

E78 GROSSETO - FANO
Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45)
Adeguamento a quattro corsie del tratto
San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto

PROGETTO DEFINITIVO

FI 508

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

IL GEOLOGO <i>Dott. Geol. Roberto Salucci</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 633	I PROGETTISTI SPECIALISTICI <i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111 <i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2687 <i>Ing. Matteo Bordugo</i> Ordine Ingegneri Provincia di Pordenone n. 750A <i>Ing. Giuseppe Festa</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629	PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria) GP INGEENNERIA (Mandante) <i>GESTIONE PROGETTI INGEENNERIA srl</i>  coopprogetti  engeko  Studio di Architettura e Ingegneria Moderna IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12): <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> 
COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE <i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270		
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Francesco Pisani</i>		
VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO <i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i>		

OPERE D'ARTE MAGGIORI
Asse principale
VI.02 – Viadotto Mari Dir. FANO
Relazione di calcolo opere provvisionali

CODICE PROGETTO	NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO DPFI508	LIV.PROG ANNO D 23		P01VI02GETRE02_B	
DPFI508	D	23	B	-
D				
C				
B	Revisione a seguito Istruttoria n°U. 0016028.09-01-2024	Gennaio '24	Cassarini	Bordugo
A	Emissione	Agosto '23	Cassarini	Bordugo
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO
				APPROVATO

INDICE

1.	<u>PREMESSA.....</u>	<u>4</u>
2.	<u>PARATIE</u>	<u>5</u>
2.1.	CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO.....	5
2.2.	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1.	CARATTERISTICHE MATERIALI	6
2.1.1.	MISCELA CEMENTIZIA PER PALI MICROPALI E CORDOLI (C 25/30).....	6
2.1.2.	CALCESTRUZZO MAGRO (C 12/15)	6
2.1.3.	MISCELE CEMENTIZIE PER INIEZIONI DI SECONDA FASE (TIRANTI)	6
2.1.4.	ACCIAIO DA CARPENTERIA TRAVI DI RIPARTIZIONE E PIASTRE. (S355 JR)	7
2.1.5.	ACCIAIO PER TREFOLI	7
2.1.6.	ACCIAIO D' ARMATURA	7
2.1.7.	ACCIAIO DA CARPENTERIA TUBI METALLICI (S355 JR)	7
3.	<u>CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA.....</u>	<u>8</u>
3.1.	STRATO DENOMINATO “UNITÀ GEOTECNICA RIPORTI” (STRATO U.G.R. R)	9
3.2.	STRATO DENOMINATO “UNITÀ GEOTECNICA FRANE” (STRATO FN)	9
3.3.	STRATO DENOMINATO “UNITÀ GEOTECNICA ARENARIA ALTERATA” (STRATO AC ALT)	10
3.4.	CRITERI DI CALCOLO E VERIFICA DELLE OPERE	10
3.4.1.	AZIONI.....	10
3.5.	APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA	11
3.5.1.	VERIFICA DEI TIRANTI E BULBI DI FONDAZIONE.....	12
3.5.2.	ACCIAIO DI ARMATURA.....	16
3.5.3.	VERIFICA DELLE TRAVI DI RIPARTIZIONE.....	16
3.5.4.	VERIFICA DEI MICROPALI	16
4.	<u>CARATTERISTICHE DELLA PARATIA.....</u>	<u>17</u>
4.1.	PARATIA IN MICROPALI	17
4.2.	TIRANTI DI ANCORAGGIO	17
4.3.	TRAVE DI CONTRASTO.....	19
5.	<u>ANALISI DEI CARICHI E DEI SOVRACCARICHI</u>	<u>19</u>

PROGETTAZIONE ATI:

5.1.	PRESENZA DI FALDA.....	19
6.	<u>CODICI DI CALCOLO</u>	19
7.	<u>CALCOLO DELLA STRUTTURA</u>	20
7.1.	FASI DI LAVORO	20
7.2.	COMBINAZIONI DI CARICO	25
8.	<u>RISULTATI OTTENUTI.....</u>	27
8.1.	VERIFICHE STRUTTURALI PALI	27
8.1.1.	<i>Verifica dell'armatura tubolare.....</i>	29
8.2.	VERIFICHE TIRANTI.....	31
8.2.1.	<i>Verifiche geotecniche.....</i>	33
8.2.2.	<i>Verifiche strutturali</i>	34
8.3.	VERIFICA TRAVE DI CONTRASTO.....	35
8.4.	VERIFICHE DEL TERRENO INTERAGENTE CON LA PARATIA	37
9.	<u>VERIFICHE DELLA STABILITÀ GLOBALE</u>	38
10.	<u>DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2018 (PUNTO 10.2).....</u>	40
10.1.	TIPO DI ANALISI SVOLTA.....	40
10.2.	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	40
10.3.	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO	40
10.4.	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	40
10.5.	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	40
10.6.	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	41
11.	<u>ALLEGATI DI CALCOLO</u>	42
	<u>DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA E DEGLI STRATI DI TERRENO.....</u>	43
	<u>DESCRIZIONE PARETI</u>	44
	<u>FASI DI CALCOLO</u>	45
	FASE INIZIALE	45
	SCAVO -2.50	47
	TIRANTE 1.....	49
	SCAVO -5.00	51

PROGETTAZIONE ATI:

TIRANTE 2.....	53
SCAVO -9.00	55
EXTRASCAVO.....	58
TABELLA CONFIGURAZIONE STAGE (NOMINAL).....	60
<u>NORMATIVE ADOTTATE PER LE VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI</u>	<u>61</u>
RIEPILOGO STAGE / DESIGN ASSUMPTION PER INVILUPPO	62
RISULTATI STEELWORLD	63
<i>Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld : LEFT.....</i>	<i>63</i>
<i>Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT.....</i>	<i>66</i>
<i>Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld.....</i>	<i>68</i>
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente).....</i>	<i>69</i>
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R1.....</i>	<i>70</i>
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R3.....</i>	<i>71</i>
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R1.....</i>	<i>72</i>
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R2.....</i>	<i>73</i>
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA STR.....</i>	<i>74</i>
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA GEO.....</i>	<i>75</i>
<i>Inviluppo Verifiche Tiranti (su tutte le D.A. attive).....</i>	<i>76</i>
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NOMINAL.....	77
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: SLE (RARA/FREQUENTE/QUASI PERMANENTE)	78
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: A1+M1+R1.....	79
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: A1+M1+R3.....	80
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: A2+M2+R1.....	81
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: A2+M2+R2.....	82
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: SISMICA STR	83
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: SISMICA GEO	84

1. PREMESSA

Il presente documento ha per oggetto la verifica delle opere di sostegno provvisionali, realizzate con paratie in pali o berlinesi in micropali, per il sostegno degli scavi necessari alla realizzazione dei viadotti nell'ambito del Progetto Definitivo dell'intervento relativo alla Strada di Grande Comunicazione S.G.C. E78 "Grosseto Fano" nel tratto "Nodo di Arezzo – Selci Lama" (svincolo con la E45 "Orte Ravenna") per quanto riguarda l'adeguamento a quattro corsie del tratto San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero – Lotto 1

Sulla base del par. 2.4.1 delle NTC'18 e considerando una vita utile massima pari a 6 mesi, per le presenti opere provvisionali si possono omettere le verifiche sismiche (vita inferiore a 2 anni).

In particolare si fa riferimento alla seguente opera :

- Viadotto VI.02

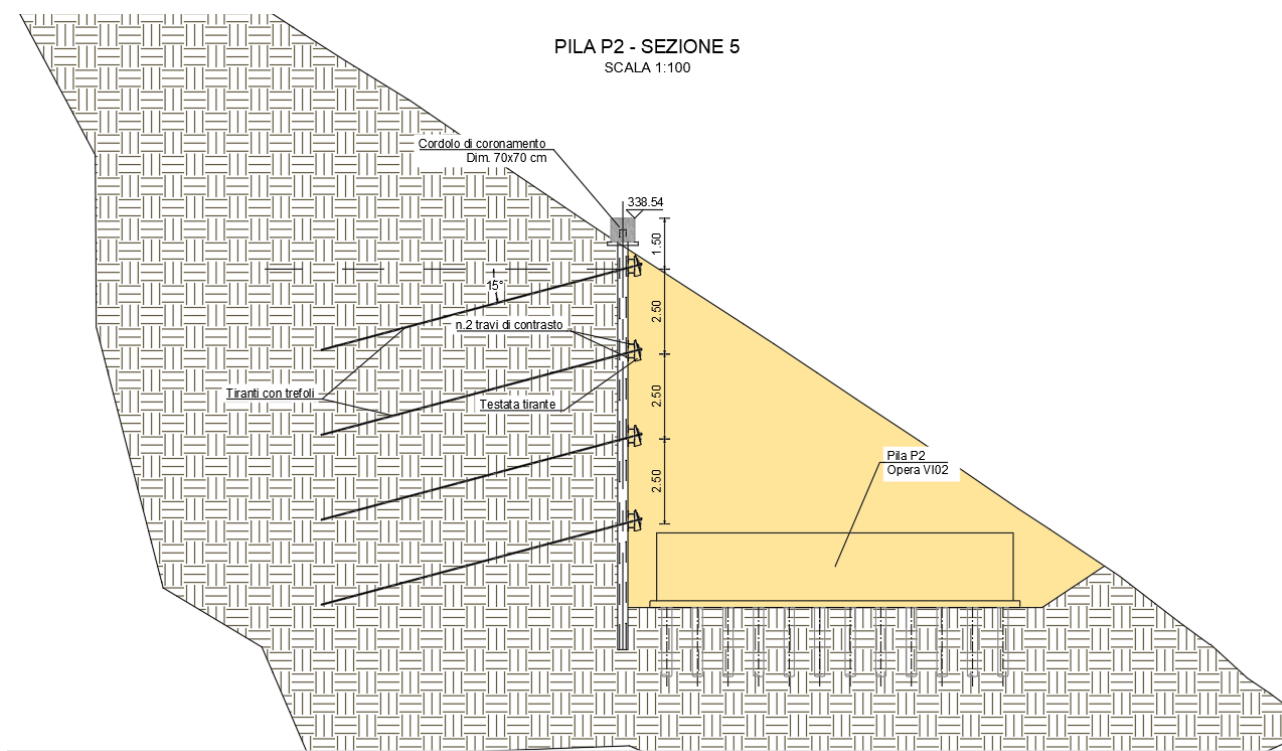
ed in particolare alla pila P1 che presenta gli scavi di altezza maggiore.

Il presente documento riporta in dettaglio le verifiche relative a tali opere, condotte ai sensi della normativa vigente.

Per l'ubicazione e le caratteristiche di dettaglio delle opere in oggetto si rimanda agli specifici elaborati grafici di progetto.

La sezione tipologica assunta nel calcolo, rappresentativa di tutte le paratie provvisionali previste per la realizzazione dell'opera, è quella relativa alla pila P.02 che presenta una altezza di scavo di circa 9.00 metri.

La sezione tipologica dell'opera è la seguente :



PROGETTAZIONE ATI:

2. PARATIE

2.1. CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Lo studio dell'interazione dell'opera con il terreno è stato condotto mediante il codice di calcolo PARATIE PLUS 23.0.6. PARATIEPLUS è un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da opere flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale. Il problema reale è assimilato ad un problema piano in cui viene analizzata una "fetta" di parete di larghezza unitaria, come mostrato nella figura seguente.

La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo "trave su suolo elastico": le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti tipo trave il cui comportamento è definito dalla rigidezza flessionale EJ , mentre il terreno viene simulato attraverso elementi monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie a comportamento elastoplastico incrudente caratterizzato da un modulo elastico E_{vc} a compressione vergine ed un modulo E_{ur} in fase di scarico/ricarico. Il criterio di rottura è quello di Mohr-Coulomb. Le condizioni iniziali a riposo sono determinate assegnando il coefficiente di spinta a riposo k_0 normalmente consolidato. I tiranti sono simulati attraverso elementi elastici di rigidezza $K=E(A/L)$ ove E è il modulo elastico del materiale, A l'area per unità di larghezza e L la lunghezza dell'elemento, trascurando pertanto ogni contributo flessionale.

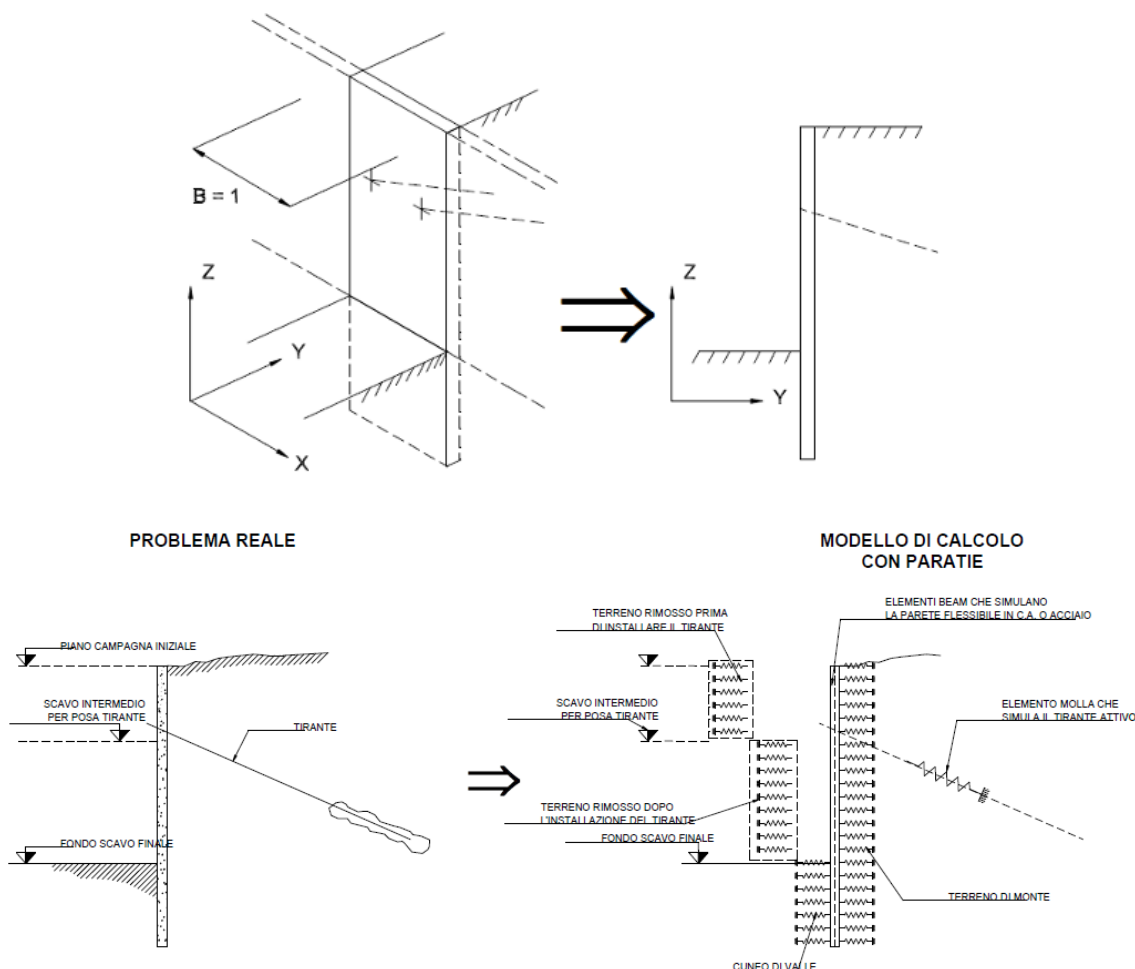


Figura 2-1 Schema di analisi di PARATIE

PROGETTAZIONE ATI:

2.2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le norme e circolari seguenti :

- D.M. Infrastrutture del 17.01.2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- UNI EN 1537:2002 – Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Tiranti di ancoraggio.
- UNI EN 206:2016 – "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità", Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1

2.1. CARATTERISTICHE MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione delle strutture oggetto di calcolo nell'ambito del presente documento :

2.1.1. MISCELA CEMENTIZIA PER PALI MICROPALI E CORDOLI (C 25/30)

Sulla base delle analisi chimiche condotte sul terreno si adotta C32/40 XA2: a favore di sicurezza si conducono le verifiche con C25/30.

- Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg : $R_{ck} = 30$ Mpa
- Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg : $f_{ck} = 25$ MPa($0.83 * R_{ck}$)
- Resistenza a compressione cilindrica media : $f_{cm} = 33$ MPa($f_{ck} + 8$)
- Classe di Consistenza slump : S4
- Max dimensione aggregato : 30 mm
- Contenuto minimo di cemento : 300 Kg/mc
- Classe di esposizione : xC1
- Copriferro pali : C=60 mm
- Copriferro cordoli : C=50 mm

2.1.2. CALCESTRUZZO MAGRO (C 12/15)

- Classe di resistenza : C12/15
- Contenuto min. Cemento : 150 Kg/mc

2.1.3. MISCELE CEMENTIZIE PER INIEZIONI DI SECONDA FASE (TIRANTI)

- Rapporto a/c : ≤ 0.7

PROGETTAZIONE ATI:

- Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 48 h : $R_{ck} \geq 5 \text{ Mpa}$
- Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28gg : $R_{ck} \geq 25 \text{ Mpa}$

2.1.4. ACCIAIO DA CARPENTERIA TRAVI DI RIPARTIZIONE E PIASTRE. (S355 JR)

- Classe Acciaio : S 355
- Modulo di elasticità : $E_f = 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

2.1.5. ACCIAIO PER TREFOLI

Di seguito si riportano le caratteristiche di progetto dell'acciaio previsto per i trefoli di armatura dei Tiranti di Ancoraggio in accordo a quanto indicato nella NTC2018:

- Tensione caratteristica di rottura : $f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale : $f_{p(1)k} = 1670 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento sotto carico massimo : $(A_{gt}) = 3.50 \%$
- Modulo di Elasticità : $E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

2.1.6. ACCIAIO D' ARMATURA

- Classe Acciaio : Acciaio per cemento armato B450 C saldabile
- Tensione caratteristica di snervamento : $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
- Tensione caratteristica di rottura : $f_{ptk} = 540 \text{ N/mm}^2$
 $f_{yk} \geq f_{ynom} \text{ frattile } 5\%$
 $f_{tk} \geq f_{ynom} \text{ frattile } 5\%$
 $1.5 \leq (f_t/f_y)_k \leq 1.35 \text{ frattile } 10\%$
 $(f_y/f_{ynom})_k \leq 1.25 \text{ frattile } 10\%$

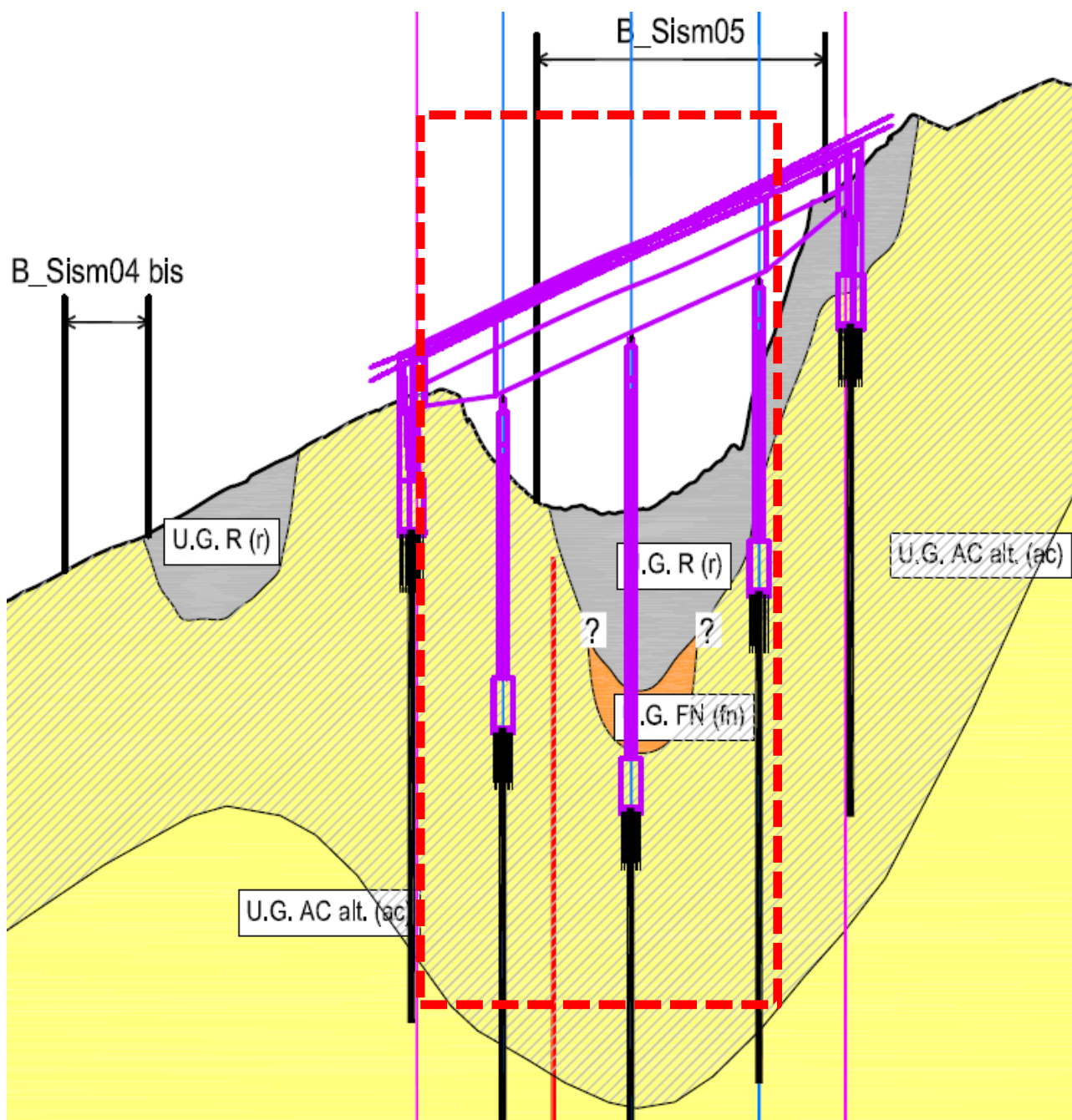
2.1.7. ACCIAIO DA CARPENTERIA TUBI METALLICI (S355 JR)

- Classe Acciaio : S 355
- Modulo di elasticità : $E_f = 210000 \text{ N/mm}^2$

3. CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica dei materiali interessati dall'intervento si è fatto riferimento alla "Relazione geotecnica generale" ed ai relativi elaborati grafici.

