

COMMITTENTE:



RETE FERROVIARIA ITALIANA S.p.A.
DIREZIONE OPERATIVA INFRASTRUTTURA TERRITORIALE (DOIT)

PROGETTAZIONE:

PROGETTISTA

ETS S.r.l.

Via Benedetto Croce, 68
00142 Roma
email: info@etsingegneria.it

SOGGETTO TECNICO: RFI - DIREZIONE OPERATIVA INFRASTRUTTURA TERRITORIALE DI GENOVA
S.O. INGEGNERIA

PROGETTO ESECUTIVO

Aggiornamento della Progettazione Esecutiva della galleria artificiale di Mele
(compreso il relativo tracciato ferroviario, dal PL fino all'imbocco della galleria del Turchino),
comprensiva degli interventi propedeutici alla realizzazione della galleria artificiale - Linea Genova - Ovada - Acqui Terme

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI CONTENIMENTO

SCALA : --

FOGLIO 1 di 142

PROGETTO/ANNO SOTTOPR. LIVELLO NOME DOC. PROGR.OP. FASE FUNZ. NUMERAZ.

3 5 3 7 2 3 0 0 0 P E T S P N 0 1 0 0 0 5 0 4

Rev.	Descrizione	Progettista	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
0	EMISSIONE	G.Grossi	13/10/2023	R.Giordano	13/10/2023	L.Catalo	13/10/2023	D.Lagostena	13/10/2023
1	EMISSIONE	R.Giordano	29/01/2024	F.Foria	29/01/2024	L.Catalo	29/01/2024	D.Lagostena	29/01/2024
		<i>Riccardo Giordano</i>							

LINEA

L	4	4	1

SEDE TECNICA

L	O	0	2	8	2

INDICE

1	Introduzione	4
2	Normative e documentazione di riferimento.....	6
2.1	Normative.....	6
2.2	Bibliografia	6
2.3	Documenti di progetto di riferimento	7
2.4	Sitografia.....	7
3	Materiali	8
3.1	Ancoraggi.....	8
3.1.1	Barre Dywidag	8
3.1.2	Barre cave autoperforanti	8
3.1.3	Miscela cementizia per iniezioni ancoraggi	8
3.1.4	Acciaio per carpenterie metalliche.....	8
3.2	Consolidamenti delle strutture murarie	8
3.2.1	Iniezioni di miscele leganti	8
3.3	Microdreni	9
4	Inquadramento dell'area di studio	10
4.1	Inquadramento geografico.....	10
4.2	Inquadramento geologico	10
4.3	Assetto geomorfologico.....	16
4.4	Dinamica di versante.....	17
4.5	Quadro del dissesto idrogeologico	22
5	Descrizione dello stato di fatto	24
5.1	Interventi di consolidamento del muro in muratura lato Ovada	25
5.2	Interventi di consolidamento del muro in muratura lato Genova	26
5.3	Interventi di consolidamento del muro crollato.....	28
6	Interventi di progetto	35
6.1	Opere di consolidamento sul tratto di muro crollato.....	35
6.2	Opere di consolidamento sui tratti di muro rimasti in posto.....	38
6.3	Opere di finitura superficiali sulle strutture a vista.....	40
7	Riferimenti normativi	42
7.1	Norme generali.....	42

7.2	Muri di sostegno	43
7.2.1	SLU di tipo geotecnico (GEO)	43
7.2.2	SLU di tipo strutturale (STR).....	44
7.3	Paratie.....	45
7.3.1	SLU di tipo geotecnico (GEO)	45
7.3.2	SLU di tipo strutturale (STR).....	46
7.4	Ancoraggi.....	47
8	Verifiche.....	49
8.1	Verifiche muri di sostegno	49
8.1.1	Verifica a flessione SLU.....	49
8.1.2	Verifica a taglio SLU	50
8.2	Verifiche SLU-SLE sui pali	50
8.2.1	Verifica a flessione SLU.....	50
8.2.2	Verifica a taglio SLU	50
8.2.3	Verifiche SLE sui pali	50
8.3	Verifiche di stabilità globali	51
8.4	Verifiche SLU sulle barre di ancoraggio.....	51
8.4.1	Verifica a sfilamento dell'ancoraggio (GEO).....	51
8.4.2	Verifica della resistenza strutturale dell'ancoraggio (STR).....	52
8.5	Verifica delle travi di ripartizione dei tiranti.....	53
9	Modello geotecnico e strutturale	55
9.1	Proprietà meccaniche della muratura	56
10	Analisi di calcolo muro consolidato lato Galleria Turchino	59
10.1	Analisi con IS Muri.....	59
10.2	Modelli di calcolo	60
10.2.1	Risultati di calcolo e verifiche.....	61
10.2.2	Azioni e sollecitazioni di calcolo.....	61
10.2.3	Verifiche	62
10.2.4	Verifica travi di ripartizione HEB200	64
11	Analisi di calcolo opera di consolidamento muro crollato.....	65
11.1	Verifica opera di consolidamento muro crollato	65
11.1.1	Analisi dei carichi	65
11.1.2	Combinazioni dei carichi.....	65

11.1.3	Descrizione dello schema di calcolo e fasi	66
11.1.4	Risultati ottenuti	70
11.1.5	Verifica tiranti	76
11.1.6	Verifica travi di ripartizione HEB180	76
12	Allegati di calcolo	78
12.1	Allegato di calcolo IS Muri	78
12.2	Allegato di calcolo Paratie Plus	20

1 Introduzione

La seguente relazione rientra nell'ambito della Progettazione Esecutiva con oggetto *“Aggiornamento della Progettazione esecutiva della galleria artificiale di Mele (compreso il relativo tracciato ferroviario, dal PL fino all'imbocco della galleria del Turchino), comprensiva degli interventi propedeutici alla realizzazione della galleria artificiale - Linea Genova – Ovada – Acqui Terme”*.

Nello specifico tale relazione è inerente al progetto di realizzazione della Galleria artificiale, delle relative opere strutturali ed idrauliche, delle opere di consolidamento delle opere di contenimento preesistenti e delle opere inerenti alla sistemazione definitiva del versante, in località Mele (Genova).

L'area di intervento è ubicata nel Comune di Mele, provincia della città metropolitana di Genova in Liguria. Nel punto mediano del sito, le coordinate geografiche (sistema di riferimento WGS 84) sono le seguenti: *Latitudine 44°28'25.00"N e 8°43'59.93"E*. Di seguito uno stralcio della cartografia Google Earth con indicata la zona oggetto di studio.



Figura 1 – Ubicazione del sito di intervento.

Nel presente elaborato, oltre l'inquadramento dell'area di intervento, la descrizione dello stato attuale del sito e degli interventi, si riportano il dimensionamento e le verifiche delle opere di contenimento previste nel progetto.

2 Normative e documentazione di riferimento

2.1 Normative

- Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici n. 47 del 11 marzo 1988 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
- UNI ENV 1997-1 Eurocodice 7: "Progettazione geotecnica" Parte 1;
- UNI 10006-2002 Costruzione e manutenzione delle strade – Tecniche di impiego delle terre;
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" pubblicate sulla G.U. n. 8 del 20/02/2018
- Circolare esplicativa CSLLPP del 21/01/2019: "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle 'Norme tecniche per le costruzioni'" di cui al D.M. 17/01/18

2.2 Bibliografia

- ALLASINAZ A., GELATI R., GNACCOLINI M., MARTINIS B., OROMBELLI G., PASQUARÈ G. & ROSSI P. M. (1971) – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio n. 82 "Genova" – Roma, Nuova Tecnica Grafica
- AA. VV. (1971) – Foglio n. 82 "Genova" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – Servizio Geologico d'Italia
- AA.VV., coord. Vanossi M. (1994) – Guide geologiche regionali. Alpi Liguri. – Società Geologica Italiana 293 pp
- CAPPONI G., GOSSO G., SCAMBELLURI M., SILETTO G. B., TALLONE S. (1994) - Carta geologico-strutturale del settore centro-meridionale del Gruppo di Voltri (Alpi Liguri) e note illustrative. - Bollettino Società Geologica Italiana, 113, 2, 383 - 394
- CASALE L., GIUFFRÈ A., TRAVERSO M., LOMBARDI M. (2002) - Provincia di Genova. Ambiti regionali di bacino 12 e 13. Piani di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico. Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio. Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
- CHIESA S., CORTESOGNO L., FORCELLA F., GALLI M., MESSIGA B., PASQUARÈ G. & PEDEMONTE G. M. (1975) – Assetto strutturale e interpretazione del Gruppo di Voltri. – Boll. Soc. Geol. It., 94, 555-581
- PROVINCIA DI GENOVA (2013) – Piano di Bacino. Ambiti 12 e 13. Piani stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico di cui all'art. 1 del D.L. 11/06/1998 n. 180 convertito in Legge 03/08/1998 n. 267 e s.m.i..
- REGIONE LIGURIA & AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE (2023) - Piani di bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico (ai sensi dell'art. 1, comma1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998). Ambiti regionali di bacino 12 e 13
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1971) – Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio n. 82 Genova. II Edizione, Roma
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2007) – Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 213 Genova. Progetto CARG, Firenze

2.3 Documenti di progetto di riferimento

- Progetto esecutivo 2003 “Lavori urgenti, atti a mettere in sicurezza zone del muro di controripa al km 22+530 della linea Genova-Ovada in Stazione di Mele, danneggiato da cause di forza maggiore nonché interventi vari di distemazione del versante sovrastante il muro resto” – Rete Ferroviaria Italiana

2.4 Sitografia

- <http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/GE/ambiti12e13/ambiti12e13.html>
- <http://srvcarto.regione.liguria.it/geoviewer2/pages/apps/geoportale/index.html>
- https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/213_GENOVA/Foglio.html
- <http://www.pcn.minambiente.it>

3 Materiali

3.1 Ancoraggi

3.1.1 Barre Dywidag

Acciaio per tiranti in barre Dywidag

Barre di diametro minimo 40 mm	
Tensione di snerv./rottura	950/1050 MPa
Carico di snervamento	1190 kN
Carico ultimo	1320 kN

3.1.2 Barre cave autop perforanti

Diametro nominale	76 mm
Diametro interno medio	56 mm
Forza di snervamento minima	1240 kN
Forza di rottura minima	1500

3.1.3 Miscela cementizia per iniezioni ancoraggi

Secondo N.T.A. – soggetto ad approvazione della D.L.	
Classe di resistenza minima	C25/30
Classe di esposizione	XC2
Eventuali additive secondo N.T.A.	

3.1.4 Acciaio per carpenterie metalliche

Tensione caratteristica di snervamento	355 MPa
Tensione caratteristica di rottura	510 MPa

3.2 Consolidamenti delle strutture murarie

3.2.1 Iniezioni di miscele leganti

Il consolidamento strutturale avviene mediante iniezioni di resine organo-minerale bicomponente tipo *Silicajet* o equivalente.

Caratteristiche della resina

Massa volumica	1.45 ± 0.05 g/cm ³ a +25°C (componente A)
	1.18 ± 0.05 g/cm ³ a +25°C (componente B)
Rapporto di miscelazione	1:1 (in volume)
Resistenza a compressione	≥ 50 MPa

3.3 Microdreni

I dreni previsti sono tubi microfessurati in PVC ad alta resistenza rivestiti in geosintetico del peso 500 gr/m².

Caratteristiche dei dreni

Diametro minimo del tubo	1.5".
D _{perf}	≥ 150 mm

4 Inquadramento dell'area di studio

4.1 Inquadramento geografico

L'area di intervento è ubicata nel Comune di Mele, provincia della città metropolitana di Genova in Liguria. Nel punto mediano del sito, le coordinate geografiche (sistema di riferimento WGS 84) sono le seguenti: *Latitudine* 44°28'25.00"N e *8°43'59.93"E*. Di seguito uno stralcio della cartografia Google Earth con indicata la zona oggetto di studio.



Figura 2 – Ubicazione del sito di intervento.

4.2 Inquadramento geologico

Per il settore oggetto di studio la cartografia storica di riferimento è rappresentata dal Foglio n. 82 “Genova” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000, dalla quale si evince che il substrato roccioso pre-quadernario è rappresentato da rocce metamorfiche, di età mesozoica, riferibili al Complesso Ofiolitico del Gruppo di Voltri.

Il Gruppo di Voltri è un sistema composito di falde metamorfiche, situato in posizione interna rispetto all'arco alpino occidentale. In esso prevalgono litologie provenienti da diversi ambienti litosferici: mantello continentale, ofioliti mesozoiche e coperture sedimentarie. Le relazioni originarie tra le diverse litologie sono generalmente cancellate e trasposte a causa dell'intensa tettonica alpina.

Nell'area in esame le litologie prevalenti sono riferibili a frammenti di crosta oceanica (Unità Ofiolitiche: Unità M.te Beigua - Carta Geologica d'Italia, Foglio n° 82) ed a metasedimenti di fossa (Unità dei Calcescisti del Turchino - Carta Geologica d'Italia, Foglio n° 82).

Il Gruppo di Voltri comprende numerose unità tettoniche che, in prima approssimazione, si possono ricondurre a una originaria serie stratigrafica ascrivibile al Dominio Piemontese - Ligure che, procedendo dal basso verso l'alto, comprende: serpentinoscisti con lenti di eclogiti (meta-Fe-gabbri) e di gabbri eclogitici (Mg-gabbri), oficalciti (brecce di serpentiniti a cemento carbonatico), una successione di basalti prasinitizzati (metabasiti), quarzoscisti manganesiferi, marmi e calcescisti.

Calcescisti del Turchino

Sotto tale denominazione sono compresi le principali associazioni litologiche:

- Calcescisti a muscovite e paragonite; calcemicascisti a muscovite, paragonite \pm fengite e clorite; argilloscisti seritici; filladi calcarifere a clorite e sericite \pm grafite; micascisti e quarzomicascisti a clorite \pm sericite, marmi micacei; calcescisti, calcemicascisti e micascisti albitici. Il contatto tra calcescisti l.s. e rocce basiche e/o ultrabasiche è talora sottolineato da livelli a epidoto, clorite e anfiboli;
- Quarzoscisti;
- Prasiniti, prasiniti ovarditiche ed epidotiche, prasiniti ad attinoto \pm glaucofane, prasiniti a fuchsite, prasiniti granatifere e a biotite (Membro delle prasiniti di Campo Ligure).

Ofioliti di Monte Beigua

Nell'area di studio sono rappresentate essenzialmente da rocce ultrabasiche e basiche:

- Serpentiniti da massive a foliate, serpentiniti anfiboliche, serpentinoscisti, talcoscisti e scisti amiantiferi, filoni rodingitici e oficalciti;
- Scisti actinolitici e scisti cloritici-actinolitici, talora a epidoto, costituenti prodotti di laminazione tettonica localizzati entro i calcescisti e soprattutto in corrispondenza ai contatti tra questi ultimi e le masse ofiolitiche;
- Mg-gabbri a tessitura da occhiadina a listata, talora con relitti eclogitici.

Inoltre, a Est di Bric Aresci, vi sono importanti masse di quarziti massicce e/o listate riferibili dal punto di vista litostratigrafico al Dominio Pre-piemontese e/o Piemontese s.s. sensu Vanossi et alii – 1984 (in Capponi et alii, 1994).

Più recentemente è stato pubblicato il Foglio n. 213 Genova della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Servizio Geologico d'Italia, 2007) nel quale sono state modificate le denominazioni delle varie Formazioni indicate nella cartografia e nella Letteratura precedente.

È infine disponibile la Carta geolitologica del Piano di bacino (Regione Liguria & Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, 2023).

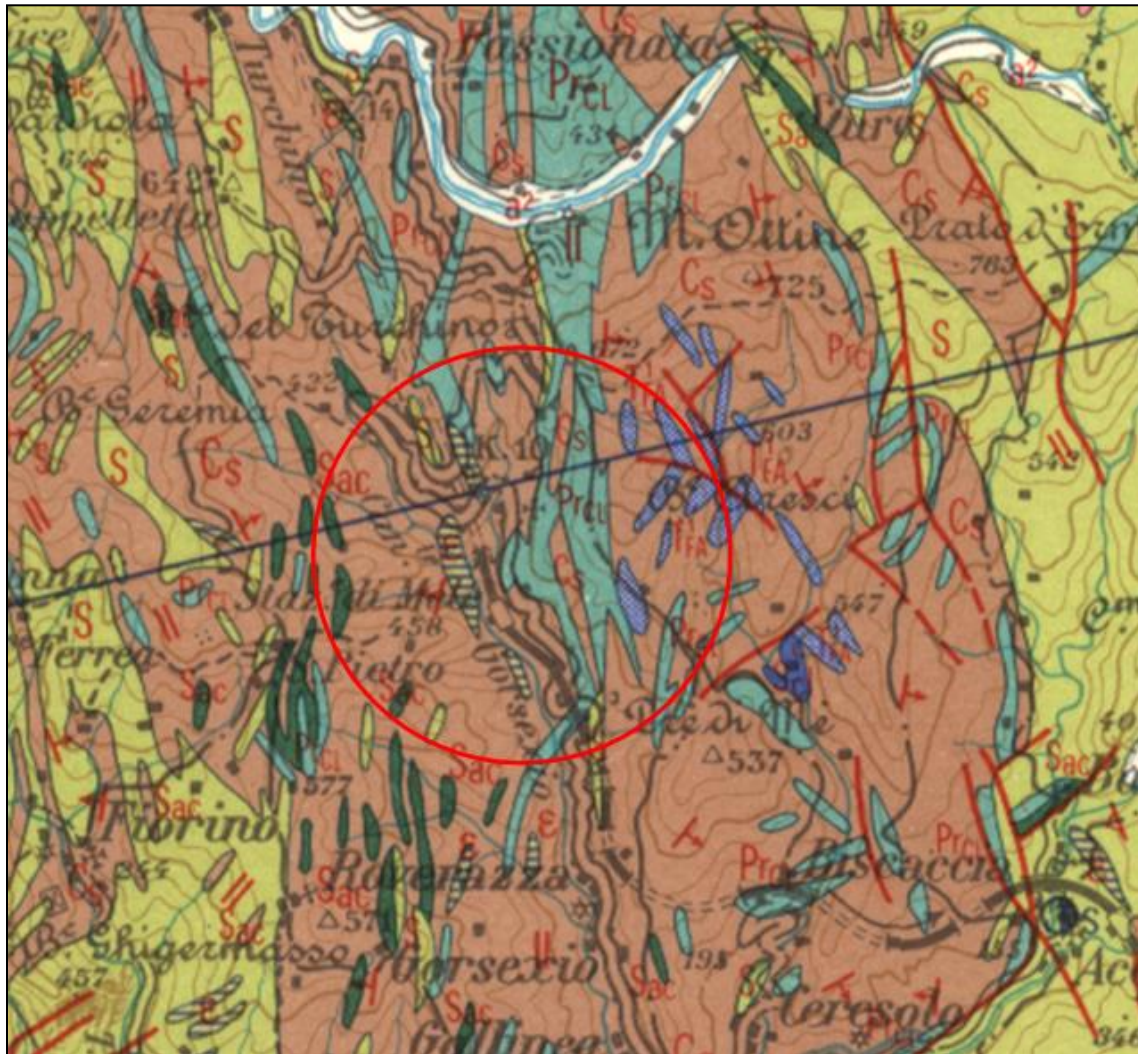
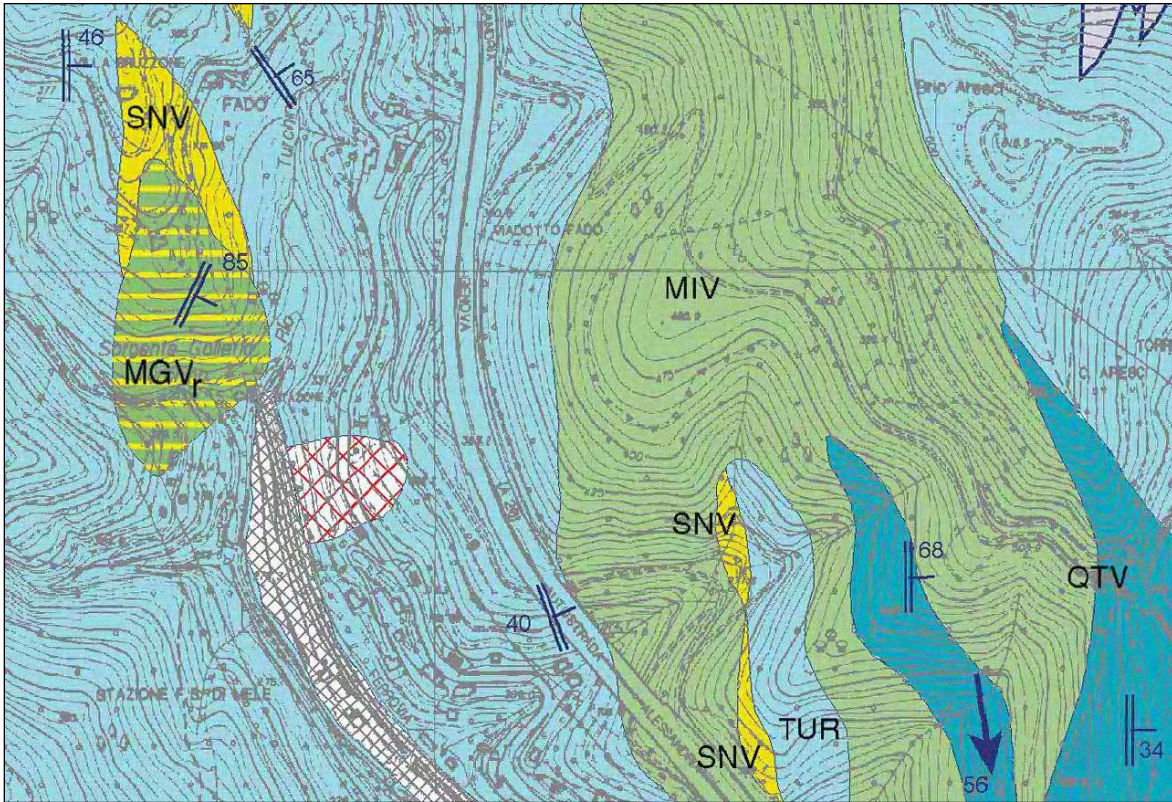


Figura 3 – Stralcio dal Foglio n. 82 “Genova” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000. Legenda: Cs) Calcescisti del Turchino; PrCL) Membro delle Prasiniti di Campo Ligure; S) Ofioliti di M. Beigua (Membro delle serpentine di Capanne Marcarolo); Sac) Scisti actinolitici e cloritico-actinolitici; ε) Metagabbri; T¹ FA) Quarziti di Fosso Angassino.



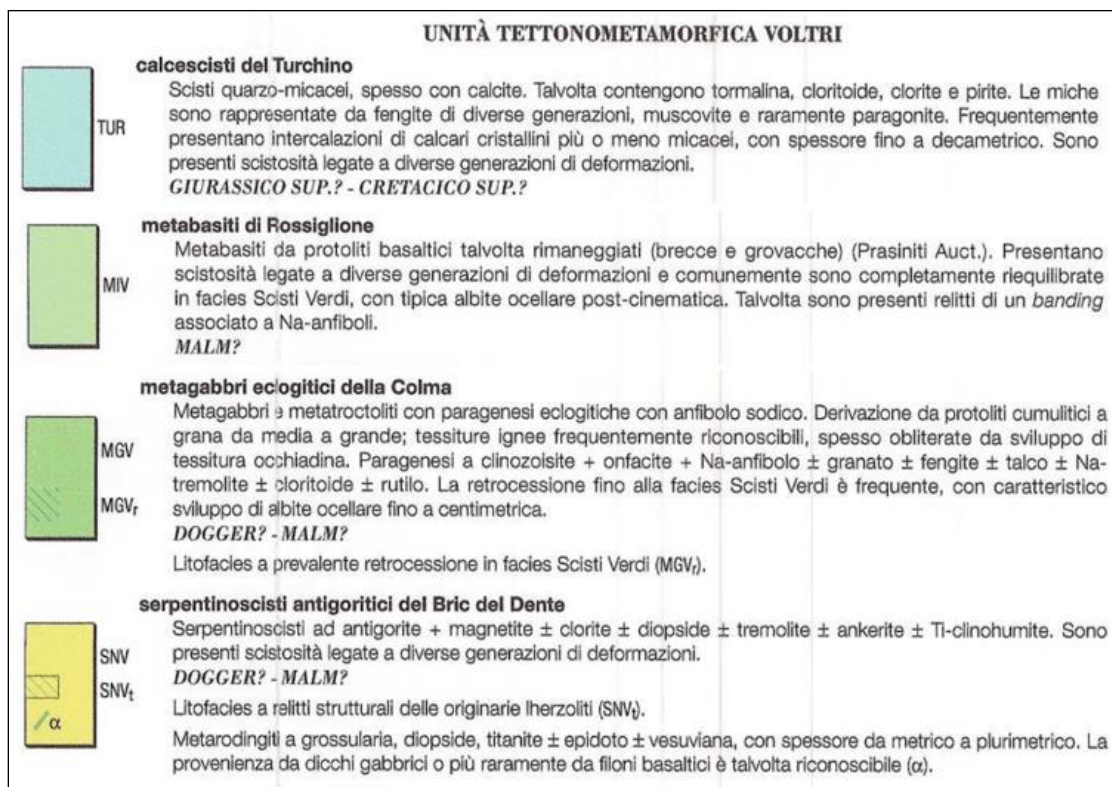


Figura 4 – Stralci dal Foglio n. 213 “Genova” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000.

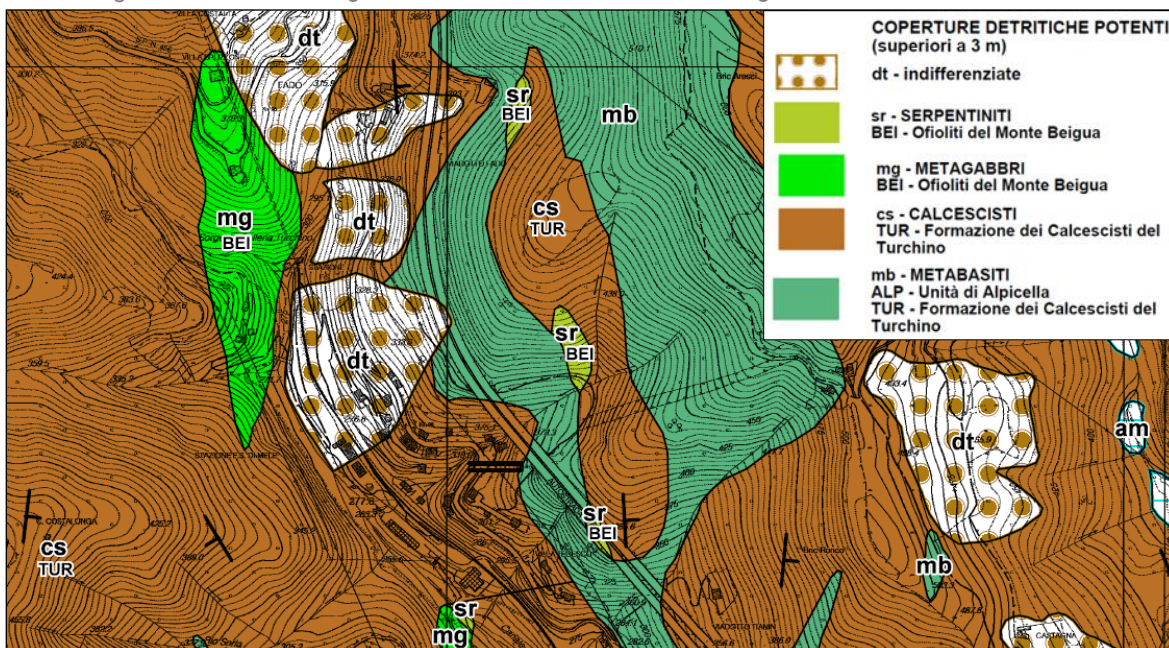


Figura 5 – Stralci dalla Tavola 213090 Carta geolitologica del Piano di bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico - Ambiti 12 e 13 (Regione Liguria & Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, 2023).

STADI METAMORFICI (definiti per rocce a chimismo basico)				
	Eclogitico	Glaucofanico	Anfibolitico ad albite	Scisti Verdi
Micascisti	ph1+pg+grt+rt+Fe-Tiox	cld+ph2+ab+ttn		ms+bt+chl+ab+ttn+ox
Calcescisti	ph1+ pg+grt+zo+chl+ox	cld+ph2+ab+ttn		ms+bt+chl+ab+ttn+ox
Quarziti e Quarzoscisti	ph1+pg+Mn-ep+Mn-grt+ox±rt	cld+ph2+ab±ttn		ms+bt+chl+ab+ox±ttn
Metabasiti indifferenz.	come basalti e Fe-gabbri			
Basalti	Na-cpx+grt+rt±Fe-Tiox±Na-anf	Na-anf±grt±ep±ttn	bar+ab+ep+ttn±chl	act+ab+ep+chl+ttn+Fe-ox
Fe-gabbri	Na-cpx+grt1+rt±Fe-ox±Na-anf	Na-anf±grt±ep±ttn	bar+ab+ep+ttn±chl	act+ab+ep+chl+ttn+Fe-ox
Mg-gabbri	Na-cpx+grt+zo+tc±Na-anf±pg	Na-anf	bar+ab+ep	tr+ab+ep+chl
Ultramafiti	ol+atg+di+Ti-chu±chl		atg+brc+chl±tr±ctl	

LITOTIPI

Abbreviazioni dei minerali tratte da KRETZ (1983). ab = albite; act = attinolite; anf = anfibolo; atg = antigorite; bar = barrosite; brc = brucite; bt = biotite; chl = clorite; cld = cloritoide; cpx = clinopirosseno; ctl = crisotilo; di = diopside; ep = epidoto; grt = granato; ms = muscovite; ol = olivina; ox = ossidi; pg = paragonite; ph = fengite; rt = rutile; tc = talco; Ti-chu = titanclinohumite; ttn = titanite; tr = tremolite; zo = zoisite.

Figura 6 – Paragenesi metamorfiche nei litotipi del Gruppo di Voltri, figura tratta da Capponi et alii (1994).

4.3 Assetto geomorfologico

L'area oggetto del presente studio è localizzata nel bacino del T. Leiro, immediatamente a valle della confluenza del Rio Turchino nel Rio Gorsexio.

Il versante si presenta come una dorsale allungata in direzione NW-SE, interrotta localmente da selle in contropendenza, interpretabili come tracce di direttrici di un reticolato idrografico pregresso.

Un lembo di superficie pianeggiante modellato in roccia, di probabile origine fluviale, si osserva a valle di Bric Aresci a circa 490 m di altezza.

Il versante compreso tra Bric Aresci (616 m s.l.m.m.) e il fondovalle (quota media 275 m s.l.m.m., nei pressi della Stazione ferroviaria di Mele) si può suddividere in tre differenti settori:

- Il tratto superiore è caratterizzato un profilo concavo, con un'acclività media di circa 25° e tratti inclinati anche di 35°, interrotta da un ripiano compreso tra le quote 485 m e 500 m circa. Sul versante Sud-orientale di Bric Aresci, a si osserva una scarpata in contropendenza orientata N40W, avente le seguenti dimensioni: lunghezza = 30 m, larghezza = 20-25 m, profondità = 5-6 m;

- Il tratto mediano (a monte della A 26) mostra un profilo rettilineo ed un'inclinazione anch'esso di circa 25°;
- Il tratto inferiore (a valle della A 26) mostra una morfologia maggiormente complessa, caratterizzata dalla presenza di ondulazioni longitudinali e trasversali della superficie topografica nonché da un generalizzato rigonfiamento intuibile sulle basi cartografiche pubblicate precedentemente all'attivazione del fenomeno franoso. In corrispondenza al corpo di frana l'acclività può raggiungere i 35°-40°. In quest'ultimo settore si osservano fessure e scarpate aventi direzione parallela alle curve di livello, con altezza variabile compresa tra 1 m e 3-4 m, distribuite essenzialmente tra le quote 320 m e 300 m s.l.m.m..

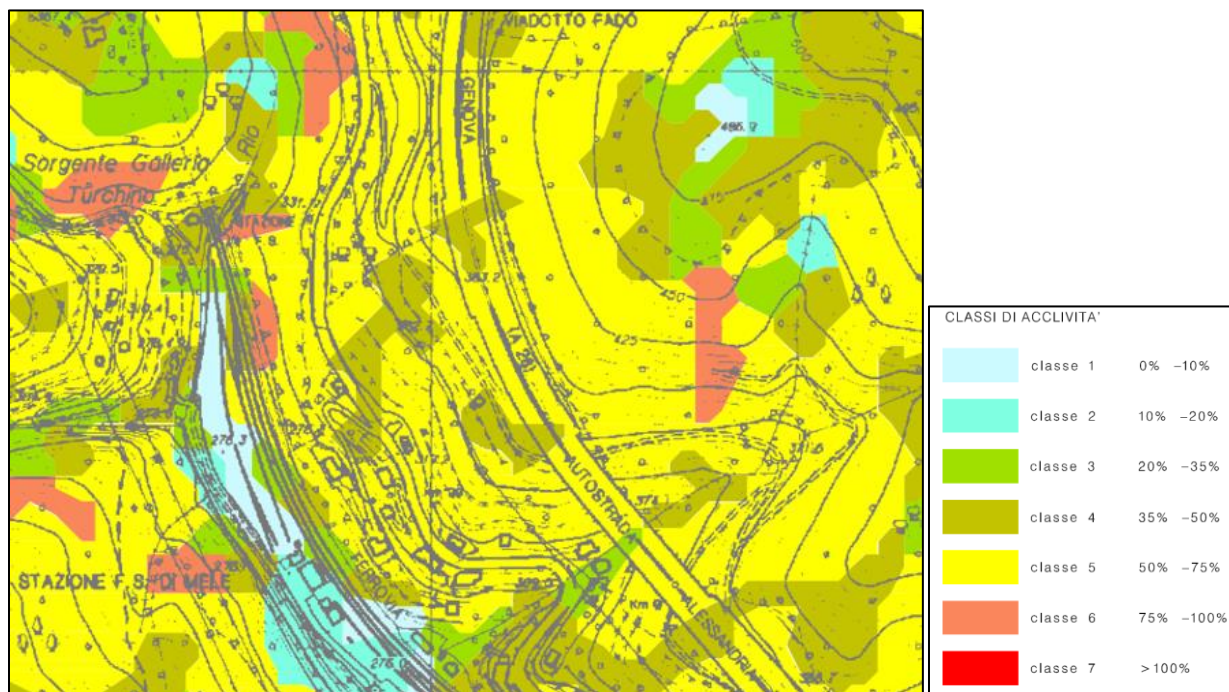


Figura 7 – Stralci dalla Carta dell'acclività (Provincia di Genova, 2013).

4.4 Dinamica di versante

In seguito alle eccezionali precipitazioni del mese di Novembre 2000 infatti, si attivò un esteso movimento franoso interessante il settore di versante a monte della Stazione FS nel Comune di Mele in sponda orografica sinistra del rio Turchino. Il movimento franoso si estese da poco a monte della S.S. 456 "del Turchino" alla linea ferroviaria e compromise notevolmente sia la viabilità stradale lungo la statale suddetta sia il movimento ferroviario lungo la linea Genova – Ovada. Gli interventi di sistemazione parziale del versante sono stati oggetto di progettazione esecutiva datata 2003.

Nel primo caso sono stati eseguiti dei lavori da parte dell'ANAS per ripristinare il tracciato stradale a mezzo di un viadotto con fondazioni profonde. Nel secondo caso, invece, è stata necessaria l'interruzione di entrambi i binari di esercizio, è stato realizzato un nuovo tracciato tramite il collegamento in galleria con il vecchio binario dispari, è stata costruita una scogliera di protezione in modo da contenere la frana ed infine è stata realizzata un'opera di consolidamento del versante (in *Figura 8* presenti già la viabilità alternativa e la scogliera di protezione). L'intervento

di consolidamento del versante che, ad oggi, risulta ultimato, consiste in diverse tipologie di opere e, in particolare, la consolidazione dei muri rimasti illesi dopo il movimento franoso, a mezzo di cordoli in testa con micropali e tiranti con l'utilizzo di un graticcio di travi in acciaio, ed un'opera d'arte più imponente con lo scopo di contenimento del versante lungo lo sviluppo del tratto di muro crollato.



Figura 8 – Foto frontale della frana avvenuta nel Novembre 2000.



Figura 9 – Foto frontale della sistemazione provvisoria del versante ad ultimazione lavori.

L'analisi morfologica e l'interpretazione fotogrammetrica dell'area in esame hanno permesso di individuare in modo evidente un diffuso stato di dissesto lungo l'intero versante, a partire dalla linea ferroviaria sino ad oltre il sovrastante tracciato autostradale. In tale contesto il fenomeno innescatosi nel Novembre 2000 rappresenta una locale riattivazione di una porzione di un più vasto dissesto, del quale sono individuabili i limiti morfologici e le opere di consolidamento realizzate.

Entro l'accumulo dalla frana antica, la tendenza a locali riattivazioni è confermata dal dissesto manifestatosi nel 1986 nel settore di versante a Nord dell'attuale movimento, già interessato da interventi di consolidamento e bonifica e compreso tra la strada statale e l'autostrada.

È inoltre da rilevare la presenza di un settore a minore acclività in corrispondenza dell'imposta della spalla del viadotto Fado, evidenziato dall'analisi delle foto aeree precedenti alla realizzazione dell'autostrada e probabilmente attribuibile alla porzione sommitale dell'accumulo dell'antico fenomeno.

Lo studio delle giaciture degli affioramenti individuati lungo lo sviluppo dell'areale considerato conferma sostanzialmente la delimitazione individuata dall'analisi fotogrammetrica e morfologica. Per un vasto settore del versante in esame risulta infatti evidente una ragionevole congruenza nell'assetto della scistosità, sostanzialmente a reggipoggio, con direzione ed inclinazione rispettivamente variabili tra 70 - 100° e tra 60 - 70°; tale assetto non è confermato entro il settore morfologicamente attribuito al pregresso fenomeno gravitativo, ove la scistosità presenta giaciture casuali.

La porzione di frana riattivata ha individuato un evidente settore di coronamento, poco a monte della sede stradale, che è proseguito lungo la sede stessa e successivamente sino alla parte mediana del versante, definendo i margini laterali del fenomeno. Le dislocazioni manifestatesi in seguito all'evento sono plurimetriche in senso verticale e pluridecametriche in senso orizzontale, che ha condotto alla totale compromissione delle opere di sottoscarpa esistenti. Il fenomeno gravitativo ha manifestato una larghezza sommitale di circa 50 m, a circa 100 m nella porzione terminale; lo sviluppo longitudinale del dissesto è stato di circa 80 m, su un dislivello di circa 60 m.

L'analisi della morfologia e delle fessurazioni evidenziate sul versante successivamente al dissesto ha indicato che, lungo il margine Nord, verso la parte terminale, il materiale dislocato è stato solo parzialmente contenuto dall'opera di sostegno al piede, localmente aggirata senza il completo scarico a valle del detrito. L'esame delle risultanze della seconda campagna di indagini ha fornito significative informazioni relative all'assetto stratigrafico di tale settore; in particolare il sondaggio S6 (2001) ha individuato un evidente livello di alterazione del substrato, verosimilmente già interessato da antica dislocazione sino alla quota di 18,0 m da p.c. (alla cui quota si riscontra un livello milonitizzato ed argillificato), entro il quale si è ragionevolmente sviluppata la recente superficie di scorrimento. Gli affioramenti di zolle litoidi dislocate entro l'accumulo evidenziano materiali con caratteristiche analoghe al livello sopra descritto.

Lungo il margine Sud dell'accumulo, in prossimità del tratto di muro conservato - lato Genova, sono state osservate concentrazioni e venute idriche localizzate che sono state interessate da interventi di drenaggio profondo.

Nella seguente descrizione dei parametri dimensionali del fenomeno gravitativo in oggetto sono state adottate le indicazioni fornite dalla Regione Liguria per il censimento dei movimenti franosi nell'ambito degli studi per i piani di bacino.

