

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)**

VIABILITA' - VIADOTTI

NW01 – VIADOTTO STRADALE SU NV94

Relazione di calcolo opere provvisionali

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 09 CL NW0100 005 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Feb-2020	A.Ferr 	Feb-2020	A.Barreca 	Feb-2020	
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Mag-2020	A.Ferr 	Mag-2020	A.Barreca 	Mag-2020	

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	6
3	MATERIALI.....	7
3.1	ACCIAIO S275 .....	7
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	8
4.1	TERRENO DI FONDAZIONE .....	8
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	9
6	CRITERI DI PROGETTO .....	10
7	CRITERI DI MODELLAZIONE.....	12
7.1	PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA .....	12
7.2	MODELLI DI CALCOLO .....	12
7.1	PARATIA.....	12
7.1	PUNTONE.....	13
8	ANALISI DEI CARICHI.....	14
8.1	PESO PROPRIO .....	14
8.2	SPINTA STATICA DELLE TERRE.....	14
8.3	SPINTA STATICA DELL'ACQUA.....	16
8.4	SPINTA DA SOVRACCARICO ACCIDENTALE .....	16
9	RISULTATI.....	17

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	3 di 54

9.1	VERIFICHE SLU PARETI.....	17
9.1	VERIFICHE SLU GEO .....	19
9.1	VERIFICHE SLU PUNTONI.....	19
9.1	VERIFICHE SLE.....	24
10	ALLEGATI.....	25

## 1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania.

Le analisi e verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento al viadotto NW01.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

La palancola provvisoria prevista al fine di eseguire gli scavi necessari alla realizzazione delle opere di fondazione del viadotto, viene realizzata in metallo con sezioni di tipo AZ 46, unite da giunti di tipo Larsenn. La palancola ha lunghezza di 12.0m. Si prevede l'inserimento di puntoni diagonali, costituiti da sezione tubolare in acciaio (D300 s=15mm, L=4.0), collegati da una trave di ripartizione in acciaio di tipo HEB240 (2 profili accoppiati), al fine di contenere cedimenti del p.c..

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

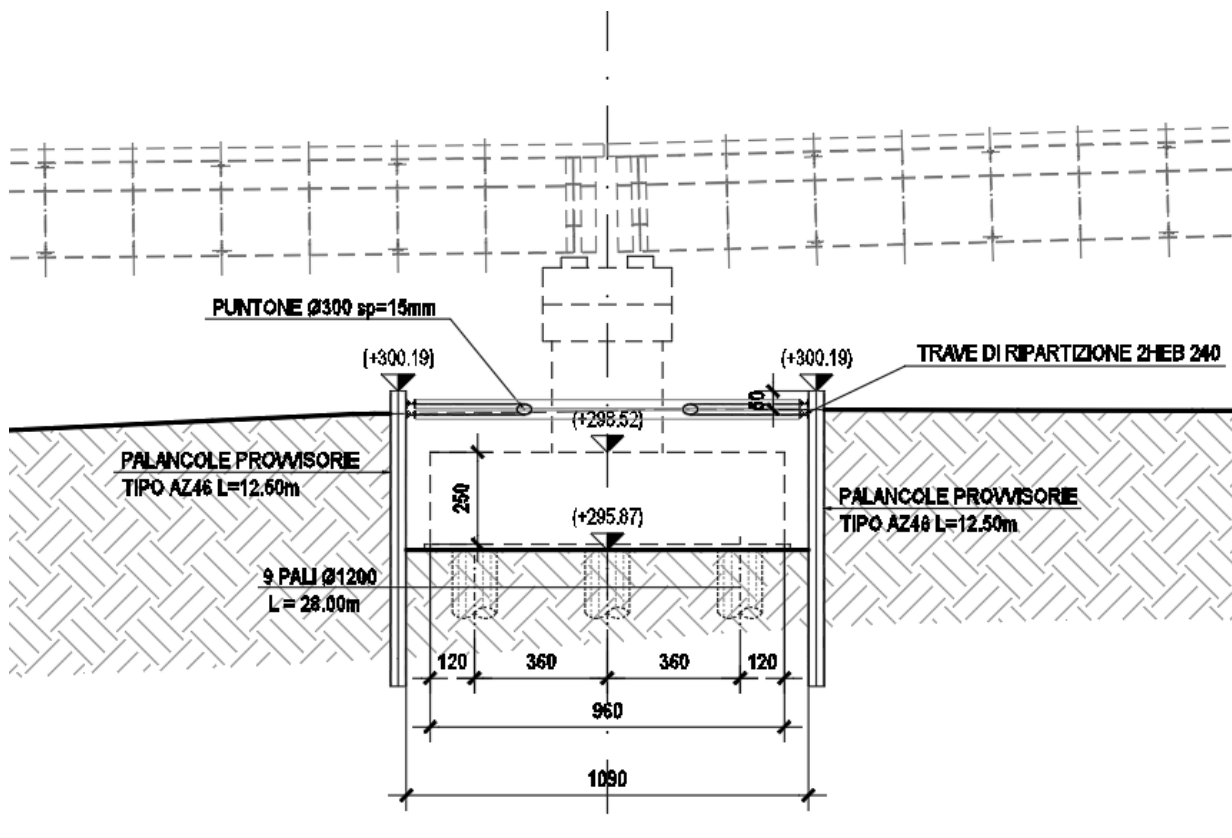


Fig. 1 – Sezione trasversale dell'opera

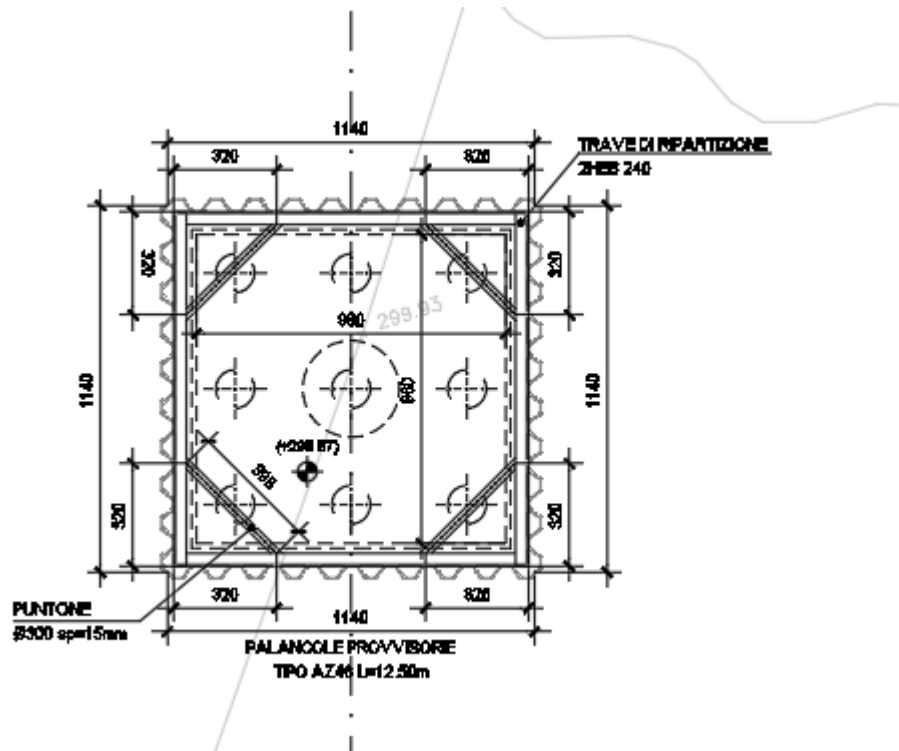


Fig. 2 –Pianta dell'opera

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>Viadotto NW01</b>					
	Relazione di calcolo opera provvisoria	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO NW 01 00 005	REV. B

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- 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 modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- RFI DTC SI MA IFS 001 B - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- RFI DTC SI SP IFS 001 B – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- UNI EN 206-1:2006 Parte 1: Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- EUROCODICE 7: progettazione geotecnica
- Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

### 2.1 Documenti di riferimento

- Relazione geotecnica generale RS3U40D26GEGE0000001B.
- Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni NW01 RS3U40D09RHNW0100001A.
- Carpenteria NW01 RS3U40D09BBNW0100002A.
- Carpenteria fondazioni e pianta fondazioni NW01 A0RS3U40D09B9NW0100001A.

### 3 MATERIALI

#### 3.1 Acciaio S275

La carpenteria metallica sarà realizzata in acciaio tipo S275 conforme alle prescrizioni del D.M. 17.1.2018 e presentare le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura a trazione  $f_t \geq 430 \text{ MPa}$
- tensione di snervamento  $f_y \geq 275 \text{ MPa}$
- allungamento (lamiere)  $\varepsilon_t \geq 21\%$
- modulo elastico  $E_a = 210.000 \text{ MPa}$

## 4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si rimanda alla relazione geotecnica per la trattazione completa dei parametri geotecnici.