I parametri dei terreni utilizzati per il calcolo sono in accordo con quanto illustrato nelle relazioni geologica e geotecnica, di cui si riporta un estratto contenuto nel profilo geologico :



PROGETTAZIONE ATI:

UNITA' GEOTECNICHE

U.G. R	UNITA' GEOTECNICA RIPORTI	U.G. FN	UNITA' GEOTECNICA FRANE
U.G. LS	UNITA' GEOTECNICA LIMI SABBIOSI	U.G. GS	UNITA' GEOTECNICA GHIAIE SABBIOSE
U.G. MS alt	UNITA' GEOTECNICA MARNA ALTERATA	U.G. MS	UNITA' GEOTECNICA MARNE
U.G. AC alt	UNITA' GEOTECNICA ARENARIA ALTERATA	U.G. AC	UNITA' GEOTECNICA ARENARIA

Unità geotecnica	Unità geologica	γ/γ' (kN/m ³)	Valori caratteristici							V_s (m/s)	G_0 (MPa)	ν (-)	Valori di deformabilità di riferimento				
			ϕ' (°)	c' (kPa)	c_u (kPa)	ϕ'_k (°)	c'_k (kPa)	c_{uk} (kPa)	q_s per micropali tipo IGU (kPa)				$M_{fond. Dir.}$ (MPa)	$M_{fond. Prof.}$ (MPa)	$E_{fond. Dir.}$ (MPa)	$E_{fond. Prof.}$ (MPa)	$E_{substr.}$ (MPa)
R	r	20/10	26+30	-	-	28	-	-	-	200	80	0.25	-	-	20	30	-
FN*	fn	19.5/9.5	24+30	0+5	-	24	0	-	-	100+200	20+80	0.3	-	-	6+10	9+15	-
LS	at	19.5/9.5	24+28	10+30	40+60	26	10	50	-	200+400	80+300	0.30	4+6	8+12	6+10	9+15	-
GS	at	19.5/9.5	27+32	0	-	30	0	-	100+150	200+400	80+300	0.3	-	-	10+15	15+22	-
MS alt	ms	19.5/9.5	29+37	10+50	-	26	30	-	200+400	200+700	80+1000	0.2	-	-	15+25	22+38	-
MS	ms	23/13	22+31	70+200	-	28	90	-	400+600	700+1000	1100+2300	0.2	-	-	-	-	3000
AC alt	ac	19.5/9.6	25+35	10+50	-	25	30	-	200+400	200+700	80+1000	0.2	-	-	15+25	22+38	-
AC	ac	23/13	23+31	80+210	-	27	100	-	400+600	700+1000	1100+2300	0.2	-	-	-	-	2400

*Valori presunti, basati su informazioni limitate

Figura 2: tabella riassuntiva caratteristiche meccaniche terreni in sito

Sulla base di tali dati si sono assunti i seguenti parametri inseriti nel codice di calcolo :

3.1. STRATO DENOMINATO “UNITÀ GEOTECNICA RIPORTI” (STRATO U.G.R. R)

- Potenza dello strato : circa 5.00 metri
- Angolo di attrito : 28°
- Coesione c' : 0 kPa
- Modulo M : 30.000 kPa

3.2. STRATO DENOMINATO “UNITÀ GEOTECNICA FRANE” (STRATO FN)

- Potenza dello strato : circa 2.00 metri
- Angolo di attrito : 24°
- Coesione c' : 0 kPa
- Modulo M : 10.000 kPa

3.3. STRATO DENOMINATO “UNITÀ GEOTECNICA ARENARIA ALTERATA” (STRATO AC ALT)

- Potenza dello strato : indefinita (potenza superiore a circa 20.00 metri)
- Angolo di attrito : 25°
- Coesione c' : 30 kPa
- Modulo M : 2.500.000 kPa

Si riporta nel seguito lo schema di calcolo adottato.

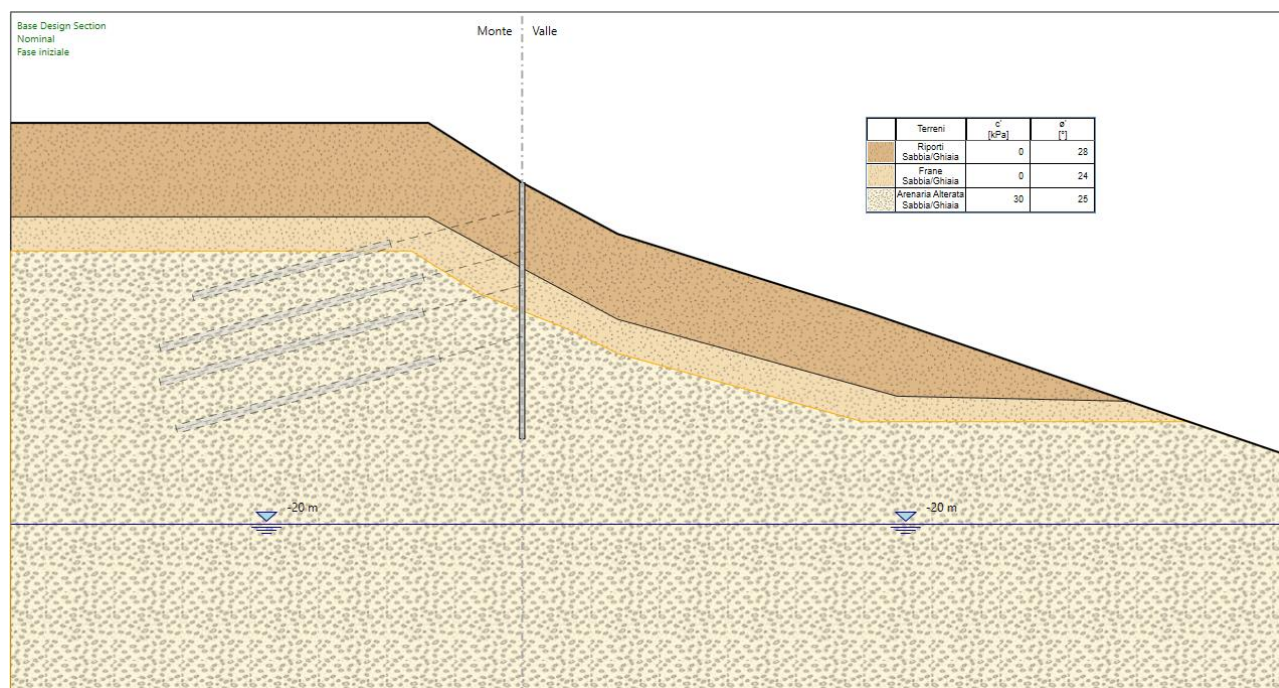


Figura 3 : schema del modello di calcolo adottato

3.4. CRITERI DI CALCOLO E VERIFICA DELLE OPERE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 17.01.2018 e della relativa circolare esplicativa.

3.4.1. AZIONI

Le azioni considerate per la verifica delle opere di sostegno sono le seguenti :

- azioni permanenti strutturali: peso proprio degli elementi strutturali, spinta del terreno a monte e a valle dell'opera.
- azioni variabili: non presenti in considerazione della conformazione dei luoghi.
- azione sismica: l'azione è stata omessa in quanto le opere sono provvisorie.

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 17.01.2018, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche:

PROGETTAZIONE ATI:

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione caratteristica (SLE)

3.5. APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA

Di seguito viene presentato l'elenco delle diverse analisi effettuate per il dimensionamento e la verifica delle opere, nello spirito del metodo semiprobabilistico agli stati limite, in accordo alle disposizioni del DM 17.01.2018 e della relativa Circolare esplicativa del 21.01.2019.

Per le analisi relative alle paratie, sono stati presi in considerazione i seguenti stati limite di progetto:

- Stato Limite di Esercizio (**SLE**) – Combinazione caratteristica: le analisi sono condotte considerando i valori caratteristici delle azioni esterne A_k e dei parametri geotecnici M_k . Questa modellazione verrà utilizzato per la valutazione degli spostamenti.
- Stato Limite Ultimo (**STR**) – Combinazione A1+M1+R1: le analisi sono condotte considerando i valori di progetto delle azioni esterne A_1 (ottenuti amplificando con opportuni coefficienti parziali i valori caratteristici, $A_1=\gamma_1 \cdot A_k$), mentre ai parametri geotecnici si assegnano coefficienti parziali unitari ($M_1=M_k$).
- Stato Limite Ultimo (**GEO**): Combinazione A2+M2+R2: le analisi sono condotte considerando le azioni permanenti non strutturali e le azioni variabili (sovraccarichi) incrementate per mezzo dei coefficienti parziali (γ_{G2} , γ_Q) del gruppo A2, mentre i parametri geotecnici sono ridotti mediante i coefficienti parziali del gruppo M2 ($M_2=M_k/\gamma_{M2}$).
- Stato Limite Ultimo con sisma – trattandosi di opere provvisoriali non si verifica la configurazione sismica in accordo al punto §2.4.1 di NTC2018.

Si sottolinea che per la combinazione A1+M1+R1 (**STR**) i coefficienti parziali sono applicati sugli effetti delle azioni, in accordo a quanto previsto nel § 6.2.4.1 “Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)” del D.M. 2018.

Nelle seguenti tabelle sono riportati i coefficienti parziali prescritti dalla normativa per gli Stati Limite Ultimi.

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	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}

Tabella 3-1– Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.00	1.00

Tabella 3-2– Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE R1
Coefficiente parziale	$\gamma_R = 1,00$

Tabella 3-3– Coefficienti parziali delle resistenze

Si riepilogano in tabella le analisi eseguite:

1	SLE	per calcolo deformazioni
2	SLU A1+M1+R1	per verifiche strutturali di pali, micropali e travi di ripartizione
3	SLU A2+M2+R2	per verifiche di stabilità globale
4	SLU A2+M2+R2	per verifiche geotecniche
5	SLU A1+M1+R3	per verifiche tiranti

Tabella 3-4– Combinazioni di calcolo utilizzate per le paratie

3.5.1. VERIFICA DEI TIRANTI E BULBI DI FONDAZIONE

La verifica di sfilamento del bulbo dei tiranti viene svolta (§6.6.2 del DM 17.01.2018) con riferimento alla combinazione A1+M1+R3.

La verifica consiste nel soddisfare la seguente disuguaglianza:

$$T_d \leq R_{ad}$$

dove:

- T_d = azione di calcolo;
- $R_{ad} = R_{ak} / \gamma_R$ = resistenza di progetto allo sfilamento;
- R_{ak} = resistenza caratteristica allo sfilamento;
- $\gamma_R = 1.1$ per tiranti provvisori.

PROGETTAZIONE ATI:

L'azione massima di calcolo T_d si ottiene amplificando con i coefficienti parziali γ_F relativi alla combinazione A1 la massima trazione valutata con un modello di iterazione terreno/struttura nel quale tutti i coefficienti parziali (azioni e resistenza) sono assunti unitari.

La resistenza caratteristica a sfilamento è pari a:

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

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

con:

- ξ_{a3}, ξ_{a4} = fattore di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero di profili d'indagine, assunto pari a 1.7;
- $(R_{a,c})_{\text{medio}}$ = resistenza allo sfilamento del tirante, calcolata seguendo un opportuno metodo analitico.
- La resistenza allo sfilamento del tirante dovrebbe essere valutata sulla base di prove di tiro in sito, in via preliminare essa può essere stimata attraverso la formula proposta da Bustamante e Doix che prevede:

$$(R_{a,c})_{\text{medio}} = \pi \cdot \alpha \cdot D \cdot L \cdot q_s$$

con:

- α = coefficiente amplificativo che tiene conto dell'incremento della sezione del bulbo per iniezioni multiple e ripetute (nel caso in esame assunto cautelativamente pari a 1.00);
- D = diametro del foro da cui viene realizzato il bulbo (150 mm);
- L = lunghezza del bulbo di ancoraggio;
- q_s = resistenza disponibile lungo la superficie di contatto tra la fondazione dell'ancoraggio e il terreno, assunta nel caso in esame pari a 150 kPa.

I parametri relativi alla tensione tangenziale media limite q_s e al coefficiente empirico α sono stati assunti nell'ipotesi di realizzare il bulbo di fondazione con iniezioni multiple e ripetute (I.R.S.).

TERRENO	VALORI DEL COEFFICIENTE α_d		QUANTITÀ MINIMA DI MISCELA CONSIGLIATA VS	
	IRS	IGU	IRS	IGU
Ghiaia	1.8	1.3-1.4	1.5Vs	1.5Vs
Ghiaia sabbiosa	1.6-1.8	1.2-1.4	1.5Vs	1.5Vs
Sabbia ghiaiosa	1.5-1.6	1.2-1.3	1.5Vs	1.5Vs
Sabbia grossa	1.4-1.5	1.1-1.2	1.5Vs	1.5Vs
Sabbia media	1.4-1.5	1.1-1.2	1.5Vs	1.5Vs
Sabbia fine	1.4-1.5	1.1-1.2	1.5Vs	1.5Vs

PROGETTAZIONE ATI:

Sabbia limosa	1.4-1.5	1.1-2.0	(1.5-2)Vs	1.5Vs
Limo	1.4-1.6	1.1-1.2	2 Vs	1.5Vs
Argilla	1.8-2.0	1.2	IRS: (2.5-3)Vs; IGU/1.5-2)Vs	
Marna	1.8	1.1-1.2	(1.5-2)Vs per strati compatti 1.7-2.4	
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 o più per strati poco fratturati 2Vs o più per strati fratturati 1.7-2.4	
– IRS: iniezione ad alta pressione a più stadi e ripetuta – IGU: iniezione a bassa pressione in unica soluzione – p1: Pressione limite dalla prova pressiometrica Menard – pi: pressione di iniezione			$V_s = L_f D_s^2 / 4$ L_f: Lunghezza della fondazione D_s: Diametro reale della fondazione	
Nota: nella tabella sono riportati i valori teorici della quantità di volume della miscela di iniezione nelle diverse condizioni operative ed il rapporto acqua cemento ottimale(da Bustamante e Doix, 1985)				

Tabella 3-5– Valori del coefficiente α per la stima del diametro reale della fondazione dell'ancoraggio

Nel caso in esame si assume a favore di sicurezza α = 1.00.

In definitiva il valore della tensione tangenziale limite α·q_s è pari a:

- α·q_s = 1.0 x 150 kPa = 150 kPa

Tale valore andrà confermato mediante uno specifico campo prove.

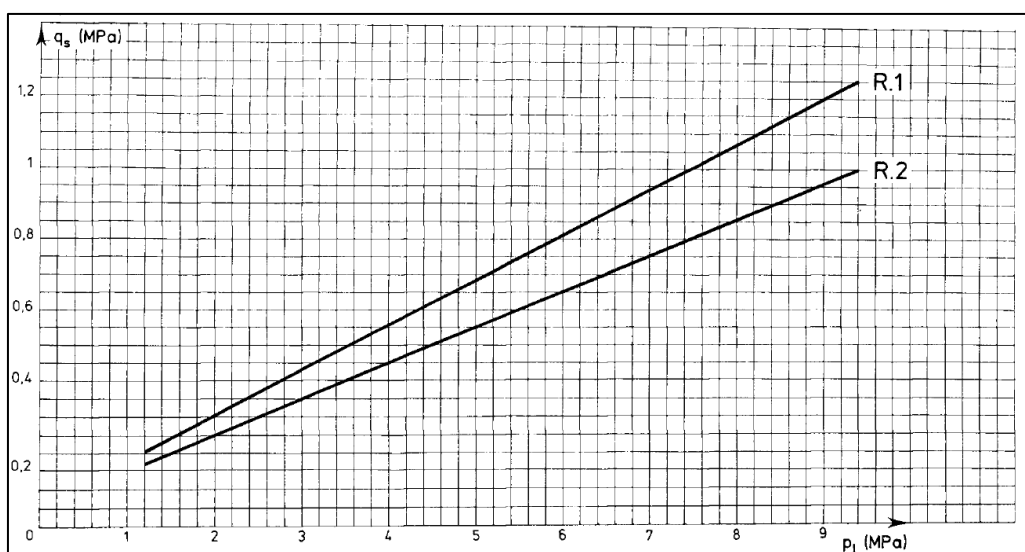


Figura 3-4 Grafici per il calcolo di q_s per rocce alterate e fratturate

PROGETTAZIONE ATI:

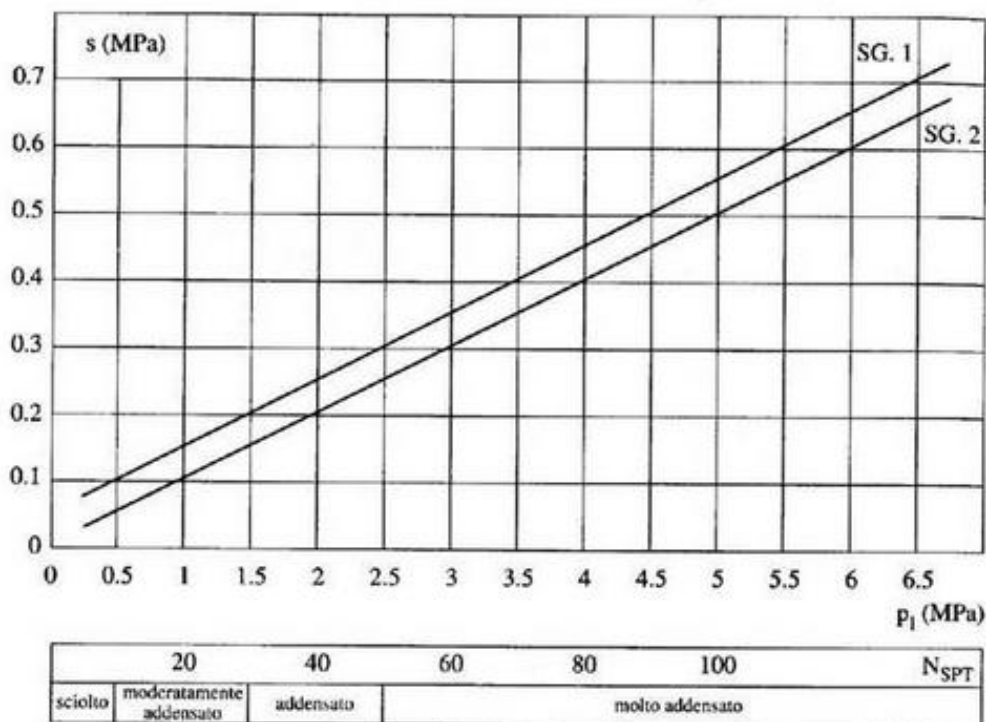


Figura 3-5 Grafici per il calcolo di q_s per sabbie e ghiaie

La verifica di resistenza del tratto libero dei tiranti viene eseguita confrontando il tiro massimo di calcolo proveniente dall'analisi per ciascun ordine di tiranti con quello allo stato limite ultimo per i trefoli (verifica dell'armatura dei tiranti).