Sinteticamente si riportano i principali elementi descrittivi di una frana:

- Classificazione: tipo di frana (cfr. Varnes, 1978; Amanti et alii, 1992);
- Coronamento: ovvero il materiale rimasto in posto praticamente non disturbato ed adiacente alle parti alte della scarpata principale;
- Scarpata principale: superficie ripida del terreno non dislocato posta al margine superiore del corpo di frana e formatasi a seguito del moto di scorrimento del materiale staccatosi dal terreno indisturbato;
- Unghia frontale della frana: il margine, arcuato, del materiale di frana dislocato alla maggiore distanza dalla scarpata principale;
- Punto inferiore: il punto dell'unghia situato a maggiore distanza dal punto sommitale della frana;
- Profondità del corpo di frana: massima profondità della massa dislocata misurata in direzione perpendicolare alla sua lunghezza;
- Lunghezza totale: distanza tra il coronamento e l'unghia frontale della frana;
- Larghezza del corpo di frana: massima larghezza della massa dislocata, misurata in direzione perpendicolare alla lunghezza dell'ammasso di frana;
- Altezza massima: altezza misurata perpendicolarmente dal coronamento alla quota del punto inferiore
- Angolo di inclinazione dell'accumulo (α');
- Angolo di inclinazione del pendio (α).

Classificazione: frana complessa che ha coinvolto il substrato roccioso e la copertura

Coronamento: a circa quota 330 m s.m.m.

Scarpata principale: localizzata immediatamente a monte del tracciato della S.S. 456 del Turchino

Unghia frontale della frana: localizzato in corrispondenza al tracciato ferroviario

Punto inferiore: quota 276 m s.l.m.m.

Profondità del corpo di frana: 12 m

Lunghezza totale: 80 m

Larghezza del corpo di frana: 50 m, nel settore adiacente al coronamento; 100 m nel settore di unghia frontale

Altezza massima: 54 m

Area interessata: 6000 m²

Angolo di inclinazione dell'accumulo (α'): 30°- 35°

Angolo di inclinazione del pendio (α): 25°- 28°

I rilievi di terreno hanno permesso di verificare la presenza di zolle di substrato intensamente tettonizzato, costituite da calcescisti e prasiniti, scompagnate dal movimento ma non disarticolate, le quali mostrano di aver subito una rotazione, come emerge dal confronto con le giaciture del substrato relativamente indisturbato che si osserva in settori adiacenti all'area instabile.

La notevole estensione planimetrica ed altimetrica dei depositi del corpo sedimentario A, la presenza di zolle anche in corrispondenza al coronamento del corpo franoso in oggetto, nonché la presenza di vuoti entro la copertura eluvio/detritico-colluviale (desunta dai sondaggi), induce ad interpretare il corpo A come depositi di un accumulo di frana, probabilmente di natura composita. Tale accumulo, di età sconosciuta ma presumibilmente olocenica, è soggetto a riattivazioni recenti, testimoniate dalla presenza di numerose scarpate e rotture di pendenza interpretabili come nicchie di distacco di frane secondarie, in parte rimodellate ed attualmente vegetate e, ovviamente, dall'aggravarsi delle condizioni di instabilità osservate nel Novembre 2000.

Uno dei dati più interessanti emersi dalla campagna di indagini geognostiche è la presenza di una profonda (sino a 40 m circa) depressione del tetto del substrato roccioso, orientata perpendicolarmente al pendio.

L'esistenza di un fenomeno gravitativo pregresso coinvolgente l'intero versante, confermato dalla notevole potenza dei depositi sciolti, dalla presenza di una profonda depressione del tetto del substrato roccioso e da indizi morfologici, pone due principali problemi interpretativi:

- Non è stata individuata con certezza una nicchia di distacco di dimensioni congruenti con i volumi di materiale coinvolto dal movimento, che dovrebbe essere localizzata verosimilmente immediatamente a monte del tracciato autostradale; l'età del fenomeno potrebbe aver permesso una sua totale obliterazione e/o potrebbe essere mascherata dalla deposizione di depositi colluviali o da corpi di frana minori.
- Un accumulo o una serie di corpi di frana sovrapposti avrebbero ostruito il fondovalle, che nel tratto considerato ha una larghezza di una cinquantina di metri, provocando la formazione di un bacino lacustre e/o palustre immediatamente a monte dello sbarramento del Rio Turchino, ipotesi che non trova riscontro dai risultati del rilevamento geologico e geomorfologico.

Una soluzione a questi due problemi è la postulazione dell'esistenza di una deformazione gravitativa profonda che interessa gran parte del versante. Infatti, come è supportato dalla bibliografia specifica, fenomeni di questo tipo si differenziano dalle frane s.s. per i seguenti motivi:

- Una superficie di scorrimento ben definita non è indispensabile dal punto di vista del meccanismo deformativo;
- L'entità dello spostamento è molto minore rispetto alle dimensioni del fenomeno;
- Le dimensioni del fenomeno sono confrontabili con quelle del versante coinvolto.

In un quadro di questo tipo la maggior parte della deformazione si esplicherebbe in corrispondenza del substrato roccioso intensamente tettonizzato e alterato, producendo nei livelli superficiali, costituiti da depositi sciolti e/o a debole coesione, una generalizzata instabilità con la formazione di nuove superfici di taglio, come si è verificato a carico della S.S. 456 del Turchino e della linea ferroviaria.

4.5 Quadro del dissesto idrogeologico

La più recente cartografia inerente il dissesto idrogeologico è contenuta nel Piano di bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico - Ambiti regionali di bacino 12 e 13 (Regione Liguria & Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (2023).

Nella Carta del dissesto idrogeologico si riportano stralci delle seguenti cartografie:

- Carta geomorfologica
- Carta della franosità reale

In particolare, per il settore in esame viene indicato il perimetro di frana complessa attiva compreso in una più ampia paleofrana. Tali perimetrazioni si discostano da quanto rilevato e cartografato dopo l'evento del 2000 (ved. tavole Carta geomorfologica e Carta geologica, sezione e profilo geologico).

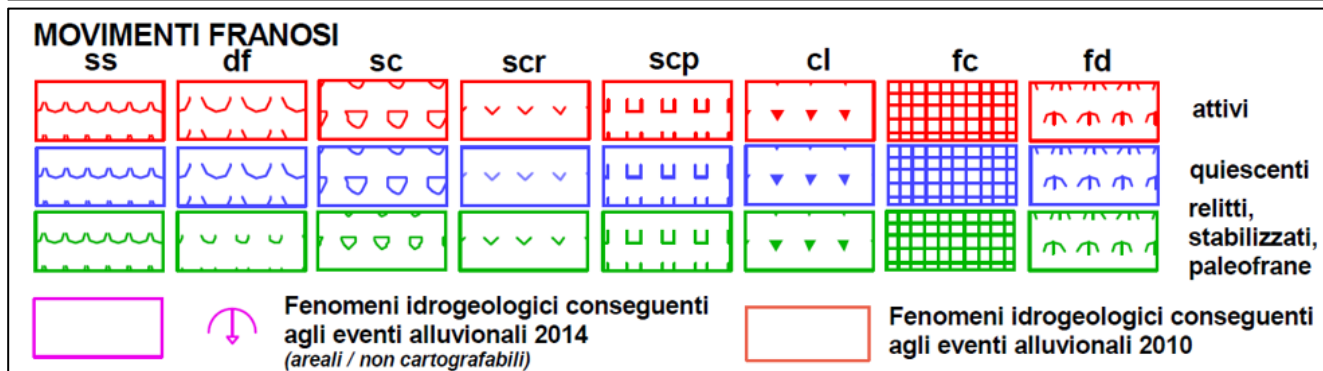
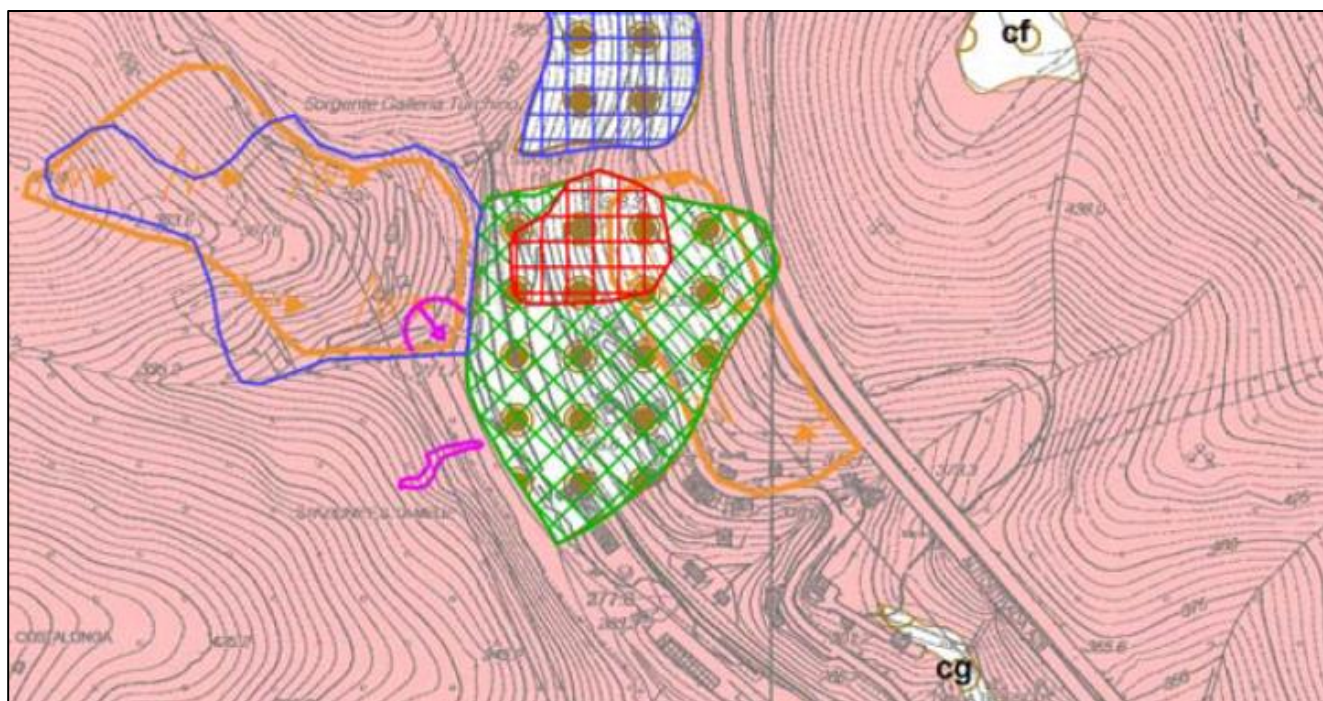


Figura 10 – Stralci dalla Tavola 213090 Carta geomorfologica del Piano di bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico - Ambiti 12 e 13 (Regione Liguria & Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, 2023).

In merito alla dinamica torrentizia, si sottolinea che le cartografie del Piano di bacino e del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) non riportano aree inondabili nel settore oggetto di intervento in quanto le perimetrazioni sono state effettuate solo nel tratto compreso all'incirca tra il concentrico di Mele e la costa.

Per le problematiche di natura idraulica si rimanda agli specifici elaborati progettuali: Relazione idrologico-idraulica, Corografia generale del reticolo idrografico e dei vincoli di natura idraulica, Carta dei bacini idrografici e Sezioni di verifica idraulica.

5 Descrizione dello stato di fatto

In seguito alle eccezionali precipitazioni del mese di Novembre 2000 infatti, si attivò un esteso movimento franoso interessante il settore di versante a monte della Stazione FS nel Comune di Mele in sponda orografica sinistra del rio Turchino. Il movimento franoso si estese da poco a monte della S.S. 456 “del Turchino” alla linea ferroviaria e compromise notevolmente sia la viabilità stradale lungo la statale suddetta sia il movimento ferroviario lungo la linea Genova – Ovada. Gli interventi di sistemazione parziale del versante sono stati oggetto di progettazione esecutiva datata 2003.



Figura 11 – Foto frontale della frana avvenuta nel Novembre 2000.

Nel primo caso sono stati eseguiti dei lavori da parte dell’ANAS per ripristinare il tracciato stradale a mezzo di un viadotto con fondazioni profonde. Nel secondo caso, invece, è stata necessaria l’interruzione di entrambi i binari di esercizio, è stato realizzato un nuovo tracciato tramite il collegamento in galleria con il vecchio binario dispari, è stata costruita una scogliera di protezione in modo da contenere la frana ed infine è stata realizzata un’opera di consolidamento del versante (in Figura 11 presenti già la viabilità alternativa e la scogliera di protezione).

L’intervento di consolidamento del versante che, ad oggi, risulta ultimato, consiste in diverse tipologie di opere suddivisibili secondo le seguenti macro-opere:

- Interventi di consolidamento del muro in muratura lato Ovada;
- Interventi di consolidamento del muro in muratura lato Genova;
- Interventi di consolidamento del muro crollato.

Di seguito si riporta una descrizione delle opere realizzate e tuttora presenti.

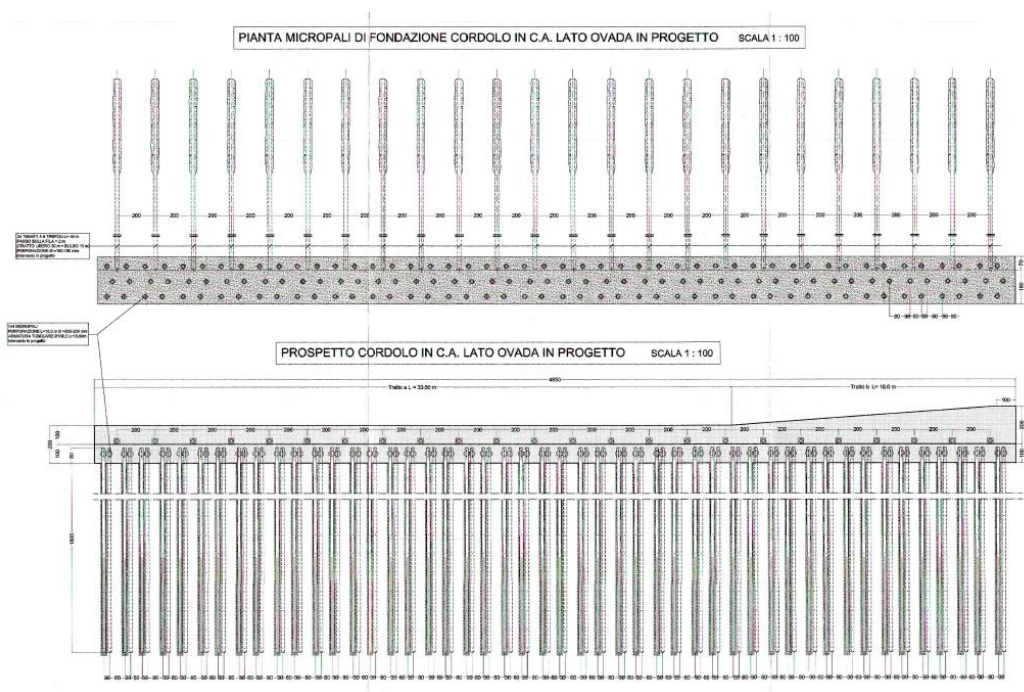
5.1 Interventi di consolidamento del muro in muratura lato Ovada

Il consolidamento dei muri rimasti illesi dopo il movimento franoso lato Ovada è stato effettuato a mezzo di cordoli in testa con micropali e tiranti tramite l'utilizzo di un graticcio di travi in acciaio, per un totale di circa 48.5 m.

Sulle porzioni di muro rimasto in posto in diretta prossimità del muro crollato, l'intervento è stato rimodulato senza l'ausilio dei tiranti con graticcio di travi, essendo presenti i terreni di riporto necessari per la stabilizzazione provvisoria del versante e per le lavorazioni. Il consolidamento di questa porzione di muro è oggetto della seguente progettazione.

Secondo la documentazione di progetto di variante risultano dunque i seguenti elementi:

- 1° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli realizzati in testa al cordolo in c.a. di lunghezza totale pari a 45 m (30 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- 2° e 3° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli di lunghezza totale pari a 35 m (23 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- 4° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli di lunghezza totale pari a 20 m (8 m di lunghezza libera più 12 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- Microdreni di lunghezza variabile 35-60 m, interasse longitudinale 4 m con perforazione 150-160 mm;
- Micropali di perforazione 200-250 mm, lunghezza 23 m, interasse medio longitudinale 0.4 m armatura tubolare in acciaio $\Phi 168.3/12.5$ e lunghezza 23.8 m. I micropali sono stati collegati in testa tramite un apposito cordolo in c.a.



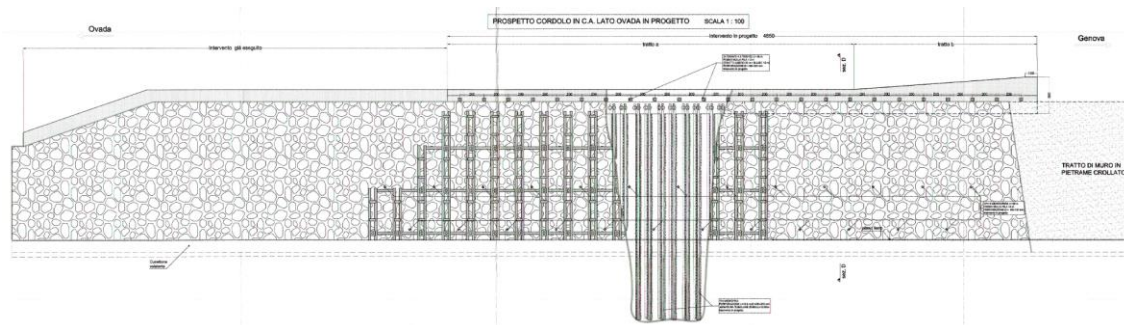


Figura 12 – Stralcio degli interventi realizzati di consolidamento del muro in muratura lato Ovada.

Alla base del muro risulta essere presente un cunettone di smaltimento acque esistente.

5.2 Interventi di consolidamento del muro in muratura lato Genova

Il consolidamento dei muri rimasti illesi dopo il movimento franoso lato Genova è stato effettuato a mezzo di cordoli in testa con micropali e tiranti tramite l'utilizzo di un graticcio di travi in acciaio, per un totale di circa 30 m.

Secondo la documentazione di progetto di variante risultano dunque i seguenti elementi:

- 1° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli realizzati in testa al cordolo in c.a. di lunghezza totale pari a 45 m (30 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- 2° e 3° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli di lunghezza totale pari a 35 m (23 m di lunghezza libera più 12 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- 4° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli di lunghezza totale pari a 25 m (13 m di lunghezza libera più 12 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- 5° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli di lunghezza totale pari a 20 m (8 m di lunghezza libera più 12 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- Microdreni di lunghezza variabile 35-60 m, interasse longitudinale 4 m con perforazione 150-160 mm;
- Micropali di perforazione 200-250 mm, lunghezza 23 m, interasse medio longitudinale 0.4 m, armatura tubolare in acciaio $\Phi 168.3/12.5$ e lunghezza 23.8 m. I micropali sono stati collegati in testa tramite un apposito cordolo in c.a.

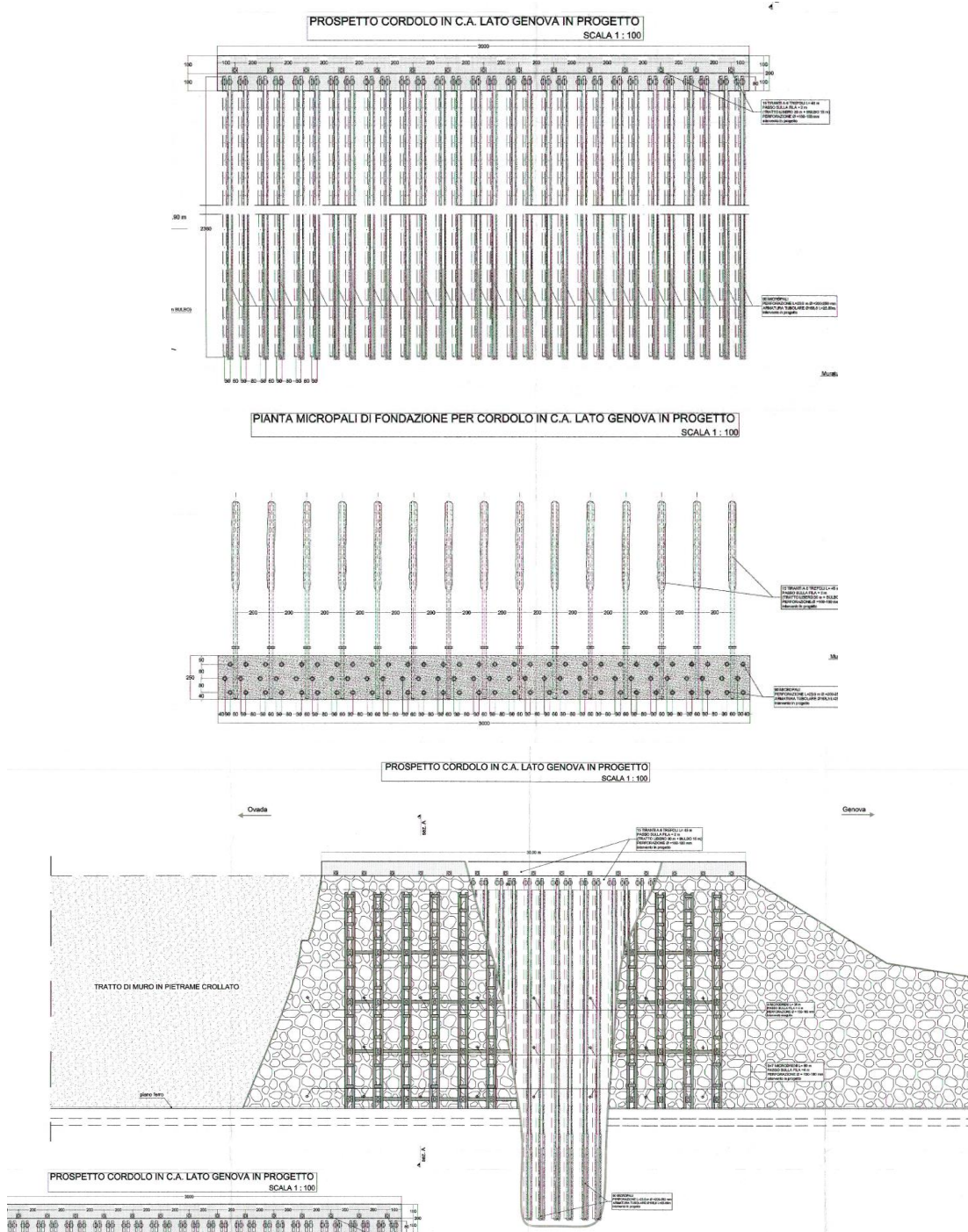


Figura 13– Stralcio degli interventi realizzati di consolidamento del muro in muratura lato Genova.



Figura 17 – Foto frontale della sistemazione provvisoria del versante durante i lavori.



Figura 18 – Foto frontale della sistemazione provvisoria del versante a lavori ultimati.

Per la realizzazione degli interventi principali sono state realizzate delle opere provvisionali sulla parte superiore consistenti nei seguenti interventi:

- 1° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli realizzati in testa al cordolo in c.a. di lunghezza totale pari a 35 m (20 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2.0 m;
- 2° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli in c.a. di lunghezza totale pari a 35 m (20 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2.0 m;
- Micropali di perforazione 200-250 mm, lunghezza 18 m, interasse longitudinale variabile, armatura tubolare in acciaio $\Phi 168.3/12.5$ e lunghezza 18.8 m. I micropali sono stati collegati in testa tramite un apposito cordolo in c.a.

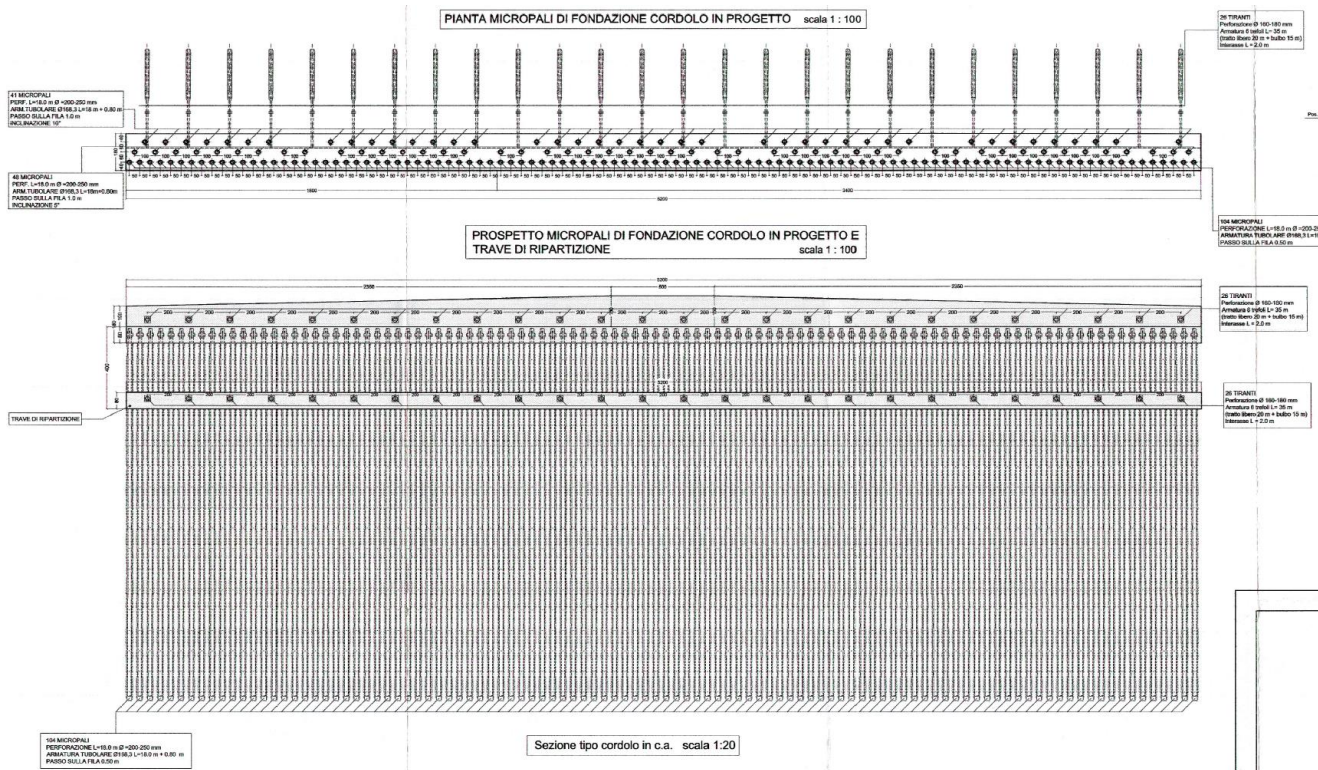


Figura 19 – Stralcio degli interventi provvisionali realizzati sul settore di muro crollato.

Nel settore di collegamento tra muro crollato e muro rimasto in posto lato Genova sono state necessarie delle opere provvisionali di raccordo.

Sono stati realizzati i seguenti interventi provvisori:

- 1° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli realizzati in testa al cordolo in c.a. di lunghezza totale pari a 40-45 m (25-30 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 1.5 m;
- 2° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli in c.a. di lunghezza totale pari a 40-45 m (25-30 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 1.5 m;

- Micropali di perforazione 200-250 mm, lunghezza 23 m, interasse medio longitudinale 0.4 m, armatura tubolare in acciaio $\Phi 168.3/12.5$ e lunghezza 23.8 m. I micropali sono stati collegati in testa tramite un apposito cordolo in c.a.

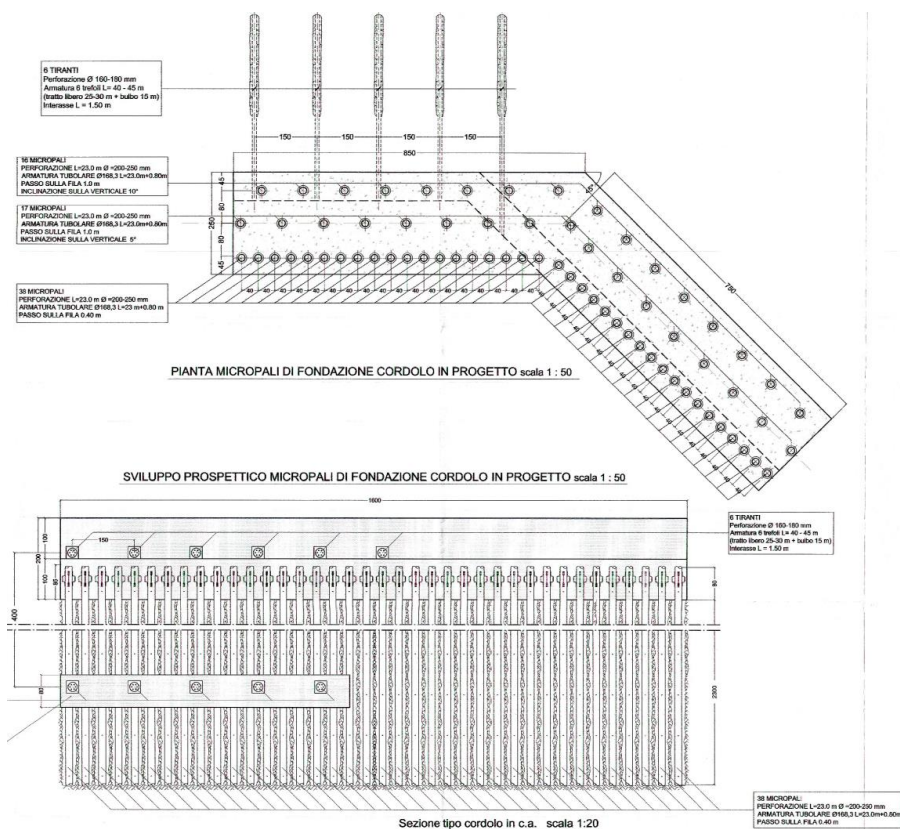


Figura 20 – Stralcio degli interventi realizzati nel settore di raccordo superiore.

L'intervento di progetto principale, finalizzato al ripristino e consolidamento meccanico del settore di muro crollato ha previsto i seguenti interventi:

- Pali di grande diametro con perforazione $\Phi 1200$ lunghezza 20.8 m ed interasse 1.5 m su fila principale, 4.5 m su fila secondaria;
- Pali di grande diametro con perforazione $\Phi 1200$ lunghezza 20.8 m ed interasse 1.5 m su fila principale, 4.5 m su fila secondaria.
- Micropali di perforazione 200-250 mm, lunghezza 24 m, interasse medio longitudinale 0.4 m, armatura tubolare in acciaio $\Phi 168.3/12.5$ e lunghezza 24.8 m. I micropali sono stati collegati in testa tramite un apposito cordolo in c.a..
- Jet grouting con diametro della singola colonna $\Phi 800$, lunghezza media 6 m e maglia delle colonne 0.65 m x 0.65 m;
- Realizzazione di pozzi drenanti di diametro $\Phi 1200$ m, lunghezza 6 m;

- Tiranti a 6 trefoli realizzati in testa al cordolo in c.a. di lunghezza totale pari a 45 m (30 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;

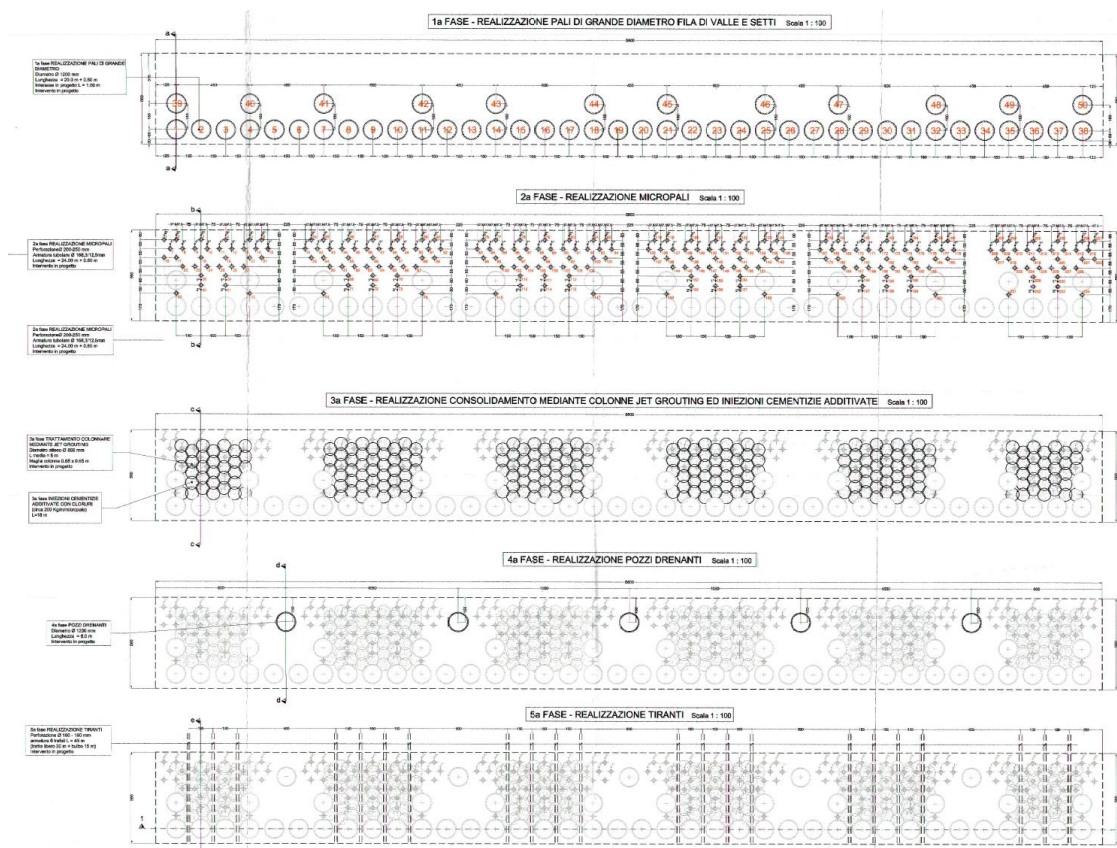


Figura 21 – Stralcio degli interventi realizzati di consolidamento del muro crollato.

Nel tratto di raccordo col muro rimasto in posto lato Genova sono stati realizzati i seguenti interventi:

- Tiranti con tiranti a 6 trefoli realizzati in testa al cordolo in c.a. di lunghezza totale pari a 45 m (30 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- Micropali di perforazione 200-250 mm, lunghezza 23 m, interasse medio longitudinale 0.4 m, armatura tubolare in acciaio $\Phi 168.3/12.5$ e lunghezza 23.8 m. I micropali sono stati collegati in testa tramite un apposito cordolo in c.a.

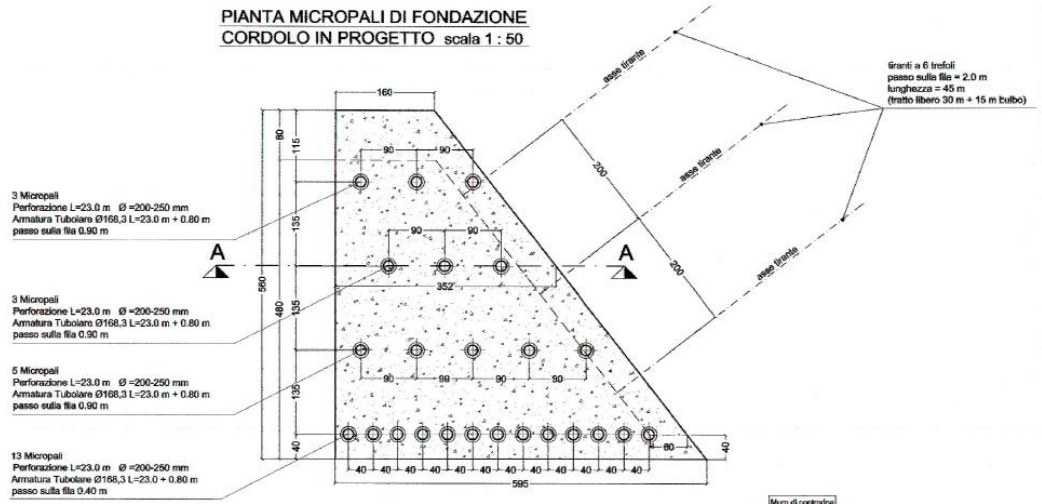


Figura 22 – Stralcio degli interventi realizzati nel settore di raccordo inferiore.

6 Interventi di progetto

L'intervento oggetto di questa progettazione esecutiva consiste nella definitiva messa in sicurezza del versante franato attraverso la realizzazione delle seguenti opere.

- Galleria artificiale prefabbricata;
- Scatolare drenante prefabbricato;
- Prolungamento dei pozzi drenanti esistenti;
- Opere di consolidamento sul tratto di muro crollato;
- Opere di consolidamento sui tratti di muro rimasti in posto;
- Consolidamento dei terreni di fondazione;
- Rampa di accesso;
- Opere di finitura superficiali sulle strutture a vista;
- Risagomature del versante;
- Interventi di rafforzamenti corticali;
- Nuovo tracciato ferroviario di progetto.

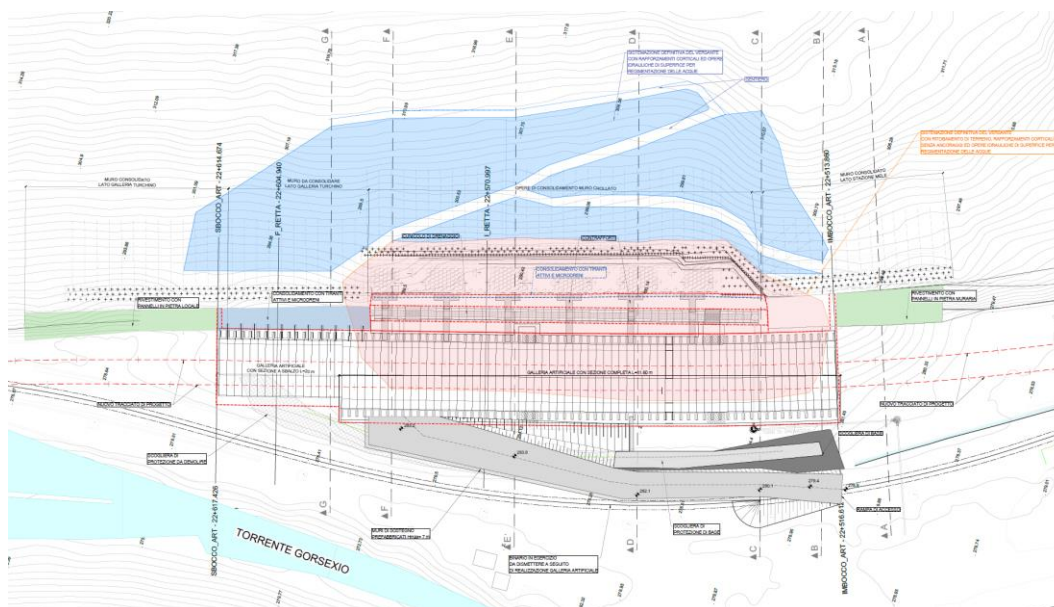


Figura 23 – Stralcio della planimetria di progetto.

Si descrivono di seguito le opere prettamente interessate dal presente documento.

6.1 Opere di consolidamento sul tratto di muro crollato

Sul tratto di muro crollato sono stati già realizzati degli interventi di ripristino tramite pali di grande diametro, colonne di jet-grouting e micropali, collegati in testa tramite delle travi in c.a. di collegamento con dei tiranti in trefoli.

Al piede del muro risulta ora presente una banca di terreni di riporto, utilizzati per la stabilizzazione provvisoria del versante.

