

INDICE

1. PREMESSA	6
2. INTRODUZIONE	7
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO, NORMATIVA, SOFTWARE.....	8
4. MATERIALI	10
5. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	11
6. SISMICITA'	12
6.1. AZIONE SISMICA	12
6.1.1. Vita nominale e classe d'uso	13
6.1.2. Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche.....	13
7. MODELLO GEOTECNICO E IPOTESI DI CALCOLO	16
7.1.1. Caratterizzazione dei calcari fratturati.....	17
8. APPROCCI PROGETTUALI PER LE VERIFICHE DELLE OPERE	22
8.1. VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	22
8.1.1. Azioni.....	23
8.1.2. Approccio progettuale per le verifiche delle opere di sostegno del tipo paratie in condizioni statiche.....	24
8.1.3. Approccio progettuale per le verifiche delle opere di sostegno del tipo paratie in condizioni sismiche.....	24
8.1.4. Approccio progettuale per le verifiche di stabilità dei fronti di scavo in condizioni sismiche.....	24
8.2. VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE).....	25
9. CARICHI E AZIONI.....	26
9.1. CARICO VARIABILE E CARICO EDIFICIO ESISTENTE	26
9.2. SPINTA DEL TERRENO	26
9.3. AZIONE SISMICA	26
9.4. COMBINAZIONE DELLE AZIONI.....	27
10. DESCRIZIONE DEI PROGRAMMI UTILIZZATI NELLE ANALISI.....	28

DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI CALCOLO PARATIE PLUS PER L'ANALISI DELL'INTERAZIONE PARATIA-TERRENO	28
10.1.1. Coefficienti di spinta.....	29
10.1.2. Verifiche dei micropali.....	30
10.2. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI CALCOLO SLOPE/W	30
10.2.1. Parametri caratteristici e fattorizzazione.....	31
11. PARATIA DI MICROPALI A SOSTEGNO DELLO SCAVO DELLA VASCA DELL'IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO	33
11.1. CARICHI, PROFONDITÀ DI SCAVO DI CALCOLO E STRATIGRAFIA.....	38
11.2. MODELLAZIONE VINCOLO DI TIPO MOLLA	38
11.3. DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO	39
11.4. SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLE	41
11.5. SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLU	41
11.5.1. Sollecitazioni di momento flettente.....	42
11.5.2. Sollecitazioni di taglio.....	43
11.6. VERIFICHE ELEMENTO STRUTTURALE.....	44
11.6.1. Tasso di sfruttamento momento.....	44
11.6.2. Tasso di sfruttamento taglio.....	45
12. PARATIA DI MICROPALI A PROTEZIONE DEL FABBRICATO PRIVATO	46
12.1. MODELLO E STRATIGRAFIA	49
12.2. DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO	50
12.3. SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLE	55
12.4. SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLU PER LA CONDIZIONE TEMPORANEA STATICA.....	57
12.4.1. Sollecitazioni di momento flettente.....	57
12.4.2. Sollecitazioni di taglio.....	58
12.5. VERIFICHE ELEMENTO STRUTTURALE PER LA CONDIZIONE PROVVISORIA.....	59
12.5.1. Tasso di sfruttamento momento.....	59

12.5.2. Tasso di sfruttamento taglio	60
12.6. SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLU PER LA CONDIZIONE DEFINITIVA	62
12.6.1. Sollecitazioni di momento flettente.....	62
12.6.2. Sollecitazioni di taglio.....	64
12.7. VERIFICHE ELEMENTO STRUTTURALE PER LA CONDIZIONE DEFINITIVA	66
12.7.1. Tasso di sfruttamento momento.....	66
12.7.2. Tasso di sfruttamento taglio	68
13. PARATIA DI MICROPALI IN CORRISPONDENZA DELLA SPALLA DEL CAVALCAFERROVIA	70
13.1. MODELLO E STRATIGRAFIA	72
13.2. DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO	73
13.3. SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLE	74
13.4. SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLU	76
13.4.1. Sollecitazioni di momento flettente.....	76
13.4.2. Sollecitazioni di taglio.....	77
13.5. VERIFICHE ELEMENTO STRUTTURALE.....	78
13.5.1. Tasso di sfruttamento momento.....	78
13.5.2. Tasso di sfruttamento taglio	79
14. PARATIA DI MICROPALI IN CORRISPONDENZA DEL MURO D'ALA DEL CAVALCAFERROVIA	80
14.1. MODELLO E STRATIGRAFIA	82
14.2. DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO	84
14.3. SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLE	85
14.4. SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLU	86
14.4.1. Sollecitazioni di momento flettente.....	86
14.4.2. Sollecitazioni di taglio.....	87
14.5. VERIFICHE ELEMENTO STRUTTURALE.....	88
14.5.1. Tasso di sfruttamento momento.....	88

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di
sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	5 di 94

14.5.2. Tasso di sfruttamento taglio	89
15. ANALISI DI STABILITA' DELLO SCAVO DEL PIAZZALE	90
15.1. MODELLO E STRATIGRAFIA	91
15.2. SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLU	92
15.3. SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLV	93

	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D10	DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003	REV. A	FOGLIO 6 di 94

1. PREMESSA

Il 23 Gennaio 2017 è stato siglato un Protocollo d'Intesa tra RFI, Regione Sicilia e Comune di Ragusa con il quale è stato istituito un gruppo di lavoro congiunto finalizzato alla realizzazione della "Metropolitana di superficie" nel territorio del comune di Ragusa, con la previsione della realizzazione di nuovi impianti per il servizio ferroviario passeggeri e l'adeguamento di impianti esistenti. In data 15 Gennaio 2018 è stata sottoscritta la convenzione tra il Comune di Ragusa e la Presidenza del Consiglio dei Ministri per la realizzazione dell'intervento "Riqualficazione della periferia storica di Ragusa: ripristinare accessibilità e connessione con la città moderna attraverso la Ferrovia Urbana". In particolare, la realizzazione degli interventi proposti è finalizzata al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- Maggiore competitività del trasporto ferroviario rispetto al trasporto collettivo su gomma;
- Maggiore accessibilità al sistema ferroviario;
- Sviluppo del servizio metropolitano nella zona urbana di Ragusa.

Le fermate della nuova linea "Metroferrovia" sono state concepite come un sistema omogeneo che si sviluppa sul territorio comunale.

In tutti gli interventi di fermata lungo la linea si è previsto di far interagire l'infrastruttura ferroviaria con l'area urbana, su cui si attesta, per creare aree di interesse per la comunità, come piccole piazze.

In tale intervento, è prevista la realizzazione della nuova stazione Cisternazzi/Ospedale.

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	7 di 94

2. INTRODUZIONE

La presente relazione descrive le analisi svolte riferite a specifiche configurazioni di opere (sezioni di calcolo tipo), individuate come rappresentative delle condizioni maggiormente critiche presso la nuova Stazione Ospedale/Cisternazzi dove sono previsti i seguenti interventi:

- ✓ realizzazione di un nuovo binario attestato e relativi collegamenti al binario esistente con $V=60\text{km/h}$
- ✓ realizzazione di un nuovo marciapiede a isola, a servizio di entrambi i binari, $L=125\text{m}$ e $h=55\text{cm}$
- ✓ realizzazione di una pensilina di lunghezza pari a 35m
- ✓ nuovo apparato tecnologico ACC

Di seguito l'inquadramento del sito in oggetto

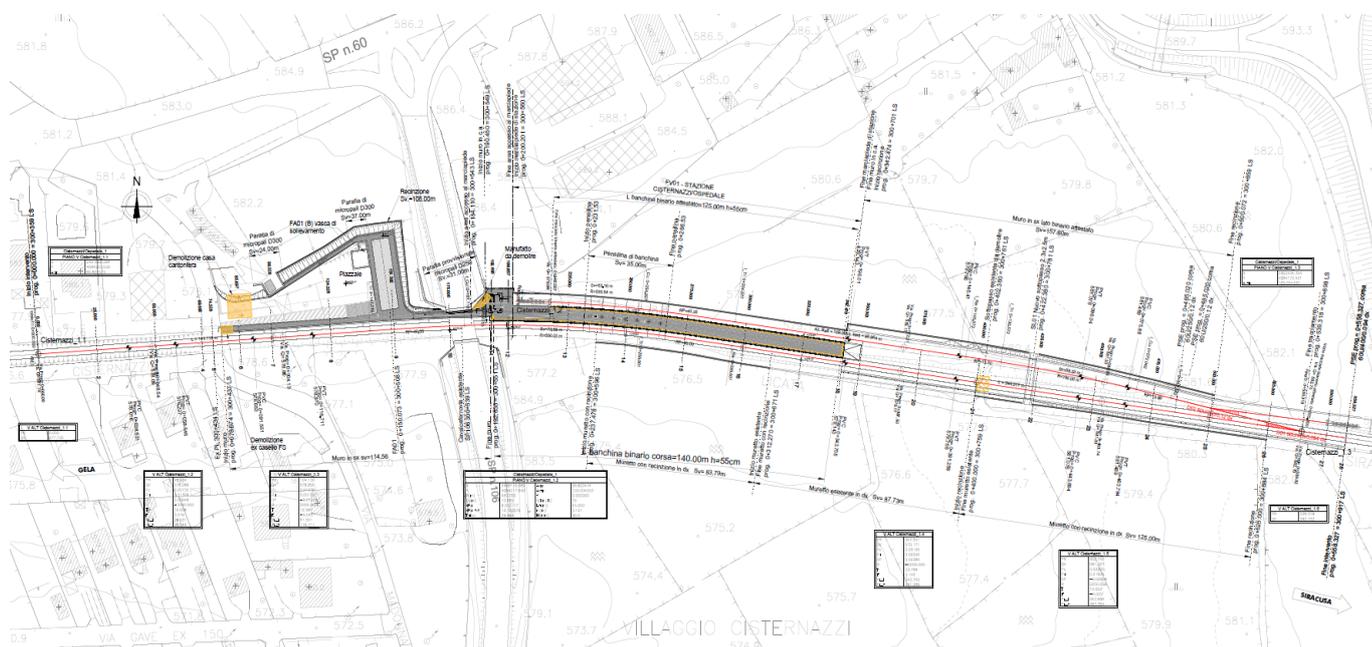


Figura 2-1: Inquadramento del sito di progetto

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>					
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<p>COMMESSA RS3Y</p>	<p>LOTTO 1B</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 8 di 94</p>

Per la paratia in adiacenza all'edificio di servizio e in adiacenza alla spalla del ponte stradale, di cui di seguito sono descritti i calcoli di dimensionamento e verifica, è da prevedersi la messa in opera, durante le fasi esecutive, di un sistema di monitoraggio degli spostamenti in testa. Il sistema di monitoraggio prevederà la predisposizione di mire topografiche lungo il cordolo di testa delle paratie. Il monitoraggio, che sarà limitato alle sole fasi di cantiere, dovrà prevedere al minimo letture con cadenza settimanali. Il piano di monitoraggio, che sarà definito nell'ambito del progetto esecutivo, prevederà la definizione dei valori di soglia e di allarme, in funzione degli approfondimenti che dovranno essere effettuati (sempre nell'ambito del progetto esecutivo, cioè preventivamente all'inizio dei lavori) circa le caratteristiche geometriche e strutturali delle opere persistenti a tergo delle paratie.

3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO, NORMATIVA, SOFTWARE

Documentazione di riferimento

- [1] RS3Y1BD10GEOC0000001 - "Relazione Geotecnica Generale"
- [2] RS3Y1BD10F7OC0000001 - "Profilo Geotecnico – Stazione Cisternazzi/Ospedale"
- [3] RS3Y1BD69NZGE0001001 – "Profilo Geologico - Stazione Cisternazzi/Ospedale"
- [4] RS3Y1BD69RG0C0001001 - "Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica"
- [5] RS3Y1BD69PRGE0005001 – "Prove di laboratorio"
- [6] RS3Y1BD10PBOC0000004 – "Paratia a protezione del fabbricato esistente"
- [7] RS3Y1BD10PBOC0000005 – "Paratia provvisoria per scavo vasca di sollevamento"
- [8] RS3Y1BD10PBOC0000006 – "Paratia provvisoria adiacente alla spalla del cavalcaferrovia"
- [9] RS3Y1BD10WBNV0100001 – "NV01 – Viabilità accesso stazione Cisternazzi/ospedale – sezioni tipo"

	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI												
GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3Y</td> <td>1B</td> <td>D10</td> <td>RH OC.00.0.0 003</td> <td>A</td> <td>9 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	9 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	9 di 94								

Normativa e Standard di Riferimento

- [10] Decreto Ministeriale del 17/01/2018: “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” (GU n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8)
- [11] Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”
- [12] UNI EN 1992-1-1:2004: Eurocodice 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.
- [13] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 - Progettazione Geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- [14] RFI DTC SI CS MA IFS 001 C del 21.12.2018 - Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II -Sezione 3 – Corpo Stradale.
- [15] RFI DTC SI SP IFS 001 C del 21.12.2018- Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi”– RFI
- [16] Regolamento (UE) N° 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 776/2019 della Commissione del 16 maggio 2019;

Software

- [17] Paratie plus 19.1.2
- [18] GeoSlope W

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>												
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3Y</td> <td>1B</td> <td>D10</td> <td>RH OC.00.0.0 003</td> <td>A</td> <td>10 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	10 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	10 di 94								

4. MATERIALI

Il progetto prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

Calcestruzzo per realizzazione cordolo

Classe di resistenza: C25/30 ($R_{ck} \geq 30$ MPa)

Malte per iniezioni micropali a bassa pressione (riferimento a 1mc)

Classe di resistenza: C25/30 ($R_{ck} \geq 30$ MPa)

Tipo Cemento III÷V

rapporto a/c in peso = 0.5
eventuale additivo

composizione malta riferita a 1 mc:

- cemento 600 kg
- acqua 300 kg
- sabbia 1100-1200 kg
- additivo 5-10 kg

Acciaio per travi di ripartizione e puntelli

Tipo S275: $f_{yk} \geq 275$ MPa.

Acciaio per tubolari di armatura dei micropali

Profili laminati a caldo con profili a sezione cava:

Tipo S275 $f_{yk} \geq 275$ MPa

Acciaio per cemento armato

Tipo B450C

$f_{yk} \geq 450$ MPa

$f_{tk} \geq 540$ MPa

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>					
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<p>COMMESSA RS3Y</p>	<p>LOTTO 1B</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 12 di 94</p>

6. SISMICITA'

Il 2.4.1 del DM18 (Doc.[10]) stabilisce, con riferimento alla Tab. 2.4.I, che le verifiche sismiche di opere di tipo 1 o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 6-1 Tab. 2.4.I DM18

Le opere oggetto di dimensionamento e verifica sono sia di tipo provvisoria, come nel caso della paratia finalizzata allo scavo per l'impianto di sollevamento e della paratia a sostegno della realizzazione del collettore in adiacenza alla spalla del cavalcaferrovia esistente, sia di tipo definitivo, come nel caso della paratia a protezione del fabbricato esistente e dello scavo di sbancamento ai lati del piazzale.

Per le prime, ricadendo nel caso "Costruzioni temporanee e provvisorie", le verifiche sismiche vengono omesse.

Per le seconde, si effettua la verifica sismica sulla base dei parametri sismici riportati nella relazione geologica e sismica (Doc. Rif. [4]), implementati direttamente nel software. Di seguito un riepilogo delle considerazioni relative all'azione sismica.

6.1. Azione sismica

Con riferimento alla normativa vigente (NTC-2018), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

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

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D10	DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003	REV. A	FOGLIO 13 di 94

Tc* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli spettri di risposta di progetto sono stati definiti per tutti gli stati limite considerati, e, note la latitudine e la longitudine del sito, si sono ricavati i valori dei parametri necessari alla definizione dell'azione sismica e quindi del relativo spettro di risposta.

6.1.1. Vita nominale e classe d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La classe d'uso è da valutarsi, in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso.

Per la definizione della Vita Nominale e della Classe d'uso da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte del progetto in oggetto, si rimanda al Doc. Rif. [1]

In definitiva, le strutture di progetto definitive, avranno la stessa vita nominale e classe d'uso relativa al fabbricato ACC cui sono poste a protezione:

- Vita Nominale $V_N = 50$ anni
- Classe d'uso tipo IV con coefficiente d'uso $C_U=2.0$

6.1.2. Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Il sito di progetto può essere caratterizzato come terreno di **Categoria B**, come riportato nel Doc. [1]

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	14 di 94

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di 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.</i>
B	<i>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 compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 1: Categorie di sottosuolo.

Per ciò che riguarda le condizioni topografiche, l'area interessata risulta classificabile come **T1**.

Tabella 2 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 $i > 30^\circ$

I valori di calcolo per l'analisi sismica fanno riferimento ai parametri forniti nei Doc. Rif. [1] e [4], riportati in Tabella 3

Tabella 3 Parametri per VR=100anni

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	15 di 94

SL	T _R (anni)	a _g (g)	F ₀ (-)	T _c * (s)
SLO	60	0,052	2,523	0,267
SLD	101	0,072	2,505	0,289
SLV	949	0,273	2,367	0,454
SLC	1950	0,390	2,366	0,509

7. MODELLO GEOTECNICO E IPOTESI DI CALCOLO

Per la definizione del modello geotecnico si è fatto riferimento a quanto definito dallo studio geotecnico generale (Docs Rif. [1] e [2]).

Si osserva che le opere ricadono, nella generalità dei casi, nella formazione delle calcareniti. Cautelativamente, nei seguenti calcoli, si utilizza uno strato superficiale maggiore di terreni di riporto rispetto a quelli riscontrati dal sondaggio S1. Inoltre, per tenere in conto del possibile rinvenimento di strati con vari gradi di fratturazione della roccia in sito, si effettua di seguito una caratterizzazione atta a descrivere questo particolare livello di calcare fratturato (riportata al par. 7.1.1), individuato anche dalla sezione geologica di cui al Doc. Rif. [3]. Tali parametri e tali livelli stratigrafici dovranno essere indagati prima della realizzazione dell'opera.

Al di sotto dello strato di calcareniti fratturate, si riporta uno strato di calcareniti integre aventi un valore ridotto di coesione efficace per tenere in conto i bassi livelli tensionali in cui ricadono le opere trattate in questa sede (100kPa riferiti al range inferiore di coesione riportato nel Doc Rif. [1] – relazione geotecnica).

Di seguito le unità geotecniche/materiali da costruzione e relativi parametri meccanici utilizzati nei calcoli.

Unità	γ	ϕ	c'	E
	kN/mc	°	kPa	MPa
Riporti	20	28	0	10
Calc Frattur.	20	34	14	200
Calcareniti	20.6	26	100	1000

La falda è ubicata a circa -18m da pc e pertanto non interferisce con i calcoli delle opere oggetto di questa relazione.

Nel calcolo delle paratie, i calcoli effettuati tengono conto della prescrizione contenuta al 6.5.2.2 del DM18 (Doc. [10]), per cui il modello geometrico deve considerare le possibili variazioni del profilo del terreno a monte e a valle del paramento rispetto ai valori nominali. Inoltre, nei casi in cui la funzione di sostegno è affidata esclusivamente alla resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, la quota del terreno di valle (fondo scavo) è stata diminuita di una quantità pari al minore dei seguenti valori:

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

 <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>					
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<p>COMMESSA RS3Y</p>	<p>LOTTO 1B</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 17 di 94</p>

7.1.1. Caratterizzazione dei calcari fratturati

Per la caratterizzazione geotecnica degli ammassi rocciosi, adottando il modello continuo equivalente, si fa riferimento al criterio di rottura sviluppato da Hoek e Brown

La resistenza di picco dell'ammasso roccioso viene pertanto definita dalla seguente espressione:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_c \left(m \frac{\sigma'_3}{\sigma_c} + s \right)^a$$

dove:

σ'_c resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso, data dalla seguente espressione:

$$\sigma_c = \sigma_{ci} \cdot s^a$$

Dove σ_{ci} è la resistenza a compressione monoassiale del materiale roccioso assunta cautelativamente pari a 12MPa, secondo i valori illustrati nei doc.rif [1] e [5];

m viene ricavato dal valore della costante m_i del materiale intatto (assunto pari a $m_i=9$ secondo i valori tipici di letteratura riportati in Figura 7-2) secondo la seguente relazione:

$$m = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$$

;

s : costante data dalla seguente relazione:

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3 \cdot D}\right);$$

a costante data dalla seguente relazione:

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \cdot \left(e^{-\frac{GSI}{15}} - e^{-\frac{20}{15}} \right);$$

	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D10	DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003	REV. A	FOGLIO 18 di 94

D: è un fattore che dipende dal grado di disturbo dell'ammasso roccioso, variabile da 0 per le rocce indisturbate e 1 per le rocce molto disturbate. La Figura 7-3 riporta le indicazioni per la scelta del valore di D. Nel caso specifico, considerato il grande disturbo recato, è stato assunto

$$D = 0.7$$

GSI: è il Geological Strength Index, valutato sulla base delle condizioni dell'ammasso roccioso. E' correlato al Rock Mass Rating RMR tramite la relazione $GSI = RMR'_{89} - 5$. Assunto $RMR'_{89} = 45$ per il calcare integro (Doc. Rif [1]), si ottiene un $GSI = 40$ per il calcare integro. In questa sede, cautelativamente, si pone $GSI = 20$ per il calcare fratturato.

Da queste considerazioni si ottiene, tramite il software RocLab (Figura 7-1):

- $c' = 14 \text{ kPa}$
- $\phi = 34^\circ$

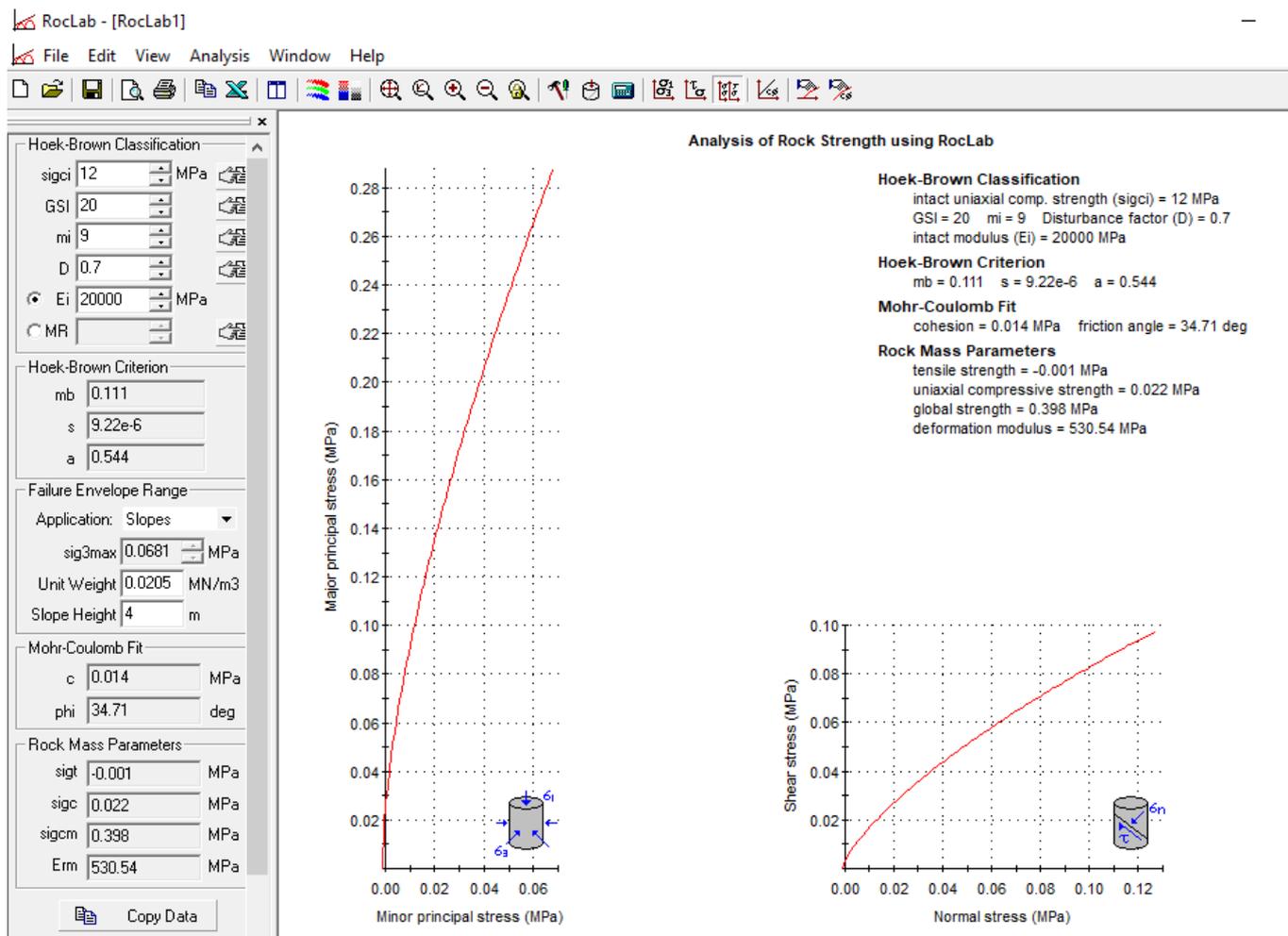


Figura 7-1 Roclab calcare fratturato

Per quanto riguarda la valutazione del modulo di deformazione è stata proposta da Hoek & Diederichs (2006) la seguente correlazione (Doc.[1]):

$$E_{mm} = E_i \left(0.02 + \frac{1 - D/2}{1 + e^{((60+15D-GSI)/11)}} \right)$$

La rigidezza per il calcare fratturato (GSI = 20) risulta pari a $E = 530$ MPa.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>					
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<p>COMMESSA RS3Y</p>	<p>LOTTO 1B</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 20 di 94</p>

D'altronde dalle analisi delle v_s derivanti dalla MASW, si ottengono $v_s=247\text{m/s}$, da cui, con un peso specifico di 2000kg/mc e ipotizzando un coefficiente di Poisson $\nu=0.3$

$$E = \rho \cdot v_s^2 \cdot 2 \cdot (1 + 0.3) = 317 \text{ MPa}$$

Si assume cautelativamente per i calcari fratturati $E = 200 \div 300 \text{ MPa}$

Tabella 5.3: Valori tipici del parametro m_i di Hoek e Brown per alcuni materiali rocciosi [109]

			Values of constant m_i for intact rock, by rock group. Values in <i>parentheses</i> are estimates. Range of values quoted for each material depends upon granularity and interlocking of crystal structure, higher values being associated with tightly interlocked and more frictional characteristics. (This table contains several changes from previously published versions. These changes have been made to reflect data that have been accumulated from laboratory tests and experience gained from discussions with geologists and engineering geologists.)		
Sedimentary	Clastic		Conglomerates ^a Breccias ^a	Sandstones 17±4	Siltstones 7±2 Greywackes (18±3)
	Non-clastic	Carbonates Evaporites Organic	Crystalline limestone (12±3)	Sparitic limestones (10±2) Gypsum 8±2	Micritic limestones (9±2) Anhydrite 12±2 Chalk 7±2
Metamorphic	Non-foliated		Marble 9±3	Hornfels (19±4) Metasandstone (19±3)	Quartzites 20±3
	Slightly foliated Foliated ^b		Migmatite (29±3)	Amphibolites 26±6 Schists 12±3	Gneiss 28±5 Phyllites (7±3) Slates 7±4
Igneous	Plutonic	Light	Granite 32±3 Granodiorite (29±3)	Diorite 25±5	
		Dark	Gabbro 27±3 Norite 20±5 Porphyries (20±5)	Dolerite (16±5)	
	Hypabyssal Volcanic	Lava Pyroclastic	Agglomerate (19±3)	Rhyolite (25±5) Andesite 25±5 Breccia (19±5)	Diabase (15±5) Dacite (25±3) Basalt (25±5) Tuff (13±5)

^aConglomerates and breccias may have a wide range of values, depending on the nature of cementing material and degree of cementation. Values may range between those of sandstones to those of fine-grained sediments

^bThese values are for intact rock specimens tested normal to bedding or foliation. Values of m_i will be significantly different if failure occurs along a weakness plane

Figura 7-2 Valori tipici di m_i (Marinos, Hoek, Estimating the geotechnical properties of rock masses, 2001)

Appearance of rock mass	Description of rock mass	Suggested value of <i>D</i>
	Excellent quality controlled blasting or excavation by Tunnel Boring Machine results in minimal disturbance to the confined rock mass surrounding a tunnel.	$D = 0$
	Mechanical or hand excavation in poor quality rock masses (no blasting) results in minimal disturbance to the surrounding rock mass. Where squeezing problems result in significant floor heave, disturbance can be severe unless a temporary invert, as shown in the photograph, is placed.	$D = 0$ $D = 0.5$ No invert
	Very poor quality blasting in a hard rock tunnel results in severe local damage, extending 2 or 3 m, in the surrounding rock mass.	$D = 0.8$
	Small scale blasting in civil engineering slopes results in modest rock mass damage, particularly if controlled blasting is used as shown on the left hand side of the photograph. However, stress relief results in some disturbance.	$D = 0.7$ Good blasting $D = 1.0$ Poor blasting
	Very large open pit mine slopes suffer significant disturbance due to heavy production blasting and also due to stress relief from overburden removal. In some softer rocks excavation can be carried out by ripping and dozing and the degree of damage to the slopes is less.	$D = 1.0$ Production blasting $D = 0.7$ Mechanical excavation

Figura 7-3 Linee guida per la scelta del fattore di disturbo *D*

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>					
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<p>COMMESSA RS3Y</p>	<p>LOTTO 1B</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 22 di 94</p>

8. APPROCCI PROGETTUALI PER LE VERIFICHE DELLE OPERE

Ai fini del progetto delle opere oggetto della relazione, sono stati considerati gli stati limite ultimi (SLU) e gli stati limite di esercizio (SLE).

In generale, le analisi degli stati limite di esercizio (SLE) sono utilizzate per ottenere informazioni circa gli spostamenti attesi sotto i carichi di esercizio e/o per verificarne l'ammissibilità nei confronti della funzionalità dell'opera.

Le analisi agli stati limite ultimi (SLU) sono impiegate per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali e per le verifiche geotecniche.

8.1. Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, ovvero:

$$E_d = E \left(\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

$$E_d = \gamma_E E \left(F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

con $\gamma_E = \gamma_F$, e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

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

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d .

L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = \gamma_E E_k$. Nella formulazione delle resistenze R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulle resistenze del sistema.

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

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito degli approcci previsti dalla normativa.

8.1.1. Azioni

I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni sono indicati nella Tabella 4.

Tabella 4 Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(4)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽⁴⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1} .

I coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno sono indicati nella Tabella 5.

Tabella 5 Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

La verifica allo stato limite ultimo richiesta dal DM2018 per la stabilità dei fronti di scavo in condizioni statiche, prevede l'utilizzo della combinazione di coefficienti:

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>												
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3Y</td> <td>1B</td> <td>D10</td> <td>RH OC.00.0.0 003</td> <td>A</td> <td>24 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	24 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	24 di 94								

- Approccio 1, combinazione 2: A2+M2+R2,

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nella Tabella 6.

Tabella 6 Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

8.1.2. Approccio progettuale per le verifiche delle opere di sostegno del tipo paratie in condizioni statiche

Le verifiche sono state sviluppate adottando per gli stati limite ultimi (SLU) di tipo strutturale (STR) e geotecnico (GEO):

- Approccio 1, combinazione 1: A1+M1+R1 (STR);
- Approccio 1, combinazione 2: A2+M2+R1 (GEO).

I coefficienti parziali per le azioni (A) e per i parametri geotecnici del terreno (M) sono in accordo alla Tabella 4 e Tabella 5 mentre quelli sulle resistenze sono posti pari a R1=1.

Le verifiche di stabilità del complesso opera di sostegno-terreno sono state condotte con:

- Approccio 1, combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO).

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nella Tabella 4 e Tabella 5 per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tabella 6 per le resistenze.

8.1.3. Approccio progettuale per le verifiche delle opere di sostegno del tipo paratie in condizioni sismiche

Le verifiche sono state sviluppate adottando i coefficienti parziali per le azioni (A) e per i parametri geotecnici del terreno (M) unitari.

8.1.4. Approccio progettuale per le verifiche di stabilità dei fronti di scavo in condizioni sismiche

La verifica di stabilità globale è condotta mediante il metodo di analisi definito al Par. 7.11.3.5 delle NTC18, inerente alla stabilità dei pendii. In mancanza di studi specifici, i coefficienti sismici kh (orizzontale) e kv (verticale) sono definiti come:

	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D10	DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003	REV. A	FOGLIO 25 di 94

$$k_h = \beta_s a_{\max}/g$$

$$k_v = \pm k_h / 2$$

essendo:

a_{\max} = azione sismica di progetto definita al par. 6, moltiplicando l'accelerazione a_g per il coefficiente S di amplificazione stratigrafica e topografica assunto pari a 1.2

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Come chiarito al Par. 7.11.4 delle NTC18, il valore del coefficiente β_s da assumere è pari a 0.38 per verifiche allo SLV su fronti di scavo o rilevati, come nel caso in oggetto.

Il coefficiente R da applicare sulle resistenze è in questo caso pari a $\gamma_R = 1.2$

8.2. Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE)

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d,$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>												
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3Y</td> <td>1B</td> <td>D10</td> <td>RH OC.00.0.0 003</td> <td>A</td> <td>26 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	26 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	26 di 94								

9. CARICHI E AZIONI

I carichi considerati in fase di calcolo e verifica sono i seguenti:

- carico accidentale;
- spinta del terreno.

9.1. Carico variabile e carico edificio esistente

A monte della paratia di protezione allo scavo per l'impianto di sollevamento, è previsto un carico da mezzi di cantiere pari a 15kPa.

A monte della paratia di protezione del fabbricato esistente è previsto un carico variabile pari a 15kPa.

A monte della paratia di protezione dello scavo del plinto e dei muri è previsto un carico definito, a seconda delle diverse condizioni, al par. 13 e par. 14

A monte dello sbancamento è previsto un carico accidentale pari a 10kPa.

9.2. Spinta del terreno

La spinta del terreno sulle opere di sostegno è valutata sulla base del modello di interazione terreno struttura descritto al § 10.

9.3. Azione sismica

I coefficienti sismici k_h (orizzontale) e k_v (verticale) sono definiti come al par. 8.1.4. Per la loro valutazione si adotta:

$$a_g = 0.273g$$

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito pari a 0.38

In accordo alle espressioni di cui al par. 8.1.4, si ottengono i seguenti coefficienti per la verifica di stabilità globale allo SLV :

$$k_h = 0.38 \times (0.273 \times 1.2) = 0.124$$

$$k_v = \pm 0.062$$

9.4. Combinazione delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

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

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

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

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

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

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

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

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

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

I coefficienti di combinazione ψ sono dati dalle NTC2018 a secondo del tipo di struttura (Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari).

Nel caso in esame sono state considerate le seguenti combinazioni di carico.

Tabella 7 Combinazioni di carico

ID	Tipo di combinazione		E	G1-G2	γ_G	Q1	γ_Q	ψ
SLU	A1+M1+R1	Statica		x	1.3	x	1.5	1
SLU	A2+M2+R1	Statica		x	1.0	x	1.3	1
SLE		Statica	x	x	1.0	x	1.0	1

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>					
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<p>COMMESSA RS3Y</p>	<p>LOTTO 1B</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 28 di 94</p>

10. DESCRIZIONE DEI PROGRAMMI UTILIZZATI NELLE ANALISI

DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI CALCOLO PARATIE PLUS PER L'ANALISI DELL'INTERAZIONE PARATIA-TERRENO

Al fine di rappresentare il comportamento dell'opera di sostegno durante le varie fasi di lavoro si è utilizzato un metodo di calcolo capace di simulare l'interazione terreno-paratia. L'analisi è stata sviluppata con il software Paratie Plus 2019 di Harpaceas.

PARATIE 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.

Il problema è visto come un problema piano in cui viene analizzata una "fetta" di parete di larghezza unitaria, come mostrato nella seguente figura.