La verifica consiste nel soddisfare la seguente disuguaglianza:

$$T_d \leq R_{pd}$$

dove:

- T_d = azione di calcolo;
- $R_{pd} = (A_s \times f_{p(1)k}) / (1.15)$ = resistenza ultima di progetto del tirante;
- A_s = area della sezione di armatura = $n A_t$
- A_t = area del singolo trefolo
- n = numero di trefoli
- $f_{p(1)k}$ = è la tensione caratteristica all'1% di deformazione totale (pari a 1670 MPa)

3.5.2. ACCIAIO DI ARMATURA

In condizioni ultime, lo sforzo massimo di trazione di calcolo P_d ricavato dall'analisi, deve risultare non maggiore dello sforzo di snervamento di progetto dei tiranti N_{yd} ottenuto moltiplicando l'area totale A_t della sezione resistente per la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio $f_{p(1)k}$, fattorizzata con il coefficiente parziale $\gamma_s = 1.15$, ovvero :

$$FS = \frac{f_{p(1)k} A_{n_{tr}}}{1.15 \cdot P_d} \geq 1.00$$

dove:

$f_{p(1)k}$: trazione caratteristica dell'acciaio dei trefoli, all'1% di deformazione totale

A : area di ciascun trefolo

n_{tr} : numero di trefoli per tirante

3.5.3. VERIFICA DELLE TRAVI DI RIPARTIZIONE

La verifica delle travi di ripartizione è condotta con riferimento alle massime sollecitazioni di analisi relative alle combinazioni STR.

Ai fini del calcolo, ciascuna trave è caratterizzata da uno schema statico tipico di trave continua su più appoggi, sollecitata da un carico distribuito uniforme pari alla reazione del generico tirante N_q diviso il relativo interasse i . In considerazione dello schema statico, la verifica dimensionante è quella fatta in prossimità del generico appoggio (tirante), in corrispondenza del quale, i profili costituenti la trave sono sollecitati a taglio e flessione.

A favore di sicurezza si considera la trave semplicemente appoggiata sulla luce di 3.00 metri, pari all'interasse dei tiranti.

3.5.4. VERIFICA DEI MICROPALI

La verifica dei micropali è condotta analogamente alla verifica delle travi di ripartizione con riferimento alle massime sollecitazioni di Analisi relative alle combinazioni STR restituite dal programma di calcolo utilizzato.

4. CARATTERISTICHE DELLA PARATIA

4.1. PARATIA IN MICROPALI

Le caratteristiche della paratia risultano le seguenti:

- micropali con perforazione verticale di diametro pari a ϕ 300;
- lunghezza della palificata pari a metri 15.00 valutata a partire dall'estradosso del terreno di spinta di monte (approssimativamente la quota di estradosso del cordolo di sommità in calcestruzzo)
- interasse dei pali pari a 40 centimetri
- armatura tubolare realizzata con tubo di diametro esterno ϕ 193.70 e spessore 10.00 millimetri
- modalità di riempimento del foro a gravità

A favore di sicurezza si trascura l'effetto della presenza del calcestruzzo ai fini della rigidità e della resistenza del micropalo.

La maschera rappresentativa dei dati considerati nel calcolo è la seguente:

Nome: berline fi 300 tubo fi 193 sp 10 @40 cm

Inertia Equivalente: 0.0002 m⁴/m

Area Equivalente: 0.038031808218022 m²/m

Mat. omogeneizzazione: Fe360

Da utilizzare per:

- ☒ Muri
- ☒ Solette (specificare il Dead Load: 5 kN/m)
- ☒ Puntelli
- ☒ Puntoni

Geometria e materiali

Sezione personalizzata

Materiale: Inertia: m⁴/m Area: m²/m

Diaframma o Pali

Calcestruzzo

Materiale: C20/25

Spessore: Ct: 0.6 m

Diametro: Cd: 0.3 m

Passo: Cs: 0.4 m

Efficiacia del calcestruzzo per il calcolo della rigidità [0-1]: ac: 1

Acciaio

Materiale: Fe360

Profilo: CHS193.7*10

Passo: Ss: 0.4 m

Diametro: Sod: 0.1937 m

Spessore: Sot: 0.01 m

Anteprima

Diagramma di un micropalo con dimensioni: Cd, Sod, Sot, Ss, Cs.

Figura 6 : caratteristiche della paratia

4.2. TIRANTI DI ANCORAGGIO

Si prevede una duplice fila di tiranti di ancoraggio così costituiti:

Tirante a quota -1.50 :

- tirante a 4 trefoli da 0.60"
- interasse dei tiranti pari a metri 3.00
- quota dell'asse della testa dei tiranti dalla sommità della paratia (quota di estradosso del terreno di monte) pari a metri 1.50
- inclinazione dei tiranti pari a 15° rispetto all'orizzontale
- lunghezza della parte passiva pari a 8.00 metri

PROGETTAZIONE ATI:

- lunghezza della parte attiva pari a metri 12.00
- lunghezza complessiva del tirante pari a 20.00 metri
- tiro iniziale del tirante pari a 360 kN
- diametro della perforazione pari a ϕ 240
- metodo di iniezione ripetuta e selettiva (IRS)

Tirante a quota -4.00 :

- tiranti a 4 trefoli da 0.60"
- interasse dei tiranti pari a metri 3.00
- quota dell'asse della testa dei tiranti dalla sommità della paratia (quota di estradosso del terreno di monte) pari a metri 4.00
- inclinazione dei tiranti pari a 15° rispetto all'orizzontale
- lunghezza della parte passiva pari a 6.00 metri
- lunghezza della parte attiva pari a metri 16.00
- lunghezza complessiva del tirante pari a 22.00 metri
- tiro iniziale del tirante pari a 450 kN
- diametro della perforazione pari a ϕ 240
- metodo di iniezione ripetuta e selettiva (IRS)

Tirante a quota -6.00 :

- tiranti a 4 trefoli da 0.60"
- interasse dei tiranti pari a metri 3.00
- quota dell'asse della testa dei tiranti dalla sommità della paratia (quota di estradosso del terreno di monte) pari a metri 4.00
- inclinazione dei tiranti pari a 15° rispetto all'orizzontale
- lunghezza della parte passiva pari a 6.00 metri
- lunghezza della parte attiva pari a metri 16.00
- lunghezza complessiva del tirante pari a 22.00 metri
- tiro iniziale del tirante pari a 500 kN
- diametro della perforazione pari a ϕ 240
- metodo di iniezione ripetuta e selettiva (IRS)

Tirante a quota -9.00 :

- tiranti a 4 trefoli da 0.60"
- interasse dei tiranti pari a metri 3.00
- quota dell'asse della testa dei tiranti dalla sommità della paratia (quota di estradosso del terreno di monte) pari a metri 4.00
- inclinazione dei tiranti pari a 15° rispetto all'orizzontale
- lunghezza della parte passiva pari a 6.00 metri
- lunghezza della parte attiva pari a metri 16.00
- lunghezza complessiva del tirante pari a 22.00 metri
- tiro iniziale del tirante pari a 500 kN
- diametro della perforazione pari a ϕ 240
- metodo di iniezione ripetuta e selettiva (IRS)

PROGETTAZIONE ATI:

I valori delle lunghezze libere dei tiranti, determinate in fase statica mediante costruzione geometrica al fine di garantire l'ancoraggio al di fuori del cuneo di spinta attivo, sono stati incrementati per tener conto della fase sismica secondo l'espressione:

$$- \quad L_e = L_s (1 + 1.5 a_{max}/g) \quad [NTC2018 \text{ par.7.11.6.4}]$$

La maschera rappresentativa dei dati considerati nel calcolo è la seguente :

Input tabellare

Lista tiranti

Nome	Muro	Z [m]	Sezione	L. Libera [m]	L. Bulbo (Lfix) [m]	Bulbo deformabile [%]	Diametro Perforazione [m]	Angolo [°]	Passo orizz. [m]	Precarico [kN]	Aderenza Personalizzata	Metodo di Iniezione	Al
fila tirante 1	LEFT	-1.50	tirante 4 trefoli	8.00	12.00	50	0.24	15.00	3	360	No	IRS	1
fila tirante 2	LEFT	-4.00	tirante 4 trefoli	6.00	16.00	50	0.24	15.00	3	450	No	IRS	1
fila tirante 3	LEFT	-6.00	tirante 4 trefoli	6.00	16.00	50	0.24	15.00	3	500	No	IRS	1
fila tirante 4	LEFT	-9.00	tirante 4 trefoli	6.00	16.00	50	0.24	15.00	3	500	No	IRS	1

Alpha	Qskin [kPa]	Vincolo Permanente	Comportamento Plastico	Carico Ultimo [kN]	Connetti a nodo slave	Connetti a trave di ripartizione	Nome Trave di Ripartizione	Sezione Trave di Ripartizione
1	150	No	No		No	Si	trave fila 1	DOUBLE HE 200A MAT. S275
1	150	No	No		No	Si	trave fila 2	DOUBLE HE 200A MAT. S275
1	150	No	No		No	Si	trave fila 3	DOUBLE HE 200A MAT. S275
1	150	No	No		No	Si	trave fila 4	DOUBLE HE 200A MAT. S275

Figura 7 : caratteristiche dei tiranti

4.3. TRAVE DI CONTRASTO

Come trave di contrasto si adotta un profilo in acciaio costituito da nr. 2 travi HEA 200 in acciaio S275 accoppiate, adeguatamente collegate da calastrelli e con piastre dotate di cunei in corrispondenza delle testate per compensare l'inclinazione del tirante.

A favore di sicurezza si è considerato un vincolo di semplice appoggio in corrispondenza delle estremità del campo da 3.00 metri relativo all'interasse dei tiranti.

5. ANALISI DEI CARICHI E DEI SOVRACCARICHI

Al fini del calcolo sono state considerate le sollecitazioni dovute alla spinta dei terreni, secondo la formulazione proposta da Paratie in condizioni di comportamento elasto plastico.

5.1. PRESENZA DI FALDA

Sulla base di quanto indicato nella descrizione geologica e geotecnica del sito, si considera la falda attestata ad una profondità inferiore al piede della palificata e pertanto non significativa ai fini del calcolo.

6. CODICI DI CALCOLO

Il calcolo e la verifica delle opere in esame sono stati condotti con l'ausilio del software PARATIE PLUS 22.0.8, distribuito da CeAS s.r.l. di Milano; per le verifiche di stabilità globale si è utilizzato il modulo aggiuntivo "VSP".

PROGETTAZIONE ATI:

7. CALCOLO DELLA STRUTTURA

7.1. FASI DI LAVORO

Il calcolo viene condotto in condizioni non lineari agli elementi finiti dell'interazione terreno – struttura è stato effettuato passo per passo, considerando la seguente successione di fasi di calcolo (tutte le quote espresse sono relative e riferite alla testa della paratia) :

1. Preparazione del piano di imposta dei pali (quota 0.00 metri) e realizzazione dei pali costituenti la paratia
2. Scavo a quota -2.00 metri dal p.c.
3. Realizzazione del primo ordine di tiranti
4. Scavo a quota -4.00 metri dal p.c.
5. Realizzazione del secondo ordine di tiranti
6. Successivo scavo a quota -6.00 metri dal p.c.
7. Realizzazione del terzo ordine di tiranti
8. Successivo scavo a quota -9.00 metri dal p.c. (quota di fondo scavo in fase operativa) ed applicazione di un sovraccarico operativo pari a 6 kPa all'estradosso del pendio
9. Realizzazione del quarto ordine di tiranti
10. Approfondimento di scavo pari a circa 0.50 metri rispetto alla quota finita minima di esercizio dell'opera;

Nel seguito si riportano gli schemi utilizzati nel calcolo rappresentativi delle fasi precedentemente descritte :

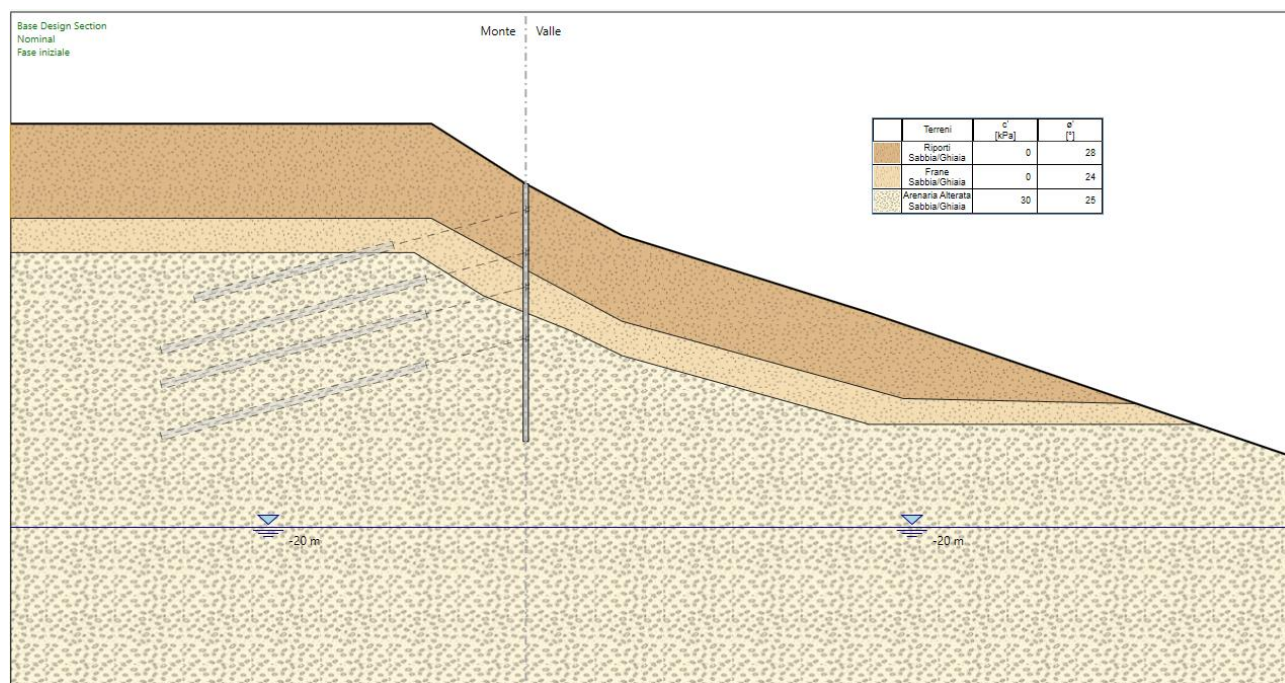


Figura 8 : fase di calcolo nr. 1

PROGETTAZIONE ATI:

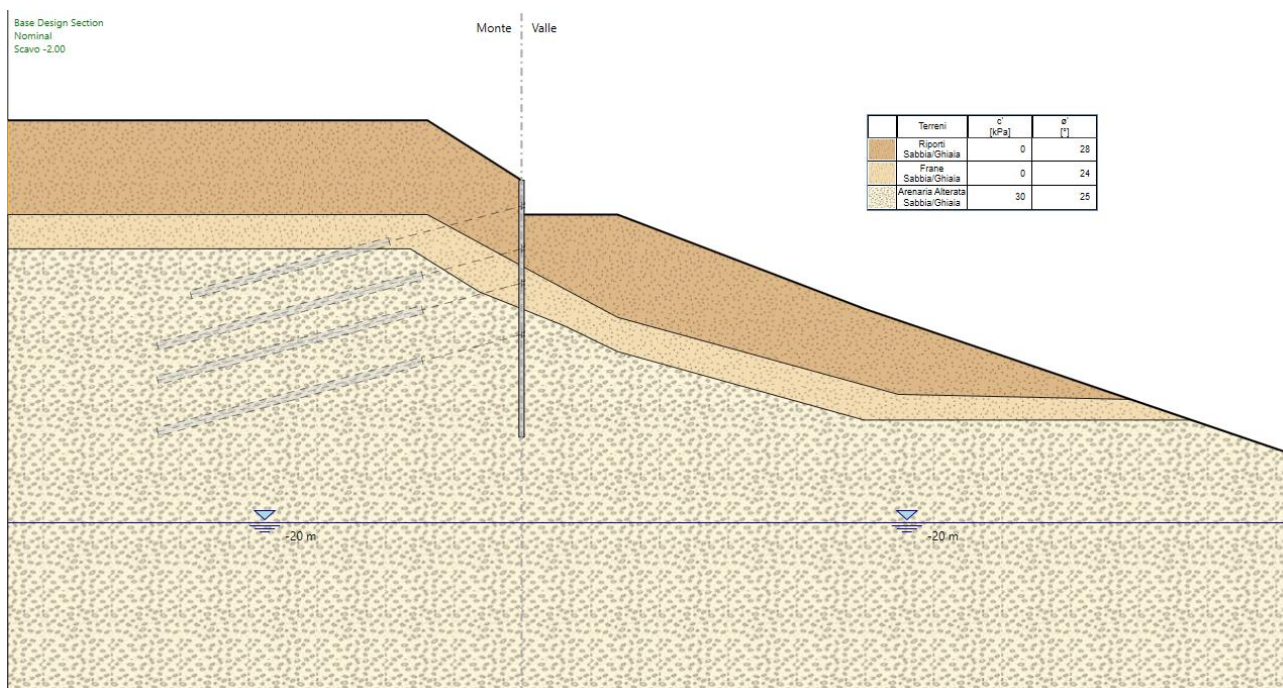


Figura 9 : fase di calcolo nr. 2

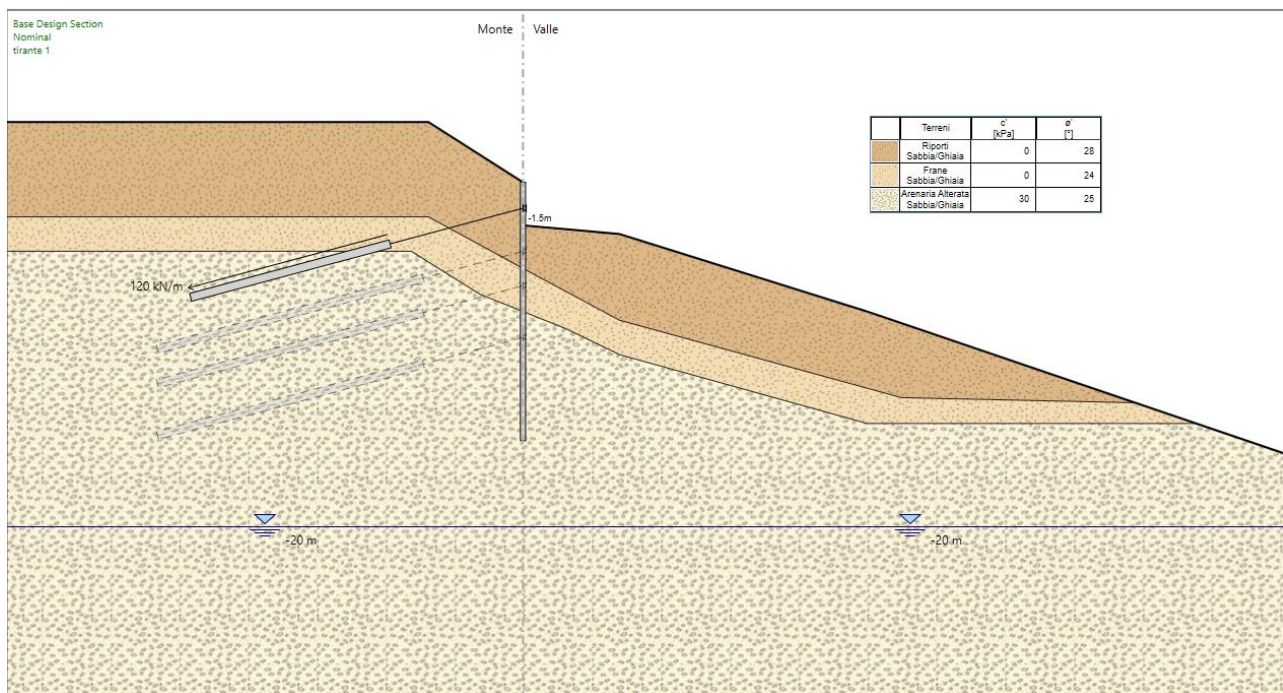


Figura 10 : fase di calcolo nr. 3

PROGETTAZIONE ATI:

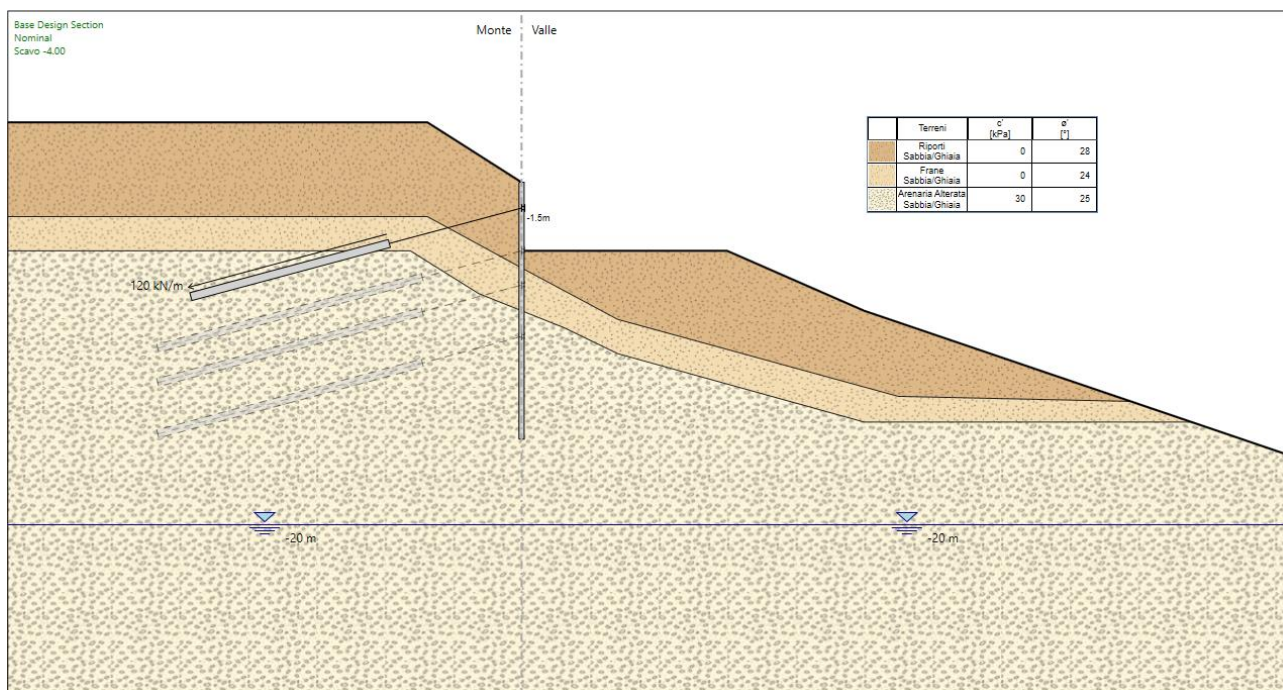


Figura 11 : fase di calcolo nr. 4

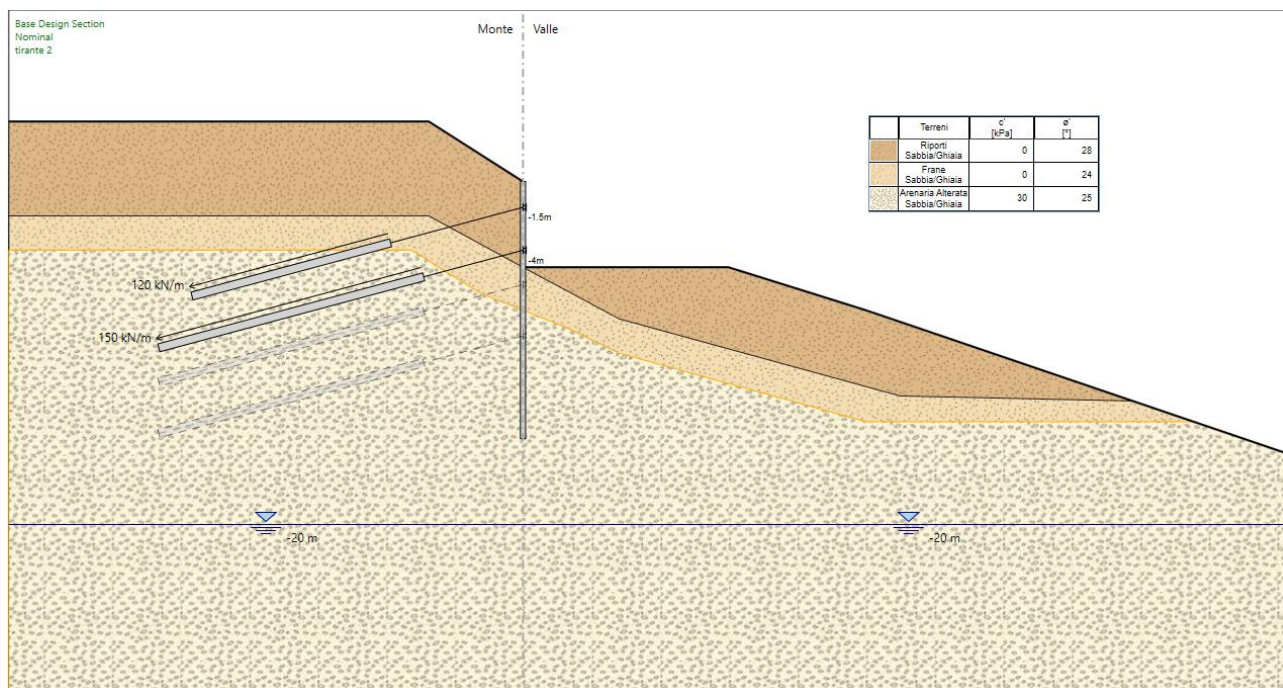


Figura 12 : fase di calcolo nr. 5

PROGETTAZIONE ATI:

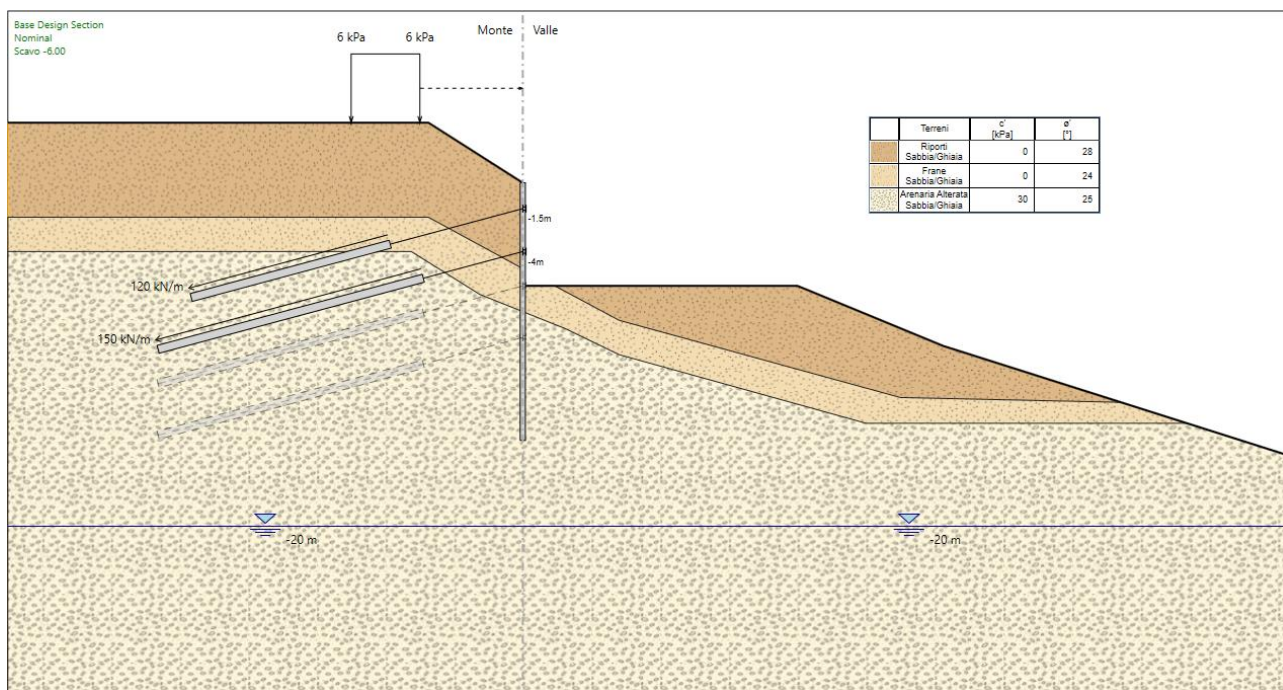


Figura 13 : fase di calcolo nr. 6

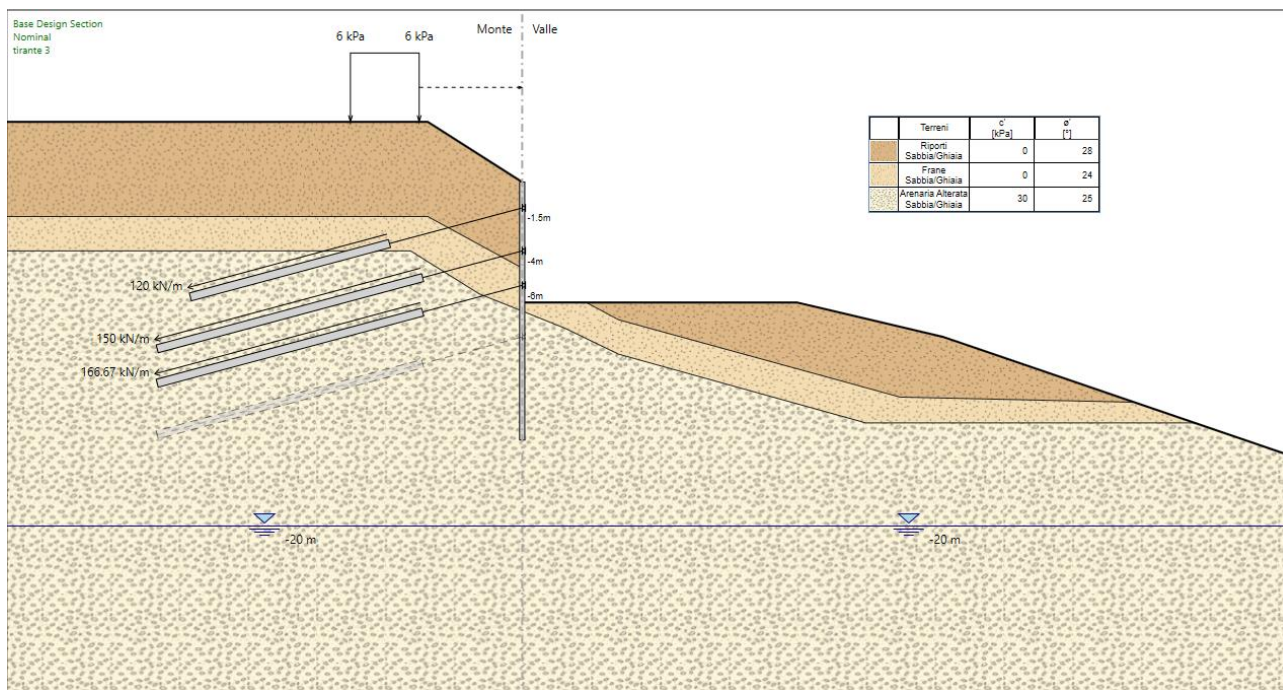


Figura 14 : fase di calcolo nr. 7

PROGETTAZIONE ATI:

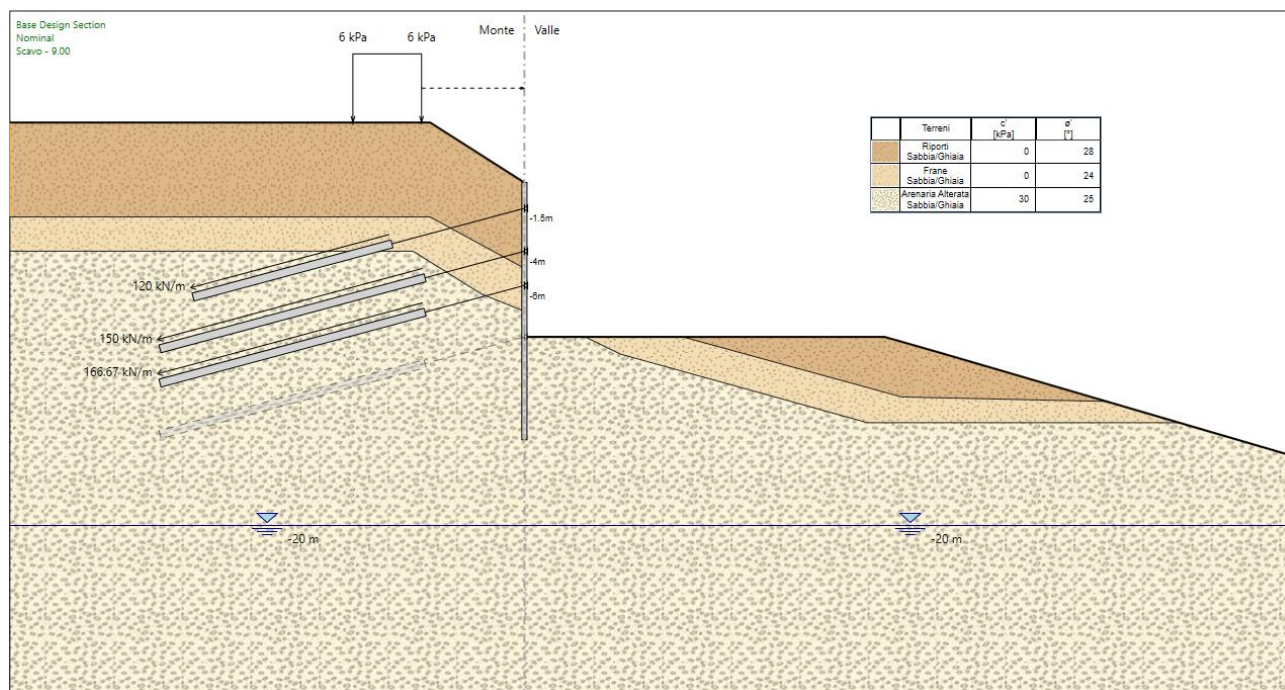


Figura 15 : fase di calcolo nr. 8

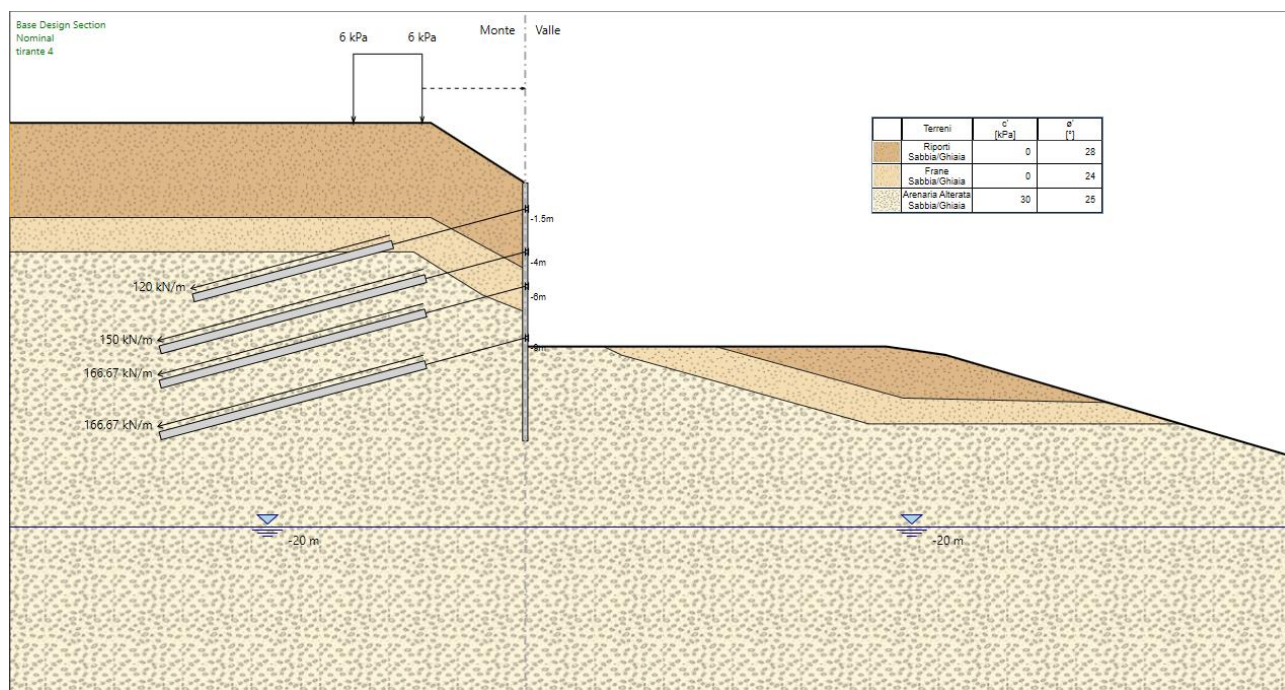


Figura 16 : fase di calcolo nr. 9

PROGETTAZIONE ATI:

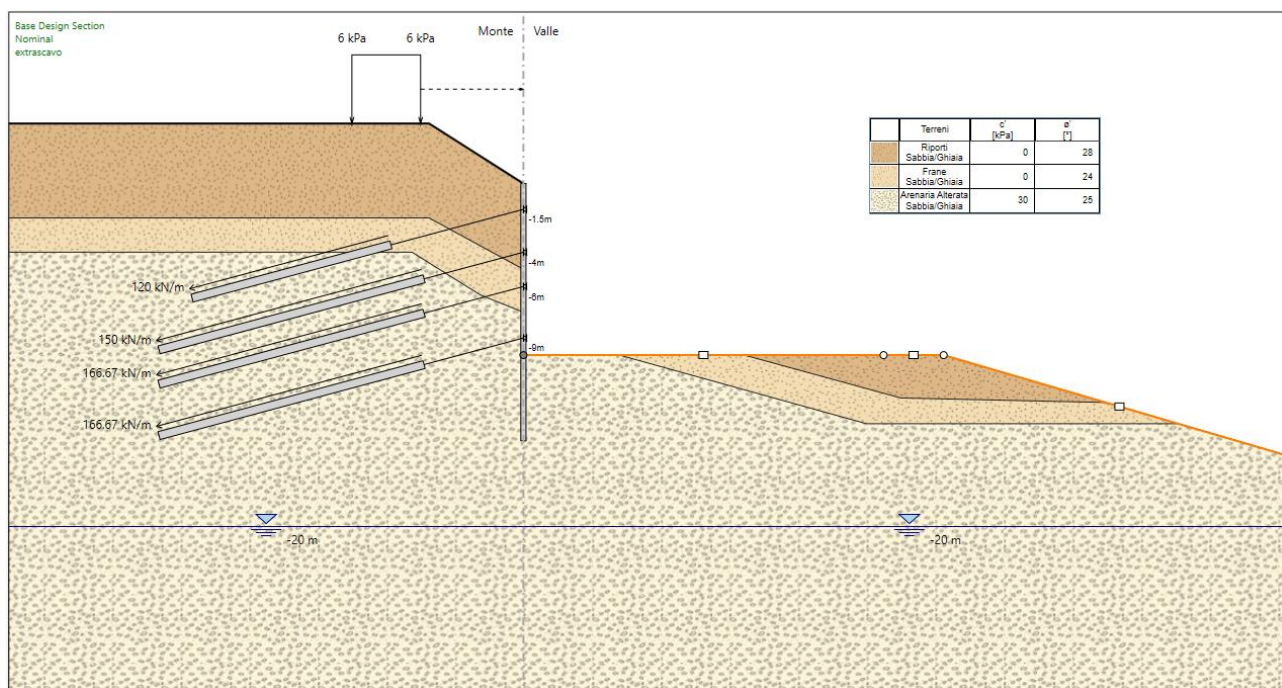


Figura 17 : fase di calcolo nr. 10

La condizione di extrascavo, prescritto al punto 6.5.2.2 delle NTC2018 e valutato pari a circa 0.50 metri, superiore al valore del 10% della differenza di quota fra il livello inferiore di vincolo e il fondo scavo medio nella palificata, ed è stato considerata compresa all'interno della suddetta assunzione di calcolo (fase 9).

