

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

### NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA

#### U.O. INFRASTRUTTURE SUD

#### PROGETTO DEFINITIVO

#### TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

#### VIABILITÀ

**NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo)**

**Relazione di calcolo opera di sostegno**

SCALA:

-

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

RS3E 52 D 78 CL NV1800 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	M.Piscitelli	Dicembre 2019	G.M. Danisi L. Fanelli	Dicembre 2019	E. Spadano	Dicembre 2019	Direttore UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Donato Tiberti



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	2 di 131

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO .....	5
3	DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	8
4.1	CALCESTRUZZO PALI E CORDOLI DI COLLEGAMENTO .....	8
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE B450C .....	8
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	9
5.1	MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO .....	11
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	12
6.1	VITA NOMINALE .....	13
6.2	CLASSE D'USO .....	14
6.3	PERIODO DI RIFERIMENTO .....	15
6.4	VALUTAZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA .....	15
6.5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO .....	16
6.6	PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO .....	17
7	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA AI SENSI DEL D.M. 14-01-2008 .....	18
7.1	METODO AGLI STATI LIMITE ED APPROCCI DI PROGETTO .....	18
7.2	CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DI PARATIE .....	21
7.3	VERIFICHE PER STATI LIMITE DI SOLLEVAMENTO E SIFONAMENTO .....	22
7.4	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE .....	23
7.5	PRESCRIZIONI GENERALI PER LE VERIFICHE IN FASE SISMICA .....	23
8	CRITERI GENERALI DI MODELLAZIONE ADOTTATI .....	24
8.1	GENERALITÀ .....	24
8.2	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	24
9	ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI .....	27



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo); Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	3 di 131

9.1	PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI.....	27
9.2	SPINTE IN FASE STATICA .....	27
9.1	COEFFICIENTI SISMICI.....	29
9.2	SOVRASPINTE DEL TERRENO IN FASE SISMICA .....	30
9.3	EFFETTI DELL' AZIONE SISMICA SULLA FALDA.....	30
9.4	COMBINAZIONI DI CARICO.....	31
10	CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE .....	32
10.1	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	32
10.1.1	<i>Stabilità Locale dell' opera di sostegno .....</i>	<i>32</i>
10.1.2	<i>Verifiche a Sollevamento e Sifonamento .....</i>	<i>33</i>
10.1.3	<i>Stabilità Globale.....</i>	<i>35</i>
10.2	VERIFICHE STRUTTURALI.....	37
10.2.1	<i>VERIFICHE ALLO SLU.....</i>	<i>37</i>
10.2.2	<i>Verifica agli SLE: Limitazione delle Tensioni e Fessurazione .....</i>	<i>40</i>
11	ANALISI E VERIFICHE PARATIE .....	42
11.1	MODELLO DI CALCOLO .....	42
11.2	FASI DI CALCOLO .....	44
11.3	RISULTATI DELLE ANALISI.....	46
11.3.1	<i>Verifica del complesso opera-terreno .....</i>	<i>46</i>
11.3.2	<i>Sollecitazioni, Sforzi e Deformazioni .....</i>	<i>49</i>
11.4	VERIFICA STRUTTURALE PALI.....	52
11.5	VERIFICHE A SOLLEVAMENTO E SIFONAMENTO.....	56
11.1	VERIFICA STABILITÀ GLOBALE DEL COMPLESSO OPERA DI SOSTEGNO – TERRENO.....	57
12	TABULATI DI CALCOLO .....	59



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	4 di 131

## 1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di Progetto Definitivo del Raddoppio della tratta Catenanuova – Raddusa Agira, nell'ambito del riassetto del Nuovo Collegamento Palermo – Catania (Direttrice Ferroviaria Messina – Catania – Palermo).

In particolare la presente relazione di calcolo fa riferimento al dimensionamento geotecnico-strutturale della Paratia di sostegno prevista sul ciglio destro della viabilità NV18 atta a ripristinare il collegamento della viabilità podereale con la strada comunale esistente (Via Palermo) in corrispondenza della pk.20+855 circa dell'asse principale di progetto.

## 2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

La paratia in esame verrà realizzata con pali  $\phi$  1000 ad interasse di 1.20m, collegati in testa da un cordolo in c.a. di dimensioni 1.30 x 1.00m (bxh). La lunghezza dei pali è di 11 m.

Nel seguito si riportano alcune immagini rappresentative dell'opera in esame rimandando agli elaborati grafici di riferimento per ulteriori approfondimenti.

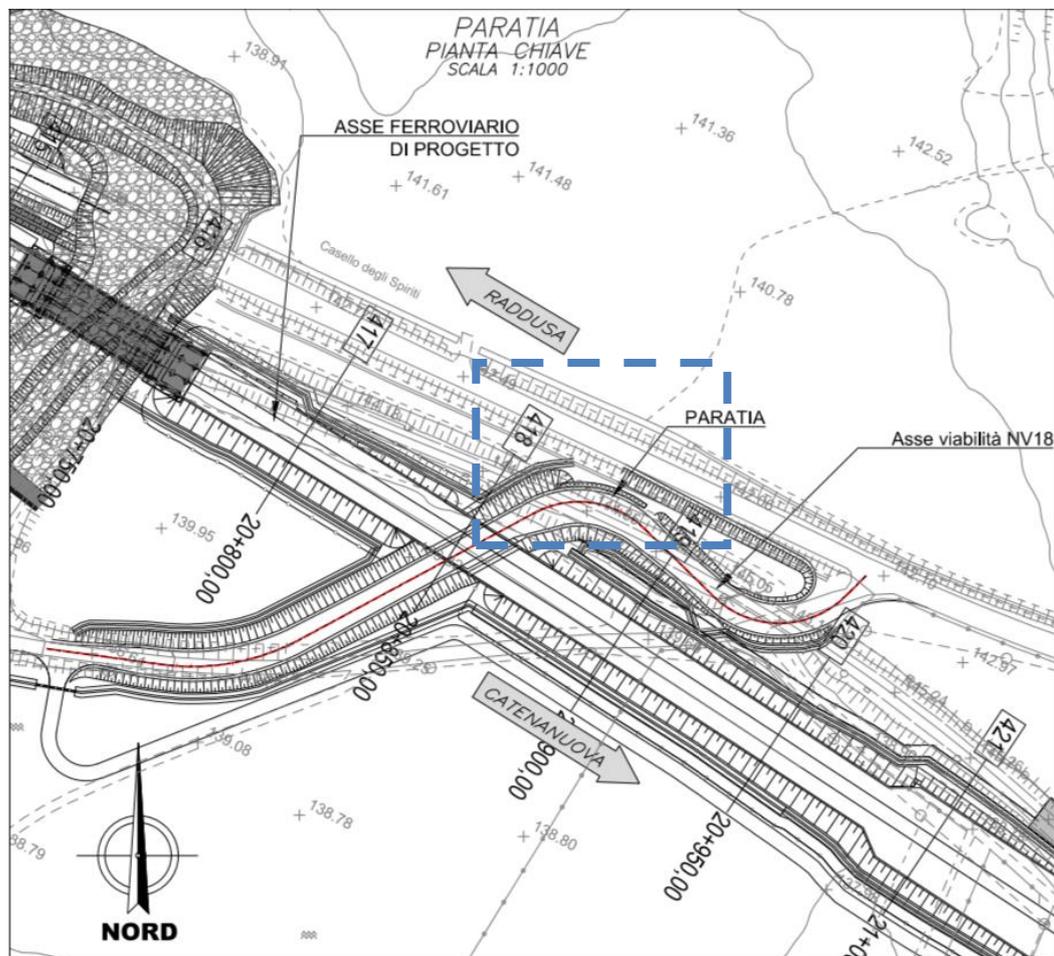


Figura 2 – Inquadramento planimetrico

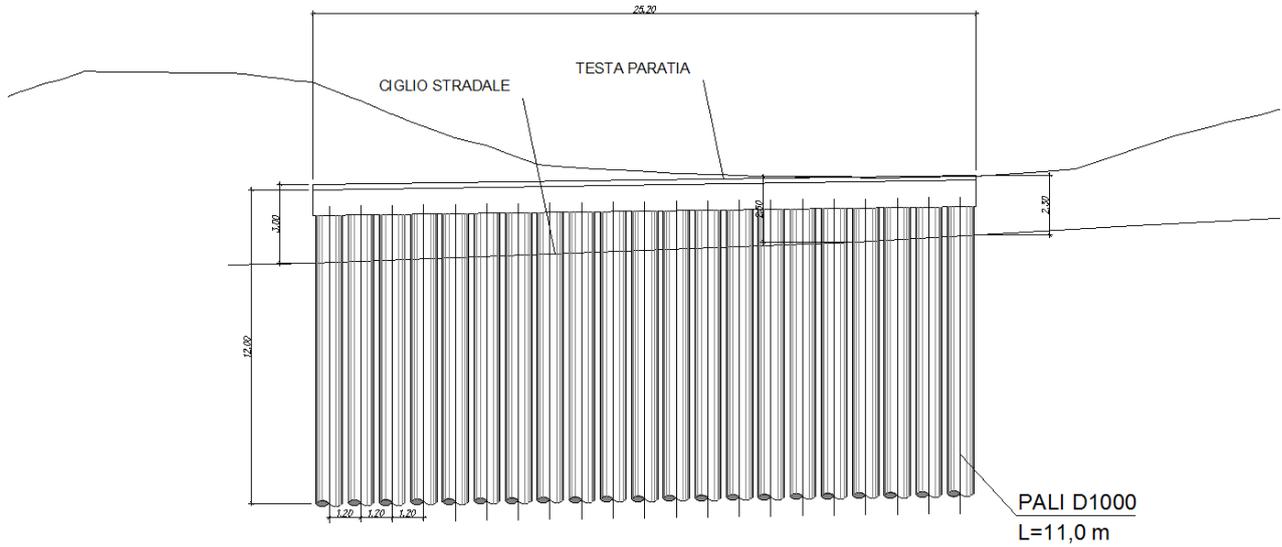
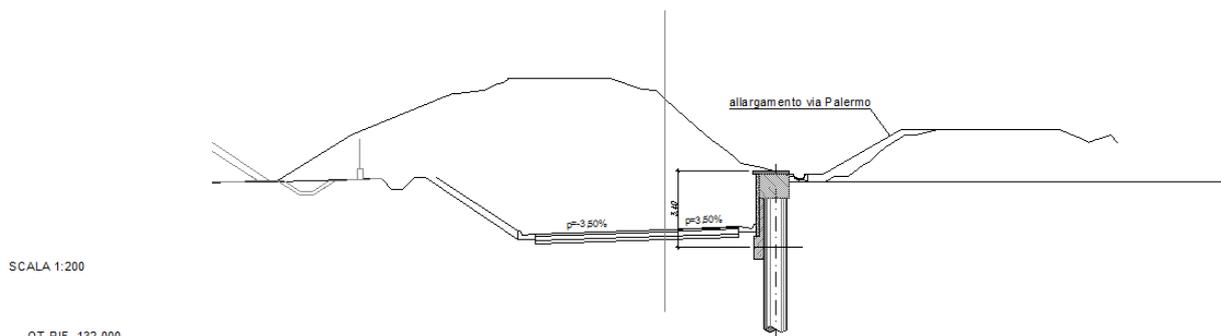


Figura 2 – Sviluppo longitudinale

SEZIONE N. : 5  
QT. PROGETTO : 137.808  
DIST.PROG. : 0+080.000  
DIST.PREC. : 20.000  
DIST.SUCC. : 20.000



SCALA 1:200

QUOTE PROGETTO		139.930	139.930	140.089	139.611	140.111	137.728	137.188	137.358	137.472	136.042																									
DISTANZE PROGETTO		17.192	0.000	13.547	11.601	11.101	6.603	5.723	0.000	3.247	14.027																									
DIST.PARZIALI		4.644	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.723	0.000	3.247	14.027																									
QUOTE TERRENO	139.906	139.920	139.930	141.585	142.000	143.687	143.667	144.000	144.301	144.522	144.555	144.124	144.024	143.623	142.818	142.000	141.434	140.754	140.539	139.927	139.926	140.176	140.693	141.176	141.460	142.006	142.188	142.243	142.243	142.242	142.240	141.777	141.811	141.872		
DIST.PARZIALI TERRENO	0.74	2.084	2.581	0.711	4.092	1.214	4.075	0.476	228	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 2 – Sez. trasversale



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA**

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	7 di 131

### 3 DOCUMENTI E 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:

#### Normative e Documenti tecnici generali

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture dei Trasporti, DM 14 gennaio 2008 – «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [2] Circolare Applicativa n 617 del 2 Febbraio 2009 - «Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

#### Documenti Tecnici RFI e/o di ambito ferroviario

- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture ( RFI DTC SI PS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [10] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 7 / Geologia (RFI DTC SI CS GE IFS 001 A – rev 22/12/2017)
- Rif. [11] 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;
- Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFIDTCSICSSPIFS005 B - rev 22/12/2017)

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 14 gennaio 2008. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche.

### 4.1 Calcestruzzo pali e cordoli di collegamento

Per le strutture in fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione	C25/30	Classe minima di consistenza
XC2	$f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$ $R_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$	S4 – S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>30</b>	$\text{N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24,90	$\text{N/mm}^2$
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32,90	$\text{N/mm}^2$
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} (\text{Breve durata}) = f_{ck} / 1.5$	16,60	$\text{N/mm}^2$
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} (\text{Lungo durata}) = 0.85 f_{cd}$	14,11	$\text{N/mm}^2$
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} [R_{ck} < 50/60]$	2,56	$\text{N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1,79	$\text{N/mm}^2$
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3,07	$\text{N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,19	$\text{N/mm}^2$
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	$\text{N/mm}^2$

### 4.2 Acciaio Per Armature Ordinarie B450c

B450 C (controllato in stabilimento)

$f_{yk}$  = 450 MPa tensione caratteristica di snervamento

$f_{yd}$  =  $f_{yk} / 1.15 = 391 \text{ MPa}$  tensione caratteristica di calcolo

$E_s$  = 210000 MPa modulo elastico

Stato limite di esercizio SLE RARA:  $\sigma_s = 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA**

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	9 di 131

## 5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per l'inquadramento Geotecnico dell'area interessata dalla realizzazione delle opere della Stazione di Catenanuova ci si è riferiti a quanto indicato nella seguente documentazione Geotecnica Generale di Progetto:

GEOTECNICA																					
Relazione geotecnica generale	R	S	3	E	5	0	D	7	8	R	H	G	E	0	0	0	5	0	0	1	A

Dall'esame della suddetta documentazione, è stato possibile riscontrare che lungo tutto il tratto interessato dalla realizzazione delle opere in oggetto, si rinvengono nella zona, più superficiale, dei Depositi alluvionali recenti (Unità bb), ed al di sotto di questo tipo di formazioni e fino alle massime profondità di interesse, la formazione delle Argille marnose grigie di Catenanuova (Unità AAC), di cui nel seguito è riportata una breve descrizione generale, rimandando per maggiori dettagli ed approfondimenti a quanto riportato in merito nella Relazione Geotecnica Generale :

### Unità bb – Depositi Alluvionali recenti

Questi depositi affiorano lungo quasi tutto il tracciato sotto il riporto; si distinguono terreni prettamente coesivi limoso argillosi, talvolta debolmente sabbiosi (unità bbc) e terreni incoerenti prevalentemente sabbioso ghiaiosi con locali clasti/trovanti (unità bbi), solo localmente sabbiosi. Nell'unità in esame sono stati misurati valori di  $N_{SPT}$  tra 17 e 57 colpi/30 cm con numerosi valori a rifiuto negli strati ghiaioso sabbiosi (unità bbi), tra 6 e 48 colpi/30 cm negli strati fini coesivi (unità bbc).

### Unità AAC – Argille marnose grigie di Catenanuova

Tale unità a comportamento prevalentemente coesivo, è rappresentata da argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio-verdastro, di colore grigio e grigio-verdastro a struttura scagliosa, con talvolta livelli di sabbie limose grigie, livelli argillitici duri e locali intercalazioni di arenarie medio-fini grigie e giallastre, in strati da sottili a medi. I valori di  $N_{SPT}$  eseguiti nell'unità vanno generalmente da 30 a rifiuto ad indicare una elevata consistenza del materiale, con andamento generalmente crescente con la profondità.

Il peso di volume naturale è compreso tra 19.5 e 22 kN/m<sup>3</sup> con valore medio 20.5 kN/m<sup>3</sup>.

I valori medi delle caratteristiche fisico meccaniche definiti per ciascuna Unità di cui in riferimento, a seguito dell'interpretazione delle diverse prove in sito e di laboratorio effettuate nell'ambito delle diverse campagne di indagini geotecniche eseguite a supporto della progettazione, sono quelle di seguito riportate:

### **Unità bbc – Depositi alluvionali recenti coesivi (limoso argillosi)**

$\gamma_{nat} = 19.0 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 19 \div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 40 \div 250 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-8} \div 4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$V_s = 115 \div 270 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_0 = 25 \div 150 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale

$E_o = 70 \div 350$  MPa                      modulo di deformazione elastico iniziale

**Unità bbi – Depositi alluvionali recenti incoerenti (sabbia con ghiaia, sabbia ghiaiosa)**

$\gamma_{nat} = 19.5 \div 20.5$  kN/m<sup>3</sup>                      peso di volume naturale  
 $c' = 0$  kPa    coesione drenata  
 $\varphi' = 35 \div 39$  °                                      angolo di resistenza al taglio  
 $k = 1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-4}$  m/s                      coefficiente di permeabilità  
 $V_s = 200 \div 400$  m/s                              velocità delle onde di taglio  
 $G_o = 80 \div 300$  MPa                              modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_o = 200 \div 800$  MPa                              modulo di deformazione elastico iniziale

**Unità AAC – Argille marnose grigie di Catenanuova**

$\gamma_{nat} = 19.5 \div 20.5$  kN/m<sup>3</sup>                      peso di volume naturale  
 $c' = 5 \div 23$  kPa                                      coesione drenata  
 $\varphi' = 19 \div 24$  °                                      angolo di resistenza al taglio  
 $c_u = 100 \div 500$  kPa                              resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $k = 5 \cdot 10^{-9} \div 2 \cdot 10^{-7}$  m/s                      coefficiente di permeabilità  
 $E_o = 200 \div 900$  MPa                              Modulo di deformazione elastico iniziale

**RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO**

Unità	Descrizione	$\gamma$	$c'$	$\varphi'$	<b>E</b>
		[kN/m <sup>3</sup> ]	[MPa]	[°]	[MPa]
<b>bbc</b>	Depositi alluvionali recenti coesivi (limoso argillosi)	19 - 20.5	0 - 10	19 - 25	70 - 350
<b>bbi</b>	Depositi alluvionali recenti incoerenti (sabbia, sabbia con ghiaia, sabbia ghiaiosa)	19.5 - 20.5	0	34 - 39	200 - 800
<b>AAC</b>	Argille marnose grigie di Catenanuova	19.5 - 20.5	5 - 23	19 - 24	200 - 900

### 5.1 Modello Geotecnico di progetto

In relazione all'ubicazione dell'opera, e alle quote di approfondimento della testa delle paratie posta a circa +140 m s.l.m., la stratigrafia assunta in fase di progetto, definita sulla base del profilo geotecnico di progetto è la seguente:

SONDAGGIO D31 (Quota p.c. : + 139.7 m s.l.m.)		
Unità	$Z_{top}$ [m]	spessore
bbc	0	7.5
bbi	-7.5	4.5
AAC	-7.5	-

Il livello di falda è stato definito sulla base dell'indagine piezometrica più vicina (Sondaggio D30) che rivela una quota del piano di falda di 129 m s.l.m.. In fase di analisi si considera quindi un piano di falda posto 10 m al di sotto della testa della paratia.

A ciascuna unità sono stati attribuiti dei valori dei parametri fisico – meccanici di calcolo utili ai fini delle analisi da effettuare, tenendo conto di quanto specificato per ciascuna di esse dalla caratterizzazione geotecnica generale già riportata al precedente paragrafo. In particolare si ha:

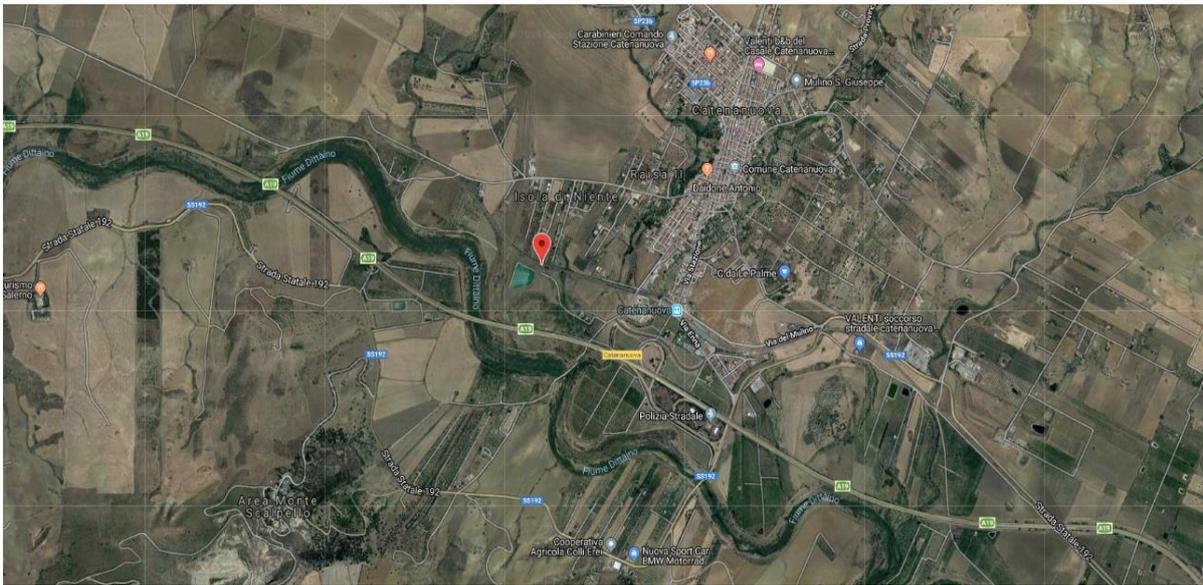
PARAMETRI ASSUNTI IN PROGETTO						
Unità	$\gamma$	$c'$	$\varphi'$	E	E'	E <sub>ur</sub>
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[MPa]	[°]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
bbc	19.5	5	23	150	50	150
bbi	20	0	36	300	100	160
AAC	20	10	23	600	200	600

Dove E' è il moduli di deformabilità "operativo" da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, assunto pari a  $1/3 \div 1/5$  di quello iniziale ( $E_0$ ). Mentre E<sub>ur</sub> è il modulo di ricarico pari a 1,6 – 3,0 volte il modulo E'.

## 6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo si riporta la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del D.M. 14 gennaio 2008.

L'opera oggetto della presente relazione presenta le seguenti coordinate geografiche:



LATITUDINE	37.568
LONGITUDINE	14.673
COMUNE	Agira
PROVINCIA	ENNA

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  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.

Nei paragrafi seguenti è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica per la zona sismica di riferimento in cui ricade l'opera.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA**

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	13 di 131

## 6.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Per la definizione della Vita Nominale da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria si rimanda al "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI" - RFI DTC SI PS MA IFS 001 B.

**Tabella 1 Vita Nominale in funzione del tipo di costruzione**

TIPO DI COSTRUZIONE <sup>(1)</sup>	Vita Nominale [ $V_N$ ] <sup>(1)</sup>
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE ESISTENTI OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITA' CONVENZIONALE ( $V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITA' ( $V < 250$ km/h)	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITA' ( $V \geq 250$ Km/h)	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	$\geq 100$ <sup>(2)</sup>
(1) - La medesima $V_N$ si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.	
(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di RFI.	

Tenendo conto delle indicazioni precedenti le strutture di progetto avranno vita nominale  $V_N = 75$ .

## 6.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per la definizione della Classe di uso da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria esistente si rimanda al "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI" - RFI DTC SI PS MA IFS 001 B.

**Tabella 2 Classe d'uso Coeff. d'uso in funzione del tipo di costruzione per l'infrastruttura ferroviaria**

TIPO DI COSTRUZIONE	Classe d'uso	Coefficiente d'uso [CU]
GRANDI STAZIONI	C IV	2,0
OPERE D'ARTE DEL SISTEMA DI GRANDE VIABILITÀ FERROVIARIA	C III	1,5
ALTRE OPERE D'ARTE	C II	1,0

Facendo riferimento all'Allegato 5 della specifica alla pagina 151 del "MANUALE DI PROGETTAZIONE DI PONTI E STRUTTURE" - RFI DTC SICS MA IFS 001 B si ricade in classe d'uso tipo **Classe III con coefficiente d'uso CU=1,5**.

### 6.3 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1.50 = 112.5 \text{ anni (periodo di riferimento).}$$

### 6.4 Valutazione dei parametri di pericolosità sismica

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:

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

da cui si ottiene la seguente Tabella:

**Tabella 3 Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  al variare dello stato limite considerato**

	STATO LIMITE	probabilità di superamento <b><math>P_{V_R}</math></b>	Valori in anni del periodo di ritorno <b><math>T_R</math></b>
<b>SLE</b>	SLO - Stato Limite di Operatività	81%	68
	SLD - Stato Limite di Danno	63%	113
<b>SLU</b>	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%	1068
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%	2193

Per il sito in esame, in base ai parametri precedentemente adottati si ha:

STATO LIMITE	SLV
VITA NOMINALE $V_N$	75
CLASSE D'USO	C III
COEFFICIENTE D'USO $C_U$	1.5
VITA DI RIFERIMENTO $V_R$	112.5

## 6.5 Caratterizzazione sismica del terreno

### Categorie di 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.

### 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 Tab.18 e 19 che sono riportate di seguito:

**Tabella 4 Tabella delle espressioni per  $S_S$  e  $C_C$**

**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_S$  e di  $C_C$**

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 5 Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica  $S_T$**

**Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
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

Nel caso in esame:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO  
 CATEGORIA TOPOGRAFICA

B  
 T1

## 6.6 Parametri sismici di calcolo

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.170 g
$F_o$	2.511
$T_C$	0.529 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.249
$S_T$	1.000
$q$	1.000

### Parametri dipendenti

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.220 s
$T_C$	0.661 s
$T_D$	2.281 s

Tabella 1 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA**

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	18 di 131

## 7 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA AI SENSI DEL D.M. 14-01-2008

Nel presente paragrafo sono riportate alcune indicazioni salienti della Normativa riguardanti criteri generali di progettazione e verifica delle opere strutturali e geotecniche, oltre a specifiche da adottare per il caso delle Paratie di Sostegno.

### 7.1 Metodo agli Stati Limite ed Approcci di Progetto

Il progetto di opere strutturali e geotecniche va effettuato, come prescritto dal DM 14/01/08, con i criteri del metodo **semiprobabilistico agli stati limite** basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale è verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

La normativa distingue inoltre tra *Stati Limite Ultimi* e *Stati Limite di Esercizio*.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli **stati limite ultimi** di resistenza è stata effettuata con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:  $R_d \geq E_d$ . Dove:

$R_d$  è la resistenza di progetto

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

$E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni,

$$E_d = E \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad \text{oppure} \quad E_d = \gamma_E \cdot E \left[ F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Il coefficiente  $\gamma_R$  opera direttamente sulla resistenza del sistema.

I coefficienti parziali di sicurezza,  $\gamma_{Mi}$  e  $\gamma_{Fj} = \gamma_{Ej}$ , associati rispettivamente al materiale  $i$ -esimo e all'azione  $j$ -esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo.

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1 del DM 14.01.08, la verifica della condizione  $R_d \geq E_d$  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). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo Approccio progettuale (**Approccio 1**) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto, convenzionalmente indicate come di seguito:

**A1+M1+R1**

**A2+M2+R2**

Nel secondo approccio progettuale (**Approccio 2**) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Gli stati limite di verifica si distinguono in genere in:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	19 di 131

**EQU** perdita di equilibrio della struttura fuori terra, considerata come corpo rigido.

**STR** raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

**GEO** raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

**UPL** perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla spinta dell'acqua (sollevamento per galleggiamento).

**HYD** erosione e sifonamento del terreno dovuta ai gradienti idraulici.

I coefficienti parziali da applicare alle azioni sono quelli definiti alla Tab 2.6.I del DM 14.01.08 di seguito riportata per chiarezza espositiva:

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti  $G_1$ ;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali  $G_2$ ;

$\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

I valori dei coefficienti parziali da applicare ai materiali e/o alle caratteristiche dei terreni (M) sono definiti nelle specifiche sezioni della norma, ed in particolare al Cap. 4 per ciò che concerne i coefficienti parziali da applicare ai materiali strutturali, mentre al Cap.6 sono indicati quelli da applicare alle caratteristiche meccaniche dei terreni.

I coefficienti parziali da applicare alle resistenze (R) sono infine unitari sulle capacità resistenti degli elementi strutturali, mentre assumono in genere valore diverso da 1 per ciò che concerne verifiche che attengono il controllo di meccanismi di stabilità locale o globale; i valori da adottare per ciascun meccanismo di verifica, sono definiti nelle specifiche sezioni di normativa dedicate al calcolo delle diverse opere geotecniche.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli **stati limite di esercizio** viene effettuata invece controllando gli aspetti di funzionalità e lo stato tensionale e/o deformativo delle opere, con riferimento ad una combinazione di verifica caratterizzata da coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali tutti unitari.

Al § 2.5.3 del DM 14.01.08, sono infine definiti i criteri con cui le diverse azioni presenti vanno combinate per ciascuno stato limite di verifica previsto dalla Normativa.

Nell'ambito della progettazione geotecnica, la normativa definisce inoltre nella Tab 6.2.II, i valori dei coefficienti parziali M1/M2 da applicare ai parametri caratteristici dei terreni nell'ambito delle diverse combinazioni contemplate dai due approcci di progetto come già illustrati al paragrafo precedente:

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	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	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tali valori agiscono sulle proprietà dei terreni, condizionando sia le azioni (spinte ed incrementi di spinta), sia le resistenze nei riguardi delle verifiche di stabilità dell'insieme opere-terreno con esse interagenti da effettuare caso per caso in funzione del tipo di opera. (Paratie, Muri, Pali di Fondazione ecc.)

Inoltre, ribadisce i valori dei coefficienti da applicare alle azioni e alle resistenze Tab 6.2.II e tab. 6.5.I di seguito riportate:

**Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

**Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_k$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.**

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,4$

## 7.2 Criteri di Analisi e Verifica di Paratie

Per le paratie, al § 6.5.3.1.2 del DM 14.01.08 viene specificato che si devono considerare almeno i seguenti **Stati Limite Ultimi**, accertando che la condizione  $R_d \geq E_d$  sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

### SLU di tipo geotecnica (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 del complesso opera di sostegno-terreno;

### 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.

Per le paratie, i calcoli di progetto devono comprendere la verifica degli eventuali ancoraggi, puntoni o strutture di controventamento.

Con riferimento infine agli **Stati Limite di Esercizio**, bisogna controllare che gli spostamenti dell'opera di sostegno e del terreno circostante siano compatibili con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità di eventuali manufatti adiacenti, oltre che verificare, nei riguardi degli aspetti strutturali, la compatibilità degli stati tensionali dei materiali costituenti l'opera.

In aggiunta a quanto sopra, al § C6.5.3.1.2 della Circolare Applicativa n 617 del 2 Febbraio 2009 viene inoltre specificato quanto segue:

Nelle verifiche nei confronti di stati limite ultimi geotecnici delle paratie, si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno ed eventualmente della struttura e, specificamente, dal raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia o con parte di essa. Le analisi devono essere condotte con la Combinazione 2 (A2+M2+R1).

Nelle verifiche nei confronti di stati limite per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali l'analisi deve essere svolta utilizzando la Combinazione 1 (A1+M1+R1), nella quale i coefficienti sui parametri di resistenza del terreno (M1) e sulla resistenza globale del sistema (R1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1.

In relazione a tali specifiche integrative contenute nella Circolare Applicativa, ciascuno degli Stati Limite di verifica previsti per le Paratie, è stato esaminato riferendosi alla Combinazioni 1 per il caso deli Stati Limite STR ed alla Combinazione 2 per gli Stati Limite (*GEO*) e di tipo idraulico (*UPL e HYD*)

### 7.3 Verifiche per stati limite di Sollevamento e Sifonamento

Il § 6.2.4.2. del DM 14.01.2008 specifica che le opere geotecniche devono essere verificate, ove ricorrano le condizioni, anche che nei riguardi di possibili stati limite di sollevamento o di sifonamento. A tal fine, nella valutazione delle pressioni interstiziali e delle quote piezometriche caratteristiche, si devono assumere le condizioni più sfavorevoli, considerando i possibili effetti delle condizioni stratigrafiche.

Per la **stabilità al sollevamento** deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante ( $V_{inst,d}$ ) ovvero sia della risultante delle pressioni idrauliche ottenuta considerando separatamente la parte permanente ( $G_{inst,d}$ ) e quella variabile ( $Q_{inst,d}$ ), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ( $G_{stb,d}$ ) e delle resistenze ( $R_d$ ), ovvero:

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad [6.2.4]$$

$$V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} \quad [6.2.5]$$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III.

**Tabella 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0
	Sfavorevole		1,5

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

Al fine del calcolo della resistenza di progetto  $R_d$ , tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

Ove necessario, il calcolo della resistenza va eseguito in accordo a quanto indicato negli specifici paragrafi della normativa dedicata alle fondazioni su pali e per gli ancoraggi.

Il controllo della stabilità al sifonamento si esegue verificando che il valore di progetto della pressione interstiziale instabilizzante ( $u_{inst,d}$ ) risulti non superiore al valore di progetto della tensione totale stabilizzante ( $\sigma_{stab,d}$ ), tenendo conto dei coefficienti parziali della Tab. 6.2.IV:

$$u_{inst,d} \leq \sigma_{stab,d}$$

Si fa notare che entrambe le verifiche sono state effettuate in termini di pressioni per unità di superficie e conducono allo stesso risultato.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	23 di 131

#### 7.4 Verifiche di Stabilità Globale

Il DM 14.01.08 affronta il tema della Stabilità Globale distinguendo tra il caso dei Pendii Naturali (§ 6.3) e quello delle opere in terra in Materiali sciolti e Fronti di scavo (§ 6.8) fornendo prescrizioni differenti circa i criteri di verifica da adottare nei due casi.

Trattandosi nel caso in esame di valutare la Stabilità Globale di Opere a sostegno di scavi, si ricade nel caso dei “Fronti di Scavo e rilevati”; nel seguito si riportano dunque, per maggiore chiarezza espositiva, le specifiche normative a riguardo.

Il punto 6.8 del DM 14.01.08 e relativa circolare applicativa, tratta l’argomento della verifica di Stabilità di Materiali Sciolti e fronti di scavo, nella fattispecie, al punto 6.8.2 “Verifiche di Sicurezza (SLU)” viene prescritto quanto di seguito:

*Le verifiche devono essere effettuate secondo l’Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.*

In aggiunta a quanto già riportato nei precedenti paragrafi, si riporta di seguito la Tab. 6.8.I, in cui è definito il valore del coefficiente parziale “R2” da applicare al valore della resistenza caratteristica calcolata per la generica superficie di potenziale scivolamento analizzata:

**Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.**

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

#### 7.5 Prescrizioni generali per le verifiche in fase sismica

Nell’ambito delle progettazione delle opere geotecniche soggette alle azioni Sismiche, il § 7.11 .1 del DM 14.01.08 specifica che le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari ad 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto, con i coefficienti parziali  $\gamma_R$  indicati nel Capitolo 7 dello Stesso DM, oppure con i  $\gamma_R$  indicati nel Capitolo 6 laddove non espressamente specificato.