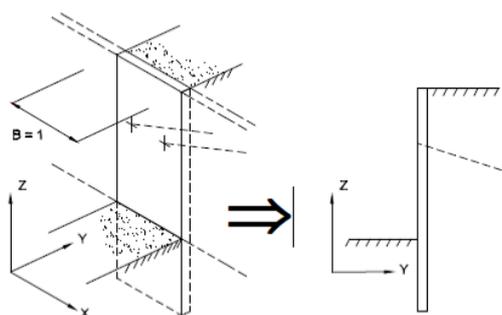


Figura 10-1 – Modellazione piana della paratia

La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo "trave su suolo elastico"; le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidezza flessionale EJ , mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie: ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi terreno.

Il limite di questo schema sta nell'ammettere che ogni porzione di terreno, schematizzata da una "molla", abbia comportamento del tutto indipendente dalle porzioni adiacenti; l'interazione fra le varie regioni di terreno è affidata alla rigidezza flessionale della parete.

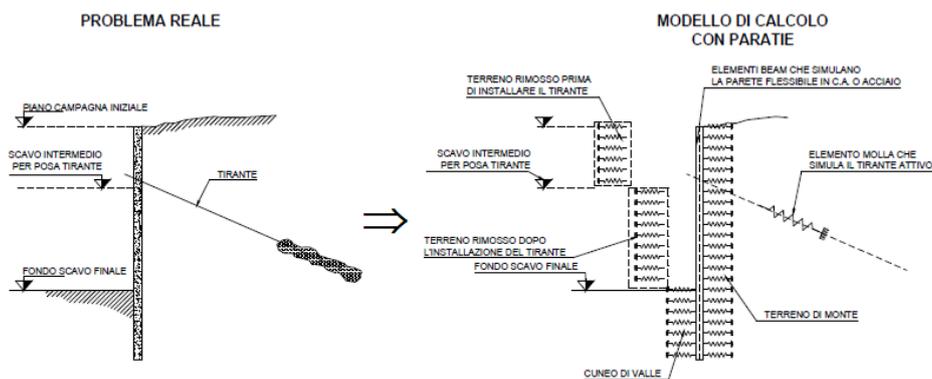


Figura 10-2 Schematizzazione terreno e vincoli (ancoraggi, puntoni, elem. strutturali)

La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie, eventualmente tirantate/puntellate, viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi "statica incrementale": ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti/vincoli applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati. Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elastoplastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson (Bathe, 1996).

L'analisi ha lo scopo di indagare la risposta strutturale in termini di deformazioni laterali subite dalla parete durante le varie fasi di scavo e di conseguenza la variazione delle pressioni orizzontali nel terreno. Per far questo, in corrispondenza di ogni nodo è necessario definire due gradi di libertà, cioè lo spostamento orizzontale e la rotazione attorno all'asse X ortogonale al piano della struttura (positiva se antioraria).

10.1.1. Coefficienti di spinta

I coefficienti di spinta corrispondenti allo stato attivo e passivo sono valutati dal programma di calcolo a partire dai parametri geotecnici. In particolare i coefficienti di spinta attiva (k_a) sono calcolati secondo la formulazione di Coulomb; i coefficienti di spinta passiva (k_p) sono calcolati secondo la formulazione di Lancellotta (2007). Nei casi di spinta passiva, si considera un angolo di attrito terreno/calcestruzzo (δ) pari a $1/2\varphi'$. Nei casi di spinta attiva, si considera scabrezza nulla.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>					
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<p>COMMESSA RS3Y</p>	<p>LOTTO 1B</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 30 di 94</p>

10.1.2. Verifiche dei micropali

La verifica del micropalo alle sollecitazioni taglianti e flettenti è implementata nel software ParatiePlus. A tal proposito, si riporteranno, nei paragrafi dedicati, gli screenshots dei valori di sfruttamento della sezione

10.2. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI CALCOLO SLOPE/W

La valutazione dei fattori di sicurezza per la stabilità globale dell'opera è condotta mediante il modulo "Slope /W" del programma GeoStudio 2018 della GEO-SLOPE International.

Tale programma consente un'analisi di stabilità all'equilibrio limite tenendo conto di terreni variamente stratificati, dell'eventuale falda idrica, di sovraccarichi, della presenza di pressioni neutre diverse dalle pressioni idrostatiche, di sollecitazioni sismiche mediante un'analisi di tipo pseudostatico, di tiranti di ancoraggio e di eventuali altri elementi di rinforzo (ad esempio geogriglie).

Il programma è in grado di fornire una soluzione generale al problema bidimensionale di stabilità ricavandone il coefficiente di sicurezza (FS) come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di possibile scorrimento e quella effettivamente mobilitata dal volume di terreno coinvolto nel movimento; il criterio di rottura adottato è quello classico di Mohr - Coulomb.

La valutazione del coefficiente di sicurezza è effettuata per tentativi, generando un elevato numero di superfici mediante un algoritmo pseudo - casuale.

Il programma è in grado di compiere le verifiche di stabilità fornendo il coefficiente di sicurezza secondo differenti criteri; l'analisi è stata sviluppata utilizzando il metodo di Morgenstern-Price con superfici circolari ottimizzate.

Si precisa che la ricerca delle superfici critiche avviene definendo un intervallo di entrata (a monte) ed un intervallo di uscita (a valle); vengono quindi generati diversi archi di cerchio, contraddistinti ovviamente da diversi centri. Gli intervalli di entrata e uscita delle superfici sono individuati nelle figure estratte dal programma da una linea di colore rosso, mentre la linea verde identifica il profilo del terreno (vedasi figura seguente).

 <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>					
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<p>COMMESSA RS3Y</p>	<p>LOTTO 1B</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 31 di 94</p>

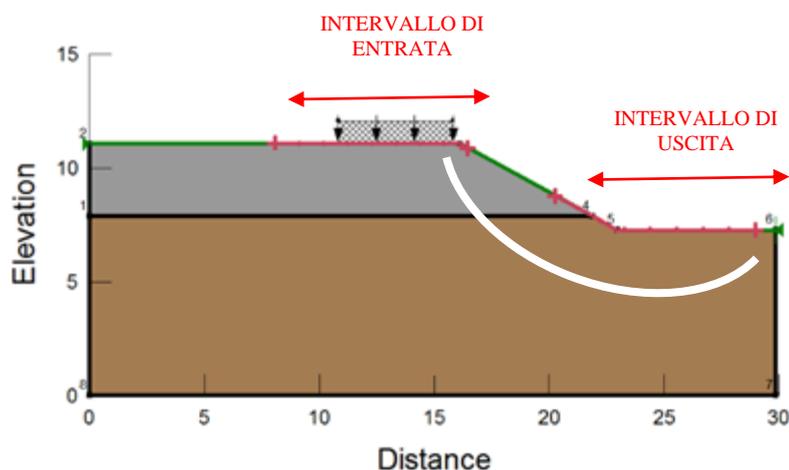


Figura 10-3 Criteri di ricerca delle superfici di scivolamento

Nella schermata di analisi, viene dunque riportata in verde chiaro la superficie di scorrimento critica (minimo FS tra tutte le superfici di scorrimento critiche) con relativo fattore di sicurezza FS.

10.2.1. Parametri caratteristici e fattorizzazione

Nelle analisi di stabilità con il software Slope/W i parametri di resistenza delle unità geotecniche e i carichi variabili sono inseriti con i valori caratteristici; nelle analisi di stabilità in condizioni statiche vengono poi fattorizzati in accordo ai criteri illustrati par. 8 per il caso statico. Nelle figure seguenti si riportano i coefficienti parziali utilizzati all'interno del software per le analisi in condizioni statiche.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>												
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3Y</td> <td>1B</td> <td>D10</td> <td>RH OC.00.0.0 003</td> <td>A</td> <td>32 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	32 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	32 di 94								

Name:

Permanent Point Loads/Surcharge Loads

Favorable:

Unfavorable:

Variable Point Loads/Surcharge Loads

Favorable:

Unfavorable:

Soil Unit Weight

Favorable:

Unfavorable:

Other Parameters

Seismic Coefficients:

Earth Resistance:

Material Parameters

Effective Cohesion:

Effective Coefficient of Friction:

Undrained Strength:

Shear Strength (Other Models):

Reinforcement Parameters

Pullout Resistance:

Shear Force:

Tensile Strength:

Figura 10-4 Software Slope/W. Coefficienti parziali utilizzati nelle analisi di stabilità in condizioni statiche

In condizioni sismiche i coefficienti sono tutti unitari, ma si assicura un fattore di sicurezza pari a $FS = 1.2$

11. PARATIA DI MICROPALI A SOSTEGNO DELLO SCAVO DELLA VASCA DELL'IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

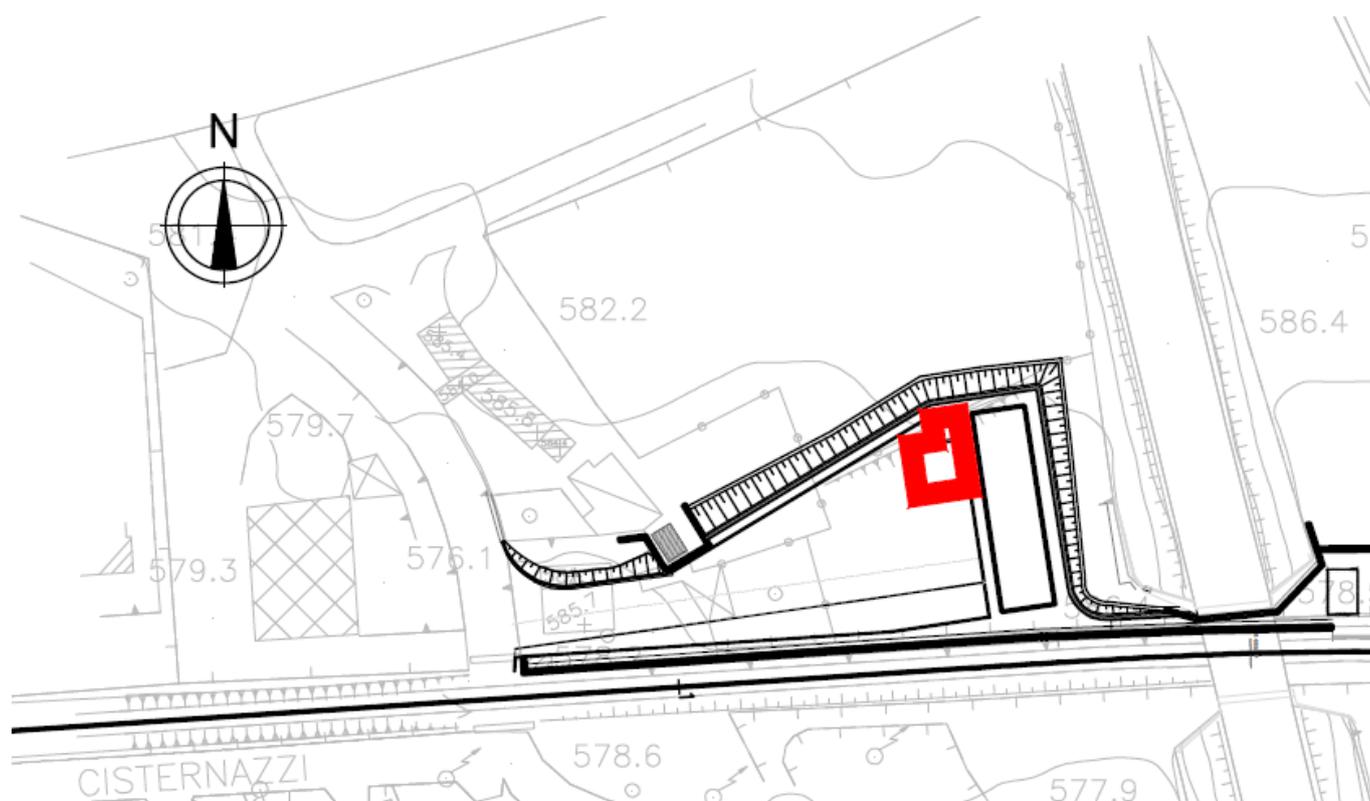


Figura 11-1 Localizzazione della vasca dell'impianto di sollevamento all'interno del piazzale adiacente all'ACC di Cisternazzi

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	34 di 94

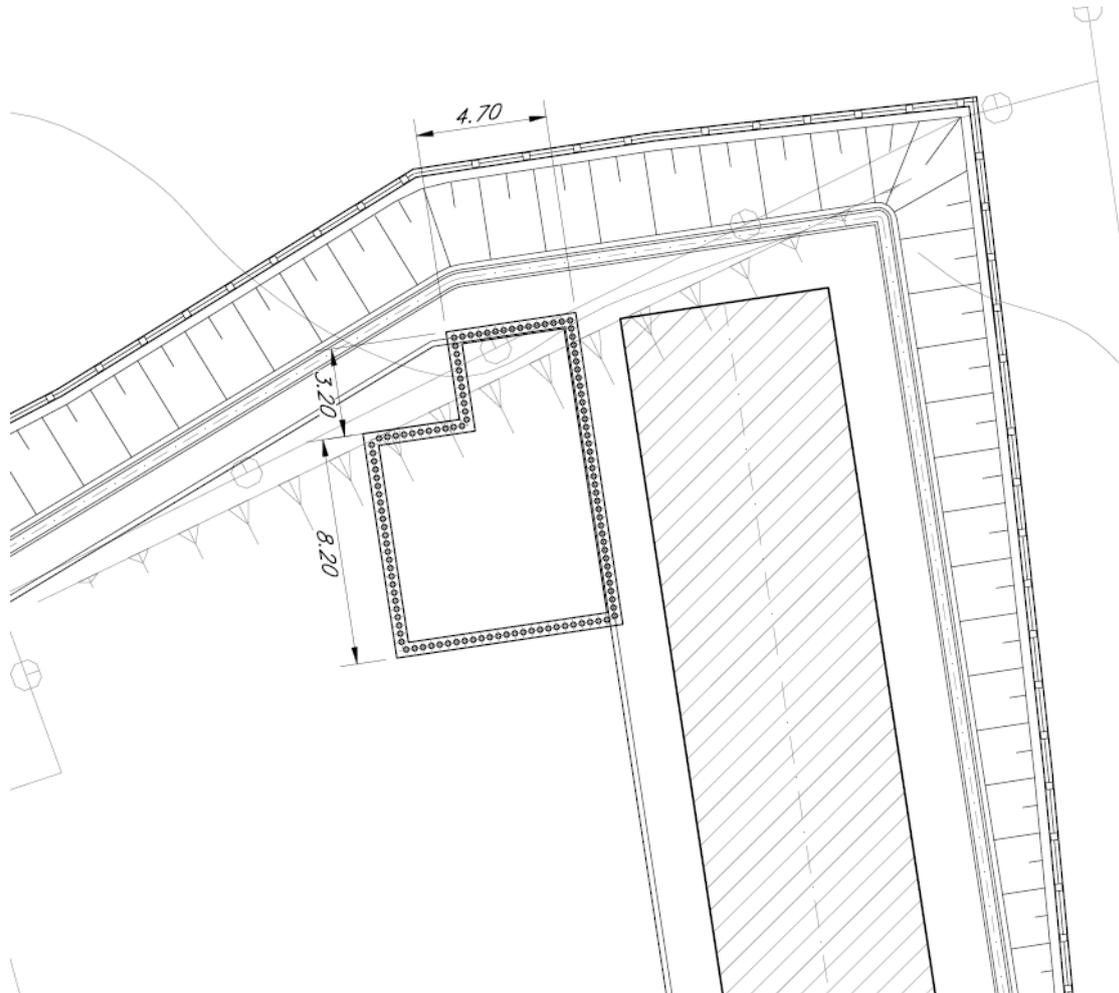


Figura 11-2 Localizzazione della vasca

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	35 di 94

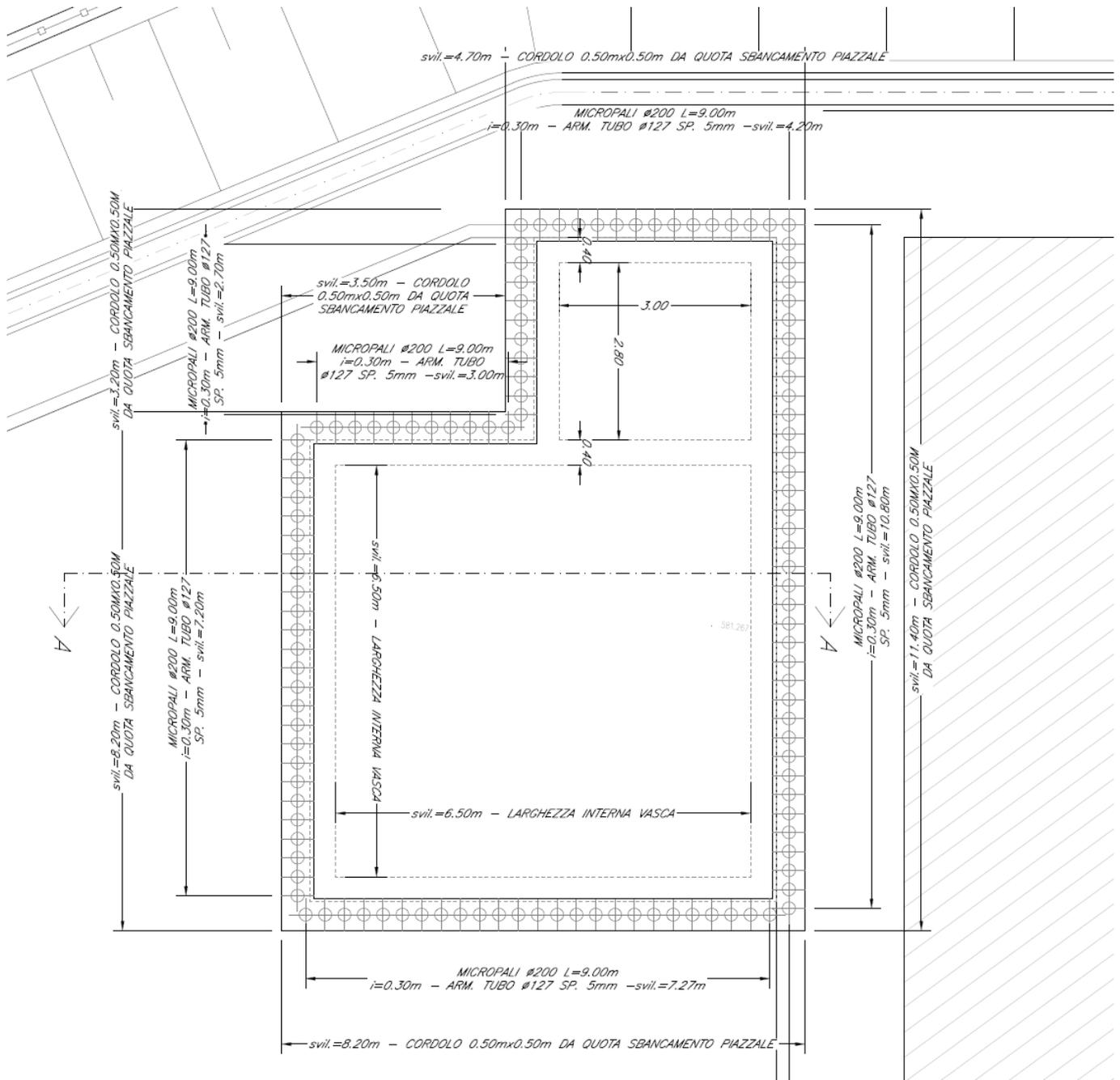


Figura 11-3 Localizzazione della vasca e relative paratie perimetrali provvisorie

La paratia verrà realizzata a partire dalla quota del piazzale (e successivamente alla realizzazione di quest'ultimo) con micropali di diametro di perforazione D200mm, interasse tra i micropali pari a 300mm, tubo di armatura D127mm, spessore $s=5$ mm acciaio S275, Lunghezza $L=9$ m

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>												
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3Y</td> <td>1B</td> <td>D10</td> <td>RH OC.00.0.0 003</td> <td>A</td> <td>36 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	36 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	36 di 94								

La paratia di micropali sarà realizzata sul perimetro della vasca localizzata ad ovest dell'ACC (Figura 11-3) e viene verificata solo come opera provvisoria necessaria per permettere lo scavo fino a quota fondo vasca.

Nel calcolo viene modellata la paratia a supporto del lato sud della vasca, in quanto rappresentativa della condizione di massima profondità di scavo. La vasca è infatti suddivisa in una porzione nord meno profonda (2,65m) e una porzione sud più profonda (5,55m), come riscontrabile nella sezione in Figura 11-4

SEZIONE TRASVERSALE A-A
SCALA 1:50

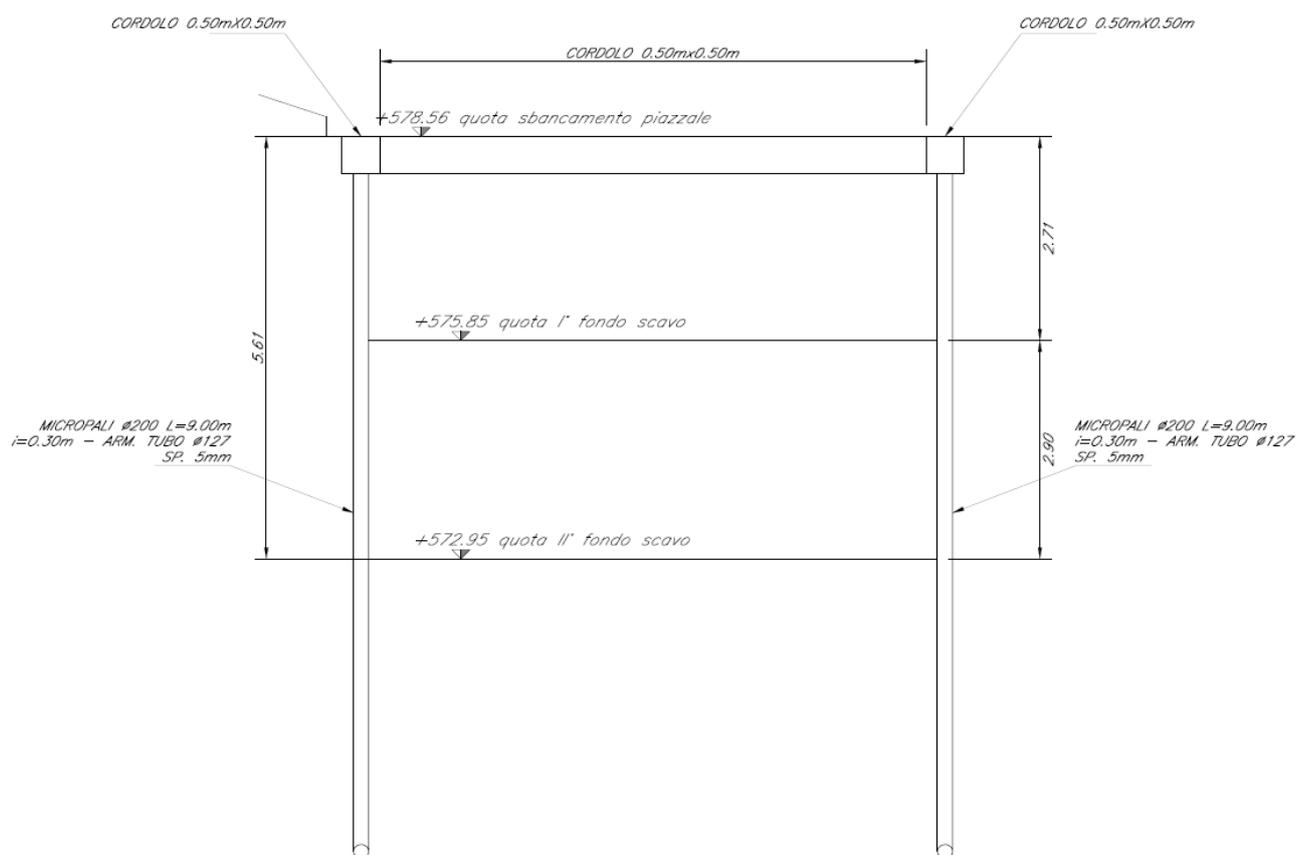


Figura 11-4 Sezione trasversale A-A (vedi Figura 11-3) paratia vasca

La paratia lato nord non viene calcolata in quanto sostiene uno scavo molto meno profondo, e cionondimeno viene realizzata con le medesime caratteristiche della paratia sud per praticità costruttiva. Peraltro la scarpata a monte

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>					
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<p>COMMESSA RS3Y</p>	<p>LOTTO 1B</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 37 di 94</p>

della paratia nord (visibile in pianta in Figura 11-1) risulta ininfluyente ai fini della valutazione della spinta sulla paratia in quanto situata ad una distanza dalla paratia maggiore dell’altezza di ritenuta della paratia stessa.

Per tenere conto della tridimensionalità dello scavo pur effettuando un’analisi bidimensionale (in condizioni di deformazione piana) si è deciso di tenere conto dell’effetto irrigidente associato al fatto che lo spostamento orizzontale del cordolo di testa della paratia di calcolo viene contrastato alle estremità dalla presenza delle due paratie trasversali.

In fase di modellazione si tiene conto di ciò applicando in testa alla paratia una molla di rigidità opportunamente calibrata in funzione della rigidità flessionale del cordolo nel piano orizzontale.

Per questa ragione – ai fini del calcolo – si è deciso di considerare, a vantaggio di sicurezza, la paratia est, anziché la paratia sud, in quanto la prima ha uno sviluppo lineare maggiore e quindi un minor effetto irrigidente della molla equivalente di cui sopra.

Ad ulteriore vantaggio di sicurezza, e per semplicità di calcolo, si è assunto che la profondità di scavo sia uguale per tutto lo sviluppo della paratia est e pari a quella massima della porzione sud, trascurando il fatto che – invero – la porzione nord è caratterizzata da una profondità di scavo inferiore.

Ai fini del calcolo dell’inerzia flessionale della paratia, si è applicato un coefficiente riduttivo pari a 0.5 al contributo del calcestruzzo come suggerito dalle NTC2018 per tenere conto della fessurazione degli elementi in calcestruzzo inflessi.

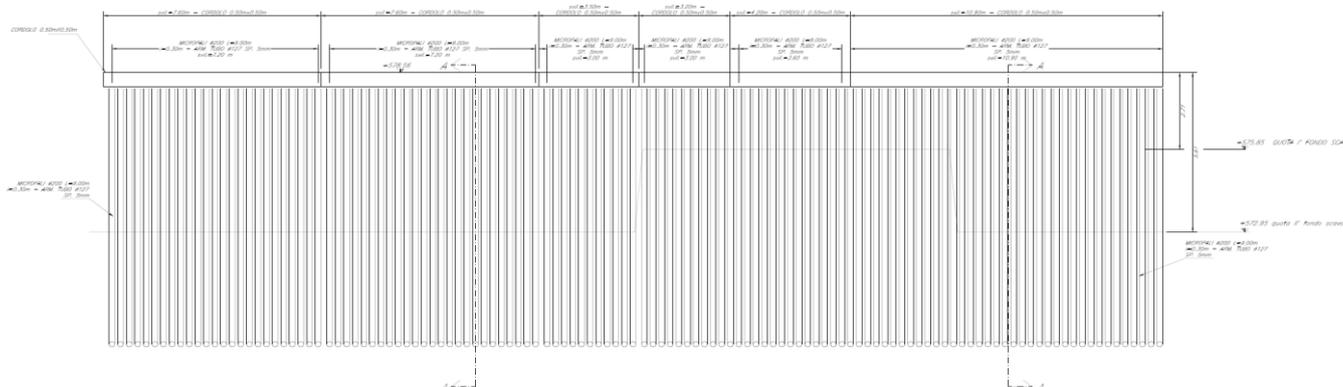


Figura 11-5 Prospetto (rettilineizzato) dell’intero sviluppo della paratia vasca

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
	GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D10	DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003	REV. A

11.1. Carichi, profondità di scavo di calcolo e stratigrafia

Dai rilievi sono state riscontrate le seguenti quote:

- Quota del piazzale: 578,50
- Quota fondo scavo lato nord della vasca: 575,85
- Quota fondo scavo lato sud della vasca: 573,0

Di conseguenza, ai fini del calcolo della paratia lato sud, si è considerata un'altezza di ritenuta pari a:

$$578,5\text{m} - 573,0\text{m} = 5,5\text{m}$$

che, tenendo conto del sovrascavo accidentale di 0,50m, si traduce in una profondità di scavo di calcolo pari a:

$$5,5\text{m} + 0,5\text{m} = 6,0\text{m}$$

Sul p.c. a monte della paratia è stata considerata l'applicazione di un carico da mezzi di cantiere pari a 15kPa per una larghezza di 4 metri a partire dal cordolo della paratia.

Non sono previste verifiche sismiche in quanto la paratia ha solo funzione temporanea e non permanente.

Essendo la paratia realizzata dal piano del futuro piazzale, e dunque a partire da una quota inferiore rispetto al piano campagna attuale, sarebbe ragionevole immaginare che l'intero scavo avvenga nei calcari (fratturati per un certo spessore, e successivamente integri) al di sotto del riporto. Cionondimeno, a vantaggio di sicurezza, si considera comunque la presenza di un 1.0m di riporto al di sopra di 1,5m di calcari fratturati.

La stratigrafia utilizzata è dunque la seguente:

Unità	da	a	γ	ϕ	c'	E
	m	m	kN/mc	°	kPa	MPa
Riporto	0	-1.0	20	28	0	10
Calcari fratturati	-1,0	-2,5	20	34	14	200
Calcarenite	-2.5	In poi	20.6	26	100	1000

11.2. Modellazione vincolo di tipo molla

Nel calcolo della rigidità flessionale della paratia, si considera cautelativamente un coefficiente riduttivo di efficacia del calcestruzzo pari a 0.5 per tenere conto dell'effetto della fessurazione.

Il vincolo esercitato dalla paratia ortogonale, viene calcolato ipotizzando la paratia di calcolo come appoggiata sulle due paratie ortogonali, che forniscono dunque un vincolo di tipo “appoggio”.

Considerando uno spostamento in mezzeria unitario e, calcolando il carico q uniformemente distribuito corrispondente, si valuta la molla da applicare per fascia unitaria di 1m.

Il calcolo è effettuato considerando una lunghezza $L=8,5m$. A vantaggio di sicurezza si è ridotta la rigidezza flessionale EI della sezione trasversale del cordolo in c.a. del 50% per tenere conto della fessurazione come consigliato dalle NTC2018.

$w = 5 qL^4 / 384 EI$		
E cls	32000	N/mm ²
h cordolo	500	mm
b cordolo	500	mm
I cordolo	5208333333	mm ⁴
EI	1,66667E+14	N*mm ²
Coeff. Riduttivo fessurazione c.a.	0,5	-
EI _{ridotto}	8,33333E+13	-
L _{cordolo}	8500	mm
$K=384EI/5L^4$	1,226	N/mm /mm
$K=384EI/5L^4$	1226	kN/m /m

La molla che ne deriva è pari a 1226 kN/m /m.

11.3. Descrizione delle fasi di calcolo

Il modello si basa sulle seguenti fasi di calcolo:

- Fase 1: condizione di scavo iniziale posta pari al momento in cui lo scavo è giunto a piano piazzale, con presenza del vincolo molla che prende in considerazione la rigidezza offerta dal cordolo di cls. E ‘ presente inoltre un sovraccarico da mezzi di cantiere pari a 15kPa.
- Fase 2: scavo fino a quota fondo vasca

Di seguito si riporta il modello di calcolo con la stratigrafia di riferimento.

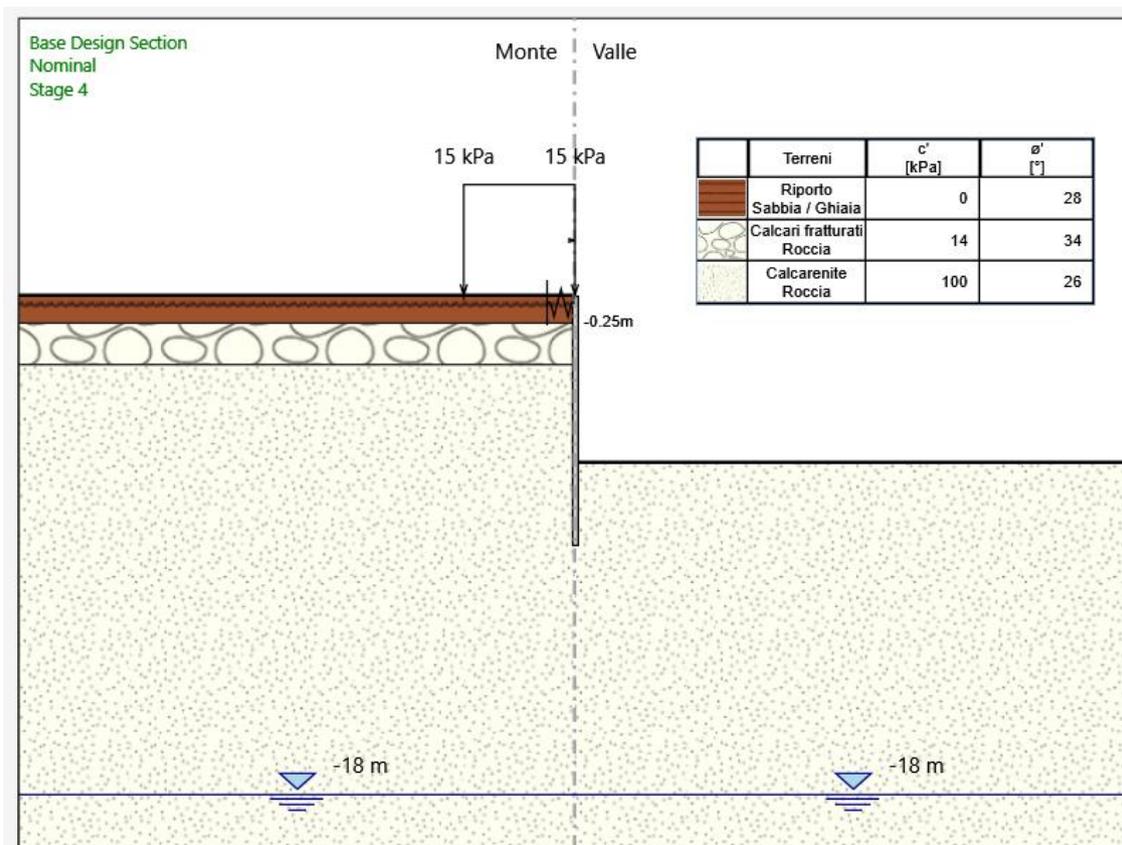


Figura 11-6 Modello di calcolo

Di seguito si riportano le spinte calcolate dal programma per la combinazione GEO.

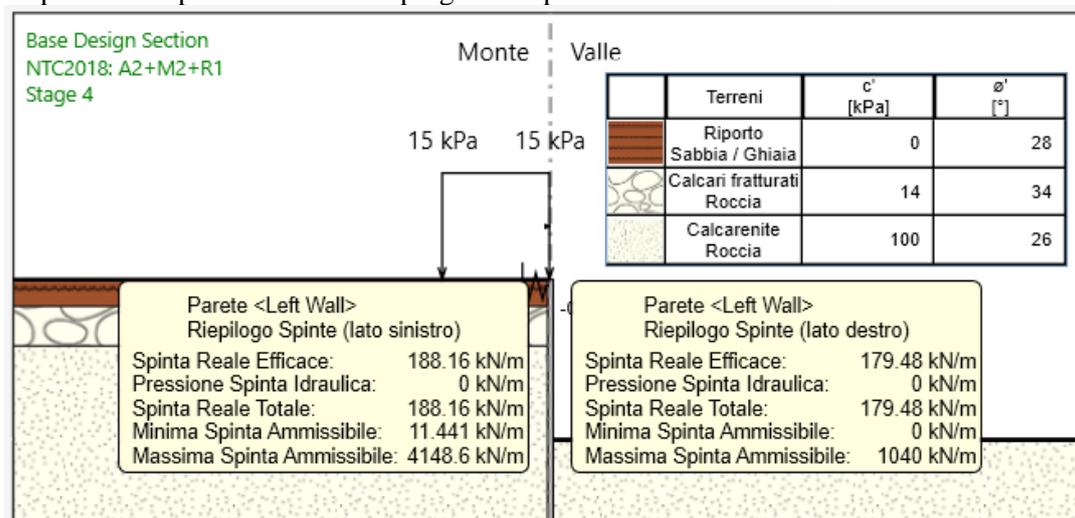


Figura 11-7 Modello di calcolo e spinte

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
	GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D10	DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003	REV. A

11.4. Sintesi dei risultati allo SLE

Nella figura seguente si riporta lo spostamento orizzontale in testa alla paratia allo SLE.