7.2. COMBINAZIONI DI CARICO

Le verifiche geotecniche e strutturali sono state condotte considerando le seguenti combinazioni, di carattere generale ed in accordo con la Norma:

- SLE – RARE (deformazioni);
- SLU – A1 + M1 + R1 (verifiche strutturali);
- SLU – A1 + M1 + R3 (verifica a sfilamento dei tiranti);
- SLU – A2 + M2 + R1 (verifiche geotecniche);
- SLU – A2 + M2 + R2 (verifica di stabilità globale);

Nel seguito si riporta la matrice delle combinazioni assunte :

Coefficienti A

PROGETTAZIONE ATI:

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressi Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QDStab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDStab)
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/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
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

Coefficienti M

Nome	Parziale su $\tan(\phi)$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Σ (F_Su)	Parziale su q_u (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 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1

Coefficienti R

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 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

PROGETTAZIONE ATI:

8. RISULTATI OTTENUTI

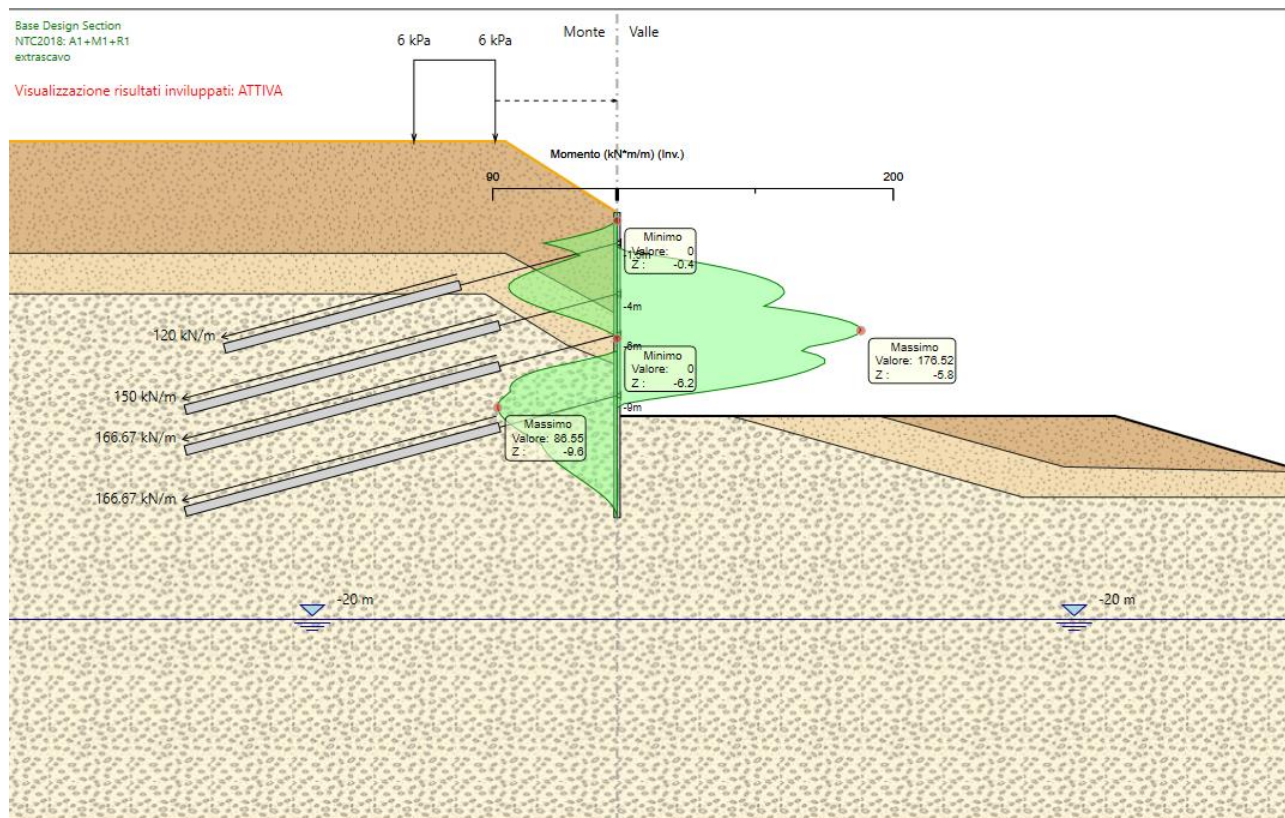
Le fasi operative di analisi precedentemente riportate, sono state calcolate in maniera ripetuta per le diverse combinazioni di carico precedentemente viste.

Si riportano, di seguito, i risultati delle analisi numeriche condotte sulla paratia. I calcoli sono stati effettuati con l'ausilio del programma Paratie Plus 23.0.6 di Ce.A.S s.r.l..

8.1. VERIFICHE STRUTTURALI PALI

Si riportano i grafici delle varie sollecitazioni ottenuti dal programma di calcolo per le combinazioni strutturali in condizioni statiche e sismiche.

Si riportano i grafici delle varie sollecitazioni ottenuti dal programma di calcolo per le combinazioni strutturali in condizioni statiche e sismiche.



PROGETTAZIONE ATI:

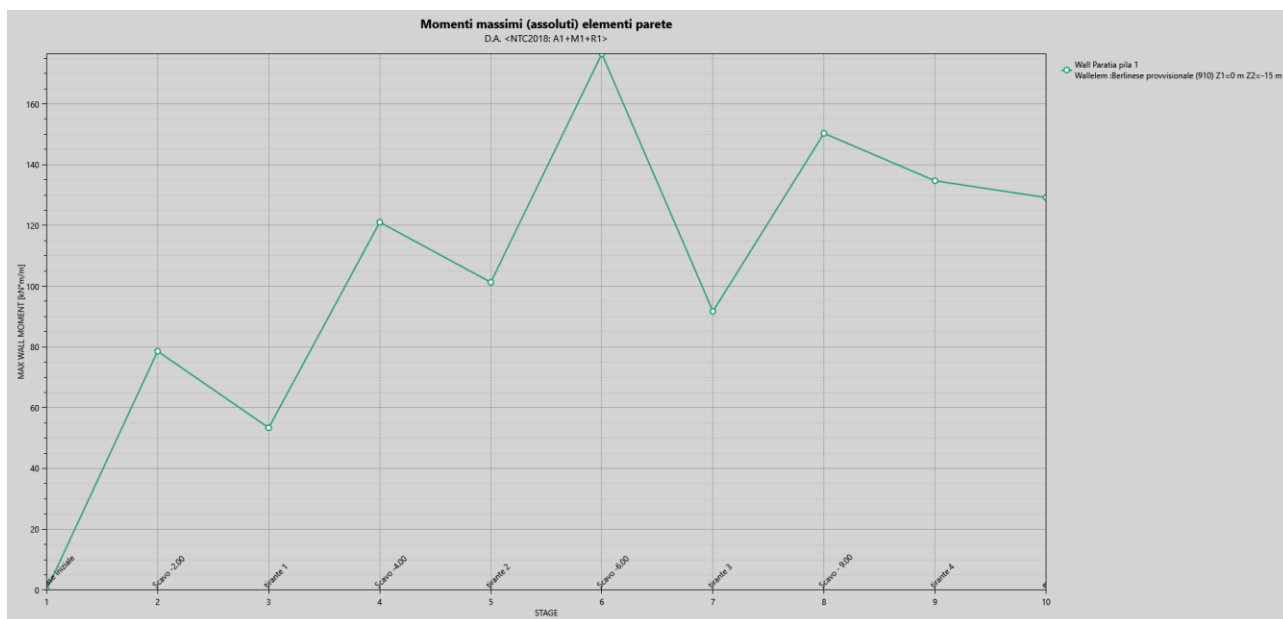


Figura 18: involucro del momento flettente per la combinazione A1+M1+R1 per gli step da 1 a 10 (scavo completato + extrascavo)

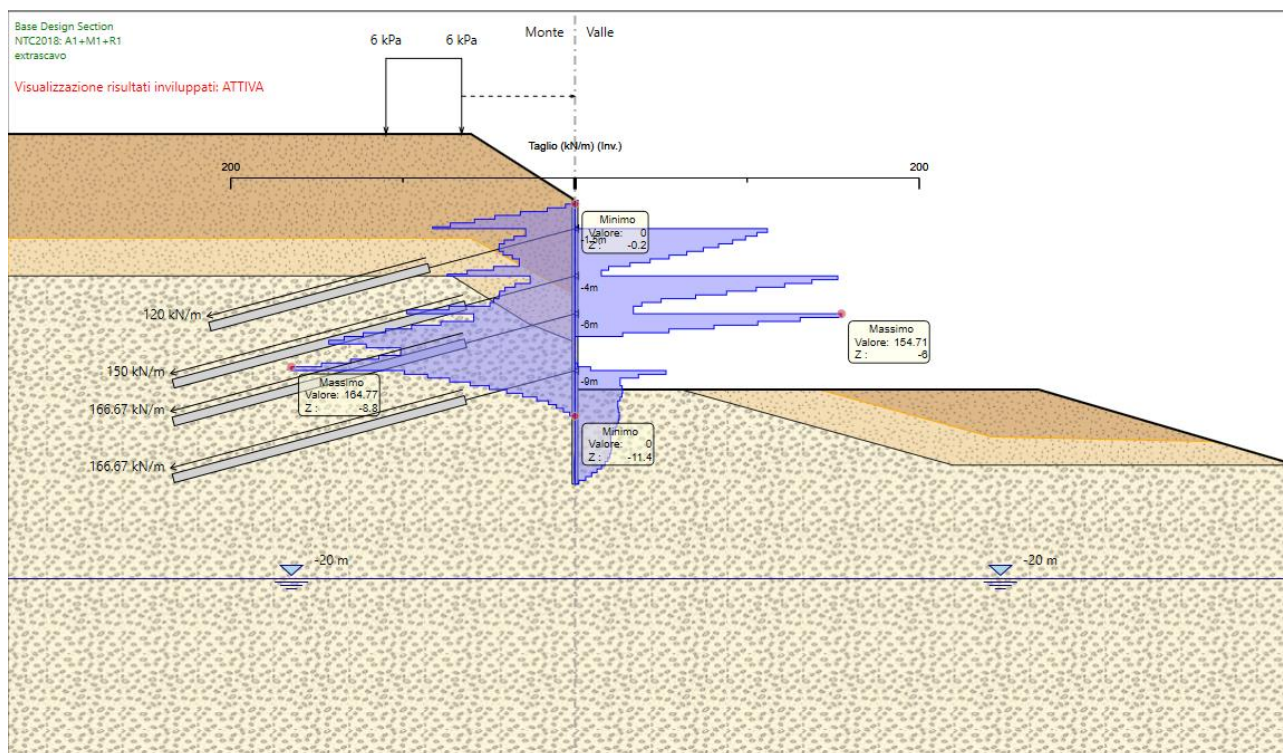


Figura 19: involucro dello sforzo di taglio per la combinazione A1+M1+R1 per gli step da 1 a 10 (scavo completato + extrascavo)

A metro lineare, le massime sollecitazioni di calcolo sono pari a :

$M_d = 176.52 \text{ kNm/m}$ (A1+M1+R1– step 6)

$V_d = 154.71 \text{ kN/m}$ (A1+M1+R1– step 6)

PROGETTAZIONE ATI:

Sul singolo micropalo (interasse 0.40 m):

$$M_d = 72.62 \text{ kNm}$$

$$V_d = 48.93 \text{ kN}$$

8.1.1. VERIFICA DELL'ARMATURA TUBOLARE

I micropali sono dotati di una armatura tubolare realizzata con tubo di diametro esterno ϕ 193.70 e spessore 10.00 millimetri

Allo stato limite ultimo le sollecitazioni flettenti e di azione tagliante massime ricavato dagli involuppi delle sollecitazioni risultano:

$$M_d = 70.61 \text{ kNm}$$

$$V_d = 61.88 \text{ kN}$$

A favore di sicurezza tali valori si considerano sincroni sulla medesima sezione trasversale.

I parametri di resistenza risultano i seguenti :



Proprietà della sezione trasversale

CHS 193.7x10.0

Geometria

Diametro	d	193.7	mm
Spessore	t	10.0	mm

Area della sezione

Area della sezione	A	57.70	cm ²
--------------------	---	-------	-----------------

Flessione

Area moment of inertia about y-axis	I _y	2442.00	cm ⁴
Polar area moment of inertia	I _p	4884.00	cm ⁴
Raggio di inerzia intorno all'asse y	i _y	65.0	mm
Raggio di inerzia polare	i _p	91.9	mm
Momento statico intorno all'asse y	max S _y	83.24	cm ³
Modulo di resistenza elastico intorno all'asse y	W _y	252.00	cm ³

Taglio

Area di taglio in direzione y	A _y	29.33	cm ²
-------------------------------	----------------	-------	-----------------

Torsione

Costante torsionale	I _t	4883.00	cm ⁴
Costante torsionale (St. Venant)	I _{t,StVen}	15.62	cm ⁴
Costante torsionale (Bredt)	I _{t,Bredt}	4867.38	cm ⁴
Modulo di resistenza per torsione	W _t	504.00	cm ³

Plasticità

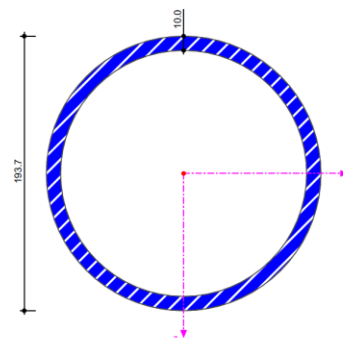
Modulo di resistenza plastico intorno all'asse y	W _{pl,y}	338.00	cm ³
Coeff. di forma plastico intorno all'asse y	α _{pl,y}	1.341	--
Area di taglio plastica in direzione y	A _{pl,y}	36.74	cm ²
Forza normale plastica limite	N _{pl}	1356.365	kN
Plastic limiting shear force in y-direction	V _{pl,y}	498.478	kN
Plastic limiting bending moment about y-axis	M _{pl,y}	79.33	kNm

Altri

Peso	G	45.3	kg/m
Area superficiale per unità di lunghezza	A _m	0.609	m ² /m
Volume	V	5770.00	cm ³ /m
Coefficiente della sezione	A _m /V	105.546	1/m
Area cella	A _{cell}	265.04	cm ²

CHS 193.7x10.0

- EN 10210-2:2006-04
-



La tensione dell'acciaio risulta pertanto la seguente :
per azione flessionale :

$$\sigma_{Md} = \frac{70.61 \times 1000}{252.00} = 280.19 \text{ MPa}$$

PROGETTAZIONE ATI:

Per azione di taglio :

$$\tau_{Vd} = 2.00 \times \frac{61.88}{57.70} \times 10 = 21.45 \text{ MPa}$$

La tensione ideale risulta:

$$\sigma_{idD} = \sqrt{280.19^2 + 3 \times 21.45^2} = 282.64 \text{ Mpa} < f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1.05 = 338 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$$

La verifica è soddisfatta.

8.2. VERIFICHE TIRANTI

Si riporta un prospetto riassuntivo dei tiranti

ordine	Distanza dalla testa del palo [m]	Interasse [m]	nr. trefoli	α [°]	N_0 [kN]	N_{ml} [kN/m]	N_{max} [kN]	L_L [m]	L_A [m]	L_{tot} [m]	ϕ_p (mm)
Fila 1	1.50	3.00	4	15	360	157.72	473.15	8.00	12.00	20.00	240
Fila 2	4.00	3.00	4	15	360	242.18	726.55	6.00	16.00	22.00	240

Figura 20: tabella riassuntiva caratteristiche dei tiranti e sollecitazioni agenti

dove:

i = interasse della fila di tiranti;

α = angolo di inclinazione rispetto al piano orizzontale;

N_0 = pretensione iniziale;

N_{ml} = massima sollecitazione nel tirante a metro lineare;

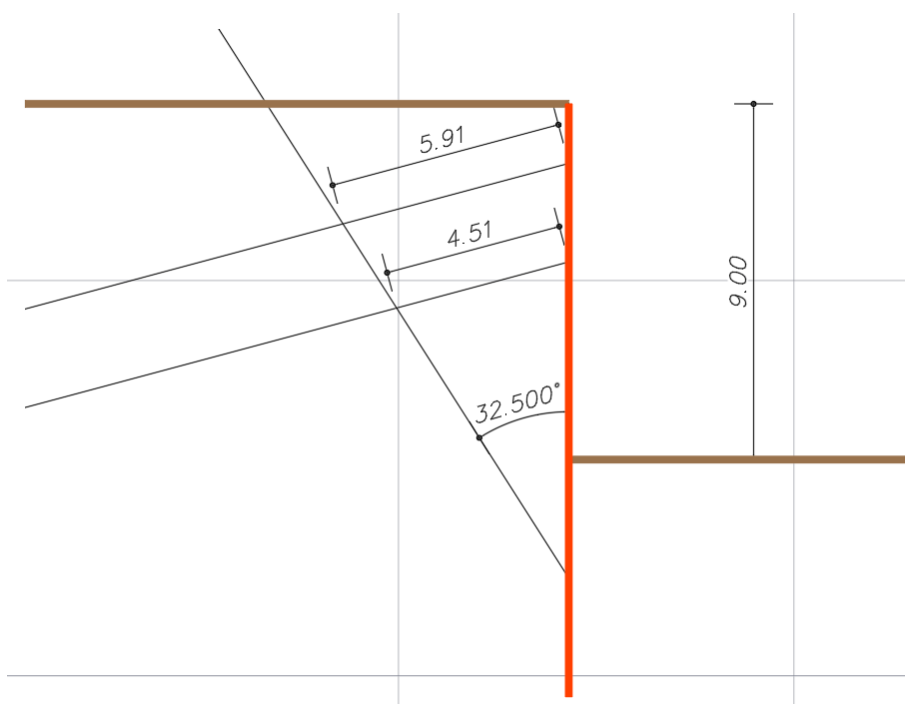
N_{max} = massima sollecitazione nel tirante;

L_L = lunghezza libera;

L_A = lunghezza del bulbo di ancoraggio

ϕ_p = diametro di perforazione.

La lunghezza libera di ancoraggio in condizioni sismiche deve risultare almeno pari a quanto si desume dal seguente schema :



Si è verificata quindi la lunghezza libera pari a 8.00 metri per la fila 1 e pari a 6.00 metri per la fila 2.

La massima sollecitazione di tiro per il primo ordine di tiranti fila 1 si ha nello step 4, per la combinazione A1+M1+R3 con un valore pari a 157.52 kN/m corrispondente a circa 473.15 kN/tirante

La massima sollecitazione di tiro per il secondo ordine di tiranti fila 2 si ha nello step 7 (extrascavo), per la combinazione A2+M2+R1 con un valore pari a 242.18 kN/m corrispondente a circa 726.55 kN/tirante

PROGETTAZIONE ATI:

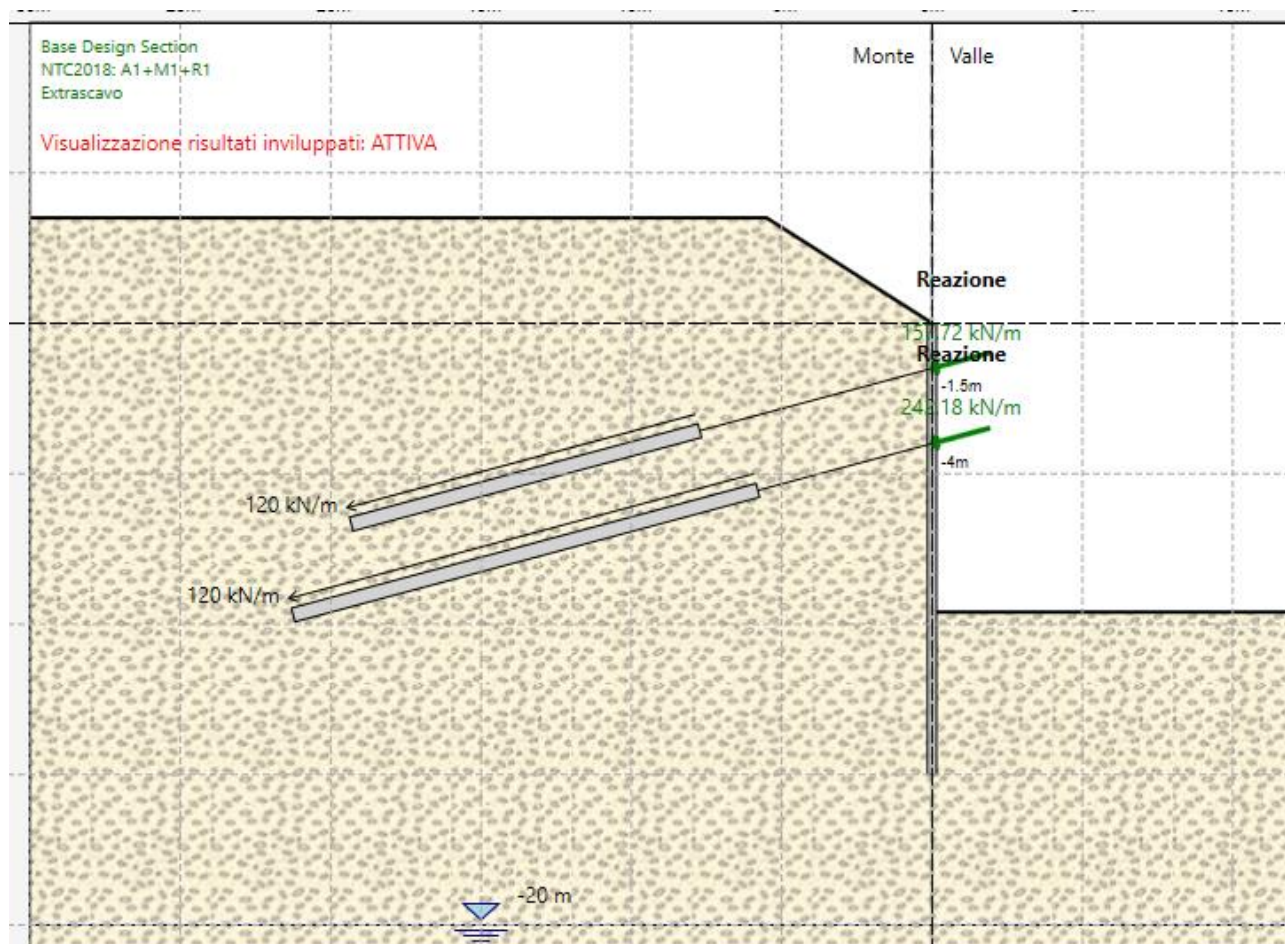


Figura 21: massimo tiro agente nei tiranti del livello fila 1 e della fila 2, per la combinazione A1+M1+R1 nello step 4 (fila 1) e A2+M2+R1 nello step 7 per la fila 2

8.2.1. VERIFICHE GEOTECNICHE

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche dei tiranti, secondo la combinazione A1 + M1 + R3, considerando i seguenti coefficienti:

- $\xi = 1.8$
- $\gamma_R = 1.2$ (tiranti permanenti a favore di sicurezza)

Nei tiranti, la resistenza allo sfilamento dal terreno del bulbo è pari a:

$$L_A \cdot \pi \cdot D_s \cdot s_d = 1.455,96 \frac{kN}{tir} = 473,32 kN/m$$

Ammissibile in quanto superiore alla massima sollecitazione agente (pari a 242.18 kN/m) con :

- D_s diametro di calcolo, pari:
 - $\alpha \phi_p = 0.33$ m, con α coefficiente moltiplicativo pari a 1.4 (considerato pari al minimo tra i coefficienti delle due stratigrafie in cui il bulbo è iniettato ed un diametro di perforazione ϕ_p pari a 0.24 metri a favore di sicurezza)

PROGETTAZIONE ATI:

- s_d tensione unitaria di progetto aderenza malta – terreno, pari a:
 - $s/\xi\gamma_R = 0.115 \text{ MPa}$, con $s=0.250 \text{ MPa}$.