## 8 CRITERI GENERALI DI MODELLAZIONE ADOTTATI

### 8.1 Generalità

Le analisi finalizzate al dimensionamento delle paratie trattate nell'ambito del presente documento, sono state condotte con il programma di calcolo "Paratie Plus" della HarpaCeas s.r.l. di Milano Version 19.0

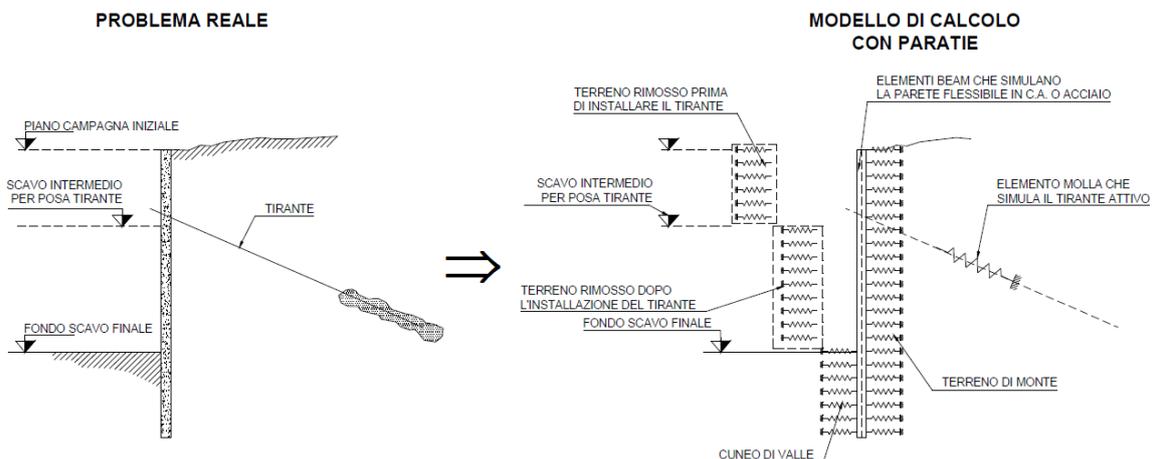
### 8.2 Metodologia di calcolo

Lo studio del comportamento di un elemento di paratia inserito nel terreno viene effettuato tenendo conto della deformabilità dell'elemento stesso, considerato in regime elastico, e soggetto alle azioni derivanti dalla spinta dei terreni, dalle eventuali differenze di pressione idrostatiche, dalle spinte dovute ai sovraccarichi esterni e dalla presenza degli elementi di contrasto.

La paratia viene discretizzata con elementi finiti monodimensionali a due gradi di libertà per nodo (spostamento orizzontale e rotazione).

Il terreno viene schematizzato con delle molle secondo un modello elasto-plastico; esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello stesso spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva.

Gli spostamenti vengono computati a partire dalla situazione di spinta "a riposo".



Al fine di ottenere informazioni attendibili sull'entità delle sollecitazioni e delle deformazioni nelle paratie è necessario poterne seguire il comportamento durante le principali fasi esecutive.

A tal riguardo, l'interazione fra la paratia e il terreno, è simulata modellando la prima con elementi finiti caratterizzati da una rigidezza flessionale ed il secondo con molle elasto-plastiche connesse ai nodi della paratia di rigidezza proporzionale al modulo di rigidezza del terreno. Inoltre, è possibile modellare eventuali elementi di sostegno della paratia (tiranti, puntoni) con molle dotate di opportuna rigidezza.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	25 di 131

In particolare, la paratia è schematizzata attraverso un diaframma di spessore equivalente ricavato attraverso la seguente espressione:

$$s_{eq} = \sqrt[3]{12E_m J_p}$$

dove:

$E_m$  modulo elastico del materiale costituente la paratia

$J_p$  inerzia della sezione della paratia

Il terreno si comporta come un mezzo elastico sino a che il rapporto tra la tensione orizzontale efficace ( $\sigma'_{h}$ ) e la tensione verticale efficace ( $\sigma'_{v}$ ) risulta compreso tra il coefficiente di spinta attivo ( $k_a$ ) e passivo ( $k_p$ ), mentre quando il rapporto è pari a  $k_a$  o a  $k_p$  il terreno si comporta come un mezzo elasto-plastico.

Questo modello, nella sua semplicità concettuale, derivato direttamente dal modello di Winkler, consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare, vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle fasi esecutive.

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidezza delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidezza di ciascuna di esse,  $k$ , è data da:  $k = E / L$

ove  $E$  è un modulo di rigidezza del terreno mentre  $L$  è una grandezza geometrica caratteristica. Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite  $\Delta$ , la rigidezza di ogni molla è:  $k=E\Delta/L$

Il valore di  $\Delta$  è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti.

Il valore di  $L$  è fissato automaticamente dal programma. Esso rappresenta una grandezza caratteristica che è diversa a valle e a monte della paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva. Si è scelto:

in zona attiva (uphill):

$$L_A = \frac{2}{3} \ell_A \tan(45^\circ - \phi'/2)$$

Dove:  $\ell_A = \min\{l, 2H\}$ ;

in zona passiva (downhill):

$$L_P = \frac{2}{3} \ell_P \tan(45^\circ + \phi'/2)$$

Dove:  $\ell_P = \min\{l - H, H\}$

con

$l$  = altezza totale della paratia

$H$  = altezza corrente dello scavo.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	26 di 131

La logica di questa scelta è illustrata nella pubblicazione di Becci e Nova (1987). Si assume in ogni caso un valore di H non minore di 1/10 dell'altezza totale della parete.

Il programma consente di seguire le fasi evolutive degli scavi a valle dell'opera, determinando, per ciascuna fase di scavo prevista, la deformata dell'opera e le sollecitazioni e gli stati tensionali nel terreno con essa interagente.

Il software consente di tener conto anche della presenza di vincoli lungo la paratia, sia di tipo elastico (molle /tiranti) che di tipo rigido.

La presenza dei tiranti viene infine schematizzata dal software come dei vincoli elastici, la cui deformabilità dipende dalle caratteristiche della sezione resistente in acciaio dei tiranti e dalla lunghezza libera degli stessi, eventualmente incrementata di una quantità funzione dell'efficienza ( $\leq 1$ ) associata al bulbo di ancoraggio.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	27 di 131

## 9 ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI

Nel presente paragrafo si descrivono i criteri di valutazione delle azioni sollecitanti le opere di sostegno e relative combinazioni di calcolo adottate, in ossequio alle prescrizioni normative.

### 9.1 Peso proprio elementi strutturali

I pesi degli elementi strutturali sono dedotti utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

### 9.2 Spinte in fase statica

Le spinte agenti sull'opera di sostegno in fase statica dipendono direttamente dalla situazione geostatica e dai parametri di resistenza del terreno.

In particolare la pressione fondamentale dell'analisi è la  $\sigma'h$  che lo scheletro solido del terreno esercita sulla struttura di sostegno che dipende dagli spostamenti che essa subisce per effetto di  $\sigma'h$  stessa ovvero dipende dall'interazione fra la struttura ed il terreno a tergo dell'opera.

Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso valle, la  $\sigma'h$  sul paramento di monte può essere calcolata come:

$$\sigma'h_a = K_a \sigma'v - 2c'(K_a)^{0.5} \quad \text{pressione attiva}$$

dove:

$K_a$  = coefficiente di spinta attiva;

$\sigma'v$  = tensione verticale efficace alla generica profondità

$c'$  = coesione efficace.

Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso monte, la  $\sigma'h$  sul paramento di monte può essere calcolata come:

$$\sigma'h_p = K_p \sigma'v + 2c'(K_p)^{0.5} \quad \text{pressione passiva}$$

dove:

$K_p$  = coefficiente di spinta passiva;

$\sigma'v$  = tensione verticale efficace alla generica profondità

$c'$  = coesione efficace.

In condizioni statiche,  $K_a$  e  $K_p$  sono funzione dell'angolo di attrito efficace dello scheletro solido  $\phi'$ , dell'angolo di attrito fra struttura e terreno  $\delta$  dell'inclinazione  $\beta$  del paramento di monte della struttura di sostegno e dell'inclinazione  $i$  del terrapieno a tergo dell'opera.

Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di  $K_a$  e  $K_p$  in letteratura, si è fatto riferimento a quelle proposte da Coulomb [1773], per il calcolo del  $K_a$  e di Lancellotta (2002) per il calcolo del Coefficiente  $K_p$  di cui in seguito si riportano le espressioni generali:

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

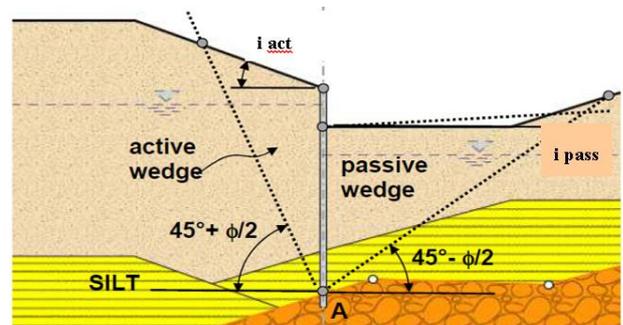
$$\theta_P = \arcsin\left(\frac{\sin \delta}{\sin \phi'}\right) + \delta$$

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

In considerazione del fatto che nell'ambito dei modelli oggetto di analisi, i terrapieni spingenti sulle opere sono caratterizzati da alternanze stratigrafiche tra formazioni diverse in termini di parametri fisico meccanici, la determinazione dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  viene effettuata per ciascuna unità tenendo conto del relativo angolo d'attrito  $\phi'$  e quindi del valore dell'angolo d'attrito terra muro  $\delta$ , posto in generali pari  $0.6\phi'$ , a meno della fase sismica, ove si assume in ogni caso  $\delta=0$ .

Il valore di inclinazione del piano limite del terrapieno  $i$  da considerare nella valutazione dei coefficienti di spinta, è funzione della zona di estensione del potenziale cuneo di spinta agente sull'opera. Tale valore assume un valore diverso per ciascuno strato, è viene valutato automaticamente nel software di calcolo utilizzato secondo la procedura sinteticamente illustrata nel seguito con riferimento allo strato "SILT" (in giallo):

- dal punto A più basso dello strato in corrispondenza della parete, si traccia la linea di rottura piana corrispondente al cuneo di mobilitazione in spinta attiva (o passiva) secondo la teoria di Coulomb, senza considerare attrito terra-muro, fino a raggiungere la linea di scavo (o piano campagna);
- si determina quindi un ipotetico cuneo di terreno mobilitato, compreso tra il punto A e la sommità del tratto non esposto della parete: tale cuneo sarà delimitato superiormente da una superficie irregolare;
- calcolata l'area di tale cuneo, si calcola una superficie piana equivalente (inclinata di  $i$  sull'orizzontale) tale che l'area del triangolo equivalente sia pari all'area del cuneo prima determinato.



- Schema di valutazione delle pendenze equivalenti del piano limite per ciascuno strato -

In presenza di falda, occorre inoltre tener conto, alla generica profondità, dell'ulteriore contributo di spinta attiva associato a quest'ultima, che può essere espressa come segue

$$\sigma_w = \gamma_w h_w$$

- $\gamma_w$  = peso unità di volume dell'acqua
- $h_w$  = battente idraulico alla quota considerate.

### 9.1 Coefficienti sismici

Il § 7.11.6.3 del DM 14.01.08, precisa che l'analisi delle paratie in condizioni sismiche, può essere eseguite con metodi di analisi dinamica oppure mediante metodi pseudostatici; nel caso in esame si è fatto ricorso all'utilizzo delle formulazioni proposte dalla normativa in quest'ultimo caso, dove gli effetti dell'azione sismica sull'opera nonché sul terreno e sulla falda con essa interagente, sono valutabili attraverso le accelerazioni equivalenti orizzontale ( $a_h$ ) e verticale ( $a_v$ ). Nello specifico, risulta:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

$a_{max} = S_s S_T a_g$  è l'accelerazione di picco attesa nel volume di terreno significativo per l'opera;

$g$  : è l'accelerazione di gravità;

$S_s$  e  $S_T$  coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, come già definiti nell'ambito del precedente paragrafo 6.6

$\beta$  è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti ( $u_s$ ) senza cadute di resistenza.

$\alpha$  è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera, in funzione dell'altezza complessiva dell'opera  $H$  e del tipo di sottosuolo.

Se  $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$  deve assumersi:

$$k_h = 0.2 a_{max}/g,$$

$$\text{ovvero: } \alpha \cdot \beta = 0.20.$$

I coefficienti  $\alpha$  e  $\beta$  possono essere stimati dai seguenti grafici riportati nelle Fig. 7.11.2 e 7.11.3 del DM 14.01.08:

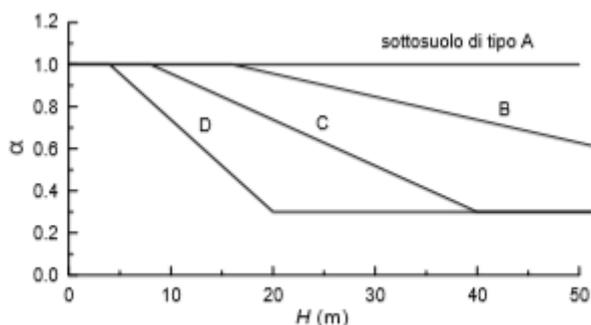


Figura 7.11.2 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$

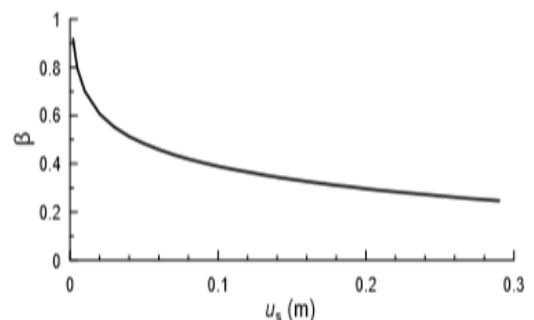


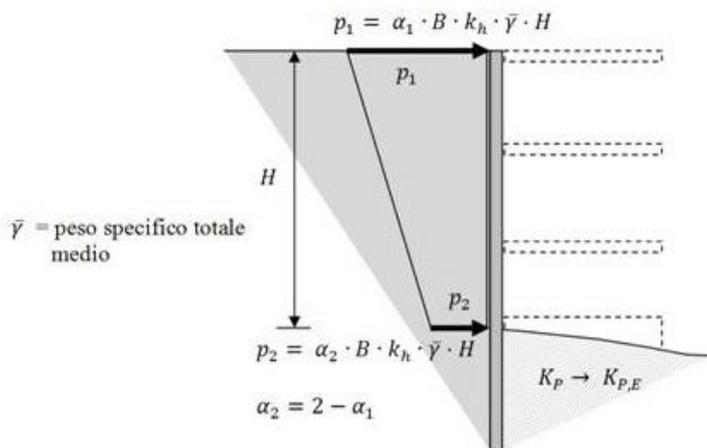
Figura 7.11.3 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento  $\beta$

Riguardo infine il valore dell'accelerazione equivalente verticale ( $a_v$ ), la stessa norma precisa che per le paratie, può porsi  $a_v=0$ ; tuttavia, in via cautelativa, anche nei riguardi delle verifiche di stabilità globale di cui al § 7.5, si è considerato, in analogia a quanto previsto per altre opere di sostegno  $a_v = 0.5 a_h$  ovvero  $k_v = 0.5 k_h$

## 9.2 Sovraspinte del terreno in Fase sismica

Per la valutazione delle spinte aggiuntive esercitate del terreno sull'opera in fase sismica, si è fatto riferimento al modello proposto da Mononobe e Okabe specializzato con le ipotesi di Seed & Whitman (1970) circa la determinazione del coefficiente B, potendo far riferimento all'ipotesi di opera flessibile in relazione alle condizioni di vincolo presenti.

Il modello citato prevede la valutazione delle sovraspinte sismiche sull'opera come funzione dell'accelerazione ridotta  $k_h$  (coefficiente sismico orizzontale), come di seguito descritto:



Nel caso specifico si è assunto in particolare

$\alpha_1 = \alpha_2 = 1$  (distribuzione di pressioni uniforme lungo la paratia)

$H$  = intera altezza della paratia (tratto interrato + tratto fuori terra)

$B = 0.375$  (Seed & Whitman)

### Modello tipico di paratia soggetta a sovraspinta sismica secondo Mononobe e Okabe/ Seed & Whitman

## 9.3 Effetti dell'Azione sismica sulla falda

Normalmente gli effetti idrodinamici considerati per il calcolo delle paratie sono calcolati con il metodo di Westergaard (1931) e sono applicate sempre come pressioni esterne. La pressione idrodinamica viene calcolata come in particolare come segue:

$$p_w = \frac{7}{8} a_x \gamma_w \sqrt{z_w H}$$

$H$  è l'altezza del livello di falda rispetto a fondo scavo

$z_w$  è la profondità del punto considerato dalla superficie libera della falda

$a_x = k_h$  coefficiente sismico orizzontale



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA**

NV18 - Ripristino collegamento viabilità poderalo con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	31 di 131

Se l'acqua si trova al di sopra della superficie del terreno, le pressioni esterne idrodinamiche sono contenute all'interno dell'equazione sopra riportata. Nel caso si abbia una quota di falda al di sopra della quota di scavo le pressioni idrodinamiche sono incluse nel lato scavo, nella direzione dell'accelerazione orizzontale.

Dipendendo dalla permeabilità del terreno, l'acqua contenuta nel terreno stesso può muoversi indipendentemente o insieme allo scheletro solido; nello specifico si fa l'ipotesi di terreno impervio, condizione che corrisponde alla impossibilità dell'acqua di muoversi in maniera indipendente, per cui gli effetti idrodinamici sono trascurabili ed il cuneo di spinta viene valutato con un peso dato dal  $\gamma_{\text{saturo}}$ .

### 9.4 Combinazioni di Carico

In ottemperanza alle prescrizioni di normativa, come già illustrato ai precedenti paragrafi 7.1 e 7.1, le sollecitazioni associate alle diverse condizioni di carico elementari, sono state combinate secondo 4 combinazioni fondamentali (SLE / 2 SLU statiche / 1 SLU simica) come di seguito sinteticamente descritte, ove, per ciascuna di esse, sono specificati i valori dei coefficienti A-M-R previsti in accordo alle specifiche di normativa

Lista degli approcci di progetto

Attivo	Std	Collezione	Nome	Stato Limite	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_sadm_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_sadm_load_favour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Simico (F_sadm_load)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRee)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_LPL_GDSlab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_LPL_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_LPL_QDSlab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HVD_GDSlab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HVD_GStab)
					A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
					YG	YG	YQ	YQ	YQE	YG	YG	YGdst	YGstb	YQdst	YGdst	YGstb
<input checked="" type="checkbox"/>			Nominal	UNDEFINED	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>	IT	NTC2008 (ITA)	SLE (Rara/Frequente/Quasi)	SERVICE	1	1	1	1	<input type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	ULTIMATE	1,3	1	1,35	1	<input type="checkbox"/>	1,3	1	1	1	1	1,3	0,9
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	A2+M2+R1	ULTIMATE	1	1	1,15	1	<input type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1,3	0,9
<input checked="" type="checkbox"/>	IT	NTC2008 (ITA)	SISMICA STR	ULTIMATE	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>	IT	NTC2008 (ITA)	SISMICA GEO	ULTIMATE	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1,3	0,9

Lista degli approcci di progetto

Attivo	Std	Collezione	Nome	Stato Limite	Parziale su $\tan(\varphi)$ (F_Fr)	Parziale su $c'$ (F_eff_cohes)	Parziale su $S_u$ (F_Su)	Parziale su $q_u$ (F_qu)
					M	M	M	M
					Y $\varphi$ '	Y $c$ '	Y $u$	Y $q$
<input checked="" type="checkbox"/>			Nominal	UNDEFINED	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>	IT	NTC2008 (ITA)	SLE (Rara/Frequente/Quasi)	SERVICE	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	ULTIMATE	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	A2+M2+R1	ULTIMATE	1,25	1,25	1,4	1
<input checked="" type="checkbox"/>	IT	NTC2008 (ITA)	SISMICA STR	ULTIMATE	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>	IT	NTC2008 (ITA)	SISMICA GEO	ULTIMATE	1,25	1,25	1,4	1



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo); Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	32 di 131

## 10 CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE

Nel seguente paragrafo si riporta una descrizione riguardante procedure e criteri di calcolo adottati per l'effettuazione di tutte le verifiche prescritte dalla normative vigente, come già descritte al paragrafo 0.

### 10.1 VERIFICHE GEOTECNICHE

#### 10.1.1 Stabilità Locale dell'opera di sostegno

Nell'ambito delle verifiche finalizzate al controllo della stabilità locale dell'opera di sostegno, bisogna analizzare i seguenti due potenziali meccanismi.

- 1) - collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- 2) - collasso per carico limite verticale;

Potendo ritenere non significativa per il caso delle opere in oggetto la verifica 2, trattandosi di paratie soggette fondamentalmente al solo peso proprio in quanto non sono previsti in testa alle opere carichi permanenti e/o accidentali di rilevante entità in direzione verticale, si è proceduto a controllare il meccanismo di cui al punto 1, in termini di massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva (GR) nell'ambito delle varie fasi caratteristiche di scavo e/o completamenti previsti, controllando il rispetto della seguente condizione:

$$G_m = kP_{mob}^{max}/k_p \leq 1 \quad kP_{mob}^{max} = \text{massimo rapporto tra la tensione orizzontale del terreno in zona passiva e la tensione verticale efficace nel medesimo punto}$$

$K_p$  = coefficiente di spinta passiva locale di progetto, valutato in base ai parametri caratteristici dei terreni fattorizzati secondo i coefficienti M1/M2 in relazione alla generica combinazione analizzata secondo specifiche di cui già al precedente § 7.1

Lo specifico software di calcolo utilizzato, fornisce a tal riguardo un diagramma tipico ove per ciascuna fase di analisi viene fornito il valore di  $G_m$ .

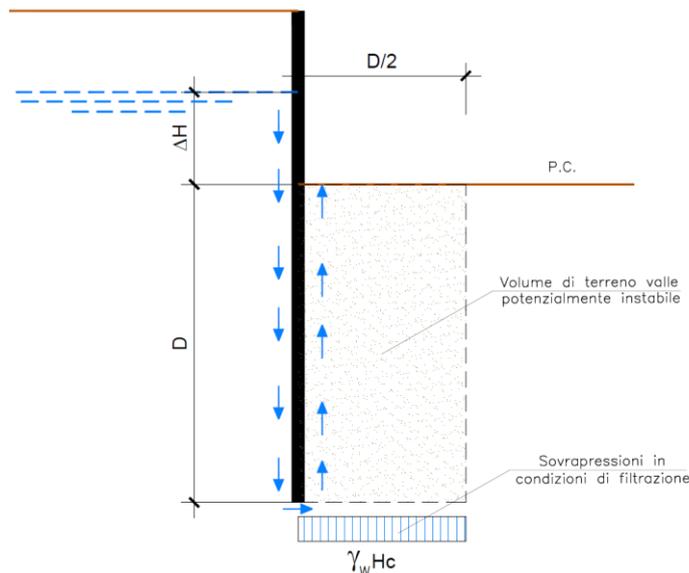
### 10.1.2 Verifiche a Sollevamento e Sifonamento

In presenza di scavi a valle di opere di sostegno di terreni in falda, quando il piano finale di scavo da progetto è inferiore al livello della falda in sito, si configurano due potenziali meccanismi di instabilità della zona a valle delle opere, e che vanno indagati, ovvero:

- Instabilità del fondo scavo per "sifonamento"
- Instabilità del fondo scavo per "sollevamento"

I fenomeni sono legati essenzialmente ai processi di filtrazione che si innescano verso la zona di fondo scavo a completamento degli scavi, che avvengono "a breve termine" per terreni a grana grossa, ovvero a "lungo termine" per terreni a grana fine, o comunque, in quest'ultimo caso, alla sovrappressione di tipo idrostatico che agisce a piede del cuneo di terreno potenzialmente instabile immediatamente a ridosso dell'opera.

Terzaghi ha osservato che il fenomeno di instabilità si estende a tutta la profondità  $D$  di infissione dell'opera, per una larghezza pari a  $D/2$  e che l'andamento delle sovrappressioni interstiziali, secondo lo schema grafico di figura seguente:



- Schema di filtrazione per effetto di scavi sotto falda a valle di opere di sostegno -

In prima approssimazione, nell'ipotesi di mezzo omogeneo, il valore della sovrappressione  $H_c$  al piede del diaframma si può ipotizzare sia costante per una larghezza  $D/2$  e pari ad  $\gamma_w \cdot H_c$ , dove  $H_c$  si ricava dall'equazione:  $H_c = i_e D$  essendo  $i_e$  il gradiente idraulico medio lungo il percorso di filtrazione, valutabile in via semplificata come di seguito:  $i_e = \Delta H / (\Delta H + 2D)$  e quindi:  $H_c = (\Delta H D) / (\Delta H + 2D)$ .

In questa condizione, il fattore di sicurezza "al sollevamento" del cuneo di terreno potenzialmente instabile a tergo della paratia, può essere espresso, a meno dei coefficienti parziali da applicare alle azioni Stabilizzanti ed Instabilizzanti prescritte dalla normativa come già definiti al §7.3 può essere espresso come segue:

$$FS = \frac{W'}{S_w} = \frac{\gamma' \cdot D \cdot D/2}{\gamma_w \cdot H_c \cdot D/2} = \frac{\gamma' \cdot D}{\gamma_w \cdot H_c}$$

Ovvero, tenendo conto delle espressioni precedenti, in termini di gradienti idraulici:  $FS = i_c/i_e$ . Avendo posto:

$i_c = \gamma' / \gamma_w$  (gradiente idraulico critico)

$i_e = H_c / D$  (gradiente idraulico medio)

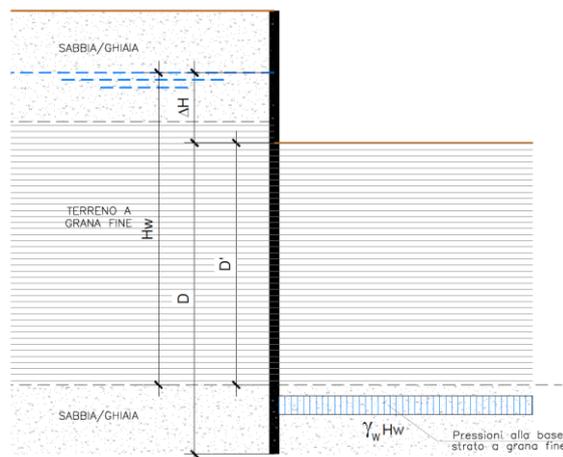
Per incrementare il valore di FS si possono adottare le seguenti soluzioni:

- aumentare la profondità di infissione in modo da ridurre il gradiente di efflusso;
- disporre sul fondo dello scavo in adiacenza al diaframma un filtro costituito da materiale di grossa pezzatura in modo da incrementare le tensioni efficaci.
- inserire dei dreni in modo da ridurre le sovrappressioni. In questo caso, detto W il peso del filtro, il coefficiente di sicurezza diviene:

$$FS = \frac{\gamma' \cdot D^2 / 2 + W}{\gamma_w \cdot H_c \cdot D / 2}$$

L'approccio di verifica appena esposto, riguarda indifferentemente, per il caso dei terreni a grana grossa, sia le condizioni di "breve termine" che quelle di "lungo termine". Se lo scavo è realizzato invece in un terreno a grana fine, sovrastante uno strato a permeabilità molto più elevata, nel tempo che intercorre tra la realizzazione dello scavo e l'instaurarsi del moto di filtrazione, occorre ragionare in termini di pressioni totali: se la forza risultante delle pressioni idrostatiche iniziali alla base del cuneo supera il peso totale del cuneo può verificarsi il sollevamento. In questo caso il fattore di sicurezza globale è definito, a meno dei coefficienti parziali da applicare alle azioni Stabilizzanti ed Instabilizzanti prescritte dalla normativa come già definiti al §7.3, mediante il rapporto tra la pressione verticale totale e la pressione interstiziale all'intradosso dello strato di argilla a valle (vedi schema grafico seguente), ovvero :

$$FS = \frac{\gamma \cdot D}{\gamma_w \cdot H_w}$$



- Schema di pressioni interstiziali per scavo in terreno a grana fine a breve termine



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	35 di 131

In aggiunta al meccanismo di sollevamento, la normativa prescrive, come già esposto al descritto al §**Errore**. **L'origine riferimento non è stata trovata**.7.3 di effettuare verifiche specifiche nei riguardi del rischio di “sifonamento”, che riguarda specificamente le condizioni di filtrazione che si innescano a valle degli scavi, per effetto dei quali, a seguito dell’incremento delle pressioni interstiziali nella zona di valle, si può determinare un annullamento delle tensioni verticali efficaci e quindi la completa perdita di resistenza del terreno che determina un trasporto delle particelle da parte dell’acqua in movimento, dando origine ad un fenomeno progressivo di erosione che conduce al collasso della struttura del terreno.

Si definisce **fattore di sicurezza globale nei confronti del sifonamento** il rapporto tra il gradiente idraulico critico e quello che si ha in esercizio ossia:  $F_s = i_c/i_E$  dove  $i_c$  ed  $i_E$  assumono le espressioni già definite in precedenza.

Essendo il sifonamento un fenomeno improvviso, senza segni premonitori, ed essendo difficile tener conto di fattori quali l’eterogeneità e l’anisotropia del terreno, si adottano valori alti di  $F_s$  ovvero elevati valori dei coefficienti parziali da applicare ad  $i_c$ ,

Per i terreni a grana grossa, ove come detto, è plausibile considerare un'unica condizione di verifica di “breve/lungo termine”, il soddisfacimento della verifica a sifonamento, implica di fatto anche il buon esito anche della verifica a “sollevamento”, essendo quest’ultima maggiormente restrittiva in virtù dei coefficienti parziali da applicare nei due casi alle azioni “stabilizzanti o resistenti” secondo la normativa vigente.

Si precisa che il criterio di verifica a sollevamento per terreni a grana fine è adottabile anche per effettuare l’analoga verifica al sollevamento delle solette in c.a. definitive previste in corrispondenza della quota di fondo scavo proprio per bloccare le risalite della falda verso il corpo ferroviario.

In tal caso il valore  $\gamma D$  corrisponde alla pressione sul piano di scavo esercitata dal peso della soletta e dai carichi permanenti su di esse agenti, mentre il termine  $\gamma_w H_w$  è sostituito dal termine  $\gamma_w \Delta H$

Tutte le verifiche descritte nel presente paragrafo, sono state eseguite, se necessarie, mediante impiego di fogli di calcolo excel autoprodotti.

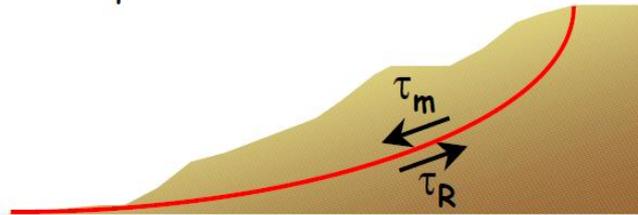
### 10.1.3 Stabilità Globale

Nel presente paragrafo sono illustrati i Criteri generali adottati per l’effettuazione delle Verifiche di Stabilità Globale prescritte dalla normativa.

Nello specifico, le Analisi sono state effettuate mediante i metodi dell’equilibrio limite, messi a punto da diversi autori tra cui, Fellenius, Bishop, Janbu, Morgenstern-Price, ecc.

In generale, ciascuno metodo va alla ricerca dei potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un

coefficiente di sicurezza coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie, ovvero:



$$FS = \frac{\int_S \tau_{rott}}{\int_S \tau_{mob}}$$

Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b, interessati da azioni taglienti e normali sulle superfici di delimitazione dello stesso come di seguito rappresentato.

Per il caso in esame, le verifiche sono state effettuate rispetto a superfici di forma circolare, utilizzando il metodo di **Bishop**, per i cui dettagli si rimanda a quanto esposto a riguarda nella letteratura tecnica.

Le verifiche sono state effettuare rispetto a famiglie di superfici potenziali di rottura disegnate in maniera tale da non intersecare le opere, escludendo quindi ai fini della stabilità la resistenza al taglio locale offerta dalle opere, fermo restando tutte le prescrizioni definite dalla normativa per questo tipo di verifica, come già illustrate al precedente paragrafo.

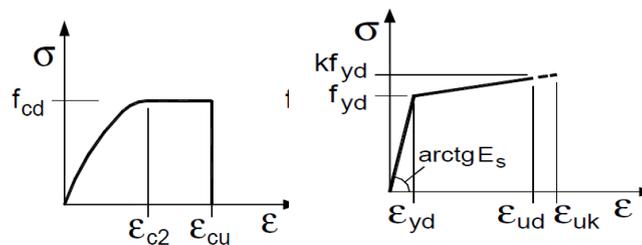
## 10.2 VERIFICHE STRUTTURALI

I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per la condizione SLU, e per le massime tensioni nei materiali nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono quelli definiti al p.to 4.1.2 del DM 14.01.08.

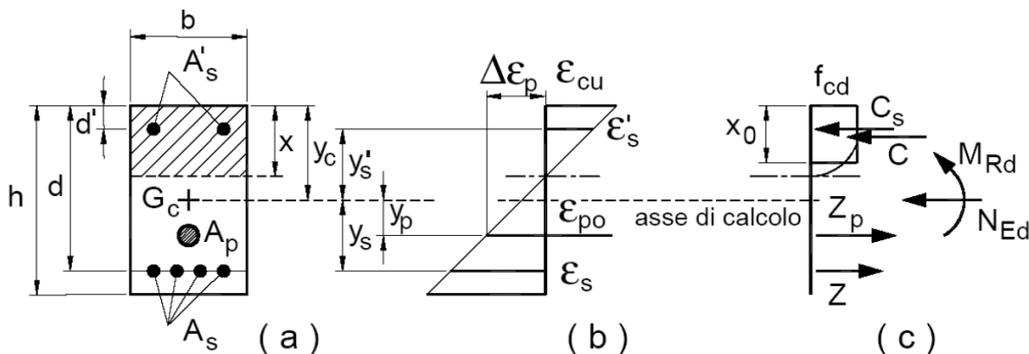
### 10.2.1 VERIFICHE ALLO SLU

#### 10.2.1.1 Pressoflessione sezioni in c.a.

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione in c.a., viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 del DM 14.01.08, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguenti, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:



Legami costitutivi Calcestruzzo ed Acciaio -



Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione generica sezione -

La verifica consiste nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

$M_{Rd}$  è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ;

$N_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

$M_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

### 10.2.1.2 Taglio sezioni in c.a.

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  degli elementi strutturali in c.a., può essere valutata secondo le formulazioni fornite al § 4.1.2.1.3.2 del DM 14.01.08, riferite sia al caso di “elementi privi di armatura a taglio” sia al caso di “elementi armati a taglio”.

Per il caso di una membratura priva di armatura specifica, risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w d$$

Dove:

- $v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ ;
- $k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$ ;
- $\rho_1 = A_{sw}/(b_w \cdot d)$
- $d$  = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;
- $b_w = 1000$  mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio  $V_{Rd}$  è il minimo tra la resistenza a taglio trazione  $V_{Rsd}$  e la resistenza a taglio compressione  $V_{Rcd}$ , che assumono nell'ordine le seguenti espressioni:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta)}{(1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)}$$

Essendo:

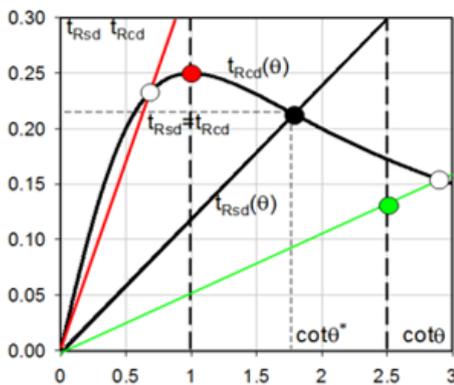
$$1 \leq \operatorname{ctg} \theta \leq 2,5$$

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3.2 del DM 14.01.08 considerando ai fini delle verifiche, un angolo  $\theta$  di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

$$1 \leq \operatorname{ctg} \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$$

L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle ( $\theta$ ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato :

$$\cot\theta^* = \sqrt{\frac{v \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$



- Se la  $\cot\theta^*$  è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$
- Se la  $\cot\theta^*$  è maggiore di 2,5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rsd})$  coincide con il massimo taglio sopportato dalle armature trasversali valutabile per una  $\cot\theta = 2,5$ .
- Se la  $\cot\theta^*$  è minore di 1,0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rcd})$  coincide con il massimo taglio sopportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una  $\cot\theta = 1,0$ .

( $\theta^*$  angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature)

dove

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5$$

$f'_{cd}$  = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

$f_{cd}$  = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima

$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

$\omega_{sw}$  : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

$$\omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

### 10.2.2 Verifica agli SLE: Limitazione delle Tensioni e Fessurazione

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

#### Verifica di fessurazione

La verifica a fessurazione consiste nel controllo che l'ampiezza massima delle fessure per le combinazioni di carico di esercizio non superi i valori limite; anche in tal caso, come per le verifiche tensionali, ci si è riferiti alle prescrizioni maggiormente restrittive stabilite nell'ambito del progetto di opere ferroviarie nel documento RFI "Manuale di Progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 2 / Ponti e Strutture – RFI DTC SI PS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017" – § 2.5.1.8.3.2.4, che prescrive in particolare quanto segue

In particolare l'apertura convenzionale delle fessure  $\delta_f$ , calcolata per la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, 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. 4.1.2.2.4.2 del DM 14.01.2008, 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 secondo il citato paragrafo del DM 14.01.2008

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

Tabella 4.1.III – DM 14.01.2008

In definitiva, nel caso in esame, con riferimento alle indicazioni della tabella di cui in precedenza, si è previsto di adottare il limite : **w1=0,20 mm** trattandosi in generale di strutture a permanente contatto col terreno.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	41 di 131

### 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:

- $\sigma_c < 0.55 f_{ck}$  per combinazione caratteristica (rara);
- $\sigma_c < 0.40 f_{ck}$  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 dell'acciaio deve rispettare la limitazione:

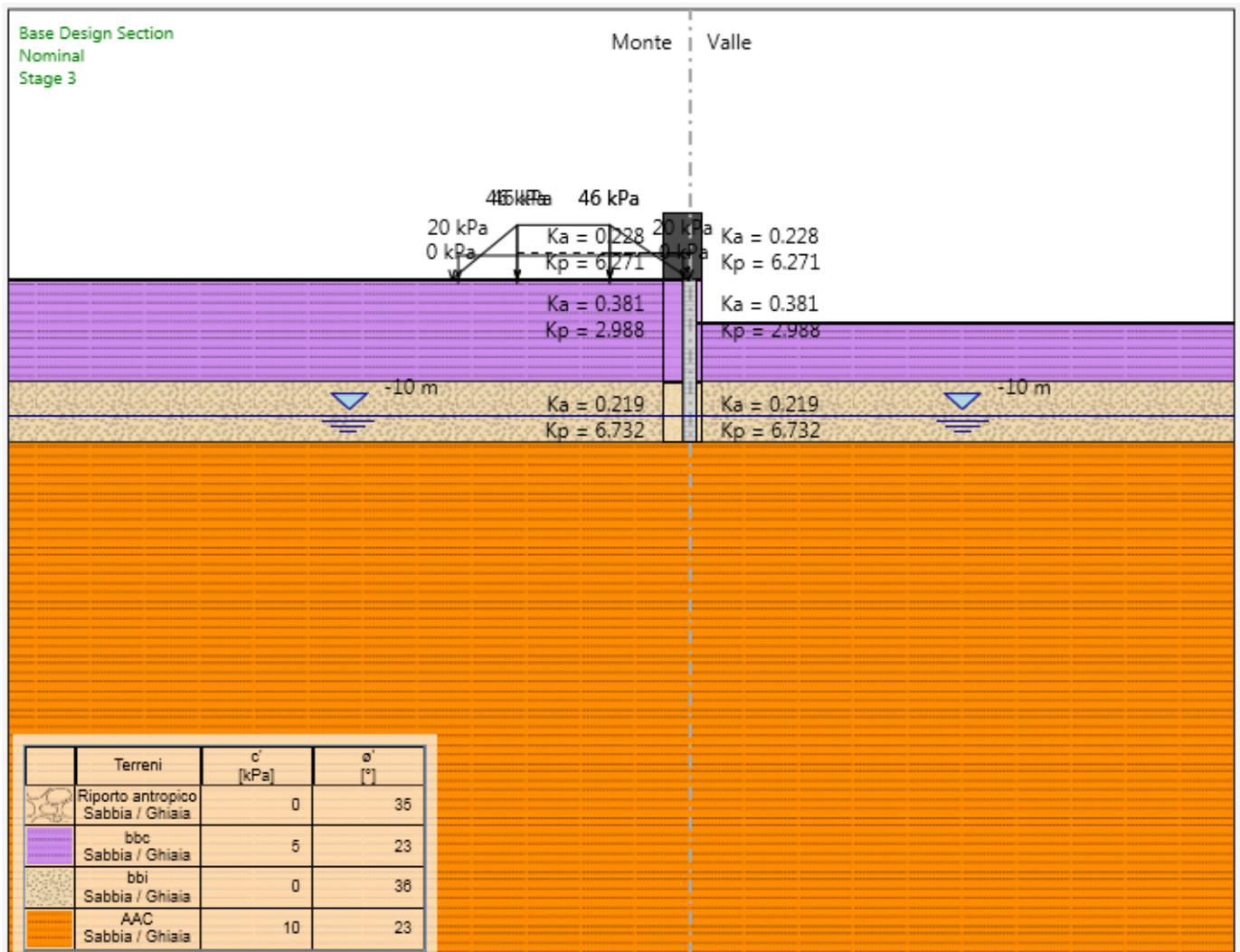
- $\sigma_s < 0.75 f_{yk}$  per combinazione caratteristica (rara).

## 11 ANALISI E VERIFICHE PARATIE

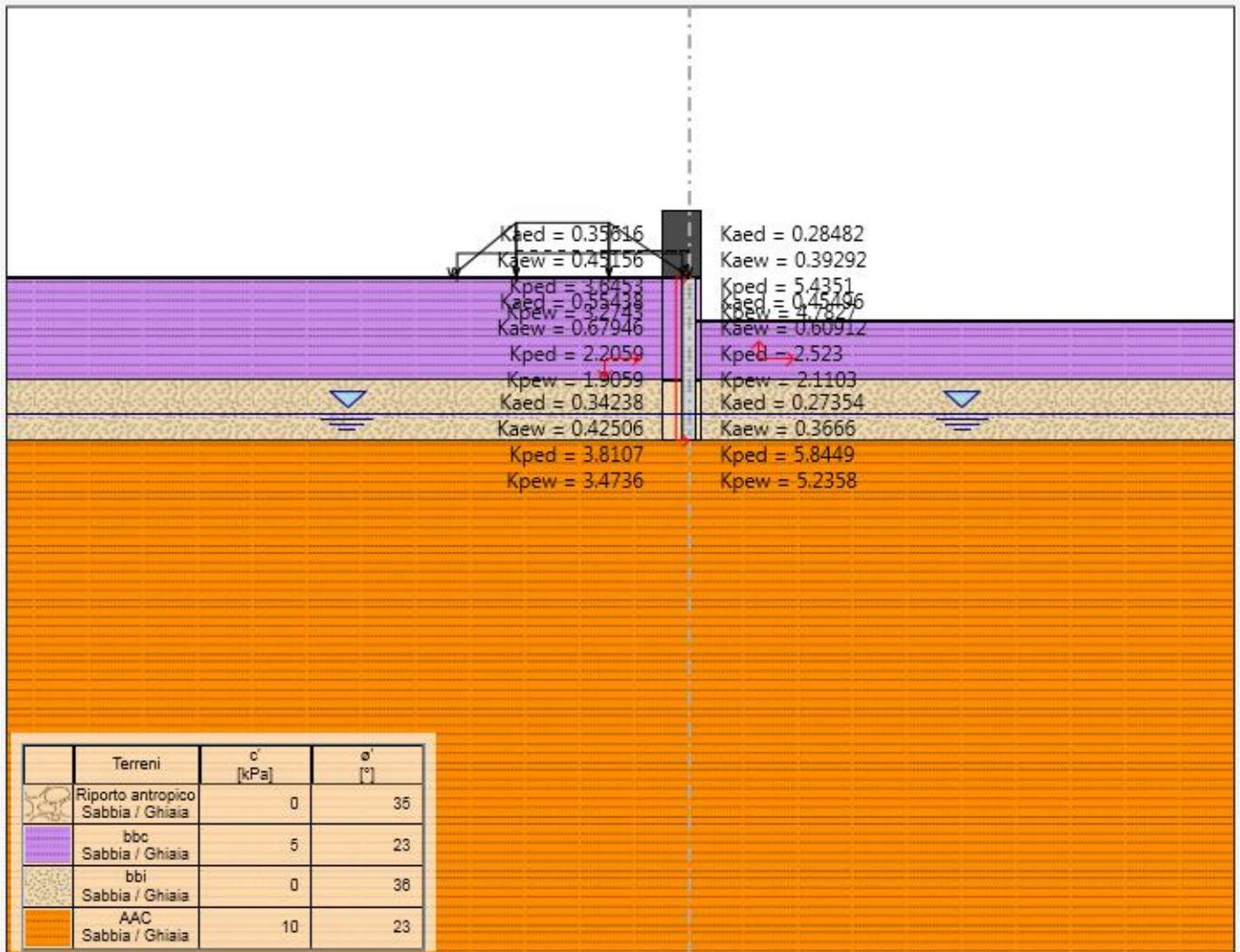
### 11.1 Modello di calcolo

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche della struttura e del modello geotecnico per le analisi di verifica.

Il modello considerato per i dimensionamenti delle paratie d 1000, è posto in corrispondenza della pk. 0+080 della viabilità NV18.



Modello Paratia (Fase finale statica)



**Modello Paratia (Fase finale sismica)**

Il modello stratigrafico considerato ed il livello di falda sono quelli descritti al precedente §5.1; lo schema grafico del modello appena rappresentato, riporta inoltre per ciascuno strato, i valori di Ka e Kp determinati secondo i criteri di cui al §9.2. Si fa notare, come specificato al §9.2, che i coefficienti di spinta attiva a monte dell'opera in fase sismica sono valutati con  $\delta=0$  anziché  $\delta=0.6\phi$ . Analogamente accade per la spinta passiva a monte che tuttavia, in virtù del cinematismo atteso, non è significativa in fase di analisi.

A monte dell'opera è applicato un carico trapezoidale equivalente al peso del rilevato stradale a tergo della paratia e in aggiunta un carico accidentale di 20kPa uniformemente distribuito sull'area di impronta del rilevato stradale simulante il traffico veicolare sulla strada comunale adiacente all'opera (via Palermo).

Nel seguito si riportano le caratteristiche geometriche del modello di calcolo:

**MODELLO DI CALCOLO**

Tipologia struttura di sostegno	Pali $\phi$ 1000 interasse 1.2 m
Altezza totale paratia	$L_{\text{palo}} = 11\text{m} + 1.00\text{m}$ (cordolo)
Altezza di scavo max (da testa cordolo)	$H = 3.7\text{ m}$
Cordolo (bxh)	1.30m x 1,00m

**Tabella – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo**

L'azione sismica è stata valutata sulla base di quanto riportato al paragrafo 6.6. Nel caso in esame si ha:

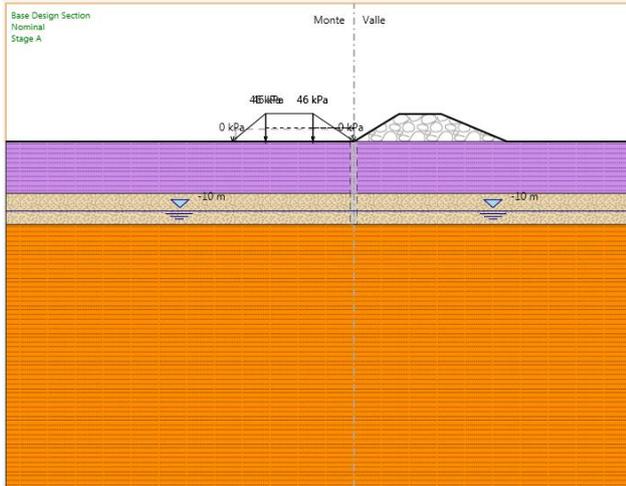
Condizione	H (m)	Categoria sottosuolo	$a_g/g$	S	$a_{\text{max}}/g$	$\alpha$ (-)	$u_s$ (m)	$\beta$ (-)	$K_h$ (-)
SLV	12.0	B	0.170	1.20	0.204	1.0	0.06	0.435	0.089

$a$  = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 14/01/2008)  
 $u_s$  = spostamento ammissibile  
 $b$  = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008)  
 $k_h$  = coefficiente sismico

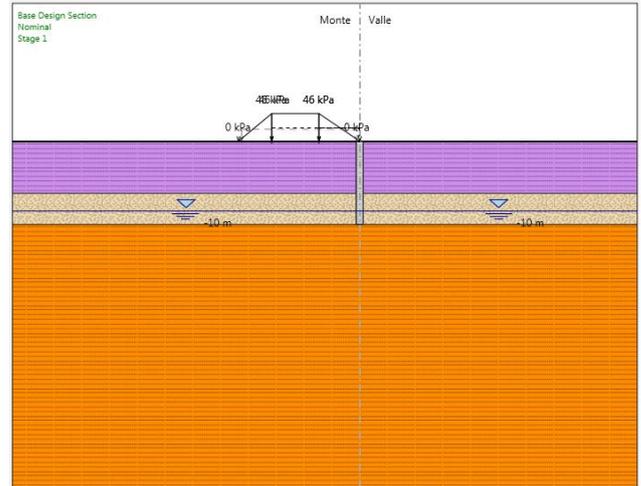
**Tabella ... – Parametri per il calcolo azione sismica**
**11.2 Fasi di calcolo**

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. 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.

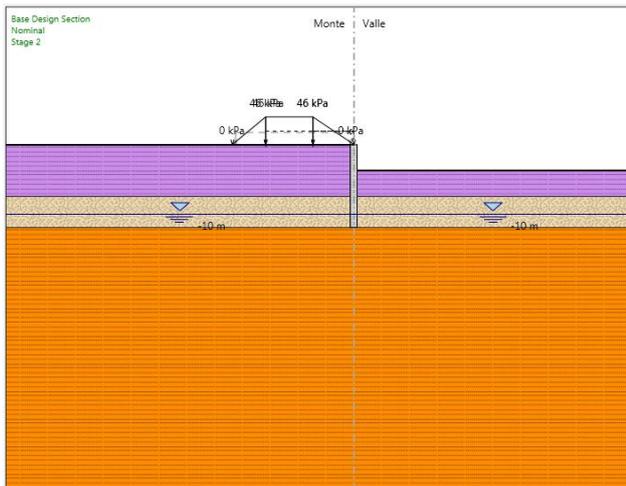
- Stage 0.** Condizione geostatica e applicazione carico a monte equivalente al peso del rilevato stradale (via Palermo). È simulata anche la presenza del rilevato stradale esistente a valle della paratia in modo da tener conto in automatico del grado di OCR del terreno a seguito delle operazioni di scavo.
- Stage 1.** Realizzazione pali e cordolo e rimozione rilevato esistente a valle della paratia.
- Stage 2.** Esecuzione scavo fino a quota -3.7 m.
- Stage 3.** Sistemazione fondo scavo (il pacchetto stradale è considerato con una riduzione dello scavo di 50 cm) ed applicazione carico accidentale da traffico veicolare.
- Stage 4.** Applicazione azione sismica



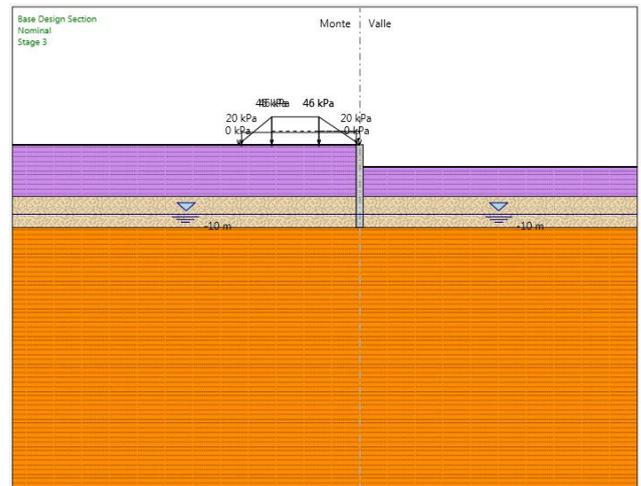
**Figura 1 – Stage 0**



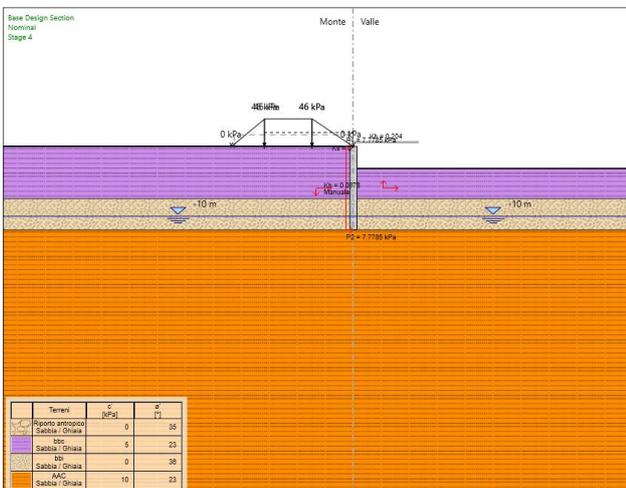
**Figura 2 – Stage 1**



**Figura 3 – Stage 2**



**Figura 4 – Stage 3**



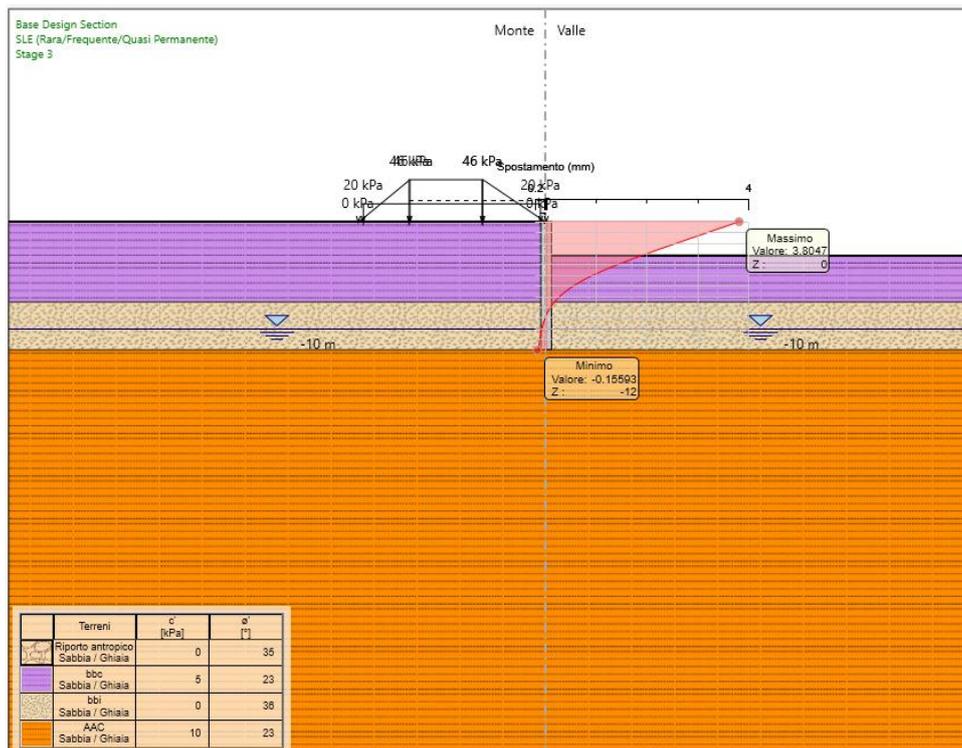
**Figura 5 – Stage 4**

### 11.3 Risultati delle analisi

#### 11.3.1 Verifica del complesso opera-terreno

La verifica è finalizzata a garantire il corretto dimensionamento dell'opera con particolare riferimento alla profondità di infissione della paratia. A tale scopo, nei prospetti che seguono, sono riportati gli output in termini di deformata dell'opera e percentuale di spinta mobilata.

Come mostrato nel seguito, Gli spostamenti massimi attesi sono di entità tale da consentire il corretto funzionamento dell'opera nella vita utile prevista.



**Figura 6: Spostamenti paratia allo SLE ( $\delta_{max}=3.80$  mm)**

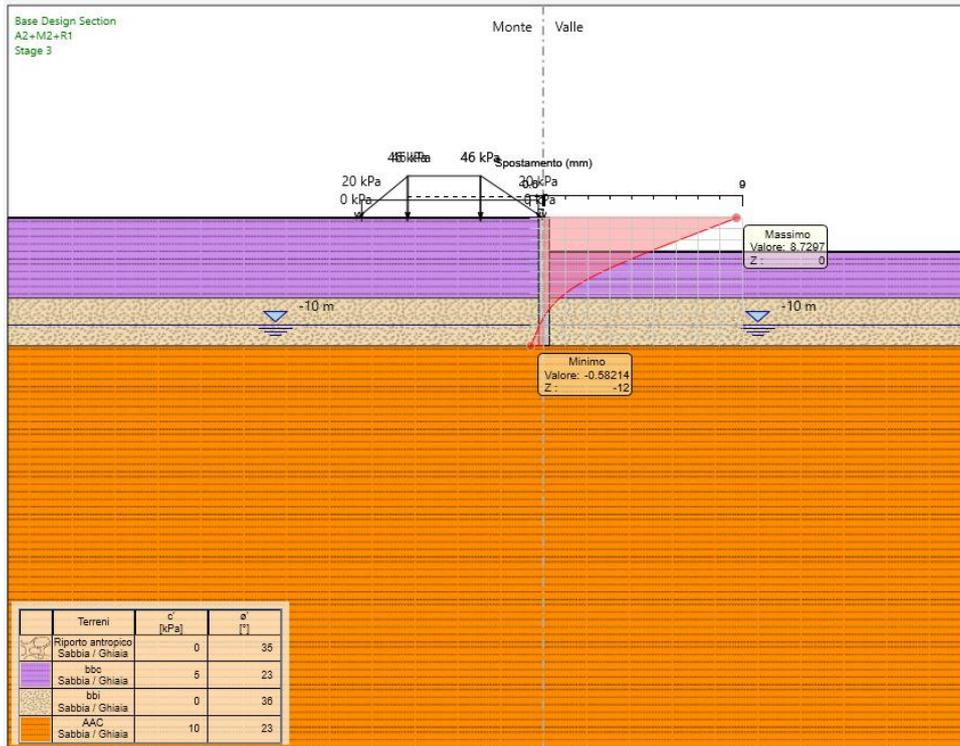


Figura 7: Spostamenti paratia GEO ( $\delta_{max}=8.73$  mm)

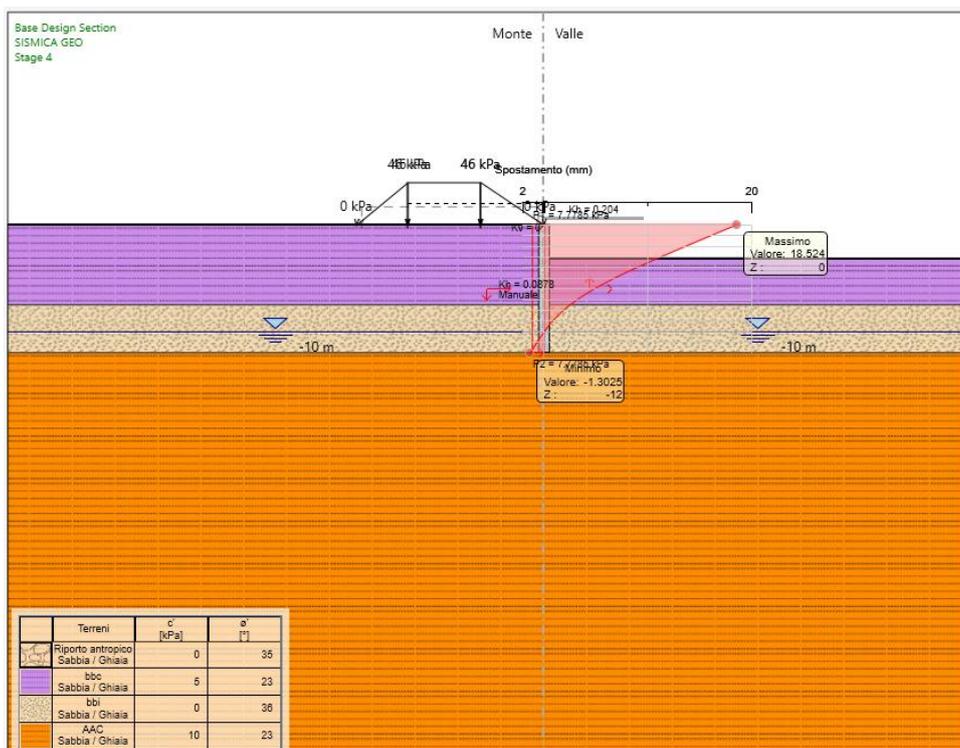
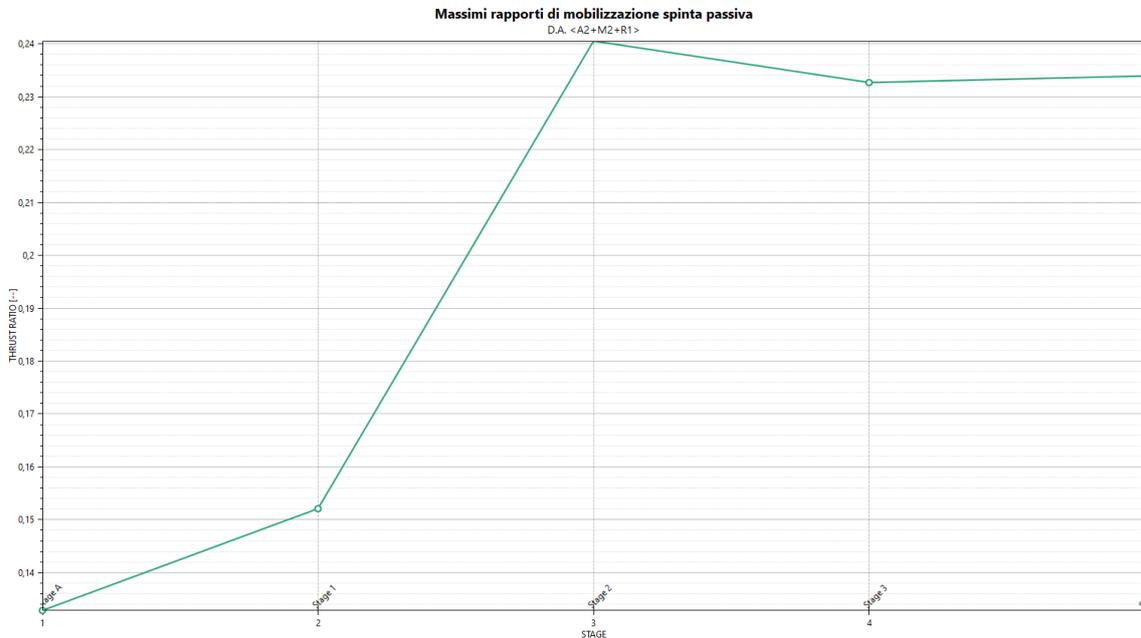
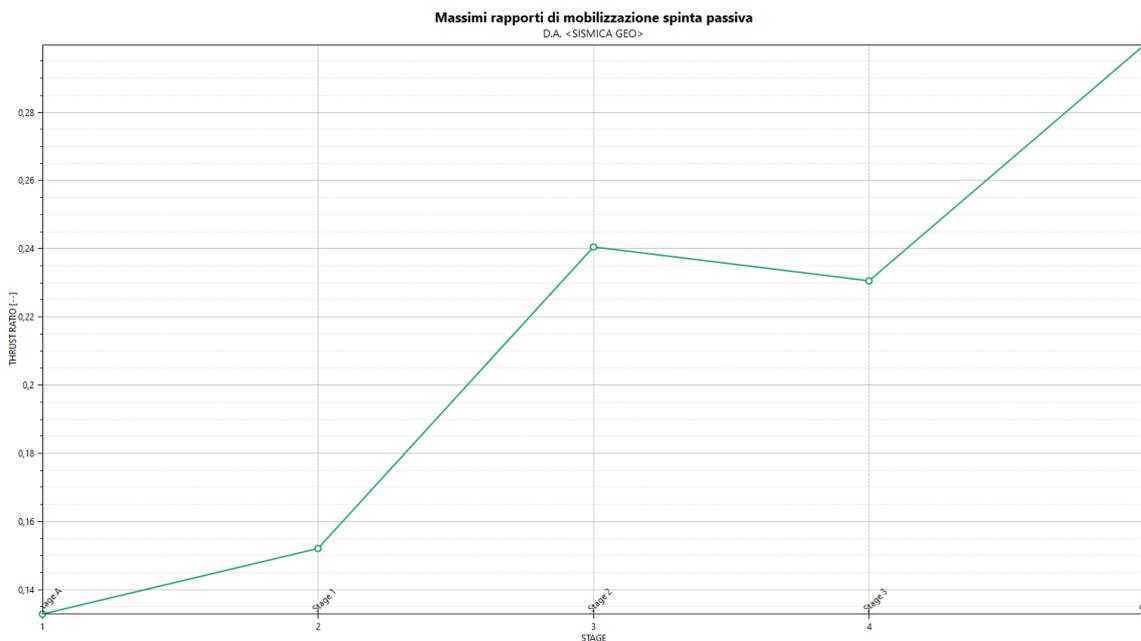


Figura 8: Spostamenti paratia sismica GEO ( $\delta_{max}=18.52$  mm)



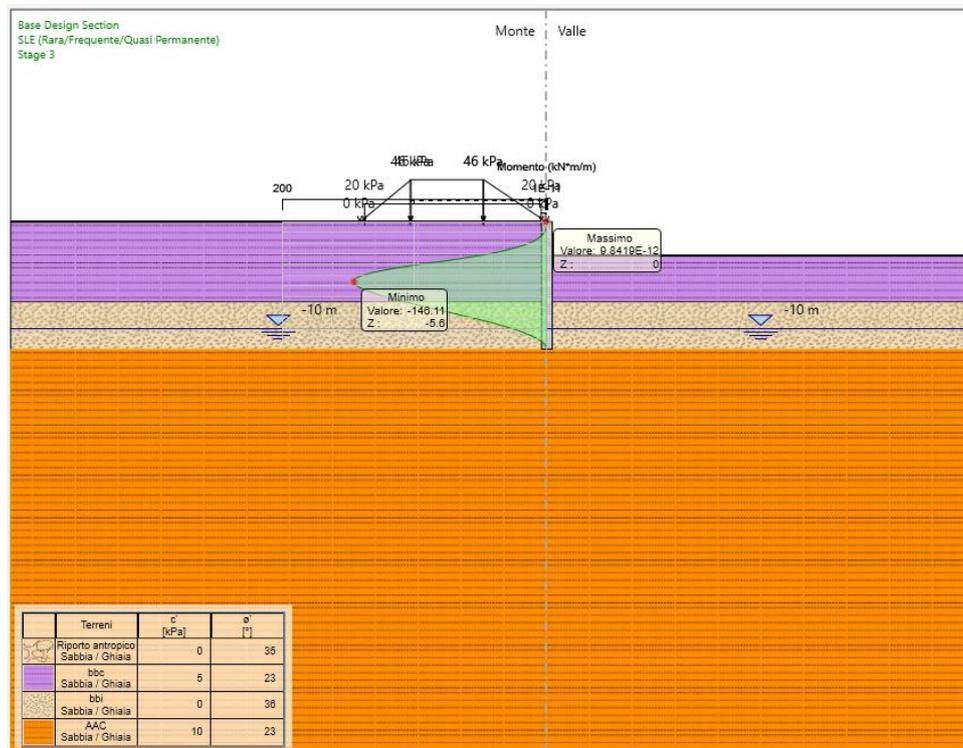
L'andamento riporta i rapporti di mobilitazione in condizione statica GEO ad eccezione dell'ultima fase che corrisponde all'applicazione della azione pseudostatica e quindi non è significativa per la fase GEO. Per quest'ultima si rimanda alla figura successiva che riporta appunto il rapporto di mobilitazione in fase sismica:



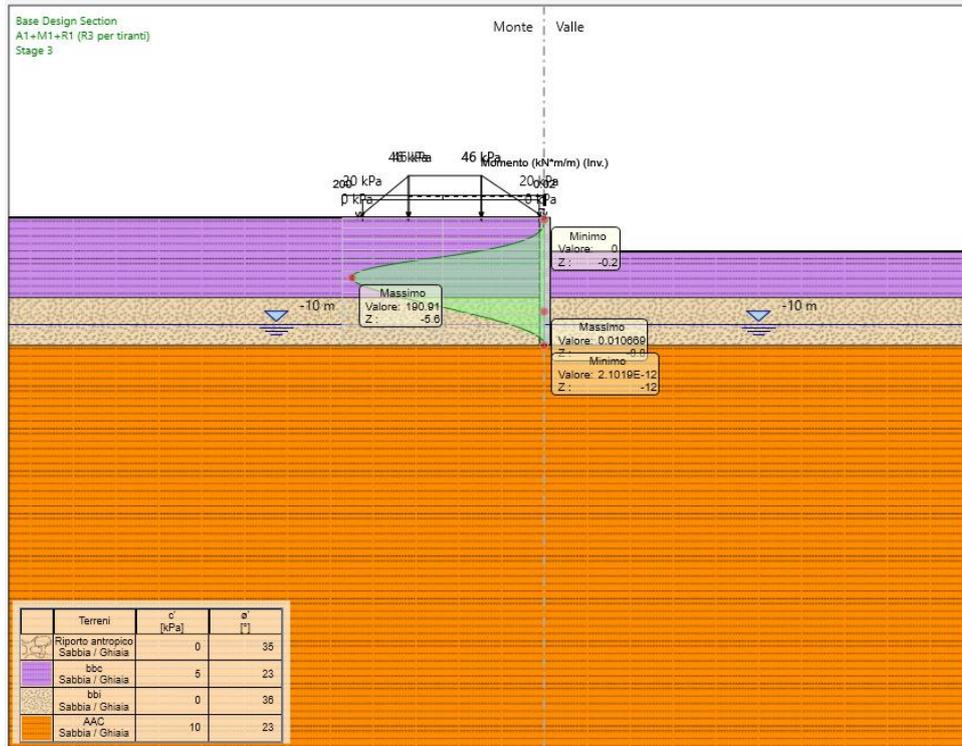
In entrambi i casi La spinta sollecitante non eguaglia la resistenza passiva di progetto quindi la verifica è soddisfatta con rapporti di mobilitazione inferiori a 0.29.

### 11.3.2 Sollecitazioni, Sforzi e Deformazioni

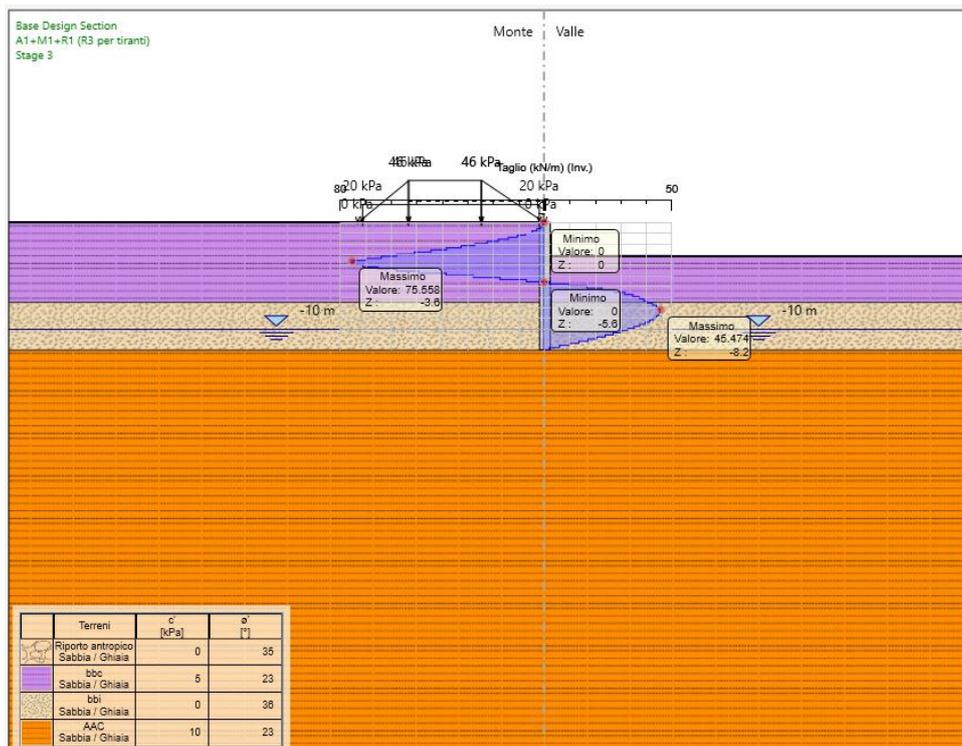
Nel seguito del presente paragrafo sono riportati, in forma grafica, i risultati delle Sollecitazioni e degli Sforzi di riferimento per la Verifica dei Pali, e cordoli delle paratie, con riferimento alle Combinazioni di Carico che, secondo le prescrizioni normative, vanno considerate per i vari casi.



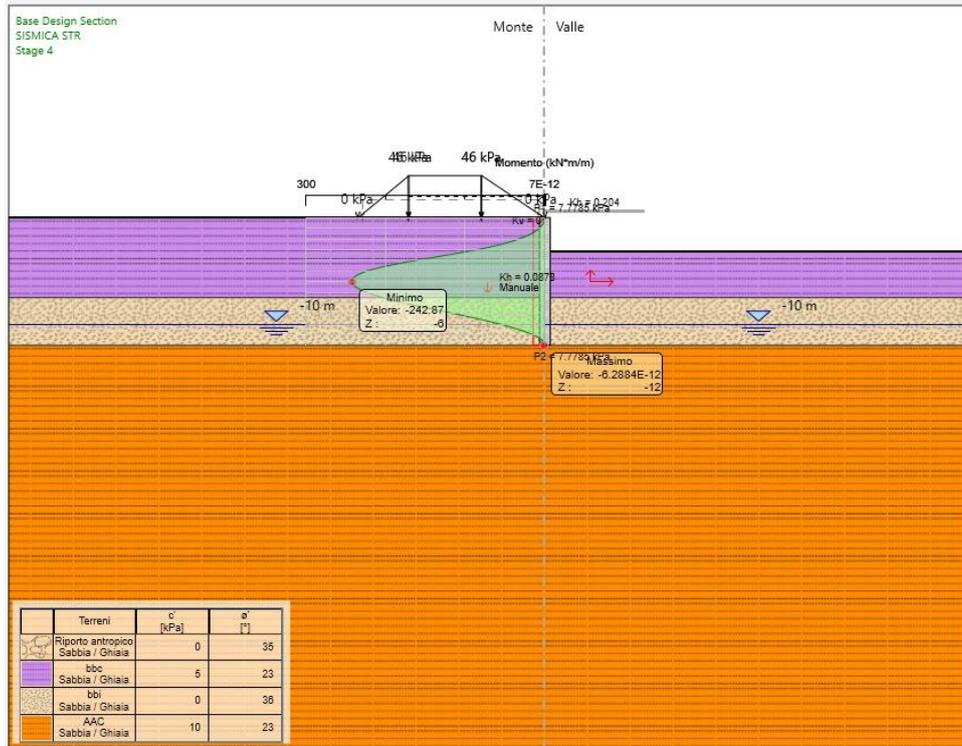
**Figura 9: momento sollecitante paratia SLE**



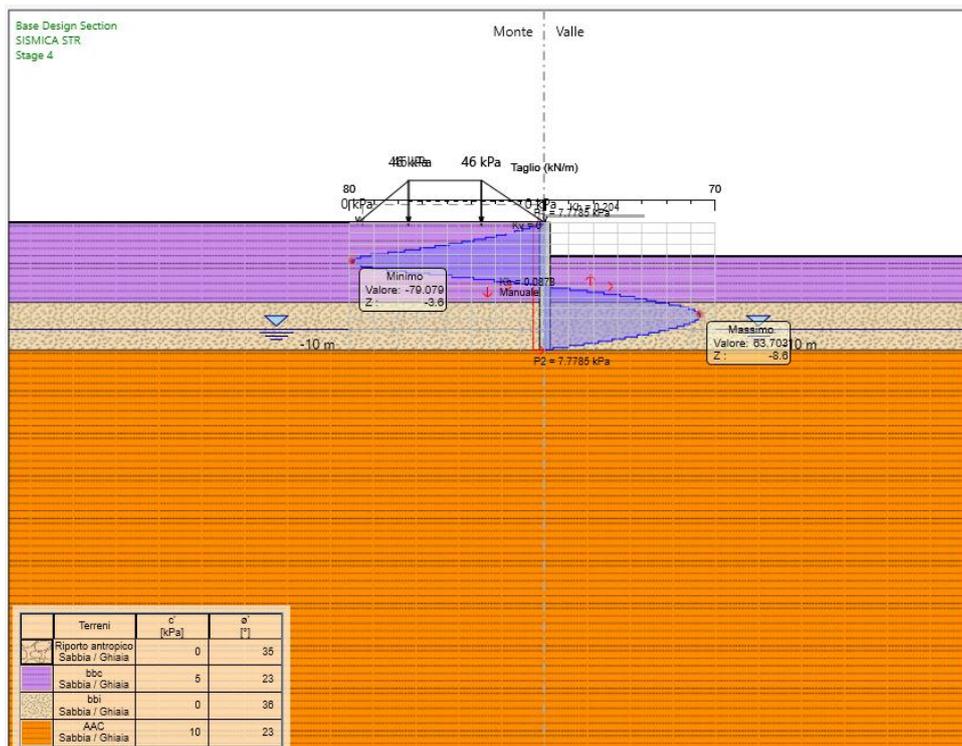
**Figura 10: Involuppo momento sollecitante paratia STR**



**Figura 11: Involuppo Taglio sollecitante paratia STR**



**Figura 12: Momento sollecitante paratia sismica**



**Figura 13: Taglio sollecitante paratia sismica**

Nel seguito si riporta un riepilogo in forma tabellare delle sollecitazioni massime a metro lineare e sul singolo palo:

SOLLECITAZIONI A METRO LINEARE				SOLLECITAZIONI SU SINGOLO PALO	
COMB.	Mmax [kNm/m]	Vmax [kN/m]	interasse	Mmax [kNm]	Vmax [kN]
			[m]		
SLU/SLV	242.87	79.08	1.20	291.44	94.9
SLE	146.1	-	1.20	175.3	-

#### 11.4 Verifica strutturale pali

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali dei pali a flessione e a taglio sulla base delle sollecitazioni restituite da paratie plus.

Diametro Palo: 1.00m

Armatura longitudinale: 18  $\Phi$  20

Armatura Trasversale: Spirale  $\Phi$ 10/20 cm

Nei grafici sono riportati i tassi di sfruttamento ottenuti come rapporto tra resistenza disponibile e sollecitazione agente.

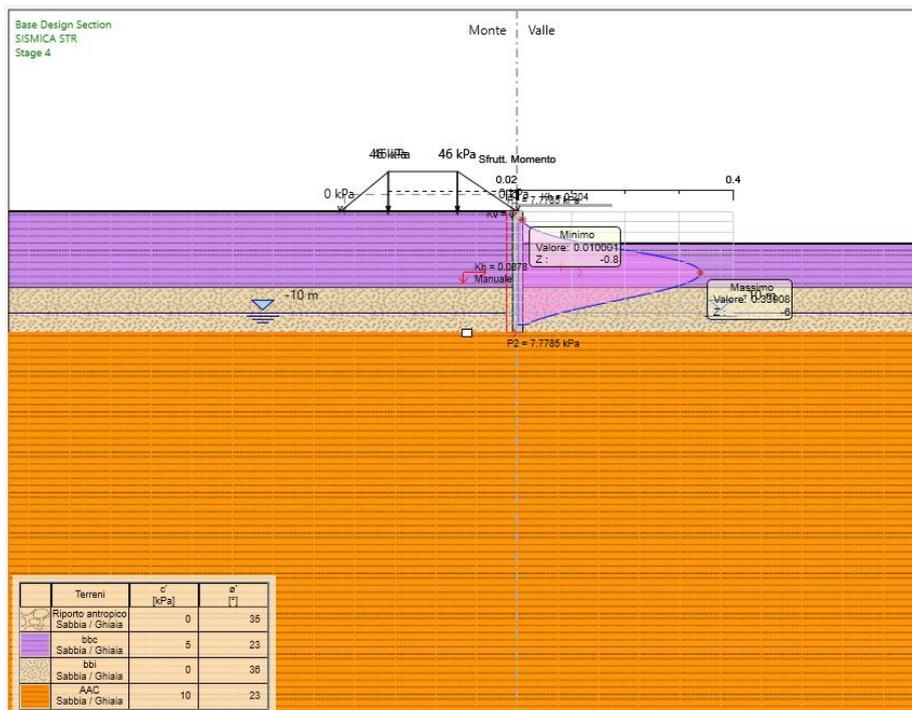
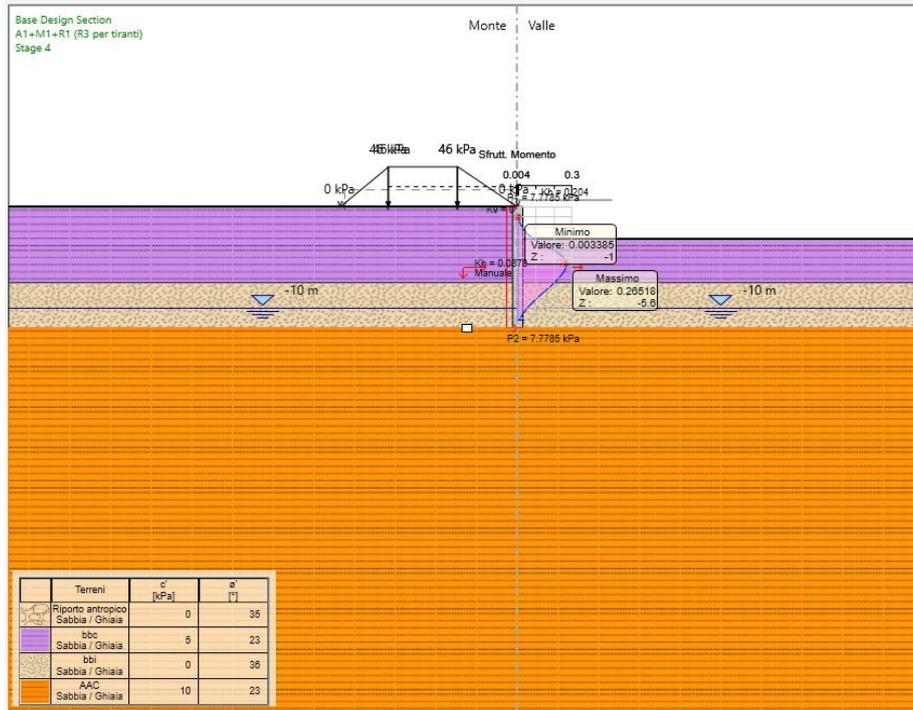
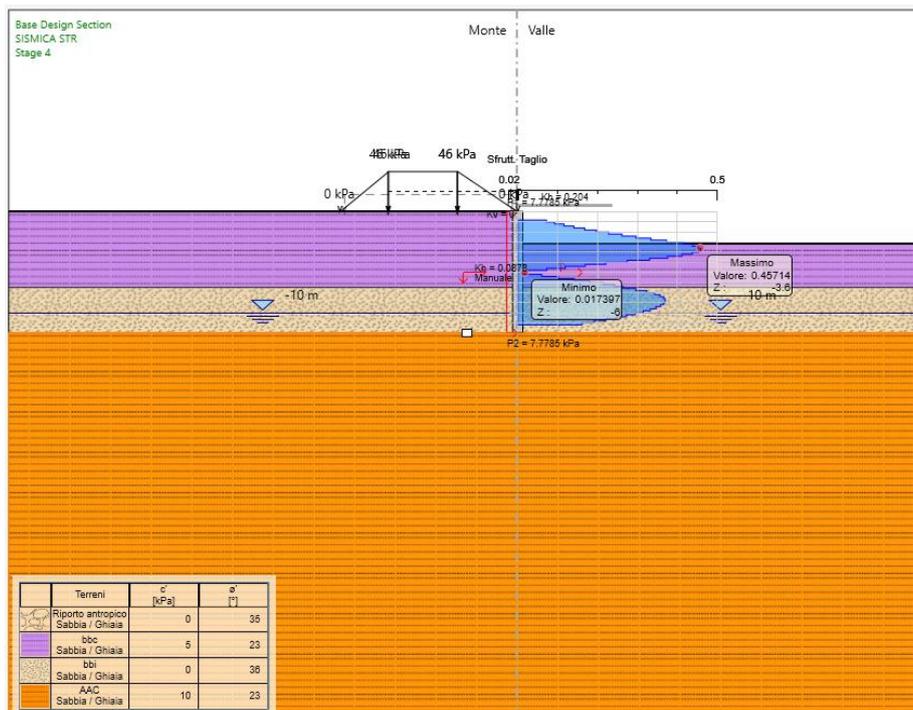


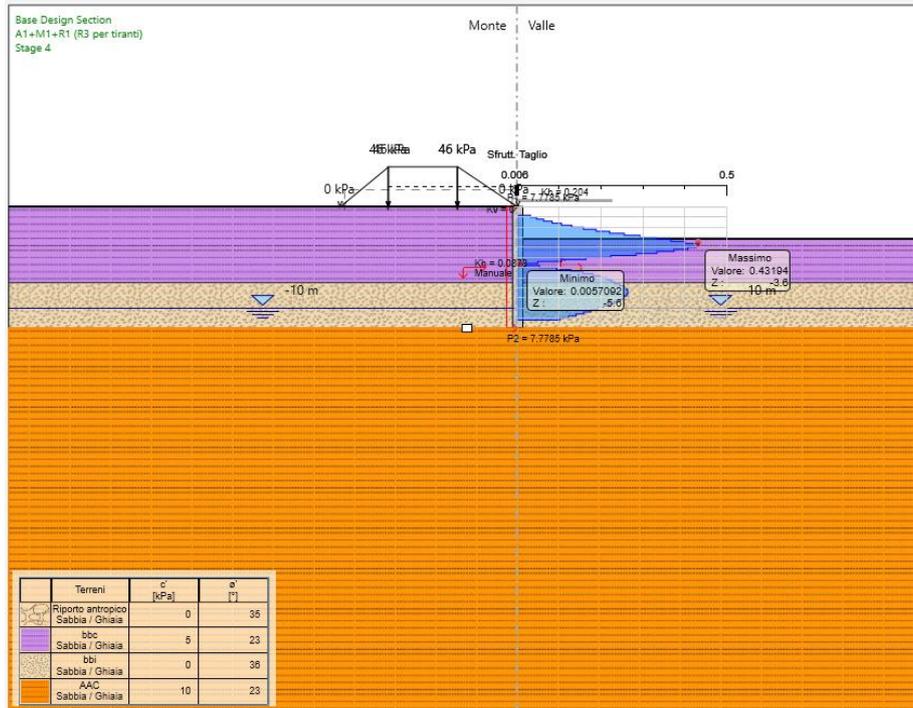
Figura 14: Verifica a pressoflessione fase sismica



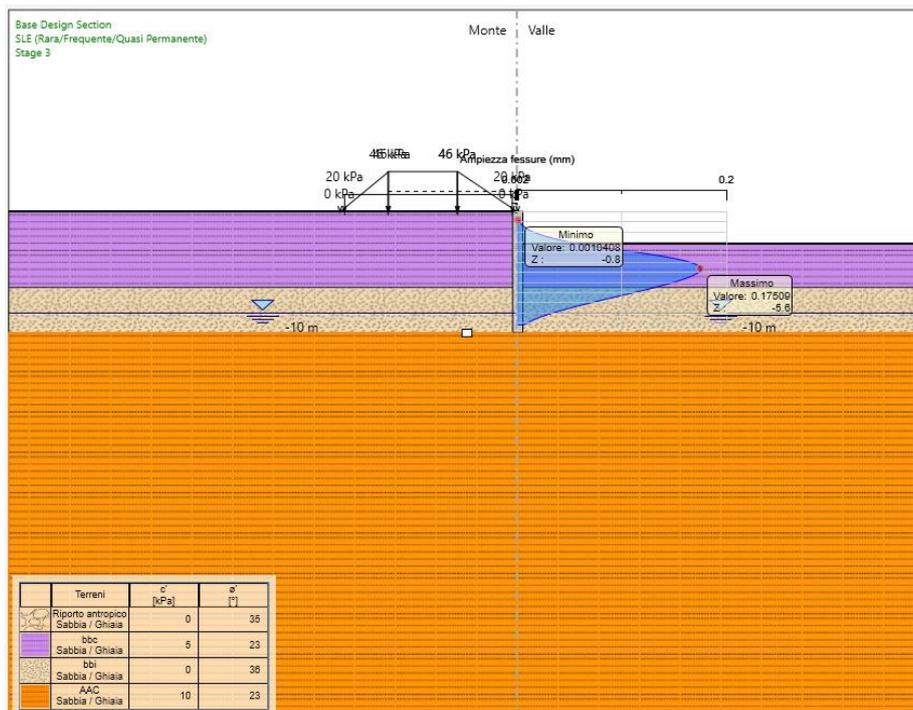
**Figura 15: Verifica a pressoflessione fase statica STR**



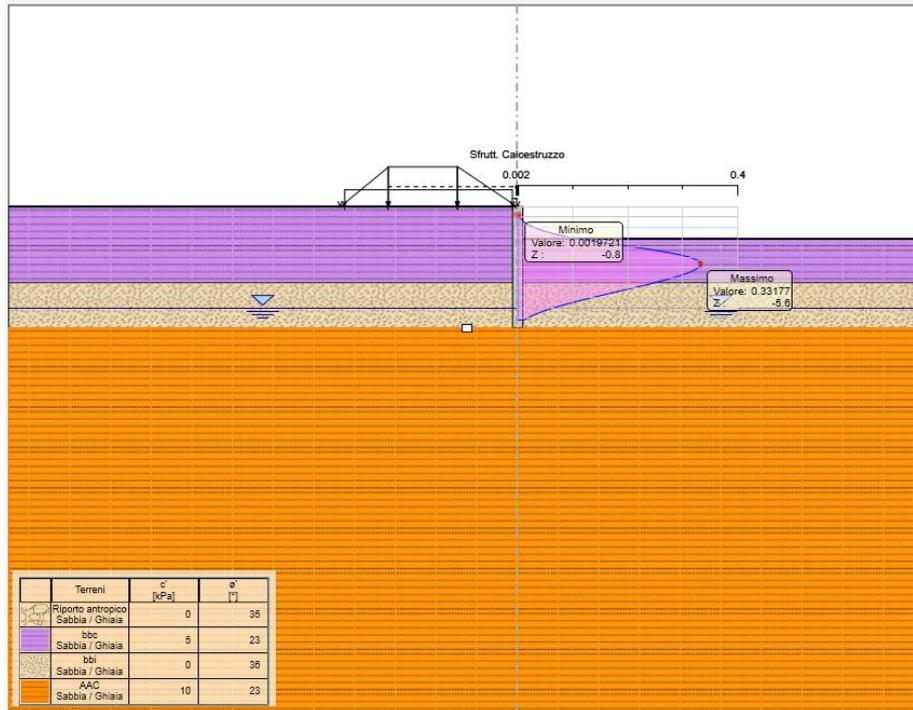
**Figura 16: Verifica a Taglio fase sismica**



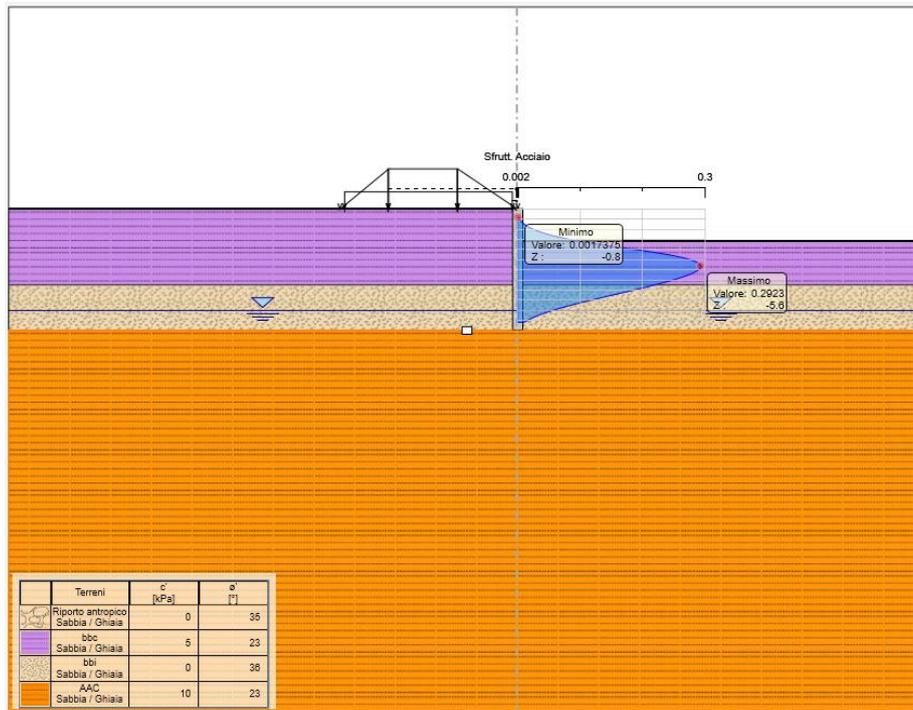
**Figura 17: Verifica a Taglio fase statica STR**



**Figura 18: Verifica a fessurazione SLE**



**Figura 19: Verifica tensionale SLE (calcestruzzo)**



**Figura 20: Verifica tensionale SLE (acciaio)**



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	56 di 131

Le verifiche sono dunque soddisfatte (tassi di sfruttamento inferiori all'unità).

Ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio si è provveduto a verificare che le tensioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori ai valori massimi pari rispettivamente a 14,9 Mpa (per calcestruzzo di classe C25/30 combinazioni rare) e di 360 Mpa (per acciaio B 450 C), nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di  $w_3=0,2\text{mm}$  (Classe di esposizione XC2 ed armature poco sensibili)

### 11.5 Verifiche a sollevamento e Sifonamento

Nel caso in esame le verifiche a sollevamento e sifonamento non risultano essere necessarie in quanto lo scavo non modifica il regime idrico preesistente (la quota della falda è al di sotto della quota di fondo scavo quindi  $\Delta H=0$ )

### 11.1 Verifica stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno

Di seguito si riportano in forma grafica, i risultati delle Verifiche di Stabilità effettuate con in evidenza le superfici di scivolamento critiche, ed i relativi coefficienti di sicurezza minimi ottenuti. In particolare sono state analizzate le situazioni rappresentative delle condizioni di scavo massimo in fase statica e simica.

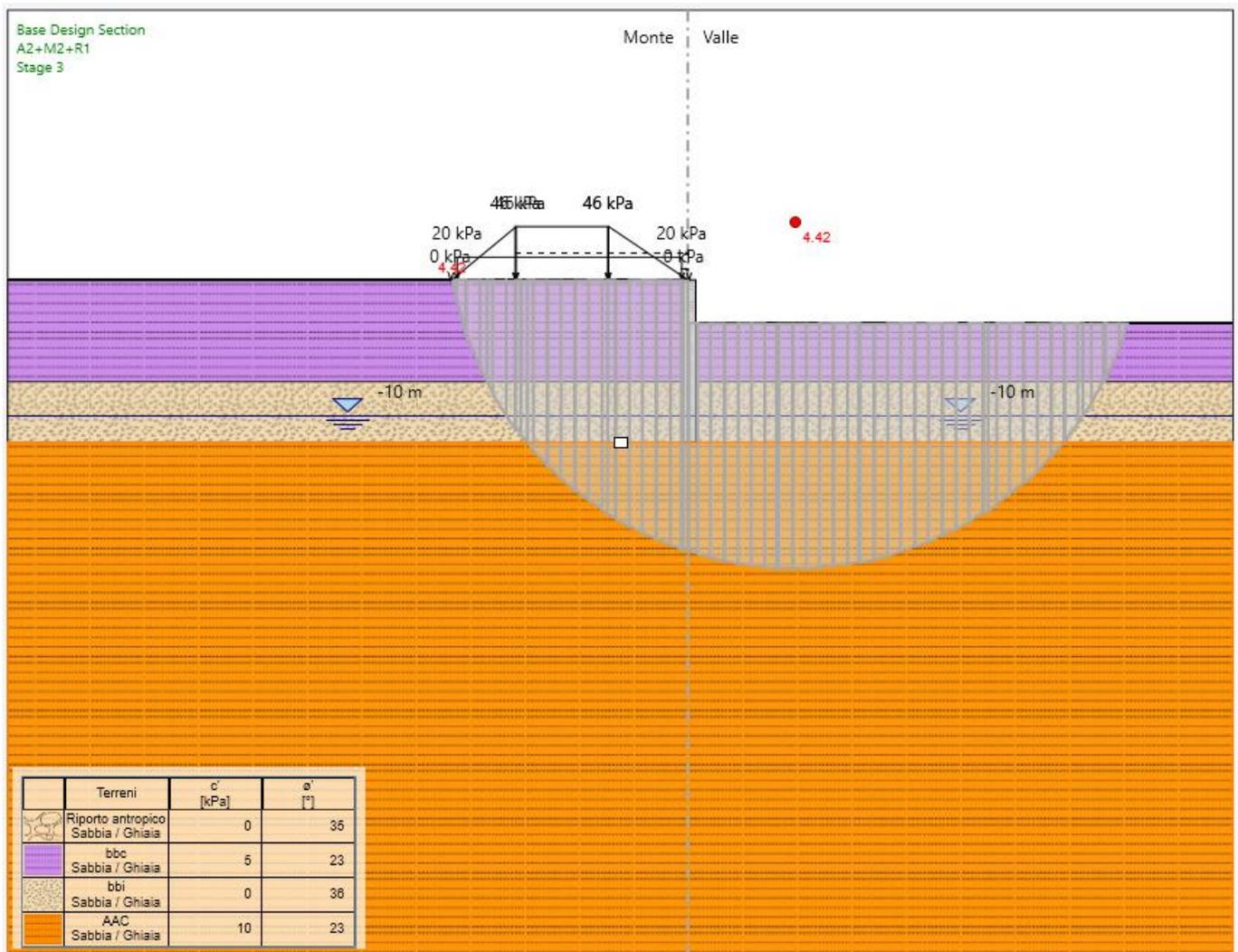


Figura 21: Superficie di scorrimento critica Cond. Statica (A2-M2).--- F.S=4.42 >1.1. Verifica soddisfatta

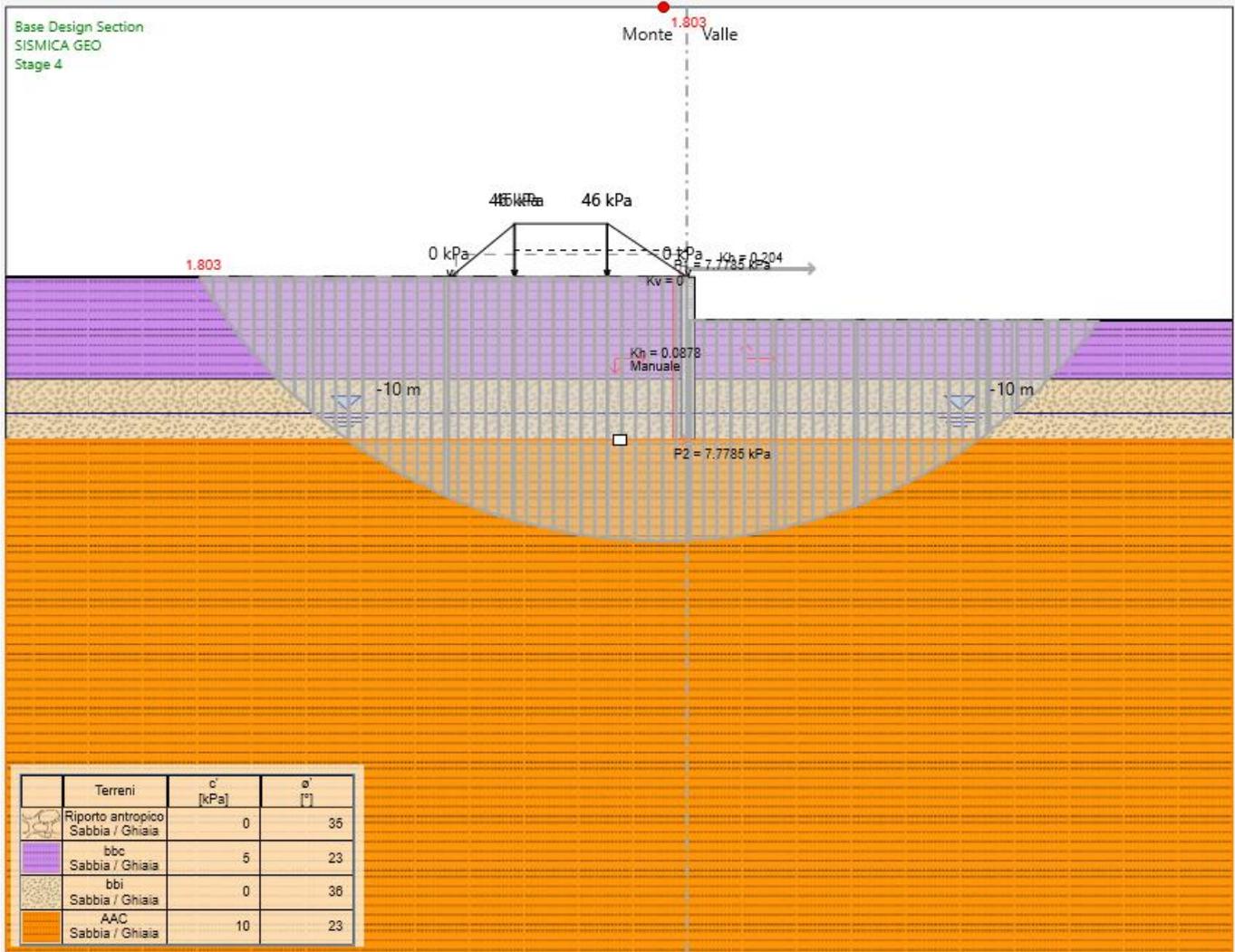


Figura 22: Superficie di scorrimento critica Cond. Sismica.--- F.S=1.803 >1.10. Verifica soddisfatta

Le verifiche di stabilità risultano soddisfatte.

## 12 TABULATI DI CALCOLO



### 1. Descrizione del Software

ParatiePlus 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.

ParatiePlus non permette lo studio di problematiche che coinvolgano un movimento esteso del versante di scavo, in quanto ParatiePlus non consente lo sviluppo di movimenti rigidi della parete o parti di ammasso rispetto ad altre parti di terreno.

Scopo precipuo di ParatiePlus è quindi il calcolo delle azioni flettenti e taglianti e delle deformazioni laterali della parete di sostegno, e la valutazione di tutte quelle grandezze a queste connesse.

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.

La simulazione numerica è quella offerta dal metodo degli elementi finiti.

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;
- 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.



### 3. Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 12 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 18

Diametro : 0.02 m

Distanza dal bordo : 0.08 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.06 m

Diametro : 0.01 m

Lunghezza : 12 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.2 m

Sezione : Pali D1000

Area equivalente : 0.654498469497874 m

Inerzia equivalente : 0.0409 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 1.2 m

Diametro : 1 m

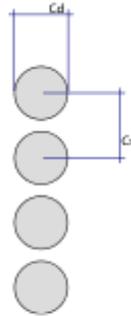
Efficacia : 1



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

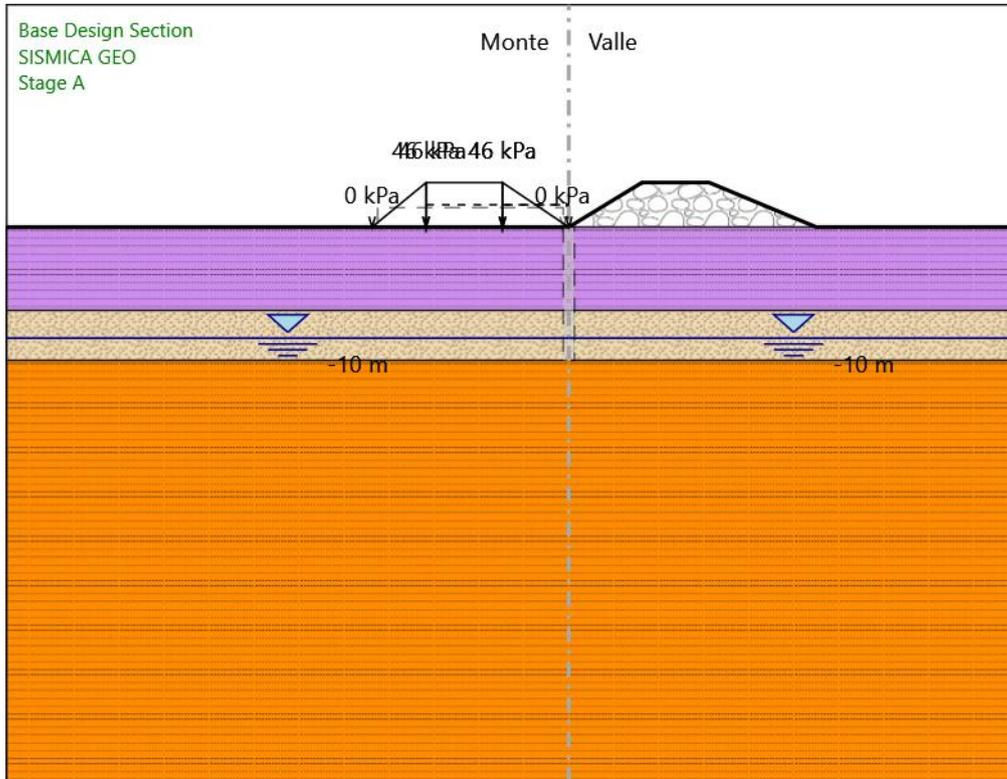
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	62 di 131



## 4. Fasi di Calcolo

### 4.1. Stage A



Stage A

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 (Irregolare)

(0;0)

(6.5;4)

(12.5;4)

(22;0)

(40;0)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -10 m

Falda di destra : -10 m



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	64 di 131

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.7 m

X finale : -5.9 m

Pressione iniziale : 46 kPa

Pressione finale : 46 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.9 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 46 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

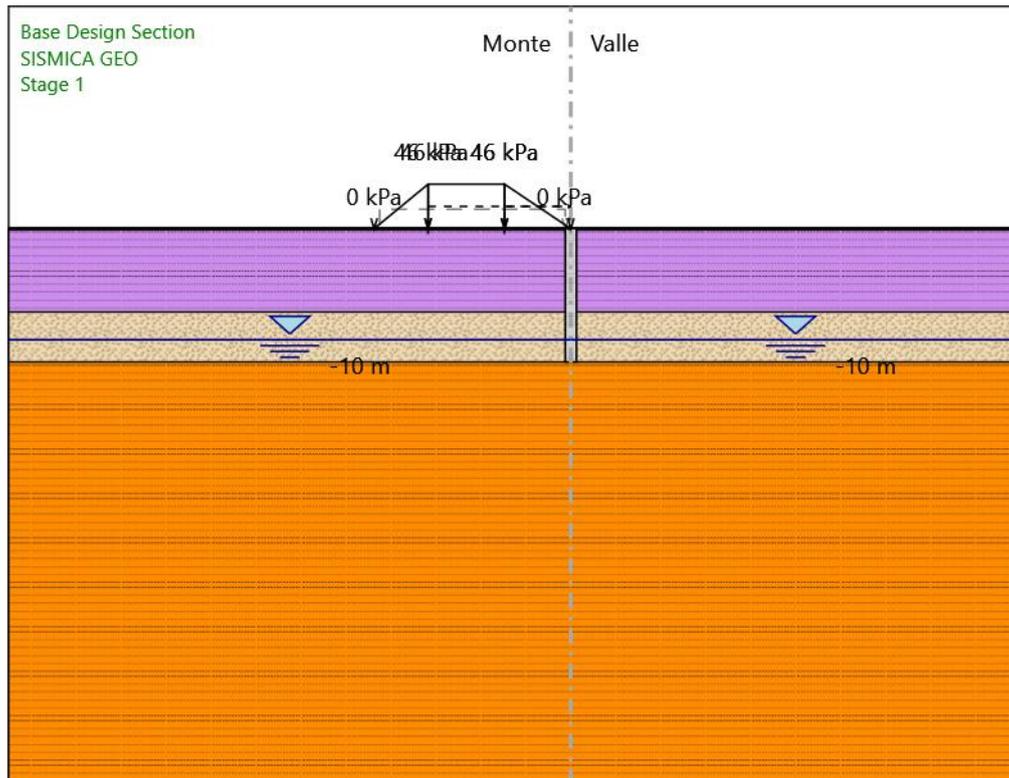
X iniziale : -17.5 m

X finale : -12.7 m

Pressione iniziale : 0 kPa

Pressione finale : 46 kPa

## 4.2. 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 : -10 m



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	66 di 131

Falda di destra : -10 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.7 m

X finale : -5.9 m

Pressione iniziale : 46 kPa

Pressione finale : 46 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.9 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 46 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -17.5 m

X finale : -12.7 m

Pressione iniziale : 0 kPa

Pressione finale : 46 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

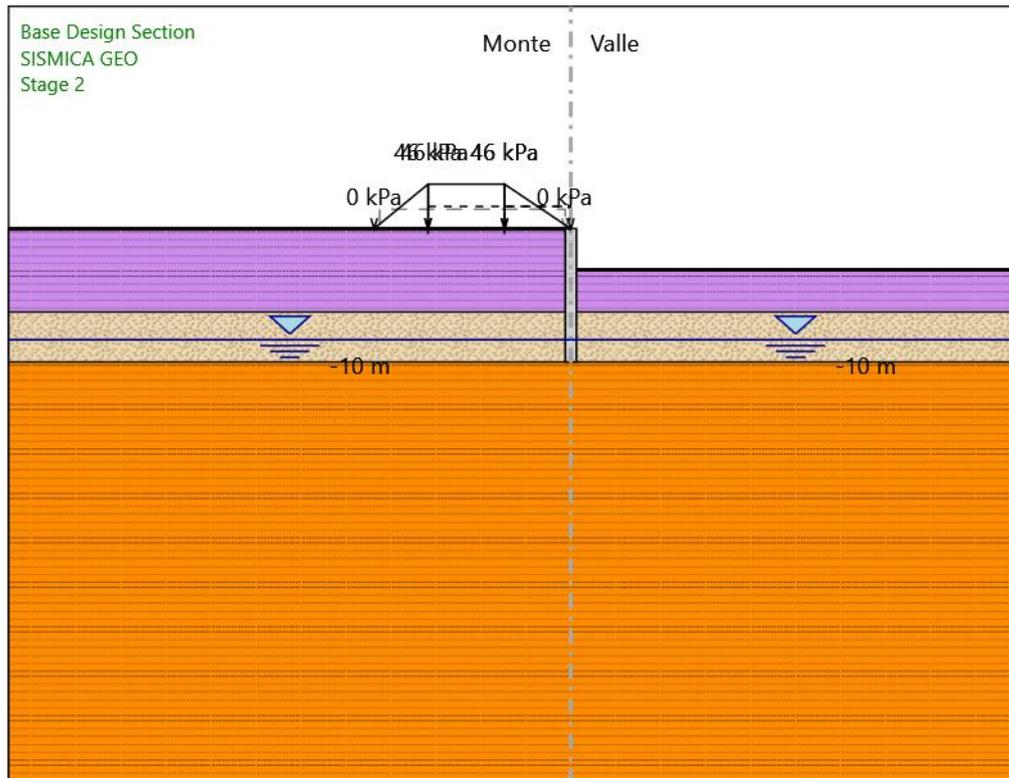
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : Pali D1000

### 4.3. Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3.7 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3.7 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -10 m



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	68 di 131

Falda di destra : -10 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.7 m

X finale : -5.9 m

Pressione iniziale : 46 kPa

Pressione finale : 46 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.9 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 46 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -17.5 m

X finale : -12.7 m

Pressione iniziale : 0 kPa

Pressione finale : 46 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

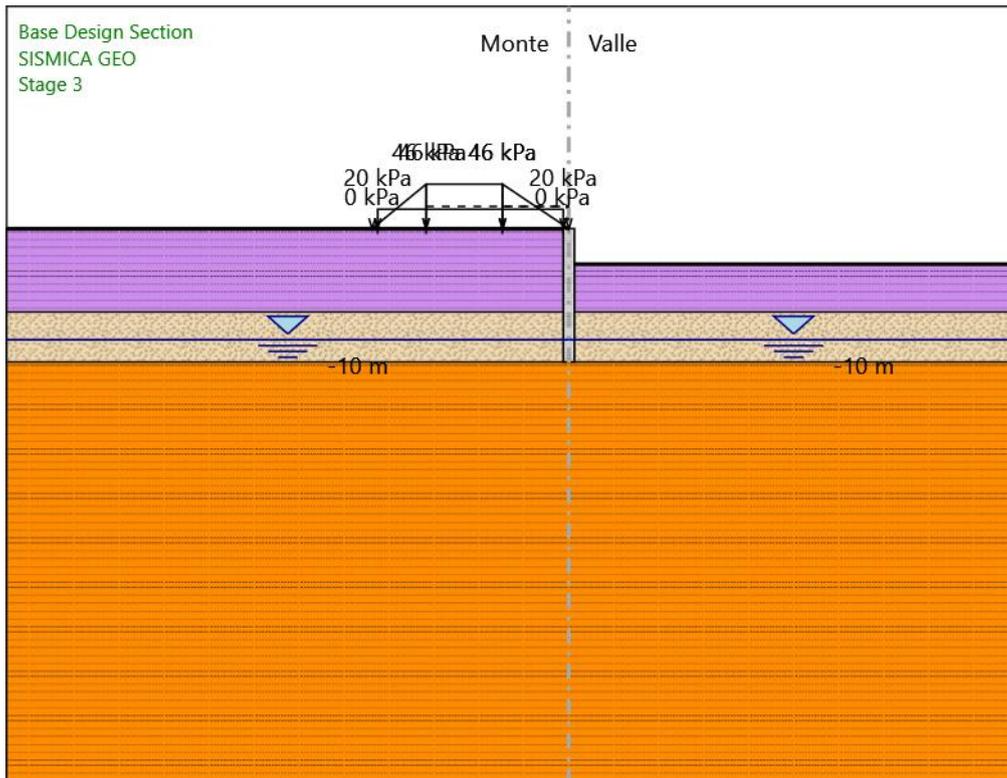
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : Pali D1000

## 4.4. Stage 3



Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3.2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3.2 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -10 m



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	70 di 131

Falda di destra : -10 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.7 m

X finale : -5.9 m

Pressione iniziale : 46 kPa

Pressione finale : 46 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.9 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 46 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -17.5 m

X finale : -12.7 m

Pressione iniziale : 0 kPa

Pressione finale : 46 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -17 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

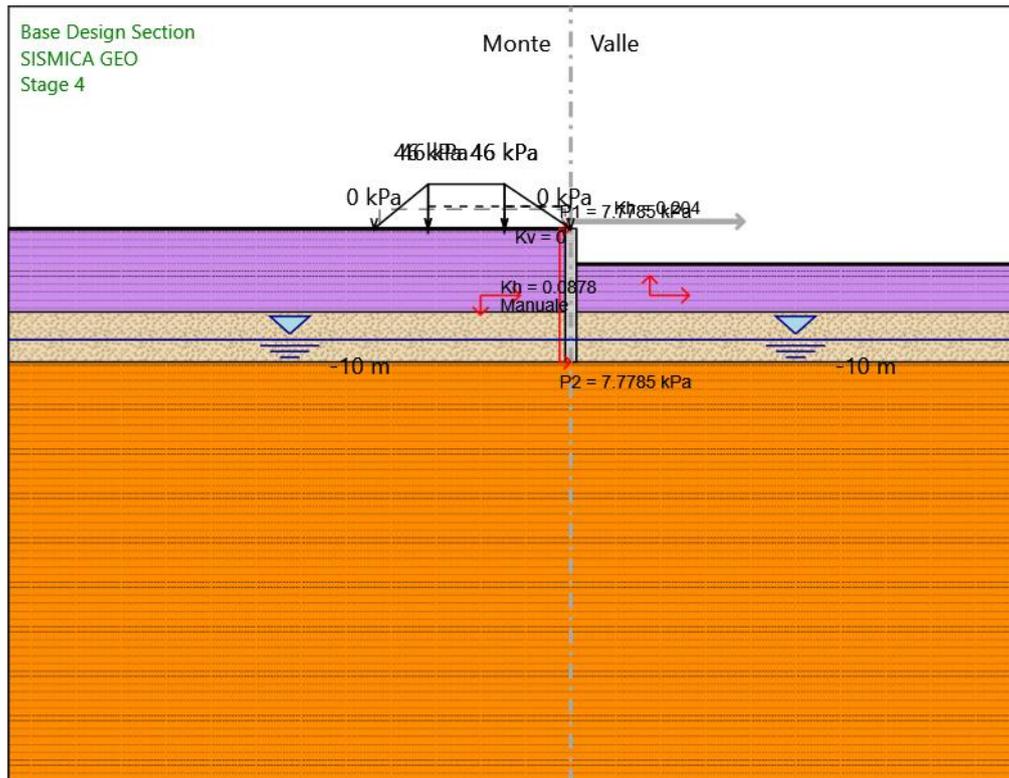
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : Pali D1000

## 4.5. Stage 4



Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3.2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3.2 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -10 m



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	72 di 131

Falda di destra : -10 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12.7 m

X finale : -5.9 m

Pressione iniziale : 46 kPa

Pressione finale : 46 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.9 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 46 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -17.5 m

X finale : -12.7 m

Pressione iniziale : 0 kPa

Pressione finale : 46 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : Pali D1000

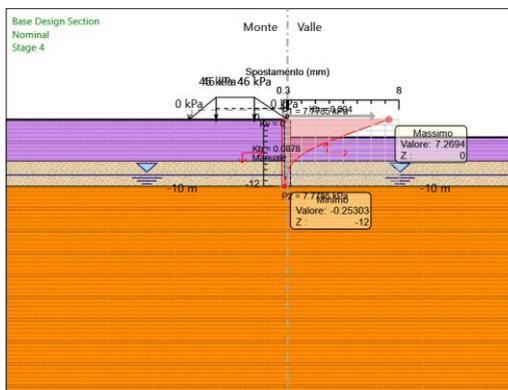
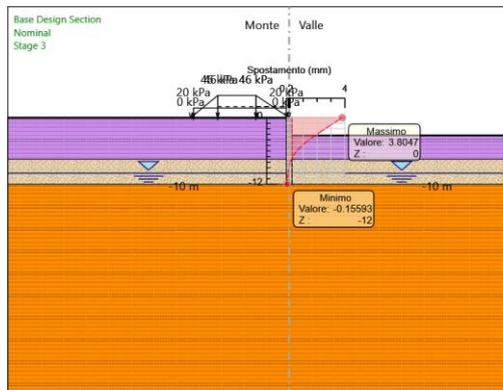
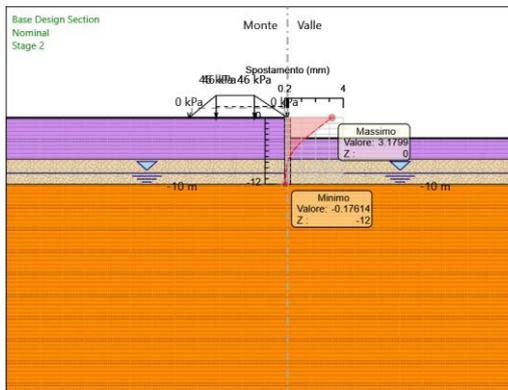
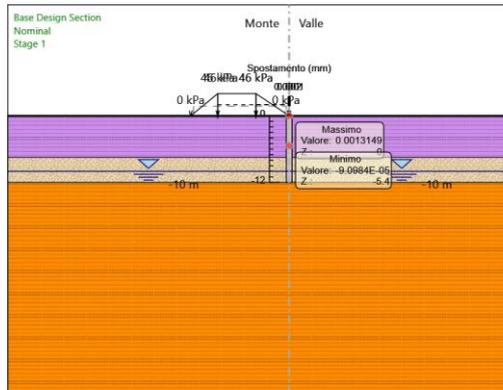
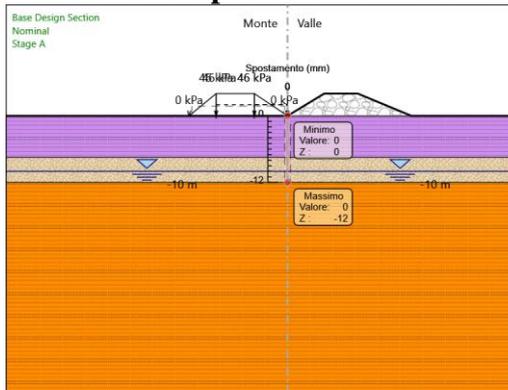
#### 4.6. Tabella Configurazione Stage (Nominal)



## 5. Grafici dei Risultati

### 5.1. Design Assumption : Nominal

#### 5.1.1. Grafici Spostamento in tabella





**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

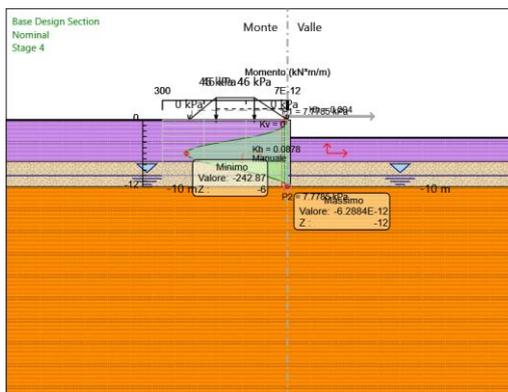
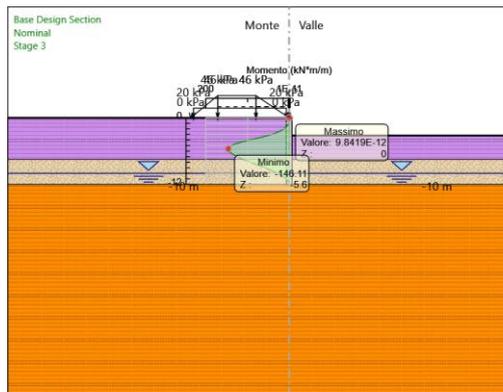
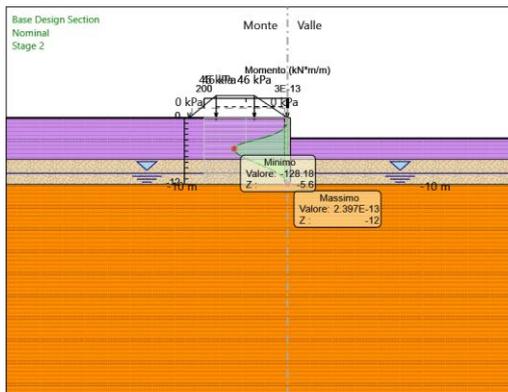
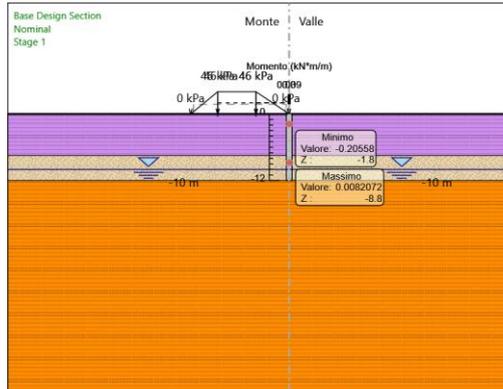
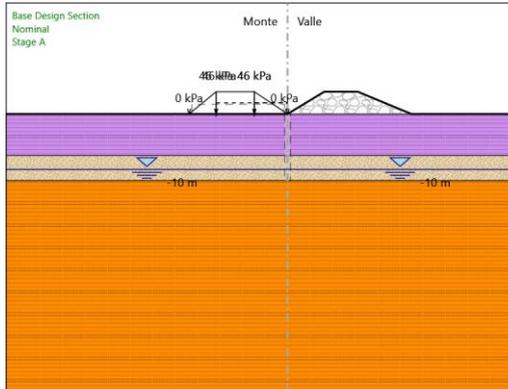
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	75 di 131

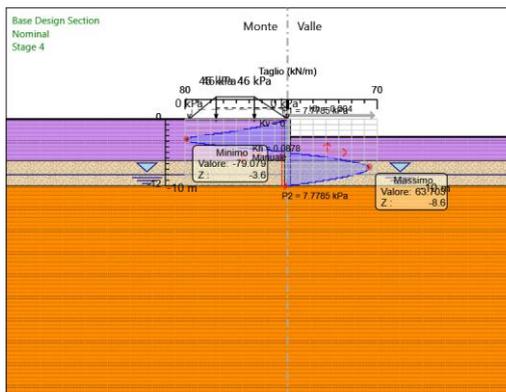
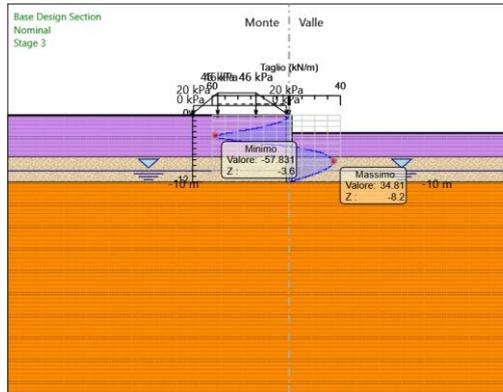
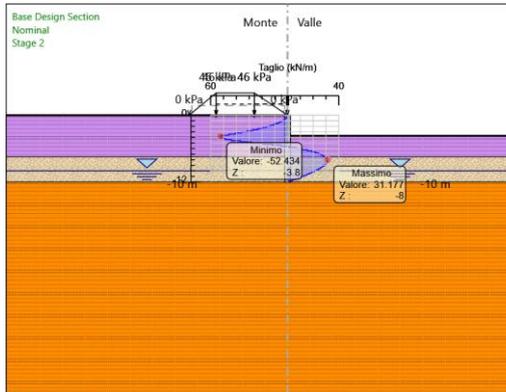
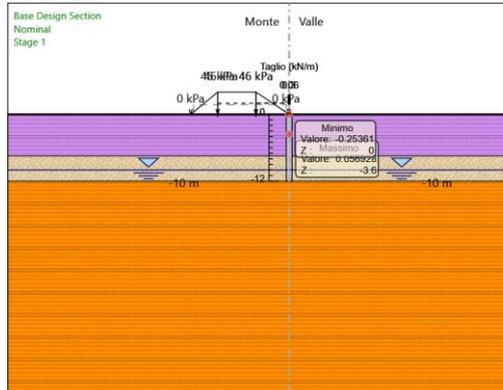
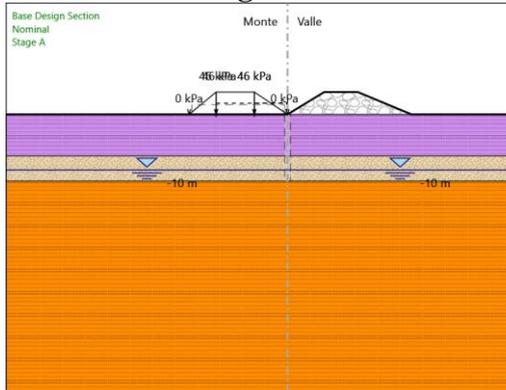
## 5.2. Involuppi Spostamento Nominal

## 5.3. Risultati Paratia

### 5.3.1. Grafico Momento Nominal



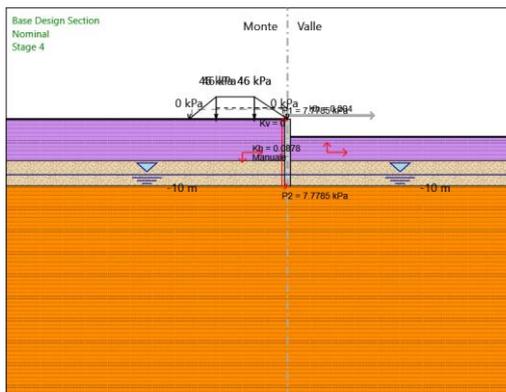
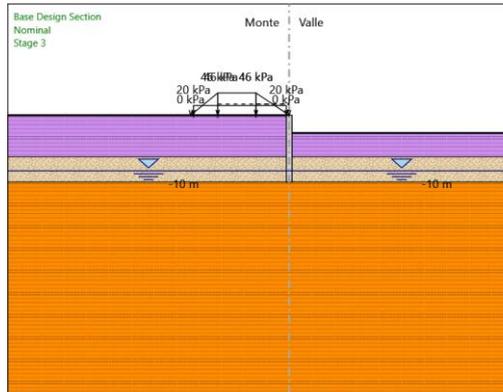
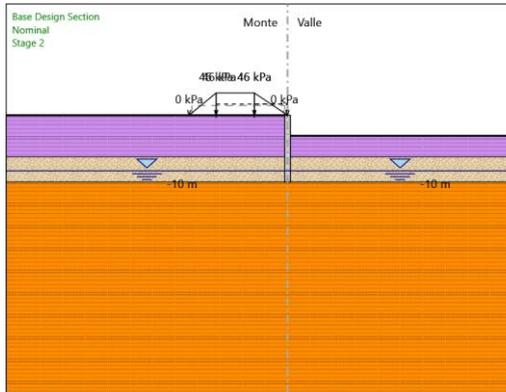
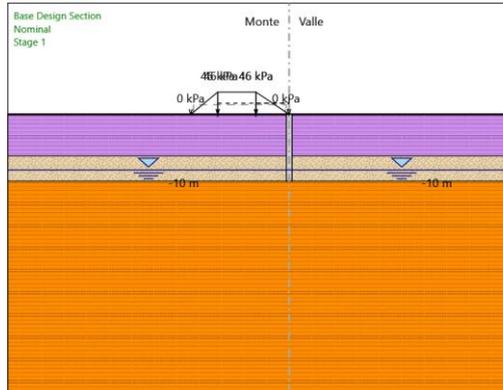
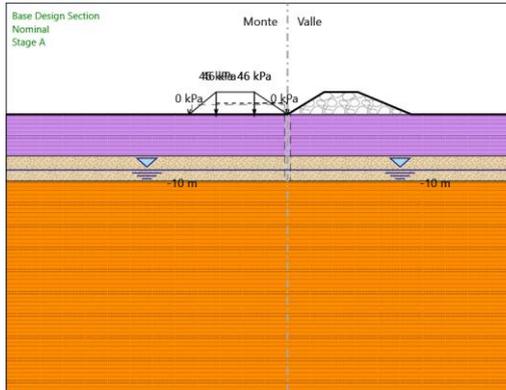
### 5.3.2. Grafico Taglio Nominal



NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	78 di 131

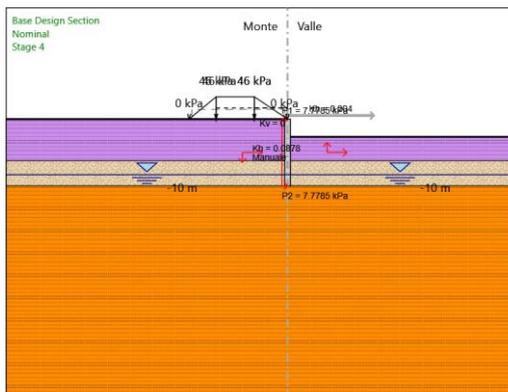
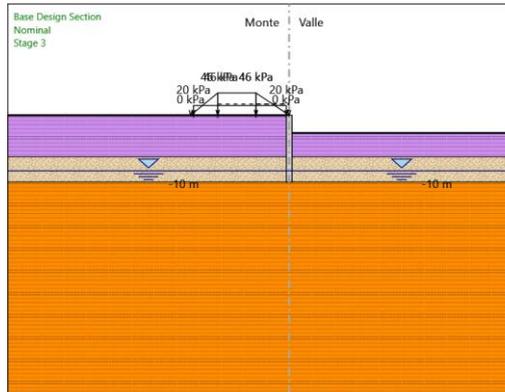
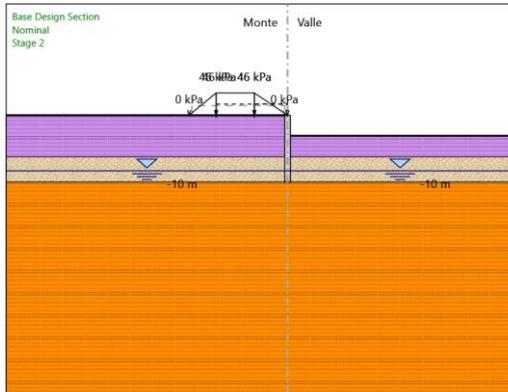
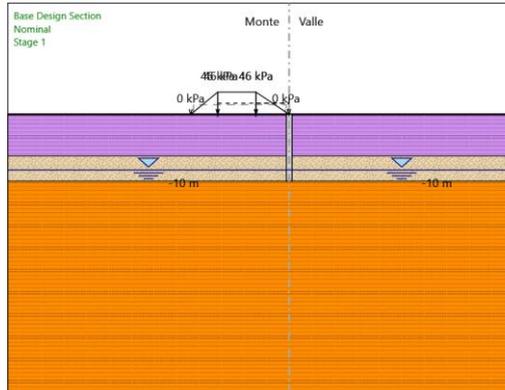
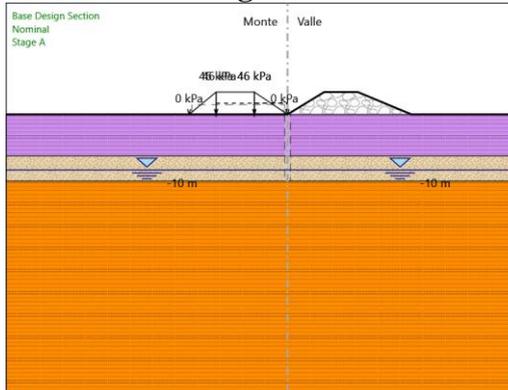
### 5.3.3. Grafico Momento Nominal



NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	79 di 131

### 5.3.4. Grafico Taglio Nominal





**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	80 di 131

## 5.4. Involuppi Risultati Paratia Nominal



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	81 di 131

## 5.5. Risultati Terreno

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	82 di 131

## 5.6. Grafico Risultati Terreno Sigma V



## 5.7. Grafico Risultati Terreno Sigma H





## 5.9. Grafico Risultati Terreno Gradiente idraulico



NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	86 di 131

## 5.10. Grafico Risultati Terreno U\* terreno



## 5.10. Riepilogo spinte

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Muro:	LEFT	Lato	LEFT		
Nominal	Riepilogo spinte						
Stage	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
Stage A	794.6	20	814.6	418.3	8475.3	9.38%	1.9
Stage 1	794.6	20	814.6	418.3	8475.3	9.38%	1.9
Stage 2	656.3	20	676.3	418.3	8475.3	7.74%	1.57
Stage 3	683.7	20	703.7	459.5	9088.2	7.52%	1.49
Stage 4	632.5	20	652.5	492.2	5216.2	12.13%	1.29

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Muro:	LEFT	Lato	RIGHT		
Nominal	Riepilogo spinte						
Stage	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
Stage A	794.6	20	814.6	711.6	9700.6	8.19%	1.12
Stage 1	794.6	20	814.6	349.3	7427.8	10.7%	2.27
Stage 2	656.3	20	676.3	145.8	3960.4	16.57%	4.5
Stage 3	683.7	20	703.7	167.3	4383.8	15.6%	4.09
Stage 4	743.1	20	763.1	166.8	3957.8	18.78%	4.46

## 6. Descrizione Coefficienti Design Assumption

### Coefficienti A

Nome	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carico	Pressio	Pressio	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi
	Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Sismico (F_seism_load)	ni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	ni Acqua Valle (F_WaterRes)	Permane nti Destabili zzanti (F_UPL_GDStab)	Perman enti Stabilizz anti (F_UPL_GDStab)	Variabili Destabiliz zanti (F_UPL_QDStab)	Permane nti Destabiliz zanti (F_HYD_GDStab)	Permane nti Stabilizz anti (F_HYD_GDStab)	Variabili Destabiliz zanti (F_HYD_QDStab)
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
SLE	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
(Rara/Frequente/Quasi Permanente)													
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.35	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
A2+M2+R1	1	1	1.15	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

### Coefficienti M

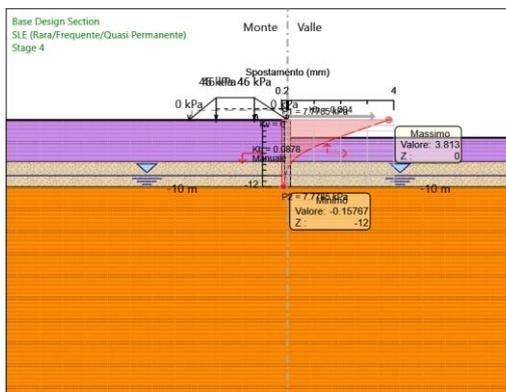
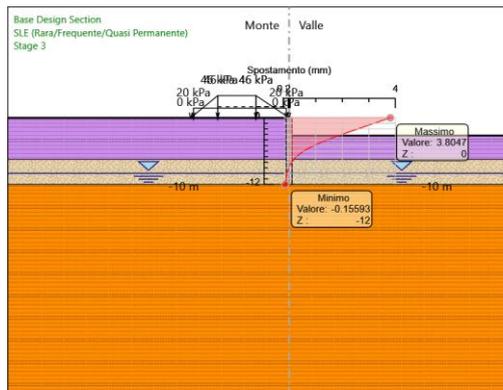
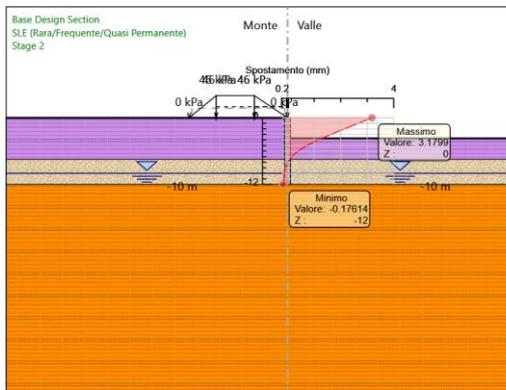
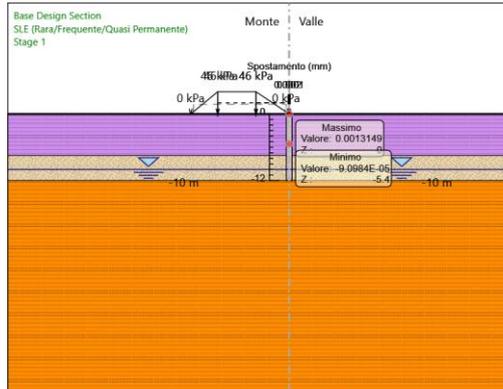
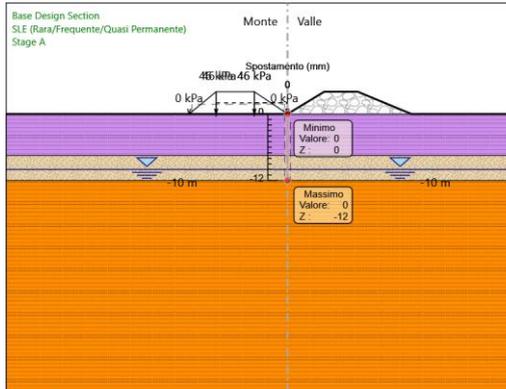
Nome	Parziale su $\tan(\phi)$	Parziale su c'	Parziale su Su	Parziale su qu	Parziale su peso specifico
	(F_Fr)	(F_eff_cohe)	(F_Su)	(F_qu)	(F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3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

### Coefficienti R

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

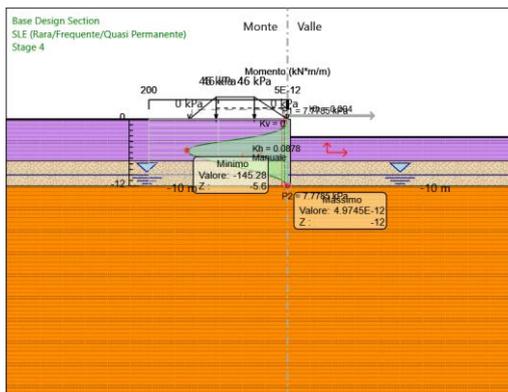
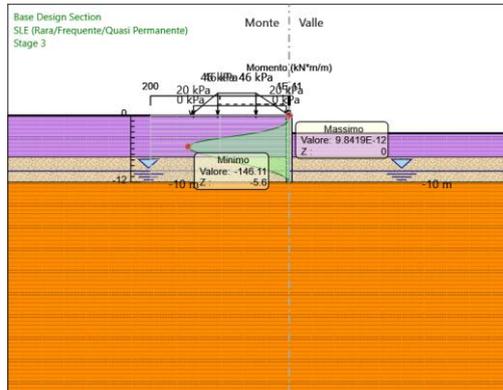
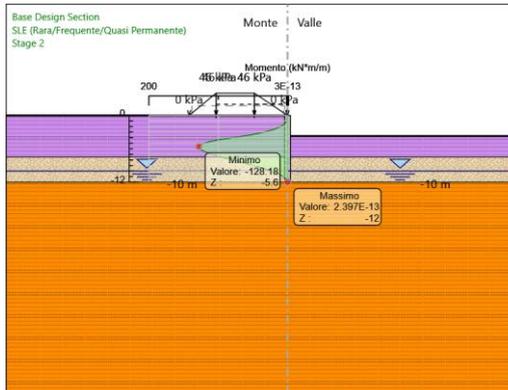
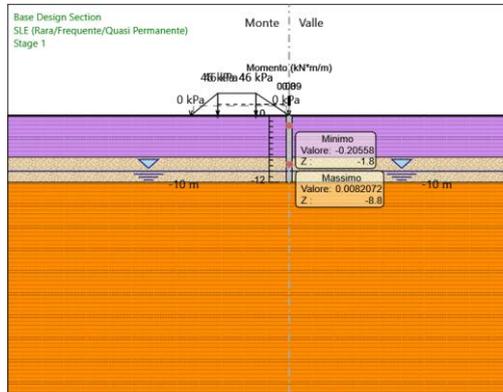
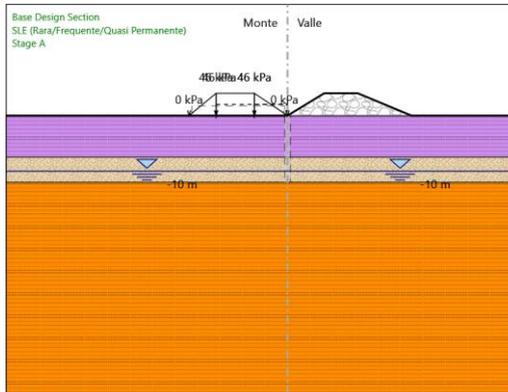
## 6.1. Risultati SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

### 6.1.1. Tabella Grafici dei Risultati



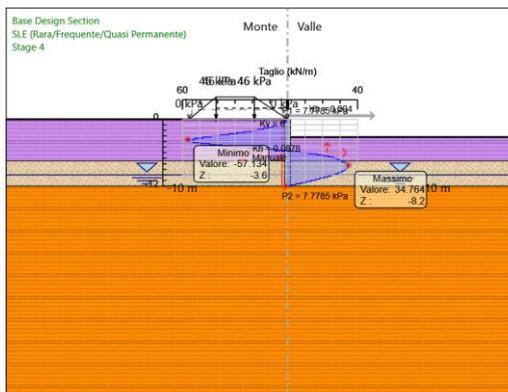
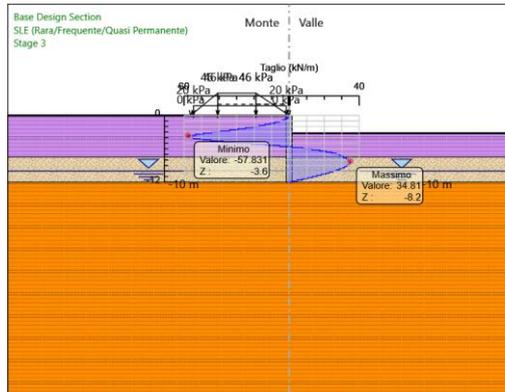
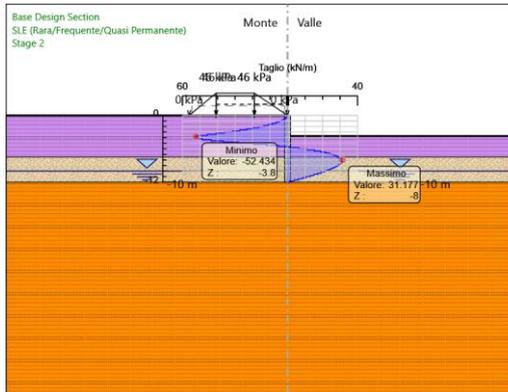
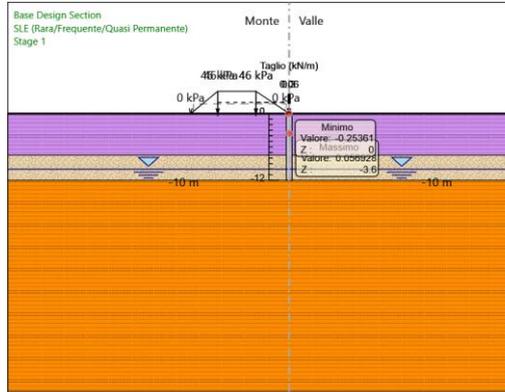
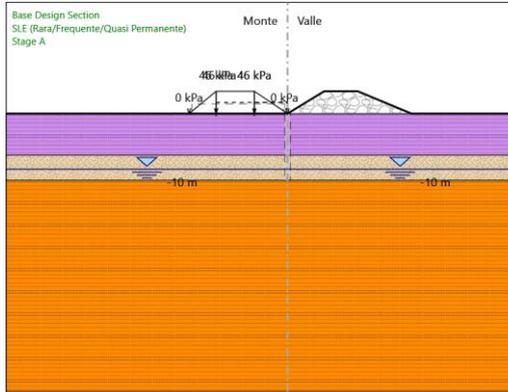
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	90 di 131



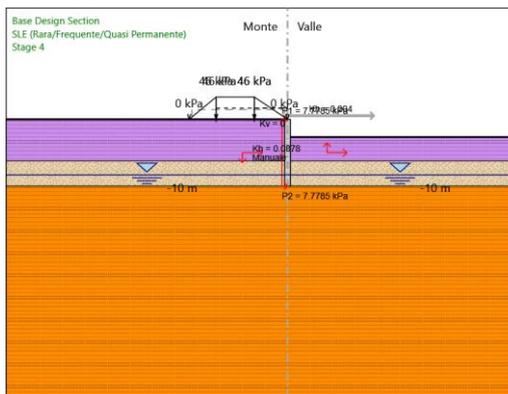
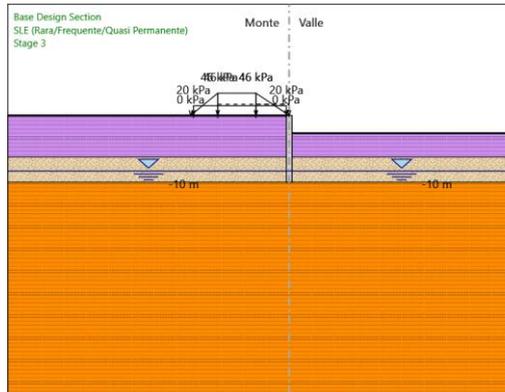
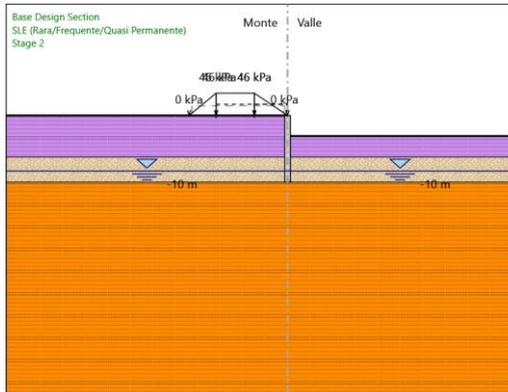
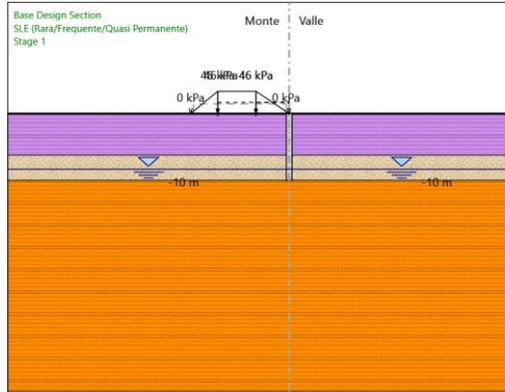
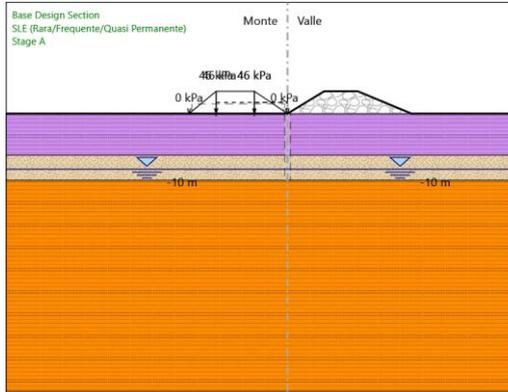
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	91 di 131



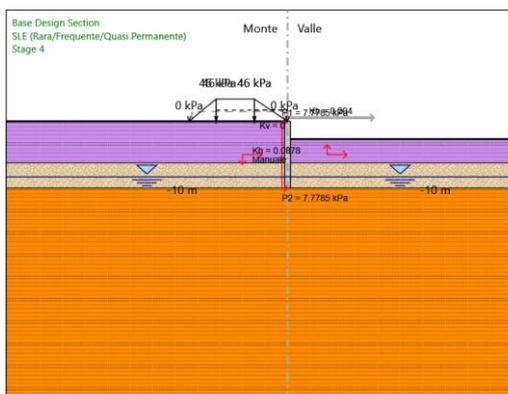
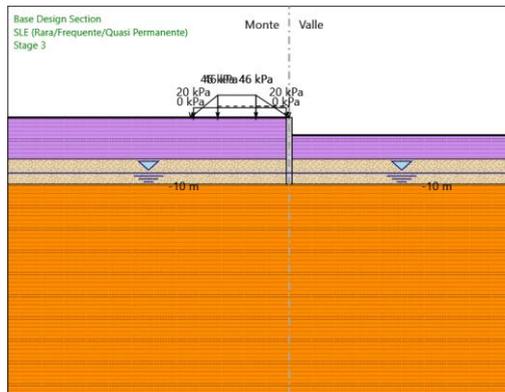
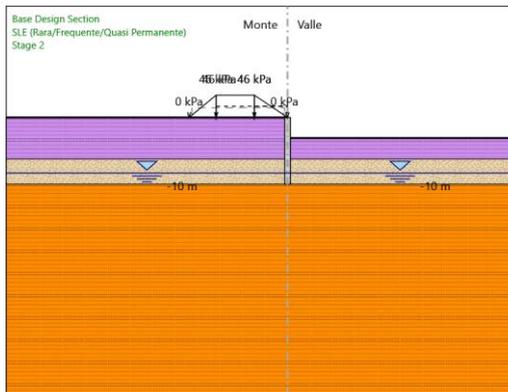
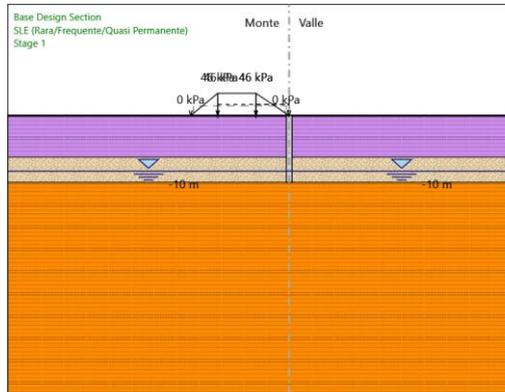
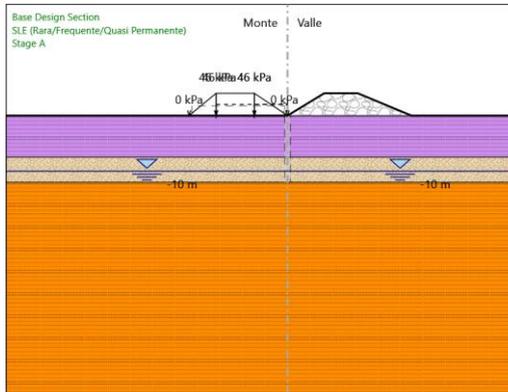
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	92 di 131



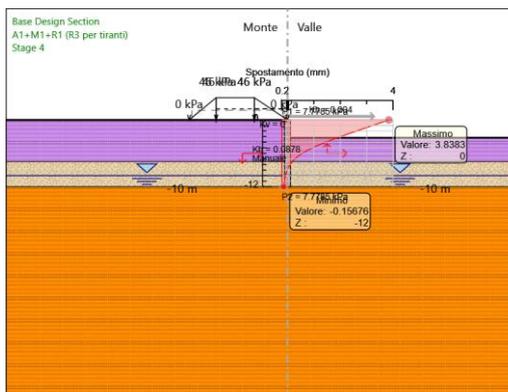
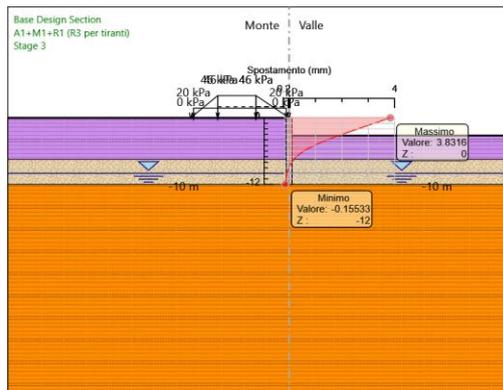
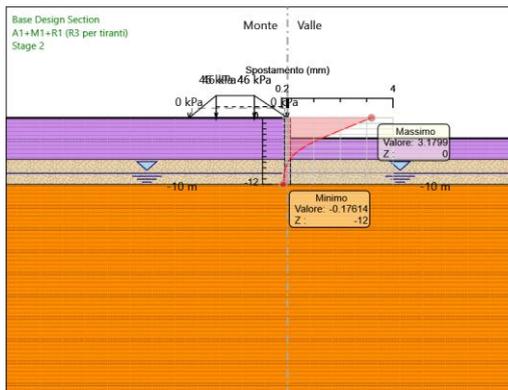
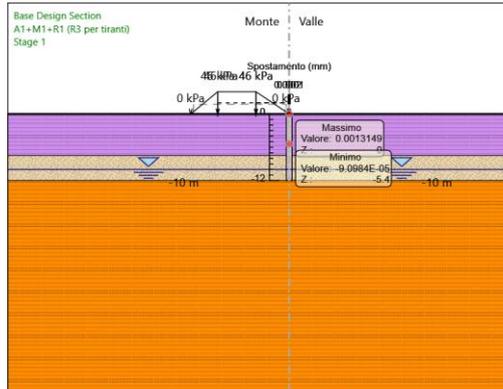
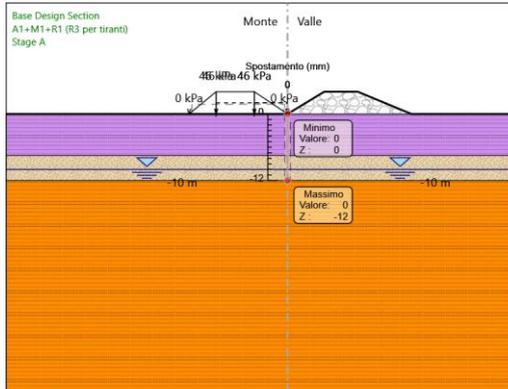
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	93 di 131



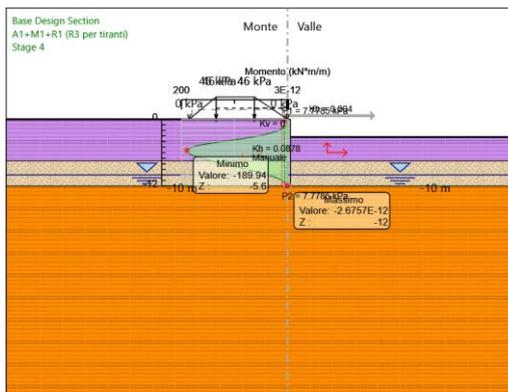
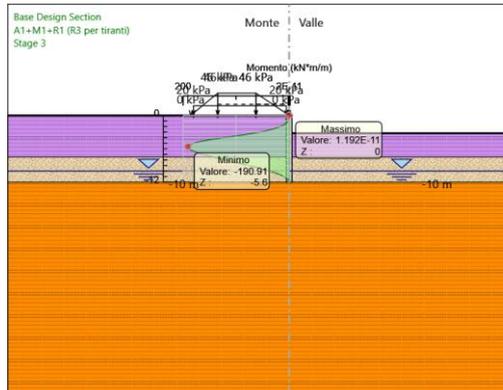
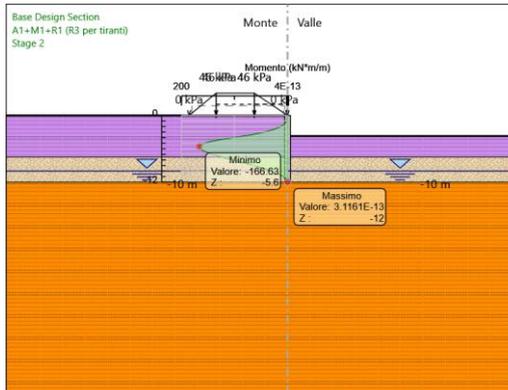
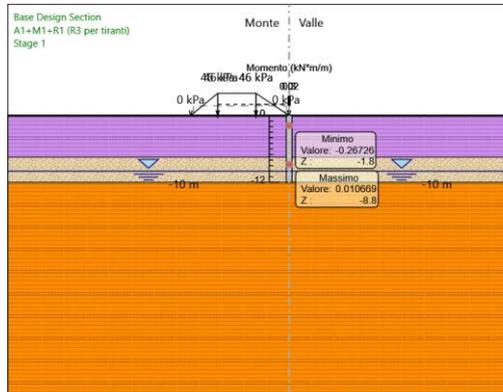
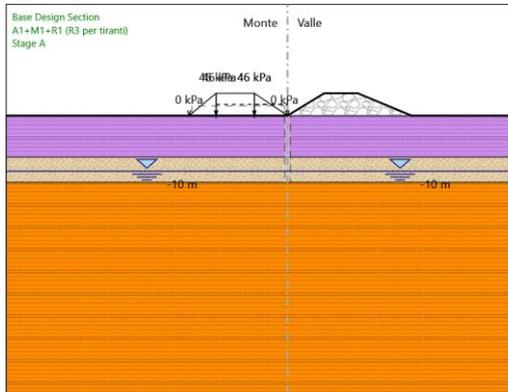
## 6.2. Risultati A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

### 6.2.1. Tabella Grafici dei Risultati



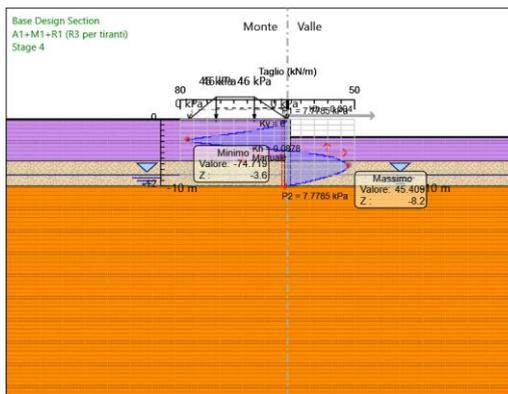
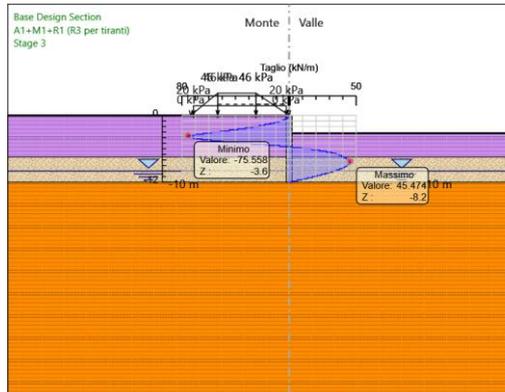
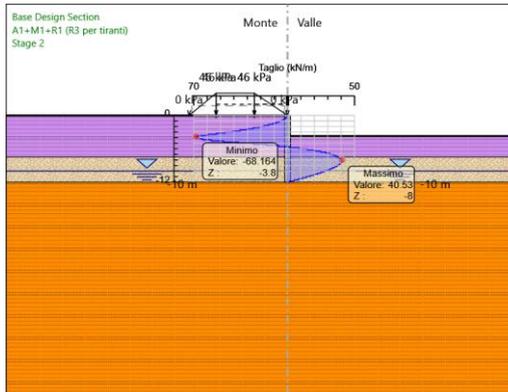
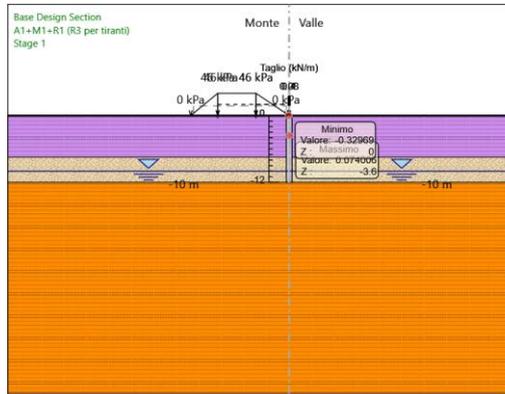
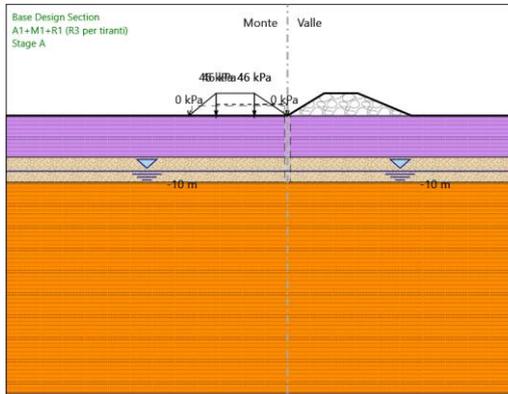
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	95 di 131



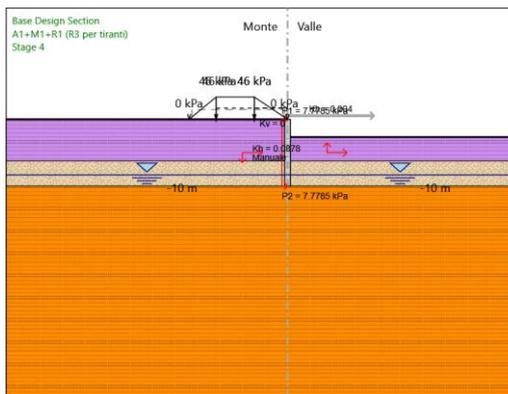
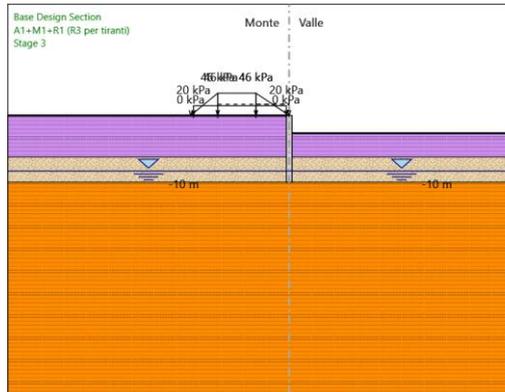
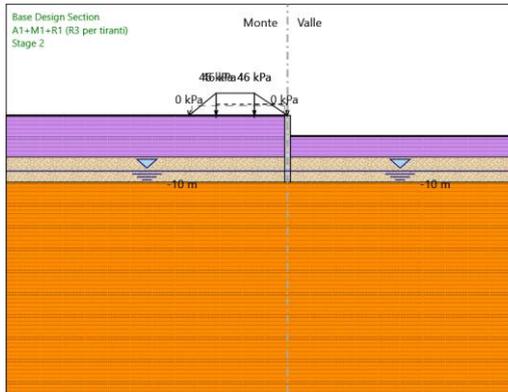
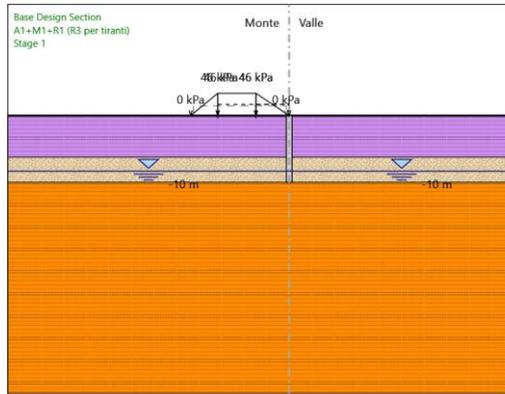
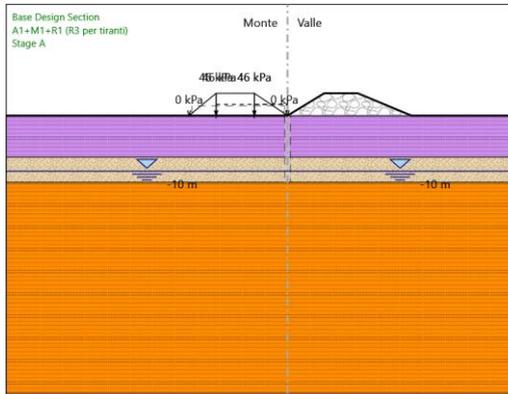
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	96 di 131



NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

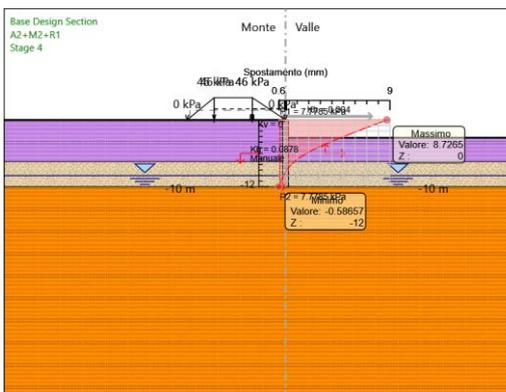
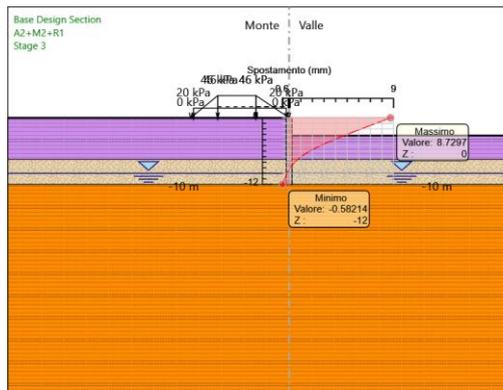
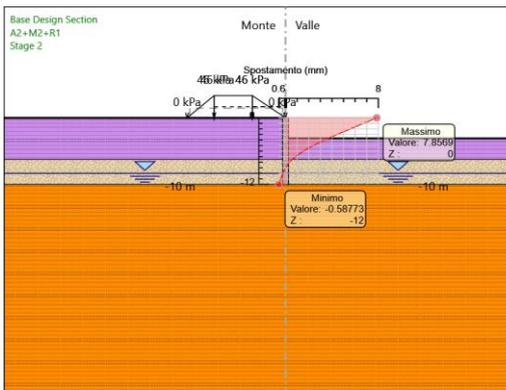
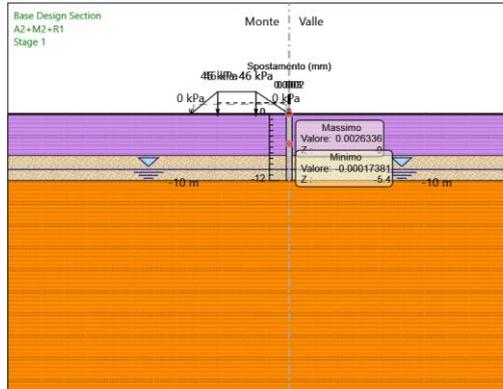
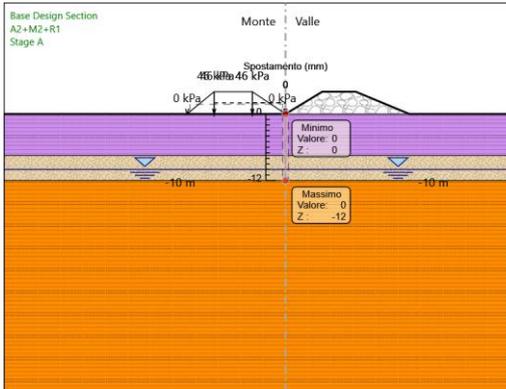
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	97 di 131





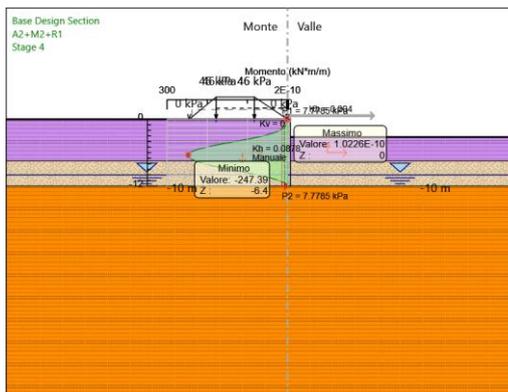
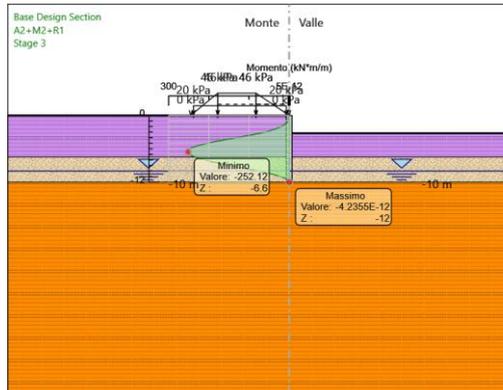
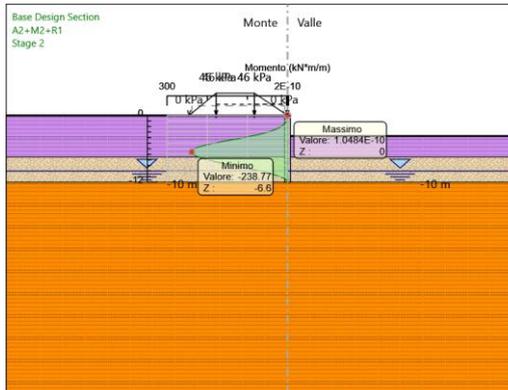
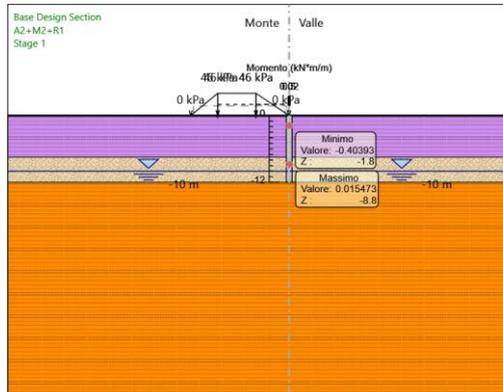
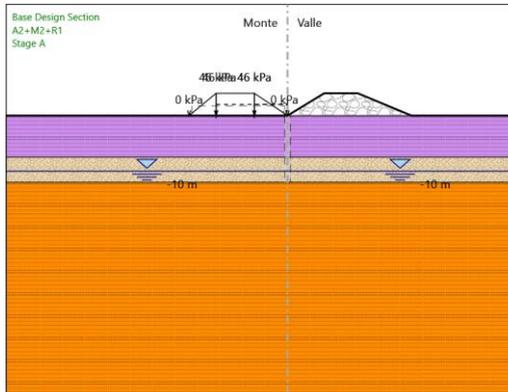
## 6.3. Risultati A2+M2+R1

### 6.3.1. Tabella Grafici dei Risultati



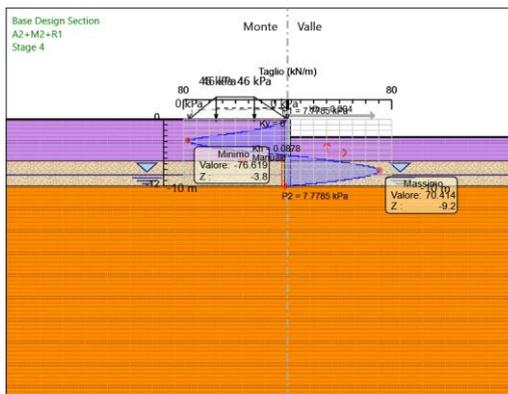
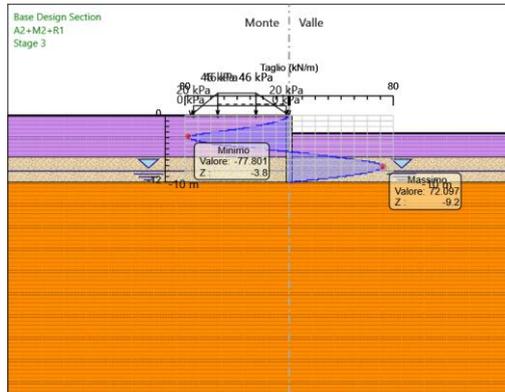
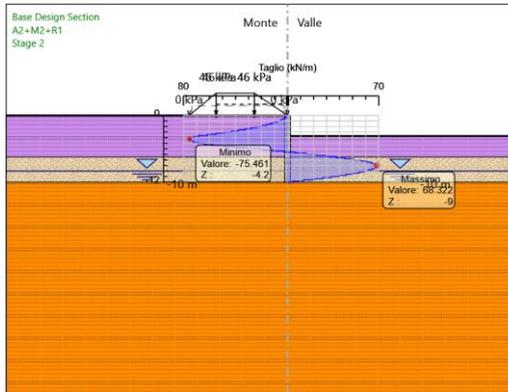
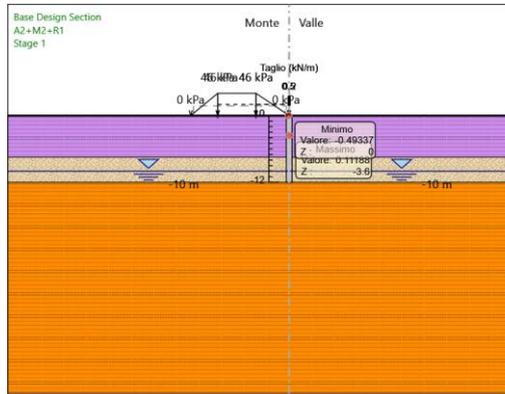
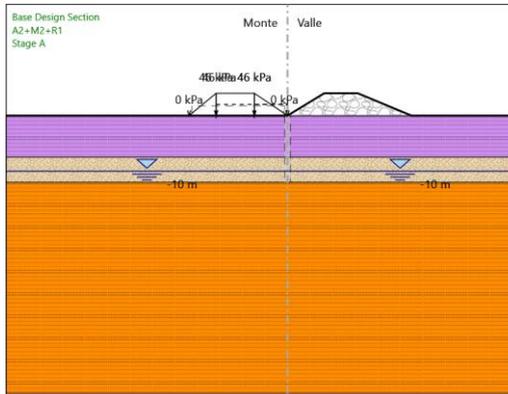
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	100 di 131



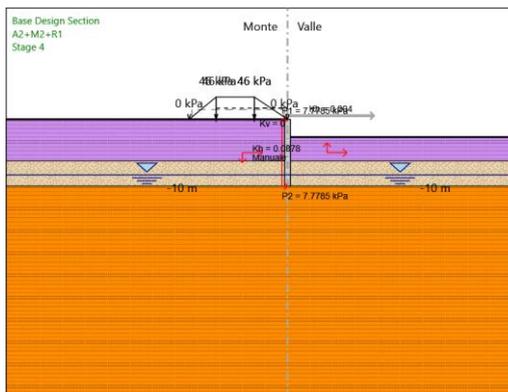
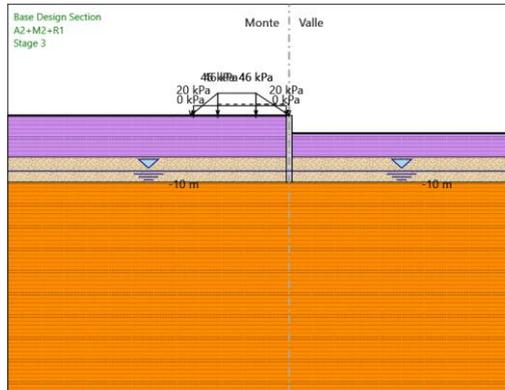
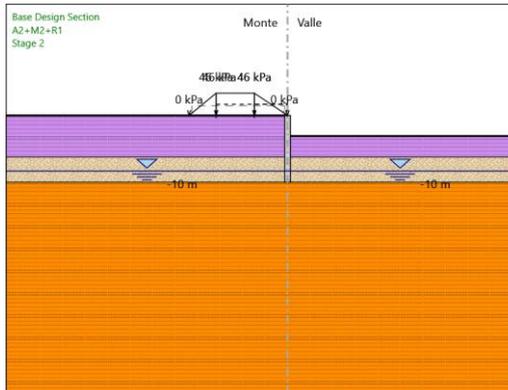
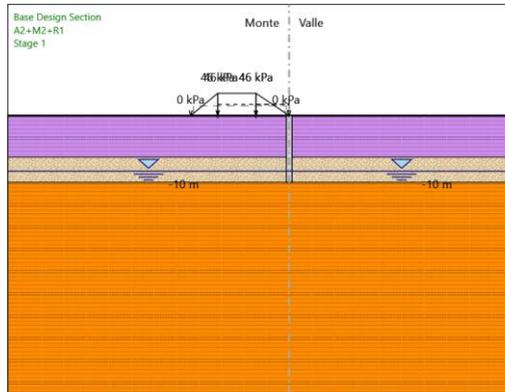
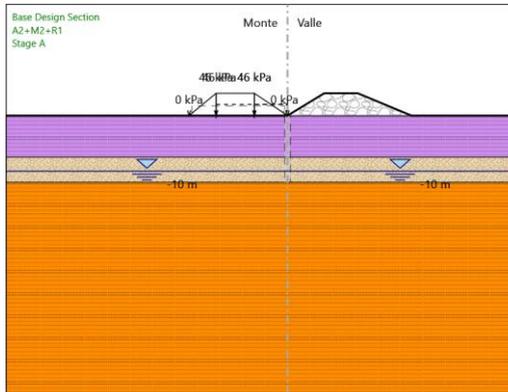
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	101 di 131



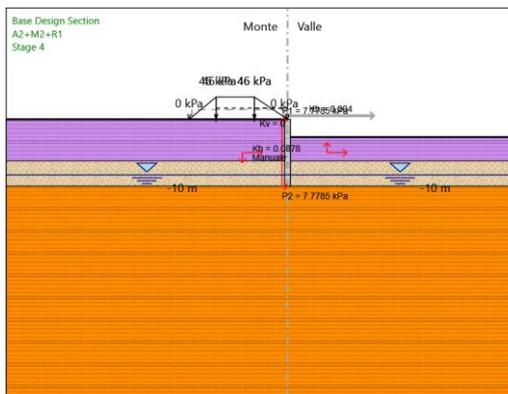
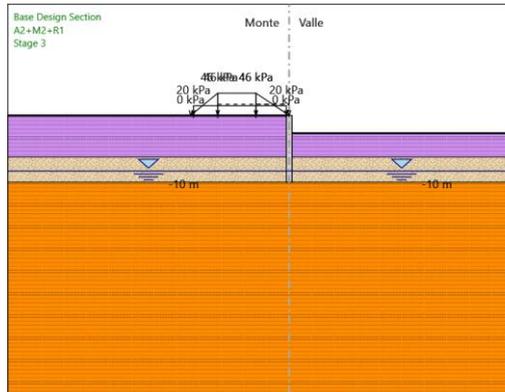
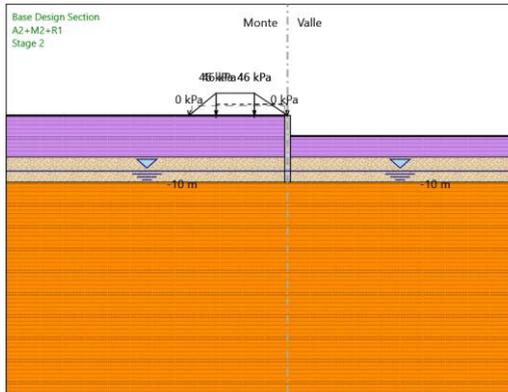
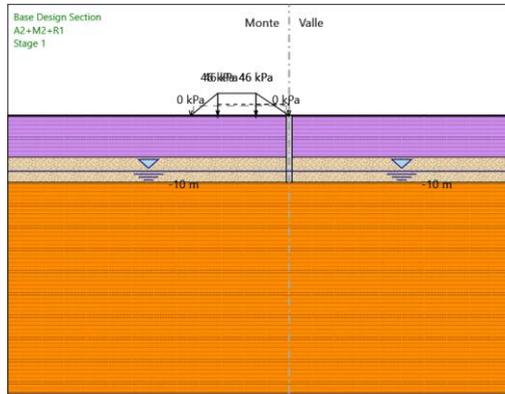
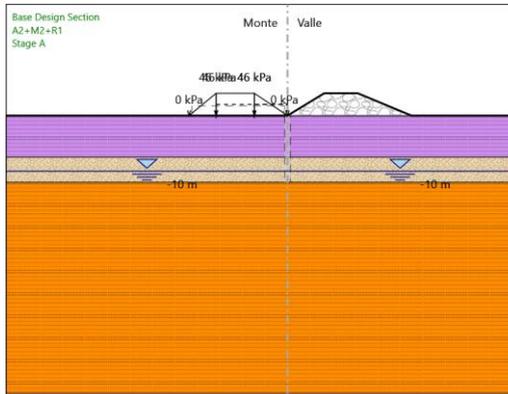
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	102 di 131



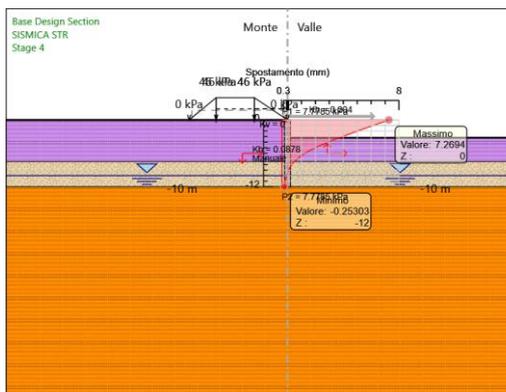
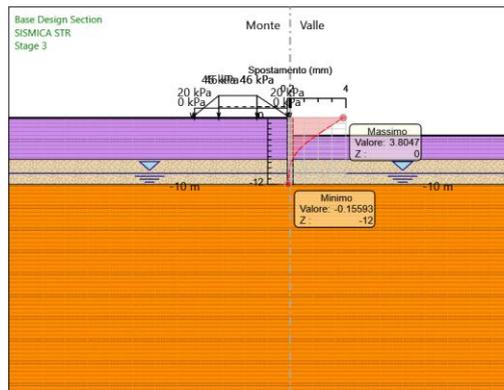
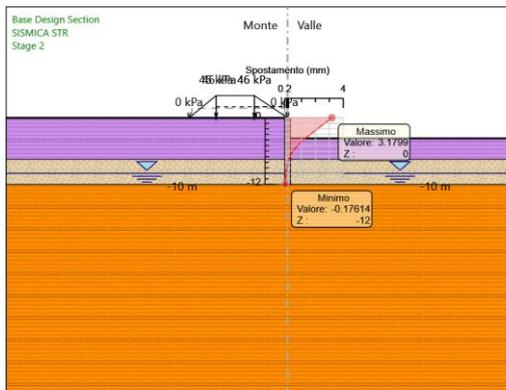
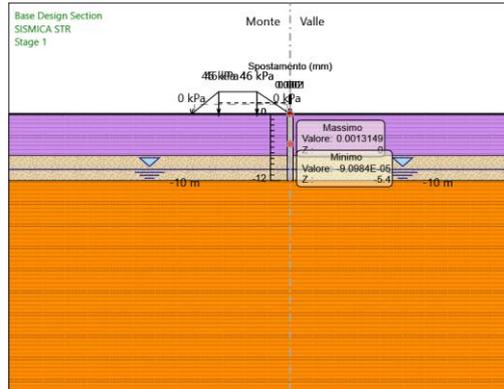
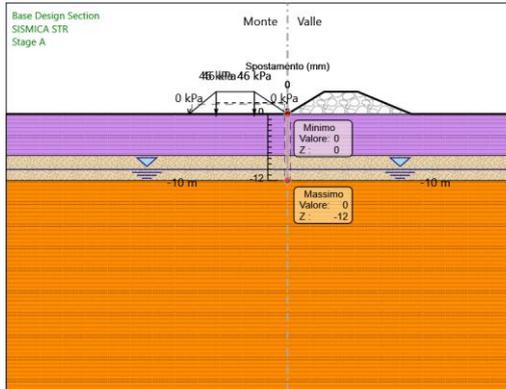
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	103 di 131



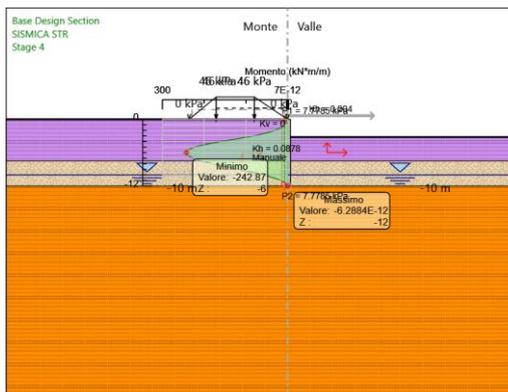
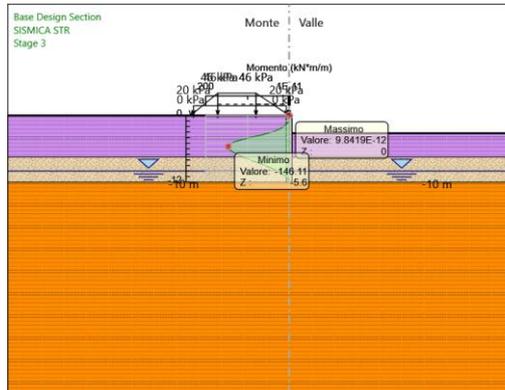
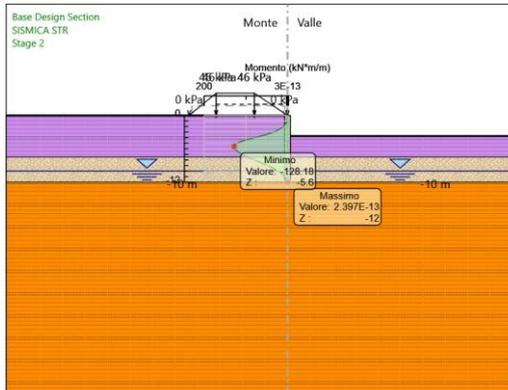
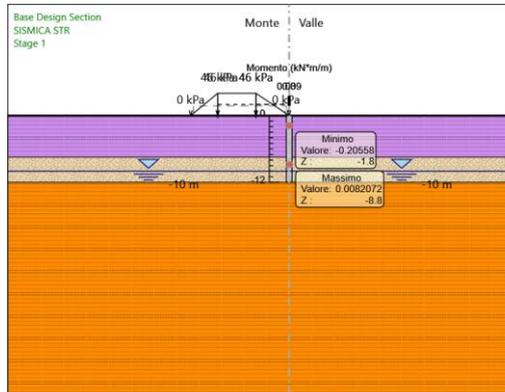
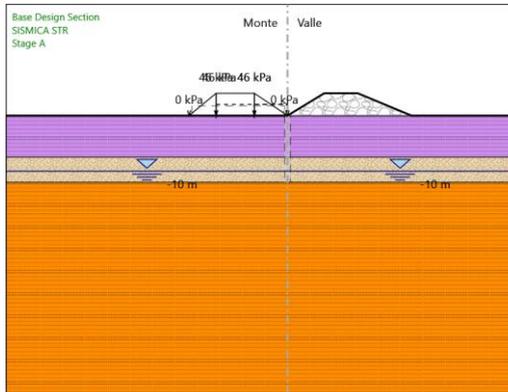
## 6.4. Risultati SISMICA STR

### 6.4.1. Tabella Grafici dei Risultati



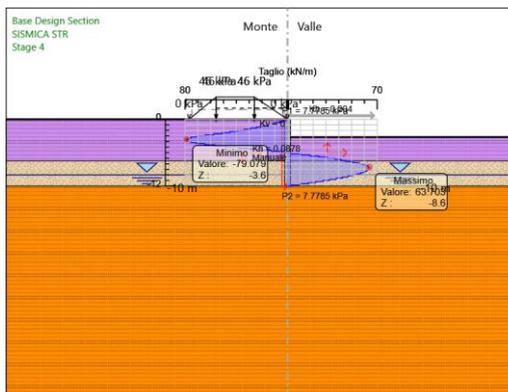
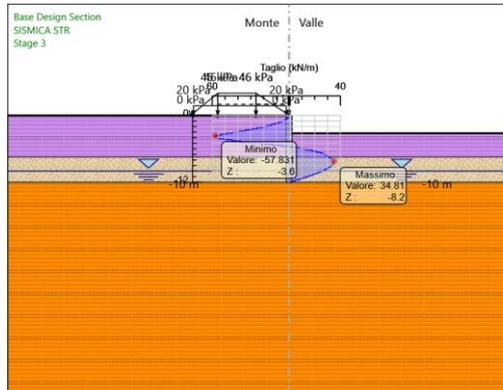
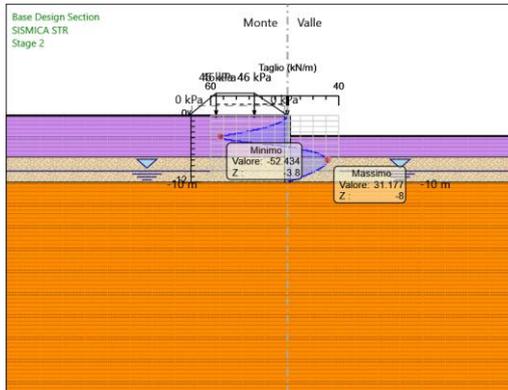
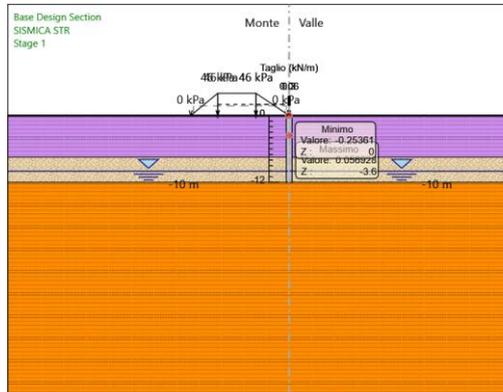
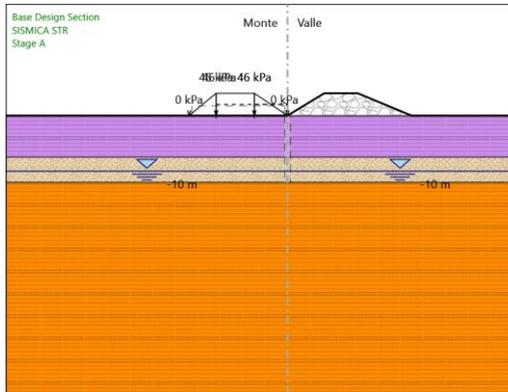
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	105 di 131



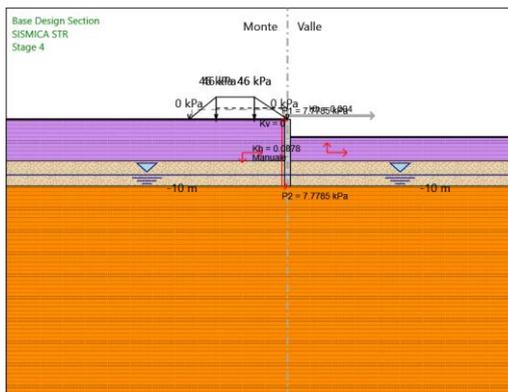
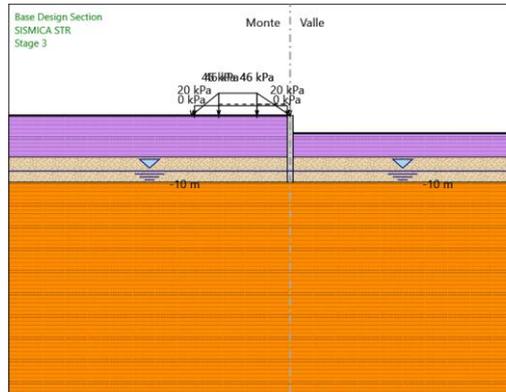
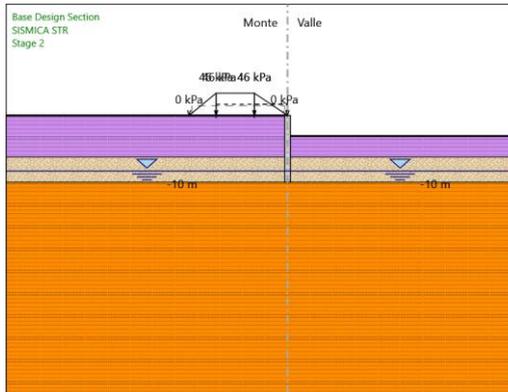
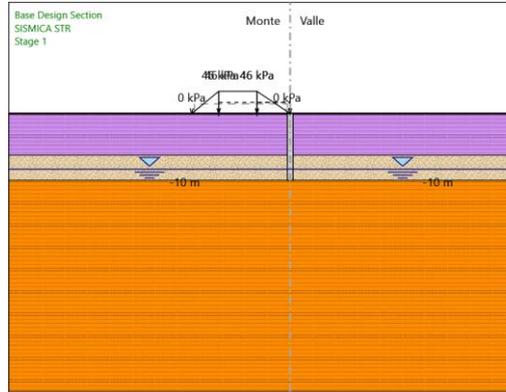
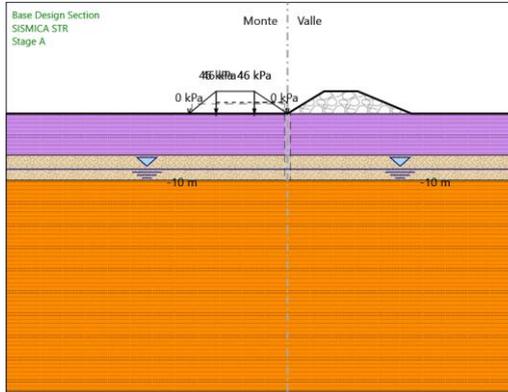
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	106 di 131



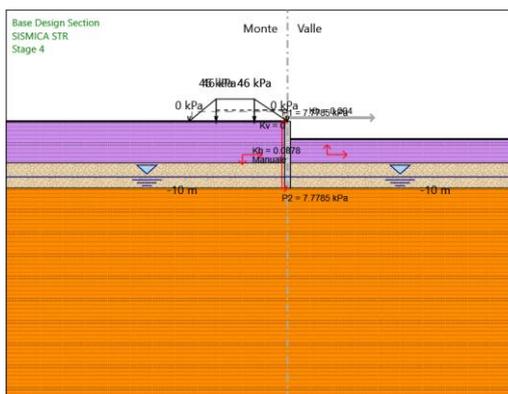
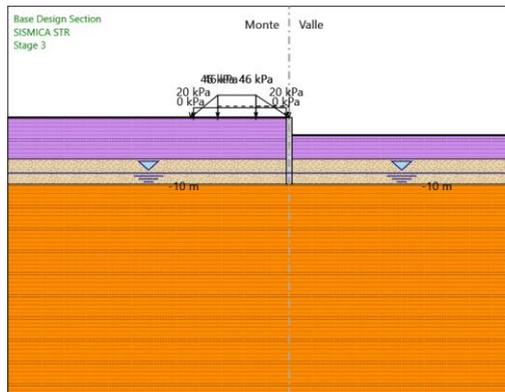
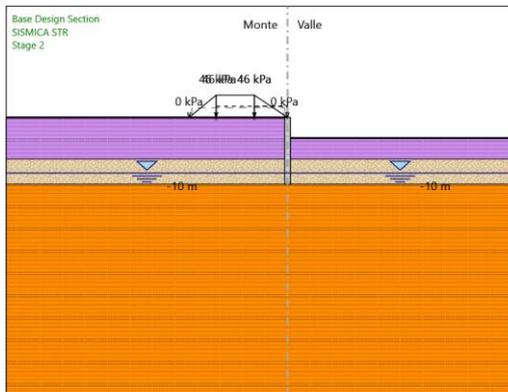
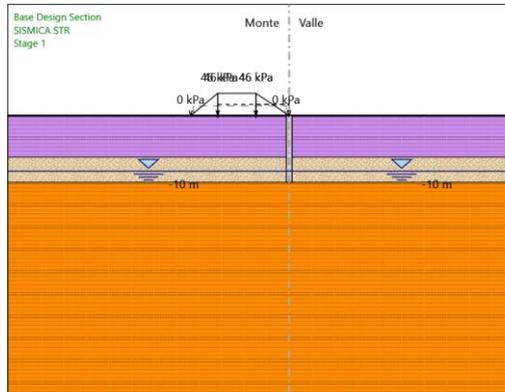
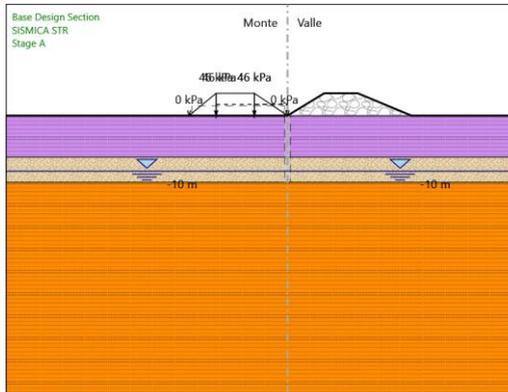
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	107 di 131



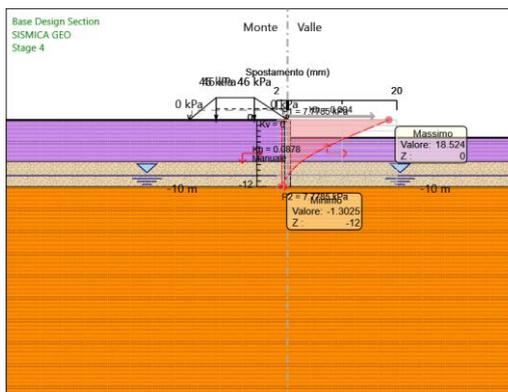
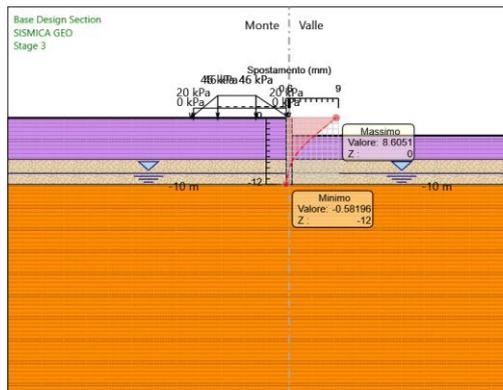
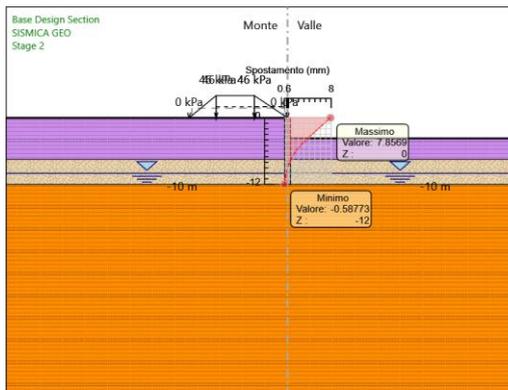
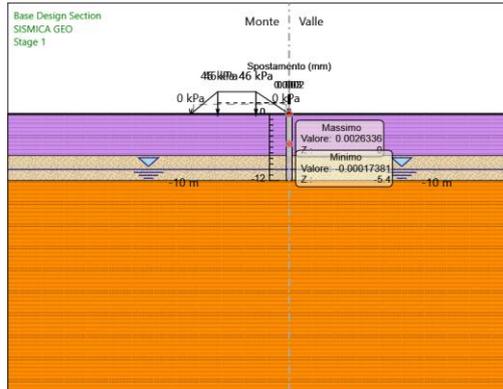
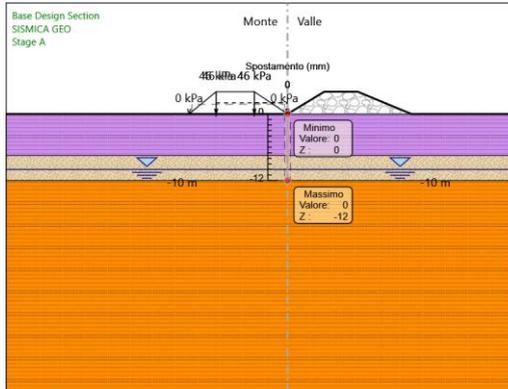
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	108 di 131



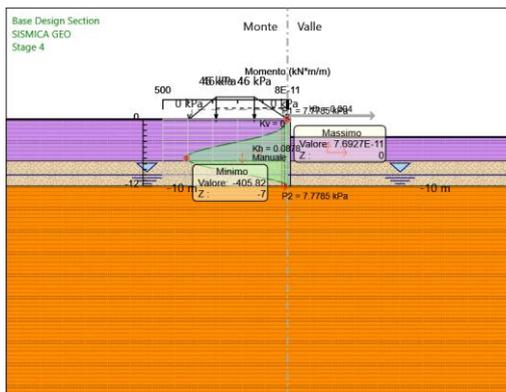
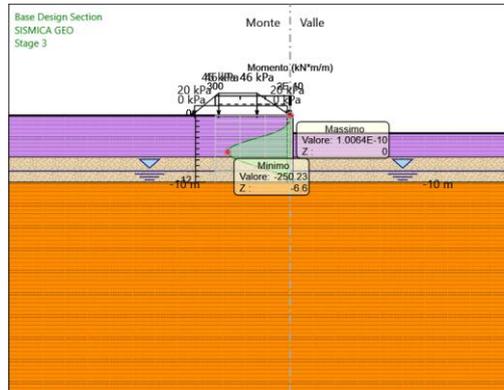
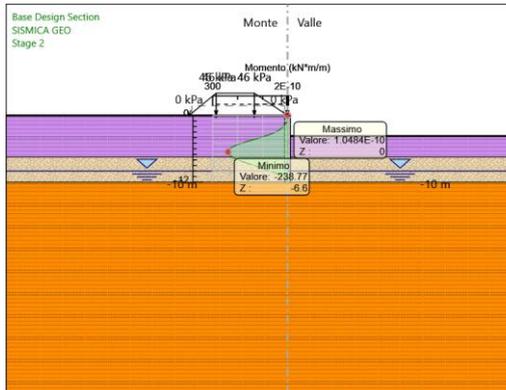
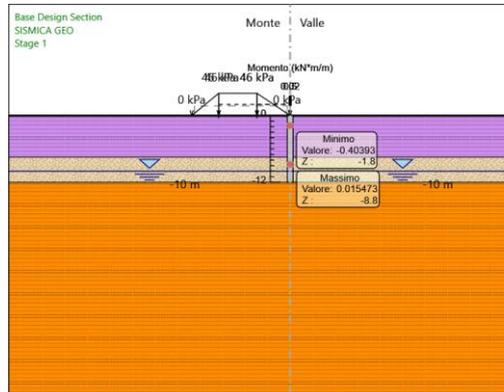
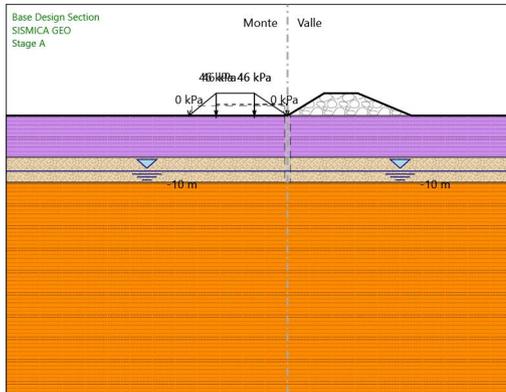
## 6.5. Risultati SISMICA GEO

### 6.5.1. Tabella Grafici dei Risultati



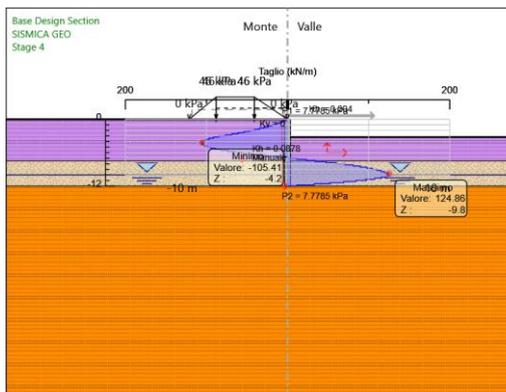
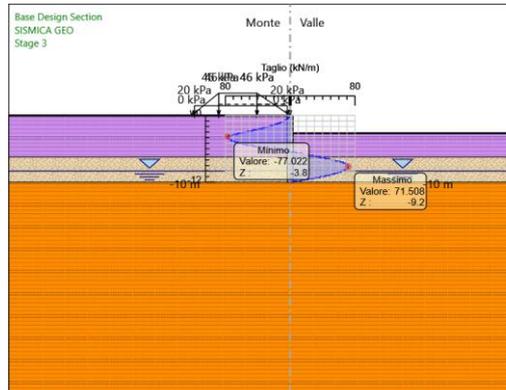
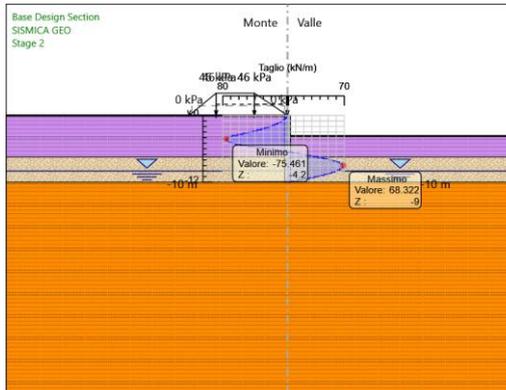
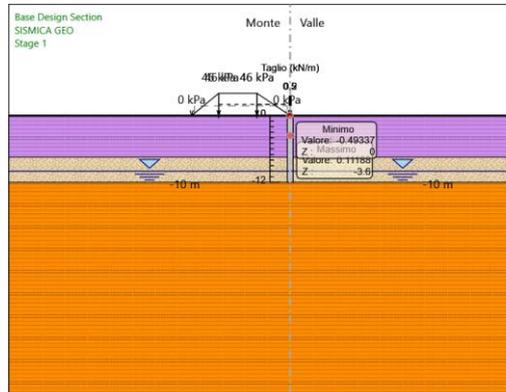
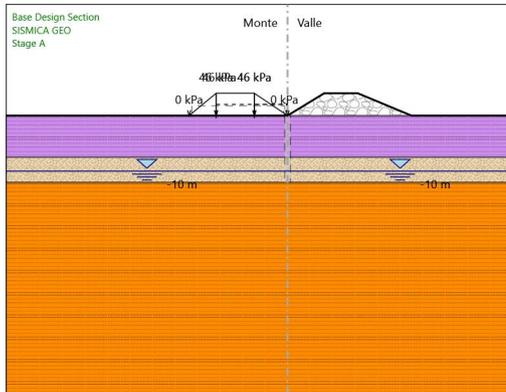
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	110 di 131



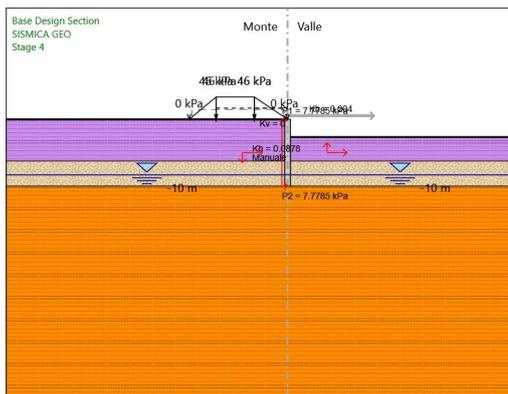
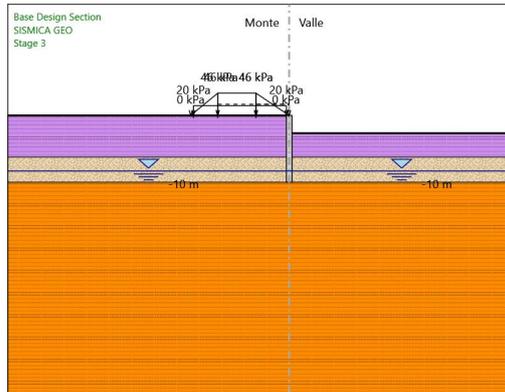
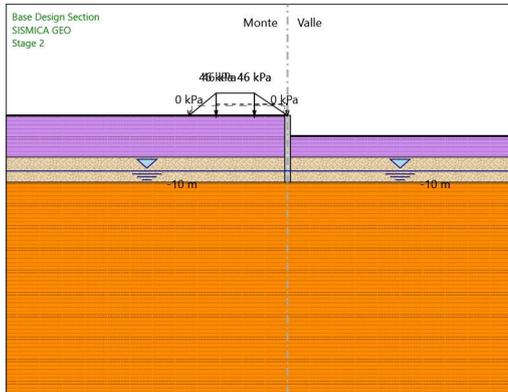
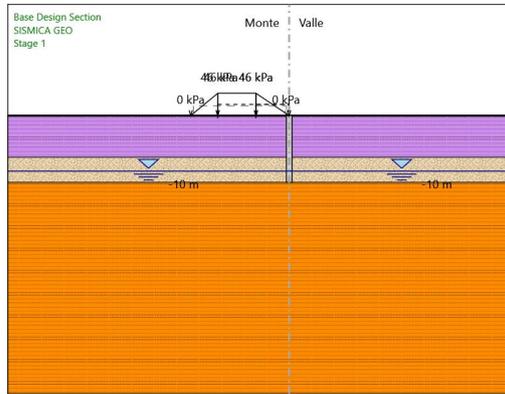
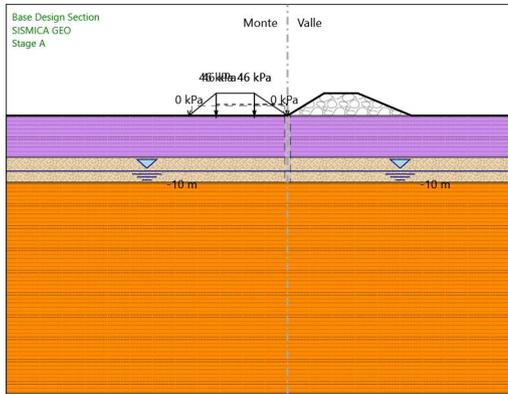
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	111 di 131



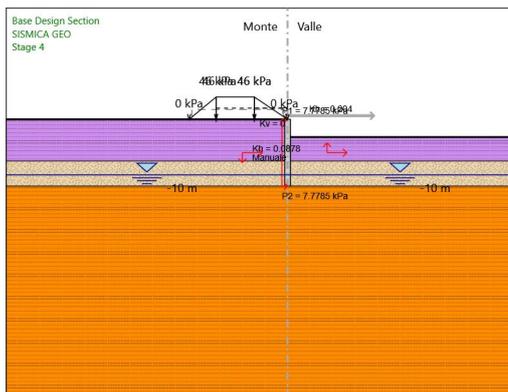
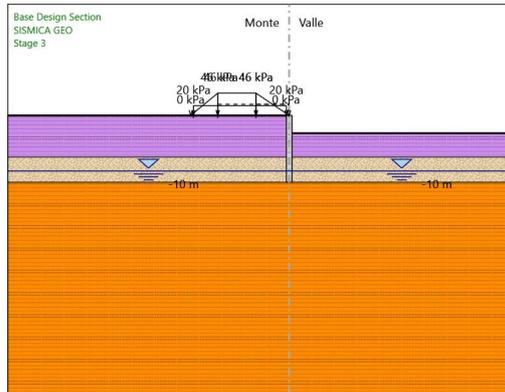
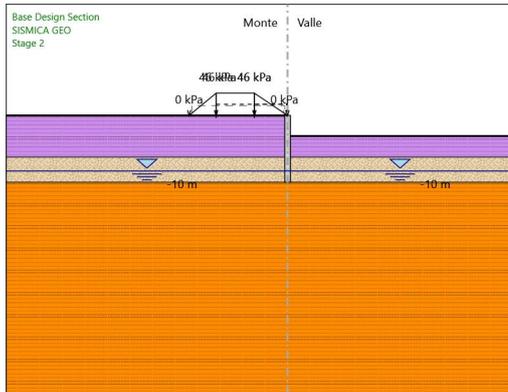
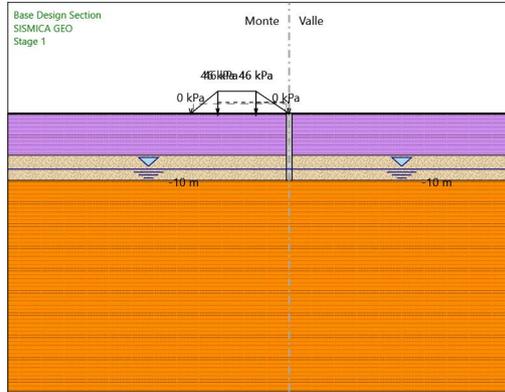
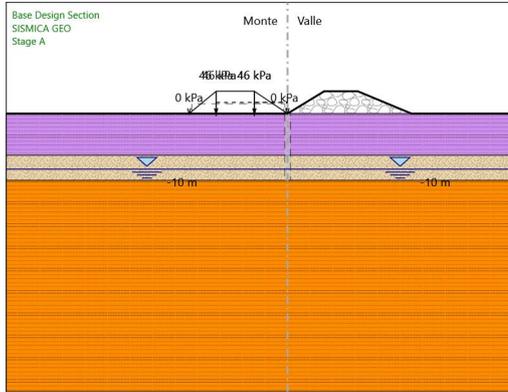
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	112 di 131



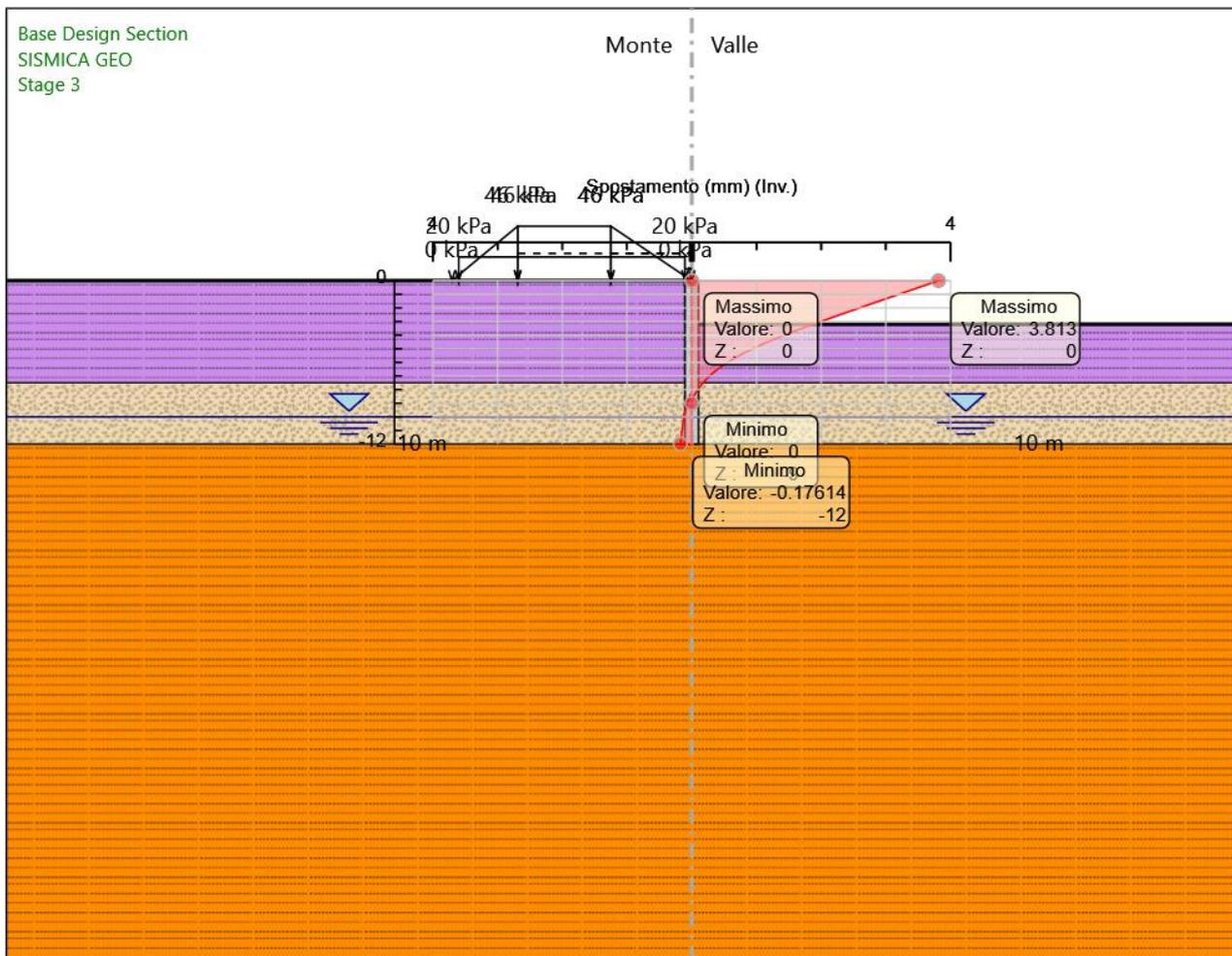
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	113 di 131

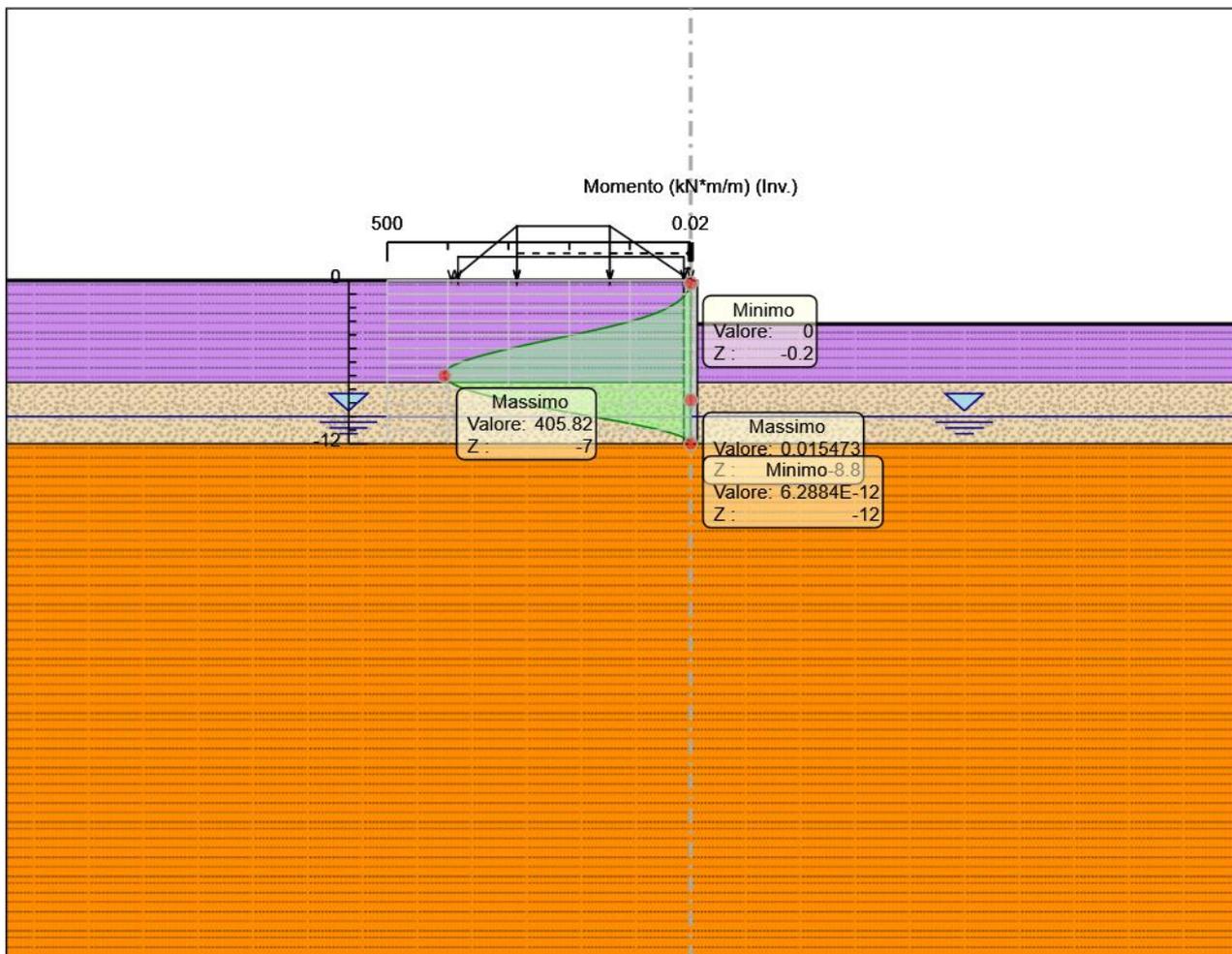


## 7. Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

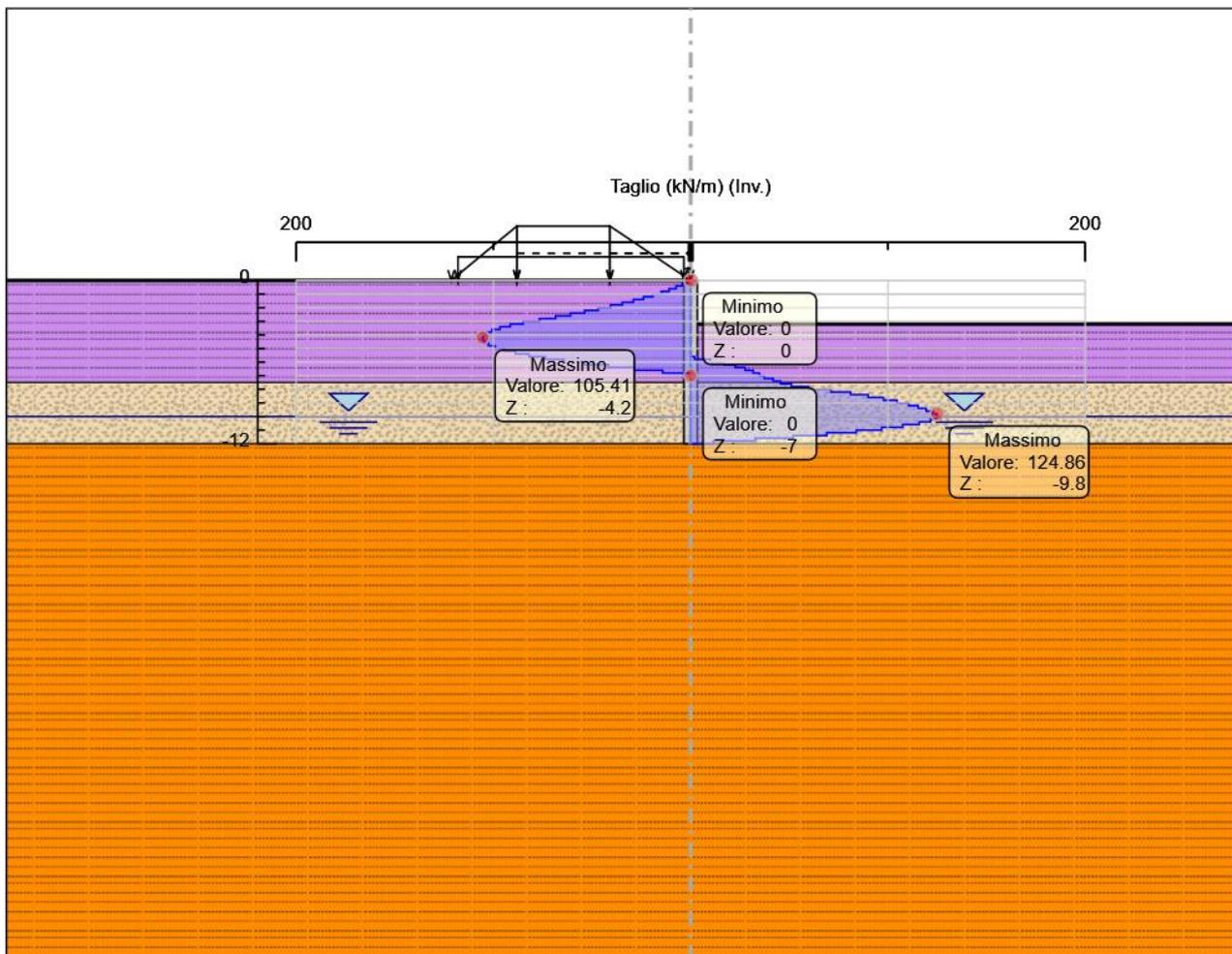
### 7.1. Grafico Inviluppi Spostamento



## 7.2. Grafico Involuppi Momento



### 7.3. Grafico Inviluppi Taglio





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	117 di 131

## 7.4. Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
SISMICA GEO	Stage 4	Left Wall	LEFT	16.91
SISMICA GEO	Stage 4	Left Wall	RIGHT	29.98



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	118 di 131

## 7.5. Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva
				%
SISMICA GEO	Stage 4 Left Wall	LEFT		114.14
A2+M2+R1	Stage A Left Wall	RIGHT		74.63



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	119 di 131

## 8. Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

### Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

### Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
$\xi_{a3}$	1.7
$\gamma_s$	1.15



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	120 di 131

## 8.1. Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

Design Assumption	Stage A	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V
A2+M2+R1	V	V	V	V	V
SISMICA STR	V	V	V	V	V
SISMICA GEO	V	V	V	V	V



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA**

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

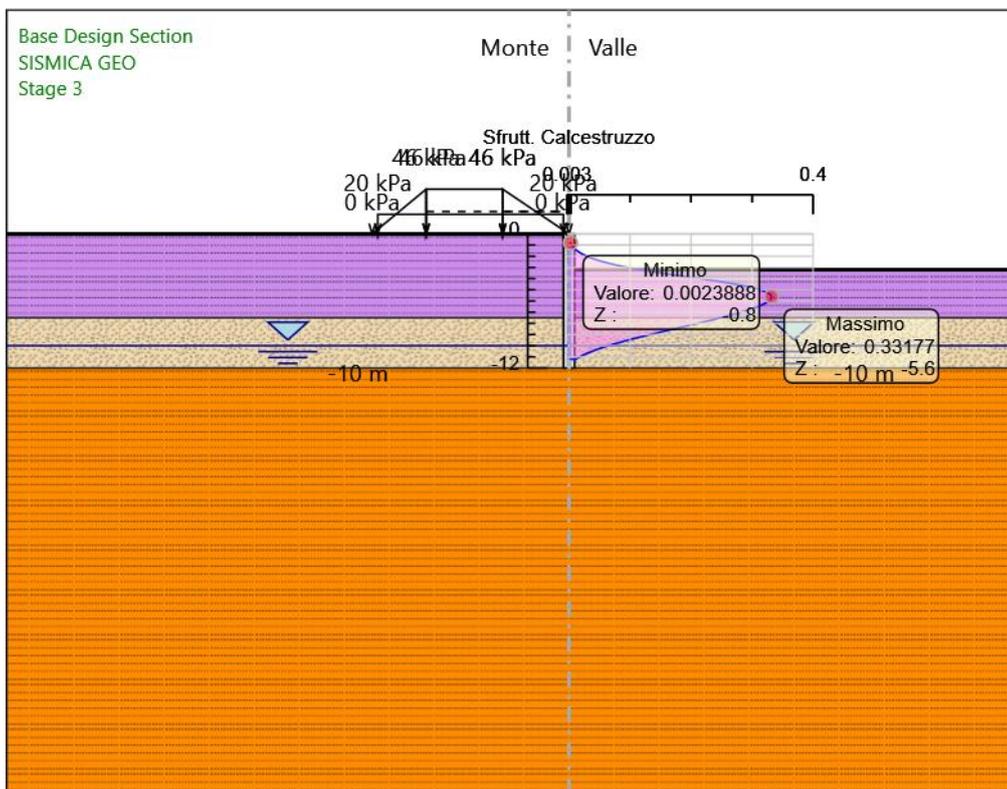
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	121 di 131

## 8.2. Risultati Caver

### 8.2.1. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-0.8	0.002	
-1	0.004	
-1.2	0.007	
-1.4	0.011	
-1.6	0.016	
-1.8	0.022	
-2	0.03	
-2.2	0.039	
-2.4	0.05	
-2.6	0.063	
-2.8	0.079	
-3	0.096	
-3.2	0.116	
-3.4	0.139	
-3.6	0.163	
-3.8	0.189	
-4	0.215	
-4.2	0.24	
-4.4	0.263	
-4.6	0.283	
-4.8	0.3	
-5	0.314	
-5.2	0.323	
-5.4	0.329	
-5.6	0.332	
-5.8	0.331	
-6	0.328	
-6.2	0.322	
-6.4	0.314	
-6.6	0.304	
-6.8	0.293	
-7	0.281	
-7.2	0.268	
-7.4	0.255	
-7.6	0.241	
-7.8	0.226	
-8	0.211	
-8.2	0.195	
-8.4	0.18	
-8.6	0.164	
-8.8	0.148	
-9	0.133	
-9.2	0.118	
-9.4	0.104	
-9.6	0.09	
-9.8	0.077	
-10	0.064	
-10.2	0.053	
-10.4	0.042	
-10.6	0.033	
-10.8	0.024	
-11	0.017	
-11.2	0.011	

### 8.2.2. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

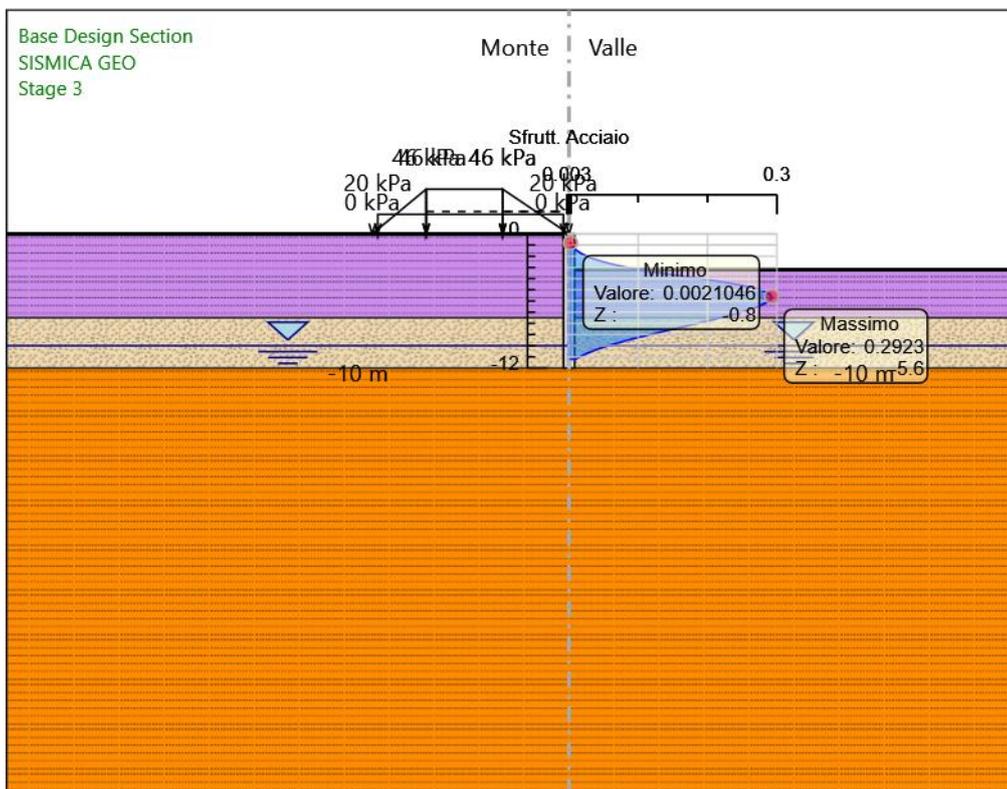
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	123 di 131

### 8.2.3. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver : LEFT

Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	LEFT
-0.8		0.002
-1		0.004
-1.2		0.006
-1.4		0.009
-1.6		0.014
-1.8		0.019
-2		0.026
-2.2		0.034
-2.4		0.044
-2.6		0.056
-2.8		0.069
-3		0.085
-3.2		0.103
-3.4		0.122
-3.6		0.144
-3.8		0.167
-4		0.19
-4.2		0.211
-4.4		0.231
-4.6		0.249
-4.8		0.264
-5		0.276
-5.2		0.285
-5.4		0.29
-5.6		0.292
-5.8		0.292
-6		0.289
-6.2		0.283
-6.4		0.276
-6.6		0.268
-6.8		0.258
-7		0.248
-7.2		0.237
-7.4		0.225
-7.6		0.212
-7.8		0.199
-8		0.186
-8.2		0.172
-8.4		0.158
-8.6		0.144
-8.8		0.131
-9		0.117
-9.2		0.104
-9.4		0.091
-9.6		0.079
-9.8		0.067
-10		0.057
-10.2		0.047
-10.4		0.037
-10.6		0.029
-10.8		0.022
-11		0.015
-11.2		0.01

### 8.2.4. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Armature - Cover

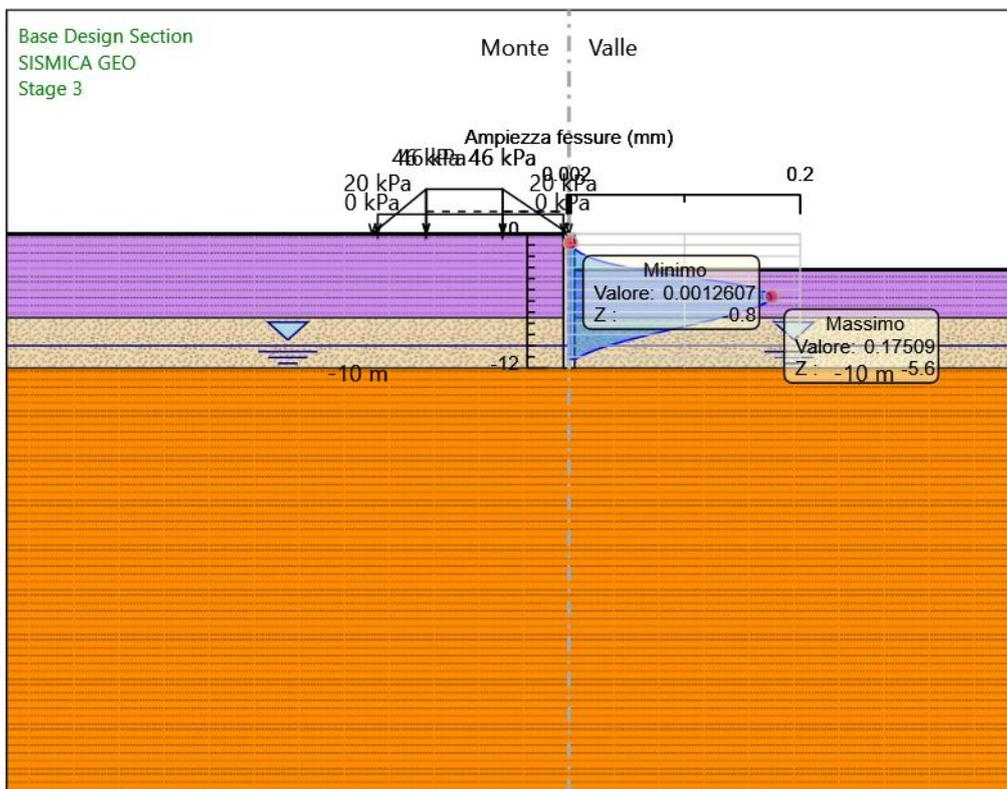
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	125 di 131

### 8.2.5. Tabella Involuppi Apertura Fessure - Caver : LEFT

Involuppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
-0.8	0.001	
-1	0.002	
-1.2	0.004	
-1.4	0.006	
-1.6	0.008	
-1.8	0.012	
-2	0.016	
-2.2	0.021	
-2.4	0.026	
-2.6	0.033	
-2.8	0.041	
-3	0.051	
-3.2	0.061	
-3.4	0.073	
-3.6	0.086	
-3.8	0.1	
-4	0.114	
-4.2	0.127	
-4.4	0.139	
-4.6	0.149	
-4.8	0.158	
-5	0.165	
-5.2	0.171	
-5.4	0.174	
-5.6	0.175	
-5.8	0.175	
-6	0.173	
-6.2	0.17	
-6.4	0.166	
-6.6	0.161	
-6.8	0.155	
-7	0.148	
-7.2	0.142	
-7.4	0.135	
-7.6	0.127	
-7.8	0.119	
-8	0.111	
-8.2	0.103	
-8.4	0.095	
-8.6	0.086	
-8.8	0.078	
-9	0.07	
-9.2	0.062	
-9.4	0.055	
-9.6	0.047	
-9.8	0.04	
-10	0.034	
-10.2	0.028	
-10.4	0.022	
-10.6	0.017	
-10.8	0.013	
-11	0.009	
-11.2	0.006	

### 8.2.6. Grafico Inviluppi Apertura Fessure - Caver



Inviluppi  
Apertura Fessure - Caver



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA**

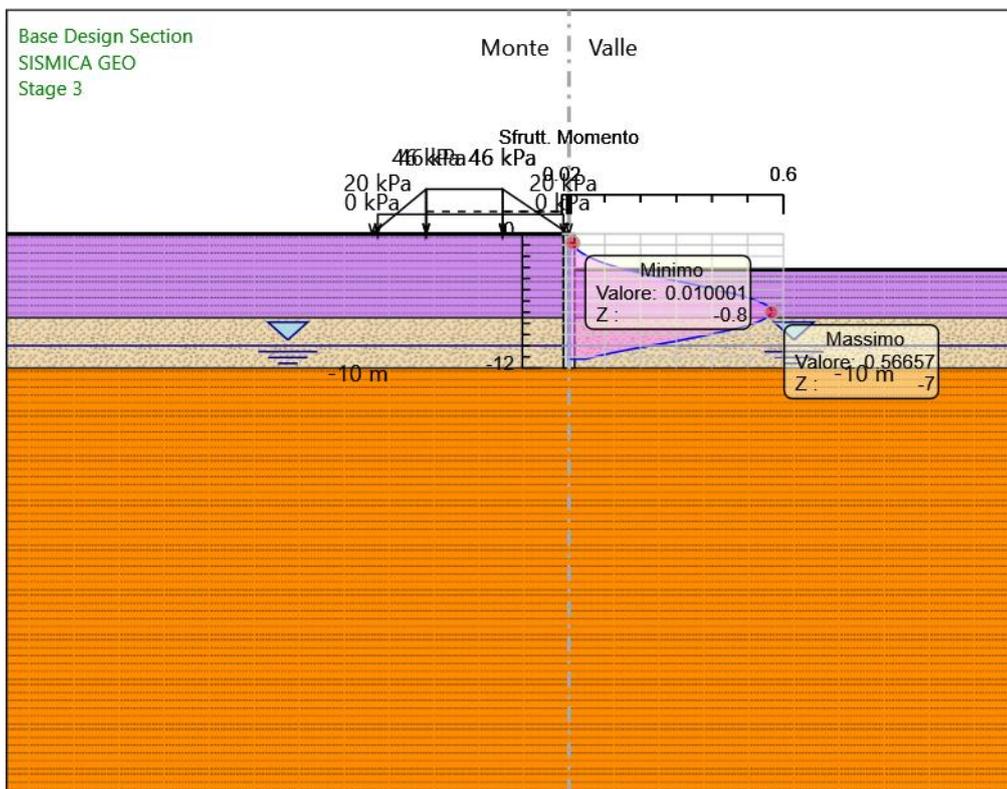
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	127 di 131

### 8.2.7. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver
-0.8	0.01
-1	0.011
-1.2	0.016
-1.4	0.023
-1.6	0.031
-1.8	0.041
-2	0.052
-2.2	0.065
-2.4	0.08
-2.6	0.097
-2.8	0.116
-3	0.138
-3.2	0.161
-3.4	0.187
-3.6	0.214
-3.8	0.242
-4	0.271
-4.2	0.3
-4.4	0.33
-4.6	0.359
-4.8	0.387
-5	0.415
-5.2	0.442
-5.4	0.466
-5.6	0.489
-5.8	0.51
-6	0.528
-6.2	0.543
-6.4	0.554
-6.6	0.562
-6.8	0.566
-7	0.567
-7.2	0.563
-7.4	0.557
-7.6	0.547
-7.8	0.534
-8	0.517
-8.2	0.498
-8.4	0.475
-8.6	0.45
-8.8	0.422
-9	0.393
-9.2	0.362
-9.4	0.33
-9.6	0.297
-9.8	0.263
-10	0.228
-10.2	0.193
-10.4	0.159
-10.6	0.127
-10.8	0.097
-11	0.07
-11.2	0.046

### 8.2.8. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA**

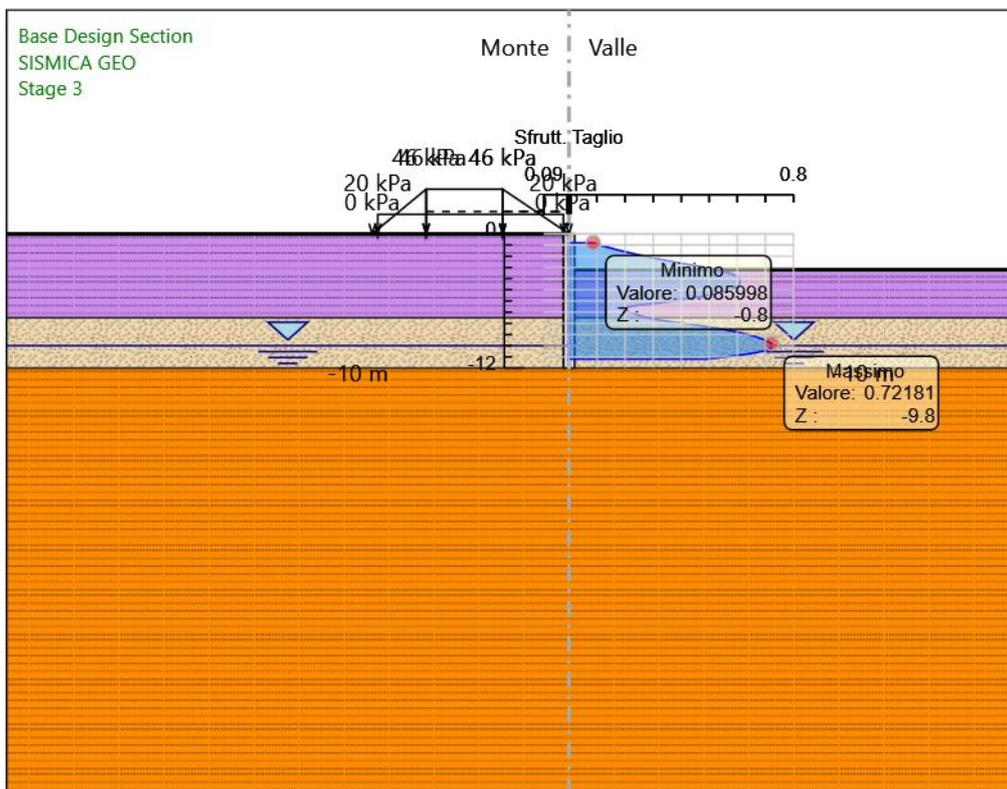
NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	129 di 131

### 8.2.9. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-0.8	0.086	
-1	0.111	
-1.2	0.138	
-1.4	0.168	
-1.6	0.2	
-1.8	0.235	
-2	0.271	
-2.2	0.311	
-2.4	0.352	
-2.6	0.396	
-2.8	0.442	
-3	0.491	
-3.2	0.528	
-3.4	0.559	
-3.6	0.582	
-3.8	0.598	
-4	0.607	
-4.2	0.609	
-4.4	0.609	
-4.6	0.604	
-4.8	0.592	
-5	0.573	
-5.2	0.547	
-5.4	0.514	
-5.6	0.473	
-5.8	0.426	
-6	0.372	
-6.2	0.31	
-6.4	0.241	
-6.6	0.183	
-6.8	0.202	
-7	0.216	
-7.2	0.242	
-7.4	0.263	
-7.6	0.295	
-7.8	0.346	
-8	0.411	
-8.2	0.469	
-8.4	0.52	
-8.6	0.565	
-8.8	0.605	
-9	0.638	
-9.2	0.667	
-9.4	0.69	
-9.6	0.709	
-9.8	0.722	
-10	0.722	
-10.2	0.72	
-10.4	0.703	
-10.6	0.67	
-10.8	0.621	
-11	0.56	
-11.2	0.486	

### 8.2.10. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO- CATENANUOVA

NV18 - Ripristino collegamento viabilità podereale con strada comunale (Via Palermo): Relazione di calcolo opera di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	NV1800 001	A	131 di 131