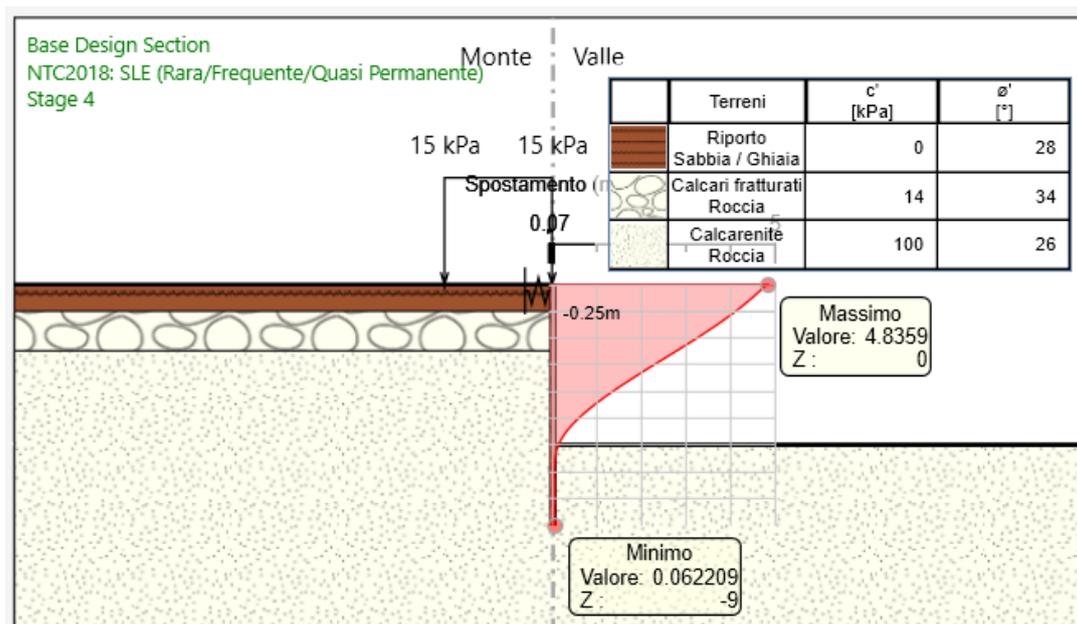


Figura 11-8 Spostamenti SLE

Lo spostamento massimo risulta pari a 5 mm

11.5. Sintesi dei risultati allo SLU

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi dei momenti e i diagrammi del taglio nella fase di calcolo provvisoria, corrispondente alle condizioni A1+M1+R1 (STR) e A2-M2-R1 (GEO).

11.5.1. Sollecitazioni di momento flettente

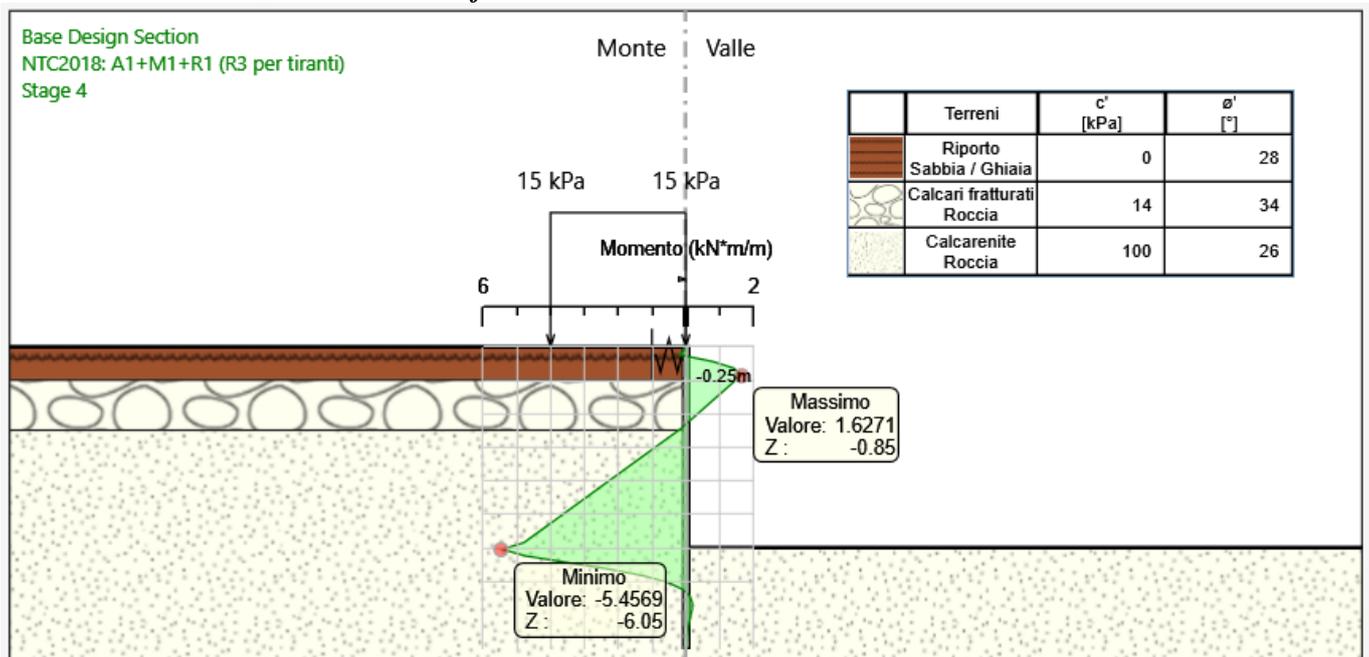


Figura 11-9 Diagramma momenti flettenti (STR)

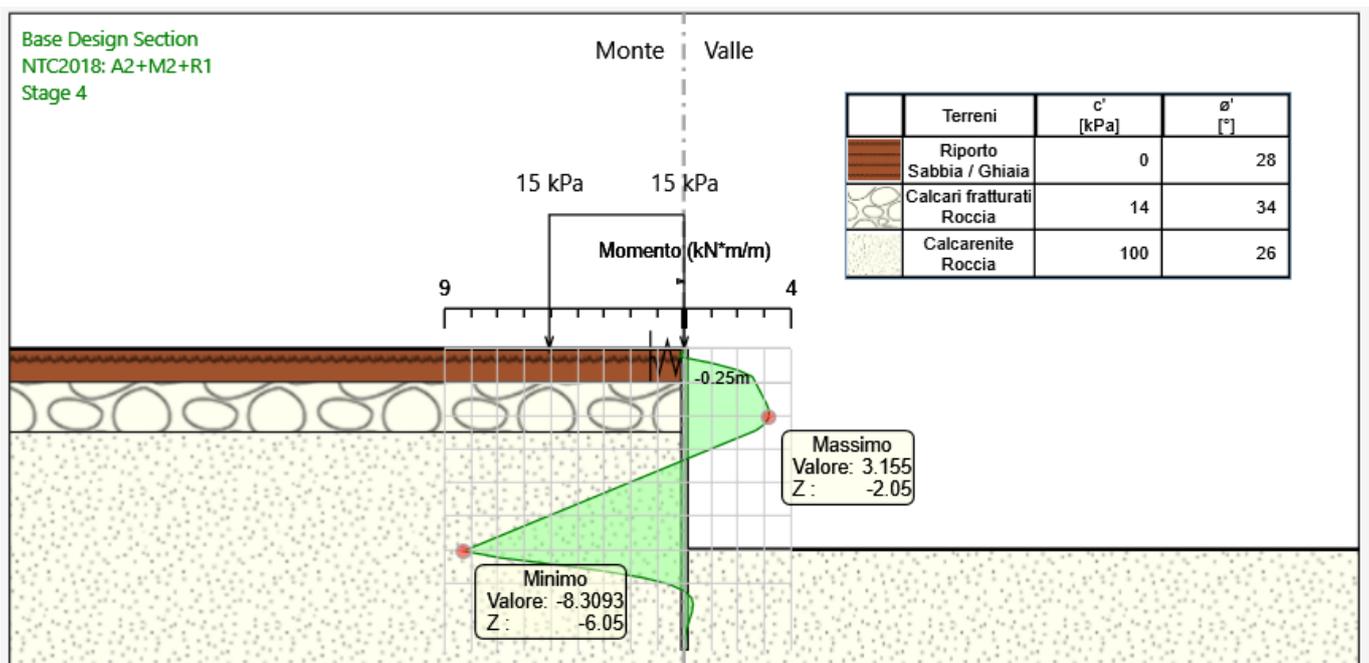


Figura 11-10 Diagramma momenti flettenti (GEO)

11.5.2. Sollecitazioni di taglio

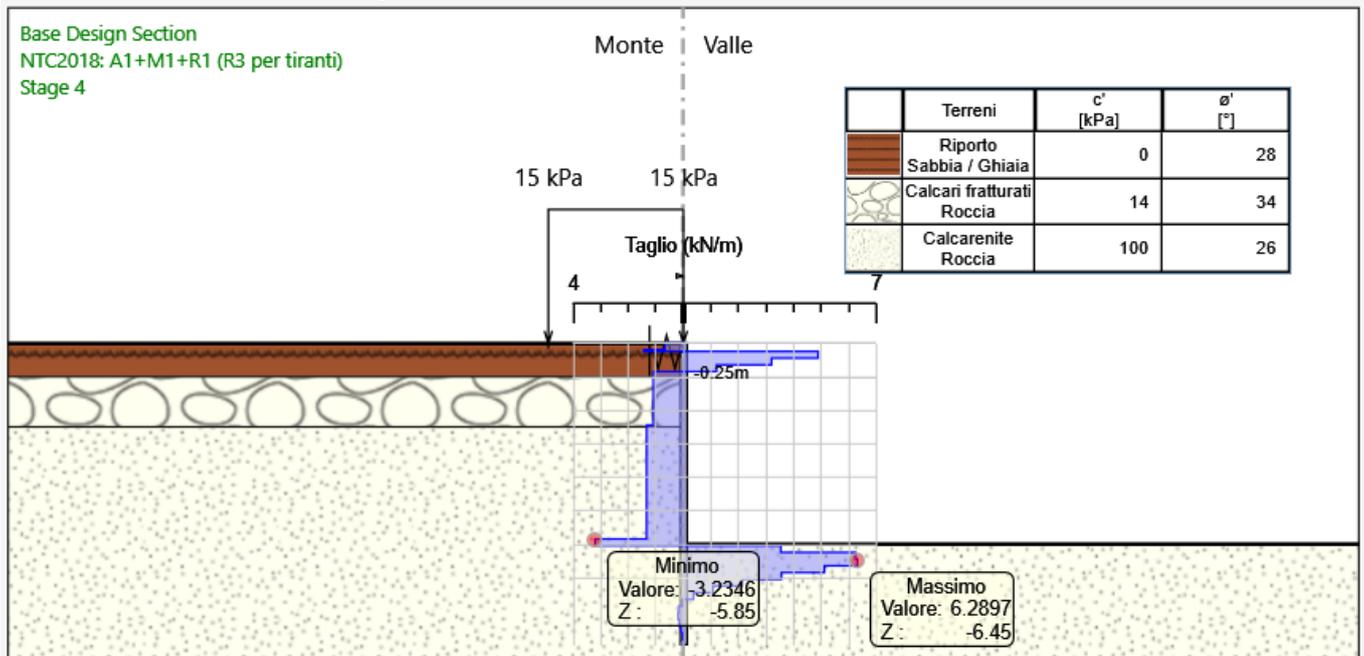


Figura 11-11 Diagramma taglio (STR)

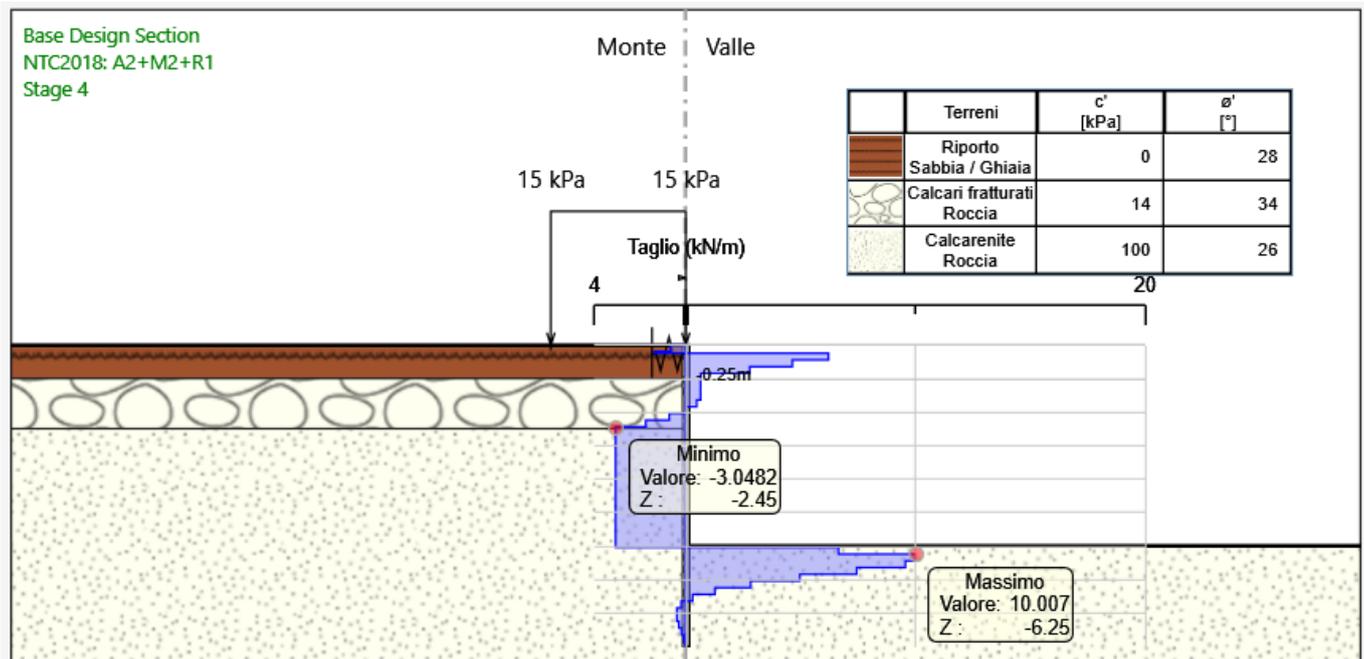


Figura 11-12 Diagramma taglio (GEO)

11.6. Verifiche elemento strutturale

Nelle figure seguenti si riportano i tassi di sfruttamento calcolati dal programma per la condizione A1+M1+R1 e A2-M2-R1. I tassi di sfruttamento risultano sempre inferiori a 1, pertanto le verifiche delle sezioni sono soddisfatte

11.6.1. Tasso di sfruttamento momento

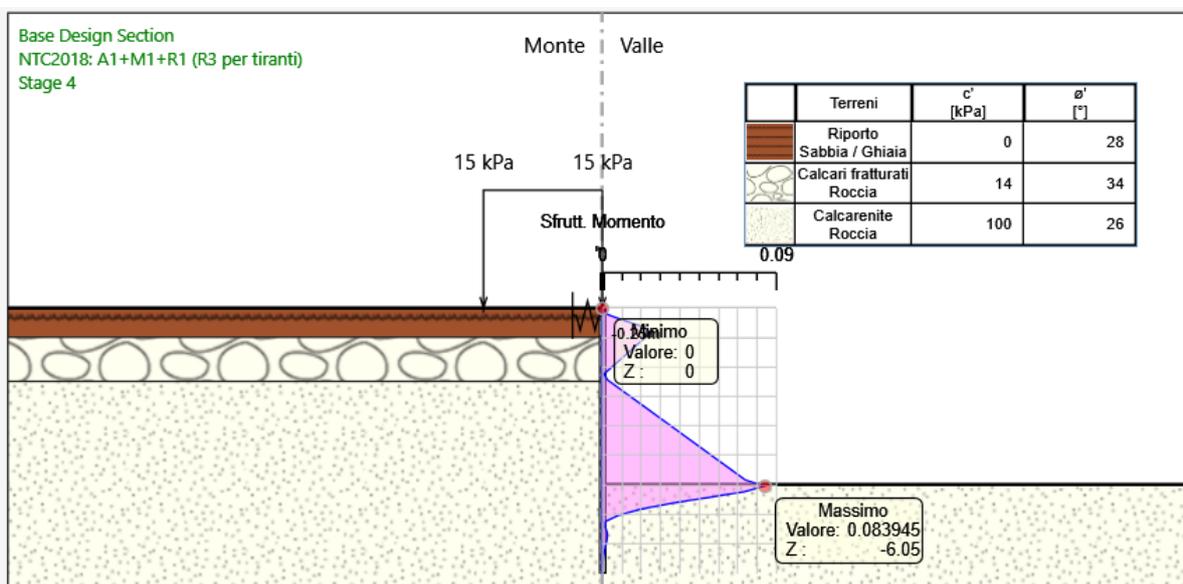


Figura 11-13 Tasso sfruttamento Momento (STR)

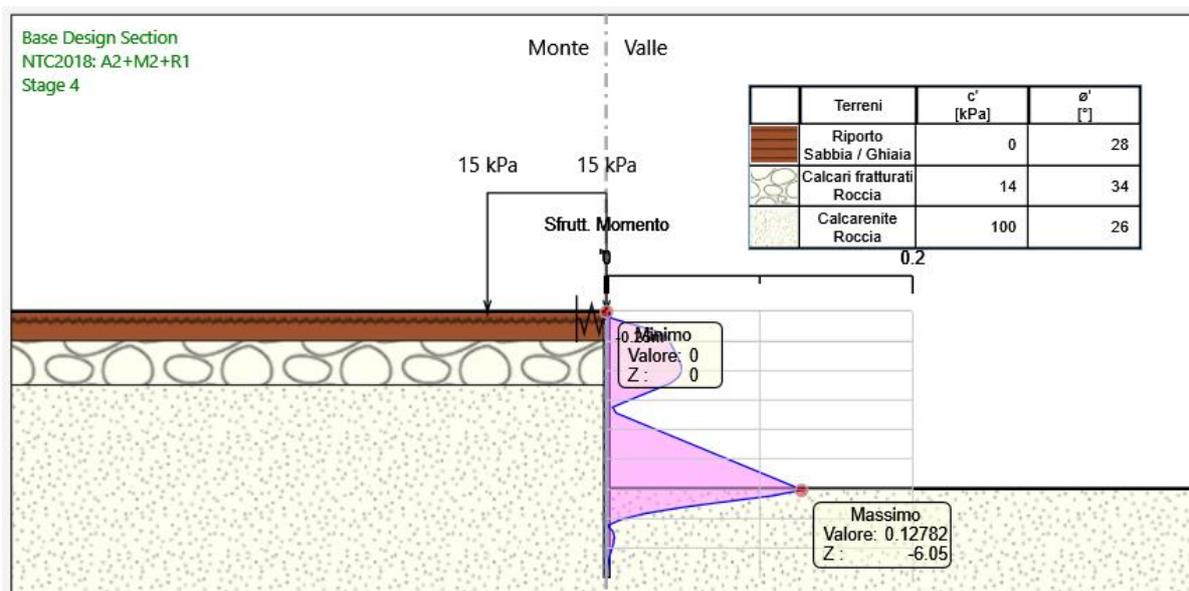


Figura 11-14 Tasso sfruttamento Momento (GEO)

11.6.2. Tasso di sfruttamento taglio

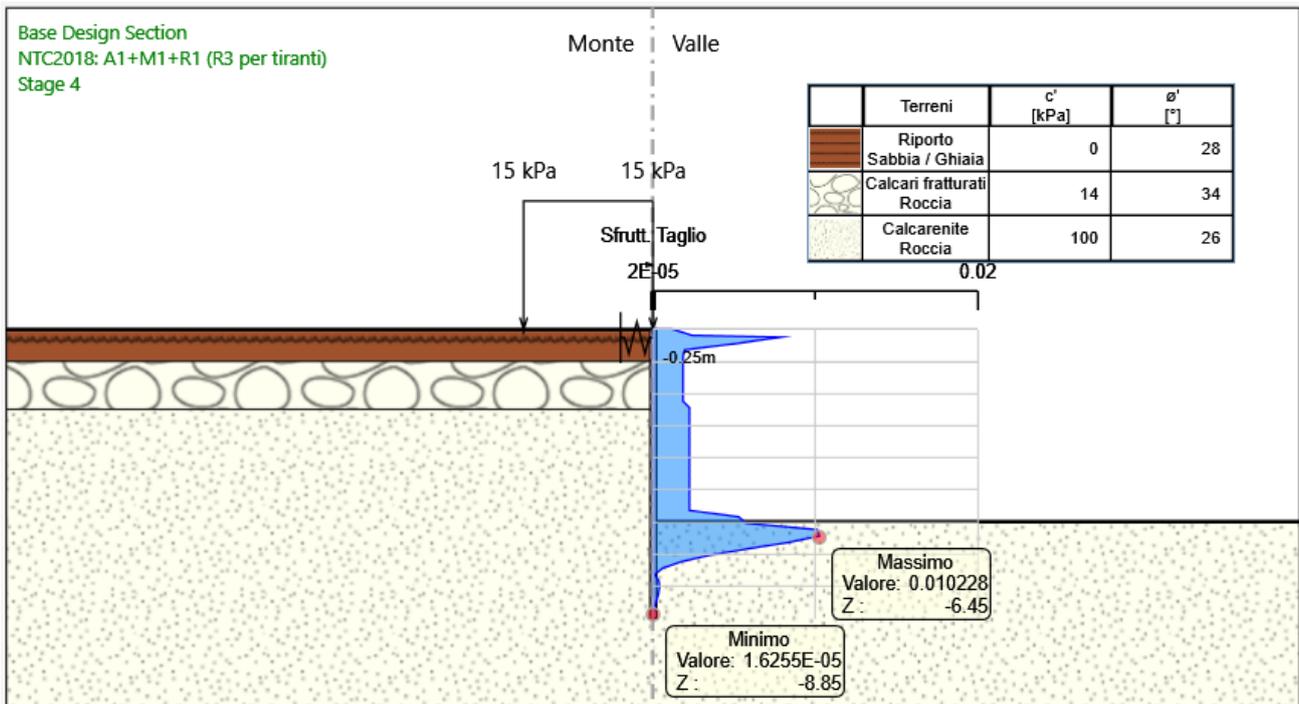


Figura 11-15 Tasso sfruttamento Taglio (STR)

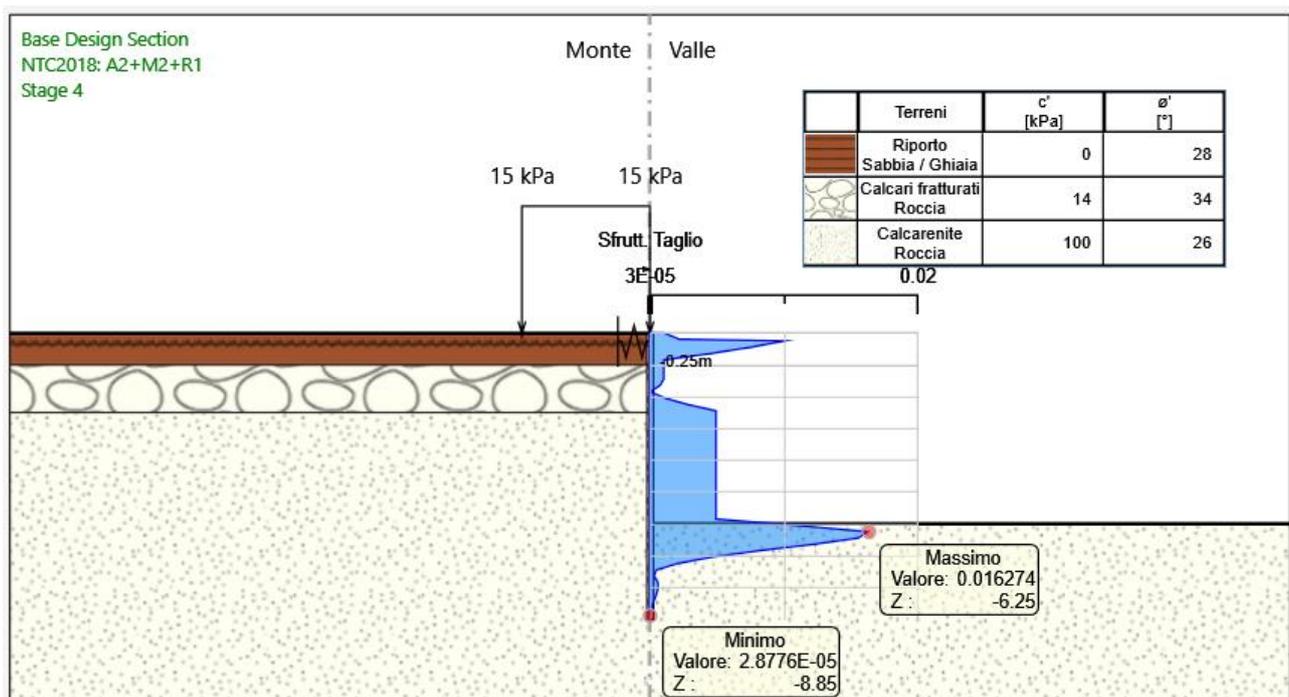


Figura 11-16 Tasso sfruttamento Taglio (GEO)

12. PARATIA DI MICROPALI A PROTEZIONE DEL FABBRICATO PRIVATO

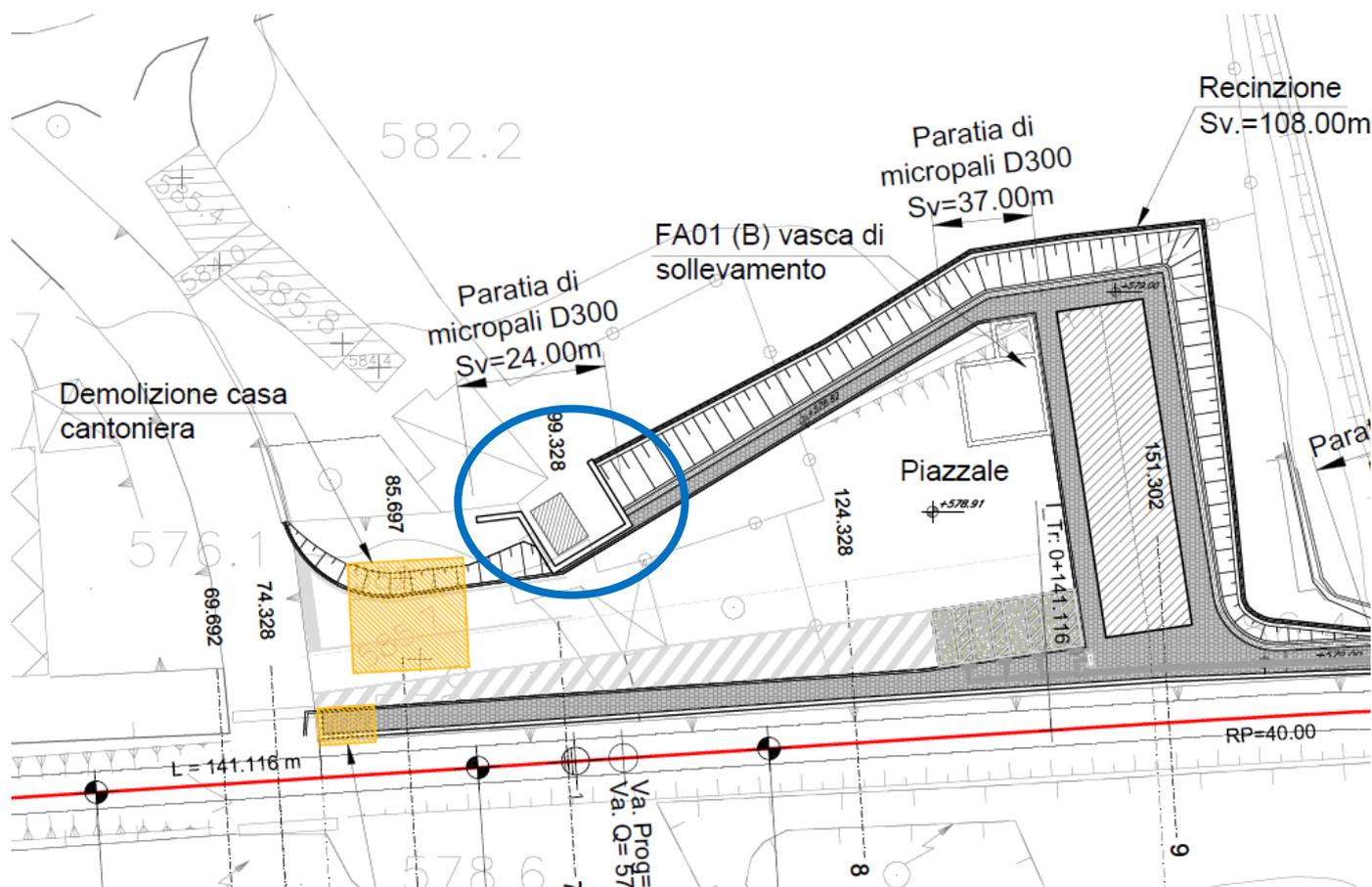


Figura 12-1 Localizzazione delle paratie a protezione del fabbricato privato in località Cisternazzi

La paratia a protezione del fabbricato (colore blu in Figura 12-1) è prevista con micropali di diametro di perforazione D300, interasse tra i micropali pari a 350mm, tubo di armatura D219.1mm, spessore $s=10\text{mm}$ acciaio S275, Lunghezza $L=8\text{m}$

La paratia di micropali viene verificata sia come opera provvisoria necessaria per permettere lo scavo per la realizzazione della nuova viabilità, sia come opera definitiva necessaria a protezione della proprietà esistente. Sulla paratia, sia nella configurazione provvisoria che definitiva, oltre la spinta del terreno, grava il sovraccarico accidentale, che è stato ipotizzato pari a 10 kPa.

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	47 di 94

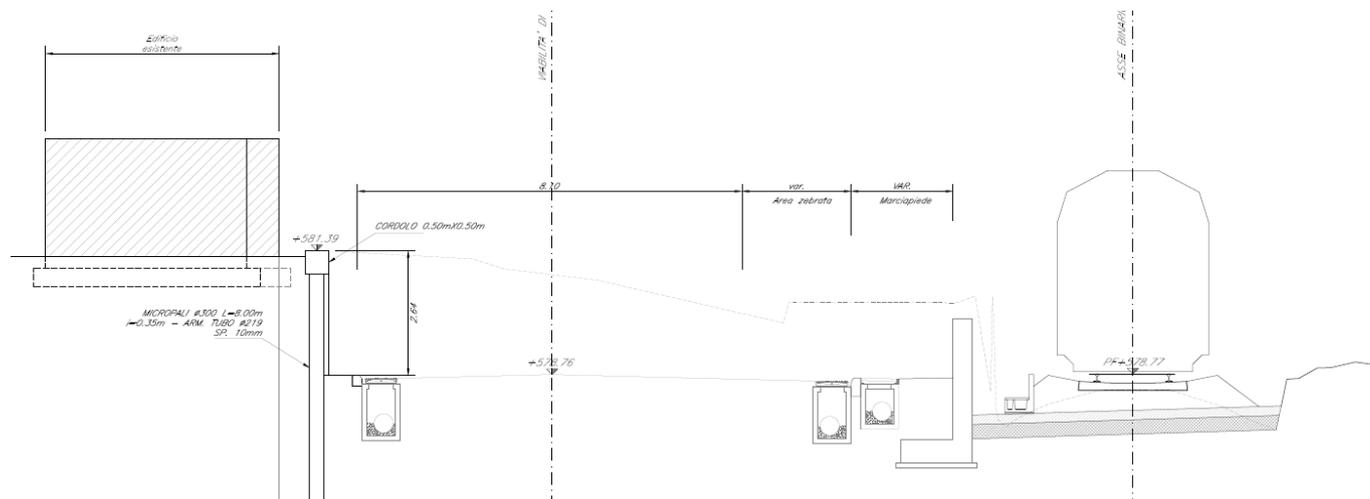


Figura 12-2 Sezione trasversale completa (paratia a sostegno del fabbricato, nuova viabilità, e ferrovia)

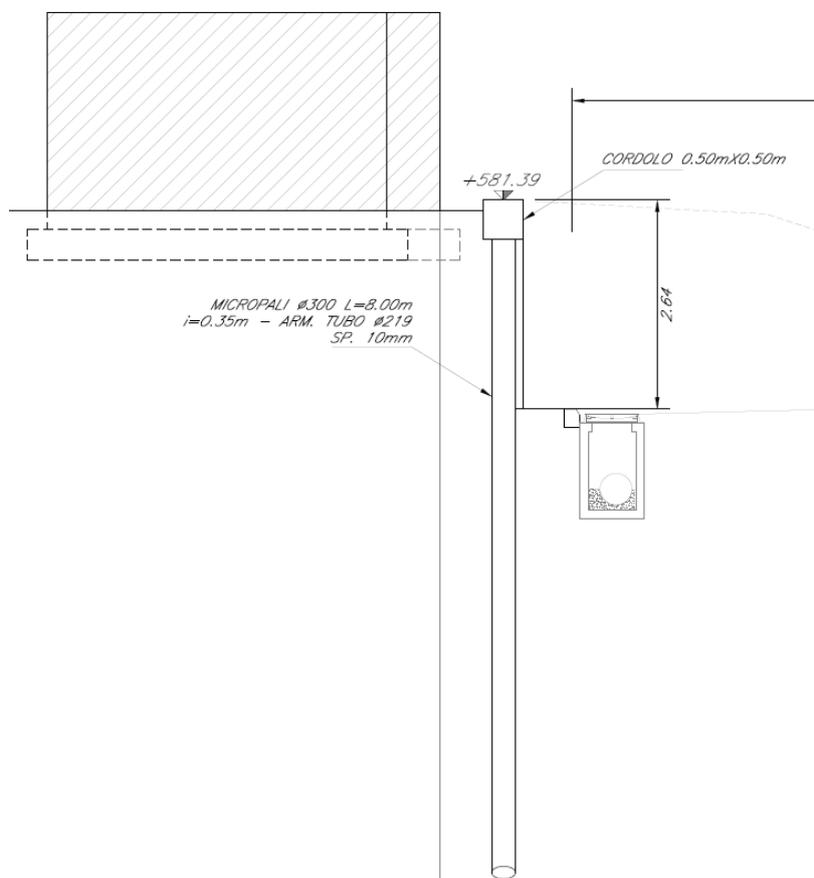


Figura 12-3 Sezione trasversale di dettaglio della paratia a sostegno del fabbricato privato

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	48 di 94

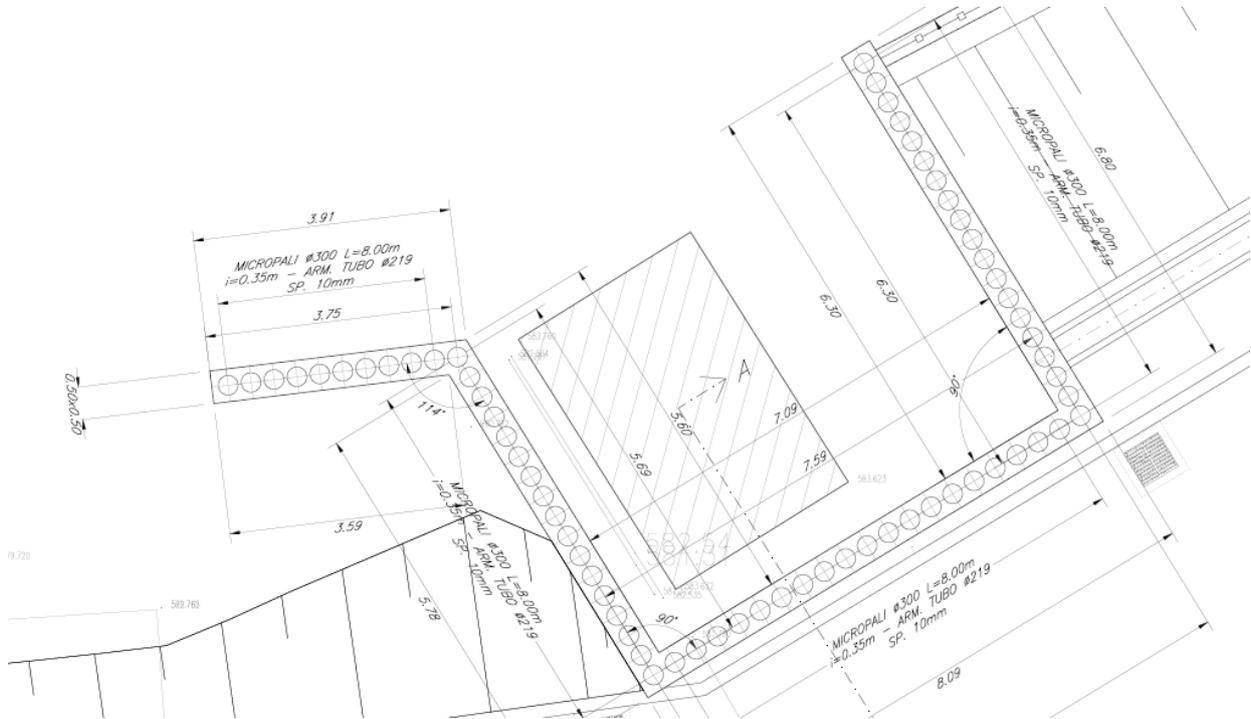


Figura 12-4 – Planimetria della paratia a sostegno del fabbricato

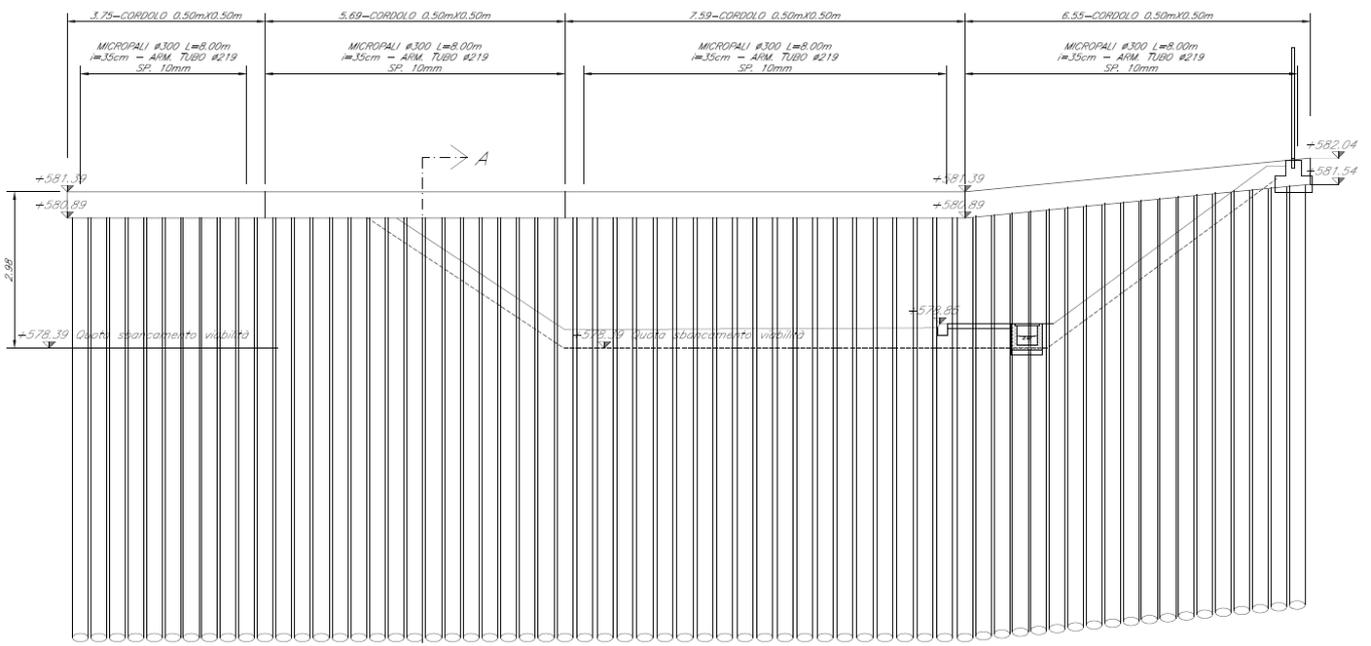


Figura 12-5 – Prospetto completo (rettilineizzato) della paratia a sostegno del fabbricato (con indicazione della quota di fondo scavo)

12.1. Modello e stratigrafia

L'altezza di scavo in fase provvisoria risulta pari a 3.7m. Tenendo presente i criteri esposti al capitolo 7 riguardo l'altezza di calcolo, si adotta un'altezza di calcolo pari a $h_D=4.2m$.