8.2.2. VERIFICHE STRUTTURALI

Si riportano di seguito le verifiche strutturali dei tiranti. Si considera la fila 2 in quanto maggiormente sollecitata.

$$N_{es} = 726.55 \text{ kN} \leq \frac{f_{ptk}}{1.15} \cdot n \cdot A_t = 899.27 \text{ kN} \quad (\text{UNI EN 1537})$$

con

- $A_t=139 \text{ mm}^2$, area del singolo trefolo
- n numero di trefoli utilizzati, pari a 4
- $f_{ptk} = 1860 \text{ MPa}$ tensione caratteristica a rottura dei trefoli

La verifica è soddisfatta.

Si riportano nel seguito le medesime verifiche (esprese quale tasso di sfruttamento) condotte dal programma di calcolo estese a tutte le combinazioni di carico analizzate.

Condizioni di esercizio

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza
fila tirante 1	tirante 1	468	753.98	807.41	0.621	0.58	✓
fila tirante 1	Scavo -5.00	473.15	753.98	807.41	0.628	0.586	✓
fila tirante 1	tirante 2	459.19	753.98	807.41	0.609	0.569	✓
fila tirante 1	Scavo -9.00	451.01	753.98	807.41	0.598	0.559	✓
fila tirante 1	Extrascavo	447.74	753.98	807.41	0.594	0.555	✓
fila tirante 2	tirante 2	468	1005.3	807.41	0.466	0.58	✓
fila tirante 2	Scavo -9.00	518.89	1005.3	807.41	0.516	0.643	✓
fila tirante 2	Extrascavo	536.25	1005.3	807.41	0.533	0.664	✓

Verifiche Elementi Strutturali

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R3

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza
fila tirante 1	tirante 1	468	685.44	807.41	0.683	0.58	✓
fila tirante 1	Scavo -5.00	473.15	685.44	807.41	0.69	0.586	✓
fila tirante 1	tirante 2	459.19	685.44	807.41	0.67	0.569	✓
fila tirante 1	Scavo -9.00	451.01	685.44	807.41	0.658	0.559	✓
fila tirante 1	Extrascavo	447.74	685.44	807.41	0.653	0.555	✓
fila tirante 2	tirante 2	468	913.92	807.41	0.512	0.58	✓
fila tirante 2	Scavo -9.00	518.89	913.92	807.41	0.568	0.643	✓
fila tirante 2	Extrascavo	536.25	913.92	807.41	0.587	0.664	✓

PROGETTAZIONE ATI:

Verifiche Elementi Strutturali

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1

Tiranti	Puntoni	Travi di Ripartizione in Acciaio	Travi di Ripartizione in Calcestruzzo				
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza
fila tirante 1	tirante 1	360	685.44	807.41	0.525	0.446	✓
fila tirante 1	Scavo -5.00	364.73	685.44	807.41	0.532	0.452	✓
fila tirante 1	tirante 2	352.98	685.44	807.41	0.515	0.437	✓
fila tirante 1	Scavo -9.00	356.89	685.44	807.41	0.521	0.442	✓
fila tirante 1	Extrascavo	361.86	685.44	807.41	0.528	0.448	✓
fila tirante 2	tirante 2	360	913.92	807.41	0.394	0.446	✓
fila tirante 2	Scavo -9.00	577.18	913.92	807.41	0.632	0.715	✓
fila tirante 2	Extrascavo	726.55	913.92	807.41	0.795	0.9	✓

valori questi che confermano l'accettabilità dei risultati.

8.3. VERIFICA TRAVE DI CONTRASTO

Le travi in acciaio (S275) per la ripartizione dell'azione dei tiranti maggiormente sollecitati sono costituiti da n. 2 HEB 200 accoppiati aventi le seguenti caratteristiche :

Sigla HEB	b mm	h mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
								Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
100	100	100	6,0	10,0	12	20,4	26,04	449,5	167,3	89,91	33,45	4,16	2,53
120	120	120	6,5	11,0	12	26,7	34,01	864,4	317,5	144,1	52,92	5,04	3,06
140	140	140	7,0	12,0	12	33,7	42,96	1.509	549,7	215,6	78,52	5,93	3,58
160	160	160	8,0	13,0	15	42,6	54,25	2.492	889,2	311,5	111,2	6,78	4,05
180	180	180	8,5	14,0	15	51,2	65,25	3.831	1.363	425,7	151,4	7,66	4,57
200	200	200	9,0	15,0	18	61,3	78,08	5.696	2.003	569,6	200,3	8,54	5,07
220	220	220	9,5	16,0	18	71,5	91,04	8.091	2.843	735,5	258,5	9,43	5,59

La massima sollecitazione di calcolo è pari a:

$$p_d = 170.00 \text{ kN/m}$$

Considerando uno schema statico di trave su tre appoggi, con luce pari a 3.00 m, si ricavano le azioni massime pari a:

$$M_{Ed} = q L^2 / 8 = 191.25 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 5 q L / 8 = 318.75 \text{ kN}$$

PROGETTAZIONE ATI:

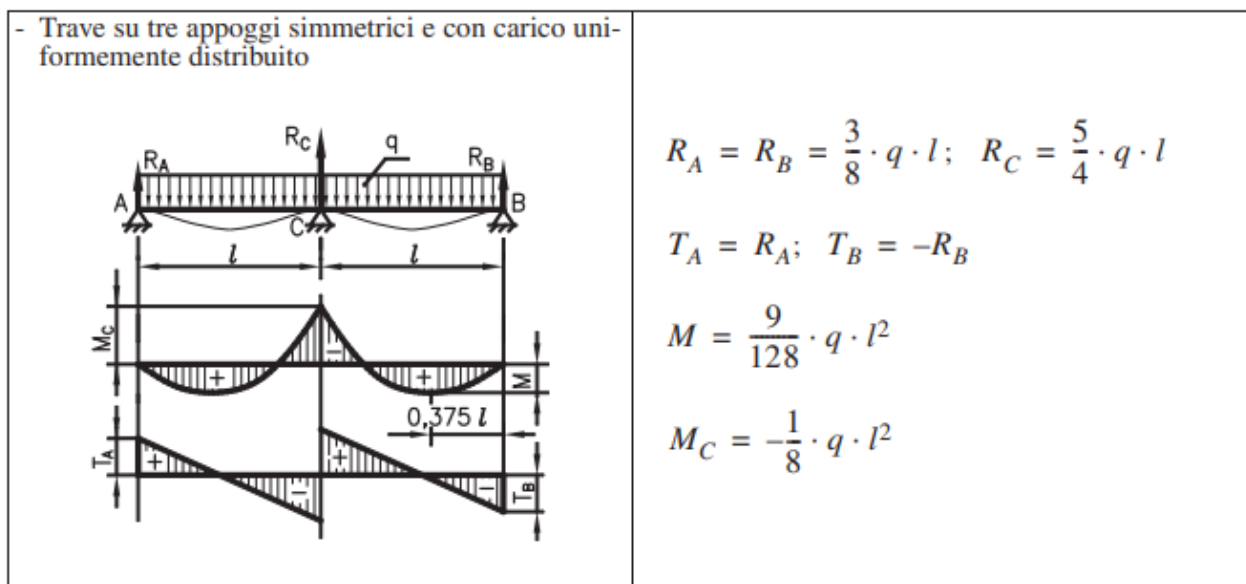


Figura 22: schema statico considerato per lo studio delle travi di ripartizione

Verifica a flessione

$$M_{pl,Rd} = 2 \times W_{pl} f_{yk} / \gamma_{M0} = 298.36 \text{ kNm}$$

in cui

$$W_{pl} = 569.60 \text{ cm}^3$$

$$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

Risulta: $M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0.64 < 1.00 \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica a taglio

$$V_{c,Rd} = 2 \times A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 6324.46 \text{ kN}$$

in cui

$$A_v = 16.20 \text{ cm}^2$$

$$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

Risulta: $V_{Ed} / V_{c,Rd} = 0.38 < 1.00 \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Si riportano nel seguito le medesime verifiche condotte dal programma di calcolo estese a tutte le combinazioni di carico analizzate.

Condizioni di esercizio

PROGETTAZIONE ATI:

Verifiche Elementi Strutturali

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1

Tiranti	Puntoni	Travi di Ripartizione in Acciaio		Travi di Ripartizione in Calcestruzzo							
Trave di Ripartizione	Connessione	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento M-N	Sfruttamento Taglio	Instabilità
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+M1+R1	tirante 1	156	0	0.587	0.407	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo -5.00	157.72	0	0.593	0.412	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+M1+R1	tirante 2	153.06	0	0.576	0.399	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+M1+R1	tirante 2	156	0	0.587	0.407	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo -9.00	150.34	0	0.566	0.392	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+M1+R1	Scavo -9.00	172.96	0	0.651	0.451	0

Verifiche Elementi Strutturali

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1

Tiranti	Puntoni	Travi di Ripartizione in Acciaio		Travi di Ripartizione in Calcestruzzo							
Trave di Ripartizione	Connessione	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento M-N	Sfruttamento Taglio	Instabilità
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	3	NTC2018: A2+M2+R1	tirante 1	120	0	0.452	0.313	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	3	NTC2018: A2+M2+R1	Scavo -5.00	121.58	0	0.457	0.317	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	3	NTC2018: A2+M2+R1	tirante 2	117.66	0	0.443	0.307	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	3	NTC2018: A2+M2+R1	tirante 2	120	0	0.452	0.313	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	3	NTC2018: A2+M2+R1	Scavo -9.00	118.96	0	0.448	0.31	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	3	NTC2018: A2+M2+R1	Scavo -9.00	192.39	0	0.724	0.502	0

valori questi ammissibili anche in considerazione del fatto che non sono stati considerati gli effetti dovuti ai fenomeni torsionali parassiti che si potrebbero generare in fase di tesatura dei tiranti.

8.4. VERIFICHE DEL TERRENO INTERAGENTE CON LA PARATIA

Le verifiche geotecniche (GEO) del terreno interagente con la paratia, eseguite secondo il metodo degli Stati Limite, sono state condotte, fase per fase, considerando le seguenti combinazioni:

- SLU : A2 + M2 + R1

L'analisi non lineare del sistema terreno-paratia converge ad una configurazione dell'equilibrio per entrambe le combinazioni considerate.

Pertanto tutte le verifiche agli stati ultimi per sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la paratia, ossia:

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- collasso per carico limite verticale;
- instabilità del fondo scavo

risultano automaticamente soddisfatte.

Dal calcolo emergono i seguenti diagrammi delle tensioni orizzontali efficaci nel terreno :

PROGETTAZIONE ATI:

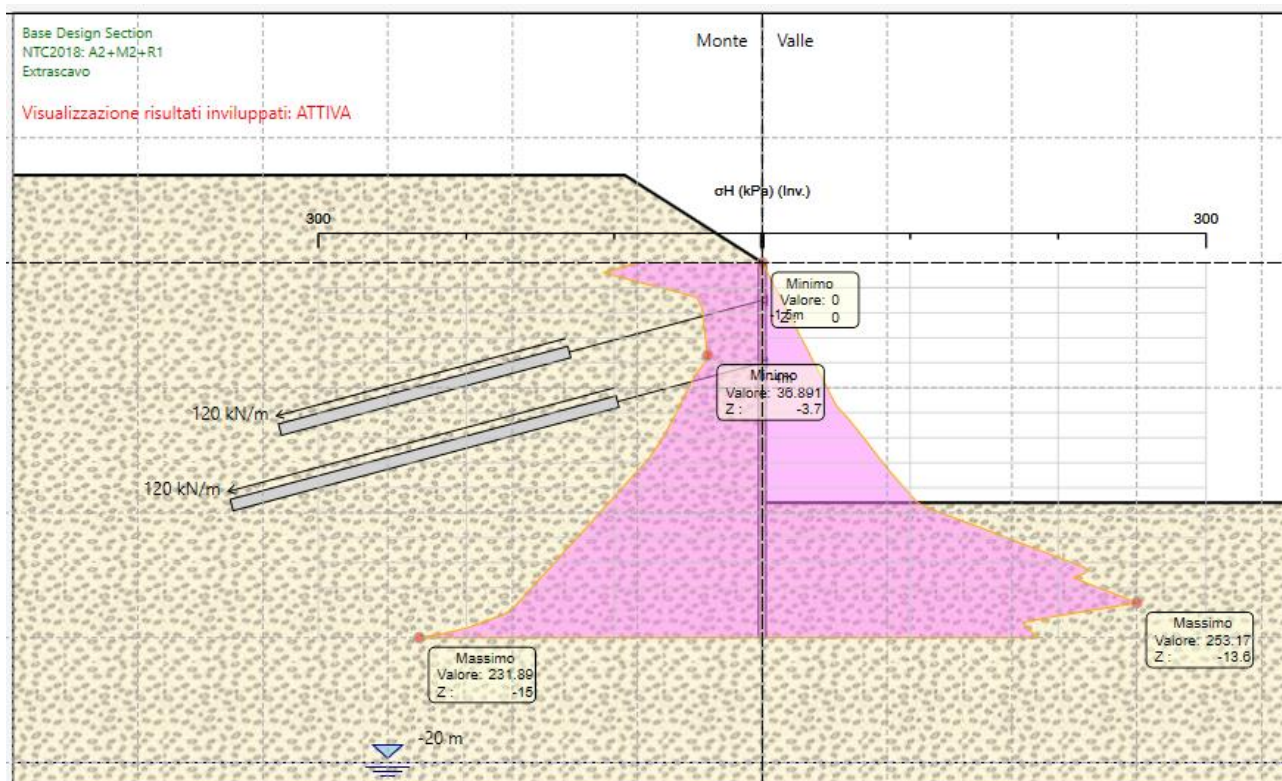


Figura 23 : σ'_h nel diaframma [kN/m] – comb. SLU – A2+M2+R1 – fase di esercizio

Si riporta di seguito il report delle verifiche dei rapporti tra spinte passive attivate e disponibili, in riferimento alle due combinazioni sopracitate :

Summary for DA <NTC2018: A2+M2+R1>

Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>

Parete <Paratia pila 1> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

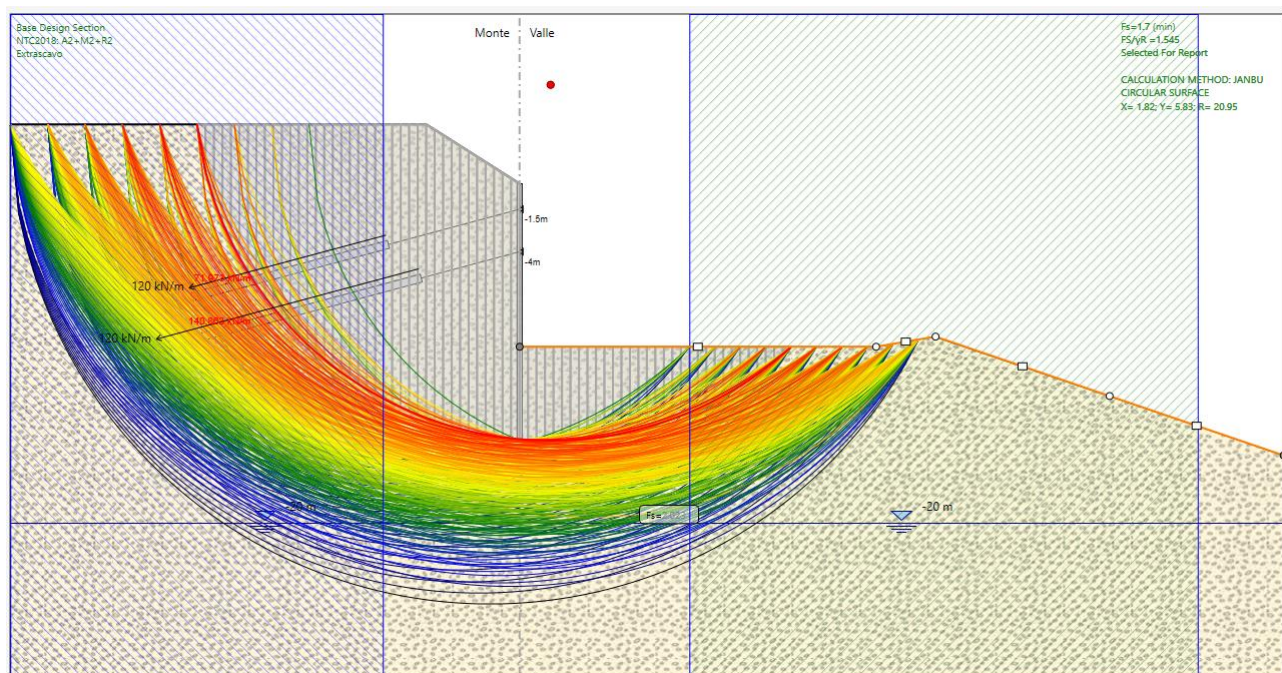
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.18	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (tirante 2)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.86	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Extrascavo)

valori questi ammissibili.

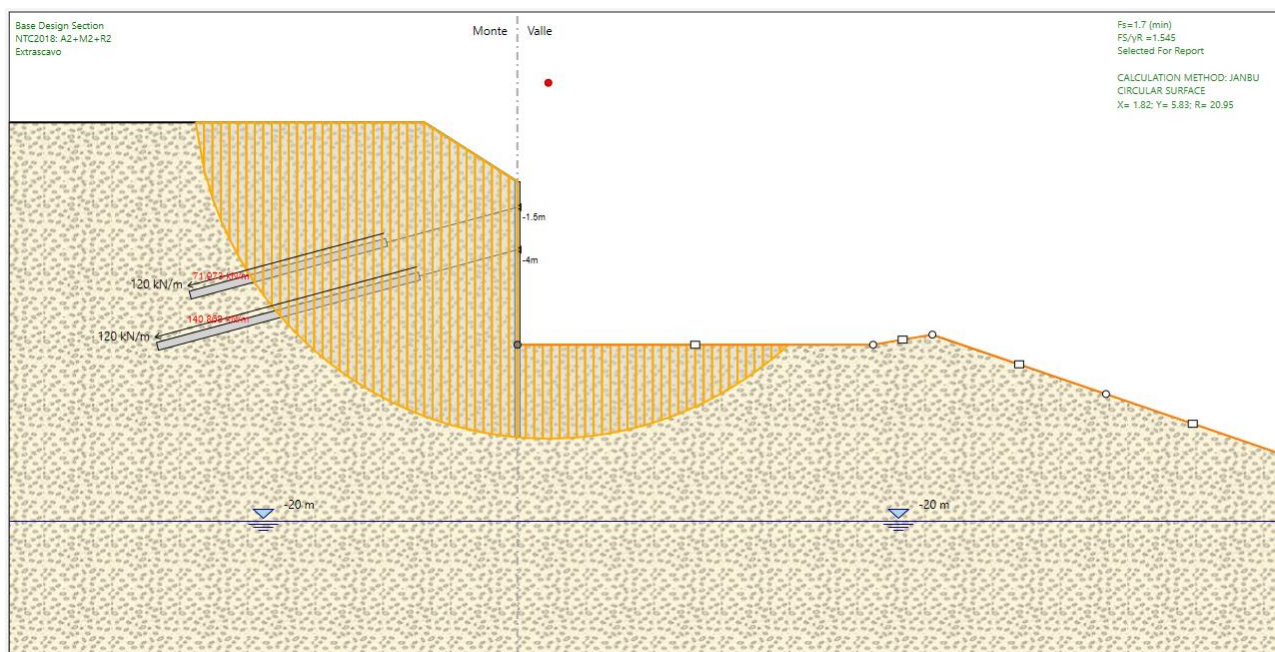
9. VERIFICHE DELLA STABILITÀ GLOBALE

Si riporta la rappresentazione grafica della superficie di scivolamento critica, emersa dall'analisi della stabilità globale effettuata con il metodo di Janbu sulla configurazione finale dell'opera, rispettivamente per le seguenti combinazioni:

PROGETTAZIONE ATI:



SLU – A2 + M2 + R2



SLU – A2 + M2 + R2 : superficie critica

Nella verifica la presenza dell'opera di sostegno è tenuta in conto esclusivamente come vincolo geometrico.