### 4.1 Terreno di fondazione

Per il terreno esistente sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche :

	zi [m]	zf[m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c' [kPa]	$\phi'$ [°]	Eop[MPa]
a2	0	2	19	11	23	20
a	2	8	19	0	33	20
TRV	8	40	20	23	25	80

Falda a fondo scavo.

I sondaggi di riferimento sono: 4as22-4as24



## 5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

In quanto l'opera è provvisoria, non si applica l'azione sismica

## 6 CRITERI DI PROGETTO

Per le paratie si devono considerare almeno i seguenti stati limite ultimi:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)
  - collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
  - collasso per carico limite verticale;
  - sfilamento di uno o più ancoraggi;
  - instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
  - instabilità del fondo scavo per sollevamento;
  - sifonamento del fondo scavo;
  - instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
  - SLU di tipo strutturale (STR)
  - raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
  - raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
  - raggiungimento della resistenza strutturale della paratia,
- accertando che la condizione (6.2.1) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

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

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Fermo restando quanto specificato nel § 6.5.3.1.1 per il calcolo delle spinte, per valori dell'angolo d'attrito tra terreno e parete  $\delta > \varphi'/2$  ai fini della valutazione della resistenza passiva è necessario tener conto della non planarità delle superfici di scorrimento.

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

Tabella 1– Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (Tab. 6.2.I NTC2018)

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	$\gamma_r$	1,0	1,0

Tabella 2– Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab.6.2.II NTC2018)

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_R$	1,1

Tabella 3: Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo (Tabella 6.8.I – NTC 2018)

## 7 CRITERI DI MODELLAZIONE

### 7.1 Programmi per l'analisi automatica

Lo stato tenso-deformativo della paratia è stato investigato mediante il software di calcolo *PARATIEPLUS*.

### 7.2 Modelli di calcolo

Lo stato tenso-deformativo dell'opera è stato investigato mediante il software di calcolo *PARATIE PLUS*, programma non lineare agli elementi finiti per l'analisi di strutture di sostegno flessibili.

Si è considerato un comportamento piano nelle deformazioni, analizzando una striscia di parete di larghezza unitaria. La realizzazione dello scavo sostenuto da paratie è seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una quota di scavo, da un insieme di puntoni e tiranti applicati e da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

#### 7.1 Paratia

Palancola è costituita profili di tipo AZ 46 L=12m.

Si incrementa l'altezza di scavo del 10% secondo quanto riportato al cap.6.5.2.2 delle NTC( $3.8m \cdot 1.1 = 4.2m$ ).

Nella modellazione è implementata la seguente successione di step:

Step 0. Inizializzazione geostatica.

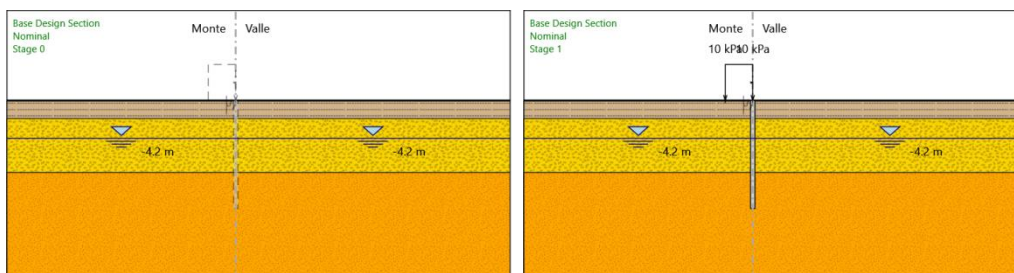
Step 1. Esecuzione palancola.

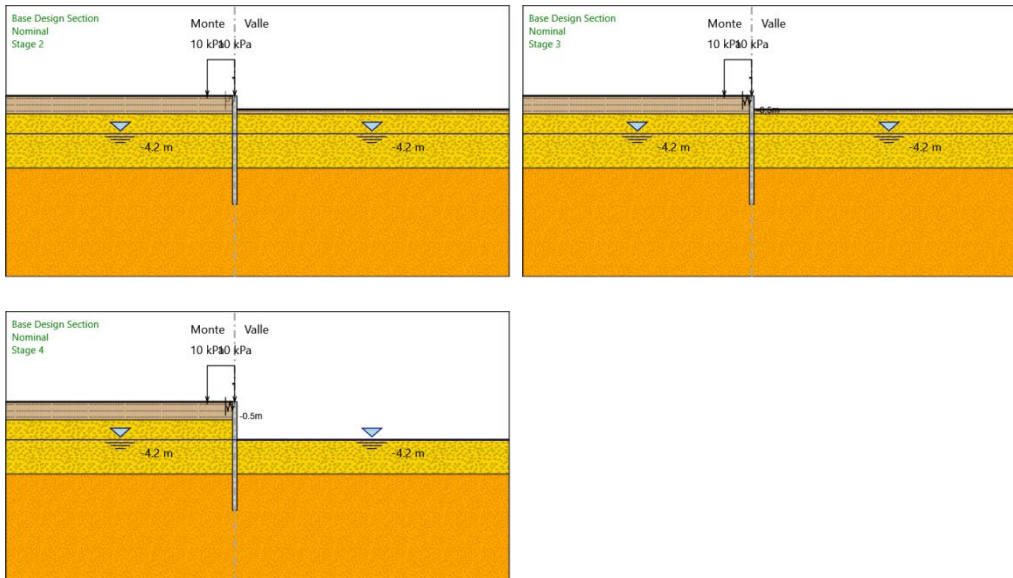
Step 2. Scavo intermedio.

Step 3. Inserimento puntone.

Step 4. Scavo.

Di seguito si riportano le immagini relative alle fasi di calcolo:

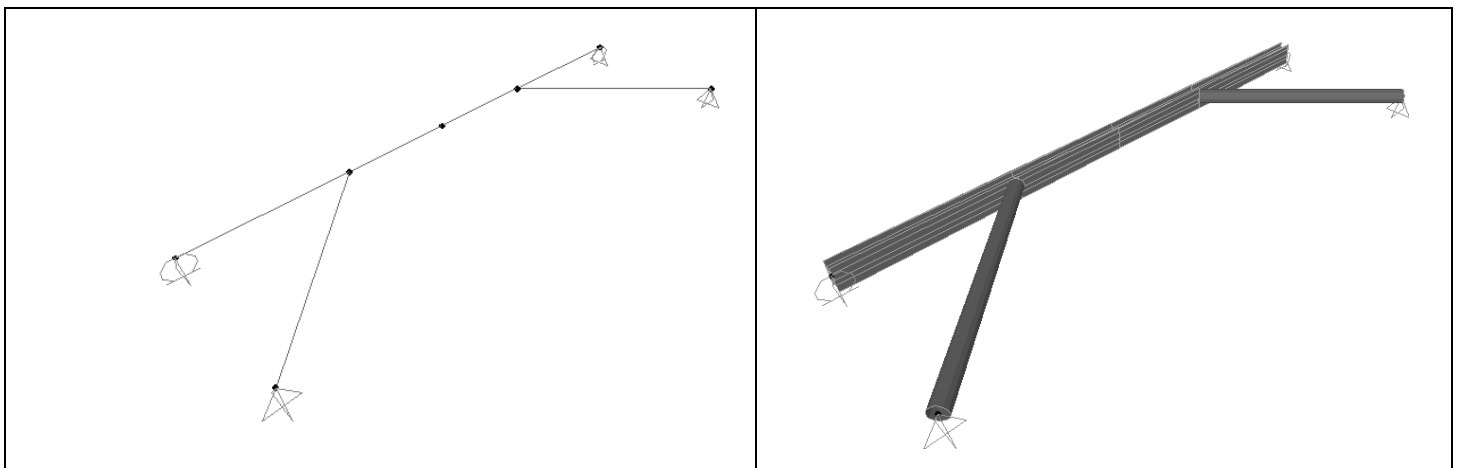




## 7.1 Puntone

I puntone sono sezioni circolari cave in acciaio (S275) aventi  $\Phi 300$  mm inclinati di circa  $45^\circ$ ; la trave è un profilo accoppiato HEB240.

La rigidità del sistema trave ripartizione/puntone è stata valutata tramite una modellazione agli elementi finiti. Alla trave di ripartizione è stato applicato un carico uniformemente distribuito di 1 kN/m e si è letto lo spostamento in corrispondenza della mezzeria  $u = 6.0005 \cdot 10^{-5}$  m. Tramite la formula  $k = 1/u$  si valuta la rigidità  $k \approx 16652$  kN/m da applicare alle molle nel modello in Paratie Plus. La figura successiva mostra lo schema statico utilizzato:



## 8 ANALISI DEI CARICHI

### 8.1 Peso Proprio

Il peso proprio della struttura è calcolato in base alla geometria degli elementi strutturali e al peso specifico assunto per i materiali:

$$\gamma_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$$

### 8.2 Spinta statica delle terre

Nel modello di calcolo impiegato dal software di calcolo PARATIE, la spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra 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  $\sigma'_h$  a quella verticale  $\sigma'_v$  attraverso la relazione:

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

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

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

dove

$$K_0^{NC} = 1 - \text{sen } \phi'$$

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

I coefficienti di spinta attiva e passiva sono forniti dalla teoria di Rankine per una parete liscia dalle seguenti espressioni:

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

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

Per tener conto dell'angolo di attrito  $\delta$  tra paratia e terreno il software PARATIE impiega per  $K_a$  e  $K_p$  la formulazione rispettivamente di Coulomb e Lancellotta.

*Formulazione di Coulomb per  $k_a$*

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

dove:

$\phi'$  è l'angolo di attrito del terreno

$\beta$  è l'angolo d'inclinazione del diaframma rispetto alla verticale

$\delta$  è l'angolo di attrito paratia-terreno

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

Il valore limite della tensione orizzontale sarà pari a

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

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

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

*Formulazione di Lancellotta per  $k_p$*

$$K_p = \left[ \frac{\cos \delta}{1 - \sin \Phi'} (\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \Phi' - \sin^2 \delta}) \right] e^{2\theta \tan \Phi'}$$

dove:

$$2\theta = \sin^{-1}\left(\frac{\sin \delta}{\sin \Phi'}\right) + \delta$$

### 8.3 Spinta statica dell'acqua

La spinta dell'acqua è proporzionale alla profondità a partire dalla quota di falda.

### 8.4 Spinta da sovraccarico accidentale

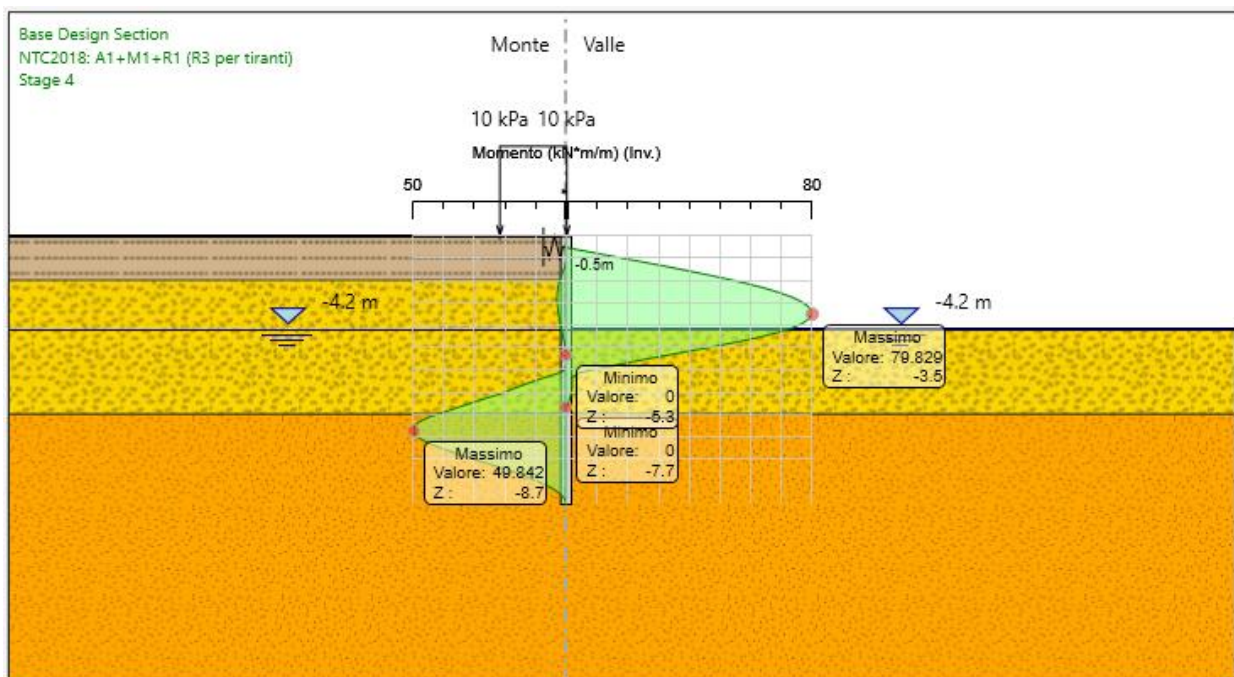
I carichi variabili associati al passaggio dei mezzi di cantiere, vengono schematizzati, ai fini del calcolo, con dei carichi uniformi  $q_{vk}=10$  kPa.



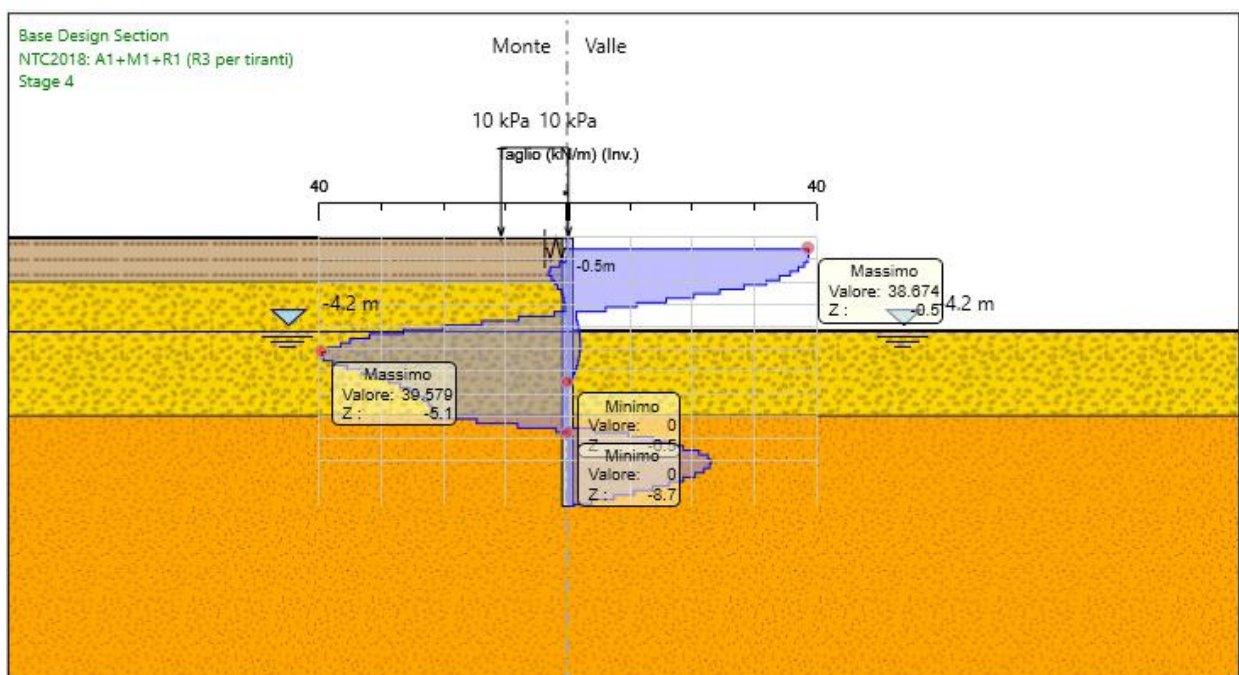
## 9 RISULTATI

### 9.1 Verifiche SLU pareti

Dall'involuppo del momento flettente si osserva che il massimo valore risulta pari a 79 kNm/m.

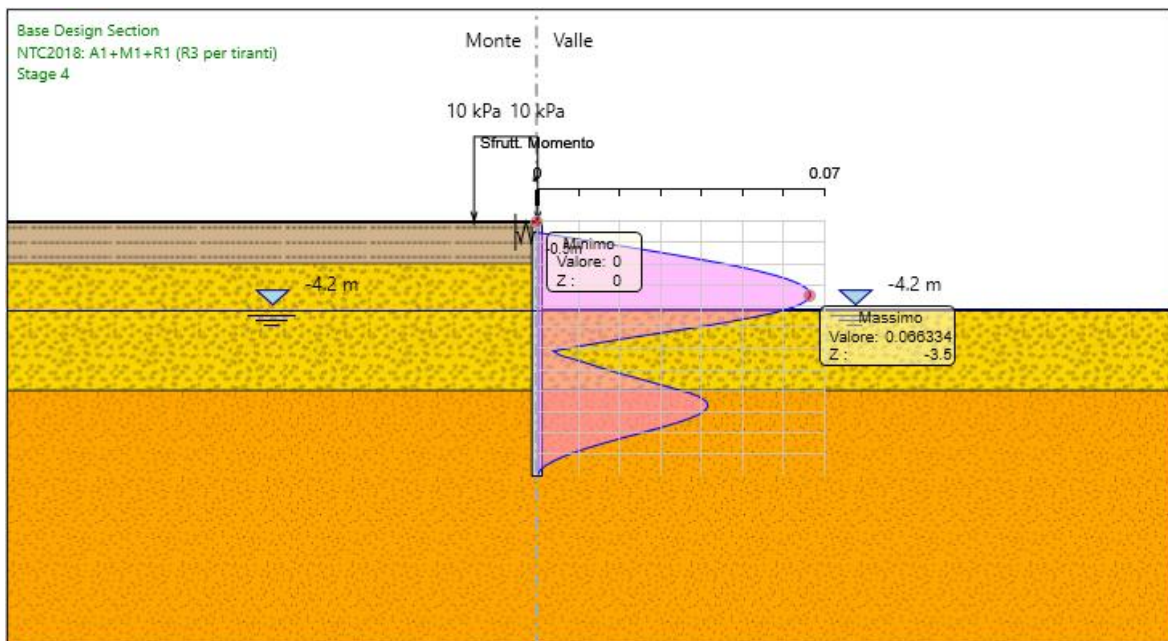


Dall'involuppo del taglio si osserva che il massimo valore risulta pari a 39 kN/m.

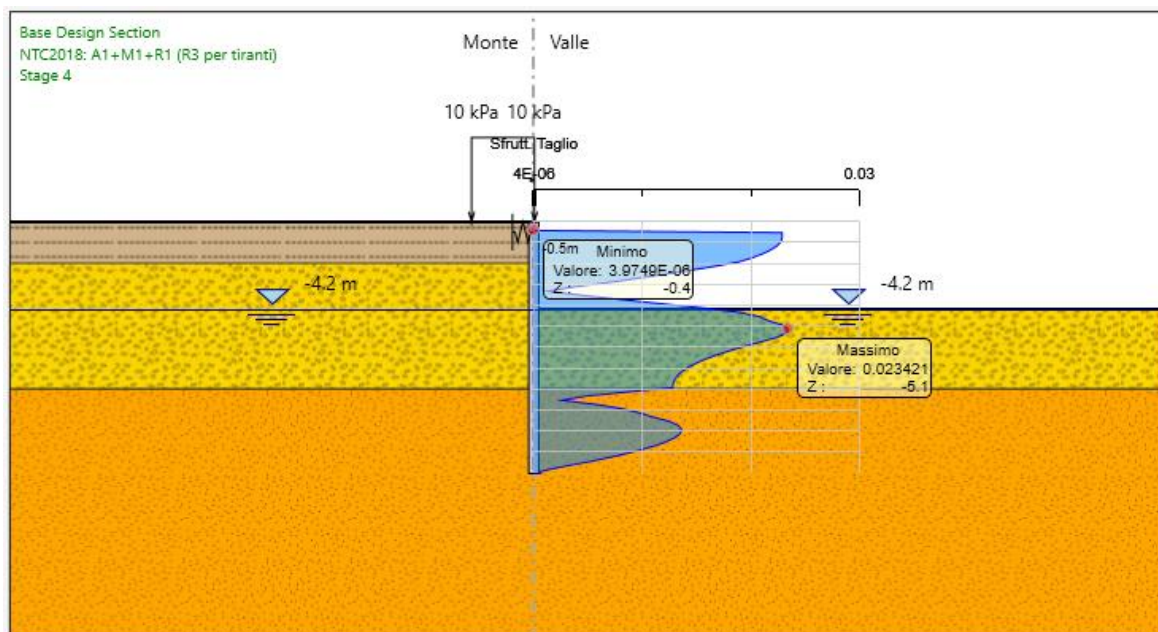


Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali delle palancole metalliche a flessione e a taglio condotte mediante l'ausilio di Paratie plus. In particolare si riportano i diagrammi dei tassi di sfruttamento sulle palancole, ottenuti come rapporto tra sollecitazione presente e resistenza disponibile in ogni sezione delle palancole.

Tasso di sfruttamento a momento nelle palancole metalliche  $T.S.F.max = 0.066 < 1$



Tasso di sfruttamento a taglio nelle palancole metalliche  $T.S.F.max = 0.023 < 1$



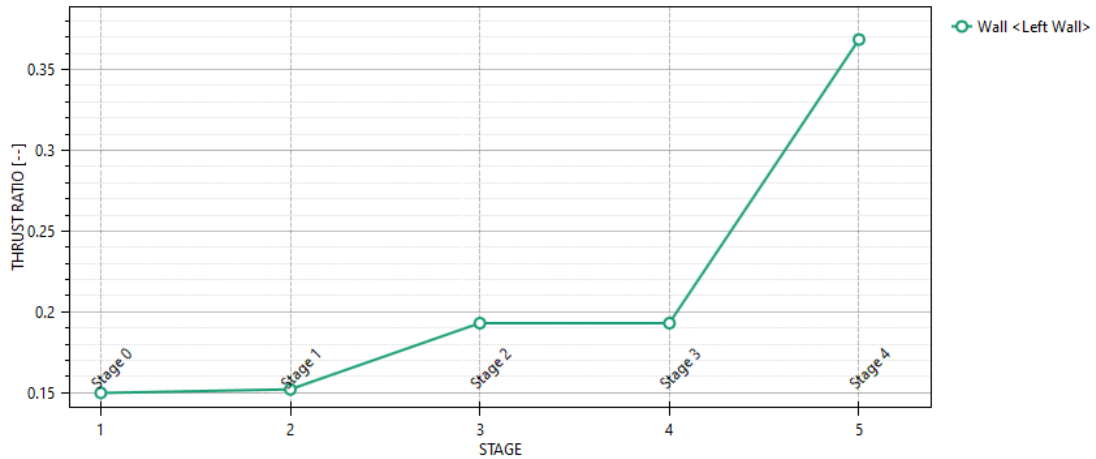


## 9.1 Verifiche SLU geo

Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa il 37%.

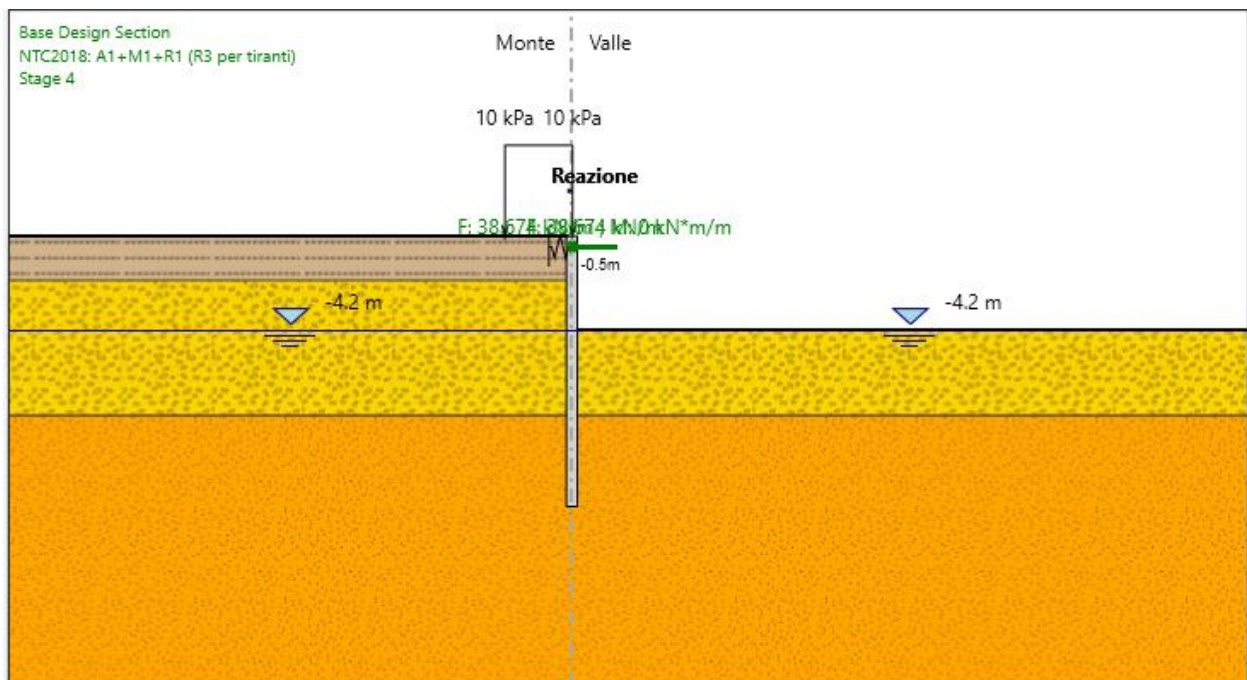
### Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <NTC2018: A2+M2+R1>