L'altezza di scavo in fase definitiva risulta pari a 2.7m. Tenendo presente i criteri esposti al capitolo 7 riguardo l'altezza di calcolo, si adotta un'altezza di calcolo pari a $h_D=3.2m$.

Il riempimento a valle per la verifica in condizioni permanenti viene simulato modificando le proprietà del calcare in sito facendolo risultare, cautelativamente, come un terreno da rilevato con angolo d'attrito pari a 35° , e coesione efficace nulla.

Nel calcolo della rigidità flessionale della paratia, si considera cautelativamente un coefficiente riduttivo di efficacia del calcestruzzo pari a 0.5 per tenere conto dell'effetto della fessurazione.

L'accelerazione di picco al suolo corrispondente allo SLV è 0.273g al bedrock, con un coefficiente di amplificazione stratigrafica pari a:

$$S_s = 1.4 - 0.4 F_0 a_g/g = 1.4 - 0.258 = 1.14$$

dove F_0 allo SLV vale 2.367.

Poiché dai rilievi sembra che la piccola struttura a servizio del fabbricato privato sia realizzato su un grosso strato di riporto sostenuto da un muro di sostegno esistente, per il calcolo della paratia si è deciso di trascurare – a vantaggio di sicurezza – la presenza del muro esistente e di assumere uno spessore di 2,5 m di terreno di riporto al di sopra di 3 m di calcari fratturati e successivamente calcarenite.

La stratigrafia considerata è riassunta nella seguente tabella:

Unità	da	a	γ	ϕ	c'	E
	m	m	kN/mc	°	kPa	MPa
Riporto	0	-2.5	20	28	0	10
Calcari fratturati	-2,5	-5.5	20	34	14	200
Calcarenite	-5,5	In poi	20.6	26	100	1000

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
	GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D10	DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003	REV. A

12.2. Descrizione delle fasi di calcolo

Il modello si basa sulle seguenti fasi di calcolo:

- Fase 0: Applicazione carico e Installazione paratia
- Fase 1: Prima fase di scavo (2m). Mero step di calcolo (nessuna importanza ai fini delle verifiche)
- Fase 2: Condizione temporanea statica ($H = 3.7 \text{ m} + 0.5 \text{ m} = 4.2\text{m}$)
- Fase 3: Condizione permanente statica ($H = 2.7 \text{ m} + 0.5 \text{ m} = 3.2\text{m}$)
- Fase 4: Condizione permanente sismica

Di seguito si riporta il modello di calcolo con la stratigrafia di riferimento.

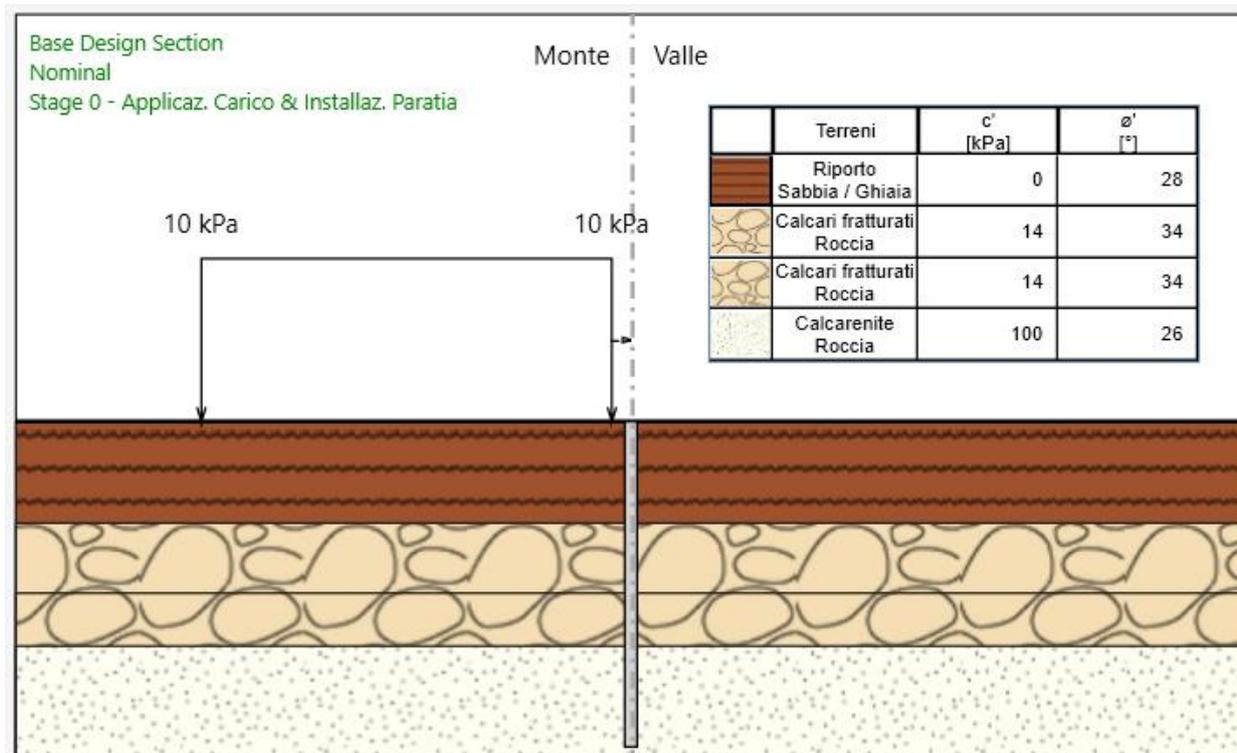


Figura 12-6: Stage 0 – Applicaz. Carico & Installazione Paratia

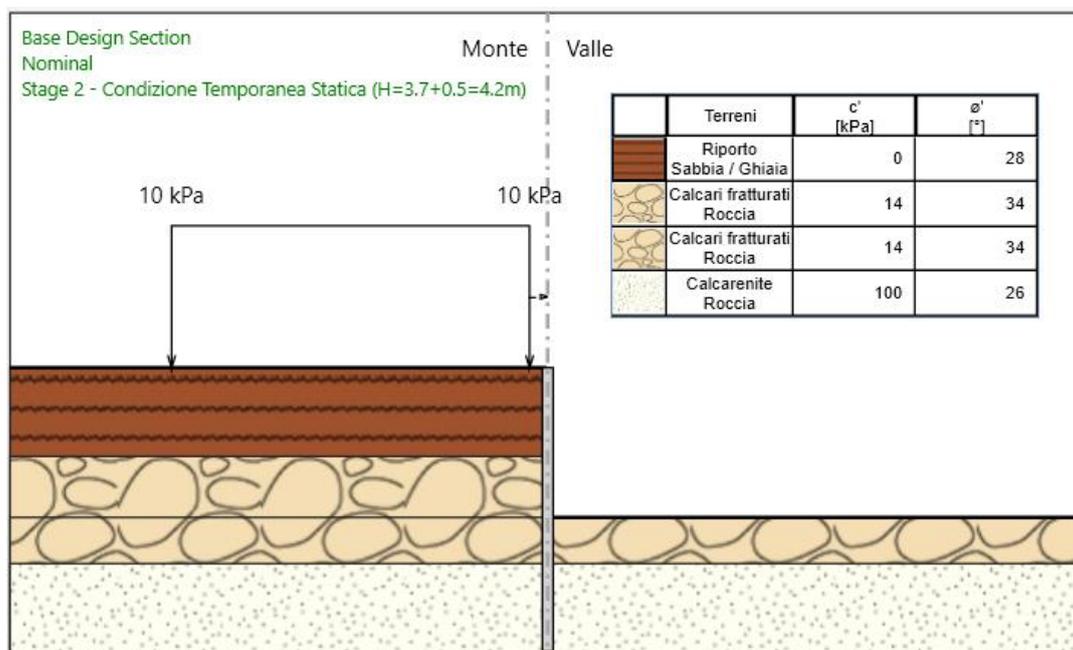


Figura 12-7: Stage 2 - Condizione Temporanea Statica (max prof. di scavo teorica 3.7 m + 0,5 m = 4.2 m)

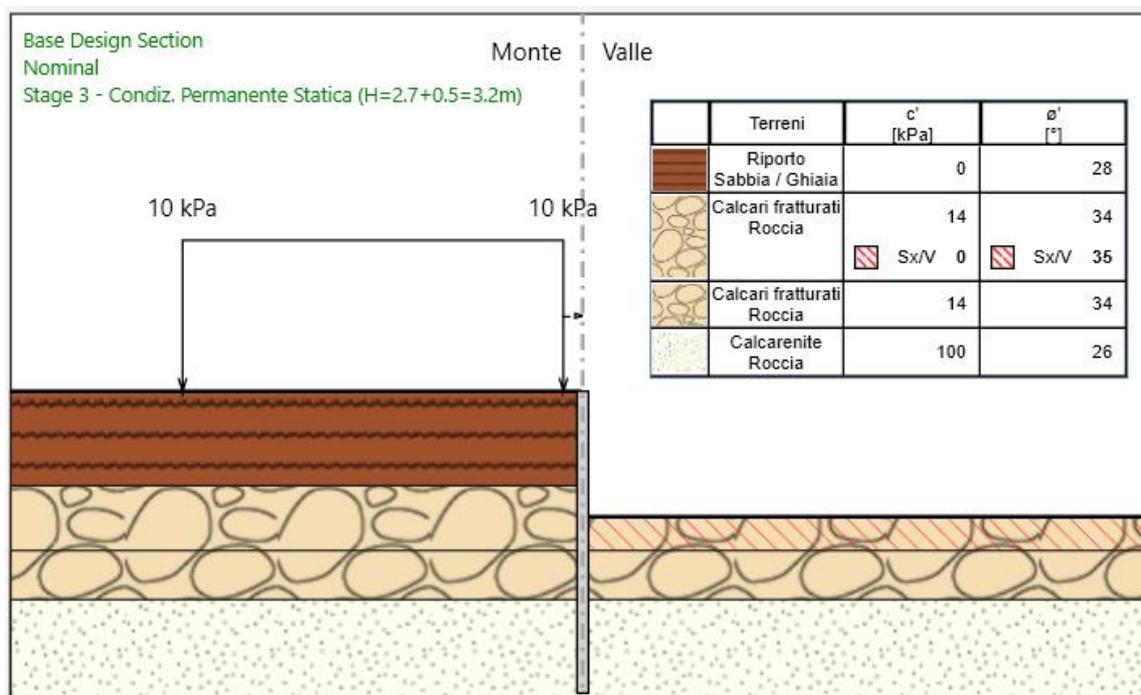


Figura 12-8: Stage 3 - Condizione Permanente Statica (prof. di scavo teorica 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	52 di 94

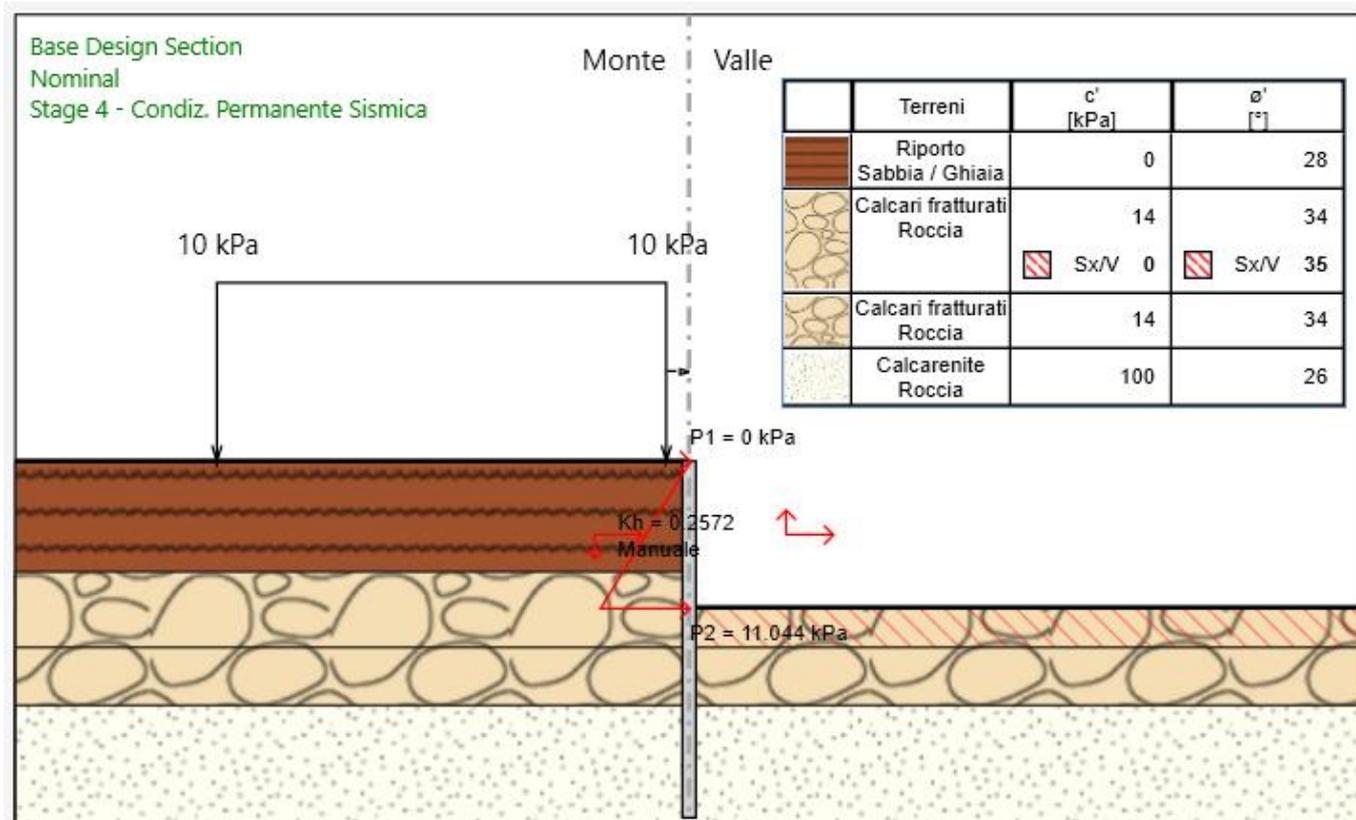


Figura 12-9: Stage 4 – Condizione Permanente Sismica (prof. di scavo in condizione definitiva + 0,5 m)

Di seguito si riportano le spinte calcolate dal programma per la combinazione GEO

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	53 di 94

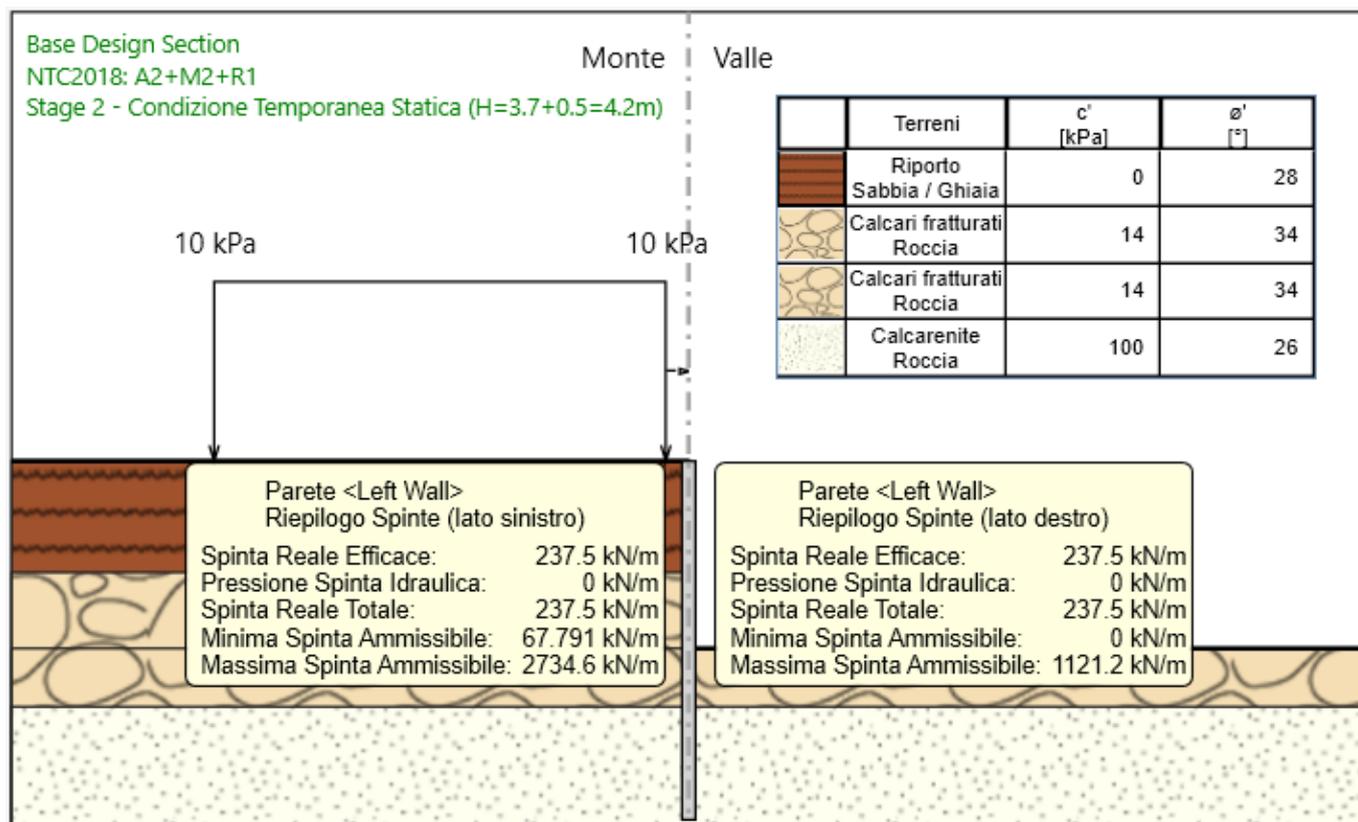


Figura 12-10 - Spinte terreno in Condizione Permanente Statica (combinazione GEO)

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	54 di 94

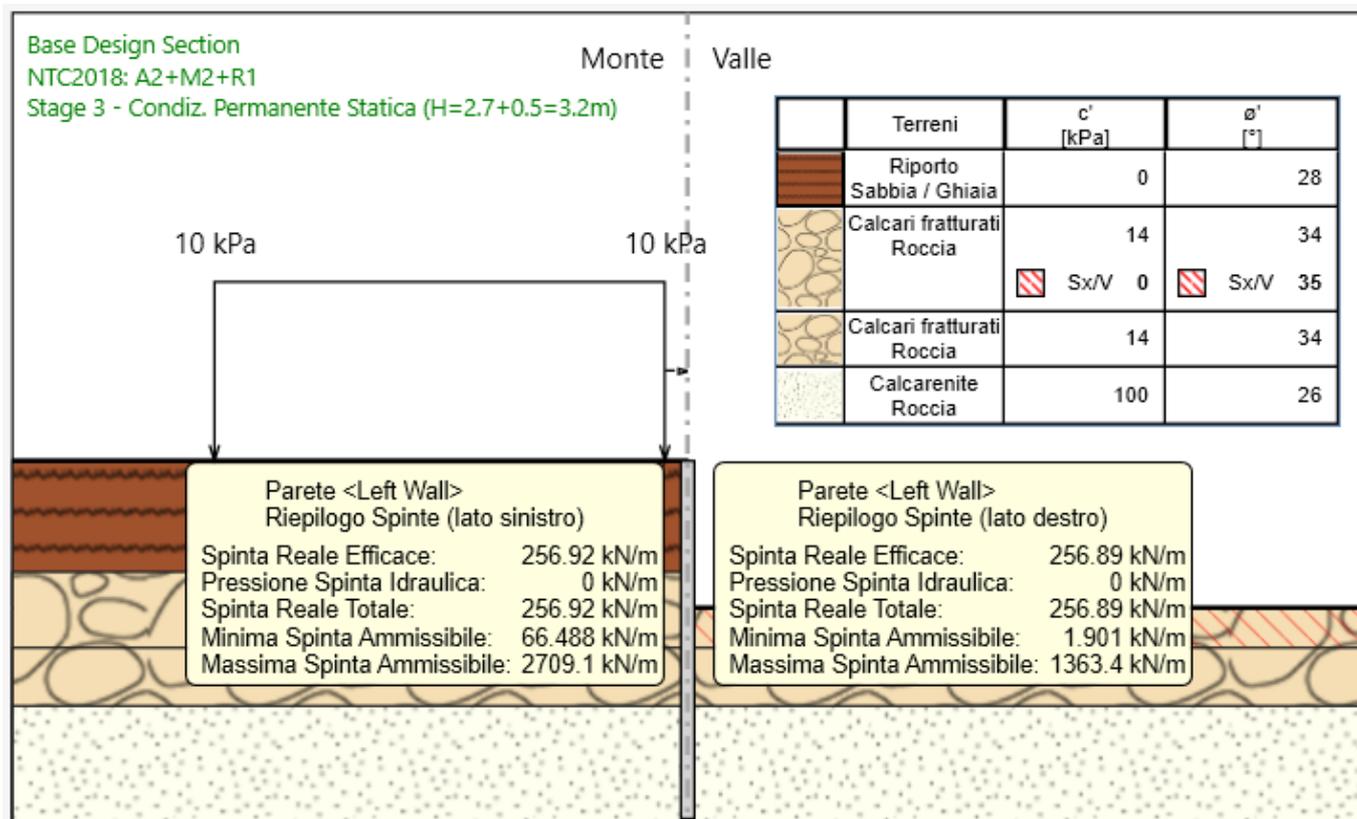


Figura 12-11 Spinte terreno in Condizione Permanente Statica (combinazione GEO)

Di seguito le spinte in Condizione Permanente Sismica (si riporta solo la combinazione Sismica STR in quanto la Sismica GEO differisce solo per un coeff. amplificativo 1.3 sui carichi permanenti destabilizzanti ed un coeff. riduttivo 0.9 sui carichi permanenti stabilizzanti che hanno senso soltanto in caso di verifiche di stabilità globale su pendii):

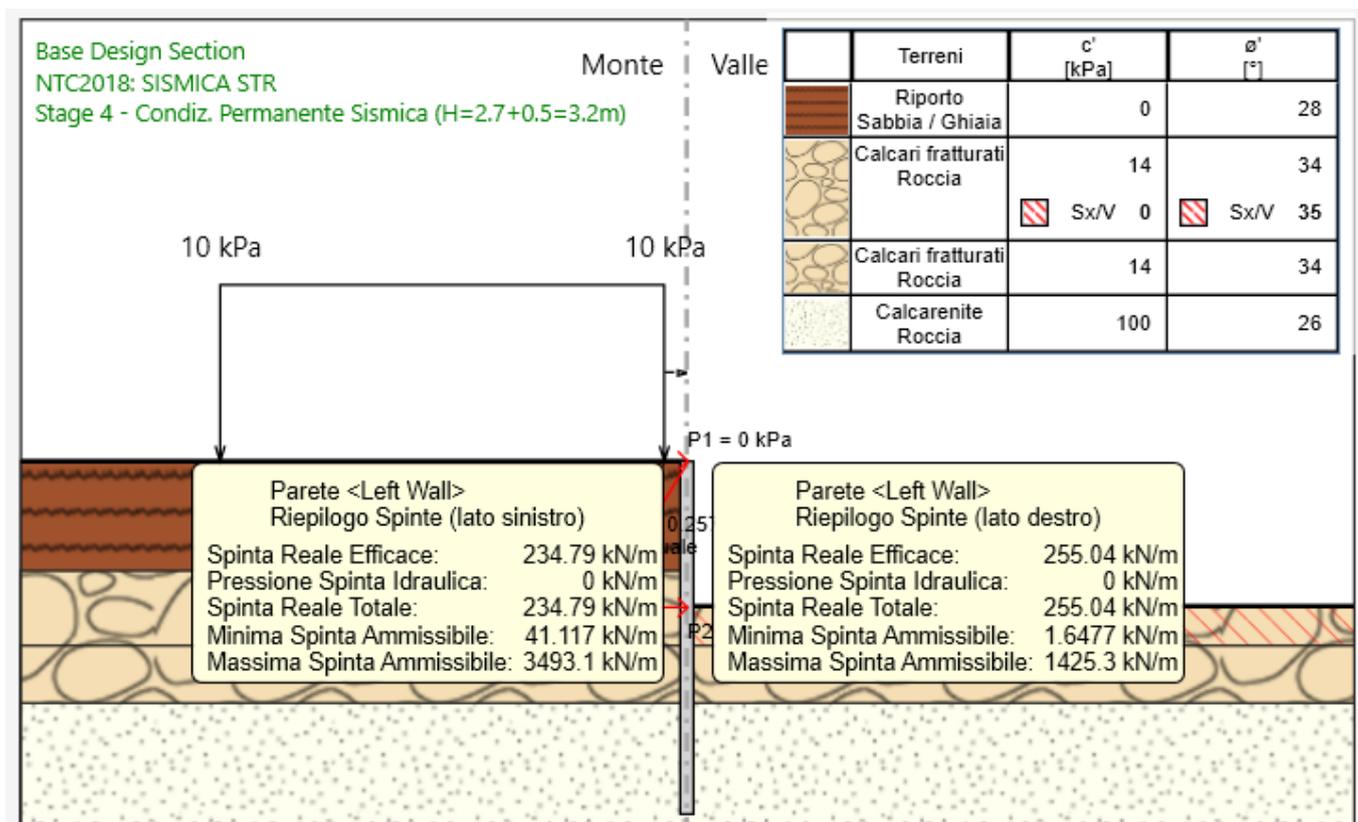


Figura 12-12 Modello di calcolo e spinte in Condizione Permanente Sismica STR (H = 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

12.3. Sintesi dei risultati allo SLE

Nella Figura 12-13a si riportano gli spostamenti nella fase di calcolo più critica, ovvero la Condizione Temporanea Statica in cui lo scavo è massimo (prof. teorica di scavo 3.7 m + 0.5 m = 4.2 m); lo spostamento massimo risulta pari a 19 mm.

Nella stessa figura viene anche indicata la stima dei cedimenti indotti a monte della paratia stessa, con indicazione del valore massimo pari a circa 14 mm, perfettamente compatibili con il tipo di struttura presente che, si ricorda, risulta di dimensioni e pesi molto contenute oltre che essere realizzata con materiali dotati di elevata elasticità. In più, è opportuno evidenziare che le analisi qui riportate hanno carattere estremamente conservativo per il fatto che nei modelli è completamente trascurato l'effetto del muro di sostegno esistente.

La condizione di esercizio è stata anche verificata per lo SLD in caso sismico (vedi Figura 112-13b) con valori massimi di spostamenti orizzontali e cedimenti indotti a monte rispettivamente di 21mm e 16mm, quindi di certo compatibili con le opere e le strutture considerate.

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	56 di 94

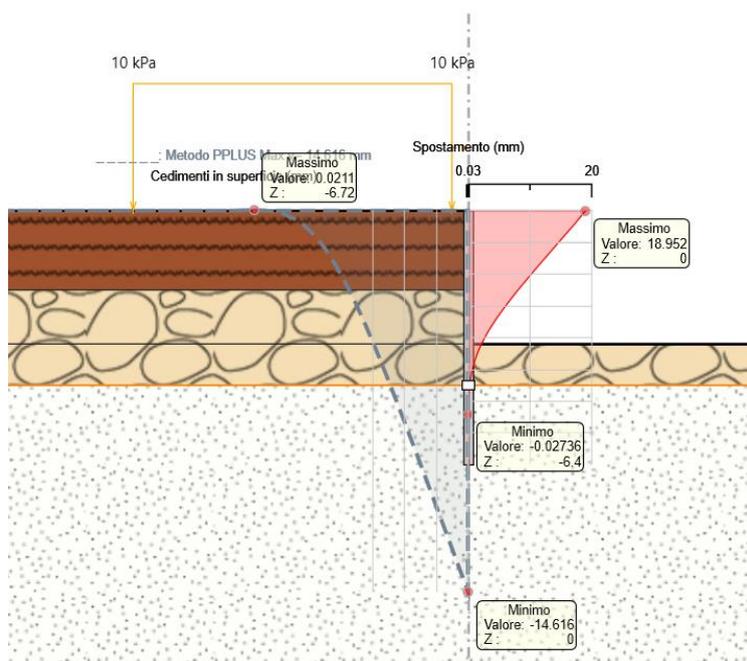


Figura 12-13a Spostamenti SLE in Condizione Temporanea Statica (max. prof. teorica di scavo 3.7 m + 0.5 m = 4.2 m)

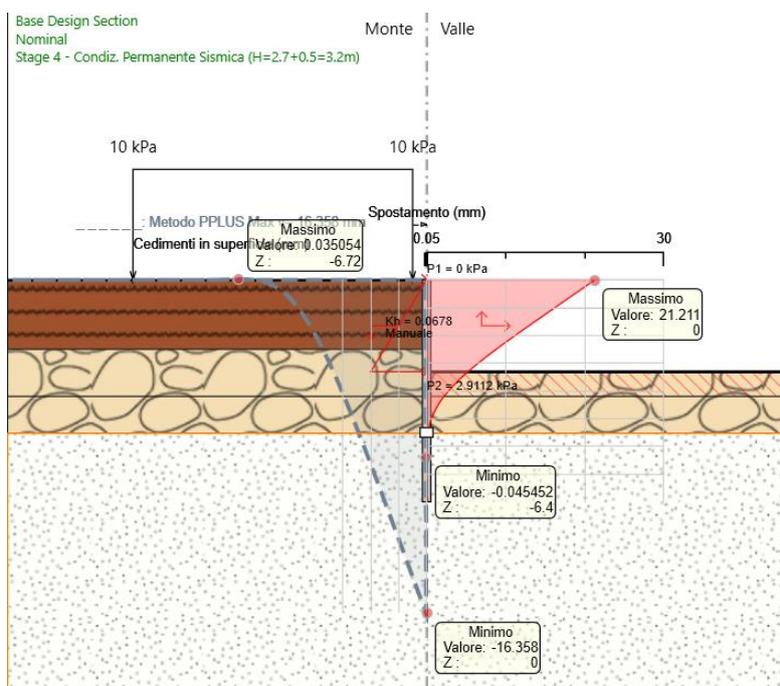


Figura 12-14b Spostamenti SLE in Condizione Sismica SLD condizione finale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
	GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D10	DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003	REV. A

12.4. Sintesi dei risultati allo SLU per la Condizione Temporanea Statica

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi dei momenti e i diagrammi del taglio nella fase di calcolo provvisoria, corrispondente alle condizioni A1+M1+R1 (STR) e A2-M2-R1 (GEO).

12.4.1. Sollecitazioni di momento flettente

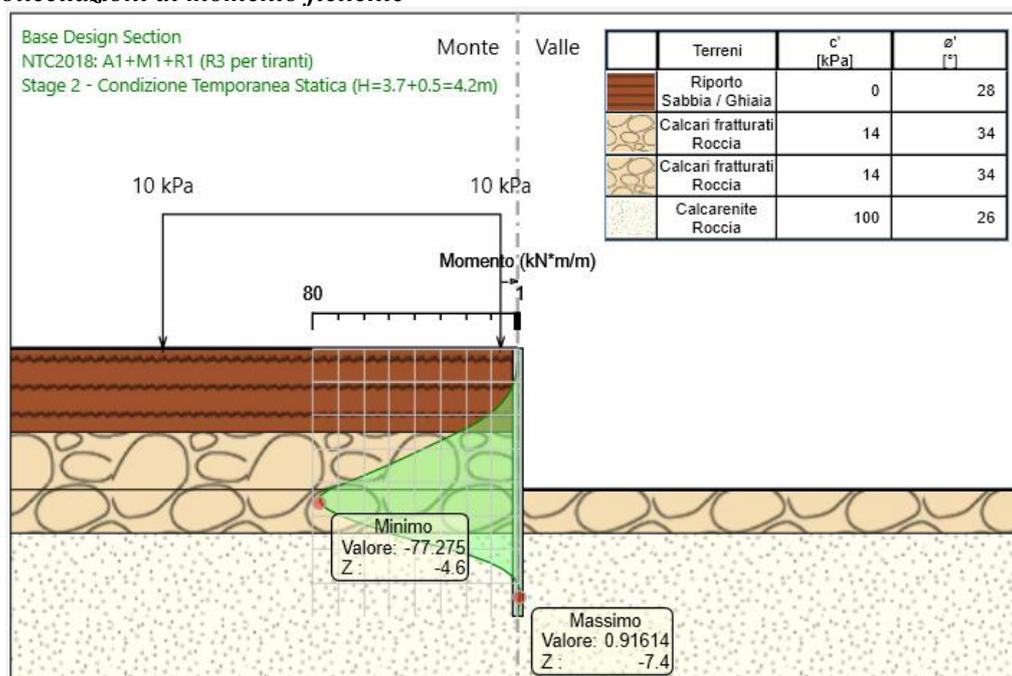


Figura 12-15 Diagramma momenti flettenti (STR) in Condizione Temporanea Statica (H = 3.7 m + 0.5 m = 4.2 m)

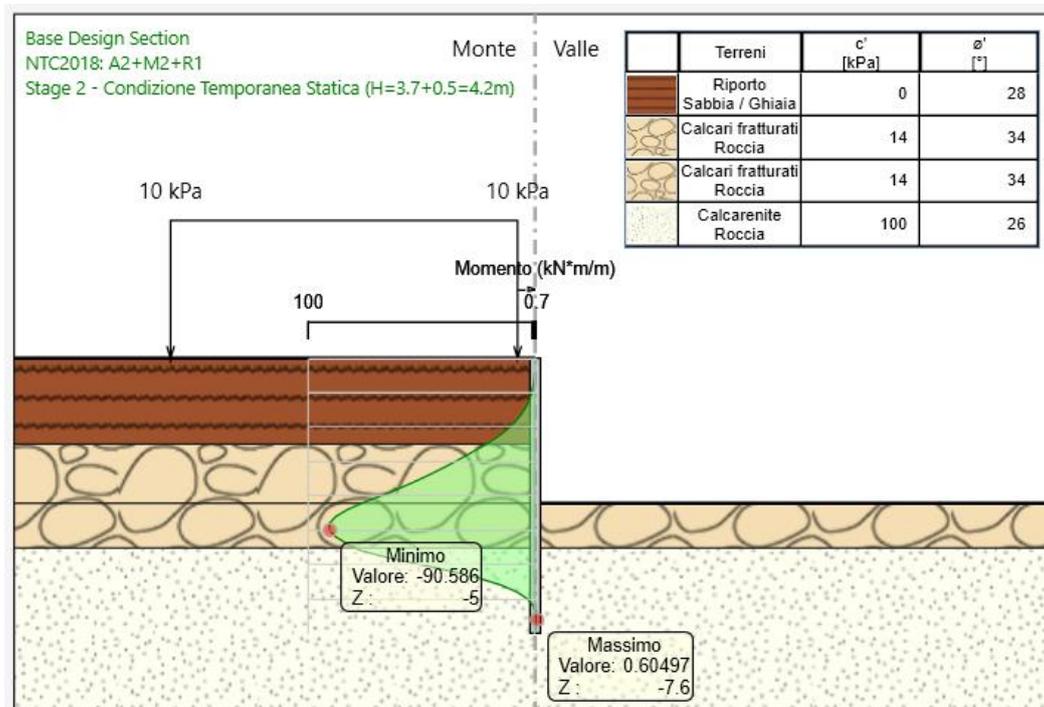


Figura 12-16 Diagramma momenti flettenti (GEO) in Condizione Temporanea Statica (H = 3.7 m + 0.5 m = 4.2 m)

12.4.2. Sollecitazioni di taglio

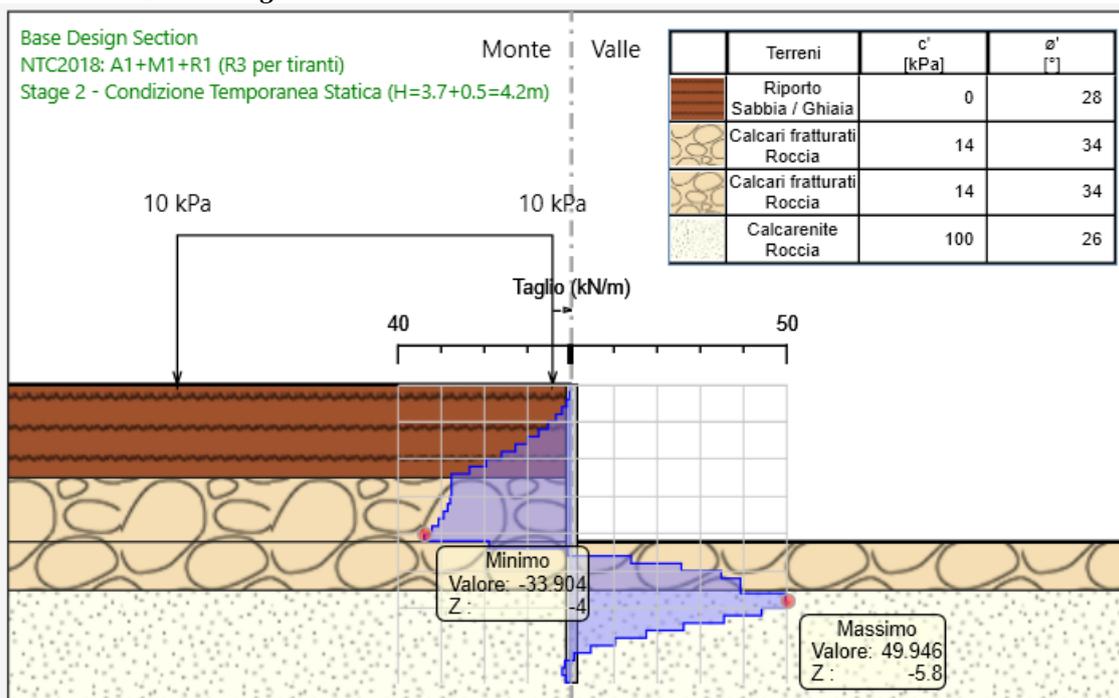


Figura 12-17 Diagramma taglio (STR) in Condizione Temporanea Statica (H = 3.7 m + 0.5 m = 4.2 m)

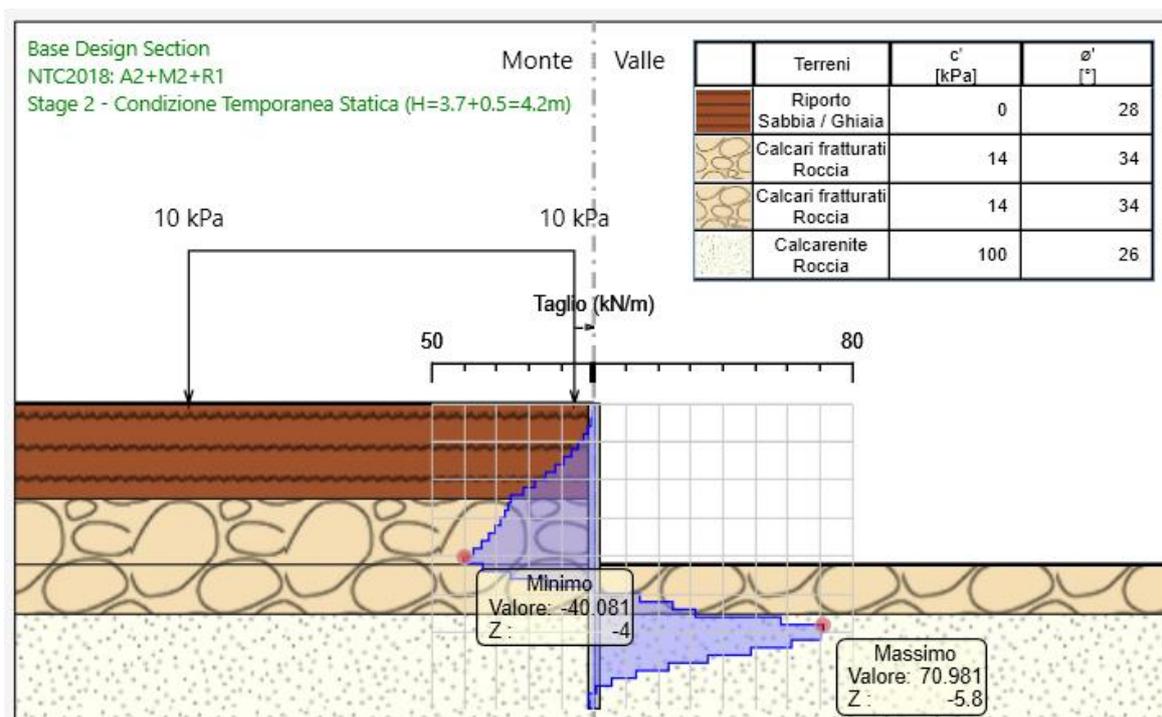


Figura 12-18 Diagramma taglio (GEO) in Condizione Temporanea Statica (H = 3.7 m + 0.5 m = 4.2 m)

12.5. Verifiche elemento strutturale per la condizione provvisoria

Nelle figure seguenti si riportano i tassi di sfruttamento calcolati dal programma per la condizione A1+M1+R1 e A2-M2-R1. I tassi di sfruttamento risultano sempre inferiori a 1, pertanto le verifiche delle sezioni sono soddisfatte

12.5.1. Tasso di sfruttamento momento

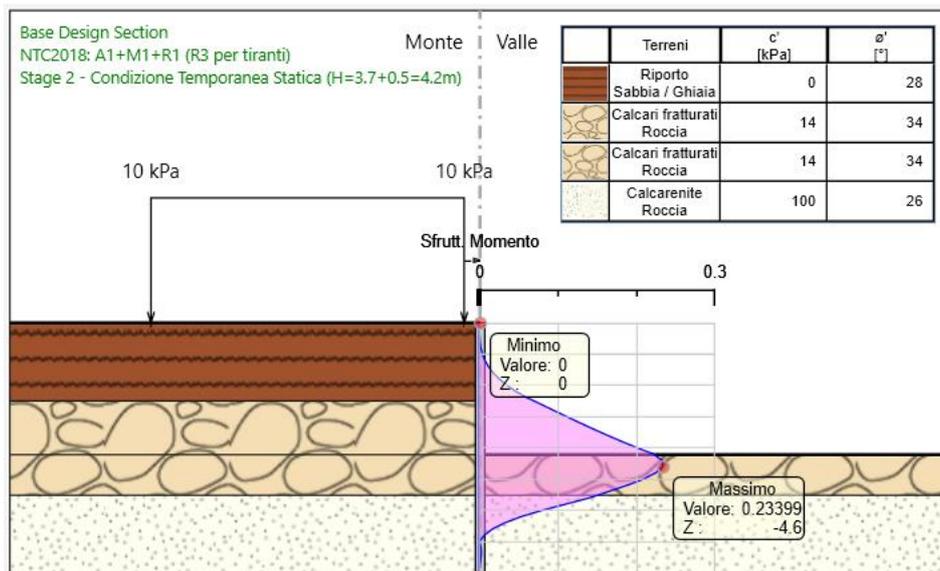


Figura 12-19 Tasso sfruttamento Momento (STR) in Condizione Temporanea Statica (H = 3.7 m + 0.5 m = 4.2 m)

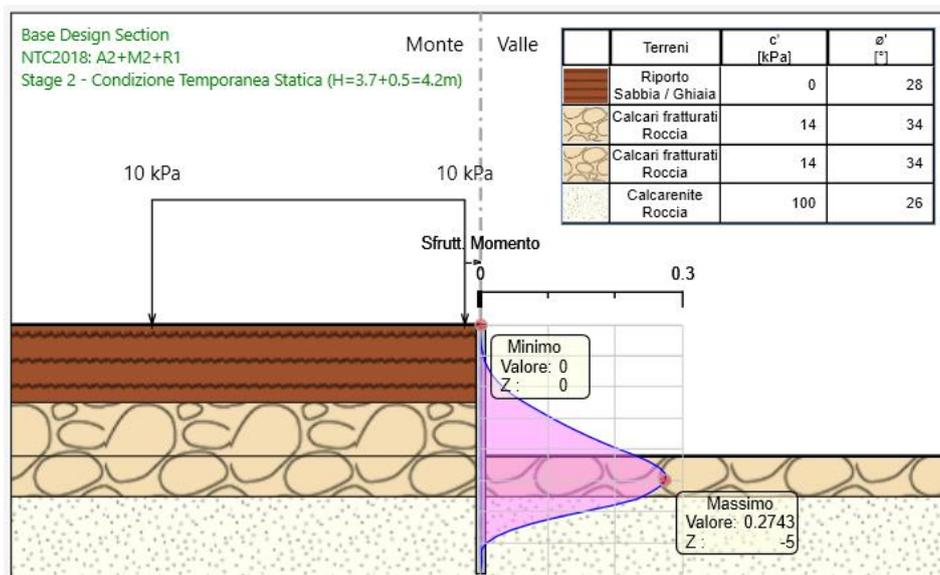


Figura 12-20 Tasso sfruttamento Momento (GEO) in Condizione Temporanea Statica (H = 3.7 m + 0.5 m = 4.2 m)

12.5.2. Tasso di sfruttamento taglio

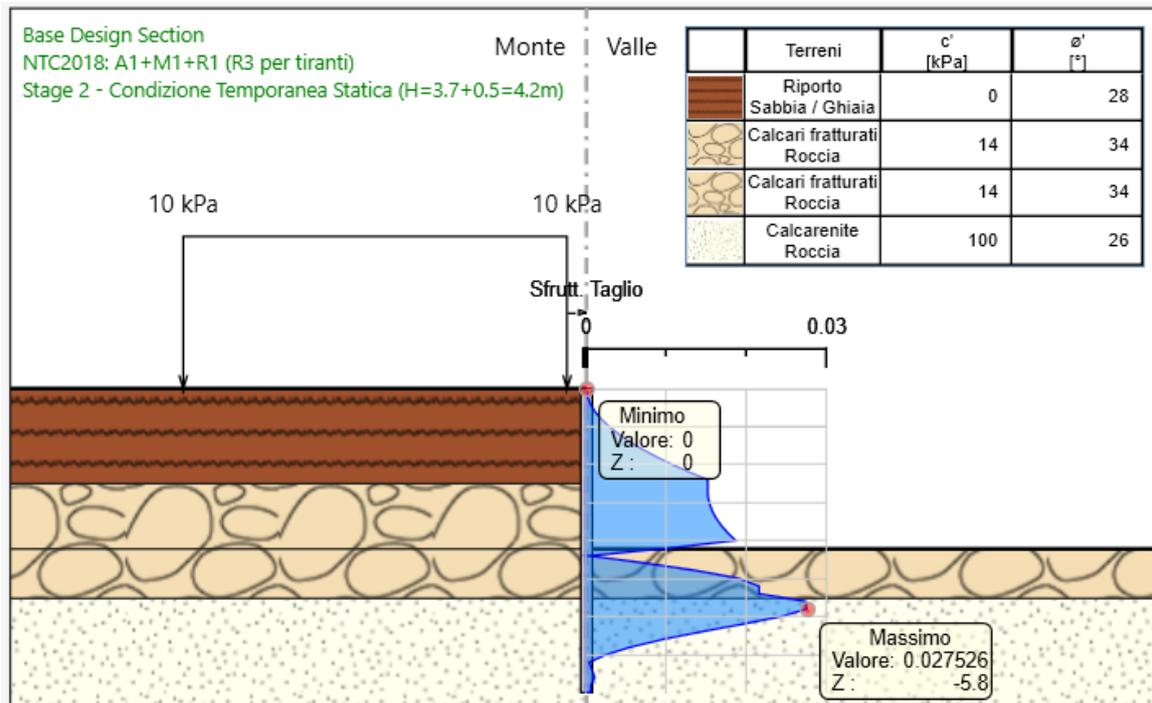


Figura 12-21 Tasso sfruttamento Taglio (STR) in Condizione Temporanea Statica (H = 3.7 m + 0.5 m = 4.2 m)

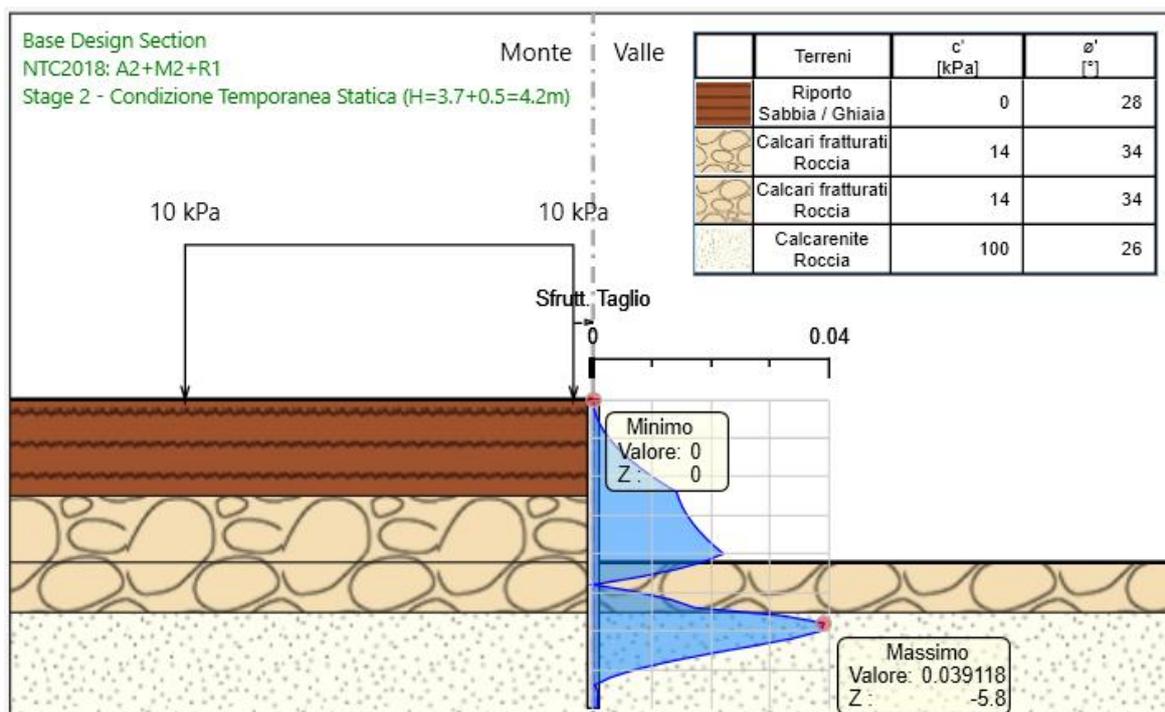


Figura 12-22 Tasso sfruttamento Taglio (GEO) in Condizione Temporanea Statica (H = 3.7 m + 0.5 m = 4.2 m)

12.6. Sintesi dei risultati allo SLU per la condizione definitiva

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi dei momenti e i diagrammi del taglio nella fase di calcolo definitiva, corrispondente alle condizioni A1+M1+R1 (STR) , A2-M2-R1 (GEO) e SISMICA

12.6.1. Sollecitazioni di momento flettente

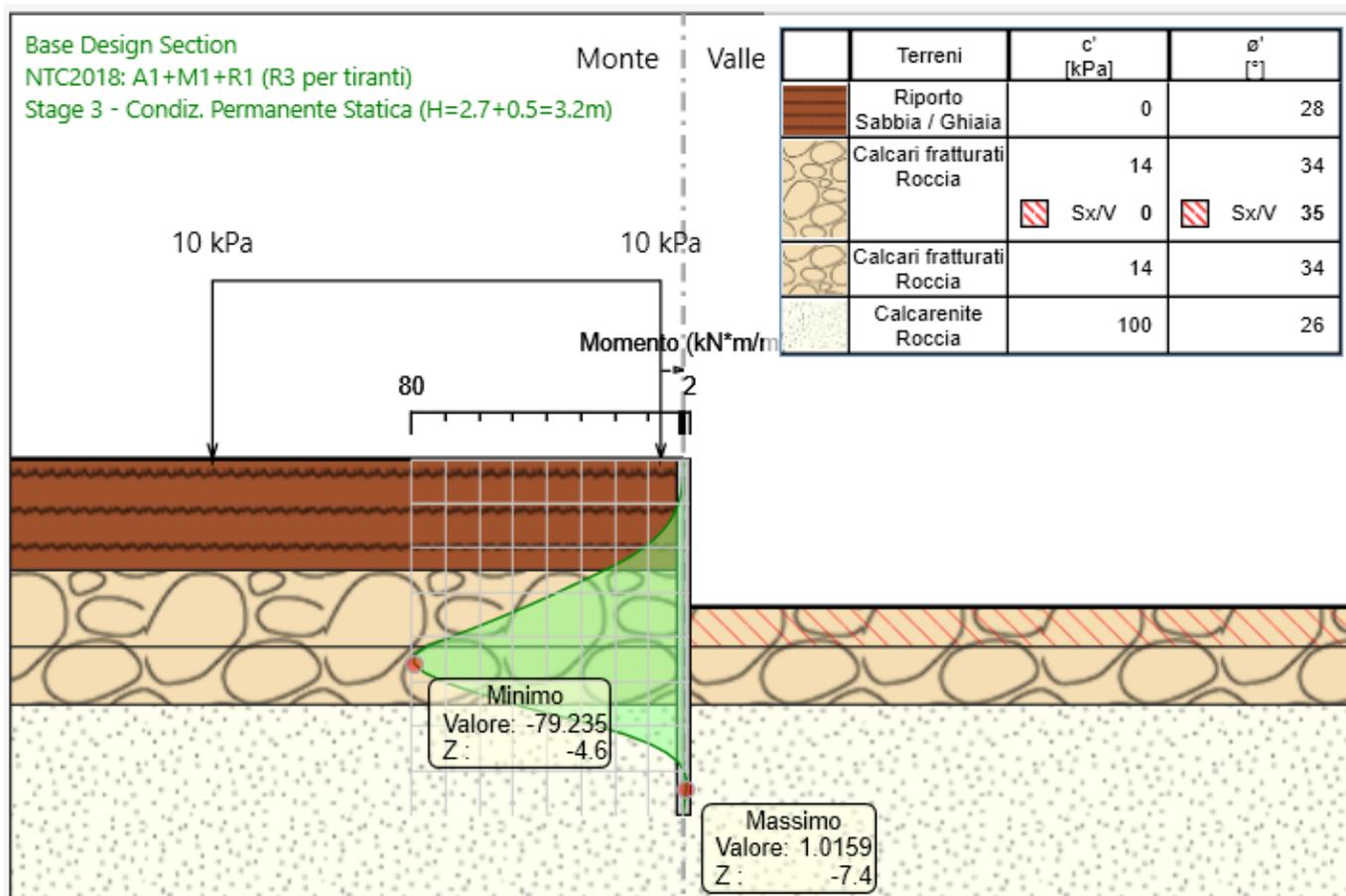


Figura 12-23 Diagramma momenti flettenti (STR) in Condizione Permanente Statica (max H = 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	63 di 94

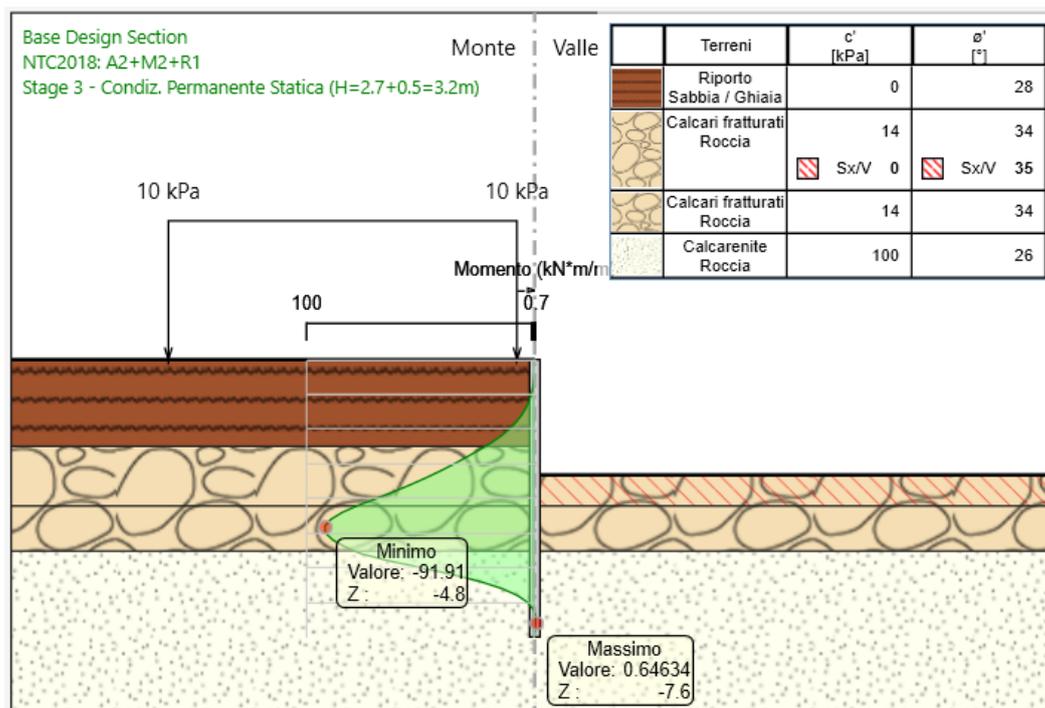


Figura 12-24 Diagramma momenti flettenti (GEO) in Condizione Permanente Statica (max H = 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

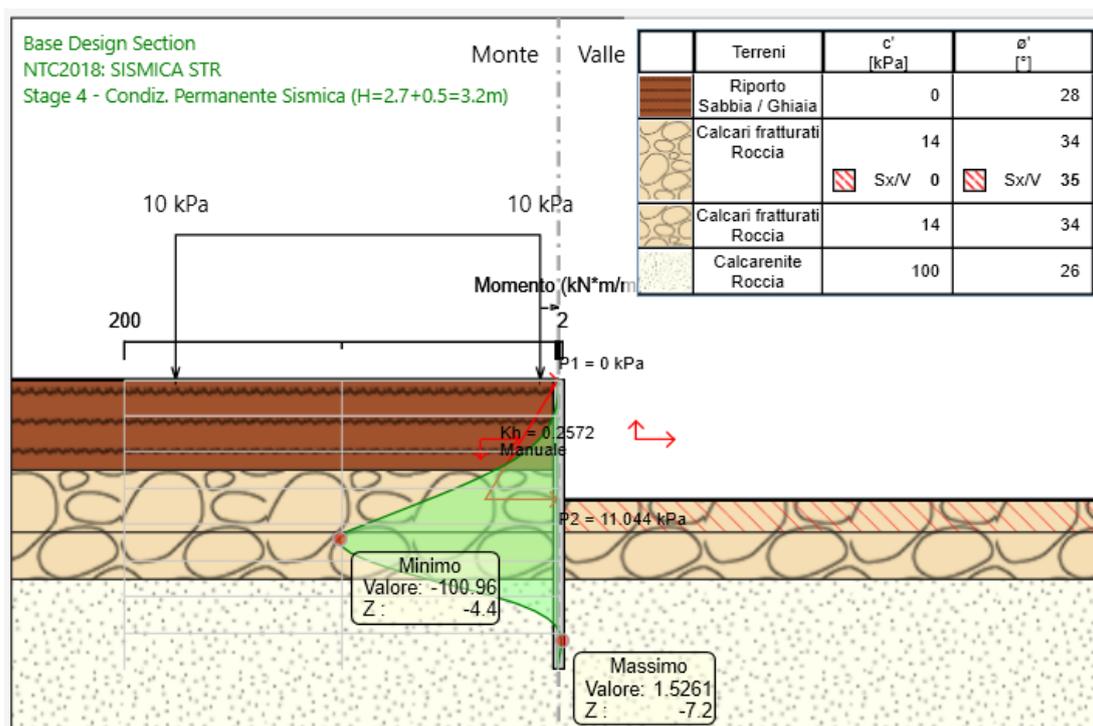


Figura 12-25 Diagramma momenti flettenti (Sism. STR) in Condizione Permanente Sismica (max H = 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

12.6.2. Sollecitazioni di taglio

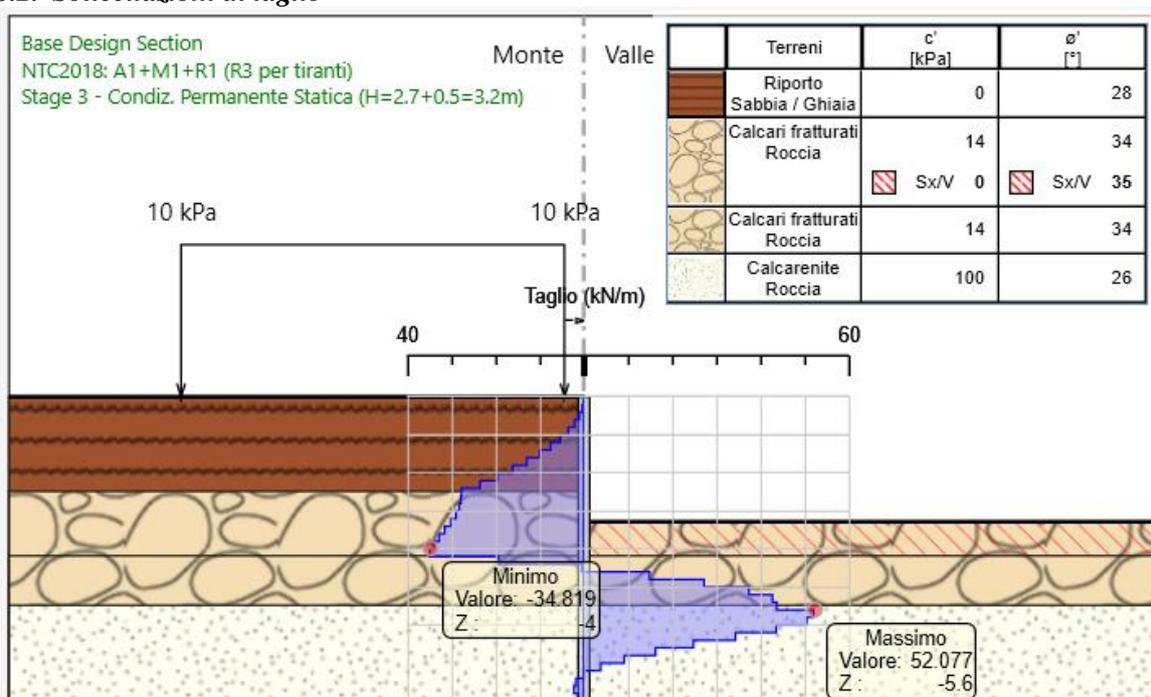


Figura 12-26 Diagramma taglio (STR) in Condizione Permanente Statica (max H = 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

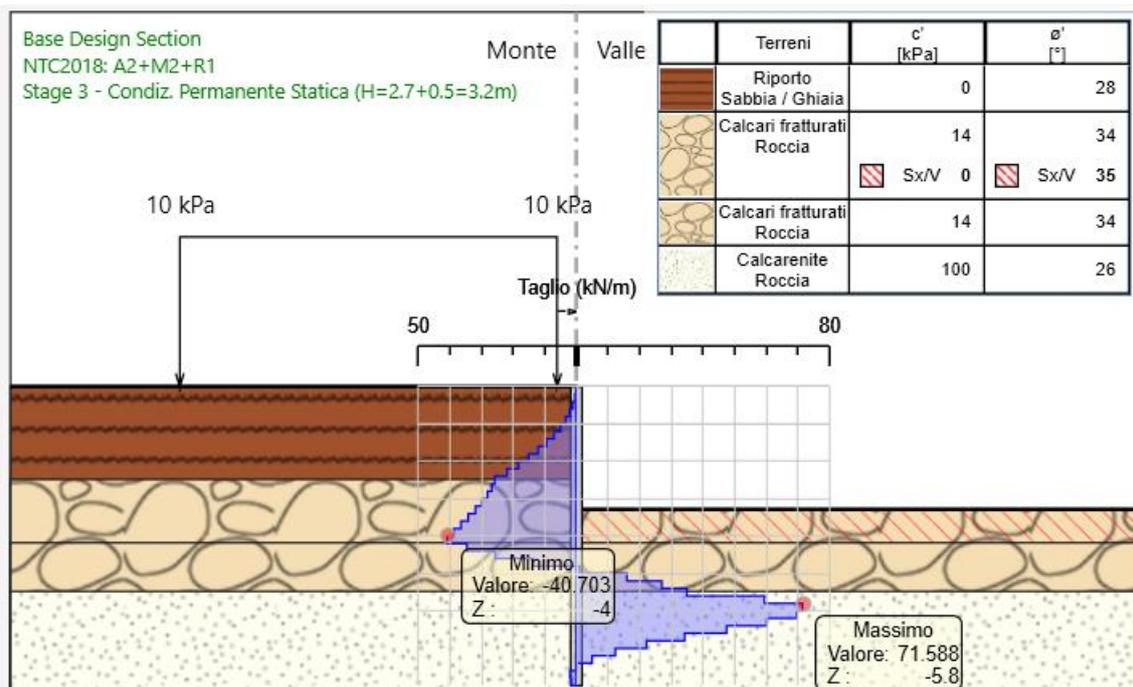


Figura 12-27 Diagramma taglio (GEO) in Condizione Permanente Statica (max H = 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	65 di 94

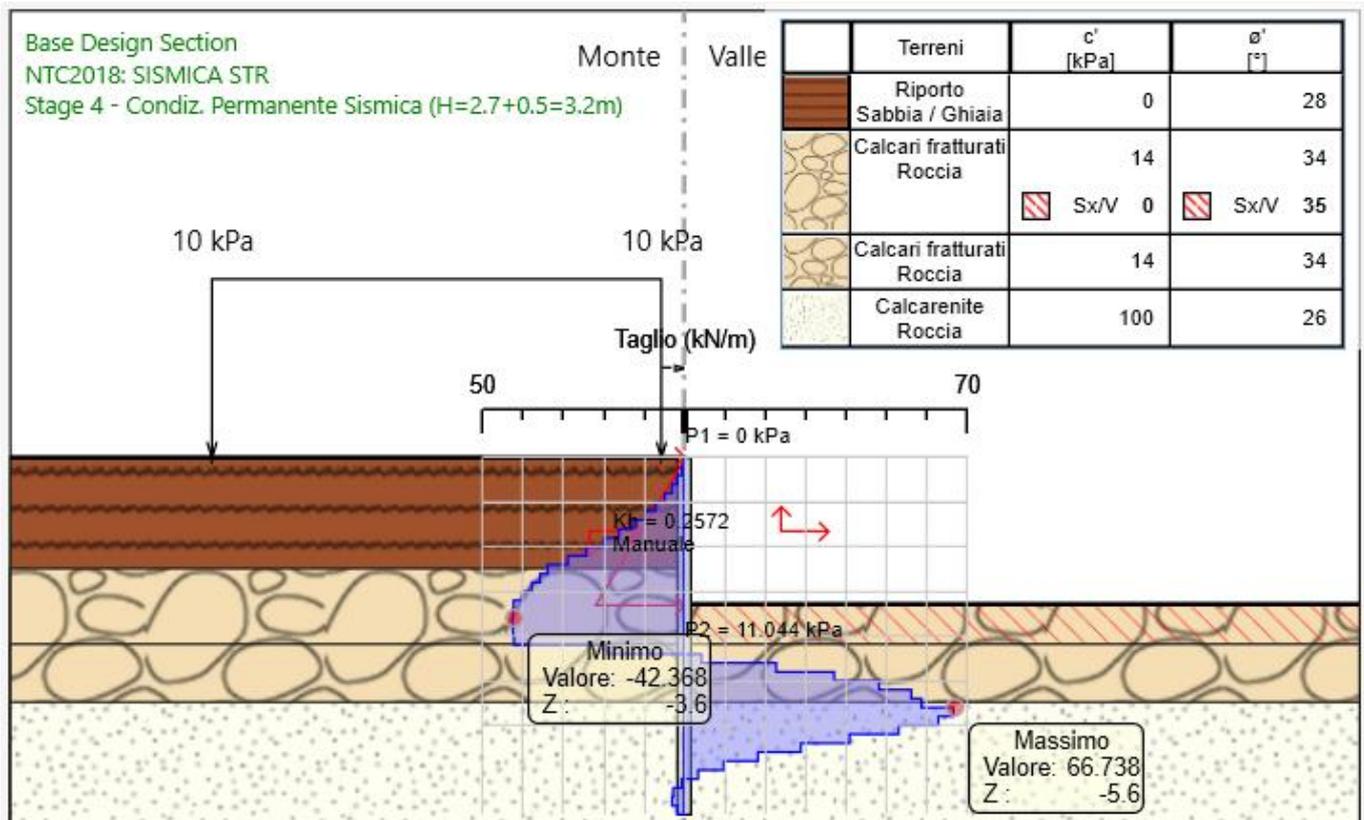


Figura 12-28 Diagramma Taglio (Sism. STR) in Condizione Permanente Sismica (max H = 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