La verifica di stabilità globale risulta soddisfatta per entrambe le condizioni, con $FS=1.70$ della superficie maggiormente critica.

PROGETTAZIONE ATI:

10. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2018 (PUNTO 10.2)

Riguardo alle analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo, il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

10.1. TIPO DI ANALISI SVOLTA

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo delle paratie viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno;
- Verifiche globali di stabilità complesso opera-terreno;
- Calcolo delle sollecitazioni nelle paratie, nei tiranti e nella trave di contrasto degli stessi;
- Verifiche delle sezioni di paratie, tiranti e travi di contrasto.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

10.2. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Titolo Paratie Plus 2023.0.6 - Analisi e Calcolo Paratie
Produttore CeAs srl, Milano (MI)

10.3. AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice CeAs srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

10.4. MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

10.5. INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che

PROGETTAZIONE ATI:

tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

10.6. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

11. ALLEGATI DI CALCOLO

PARATIE *plus*TM

Report di Calcolo

Nome Progetto: Paratia provvisoriale Viadotto VI.05

Autore: Coopprogetti

Jobname: v_05_paratia_v1.pplus

Data:

Design Section: Base Design Section

PROGETTAZIONE ATI:

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;3.5)
 (-15;3.5)
 (-5.5;3.5)
 (0;0)
 (5.6;-3)
 (20;-7.5)
 (45;-16)
 (45;-30)
 (-30;-30)

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ_{dry} kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	ϕ' °	ϕ_{cv} °	ϕ_p °	c' kPa	Su kPa	Modulo Elastico Eu	Evc kPa	Eur kPa	Ah	Av exp	Pa kPa	Rur/Rvc	Rvc kPa	Ku kPa	Kvc kN/m ³	Kur kN/m ³
1	Arenaria Alterata	17.5	19.5	25			30		Constant	25000	25000								

PROGETTAZIONE ATI:

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Muro di sinistra

Sezione : berlinese fi 300 tubo fi 193 sp 10 @40 cm

Area equivalente : 0.0380318082180215 m

Inerzia equivalente : 0.0002 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C20/25

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.4 m

Diametro : 0.3 m

Efficacia : 1

Materiale acciaio : Fe360

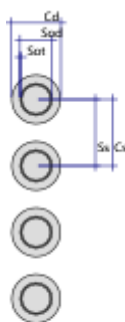
Sezione : CHS193.7*10

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.4 m

Spessore : 0.01 m

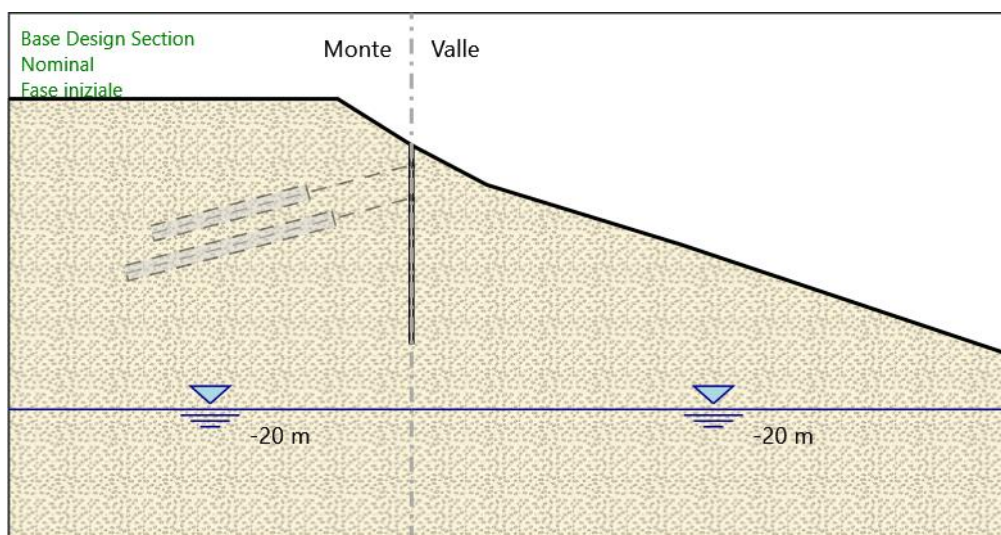
Diametro : 0.1937 m



PROGETTAZIONE ATI:

Fasi di Calcolo

Fase iniziale



Fase iniziale

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;3.5)

(-15;3.5)

(-5.5;3.5)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(5.6;-3)

(20;-7.5)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

PROGETTAZIONE ATI:

Falda di destra : -20 m

Elementi strutturali

Paratia : Berlese provvisoria

X : 0 m

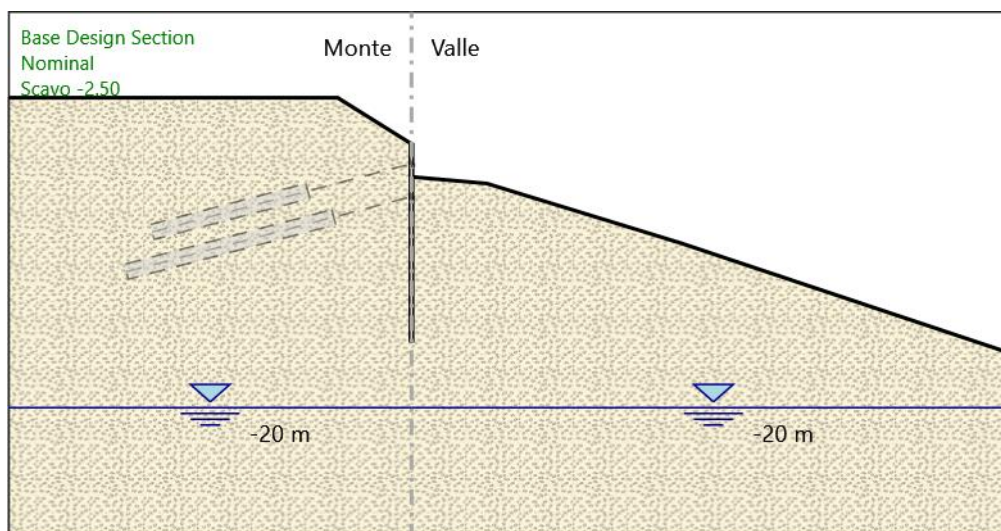
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : berlese fi 300 tubo fi 193 sp 10 @40 cm

PROGETTAZIONE ATI:

Scavo -2.50



Scavo -2.50

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;3.5)

(-15;3.5)

(-5.5;3.5)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-2.5)

(5.6;-3)

(20;-7.5)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

PROGETTAZIONE ATI:

Elementi strutturali

Paratia : Berlinese provvisoria

X : 0 m

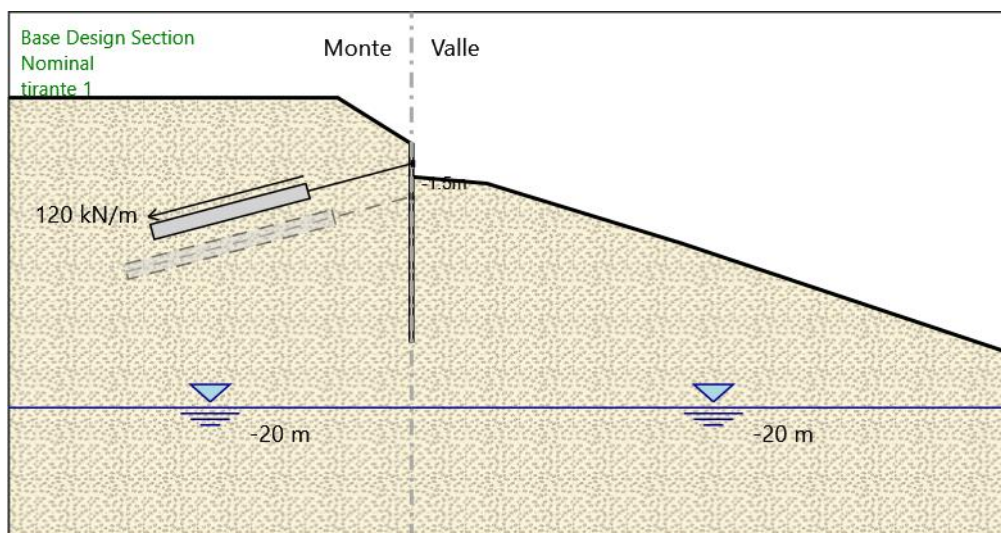
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : berlinese fi 300 tubo fi 193 sp 10 @40 cm

PROGETTAZIONE ATI:

tirante 1



tirante 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;3.5)

(-15;3.5)

(-5.5;3.5)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-2.5)

(5.6;-3)

(20;-7.5)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

PROGETTAZIONE ATI:

Elementi strutturali

Paratia : Berlinese provvisoria

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : berlinese fi 300 tubo fi 193 sp 10 @40 cm

Tirante : fila tirante 1

X : 0 m

Z : -1.5 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 360 kN

Angolo : 15 °

Sezione : tirante 4 trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

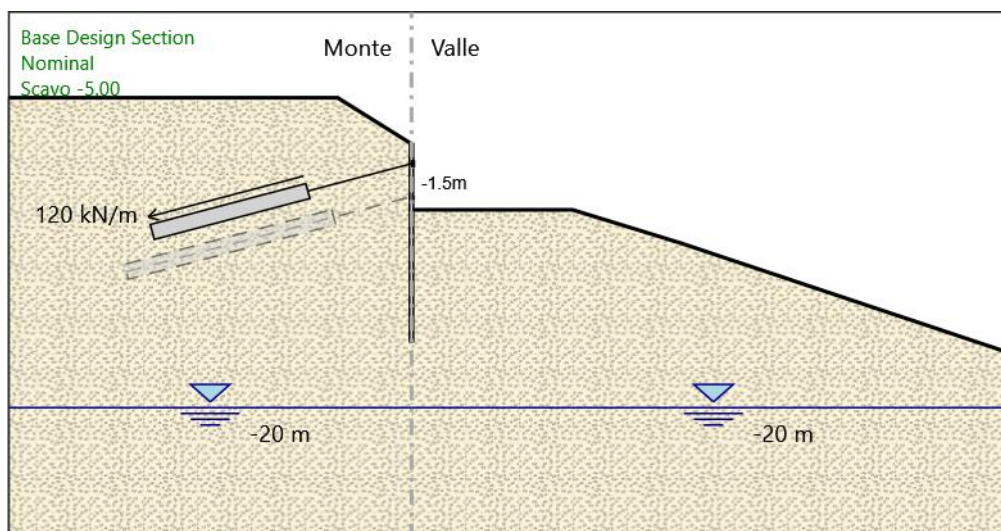
Trave di Ripartizione : trave fila 1

Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275

HE 200B

Materiale : S275

Scavo -5.00



Scavo -5.00

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

$(-30; 3.5)$

$(-15; 3.5)$

 $(-5.5; 3.5)$ $(0;0)$

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-5)

(12;-5)

(20;-7.5)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

PROGETTAZIONE ATI:

Elementi strutturali

Paratia : Berlinese provvisoria

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : berlinese fi 300 tubo fi 193 sp 10 @40 cm

Tirante : fila tirante 1

X : 0 m

Z : -1.5 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 360 kN

Angolo : 15 °

Sezione : tirante 4 trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

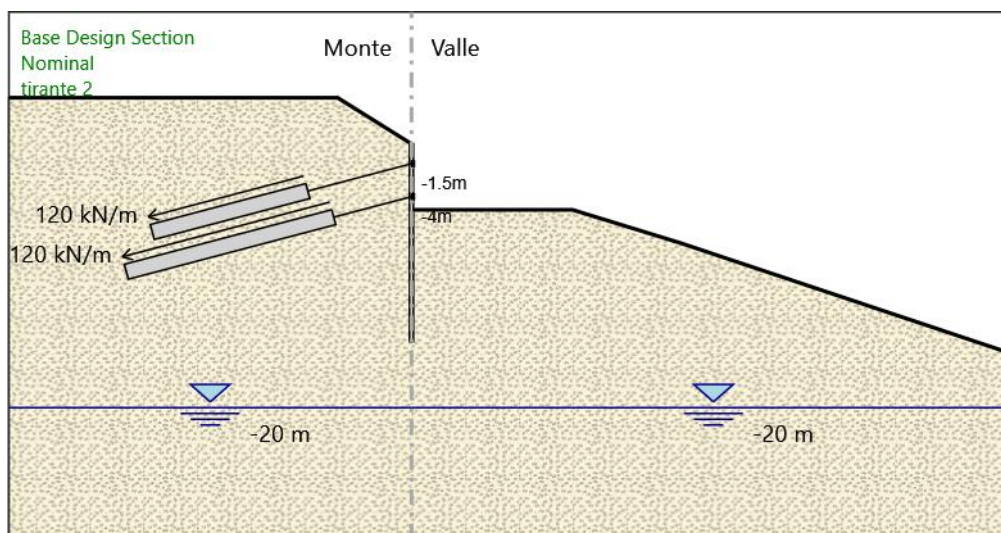
Trave di Ripartizione : trave fila 1

Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275

HE 200B

Materiale : S275

tirante 2



tirante 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;3.5)

(-15;3.5)

(-5.5;3.5)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-5)

(12;-5)

(20;-7.5)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

PROGETTAZIONE ATI:

Elementi strutturali

Paratia : Berlinese provvisoria

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : berlinese fi 300 tubo fi 193 sp 10 @40 cm

Tirante : fila tirante 1

X : 0 m

Z : -1.5 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 360 kN

Angolo : 15 °

Sezione : tirante 4 trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

Trave di Ripartizione : trave fila 1

Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275

HE 200B

Materiale : S275

Tirante : fila tirante 2

X : 0 m

Z : -4 m

Lunghezza bulbo : 16 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 360 kN

Angolo : 15 °

Sezione : tirante 4 trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

Trave di Ripartizione : trave fila 2

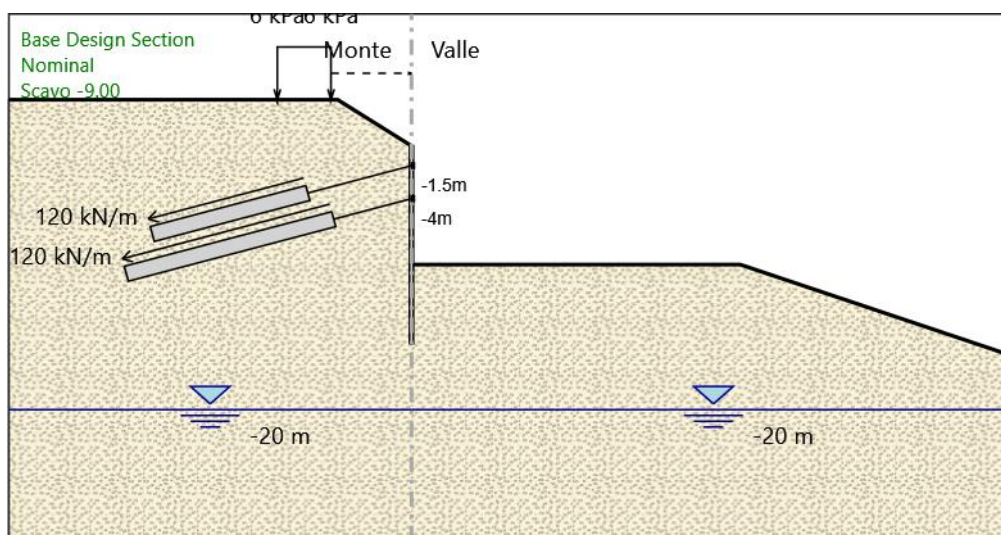
Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275

HE 200B

Materiale : S275

PROGETTAZIONE ATI:

Scavo -9.00



Scavo -9.00

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;3.5)

(-15;3.5)

(-5.5;3.5)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-9)

(21;-9)

(24.5;-9)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

PROGETTAZIONE ATI:

Carichi

Carico lineare in superficie : Sovraccarico operativo

X iniziale : -10 m

X finale : -6 m

Pressione iniziale : 6 kPa

Pressione finale : 6 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Berlinese provvisoria

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : berlinese fi 300 tubo fi 193 sp 10 @40 cm

Tirante : fila tirante 1

X : 0 m

Z : -1.5 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 360 kN

Angolo : 15 °

Sezione : tirante 4 trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

Trave di Ripartizione : trave fila 1

Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275

HE 200B

Materiale : S275

Tirante : fila tirante 2

X : 0 m

Z : -4 m

Lunghezza bulbo : 16 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 360 kN

Angolo : 15 °

Sezione : tirante 4 trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

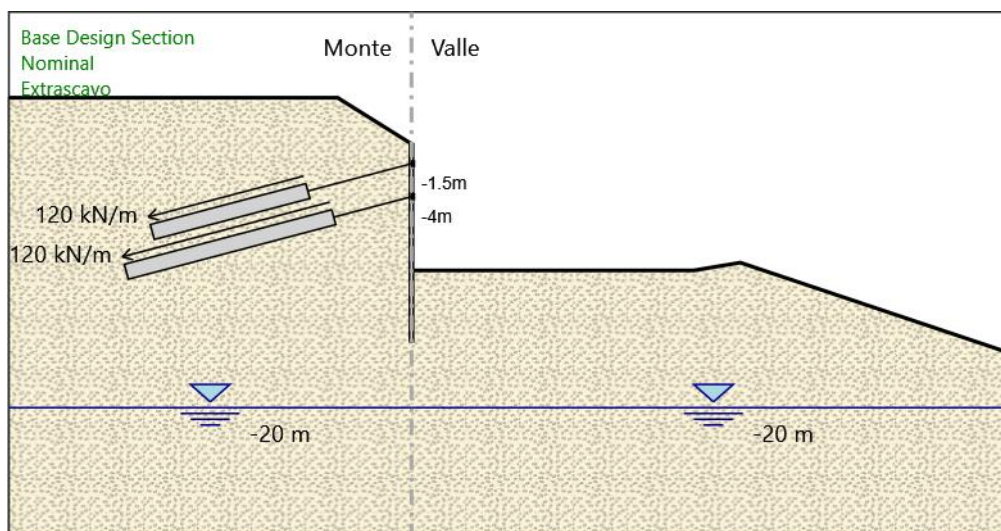
Area : 0.000556 m²

PROGETTAZIONE ATI:

Trave di Ripartizione : trave fila 2
Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275
HE 200B
Materiale : S275

PROGETTAZIONE ATI:

Extrascavo



Extrascavo

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.6 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;3.5)

(-15;3.5)

(-5.5;3.5)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;-9.6)

(21;-9.6)

(24.5;-9)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

PROGETTAZIONE ATI:

Elementi strutturali

Paratia : Berlinese provvisoria

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Sezione : berlinese fi 300 tubo fi 193 sp 10 @40 cm

Tirante : fila tirante 1

X : 0 m

Z : -1.5 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 360 kN

Angolo : 15 °

Sezione : tirante 4 trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

Trave di Ripartizione : trave fila 1

Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275

HE 200B

Materiale : S275

Tirante : fila tirante 2

X : 0 m

Z : -4 m

Lunghezza bulbo : 16 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 360 kN

