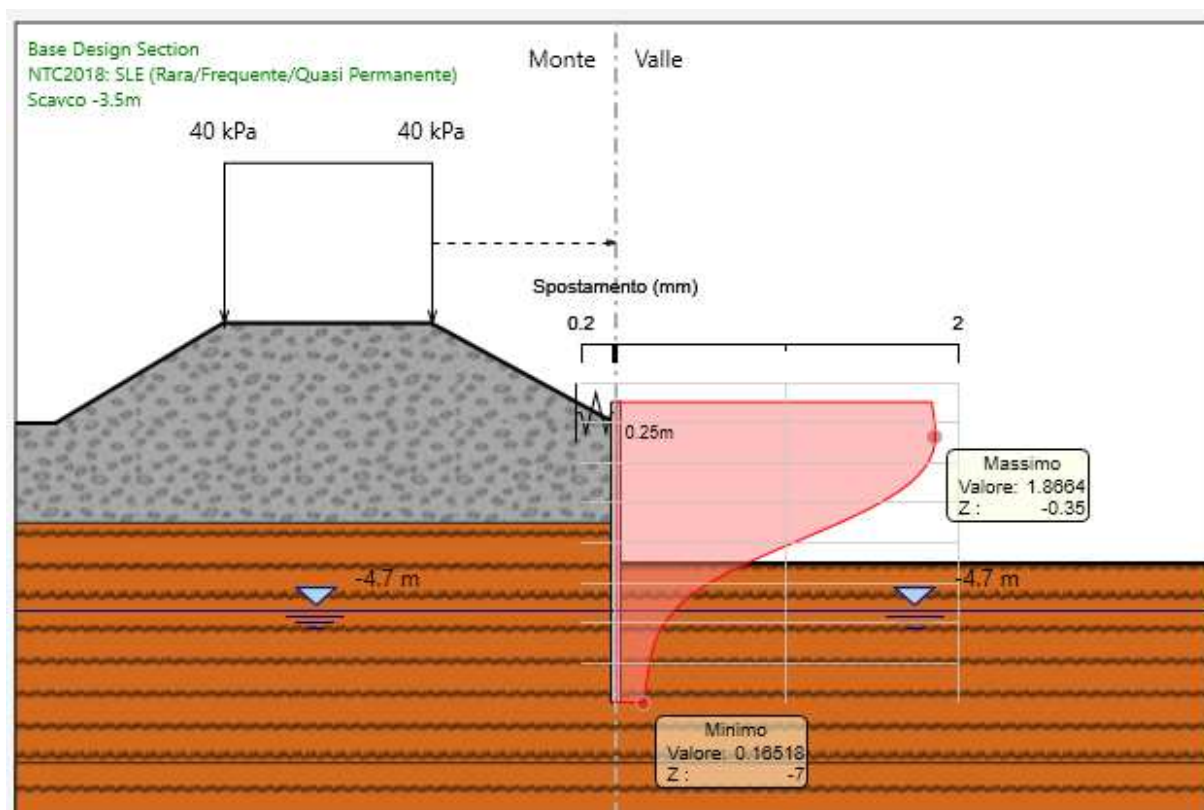
$\phi$ esterno	168.3	mm	Diametro tubo
s	4	mm	Spessore tubo
$A_s$	20.6	cm <sup>2</sup>	Area della sez
$A_s$	2060	mm <sup>2</sup>	
$J_s$	6970000	mm <sup>4</sup>	Momento di inerzia
$W_s$	82800	mm <sup>3</sup>	Momento statico
$A_{s,t}$	1311.4	mm <sup>2</sup>	Area di taglio (pi x fi int x s)
$f_{yk}$	355	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di snervamento caratteristica
$f_{yd}$	338.10	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di snervamento di progetto
$E_s$	210000	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico acciaio
$W_{pl}$	108	cm <sup>3</sup>	

Calcestruzzo		
D	240	mm
$J_c$	162860163.2	mm <sup>4</sup>
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$E_c$	33643	N/mm <sup>2</sup>
$k_h$	0.01	N/mm <sup>3</sup>
$L_0$	1738.36	mm

		$N_p$	$V_p$	$M$	$\sigma=N/A+M/W$	$\tau=V/A_t$	$\sigma_{ed}$	$f_{yd}$	Verifica	C.S
		[KN]	[KN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]		
<b>STATICHE</b>	Nmax	1.75	4.97	4.46	54.69	3.79	55.08	242.86	<b>Verificato</b>	4.41


## 9 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Al fine di valutare la compatibilità degli spostamenti dell'opera di sostegno e del terreno circostante è stata condotta l'analisi secondo gli Stati Limite d'Esercizio, in cui sono stati posti pari all'unità tutti i coefficienti parziali di cui sopra. L'analisi pertanto è stata condotta adottando per le strutture e per i terreni i parametri caratteristici. Di seguito si riportano i profili dei massimi spostamenti lungo le paratie.



**Figura 9-1: Spostamenti massimi agli SLE**

Il massimo spostamento atteso per la paratia è di 1.86 mm

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b> <b>– LOTTO 1+2</b>					
IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLIN5309001	REV. B	FOGLIO 25 di 54

## 9.1 VERIFICA DEI CEDIMENTI SUPERFICIALI

Le caratteristiche di deformabilità delle opere di sostegno della trincea devono essere tali da garantire che al passaggio dei convogli sul binario a monte delle paratie la geometria dell'armamento risponda ai livelli qualitativi fissati dagli standard di cui al documento RFI TCAR ST AR 01 001 D.

Nel caso particolare, i parametri indicati dal suddetto documento sui quali ha influenza la deformazione della paratia sono il difetto di sopraelevazione  $\Delta H$ , lo scarto di livello trasversale SCARTXL e lo sghembo  $\gamma$ , che devono rispettare i limiti indicati nei paragrafi 6 e 7 della parte III (livelli di qualità geometrica correnti) della RFI TCAR ST AR 01 001 D.

In dettaglio, per il 1° livello di qualità (geometria del binario che non richiede la programmazione di interventi correttivi) devono essere verificate le seguenti disequazioni:

$$\begin{array}{lll} \Delta H \leq 10 \text{ mm} & \text{SCARTXL} \leq 4 \text{ mm} & \text{per } V > 160 \text{ km/h} \\ \gamma_{3m} < 4,5\% & \gamma_{9m} < 3,5\% & \text{per } V \leq 200 \text{ km/h} \end{array}$$

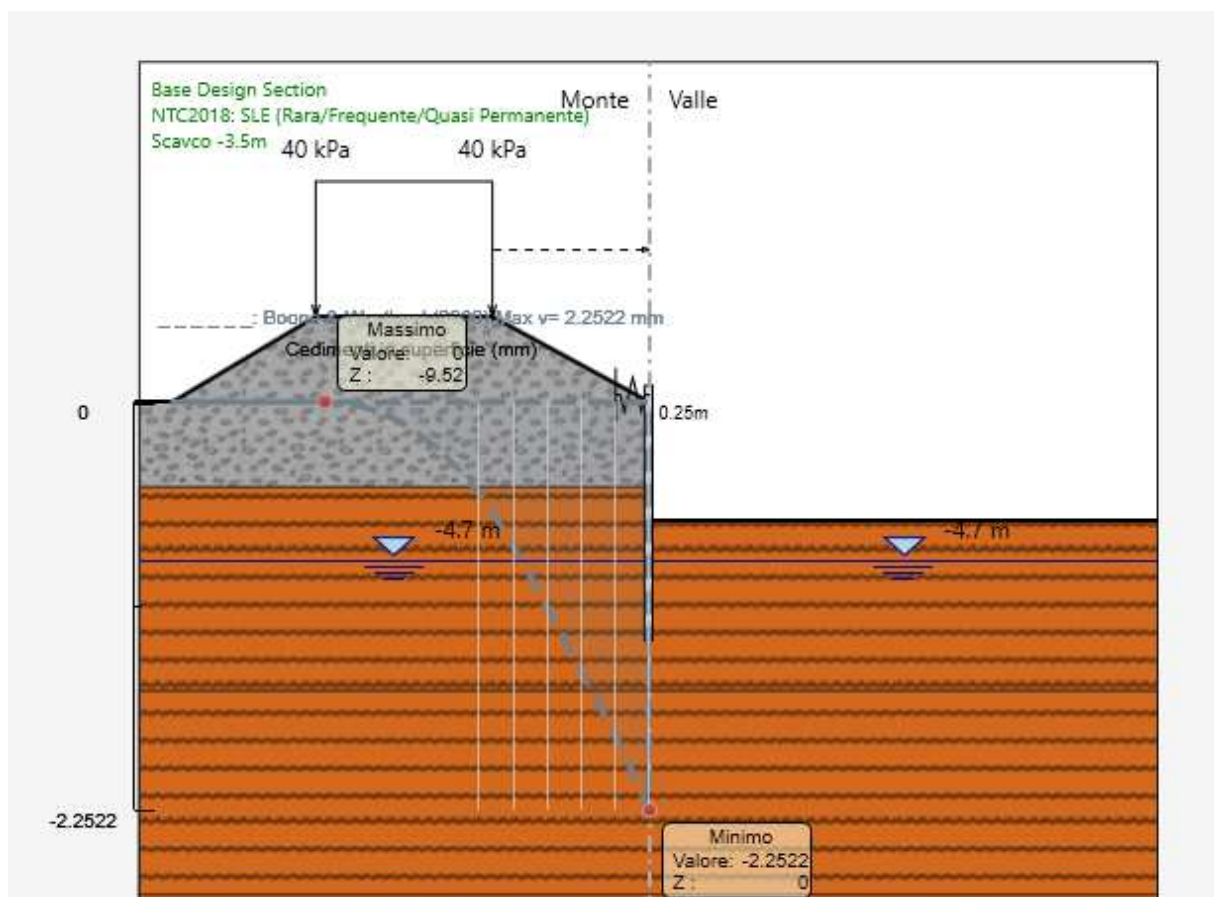
A vantaggio di sicurezza possiamo assumere che il binario subisca deformazioni nel punto ubicato in corrispondenza della sezione di calcolo della paratia e che tali deformazioni si esauriscano già 3 m prima e 3 m dopo tale punto. Con tale assunzione, neutralizzando l'eventuale contributo della sopraelevazione di progetto  $h$ , lo scarto di livello trasversale SCARTXL coincide con il livello trasversale XL e quest'ultimo coincide a sua volta con  $\Delta H$ . In tali condizioni il vincolo da rispettare è quello di 4 mm sul valore di SCARTXL, le limitazioni su  $\Delta H$ ,  $\gamma_{3m}$  e  $\gamma_{9m}$  risultando soddisfatte di conseguenza.

In base alla definizione di XL, pertanto, occorre verificare che non superi i 4 mm la differenza di abbassamento del terreno a tergo della paratia fra due punti distanti fra loro 1.5 m ed ubicati in corrispondenza delle due rotaie del binario più vicino all'opera di sostegno.

Il software PARATIE PLUS offre, come strumento di post-processing, un collegamento tra i risultati prodotti dall'analisi del comportamento laterale e i cedimenti in superficie, sfruttando alcune delle correlazioni di letteratura. Il metodo utilizzato è quello di Boone & Westland (2005).

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisoriali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	26 di 54

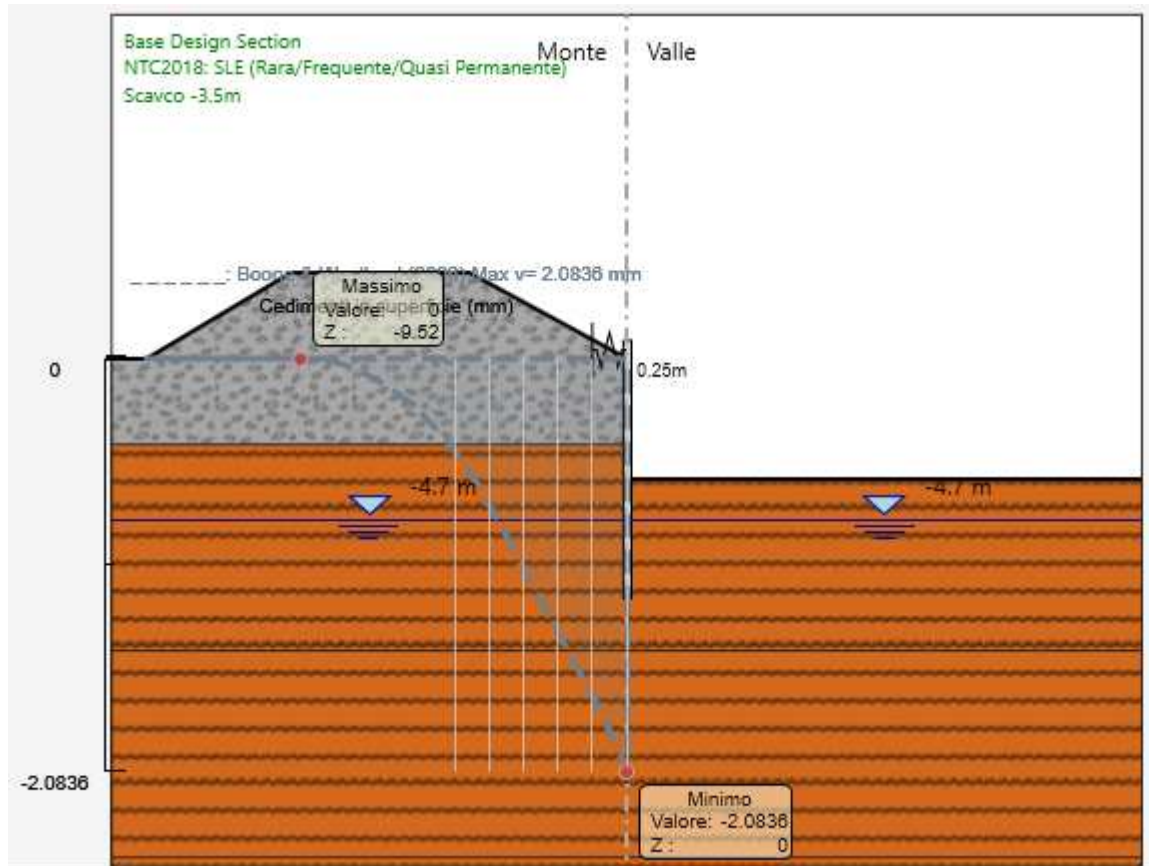
Dai risultati forniti dal software sono stati estrapolati i valori dei cedimenti superficiali nella fase di calcolo corrispondente all'applicazione del carico da traffico e quelli alla fase antecedente. Dalla differenza dei suddetti valori sono stati ottenuti i cedimenti relativi al solo carico da traffico, sui quali sono stati calcolati gli scarti tra punti a distanza 1.5 m.



**Figura 2: Cedimenti superficiali - Con carico da traffico**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
 28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS9Z	00	D 26	CLIN5309001	B	27 di 54



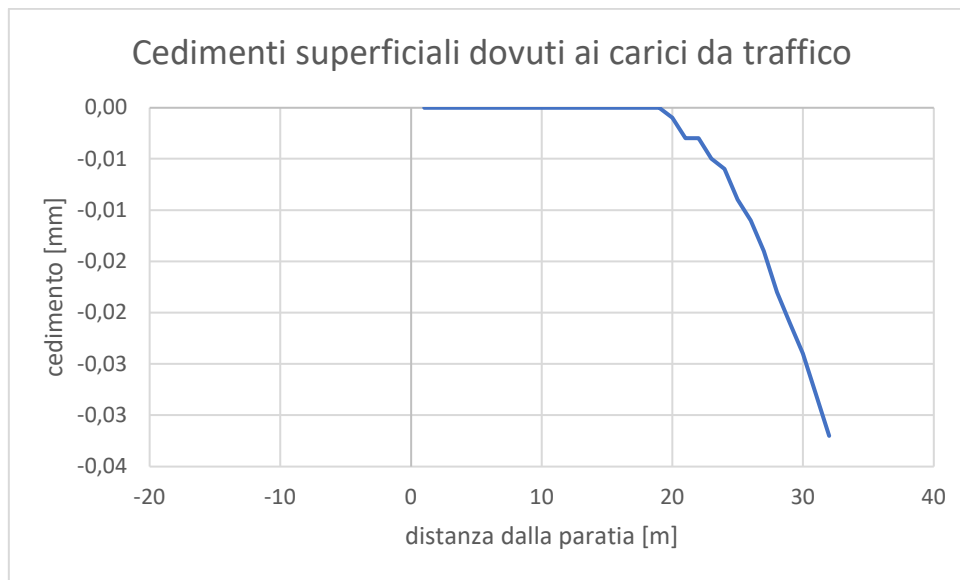
**Figura 3: Cedimenti superficiali - Senza carico da traffico**



PROGETTO DEFINITIVO  
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE  
- LOTTO 1+2

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	28 di 54



**Figura 4: Cedimenti dovuti ai carichi da traffico**

Dall'analisi condotta risulta:

$$SCARTXL_{MAX} = 1.8\text{mm} \leq 4\text{mm}$$

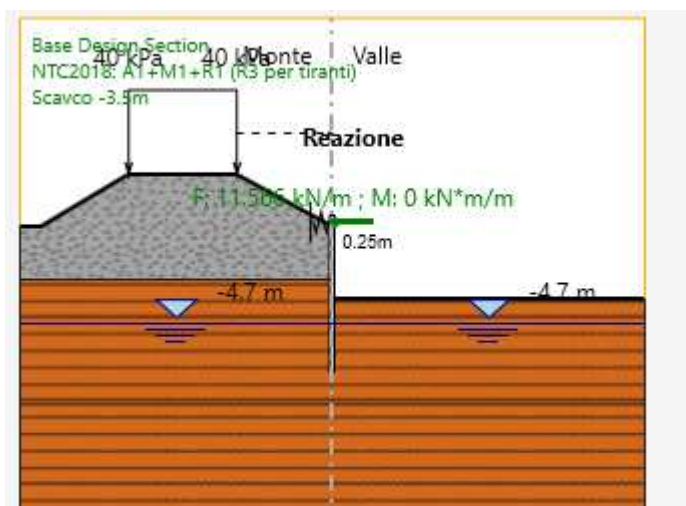
La verifica risulta quindi soddisfatta.

## 10 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) CORDOLO

Nel seguito si riportano le verifiche strutturali del cordolo.

### 10.1 SOLLECITAZIONI SUL CORDOLO

Dall'analisi della paratia effettuata con il software di calcolo PARATIE PLUS della CeAS S.r.l si ottiene il carico linearmente distribuito sul cordolo pari a 11.56 kN/m.



Considerando uno schema di trave a mensola si ottengono le seguenti sollecitazioni:

#### SLU

p SLU	11.56	kN/m
Med SLU	97.16	kNm
Ved SLU	47.40	kN



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE**  
**– LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
 28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	30 di 54

## 10.2 DIMENSIONAMENTO DELLE ARMATURE

Per il dimensionamento delle armature si considera una sezione pari a 0.5m x 0.5m.

Si dispone la seguente armatura, nel rispetto di quanto prescritto nelle NTC18 §4.1.6.1.1

	$\phi$	n° ferri	As	As,tot	As,min	Verifica As,min
	mm	mm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	
Valle	12	6	3185.6	3185.6	286.0	Verificato
Valle	-	-	-			
Monte	26	6	3185.6	-		
Monte	-	-	-	-		

Si dispongono staffe  $\phi 10/15$ .





**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE**  
**- LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
 28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

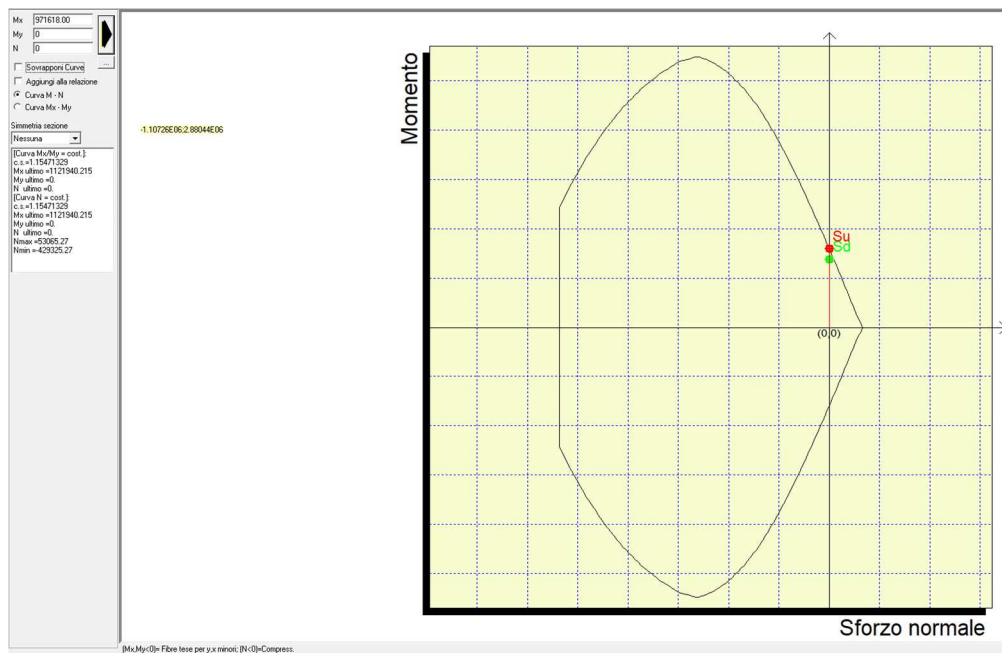
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	31 di 54

### 10.3 VERIFICHE SLU

#### 10.3.1 Verifica a pressoflessione

Si riportano di seguito le verifiche a pressoflessione per la combinazione SLU:

	N (kN)	M (kNm)	cs	
SLU	0	97	1.15	Verificato





**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE**  
**– LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
 28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	32 di 54

### 10.3.2 Verifica a taglio SLU

Non è necessaria specifica armatura a taglio, si dispongono i minimi da normativa.

Si rende necessaria specifica armatura a taglio.

<b>VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2018</b>		
<b>SENZA ARMATURE A TAGLIO</b>		
$V_{Ed} = T_{SLU}$	47.40	kN
	47396	N
$R_{ck}$	40	MPa
$f_{ck}$	33.2	MPa
H sezione	500	mm
c netto	60	mm
Ø staffa	-	mm
Ø arm tesa	12	mm
d	440.00	mm
k	1.674	
$b_w$	500	mm
$A_{sl}$	678.6	mm <sup>2</sup>
$\rho_l$	0.003084	
$N_{Ed}$	0	kN
	0	N
$A_c$	250000	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{cp}$	0	MPa
$f_{cd}$	18.813	MPa
$\gamma_c$	1.5	
$C_{Rd,c}$	0.12	
$V_{min}$	0.44	
$V_{Rd,c}$	95980.77	N
$V_{Rd,c min}$	96110.47	N
$V_{Rd,c effettivo}$	96110.47	N
<b>Verifica</b>	<b>OK</b>	

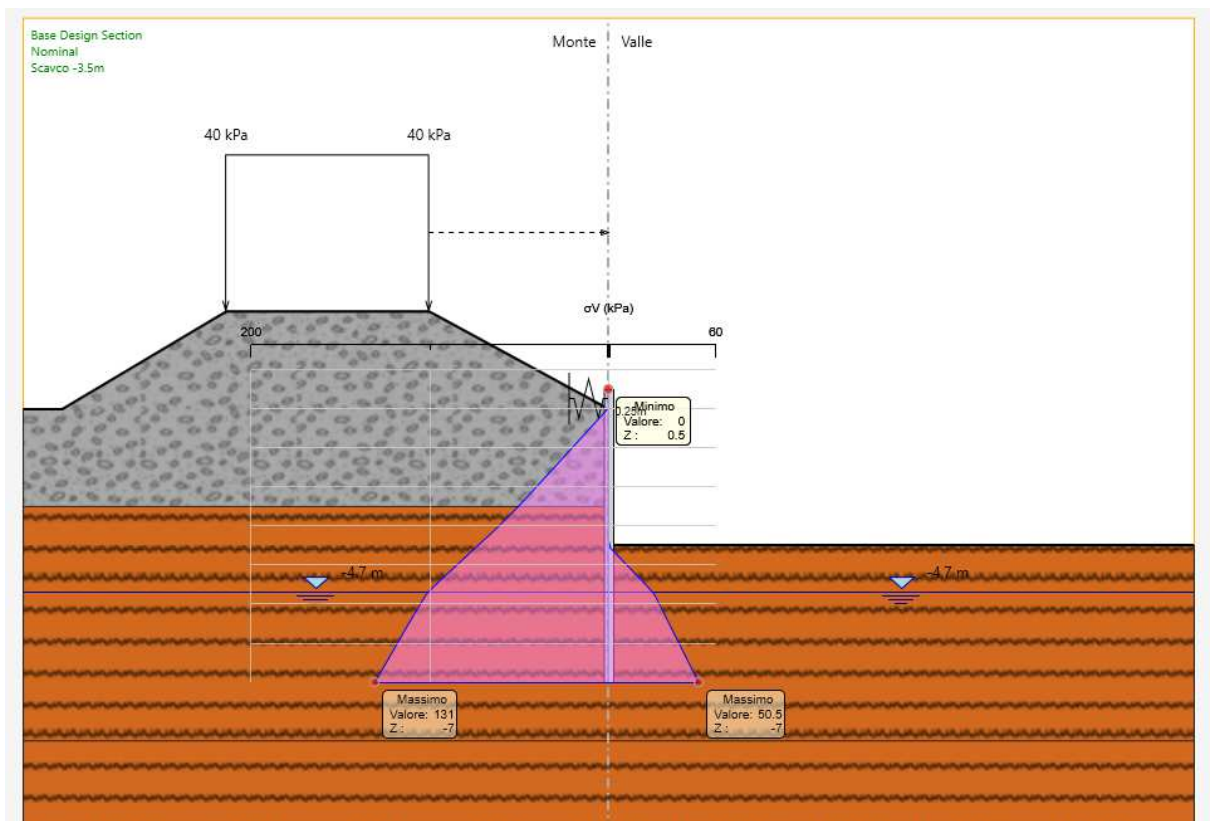
## 11 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Nel seguito si riportano i confronti effettuati tra i risultati ottenuti dal codice di calcolo utilizzato e i corrispondenti valori ottenuti con un calcolo manuale, al fine di validare l'accettabilità dei risultati.

Il confronto è stato eseguito sia lato azioni, effettuando il confronto tra l'andamento delle  $\sigma'_v$  nella configurazione dello scavo finale e il corrispondente valore calcolato con procedura manuale, sia lato esistenze, controllando il valore resistente ottenuto dal codice di calcolo con quello calcolato con

procedura manuale.

### Controllo lato azioni



**Figura 11-1. Andamento tensioni verticali efficaci – Paratia**

Calcolando i valori delle tensioni verticali totali ed efficaci alle varie profondità, si ottiene:

- quota -2.5m :
  - $\sigma_{v-2.5} = \gamma_{CI} \cdot h_{CI} = 20 \cdot 2.5 = 50 \text{ kPa}$
  - $u_{-2} = 0 \text{ kPa}$
  - $\sigma'_{v-2} = \sigma_{v-2} - u_{-2} = 50 \text{ kPa}$
  
- quota -4.7m :
  - $\sigma_{v-4.7} = \sigma_{v-2} + \gamma_s \cdot h_s = 50 + 21 \cdot (4.7 - 2.5) = 96.2 \text{ kPa}$



PROGETTO DEFINITIVO  
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA  
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE  
– LOTTO 1+2

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	34 di 54

- $u_{-4.7} = 0$  kPa
- $\sigma'_{v_{-4.7}} = \sigma_{v_{-4.8}} - u_{-4.8} = 96.2$  kPa

- quota -7.0m:

- $\sigma_{v_{-7}} = \sigma_{v_{-4.8}} + \gamma_s \cdot h_s = 96.2 + 21 \cdot (7 - 4.7) = 144.5$  kPa
- $u_{-7} = \gamma_w \cdot h_w = 10 \cdot (7 - 4.7) = 23$  kPa
- $\sigma'_{v_{-7}} = \sigma_{v_{-7}} - u_{-7} = 121.5$  kPa

Le differenze ottenute con i valori del programma di calcolo si ritengono accettabili.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b> <b>– LOTTO 1+2</b>					
IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLIN5309001	REV. B	FOGLIO 35 di 54

## 12 ALLEGATO

**PARATIE** plus™

### ***Report di Calcolo***

Nome Progetto: New Project

Autore: Ingegnere

Design Section: Base Design Section



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE**  
**- LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	36 di 54

## Sommario



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE**  
**– LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS9Z	00	D 26	CLIN5309001	B	37 di 54

1	PREMESSA .....	2
1.1	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	2
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
2.2	SOFTWARE .....	4
3	MATERIALI.....	5
3.1	CALCESTRUZZO.....	5
3.1.1	Classe C25/30 (pali e cordolo) .....	5
3.2	ACCIAIO .....	5
3.2.1	Acciaio per cemento armato .....	5
3.2.2	Acciaio da carpenteria S275JR (micropali).....	5
4	CRITERI DI PROGETTAZIONE .....	6
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	9
5.1	TERRENO IN SITO.....	9
5.2	RILEVATO FERROVIARIO .....	10
6	AZIONE SISMICA DI PROGETTO.....	11
7	MODELLO DI CALCOLO .....	12
7.1	GEOMETRIA.....	12
7.2	FASI REALIZZATIVE .....	14
8	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU).....	17



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE**  
**– LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	38 di 54

8.1	VERIFICHE SLU DI TIPO GEOTECNICO (GEO) .....	17
8.1.1	<i>Verifica della massima spinta passiva mobilitata</i> .....	17
8.2	VERIFICHE SLU DI TIPO STRUTTURALE.....	18
8.2.1	<i>Verifica della resistenza strutturale della paratia</i> .....	18
9	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE).....	24
9.1	VERIFICA DEI CEDIMENTI SUPERFICIALI .....	25
10	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) CORDOLO.....	29
10.1	SOLLECITAZIONI SUL CORDOLO.....	29
10.2	DIMENSIONAMENTO DELLE ARMATURE.....	30
10.3	VERIFICHE SLU .....	31
10.3.1	<i>Verifica a pressoflessione</i> .....	31
10.3.2	<i>Verifica a taglio SLU</i> .....	32
11	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	32
12	ALLEGATO.....	35
	DESCRIZIONE DEL SOFTWARE .....	40
	DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA E DEGLI STRATI DI TERRENO .....	41
	DESCRIZIONE PARETI .....	42
	FASI DI CALCOLO .....	43
	CONDIZIONI GEOSTATICHE .....	43
	<i>Condizioni geostatiche</i> .....	43






**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE**  
**- LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	39 di 54

SCAVO -0.5M.....	45
<i>Scavo -0.5m.....</i>	<i>45</i>
SCAVO -1.5M.....	47
<i>Scavo -1.5m.....</i>	<i>47</i>
SCAVO -2.5M.....	49
<i>Scavo -2.5m.....</i>	<i>49</i>
SCAVCO -3.5M.....	51
<i>Scavco -3.5m.....</i>	<i>51</i>

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b>  <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>  <b>– LOTTO 1+2</b></p>					
<p>IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i></p>	<p>COMMESSA RS3Z</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>FASE-ENTE D 26</p>	<p>DOCUMENTO CLIN5309001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 40 di 54</p>

## ***Descrizione del Software***

ParatiePlus è un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale.



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE**  
**- LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
 28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	41 di 54

## Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 2.5 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -2.5 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -8.5 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -14.5 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry	$\gamma$ sat	$\phi'$	$\phi$	$c_v$	$\phi$	$c'$	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur		
		kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	°	°	°	kPa	kPa		kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	
1	Rilevato Ferroviario	19	20	38				0		Constant	40000	64000											
2	Csup1	21	21	30				27		Constant	61000	97600											
3	Csup2	21	21	30				27		Constant	87000	139200											
4	Csup3	21	21	30				27		Constant	156000	249600											



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE**  
**- LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	42 di 54

## **Descrizione Pareti**

X : 0 m

Quota in alto : 0.5 m

Quota di fondo : -7 m

Muro di sinistra

Sezione : Micropali 240/300

Area equivalente : 0.0489910301441352 m

Inerzia equivalente : 0.0002 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C32/40

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.3 m

Diametro : 0.24 m

Efficacia : 1

Materiale acciaio : S355

Sezione : 0.1937x0.016

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.3 m

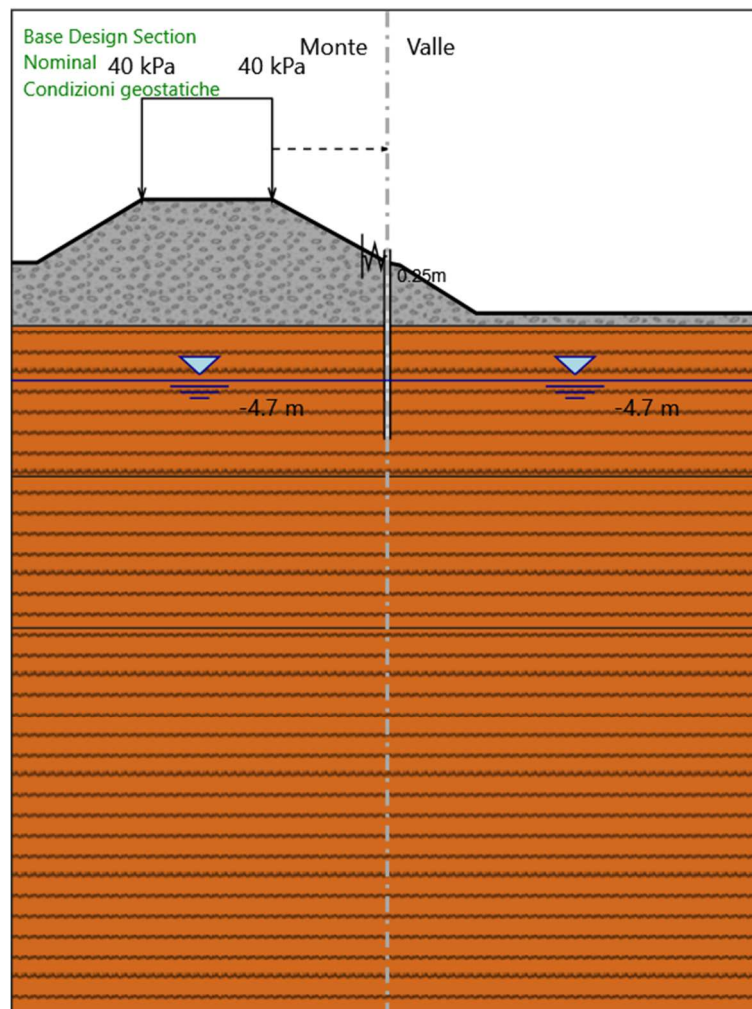
Spessore : 0.016 m

Diametro : 0.1937 m

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	43 di 54

## Fasi di Calcolo

### Condizioni geostatiche



### Condizioni geostatiche



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE**  
**- LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	44 di 54

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0.5 m

Quota di fondo : -7 m

Sezione : Micropali 240/300

Vincolo elastico : Spring

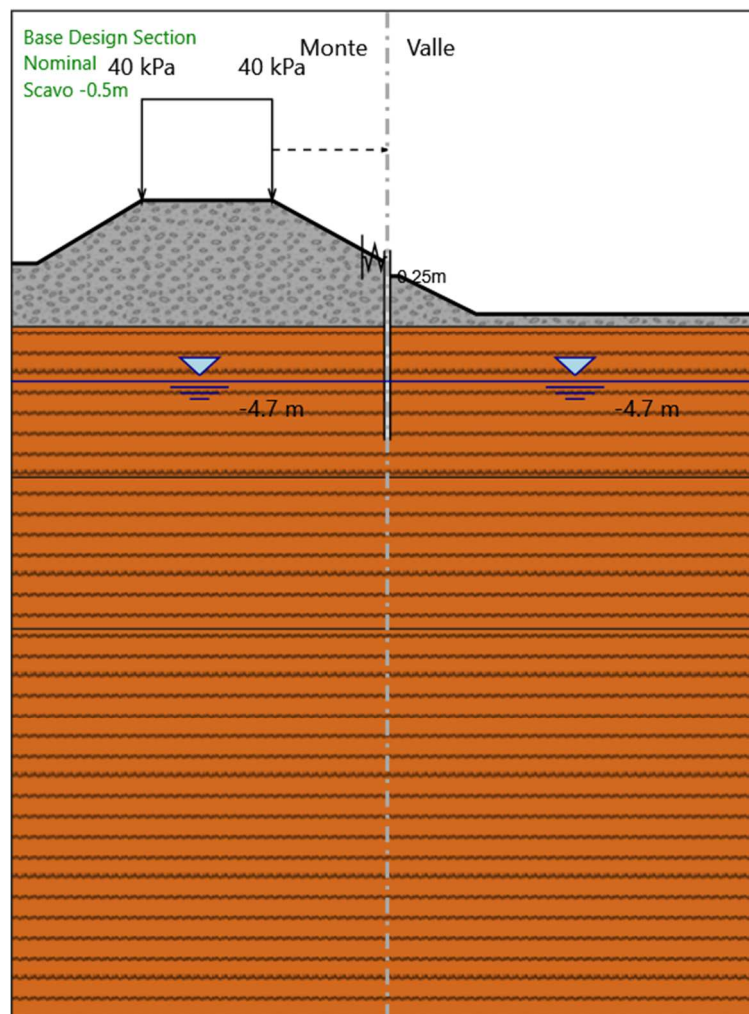
X : 0 m

Z : 0.25 m

Angolo : 0 °

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	45 di 54

## Scavo -0.5m



## Scavo -0.5m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE**  
**- LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	46 di 54

X : 0 m

Quota in alto : 0.5 m

Quota di fondo : -7 m

Sezione : Micropali 240/300

Vincolo elastico : Spring

X : 0 m

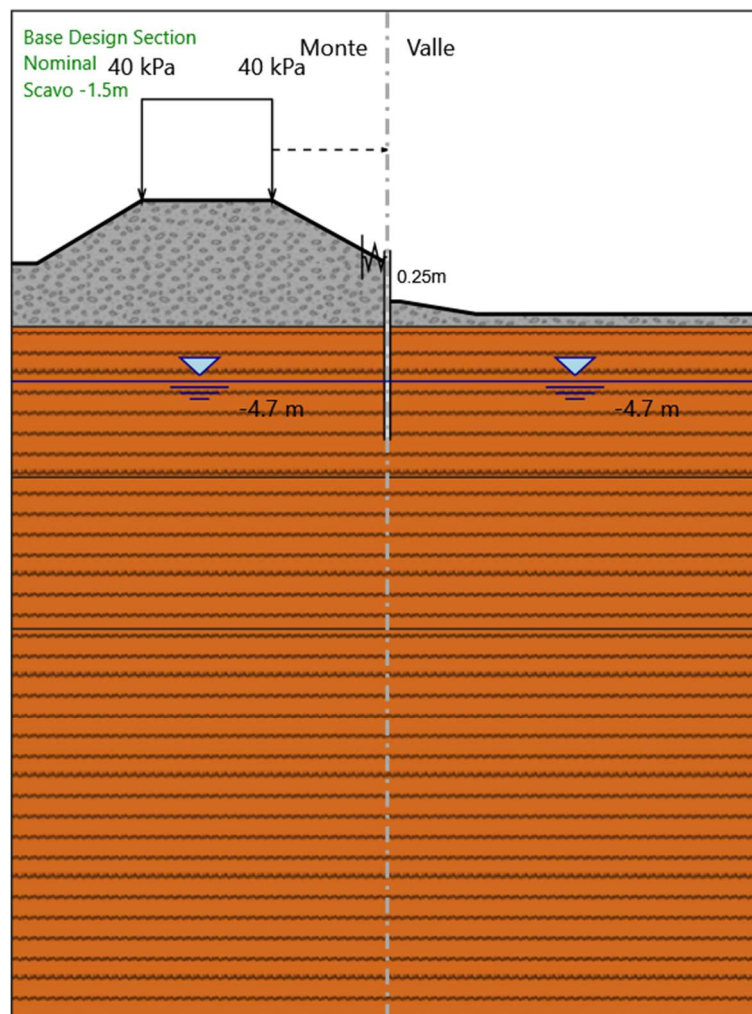
Z : 0.25 m

Angolo : 0 °



IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	47 di 54

## Scavo -1.5m



## Scavo -1.5m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE**  
**- LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	48 di 54

X : 0 m

Quota in alto : 0.5 m

Quota di fondo : -7 m

Sezione : Micropali 240/300

Vincolo elastico : Spring

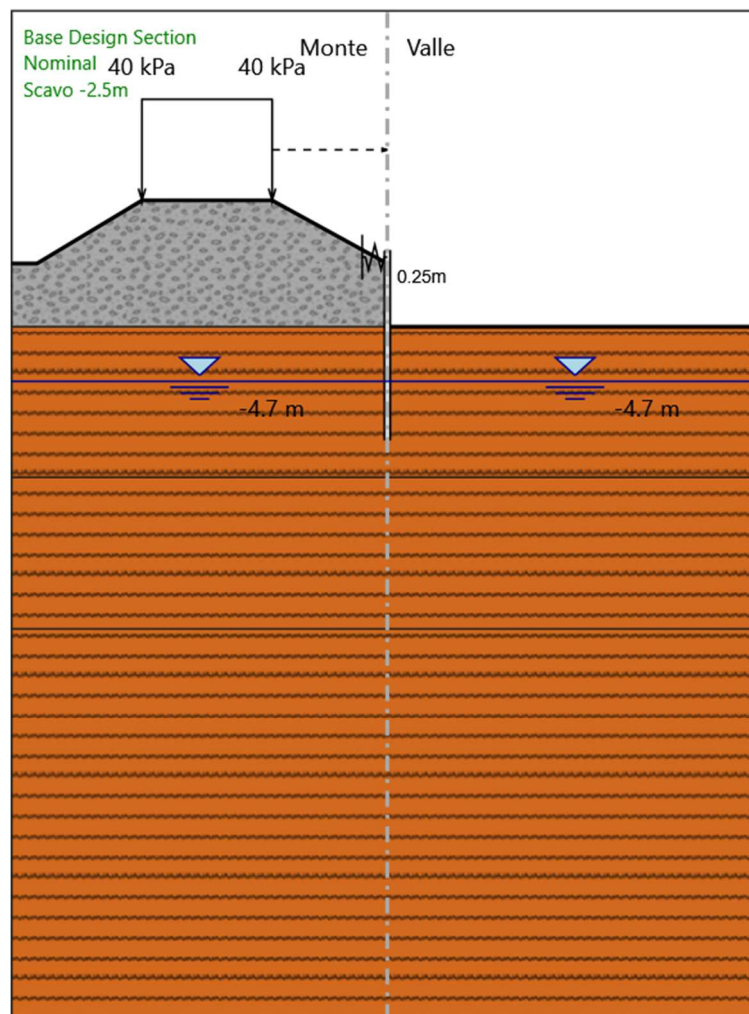
X : 0 m

Z : 0.25 m

Angolo : 0 °

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	49 di 54

## Scavo -2.5m



## Scavo -2.5m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE**  
**- LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km  
28+819  
*Relazione di calcolo opere provvisionali*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	50 di 54

X : 0 m

Quota in alto : 0.5 m

Quota di fondo : -7 m

Sezione : Micropali 240/300

Vincolo elastico : Spring

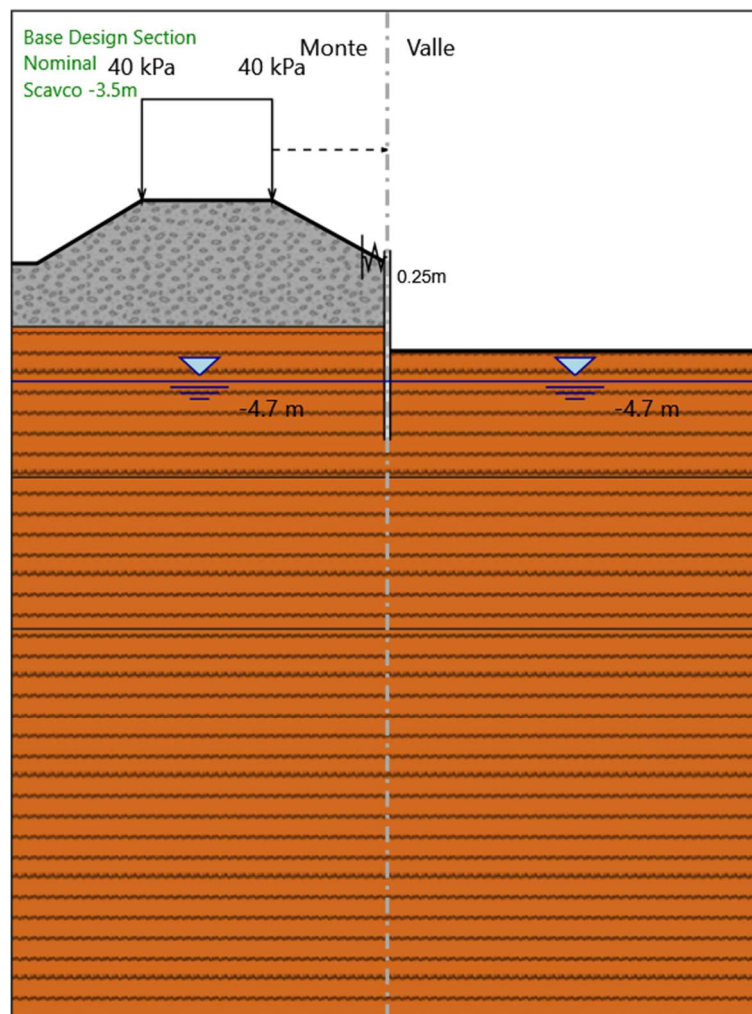
X : 0 m

Z : 0.25 m

Angolo : 0 °

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	51 di 54

### Scavco -3.5m



### Scavco -3.5m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA DIRAMAZIONE**  
**- LOTTO 1+2**

IN53 – Prolungamento tombino faunistico al km 28+819 <i>Relazione di calcolo opere provvisionali</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00	D 26	CLIN5309001	B	52 di 54

X : 0 m

Quota in alto : 0.5 m

Quota di fondo : -7 m

Sezione : Micropali 240/300

Vincolo elastico : Spring

X : 0 m

Z : 0.25 m

Angolo : 0 °