12.7. Verifiche elemento strutturale per la condizione definitiva

Nelle figure seguenti si riportano i tassi di sfruttamento calcolati dal programma per la condizione A1+M1+R1 e A2-M2-R1. I tassi di sfruttamento risultano sempre inferiori a 1, pertanto le verifiche delle sezioni sono soddisfatte

12.7.1. Tasso di sfruttamento momento

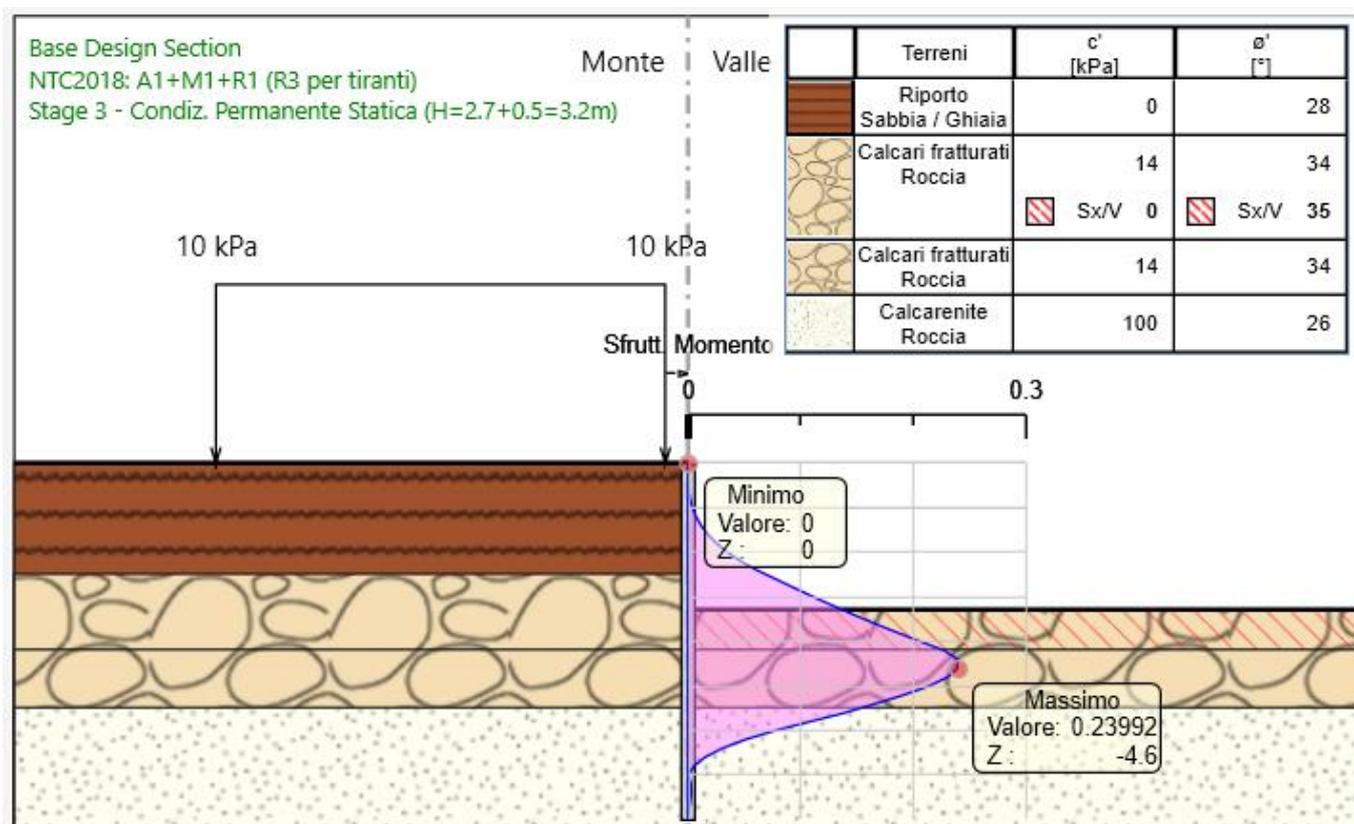


Figura 12-29 Tasso sfruttamento Momento (STR) in Condizione Permanente Statica (max H = 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	67 di 94

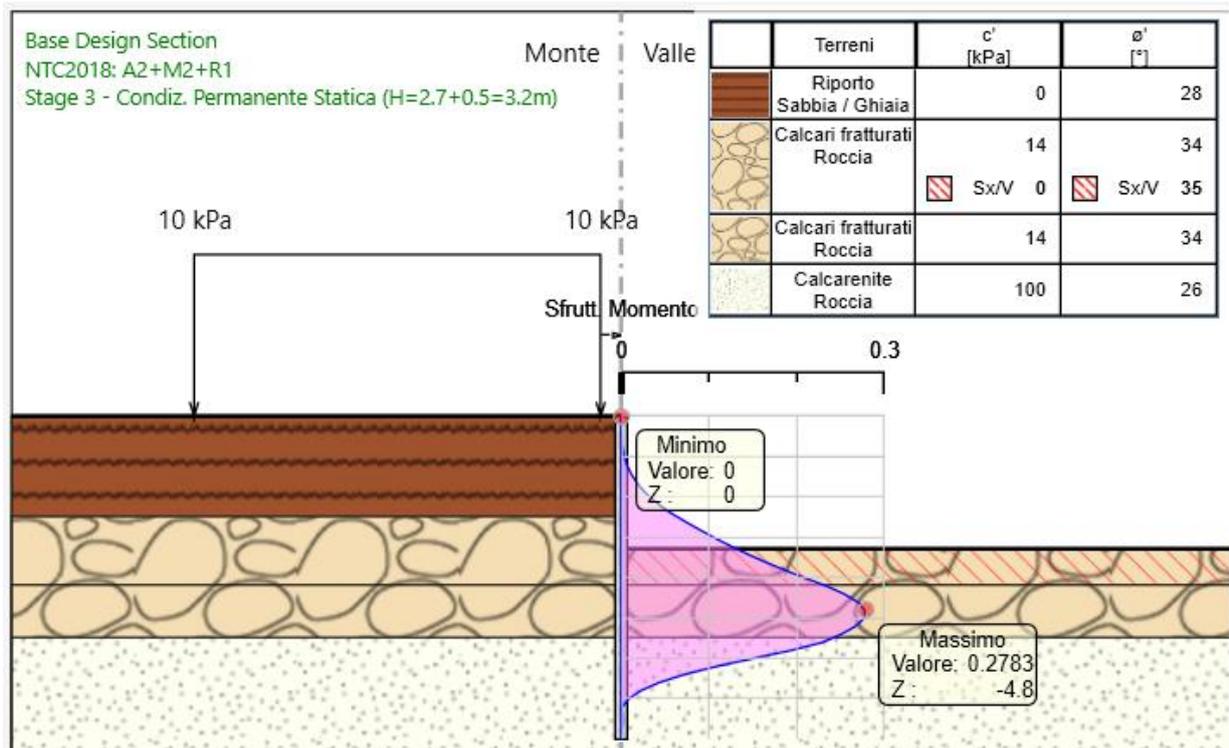


Figura 12-30 Tasso sfruttamento Momento (GEO) in Condizione Permanente Statica (max H = 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

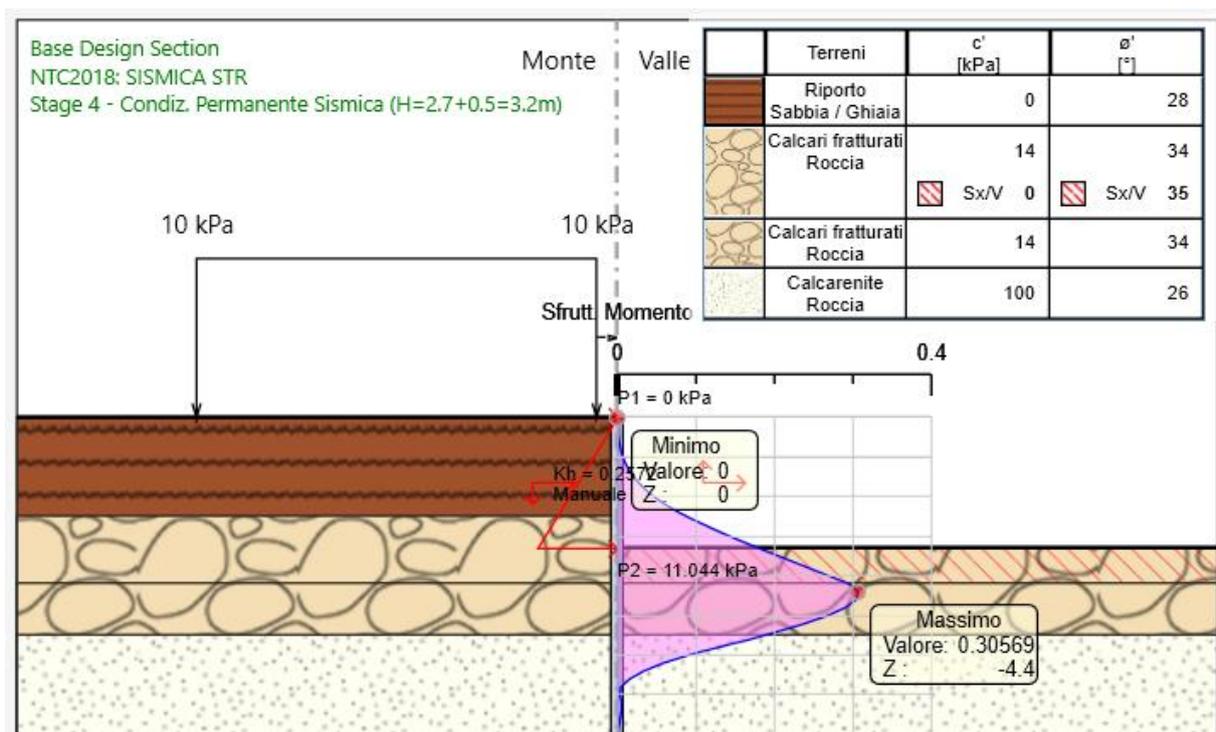


Figura 12-31 Tasso sfruttamento momento (SYS) in Condizione Permanente Sismica (max H = 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

12.7.2. Tasso di sfruttamento taglio

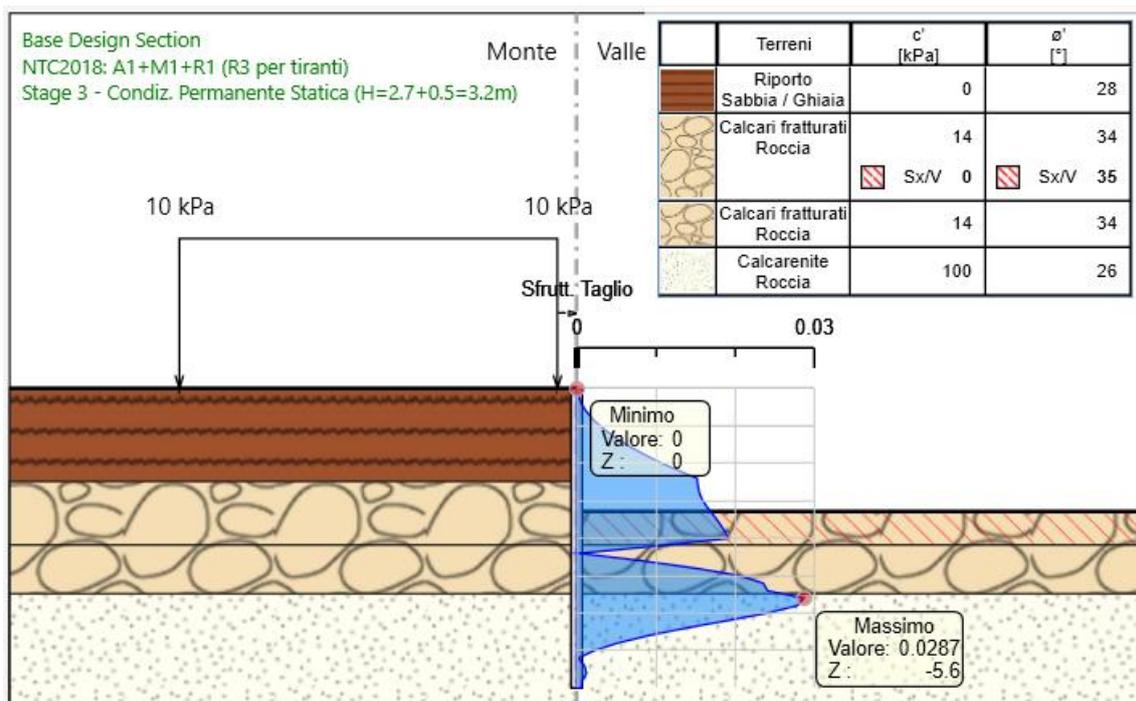


Figura 12-32 Tasso sfruttamento Taglio (STR) in Condizione Permanente Statica (max H = 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

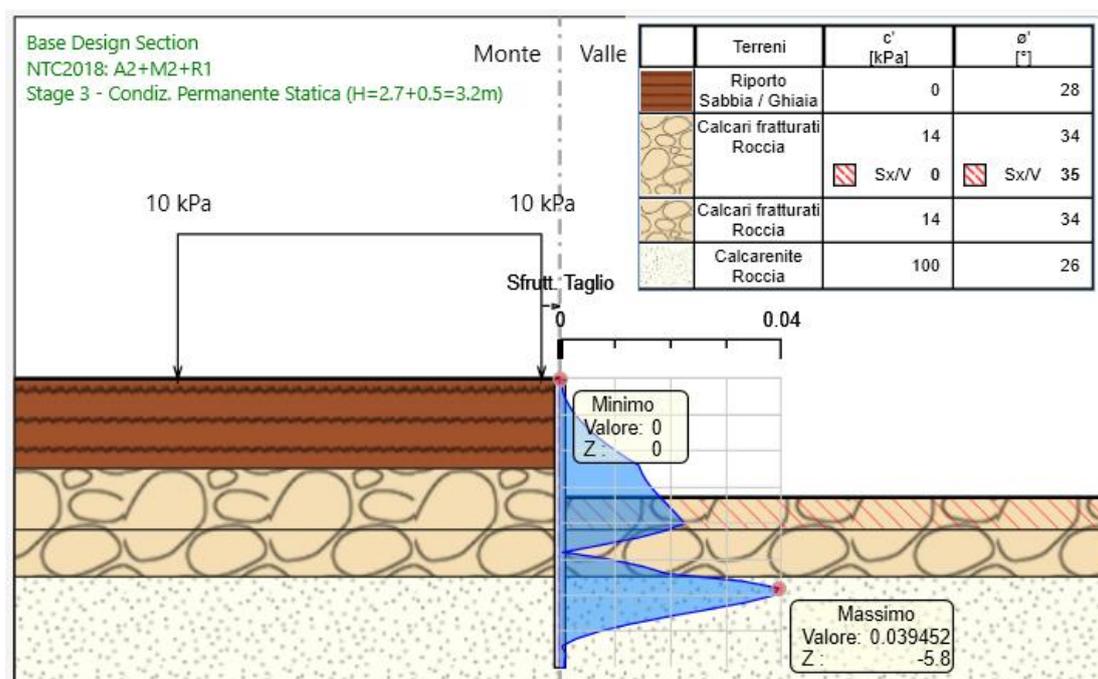


Figura 12-33 Tasso sfruttamento Taglio (GEO) in Condizione Permanente Statica (max H = 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	69 di 94

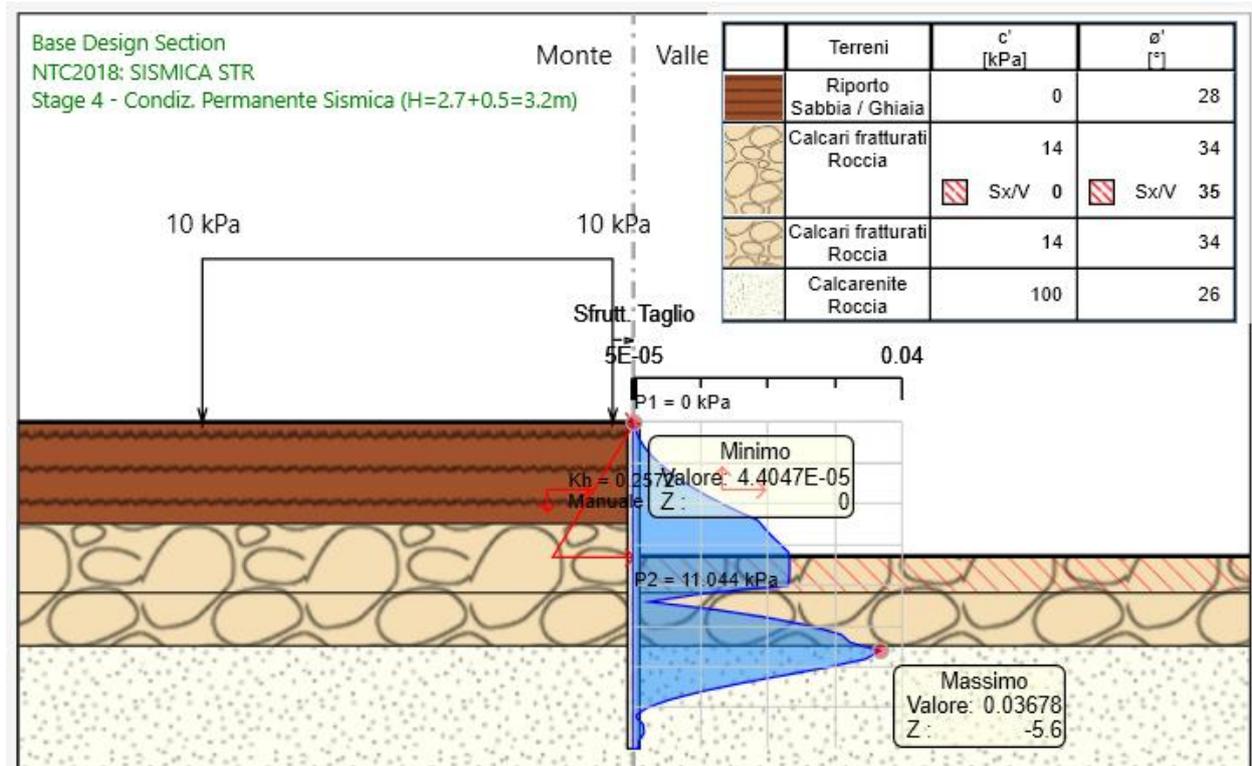


Figura 12-34 Tasso sfruttamento Taglio (Sism STR) in Condizione Permanente Sismica (max H = 2.7 m + 0.5 m = 3.2 m)

13. PARATIA DI MICROPALI IN CORRISPONDENZA DELLA SPALLA DEL CAVALCAFERROVIA

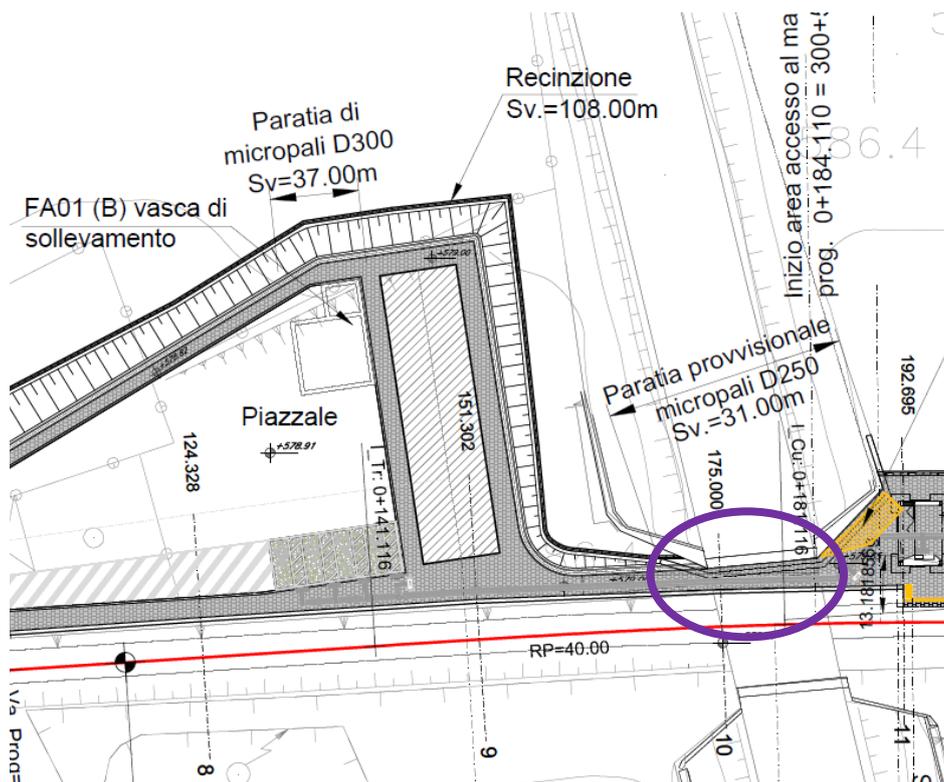


Figura 13-1 Localizzazione della paratia provvisoria in corrispondenza della spalla del cavalcaferrovia



Figura 13-2 – Immagine di Google Earth della spalla del cavalcaferrovia

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	71 di 94

La paratia a sostegno dello scavo (area indicata col colore viola in Figura 13-1) è prevista con micropali di diametro di perforazione D250, interasse tra i micropali pari a 300mm, tubo di armatura D203,2mm, spessore $s=6,3\text{mm}$ acciaio S275, e Lunghezza $L=6\text{m}$.

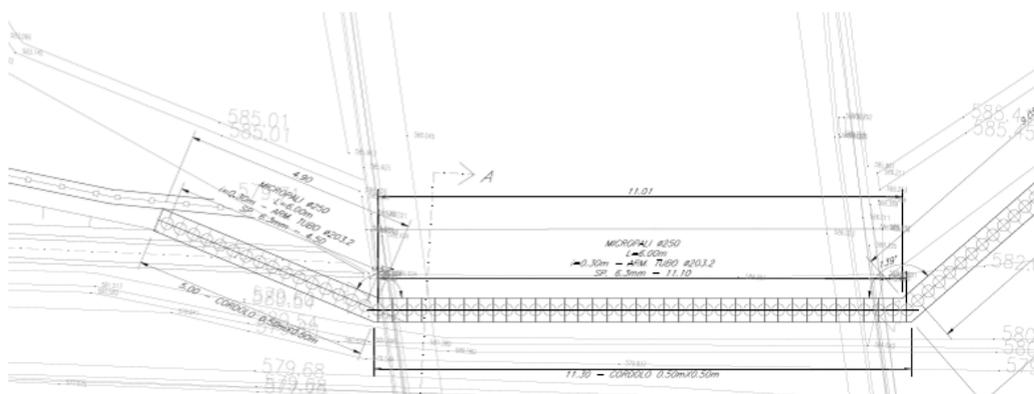


Figura 13-3 – Localizzazione della paratia provvisoria a ridosso del cavalcaferrovia

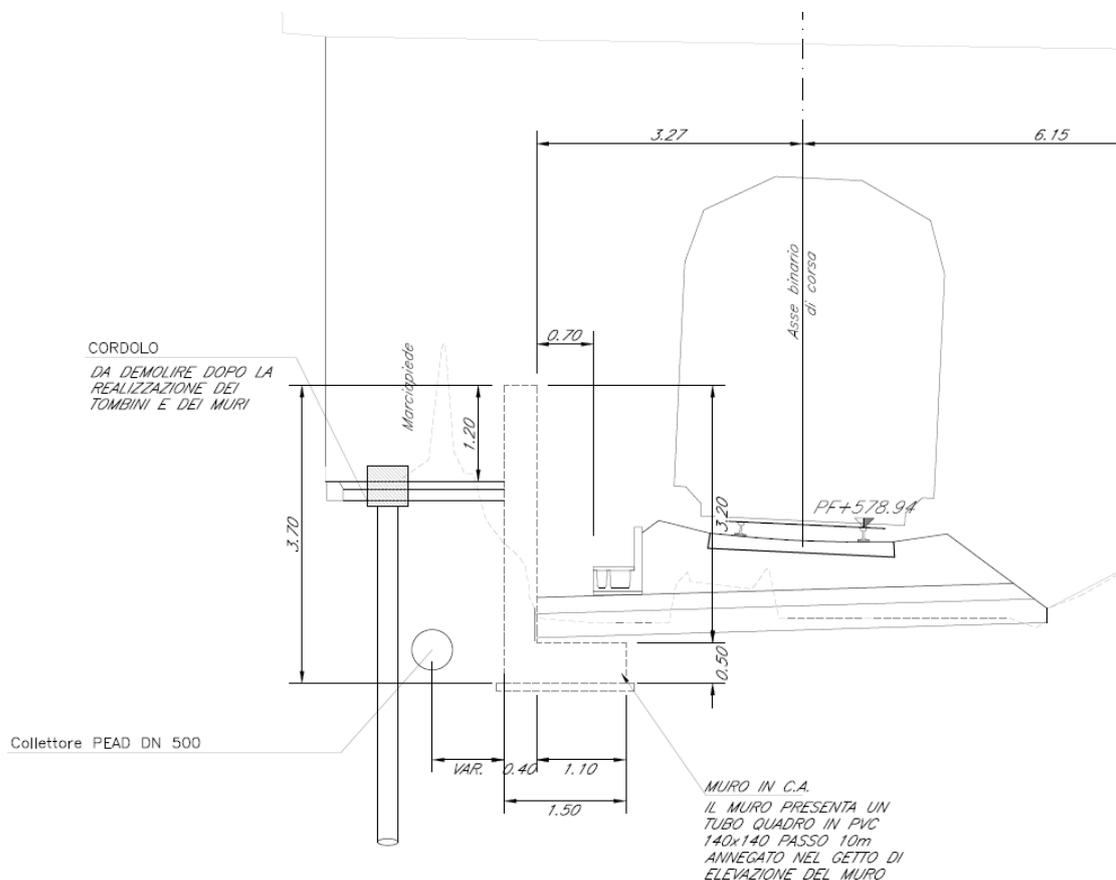


Figura 13-4 Sezione trasversale paratia provvisoria in corrispondenza del muro di linea (al di sotto del cavalcaferrovia)

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>												
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3Y</td> <td>1B</td> <td>D10</td> <td>RH OC.00.0.0 003</td> <td>A</td> <td>72 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	72 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	72 di 94								

A causa dei ridotti spazi a disposizione, la paratia va realizzata in strettissima adiacenza alla fondazione della spalla del cavalcaferrovia (Figura 13-3).

La paratia di micropali viene verificata come opera provvisoria per permettere lo scavo necessario alla realizzazione del muro di sostegno di linea (Figura 13-4).

Sulla paratia, oltre la spinta del terrapieno lungo l'altezza di ritenuta, grava il sovraccarico permanente corrispondente al peso del rilevato stradale in corrispondenza del cavalcaferrovia, ed il sovraccarico accidentale corrispondente al transito dei veicoli.

13.1. Modello e stratigrafia

L'altezza di ritenuta di calcolo è stata desunta dalle quote indicate in Figura 13-4, e cioè:

$$h_{\text{muro}} - h_{\text{parapetto}} + s_{\text{magrone}} - h_{\text{cordolo}} = 3,70\text{m} - 1,20\text{m} + 0,10\text{m} - 0,35\text{m} = 2,25\text{m}$$

L'altezza del cordolo è stata sottratta in quanto si è assunto che i 35cm di spessore di terreno compresi tra spalla e cordolo siano scavati prima di procedere allo scavo a valle della paratia.

In aggiunta, come richiesto da normativa NTC2018, è stato considerato un sovrascavo accidentale di 0,50m, dando luogo ad un'altezza complessiva di ritenuta pari a:

$$h_{\text{calcolo}} = 2,25\text{m} + 0,50\text{m} = 2,75\text{m}$$

Per quanto riguarda l'altezza del rilevato stradale a tergo della spalla, sulla base dei rilievi topografici sono stati riscontrati i seguenti valori:

- Quota assoluta della testa del rilevato (al di sopra della pavimentazione): 586.2mslm
- Quota assoluta del piano campagna al di sotto della spalla del cavalcaferrovia: 579.5mslm

Di conseguenza è stata stimata un'altezza del rilevato di:

$$586,2\text{m} - 579,5\text{m} + 0,35\text{m} = 7,05\text{m}$$

in cui è stata sommata l'altezza del cordolo in precedenza sottratta dall'altezza di ritenuta di calcolo della paratia.

Pertanto è stato considerato un sovraccarico permanente pari a:

$$20\text{kN/m}^3 * 8\text{m} = 160\text{ kPa.}$$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI</p>												
<p>GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3Y</td> <td>1B</td> <td>D10</td> <td>RH OC.00.0.0 003</td> <td>A</td> <td>73 di 94</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	73 di 94
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	73 di 94								

Come carico accidentale associato al traffico stradale si è assunto un carico uniformemente distribuito ed indefinito (a vantaggio di sicurezza) pari a 20kPa.

Sia il carico permanente del rilevato stradale che il carico accidentale da traffico sono stati applicati ad una profondità di 0,7m da p.c., assumendo che la spalla sia stata fondata immediatamente al di sotto del riporto, sul terreno dello strato di calcari fratturati. Tale assunzione appare sufficientemente cautelativa in quanto, in tale fase progettuale, non sono disponibili informazioni sulla profondità del piano di posa della fondazione della spalla del rilevato stradale, che potrebbe in realtà essere anche più profondo, mentre è altamente improbabile che sia localizzato all'interno dei 70cm di riporto.

Pertanto, nel modello, tali carichi sono stati applicati ad una profondità di 0,35m per tenere conto del fatto che l'altezza del cordolo da 35cm non è stato incluso nella modellazione.

La stratigrafia utilizzata è la seguente (in accordo con quanto si evince dal sondaggio S1 riportato nella relazione delle indagini geotecniche):

Unità	da	a	γ	ϕ	c'	E
	m	m	kN/mc	°	kPa	MPa
Riporto	0	-0.7	20	28	0	10
Calcari fratturati	-0.7	-2.8	20	34	14	200
Calcarenite	-2.8	In poi	20.6	26	100	1000

13.2. Descrizione delle fasi di calcolo

Il modello si basa sulle seguenti fasi di calcolo:

- Fase 1: condizione attuale, con presenza di sovraccarico permanente (peso del rilevato stradale) e sovraccarico accidentale (traffico stradale)
- Fase 2-3: scavo fino a quota di fondo scavo

Di seguito si riporta il modello di calcolo con la stratigrafia di riferimento (0,7m di riporto, 2,1m di calcari fratturati, ed un bedrock di calcarenite).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
	GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D10	DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003	REV. A

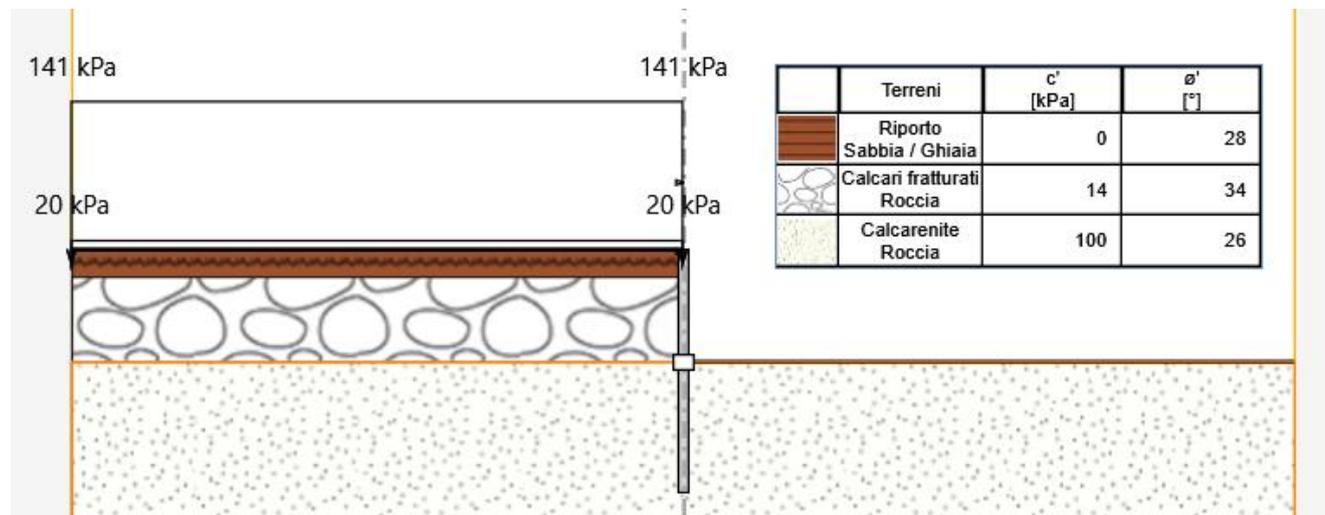


Figura 13-5 Modello di calcolo in condizioni provvisorie

Di seguito si riportano le spinte calcolate dal programma per la combinazione GEO

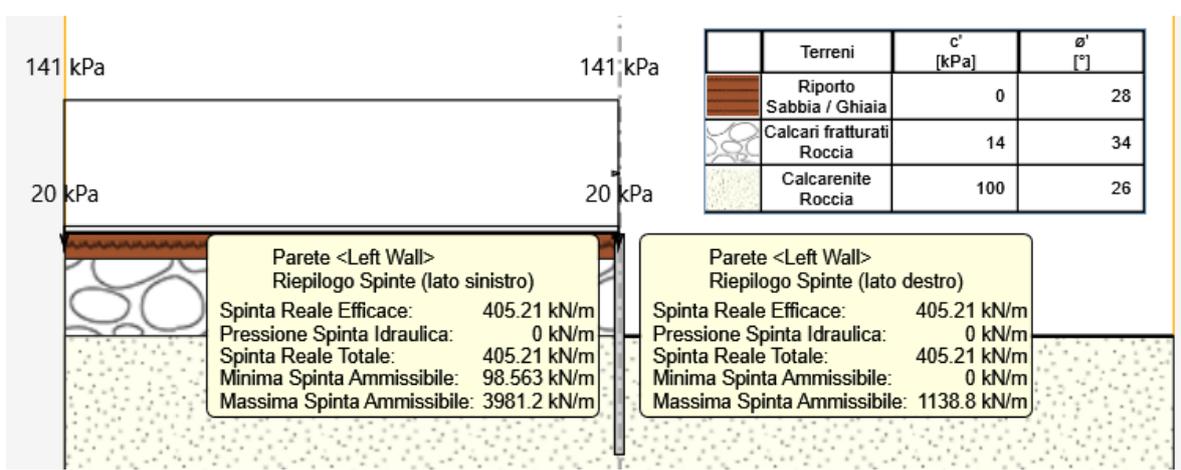


Figura 13-6 Modello di calcolo e spinte in condizioni provvisorie

13.3. Sintesi dei risultati allo SLE

Nella figura seguente si riportano gli spostamenti stimati allo SLE in corrispondenza della massima profondità di scavo (inclusi i 50cm di sovrascavo accidentale):

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	75 di 94

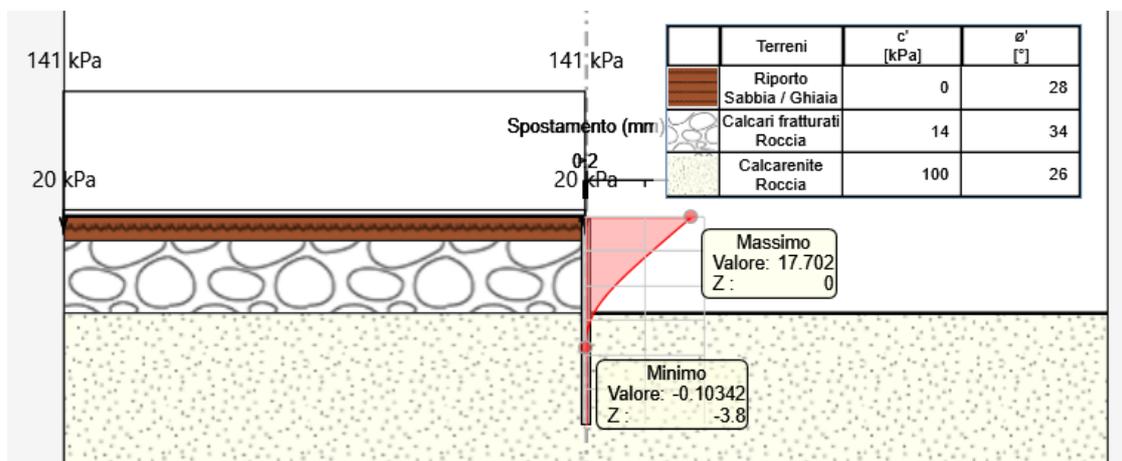


Figura 13-7 Spostamenti SLE

Lo spostamento orizzontale massimo allo SLE in testa alla paratia risulta pari a 17 mm, compatibile con la funzionalità del cavalcaferrovia.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
	GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D10	DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003	REV. A

13.4. Sintesi dei risultati allo SLU

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi dei momenti e i diagrammi del taglio nella fase di calcolo provvisoria, corrispondente alle condizioni A1+M1+R1 (STR) e A2-M2-R1 (GEO).

13.4.1. Sollecitazioni di momento flettente

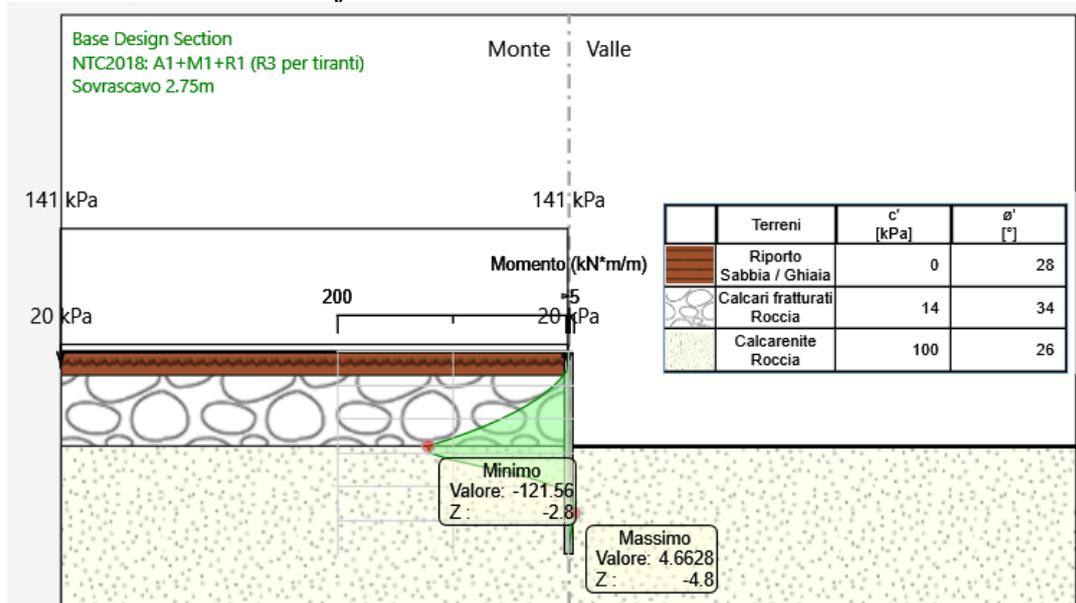


Figura 13-8 Diagramma momenti flettenti (STR)

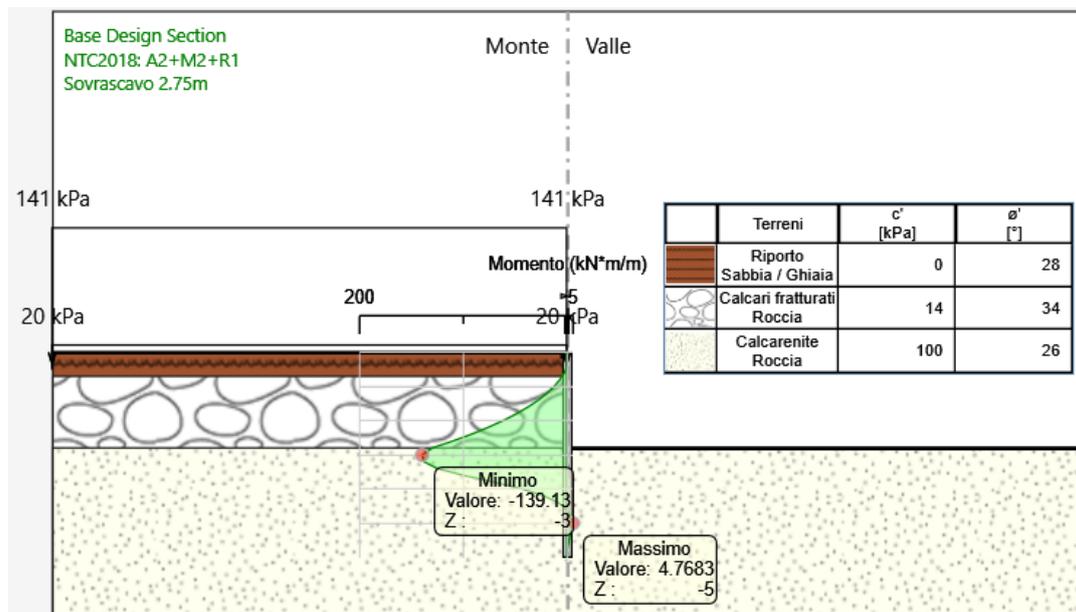


Figura 13-9 Diagramma momenti flettenti (GEO)

13.4.2. Sollecitazioni di taglio

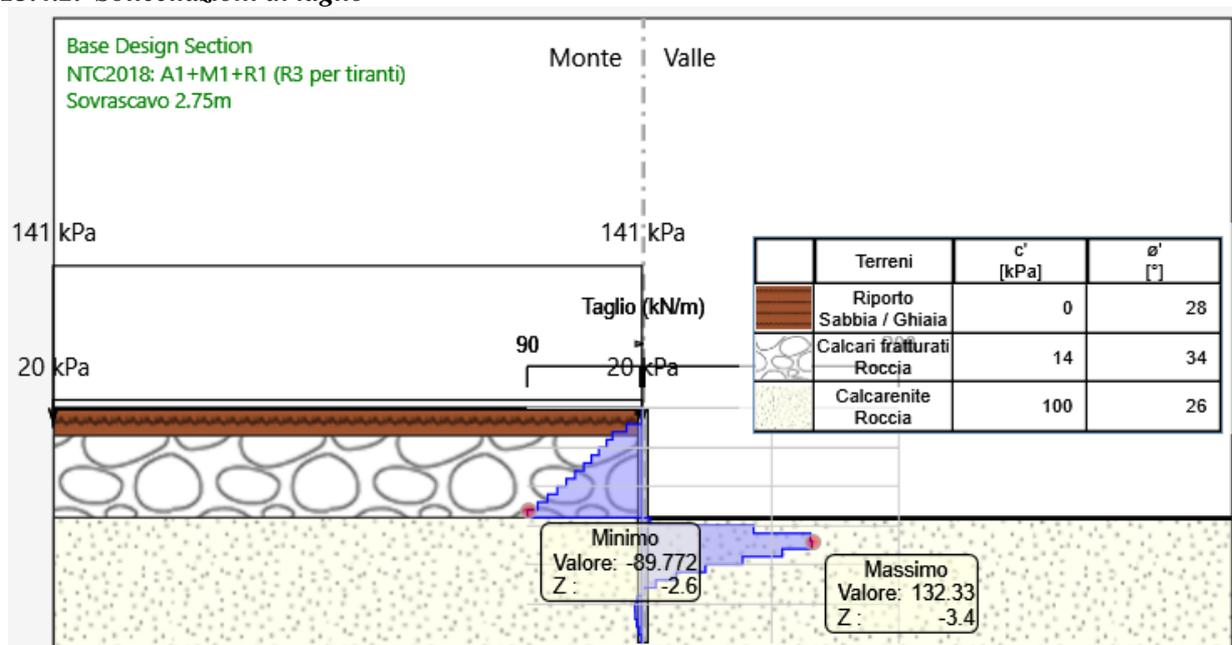


Figura 13-10 Diagramma taglio (STR)

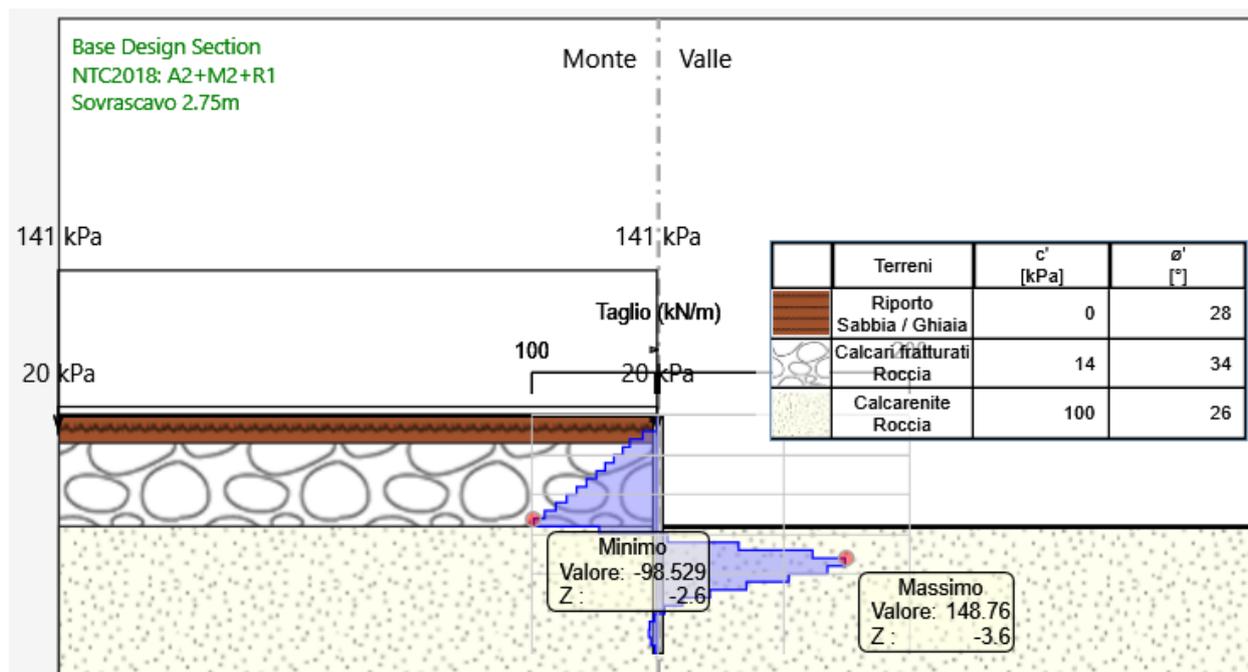


Figura 13-11 Diagramma taglio (GEO)

13.5. Verifiche elemento strutturale

Nelle figure seguenti si riportano i tassi di sfruttamento calcolati dal software per le condizioni A1+M1+R1 e A2-M2-R1. I tassi di sfruttamento risultano sempre inferiori a 1, e pertanto le verifiche delle sezioni risultano soddisfatte

13.5.1. Tasso di sfruttamento momento

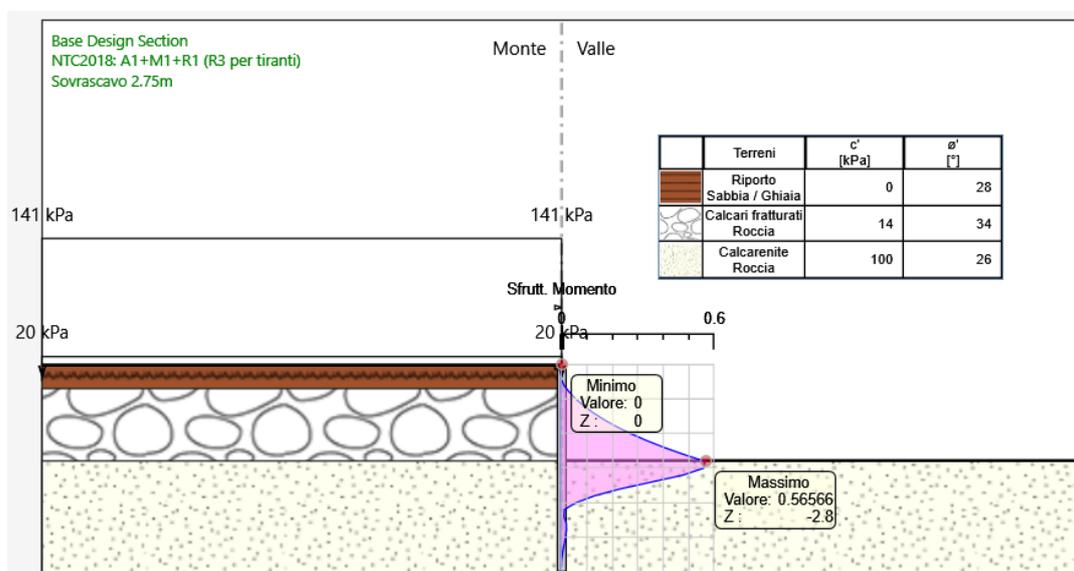


Figura 13-12 Tasso sfruttamento Momento (STR)

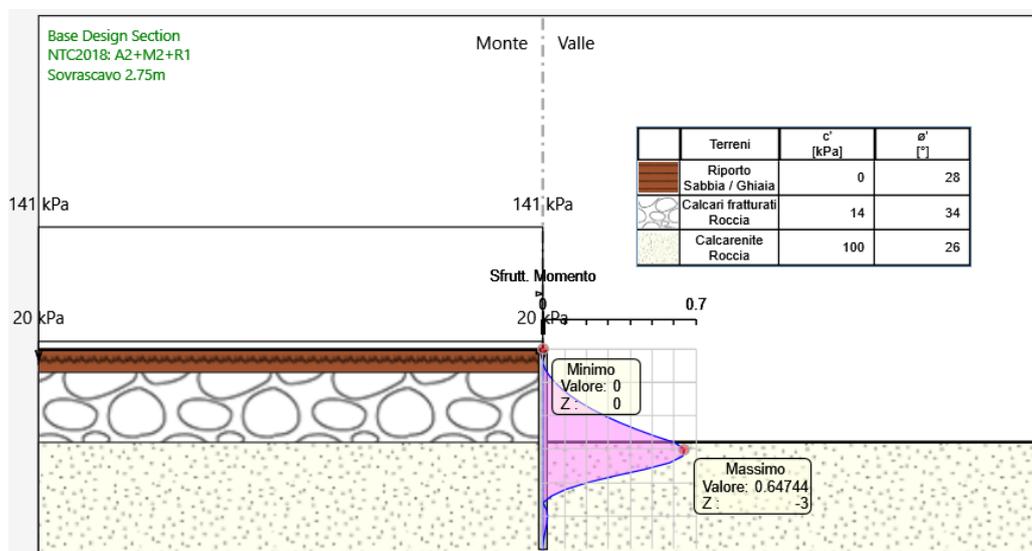


Figura 13-13 Tasso sfruttamento Momento (GEO)

13.5.2. Tasso di sfruttamento taglio

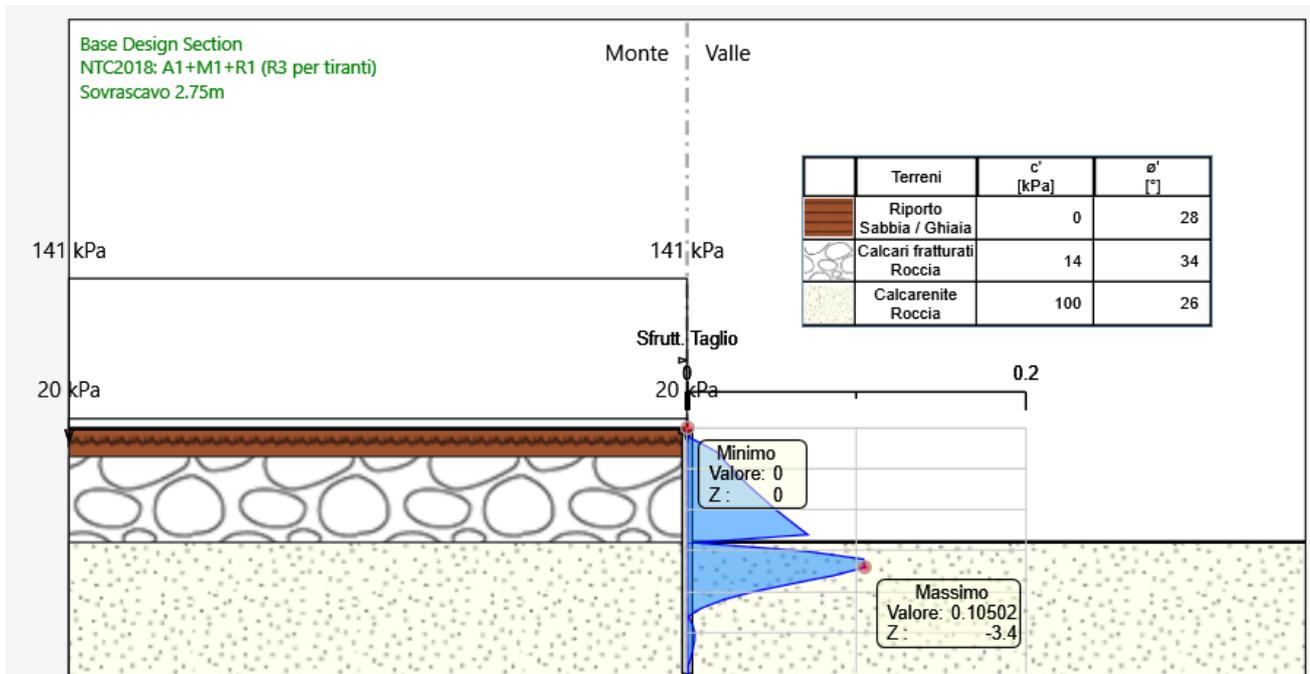


Figura 13-14 Tasso sfruttamento Taglio (STR)

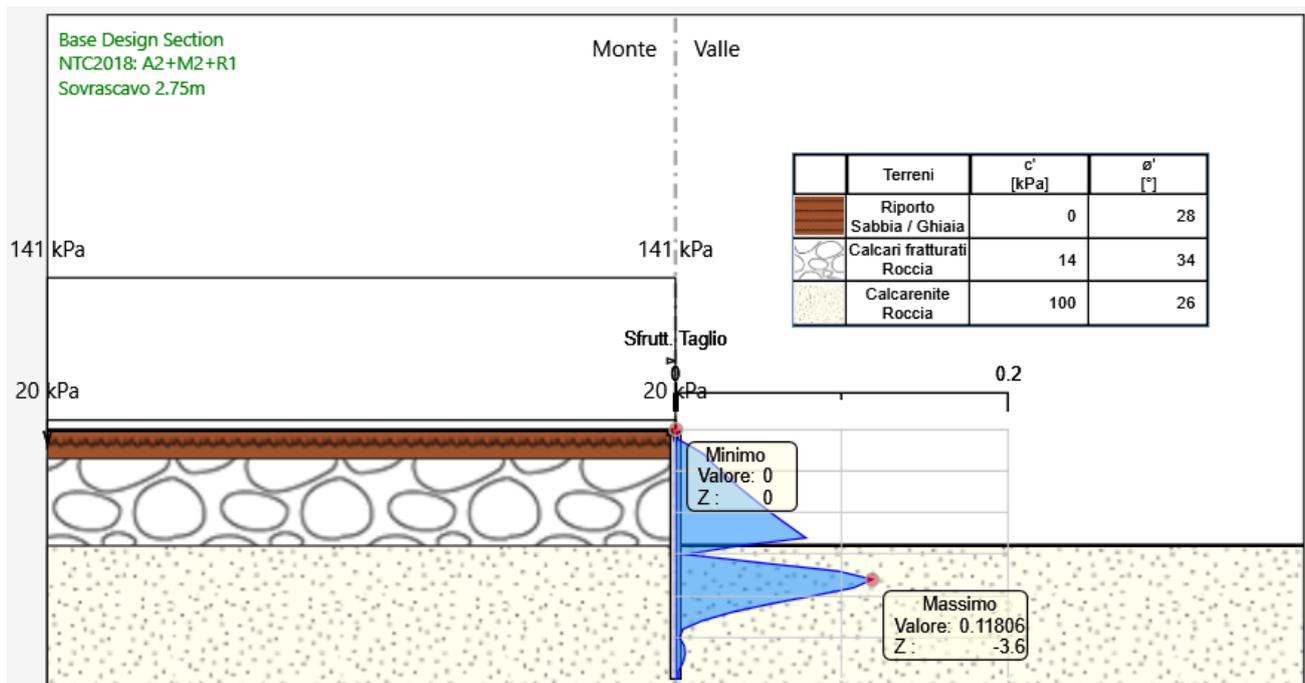


Figura 13-15 Tasso sfruttamento Taglio (GEO)

14. PARATIA DI MICROPALI IN CORRISPONDENZA DEL MURO D'ALA DEL CAVALCAFERROVIA

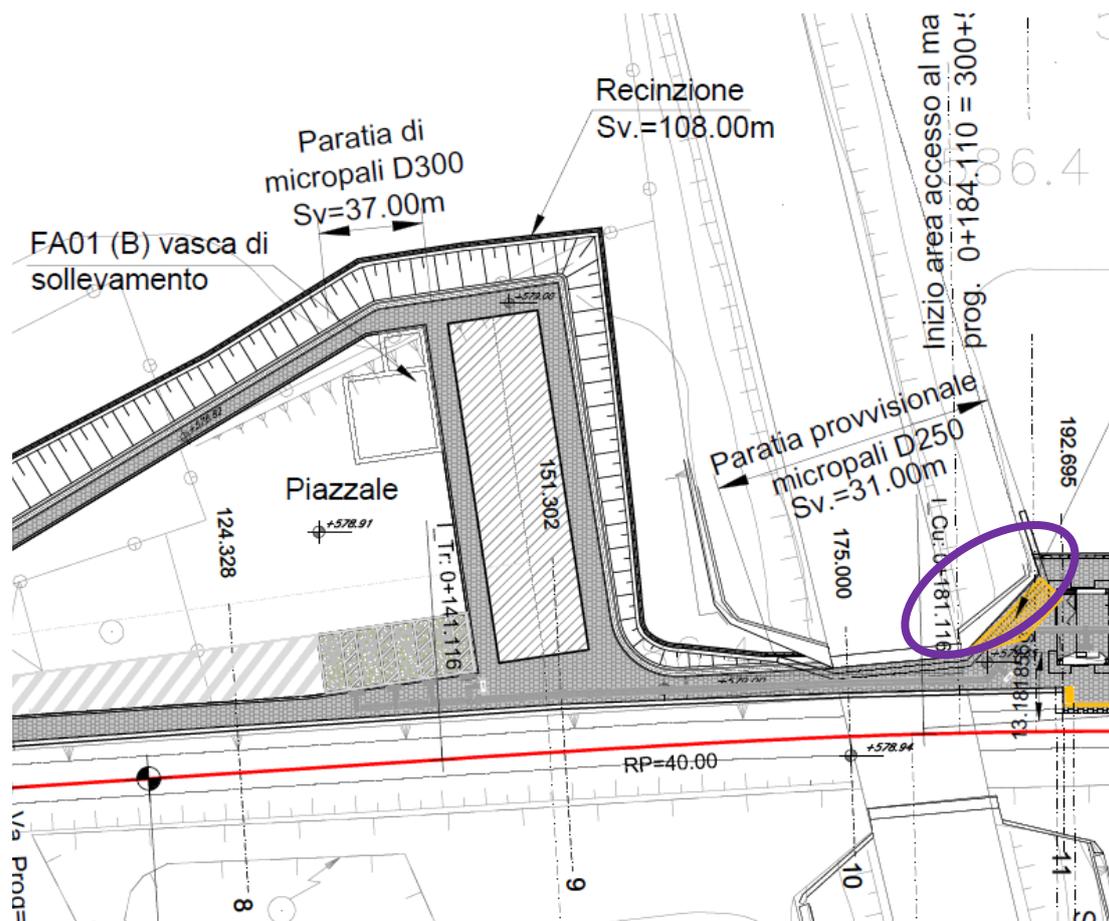


Figura 14-1 Localizzazione della paratia provvisoria in corrispondenza del muro d'ala del cavalcaferrovia



Figura 14-2 Immagine satellitare del muro d'ala del cavalcaferrovia

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	82 di 94

Sulla paratia, oltre la spinta del terrapieno lungo l'altezza di ritenuta, grava il sovraccarico permanente corrispondente al peso del rilevato stradale in corrispondenza del cavalcaferrovia, ed il sovraccarico accidentale corrispondente al transito dei veicoli.

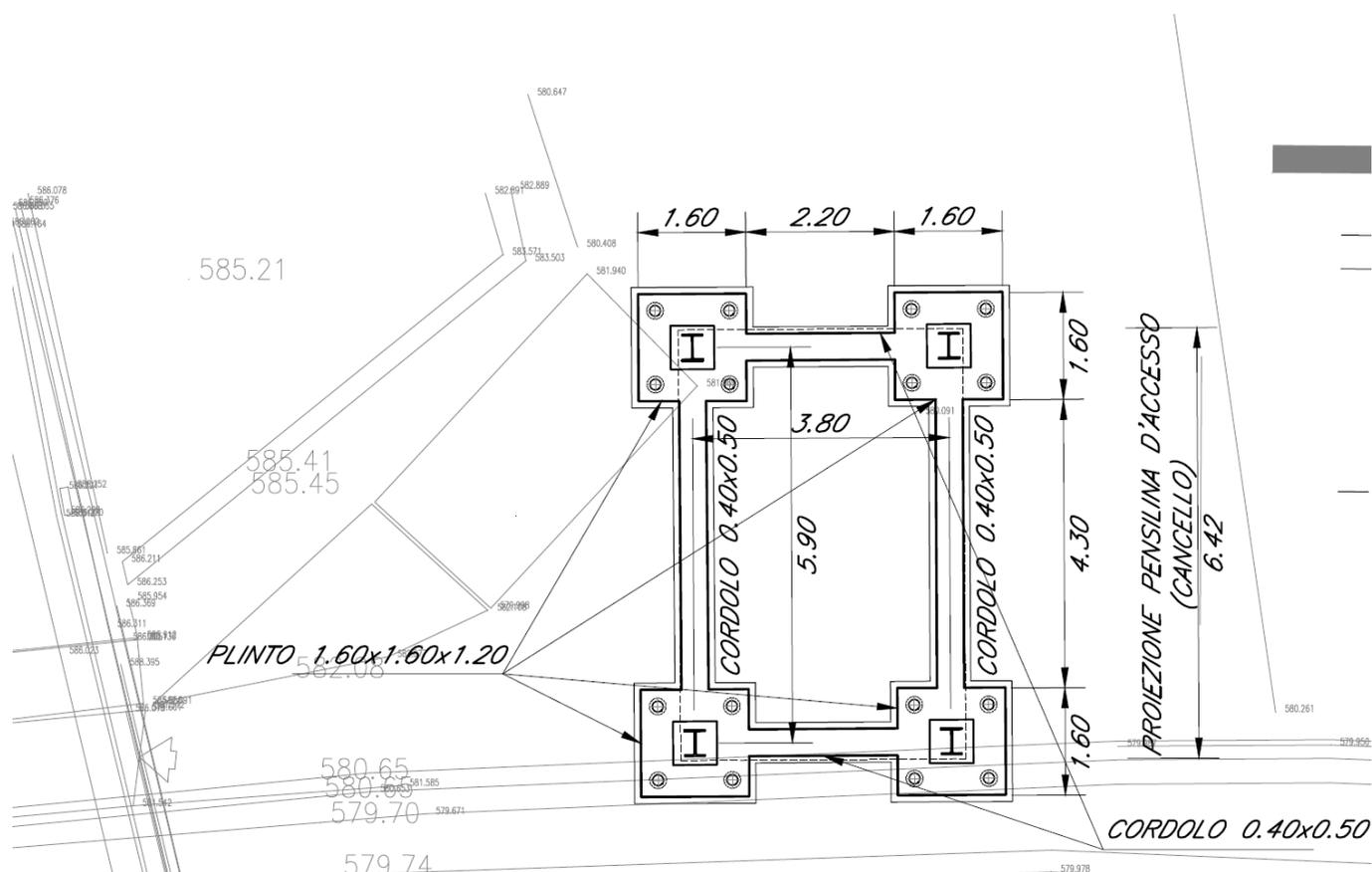


Figura 14-4: Rappresentazione in pianta dei plinti del portale di ingresso alla stazione, per la cui realizzazione si rende necessario l'installazione della paratia in oggetto ed il relativo scavo

14.1. Modello e stratigrafia

L'altezza di ritenuta di calcolo è stata desunta dalle quote indicate in Figura 14-4, e cioè:

$$h_{\text{paratia}} + S_{\text{magrone}} = 2,65\text{m} + 0,10\text{m} = 2,75\text{m}$$

Si osservi che l'altezza della paratia è stata misurata dall'intradosso del cordolo in quanto questo coincide con il p.c. esistente.

	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D10	DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003	REV. A	FOGLIO 83 di 94

In aggiunta, come richiesto da normativa NTC2018, è stato considerato un sovrascavo accidentale di 0,50m, dando luogo ad un'altezza complessiva di ritenuta pari a:

$$h_{\text{calcolo}} = 2,75\text{m} + 0,50\text{m} = 3,25\text{m}$$

Per quanto riguarda l'altezza del rilevato stradale a tergo della spalla, sulla base dei rilievi topografici sono stati riscontrati i seguenti valori:

- Quota assoluta del punto più alto del muro d'ala: 586.2mslm
- Quota assoluta del punto più basso del muro d'ala: 583.6mslm
- Quota assoluta del piano campagna al di sotto del muro d'ala: 580.4mslm

Di conseguenza è stata stimata un'altezza media del rilevato a tergo del muro d'ala pari a:

$$(586,2\text{m} + 583,6\text{m}) / 2 - 580,4\text{m} = 4,5\text{m}$$

Pertanto è stato considerato un sovraccarico permanente pari a:

$$20\text{kN/m}^3 * 4,5\text{m} = 90 \text{ kPa.}$$

Come carico accidentale associato al traffico stradale si è assunto un carico uniformemente distribuito ed indefinito (a vantaggio di sicurezza) pari a 20kPa.

Sia il carico permanente del rilevato stradale che il carico accidentale da traffico sono stati applicati ad una profondità di 0,7m da p.c., assumendo che la spalla sia stata fondata immediatamente al di sotto del riporto, sul terreno dello strato di calcari fratturati. Tale assunzione appare sufficientemente cautelativa in quanto, in tale fase progettuale, non sono disponibili informazioni sulla profondità del piano di posa della fondazione della spalla del rilevato stradale, che potrebbe in realtà essere anche più profondo, mentre è altamente improbabile che sia localizzato all'interno dei 70cm di riporto.

Pertanto, nel modello, tali carichi sono stati applicati ad una profondità di 0,35m per tenere conto del fatto che l'altezza del cordolo da 35cm non è stato incluso nella modellazione.

La stratigrafia utilizzata è la seguente (in accordo con quanto si evince dal sondaggio S1 riportato nella relazione delle indagini geotecniche):

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
	GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D10	DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003	REV. A

Unità	da	a	γ	ϕ	c'	E
	m	m	kN/mc	°	kPa	MPa
Riporto	0	-0.7	20	28	0	10
Calcari fratturati	-0.7	-2.8	20	34	14	200
Calcarenite	-2.8	In poi	20.6	26	100	1000

14.2. Descrizione delle fasi di calcolo

Il modello si basa sulle seguenti fasi di calcolo:

- Fase 1: condizione attuale, con presenza di sovraccarico permanente (peso del rilevato stradale) e sovraccarico accidentale (traffico stradale)
- Fase 2-3: scavo fino a quota di fondo scavo

Di seguito si riporta il modello di calcolo con la stratigrafia di riferimento.

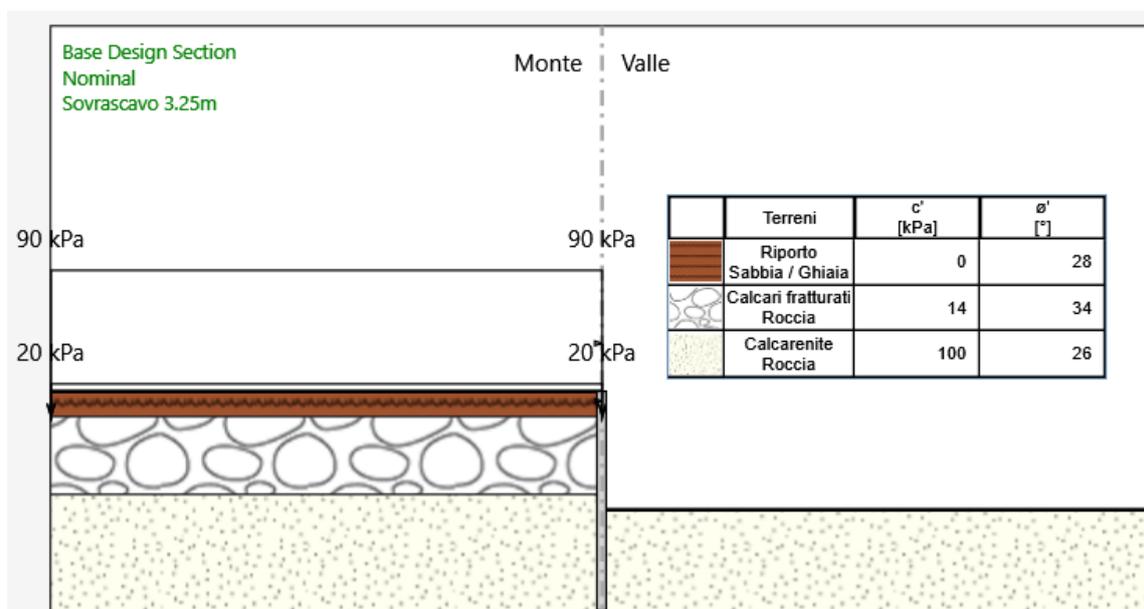


Figura 14-5 Modello di calcolo in condizioni provvisorie

Di seguito si riportano le spinte calcolate dal programma per la combinazione GEO

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
	GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale: Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D10	DOCUMENTO RH OC.00.0.0 003	REV. A

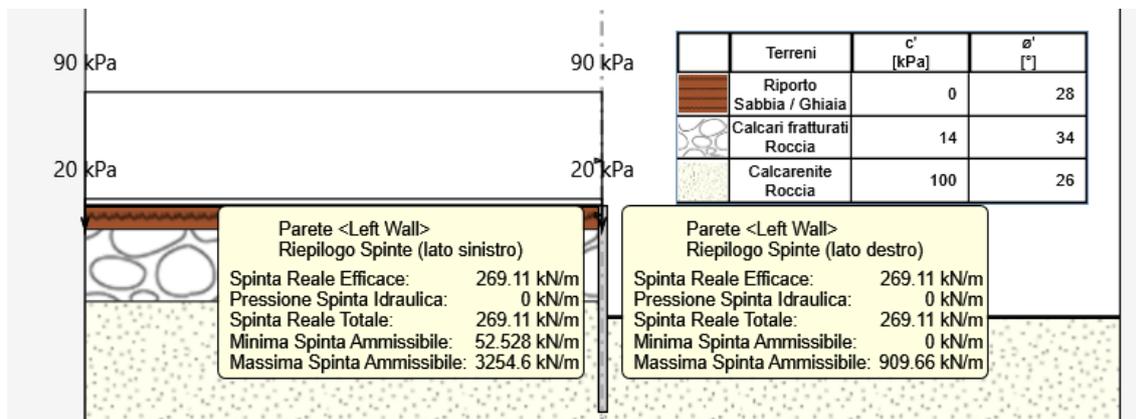


Figura 14-6 Modello di calcolo e spinte in condizioni provvisorie

14.3. Sintesi dei risultati allo SLE

Nella figura seguente si riportano gli spostamenti orizzontali stimati per la paratia in corrispondenza della massima profondità di scavo (incluso il sovrascavo accidentale di 50cm):

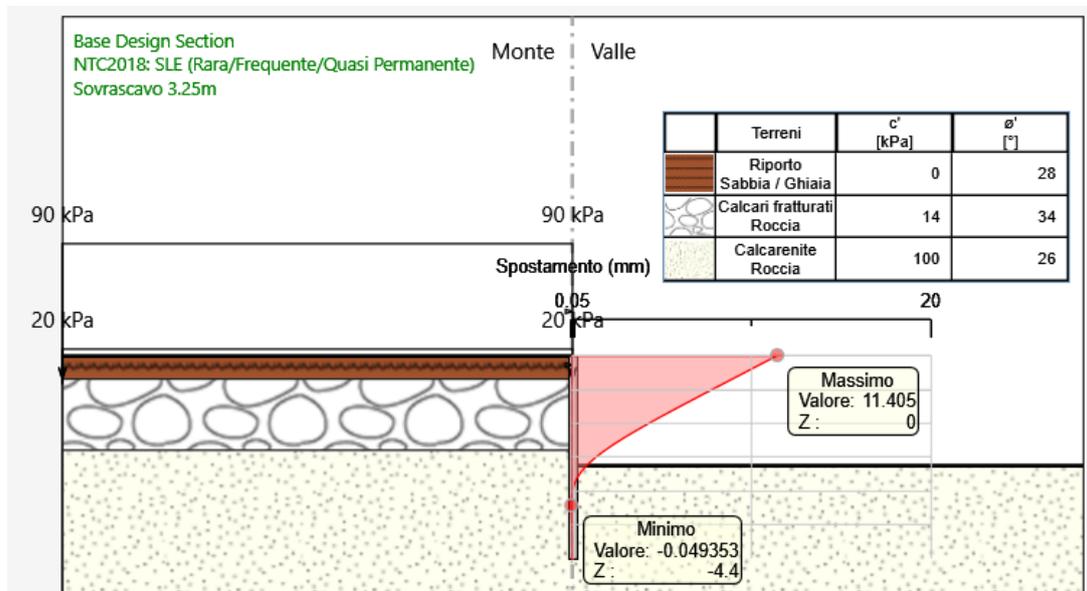


Figura 14-7 Spostamenti SLE

Lo spostamento massimo orizzontale stimato in testa alla paratia risulta pari a 11 mm, compatibile con la funzionalità del cavalcaferrovia.

14.4. Sintesi dei risultati allo SLU

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi dei momenti e i diagrammi del taglio nella fase di calcolo provvisoria, corrispondente alle condizioni A1+M1+R1 (STR) e A2-M2-R1 (GEO).

14.4.1. Sollecitazioni di momento flettente

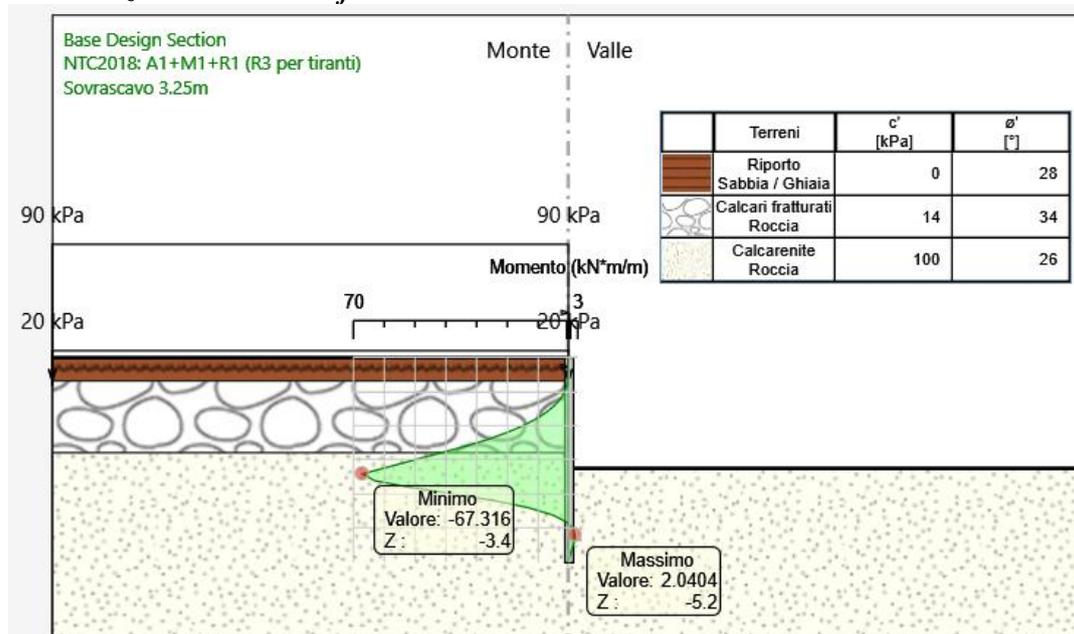


Figura 14-8 Diagramma momenti flettenti (STR)

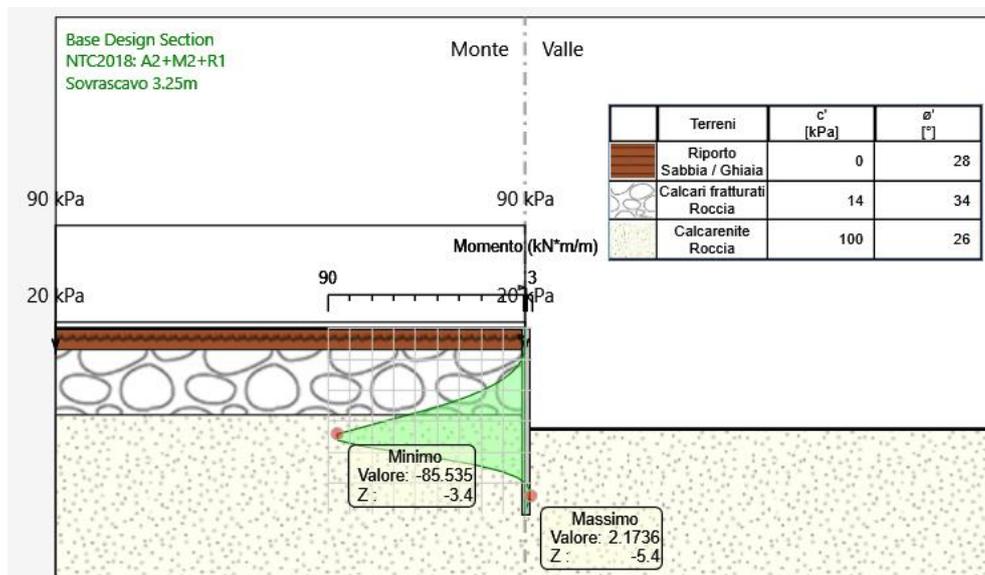


Figura 14-9 Diagramma momenti flettenti (GEO)

14.4.2. Sollecitazioni di taglio

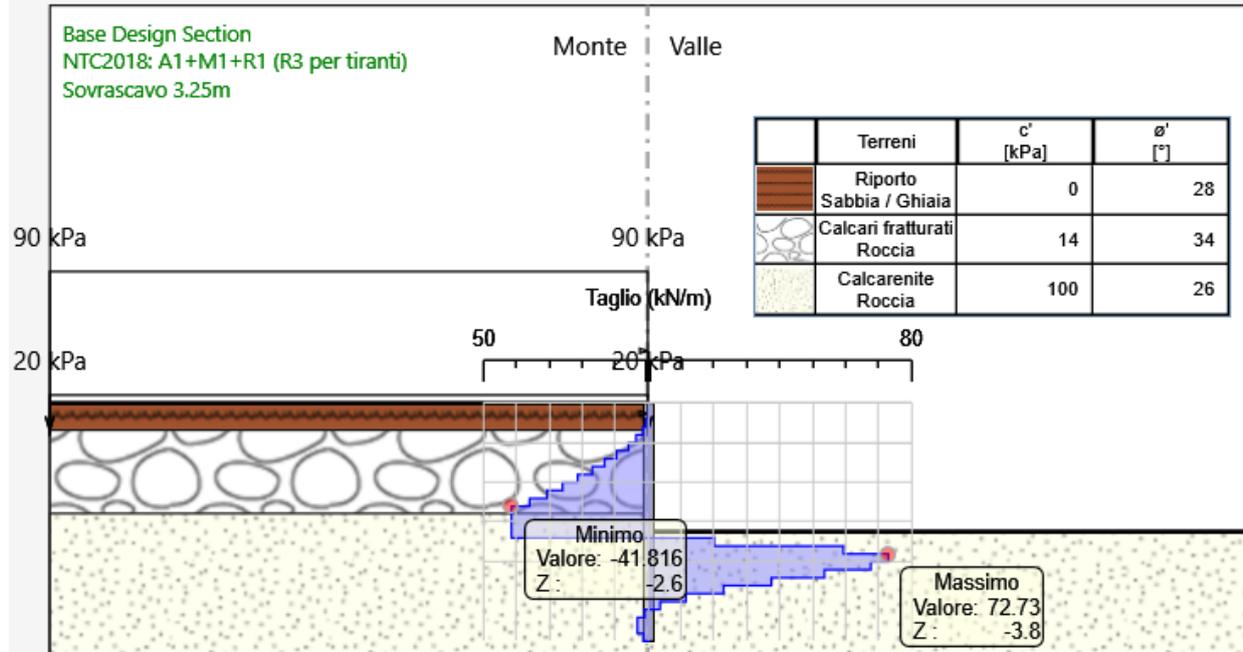


Figura 14-10 Diagramma taglio (STR)

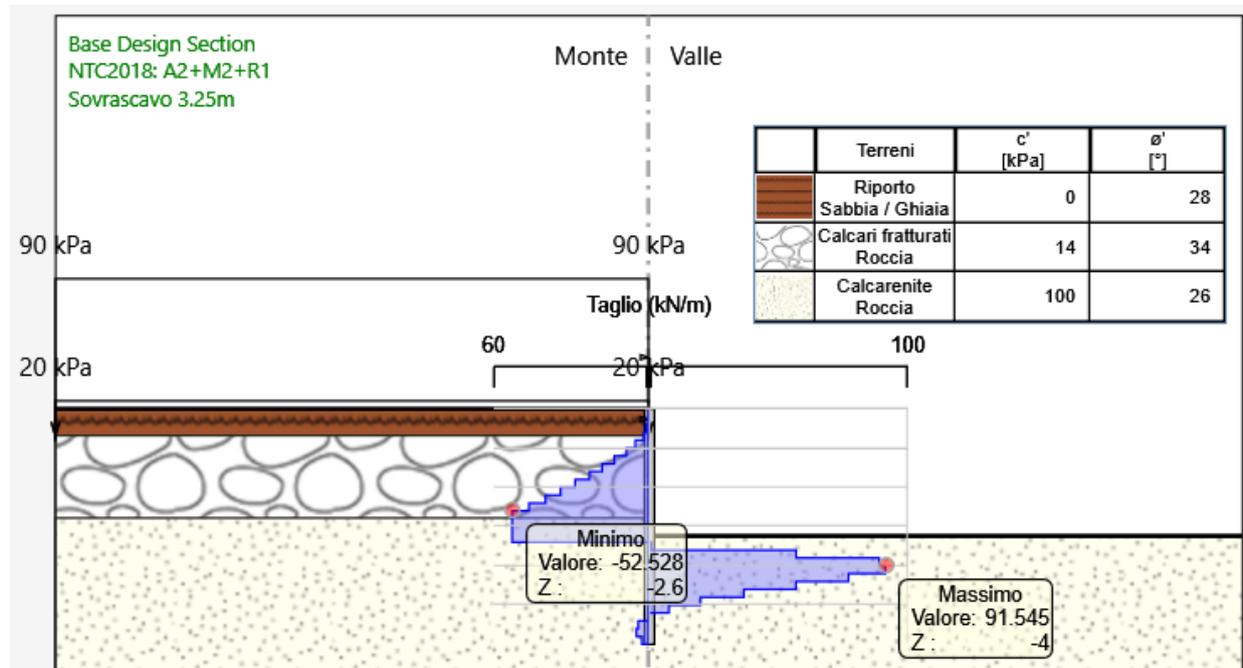


Figura 14-11 Diagramma taglio (GEO)

14.5. Verifiche elemento strutturale

Nelle figure seguenti si riportano i tassi di sfruttamento calcolati dal programma per la condizione A1+M1+R1 e A2-M2-R1. I tassi di sfruttamento risultano sempre inferiori a 1, e pertanto le verifiche delle sezioni risultano soddisfatte.

14.5.1. Tasso di sfruttamento momento

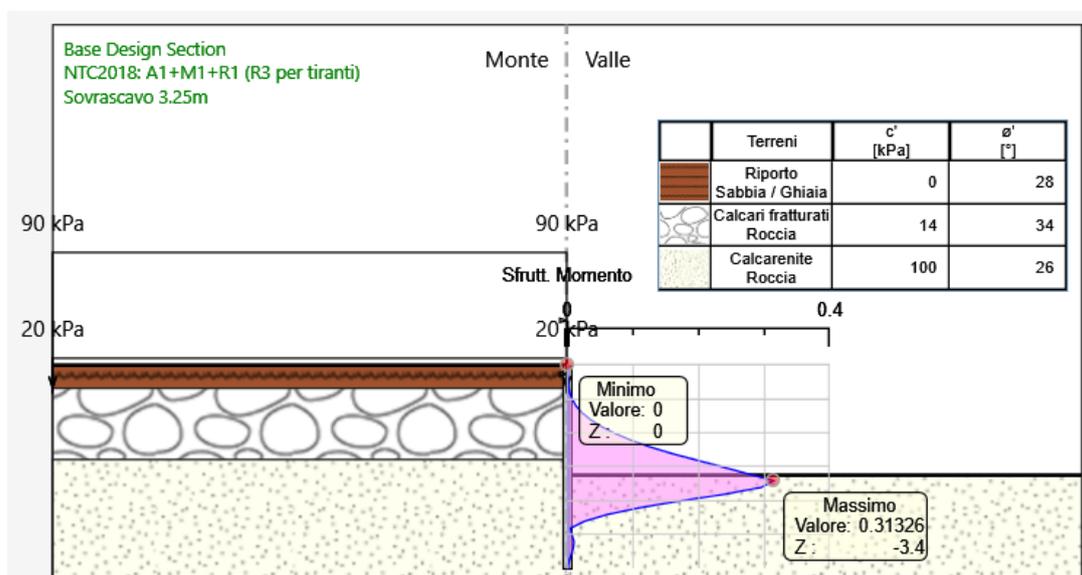


Figura 14-12 Tasso sfruttamento Momento (STR)

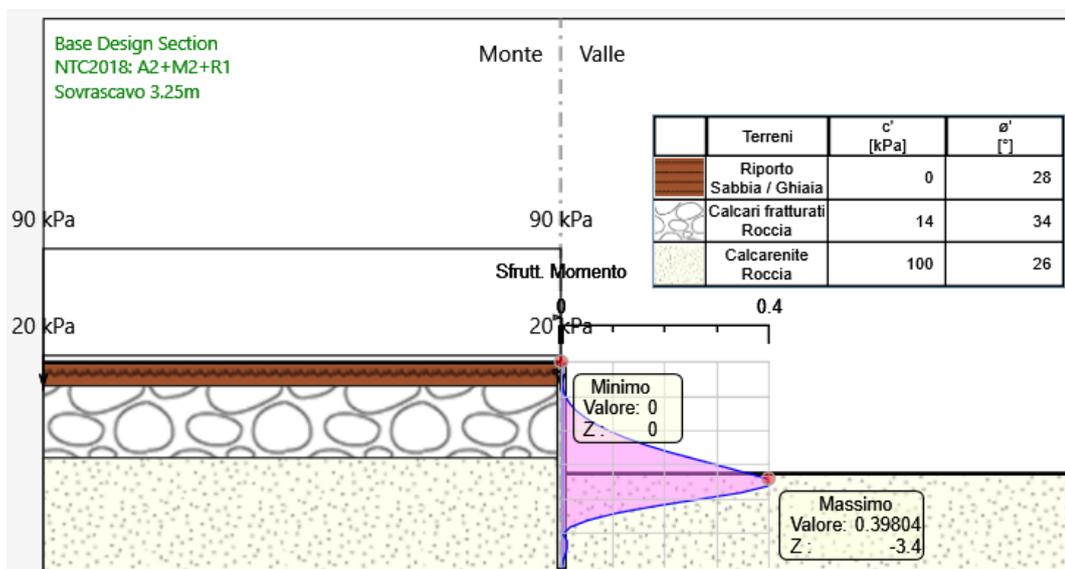


Figura 14-13 Tasso sfruttamento Momento (GEO)

14.5.2. Tasso di sfruttamento taglio

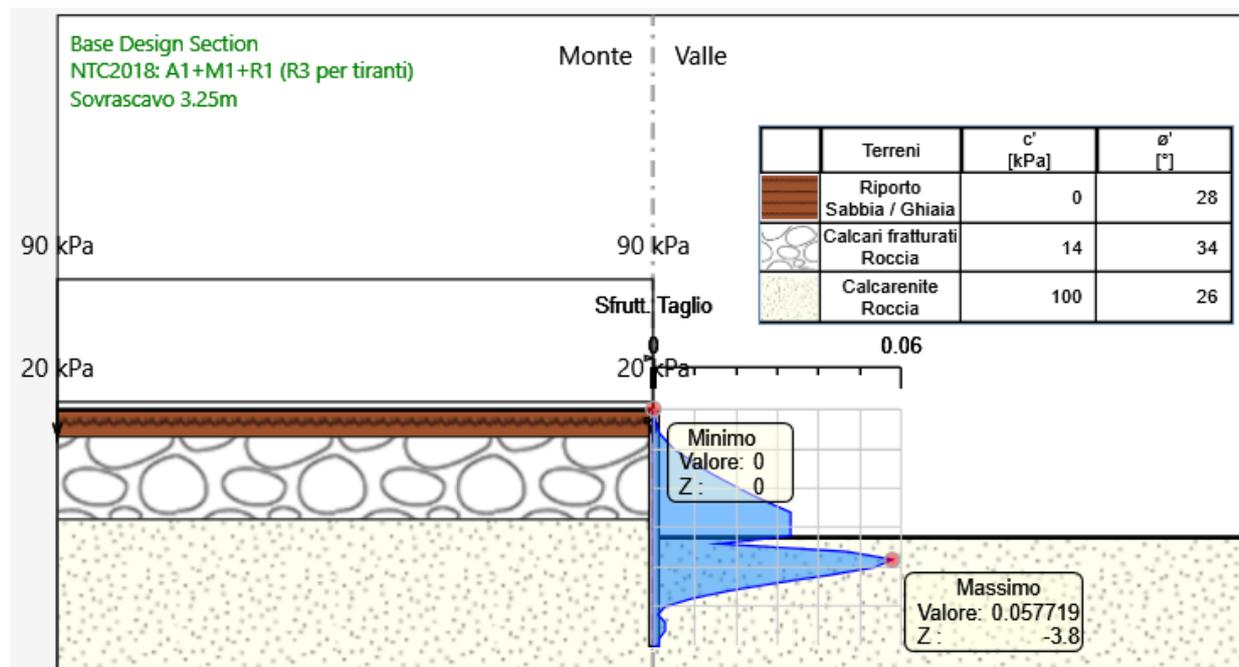


Figura 14-14 Tasso sfruttamento Taglio (STR)

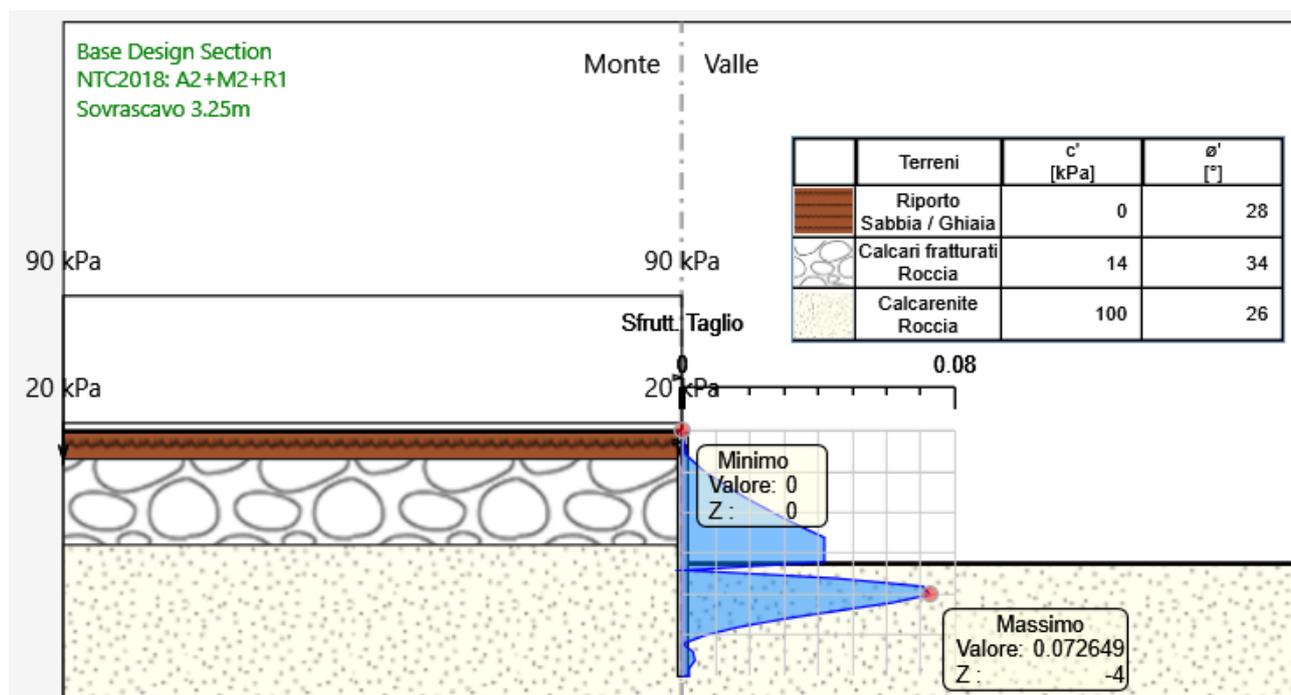


Figura 14-15 Tasso sfruttamento Taglio (GEO)

15. ANALISI DI STABILITA' DELLO SCAVO DEL PIAZZALE

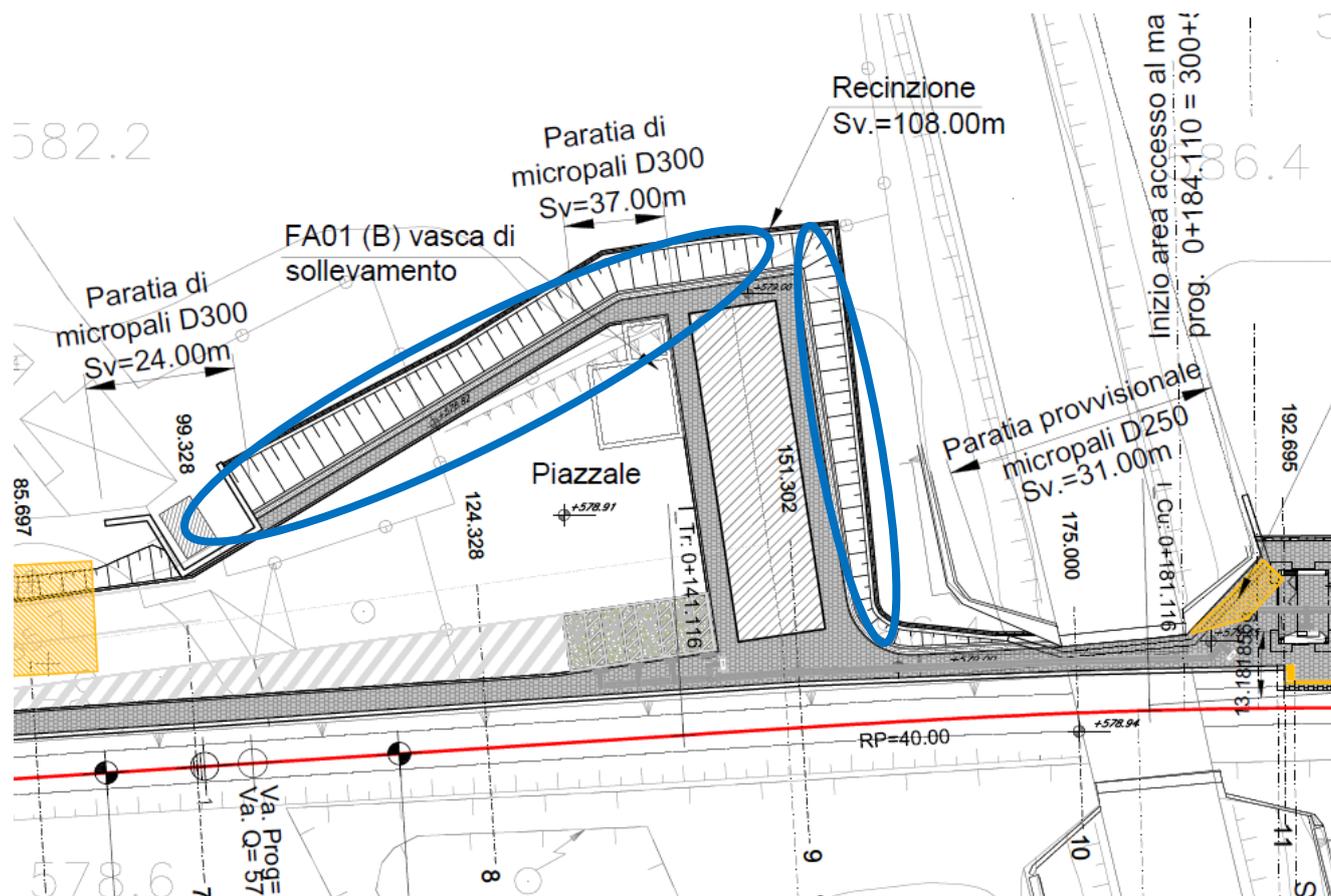


Figura 15-1 Inquadramento dello sbancamento

Lo scavo di sbancamento del piazzale è previsto con pendenza 1H/1V

Lo sbancamento viene verificato come opera definitiva, con altezza massima di scavo in configurazione finale pari a $h=3.5\text{m}$

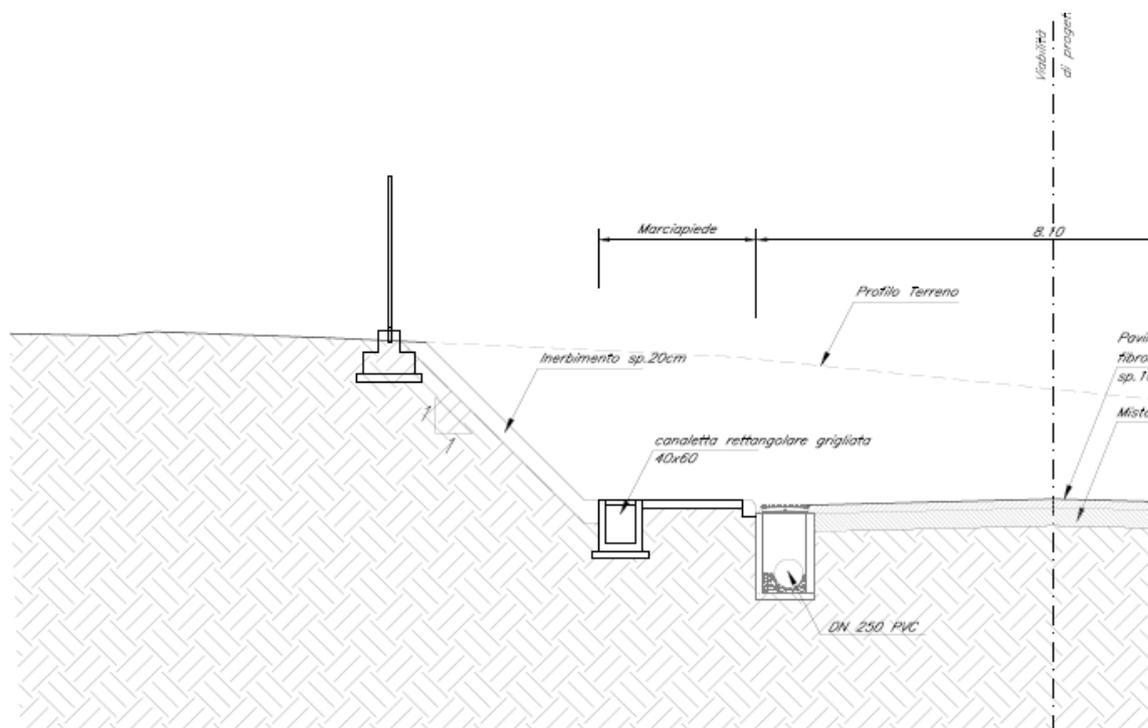


Figura 15-2 Sezione trasversale scavo con esempio di pendenza 1:1

15.1. Modello e stratigrafia

I modelli sono diversi per la configurazione provvisoria e definitiva. Si svolgono dunque 2 analisi:

- Analisi statica nella condizione di sbancamento provvisoria necessario alla realizzazione del pacchetto stradale del piazzale di circa 35cm. In questo caso, l'altezza di scavo per l'analisi è incrementata da 3.5m e posta pari a $h_{prov} = 3.9m$
- Analisi sismica nella configurazione definitiva, con altezza di scavo posta pari a $h_{def} = 3.5m$

Sullo scavo, sia nella configurazione provvisoria che definitiva, grava il sovraccarico accidentale posto pari a 10kPa

La stratigrafia utilizzata, basata sulle evidenze del sondaggio S1 e della MASW, è la seguente

Unità	da	a	γ	ϕ	c'
	m	m	kN/mc	°	kPa
Riporto	0	-0.9	20	28	0
Calc.	-0.9	-2.8	20	34	14

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	92 di 94

Frattur.					
Calc. Int.	-2.8	In poi	20	26	100

15.2. Sintesi dei risultati allo SLU

Nella seguente figura si riporta il modello di calcolo implementato nel software GeoSlope, riportando i risultati nella combinazione statica A2-M2-R2. La verifica risulta soddisfatta essendo $FS = 1.59 > 1.10$

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	93 di 94

Horz Seismic Coef.: 0

Color	Name	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)
	Calc.	20	100	26
	Fratt	20	14	34
	Riporto	20	0	28

Surcharge (Unit Weight): 10 kN/m³

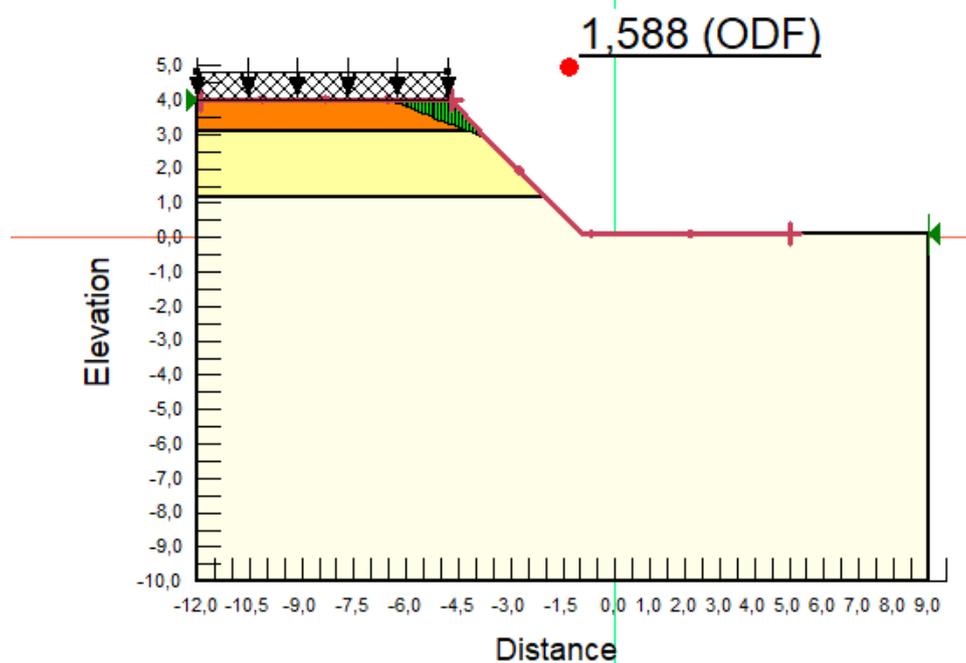


Figura 15-3 Analisi statica

15.3. Sintesi dei risultati allo SLV

Nella seguente figura si riporta il modello di calcolo implementato nel software GeoSlope, riportando i risultati nella combinazione sismica. La verifica risulta soddisfatta essendo $FS = 1.35 > 1.20$

GEOTECNICA - Stazione Cisternazzi/Ospedale:
Relazione di calcolo degli scavi e delle paratie di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D10	RH OC.00.0.0 003	A	94 di 94

Horz Seismic Coef.: 0,124

Color	Name	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)
	Calc.	20	100	26
	Fratt	20	14	34
	Riporto	20	0	28

Surcharge (Unit Weight): 10 kN/m³

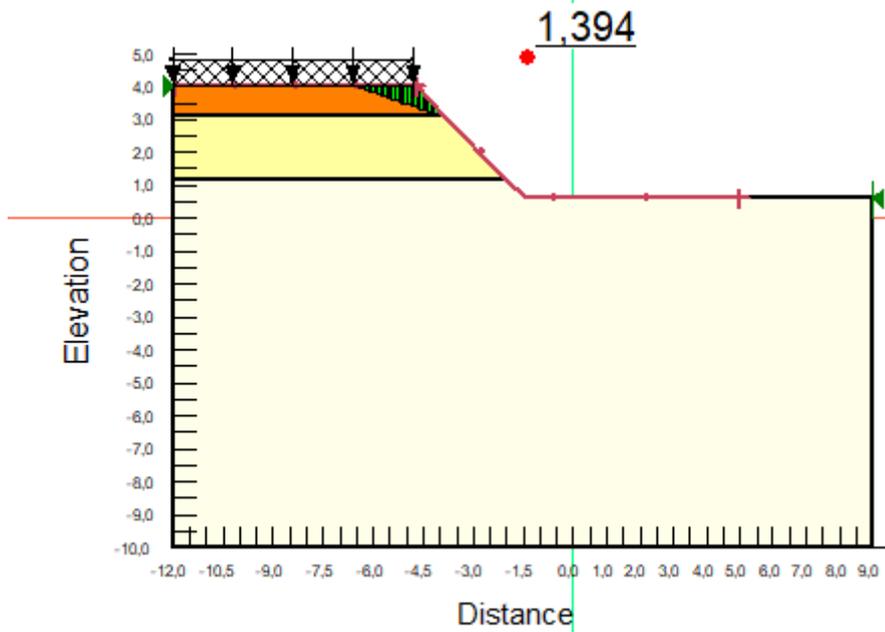


Figura 15-4 Analisi sismica