Contestualmente alle fasi di rimozione del terreno di riporto depositato al piede del versante, sarà prevista, la realizzazione di 4 file di ancoraggi provvisori costituiti da barre cave autoperforanti, con diametro di perforazione 100 mm, interasse variabile, inclinazione di 20° rispetto all'orizzontale e lunghezza totale variabile:

- 1° fila lunghezza totale 42 m;
- 2° fila lunghezza totale 39 m;
- 3° fila lunghezza totale 36 m;
- 4° fila lunghezza totale 33 m;
- 5° fila lunghezza totale 30 m.

Sugli ancoraggi è prevista un'azione di tesatura iniziale pari a 325 kN.

Gli ordini di tiranti saranno collegati tramite delle travi di ripartizione consistenti nell'accoppiamento di 2 profili HEB 180. Tali tiranti svolgeranno la sola funzione di ancoraggio provvisorio.

Saranno inoltre previsti dei microdreni in PVC ad interasse di circa 4 m, diametro minimo 50 mm e lunghezza variabile tra 50-60 m direttamente collegati ai fori del cunicolo drenante al fine di garantirne l'ispezionabilità e la manutenzione.

Si riportano di seguito degli stralci di una sezione e del prospetto degli interventi.

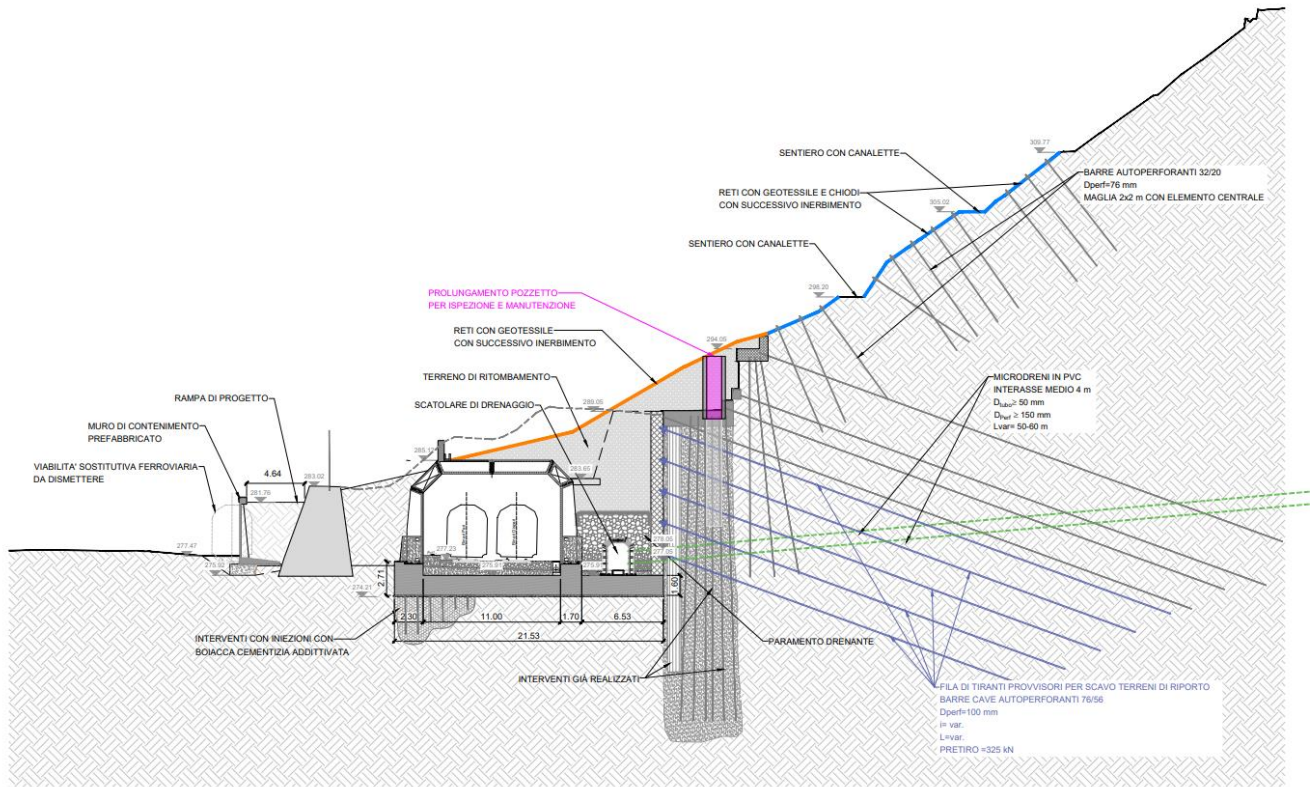


Figura 24 – Stralcio di una sezione di intervento sul muro crollato consolidato.

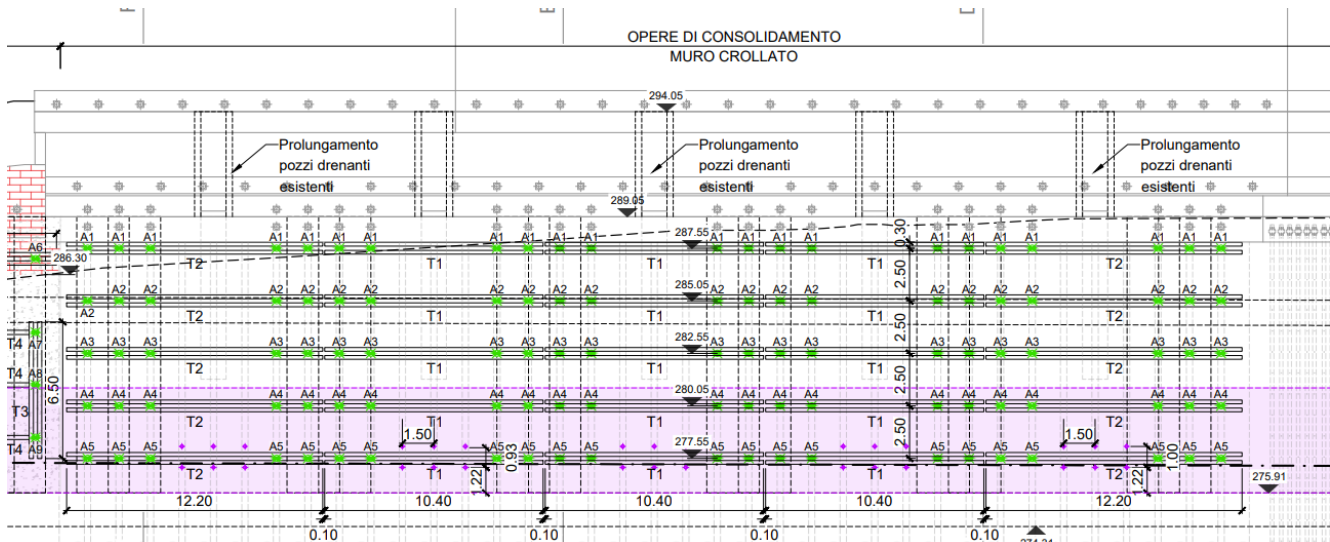


Figura 25 – Stralcio del prospetto degli interventi sul muro crollato consolidato.

6.2 Opere di consolidamento sui tratti di muro rimasti in posto

Sul tratto di muro in muratura rimasto in posto lato Ovada compreso tra il settore di muro crollato e il settore di muro già consolidato è stata già realizzata una cortina di micropali collegata in testa da travi in c.a. e tiranti in trefoli.

Al piede del muro risulta ora presente una banca di terreni di riporto, utilizzati per la stabilizzazione provvisoria del versante.

Progressivamente alla rimozione dei terreni di riporto si procederà con dei consolidamenti strutturali del muro consistenti in iniezioni di resine epossidiche con canne a maglia 0.5 x 0.5 m finalizzate al ripristino delle caratteristiche meccaniche delle murature e alla preparazione del piano di posa dei tiranti;

Avanzando con gli scavi di sbancamento dei terreni di riporto saranno realizzate 4 file di ancoraggi provvisori costituiti da barre cave autopercoranti, con diametro di perforazione 100 mm, interasse 2 m, inclinazione di 20° rispetto all'orizzontale e lunghezza totale variabile:

- 1° fila lunghezza totale 33 m;
- 2° fila lunghezza totale 30 m;
- 3° fila lunghezza totale 26 m;
- 4° fila lunghezza totale 22 m.

Gli ancoraggi saranno collegati tramite apposite carpenterie ad un reticolo di travi HEB200: verticalmente lungo gli allineamenti saranno previste 2 travi HEB200, mentre orizzontalmente sugli allineamenti previsti, sarà presente 1 profilo HEB200.

Una volta arrivati alla quota del fondo scavo e realizzata la platea di fondazione saranno realizzate la struttura a sbalzo provvisoria la quale necessiterà la realizzazione di tiranti provvisori apposito per il sostegno della struttura:

- esecuzione di tiranti attivi di 1° fase provvisori con barre Dywidag da 40 mm, diametro di perforazione 100 mm, interasse 2 m, inclinazione di 20° rispetto all'orizzontale e lunghezza 25 m, 10 m di cui per fondazione,

Tali tiranti saranno inglobati all'interno di una soletta in c.a. solidale alla struttura.

Si riportano di seguito degli stralci di una sezione e del prospetto degli interventi.

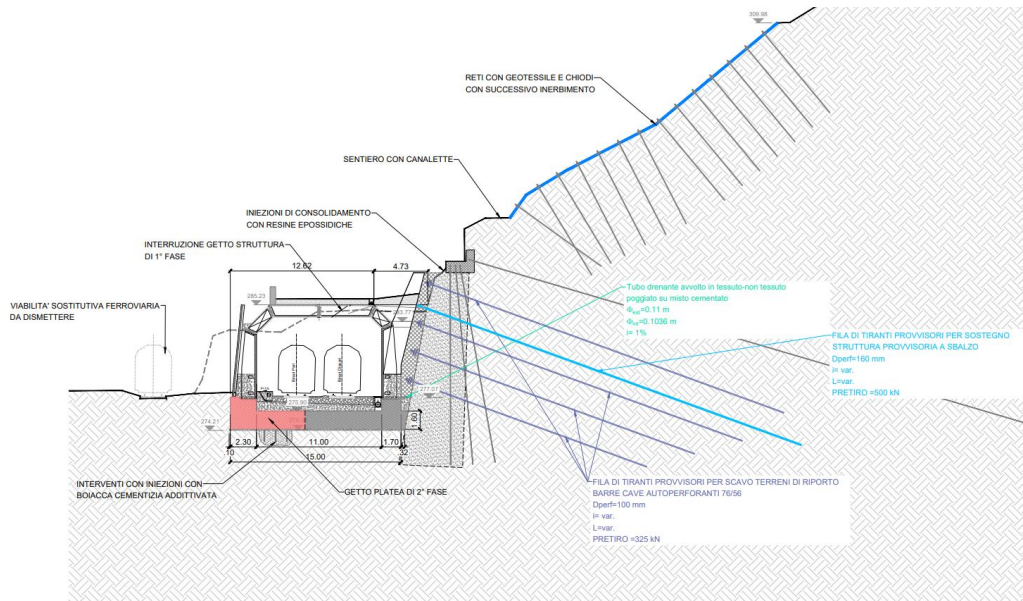


Figura 26 – Stralcio di una sezione di intervento sul muro da consolidare lato Ovada.

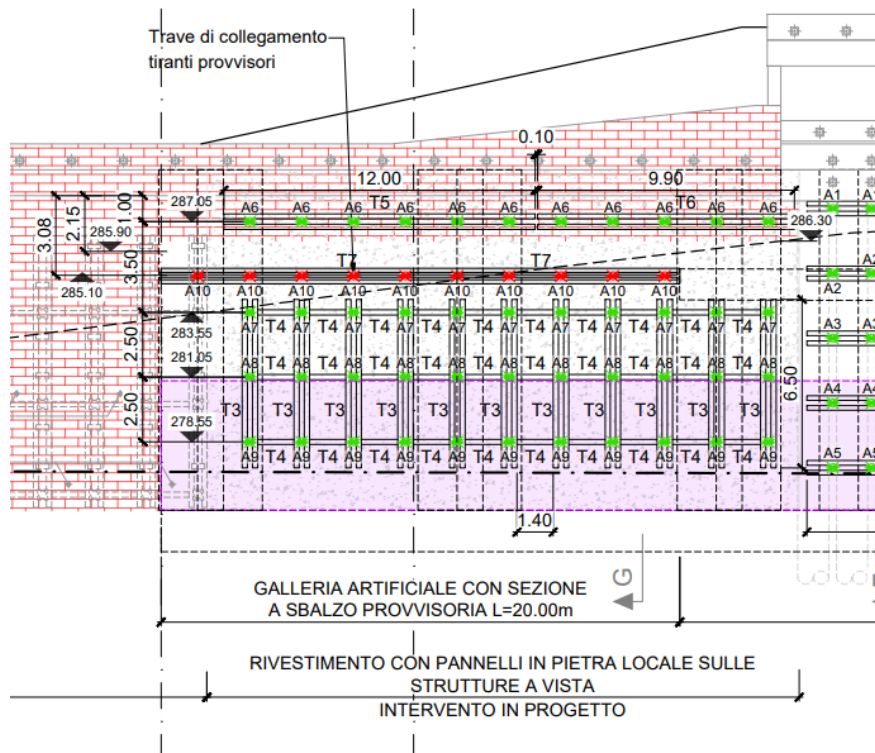


Figura 27 – Stralcio del prospetto degli interventi sul muro da consolidare.

Per quanto riguarda il sistema di smaltimento acque a tergo della struttura si prevede l'inserimento di un tubo drenante avvolto in tessuto-non tessuto posto tra uno spessore variabile di misto cementato a pendenza 1% verso l'imbocco e il contrafforte. Questo elemento dovrà consentire lo sfogo di eventuale acqua infiltrata a tergo, premesso che superiormente tramite la trave in c.a. questa porzione di intervento non sarà direttamente esposta al recapito di acque superficiali, né tantomeno a acque di drenaggio provenienti dai paramenti non potendo essere eventuali interventi ispezionabili.

Sul tratto lato Stazione Mele sarà previsto un intervento simile, ad eccezione dell'assenza dei contrafforti in quanto questa zona risulta già consolidata da precedenti interventi. In questo caso il tubo drenante avrà in adiacenza un materiale granulare al fine di incanalare le acque di filtrazione a tergo della struttura.

Si valuterà inoltre la chiusura di eventuali interventi di drenaggio preesistenti.

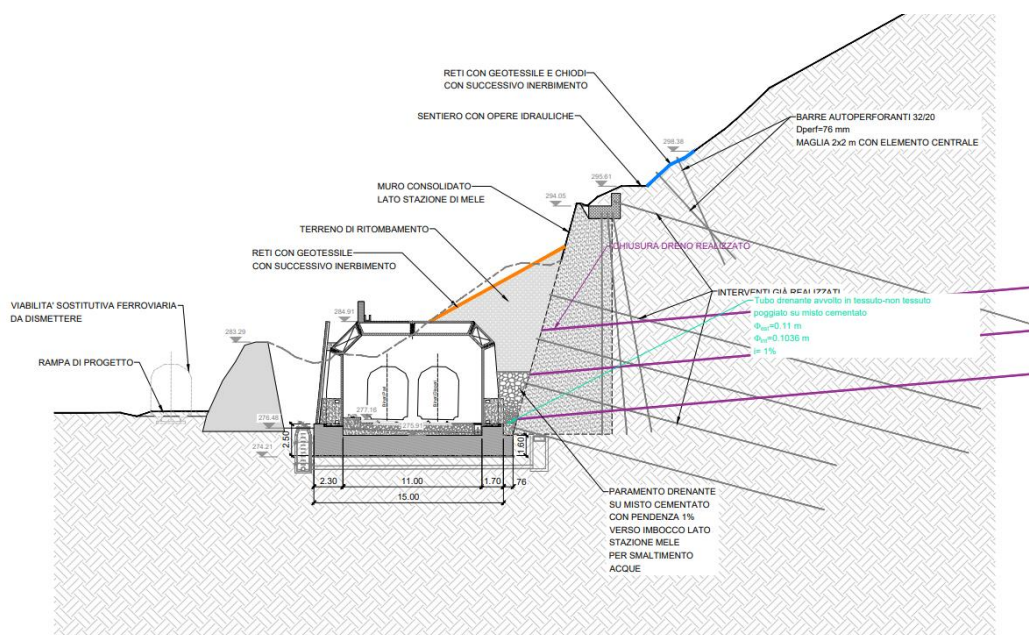


Figura 28 – Stralcio di una sezione di intervento sul muro consolidato lato stazione Mele.

Su entrambi i lati i tubi drenanti saranno poi collegati appositamente, tramite dei pozzetti esterni alla galleria, ai sistemi di recapito acque.

6.3 Opere di finitura superficiali sulle strutture a vista

Per ridurre l'impatto ambientale sulle strutture a vista sarà prevista una copertura con dei pannelli a corsi regolari in pietra locale.

Tale intervento sarà previsto per le seguenti strutture:

- Travi in c.a. lasciate a vista a monte delle opere di contenimento;
- Muri in muratura rimasti in posto a seguito della frana, comprensivi sia dei tratti già consolidati che dei tratti da consolidare e lasciati a vista;

- Facciate a vista e imbocchi della galleria artificiale;
- Facciate dei muri di contenimento prefabbricati della rampa di accesso.

La soluzione con pannelli risulta in un aspetto molto gradevole, simile a quello dei muretti di una volta, con una soluzione dunque molto adatta in ambienti di salvaguardato aspetto paesaggistico.

Il procedimento costruttivo garantisce una perfetta aderenza della pietra anche nelle più severe condizioni di impiego. Di seguito si riporta un esempio del tipologico previsto, tipologico congruente soprattutto con le tipologie di pietra muraria delle opere circostanti.

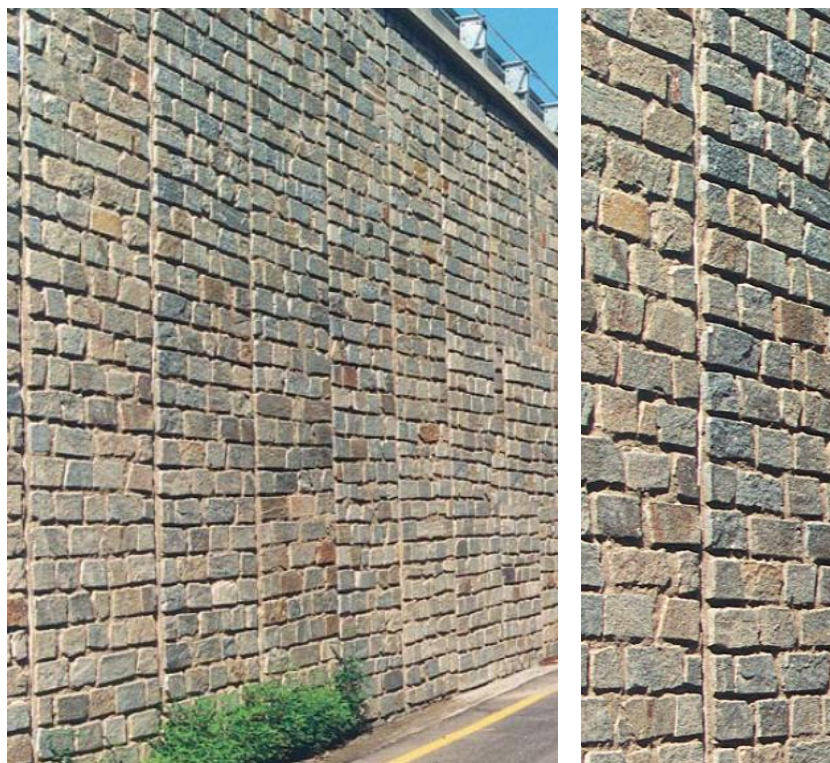


Figura 29 – Esempio del pannello tipologico in pietra locale.

7 Riferimenti normativi

7.1 Norme generali

Tutte le analisi sono state effettuate con riferimento alle prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche delle costruzioni del 17/01/2018 (NTC2018) e alle Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" pubblicate a Gennaio del 2019.

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) consistono, in generale, nel verificare il rispetto della condizione:

$$E_d < R_d \quad [6.2.1 - NTC2018]$$

dove con E_d si indica il valore di progetto delle azioni, o degli effetti delle azioni, e con R_d il valore di progetto delle resistenze.

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

Le azioni di progetto, E_d , o, altresì, gli effetti delle azioni, sono valutabili a partire dalle azioni caratteristiche adottando per i coefficienti parziali γ_F i valori specificati nella Figura 30 (Tabella 2.6.I delle NTC2018); le resistenze dei materiali sono valutabili a partire dalle resistenze caratteristiche adottando i coefficienti parziali γ_M specificati nei capitoli 4 (calcestruzzo e acciaio) e 6 (parametri geotecnici di resistenza) delle "Norme Tecniche delle Costruzioni", tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R , specifici per ciascun tipo di opera.

Tab. 6.2.I – 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 $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qs}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ 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} .

Figura 30 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU.

Le resistenze di progetto R_d , si determinano a partire dai valori caratteristici dei parametri geotecnici di resistenza, divisi per i coefficienti parziali γ_M specificati in Figura 31 (Tabella 6.2.II delle NTC2018) e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R , specifici per ciascun tipo di opera e verifica.

Tab. 6.2.II – 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	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coazione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	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

Figura 31 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (NTC2018).

Per le verifiche di sicurezza relative agli stati limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d \quad [6.2.7 \text{ NTC 2018}]$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni nelle combinazioni di carico per gli SLE e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. Quest'ultimo deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione e di tutte le costruzioni che interagiscono con le opere geotecniche in progetto, tenendo conto della durata dei carichi applicati.

7.2 Muri di sostegno

Nel caso specifico di un muro di sostegno, le verifiche allo stato SLU di tipo geotecnico e strutturale (SLU-GEO e SLU-STR) sono le seguenti:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- Scorrimento del piano di posa
- Carico limite
- Ribaltamento
- Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno

SLU di tipo geotecnico (STR)

- Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali

7.2.1 SLU di tipo geotecnico (GEO)

Tutte le verifiche, ad eccezione della Stabilità globale, sono effettuate utilizzando la combinazione (A1+M1+R3) con i coefficienti parziali γ_R definiti nella Figura 32 (tabella 6.5.I delle NTC18).

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

Figura 32 – Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite di muri di sostegno (NTC18).

Le verifiche di stabilità globale devono essere eseguite utilizzando la combinazione (A2+M2+R2), tenendo conto, in condizioni statiche, del valore del coefficiente parziale $\gamma_R = 1.1$, come indicato nella figura seguente, definito per le opere di materiali sciolti e per i fronti di scavo (Tab. 6.8.I delle NTC18).

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Figura 33 - Coefficiente parziale per la verifica di stabilità globale, per opere di materiali sciolti e fronti di scavo (NTC18).

In condizioni sismiche la verifica viene svolta secondo i criteri validi per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$. Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti intergenti con l'opera.

7.2.2 SLU di tipo strutturale (STR)

Per quanto riguarda le verifiche strutturali si eseguono le verifiche di presso-flessione e taglio delle sezioni in muratura.

Per la verifica a pressoflessione della muratura si considera un diagramma costitutivo lineare con parzializzazione della sezione, che consiste nel confrontare la tensione massima al lembo compresso con la resistenza di calcolo:

$$f_d = f_m / (FC \cdot \gamma_M)$$

Tale legame costitutivo non considera la resistenza a trazione della muratura ed ammette la parzializzazione della sezione nel caso in cui l'eccentricità del carico verticale sia maggiore di $t/6$, dove con t è inteso lo spessore della sezione del muro.

Per la verifica a taglio, il meccanismo resistente da considerare è quello relativo a "murature a tessitura irregolare", con rottura per trazione diagonale governata dal parametro τ_0 , per il quale la normativa fornisce una relazione per il calcolo della resistenza di calcolo (equazione C8.7.1.16):

$$V_t = l \cdot t \cdot \frac{1.5 \cdot \tau_{0d}}{b} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1.5 \cdot \tau_{0d}}} = l \cdot t \cdot \frac{f_{td}}{b} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{td}}}$$

con:

- l = lunghezza del pannello, assunto convenzionalmente pari a 1000 mm essendo il calcolo a metro lineare

- t = spessore del muro
- σ_0 = tensione normale media riferita all'area totale della sezione
- τ_0 = resistenza a trazione per fessurazione diagonale
- f_t = resistenza a taglio di riferimento della muratura ($f_t = 1.5 \tau_0$)
- b = coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi nella sezione compreso tra 1 e 1.5.

7.3 Paratie

Per le paratie si devono considerare almeno i seguenti stati limite ultimi, accertando che la condizione [6.2.1] sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- Collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- Collasso per carico limite verticale;
- Sfilamento di uno o più ancoraggi;
- Instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
- Instabilità del fondo scavo per sollevamento;
- Sifonamento del fondo scavo;
- Instabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

SLU di tipo strutturale (STR)

- Raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- Raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
- Raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

Verifiche di esercizio (SLE)

In tutti i casi, nelle condizioni di esercizio, gli spostamenti dell'opera di sostegno e del terreno circostante devono essere valutati per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità di manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle pressioni interstiziali.

Nel caso in esame, le verifiche strutturali e geotecniche principali sono implementate automaticamente all'interno software Paratie Plus, direttamente nel caso delle verifiche strutturali della paratia, indirettamente per le verifiche geotecniche tramite il raggiungimento della convergenza dei modelli numerici.

7.3.1 SLU di tipo geotecnico (GEO)

Per quanto riguarda la verifica di instabilità del fondo scavo, data la natura dei terreni riscontrati non è stato ritenuto opportuno effettuare delle apposite verifiche. La verifica a sifonamento del fondo scavo non è stata considerata, in quanto la stratigrafia riscontrata in prossimità dell'opera non ne giustifica l'effettuazione.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I (Figura 33).

In condizioni sismiche la verifica viene svolta secondo i criteri validi per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

7.3.2 SLU di tipo strutturale (STR)

Relativamente alle verifiche strutturali si fa riferimento all'inquadramento normativo sui materiali calcestruzzo ed acciaio delle NTC 2018.

Calcestruzzo

Per il calcestruzzo la resistenza di progetto a compressione, f_{cd} è:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$$

dove:

- α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata;
- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo;
- f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

Il coefficiente γ_c è pari ad 1.5.

Il coefficiente α_{cc} è pari a 0.85.

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori minori di 50 mm, la resistenza di progetto a compressione va ridotta a $0.80 f_{cd}$.

La resistenza di progetto a trazione, f_{ctd} , vale:

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$$

dove:

- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo;
- f_{ctk} è la resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo.

Il coefficiente γ_c assume il valore 1.5.

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori minori di 50 mm, la resistenza di progetto a trazione va ridotta a $0.80 f_{ctd}$.

Acciaio da cemento armato

La resistenza di progetto dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

dove:

- è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio;
- f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio, per armature da precompressione è la tensione convenzionale caratteristica di snervamento data, a seconda del tipo di prodotto, da f_{pyk} (barre), $f_{p(0.1)k}$ (fili), $f_{p(1)k}$ (trefoli e trecce); si veda in proposito la Tab. 11.3.VIII.

Il coefficiente γ_s assume sempre, per tutti i tipi di acciaio, il valore 1.15.

La resistenza di progetto dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

dove:

- γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio;

- f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio, per armature da precompressione è la tensione convenzionale caratteristica di snervamento data, a seconda del tipo di prodotto, da f_{pyk} (barre), $f_{p(0..31)k}$ (fili), $f_{p(1)k}$ (trefoli e trecce).

Il coefficiente γ_s assume sempre, per tutti i tipi di acciaio, il valore 1.15.

7.4 Ancoraggi

Per quanto riguarda la progettazione degli ancoraggi, si fa riferimento al Par. 6.6 delle NTC2018.

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi dei tiranti di ancoraggio si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che li compongono.

Per il dimensionamento geotecnico, deve risultare rispettata la condizione [6.2.1] delle NTC2018 con specifico riferimento ad uno stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. La verifica di tale condizione può essere effettuata con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.6.I delle NTC2018.

La verifica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio si esegue confrontando la massima azione di progetto E_d con la resistenza di progetto R_{ad} , determinata applicando alla resistenza caratteristica R_{ak} i coefficienti parziali γ_R riportati nella Tab. 6.6.I delle NTC2018. Nel caso in esame nel settore del muro crollato, si considerano ancoraggi provvisori (γ_R pari a 1.1).

Tab. 6.6.I - Coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi

	Simbolo	Coefficiente parziale
Temporanei	γ_R	1,1
Permanenti	γ_R	1,2

Figura 34 - Coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi (NTC2018).

Il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio R_{ak} si può determinare:

- Dai risultati di prove di progetto su ancoraggi di prova;
- Con metodi di calcolo analitici, dai valori caratteristici dei parametri geotecnici dedotti dai risultati di prove in sito e/o di laboratorio.

Nel caso in esame (b), il valore della resistenza caratteristica R_{ak} è il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione ξ_{a3} e ξ_{a4} riportati nella Tabella 6.6.III delle NTC2018 rispettivamente al valor medio e al valor minimo delle resistenze $R_{a,c}$ ottenute dal calcolo (condizione 6.6.1 delle NTC2018). Per la valutazione dei fattori ξ_{a3} e ξ_{a4} , si deve tenere conto che i profili di indagine sono solo quelli che consentono la completa identificazione del modello geotecnico di sottosuolo per il terreno di fondazione dell'ancoraggio.

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,c})_{medio}}{\xi_{a3}}; \frac{(R_{a,c})_{min}}{\xi_{a4}} \right\}$$

Nella valutazione analitica della resistenza allo sfilamento degli ancoraggi non si applicano coefficienti parziali di sicurezza sui valori caratteristici della resistenza del terreno; si fa quindi riferimento ai coefficienti parziali di sicurezza M1.

Tab. 6.6.III - Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine

Numero di profili di indagine	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{a3}	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
ξ_{a4}	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

Figura 35 - Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine.

Nel caso in esame si assume un fattore di correlazione ξ_a pari a 1.8. Tale valore rappresenta il massimo possibile in quanto non sono presenti prove di estrazione da cui ricavare uno specifico parametro di adesione malta-terreno. Inoltre, per il dimensionamento degli ancoraggi è stata rispettata la gerarchia delle resistenze, facendo in modo che la resistenza a sfilamento caratteristica della barra fosse sempre inferiore alla resistenza strutturale dell'acciaio caratteristica.

8 Verifiche

In questo capitolo vengono descritte le metodologie adottate per le verifiche di carattere geotecnico e strutturale degli elementi previsti in progetto. Tutte le verifiche sono state svolte secondo le NTC2018.

8.1 Verifiche muri di sostegno

Sono descritte di seguito le metodologie di verifica seguite dal software IS Muri.

8.1.1 Verifica a flessione SLU

La verifica a presso-flessione o presso-tensione (eventualmente deviata), viene svolta utilizzando il seguente diagramma di flusso:

- 1) suddivisione della sezione in aree elementari
 - a) definizione delle proprietà lineari elastiche di ciascuna area elementare secondo le proprietà del materiale di cui è composta
- 2) calcolo iterativo fino a convergenza (attivazione della condizione di “non verifica” se questa non viene raggiunta)
 - a) calcolo della deformazione corrispondente alle sollecitazioni applicate
 - b) integrazione delle tensioni all’interno di ciascuna area secondo la legge costitutiva (in genere non lineare) del materiale corrispondente

$$N = \int_{A_d} \sigma_d dA_d + \sum_i \sigma_{c,i} A_{c,i}$$

$$M_x = \int_{A_d} \sigma_d y dA_d + \sum_i \sigma_{c,i} y_{c,i} A_{c,i}$$

$$M_y = \int_{A_d} \sigma_d x dA_d + \sum_i \sigma_{c,i} x_{c,i} A_{c,i}$$

- c) confronto tra la reazione risultante e le sollecitazioni applicate
 - d) aggiornamento delle lineari elastiche di ciascuna area elementare e passaggio alla successiva iterazione
- 3) ottenuta la convergenza, confronto tra le deformazioni calcolate e gli eventuali limiti deformativi imposti dalla normativa secondo il materiale utilizzato (attivazione della condizione di “non verifica” se questi non sono rispettati).

Questa procedura conduce al calcolo di una configurazione equilibrata e congruente, corrispondente alla condizione di “verifica superata”, oppure all’attivazione della condizione di “non verifica”.

La verifica a flessione del palo è stata effettuata quindi verificando il rispetto della seguente relazione:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

dove:

- M_{Rd} = momento resistente della sezione;
- M_{Ed} = momento di calcolo massimo della sezione.

8.1.2 Verifica a taglio SLU

La verifica a taglio del palo è stata effettuata verificando il rispetto della seguente relazione:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove:

- V_{Rd} = taglio resistente della sezione;
- V_{Ed} = taglio di calcolo massimo della sezione.

8.2 Verifiche SLU-SLE sui pali

Le sollecitazioni massime al metro lineare sono state estratte dalle analisi numeriche su Paratie Plus, già amplificate dei relativi coefficienti di normativa. Il software permette inoltre il calcolo automatico delle capacità resistente della sezione secondo normativa, i cui procedimenti saranno comunque illustrati di seguito.

8.2.1 Verifica a flessione SLU

La verifica a flessione del palo viene effettuata verificando il rispetto della seguente relazione:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

dove:

- M_{Rd} = momento resistente della sezione;
- M_{Ed} = momento di calcolo massimo della sezione.

8.2.2 Verifica a taglio SLU

La verifica a taglio del palo è stata effettuata verificando il rispetto della seguente relazione:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove:

- V_{Rd} = taglio resistente della sezione;
- V_{Ed} = taglio di calcolo massimo della sezione.

8.2.3 Verifiche SLE sui pali

Verifica di fessurazione

La verifica viene condotta automaticamente dal software Paratie Plus.

I valori di ampiezza massima delle devono essere confrontati con i valori limite di apertura delle fessure forniti da NTC2018 applicando la tabella 4.1.IV:

- $w_1=0.2$ mm;
- $w_2=0.3$ mm;
- $w_3=0.4$ mm.

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Tabella 1- Tabella 4.1.IV NTC2018: criteri di scelta dello stato limite di fessurazione.

Nel caso in esame si ricade nel caso di armature poco sensibili alla corrosione in condizioni ambientali Ordinarie, per cui il valore di riferimento applicato per le verifiche è: $w_1 = 0.3$ mm.

Verifica delle tensioni su cls e acciaio

Le tensioni di lavoro di calcestruzzo e acciaio, ricavate dalle massime sollecitazioni SLE estratte dal software Paratie Plus, devono risultare inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo $\sigma_{c,max}$, deve rispettare la limitazione seguente, come indicato al paragrafo 2.5.1.8.3.2.1 del MdP – Sez II:

$$\sigma_{c,max} \leq 0.55 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica}$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0.40 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.}$$

Nel caso in esame, per un calcestruzzo C25/30 si prende cautelativamente a riferimento la combinazione quasi permanente, da cui ne consegue un valore di verifica pari a 10 MPa.

La tensione massima, $\sigma_{s,max}$, per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente, come indicato al paragrafo 2.5.1.8.3.2.1 del MdP – Sez II:

$$\sigma_{s,max} \leq 0.75 f_{yk}$$

Nel caso in esame, per un acciaio B450C ne consegue un valore di verifica pari a 337.5 MPa.

8.3 Verifiche di stabilità globali

Le verifiche di stabilità globali sono state effettuate tramite il software Rocscience Slide 2019 e sono trattate nello specifico elaborato 3537_23_000_PE_TSPN_01_00_0602-0_Relazione di calcolo verifiche di stabilità globale.

8.4 Verifiche SLU sulle barre di ancoraggio

8.4.1 Verifica a sfilamento dell'ancoraggio (GEO)

8.4.1.1 Malta-terreno

La resistenza di progetto allo sfilamento malta-terreno viene determinata come:

$$R_d = R_{ad} = \frac{R_{ak}}{\gamma_R}$$

Dove:

- R_{ak} = valore caratteristico della resistenza allo sfilamento;
- R_{ad} = valore di progetto della resistenza allo sfilamento;
- γ_R = coefficiente parziale, pari a 1.1 per ancoraggi provvisori (Tab. 6.6.I delle NTC2018).

Il calcolo di R_{ak} viene determinato tramite la seguente formula:

$$R_{ak} = \frac{\pi D_{perf} L_{barra} \alpha \tau}{\xi_a}$$

In cui:

- D_{perf} = diametro di perforazione;
- L_{barra} = lunghezza della barra reagente oltre il cuneo di rottura;
- α = coefficiente empirico correlato con la metodologia di esecuzione delle iniezioni del tratto di fondazione;
- τ = aderenza limite caratteristica bulbo-terreno;
- ξ_a = fattore di correlazione, da stimare in funzione del numero dei profili di indagine disponibili secondo la Tab. 6.6.III delle NTC2018. In questo caso posto pari a 1.8.

Per i valori di α e τ fare riferimento al capitolo 9.

8.4.1.2 Acciaio-malta

Nel caso di verifica allo sfilamento acciaio-malta la resistenza di progetto vale:

$$R_d = S_{ad} = \frac{\tau_{a-m}}{\gamma_M} \cdot S_{lat}$$

Dove:

- τ_{a-m} è l'adesione acciaio-malta, che si può ricavare a partire dalla resistenza caratteristica R_{ck} della malta ($\tau_{a-m}=0.237R_{ck}^{2/3}$);
- γ_M è il fattore parziale per l'adesione malta-acciaio, pari a 1.50;
- S_{lat} è la superficie effettiva di contatto malta – acciaio, pari a PL , dove:
- P è il perimetro della sezione di armatura;
- L è la lunghezza dell'ancoraggio.

8.4.2 Verifica della resistenza strutturale dell'ancoraggio (STR)

Per quanto riguarda la resistenza strutturale dell'ancoraggio, il valore di progetto, da confrontare con la massima azione di progetto, viene calcolata come:

$$R_d = R_{td} = f_{yd} A_{barra}$$

Dove:

- A_{barra} = area della singola barra di ancoraggio;
- f_{yd} = tensione di progetto di snervamento dell'acciaio.

La resistenza di calcolo dell'acciaio si calcola usando l'espressione definita al §4.1.2.1.1.3 – NTC2018:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

Essendo:

- f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio;
- γ_s = coefficiente parziale di sicurezza = 1.15.

8.5 Verifica delle travi di ripartizione dei tiranti

La verifica delle travi di ripartizione avviene estraendo le sollecitazioni massime sui tiranti dalle analisi di calcolo, applicandole successivamente su un apposito schema statico.

Il momento flettente M_{max} ed il taglio massimo T_{max} sono calcolati modellando la trave di ripartizione come una trave continua su 4 appoggi disposti ad un interasse pari all'interasse fra i tiranti i e sollecitata da un carico uniformemente ripartito pari alla reazione dei tiranti:

$$N_{Ed} = P_d / i$$

$$M_{Ed} = \frac{P_d i^2}{i \cdot 10}$$

$$T_{Ed} \cong \frac{P_d i}{i \cdot 2}$$

La tensione di progetto dell'acciaio f_{yd} , si ottiene dalla tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio f_{yk} (355 MPa), fattorizzata con il coefficiente parziale $\gamma_s = 1.05$. Di seguito sono rappresentate le principali caratteristiche dei profili utilizzati:

Profilo:	HE 180 B	
n. profili =	2	
classe:	1	
W_{el} =	426	cm ³
A =	65	cm ²
W_{pl} =	481	cm ³
A_v =	20.3	cm ²
b =	180	mm
h =	180	mm
t_w =	8.5	mm
t_f =	14	mm
r =	15	mm

Profilo:	HE 200 B	
n. profili =	2	
classe:	1	
W_{el} =	570	cm ³
A =	78	cm ²
W_{pl} =	643	cm ³
A_v =	24.9	cm ²
b =	200	mm
h =	200	mm
t_w =	0	mm
t_f =	15	mm
r =	18	mm

Tabella 2-Caratteristiche delle travi di ripartizione dei tiranti.

9 Modello geotecnico e strutturale

Per ogni Unità Geotecnica interessata sono stati definiti dei parametri geotecnici di riferimento per le analisi e le verifiche/dimensionamenti delle opere in oggetto (Tabella 3). Per i dettagli sulla caratterizzazione geotecnica del sito in esame fare riferimento all'elaborato 3537_23_000_PE_TSPN_01_00_0601-0_Relazione geotecnica.

Unità geotecnica	γ		c'	ϕ'	E
	γ_n	γ_{sat}			
	[kN/m ³]		[kPa]	[°]	[MPa]
UGI	18	18	0	26	15
UGIIIa	20	20	150	26	25
UGIIIb	24	24	240	28	25

Tabella 3 – Riepilogo dei principali parametri geotecnici.

Nell'ambito della caratterizzazione geotecnica specifica per la determinazione della resistenza degli ancoraggi viene utilizzato il metodo proposto da Bustamante e Doix (1985), basato sulle caratteristiche del terreno e sulla tecnologia esecutiva di iniezione.

In questo caso la resistenza fornita dalla superficie laterale dell'ancoraggio è definita, oltre che dalle sue caratteristiche geometriche, da:

- α : coefficiente amplificativo che tiene conto dell'aumento del diametro rispetto al diametro di perforazione, in funzione del terreno e della tecnologia esecutiva;
- q_s (s): resistenza tangenziale unitaria all'interfaccia fra zona iniettata e terreno.

I valori del coefficiente α da adottare sono riportati in Tabella 4.

Terreno	Valori di α		Quantità minima di miscela consigliata
	IRS	IGU	
Ghiaia	1,8	1,3 - 1,4	1,5 Vs
Ghiaia sabbiosa	1,6 - 1,8	1,2 - 1,4	1,5 Vs
Sabbia ghiaiosa	1,5 - 1,6	1,2 - 1,3	1,5 Vs
Sabbia grossa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 Vs
Sabbia media	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 Vs
Sabbia fine	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 Vs
Sabbia limosa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	IRS: (1,5 - 2)Vs; IGU: 1,5Vs
Limo	1,4 - 1,6	1,1 - 1,2	IRS: 2Vs; IGU: 1,5Vs
Argilla	1,8 - 2,0	1,2	IRS: (2,5 - 3)Vs; IGU: (1,5 - 2)Vs
Marne	1,8	1,1 - 1,2	(1,5 - 2)Vs per strati compatti
Calcarei marnosi	1,8	1,1 - 1,2	(2 - 6)Vs o più per strati fratturati
Calcarei alterati o fratturati	1,8	1,1 - 1,2	
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	(1,1 - 1,5)Vs per strati poco fratturati 2Vs o più per strati fratturati

Tabella 4 - Valori del coefficiente amplificativo α .

Nel caso studio, le barre sono ancorate all'interno del substrato roccioso (UGIII). Essendo eseguite le opere di progetto secondo la tecnica di Iniezione Globale Unica (IGU), è stato posto $\alpha = 1.1$.

I valori della resistenza tangenziale unitaria s , all'interfaccia fra tratto iniettato e terreno, possono essere determinati direttamente mediante gli abachi e le tabelle definiti da Bustamante e Doix per le diverse tipologie di terreno.

Nelle figure seguenti sono riportati gli abachi da utilizzare nel caso in oggetto.

Indicazioni per la scelta del valore di s		
TERRENO	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
Da ghiaia a sabbia limosa	SG1	SG2
Limo e argilla	AL1	AL2
Marna, calcare marnoso, calcare tenero fratturato	MC1	MC2
Roccia alterata e/o fratturata	$\geq R1$	$\geq R2$

Tabella 5 - Indicazioni per l'uso degli abachi.

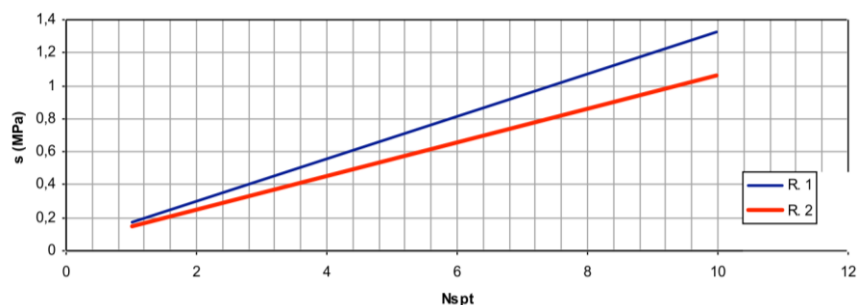


Figura 36 - Abaco per la determinazione di s per rocce alterate e fratturate.

Si è ipotizzato un valore cautelativo di s pari a 350 kPa.

I valori di progetto utilizzati per la caratterizzazione geotecnica degli ancoraggi sono dunque:

- $\alpha = 1.1$;
- $s = 350$ kPa.

9.1 Proprietà meccaniche della muratura

L'identificazione delle proprietà meccaniche della muratura avviene facendo riferimento alla back analysis di cui all'elaborato E601 – "Relazione geotecnica". Ci si riferisce in particolare alla categoria "Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)" di cui alla tab. C8.5.I della circolare esplicativa alla NTC2018, riportata nel seguito.

Non disponendo di indagini dirette sui materiali, Si assume un **Livello di conoscenza 3** ai sensi della menzionata Circolare, a cui corrispondono le seguenti assunzioni:

- Resistenze pari ai valori minimi della tab. C8.5.I
- Moduli elastici pari ai valori medi della tab. C8.5.I
- Fattore di confidenza, riduttivo dei parametri meccanici dei materiali, **FC = 1,35**

Tabella C8.5.I -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f	τ_0	f_{v0}	E	G	w
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei quadrati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbazzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f_{pu} può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

Si osserva poi che la muratura si presenta in condizioni buone, e che in particolare la malta non presenta difetti visibili né erosioni, anzi si dimostra intatta e in ottimo stato di conservazione. In aggiunta, si considera il fatto che il paramento sarà consolidato mediante iniezione di miscele di resine. Appare opportuno dunque considerare i coefficienti migliorativi previsti dalla stessa circolare e definiti nella Tav. C8.5.II di cui nel seguito.

Tabella C8.5.II -Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonacoarmato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

(*) I coefficienti correttivi relativi alle iniezioni di miscele leganti devono essere commisurati all'effettivo beneficio apportato alla muratura, riscontrabile con verifiche sia nella fase di esecuzione (iniettabilità) sia a-posteriori (riscontri sperimentali attraverso prove soniche o similari).

(**) Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

(***) Nel caso di muratura di mattoni si intende come "malta buona" una malta con resistenza media a compressione f_m superiore a 2 N/mm². In tal caso il coefficiente correttivo può essere posto pari a $f_m^{0,25}$ (f_m in N/mm²).

(****) Nel caso di muratura di mattoni si intende come muratura trasversalmente connessa quella apparecchiata a regola d'arte.

Infine, considerato che il Gruppo Ferrovie dello Stato da sempre si è dotato di regole e procedure di controllo atte a garantire la corretta esecuzione delle opere di ingegneria civile e l'utilizzo di materiali controllati ad elevate prestazioni, si assume il coefficiente parziale di sicurezza sui materiali $\gamma_M = 2,5$ corrispondente al massimo valore per classe di esecuzione 1 di cui alla Tab. 4.5.II dell'NTC2018, riportata nel seguito.

Tab. 4.5.II. Valori del coefficiente γ_M in funzione della classe di esecuzione e della categoria degli elementi resistenti

Materiale	Classe di esecuzione	
	1	2
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a prestazione garantita	2,0	2,5
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a composizione prescritta	2,2	2,7
Muratura con elementi resistenti di categoria II, ogni tipo di malta	2,5	3,0

In definitiva, i parametri resistenti di calcolo adottati per la muratura sono i seguenti:

- Resistenza di calcolo a compressione

$$f_d = \frac{f}{FC \gamma_M} \cdot 2,0 \cdot 1,5 = \frac{1 \text{ MPa}}{1,35 \cdot 2,5} \cdot 2,0 \cdot 1,5 = 0,889 \text{ MPa}$$

- Resistenza di calcolo a taglio in assenza di tensioni normali

$$\tau_{0d} = \frac{\tau_0}{FC \gamma_M} \cdot 2,0 \cdot 1,5 = \frac{18 \text{ kPa}}{1,35 \cdot 2,5} \cdot 2,0 \cdot 1,5 = 16 \text{ kPa}$$

10 Analisi di calcolo muro consolidato lato Galleria Turchino

Al fine dello studio, del dimensionamento e della verifica degli interventi sul muro rimasto in posto lato Galleria Turchino sono state condotte delle specifiche analisi di calcolo.

Nel dettaglio si è proceduto a studiare 2 sezioni di calcolo mediante il codice di calcolo IS Muri rappresentative della condizione di completamento degli scavi fino al piano di posa delle fondazioni e delle condizioni definitive corrispondenti all'installazione dei tiranti definitivi della struttura a sbalzo.

10.1 Analisi con IS Muri

Il metodo che viene utilizzato in IS Muri per il calcolo della spinta attiva sul paramento di monte è il Metodo di Culmann, o Metodo del Cuneo di Tentativo; in pratica è una generalizzazione della teoria di Coulomb per poter risolvere i casi più particolari che con le teorie classiche che spesso schematizzano e semplificano troppo. IS Muri grazie a questa teoria è perfettamente in grado di calcolare la spinta attiva in presenza di pendio di forma qualunque anche multistrato (avente anche inclinati), con carichi, in presenza di falda...ecc.

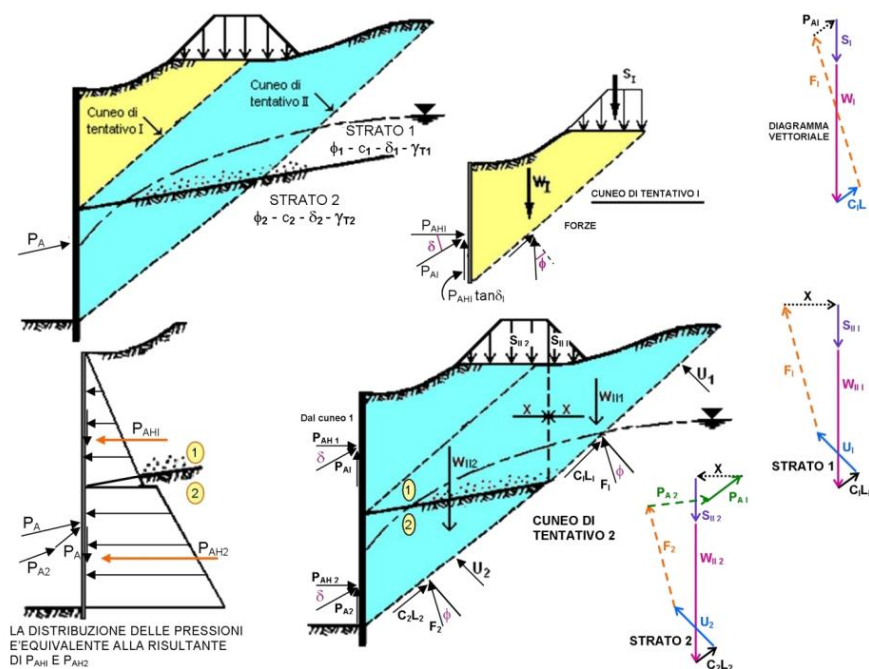


Figura 37 – Schema della metodologia di calcolo tramite IS Muri.

Per lo studio del muro è stata studiata nella presente relazione la condizione di progetto provvisoria relativa la sua stabilità a seguito degli scavi dei terreni di riporto, dell'installazione dei tiranti provvisori e prima della realizzazione della struttura della galleria con contrafforti.

Le condizioni definitive di progetto saranno studiate nella relazione 3537_23_000_PE_TSPN_01_00_0526

I pesi propri dei terreni dei vari livelli litologici, così come i pesi delle strutture, sono stati considerati automaticamente dal software di calcolo in base ai corrispondenti pesi specifici assegnati.

10.2 Modelli di calcolo

Di seguito sono riportati i modelli di calcolo definiti per lo studio del muro esistente.

Nella seguente immagine si riportata il modello di calcolo adottato per lo studio delle fasi di scavo fino alla quota di base della platea.

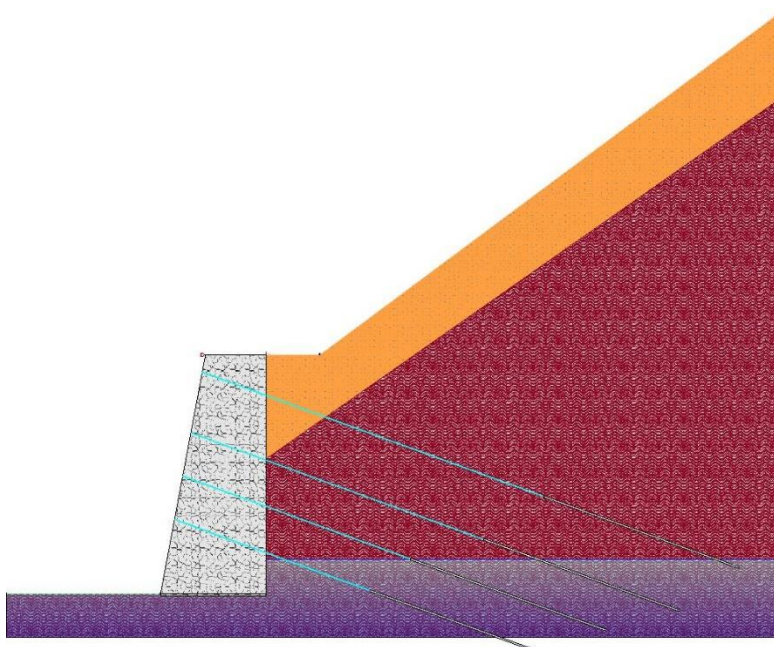


Figura 38 – Modello di calcolo.

Nel modello si è considerato un muro di altezza totale fuori terra pari a 13.8 m.

Geotecnicamente si considera uno spessore di UG1 di circa 6 m.

Viene simulata la presenza dei micropali a tergo del muro tramite un vincolo alla traslazione di rigidità circa 2250 kN/m, corrispondente alla presenza di 3 micropali 168.3/12.5 ad acciaio S355.

A vantaggio di sicurezza non sono stati considerati i tiranti già realizzati.

Si considera dunque un'altezza fuori terra epurata dalla trave in c.a. realizzata in testa al muro.

Sempre a vantaggio di sicurezza si considera il muro privo di fondazione con quota di base prossima al piano di scavo finale.

In questa analisi sono state modellate le 4 file di ancoraggio provvisori, senza considerare cautelativamente i tiranti provvisori in barre Dywidag per il sostegno provvisorio degli impalcati, studiati e dimensionati invece nel documento 3537_23_000_PE_TSPN_01_00_0526.

Per quanto riguarda la falda è stata simulata ad una quota pari a -11 m circa, al fine di simulare il contributo dei dreni.

10.2.1 Risultati di calcolo e verifiche

Di seguito saranno riportati i risultati, i principali output e le relative verifiche per gli elementi previsti da progetto. In allegato saranno comunque riportati i tabulati di calcolo delle analisi effettuate su IS Muri.

10.2.2 Azioni e sollecitazioni di calcolo

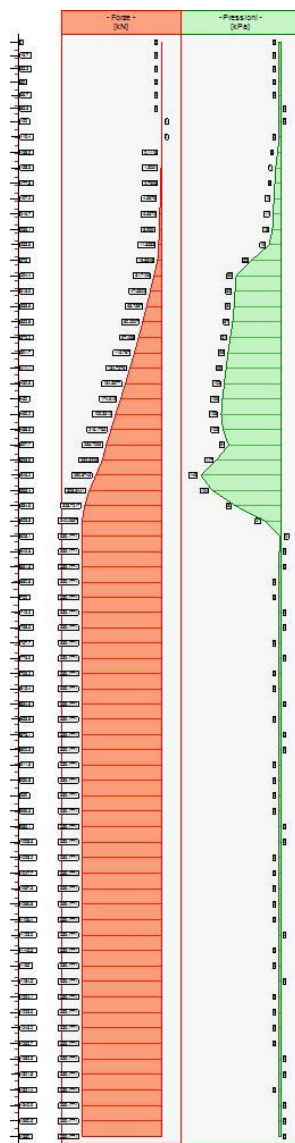


Figura 39 – Forze e pressione del terreno sul paramento (Sezione 1)

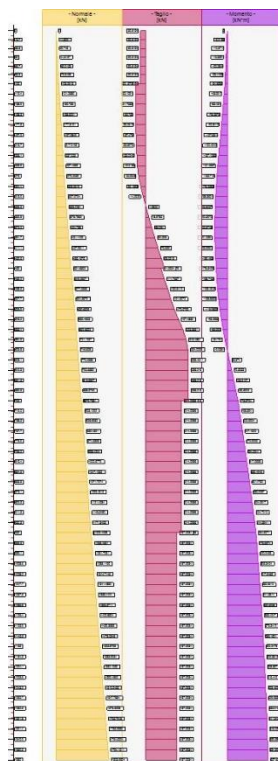


Figura 40 – Diagrammi delle sollecitazioni sul paramento (Sezione 1)

10.2.3 Verifiche

caso di carico	capacità portante	scorrimento	stabilità globale	FS strutturale Fusto(pressoflessione)	FS strutturale Fusto(taglio)	tirante (acciaio)	tirante (ancoraggio)
1 - STR(SLU)	13.07	10.97	- - -	2.96	1.02	14.84	14.43

Tabella 6 – Riepilogo dei risultati delle verifiche strutturali e geotecniche (Sezione 1)

Come si nota dal quadro di sintesi delle verifiche le verifiche risultano del tutto soddisfatte.

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche sui tiranti.

Si specifica che la distinzione tra fondazione e tratto libero è meramente analitica calcolando la lunghezza libera al fine di poter fonda totalmente il bulbo al di fuori di possibili meccanismi di rottura.

Tirante 1 (Verificato: $f_s=19.51$)

- pretensione = 0 [kN]
- lung. effettiva (bulbo) = 12 [m]
- approfondimento medio (bulbo) = 24.0511 [m]
- tiro limite (bulbo) = 1319.4689 [kN]

- alfa (diam.Bulbo/diam.Perf) = 1
- Ds (bulbo) = 0.1 [m]
- qs (bulbo) = 385 [kPa]
- tiro limite (acciaio) = 1357.2 [kN]
- tiro applicato (tirante) = 67.628 [kN]

Coeff. di sicurezza adottati:

- coeff. γR = 1.1 (Provvisorio)

Dati per attrito bulbo-terreno:

- Attrito = 385 [kPa]

Tirante 2 (Verificato: $f_s=27.47$)

- pretensione = 0 [kN]
- lung. effettiva (bulbo) = 12 [m]
- approfondimento medio (bulbo) = 23.9388 [m]
- tiro limite (bulbo) = 1319.4689 [kN]
- alfa (diam.Bulbo/diam.Perf) = 1
- Ds (bulbo) = 0.1 [m]
- qs (bulbo) = 385 [kPa]
- tiro limite (acciaio) = 1357.2 [kN]
- tiro applicato (tirante) = 48.026 [kN]

Coeff. di sicurezza adottati:

- coeff. γR = 1.1 (Provvisorio)

Dati per attrito bulbo-terreno:

- Attrito = 385 [kPa]

Tirante 3 (Verificato: $f_s=18.63$)

- pretensione = 0 [kN]
- lung. effettiva (bulbo) = 10 [m]
- approfondimento medio (bulbo) = 20.9537 [m]
- tiro limite (bulbo) = 1099.5574 [kN]
- alfa (diam.Bulbo/diam.Perf) = 1
- Ds (bulbo) = 0.1 [m]
- qs (bulbo) = 385 [kPa]
- tiro limite (acciaio) = 1357.2 [kN]
- tiro applicato (tirante) = 59.03 [kN]

Coeff. di sicurezza adottati:

- coeff. γR = 1.1 (Provvisorio)

Dati per attrito bulbo-terreno:

- Attrito = 385 [kPa]

Tirante 4 (Verificato: $f_s=14.43$)

- pretensione = 0 [kN]

- lung. effettiva (bulbo) = 12 [m]
- approfondimento medio (bulbo) = 21.9259 [m]
- tiro limite (bulbo) = 1319.4689 [kN]
- alfa (diam.Bulbo/diam.Perf) = 1
- Ds (bulbo) = 0.1 [m]
- qs (bulbo) = 385 [kPa]
- tiro limite (acciaio) = 1357.2 [kN]
- tiro applicato (tirante) = 91.43 [kN]

Coeff. di sicurezza adottati:

- coeff. $\gamma R = 1.1$ (Provvisorio)

Dati per attrito bulbo-terreno:

- Attrito = 385 [kPa]

10.2.4 Verifica travi di ripartizione HEB200

Si verificano le travi di ripartizione verticali.

A vantaggio di sicurezza si verifica uno schema su cui si applica il carico massimo proveniente dal tirante della 1° fila (maggiormente carico) su un interasse di 3.5 m, corrispondente alla distanza tra il 1° ordine e 2° ordine.

DATI PUNTONI			AZIONI DI PROGETTO (F _{Ed})			RESISTENZE DI PROGETTO (R _d)						VERIFICA (>1)
SEZIONE	P _d kN	i m	N _{Ed} kN	M _{Ed} kNm	V _{Ed} kNm	N _{pl,Rd} kN	M _{c,Rd} kNm	V _{c,Rd} kNm	M _{y,V,Rd} kNm	M _{N,y,Rd} kNm	M _{y,V,Rd} kNm	(R _d /F _{Ed}) _{min}
1 FILA	68	3,50	0	24	34	3638	290	705	290	290	290	12,27

OK

Tabella 7 – Riepilogo dei risultati delle verifiche della trave di ripartizione verticale (Sezione 1)

11 Analisi di calcolo opera di consolidamento muro crollato

11.1 Verifica opera di consolidamento muro crollato

Al fine di uno studio specialistico delle opere di contenimento in corrispondenza del muro crollato sono state condotte delle specifiche analisi di calcolo tramite il software Paratie Plus, tenendo in considerazione le effettive fasi realizzative degli interventi.

Di seguito saranno descritti gli schemi di calcolo adottati e i principali risultati ottenuti.

In allegato saranno riportati i tabulati di calcolo delle analisi e i risultati delle verifiche effettuate su Paratie Plus.

11.1.1 Analisi dei carichi

I carichi di progetto considerati nelle analisi sono i seguenti:

- Pesi propri delle terre e delle strutture.

I pesi propri dei terreni e delle strutture sono stati considerati automaticamente dai software di calcolo in base ai corrispondenti pesi specifici assegnati.

11.1.2 Combinazioni dei carichi

Si riportano di seguito le combinazioni di carico secondo quanto prescritto dalle NTC-2018 al par.2.5.3:

- 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:

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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

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

Il software Paratie Plus, per le combinazioni SLE, considera un'unica combinazione valida per le condizioni Rara/Frequente/Quasi permanente.

11.1.3 Descrizione dello schema di calcolo e fasi

In Paratie Plus, a partire dallo stato di fatto, sono state schematizzate le diverse fasi di scavo e l'installazione delle 5 file di ancoraggi, con altezza di scavo finale pari a 14,5 m.

All'interno delle analisi saranno studiate delle configurazioni geometriche dei pali e dei tiranti equivalenti essendo questi distribuiti trasversalmente ad interassi variabili.

Le due file di pali sono state simulate ad una distanza effettiva di 1.6 m e interasse longitudinale equivalente pari a 2.3 m (sono stati considerati all'interno di una fascia di 4.5 m 4 pali totali, suddivisi dunque ugualmente sulle due file).

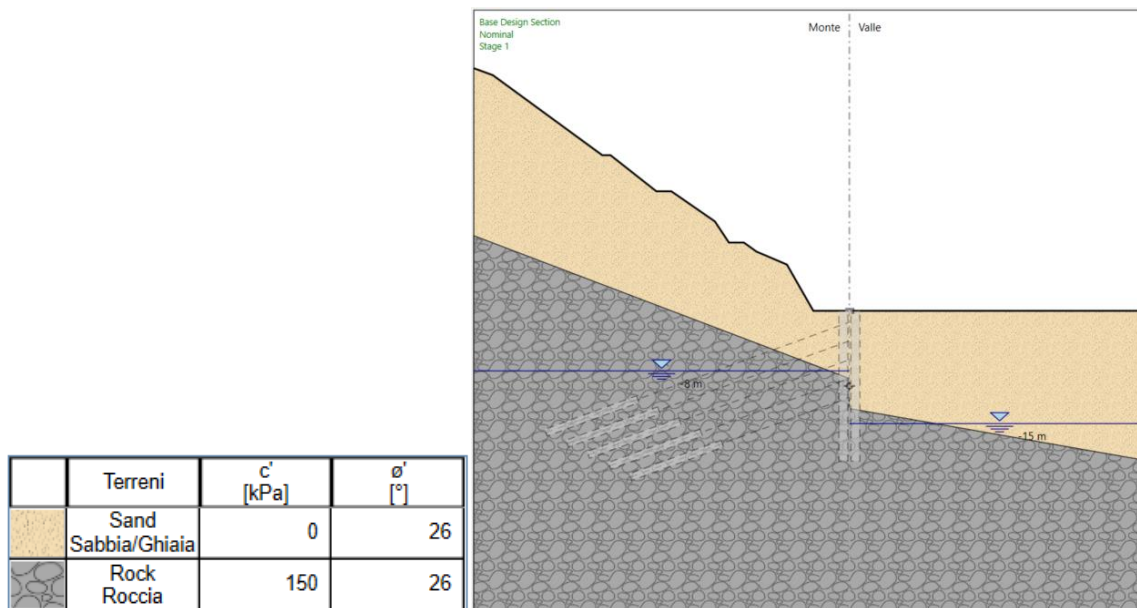
L'azione di pretiro dei tiranti provvisori è stata applicata direttamente tramite una forza puntuale inclinata di 20° rispetto all'orizzontale e pari a 124 kN/m.

Tale forza è stata ricavata considerando il contributo di 4 tiranti con pretiro 325 kN su una fascia complessiva di 10.5 m.

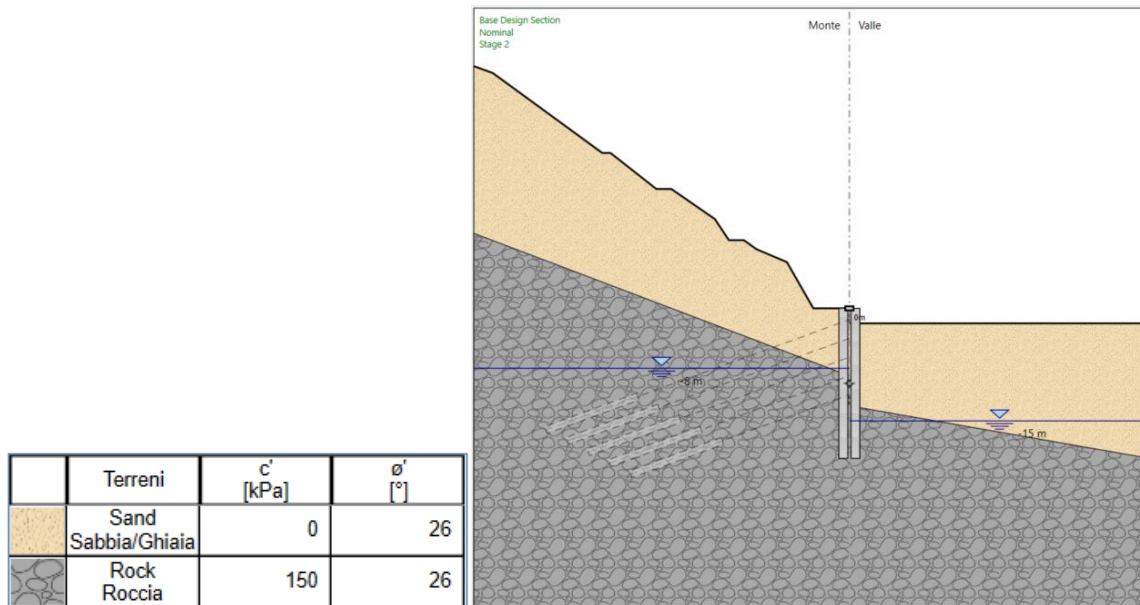
Si specifica che cautelativamente all'interno delle analisi delle paratie non sono stati considerati i contributi del jet-grouting così come dei micropali già realizzati a tergo.

Di seguito si riportano ora le fasi di calcolo analizzate.

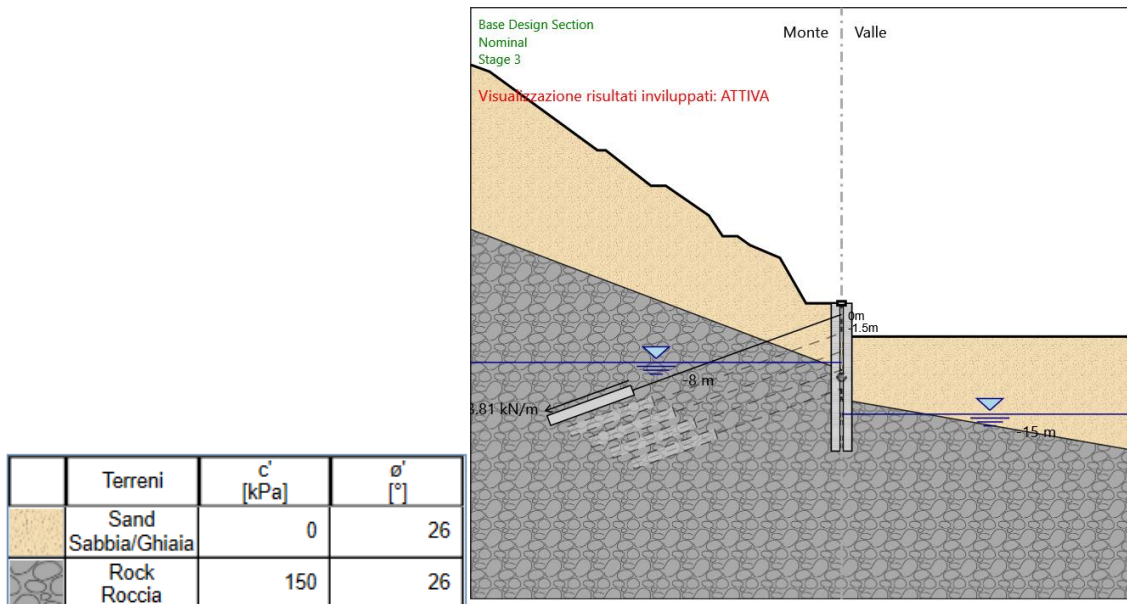
- Fase 1: Stato di fatto. Le indagini hanno rilevato la presenza di acqua a partire da circa -15.0 m da p.c.. Cautelativamente, è stato ipotizzato un innalzamento della falda, lato monte, fino al livello dei pozzi drenanti esistenti (-8 m da p.c.).



- Fase 2: Attivazione della paratia e scavo di 2 m rispetto al p.c..

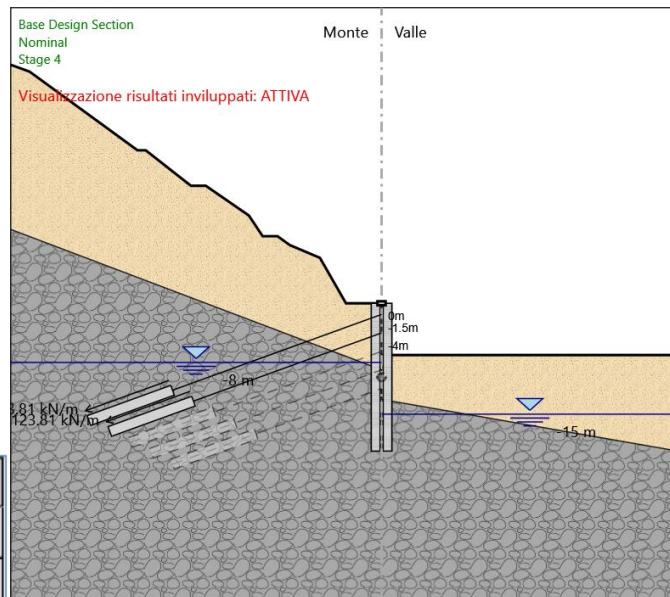


- Fase 3: Attivazione del primo ordine di ancoraggi (lunghezza libera 30 m + lunghezza fondazione 12 m) e scavo di ulteriori 2.5 m (-4.5 m rispetto al p.c.).



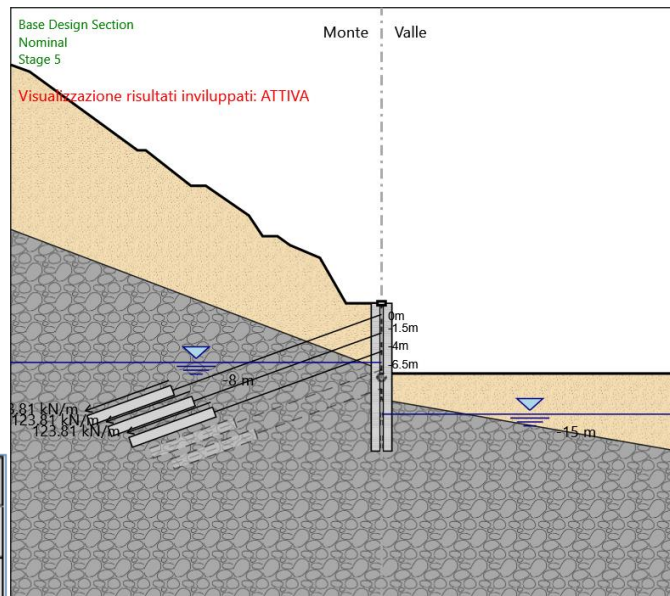
- Fase 4: Attivazione del secondo ordine di ancoraggi (lunghezza libera 27 m + lunghezza fondazione 12 m) e scavo di ulteriori 2.5 m (-7 m rispetto al p.c.).

	Terreni	c' [kPa]	ϕ' [°]
	Sand Sabbia/Ghiaia	0	26
	Rock Roccia	150	26

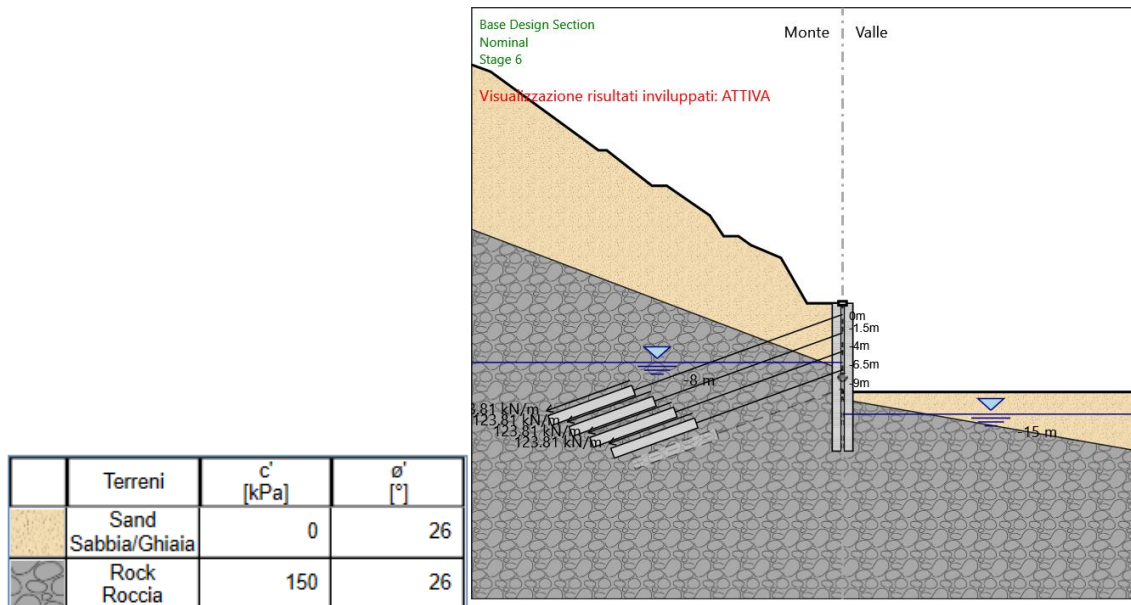


- Fase 5: Attivazione del terzo ordine di ancoraggi (lunghezza libera 24 m + lunghezza fondazione 12 m) e scavo di ulteriori 2.5 m (-9.5 m rispetto al p.c.).

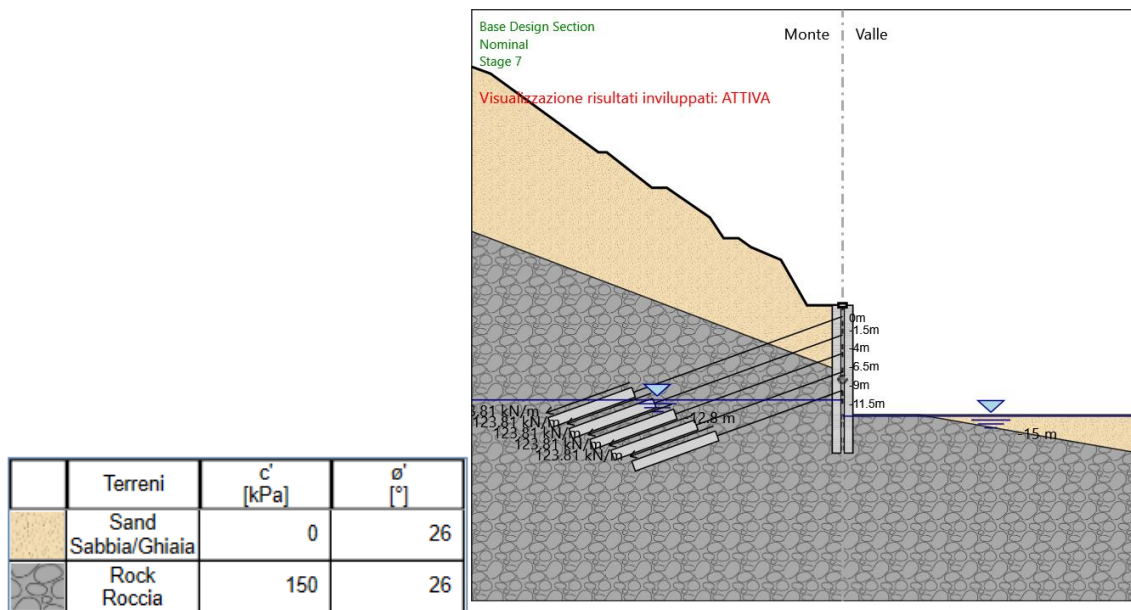
	Terreni	c' [kPa]	ϕ' [°]
	Sand Sabbia/Ghiaia	0	26
	Rock Roccia	150	26



- Fase 6: Attivazione del quarto ordine di ancoraggi (lunghezza libera 21 m + lunghezza fondazione 12 m) e scavo di ulteriori 2.5 m (-12 m rispetto al p.c.). Si ipotizza un abbassamento di falda fino al primo ordine di microdreni (circa -9 m da p.c.).



- Fase 7: Attivazione del quinto ordine di ancoraggi (lunghezza libera 18 m + lunghezza fondazione 12 m) e scavo dei rimanenti 2.8 m (-14.8 m rispetto al p.c., quota di scavo finale). Si ipotizza un ulteriore abbassamento di falda fino al secondo ordine di microdreni (circa -12 m da p.c.).



11.1.4 Risultati ottenuti

11.1.4.1 Combinazioni SLU

Si riportano di seguito le sollecitazioni massime da involucro, così come i tassi di sfruttamento delle sezioni (inversi dei coefficienti di sicurezza).

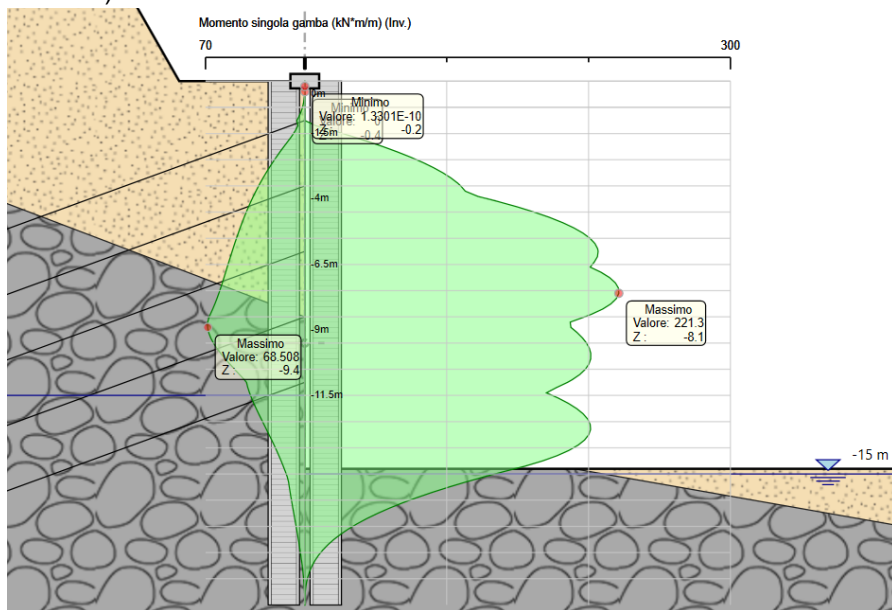


Figura 41 – Involuppo Momento flettente SLU.

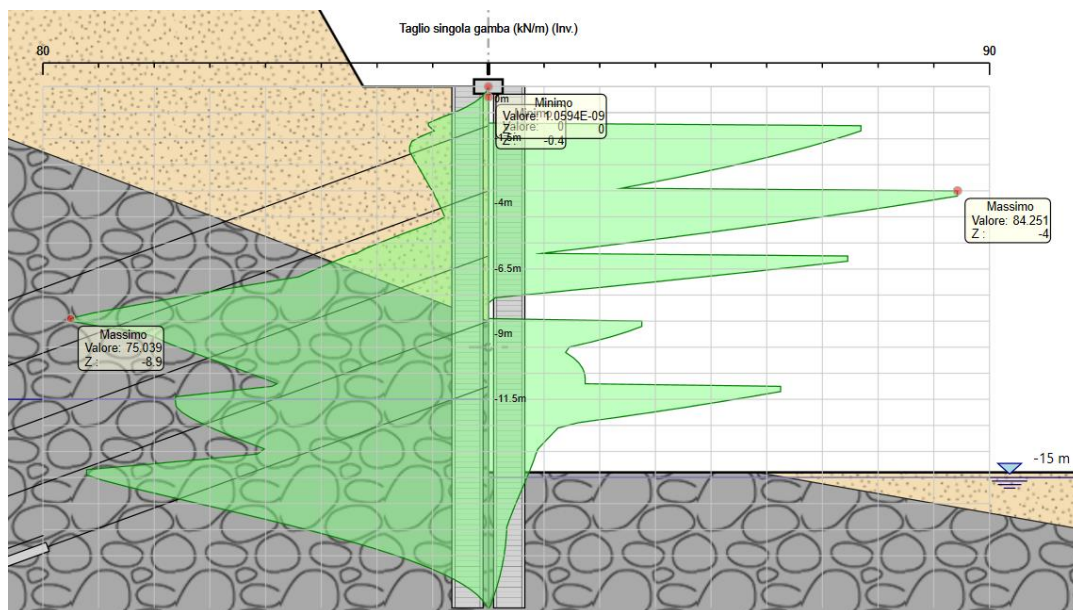


Figura 42: Inviluppo Taglio SLU.

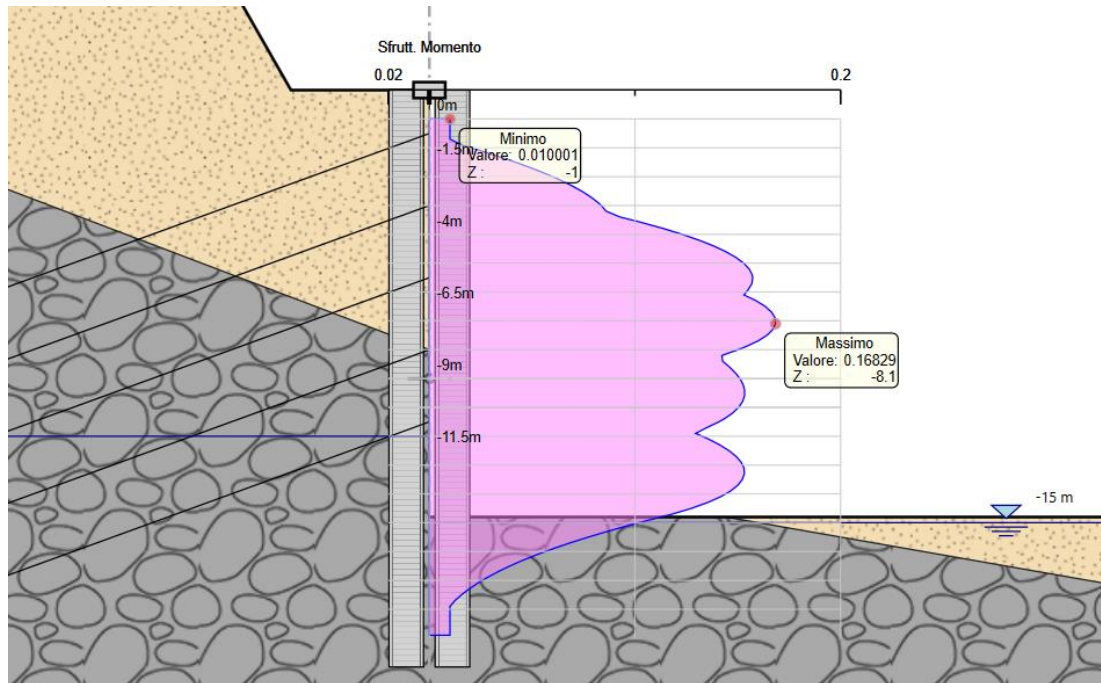


Figura 43 – Tasso di sfruttamento del momento (FS=5.94).

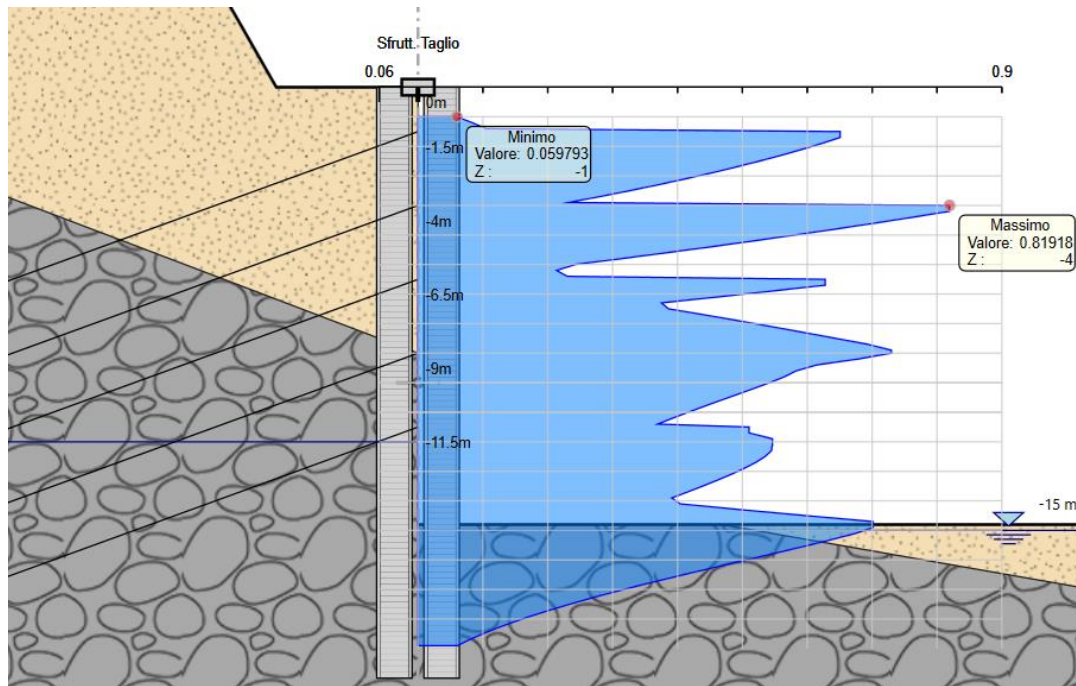


Figura 44 – Tasso di sfruttamento del taglio (FS=5.94).

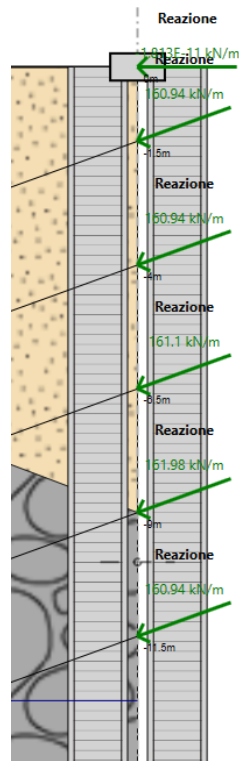


Figura 45: Dettaglio involuppo reazioni sugli ancoraggi.

11.1.4.2 Combinazioni SLE

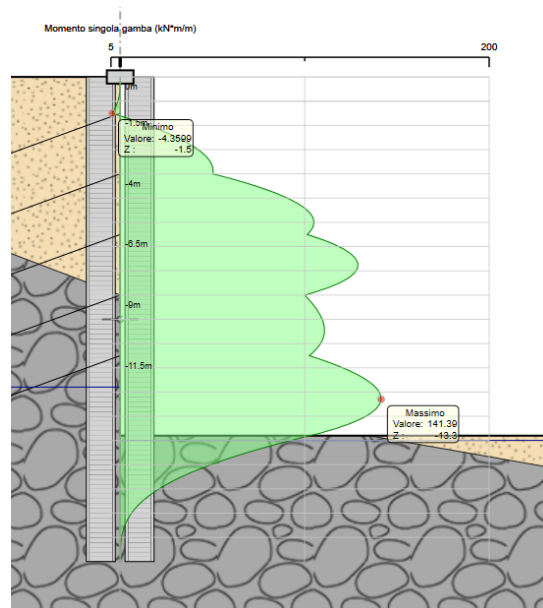


Figura 46: Momento flettente massimo in condizioni SLE.

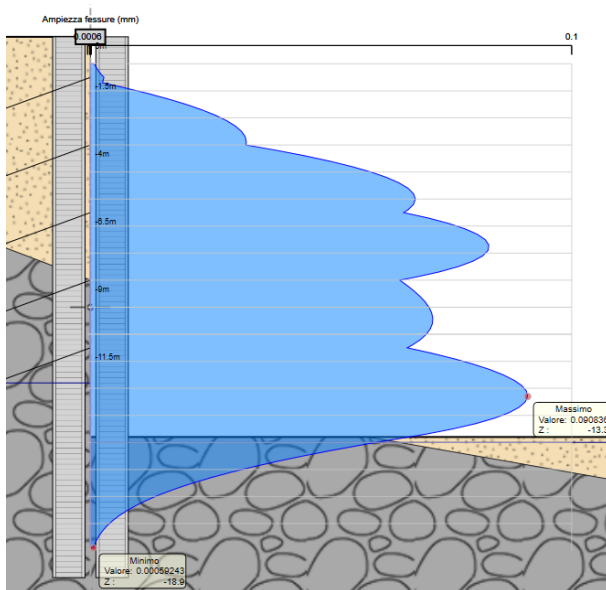


Figura 47: Fessure con scavo a -14.8 m.

Per quanto riguarda la verifica a fessurazione, il valore massimo di apertura delle fessure è pari a circa 0.09 mm, inferiore al valore di apertura massimo $w_2=0.3$ mm.

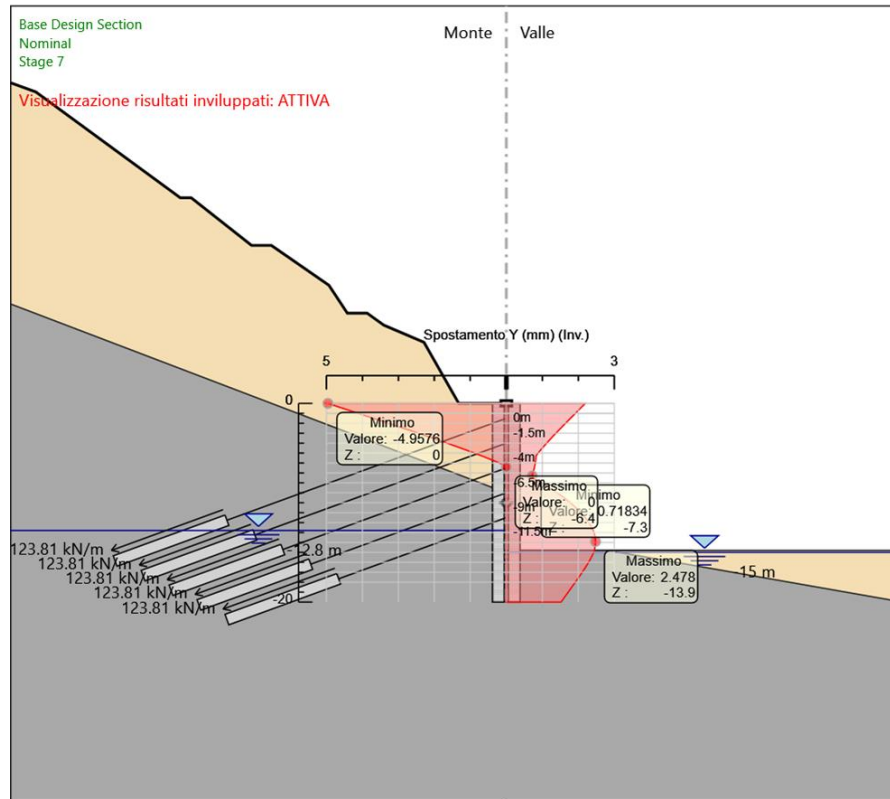


Figura 48: Spostamenti orizzontali con scavo a -14.8 m.

11.1.5 Verifica tiranti

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche dei tiranti da inviluppo.

Tipo Risultato: Verifiche Tiranti									
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	Design Assumption
Tirante 1	Stage 3	422.468	733.038	828	0.576	0.51			NTC2018: A1+M1+R3
Tirante 2	Stage 4	422.468	733.038	828	0.576	0.51			NTC2018: A1+M1+R3
Tirante 3	Stage 6	422.898	733.038	828	0.577	0.511			NTC2018: A1+M1+R3
Tirante 4	Stage 7	425.21	733.038	828	0.58	0.514			NTC2018: A1+M1+R3
Tirante 5	Stage 7	422.468	733.038	828	0.576	0.51			NTC2018: A1+M1+R3

Tabella 8 – Riepilogo dei risultati delle verifiche dei tiranti

DATI PUNTONI			AZIONI DI PROGETTO (F _{Ed})			RESISTENZE DI PROGETTO (R _d)						VERIFICA (>1)	
SEZIONE	P _d kN	i m	N _{Ed} kN	M _{Ed} kNm	V _{Ed} kNm	N _{pl,Rd} kN	M _{c,Rd} kNm	V _{c,Rd} kNm	M _{y,V,Rd} kNm	M _{N,y,Rd} kNm	M _{y,V,Rd} kNm	(R _d /F _{Ed}) _{min}	
1 FILA	422	2.63	0	111	211	4416	326	792	326	326	326	2.94	OK
2 FILA	422	2.63	0	111	211	4416	326	792	326	326	326	2.94	OK
3 FILA	423	2.63	0	111	211	4416	326	792	326	326	326	2.93	OK
4 FILA	425	2.63	0	112	213	4416	326	792	326	326	326	2.92	OK
5 FILA	422	2.63	0	111	211	4416	326	792	326	326	326	2.94	OK

Tabella 9 – Riepilogo dei risultati delle verifiche della trave di ripartizione orizzontale

11.1.6 Verifica travi di ripartizione HEB180

Si verificano le travi di ripartizione orizzontali.

DATI PUNTONI			AZIONI DI PROGETTO (F _{Ed})			RESISTENZE DI PROGETTO (R _d)						VERIFICA (>1)
SEZIONE	P _d	i	N _{Ed}	M _{Ed}	V _{Ed}	N _{pl,Rd}	M _{c,Rd}	V _{c,Rd}	M _{y,V,Rd}	M _{N,y,Rd}	M _{y,V,Rd}	(R _d /F _{Ed}) _{min}

-	kN	m	kN	kNm	kNm	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	--	
1 FILA	422	2.63	0	111	211	4416	326	792	326	326	326	2.94	OK
2 FILA	422	2.63	0	111	211	4416	326	792	326	326	326	2.94	OK
3 FILA	423	2.63	0	111	211	4416	326	792	326	326	326	2.93	OK
4 FILA	425	2.63	0	112	213	4416	326	792	326	326	326	2.92	OK
5 FILA	422	2.63	0	111	211	4416	326	792	326	326	326	2.94	OK

Tabella 10 – Riepilogo dei risultati delle verifiche della trave di ripartizione verticale (Sezione 2)

12 Allegati di calcolo

12.1 Allegato di calcolo IS Muri

Relazione di Calcolo



CDM DOLMEN
CALCOLO STRUTTURALE E GEOTECNICO

18:44:12 domenica 28 gennaio 2024

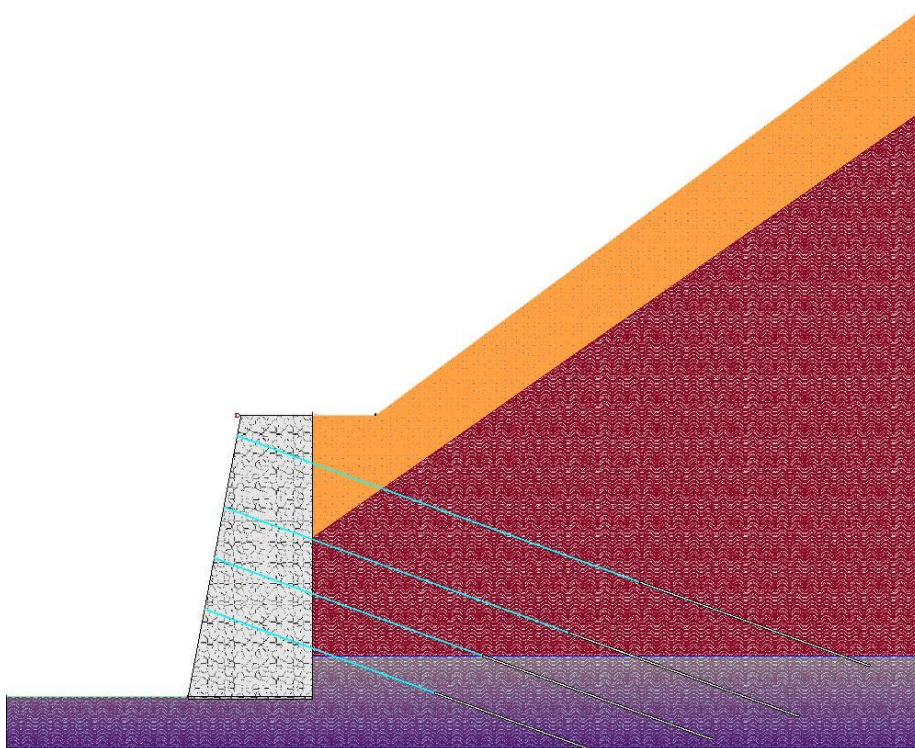


Descrizione : descrizione progetto
Committente : committente
Località : localita'
Progettista : progettista
Diretti Lavori : direttore lavori
Impresa : impresa



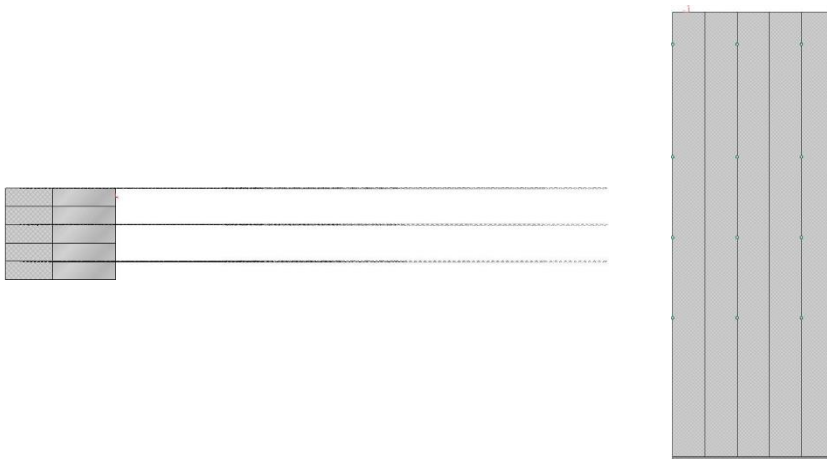
Software: IS Muri
di CDM DOLMEN e omnia IS srl, Via Drovetti 9/f, 10138 Torino - 011 4470755 - www.omniais.it

- VERIFICA MURO CONTRO TERRA -



pianta

prospetto



- Riassunto verifiche

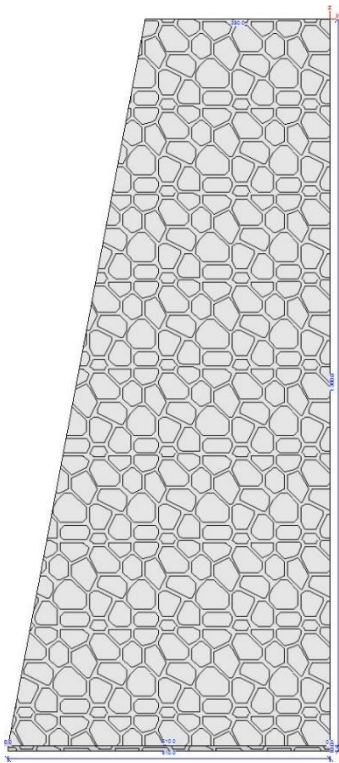
Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con i fattori di sicurezza minimi (= rapporto R_d/E_d o C_d/E_d) calcolati per tutte le verifiche. La verifica si intende superata se il valore del rapporto è maggiore o uguale a 1.0. Le caselle con i trattini indicano che la verifica corrispondente non va svolta per il relativo Caso di Carico.

caso di carico	capacità portante	scorrimento	stabilità globale	FS strutturale Fusto(pressoflessione)	FS strutturale Fusto(taglio)	tirante (acciaio)	tirante (ancoraggio)
1 - STR(SLU)	13.07	10.97	- - -	2.96	1.02	14.84	14.43

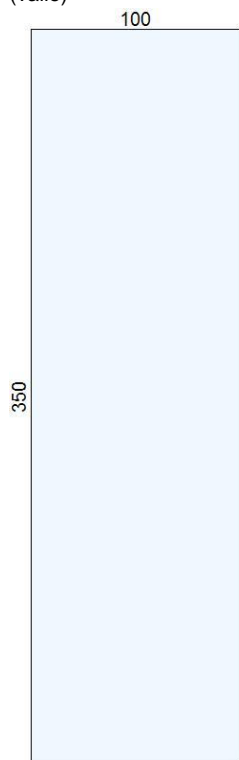
Muro Verificato! [Verifiche Superate]

- Elementi strutturali

- Muro e fondazione



Sezione 1:
 (valle)

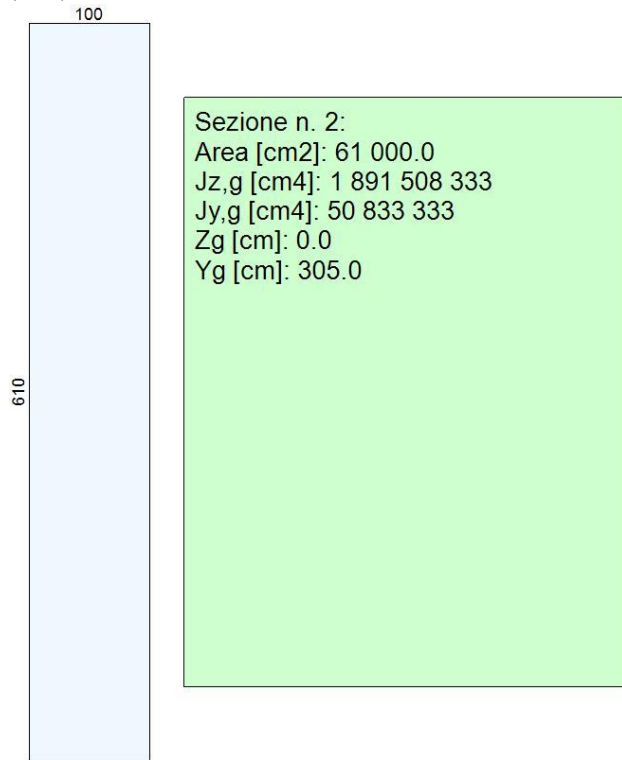


Sezione n. 1:
 Area [cm²]: 35 000.0
 Jz,g [cm⁴]: 357 291 667
 Jy,g [cm⁴]: 29 166 667
 Zg [cm]: 0.0
 Yg [cm]: 175.0

(monte)

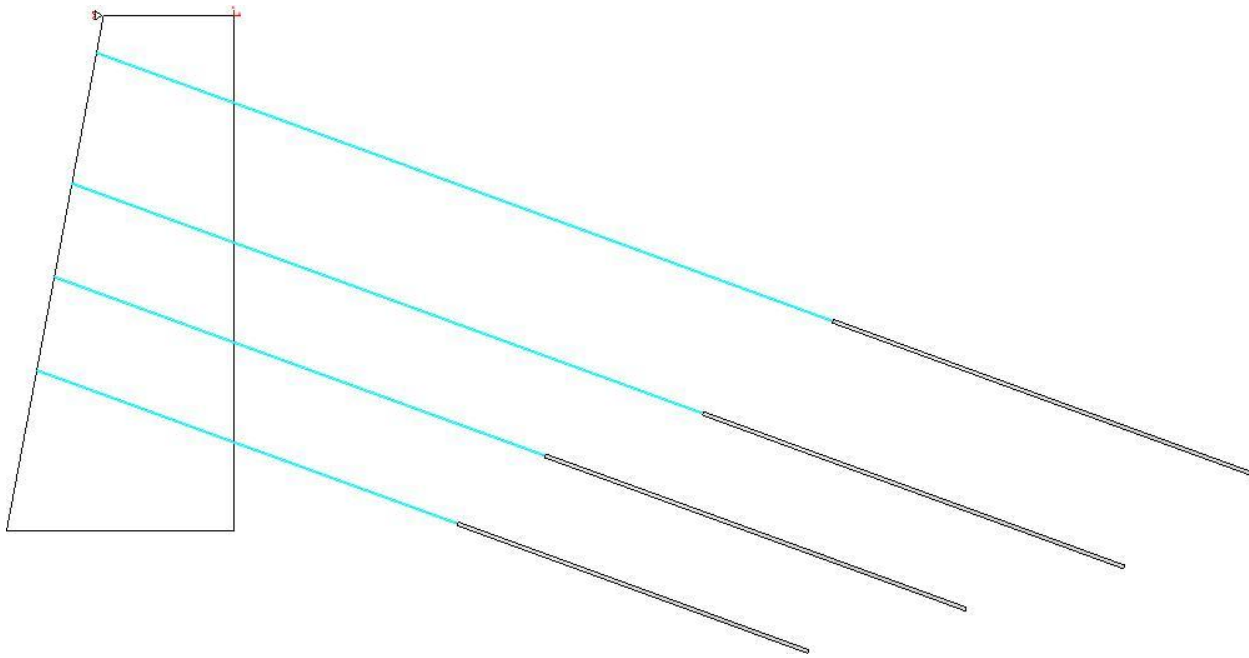
Sezione 2:

(valle)



(monte)

- Tiranti/Vincoli



Fila 1:

- descrizione = tiranti, fila 1
- interasse = 2 [m]
- scostamento iniziale = 0 [m]
- quota = -1 [m]
- inclinazione = 20 °
- lung. libera = 21 [m]
- lung. sigillata = 12 [m]
- lung. sigillata deformabile = 80.0 [%]
- area acciaio = 1131 [mm²]
- pretensione = 0 [kN]

Fila 2:

- descrizione = tiranti fila 2
- interasse = 2 [m]
- scostamento iniziale = 0 [m]
- quota = -4.5 [m]
- inclinazione = 20 °
- lung. libera = 18 [m]
- lung. sigillata = 12 [m]
- lung. sigillata deformabile = 80.0 [%]
- area acciaio = 1131 [mm²]
- pretensione = 0 [kN]

Fila 3:

- descrizione = tiranti fila 4
- interasse = 2 [m]
- scostamento iniziale = 0 [m]
- quota = -9.5 [m]

- inclinazione = 20 °
- lung. libera = 12 [m]
- lung. sigillata = 10 [m]
- lung. sigillata deformabile = 30.0 [%]
- area acciaio = 1131 [mm²]
- pretensione = 50 [kN]

Fila 4:

- descrizione = tiranti fila 3
- interasse = 2 [m]
- scostamento iniziale = 0 [m]
- quota = -7 [m]
- inclinazione = 20 °
- lung. libera = 14 [m]
- lung. sigillata = 12 [m]
- lung. sigillata deformabile = 30.0 [%]
- area acciaio = 1131 [mm²]
- pretensione = 50 [kN]

Vincolo 1:

- descrizione = vincolo
- quota = 0 [m]
- rotazione = libera
- traslazione = impedita (rigidezza vincolo = 2250 daN/cm)

- Terreno

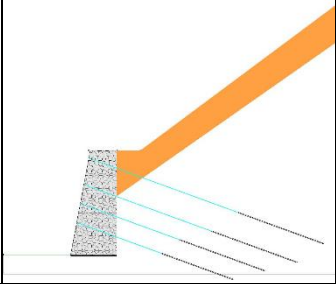
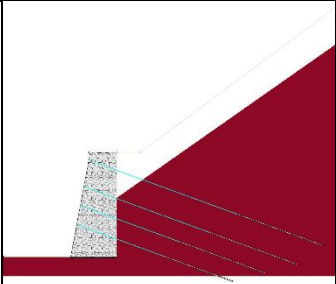
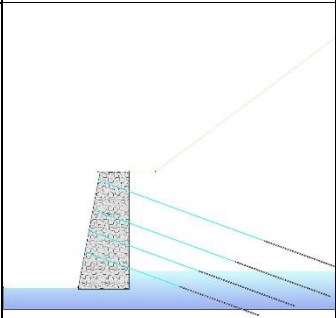
- Profili di Monte e Valle

MONTE			VALLE		
punto	x [m]	z [m]	punto	x [m]	z [m]
1	0	0	1	-6.1	-13.8
2	3.1	0	2	-15	-13.8
3	30	20			

Coordinate vertici profilo di monte e di valle.

- Strati

strato e terreno	dati inseriti	disegno strato	coord. (x;z)

- Strato 1 (strato 1) Terreno 1 (non coesivo) (Sabbia) $c' = 5$ [kPa] $\gamma = 18$ [kN/m ³] $\varphi = 26^\circ$	$h = 0$ $i = 0^\circ$		1 (0;-6)[m] 2 (30;15.0062)[m] 3 (30;20)[m] 4 (3.1;0)[m] 5 (0;0)[m]
- Strato 2 (strato 2) Terreno 2 (coesivo) (Roccia alterata) $c' = 240$ [kPa] $\gamma = 24$ [kN/m ³] $\varphi = 28^\circ$ $c_u = 1$ [kPa]	$h = -600$ i (monte) = 35° i (valle) = 0°		1 (30;-16.3)[m] 2 (30;15.0062)[m] 3 (0;-6)[m] 4 (0;-13.8)[m] 5 (0;-13.9)[m] 6 (-6.1;-13.9)[m] 7 (-6.1;-13.8)[m] 8 (-15;-13.8)[m] 9 (-15;-16.3)[m]
- falda	$hV = -1380$ $hM = -1180$ $hI = -400$		1 (-610;-1390) 2 (-610;-1380) 3 (-1500;-1380) 4 (-1500;-1630) 5 (3000;-1630) 6 (3000;-1180) 7 (0;-1180) 8 (0;-1380) 9 (0;-1390)

Stratigrafia.

- Normativa, materiali e modello di calcolo

- **Norme Tecniche per le Costruzioni 17/01/2018**

- Approccio 2

Coeff. sulle azioni	Coeff. proprietà terreno	Coeff. resistenze
permanenti/favorevole = 1 permanenti/sfavorevole = 1.3 permanenti non strutturali/favorevole = 0.8 permanenti non strutturali/sfavorevole = 1.5 variabili/favorevole = 0 variabili/sfavorevole = 1.5	Coesione = 1 Angolo di attrito = 1 Resistenza al taglio non drenata = 1	Capacità portante = 1.4 Scorrimento = 1.1 Resistenza terreno a valle = 1.4 Ribaltamento = 1.15 Capacità portante (sisma) = 1.2 Scorrimento (sisma) = 1 Resistenza terreno a valle (sisma) = 1.2 Ribaltamento (sisma) = 1 Ancoraggi temporanei = 1.1 Ancoraggi permanenti = 1.2

- **Dati di progetto dell'azione sismica:**

L'analisi in condizioni sismiche non è stata eseguita.

- Caratteristiche dei materiali:

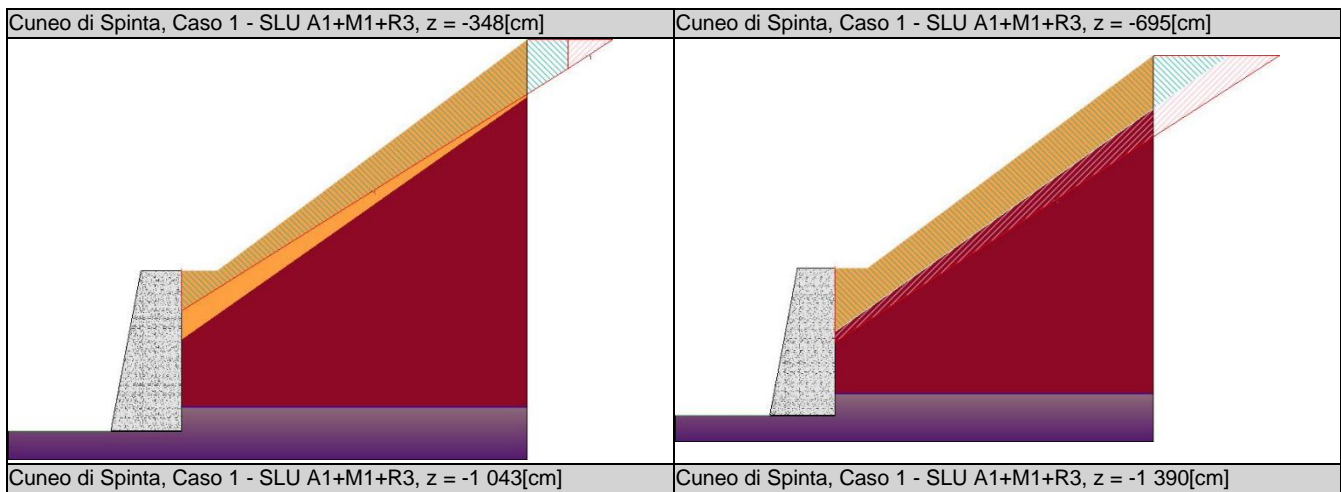
Muratura							
	Descrizione	=	=	Pietrame	e		malta
	f_k	=	=	3000			[kPa]
τ_0		=	=	54			[kPa]
	E	=	=	690000			[kPa]
	γ_m		(statico)		=		2.5
	γ_m		(sismico)		=		2
- γ (p.vol.) = 19 [kN/m ³]							

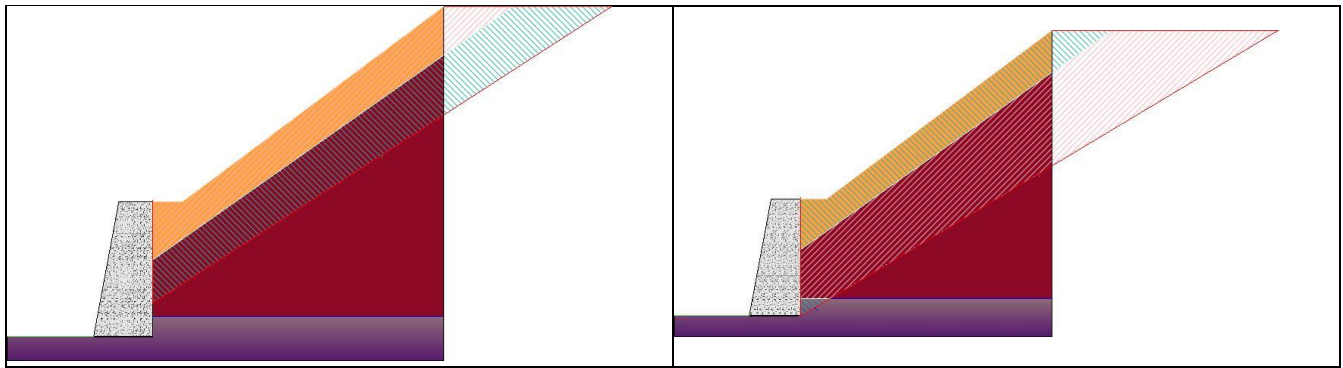
- Opzioni di calcolo

Spinte calcolate con coefficiente di spinta attiva "ka" (si considera che il muro non sia in grado di subire spostamenti). Il calcolo della spinta è svolto secondo il metodo del cuneo di tentativo generalizzato (Rif.: Renato LANCELLOTTA "Geotecnica" (2004) - NAVFAC Design Manual 7.02 (1986)). Il metodo è iterativo e prevede la suddivisione del terreno a monte dell'opera in poligoni semplici definiti dal paramento, dalla successione stratigrafica e dalla superficie di scivolamento di tentativo. La procedura automatica vaglia numerose superfici di scivolamento ad ogni quota di calcolo lungo il paramento, determinando la configurazione che comporta la spinta massima sull'opera.

-	Attrito	muro	terreno	/	ϕ'	=	0.67
-	Aderenza	muro	terreno	/	c'	=	0
-	Attrito	terreno	terreno	/	ϕ'	=	0.67

- Aderenza terreno terreno / $c' = 0$





La capacità portante della fondazione nastriforme, su suolo omogeneo, viene calcolata con la formula di Brinch-Hansen (1970) considerando separatamente i contributi dovuti alla coesione, al sovraccarico laterale ed al peso del terreno, utilizzando i coefficienti di capacità portante suggeriti da vari Autori ed i coefficienti correttivi dovuti alla forma della fondazione (s), all'approfondimento (d), alla presenza di un'azione orizzontale (i), all'inclinazione del piano di posa (b) e del piano campagna (g). La resistenza a slittamento è valutata considerando l'attrito sviluppato lungo la base della fondazione, e trascurando il contributo del terreno a lato.

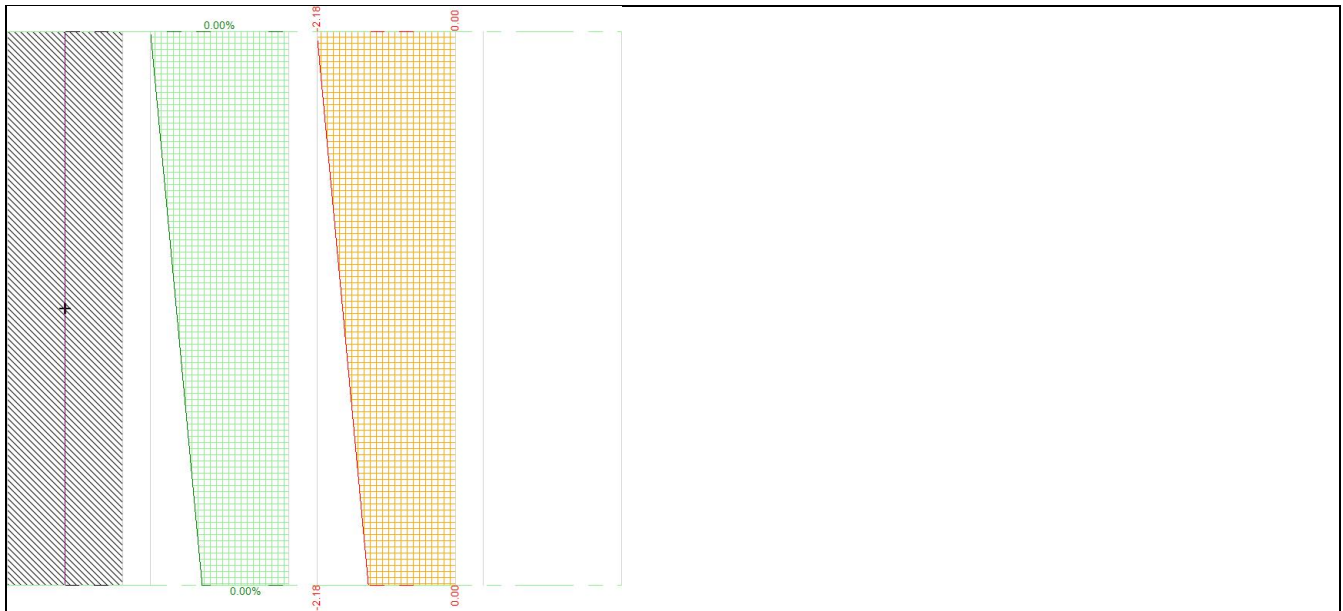
- Attrito fond. terreno / σ' o C_u = 1
- coeff. per calcolo della sottospinta idraulica = 0.1

Il calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti dell'opera viene svolto con il metodo degli elementi finiti (FEM). Gli elementi schematizzanti il muro hanno peso e caratteristiche meccaniche proprie dei materiali di cui è costituito. Il terreno spingente (a monte) è rappresentato per mezzo di azioni distribuite applicate sugli elementi. Il terreno di fondazione è rappresentato per mezzo di elementi finiti non-lineari (con parzializzazione), con opportuno coefficiente di reazione alla Winkler in compressione.

- lunghezze aste elevazione = 20 [cm]
- lunghezze aste fondazione = 10 [cm]
- coefficiente di reazione del terreno (Winkler) = 50000 [kN/m³]

La verifica delle sezioni in muratura viene eseguita a SLU. La pressoflessione è verificata a SLU con diagramma costitutivo lineare con parzializzazione [NTC18 4.5.6.1]. La resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti è verificata a SLU [NTC18 4.5.6.1].

Verifica a pressoflessione, sezione del fusto, Caso 1 - SLU A1+M1+R3, z = -690[cm]
Diagramma verde = deformazione [%], arancio = tensioni muratura [daN/cm ²].



Verifica a pressoflessione, sezione del fusto, Caso 1 - SLU A1+M1+R3, z = -1 380[cm]
 Diagramma verde = deformazione [%], arancio = tensioni muratura [daN/cm2].



- Carichi

- Carichi sulla Struttura

Considera come carico principale variabile (per coeff. psi [NTC18 2.5.3]) i casi di tipo: tutti

- Casi di Carico

caso	coefficienti per i carichi
------	----------------------------

STR		(SLU)	
descr.	=	SLU	A1+M1+R3 nessun carico
coeff. = 1.3(pp.), 1.3(ter.m.), 1.3(fld.m.)1.3(ter.cs.), 1.3(fld.cs.)			

Casi di Carico

- Verifiche Geotecniche

caso di carico	capacità portante	scorrimento	equilibrio
1 (SLU)	<p><i>Drenata</i></p> <p>q di progetto = 342 [kPa]</p> <p>q limite = 4471 [kPa]</p> <p>--> fs = 13.07</p> <p>[Verificato]</p>	<p><i>Drenata</i></p> <p>v applicato = 187.0934 [kN]</p> <p>v limite = 2052.5846 [kN]</p> <p>--> fs = 10.97</p> <p>[Verificato]</p>	<p><i>Ribaltamento</i></p> <p>verifica non prevista</p> <p><i>Stab. globale</i></p> <p>verifica non prevista</p>

Verifiche geotecniche della fondazione.

- Verifiche Strutturali

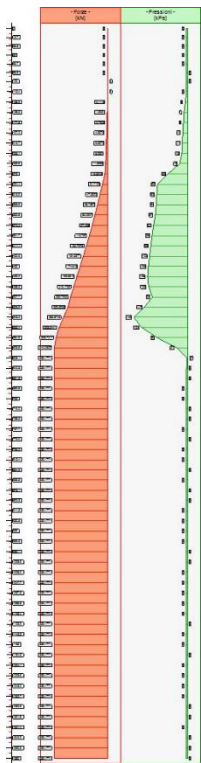
- Diagrammi delle Spinte e Pressioni

- Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Elevazione				Fondazione		
quota [m]	Pressioni [kPa]	Forze [kN]		quota [m]	Pressioni [kPa]	Sottopressioni [kPa]
0	0	0	•	-6.1	409	0
0	0	0	•	-6.0016	405	0
-0.1667	0	0	•	-5.9032	402	0
-0.3333	0	0	•	-5.8048	399	0
-0.5	0	0	•	-5.7065	395	0
-0.6667	0	0	•	-5.6081	392	0
-0.8333	0	0	•	-5.5097	388	0
-1	0	0	•	-5.4113	385	0
-1.1944	0	0	•	-5.3129	381	0
-1.3889	3	0.1118	•	-5.2145	378	0
-1.5833	7	1.3051	•	-5.1161	374	0
-1.7778	8	2.7903	•	-5.0177	371	0
-1.9722	10	4.5676	•	-4.9194	367	0
-2.1667	11	6.6372	•	-4.821	364	0
-2.3611	13	8.9991	•	-4.7226	361	0
-2.5556	19	11.6533	•	-4.6242	357	0
-2.75	52	16.3546	•	-4.5258	354	0
-2.9444	80	31.7106	•	-4.4274	350	0
-3.1389	82	47.5322	•	-4.329	347	0
-3.3333	84	63.7587	•	-4.2306	343	0
-3.5278	87	80.2907	•	-4.1323	340	0
-3.7222	91	97.498	•	-4.0339	336	0
-3.9167	96	115.787	•	-3.9355	333	1
-4.1111	99	134.7276	•	-3.8371	329	1

-4.3056	103	154.3377	•	-3.7387	326	1
-4.5	106	174.615	•	-3.6403	322	1
-4.6923	108	195.3312	•	-3.5419	319	1
-4.8846	105	216.1765	•	-3.4435	315	1
-5.0769	94	235.7093	•	-3.3452	312	1
-5.2692	117	252.5225	•	-3.2468	308	1
-5.4615	146	280.8745	•	-3.1484	305	1
-5.6538	124	308.5441	•	-3.05	301	1
-5.8462	82	328.7217	•	-3.05	301	1
-6.0385	27	340.0337	•	-2.9516	297	1
-6.2308	-2	339.1771	•	-2.8532	294	1
-6.4231	0	339.1771	•	-2.7548	290	2
-6.6154	0	339.1771	•	-2.6565	287	2
-6.8077	0	339.1771	•	-2.5581	283	2
-7	0	339.1771	•	-2.4597	279	2
-7.1923	0	339.1771	•	-2.3613	276	2
-7.3846	0	339.1771	•	-2.2629	272	2
-7.5769	0	339.1771	•	-2.1645	269	2
-7.7692	0	339.1771	•	-2.0661	265	2
-7.9615	0	339.1771	•	-1.9677	261	2
-8.1538	0	339.1771	•	-1.8694	258	2
-8.3462	0	339.1771	•	-1.771	254	2
-8.5385	0	339.1771	•	-1.6726	250	2
-8.7308	0	339.1771	•	-1.5742	247	2
-8.9231	0	339.1771	•	-1.4758	243	2
-9.1154	0	339.1771	•	-1.3774	240	2
-9.3077	0	339.1771	•	-1.279	236	2
-9.5	0	339.1771	•	-1.1806	232	2
-9.6955	0	339.1771	•	-1.0823	229	2
-9.8909	0	339.1771	•	-0.9839	225	2
-10.0864	0	339.1771	•	-0.8855	221	2
-10.2818	0	339.1771	•	-0.7871	218	2
-10.4773	0	339.1771	•	-0.6887	214	2
-10.6727	0	339.1771	•	-0.5903	210	2
-10.8682	0	339.1771	•	-0.4919	207	2
-11.0636	0	339.1771	•	-0.3935	203	3
-11.2591	0	339.1771	•	-0.2952	199	3
-11.4545	0	339.1771	•	-0.1968	196	3
-11.65	0	339.1771	•	-0.0984	192	3
-11.8455	0	339.1771	•	0	188	3
-12.0409	0	339.1771	•			
-12.2364	0	339.1771	•			
-12.4318	0	339.1771	•			
-12.6273	0	339.1771	•			
-12.8227	0	339.1771	•			
-13.0182	0	339.1771	•			
-13.2136	0	339.1771	•			
-13.4091	0	339.1771	•			
-13.6045	0	339.1771	•			
-13.8	0	339.1771	•			

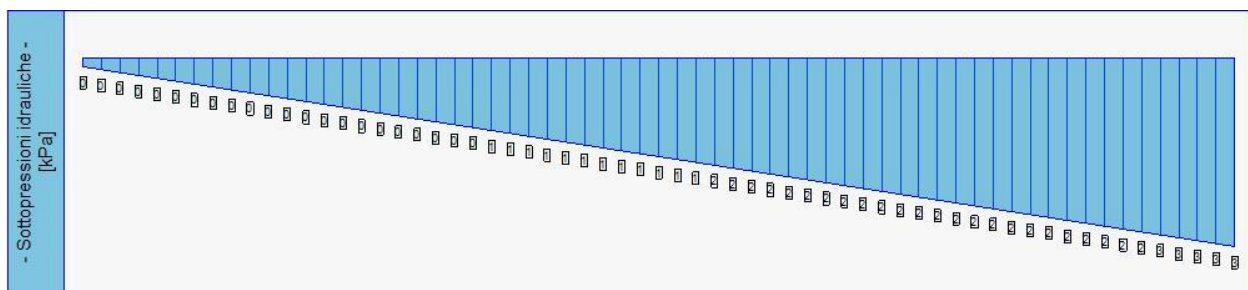
Forze e Pressioni lungo il paramento verticale e fondazione, per il Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)



Forze (totali) e Pressioni lungo il fusto, per il Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)



Pressioni sul terreno, per il Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)



Sottopressioni idrauliche, per il Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (1 [m])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 339.1771 [kN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 106.4217 [kN]
- altezza totale, forza orizzontale = 339.1771 [kN]
- altezza totale, forza verticale = 106.4217 [kN]

Risultante delle pressioni sulla fondazione (valori da intendersi a modulo di calcolo (1 [m])):

- distanza dal bordo fondazione lato valle = 2.68 [m]
- forza orizzontale = 187.09 [kN]
- forza verticale = 1830.47 [kN]

- Diagrammi di Sforzo Normale / Taglio / Momento

- Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Elevazione, presso-flessione								
quota [m]	Normale [kN]	Taglio [kN]	Momento [kN*m]	•	Tens. Min*Max (σ) [kPa]	Tens.Res.(fd) [kPa]	FS >1/<1	-
-0.1667	-14.8091	30.6154	-5.2188	•	2 • 7	0.0012	> 100	Verificato
-0.3333	-29.748	30.6154	-10.6712	•	3 • 13	0.0012	89.59	Verificato
-0.5	-44.8167	30.6154	-16.3591	•	5 • 20	0.0012	59.8	Verificato
-0.6667	-60.0153	30.6154	-22.2846	•	6 • 27	0.0012	44.9	Verificato
-0.8333	-75.3438	30.6154	-28.4498	•	8 • 33	0.0012	35.96	Verificato
-1	-90.802	30.6154	-34.8567	•	9 • 40	0.0012	30.01	Verificato
-1	-103.0613	62.1372	-34.8568	•	9 • 40	0.0012	30.01	Verificato
-1.1944	-121.2689	62.1091	-48.9917	•	11 • 54	0.0012	22.33	Verificato
-1.3889	-139.756	61.7533	-63.434	•	10 • 64	0.0012	18.74	Verificato
-1.5833	-158.6221	60.753	-78.0879	•	9 • 74	0.0012	16.16	Verificato
-1.7778	-177.8191	59.2612	-92.8419	•	8 • 84	0.0012	14.24	Verificato
-1.9722	-197.2849	57.476	-107.6314	•	8 • 94	0.0012	12.76	Verificato
-2.1667	-217.0195	55.3973	-122.4042	•	7 • 104	0.0012	11.58	Verificato
-2.3611	-237.023	53.0249	-137.1083	•	7 • 113	0.0012	10.62	Verificato
-2.5556	-257.4335	49.9183	-151.6637	•	7 • 122	0.0012	9.83	Verificato
-2.75	-279.2059	43.0348	-165.716	•	8 • 131	0.0012	9.16	Verificato
-2.9444	-303.0319	30.1693	-178.2533	•	10 • 140	0.0012	8.58	Verificato
-3.1389	-327.9794	14.2929	-188.3621	•	13 • 148	0.0012	8.13	Verificato
-3.3333	-353.2281	-1.9805	-195.8037	•	17 • 155	0.0012	7.77	Verificato
-3.5278	-378.7869	-18.6785	-200.5072	•	22 • 160	0.0012	7.49	Verificato
-3.7222	-404.738	-36.064	-202.3748	•	28 • 165	0.0012	7.27	Verificato
-3.9167	-431.1409	-54.326	-201.2561	•	34 • 169	0.0012	7.1	Verificato
-4.1111	-457.9611	-73.355	-196.9961	•	42 • 172	0.0012	6.98	Verificato
-4.3056	-485.1675	-93.0513	-189.466	•	51 • 174	0.0012	6.91	Verificato
-4.5	-512.761	-113.4179	-178.5427	•	61 • 175	0.0012	6.87	Verificato
-4.5	-521.6302	-91.0924	-178.5429	•	61 • 175	0.0012	6.87	Verificato
-4.6923	-549.2607	-111.7657	-168.7436	•	73 • 178	0.0012	6.74	Verificato
-4.8846	-577.0333	-132.3412	-155.4645	•	83 • 178	0.0012	6.73	Verificato
-5.0769	-604.5679	-151.6072	-138.8332	•	94 • 178	0.0012	6.76	Verificato
-5.2692	-632.6526	-172.0752	-118.9855	•	105 • 176	0.0012	6.81	Verificato

-5.4615	-662.4603	-197.4839	-95.2668	•	118 • 174	0.0012	6.89	Verificato
-5.6538	-692.6522	-223.5661	-66.992	•	132 • 171	0.0012	7.02	Verificato
-5.8462	-721.1267	-243.4881	-34.761	•	147 • 167	0.0012	7.2	Verificato
-6.0385	-746.828	-254.0208	-0.0561	•	161 • 161	0.0012	7.45	Verificato
-6.2308	-770.0686	-256.4311	35.374	•	155 • 174	0.0012	6.88	Verificato
-6.4231	-792.6582	-256.216	70.5053	•	149 • 187	0.0012	6.4	Verificato
-6.6154	-815.5307	-256.216	105.2107	•	144 • 200	0.0012	6	Verificato
-6.8077	-838.5762	-256.216	139.5002	•	139 • 212	0.0012	5.66	Verificato
-7	-861.7945	-256.216	173.3706	•	134 • 224	0.0012	5.37	Verificato
-7	-879.7381	-214.0986	173.3704	•	134 • 224	0.0012	5.37	Verificato
-7.1923	-903.1292	-214.0986	198.394	•	136 • 237	0.0012	5.07	Verificato
-7.3846	-926.6932	-214.0986	222.9924	•	134 • 245	0.0012	4.89	Verificato
-7.5769	-950.4301	-214.0986	247.1622	•	132 • 254	0.0012	4.73	Verificato
-7.7692	-974.3398	-214.0986	270.9005	•	130 • 262	0.0012	4.58	Verificato
-7.9615	-998.4224	-214.0986	294.2041	•	129 • 270	0.0012	4.44	Verificato
-8.1538	-1022.6779	-214.0986	317.0698	•	128 • 278	0.0012	4.32	Verificato
-8.3462	-1047.1062	-214.0986	339.4946	•	127 • 286	0.0012	4.2	Verificato
-8.5385	-1071.7074	-214.0986	361.4752	•	127 • 293	0.0012	4.1	Verificato
-8.7308	-1096.4815	-214.0986	383.0087	•	126 • 300	0.0012	4	Verificato
-8.9231	-1121.4284	-214.0986	404.0917	•	126 • 307	0.0012	3.91	Verificato
-9.1154	-1146.5482	-214.0986	424.7212	•	126 • 313	0.0012	3.83	Verificato
-9.3077	-1171.8408	-214.0986	444.8941	•	126 • 320	0.0012	3.75	Verificato
-9.5	-1197.3063	-214.0986	464.6073	•	127 • 326	0.0012	3.68	Verificato
-9.5	-1209.4058	-187.0934	464.6071	•	127 • 326	0.0012	3.68	Verificato
-9.6955	-1235.4651	-187.0934	478.6674	•	131 • 333	0.0012	3.6	Verificato
-9.8909	-1261.7031	-187.0934	492.2463	•	133 • 338	0.0012	3.55	Verificato
-10.0864	-1288.1195	-187.0934	505.3404	•	135 • 342	0.0012	3.5	Verificato
-10.2818	-1314.7146	-187.0934	517.9465	•	137 • 347	0.0012	3.46	Verificato
-10.4773	-1341.4882	-187.0934	530.0612	•	139 • 351	0.0012	3.42	Verificato
-10.6727	-1368.4404	-187.0934	541.6814	•	141 • 355	0.0012	3.38	Verificato
-10.8682	-1395.5711	-187.0934	552.8036	•	144 • 359	0.0012	3.34	Verificato
-11.0636	-1422.8804	-187.0934	563.4247	•	146 • 363	0.0012	3.3	Verificato
-11.2591	-1450.3683	-187.0934	573.5412	•	149 • 367	0.0012	3.27	Verificato
-11.4545	-1478.0348	-187.0934	583.1501	•	152 • 371	0.0012	3.24	Verificato
-11.65	-1505.8798	-187.0934	592.2478	•	155 • 374	0.0012	3.21	Verificato
-11.8455	-1533.9034	-187.0934	600.8313	•	158 • 377	0.0012	3.18	Verificato
-12.0409	-1562.1055	-187.0934	608.8971	•	161 • 381	0.0012	3.15	Verificato
-12.2364	-1590.4862	-187.0934	616.442	•	164 • 384	0.0012	3.13	Verificato
-12.4318	-1619.0455	-187.0934	623.4627	•	168 • 387	0.0012	3.1	Verificato
-12.6273	-1647.7834	-187.0934	629.9559	•	171 • 390	0.0012	3.08	Verificato
-12.8227	-1676.6998	-187.0934	635.9183	•	174 • 392	0.0012	3.06	Verificato
-13.0182	-1705.7948	-187.0934	641.3467	•	178 • 395	0.0012	3.04	Verificato
-13.2136	-1735.0683	-187.0934	646.2377	•	182 • 398	0.0012	3.02	Verificato
-13.4091	-1764.5204	-187.0934	650.5881	•	185 • 400	0.0012	3	Verificato
-13.6045	-1794.1511	-187.0934	654.3945	•	189 • 403	0.0012	2.98	Verificato
-13.8	-1823.9604	-187.0934	657.6538	•	193 • 405	0.0012	2.96	Verificato

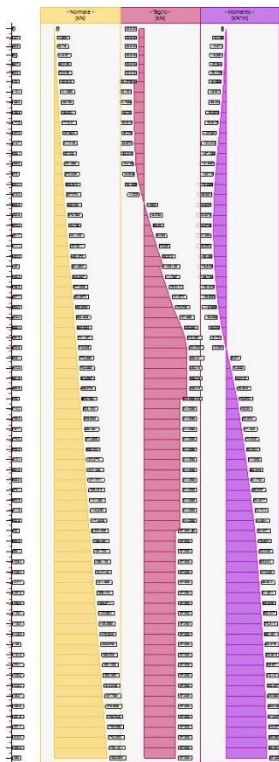
Sforzo Normale, Taglio e Momento lungo il paramento verticale, per il Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)
 La sezione del muro è ovunque interamente compressa.

Elevazione, taglio							
quota [m]	Normale [kN]	Taglio [kN]	Momento [kN*m]	•	Tag.Res. [kN]	FS >1/<1	-
-0.1667	-14.8091	30.6154	-5.2188	•	117.3418	3.83	Verificato

-0.3333	-29.748	30.6154	-10.6712	•	121.2385	3.96	Verificato
-0.5	-44.8167	30.6154	-16.3591	•	125.0948	4.09	Verificato
-0.6667	-60.0153	30.6154	-22.2846	•	128.915	4.21	Verificato
-0.8333	-75.3438	30.6154	-28.4498	•	132.7029	4.33	Verificato
-1	-90.802	30.6154	-34.8567	•	136.4617	4.46	Verificato
-1	-103.0613	62.1372	-34.8568	•	138.5922	2.23	Verificato
-1.1944	-121.2689	62.1091	-48.9917	•	142.9015	2.3	Verificato
-1.3889	-139.756	61.7533	-63.434	•	147.1992	2.38	Verificato
-1.5833	-158.6221	60.753	-78.0879	•	151.5038	2.49	Verificato
-1.7778	-177.8191	59.2612	-92.8419	•	155.8087	2.63	Verificato
-1.9722	-197.2849	57.476	-107.6314	•	160.1058	2.79	Verificato
-2.1667	-217.0195	55.3973	-122.4042	•	164.3968	2.97	Verificato
-2.3611	-237.023	53.0249	-137.1083	•	168.6832	3.18	Verificato
-2.5556	-257.4335	49.9183	-151.6637	•	172.9872	3.47	Verificato
-2.75	-279.2059	43.0348	-165.716	•	177.4492	4.12	Verificato
-2.9444	-303.0319	30.1693	-178.2533	•	182.1628	6.04	Verificato
-3.1389	-327.9794	14.2929	-188.3621	•	186.9847	13.08	Verificato
-3.3333	-353.2281	-1.9805	-195.8037	•	191.7965	96.84	Verificato
-3.5278	-378.7869	-18.6785	-200.5072	•	196.6011	10.53	Verificato
-3.7222	-404.738	-36.064	-202.3748	•	201.4115	5.58	Verificato
-3.9167	-431.1409	-54.326	-201.2561	•	206.2364	3.8	Verificato
-4.1111	-457.9611	-73.355	-196.9961	•	211.0718	2.88	Verificato
-4.3056	-485.1675	-93.0513	-189.466	•	215.9144	2.32	Verificato
-4.5	-512.761	-113.4179	-178.5427	•	220.765	1.95	Verificato
-4.5	-521.6302	-91.0924	-178.5429	•	221.894	2.44	Verificato
-4.6923	-549.2607	-111.7657	-168.7436	•	226.6802	2.03	Verificato
-4.8846	-577.0333	-132.3412	-155.4645	•	231.447	1.75	Verificato
-5.0769	-604.5679	-151.6072	-138.8332	•	236.1495	1.56	Verificato
-5.2692	-632.6526	-172.0752	-118.9855	•	240.8861	1.4	Verificato
-5.4615	-662.4603	-197.4839	-95.2668	•	245.7965	1.24	Verificato
-5.6538	-692.6522	-223.5661	-66.992	•	250.7173	1.12	Verificato
-5.8462	-721.1267	-243.4881	-34.761	•	255.4039	1.05	Verificato
-6.0385	-746.828	-254.0208	-0.0561	•	259.7421	1.02	Verificato
-6.2308	-770.0686	-256.4311	35.374	•	263.7775	1.03	Verificato
-6.4231	-792.6582	-256.216	70.5053	•	267.7238	1.04	Verificato
-6.6154	-815.5307	-256.216	105.2107	•	271.6889	1.06	Verificato
-6.8077	-838.5762	-256.216	139.5002	•	275.6604	1.08	Verificato
-7	-861.7945	-256.216	173.3706	•	279.6384	1.09	Verificato
-7	-879.7381	-214.0986	173.3704	•	281.635	1.32	Verificato
-7.1923	-903.1292	-214.0986	198.394	•	285.6066	1.33	Verificato
-7.3846	-926.6932	-214.0986	222.9924	•	289.5853	1.35	Verificato
-7.5769	-950.4301	-214.0986	247.1622	•	293.5713	1.37	Verificato
-7.7692	-974.3398	-214.0986	270.9005	•	297.5647	1.39	Verificato
-7.9615	-998.4224	-214.0986	294.2041	•	301.5655	1.41	Verificato
-8.1538	-1022.6779	-214.0986	317.0698	•	305.574	1.43	Verificato
-8.3462	-1047.1062	-214.0986	339.4946	•	309.5902	1.45	Verificato
-8.5385	-1071.7074	-214.0986	361.4752	•	313.6141	1.46	Verificato
-8.7308	-1096.4815	-214.0986	383.0087	•	317.6459	1.48	Verificato
-8.9231	-1121.4284	-214.0986	404.0917	•	321.6857	1.5	Verificato
-9.1154	-1146.5482	-214.0986	424.7212	•	325.7335	1.52	Verificato
-9.3077	-1171.8408	-214.0986	444.8941	•	329.7894	1.54	Verificato
-9.5	-1197.3063	-214.0986	464.6073	•	333.8535	1.56	Verificato
-9.5	-1209.4058	-187.0934	464.6071	•	335.0935	1.79	Verificato
-9.6955	-1235.4651	-187.0934	478.6674	•	339.2259	1.81	Verificato

-9.8909	-1261.7031	-187.0934	492.2463	•	343.367	1.84	Verificato
-10.0864	-1288.1195	-187.0934	505.3404	•	347.5169	1.86	Verificato
-10.2818	-1314.7146	-187.0934	517.9465	•	351.6756	1.88	Verificato
-10.4773	-1341.4882	-187.0934	530.0612	•	355.8432	1.9	Verificato
-10.6727	-1368.4404	-187.0934	541.6814	•	360.0197	1.92	Verificato
-10.8682	-1395.5711	-187.0934	552.8036	•	364.2051	1.95	Verificato
-11.0636	-1422.8804	-187.0934	563.4247	•	368.3995	1.97	Verificato
-11.2591	-1450.3683	-187.0934	573.5412	•	372.603	1.99	Verificato
-11.4545	-1478.0348	-187.0934	583.1501	•	376.8156	2.01	Verificato
-11.65	-1505.8798	-187.0934	592.2478	•	381.0372	2.04	Verificato
-11.8455	-1533.9034	-187.0934	600.8313	•	385.2681	2.06	Verificato
-12.0409	-1562.1055	-187.0934	608.8971	•	389.508	2.08	Verificato
-12.2364	-1590.4862	-187.0934	616.442	•	393.7572	2.1	Verificato
-12.4318	-1619.0455	-187.0934	623.4627	•	398.0156	2.13	Verificato
-12.6273	-1647.7834	-187.0934	629.9559	•	402.2833	2.15	Verificato
-12.8227	-1676.6998	-187.0934	635.9183	•	406.5602	2.17	Verificato
-13.0182	-1705.7948	-187.0934	641.3467	•	410.8465	2.2	Verificato
-13.2136	-1735.0683	-187.0934	646.2377	•	415.142	2.22	Verificato
-13.4091	-1764.5204	-187.0934	650.5881	•	419.4469	2.24	Verificato
-13.6045	-1794.1511	-187.0934	654.3945	•	423.7612	2.26	Verificato
-13.8	-1823.9604	-187.0934	657.6538	•	428.0848	2.29	Verificato

Sforzo Normale, Taglio e Momento lungo il paramento verticale, per il Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)



Sollecitazioni lungo il fusto, per il Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

- Azioni sui vincoli (per modulo)

- Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Vincolo 1 (quota = 0 [m])

- reazione N = 30.615 [kN]

- Verifica Tiranti

- Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Tirante 1 (Verificato: $f_s=19.51$)

- pretensione = 0 [kN]
- lung. effettiva (bulbo) = 12 [m]
- approfondimento medio (bulbo) = 24.0511 [m]
- tiro limite (bulbo) = 1319.4689 [kN]
- alfa (diam.Bulbo/diam.Perf) = 1
- Ds (bulbo) = 0.1 [m]
- qs (bulbo) = 385 [kPa]
- tiro limite (acciaio) = 1357.2 [kN]
- tiro applicato (tirante) = 67.628 [kN]

Coeff. di sicurezza adottati:

- coeff. $\gamma_R = 1.1$ (Provvisorio)

Dati per attrito bulbo-terreno:

- Attrito = 385 [kPa]

Tirante 2 (Verificato: $f_s=27.47$)

- pretensione = 0 [kN]
- lung. effettiva (bulbo) = 12 [m]
- approfondimento medio (bulbo) = 23.9388 [m]
- tiro limite (bulbo) = 1319.4689 [kN]
- alfa (diam.Bulbo/diam.Perf) = 1
- Ds (bulbo) = 0.1 [m]
- qs (bulbo) = 385 [kPa]
- tiro limite (acciaio) = 1357.2 [kN]
- tiro applicato (tirante) = 48.026 [kN]

Coeff. di sicurezza adottati:

- coeff. $\gamma_R = 1.1$ (Provvisorio)

Dati per attrito bulbo-terreno:

- Attrito = 385 [kPa]

Tirante 3 (Verificato: $f_s=18.63$)

- pretensione = 0 [kN]
- lung. effettiva (bulbo) = 10 [m]
- approfondimento medio (bulbo) = 20.9537 [m]
- tiro limite (bulbo) = 1099.5574 [kN]

- alfa (diam.Bulbo/diam.Perf) = 1
 - Ds (bulbo) = 0.1 [m]
 - qs (bulbo) = 385 [kPa]
 - tiro limite (acciaio) = 1357.2 [kN]
 - tiro applicato (tirante) = 59.03 [kN]
- Coeff. di sicurezza adottati:
- coeff. $\gamma R = 1.1$ (Provvisorio)
- Dati per attrito bulbo-terreno:
- Attrito = 385 [kPa]

Tirante 4 (Verificato: $f_s=14.43$)

- pretensione = 0 [kN]
 - lung. effettiva (bulbo) = 12 [m]
 - approfondimento medio (bulbo) = 21.9259 [m]
 - tiro limite (bulbo) = 1319.4689 [kN]
 - alfa (diam.Bulbo/diam.Perf) = 1
 - Ds (bulbo) = 0.1 [m]
 - qs (bulbo) = 385 [kPa]
 - tiro limite (acciaio) = 1357.2 [kN]
 - tiro applicato (tirante) = 91.43 [kN]
- Coeff. di sicurezza adottati:
- coeff. $\gamma R = 1.1$ (Provvisorio)
- Dati per attrito bulbo-terreno:
- Attrito = 385 [kPa]

12.2 Allegato di calcolo Paratie Plus

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : POLYLINE

Punti

(-50;32.27)
 (-47.47;31.35)
 (-32.9;20.7)
 (-31.8;20.7)
 (-25.7;15.9)
 (-23.7;15.9)
 (-17.9;11.89)
 (-16.04;9.08)
 (-14.04;9.08)
 (-12.37;7.88)
 (-8.31;6.15)
 (-4.8;0)
 (0;0)
 (40;0)
 (40;-40)
 (-50;-40)

OCR : 1

Tipo : POLYLINE

Punti

(-50;10)
 (0;-9)
 (0;-13)
 (40;-20)
 (40;-40)
 (-50;-40)

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	c'	Su	Modulo	Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	kPa	kPa				kPa	kPa				kPa		kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³	
1	Sand	18	18	26		0		Constant			15000	24000										
2	Rock	24	24	26		150		Constant			250000	250000										

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Muro di sinistra

Sezione : Default Section

Area equivalente : 0.491727545779272 m

Inerzia equivalente : 0.0443 m⁴/m

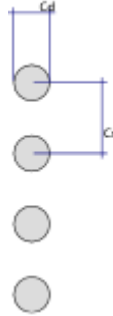
Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 2.3 m

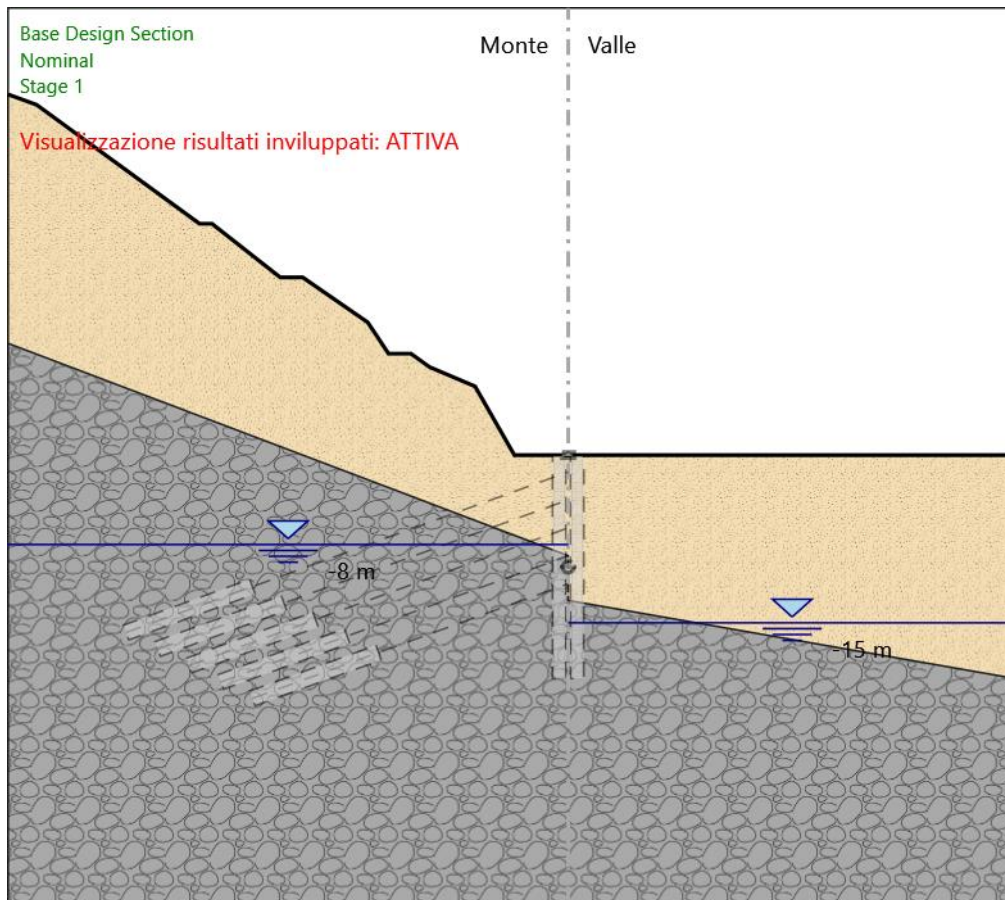
Diametro : 1.2 m

Efficacia : 1



Fasi di Calcolo

Stage 1



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-50;32.27)
 (-47.47;31.35)
 (-32.9;20.7)
 (-31.8;20.7)
 (-25.7;15.9)
 (-23.7;15.9)
 (-17.9;11.89)
 (-16.04;9.08)
 (-14.04;9.08)
 (-12.37;7.88)
 (-8.31;6.15)

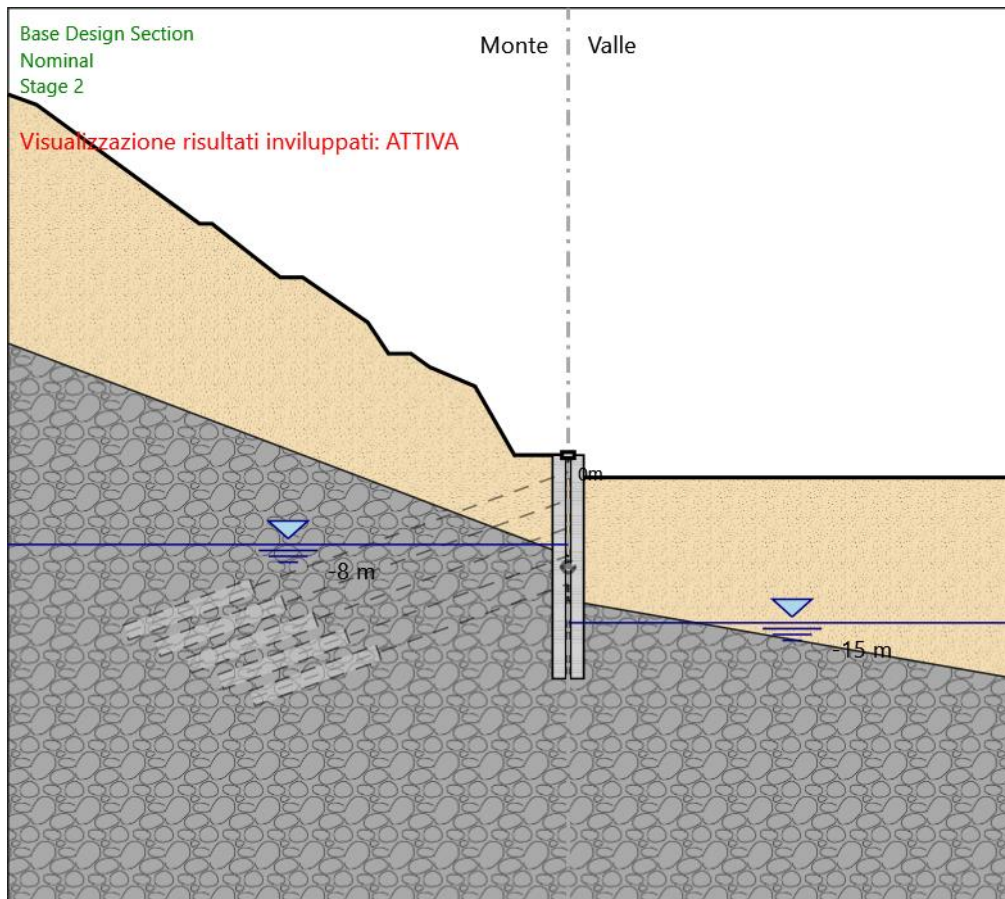
(-4.8;0)
 (0;0)
 Linea di scavo di destra (Orizzontale)
 0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -15 m

Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-50;32.27)

(-47.47;31.35)

(-32.9;20.7)

(-31.8;20.7)

(-25.7;15.9)

(-23.7;15.9)

(-17.9;11.89)

(-16.04;9.08)

(-14.04;9.08)

(-12.37;7.88)

(-8.31;6.15)

(-4.8;0)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -15 m

Elementi strutturali

Parete Combinata : CombinedWallElement

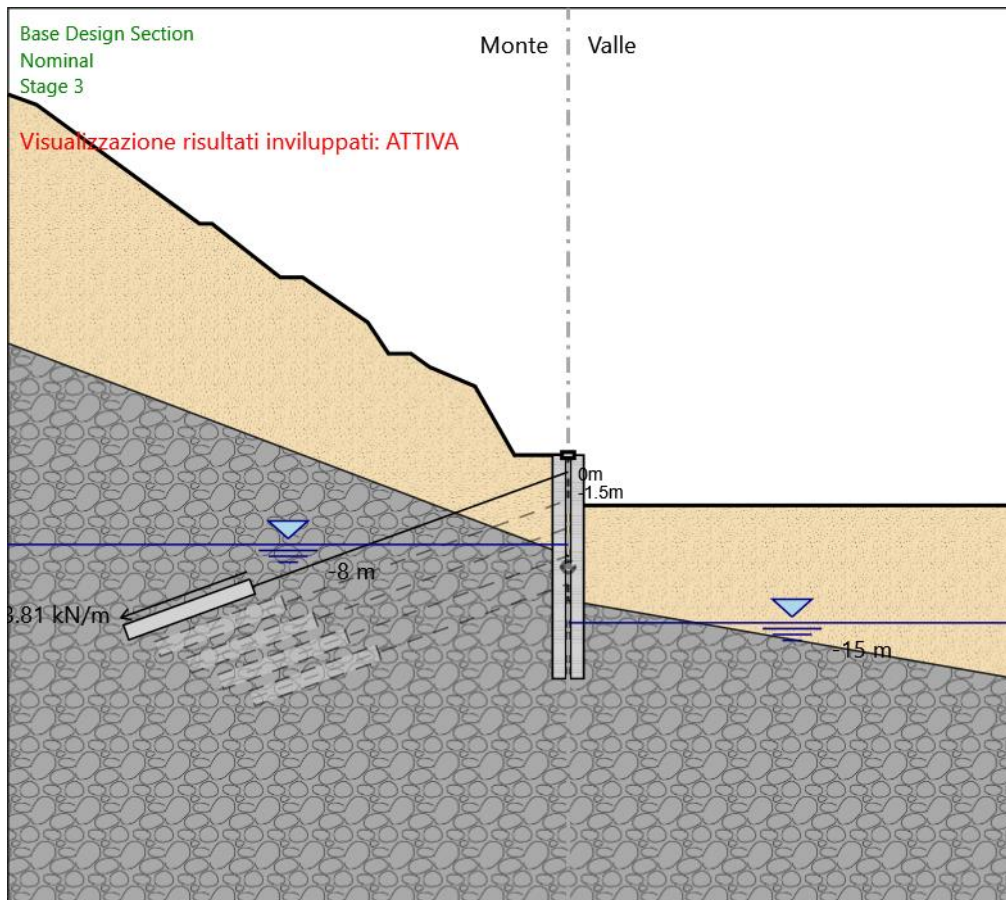
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Default Section

Stage 3



Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

- (-50;32.27)
- (-47.47;31.35)
- (-32.9;20.7)
- (-31.8;20.7)
- (-25.7;15.9)
- (-23.7;15.9)
- (-17.9;11.89)
- (-16.04;9.08)
- (-14.04;9.08)
- (-12.37;7.88)
- (-8.31;6.15)

(-4.8;0)
(0;0)
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
-4.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m
Falda di destra : -15 m

Elementi strutturali

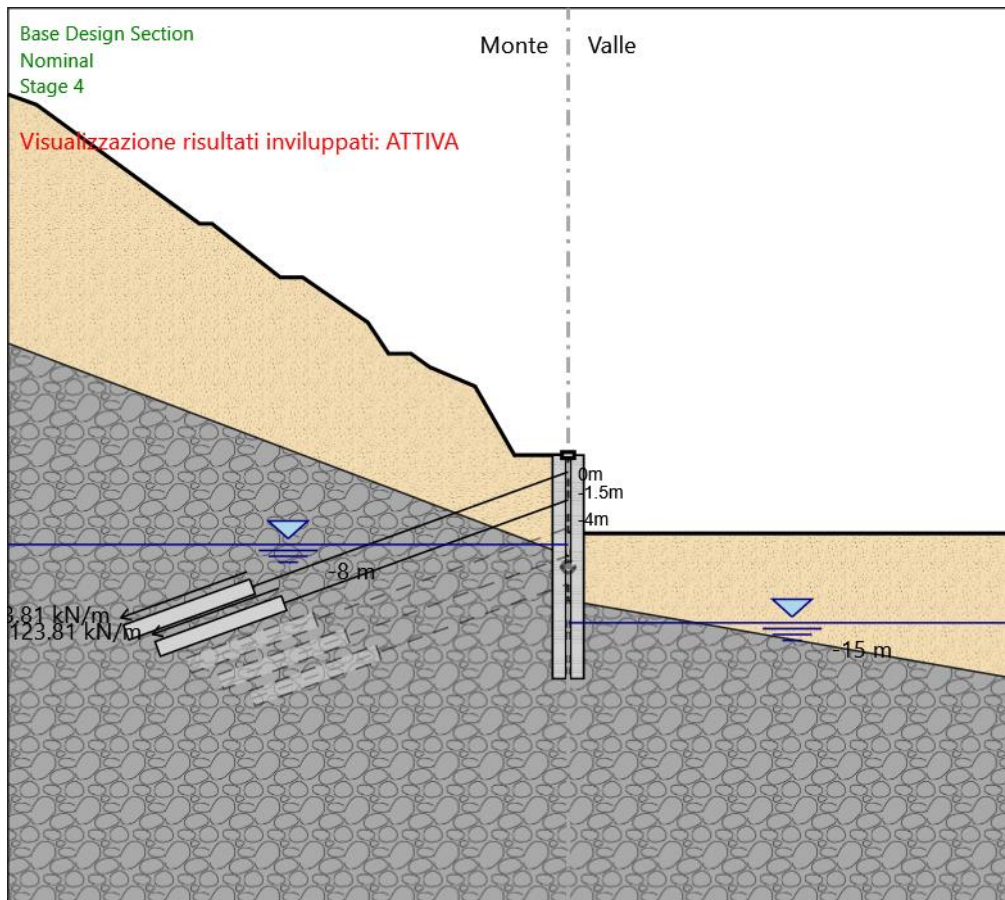
Parete Combinata : CombinedWallElement

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -20 m
Sezione : Default Section

Tirante : Tirante 1

X : 0 m
Z : -1.5 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.1 m
Lunghezza libera : 30 m
Spaziatura orizzontale : 2.625 m
Precarico : 325 kN
Angolo : 20 °
Sezione : Cave autop perforanti
Area : 0.00207 m²

Stage 4



Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

- (-50;32.27)
- (-47.47;31.35)
- (-32.9;20.7)
- (-31.8;20.7)
- (-25.7;15.9)
- (-23.7;15.9)
- (-17.9;11.89)
- (-16.04;9.08)
- (-14.04;9.08)
- (-12.37;7.88)
- (-8.31;6.15)

(-4.8;0)
(0;0)
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
-7 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m
Falda di destra : -15 m

Elementi strutturali

Parete Combinata : CombinedWallElement

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -20 m
Sezione : Default Section

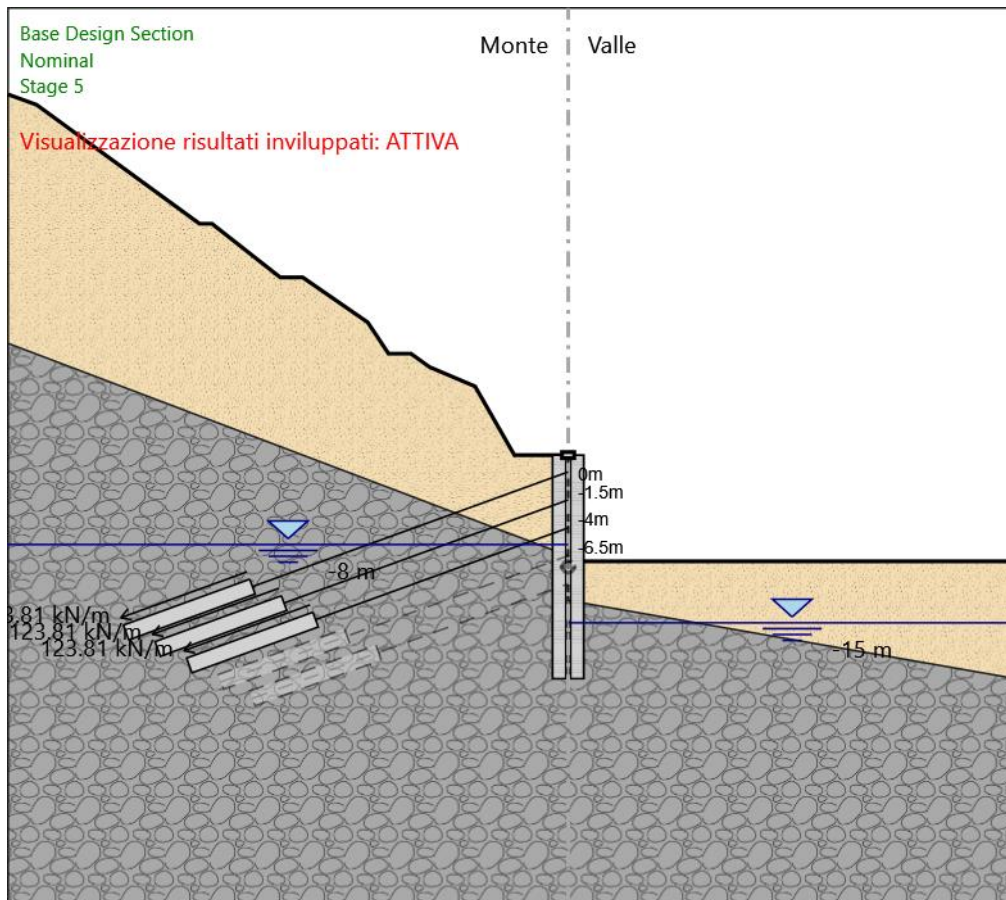
Tirante : Tirante 1

X : 0 m
Z : -1.5 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.1 m
Lunghezza libera : 30 m
Spaziatura orizzontale : 2.625 m
Precarico : 325 kN
Angolo : 20 °
Sezione : Cave autoporforanti
Area : 0.00207 m²

Tirante : Tirante 2

X : 0 m
Z : -4 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.1 m
Lunghezza libera : 27 m
Spaziatura orizzontale : 2.625 m
Precarico : 325 kN
Angolo : 20 °
Sezione : Cave autoporforanti
Area : 0.00207 m²

Stage 5



Stage 5

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m
 Lato valle : -9.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

- (-50;32.27)
- (-47.47;31.35)
- (-32.9;20.7)
- (-31.8;20.7)
- (-25.7;15.9)
- (-23.7;15.9)
- (-17.9;11.89)
- (-16.04;9.08)
- (-14.04;9.08)
- (-12.37;7.88)
- (-8.31;6.15)

(-4.8;0)
(0;0)
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
-9.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m
Falda di destra : -15 m

Elementi strutturali**Parete Combinata : CombinedWallElement**

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -20 m
Sezione : Default Section

Tirante : Tirante 1

X : 0 m
Z : -1.5 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.1 m
Lunghezza libera : 30 m
Spaziatura orizzontale : 2.625 m
Precarico : 325 kN
Angolo : 20 °
Sezione : Cave autop perforanti
Area : 0.00207 m²

Tirante : Tirante 2

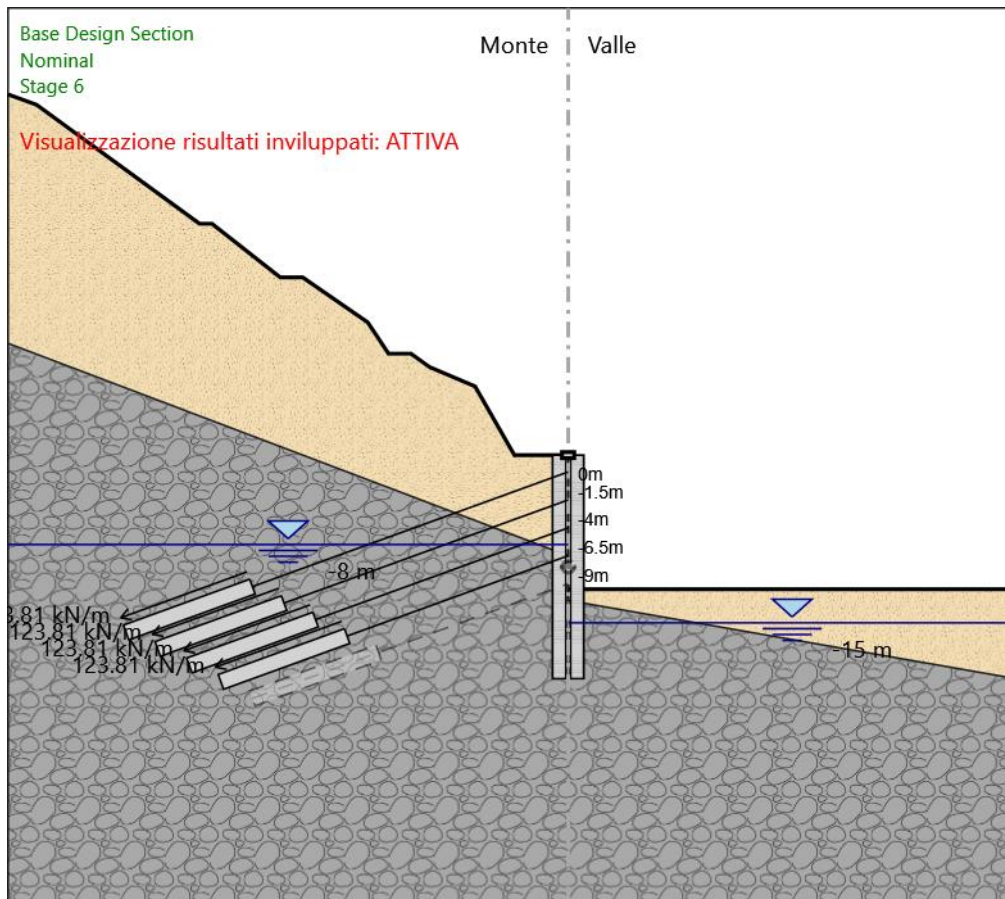
X : 0 m
Z : -4 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.1 m
Lunghezza libera : 27 m
Spaziatura orizzontale : 2.625 m
Precarico : 325 kN
Angolo : 20 °
Sezione : Cave autop perforanti
Area : 0.00207 m²

Tirante : Tirante 3

X : 0 m
Z : -6.5 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.1 m
Lunghezza libera : 24 m
Spaziatura orizzontale : 2.625 m
Precarico : 325 kN
Angolo : 20 °

Sezione : Cave auto perforanti
 Area : 0.00207 m²

Stage 6



Stage 6

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -12 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-50;32.27)

(-47.47;31.35)

(-32.9;20.7)

(-31.8;20.7)

(-25.7;15.9)

(-23.7;15.9)

(-17.9;11.89)

(-16.04;9.08)

(-14.04;9.08)

(-12.37;7.88)

(-8.31;6.15)

(-4.8;0)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-12 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -15 m

Elementi strutturali

Parete Combinata : CombinedWallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Default Section

Tirante : Tirante 1

X : 0 m

Z : -1.5 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.1 m

Lunghezza libera : 30 m

Spaziatura orizzontale : 2.625 m

Precarico : 325 kN

Angolo : 20 °

Sezione : Cave autoperforanti

Area : 0.00207 m²

Tirante : Tirante 2

X : 0 m

Z : -4 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.1 m

Lunghezza libera : 27 m

Spaziatura orizzontale : 2.625 m

Precarico : 325 kN

Angolo : 20 °

Sezione : Cave autoperforanti

Area : 0.00207 m²

Tirante : Tirante 3

X : 0 m

Z : -6.5 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.1 m

Lunghezza libera : 24 m

Spaziatura orizzontale : 2.625 m

Precarico : 325 kN

Angolo : 20 °

Sezione : Cave autoporforanti

Area : 0.00207 m²

Tirante : Tirante 4

X : 0 m

Z : -9 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.1 m

Lunghezza libera : 21 m

Spaziatura orizzontale : 2.625 m

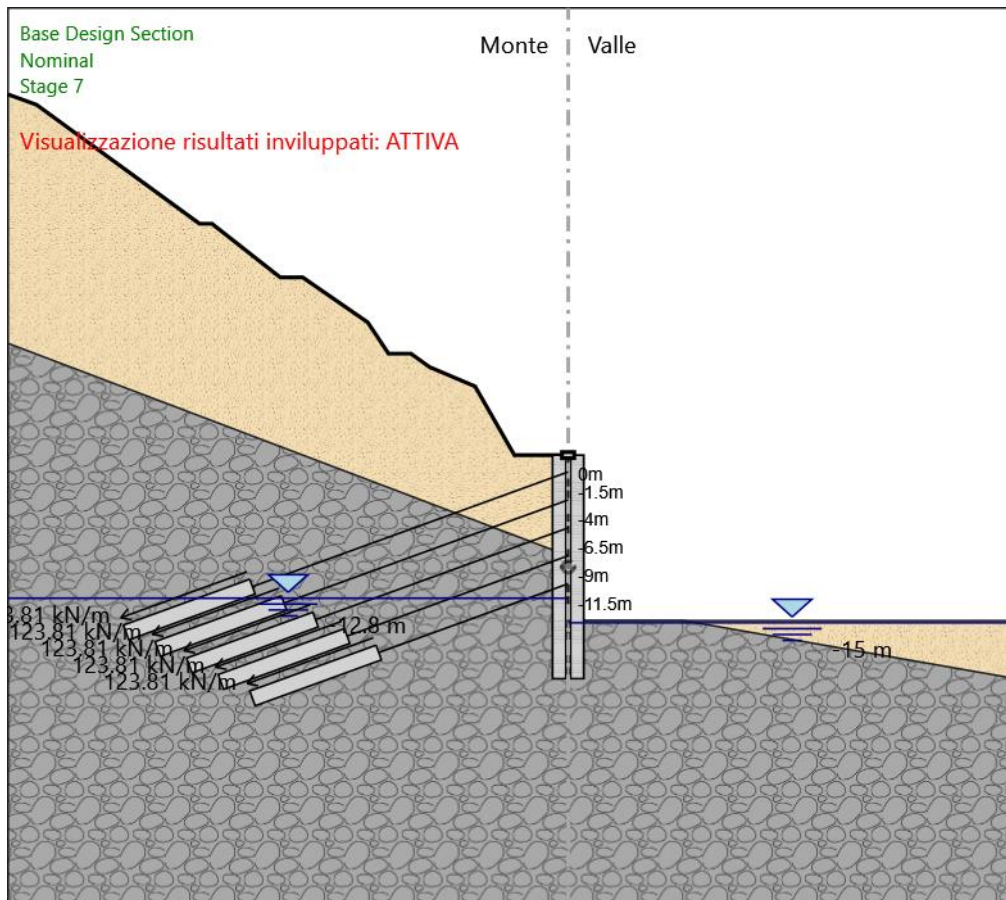
Precarico : 325 kN

Angolo : 20 °

Sezione : Cave autoporforanti

Area : 0.00207 m²

Stage 7



Stage 7

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m
 Lato valle : -14.8 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

- (-50;32.27)
- (-47.47;31.35)
- (-32.9;20.7)
- (-31.8;20.7)
- (-25.7;15.9)
- (-23.7;15.9)
- (-17.9;11.89)
- (-16.04;9.08)
- (-14.04;9.08)
- (-12.37;7.88)
- (-8.31;6.15)

(-4.8;0)
(0;0)
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
-14.8 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -12.8 m
Falda di destra : -15 m

Elementi strutturali

Parete Combinata : CombinedWallElement

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -20 m
Sezione : Default Section

Tirante : Tirante 1

X : 0 m
Z : -1.5 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.1 m
Lunghezza libera : 30 m
Spaziatura orizzontale : 2.625 m
Precarico : 325 kN
Angolo : 20 °
Sezione : Cave autop perforanti
Area : 0.00207 m²

Tirante : Tirante 2

X : 0 m
Z : -4 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.1 m
Lunghezza libera : 27 m
Spaziatura orizzontale : 2.625 m
Precarico : 325 kN
Angolo : 20 °
Sezione : Cave autop perforanti
Area : 0.00207 m²

Tirante : Tirante 3

X : 0 m
Z : -6.5 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.1 m
Lunghezza libera : 24 m
Spaziatura orizzontale : 2.625 m
Precarico : 325 kN
Angolo : 20 °

Sezione : Cave auto perforanti
 Area : 0.00207 m²

Tirante : Tirante 4

X : 0 m
 Z : -9 m
 Lunghezza bulbo : 12 m
 Diametro bulbo : 0.1 m
 Lunghezza libera : 21 m
 Spaziatura orizzontale : 2.625 m
 Precarico : 325 kN
 Angolo : 20 °

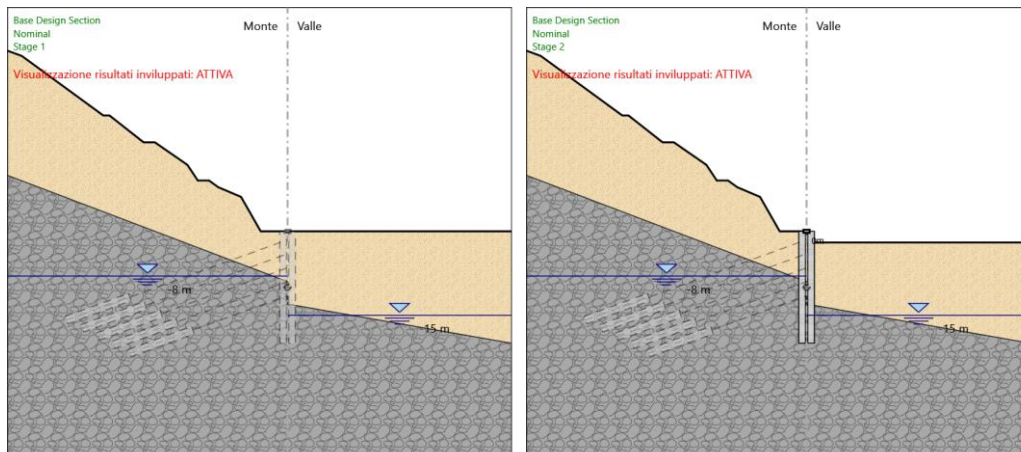
Sezione : Cave auto perforanti
 Area : 0.00207 m²

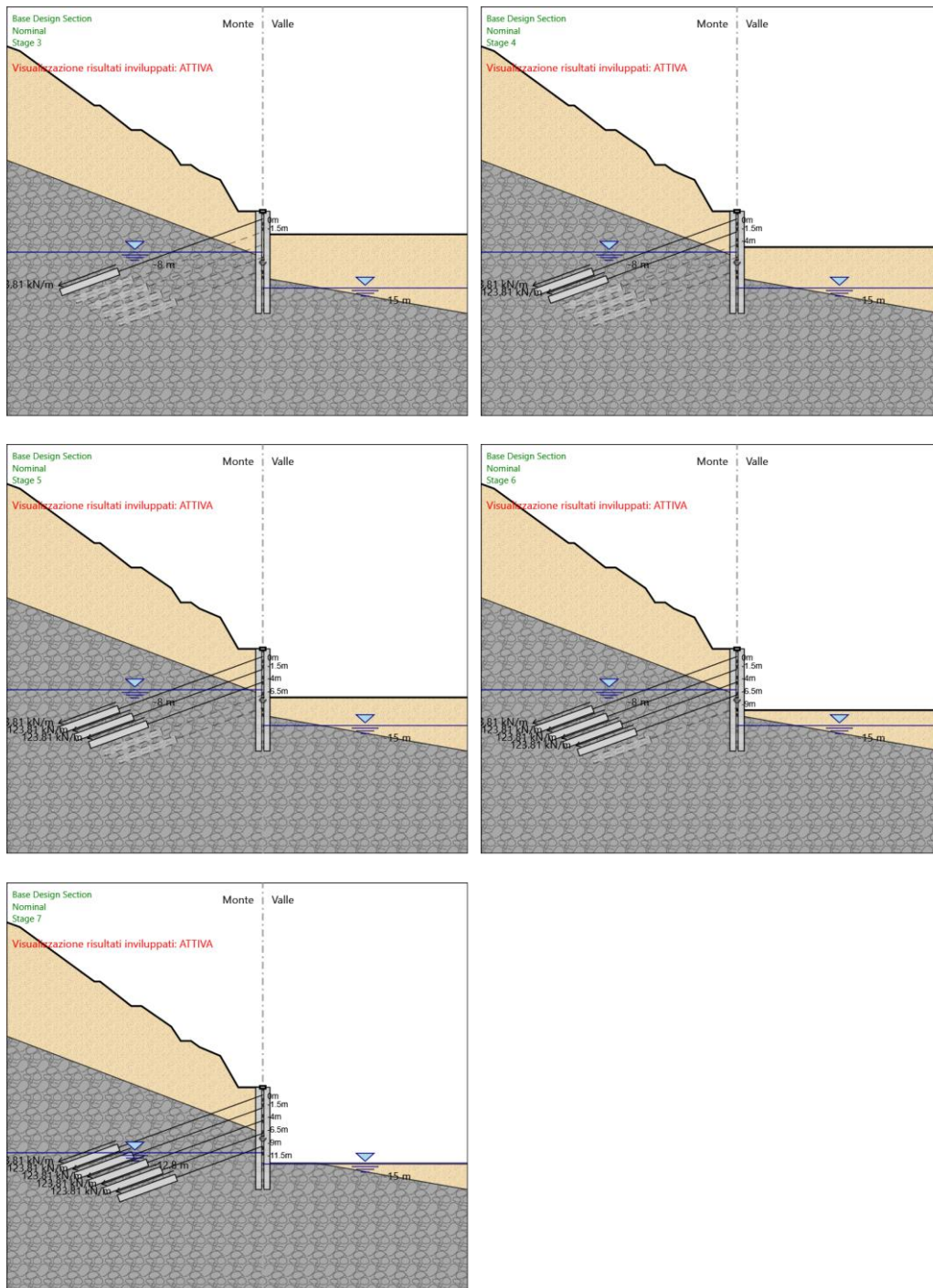
Tirante : Tirante 5

X : 0 m
 Z : -11.5 m
 Lunghezza bulbo : 12 m
 Diametro bulbo : 0.1 m
 Lunghezza libera : 18 m
 Spaziatura orizzontale : 2.625 m
 Precarico : 325 kN
 Angolo : 20 °

Sezione : Cave auto perforanti
 Area : 0.00207 m²

Tabella Configurazione Stage (Nominal)





Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_u nfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_ufavour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_u nfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_ufavour)	Carico Sismico (F_seism load)	Pression i Acqua Monte (F_Wate rDR)	Pression i Acqua Valle (F_Wate rRes)	Carichi Permanen ti Destabilizz anti (F_UPL_G DStab)	Carichi Permane nti Stabilizza nti (F_UPL_G Stab)	Carichi Variabili Destabilizz anti (F_UPL_Q DStab)	Carichi Permanen ti Destabilizz anti (F_HYD_G DStab)	Carichi Permane nti Stabilizza nti (F_HYD_G GStab)	Carichi Variabili Destabilizz anti (F_HYD_Q DStab)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequen te/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A1+M1+R3	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R2	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_coh)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R3	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: A2+M2+R2	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R3	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R2	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

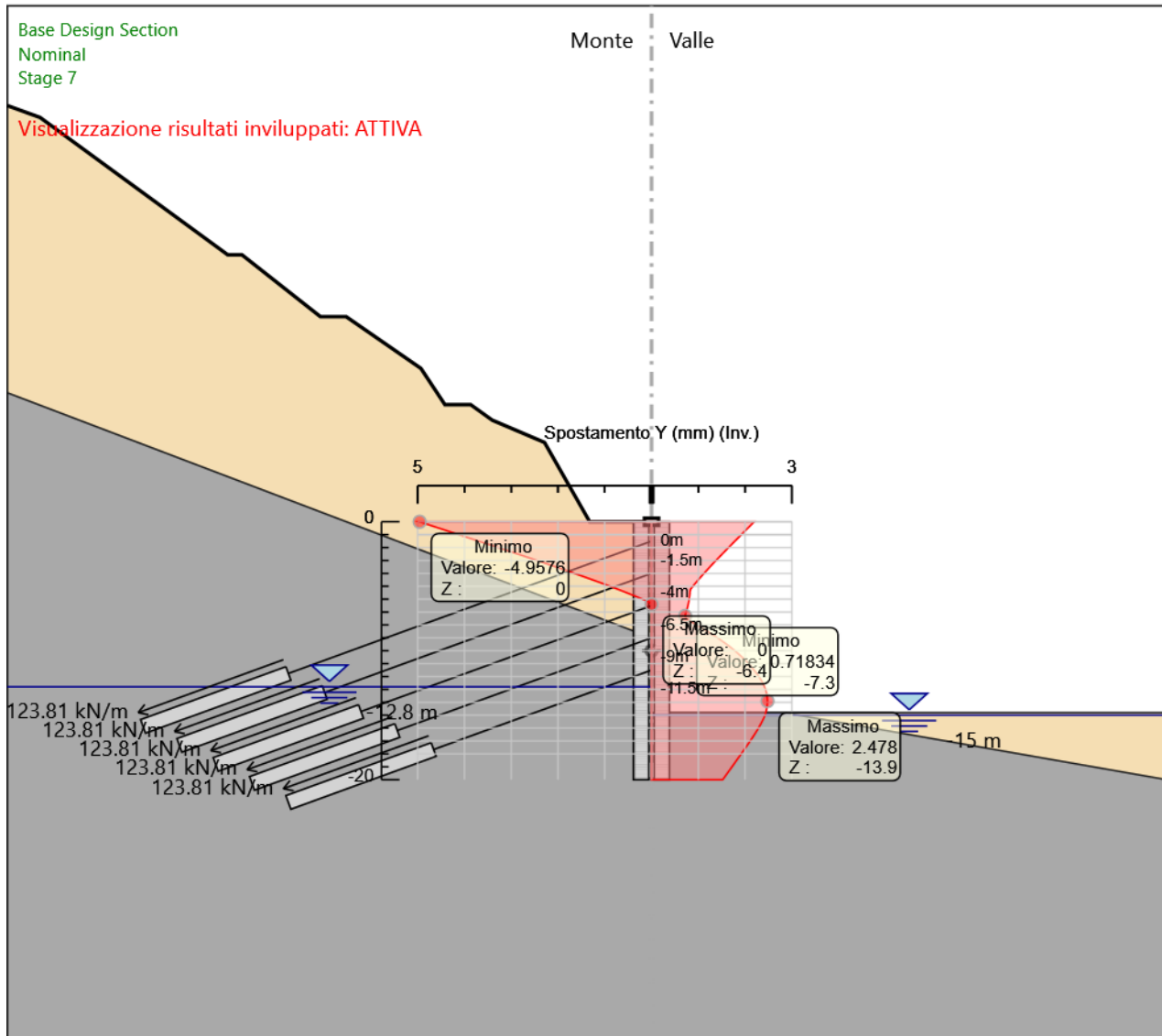
Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6	Stage 7
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1	V	V	V	V	V	V	V

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6	Stage 7
NTC2018: A1+M1+R3	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R2	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO	V	V	V	V	V	V	V

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Grafico Inviluppi Spostamento



Spostamento

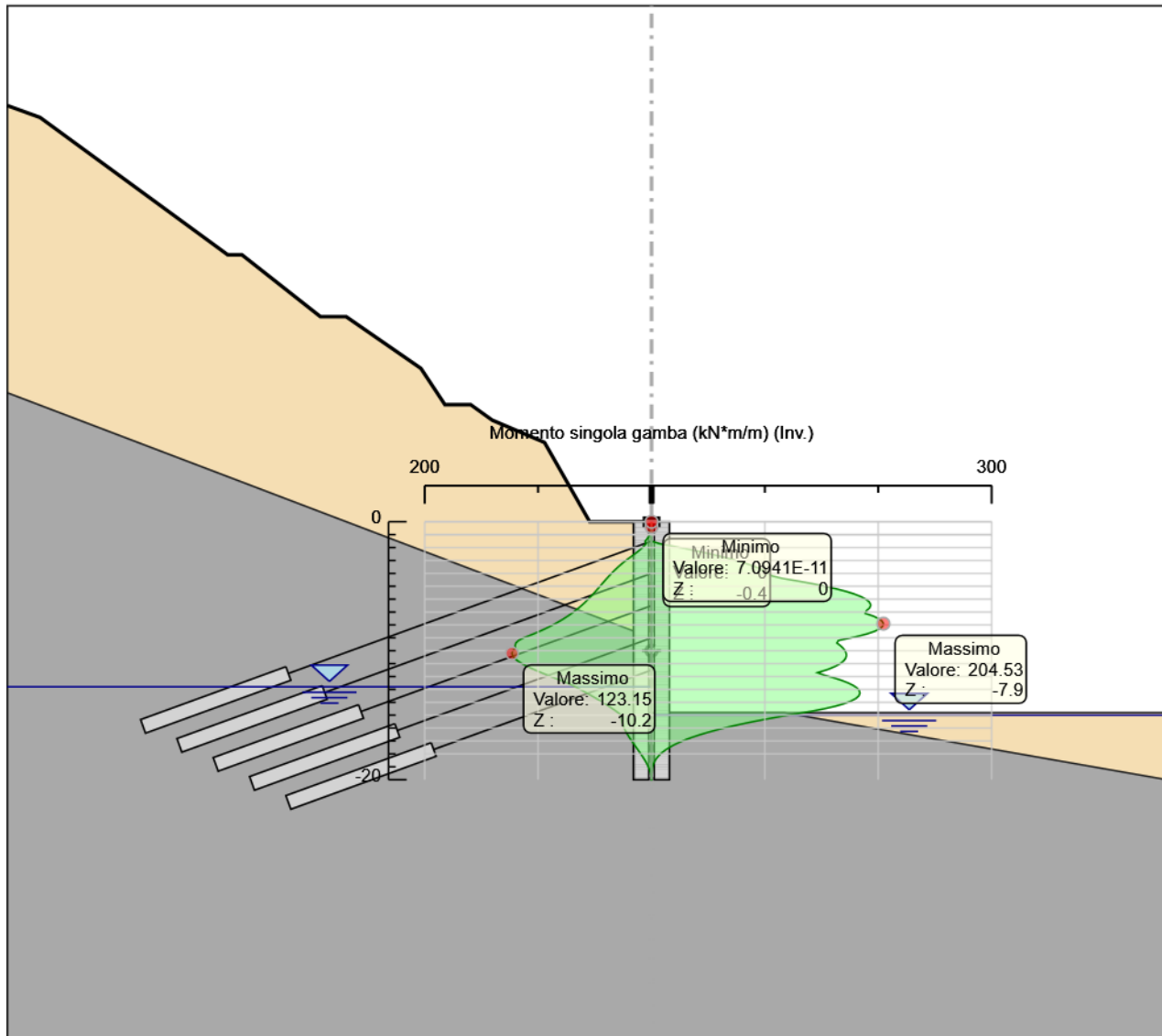
CombinedWallElement

Selected Design Assumptions Inviluppi: Momento Singola Gamba Muro: CombinedWallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0	0
-0.4	0.082	0
-0.6	0.328	0
-0.8	0.82	0
-1	1.64	0
-1.2	2.87	0
-1.4	4.592	0
-1.5	5.668	0
-1.7	4.869	7.222
-1.9	6.815	19.383
-2.1	9.219	30.952
-2.3	11.97	41.887
-2.5	14.873	52.148
-2.7	18.018	61.693
-2.9	21.136	70.481
-3.1	24.084	78.47
-3.3	26.841	85.619
-3.5	29.426	91.885
-3.7	31.862	97.226
-3.9	34.167	101.601
-4	35.279	103.413
-4.2	37.428	106.269
-4.4	39.501	115.738
-4.6	41.517	129.412
-4.8	43.498	141.875
-5	45.464	153.086
-5.2	47.437	163.007
-5.4	49.438	171.595
-5.6	51.486	178.811
-5.8	53.603	184.615
-6	55.809	188.966
-6.2	58.123	191.823
-6.4	60.567	193.143
-6.5	61.844	193.212
-6.7	64.518	192.152
-6.9	67.369	189.451
-7.1	70.417	188.453
-7.3	73.681	195.198
-7.5	77.179	200.154
-7.7	80.929	203.278
-7.9	84.95	204.526
-8.1	89.267	203.854
-8.3	93.901	201.218
-8.5	98.877	196.574
-8.7	104.216	189.867
-8.9	109.94	181.041
-9	112.954	175.812
-9.2	117.295	164.9
-9.4	119.666	163.498
-9.6	120.325	166.509
-9.8	120.135	168.938
-10	122.444	170.695
-10.2	123.15	171.695
-10.4	122.478	171.852
-10.6	120.635	171.078
-10.8	117.809	169.289
-11	114.174	166.399
-11.2	109.886	162.323
-11.4	105.084	156.976
-11.5	102.538	153.793
-11.7	97.197	146.373
-11.9	91.63	152.64
-12.1	85.929	160.759
-12.3	80.174	167.743
-12.5	74.434	173.542
-12.7	69.221	178.106
-12.9	65.077	181.381

Selected Design Assumptions Inviluppi: Momento Singola Gamba Muro: CombinedWallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-13.1	60.921	183.305
-13.3	56.795	183.803
-13.5	52.736	182.799
-13.7	48.774	180.213
-13.9	44.933	175.966
-14.1	41.233	169.975
-14.3	37.689	162.155
-14.5	34.312	152.419
-14.7	31.11	140.679
-14.9	28.087	126.842
-15.1	26.7	113.609
-15.3	26.54	101.121
-15.5	26.125	89.42
-15.7	25.482	78.526
-15.9	24.637	68.45
-16.1	23.616	59.189
-16.3	22.443	50.735
-16.5	21.14	43.072
-16.7	19.732	36.177
-16.9	18.24	30.025
-17.1	16.686	24.584
-17.3	15.091	19.821
-17.5	13.476	15.699
-17.7	11.862	12.178
-17.9	10.27	9.215
-18.1	8.719	6.768
-18.3	7.231	4.791
-18.5	5.826	3.236
-18.7	4.524	2.055
-18.9	3.346	1.199
-19.1	2.312	0.656
-19.3	1.443	0.42
-19.5	0.76	0.227
-19.7	0.283	0.086
-19.9	0.033	0.01
-20	0	0



Momento Singola Gamba

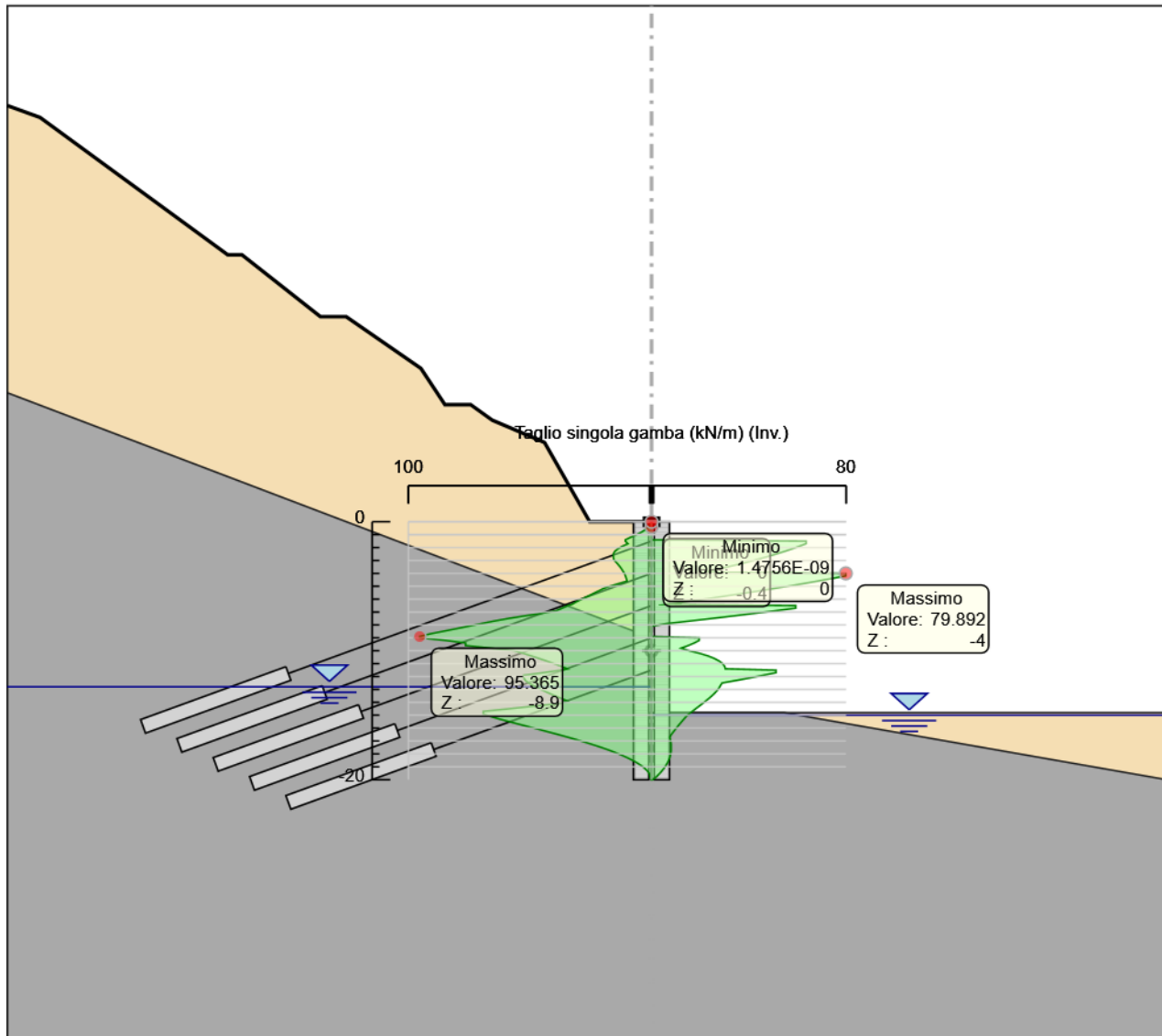
CombinedWallElement

Selected Design Assumptions Inviluppi: Taglio Singola Gamba Muro: CombinedWallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	0
-0.2	0.41	0
-0.4	1.23	0
-0.6	2.46	0
-0.8	4.1	0
-1	6.15	0
-1.2	8.609	0
-1.4	10.762	0
-1.5	10.762	63.562
-1.7	9.731	63.562
-1.9	12.021	60.805
-2.1	13.847	57.844
-2.3	15.144	54.677
-2.5	15.726	51.305
-2.7	15.726	47.726
-2.9	15.591	43.94
-3.1	14.739	39.946
-3.3	13.784	35.743
-3.5	12.929	31.33
-3.7	12.176	26.705
-3.9	11.527	21.875
-4	11.118	79.892
-4.2	10.749	79.892
-4.4	10.362	74.23
-4.6	10.08	68.372
-4.8	13.637	62.315
-5	17.205	56.058
-5.2	20.055	49.6
-5.4	22.187	42.942
-5.6	24.312	36.083
-5.8	26.469	29.02
-6	28.666	21.754
-6.2	30.912	14.282
-6.4	32.639	6.604
-6.5	34.387	59.308
-6.7	36.781	59.308
-6.9	39.241	50.977
-7.1	45.124	42.452
-7.3	52.382	33.726
-7.5	58.92	24.782
-7.7	64.739	15.62
-7.9	70.029	6.239
-8.1	75.316	0
-8.3	80.618	0
-8.5	85.946	0
-8.7	91.31	0
-8.9	95.365	0
-9	95.365	19.577
-9.2	84.786	19.577
-9.4	76.449	17.538
-9.6	76.449	15.059
-9.8	66.253	12.142
-10	56.6	15.503
-10.2	52.807	19.779
-10.4	49.484	23.206
-10.6	46.245	25.869
-10.8	43.119	27.847
-11	40.125	29.219
-11.2	37.272	30.055
-11.4	34.563	30.331
-11.5	37.1	51.194
-11.7	44.588	51.194
-11.9	52.54	46.016
-12.1	52.54	40.592
-12.3	51.929	34.92
-12.5	50.538	28.997
-12.7	48.737	28.334
-12.9	46.675	27.719

Selected Design Assumptions Inviluppi: Taglio Singola Gamba Muro: CombinedWallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-13.1	44.438	26.899
-13.3	42.082	25.911
-13.5	39.649	24.791
-13.7	37.17	23.57
-13.9	34.667	22.274
-14.1	39.1	20.927
-14.3	48.679	19.552
-14.5	58.704	18.166
-14.7	69.185	16.785
-14.9	69.185	15.423
-15.1	66.163	14.203
-15.3	62.438	13.291
-15.5	58.508	12.383
-15.7	54.468	11.486
-15.9	50.383	10.608
-16.1	46.303	9.754
-16.3	42.27	8.928
-16.5	38.317	8.133
-16.7	34.473	7.46
-16.9	30.762	7.771
-17.1	27.203	7.975
-17.3	23.814	8.075
-17.5	20.611	8.075
-17.7	17.606	8.07
-17.9	14.811	7.963
-18.1	12.236	7.753
-18.3	9.888	7.44
-18.5	7.775	7.026
-18.7	5.904	6.509
-18.9	4.28	5.89
-19.1	2.908	5.169
-19.3	1.792	4.345
-19.5	0.968	3.417
-19.7	0.702	2.387
-19.9	0.382	1.252
-20	0.1	0.33



Taglio Singola Gamba

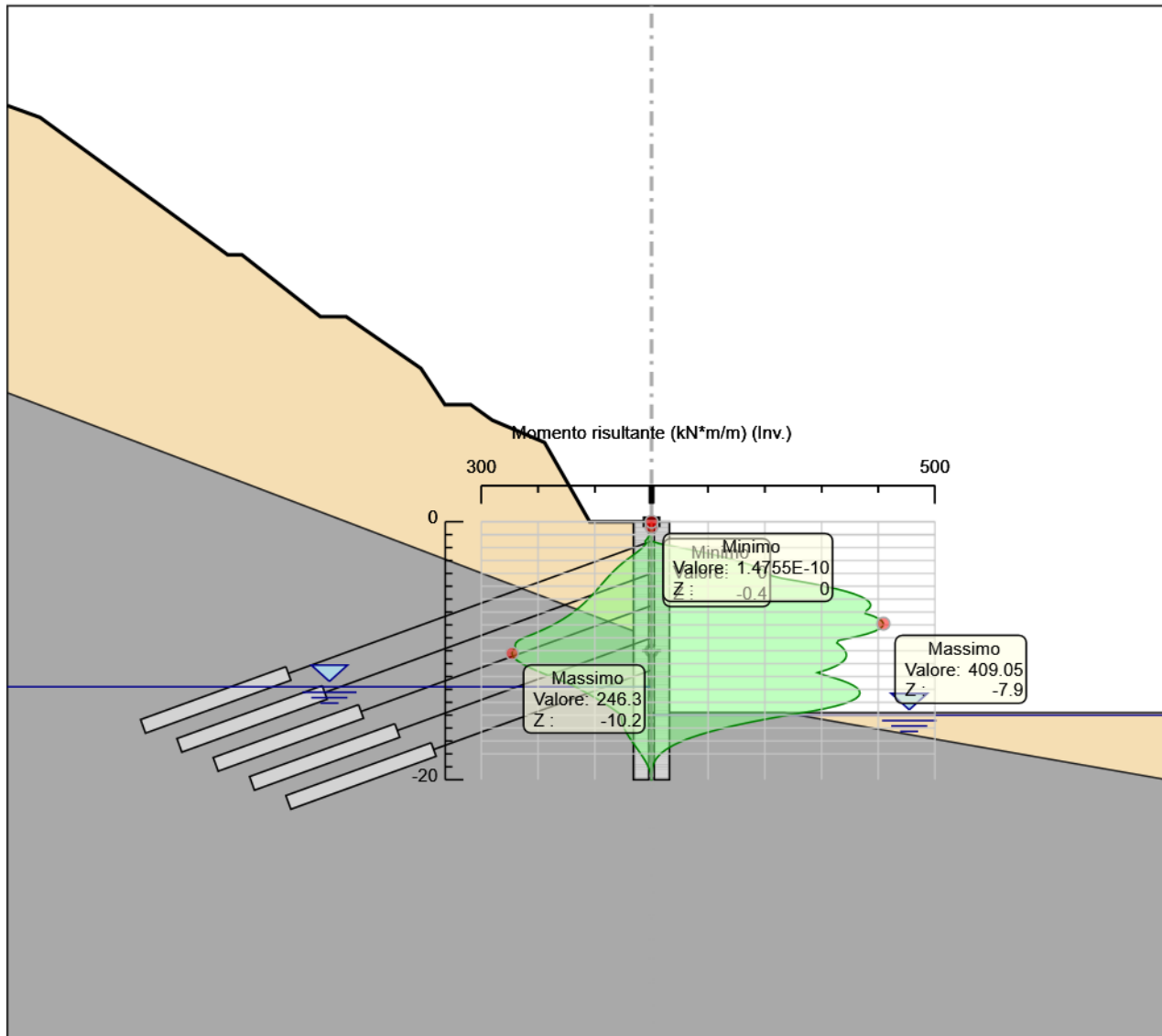
CombinedWallElement

Selected Design Assumptions Involuppi: Momento Risultante Muro: CombinedWallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0	0
-0.4	0.164	0
-0.6	0.656	0
-0.8	1.64	0
-1	3.28	0
-1.2	5.74	0
-1.4	9.183	0
-1.5	11.336	0
-1.7	9.737	14.443
-1.9	13.63	38.765
-2.1	18.438	61.903
-2.3	23.94	83.774
-2.5	29.745	104.296
-2.7	36.036	123.386
-2.9	42.272	140.962
-3.1	48.168	156.941
-3.3	53.681	171.238
-3.5	58.853	183.77
-3.7	63.723	194.452
-3.9	68.334	203.202
-4	70.557	206.825
-4.2	74.857	212.538
-4.4	79.002	231.475
-4.6	83.034	258.824
-4.8	86.995	283.75
-5	90.928	306.173
-5.2	94.874	326.013
-5.4	98.875	343.19
-5.6	102.972	357.623
-5.8	107.206	369.231
-6	111.617	377.932
-6.2	116.246	383.645
-6.4	121.133	386.287
-6.5	123.688	386.425
-6.7	129.036	384.303
-6.9	134.738	378.901
-7.1	140.834	376.905
-7.3	147.362	390.395
-7.5	154.358	400.308
-7.7	161.858	406.556
-7.9	169.901	409.052
-8.1	178.533	407.708
-8.3	187.803	402.436
-8.5	197.754	393.148
-8.7	208.433	379.735
-8.9	219.88	362.083
-9	225.908	351.624
-9.2	234.591	329.799
-9.4	239.331	326.995
-9.6	240.649	333.019
-9.8	240.269	337.875
-10	244.887	341.391
-10.2	246.3	343.391
-10.4	244.956	343.703
-10.6	241.269	342.156
-10.8	235.619	338.577
-11	228.349	332.798
-11.2	219.772	324.646
-11.4	210.168	313.952
-11.5	205.076	307.586
-11.7	194.394	292.746
-11.9	183.26	305.28
-12.1	171.859	321.517
-12.3	160.348	335.485
-12.5	148.868	347.084
-12.7	138.442	356.211
-12.9	130.155	362.762

Selected Design Assumptions Involuppi: Momento Risultante Muro: CombinedWallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-13.1	121.842	366.611
-13.3	113.59	367.607
-13.5	105.472	365.598
-13.7	97.548	360.427
-13.9	89.866	351.933
-14.1	82.466	339.951
-14.3	75.378	324.311
-14.5	68.624	304.839
-14.7	62.219	281.357
-14.9	56.174	253.683
-15.1	53.4	227.218
-15.3	53.081	202.243
-15.5	52.25	178.84
-15.7	50.964	157.052
-15.9	49.274	136.899
-16.1	47.232	118.378
-16.3	44.885	101.47
-16.5	42.281	86.143
-16.7	39.465	72.354
-16.9	36.481	60.049
-17.1	33.373	49.168
-17.3	30.183	39.642
-17.5	26.953	31.398
-17.7	23.725	24.355
-17.9	20.539	18.431
-18.1	17.438	13.536
-18.3	14.462	9.581
-18.5	11.652	6.471
-18.7	9.048	4.11
-18.9	6.692	2.398
-19.1	4.625	1.313
-19.3	2.887	0.841
-19.5	1.52	0.454
-19.7	0.565	0.173
-19.9	0.066	0.02
-20	0	0



Momento Risultante

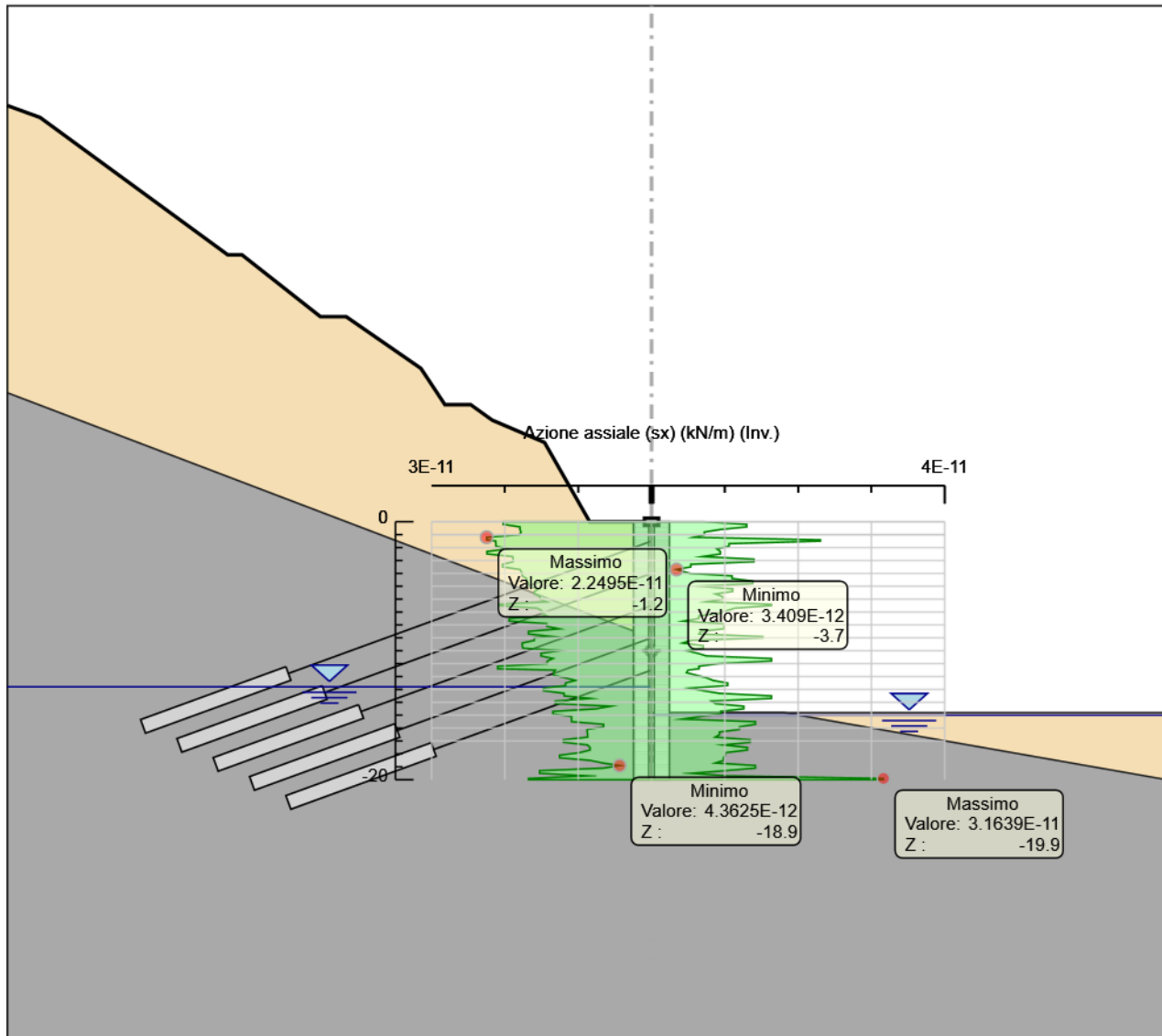
CombinedWallElement

Selected Design Assumptions Involupi: Azioni Assiali (sx) Muro: CombinedWallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	0
-0.2	0	0
-0.4	0	0
-0.6	0	0
-0.8	0	0
-1	0	0
-1.2	0	0
-1.4	0	0
-1.5	0	0
-1.7	0	0
-1.9	0	0
-2.1	0	0
-2.3	0	0
-2.5	0	0
-2.7	0	0
-2.9	0	0
-3.1	0	0
-3.3	0	0
-3.5	0	0
-3.7	0	0
-3.9	0	0
-4	0	0
-4.2	0	0
-4.4	0	0
-4.6	0	0
-4.8	0	0
-5	0	0
-5.2	0	0
-5.4	0	0
-5.6	0	0
-5.8	0	0
-6	0	0
-6.2	0	0
-6.4	0	0
-6.5	0	0
-6.7	0	0
-6.9	0	0
-7.1	0	0
-7.3	0	0
-7.5	0	0
-7.7	0	0
-7.9	0	0
-8.1	0	0
-8.3	0	0
-8.5	0	0
-8.7	0	0
-8.9	0	0
-9	0	0
-9.2	0	0
-9.4	0	0
-9.6	0	0
-9.8	0	0
-10	0	0
-10.2	0	0
-10.4	0	0
-10.6	0	0
-10.8	0	0
-11	0	0
-11.2	0	0
-11.4	0	0
-11.5	0	0
-11.7	0	0
-11.9	0	0
-12.1	0	0
-12.3	0	0
-12.5	0	0
-12.7	0	0
-12.9	0	0

Selected Design Assumptions Involuppi: Azioni Assiali (sx) Muro: CombinedWallElement

Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-13.1	0	0
-13.3	0	0
-13.5	0	0
-13.7	0	0
-13.9	0	0
-14.1	0	0
-14.3	0	0
-14.5	0	0
-14.7	0	0
-14.9	0	0
-15.1	0	0
-15.3	0	0
-15.5	0	0
-15.7	0	0
-15.9	0	0
-16.1	0	0
-16.3	0	0
-16.5	0	0
-16.7	0	0
-16.9	0	0
-17.1	0	0
-17.3	0	0
-17.5	0	0
-17.7	0	0
-17.9	0	0
-18.1	0	0
-18.3	0	0
-18.5	0	0
-18.7	0	0
-18.9	0	0
-19.1	0	0
-19.3	0	0
-19.5	0	0
-19.7	0	0
-19.9	0	0
-20	0	0



Azioni Assiali (sx)

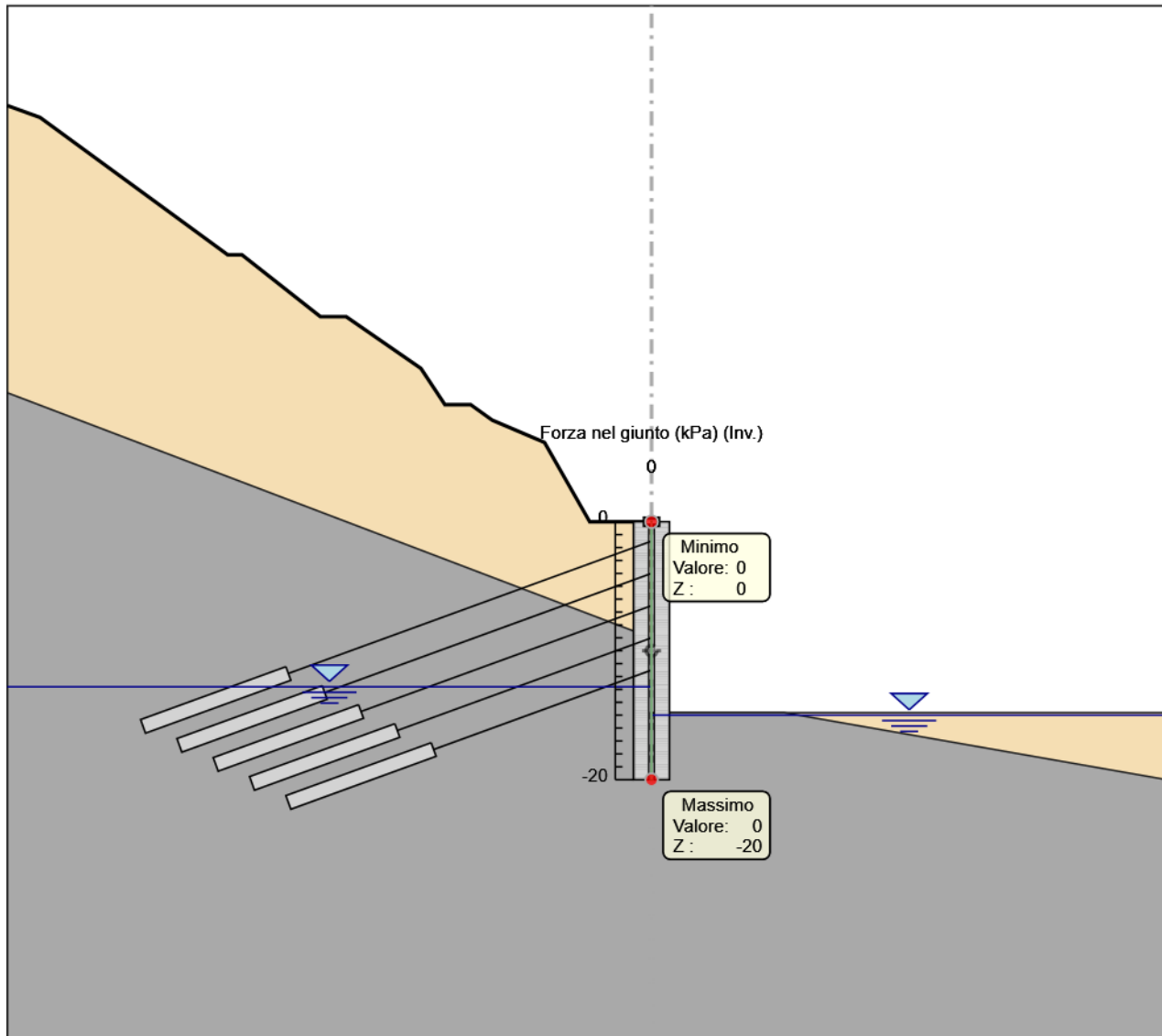
CombinedWallElement

Selected Design Assumptions Involupi: Forza nel Giunto Muro: CombinedWallElement

Z (m)	Lato sinistro (kPa)	Lato destro (kPa)
0	0	0
-0.2	0	0
-0.4	0	0
-0.6	0	0
-0.8	0	0
-1	0	0
-1.2	0	0
-1.4	0	0
-1.5	0	0
-1.7	0	0
-1.9	0	0
-2.1	0	0
-2.3	0	0
-2.5	0	0
-2.7	0	0
-2.9	0	0
-3.1	0	0
-3.3	0	0
-3.5	0	0
-3.7	0	0
-3.9	0	0
-4	0	0
-4.2	0	0
-4.4	0	0
-4.6	0	0
-4.8	0	0
-5	0	0
-5.2	0	0
-5.4	0	0
-5.6	0	0
-5.8	0	0
-6	0	0
-6.2	0	0
-6.4	0	0
-6.5	0	0
-6.7	0	0
-6.9	0	0
-7.1	0	0
-7.3	0	0
-7.5	0	0
-7.7	0	0
-7.9	0	0
-8.1	0	0
-8.3	0	0
-8.5	0	0
-8.7	0	0
-8.9	0	0
-9	0	0
-9.2	0	0
-9.4	0	0
-9.6	0	0
-9.8	0	0
-10	0	0
-10.2	0	0
-10.4	0	0
-10.6	0	0
-10.8	0	0
-11	0	0
-11.2	0	0
-11.4	0	0
-11.5	0	0
-11.7	0	0
-11.9	0	0
-12.1	0	0
-12.3	0	0
-12.5	0	0
-12.7	0	0
-12.9	0	0

Selected Design Assumptions Involuppi: Forza nel Giunto Muro: CombinedWallElement

Z (m)	Lato sinistro (kPa)	Lato destro (kPa)
-13.1	0	0
-13.3	0	0
-13.5	0	0
-13.7	0	0
-13.9	0	0
-14.1	0	0
-14.3	0	0
-14.5	0	0
-14.7	0	0
-14.9	0	0
-15.1	0	0
-15.3	0	0
-15.5	0	0
-15.7	0	0
-15.9	0	0
-16.1	0	0
-16.3	0	0
-16.5	0	0
-16.7	0	0
-16.9	0	0
-17.1	0	0
-17.3	0	0
-17.5	0	0
-17.7	0	0
-17.9	0	0
-18.1	0	0
-18.3	0	0
-18.5	0	0
-18.7	0	0
-18.9	0	0
-19.1	0	0
-19.3	0	0
-19.5	0	0
-19.7	0	0
-19.9	0	0
-20	0	0



Forza nel Giunto

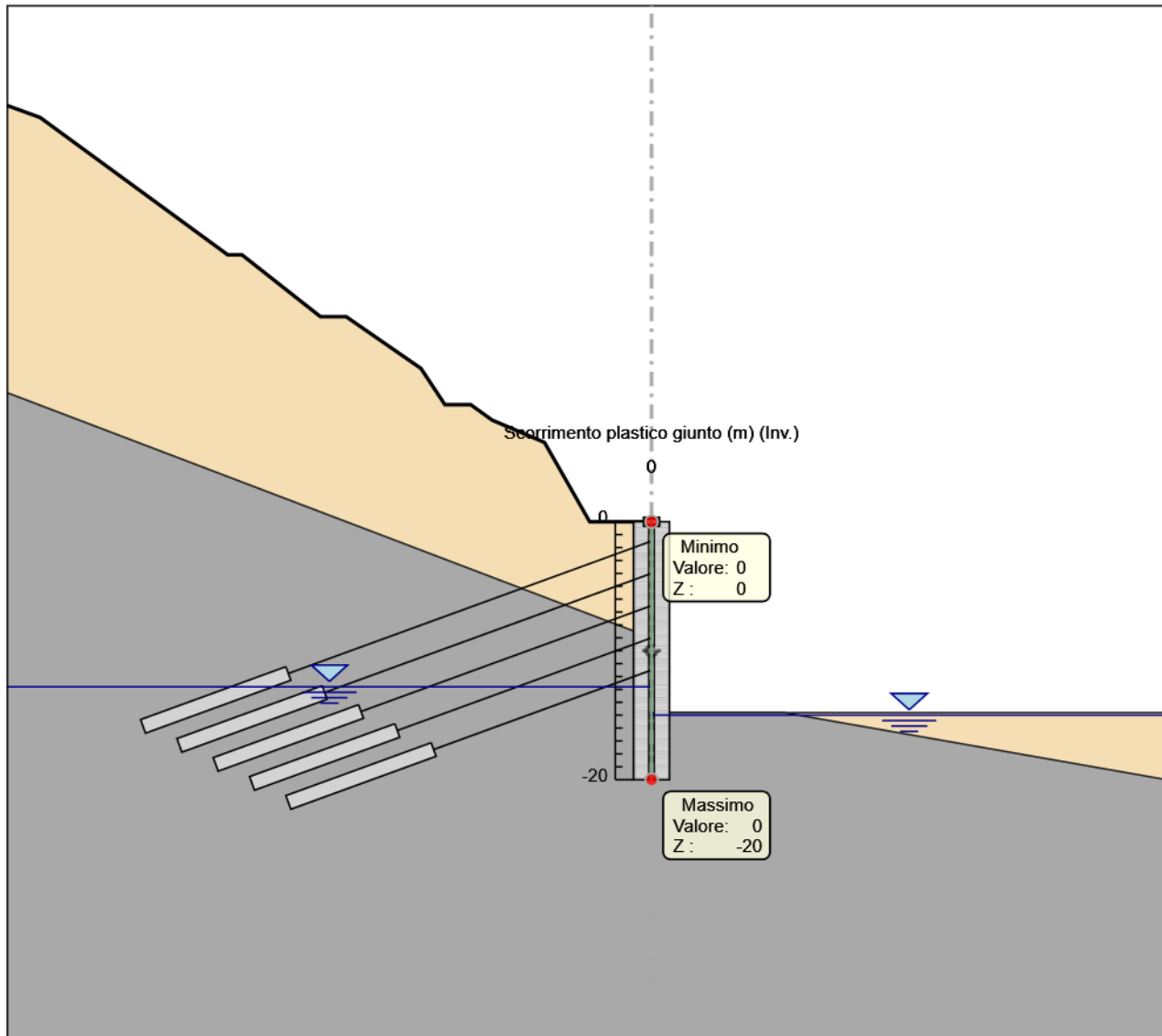
CombinedWallElement

Selected Design Assumptions Inviluppi: Scorrimento Plastico Giunto Muro: CombinedWallElement

Z (m)	Lato sinistro (m)	Lato destro (m)
0	0	0
-0.2	0	0
-0.4	0	0
-0.6	0	0
-0.8	0	0
-1	0	0
-1.2	0	0
-1.4	0	0
-1.5	0	0
-1.7	0	0
-1.9	0	0
-2.1	0	0
-2.3	0	0
-2.5	0	0
-2.7	0	0
-2.9	0	0
-3.1	0	0
-3.3	0	0
-3.5	0	0
-3.7	0	0
-3.9	0	0
-4	0	0
-4.2	0	0
-4.4	0	0
-4.6	0	0
-4.8	0	0
-5	0	0
-5.2	0	0
-5.4	0	0
-5.6	0	0
-5.8	0	0
-6	0	0
-6.2	0	0
-6.4	0	0
-6.5	0	0
-6.7	0	0
-6.9	0	0
-7.1	0	0
-7.3	0	0
-7.5	0	0
-7.7	0	0
-7.9	0	0
-8.1	0	0
-8.3	0	0
-8.5	0	0
-8.7	0	0
-8.9	0	0
-9	0	0
-9.2	0	0
-9.4	0	0
-9.6	0	0
-9.8	0	0
-10	0	0
-10.2	0	0
-10.4	0	0
-10.6	0	0
-10.8	0	0
-11	0	0
-11.2	0	0
-11.4	0	0
-11.5	0	0
-11.7	0	0
-11.9	0	0
-12.1	0	0
-12.3	0	0
-12.5	0	0
-12.7	0	0
-12.9	0	0

Selected Design Assumptions Inviluppi: Scorrimento Plastico Giunto Muro: CombinedWallElement

Z (m)	Lato sinistro (m)	Lato destro (m)
-13.1	0	0
-13.3	0	0
-13.5	0	0
-13.7	0	0
-13.9	0	0
-14.1	0	0
-14.3	0	0
-14.5	0	0
-14.7	0	0
-14.9	0	0
-15.1	0	0
-15.3	0	0
-15.5	0	0
-15.7	0	0
-15.9	0	0
-16.1	0	0
-16.3	0	0
-16.5	0	0
-16.7	0	0
-16.9	0	0
-17.1	0	0
-17.3	0	0
-17.5	0	0
-17.7	0	0
-17.9	0	0
-18.1	0	0
-18.3	0	0
-18.5	0	0
-18.7	0	0
-18.9	0	0
-19.1	0	0
-19.3	0	0
-19.5	0	0
-19.7	0	0
-19.9	0	0
-20	0	0



Scorrimento Plastico Giunto

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: A2+M2+R1 Stage 1 Left Wall	LEFT			34.28
NTC2018: A2+M2+R1 Stage 7 Left Wall	RIGHT			28.91

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva
				%
NTC2018: A2+M2+R1 Stage 7 Left Wall	LEFT			153.81
NTC2018: A2+M2+R1 Stage 1 Left Wall	RIGHT			623.06

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche	
Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficients per Verifica Tiranti	
GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6	Stage 7
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R3	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R2	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO	V	V	V	V	V	V	V

Risultati Caver

Verifiche Tiranti NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018 (ITA)						
		Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio Resistenza STR
Tirante 1	Stage 3		324.975	1451.416	828	0.224	0.392	
Tirante 1	Stage 4		309.513	1451.416	828	0.213	0.374	NO
Tirante 1	Stage 5		297.119	1451.416	828	0.205	0.359	NO
Tirante 1	Stage 6		291.964	1451.416	828	0.201	0.353	NO
Tirante 1	Stage 7		286.472	1451.416	828	0.197	0.346	NO
Tirante 2	Stage 4		324.975	1451.416	828	0.224	0.392	NO
Tirante 2	Stage 5		314.625	1451.416	828	0.217	0.38	NO

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)		Tipo Risultato: Verifiche Tiranti			NTC2018 (ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tirante 2	Stage 6	311.4	1451.416	828	0.215	0.376		NO
Tirante 2	Stage 7	306.986	1451.416	828	0.212	0.371		NO
Tirante 3	Stage 5	324.975	1451.416	828	0.224	0.392		NO
Tirante 3	Stage 6	325.306	1451.416	828	0.224	0.393		NO
Tirante 3	Stage 7	323.509	1451.416	828	0.223	0.391		NO
Tirante 4	Stage 6	324.975	1451.416	828	0.224	0.392		NO
Tirante 4	Stage 7	327.084	1451.416	828	0.225	0.395		NO
Tirante 5	Stage 7	324.975	1451.416	828	0.224	0.392		NO

Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R1

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1		Tipo Risultato: Verifiche Tiranti			NTC2018 (ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tirante 1	Stage 3	422.468	806.342	828	0.524	0.51		
Tirante 1	Stage 4	402.367	806.342	828	0.499	0.486		
Tirante 1	Stage 5	386.255	806.342	828	0.479	0.466		
Tirante 1	Stage 6	379.553	806.342	828	0.471	0.458		
Tirante 1	Stage 7	372.413	806.342	828	0.462	0.45		
Tirante 2	Stage 4	422.468	806.342	828	0.524	0.51		
Tirante 2	Stage 5	409.013	806.342	828	0.507	0.494		
Tirante 2	Stage 6	404.82	806.342	828	0.502	0.489		
Tirante 2	Stage 7	399.082	806.342	828	0.495	0.482		
Tirante 3	Stage 5	422.468	806.342	828	0.524	0.51		
Tirante 3	Stage 6	422.898	806.342	828	0.524	0.511		
Tirante 3	Stage 7	420.561	806.342	828	0.522	0.508		
Tirante 4	Stage 6	422.468	806.342	828	0.524	0.51		
Tirante 4	Stage 7	425.21	806.342	828	0.527	0.514		
Tirante 5	Stage 7	422.468	806.342	828	0.524	0.51		

Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R3

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R3		Tipo Risultato: Verifiche Tiranti			NTC2018 (ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tirante 1	Stage 3	422.468	733.038	828	0.576	0.51		
Tirante 1	Stage 4	402.367	733.038	828	0.549	0.486		
Tirante 1	Stage 5	386.255	733.038	828	0.527	0.466		
Tirante 1	Stage 6	379.553	733.038	828	0.518	0.458		
Tirante 1	Stage 7	372.413	733.038	828	0.508	0.45		
Tirante 2	Stage 4	422.468	733.038	828	0.576	0.51		
Tirante 2	Stage 5	409.013	733.038	828	0.558	0.494		
Tirante 2	Stage 6	404.82	733.038	828	0.552	0.489		
Tirante 2	Stage 7	399.082	733.038	828	0.544	0.482		
Tirante 3	Stage 5	422.468	733.038	828	0.576	0.51		
Tirante 3	Stage 6	422.898	733.038	828	0.577	0.511		
Tirante 3	Stage 7	420.561	733.038	828	0.574	0.508		
Tirante 4	Stage 6	422.468	733.038	828	0.576	0.51		
Tirante 4	Stage 7	425.21	733.038	828	0.58	0.514		
Tirante 5	Stage 7	422.468	733.038	828	0.576	0.51		

Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption: NTC2018:		Tipo Risultato: Verifiche			NTC2018			
A2+M2+R1		Tiranti			(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione	Resistenza GEO	Resistenza STR	Ratio GEO	Ratio	Resistenza	Gerarchia delle
		(kN)	(kN)	(kN)		STR		Resistenze
Tirante 1	Stage 3	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 1	Stage 4	314.132	733.038	828	0.429	0.379		
Tirante 1	Stage 5	304.864	733.038	828	0.416	0.368		
Tirante 1	Stage 6	304.818	733.038	828	0.416	0.368		
Tirante 1	Stage 7	301.74	733.038	828	0.412	0.364		
Tirante 2	Stage 4	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 2	Stage 5	318.458	733.038	828	0.434	0.385		
Tirante 2	Stage 6	322.377	733.038	828	0.44	0.389		
Tirante 2	Stage 7	321.362	733.038	828	0.438	0.388		
Tirante 3	Stage 5	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 3	Stage 6	333.538	733.038	828	0.455	0.403		
Tirante 3	Stage 7	335.787	733.038	828	0.458	0.406		
Tirante 4	Stage 6	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 4	Stage 7	331.629	733.038	828	0.452	0.401		
Tirante 5	Stage 7	324.975	733.038	828	0.443	0.392		

Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R2

Design Assumption: NTC2018:		Tipo Risultato: Verifiche			NTC2018			
A2+M2+R2		Tiranti			(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione	Resistenza GEO	Resistenza STR	Ratio GEO	Ratio	Resistenza	Gerarchia delle
		(kN)	(kN)	(kN)		STR		Resistenze
Tirante 1	Stage 3	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 1	Stage 4	314.132	733.038	828	0.429	0.379		
Tirante 1	Stage 5	304.864	733.038	828	0.416	0.368		
Tirante 1	Stage 6	304.818	733.038	828	0.416	0.368		
Tirante 1	Stage 7	301.74	733.038	828	0.412	0.364		
Tirante 2	Stage 4	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 2	Stage 5	318.458	733.038	828	0.434	0.385		
Tirante 2	Stage 6	322.377	733.038	828	0.44	0.389		
Tirante 2	Stage 7	321.362	733.038	828	0.438	0.388		
Tirante 3	Stage 5	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 3	Stage 6	333.538	733.038	828	0.455	0.403		
Tirante 3	Stage 7	335.787	733.038	828	0.458	0.406		
Tirante 4	Stage 6	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 4	Stage 7	331.629	733.038	828	0.452	0.401		
Tirante 5	Stage 7	324.975	733.038	828	0.443	0.392		

Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA STR

Design Assumption: NTC2018:		Tipo Risultato: Verifiche			NTC2018			
SISMICA STR		Tiranti			(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione	Resistenza GEO	Resistenza STR	Ratio GEO	Ratio	Resistenza	Gerarchia delle
		(kN)	(kN)	(kN)		STR		Resistenze
Tirante 1	Stage 3	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 1	Stage 4	309.513	733.038	828	0.422	0.374		
Tirante 1	Stage 5	297.119	733.038	828	0.405	0.359		
Tirante 1	Stage 6	291.964	733.038	828	0.398	0.353		
Tirante 1	Stage 7	286.472	733.038	828	0.391	0.346		
Tirante 2	Stage 4	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 2	Stage 5	314.625	733.038	828	0.429	0.38		
Tirante 2	Stage 6	311.4	733.038	828	0.425	0.376		
Tirante 2	Stage 7	306.986	733.038	828	0.419	0.371		
Tirante 3	Stage 5	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 3	Stage 6	325.306	733.038	828	0.444	0.393		
Tirante 3	Stage 7	323.509	733.038	828	0.441	0.391		
Tirante 4	Stage 6	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 4	Stage 7	327.084	733.038	828	0.446	0.395		
Tirante 5	Stage 7	324.975	733.038	828	0.443	0.392		

Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA GEO

Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO		Tipo Risultato: Verifiche Tiranti			NTC2018 (ITA)		Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR		
Tirante 1	Stage 3	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 1	Stage 4	309.513	733.038	828	0.422	0.374		
Tirante 1	Stage 5	297.119	733.038	828	0.405	0.359		
Tirante 1	Stage 6	291.964	733.038	828	0.398	0.353		
Tirante 1	Stage 7	286.472	733.038	828	0.391	0.346		
Tirante 2	Stage 4	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 2	Stage 5	314.625	733.038	828	0.429	0.38		
Tirante 2	Stage 6	311.4	733.038	828	0.425	0.376		
Tirante 2	Stage 7	306.986	733.038	828	0.419	0.371		
Tirante 3	Stage 5	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 3	Stage 6	325.306	733.038	828	0.444	0.393		
Tirante 3	Stage 7	323.509	733.038	828	0.441	0.391		
Tirante 4	Stage 6	324.975	733.038	828	0.443	0.392		
Tirante 4	Stage 7	327.084	733.038	828	0.446	0.395		
Tirante 5	Stage 7	324.975	733.038	828	0.443	0.392		

Inviluppo Verifiche Tiranti (su tutte le D.A. attive)

Tipo Risultato: Verifiche Tiranti		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	Design Assumption
Tirante	Stage								
Tirante 1	Stage 3	422.468	733.038	828	0.576	0.51			NTC2018: A1+M1+R3
Tirante 2	Stage 4	422.468	733.038	828	0.576	0.51			NTC2018: A1+M1+R3
Tirante 3	Stage 6	422.898	733.038	828	0.577	0.511			NTC2018: A1+M1+R3
Tirante 4	Stage 7	425.21	733.038	828	0.58	0.514			NTC2018: A1+M1+R3
Tirante 5	Stage 7	422.468	733.038	828	0.576	0.51			NTC2018: A1+M1+R3