## 9.1 Verifiche SLU puntoni

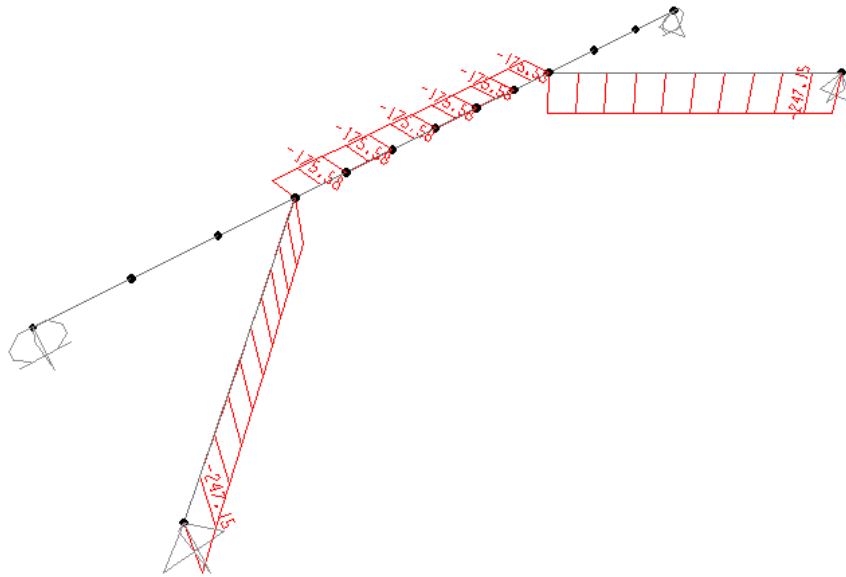
Tramite il programma di calcolo Paratie Plus è stata valutata la reazione massima nella molla che risulta essere pari a 38.7 kN/m



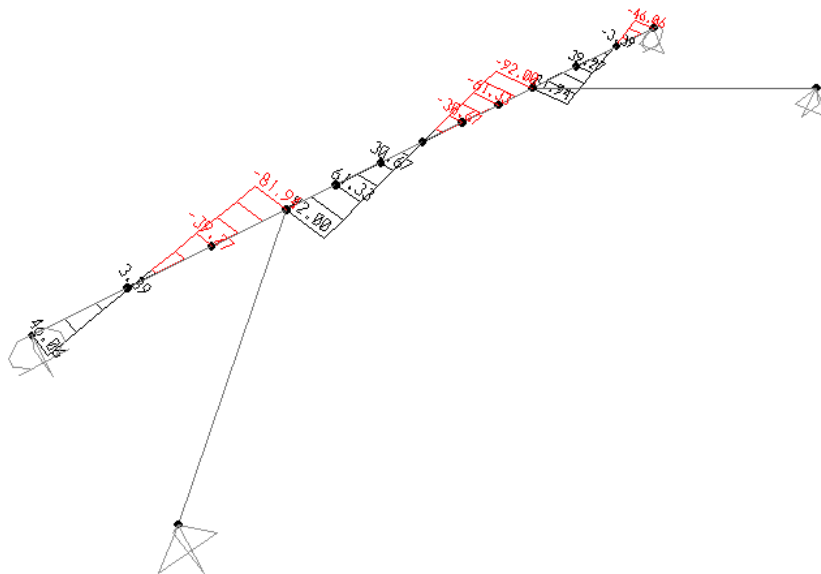
Tale reazione è stata utilizzata come moltiplicatore del carico unitario nel modello agli elementi finiti.

Le sollecitazioni risultanti valgono:

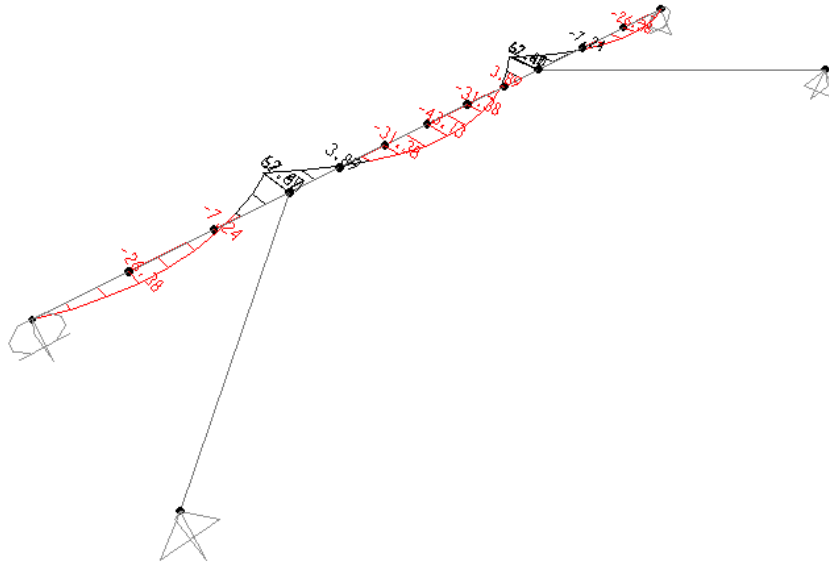
- Sforzo normale kN



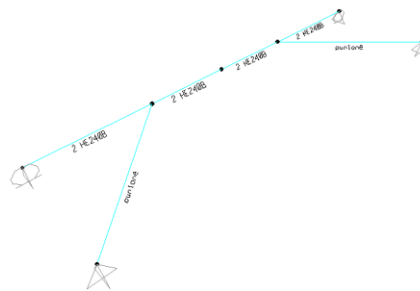
- Taglio kN



- Momento kNm



Le verifiche delle sezioni vengono svolte direttamente dal software di calcolo; il coefficiente massimo di sfruttamento è pari ad 0.18:



Tabulati:

Frame : 6	Design Sect: 2 HE240B					
X Mid : 4.350	Design Type: Beam					
Y Mid : 0.000	Frame Type : Ductility Class High Moment Resisting Frame					
Z Mid : 0.000	Sect Class : Class 3					
Length : 2.300	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3					
Loc : 0.000	RLLF : 1.000					
Area : 0.020	SMajor : 0.002		rMajor : 0.103		AVMajor: 0.005	
IMajor : 2.179E-04	SMinor : 0.002		rMinor : 0.135		AVMinor: 0.013	
IMinor : 3.727E-04	ZMajor : 0.002		E : 210000000.00			
Ixy : 0.000	ZMinor : 0.002		Fy : 275000.000			
<b>STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS</b>						
Location	P	M33	M22	U2	U3	T
0.000	-175.583	62.665	0.000	92.000	0.000	0.000
<b>PMM DEMAND/CAPACITY RATIO</b>						
Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(6.61)	0.178	= 0.034	+ 0.143	+ 0.000	0.950	OK
<b>AXIAL FORCE DESIGN</b>						
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Nb33,Rd Major	Nb22,Rd Minor	
Axial	-175.583	5110.000	4496.800	5110.000	5110.000	
<b>MOMENT DESIGN</b>						
	Med Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity		
Major Moment	62.665	453.869	453.869	453.869		
Minor Moment	0.000	388.236	388.236			
	K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kyz Factor	C1 Factor
Major Moment	1.000	2.000	1.011	0.998		1.000
Minor Moment	1.000	4.783	1.019		1.019	
<b>SHEAR DESIGN</b>						
	Ued Force	Uc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion	
Major Shear	92.000	693.053	0.133	OK	0.000	
Minor Shear	0.000	1937.163	0.000	OK	0.000	
<b>CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS</b>						
	UMajor Left	UMajor Right				
Major (U2)	92.000	0.000				

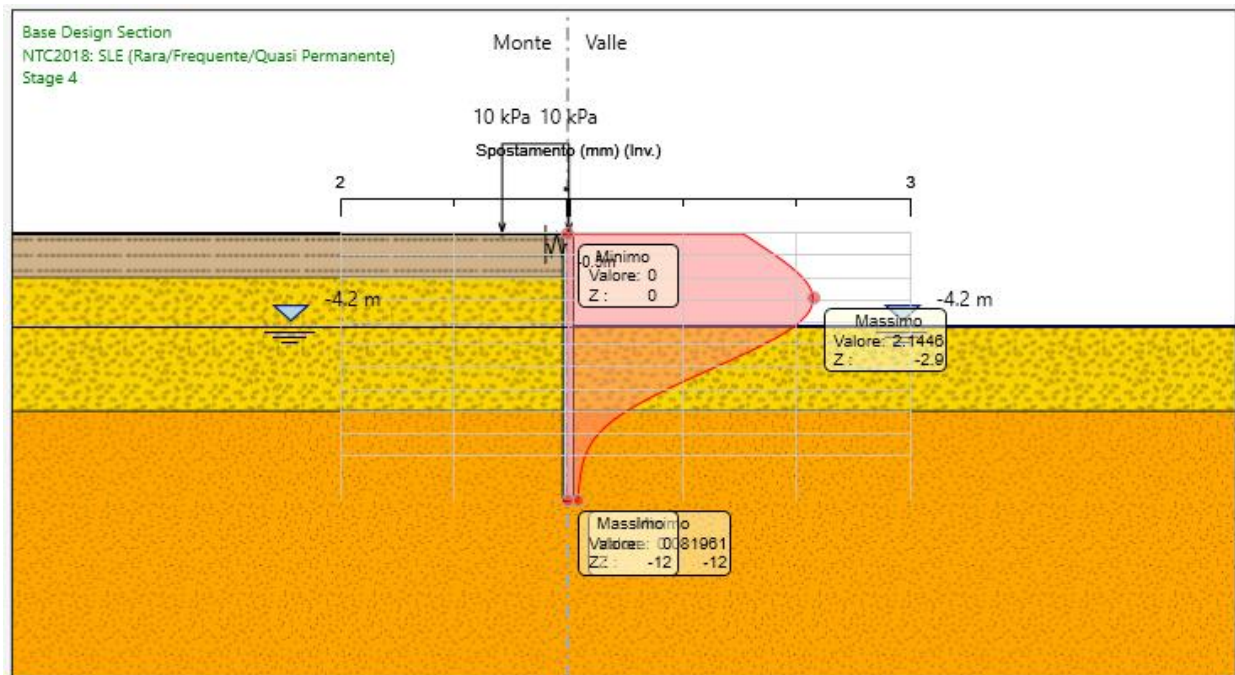
Relazione di calcolo opera provvisoriale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	23 di 54

Frame	: 5	Design Sect:	puntone				
X Mid	: 1.600	Design Type:	Beam				
Y Mid	: -1.600	Frame Type:	Ductility Class High Moment Resisting Frame				
Z Mid	: 0.000	Sect Class:	Class 1				
Length	: 4.525	Major Axis:	0.000 degrees counterclockwise from local 3				
Loc	: 4.525	RLLF	: 1.000				
Area	: 0.013	SMajor	: 9.116E-04	rMajor	: 0.101	AUMajor	: 0.007
IMajor	: 1.367E-04	SMinor	: 9.116E-04	rMinor	: 0.101	AUMinor	: 0.007
IMinor	: 1.367E-04	ZMajor	: 0.001	E	: 210000000.00		
Ixy	: 0.000	ZMinor	: 0.001	Fy	: 275000.000		
<b>STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS</b>							
Location		P	M33	M22	U2	U3	T
4.525		-247.149	0.000	5.261	0.000	-1.163	0.000
<b>PMM DEMAND/CAPACITY RATIO</b>							
Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check	
(6.2)	0.091	= 0.074	+ 0.000	+ 0.017	0.950	OK	
<b>AXIAL FORCE DESIGN</b>							
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Nb33,Rd Major	Nb22,Rd Minor		
Axial	-247.149	3357.577	2954.668	3357.577	3357.577		
<b>MOMENT DESIGN</b>							
	Med Moment	Mc,Rd Capacity	Mu,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity			
Major Moment	0.000	304.875	304.875	304.875			
Minor Moment	5.261	304.875	304.875				
	K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kyz Factor	C1 Factor	
Major Moment	1.000	1.000	1.023	0.995		1.000	
Minor Moment	1.000	1.000	0.635		0.381		
<b>SHEAR DESIGN</b>							
	Ved Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion		
Major Shear	0.000	971.037	0.000	OK	0.000		
Minor Shear	1.163	971.037	0.001	OK	0.000		
<b>CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS</b>							
	UMajor Left	UMajor Right					
Major (U2)	0.000	0.000					

## 9.1 Verifiche SLE

Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione SLE si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia vale 2.14 mm:







Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	26 di 54

## **Descrizione Pareti**

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Muro di sinistra

Sezione : palanca

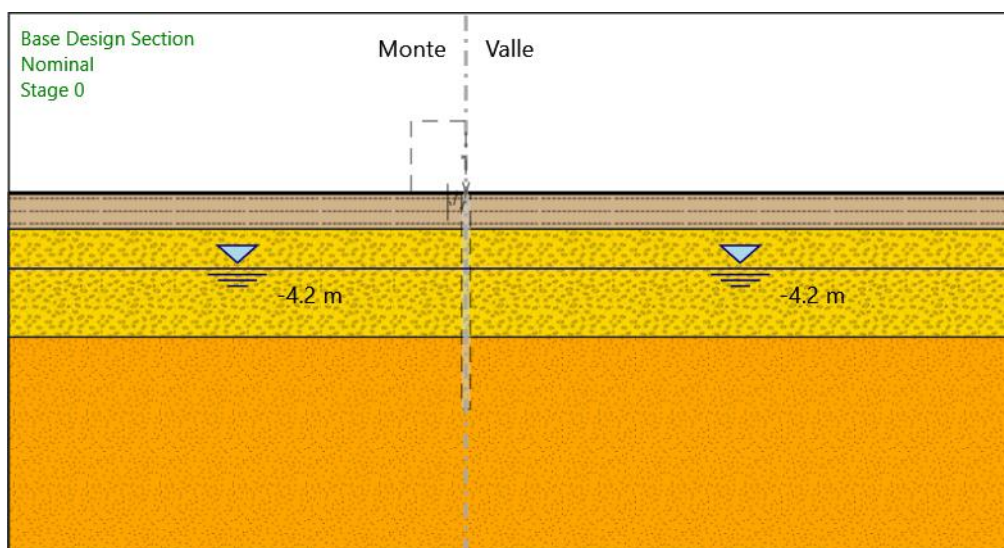
Area equivalente : 0.0291 m

Inerzia equivalente : 0.0011 m<sup>4</sup>/m

Profilo palanca : AZ 46

## Fasi di Calcolo

### Stage 0



Stage 0

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -4.2 m

Falda di destra : -4.2 m

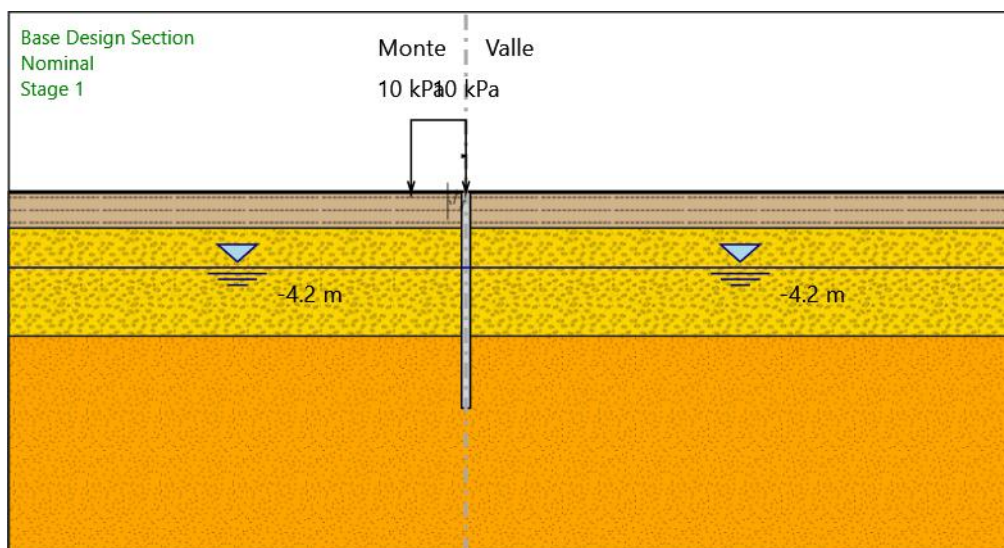


**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**  
**TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**  
**Viadotto NW01**

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3U</b>	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	28 di 54

## Stage 1



### Stage 1

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

##### Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

##### Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -4.2 m

Falda di destra : -4.2 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -3 m

X finale : 0 m

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3U</b>	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	30 di 54

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

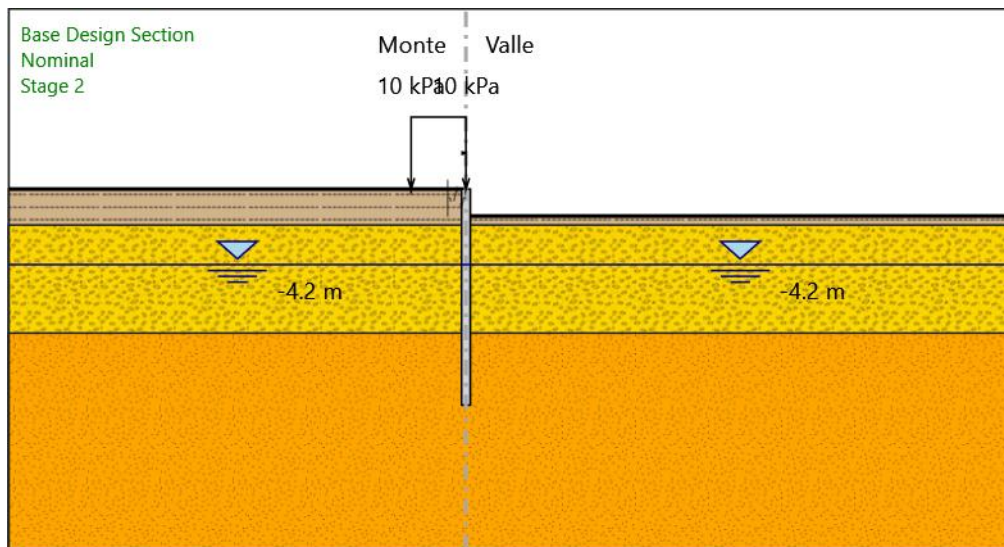
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : palanca

## Stage 2



### Stage 2

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-1.5 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -4.2 m

Falda di destra : -4.2 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -3 m

X finale : 0 m

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3U</b>	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	32 di 54

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

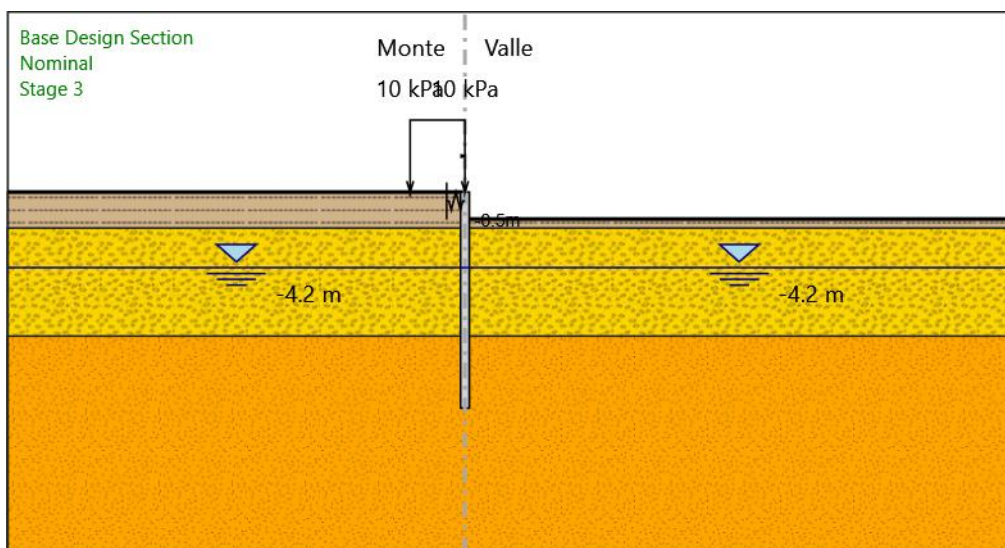
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : palanca



### Stage 3



### Stage 3

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-1.5 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -4.2 m

Falda di destra : -4.2 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -3 m

X finale : 0 m

Relazione di calcolo opera provvisoriale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	34 di 54

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : palanca

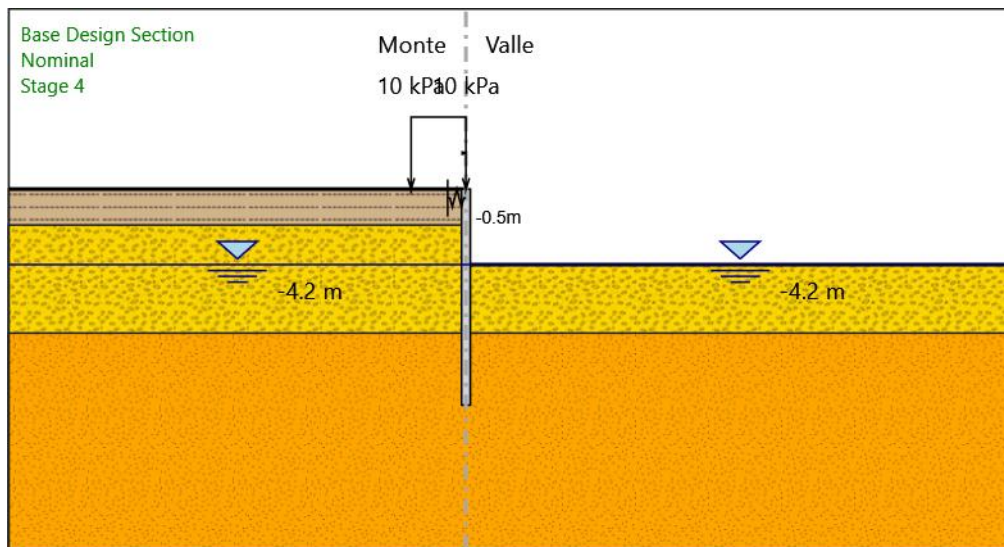
Vincolo elastico : Spring

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

## Stage 4



### Stage 4

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4.2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-4.2 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -4.2 m

Falda di destra : -4.2 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -3 m

X finale : 0 m

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	36 di 54

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : palanca

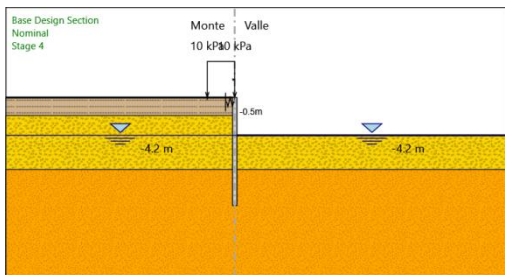
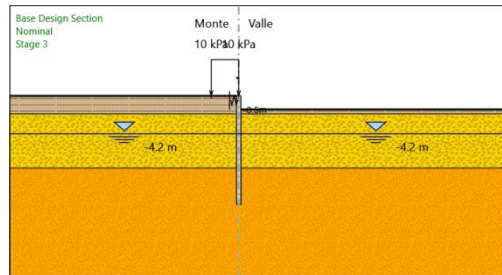
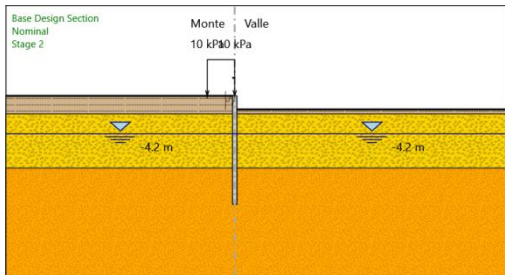
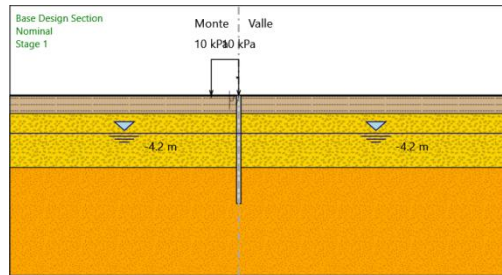
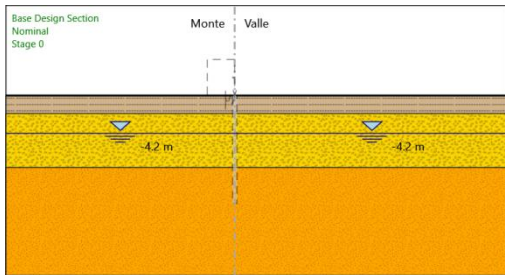
Vincolo elastico : Spring

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

## Tabella Configurazione Stage (Nominal)



## Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_ unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_ _favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_ unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_ _favour)	Carico Sismico (F_seism _load)	Pressio ni Acqua Lato Monte (F_Wat erDR)	Pressio ni Acqua Valle (F_Wat erRes)	Carichi Permane nti Destabiliz zanti (F_UPL_G DStab)	Carichi Permane nti Stabilizz anti (F_UPL_ GStab)	Carichi Variabili Destabiliz zanti (F_UPL_Q DStab)	Carichi Permane nti Destabiliz zanti (F_HYD_G DStab)	Carichi Permane nti Stabilizza nti (F_HYD_ GStab)	Carichi Variabili Destabiliz zanti (F_HYD_Q DStab)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Freque nte/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1

## Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

### Tabella Inviluppi Spostamento Left Wall

Design Assumption: Nominal Inviluppi: Spostamento Muro: LEFT		
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
0	0	1.533
-0.2	0	1.591
-0.4	0	1.649
-0.5	0	1.679
-0.7	0	1.737
-0.9	0	1.794
-1.1	0	1.85
-1.3	0	1.904
-1.5	0	1.954
-1.7	0	1.999
-1.9	0	2.04
-2.1	0	2.075
-2.3	0	2.104
-2.5	0	2.126
-2.7	0	2.139
-2.9	0	2.145
-3.1	0	2.142
-3.3	0	2.13
-3.5	0	2.109
-3.7	0	2.079
-3.9	0	2.041
-4.1	0	1.994
-4.3	0	1.94
-4.5	0	1.879
-4.7	0	1.811
-4.9	0	1.738
-5.1	0	1.661
-5.3	0	1.58
-5.5	0	1.496
-5.7	0	1.411
-5.9	0	1.325
-6.1	0	1.238
-6.3	0	1.151
-6.5	0	1.065
-6.7	0	0.981
-6.9	0	0.898
-7.1	0	0.818
-7.3	0	0.741
-7.5	0	0.667
-7.7	0	0.596
-7.9	0	0.53
-8.1	0	0.469
-8.3	0	0.413
-8.5	0	0.363
-8.7	0	0.318
-8.9	0	0.279
-9.1	0	0.245
-9.3	0	0.216
-9.5	0	0.191
-9.7	0	0.171
-9.9	0	0.154
-10.1	0	0.14
-10.3	0	0.129

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	40 di 54

Design Assumption: Nominal Involuppi: Spostamento Muro: LEFT		
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
-10.5	0	0.119
-10.7	0	0.112
-10.9	0	0.106
-11.1	0	0.101
-11.3	0	0.096
-11.5	0	0.092
-11.7	0	0.088
-11.9	0	0.084
-12	0	0.082



## Tabella Involuppi Momento WallElement

Design Assumption: Nominal	Involuppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0.035	0
-0.4	0.046	0
-0.5	0.047	0
-0.7	0.037	7.735
-0.9	0.018	15.469
-1.1	0.069	23.175
-1.3	0.327	30.771
-1.5	0.892	38.18
-1.7	1.514	45.324
-1.9	2.038	52.125
-2.1	2.454	58.504
-2.3	2.782	64.163
-2.5	2.979	69.043
-2.7	3.06	73.089
-2.9	3.045	76.245
-3.1	2.951	78.456
-3.3	2.793	79.667
-3.5	2.577	79.829
-3.7	2.314	78.892
-3.9	2.009	76.803
-4.1	1.672	73.511
-4.3	1.364	68.965
-4.5	1.087	63.259
-4.7	0.791	56.637
-4.9	0.484	49.341
-5.1	0.173	41.614
-5.3	0	33.698
-5.5	0	25.835
-5.7	0	18.268
-5.9	0	11.173
-6.1	1.978	4.543
-6.3	6.633	1.898
-6.5	10.957	1.966
-6.7	14.971	1.938
-6.9	18.694	1.798
-7.1	22.73	1.528
-7.3	27.368	1.11
-7.5	31.856	0.523
-7.7	36.245	0
-7.9	40.582	0
-8.1	44.912	0
-8.3	47.846	0
-8.5	49.464	0
-8.7	49.842	0
-8.9	49.045	0
-9.1	47.135	0
-9.3	44.179	0
-9.5	40.47	0
-9.7	36.26	0
-9.9	31.764	0
-10.1	27.165	0
-10.3	22.615	0
-10.5	18.243	0
-10.7	14.158	0
-10.9	10.451	0

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	42 di 54

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-11.1	7.202	0
-11.3	4.481	0
-11.5	2.351	0
-11.7	0.871	0
-11.9	0.099	0
-12	0	0

## Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0.173	0
-0.2	0.173	0
-0.4	0.058	0
-0.5	0.007	38.674
-0.7	0	38.674
-0.9	0.345	38.674
-1.1	1.288	38.527
-1.3	2.828	37.982
-1.5	3.11	37.042
-1.7	3.11	35.721
-1.9	2.62	34.006
-2.1	2.077	31.897
-2.3	1.645	28.291
-2.5	0.982	24.402
-2.7	0.767	20.23
-2.9	0.644	15.782
-3.1	0.44	11.051
-3.3	2.233	6.057
-3.5	7.88	1.319
-3.7	13.796	1.521
-3.9	19.983	1.685
-4.1	26.442	1.812
-4.3	31.892	1.901
-4.5	35.048	1.948
-4.7	36.48	1.956
-4.9	38.635	1.956
-5.1	39.579	1.923
-5.3	39.579	1.849
-5.5	39.313	1.731
-5.7	37.836	1.566
-5.9	35.474	1.349
-6.1	33.153	1.076
-6.3	30.878	0.741
-6.5	28.811	0.374
-6.7	27.007	0
-6.9	25.47	0
-7.1	24.198	0
-7.3	23.191	0
-7.5	22.442	0
-7.7	21.943	0
-7.9	21.684	0
-8.1	21.651	0
-8.3	14.668	0
-8.5	8.092	4.359
-8.7	1.888	9.72
-8.9	0	13.676
-9.1	0	16.423
-9.3	0	18.545
-9.5	0	21.05
-9.7	0	22.48
-9.9	0	22.998
-10.1	0	22.998
-10.3	0	22.75
-10.5	0	21.859
-10.7	0	20.425
-10.9	0	18.533

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	44 di 54

Design Assumption: Nominal Involuppi: Taglio Muro: WallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-11.1	0	16.244
-11.3	0	13.607
-11.5	0	10.652
-11.7	0	7.399
-11.9	0	3.859
-12	0	0.991

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	45 di 54

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: A2+M2+R1 Stage 0 Left Wall		LEFT	LEFT	14.99
NTC2018: A2+M2+R1 Stage 4 Left Wall		RIGHT	RIGHT	36.85



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

Viadotto NW01

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	46 di 54

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva
				%

NTC2018: A2+M2+R1 Stage 4 Left Wall	LEFT			16620.2
-------------------------------------	------	--	--	---------

NTC2018: A2+M2+R1 Stage 0 Left Wall	RIGHT			22016.71
-------------------------------------	-------	--	--	----------

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	47 di 54

## Inviluppo Risultati Elementi Strutturali

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Cela Forza kN/m
Spring	NTC2018: A2+M2+R1	Stage 4	38.67

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Cela Momento kN*m/m
Spring	NTC2018: A2+M2+R1	Stage 4	0

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	48 di 54

## ***Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali***

### **Normative Verifiche**

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NONE



Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	49 di 54

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 0	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V

## Risultati SteelWorld

### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
0	0
-0.2	0
-0.4	0
-0.5	0
-0.7	0.006
-0.9	0.013
-1.1	0.019
-1.3	0.026
-1.5	0.032
-1.7	0.038
-1.9	0.043
-2.1	0.049
-2.3	0.053
-2.5	0.057
-2.7	0.061
-2.9	0.063
-3.1	0.065
-3.3	0.066
-3.5	0.066
-3.7	0.066
-3.9	0.064
-4.1	0.061
-4.3	0.057
-4.5	0.053
-4.7	0.047
-4.9	0.041
-5.1	0.035
-5.3	0.028
-5.5	0.021
-5.7	0.015
-5.9	0.009
-6.1	0.004
-6.3	0.006
-6.5	0.009
-6.7	0.012
-6.9	0.016
-7.1	0.019
-7.3	0.023
-7.5	0.026
-7.7	0.03
-7.9	0.034
-8.1	0.037
-8.3	0.04
-8.5	0.041
-8.7	0.041
-8.9	0.041
-9.1	0.039
-9.3	0.037
-9.5	0.034
-9.7	0.03
-9.9	0.026
-10.1	0.023
-10.3	0.019
-10.5	0.015

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	51 di 54

**Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld**

**LEFT**

Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
-10.7	0.012
-10.9	0.009
-11.1	0.006
-11.3	0.004
-11.5	0.002
-11.7	0.001
-11.9	0
-12	0

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	52 di 54

## Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	
0	0	
-0.2	0	
-0.4	0	
-0.5	0.023	
-0.7	0.023	
-0.9	0.023	
-1.1	0.022	
-1.3	0.022	
-1.5	0.021	
-1.7	0.02	
-1.9	0.019	
-2.1	0.017	
-2.3	0.014	
-2.5	0.012	
-2.7	0.009	
-2.9	0.007	
-3.1	0.004	
-3.3	0.001	
-3.5	0.005	
-3.7	0.008	
-3.9	0.012	
-4.1	0.016	
-4.3	0.019	
-4.5	0.021	
-4.7	0.022	
-4.9	0.023	
-5.1	0.023	
-5.3	0.023	
-5.5	0.022	
-5.7	0.021	
-5.9	0.02	
-6.1	0.018	
-6.3	0.017	
-6.5	0.016	
-6.7	0.015	
-6.9	0.014	
-7.1	0.014	
-7.3	0.013	
-7.5	0.013	
-7.7	0.013	
-7.9	0.013	
-8.1	0.009	
-8.3	0.005	
-8.5	0.003	
-8.7	0.006	
-8.9	0.008	
-9.1	0.01	
-9.3	0.011	
-9.5	0.012	
-9.7	0.013	
-9.9	0.014	
-10.1	0.013	
-10.3	0.013	
-10.5	0.012	
-10.7	0.011	
-10.9	0.01	
-11.1	0.008	

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	53 di 54

**Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld**

**LEFT**

Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
-11.3	0.006
-11.5	0.004
-11.7	0.002
-11.9	0.001
-12	0.001



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

**TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**Viadotto NW01**

Relazione di calcolo opera provvisoria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3U</b>	40	D 09 CL	NW 01 00 005	B	54 di 54