Angolo : 15 °

Sezione : tirante 4 trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

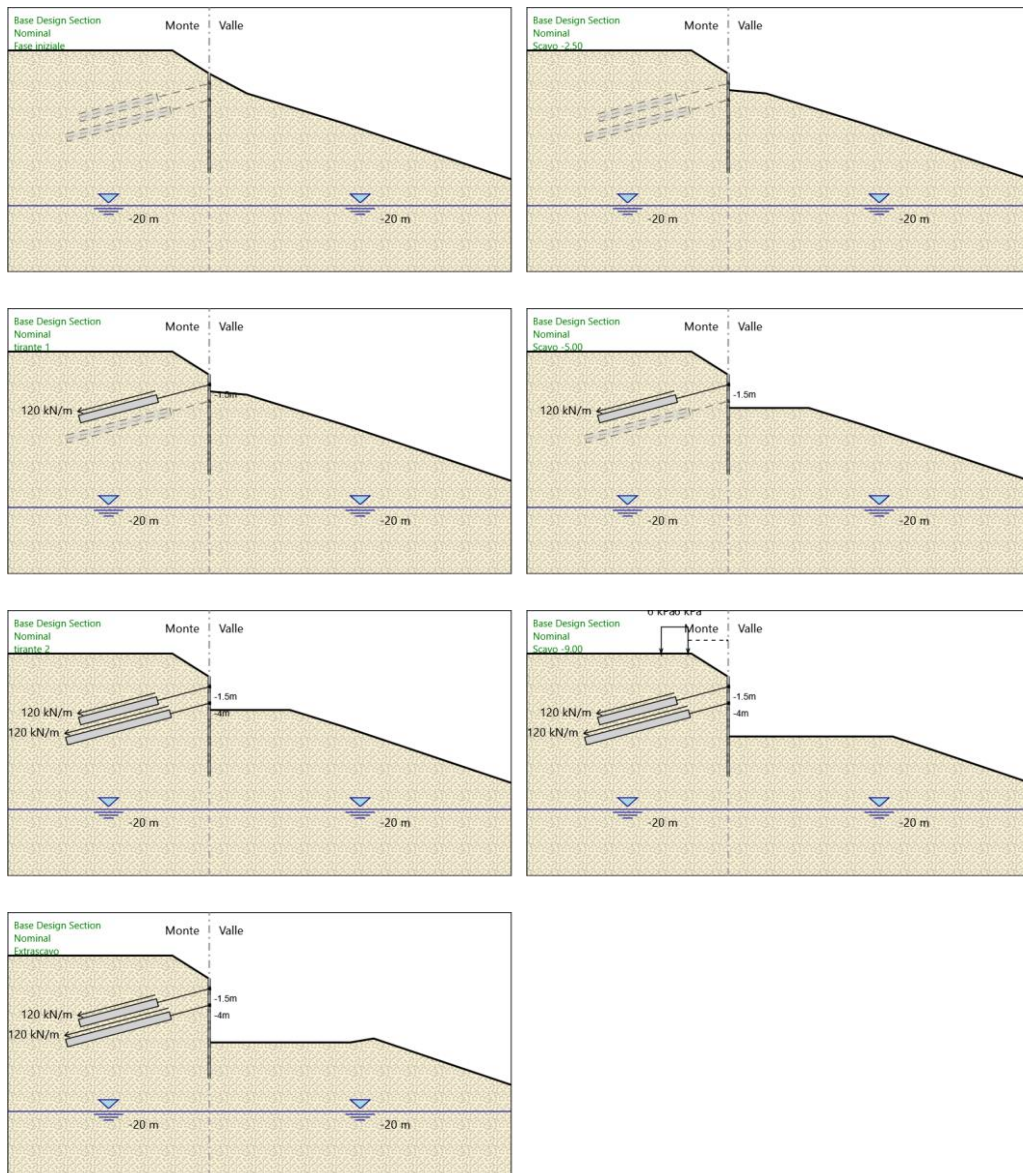
Trave di Ripartizione : trave fila 2

Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275

HE 200B

Materiale : S275

Tabella Configurazione Stage (Nominal)



PROGETTAZIONE ATI:

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

PROGETTAZIONE ATI:

Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

Design Assumption	Fase iniziale Scavo -2.50 tirante 1 Scavo -5.00 tirante 2 Scavo -9.00 Extrascavo						
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)							
NTC2018: A1+M1+R1		V		V		V	
NTC2018: A1+M1+R3	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1							
NTC2018: A2+M2+R2	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR							
NTC2018: SISMICA GEO							

PROGETTAZIONE ATI:

Risultati SteelWorld

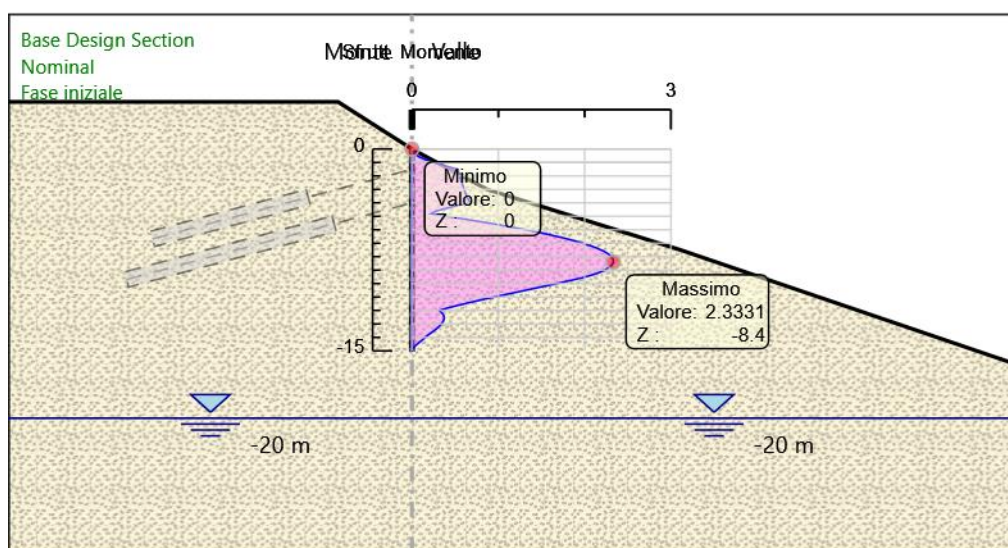
Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld
0	0
-0.2	0.009
-0.4	0.038
-0.6	0.09
-0.8	0.162
-1	0.252
-1.2	0.356
-1.4	0.472
-1.5	0.533
-1.7	0.537
-1.9	0.546
-2.1	0.557
-2.3	0.567
-2.5	0.578
-2.7	0.589
-2.9	0.6
-3.1	0.61
-3.3	0.621
-3.5	0.634
-3.7	0.648
-3.9	0.665
-4	0.675
-4.2	0.519
-4.4	0.401
-4.6	0.285
-4.8	0.222
-5	0.406
-5.2	0.604
-5.4	0.795
-5.6	0.979
-5.8	1.153
-6	1.318
-6.2	1.473
-6.4	1.617
-6.6	1.751
-6.8	1.872
-7	1.98
-7.2	2.076
-7.4	2.157
-7.6	2.224
-7.8	2.276
-8	2.312
-8.2	2.331
-8.4	2.333
-8.6	2.317
-8.8	2.283
-9	2.23
-9.2	2.157
-9.4	2.064
-9.6	1.95
-9.8	1.814
-10	1.674
-10.2	1.53
-10.4	1.385
-10.6	1.239
-10.8	1.094

PROGETTAZIONE ATI:

Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld	
-11		0.95
-11.2		0.81
-11.4		0.674
-11.6		0.544
-11.8		0.42
-12		0.318
-12.2		0.352
-12.4		0.37
-12.6		0.373
-12.8		0.363
-13		0.342
-13.2		0.312
-13.4		0.276
-13.6		0.234
-13.8		0.19
-14		0.152
-14.2		0.118
-14.4		0.079
-14.6		0.042
-14.8		0.013
-15		0

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld



Involuppi
Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld

PROGETTAZIONE ATI:

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

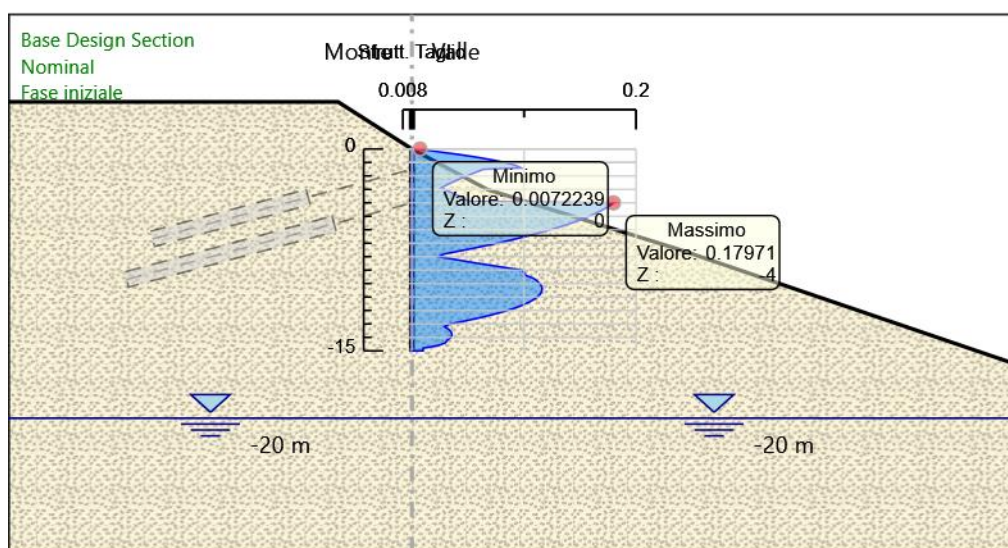
Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	
0	0.007	
-0.2	0.023	
-0.4	0.041	
-0.6	0.057	
-0.8	0.071	
-1	0.083	
-1.2	0.092	
-1.4	0.097	
-1.5	0.064	
-1.7	0.058	
-1.9	0.052	
-2.1	0.046	
-2.3	0.04	
-2.5	0.035	
-2.7	0.03	
-2.9	0.026	
-3.1	0.032	
-3.3	0.037	
-3.5	0.042	
-3.7	0.046	
-3.9	0.051	
-4	0.18	
-4.2	0.176	
-4.4	0.173	
-4.6	0.168	
-4.8	0.163	
-5	0.158	
-5.2	0.152	
-5.4	0.146	
-5.6	0.139	
-5.8	0.131	
-6	0.123	
-6.2	0.115	
-6.4	0.106	
-6.6	0.096	
-6.8	0.086	
-7	0.076	
-7.2	0.065	
-7.4	0.053	
-7.6	0.041	
-7.8	0.029	
-8	0.024	
-8.2	0.038	
-8.4	0.052	
-8.6	0.067	
-8.8	0.083	
-9	0.098	
-9.2	0.101	
-9.4	0.102	
-9.6	0.108	
-9.8	0.112	
-10	0.114	
-10.2	0.116	
-10.4	0.116	
-10.6	0.116	
-10.8	0.114	
-11	0.112	
-11.2	0.108	
-11.4	0.104	

PROGETTAZIONE ATI:

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	
-11.6		0.099
-11.8		0.092
-12		0.085
-12.2		0.077
-12.4		0.067
-12.6		0.057
-12.8		0.046
-13		0.034
-13.2		0.029
-13.4		0.033
-13.6		0.035
-13.8		0.036
-14		0.035
-14.2		0.031
-14.4		0.03
-14.6		0.023
-14.8		0.01
-15		0.01

PROGETTAZIONE ATI:

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

PROGETTAZIONE ATI:

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 STR	Resistenza Gerarchia delle Resistenze
fila tirante 1	tirante 1	360	1357.168	807.409	0.265	0.446	NO
fila tirante 1	Scavo -5.00	363.96	1357.168	807.409	0.268	0.451	NO
fila tirante 1	tirante 2	353.221	1357.168	807.409	0.26	0.437	NO
fila tirante 1	Scavo -9.00	346.904	1357.168	807.409	0.256	0.43	NO
fila tirante 1	Extrascavo	344.396	1357.168	807.409	0.254	0.427	NO
fila tirante 2	tirante 2	360	1809.558	807.409	0.199	0.446	NO
fila tirante 2	Scavo -9.00	398.894	1809.558	807.409	0.22	0.494	NO
fila tirante 2	Extrascavo	412.532	1809.558	807.409	0.228	0.511	NO

Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R1

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 Tirante	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti Stage				NTC2018 (ITA)			
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
fila tirante 1	tirante 1	468	753.982	807.409	0.621	0.58		
fila tirante 1	Scavo -5.00	473.148	753.982	807.409	0.628	0.586		
fila tirante 1	tirante 2	459.187	753.982	807.409	0.609	0.569		
fila tirante 1	Scavo -9.00	451.01	753.982	807.409	0.598	0.559		
fila tirante 1	Extrascavo	447.744	753.982	807.409	0.594	0.555		
fila tirante 2	tirante 2	468	1005.31	807.409	0.466	0.58		NO
fila tirante 2	Scavo -9.00	518.891	1005.31	807.409	0.516	0.643		NO
fila tirante 2	Extrascavo	536.247	1005.31	807.409	0.533	0.664		NO

Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R3

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R3 Tirante	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti Stage				NTC2018 (ITA)			
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
fila tirante 1	tirante 1	468	685.439	807.409	0.683	0.58		
fila tirante 1	Scavo -5.00	473.148	685.439	807.409	0.69	0.586		
fila tirante 1	tirante 2	459.187	685.439	807.409	0.67	0.569		
fila tirante 1	Scavo -9.00	451.01	685.439	807.409	0.658	0.559		
fila tirante 1	Extrascavo	447.744	685.439	807.409	0.653	0.555		
fila tirante 2	tirante 2	468	913.918	807.409	0.512	0.58		NO
fila tirante 2	Scavo -9.00	518.891	913.918	807.409	0.568	0.643		NO
fila tirante 2	Extrascavo	536.247	913.918	807.409	0.587	0.664		NO

Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+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
fila tirante 1	tirante 1	360	685.439	807.409	0.525	0.446		
fila tirante 1	Scavo -5.00	364.73	685.439	807.409	0.532	0.452		
fila tirante 1	tirante 2	352.977	685.439	807.409	0.515	0.437		
fila tirante 1	Scavo -9.00	356.894	685.439	807.409	0.521	0.442		
fila tirante 1	Extrascavo	361.864	685.439	807.409	0.528	0.448		
fila tirante 2	tirante 2	360	913.918	807.409	0.394	0.446		NO
fila tirante 2	Scavo -9.00	577.179	913.918	807.409	0.632	0.715		NO
fila tirante 2	Extrascavo	726.55	913.918	807.409	0.795	0.9		NO

Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R2

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2		Tipo Risultato: Verifiche Tiranti			NTC2018 (ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
fila tirante 1	tirante 1	360	685.439	807.409	0.525	0.446		
fila tirante 1	Scavo -5.00	364.73	685.439	807.409	0.532	0.452		
fila tirante 1	tirante 2	352.977	685.439	807.409	0.515	0.437		
fila tirante 1	Scavo -9.00	356.894	685.439	807.409	0.521	0.442		
fila tirante 1	Extrascavo	361.864	685.439	807.409	0.528	0.448		
fila tirante 2	tirante 2	360	913.918	807.409	0.394	0.446		NO
fila tirante 2	Scavo -9.00	577.179	913.918	807.409	0.632	0.715		NO
fila tirante 2	Extrascavo	726.55	913.918	807.409	0.795	0.9		NO

Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA STR

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018 (ITA)						
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
fila tirante 1	tirante 1	360	685.439	807.409	0.525	0.446		
fila tirante 1	Scavo -5.00	363.96	685.439	807.409	0.531	0.451		
fila tirante 1	tirante 2	353.221	685.439	807.409	0.515	0.437		
fila tirante 1	Scavo -9.00	346.904	685.439	807.409	0.506	0.43		
fila tirante 1	Extrascavo	344.396	685.439	807.409	0.502	0.427		
fila tirante 2	tirante 2	360	913.918	807.409	0.394	0.446		NO
fila tirante 2	Scavo -9.00	398.894	913.918	807.409	0.436	0.494		NO
fila tirante 2	Extrascavo	412.532	913.918	807.409	0.451	0.511		NO

Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA GEO

Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO		Tipo Risultato: Verifiche Tiranti			NTC2018 (ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
fila tirante 1	tirante 1	360	685.439	807.409	0.525	0.446		
fila tirante 1	Scavo -5.00	363.96	685.439	807.409	0.531	0.451		
fila tirante 1	tirante 2	353.221	685.439	807.409	0.515	0.437		
fila tirante 1	Scavo -9.00	346.904	685.439	807.409	0.506	0.43		
fila tirante 1	Extrascavo	344.396	685.439	807.409	0.502	0.427		
fila tirante 2	tirante 2	360	913.918	807.409	0.394	0.446		NO
fila tirante 2	Scavo -9.00	398.894	913.918	807.409	0.436	0.494		NO
fila tirante 2	Extrascavo	412.532	913.918	807.409	0.451	0.511		NO

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

Tipo Risultato:									
Verifiche Tiranti									
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	Design Assumption
fila tirante 1	Scavo -5.00	473.148	685.439	807.409	0.69	0.586			NTC2018: A1+M1+R3
fila tirante 2	Extrascavo	726.55	913.918	807.409	0.795	0.9		NO	NTC2018: A2+M2+R1

PROGETTAZIONE ATI:

Verifiche Travi di Ripartizione Nominal

Design Assumption:	Tipo Risultato: Verifiche Travi di								
Nominal	Ripartizione								
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio M-N	Ratio taglio	Instabilità
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 1	120	0	0	0	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 5.00	121.32	0	0	0	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	117.74	0	0	0	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	120	0	0	0	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	115.634	0	0	0	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	132.965	0	0	0	0

PROGETTAZIONE ATI:

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione	NTC2018 (ITA)							
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio M-N	Ratio taglio	Instabilità
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 1	120	0	0.452	0.313	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 5.00	121.32	0	0.456	0.317	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	117.74	0	0.443	0.307	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	120	0	0.452	0.313	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	115.634	0	0.435	0.302	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	132.965	0	0.5	0.347	0

PROGETTAZIONE ATI:

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A1+M1+R1

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 Trave di Ripartizione	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione Elemento strutturale	NTC2018 (ITA) Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio M-N	Ratio taglio	Instabilità
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 1	156	0	0.587	0.407	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 5.00	157.716	0	0.593	0.412	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	153.062	0	0.576	0.399	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	156	0	0.587	0.407	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	150.337	0	0.566	0.392	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	172.964	0	0.651	0.451	0

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A1+M1+R3

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R3 Trave di Ripartizione	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione Elemento strutturale	NTC2018 (ITA) Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio M-N	Ratio taglio	Instabilità
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 1	156	0	0.587	0.407	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 5.00	157.716	0	0.593	0.412	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	153.062	0	0.576	0.399	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	156	0	0.587	0.407	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	150.337	0	0.566	0.392	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	172.964	0	0.651	0.451	0

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1 Trave di Ripartizione	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione Elemento strutturale	NTC2018 (ITA) Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio M-N	Ratio taglio	Instabilità
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 1	120	0	0.452	0.313	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 5.00	121.577	0	0.457	0.317	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	117.659	0	0.443	0.307	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	120	0	0.452	0.313	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	118.965	0	0.448	0.31	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	192.393	0	0.724	0.502	0

PROGETTAZIONE ATI:

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A2+M2+R2

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 Trave di Ripartizione	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione Elemento strutturale	NTC2018 (ITA) Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio M-N	Ratio taglio	Instabilità
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 1	120	0	0.452	0.313	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 5.00	121.577	0	0.457	0.317	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	117.659	0	0.443	0.307	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	120	0	0.452	0.313	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	118.965	0	0.448	0.31	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	192.393	0	0.724	0.502	0

PROGETTAZIONE ATI:

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: SISMICA STR

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione	NTC2018 (ITA)							
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio M-N	Ratio taglio	Instabilità
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 1	120	0	0.452	0.313	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 5.00	121.32	0	0.456	0.317	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	117.74	0	0.443	0.307	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	120	0	0.452	0.313	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	115.634	0	0.435	0.302	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	132.965	0	0.5	0.347	0

PROGETTAZIONE ATI:

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: SISMICA GEO

Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO	Tipo Risultato: Verifiche	NTC2018							
Trave di Ripartizione	Travi di Ripartizione	(ITA)							
	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito	Assiale	Ratio	Ratio	Instabilità
					(kN/m)	(kN)	M-N	taglio	
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 1	120	0	0.452	0.313	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 5.00	121.32	0	0.456	0.317	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	117.74	0	0.443	0.307	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	120	0	0.452	0.313	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	115.634	0	0.435	0.302	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	132.965	0	0.5	0.347	0

PROGETTAZIONE ATI: