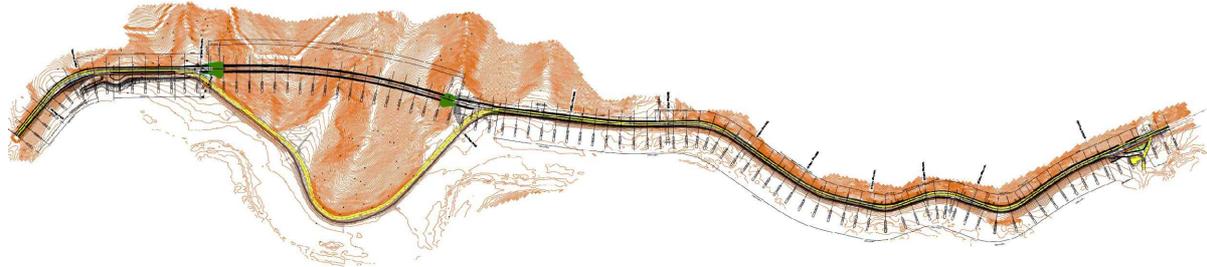


## S.S. 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"

**RETTIFICA DEL TRACCIATO E ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 41+500 al km 51+500**  
**STRALCIO 1 - LAVORI DI ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 49+300 al km 51+500**



### PROGETTO DEFINITIVO

IMPRESA ESECUTRICE



GRUPPO DI LAVORO ANAS

PROGETTAZIONE



RESPONSABILE DEI LAVORI

IL PROGETTISTA

Ing. Valerio BAJETTI  
 Ordine degli Ingegneri della  
 provincia di Roma n° A26211  
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA  
 IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio BAJETTI  
 Ordine degli Ingegneri della  
 provincia di Roma n° 10112  
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Alessandro MICHELI

PROTOCOLLO

DATA

N. ELABORATO:

**M011**

### CAPITOLO M - CANTIERIZZAZIONE

### M0 - CANTIERIZZAZIONE

### RELAZIONE DI CALCOLO PARATIE PROVVISORIALI

CODICE PROGETTO

PROGETTO

PG0374D2201

NOME FILE

M011-T00CA00STRRE01\_A.dwg

REVISIONE

SCALA:

CODICE  
 ELAB.

T00CM00CMS ES01

A

-----

D

C

B

A

PRIMA EMISSIONE

FEBBRAIO  
 2023

GIULIO  
 GONELLA

ING. GIANCARLO  
 TANZI

ING. VALERIO  
 BAJETTI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

## SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA.....	4
3	UNITA' DI MISURA.....	4
4	MATERIALI.....	5
4.1	CALCESTRUZZI.....	5
4.1.1	Calcestruzzo per cordoli di testa.....	5
4.1.2	Miscela per micropali.....	5
4.2	ACCIAI.....	6
4.2.1	Acciaio per armatura lenta dei cordoli di testa.....	6
4.2.2	Acciaio per camicie metalliche dei micropali.....	6
5	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E PARAMETRI GEOTECNICI.....	7
6	ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	13
6.1	IDENTIFICAZIONE DELLA LOCALITA' E DEI PARAMETRI SISMICI GENERALI.....	13
6.2	PARAMETRI SISMICI DI PERICOLOSITÀ DI BASE.....	14
6.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	17
6.4	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	17
6.5	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA.....	18
6.6	Fattore di comportamento.....	18
6.7	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO PER LO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA.....	19
7	ANALISI DEI CARICHI.....	22
7.1	PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO.....	22
7.2	PESO DEL TERRENO A TERGO DELLA PARATIA.....	22
7.3	CARICHI PERMANENTI.....	22
7.4	CARICHI ACCIDENTALI A TERGO DEL MURO.....	22
7.5	SPINTA DEI TERRENI A TERGO DELL'OPERA DI SOSTEGNO.....	22
7.6	SPINTA DEI SOVRACCARICHI A TERGO DELL'OPERA DI SOSTEGNO.....	23
7.7	AZIONE SISMICA.....	23
8	COMBINAZIONI DI CARICO.....	24
8.1	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – CARATTERISTICHE.....	24
8.2	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO STATO LIMITE ULTIMO STATICHE.....	24
8.3	COMBINAZIONE DI CARICO SISMICHE.....	24
9	CRITERI DI CALCOLO.....	25
9.1	Paratia di micropali.....	25
9.2	Verifiche di stabilità.....	27
10	CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE.....	28
10.1	Criteri generali di verifica.....	28
10.2	Paratie.....	28
10.3	Stati Limite di Esercizio (SLE).....	29
11	MODELLO DI CALCOLO E VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI SUI MICROPALI.....	30
11.1	Modello di calcolo.....	30
11.2	Fasi di realizzazione.....	31

11.3	Valutazione delle azioni sollecitanti sui pali.....	33
11.3.1	Combinazione SLE - Caratteristica .....	33
11.3.2	Combinazione SLU – STR (A1+M1+R1).....	34
11.3.3	Combinazione GEO – STR (A2+M2+R2).....	35
11.3.4	Riepilogo delle azioni sollecitanti sulla paratia di pali .....	36
12	VERIFICA STRUTTURALE DEI MICROPALI .....	37
13	VERIFICA DELLO SPOSTAMENTO MASSIMO.....	39
13.1	Valutazione dello spostamento massimo sulla paratia .....	39
13.1.1	Combinazione SLE – Caratteristica.....	39
13.1.2	Combinazione SLU – GEO .....	40
13.1.3	Verifica dello spostamento massimo orizzontale in esercizio .....	42
14	VERIFICA DELLA STABILITÀ ALLA ROTAZIONE.....	43
14.1	Combinazione SLU - GEO .....	43
15	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE.....	45
15.1	Metodo di calcolo adottato .....	45
15.2	Combinazione SLU - GEO .....	46
15.2.1	Definizione delle proprietà di analisi per la stabilità globale.....	46
15.2.2	Superficie critica.....	47
15.2.3	Riepilogo delle superfici critiche e determinazione del coefficiente di sicurezza .....	47
16	CONFORMITÀ AL CAPITOLO 10.2 DEL D.M. 17.01.2018 .....	48
16.1	Origine e caratteristiche dei software di calcolo .....	48
16.1.1	Paratie Plus 2023.....	48
16.2	Affidabilità dei codici utilizzati .....	50
16.3	Validazione dei codici.....	50
16.4	Modalità di presentazione dei risultati .....	50
16.5	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati .....	50

## 1 PREMESSA

La presente relazione riporta il dimensionamento e le verifiche strutturali e geotecniche delle paratie provvisoriale di micropali a sbalzo per l'esecuzione degli scavi nell'ambito del Progetto Definitivo "S.S.685 "Delle Tre Valli Umbre" - Rettifica del tracciato e adeguamento alla Sez. Tipo C2 dal km 41+500 al km 51+500 - Stralcio 1 - Lavori di adeguamento alla Sez. Tipo C2 dal km 49+300 al km 51+500".



Il dimensionamento e le verifiche verranno eseguite in corrispondenza dell'opera di imbocco GA03 (struttura di maggiore altezza).

## 2 NORMATIVA

Nella redazione dei calcoli statici ci si è attenuti alle prescrizioni della Normativa vigente; in particolare:

- **Decreto Ministeriale 17/01/2018** "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- **Circolare Min. 21/01/2019, n°7 C.S.LL.PP** "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018"
- **UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1 – Parte 2)** → Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
- **UNI EN 1992-1 (Eurocodice 2 – Parte 1)** → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Regole generali
- **UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2 – Parte 2)** → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Ponti
- **UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8 – Parte 2)** → Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
- **UNI EN 206-1:2006** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione e conformità
- **UNI 11104** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
- **CNR-DT 207/2008** → "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".

## 3 UNITA' DI MISURA

Nei calcoli è stato fatto uso delle seguenti unità di misura:

- per i carichi: kN/m<sup>2</sup>, kN/m, kN
- per i momenti: kNm
- per i tagli e sforzi normali: kN
- per le tensioni: N/mm<sup>2</sup>
- per le accelerazioni: m/sec<sup>2</sup>

## 4 MATERIALI

### 4.1 CALCESTRUZZI

#### 4.1.1 CALCESTRUZZO PER CORDOLI DI TESTA

Per il cordolo di testa della paratia si prevede un calcestruzzo con classe di resistenza **C35/45** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

#### CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018

Classe di resistenza del calcestruzzo	C35/45		
Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck}$	<b>45,00</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck}$	<b>37,35</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	$f_{cm}$	<b>45,35</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	<b>21,17</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	<b>3,35</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk}$	<b>2,35</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	<b>1,56</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico istantaneo	$E_c$	<b>38.236,76</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico medio	$E_{cm}$	<b>33.877,87</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]

- Classe di esposizione: **XC4/XA3**
- Classe di consistenza: **S4**
- Rapporto minimo acqua / cemento: **0,45**
- Contenuto minimo di cemento: **400 kg/mc**
- Diametro massimo degli inerti: **20 mm**
- Copriferro netto minimo: **55 mm**

#### 4.1.2 MISCELA PER MICROPALI

Per la realizzazione dei micropali di fondazione è stata prevista una miscela cementizia con le seguenti caratteristiche:

- Cemento tipo: **III, IV, V**
- Classe di resistenza: **C28/35**
- Rapporto massimo a/c: **0,45**
- Inerti: **1.100 – 1.300 kg/mc**
- Contenuto minimo di cemento: **600 kg/mc**
- Fluidificanti: **4%**

## 4.2 ACCIAI

### 4.2.1 ACCIAIO PER ARMATURA LENTA DEI CORDOLI DI TESTA

Per le armature lente delle opere di fondazione e delle elevazioni delle sottostrutture esistenti è stato previsto un acciaio del tipo **B450C**, con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $f_{t,k}$  = 540,00 N/mm<sup>2</sup> (tensione caratteristica di rottura)
- $f_{y,k}$  = 450,00 N/mm<sup>2</sup> (tensione caratteristica di snervamento)
- $f_{y,d}$  = 391,30 N/mm<sup>2</sup> (resistenza di calcolo -  $\gamma_s=1,15$ )
- $E_s$  = 210.000,00 N/mm<sup>2</sup> (modulo elastico istantaneo)

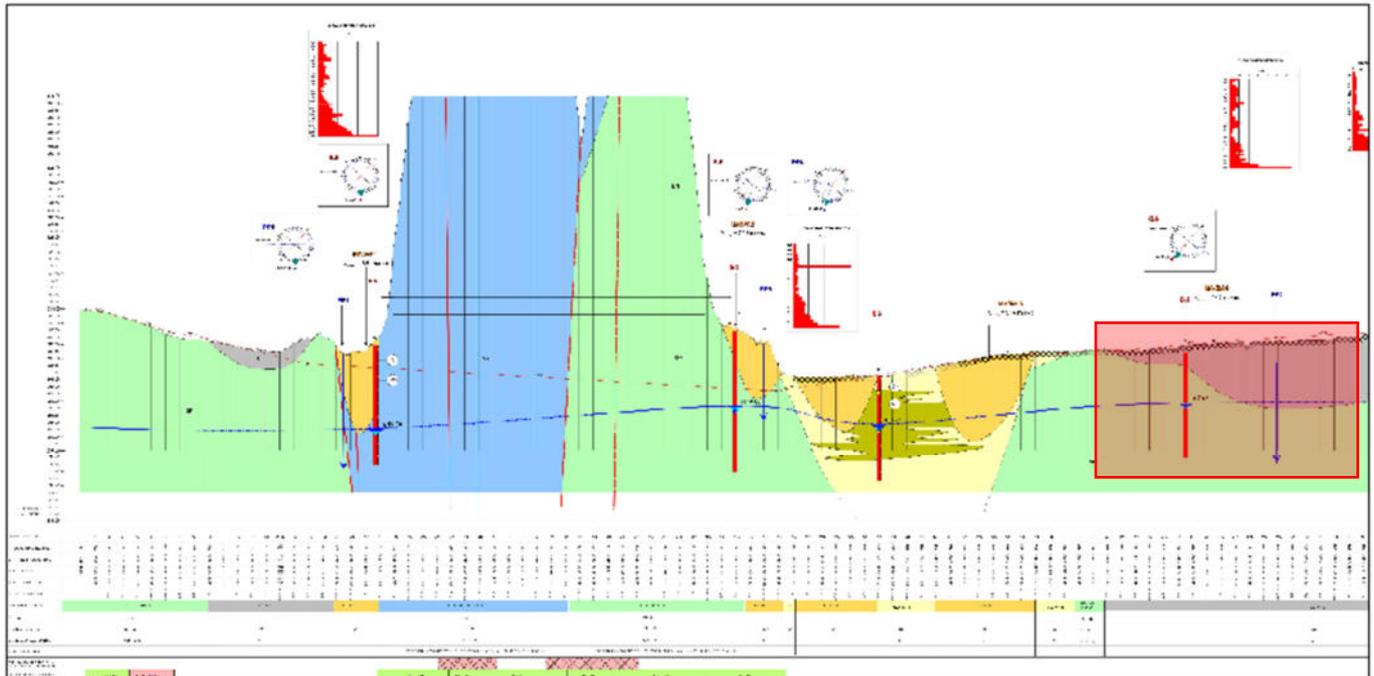
### 4.2.2 ACCIAIO PER CAMICIE METALLICHE DEI MICROPALI

Per le camicie metalliche dei micropali è stato previsto un acciaio del tipo **S355JR**, con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $f_{t,k}$  = 510,00 N/mm<sup>2</sup> (resistenza caratteristica a rottura)
- $f_{y,k}$  = 335,00 N/mm<sup>2</sup> (tensione caratteristica di snervamento)
- $f_{y,d}$  = 338,09 N/mm<sup>2</sup> (resistenza di calcolo -  $\gamma_s=1,05$ )
- $E_s$  = 210.000,00 N/mm<sup>2</sup> (modulo elastico istantaneo)

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E PARAMETRI GEOTECNICI

Di seguito si riporta il profilo geotecnico della tratta con evidenziata l'area di interesse:



### LEGENDA

 **Riparto antropico**  
Materiale di riparto vario, non definito

### DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

**UNITA' LITOTECNICA DT - Detriti di falda**  
Depositi detritici di falda e di versante a granulometria variabile, da ben classati e fortemente eterometrici, generalmente sabbia o debolmente cementati, in accumuli massivi o grossolanamente stratificati - Pleistocene (?) - Olocene

**UNITA' LITOTECNICA CO - Conoidi**  
Depositi detritici alluvionali in terra pendente dagli alvei o da "deltas flow", in taluni casi maggiormente grossolani, eterometrici, costituiti da ghiaia e sabbia in matrice sabbiosa limosa rossastra o con accenti di stratificazione - Pleistocene (?) - Olocene

**UNITA' LITOTECNICA DA1 - Depositi alluvionali**  
Depositi detritici alluvionali in terra pendente dagli alvei o da "deltas flow", in taluni casi maggiormente grossolani, eterometrici, costituiti da ghiaia e sabbia in matrice sabbiosa limosa rossastra o con accenti di stratificazione - Pleistocene (?) - Olocene

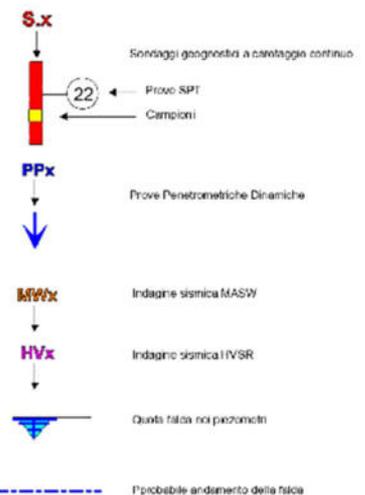
**UNITA' LITOTECNICA DA2 - Depositi alluvionali**  
Depositi detritici in forma limoso-sabbiosa argillosa, formati da limi sabbiosi marroni-rossastri, Pleistocene (?) - Olocene

### DOMINIO UMBRO SUCCESSIONE MARINA PELAGICA

**SV UNITA' LITOTECNICA SV - Scaglia Variegata**  
Calcarei marnosi rossi o grigi verdi, calcari e marne grigie con selce nera o marne rosse con intercalazioni di spesso livelli di calcareniti. La stratificazione è solida (2 - 20 cm). Localmente intercalazioni anche di calcareniti. Eocene Medio - Superiore

**SR UNITA' LITOTECNICA SR**  
Calcarei, calcari marnosi e marne da rosati a rosso scuro o biancastri, ben stratificati, con selce in noduli o liste generalmente rossa o rosea. Sono presenti calcareniti di colore grigio o bianco, talora di spessore anche metrico. Tortoniano inferiore - Eocene Medio

### INDAGINI GEOGNOSTICHE



Il terreno è costituito da due strati:

- STRATO 1 – unità litotecnica DT (detriti di falda)
- STRATO 2 - unità litotecnica SR (calcolutiti, calcari marnosi e marne da rosati a rosso scuro o biancastri, ben stratificati, con selce in noduli o liste generalmente rossa o rosea; sono presenti calcareniti di colore grigio o bianco, talora di spessore anche metrico).

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche geotecniche dell'unità litotecnica DT:

Peso di volume	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	19,00
Angolo di attrito interno	$\phi'$	(°)	30°
Coesione	C'	kPa	0
Modulo elastico	E	MPa	12,00

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche geotecniche dell'unità litotecnica SR:

**SCAGLIA ROSSA SR – Scaglia rossa**

Peso di volume	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	=	26,0	
Resistenza alla compressione uniassiale	$\sigma_c$	MPa	=	72,0	÷ 76,0
GSI	-		=	27	÷ 34
Angolo di attrito interno	$\phi$	(°)	=	32	÷ 38
Coesione efficace	C'	MPa	=	0,15	÷ 0,25
RMR	-		=	57	÷ 62
RMR <sub>corretto</sub>	-		=	30	÷ 35
Modulo elastico	E	GPa	=	2,0	÷ 5,0

La quota di falda è assunta a **-8,00 m** dalla testa della paratia.

## SUCCESSIONI CONTINENTALI PLIO-PLEISTOCENICHE

### SUCCESSIONI CONTINENTALI PLIO-PLEISTOCENICHE

- MNS<sub>a</sub>**  **Sistema di Monteleone Sabino**  
Depositi rudittici ad elevato grado di cementazione, molto grossolani, in strati da spessi ad estremamente spessi, di colore grigio-biancastro, di probabile ambiente fluvio-deltizio. Talora con accenni di stratificazione incrociata.  
Pleistocene Inferiore - Medio

MNS<sub>a</sub> – *Sistema di Monteleone Sabino*; si tratta di una formazione rudittica molto grossolana, disposta in strati molto spessi, di colore grigio-biancastro, probabilmente di ambiente originario fluvio-deltizio, come sembra testimoniare la locale stratificazione incrociata; appartengono al Pleistocene Inferiore Medio.

## DOMINIO UMBRO – SUCCESSIONE MARINA PELAGICA

### DOMINIO UMBRO SUCCESSIONE MARINA PELAGICA

- BIS**  **Bisciario**  
Calcarei marnosi grigio scuri alternati a marne grigie. Nella parte inferiore caratteristici livelli di selce nera e sottili intercalazioni di vulcanoclastiti ocracee molto alterate. L'unità contiene denti di pesci, echidni, spicole di spongari, etc..  
Aquitano Inferiore - Burdigaliano
- SCC**  **Scaglia Cinerea**  
Marne e marne argillose grigio-verdi o grigio cenere alternate alla base con calcari marnosi grigi in strati in genere sottili (10 - 30 cm) interessati da numerosi piani di taglio. Localmente intercalazioni di calcareniti grigie in strati di 10 - 60 cm. Eocene Superiore - Aquitano Inferiore
- VAS**  **Scaglia Variegata**  
Calcarei marnosi rossi o grigio-verdi, calcari e marne grigie con selce nera e marne rosse con intercalazioni di spesso livelli di calcareniti. La stratificazione è sottile (2 - 20 cm). Localmente intercalazioni anche di calciruditi.  
Eocene Medio - Superiore
- SAA**  **Scaglia Rossa**  
Calcilutiti, calcari marnosi e marne da rosati a rosso scuro o biancastri, ben stratificati, con selce in noduli o liste generalmente rossa o rosea. Sono presenti calcareniti di colore grigio o bianco, talora di spessore anche metrico.  
Turoniano Inferiore - Eocene Medio
- SBI**  **Scaglia Bianca**  
Calcilutiti bianche o grigio chiaro a stratificazione medio-sottile (10 - 35 cm), con liste di selce nera o grigia nella parte alta, rosata nella parte basale. Sono presenti intercalazioni calcarenitiche, talora calcirudittiche.  
Albiano Superiore - Turoniano Inferiore
- FUC**  **Marne a Fucoidi**  
Ripetute alternanze di marne, da calcaree ad argillose, con livelli di elevata frazione argillosa, talora a lamine, di colore grigio scuro, verde, rosso o variegato con ripetute intercalazioni bituminose nere; nelle parti più marnose e marnoso-calcaree tracce di bioturbazione (Fucoidi)  
Aptiano Inferiore - Albiano Superiore
- MAI**  **Maiolica**  
Calcarei micritici a grana finissima ed a frattura concoide, di colore bianco o avorio, talora giallastri, in strati regolari di spessore compreso tra 10 r 50 cm, sporadicamente con sottilissimi interstrati argillosi grigio-neri. Frequente la selce grigia in letti o noduli. Titonico Inferiore - Aptiano Inferiore
- CDU**  **Calcarei Diasprigni**  
Calcarei da micritici a granulari, quasi sempre sottilmente stratificati, (4 - 10 cm) talora con interstrati costituiti da argille marnose. La selce in noduli, liste e livelli decimetrici è spesso prevalente. Colore variabile dal rossiccio al verde-grigio. Presenti sottilissimi livelli di sabbie radiolaritiche.  
Bajociano Superiore - Titonico Inferiore

### DOMINIO UMBRO SUCCESSIONE MARINA PELAGICA

- BIS**  **Bisciario**  
Calcarei marnosi grigio scuri alternati a marne grigie. Nella parte inferiore caratteristici livelli di selce nera e sottili intercalazioni di vulcanoclastiti ocracee molto alterate. L'unità contiene denti di pesci, echidni, spicole di spongari, etc..  
Aquitano Inferiore - Burdigaliano
- SCC**  **Scaglia Cinerea**  
Marne e marne argillose grigio-verdi o grigio cenere alternate alla base con calcari marnosi grigi in strati in genere sottili (10 - 30 cm) interessati da numerosi piani di taglio. Localmente intercalazioni di calcareniti grigie in strati di 10 - 60 cm. Eocene Superiore - Aquitano Inferiore
- VAS**  **Scaglia Variegata**  
Calcarei marnosi rossi o grigio-verdi, calcari e marne grigie con selce nera e marne rosse con intercalazioni di spesso livelli di calcareniti. La stratificazione è sottile (2 - 20 cm). Localmente intercalazioni anche di calciruditi.  
Eocene Medio - Superiore
- SAA**  **Scaglia Rossa**  
Calcilutiti, calcari marnosi e marne da rosati a rosso scuro o biancastri, ben stratificati, con selce in noduli o liste generalmente rossa o rosea. Sono presenti calcareniti di colore grigio o bianco, talora di spessore anche metrico.  
Turoniano Inferiore - Eocene Medio
- SBI**  **Scaglia Bianca**  
Calcilutiti bianche o grigio chiaro a stratificazione medio-sottile (10 - 35 cm), con liste di selce nera o grigia nella parte alta, rosata nella parte basale. Sono presenti intercalazioni calcarenitiche, talora calcirudittiche.  
Albiano Superiore - Turoniano Inferiore
- FUC**  **Marne a Fucoidi**  
Ripetute alternanze di marne, da calcaree ad argillose, con livelli di elevata frazione argillosa, talora a lamine, di colore grigio scuro, verde, rosso o variegato con ripetute intercalazioni bituminose nere; nelle parti più marnose e marnoso-calcaree tracce di bioturbazione (Fucoidi)  
Aptiano Inferiore - Albiano Superiore
- MAI**  **Maiolica**  
Calcarei micritici a grana finissima ed a frattura concoide, di colore bianco o avorio, talora giallastri, in strati regolari di spessore compreso tra 10 r 50 cm, sporadicamente con sottilissimi interstrati argillosi grigio-neri. Frequente la selce grigia in letti o noduli. Titonico Inferiore - Aptiano Inferiore
- CDU**  **Calcarei Diasprigni**  
Calcarei da micritici a granulari, quasi sempre sottilmente stratificati, (4 - 10 cm) talora con interstrati costituiti da argille marnose. La selce in noduli, liste e livelli decimetrici è spesso prevalente. Colore variabile dal rossiccio al verde-grigio. Presenti sottilissimi livelli di sabbie radiolaritiche.  
Bajociano Superiore - Titonico Inferiore

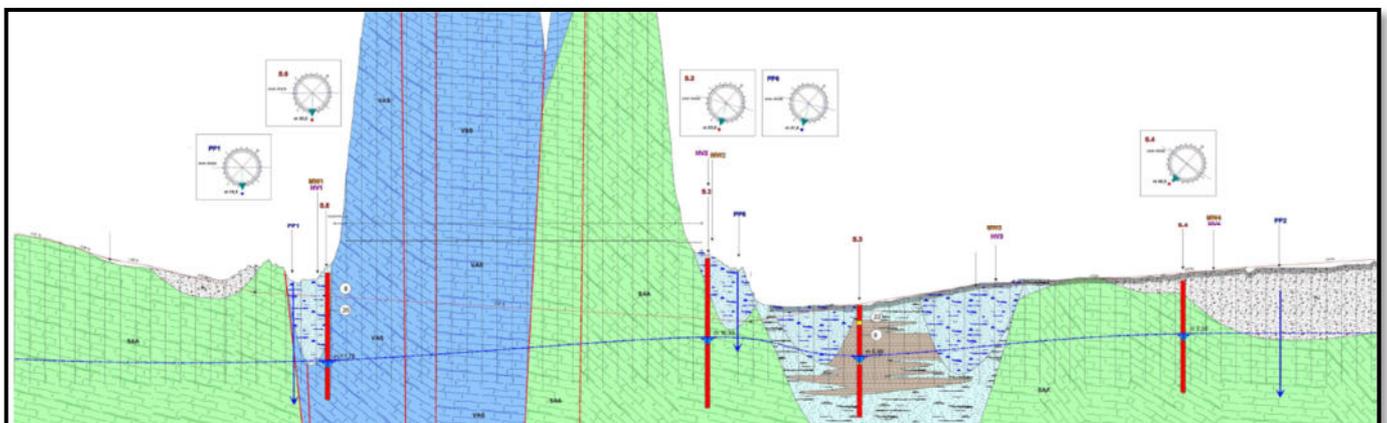
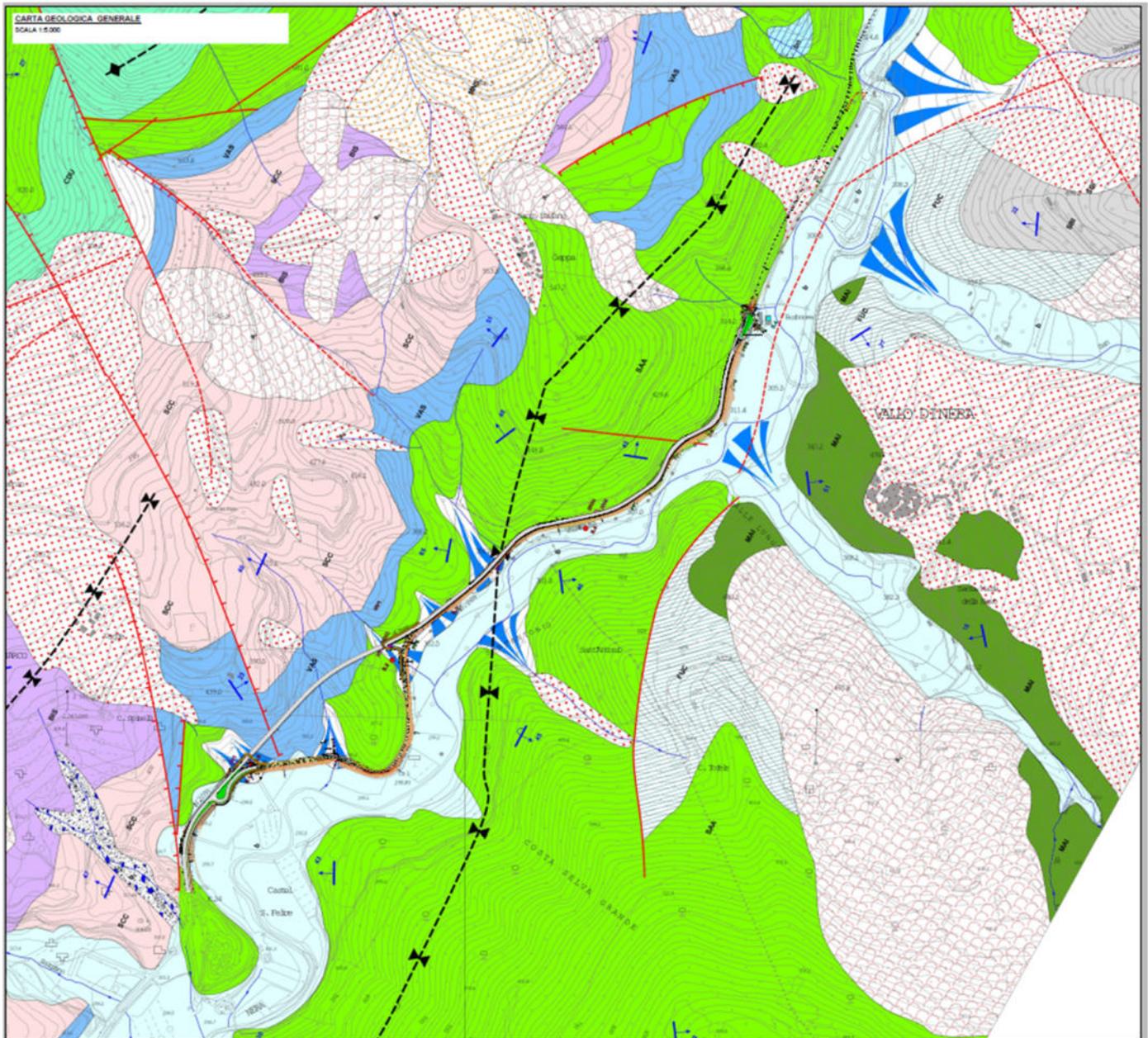
**BIS** – *Formazione di Biasciaro*; è formata da calcari marnosi grigio scuri alternati a marne grigie. Nella parte inferiore si rinvencono caratteristici livelli di selce nera e sottili intercalazioni di vulcanoclastiti ocracee molto alterate. L'unità contiene denti di pesci, echidni, spicole di spongiarii, etc., ascrivibile all'Aquitano Inferiore – Burdigaliano; questa formazione affiora in una vasta area in Contrada san Martino e Borgo Agelli e in aree più ristrette nel medesimo versante a varie quote.

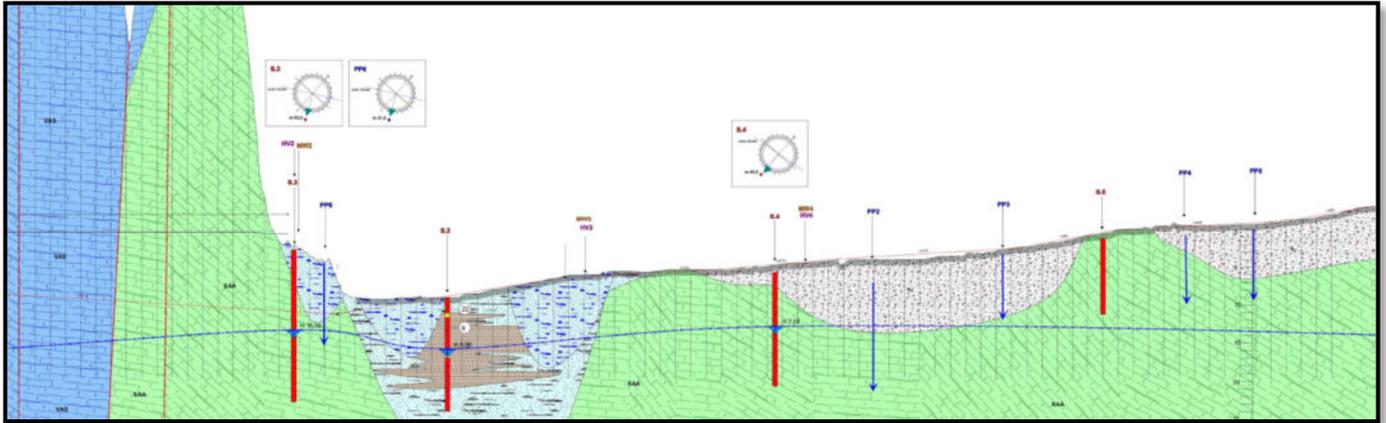
**SCC** – *Scaglia Cinerea*, costituita da ripetute alternanze di calcari marnosi e di marne, calcaree in basso ed argillose in alto, di colore grigio verde o cenere. La stratificazione in genere è sottile (10-30 cm), con strati spesso amalgamati o fogliettati a causa di movimenti di taglio. Calcareniti grossolane bioclastiche (a macro foraminiferi), in strati da medi a spessi di color avana, sono presenti nella sinclinale di Montefiorello, a Forchetta di Usigni [070], presso Fosso della Forca e S. Valentino; la potenza dell'unità è mal valutabile a causa sia della scarsa competenza dei materiali che la costituiscono e, di conseguenza, della sua elevata deformabilità, sia della localizzazione in essa di numerosi piani di taglio; nell'area in studio affiora nella parte mediana del versante in destra orografica,

**VAS** – *Scaglia Variegata*, Si hanno alternanze policrome, sovente a fiamme, di colore rosso, grigio e verde di marne variamente argillose e di calcari marnosi sottilmente stratificati (strati spessi 5-20 cm), a luoghi con selce nera e rossa come a Castel S. Felice. Calcareniti in strati sottili sono presenti nelle aree di ESE. Talvolta l'unità non è ben individuabile sul terreno per i suoi caratteri transizionali e talora si presentano tre membri, dal basso verso l'alto: a) calcareo marnoso rosso e grigio-verde; b) calcari e marne grigie con selce nera; c) marnoso rosso. Gli spessori complessivi oscillano fra i 30 ed i 60 metri, ma è segnalato un valore massimo di 70-90 m nei rilievi a W del F. Nera. Il passaggio alla soprastante Scaglia Cinerea, non sempre ben precisabile per la sua gradualità, si è fatto convenzionalmente coincidere con la fine delle colorazioni rossastre e con il marcato aumento della frazione argillosa; questo passaggio è ben esposto lungo la strada per Mucciafora e Roccatamburo e, in giacitura rovesciata, lungo la strada per Collegiacone. Eocene medio - Superiore

**SAA** – *Scaglia Rossa*, nota anche come Scaglia Rosata, è l'unità che, assieme alla maiolica, occupa la maggior parte del tratto di territorio in studio. Nell'unità sono distinguibili tre litofacies dal basso verso l'alto: a) calcari fango-sostenuti (mudstones) e calcari marnosi rosati a luoghi con bande policrome, con selce rossa in liste e noduli; b) marne calcaree e marne di colorazione più intensa talora rosso mattone scuro; c) calcari fango-sostenuti e calcari marnosi rosati con selce in liste e noduli. I calcari, dalla tipica frattura a scaglie, non raramente appaiono di colore biancastro per decolorazione. La stratificazione è netta con strati spessi 10-40 cm. Sono presenti calcareniti e calcilutiti, in strati anche metrici, talora gradati o con laminazioni da correnti trattive, evidenziate, quando calcilutitiche, dalla disposizione degli abbondanti foraminiferi. Questi episodi, la cui colorazione biancastra li rende sovente individuabili anche a distanza, sono presenti in entrambi i Settori a varie altezze stratigrafiche, con particolare sviluppo. La Scaglia Rossa passa verso l'alto sia alla Scaglia Variegata, che alla litofacies delle Marne di Colle Castellano. Il passaggio alla scaglia variegata è graduale ed avviene con: scomparsa della selce; aumento della componente marnosa; comparsa di livelli grigio verdastri. Nell'area in studio affiora estesamente in ambedue i versanti sia in prossimità dell'alveo del Fiume Nera che alla sommità dei rilievi. È ascrivibile al Turoniano inferiore - Eocene medio.

Si richiama di seguito la carta geologica del sito in esame e i rispettivi profili geologici:





Per il terreno di fondazione costituito da depositi alluvionali e conoidi sono stati considerati i seguenti parametri geotecnici:

- Peso per unità di volume →  $\gamma_t = 19,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno →  $\varphi = 30^\circ$
- Coesione efficace →  $c' = 0,00 \text{ kN/m}^2$

Per il terreno a tergo del muro (terreno da rilevato) sono stati considerati i seguenti parametri geotecnici:

- Peso per unità di volume →  $\gamma_t = 19,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno →  $\varphi = 35^\circ$
- Coesione efficace →  $c' = 0,00 \text{ kN/m}^2$

La falda è risultata a circa -7,00 m dal piano di campagna.

## 6 ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA

### 6.1 IDENTIFICAZIONE DELLA LOCALITA' E DEI PARAMETRI SISMICI GENERALI

L'area oggetto del presente intervento ricade all'interno del territorio del Comune Vallo di Nera in Provincia di Perugia.



L'opera è individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine: 42,75109
- Longitudine: 12,85196

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE      LATITUDINE

12,85196      42,75109

Ricerca per comune

REGIONE      PROVINCIA      COMUNE

Umbria      Perugia      Sant'Anatolia di Narc

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

---

Elaborazioni

Tabella parametri

---

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta



Interpolazione

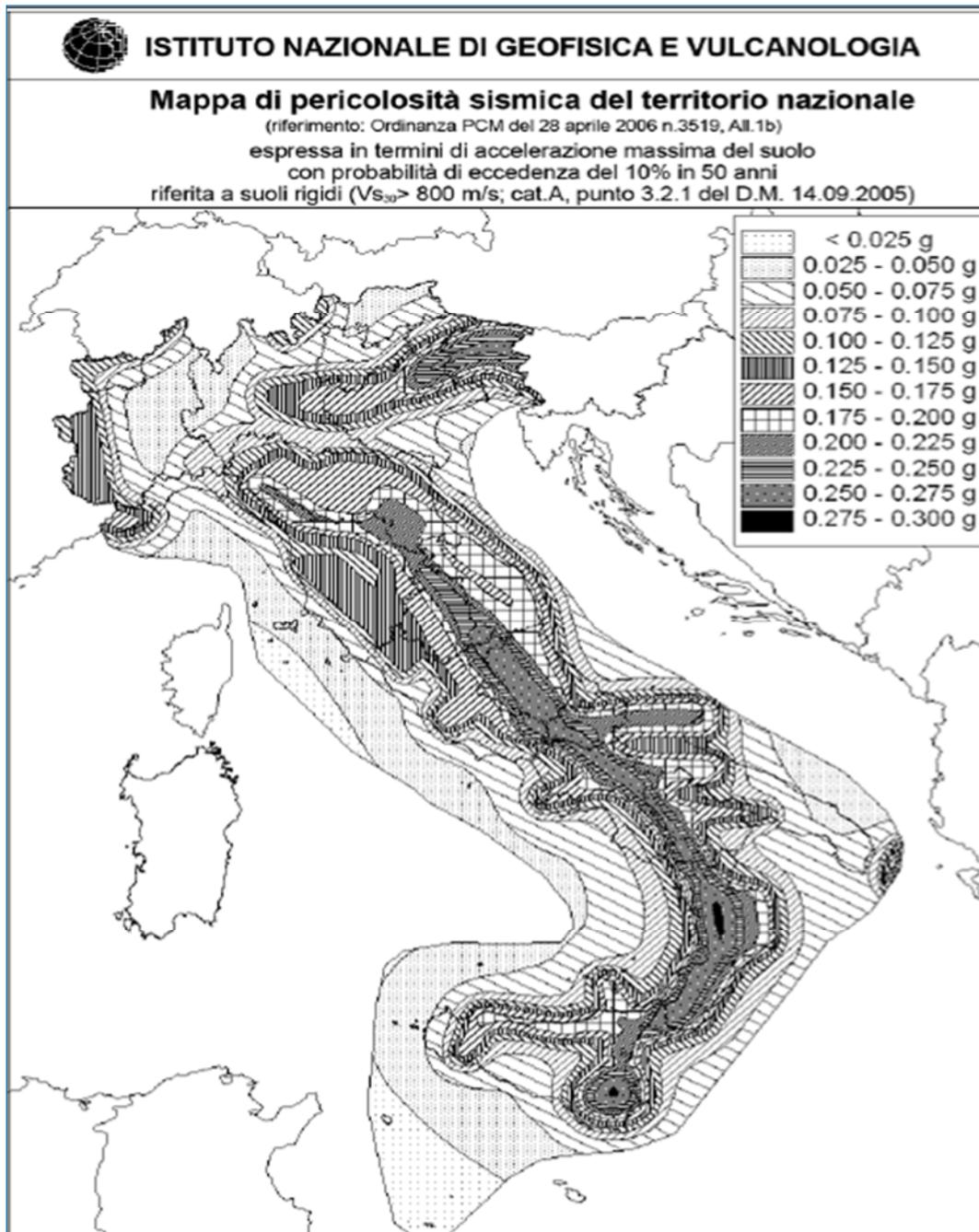
superficie rigata

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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

## 6.2 PARAMETRI SISMICI DI PERICOLOSITÀ DI BASE

I parametri sismici della pericolosità di base del sito sono ricavati partendo dai dati della "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale" aggiornata dal gruppo di lavoro dell'I.N.G.V. adottata con l'Ordinanza n. 3519 del 28/04/2006 del Presidente del Consiglio dei Ministri (la figura seguente rappresenta la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale).



Per dedurre secondo le NTC 2018 i parametri sismici di base dei vari siti dalla pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, sono stati considerati per ogni zona di sbarramento i seguenti parametri:

- "Classe d'uso dell'edificio" IV (cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U$  pari a 2,00;

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	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.
<i>Classe III:</i>	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.
<i>Classe IV:</i>	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 DM 5/11/2001, 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.

- $V_N$ : "vita nominale di progetto" (numero di anni in cui è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali ) pari a **100 anni**, valore definito dalla committenza, concorde con quanto definito nelle NTC 2018 per costruzioni esistenti con livelli di prestazioni ordinarie;
- $V_R$ : "periodo di riferimento" per l'azione sismica:  $V_N \cdot C_U = 200$  anni
- PVR: "probabilità di superamento" funzione dello stato limite considerato necessario al calcolo del tempo di ritorno TR, come dalla seguente tabella tratta dalle NTC 2018:

**Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  al variare dello stato limite considerato**

Stati Limite		$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

- TR: "tempo di ritorno" relativo ad ogni stato limite, funzione del periodo di riferimento e della probabilità di superamento secondo la seguente relazione tratta dalle NTC 2018:

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

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

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO -  $P_{VR} = 81\%$
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$

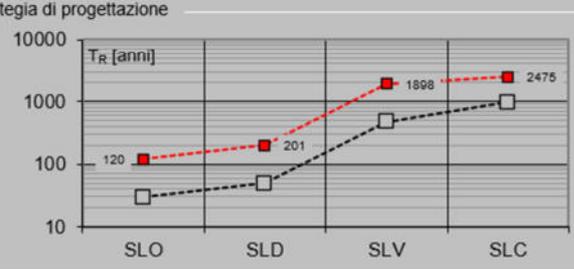
Stati limite ultimi - SLU {

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3

Questi ultimi parametri sono costanti per tutte le aree esaminate, in quanto dipendono solo dal tipo di opera e dalle relative prestazioni attese. Con questi dati sono poi stati calcolati, per ogni sito esaminato, i parametri di pericolosità sismica di base riferiti a sito rigido orizzontale che permettono di ottenere i coefficienti di risposta sismica locale:

- $a_g$  (o PGA: accelerazione orizzontale massima al sito) [g/10]
- $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) [n.p.]
- $T_c^*$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) [s]

Essi sono stati stimati per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno stato limite da applicare per il sito in esame. I valori che seguono relativi alla pericolosità di base sono comuni a tutti i calcoli dei vari coefficienti sismici di risposta sismica locale

- Classe: IV
- Vita nominale : 100 anni

#### Valori dei parametri $a_g$ , $F_0$ , $T_c^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	120	0,144	2,320	0,291
SLD	201	0,178	2,309	0,306
SLV	1898	0,390	2,382	0,352
SLC	2475	0,425	2,392	0,356

### 6.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Sulla base di quanto riportato nelle NTC del 17.01.2018, ai fini della definizione della azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie del suolo di fondazione.

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO CHE PERMETTONO L'UTILIZZO DELL'APPROCCIO SEMPLIFICATO	
Categoria	Descrizione
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente $V_{S,eq}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente $V_{S,eq}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente $V_{S,eq}$ compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
<b>E</b>	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente $V_{S,eq}$ riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Come da relazione geotecnica si è considerato un **suolo tipo C** per tutte le opere a favore di sicurezza avendo riscontrato sia tratte con suolo tipo B che tratte con suolo tipo C.

### 6.4 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per quanto concerne le caratteristiche delle superficie topografica, il suolo nelle circostanze presenta andamento pianeggiante. L'opera in esame ricade pertanto nella **categoria T1** come definita nella seguente tabella tratta dalle NTC 2018.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

## 6.5 FATTORI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA

Questi coefficienti sono necessari alla valutazione dell'accelerazione orizzontale massima attesa al sito ( $a_{max}$ ), dei coefficienti sismici orizzontale e verticale ( $k_h$ ,  $k_v$ ) e dello spettro di risposta elastico in accelerazione per l'azione sismica calcolata con metodi pseudostatici.

### Amplificazione stratigrafica

Sulla base di quanto riportato nelle NTC del 17.01.2018, il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  ed il coefficiente  $C_c$  possono essere calcolati secondo le formule della seguente tabella. Per l'area in esame corrispondono valori del coefficiente  $C_c$  e di  $S_s$  di amplificazione stratigrafica variabili per ogni Stato Limite.

**Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$**

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

$S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_o$  e  $T_C^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l'accelerazione di gravità e  $T_C^*$  è espresso in secondi.

### Amplificazione topografica

Alla categoria T1 precedentemente definita per la zona studiata corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T=1,00$ . La tabella che segue è tratta dalle NTC 2018 e mostra la relazione tra categorie topografiche e relativo coefficiente.

**Tab. 3.2.V – 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 di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove  $S_T$  assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove  $S_T$  assume valore unitario.

## 6.6 FATTORE DI COMPORTAMENTO

A favore di sicurezza il calcolo e le verifiche sono stati effettuati in campo elastico.

Il fattore di comportamento è stato pertanto posto pari a  $q = 1,00$ .

## 6.7 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO PER LO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Di seguito è riportato lo spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato SLV info

**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo C info       $S_s =$  1,143       $C_c =$  1,482 info  
 Categoria topografica T1 info       $h/H =$  0,000       $S_T =$  1,000 info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

**Compon. orizzontale**  
 Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%) 5       $\eta =$  1,000 info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_o$  1      Regol. in altezza si info

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto      Fattore  $q$  1       $\eta =$  1,000 info

**Elaborazioni**  
 Grafici spettri di risposta ▶▶  
 Parametri e punti spettri di risposta ▶▶

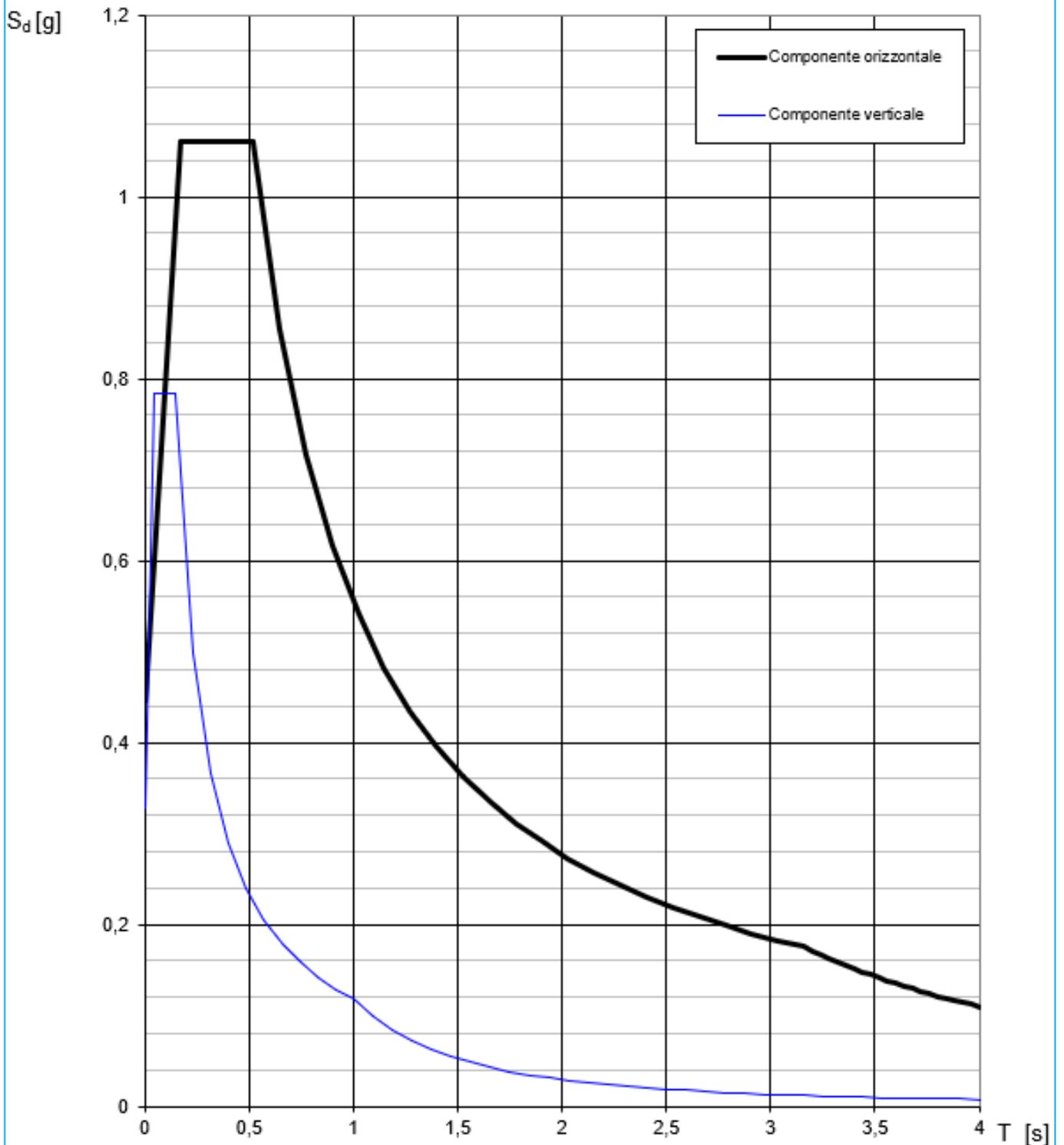
**Spettri di risposta**

$S_{d,o}$  [g]  
 $S_{d,v}$  [g]  
 $S_e$  [g]

— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,390 g
$F_o$	2,382
$T_c$	0,352 s
$S_s$	1,143
$C_c$	1,482
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,143
$\eta$	1,000
$T_B$	0,174 s
$T_C$	0,522 s
$T_D$	3,160 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,446
$T_B \leftarrow$	0,174	1,061
$T_C \leftarrow$	0,522	1,061
	0,647	0,855
	0,773	0,716
	0,898	0,616
	1,024	0,541
	1,150	0,481
	1,275	0,434
	1,401	0,395
	1,527	0,363
	1,652	0,335
	1,778	0,311
	1,904	0,291
	2,029	0,273
	2,155	0,257
	2,281	0,243
	2,406	0,230
	2,532	0,219
	2,658	0,208
	2,783	0,199
	2,909	0,190
	3,034	0,182
$T_D \leftarrow$	3,160	0,175
	3,200	0,171
	3,240	0,167
	3,280	0,163
	3,320	0,159
	3,360	0,155
	3,400	0,151
	3,440	0,148
	3,480	0,144
	3,520	0,141
	3,560	0,138
	3,600	0,135
	3,640	0,132
	3,680	0,129
	3,720	0,126
	3,760	0,124
	3,800	0,121
	3,840	0,119
	3,880	0,116
	3,920	0,114
	3,960	0,112
	4,000	0,109

## 7 ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

Il peso per unità di volume delle strutture in cemento armato è assunto pari a  $\gamma_{ca} = 25,00 \text{ kN/m}^3$ .

### 7.2 PESO DEL TERRENO A TERGO DELLA PARATIA

Il peso del terreno a tergo del muro è stato assunto pari a  $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$ .

### 7.3 CARICHI PERMANENTI

Il carico permanente a tergo del muro è costituito dalla pavimentazione stradale, per la quale è stato considerato uno spessore pari a **11,0 cm**. Assunto un peso per unità di volume della pavimentazione stradale pari a **24,00 kN/m<sup>3</sup>**, il carico uniformemente distribuito per unità di superficie risulta pari a:

$$p_{pav} = 0,11 \times 24,00 = 2,64 \text{ kN/m}^2$$

### 7.4 CARICHI ACCIDENTALI A TERGO DEL MURO

I carichi accidentali a tergo del muro sono costituiti dai carichi accidentali da traffico veicolare, per i quali è stato considerato un carico uniformemente distribuito forfettario pari a **20,00 kN/m<sup>2</sup>**.

### 7.5 SPINTA DEI TERRENI A TERGO DELL'OPERA DI SOSTEGNO

La spinta del terreno sul paramento frontale del muro è stata calcolata mediante la seguente relazione:

$$S_t = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot k \cdot H^2$$

dove:

- $\gamma$  è il peso per unità di volume del terreno
- $k$  è il coefficiente di spinta del terreno
- $H$  è l'altezza complessiva dello strato di terreno

Il valore del coefficiente di spinta attiva del terreno viene determinato mediante la formulazione analitica di Coulomb:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\beta + \varphi)}{\text{sen}^2 \beta \cdot \text{sen}(\beta - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi - \varepsilon)}{\text{sen}(\beta - \delta) \cdot \text{sen}(\beta + \varepsilon)}} \right]}$$

con:

- $\varphi$  = angolo di attrito interno
- $\beta$  = inclinazione del paramento di monte rispetto all'orizzontale  $\beta = 0^\circ$
- $\delta$  = angolo di attrito terra - muro
- $\varepsilon$  = inclinazione del terreno di monte rispetto all'orizzontale

Il punto di applicazione della spinta è posto a 1/3 dell'altezza del singolo strato di terreno.

## 7.6 SPINTA DEI SOVRACCARICHI A TERGO DELL'OPERA DI SOSTEGNO

La spinta attiva dovuta ai sovraccarichi viene valutata mediante la seguente relazione:

$$S_q = q \cdot k \cdot H$$

dove:

- $q$  è l'entità del sovraccarico agente

Sono stati considerati i seguenti sovraccarichi agenti:

- sovraccarichi permanenti  $\rightarrow p = 2,64 \text{ kN/m}^2$
- sovraccarichi accidentali  $\rightarrow q = 20,00 \text{ kN/m}^2$

Il valore del coefficiente di spinta attiva del terreno viene determinato mediante la formulazione analitica di Coulomb:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\beta + \varphi)}{\text{sen}^2 \beta \cdot \text{sen}(\beta - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi - \varepsilon)}{\text{sen}(\beta - \delta) \cdot \text{sen}(\beta + \varepsilon)}} \right]}$$

con:

- $\varphi$  = angolo di attrito interno
- $\beta$  = inclinazione del paramento di monte rispetto all'orizzontale  $\beta = 0^\circ$
- $\delta$  = angolo di attrito terra - muro
- $\varepsilon$  = inclinazione del terreno di monte rispetto all'orizzontale

Il punto di applicazione della spinta è posto a 1/2 dell'altezza del singolo strato di terreno.

## 7.7 AZIONE SISMICA

Trattandosi di un'opera di tipo provvisionale con durata limitata nel tempo l'azione sismica non verrà tenuta in conto.

## 8 COMBINAZIONI DI CARICO

### 8.1 COMBINAZIONI DI CARICO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – CARATTERISTICHE

Per le combinazioni di carico statiche relative alla struttura in oggetto si è fatto riferimento a quanto riportato nel capitolo nel D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", par. 2.5.3.

Sulla base di ciò sono state individuate le combinazioni di carico statiche caratteristiche allo Stato Limite di Esercizio, ottenute tramite la relazione generale:

$$F_d = \sum G_{kj} + Q_{k1} + \sum (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- $G_{kj}$  rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente
- $Q_{k1}$  rappresenta il valore caratteristico dell'azione variabile di base in ogni combinazione
- $Q_{ki}$  rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile
- $\Psi_{0i}$  rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori caratteristici

### 8.2 COMBINAZIONI DI CARICO ALLO STATO LIMITE ULTIMO STATICHE

Per le combinazioni di carico statiche relative alla struttura in oggetto si è fatto riferimento a quanto riportato nel capitolo nel D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", par. 2.5.3.

Sulla base di ciò sono state individuate le combinazioni di carico statiche allo Stato Limite Ultimo, ottenute tramite la relazione generale:

$$F_d = \sum_{j=1}^m (\gamma_{Gj} \cdot G_{kj}) + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot \gamma_{Qi} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$  rappresentano i coefficienti parziali di amplificazione dei carichi
- $G_{kj}$  rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente
- $Q_{k1}$  rappresenta il valore caratteristico dell'azione variabile di base in ogni combinazione
- $Q_{ki}$  rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile
- $\Psi_{0i}$  rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori caratteristici

### 8.3 COMBINAZIONE DI CARICO SISMICHE

In fase sismica è stata ipotizzata un'unica combinazione di carico allo Stato Limite di Salvaguardia ottenuta tramite la relazione generale:

$$F_d = E + \sum G_{kj} + \sum (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- $E$  rappresenta il carico sismico
- $G_{kj}$  rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente
- $Q_{ki}$  rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile
- $\Psi_{2i}$  rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori quasi permanenti

## 9 CRITERI DI CALCOLO

### 9.1 Paratia di micropali

La verifica è stata realizzata con il codice di calcolo PARATIE PLUS 2023 sviluppato da Ce.A.S. srl (Italia) e Deep Excavation LLC (U.S.A.).

La paratia di pali è stata schematizzata mediante elementi finiti lineari tipo trave, definiti nel piano da un nodo iniziale ed uno finale e dalle caratteristiche inerziali della sezione trasversale. Ogni nodo dell'elemento possiede due gradi di libertà: la traslazione in direzione orizzontale e la rotazione intorno a un asse ortogonale al piano di riferimento.

Nel caso di pali la paratia viene schematizzata come una parete continua di spessore equivalente funzione del diametro, dell'interasse dei micropali stessi.

Il terreno è stato schematizzato mediante elementi monodimensionali tipo molla, connessi alla paratia in ogni suo nodo. Il comportamento meccanico della molla è elasto-plastico: essa reagisce elasticamente fino ai valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del verso dello spostamento, alla pressione attiva o rispettivamente passiva del terreno.

In base alle componenti di sforzo efficace verticali e orizzontali, si definisce per ciascuna profondità una funzione di plasticità, che a sua volta definisce lo stato nel quale si trova l'elemento che schematizza il terreno. Sono possibili due stati distinti: una prima fase elastica, nella quale il terreno ha un comportamento perfettamente elastico nei confronti delle forze applicate, e una fase plastica, in cui il terreno è sottoposto ad uno stato di sollecitazione non più compatibile con la resistenza a rottura.

Il criterio di resistenza è quello di Mohr-Coulomb. Nelle condizioni di plasticità vengono raggiunte le condizioni di spinta attiva o passiva rispettivamente per decrementi o incrementi di tensione.

La deformabilità della molla risulta funzione dello stato tensionale a cui risulta sottoposta: quando questo si trova in campo elastico ed è definita dall'espressione della rigidità della molla:

$$K=E \cdot D/L$$

dove il significato dei simboli è il seguente:

- E = modulo di elasticità del terreno;
- L = lunghezza della molla;
- D = interasse tra le singole molle.

La lunghezza della molla L è variabile in funzione delle dimensioni della zona di terreno coinvolta nel movimento, sia in condizioni di spinta attiva che di spinta passiva.

Lo stato tensionale iniziale della molla, nelle condizioni precedenti alle operazioni di scavo e/o all'applicazione di qualsiasi azione esterna sulla paratia, è funzione della tensione verticale litostatica secondo il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ , attraverso la relazione  $\sigma'_h = k_0 \cdot \sigma'_v$ .

Nelle condizioni successive alle operazioni di scavo, o all'applicazione di azioni esterne sulla struttura, le reazioni offerte dalla molla si incrementano o diminuiscono (a seconda del verso della deformazione) raggiungendo al **limite** le tensioni corrispondenti alle condizioni di spinta attiva o passiva, rispettivamente per decrementi o incrementi di tensione.

Per la valutazione di  $k_0$  si è utilizzata l'espressione semplificata di Jaki,  $k_0=1-\text{sen } \varphi'$ .

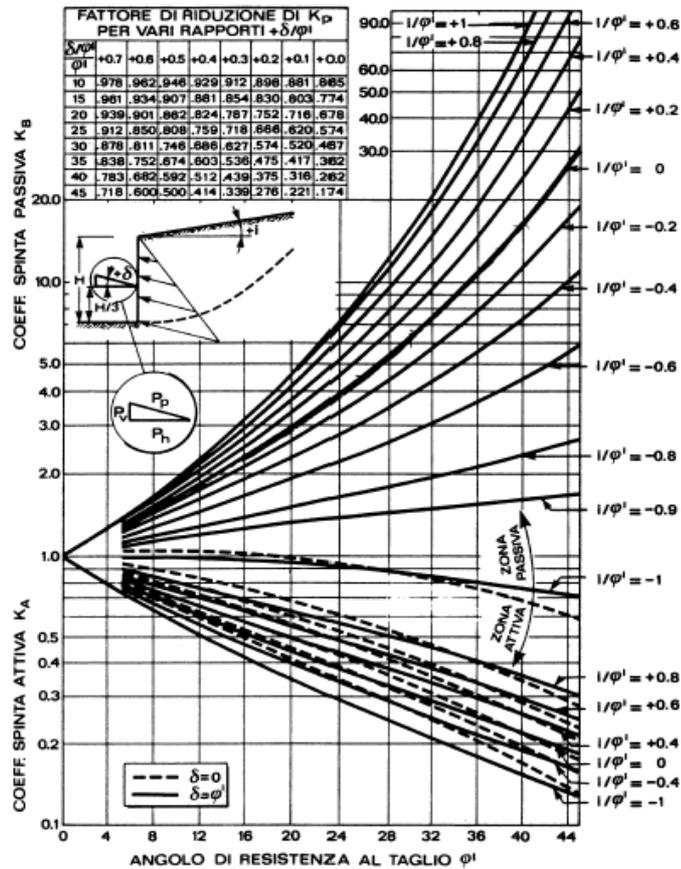
I valori dei coefficienti di spinta attiva ( $k_a$ ) possono essere calcolati secondo la relazione Coulomb o Rankine, mentre i coefficienti di spinta passiva ( $k_p$ ) secondo le relazioni di Caquot-Kerisel, o Coulomb o Rankine.

I coefficienti di spinta sono calcolati in direzione orizzontale per tutti i casi considerati e, quindi, nei casi in cui l'angolo  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia) è diverso da zero sono state calcolate le proiezioni lungo l'orizzontale delle spinte.

La relazione di Coulomb per il coefficiente di spinta attiva, con le condizioni assunte, è la seguente:

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\pi/2 + \phi)}{\left(1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \phi) \cdot \text{sen}(\phi)}{\text{sen}(\pi/2 - \delta)}}\right)^2} \quad (\text{spinta attiva})$$

La figura di seguito riporta in grafico le equazioni utilizzate per il calcolo della spinta passiva.



di

0

FIGURA 9-1 – EQUAZIONI UTILIZZATE PER IL CALCOLO DELLA SPINTA PASSIVA

## 9.2 Verifiche di stabilità

Le analisi di stabilità (verifiche di stabilità globale) delle opere sono state condotte secondo quanto previsto nelle NTC (D.M. 17/01/2018).

Per le analisi è stato utilizzato il codice di calcolo PARATIE PLUS 2023, applicando i metodi di analisi all'equilibrio limite di Bishop.

La verifica si conduce esaminando un certo numero di possibili superfici di scivolamento per ricercare quella che rappresenta il rapporto minimo tra la resistenza a rottura disponibile e quella effettivamente mobilitata; il valore di questo rapporto costituisce il coefficiente di sicurezza del pendio. Scelta quindi una superficie di rottura, la si suddivide in conci la parte instabile, studiando dapprima l'equilibrio della singola striscia e poi la stabilità globale. Le ipotesi del metodo in questione sono:

il coefficiente di sicurezza è definito come il rapporto tra la resistenza al taglio lungo un'ipotetica superficie di scorrimento e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la stessa superficie;

la rottura avviene, per il raggiungimento della resistenza limite, contemporaneamente in tutti i punti della superficie di scorrimento.

il coefficiente di sicurezza è costante in tutti i punti della superficie di scorrimento.

la resistenza al taglio è espressa dal criterio di Coulomb.

Nell'utilizzare tale metodo di calcolo si fa sempre riferimento ad un problema piano nel quale, quindi, la superficie di scorrimento è rappresentata da una curva, trascurando ogni effetto dovuto alle sezioni adiacenti. Tali schematizzazioni sono giustificabili se le proprietà meccaniche dei terreni sono omogenee in direzione trasversale e quando l'estensione del pendio è predominante sulla dimensione trasversale.

In generale la massa di terreno compresa tra la superficie di scorrimento e la superficie del suolo viene suddivisa in conci e le forze che agiscono su ciascuna striscia possono essere calcolate imponendo le condizioni di equilibrio. L'equilibrio dell'intera massa è dato poi dalla composizione delle forze che agiscono su ciascuna striscia ("Metodo delle strisce").

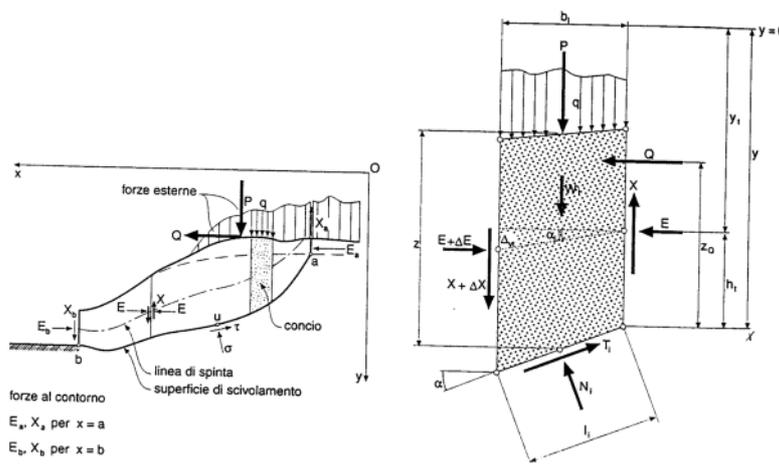


FIGURA 9-2 – SCHEMATIZZAZIONE DI CALCOLO DEL METODO DELLE STRISCE

## 10 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE

### 10.1 Criteri generali di verifica

La verifica in condizioni sismiche delle paratie provvisorie sarà omessa ai sensi del D.M. 17/01/2018 §2.4.1 in quanto opera provvisoria con durata in progetto inferiore a 2 anni.

Per le opere in esame devono essere svolte le seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese (par. 6.2.4. delle NTC 2018):

- Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU);

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

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 delle NTC 2018})$$

dove:

- $E_d$  = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  = valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione  $E_d \leq R_d$  deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I coefficienti da adottarsi nelle diverse combinazioni sono definiti in funzione del tipo di verifica da effettuare (si vedano i paragrafi seguenti). Si sottolinea che per quanto concerne le azioni di progetto  $E_d$ , tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali di cui sopra alle azioni caratteristiche, oppure, a posteriori, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche (Par. 6.2.4.1 delle NTC2018).

### 10.2 Paratie

Per le paratie le verifiche devono essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1) [STR];
- Combinazione 2: (A2+M2+R1) [GEO];

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle che seguono; la prima combinazione risulta in genere più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico (cioè gli stati limite per sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno interagente con una paratia, in cui si determina una rotazione intorno ad un punto dell'opera). I coefficienti  $\gamma_R$  del gruppo R1 sono assunti pari all'unità.

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

TABELLA 1 – COEFFICIENTI PARZIALI PER LE AZIONI O PER L'EFFETTO DELLE AZIONI

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

TABELLA 2 – COEFFICIENTI PARZIALI PER I PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

Nel caso di paratie con più livelli di vincoli, tuttavia, il meccanismo di rottura per rotazione intorno ad un punto dell'opera (combinazione GEO) non può verificarsi; in questo caso i dimensionamenti vengono effettuati con riferimento alla sola combinazione di tipo STR che considera unitari i coefficienti agenti sui parametri di resistenza dei terreni (M1) e sulla resistenza globale del sistema (R1), mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1. In questo caso, i coefficienti parziali amplificativi delle azioni possono applicarsi direttamente alle sollecitazioni, calcolate con i valori caratteristici delle azioni e delle resistenze.

Ai sensi del DM 17/01/2018, il modello geometrico deve tener conto delle possibili variazioni del profilo del terreno a monte e a valle del paramento rispetto ai valori nominali. Nel caso in cui la funzione di sostegno è affidata alla resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, la quota di valle deve essere diminuita di una quantità pari al minore dei seguenti valori:

- 10% dell'altezza di terreno da sostenere nel caso di opere a sbalzo;
- 10% delle differenze di quota fra il livello inferiore di vincolo e il fondo scavo nel caso di opere vincolate;
- 0.5m.

Infine, la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_R$	1,1

TABELLA 3 – COEFFICIENTI PARZIALI PER LE VERIFICHE DI SICUREZZA DI OPERE DI MATERIALI SCIOLTI E DI FRONTI DI SCAVO

### 10.3 Stati Limite di Esercizio (SLE)

Nelle condizioni di esercizio, devono essere valutati gli spostamenti del manufatto e del terreno circostante, dovuti alla deformazione dei terreni di fondazione e dell'opera, per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti o infrastrutture adiacenti.

## 11 MODELLO DI CALCOLO E VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI SUI MICROPALI

### 11.1 Modello di calcolo

Al fine della valutazione delle azioni sollecitanti è stato approntato un apposito modello di calcolo mediante il software **Paratie Plus 2023** (CeAS).

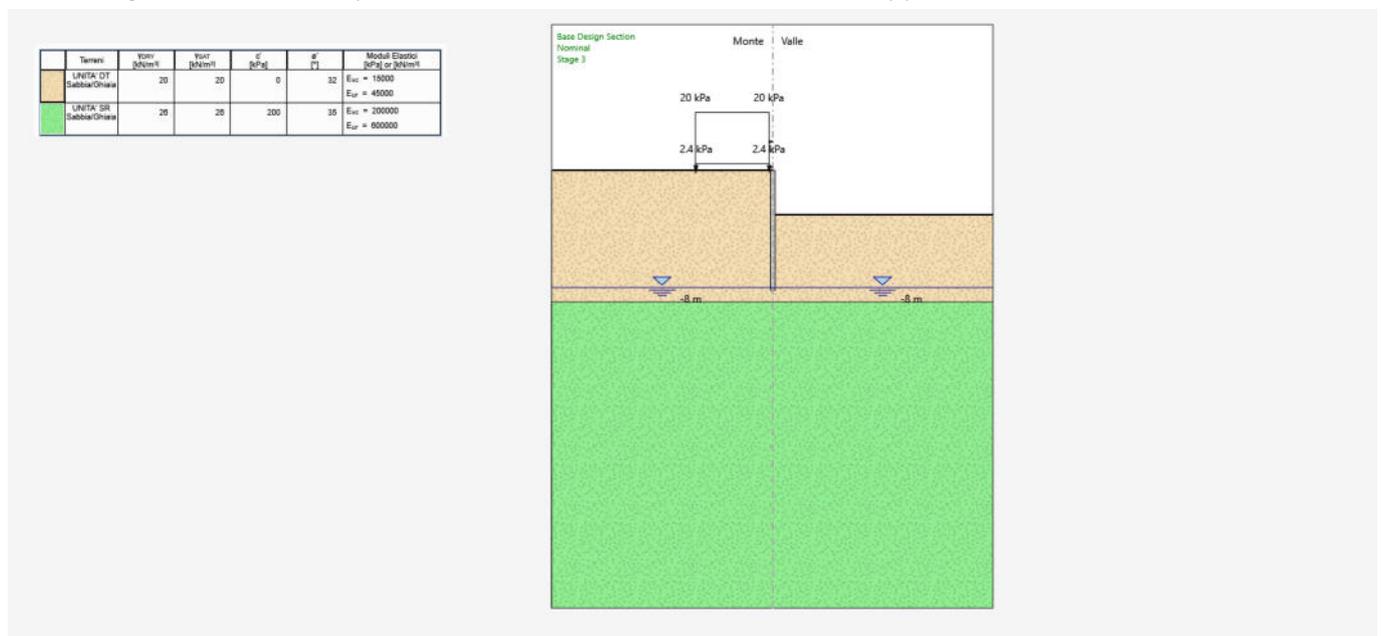
Nel modello di calcolo è stato valutato il comportamento di una paratia di micropali  $\varnothing 300$ , disposti con interasse longitudinale di **50 cm**, di lunghezza pari a **8,20 m** (compreso del cordolo di testa), armati con camicia metallica  $\varnothing 168,3$  di spessore pari a **10,00 m**.

Sono stati previsti tre ordini di tiranti attivi con le seguenti caratteristiche:

In sommità della paratia è prevista la realizzazione di un cordolo in cemento armato con sezione rettangolare **40 x 70 cm**.

La quota di fondo scavo è assunta pari a **-8,00 m** rispetto alla testa paratia.

Nell'immagine successiva è riportata la fase finale del modello di calcolo approntato:

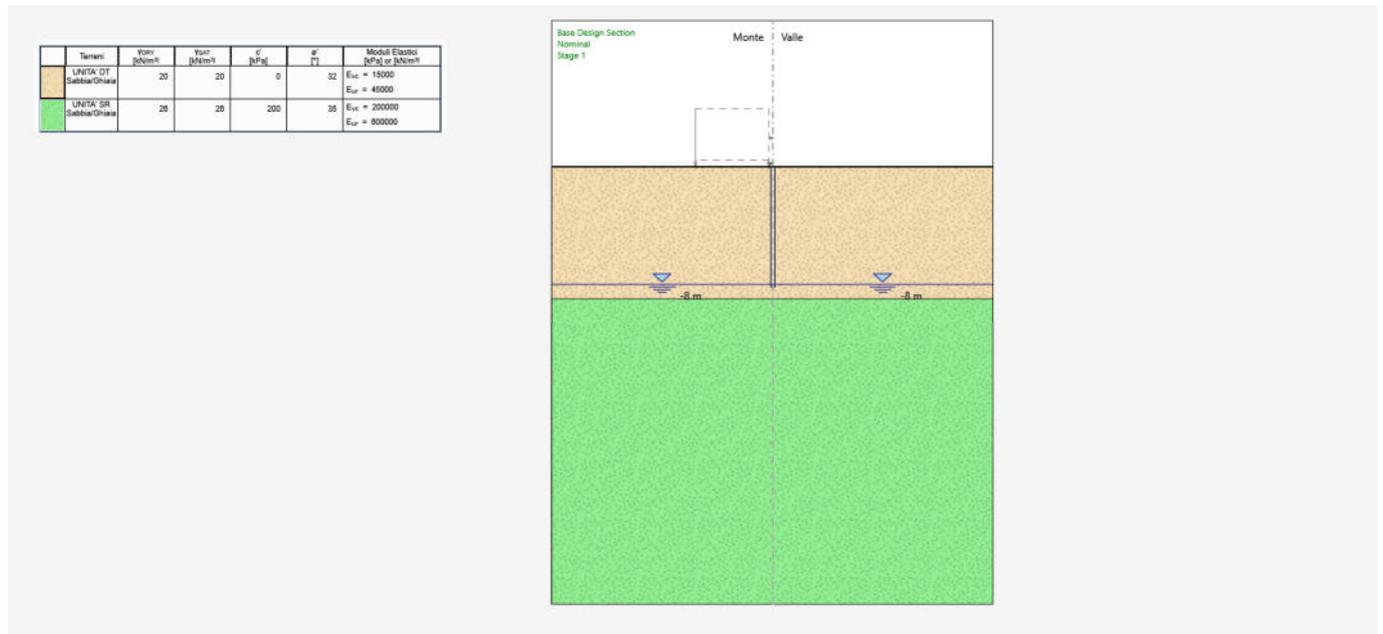


L'altezza massima di scavo è assunta pari a **3,00 m**.

## 11.2 Fasi di realizzazione

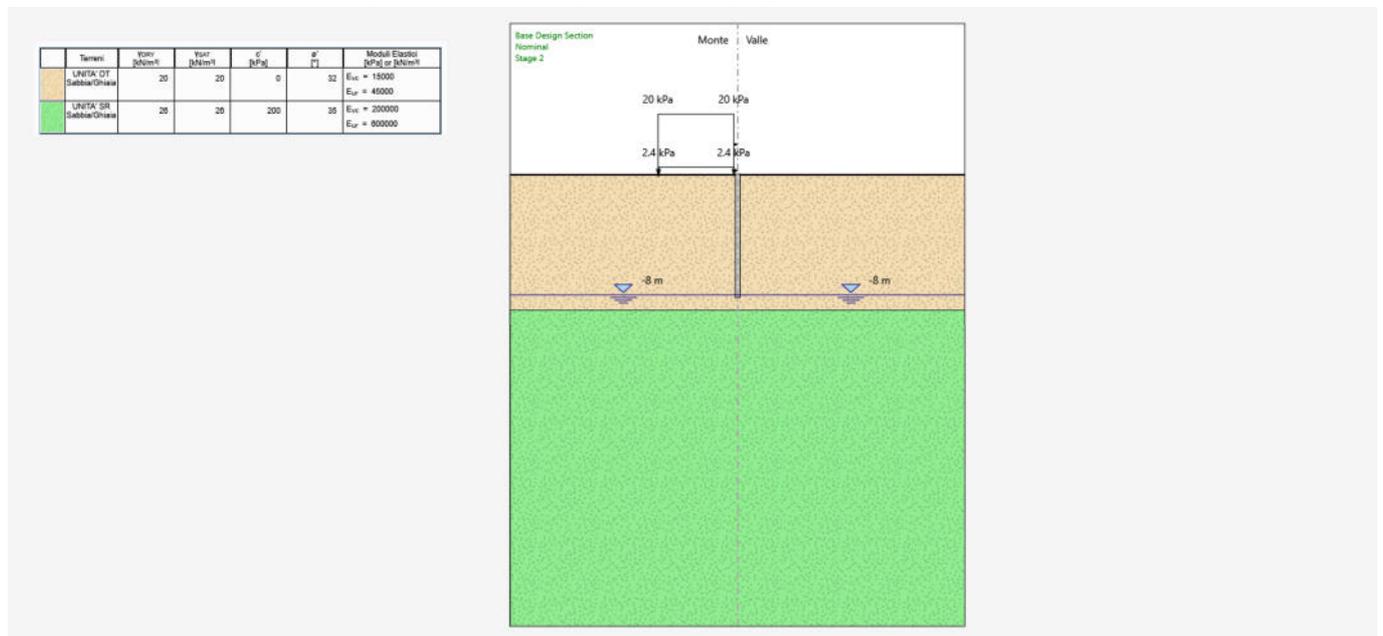
### FASE 1 (geostatica)

- Esecuzione dei pali Ø300
- Falda a monte e a valle a quota -8,00 m dal piano di campagna



### FASE 2

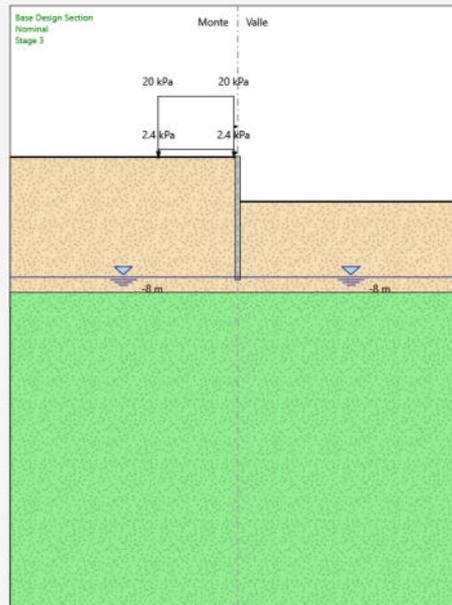
- Applicazione dei sovraccarichi permanenti e accidentali a tergo della paratia
- Falda a monte e a valle a quota -8,00 m dal piano di campagna



FASE 3

- Scavo fino a quota **-3,00 m** dal piano di campagna
- Falda a monte e a valle a quota **-8,00 m** dal piano di campagna

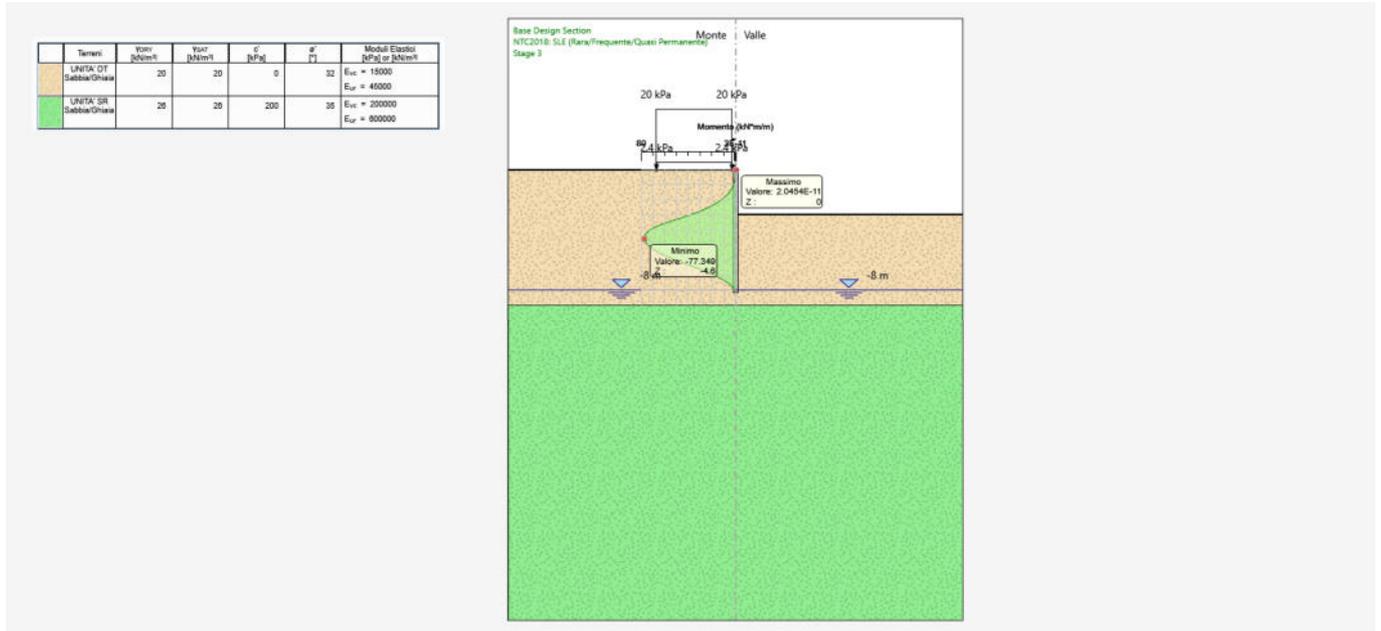
Strato	Y <sub>0</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Y <sub>1</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	c (kPa)	a' (°)	Moduli Elastici (N/mm <sup>2</sup> ) or (kN/mm <sup>2</sup> )
UNITA' OT Sabbia/Ghiaia	20	20	0	32	E <sub>u</sub> = 15000 E <sub>u</sub> = 40000
UNITA' SR Sabbia/Ghiaia	20	20	200	35	E <sub>u</sub> = 200000 E <sub>u</sub> = 800000



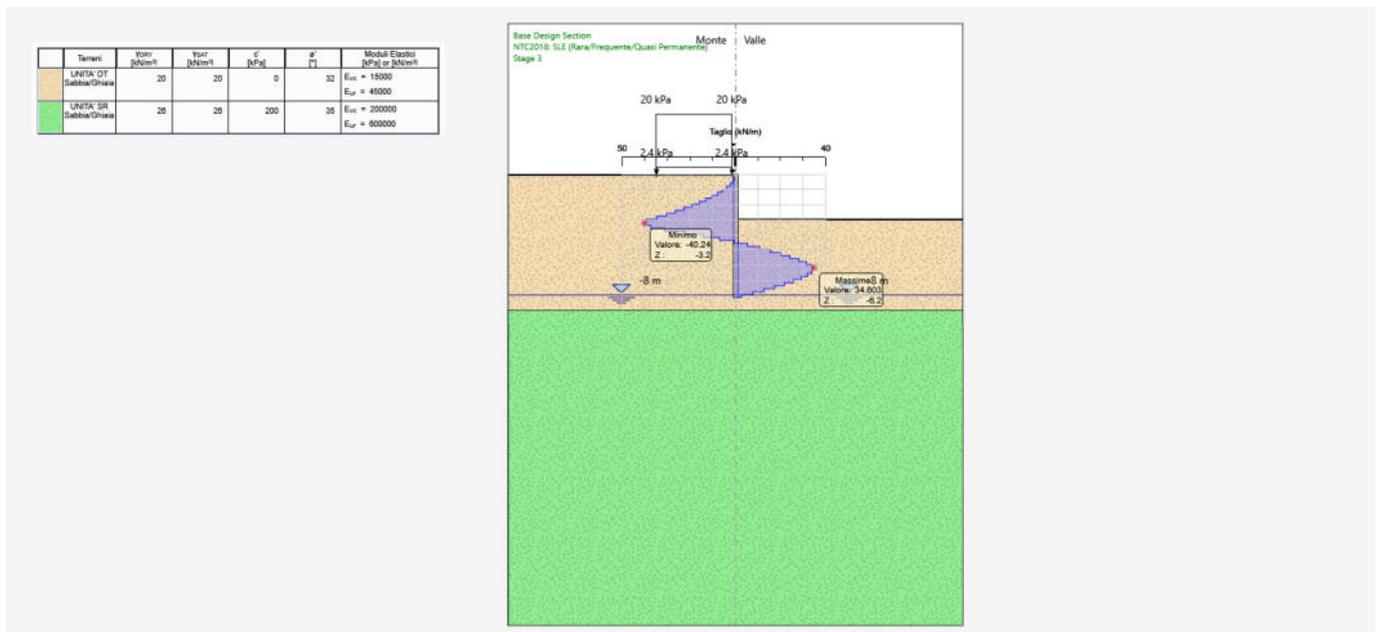
### 11.3 Valutazione delle azioni sollecitanti sui pali

#### 11.3.1 COMBINAZIONE SLE - CARATTERISTICA

Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'involuppo del momento flettente, valutato per metro lineare di paratia:

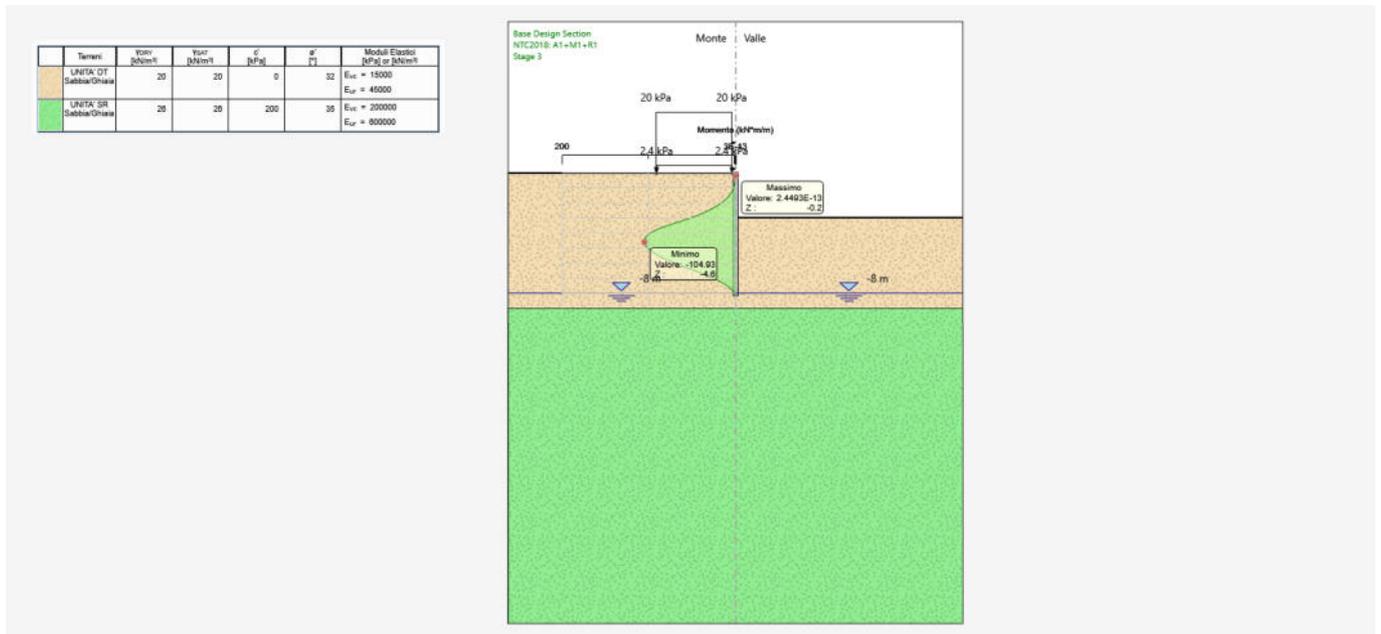


Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'involuppo dell'azione tagliante, valutata per metro lineare di paratia:

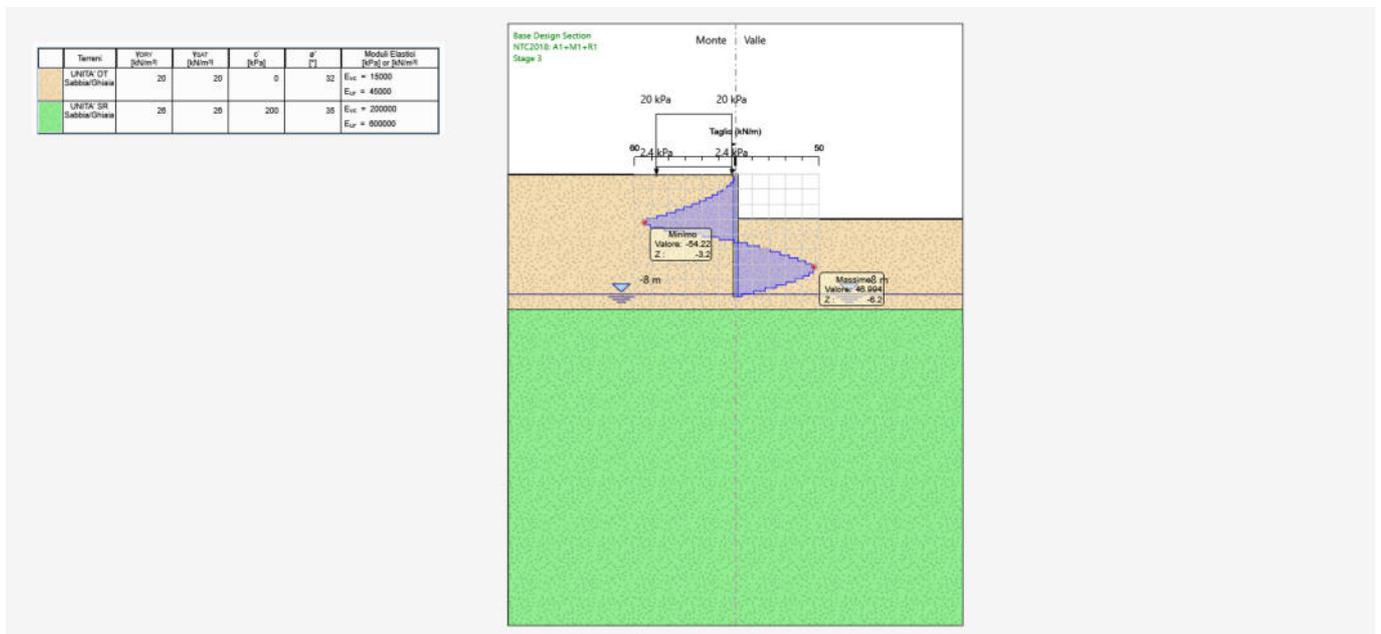


### 11.3.2 COMBINAZIONE SLU – STR (A1+M1+R1)

Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'involuppo del momento flettente, valutato per metro lineare di paratia:

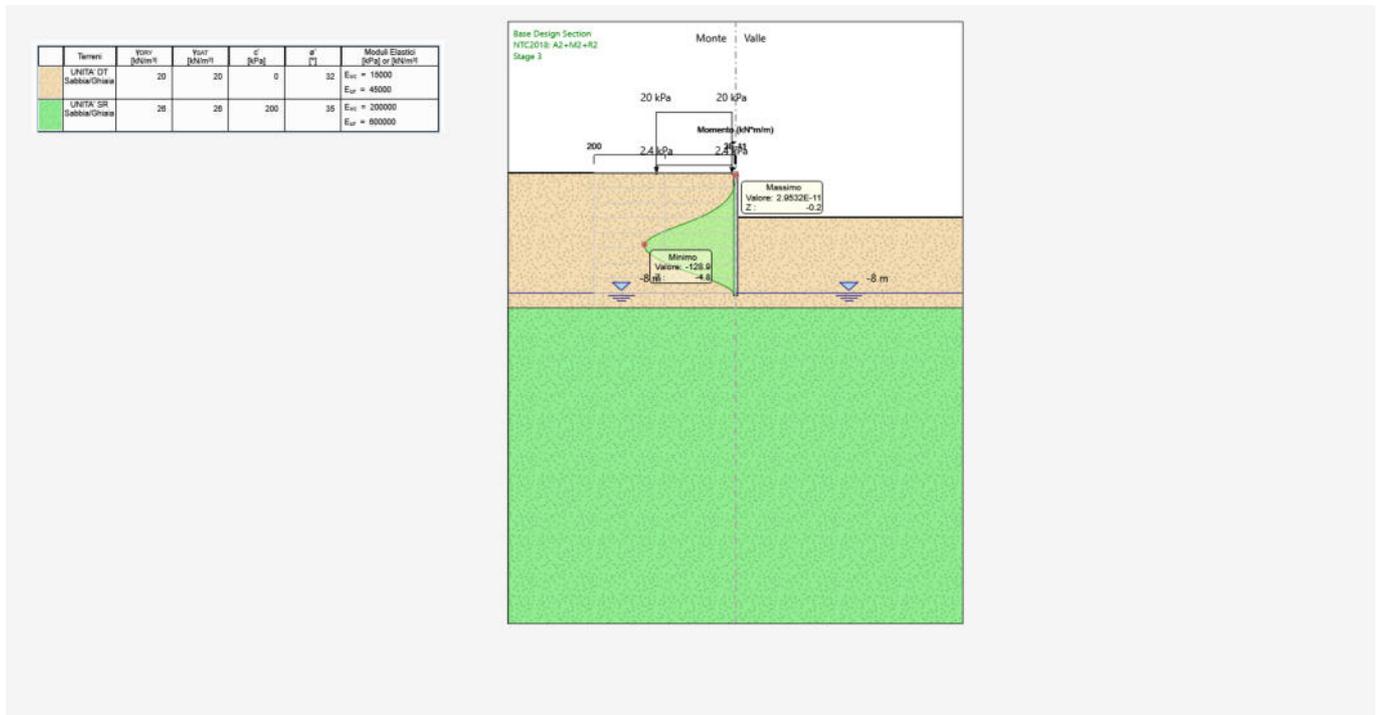


Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'involuppo dell'azione tagliante, valutata per metro lineare di paratia:

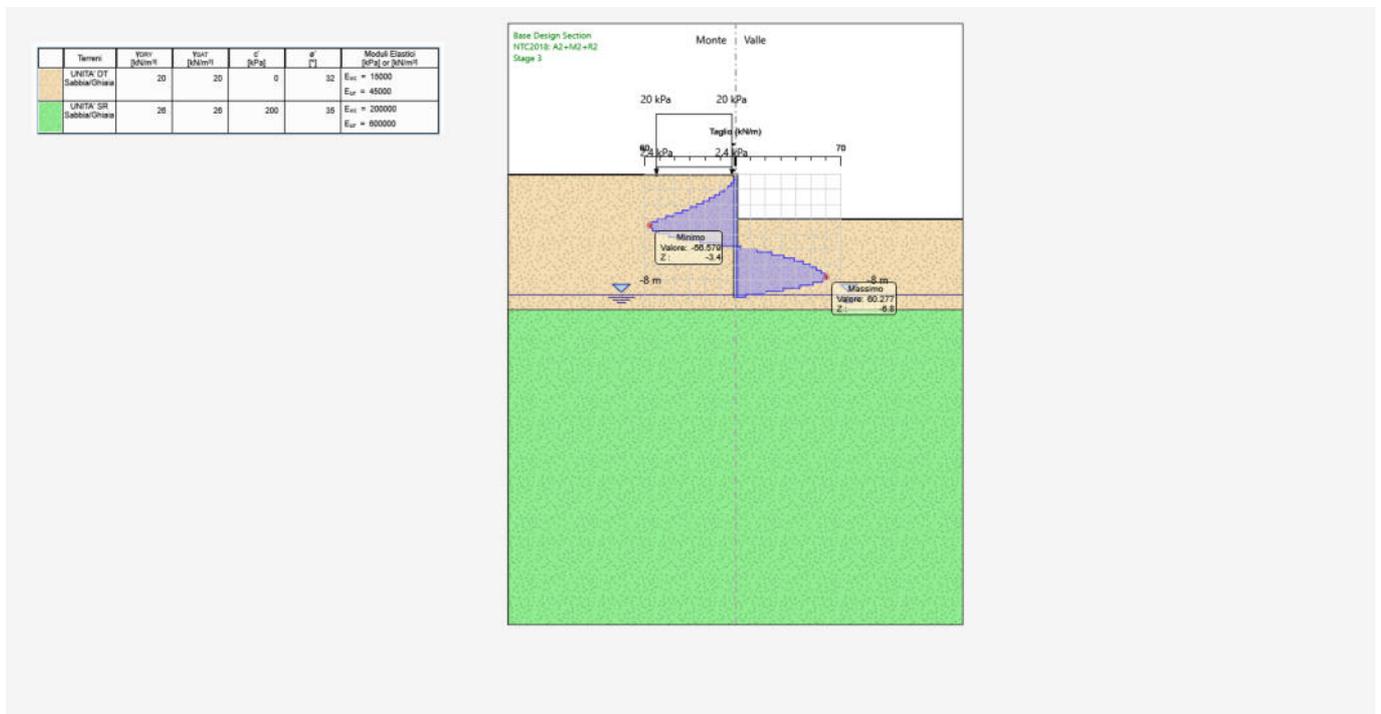


### 11.3.3 COMBINAZIONE GEO – STR (A2+M2+R2)

Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'involuppo del momento flettente, valutato per metro lineare di paratia:



Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'involuppo dell'azione tagliante, valutata per metro lineare di paratia:



#### 11.3.4 RIEPILOGO DELLE AZIONI SOLLECITANTI SULLA PARATIA DI PALI

Nella tabella successiva sono riepilogate le azioni sollecitanti per unità di lunghezza di paratia e sul singolo palo della paratia:

COMBINAZIONI	AZIONI PER UNITA' DI LUNGHEZZA		AZIONI PER SINGOLO MICROPALO	
	$M_{Sd}$ [kNm/m]	$V_{Sd}$ [kN/m]	$M_{Sd}$ [kNm]	$V_{Sd}$ [kN]
SLE - CARATTERISTICA	77,35	40,24	38,67	20,12
SLU - STR (A1+M1+R1)	104,93	54,22	52,47	27,11
SLU - GEO (A2+M2+R2)	128,90	60,28	64,45	30,14

## 12 VERIFICA STRUTTURALE DEI MICROPALI

La verifica strutturale dei micropali verrà condotta, a favore di sicurezza, esclusivamente sulla sezione della camicia metallica.

La combinazione di verifica utilizzata è la combinazione SLU – STR (A1+M1+R1).

### VERIFICA STRUTTURALE DELL'ELEMENTO TUBOLARE

#### 1. Dimensioni commerciali del tubolare

Diametro commerciale della camicia metallica (mm):	168,30
Spessore commerciale della camicia metallica (mm):	10,00

#### 2. Caratteristiche dei materiali

Tipologi dell'acciaio:	S355JR
Tensione caratteristica di rottura (N/mm <sup>2</sup> ):	510,00
Tensione caratteristica di snervamento (N/mm <sup>2</sup> ):	355,00
Tensione di snervamento di calcolo (N/mm <sup>2</sup> ):	338,10

#### 3. Caratteristiche geometriche e inerziali

Area della sezione trasversale dell'elemento tubolare (mm <sup>2</sup> ):	4.973,14
Momento di inerzia della sezione trasversale dell'elemento tubolare (mm <sup>4</sup> ):	15.639.838,96
Modulo di resistenza della sezione trasversale dell'elemento tubolare (mm <sup>3</sup> ):	185.856,67

#### 5. Azioni sollecitanti di calcolo

Coefficiente di amplificazione per i carichi permanenti:	1,00
Coefficiente di amplificazione per i carichi accidentali:	1,00
Azione normale di calcolo (kN):	0,00
Momento flettente di calcolo (kNm):	52,47
Azione tagliante permanente caratteristica (kN):	27,11

#### 6. Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione (elastica)

Per la verifica allo SLU per pressoflessione (elastica) viene utilizzata la seguente relazione:

$$\sigma = \frac{N_{S,d}}{A} + \frac{M_{S,d}}{W} \leq f_{y,d}$$

Tensione normale massima sulla sezione:	282,31
---	--------

**VERIFICA POSITIVA**

Coefficiente di sicurezza:	1,20
----------------------------	------

### 7. Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione (plastica)

Per la verifica allo SLU per pressoflessione (plastica) viene utilizzata la seguente relazione:

$$\frac{N_{S,d}}{N_{pl,R,d}} + \frac{M_{S,d}}{M_{pl,R,d}} \leq 1,00$$

Azione normale resistente plastica (kN):

1.681,40

Momento flettente resistente plastico (kNm):

84,84

**VERIFICA POSITIVA**

Coefficiente di sicurezza:

1,62

### 8. Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio

Per la verifica allo SLU per taglio viene utilizzata la seguente relazione:

$$\tau = \frac{2 \cdot V_{S,d}}{A} \leq \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}}$$

Tensione tangenziale massima sulla sezione:

10,90

**VERIFICA POSITIVA**

Coefficiente di sicurezza:

17,90

### 9. Verifica allo Stato Limite Ultimo per stati pluriassiali di tensione

Per la verifica allo SLU per stati pluriassiali di tensione viene utilizzata la seguente relazione:

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq f_{y,d}$$

Tensione ideale sulla sezione:

282,95

**VERIFICA POSITIVA**

Coefficiente di sicurezza:

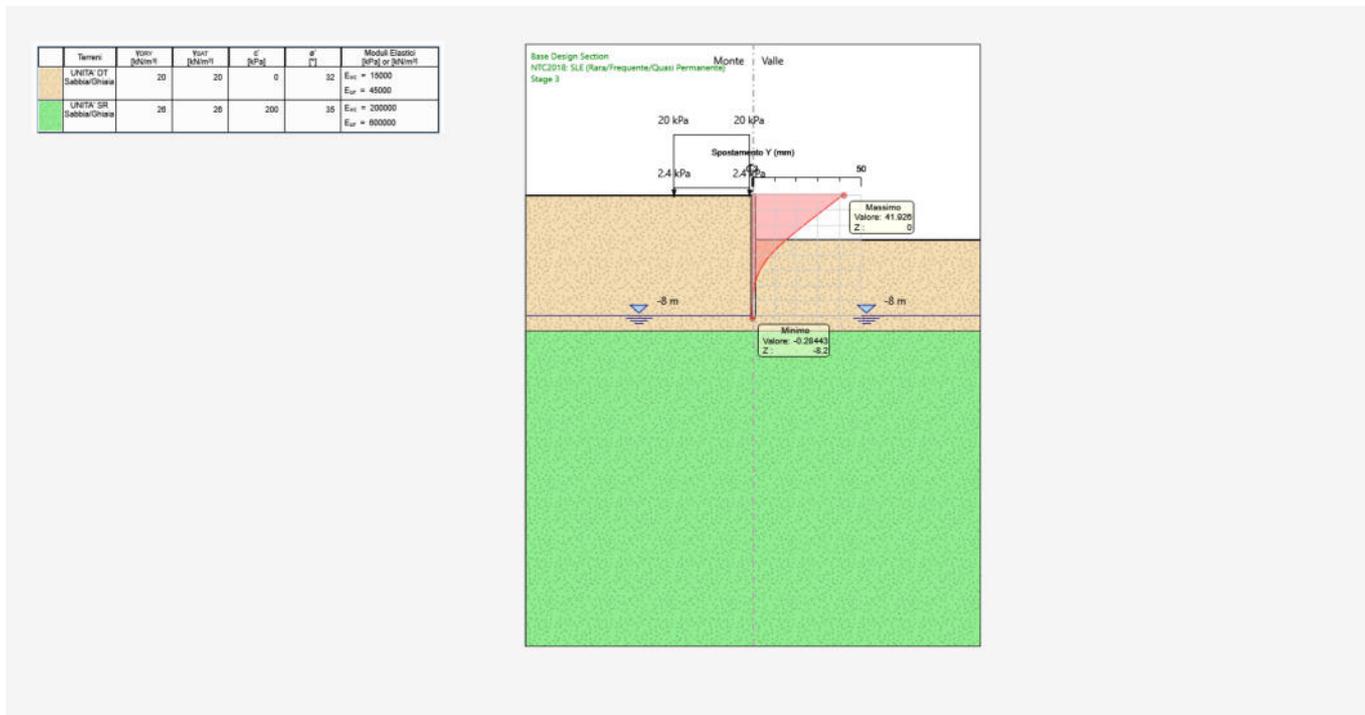
1,19

## 13 VERIFICA DELLO SPOSTAMENTO MASSIMO

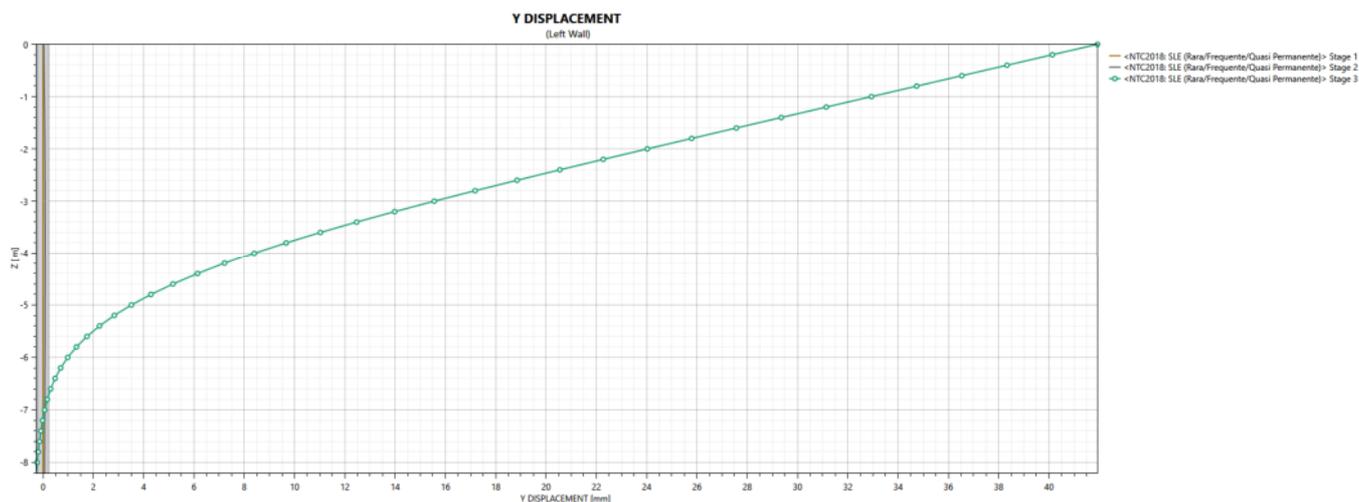
### 13.1 Valutazione dello spostamento massimo sulla paratia

#### 13.1.1 COMBINAZIONE SLE – CARATTERISTICA

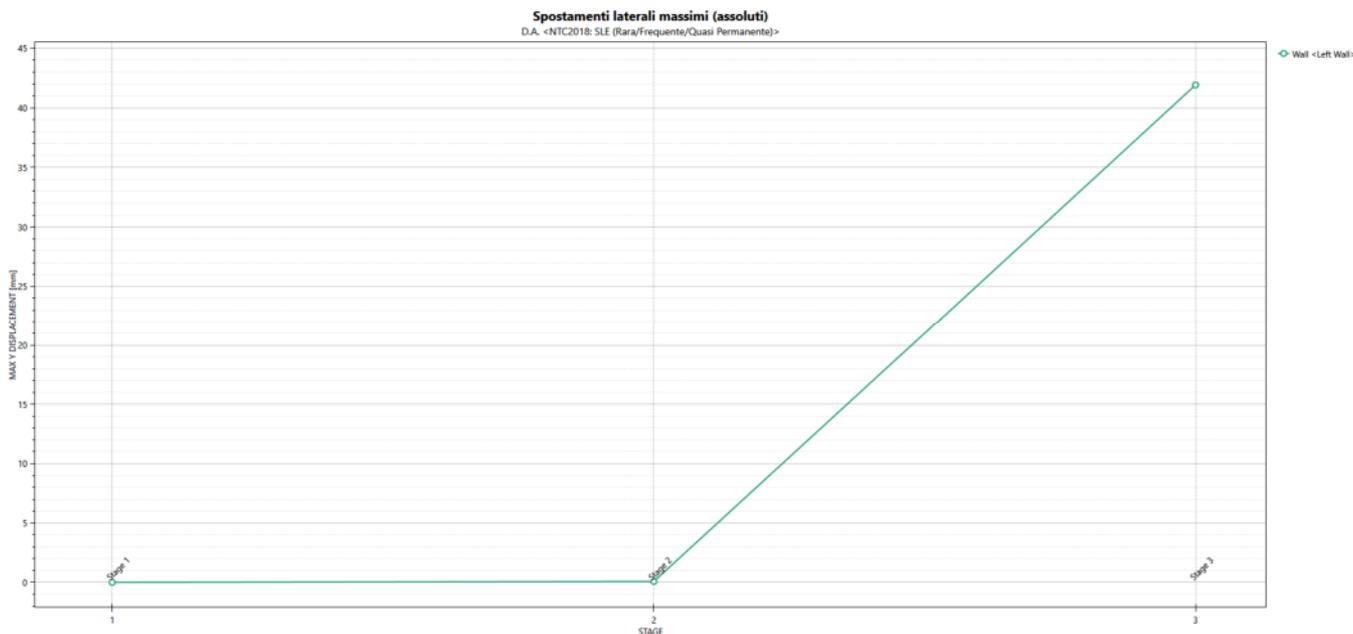
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'involuppo dello spostamento orizzontale della paratia:



Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dello spostamento in esercizio della paratia per le singole fasi considerate:



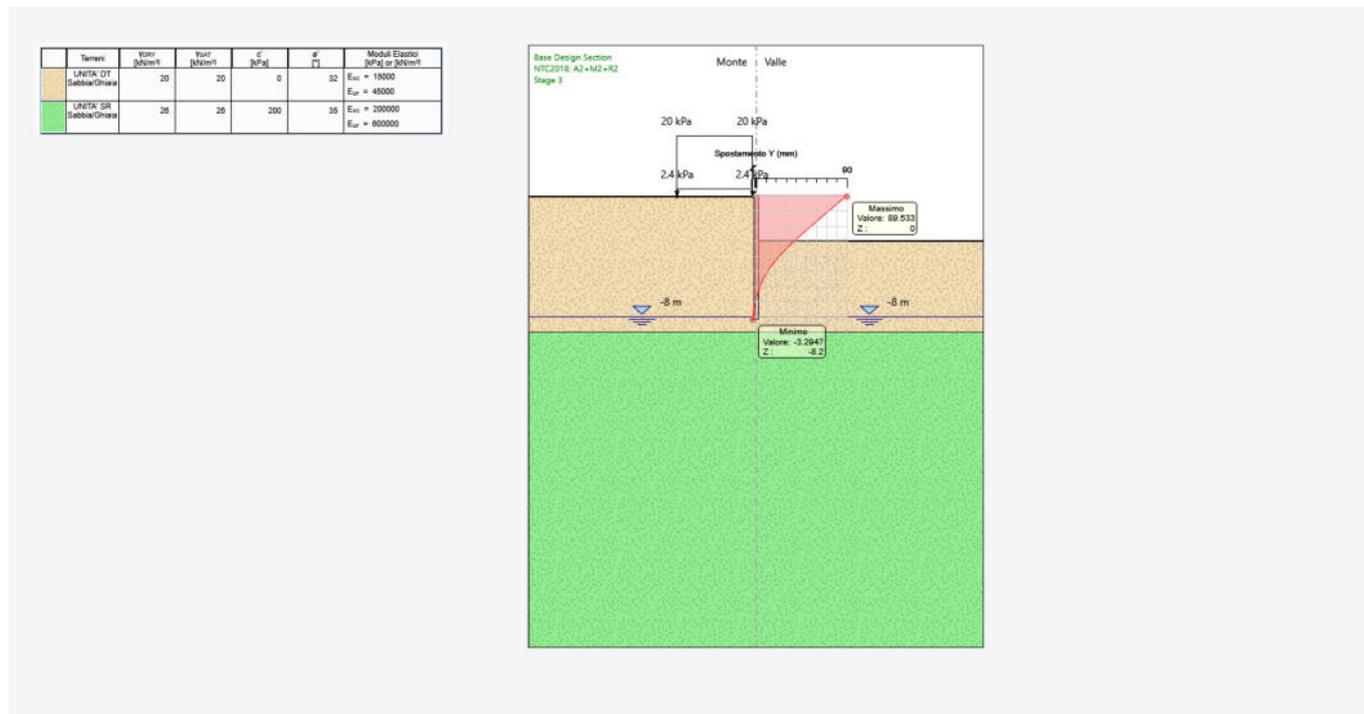
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dello spostamento massimo in esercizio della paratia per le singole fasi considerate:



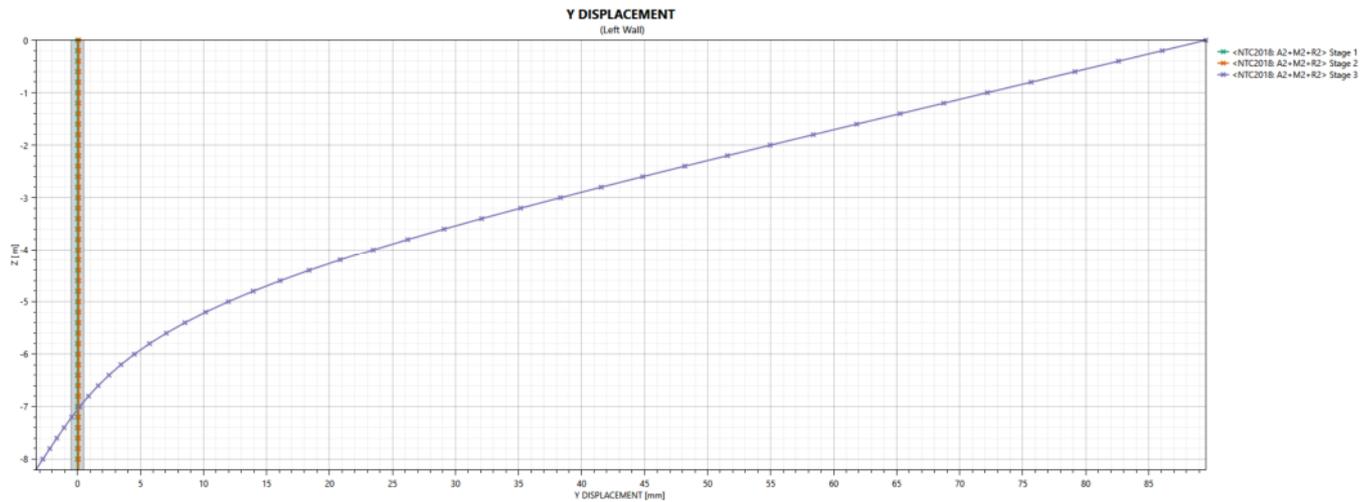
Lo spostamento massimo della paratia in condizioni di esercizio risulta pari a **41,926 mm** a quota **-0,00 m** dalla testa paratia (Combinazione SLE – Caratteristica – Fase 3).

### 13.1.2 COMBINAZIONE SLU – GEO

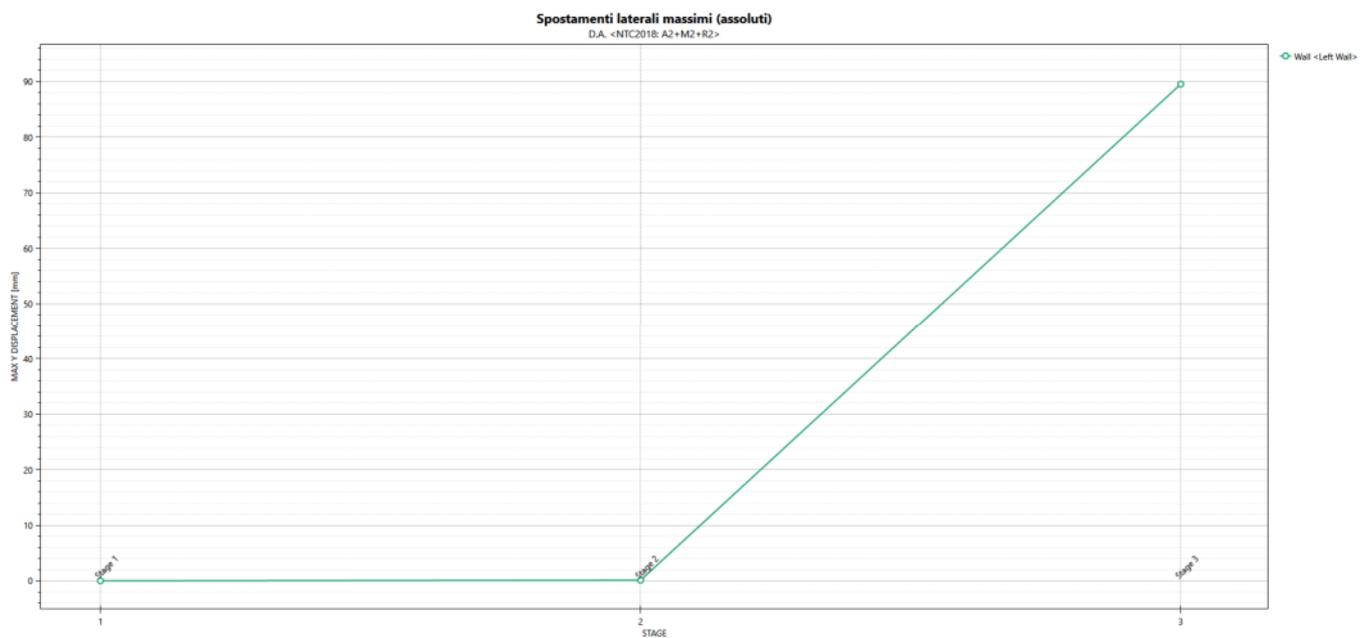
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'involuppo dello spostamento orizzontale della paratia:



Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dello spostamento della paratia allo Stato Limite Ultimo - GEO per le singole fasi considerate:



Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dello spostamento massimo della paratia allo Stato Limite Ultimo - GEO per le singole fasi considerate:



Lo spostamento massimo della paratia in condizioni di esercizio risulta pari a **89,533 mm** a quota **-0,00 m** dalla testa paratia (Combinazione SLU – GEO – Fase 3).

### 13.1.3 VERIFICA DELLO SPOSTAMENTO MASSIMO ORIZZONTALE IN ESERCIZIO

Lo spostamento massimo della paratia in condizioni di esercizio risulta pari a **41,926 mm** a quota **-0,00 m** dalla testa paratia (Combinazione SLE – Caratteristica – Fase 11). Tale spostamento risulta perfettamente compatibile con la funzionalità dell'opera.

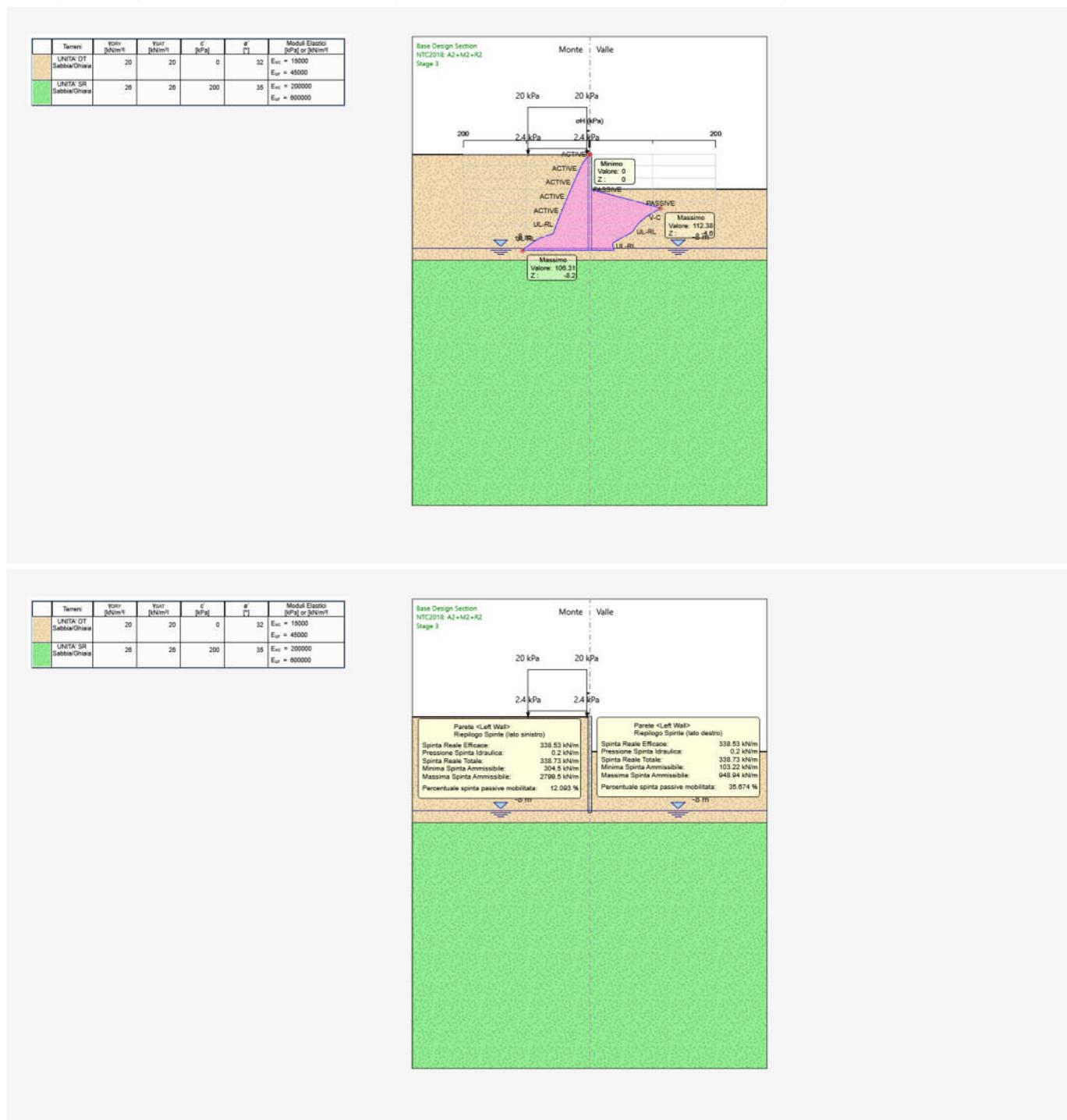
## 14 VERIFICA DELLA STABILITÀ ALLA ROTAZIONE

La verifica di stabilità della paratia è effettuata considerando il rispetto dei due seguenti criteri:

- 1) Il calcolo non lineare della paratia deve convergere a una soluzione equilibrata e congruente
- 2) Sul lato di scavo (valle) la spinta efficace mobilitata deve essere minore della spinta passiva disponibile; quindi, il loro rapporto deve essere  $\leq 1$ .

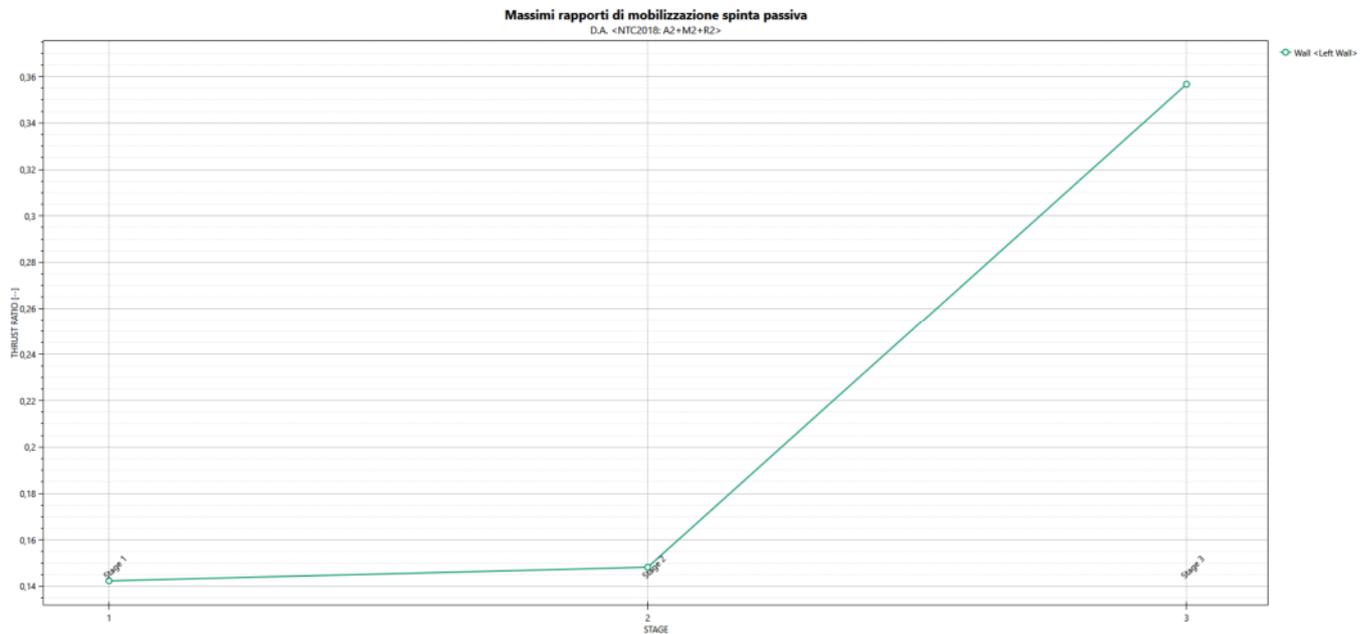
### 14.1 Combinazione SLU - GEO

Di seguito è riportato l'andamento delle spinte in fase finale a valle e a monte della paratia:



Dall'esame dei tabulati di calcolo si desume:

- 1) Il calcolo non lineare converge a una soluzione equilibrata per tutte le fasi di calcolo
- 2) Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva risulta  $< 1,00$ :



Massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva =  $0,357 < 1,00 \rightarrow$  VERIFICATO

## 15 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

### 15.1 Metodo di calcolo adottato

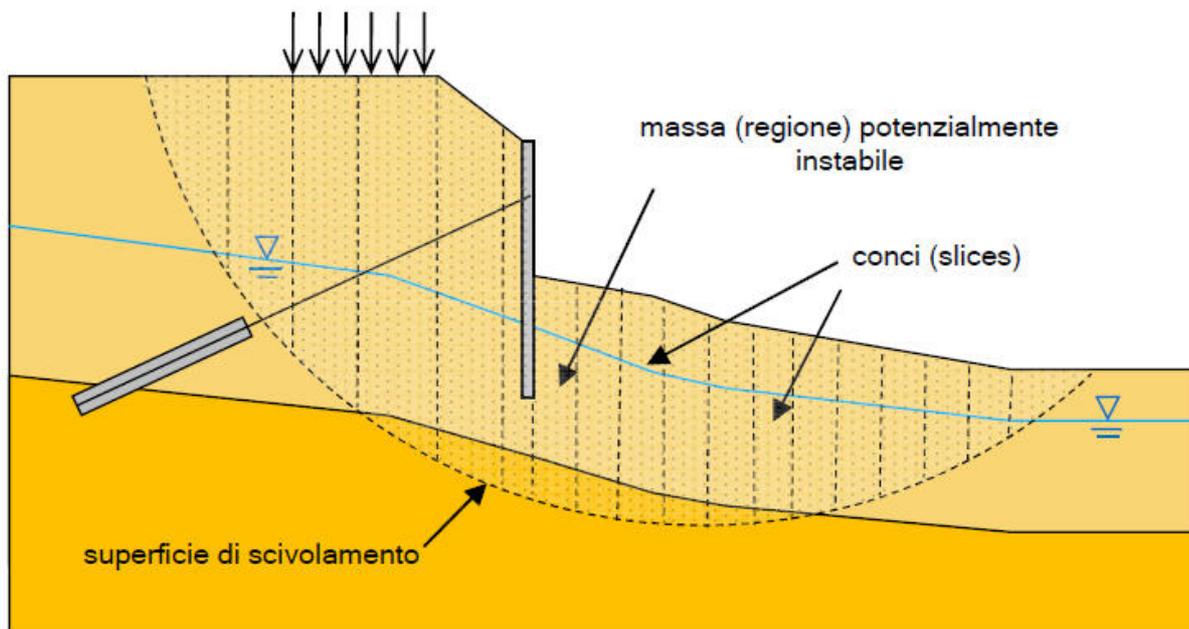
Per la valutazione della stabilità globale è stato adottato il metodo di Bishop semplificato.

Il metodo, appartenente alla famiglia dei metodi all'equilibri limite, si basa sull'individuare una porzione di terreno instabile mobilitata lungo una potenziale superficie di scorrimento.

Il coefficiente di sicurezza associato ad una superficie è calcolato imponendo le condizioni di equilibrio nelle quali vengono introdotte le resistenze offerte del terreno affette da tale coefficiente di sicurezza.

Variando secondo diversi criteri la superficie di scorrimento, è possibile determinare la configurazione associata al coefficiente di sicurezza minimo.

Il metodo la regione di terreno mobilitata in conci (compresi tra la sommità del terreno e la superficie di scorrimento e istituiscono le condizioni di equilibrio generali e relative ai singoli conci. Poiché nella scrittura delle condizioni di equilibrio del singolo concio è necessario includere le azioni che esso scambia con i conci adiacenti, si ottiene un sistema risolvibile in cui le incognite (il coefficiente di sicurezza e le azioni interne fra i conci) superano le equazioni disponibili.



Il metodo di Bishop assume che i vari conci si scambino azioni solo normali alle facce, vale a dire azioni orizzontali; richiede inoltre che la superficie di scivolamento sia un arco di cerchio e determina il coefficiente di sicurezza imponendo l'equilibrio alla rotazione dell'ammasso attorno al centro della circonferenza.

La verifica di stabilità globale viene condotta in corrispondenza delle combinazioni:

- SLU – GEO (A2+M2+R1)

## 15.2 Combinazione SLU - GEO

### 15.2.1 DEFINIZIONE DELLE PROPRIETÀ DI ANALISI PER LA STABILITÀ GLOBALE

**Proprietà analisi di stabilità dei pendii** — □ ×

D.S. Base Design Section Fase Stage 3 Eredita le proprietà dalla Fase: ▾

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▾

Definizione Superficie Critica  ▾

Massimo numero di iterazioni  Passo Conci  m

Tolleranza FS  Contributo del muro all'analisi di stabilità Considera muro solo come vin ▾

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo  Continua anche in presenza di errori nei Geopile.

Golden Section Search  Metti in conto le pressioni dell'acqua nei calcoli dei geopile

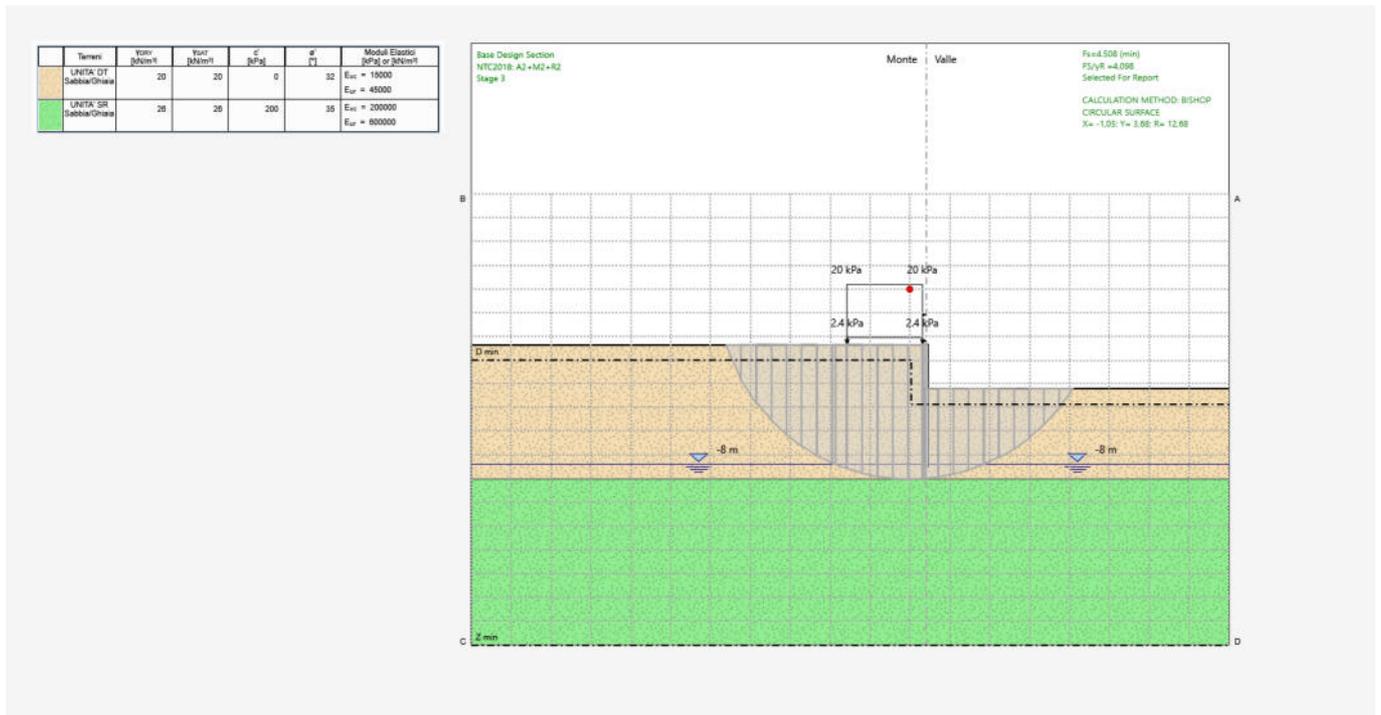
Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)  Usa sempre l'algoritmo generale per i geopiles

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)  Geopile file dump

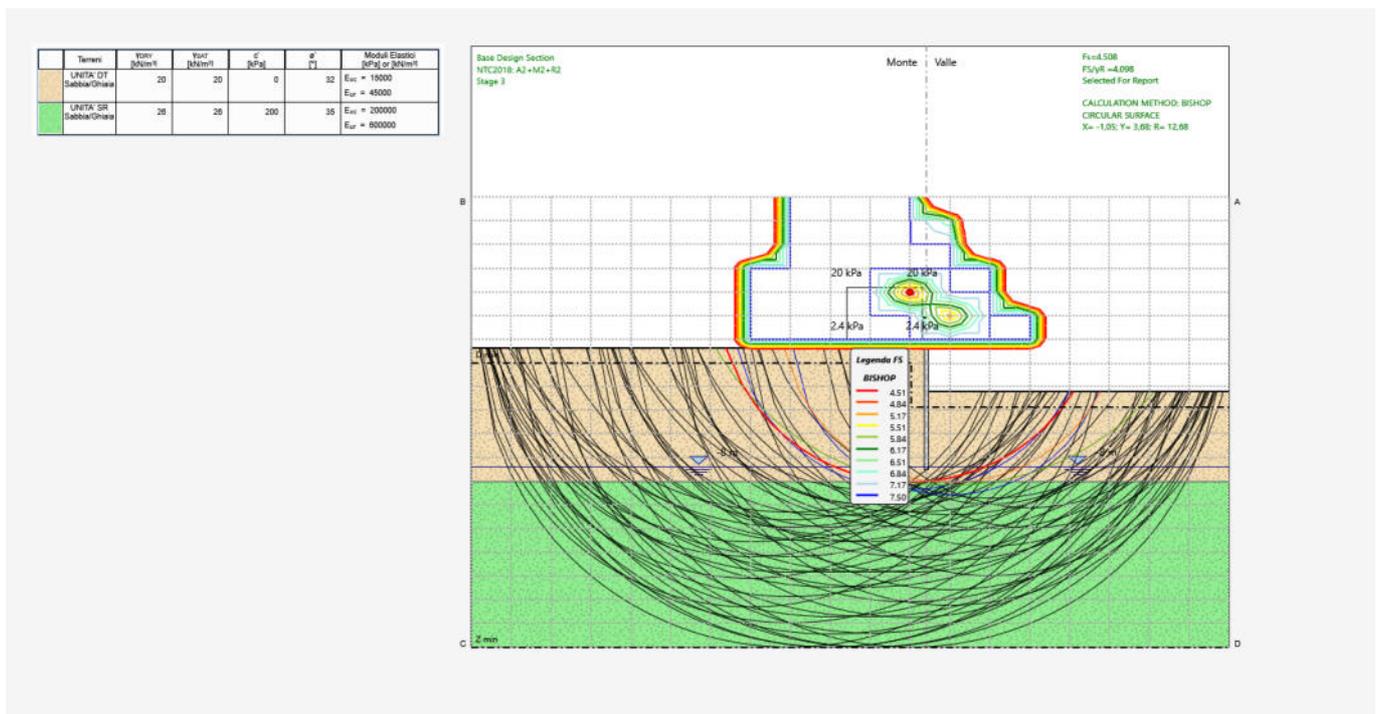
**Griglia dei Centri**

	Z min per calcolo raggio massimo		X	Z
Offset da topline per Rmin	<input type="text" value="1"/> m	A	<input type="text" value="20"/> m	<input type="text" value="10"/> m
Numero Raggi	<input type="text" value="20"/>	B	<input type="text" value="-30"/> m	<input type="text" value="10"/> m
Densità Griglia dei Centri	<input type="text" value="20"/>	C	<input type="text" value="-30"/> m	<input type="text" value="-20"/> m
		D	<input type="text" value="20"/> m	<input type="text" value="-20"/> m

15.2.2 SUPERFICIE CRITICA



15.2.3 RIEPILOGO DELLE SUPERFICIE CRITICHE E DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SICUREZZA



Il coefficiente di sicurezza minimo è risultato pari a 4,51 > 1,10 → VERIFICATO.

## 16 CONFORMITÀ AL CAPITOLO 10.2 DEL D.M. 17.01.2018

La sicurezza statica è stata verificata valutando la resistenza, la funzionalità e la durabilità degli elementi strutturali in relazione alle effettive condizioni di carico in esercizio, alle prescrizioni ed ai coefficienti di sicurezza indicati dalla normativa vigente.

Le sezioni resistenti sono state verificate utilizzando il "Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite", in base ai valori massimi delle caratteristiche di sollecitazione ricavate secondo le usuali formule della Scienza delle Costruzioni.

La sicurezza sismica è stata valutata tramite un'analisi dinamica lineare di seguito descritta.

### 16.1 Origine e caratteristiche dei software di calcolo

#### 16.1.1 PARATIE PLUS 2023



since 1990

**HARPACEAS**  
More than BIM

### Affidabilità del codice di calcolo Paratie Plus

In accordo a quanto previsto nel paragrafo "Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo" delle "Norme tecniche per le Costruzioni", si precisa che la documentazione a corredo del software richiesta dalla norma citata è contenuta nei seguenti documenti in formato PDF compresi nell'installazione di PARATE PLUS:

Guida Utente	Contiene una descrizione delle basi teoriche generali e delle procedure di progetto generali implementate, con particolare riferimento alle varie Normative tecniche adottate. Inoltre, contiene una serie di esempi tipici, per i quali vengono descritte, in modo dettagliato, le diverse fasi operative e relativi comandi del programmi. Sono contenuti inoltre commenti sui criteri di modellazione che si rendono via via necessari; infine sono discussi i risultati. Tutti i file di input dei casi risolti sono compresi nell'installazione del programma.
Teoria - Paratie Plus	Descrive in modo approfondito gli algoritmi numerici alla base della simulazione di un'opera di sostegno tramite il metodo delle molle non lineari.
Advanced-Modelling	Per tutti gli algoritmi e le diverse opzioni di modellazione implementate, sono riportati casi prova commentati con il confronto tra i risultati forniti dal programma ed i valori di riferimento, disponibili in genere da esempi teorici risolvibili con altri metodi o tramite il confronto con valori in letteratura. Tutti i file di input dei casi prova sono compresi nell'installazione del programma.
Stima Parametri	Contiene una guida per la determinazione dei principali parametri geomeccanici di input, alla luce delle tecnologie sperimentali più diffuse, e secondo raccomandazioni accreditate in letteratura e da standard internazionali
Verifiche strutturali	Descrive le assunzioni ingegneristiche alla base delle procedure di verifica degli elementi strutturali, quali pareti, tiranti, puntoni, elementi di ripartizione ecc.
Interfaccia con DXF	Descrive le ipotesi alla base dell'importazione della geometria a partire da un modello cad.

Harpaceas s.r.l.  
Ing. Paolo Sattamino



HARPACEAS s.r.l. • Viale Richard, 1 • 20143 Milano • tel.+39 02 891741 • fax +39 02 89151600  
info@harpaceas.it • harpaceas@scacert.it • www.harpaceas.it

Cod. Fisc. e P.Iva 09907290150 - Cap.Soc.Euro 100.000,00 i.v.- Iscriz. C.C.I.A.A.Milano n°1326913  
Iscriz.Trib.Milano Rag. Sociale 300520 vol.7952 Fasc.20

## 16.2 Affidabilità dei codici utilizzati

---

Si dichiara di aver esaminato preliminarmente la documentazione a corredo del software contenente una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati oltre all'individuazione dei campi d'impiego, valutandone l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico.

## 16.3 Validazione dei codici

---

Non risulta necessaria una validazione indipendente del calcolo strutturale.

## 16.4 Modalità di presentazione dei risultati

---

I risultati riassumono, in sintesi completa ed efficace, il comportamento della struttura per il particolare tipo di analisi sviluppata.

L'esito della elaborazione è sintetizzato in disegni e schemi grafici contenenti, per le parti più sollecitate della struttura, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione, i diagrammi di involuppo associati alle combinazioni dei carichi considerate, gli schemi grafici con la rappresentazione dei carichi applicati e delle corrispondenti reazioni vincolari. Delle suddette grandezze, unitamente ai diagrammi ed agli schemi grafici, sono evidenziate le convenzioni sui segni, oltre ai valori numerici e le unità di misura nelle sezioni significative per la valutazione del comportamento complessivo della struttura e i valori numerici necessari ai fini delle verifiche di misura della sicurezza.

## 16.5 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

---

Si dichiara l'attendibilità dei risultati delle elaborazioni avendoli confrontati con quelli derivanti da semplici calcoli eseguiti con metodi tradizionali, ossia a seguito di comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate utilizzando metodi tradizionali adottati in fase di proporzionamento della struttura.



***PARATIA DI MICROPALI A SBALZO***

***Report di Calcolo***

# Sommario

## Contenuto Sommario

# **1. Descrizione Progetto**

PARATIA DI MICROPALI A SBALZO

## ***2. Descrizione del Software***

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

### 3. Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -9 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry	$\gamma$ sat	$\phi'$	$\phi$	$c_v$	$\phi_p$	$c'$	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Avexp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	°	°		kPa	kPa			kPa	kPa			kPa		kPa	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	
1	UNITA' DT	20	20	32				0		Constant		15000	45000									
2	UNITA' SR	26	26	35				200		Constant		200000	600000									

## 4. Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -8.2 m

Muro di sinistra

Sezione : PARATIA D300

Area equivalente : 0.0296449451905347 m

Inerzia equivalente : 0.0001 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.5 m

Diametro : 0.3 m

Efficacia : 1

Materiale acciaio : S355

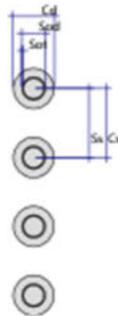
Sezione : 0.1683x0.01

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.5 m

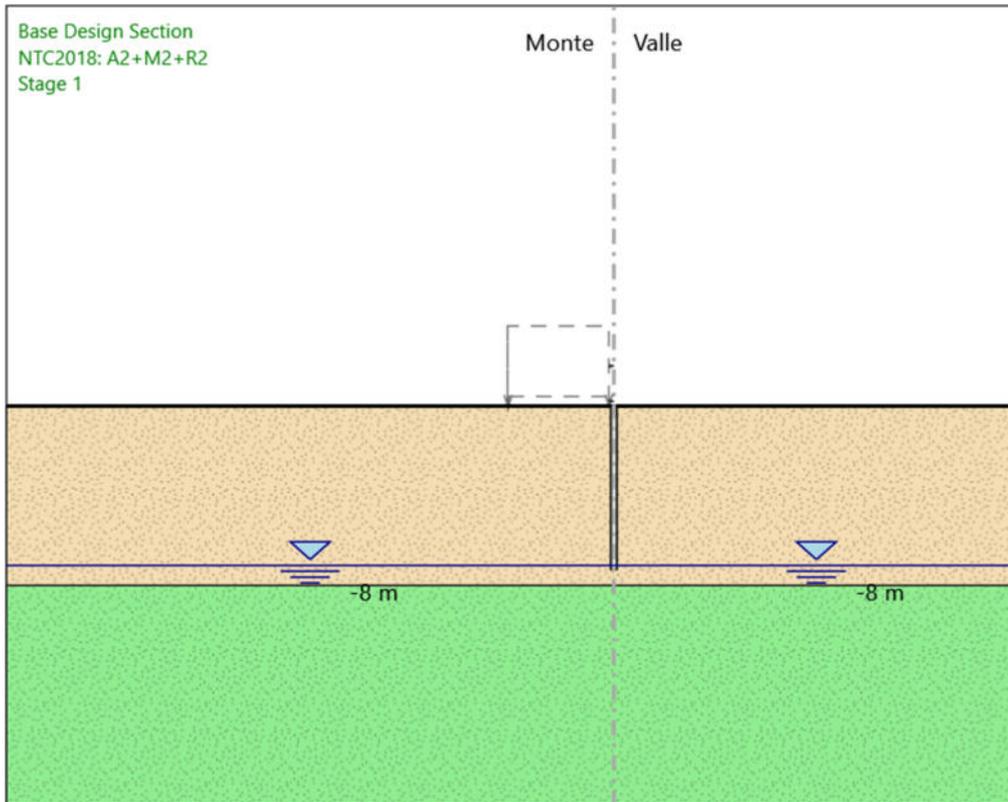
Spessore : 0.01 m

Diametro : 0.1683 m



## 5. Fasi di Calcolo

### 5.1. 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 : -8 m

Falda di destra : -8 m

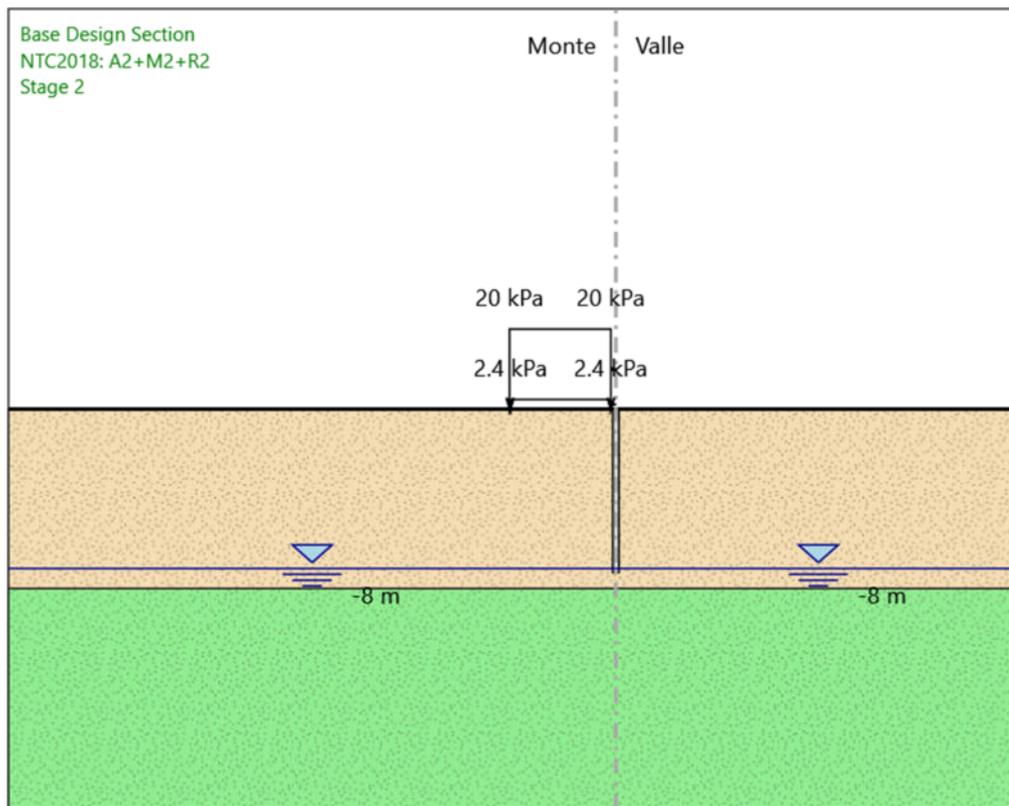
Elementi strutturali

Paratia : PARATIA

ParatiePlus 2023 [v: 23.0.3] - 14/03/2023 15:32:58

X : 0 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -8.2 m  
Sezione : PARATIA D300

## 5.2. Stage 2



Stage 2

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 : -8 m

Falda di destra : -8 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SOVRACCARICHI PERMANENTI

X iniziale : -5.2 m

X finale : -0.25 m

Pressione iniziale : 2.4 kPa

Pressione finale : 2.4 kPa

Carico lineare in superficie : SOVRACCARICO ACCIDENTALE

X iniziale : -5.25 m

X finale : -0.25 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : PARATIA

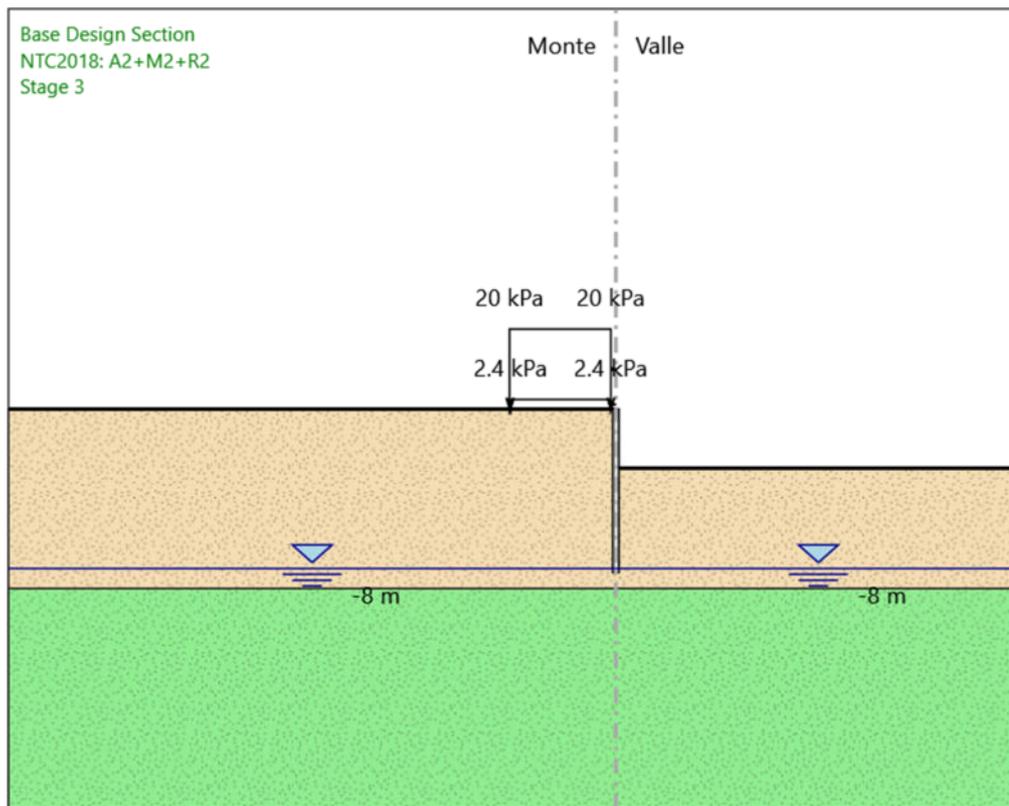
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -8.2 m

Sezione : PARATIA D300

### 5.3. Stage 3



Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -8 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SOVRACCARICHI PERMANENTI

X iniziale : -5.2 m

X finale : -0.25 m

Pressione iniziale : 2.4 kPa

Pressione finale : 2.4 kPa

Carico lineare in superficie : SOVRACCARICO ACCIDENTALE

X iniziale : -5.25 m

X finale : -0.25 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : PARATIA

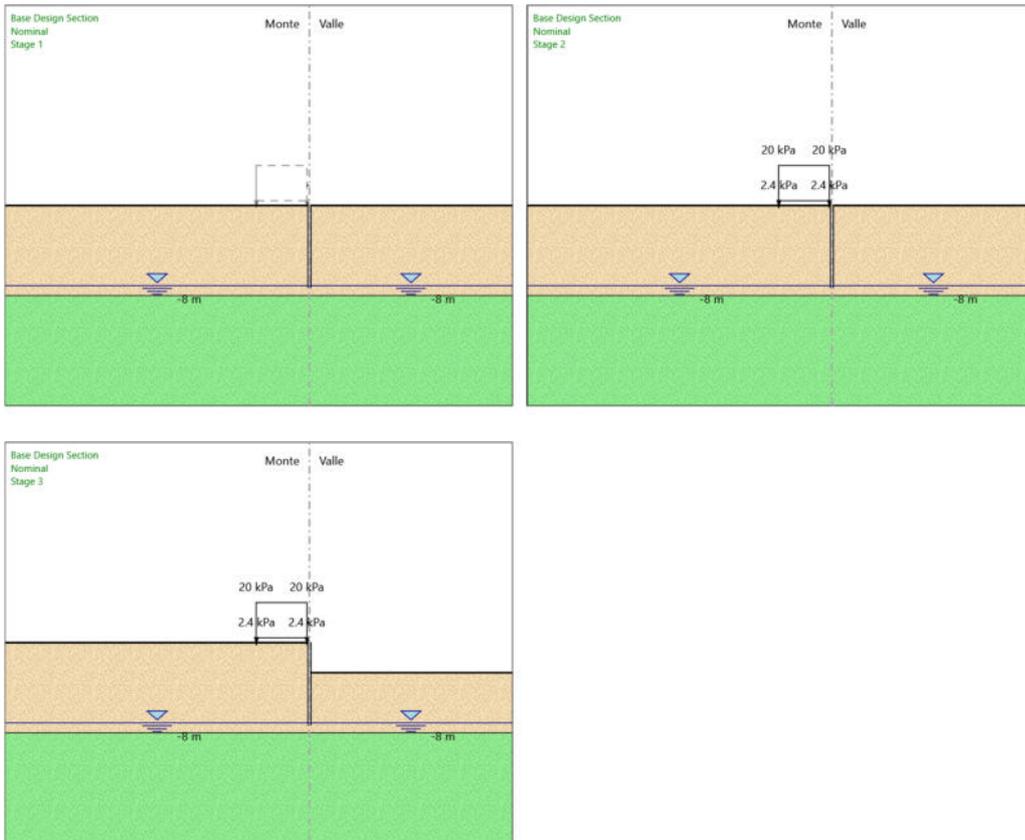
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -8.2 m

Sezione : PARATIA D300

## 5.4. Tabella Configurazione Stage (Nominal)



## 6. Grafici dei Risultati

### 6.1. Design Assumption : Nominal

#### 6.1.1. Tabella Spostamento Nominal - LEFT Stage: Stage 1

Design Assumption: Nominal	Tipo Risultato: Spostamento	Muro: LEFT
Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Stage 1	0	0
Stage 1	-0.2	0
Stage 1	-0.4	0
Stage 1	-0.6	0
Stage 1	-0.8	0
Stage 1	-1	0
Stage 1	-1.2	0
Stage 1	-1.4	0
Stage 1	-1.6	0
Stage 1	-1.8	0
Stage 1	-2	0
Stage 1	-2.2	0
Stage 1	-2.4	0
Stage 1	-2.6	0
Stage 1	-2.8	0
Stage 1	-3	0
Stage 1	-3.2	0
Stage 1	-3.4	0
Stage 1	-3.6	0
Stage 1	-3.8	0
Stage 1	-4	0
Stage 1	-4.2	0
Stage 1	-4.4	0
Stage 1	-4.6	0
Stage 1	-4.8	0
Stage 1	-5	0
Stage 1	-5.2	0
Stage 1	-5.4	0
Stage 1	-5.6	0
Stage 1	-5.8	0
Stage 1	-6	0
Stage 1	-6.2	0
Stage 1	-6.4	0
Stage 1	-6.6	0
Stage 1	-6.8	0
Stage 1	-7	0
Stage 1	-7.2	0
Stage 1	-7.4	0
Stage 1	-7.6	0
Stage 1	-7.8	0
Stage 1	-8	0
Stage 1	-8.2	0

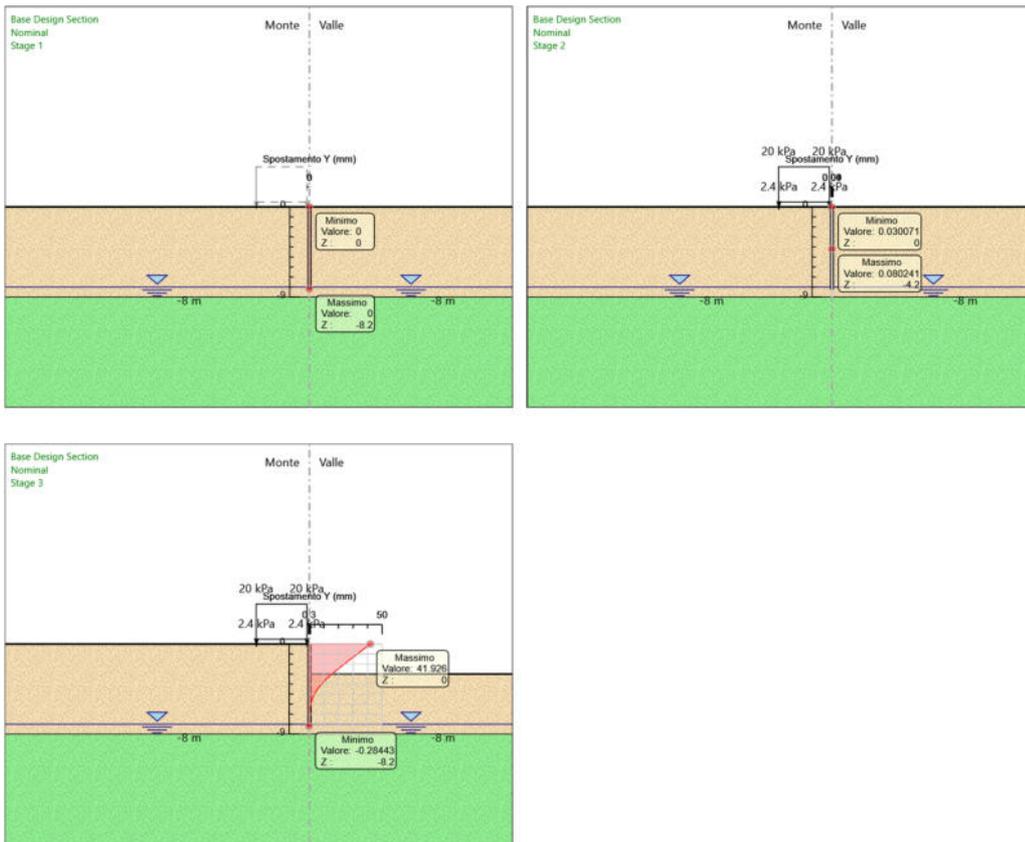
## 6.1.2. Tabella Spostamento Nominal - LEFT Stage: Stage 2

Design Assumption: Nominal	Tipo Risultato: Spostamento	Muro: LEFT
Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Stage 2	0	0.03
Stage 2	-0.2	0.03
Stage 2	-0.4	0.04
Stage 2	-0.6	0.04
Stage 2	-0.8	0.05
Stage 2	-1	0.05
Stage 2	-1.2	0.06
Stage 2	-1.4	0.06
Stage 2	-1.6	0.06
Stage 2	-1.8	0.07
Stage 2	-2	0.07
Stage 2	-2.2	0.07
Stage 2	-2.4	0.07
Stage 2	-2.6	0.08
Stage 2	-2.8	0.08
Stage 2	-3	0.08
Stage 2	-3.2	0.08
Stage 2	-3.4	0.08
Stage 2	-3.6	0.08
Stage 2	-3.8	0.08
Stage 2	-4	0.08
Stage 2	-4.2	0.08
Stage 2	-4.4	0.08
Stage 2	-4.6	0.08
Stage 2	-4.8	0.08
Stage 2	-5	0.08
Stage 2	-5.2	0.08
Stage 2	-5.4	0.08
Stage 2	-5.6	0.08
Stage 2	-5.8	0.07
Stage 2	-6	0.07
Stage 2	-6.2	0.07
Stage 2	-6.4	0.07
Stage 2	-6.6	0.07
Stage 2	-6.8	0.07
Stage 2	-7	0.07
Stage 2	-7.2	0.06
Stage 2	-7.4	0.06
Stage 2	-7.6	0.06
Stage 2	-7.8	0.06
Stage 2	-8	0.06
Stage 2	-8.2	0.06

### 6.1.3. Tabella Spostamento Nominal - LEFT Stage: Stage 3

Design Assumption: Nominal	Tipo Risultato: Spostamento	Muro: LEFT
Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Stage 3	0	41.93
Stage 3	-0.2	40.13
Stage 3	-0.4	38.33
Stage 3	-0.6	36.53
Stage 3	-0.8	34.73
Stage 3	-1	32.94
Stage 3	-1.2	31.14
Stage 3	-1.4	29.35
Stage 3	-1.6	27.57
Stage 3	-1.8	25.79
Stage 3	-2	24.02
Stage 3	-2.2	22.28
Stage 3	-2.4	20.55
Stage 3	-2.6	18.85
Stage 3	-2.8	17.18
Stage 3	-3	15.55
Stage 3	-3.2	13.98
Stage 3	-3.4	12.47
Stage 3	-3.6	11.03
Stage 3	-3.8	9.66
Stage 3	-4	8.39
Stage 3	-4.2	7.22
Stage 3	-4.4	6.14
Stage 3	-4.6	5.16
Stage 3	-4.8	4.29
Stage 3	-5	3.51
Stage 3	-5.2	2.83
Stage 3	-5.4	2.24
Stage 3	-5.6	1.74
Stage 3	-5.8	1.32
Stage 3	-6	0.98
Stage 3	-6.2	0.7
Stage 3	-6.4	0.48
Stage 3	-6.6	0.3
Stage 3	-6.8	0.17
Stage 3	-7	0.06
Stage 3	-7.2	-0.02
Stage 3	-7.4	-0.09
Stage 3	-7.6	-0.14
Stage 3	-7.8	-0.19
Stage 3	-8	-0.24
Stage 3	-8.2	-0.28

### 6.1.4. Grafici Spostamento in tabella



## 6.2. Involuppi Spostamento Nominal

## 6.3. Risultati Paratia

### 6.3.1. Tabella Risultati Paratia Nominal - Stage: Stage 1

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 1	0	0	0
Stage 1	-0.2	0	0
Stage 1	-0.4	0	0
Stage 1	-0.6	0	0
Stage 1	-0.8	0	0
Stage 1	-1	0	0
Stage 1	-1.2	0	0
Stage 1	-1.4	0	0
Stage 1	-1.6	0	0
Stage 1	-1.8	0	0
Stage 1	-2	0	0
Stage 1	-2.2	0	0
Stage 1	-2.4	0	0
Stage 1	-2.6	0	0
Stage 1	-2.8	0	0
Stage 1	-3	0	0
Stage 1	-3.2	0	0
Stage 1	-3.4	0	0
Stage 1	-3.6	0	0
Stage 1	-3.8	0	0
Stage 1	-4	0	0
Stage 1	-4.2	0	0
Stage 1	-4.4	0	0
Stage 1	-4.6	0	0
Stage 1	-4.8	0	0
Stage 1	-5	0	0
Stage 1	-5.2	0	0
Stage 1	-5.4	0	0
Stage 1	-5.6	0	0
Stage 1	-5.8	0	0
Stage 1	-6	0	0
Stage 1	-6.2	0	0
Stage 1	-6.4	0	0
Stage 1	-6.6	0	0
Stage 1	-6.8	0	0
Stage 1	-7	0	0
Stage 1	-7.2	0	0
Stage 1	-7.4	0	0
Stage 1	-7.6	0	0
Stage 1	-7.8	0	0
Stage 1	-8	0	0
Stage 1	-8.2	0	0

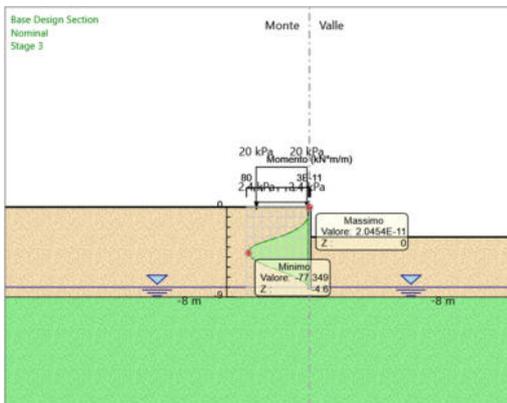
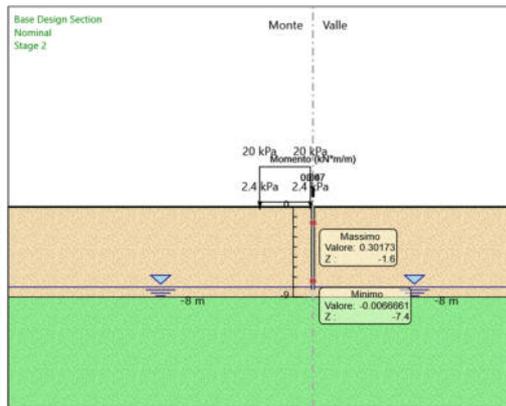
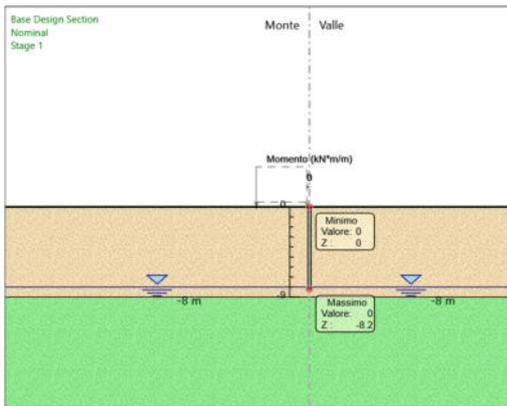
### 6.3.2. Tabella Risultati Paratia Nominal - Stage: Stage 2

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	0	0	0
Stage 2	-0.2	0	0
Stage 2	-0.2	0	0
Stage 2	-0.4	0.04	0.18
Stage 2	-0.6	0.1	0.32
Stage 2	-0.8	0.17	0.35
Stage 2	-1	0.23	0.3
Stage 2	-1.2	0.27	0.21
Stage 2	-1.4	0.3	0.12
Stage 2	-1.6	0.3	0.03
Stage 2	-1.8	0.29	-0.03
Stage 2	-2	0.28	-0.08
Stage 2	-2.2	0.26	-0.11
Stage 2	-2.4	0.23	-0.13
Stage 2	-2.6	0.2	-0.13
Stage 2	-2.8	0.18	-0.12
Stage 2	-3	0.16	-0.1
Stage 2	-3.2	0.14	-0.08
Stage 2	-3.4	0.13	-0.07
Stage 2	-3.6	0.12	-0.05
Stage 2	-3.8	0.11	-0.04
Stage 2	-4	0.11	-0.02
Stage 2	-4.2	0.11	0
Stage 2	-4.4	0.11	0.02
Stage 2	-4.6	0.12	0.03
Stage 2	-4.8	0.13	0.03
Stage 2	-5	0.13	0.02
Stage 2	-5.2	0.13	-0.01
Stage 2	-5.4	0.12	-0.05
Stage 2	-5.6	0.1	-0.08
Stage 2	-5.8	0.08	-0.1
Stage 2	-6	0.06	-0.1
Stage 2	-6.2	0.04	-0.09
Stage 2	-6.4	0.03	-0.08
Stage 2	-6.6	0.01	-0.07
Stage 2	-6.8	0	-0.05
Stage 2	-7	0	-0.03
Stage 2	-7.2	-0.01	-0.02
Stage 2	-7.4	-0.01	0
Stage 2	-7.6	-0.01	0.01
Stage 2	-7.8	0	0.01
Stage 2	-8	0	0.01
Stage 2	-8.2	0	0.01

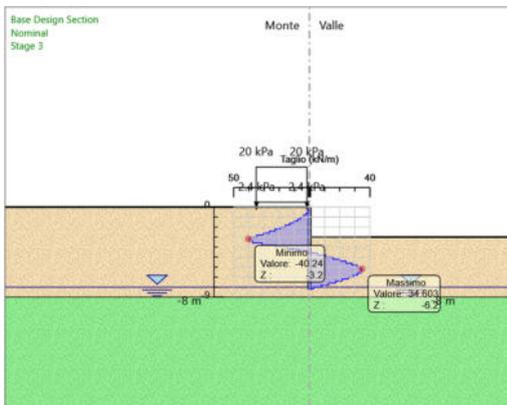
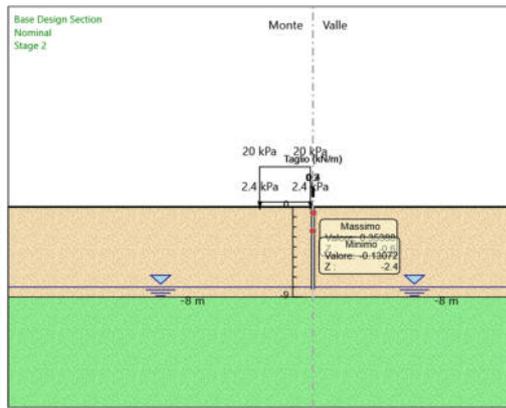
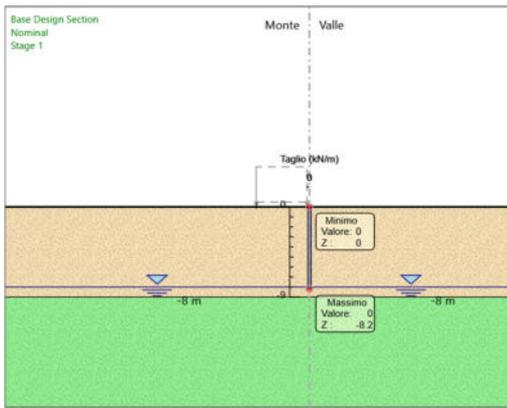
### 6.3.3. Tabella Risultati Paratia Nominal - Stage: Stage 3

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 3	0	0	0
Stage 3	-0.2	0	0
Stage 3	-0.2	0	0
Stage 3	-0.4	-0.07	-0.33
Stage 3	-0.6	-0.29	-1.1
Stage 3	-0.8	-0.75	-2.31
Stage 3	-1	-1.52	-3.86
Stage 3	-1.2	-2.67	-5.73
Stage 3	-1.4	-4.24	-7.89
Stage 3	-1.6	-6.31	-10.33
Stage 3	-1.8	-8.92	-13.04
Stage 3	-2	-12.12	-16.02
Stage 3	-2.2	-15.97	-19.26
Stage 3	-2.4	-20.53	-22.76
Stage 3	-2.6	-25.83	-26.52
Stage 3	-2.8	-31.94	-30.54
Stage 3	-3	-38.9	-34.81
Stage 3	-3.2	-46.77	-39.33
Stage 3	-3.4	-54.82	-40.24
Stage 3	-3.6	-62.32	-37.52
Stage 3	-3.8	-68.56	-31.18
Stage 3	-4	-73.01	-22.28
Stage 3	-4.2	-75.86	-14.23
Stage 3	-4.4	-77.26	-6.99
Stage 3	-4.6	-77.35	-0.46
Stage 3	-4.8	-76.26	5.43
Stage 3	-5	-74.11	10.75
Stage 3	-5.2	-70.99	15.6
Stage 3	-5.4	-66.99	20.04
Stage 3	-5.6	-62.15	24.18
Stage 3	-5.8	-56.54	28.08
Stage 3	-6	-50.23	31.54
Stage 3	-6.2	-43.43	33.97
Stage 3	-6.4	-36.51	34.6
Stage 3	-6.6	-29.75	33.81
Stage 3	-6.8	-23.37	31.9
Stage 3	-7	-17.55	29.13
Stage 3	-7.2	-12.41	25.69
Stage 3	-7.4	-8.06	21.73
Stage 3	-7.6	-4.59	17.35
Stage 3	-7.8	-2.06	12.64
Stage 3	-8	-0.52	7.7
Stage 3	-8.2	0	2.62

### 6.3.4. Grafico Momento Nominal



### 6.3.5. Grafico Taglio Nominal



## 6.4. Involuppi Risultati Paratia Nominal

## 6.5. Risultati Terreno

### 6.5.1. Tabella Risultati Terreno Left Wall - Nominal - Stage 1

Design Assumption: Nominal Risultati Terreno												
Stage	Z (m)	Sigma V (kPa)	Sigma H (kPa)	Muro: LEFT	Lato LEFT	Stato	Ka	Kp	Coesione (kPa)	Pore (kPa)	Gradiente U* (kPa)	Peq (kPa)
Stage 1	0	0	0	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	0
Stage 1	-0.2	4	2	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	2
Stage 1	-0.4	8	4	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	4
Stage 1	-0.6	12	6	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	6
Stage 1	-0.8	16	8	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	8
Stage 1	-1	20	10	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	10
Stage 1	-1.2	24	12	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	12
Stage 1	-1.4	28	14	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	14
Stage 1	-1.6	32	16	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	16
Stage 1	-1.8	36	18	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	18
Stage 1	-2	40	20	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	20
Stage 1	-2.2	44	22	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	22
Stage 1	-2.4	48	24	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	24
Stage 1	-2.6	52	26	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	26
Stage 1	-2.8	56	28	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	28
Stage 1	-3	60	30	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	30
Stage 1	-3.2	64	32	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	32
Stage 1	-3.4	68	34	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	34
Stage 1	-3.6	72	36	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	36
Stage 1	-3.8	76	38	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	38
Stage 1	-4	80	40	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	40
Stage 1	-4.2	84	42	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	42
Stage 1	-4.4	88	44	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	44
Stage 1	-4.6	92	46	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	46
Stage 1	-4.8	96	48	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	48
Stage 1	-5	100	50	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	50
Stage 1	-5.2	104	52	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	52
Stage 1	-5.4	108	54	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	54
Stage 1	-5.6	112	56	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	56
Stage 1	-5.8	116	58	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	58
Stage 1	-6	120	60	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	60
Stage 1	-6.2	124	62	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	62
Stage 1	-6.4	128	64	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	64
Stage 1	-6.6	132	66	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	66
Stage 1	-6.8	136	68	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	68
Stage 1	-7	140	70	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	70
Stage 1	-7.2	144	72	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	72
Stage 1	-7.4	148	74	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	74
Stage 1	-7.6	152	76	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	76
Stage 1	-7.8	156	78	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	78
Stage 1	-8	160	80	V-C	0.3074.845	0	0	0	0	0	0	80
Stage 1	-8.2	162	81	V-C	0.3074.845	0	2	0	0	0	0	83

Design Assumption: Nominal Risultati Terreno			Muro:	LEFT	Lato	RIGHT				
Stage	Z (m)	Sigma V (kPa)	Sigma H (kPa)	Stato	Ka	Kp	Coesione (kPa)	Pore (kPa)	Gradiente U* (kPa)	Peq (kPa)
Stage 1	0	0	0	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0
Stage 1	-0.2	4	2	V-C	0.307	4.845	0	0	0	2
Stage 1	-0.4	8	4	V-C	0.307	4.845	0	0	0	4
Stage 1	-0.6	12	6	V-C	0.307	4.845	0	0	0	6
Stage 1	-0.8	16	8	V-C	0.307	4.845	0	0	0	8
Stage 1	-1	20	10	V-C	0.307	4.845	0	0	0	10
Stage 1	-1.2	24	12	V-C	0.307	4.845	0	0	0	12
Stage 1	-1.4	28	14	V-C	0.307	4.845	0	0	0	14
Stage 1	-1.6	32	16	V-C	0.307	4.845	0	0	0	16
Stage 1	-1.8	36	18	V-C	0.307	4.845	0	0	0	18
Stage 1	-2	40	20	V-C	0.307	4.845	0	0	0	20
Stage 1	-2.2	44	22	V-C	0.307	4.845	0	0	0	22
Stage 1	-2.4	48	24	V-C	0.307	4.845	0	0	0	24
Stage 1	-2.6	52	26	V-C	0.307	4.845	0	0	0	26
Stage 1	-2.8	56	28	V-C	0.307	4.845	0	0	0	28
Stage 1	-3	60	30	V-C	0.307	4.845	0	0	0	30
Stage 1	-3.2	64	32	V-C	0.307	4.845	0	0	0	32
Stage 1	-3.4	68	34	V-C	0.307	4.845	0	0	0	34
Stage 1	-3.6	72	36	V-C	0.307	4.845	0	0	0	36
Stage 1	-3.8	76	38	V-C	0.307	4.845	0	0	0	38
Stage 1	-4	80	40	V-C	0.307	4.845	0	0	0	40
Stage 1	-4.2	84	42	V-C	0.307	4.845	0	0	0	42
Stage 1	-4.4	88	44	V-C	0.307	4.845	0	0	0	44
Stage 1	-4.6	92	46	V-C	0.307	4.845	0	0	0	46
Stage 1	-4.8	96	48	V-C	0.307	4.845	0	0	0	48
Stage 1	-5	100	50	V-C	0.307	4.845	0	0	0	50
Stage 1	-5.2	104	52	V-C	0.307	4.845	0	0	0	52
Stage 1	-5.4	108	54	V-C	0.307	4.845	0	0	0	54
Stage 1	-5.6	112	56	V-C	0.307	4.845	0	0	0	56
Stage 1	-5.8	116	58	V-C	0.307	4.845	0	0	0	58
Stage 1	-6	120	60	V-C	0.307	4.845	0	0	0	60
Stage 1	-6.2	124	62	V-C	0.307	4.845	0	0	0	62
Stage 1	-6.4	128	64	V-C	0.307	4.845	0	0	0	64
Stage 1	-6.6	132	66	V-C	0.307	4.845	0	0	0	66
Stage 1	-6.8	136	68	V-C	0.307	4.845	0	0	0	68
Stage 1	-7	140	70	V-C	0.307	4.845	0	0	0	70
Stage 1	-7.2	144	72	V-C	0.307	4.845	0	0	0	72
Stage 1	-7.4	148	74	V-C	0.307	4.845	0	0	0	74
Stage 1	-7.6	152	76	V-C	0.307	4.845	0	0	0	76
Stage 1	-7.8	156	78	V-C	0.307	4.845	0	0	0	78
Stage 1	-8	160	80	V-C	0.307	4.845	0	0	0	80
Stage 1	-8.2	162	81	V-C	0.307	4.845	0	2	0	83

## 6.5.2. Tabella Risultati Terreno Left Wall - Nominal - Stage 2

Design Assumption: Nominal Risultati Terreno			Muro:	LEFT	Lato	LEFT				
Stage	Z (m)	Sigma V (kPa)	Sigma H (kPa)	Stato	Ka	Kp	Coesione (kPa)	Pore (kPa)	Gradiente U* (kPa)	Peq (kPa)
Stage 2	0	0	0	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	0
Stage 2	-0.2	5.333	1.637	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	1.637
Stage 2	-0.4	12.629	3.877	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	3.877
Stage 2	-0.6	19.624	6.522	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	6.522
Stage 2	-0.8	25.319	9.03	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	9.03
Stage 2	-1	30.411	11.253	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	11.253
Stage 2	-1.2	35.175	13.334	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	13.334
Stage 2	-1.4	39.74	15.341	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	15.341
Stage 2	-1.6	44.174	17.312	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	17.312
Stage 2	-1.8	48.519	19.266	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	19.266
Stage 2	-2	52.799	21.217	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	21.217
Stage 2	-2.2	57.031	23.171	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	23.171
Stage 2	-2.4	61.227	25.131	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	25.131
Stage 2	-2.6	65.394	27.1	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	27.1
Stage 2	-2.8	69.538	29.076	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	29.076
Stage 2	-3	73.664	31.061	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	31.061
Stage 2	-3.2	77.93	33.132	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	33.132
Stage 2	-3.4	82.019	35.128	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	35.128
Stage 2	-3.6	86.098	37.132	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	37.132
Stage 2	-3.8	90.17	39.143	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	39.143
Stage 2	-4	94.111	41.1	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	41.1
Stage 2	-4.2	98.175	43.13	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	43.13
Stage 2	-4.4	102.234	45.167	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	45.167
Stage 2	-4.6	106.288	47.213	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	47.213
Stage 2	-4.8	110.338	49.268	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	49.268
Stage 2	-5	114.384	51.334	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	51.334
Stage 2	-5.2	118.426	53.41	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	53.41
Stage 2	-5.4	122.142	55.336	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	55.336
Stage 2	-5.6	125.782	57.236	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	57.236
Stage 2	-5.8	129.44	59.154	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	59.154
Stage 2	-6	133.116	61.089	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	61.089
Stage 2	-6.2	136.807	63.038	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	63.038
Stage 2	-6.4	140.513	64.999	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	64.999
Stage 2	-6.6	144.232	66.969	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	66.969
Stage 2	-6.8	147.964	68.947	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	68.947
Stage 2	-7	151.708	70.931	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	70.931
Stage 2	-7.2	155.463	72.92	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	72.92
Stage 2	-7.4	159.228	74.914	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	74.914
Stage 2	-7.6	163.002	76.913	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	76.913
Stage 2	-7.8	166.786	78.915	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	78.915
Stage 2	-8	170.578	80.921	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	80.921
Stage 2	-8.2	172.378	81.931	UL-RL	0.307	4.845	0	2	0	83.931

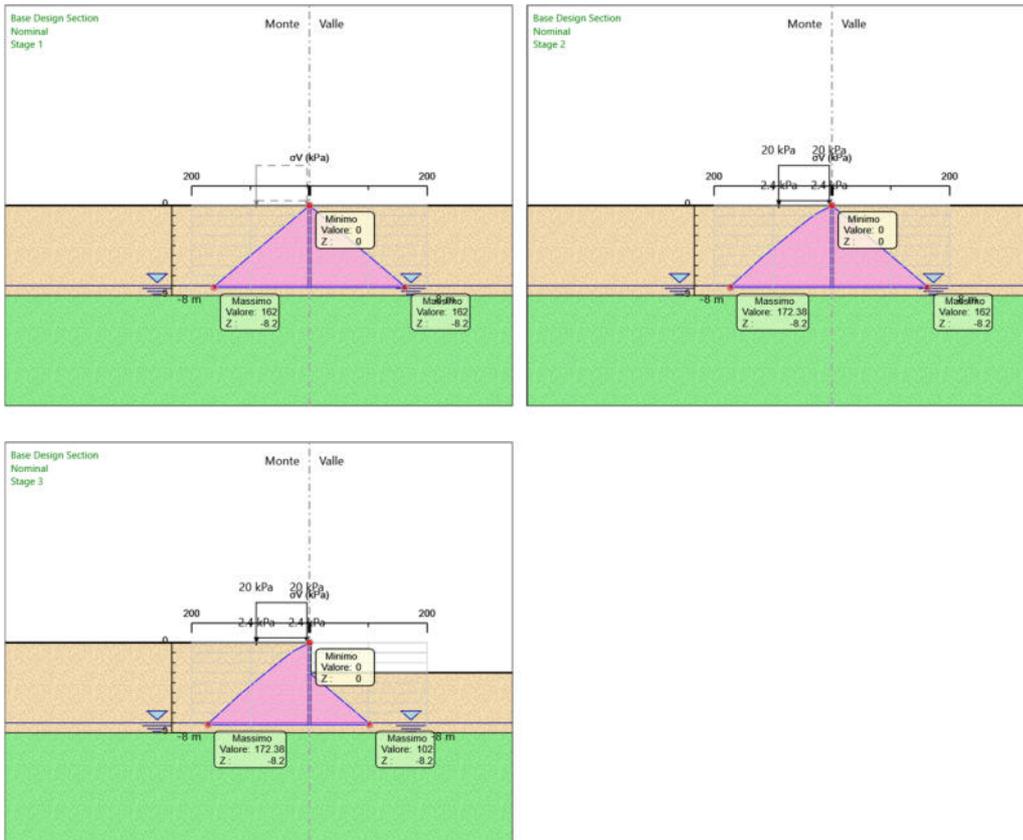
Design Assumption: Nominal Risultati Terreno			Muro:	LEFT	Lato	RIGHT					
Stage	Z (m)	Sigma V (kPa)	Sigma H (kPa)	Stato	Ka	Kp	Coesione (kPa)	Pore (kPa)	Gradiente U* (kPa)	Peq (kPa)	
Stage 2	0	0	0	PASSIVE	0.307	4.845	0	0	0	0	0
Stage 2	-0.2	4	2.53	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	2.53
Stage 2	-0.4	8	4.602	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	4.602
Stage 2	-0.6	12	6.674	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	6.674
Stage 2	-0.8	16	8.743	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	8.743
Stage 2	-1	20	10.81	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	10.81
Stage 2	-1.2	24	12.871	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	12.871
Stage 2	-1.4	28	14.928	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	14.928
Stage 2	-1.6	32	16.978	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	16.978
Stage 2	-1.8	36	19.023	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	19.023
Stage 2	-2	40	21.06	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	21.06
Stage 2	-2.2	44	23.088	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	23.088
Stage 2	-2.4	48	25.112	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	25.112
Stage 2	-2.6	52	27.134	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	27.134
Stage 2	-2.8	56	29.153	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	29.153
Stage 2	-3	60	31.169	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	31.169
Stage 2	-3.2	64	33.183	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	33.183
Stage 2	-3.4	68	35.194	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	35.194
Stage 2	-3.6	72	37.203	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	37.203
Stage 2	-3.8	76	39.21	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	39.21
Stage 2	-4	80	41.214	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	41.214
Stage 2	-4.2	84	43.216	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	43.216
Stage 2	-4.4	88	45.216	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	45.216
Stage 2	-4.6	92	47.213	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	47.213
Stage 2	-4.8	96	49.207	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	49.207
Stage 2	-5	100	51.199	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	51.199
Stage 2	-5.2	104	53.188	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	53.188
Stage 2	-5.4	108	55.175	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	55.175
Stage 2	-5.6	112	57.158	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	57.158
Stage 2	-5.8	116	59.14	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	59.14
Stage 2	-6	120	61.12	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	61.12
Stage 2	-6.2	124	63.099	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	63.099
Stage 2	-6.4	128	65.077	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	65.077
Stage 2	-6.6	132	67.054	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	67.054
Stage 2	-6.8	136	69.031	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	69.031
Stage 2	-7	140	71.008	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	71.008
Stage 2	-7.2	144	72.985	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	72.985
Stage 2	-7.4	148	74.963	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	74.963
Stage 2	-7.6	152	76.94	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	76.94
Stage 2	-7.8	156	78.917	V-C	0.307	4.845	0	0	0	0	78.917
Stage 2	-8	160	80.895	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	0	80.895
Stage 2	-8.2	162	81.872	UL-RL	0.307	4.845	0	2	0	0	83.872

### 6.5.3. Tabella Risultati Terreno Left Wall - Nominal - Stage 3

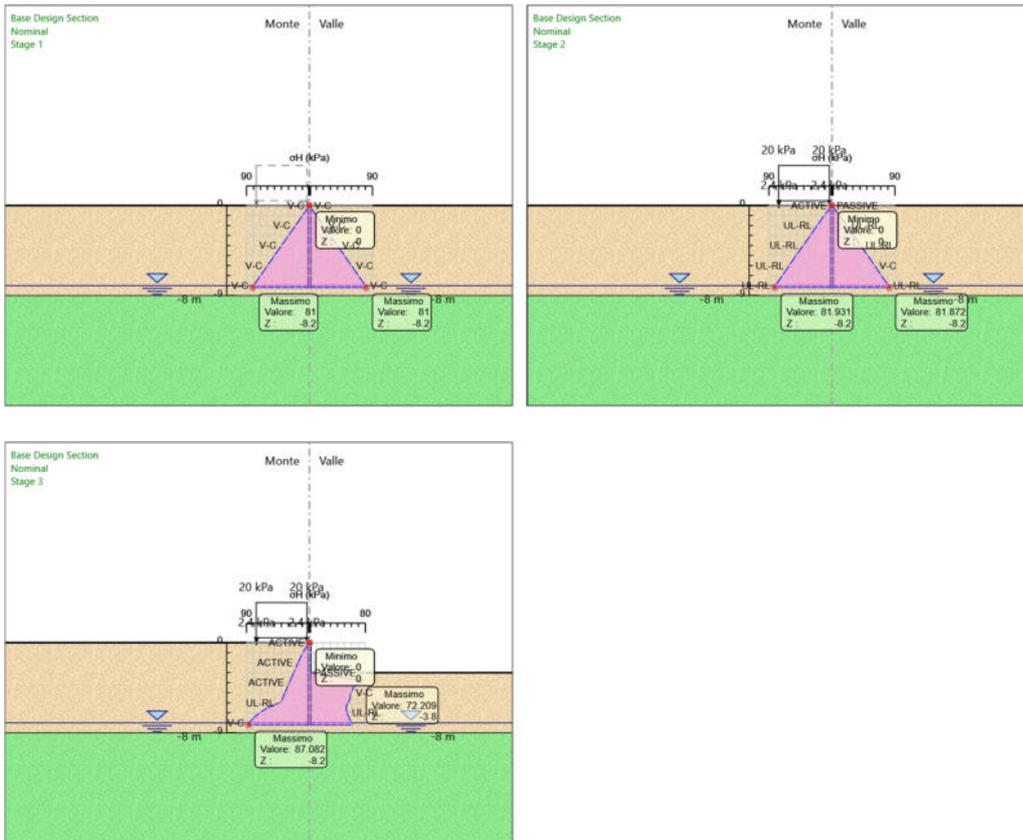
Design Assumption: Nominal Risultati Terreno			Muro:	LEFT	Lato	LEFT				
Stage	Z (m)	Sigma V (kPa)	Sigma H (kPa)	Stato	Ka	Kp	Coesione (kPa)	Pore (kPa)	Gradiente U* (kPa)	Peq (kPa)
Stage 3	0	0	0	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	0
Stage 3	-0.2	5.333	1.637	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	1.637
Stage 3	-0.4	12.629	3.877	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	3.877
Stage 3	-0.6	19.624	6.025	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	6.025
Stage 3	-0.8	25.319	7.773	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	7.773
Stage 3	-1	30.411	9.336	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	9.336
Stage 3	-1.2	35.175	10.799	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	10.799
Stage 3	-1.4	39.74	12.2	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	12.2
Stage 3	-1.6	44.174	13.562	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	13.562
Stage 3	-1.8	48.519	14.895	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	14.895
Stage 3	-2	52.799	16.209	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	16.209
Stage 3	-2.2	57.031	17.509	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	17.509
Stage 3	-2.4	61.227	18.797	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	18.797
Stage 3	-2.6	65.394	20.076	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	20.076
Stage 3	-2.8	69.538	21.348	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	21.348
Stage 3	-3	73.664	22.615	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	22.615
Stage 3	-3.2	77.93	23.924	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	23.924
Stage 3	-3.4	82.019	25.18	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	25.18
Stage 3	-3.6	86.098	26.432	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	26.432
Stage 3	-3.8	90.17	27.682	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	27.682
Stage 3	-4	94.111	28.892	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	28.892
Stage 3	-4.2	98.175	30.14	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	30.14
Stage 3	-4.4	102.234	31.386	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	31.386
Stage 3	-4.6	106.288	32.63	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	32.63
Stage 3	-4.8	110.338	33.874	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	33.874
Stage 3	-5	114.384	35.116	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	35.116
Stage 3	-5.2	118.426	36.357	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	36.357
Stage 3	-5.4	122.142	37.498	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	37.498
Stage 3	-5.6	125.782	38.615	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	38.615
Stage 3	-5.8	129.44	39.738	ACTIVE	0.307	4.845	0	0	0	39.738
Stage 3	-6	133.116	42.701	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	42.701
Stage 3	-6.2	136.807	50.297	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	50.297
Stage 3	-6.4	140.513	56.753	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	56.753
Stage 3	-6.6	144.232	62.248	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	62.248
Stage 3	-6.8	147.964	66.959	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	66.959
Stage 3	-7	151.708	71.055	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	71.055
Stage 3	-7.2	155.463	74.687	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	74.687
Stage 3	-7.4	159.228	77.992	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	77.992
Stage 3	-7.6	163.002	81.084	UL-RL	0.307	4.845	0	0	0	81.084
Stage 3	-7.8	166.786	83.613	V-C	0.307	4.845	0	0	0	83.613
Stage 3	-8	170.578	85.849	V-C	0.307	4.845	0	0	0	85.849
Stage 3	-8.2	172.378	87.082	V-C	0.307	4.845	0	2	0	89.082

Design Assumption: Nominal Risultati Terreno			Muro:	LEFT	Lato	RIGHT					
Stage	Z (m)	Sigma V (kPa)	Sigma H (kPa)	Stato	Ka	Kp	Coesione (kPa)	Pore (kPa)	Gradiente U* (kPa)	Peq (kPa)	
Stage 3	0	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-0.2	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-0.4	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-0.6	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-0.8	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-1	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-1.2	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-1.4	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-1.6	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-1.8	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-2	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-2.2	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-2.4	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-2.6	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-2.8	0	0	REMOVED	0	0	0	0	0	0	
Stage 3	-3	0	0	PASSIVE	0.3074.845		0	0	0	0	
Stage 3	-3.2	4	19.38	PASSIVE	0.3074.845		0	0	0	19.38	
Stage 3	-3.4	8	38.76	PASSIVE	0.3074.845		0	0	0	38.76	
Stage 3	-3.6	12	58.14	PASSIVE	0.3074.845		0	0	0	58.14	
Stage 3	-3.8	16	72.209	V-C	0.3074.845		0	0	0	72.209	
Stage 3	-4	20	69.114	V-C	0.3074.845		0	0	0	69.114	
Stage 3	-4.2	24	66.374	V-C	0.3074.845		0	0	0	66.374	
Stage 3	-4.4	28	64.017	V-C	0.3074.845		0	0	0	64.017	
Stage 3	-4.6	32	62.057	V-C	0.3074.845		0	0	0	62.057	
Stage 3	-4.8	36	60.5	V-C	0.3074.845		0	0	0	60.5	
Stage 3	-5	40	59.341	V-C	0.3074.845		0	0	0	59.341	
Stage 3	-5.2	44	58.574	V-C	0.3074.845		0	0	0	58.574	
Stage 3	-5.4	48	58.181	V-C	0.3074.845		0	0	0	58.181	
Stage 3	-5.6	52	58.143	V-C	0.3074.845		0	0	0	58.143	
Stage 3	-5.8	56	57.027	UL-RL	0.3074.845		0	0	0	57.027	
Stage 3	-6	60	54.846	UL-RL	0.3074.845		0	0	0	54.846	
Stage 3	-6.2	64	53.471	UL-RL	0.3074.845		0	0	0	53.471	
Stage 3	-6.4	68	52.792	UL-RL	0.3074.845		0	0	0	52.792	
Stage 3	-6.6	72	52.7	UL-RL	0.3074.845		0	0	0	52.7	
Stage 3	-6.8	76	53.086	UL-RL	0.3074.845		0	0	0	53.086	
Stage 3	-7	80	53.847	UL-RL	0.3074.845		0	0	0	53.847	
Stage 3	-7.2	84	54.89	UL-RL	0.3074.845		0	0	0	54.89	
Stage 3	-7.4	88	56.133	UL-RL	0.3074.845		0	0	0	56.133	
Stage 3	-7.6	92	57.504	UL-RL	0.3074.845		0	0	0	57.504	
Stage 3	-7.8	96	58.948	UL-RL	0.3074.845		0	0	0	58.948	
Stage 3	-8	100	60.425	UL-RL	0.3074.845		0	0	0	60.425	
Stage 3	-8.2	102	60.882	UL-RL	0.3074.845		0	2	0	62.882	

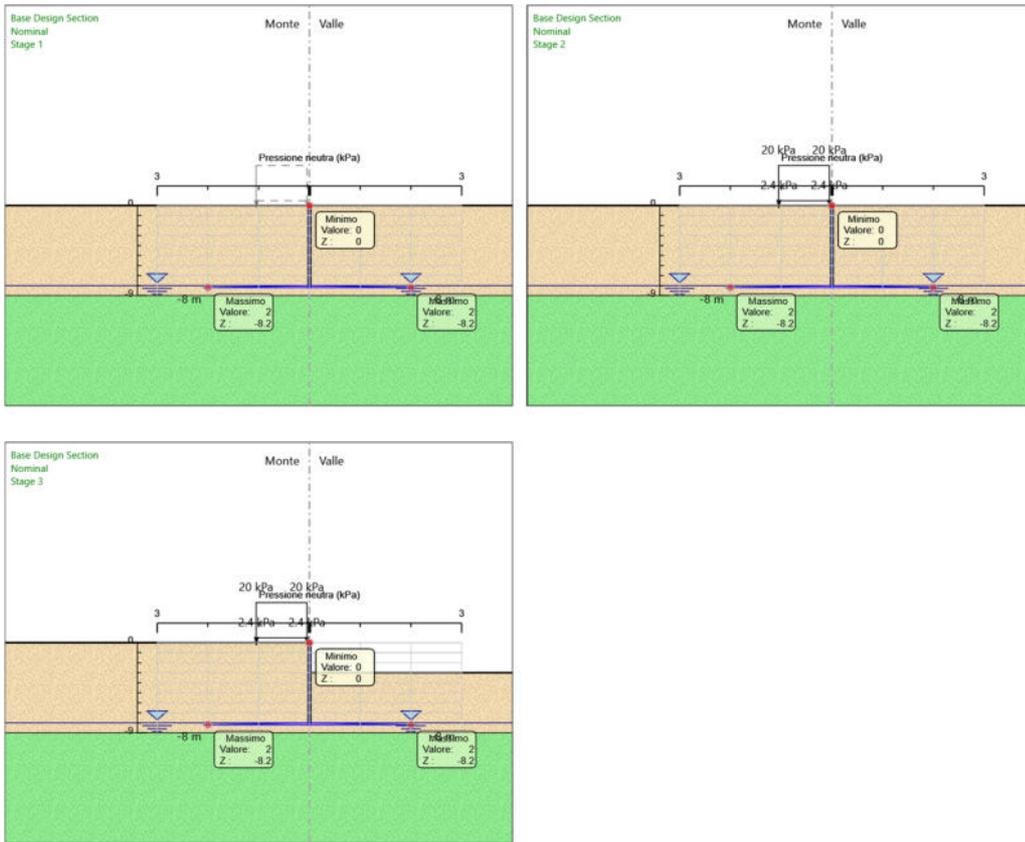
## 6.6. Grafico Risultati Terreno Sigma V



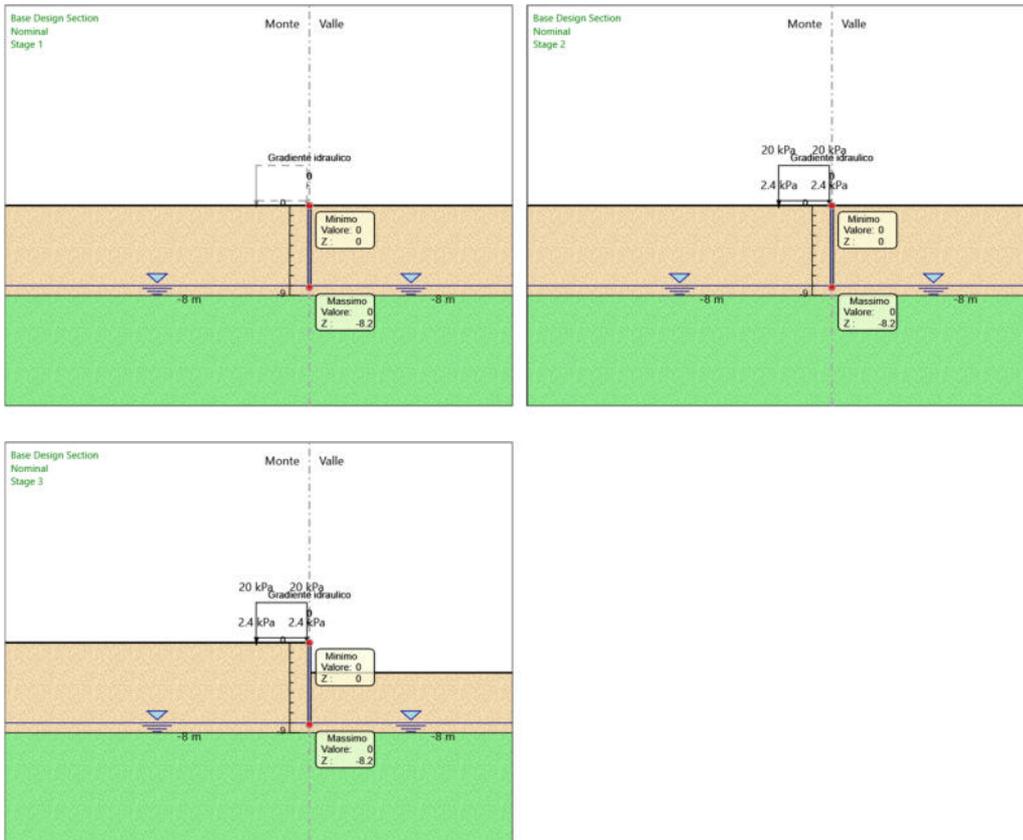
## 6.7. Grafico Risultati Terreno Sigma H



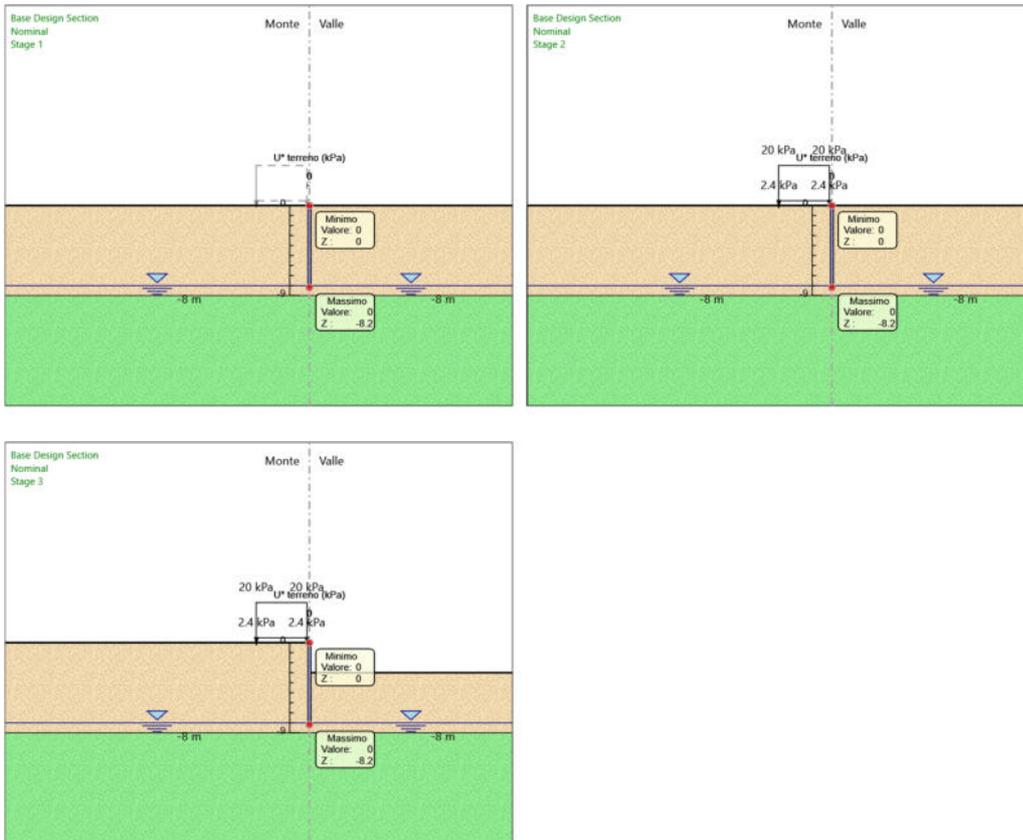
## 6.8. Grafico Risultati Terreno Pore



## 6.9. Grafico Risultati Terreno Gradiente



## 6.10. Grafico Risultati Terreno U\*



## 6.10. Riepilogo spinte

Design Assump- tion: Nominal	Tipo Risultato: Riepi- logo spinte	Muro: LEFT Lato LEFT							
		Stage	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resi- stenza massima	Vera / Attiva
		Stage 1	336.1	0.2	336.3	206.4	3256.8	10.32%	1.63
		Stage 2	344.5	0.2	344.7	236.6	3734.2	9.23%	1.46
		Stage 3	288.2	0.2	288.4	236.6	3734.2	7.72%	1.22

Design Assump- tion: Nominal	Tipo Risultato: Riepi- logo spinte	Muro: LEFT Lato RIGHT							
		Stage	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resi- stenza massima	Vera / Attiva
		Stage 1	336.1	0.2	336.3	206.4	3256.8	10.32%	1.63
		Stage 2	344.5	0.2	344.7	206.4	3256.8	10.58%	1.67
		Stage 3	288.2	0.2	288.4	83	1309.1	22.02%	3.47

## 7. Allegati

### 7.1. Design Assumption : Nominal - File di Paratie - File di input (.d)

```
* ParatiePlus VERSION 23.0.3
* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base Design Section USING ASSUMPTION: Nominal
* Time:martedì 14 marzo 2023 15:31:31
* 1: Defining general settings
UNIT m kN
TITLE New Project
DELTA 0.2
option param itemax 40
option control contact lagrange

option control hinges 0 0.0001 0.001

* 2: Defining wall(s)
WALL LeftWall_910 0 -8.2 0 1

* 3: Defining surfaces for wall(s)
SOIL 0_L LeftWall_910 -8.2 0 1 0
SOIL 0_R LeftWall_910 -8.2 0 2 180

* 4: Defining soil layers
*
* Soil Profile (UNITA'DT_2_12_L_0)
*
LDATA UNITA'DT_2_12_L_0 0 LeftWall_910
ATREST 0.5 0.5 1
WEIGHT 20 10 10
PERMEABILITY 1E-05
RESISTANCE 0 32 0 0 0
TZDATA LINEAR 10000 0 25 0.5 0
KSCALE 0 0
YOUNG 15000 45000
ENDL

* 5: Defining structural materials
* Steel material: 998 Name=S355 E=210000000 kPa
MATERIAL S355_998 2.1E+08
* Concrete material: 988 Name=C25/30 E=31475800 kPa
MATERIAL C2530_988 3.1476E+07

* 6: Defining structural elements
* 6.1: Beams and combined Wall Elements
** rev 2021 and later
BEAM PARATIA_911 LeftWall_910 -8.2 0 S355_998 0.12049 0.029645 0.00014578 2.2827 00 00 0

* 6.2: Supports

* 6.3: Strips
STRIP LeftWall_910 2 3 0.25 4.95 0 2.4 45
STRIP LeftWall_910 2 3 0.25 5 0 20 45

* 7: Defining Steps
STEP Stage1_909
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-FRICT=32 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-FRICT=32 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-KA=0.307 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-KP=4.845 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-KA=0.307 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-KP=4.845 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-COHE=0 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-COHE=0 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_910
SETWALL LeftWall_910
GEOM 0 0
SURCHARGE 0 0 0 0
WATER -8 0 -8.2 0 0
ADD PARATIA_911
ENDSTEP

STEP Stage2_1064
SETWALL LeftWall_910
GEOM 0 0
SURCHARGE 0 0 0 0
WATER -8 0 -8.2 0 0
ENDSTEP
```

```
STEP Stage3_1173
SETWALL LeftWall_910
GEOM 0 -3
SURCHARGE 0 0 0 0
WATER -8 0 -8.2 0 0
ENDSTEP
```

## 7.2. Design Assumption : NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) - File di Paratie - File di input (.d)

```
* ParatiePlus VERSION 23.0.3
* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base Design Section USING ASSUMPTION: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)
* Time:martedì 14 marzo 2023 15:31:31
* 1: Defining general settings
UNIT m kN
TITLE New Project
DELTA 0.2
option param itemax 40
option control contact lagrange

option control hinges 0 0.0001 0.001

* 2: Defining wall(s)
WALL LeftWall_910 0 -8.2 0 1

* 3: Defining surfaces for wall(s)
SOIL 0_L LeftWall_910 -8.2 0 1 0
SOIL 0_R LeftWall_910 -8.2 0 2 180

* 4: Defining soil layers
*
* Soil Profile (UNITA'DT_2_12_L_0)
*
LDATA UNITA'DT_2_12_L_0 0 LeftWall_910
ATREST 0.5 0.5 1
WEIGHT 20 10 10
PERMEABILITY 1E-05
RESISTANCE 0 32 0 0 0
TZDATA LINEAR 10000 0 25 0.5 0
KSCALE 0 0
YOUNG 15000 45000
ENDL

* 5: Defining structural materials
* Steel material: 998 Name=S355 E=210000000 kPa
MATERIAL S355_998 2.1E+08
* Concrete material: 988 Name=C25/30 E=31475800 kPa
MATERIAL C2530_988 3.1476E+07

* 6: Defining structural elements
* 6.1: Beams and combined Wall Elements
** rev 2021 and later
BEAM PARATIA_911 LeftWall_910 -8.2 0 S355_998 0.12049 0.029645 0.00014578 2.2827 00 00 0

* 6.2: Supports

* 6.3: Strips
STRIP LeftWall_910 2 3 0.25 4.95 0 2.4 45
STRIP LeftWall_910 2 3 0.25 5 0 20 45

* 7: Defining Steps
STEP Stage1_909
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-FRICT=32 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-FRICT=32 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-KA=0.307 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-KP=4.845 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-KA=0.307 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-KP=4.845 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-COHE=0 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-COHE=0 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_910
SETWALL LeftWall_910
GEOM 0 0
SURCHARGE 0 0 0 0
WATER -8 0 -8.2 0 0
ADD PARATIA_911
ENDSTEP

STEP Stage2_1064
SETWALL LeftWall_910
GEOM 0 0
SURCHARGE 0 0 0 0
WATER -8 0 -8.2 0 0
ENDSTEP

STEP Stage3_1173
SETWALL LeftWall_910
```

GEOM 0 -3  
SURCHARGE 0 0 0 0  
WATER -8 0 -8.2 0 0  
ENDSTEP

## 7.3. Design Assumption : NTC2018: A1+M1+R1 - File di Paratie - File di input (.d)

```
* ParatiePlus VERSION 23.0.3
* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base Design Section USING ASSUMPTION: NTC2018: A1+M1+R1
* Time:martedi 14 marzo 2023 15:31:32
* 1: Defining general settings
UNIT m kN
TITLE New Project
DELTA 0.2
option param itemax 40
option control contact lagrange

option control hinges 0 0.0001 0.001

* 2: Defining wall(s)
WALL LeftWall_910 0 -8.2 0 1

* 3: Defining surfaces for wall(s)
SOIL 0_L LeftWall_910 -8.2 0 1 0
SOIL 0_R LeftWall_910 -8.2 0 2 180

* 4: Defining soil layers
*
* Soil Profile (UNITA'DT_2_12_L_0)
*
LDATA UNITA'DT_2_12_L_0 0 LeftWall_910
ATREST 0.5 0.5 1
WEIGHT 20 10 10
PERMEABILITY 1E-05
RESISTANCE 0 32 0 0 0
TZDATA LINEAR 10000 0 25 0.5 0
KSCALE 0 0
YOUNG 15000 45000
ENDL

* 5: Defining structural materials
* Steel material: 998 Name=S355 E=210000000 kPa
MATERIAL S355_998 2.1E+08
* Concrete material: 988 Name=C25/30 E=31475800 kPa
MATERIAL C2530_988 3.1476E+07

* 6: Defining structural elements
* 6.1: Beams and combined Wall Elements
** rev 2021 and later
BEAM PARATIA_911 LeftWall_910 -8.2 0 S355_998 0.12049 0.029645 0.00014578 2.2827 00 00 0

* 6.2: Supports

* 6.3: Strips
STRIP LeftWall_910 2 3 0.25 4.95 0 2.4 45
STRIP LeftWall_910 2 3 0.25 5 0 23.077 45

* 7: Defining Steps
STEP Stage1_909
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-FRICT=32 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-FRICT=32 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-KA=0.307 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-KP=4.845 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-KA=0.307 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-KP=4.845 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-COHE=0 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-COHE=0 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_910
SETWALL LeftWall_910
GEOM 0 0
SURCHARGE 0 0 0 0
WATER -8 0 -8.2 0 0
ADD PARATIA_911
ENDSTEP

STEP Stage2_1064
SETWALL LeftWall_910
GEOM 0 0
SURCHARGE 0 0 0 0
WATER -8 0 -8.2 0 0
ENDSTEP

STEP Stage3_1173
SETWALL LeftWall_910
GEOM 0 -3
SURCHARGE 0 0 0 0
WATER -8 0 -8.2 0 0
```

ENDSTEP

## 7.4. Design Assumption : NTC2018: A2+M2+R2 - File di Paratie - File di input (.d)

```
* ParatiePlus VERSION 23.0.3
* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base Design Section USING ASSUMPTION: NTC2018: A2+M2+R2
* Time:martedi 14 marzo 2023 15:31:33
* 1: Defining general settings
UNIT m kN
TITLE New Project
DELTA 0.2
option param itemax 40
option control contact lagrange

option control hinges 0 0.0001 0.001

* 2: Defining wall(s)
WALL LeftWall_910 0 -8.2 0 1

* 3: Defining surfaces for wall(s)
SOIL 0_L LeftWall_910 -8.2 0 1 0
SOIL 0_R LeftWall_910 -8.2 0 2 180

* 4: Defining soil layers
*
* Soil Profile (UNITA'DT_2_12_L_0)
*
LDATA UNITA'DT_2_12_L_0 0 LeftWall_910
ATREST 0.5 0.5 1
WEIGHT 20 10 10
PERMEABILITY 1E-05
RESISTANCE 0 32 0 0 0
TZDATA LINEAR 10000 0 25 0.5 0
KSCALE 0 0
YOUNG 15000 45000
ENDL

* 5: Defining structural materials
* Steel material: 998 Name=S355 E=210000000 kPa
MATERIAL S355_998 2.1E+08
* Concrete material: 988 Name=C25/30 E=31475800 kPa
MATERIAL C2530_988 3.1476E+07

* 6: Defining structural elements
* 6.1: Beams and combined Wall Elements
** rev 2021 and later
BEAM PARATIA_911 LeftWall_910 -8.2 0 S355_998 0.12049 0.029645 0.00014578 2.2827 00 00 0

* 6.2: Supports

* 6.3: Strips
STRIP LeftWall_910 2 3 0.25 4.95 0 2.4 45
STRIP LeftWall_910 2 3 0.25 5 0 26 45

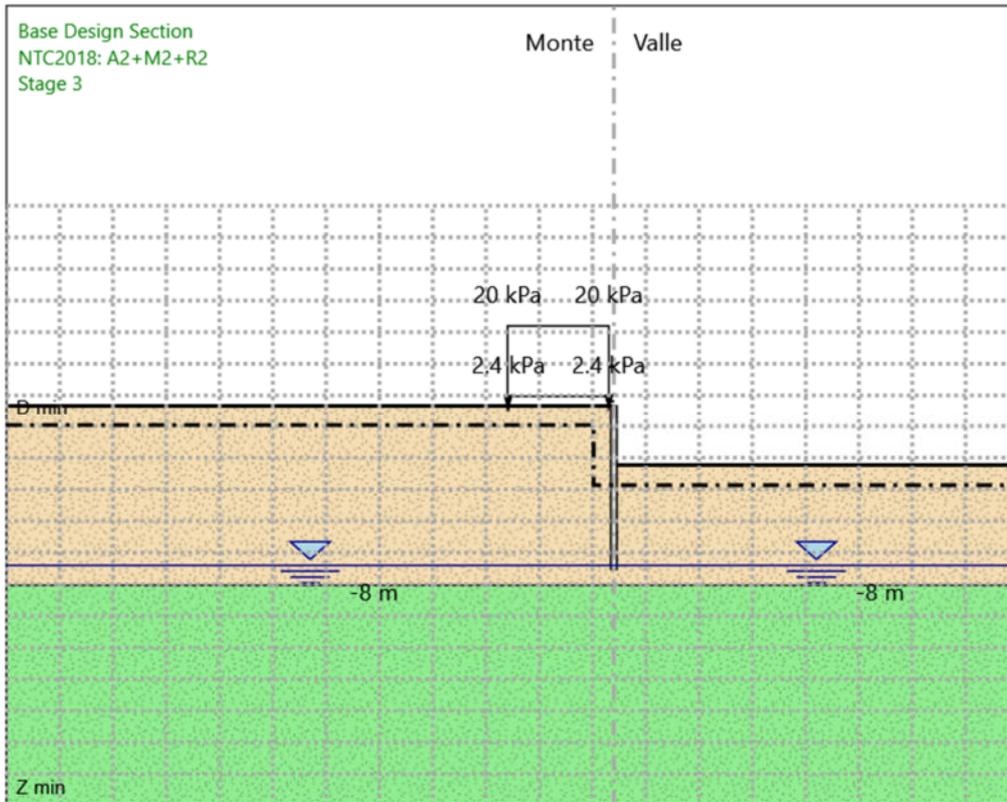
* 7: Defining Steps
STEP Stage1_909
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-FRICT=26.56 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-FRICT=26.56 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-KA=0.382 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-KP=3.512 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-KA=0.382 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-KP=3.512 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-COHE=0 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-COHE=0 LeftWall_910
CHANGE UNITA'DT_2_12_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_910
SETWALL LeftWall_910
GEOM 0 0
SURCHARGE 0 0 0 0
WATER -8 0 -8.2 0 0
ADD PARATIA_911
ENDSTEP

STEP Stage2_1064
SETWALL LeftWall_910
GEOM 0 0
SURCHARGE 0 0 0 0
WATER -8 0 -8.2 0 0
ENDSTEP

STEP Stage3_1173
SETWALL LeftWall_910
GEOM 0 -3
SURCHARGE 0 0 0 0
WATER -8 0 -8.2 0 0
```

## 7. Fasi di Calcolo

### 7.1. Proprietà analisi di stabilità dei pendii - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Stage 3



Metodo di stabilità del pendio: BISHOP

Definizione Superficie Critica: Griglia

Passo Conci: 1

Z min per calcolo raggio massimo: -20

Offset da topline per Rmin: 1

Numero Raggi: 20

Densità Griglia dei Centri: 20

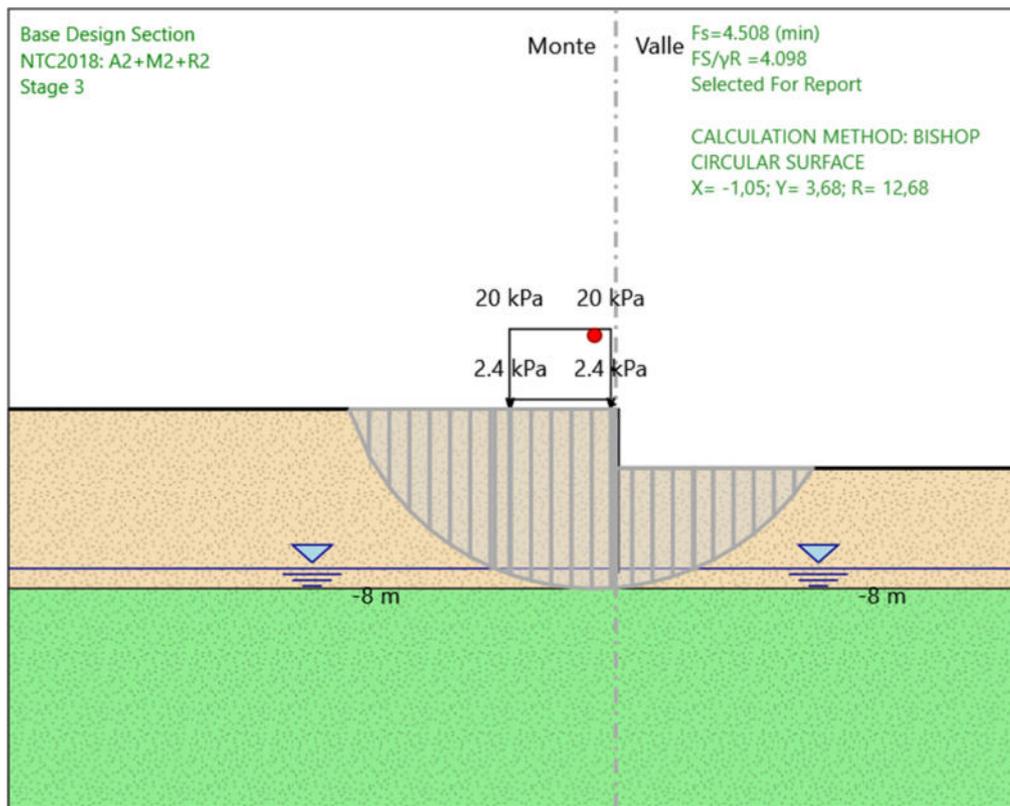
A : X=20, Z=10

B : X=-30, Z=10

C : X=-30, Z=-20

D : X=20, Z=-20

## 7.2. Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Stage 3



### 7.3. Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Stage 3

