

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

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Roberto Salucci</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 633</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GP INGENGNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGENGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p>cooprogetti</p> <p>engeko</p> <p>AIM <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i></p> <p>Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p><i>Ing. Moreno Panfili</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2687</p> <p><i>Ing. Matteo Bordugo</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Pordenone n. 750A</p>	<p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Francesco Pisani</i></p>	<p><i>Ing. Giuseppe Festa</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i></p> <p>ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		

OPERE D'ARTE MAGGIORI
Asse principale
VI.07 – Viadotto Torrino
Relazione di calcolo opere provvisionali

<p>CODICE PROGETTO</p> <p>PROGETTO LIV.PROG ANNO</p>	<p>NOME FILE</p> <p>P01VI07GETRE02_B</p>	<p>REVISIONE</p>	<p>SCALA</p>
<p>DPFI508 D 23</p>	<p>CODICE ELAB. P01VI07GETRE02</p>	<p>B</p>	<p>-</p>
<p>D</p>			
<p>C</p>			
<p>B</p>	<p>Revisione a seguito Istruttoria n°U. 0016028.09-01-2024</p>	<p>Gennaio '24</p>	<p>Cassarini Bordugo Guiducci</p>
<p>A</p>	<p>Emissione</p>	<p>Agosto '23</p>	<p>Cassarini Bordugo Guiducci</p>
<p>REV.</p>	<p>DESCRIZIONE</p>	<p>DATA</p>	<p>REDATTO VERIFICATO APPROVATO</p>

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. PARATIE.....	6
2.1. CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO.....	6
2.2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	7
2.1. CARATTERISTICHE MATERIALI.....	7
2.1.1. MISCELA CEMENTIZIA PER PALI MICROPALI E CORDOLI (C 25/30).....	7
2.1.2. CALCESTRUZZO MAGRO (C 12/15).....	7
2.1.3. MISCELE CEMENTIZIE PER INIEZIONI DI SECONDA FASE (TIRANTI).....	7
2.1.4. ACCIAIO DA CARPENTERIA TRAVI DI RIPARTIZIONE E PIASTRE. (S355 JR).....	8
2.1.5. ACCIAIO PER TREFOLI.....	8
2.1.6. ACCIAIO D' ARMATURA.....	8
2.1.7. ACCIAIO DA CARPENTERIA TUBI METALLICI (S355 JR).....	8
3. CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA.....	9
3.1. STRATO DENOMINATO “UNITÀ GEOTECNICA RIPORTI” (STRATO U.G.R. R).....	10
3.2. STRATO DENOMINATO “UNITÀ GEOTECNICA FRANE” (STRATO FN).....	10
3.3. STRATO DENOMINATO “UNITÀ GEOTECNICA ARENARIA ALTERATA” (STRATO AC ALT).....	11
3.4. CRITERI DI CALCOLO E VERIFICA DELLE OPERE.....	11
3.4.1. AZIONI.....	11
3.5. APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA.....	12
3.5.1. VERIFICA DEI TIRANTI E BULBI DI FONDAZIONE.....	13
3.5.2. ACCIAIO DI ARMATURA.....	17
3.5.3. VERIFICA DELLE TRAVI DI RIPARTIZIONE.....	17
3.5.4. VERIFICA DEI MICROPALI.....	17
4. CARATTERISTICHE DELLA PARATIA.....	18
4.1. PARATIA IN MICROPALI.....	18
4.2. TIRANTI DI ANCORAGGIO.....	18
4.3. TRAVE DI CONTRASTO.....	20

5. ANALISI DEI CARICHI E DEI SOVRACCARICHI.....	20
5.1. PRESENZA DI FALDA.....	20
6. CODICI DI CALCOLO.....	20
7. CALCOLO DELLA STRUTTURA.....	21
7.1. FASI DI LAVORO.....	21
7.2. COMBINAZIONI DI CARICO.....	27
8. RISULTATI OTTENUTI.....	28
8.1. VERIFICHE STRUTTURALI PALI.....	28
8.1.1. <i>Verifica dell'armatura tubolare</i>	31
8.2. VERIFICHE TIRANTI.....	33
8.2.1. <i>Verifiche geotecniche</i>	35
8.2.2. <i>Verifiche strutturali</i>	35
8.3. VERIFICA TRAVE DI CONTRASTO.....	37
8.4. VERIFICHE DEL TERRENO INTERAGENTE CON LA PARATIA.....	39
9. VERIFICHE DELLA STABILITÀ GLOBALE.....	40
10. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2018 (PUNTO 10.2).....	42
10.1. TIPO DI ANALISI SVOLTA.....	42
10.2. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	42
10.3. AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO.....	42
10.4. MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI.....	42
10.5. INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	42
10.6. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	43
11. ALLEGATI DI CALCOLO.....	44
DESCRIZIONE DEL SOFTWARE.....	47
DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA E DEGLI STRATI DI TERRENO.....	49
DESCRIZIONE PARETI.....	50
FASI DI CALCOLO.....	51
TABELLA CONFIGURAZIONE STAGE (NOMINAL).....	72

NORMATIVE ADOTTATE PER LE VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....74

<i>Verifiche Tiranti NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente).....</i>	<i>75</i>
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R1.....</i>	<i>76</i>
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R3.....</i>	<i>77</i>
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R1.....</i>	<i>78</i>
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R2.....</i>	<i>79</i>
<i>Inviluppo Verifiche Tiranti (su tutte le D.A. attive).....</i>	<i>80</i>
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NOMINAL.....	81
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: SLE (RARA/FREQUENTE/QUASI PERMANENTE).....	82
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: A1+M1+R1.....	83
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: A1+M1+R3.....	84
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: A2+M2+R1.....	85
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: A2+M2+R2.....	86

FASI DI CALCOLO.....87

PROPRIETÀ ANALISI DI STABILITÀ DEI PENDII - DESIGN ASSUMPTION: NTC2018: A2+M2+R2 - STAGE: EXTRASCAVO.....	87
GRAFICO SUPERFICIE - DESIGN ASSUMPTION: NTC2018: A2+M2+R2 - STAGE: EXTRASCAVO.....	88
GRAFICO SUPERFICI CRITICHE ANALIZZATE - DESIGN ASSUMPTION: NTC2018: A2+M2+R2 - STAGE: EXTRASCAVO.....	88

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.07

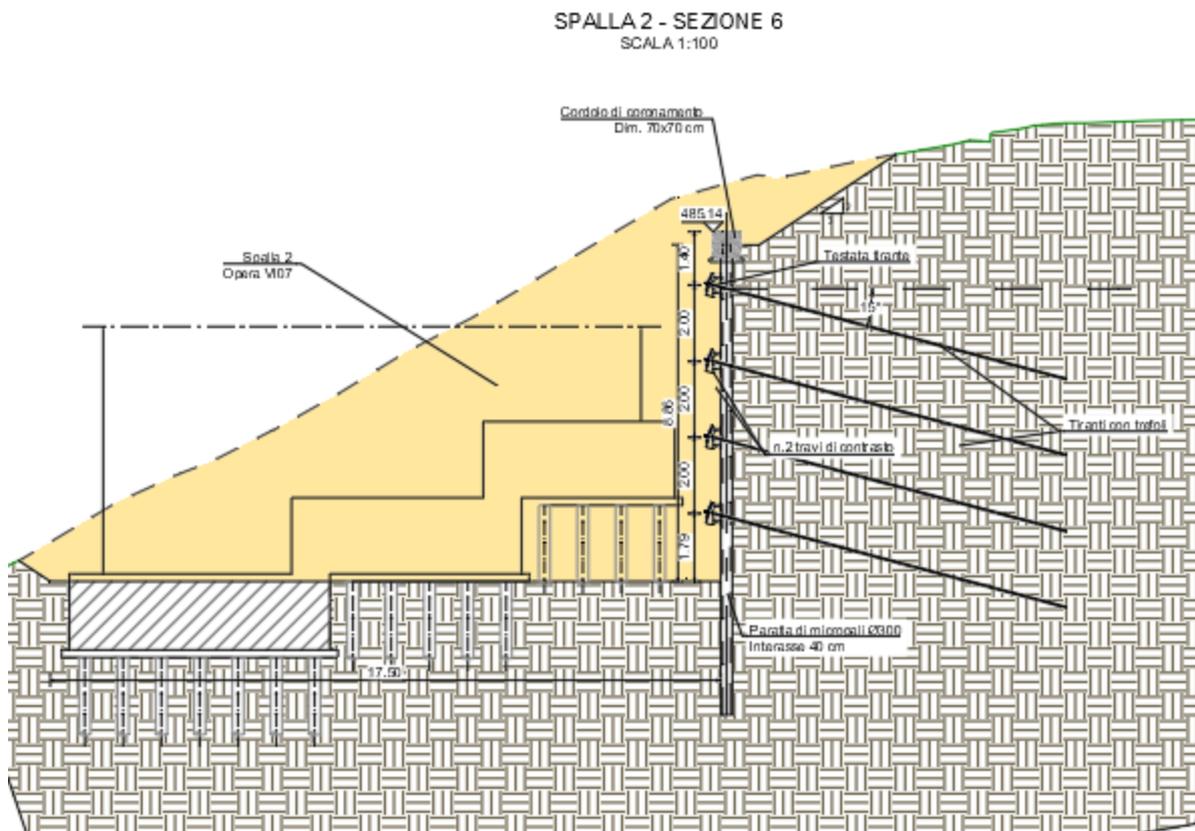
ed in particolare alla spalla SP2 che presenta gli scavi di altezza maggiore ed è interessata da terreni di caratteristiche peggiori

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:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



cooprogetti



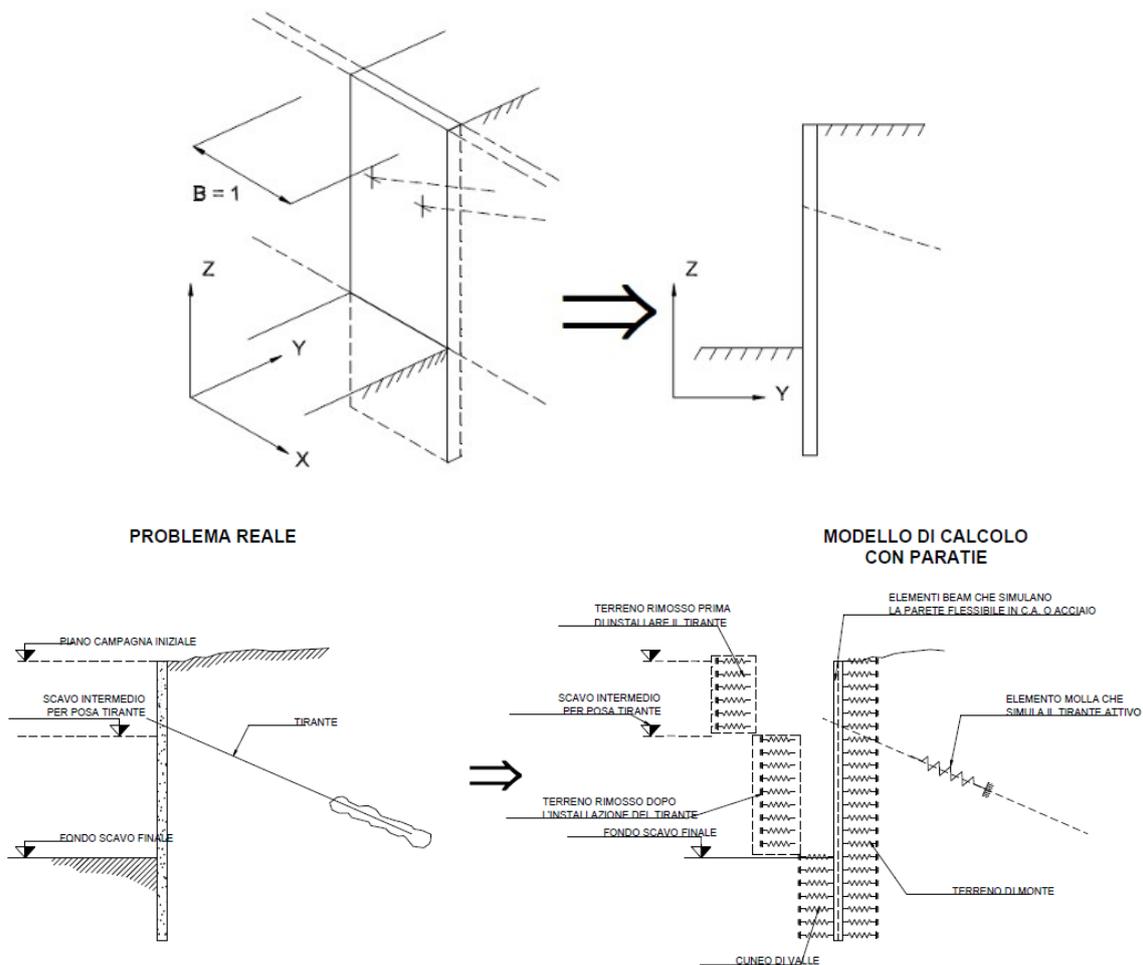
Figura 1: sezione tipologica di verifica

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 rigidità 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 rigidità $K=E(A/L)$ 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.



PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



cooprogetti



Studio di Architettura e Ingegneria Moderna

Figura 2-2 Schema di analisi di PARATIE

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 : $R_{ck} = 30 \text{ Mpa}$
- Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg : $f_{ck} = 25 \text{ Mpa} (0.83 * R_{ck})$
- Resistenza a compressione cilindrica media : $f_{cm} = 33 \text{ Mpa} (f_{ck} + 8)$
- 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
- 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 : $E_f = 210000 \frac{N}{mm^2}$

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 : $(A_g) = 3.50 \%$
- 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 : $f_{ptk} = 540 \text{ N/mm}^2$
 $f_{yk} \geq f_{ynom} \text{ frattile } 5\%$
 $f_{tk} \geq f_{ynom} \text{ frattile } 5\%$
 $1.5 \leq \lambda$
 $(f_y/f_{ynom})_k \leq 1.25 \text{ frattile } 10\%$

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 :

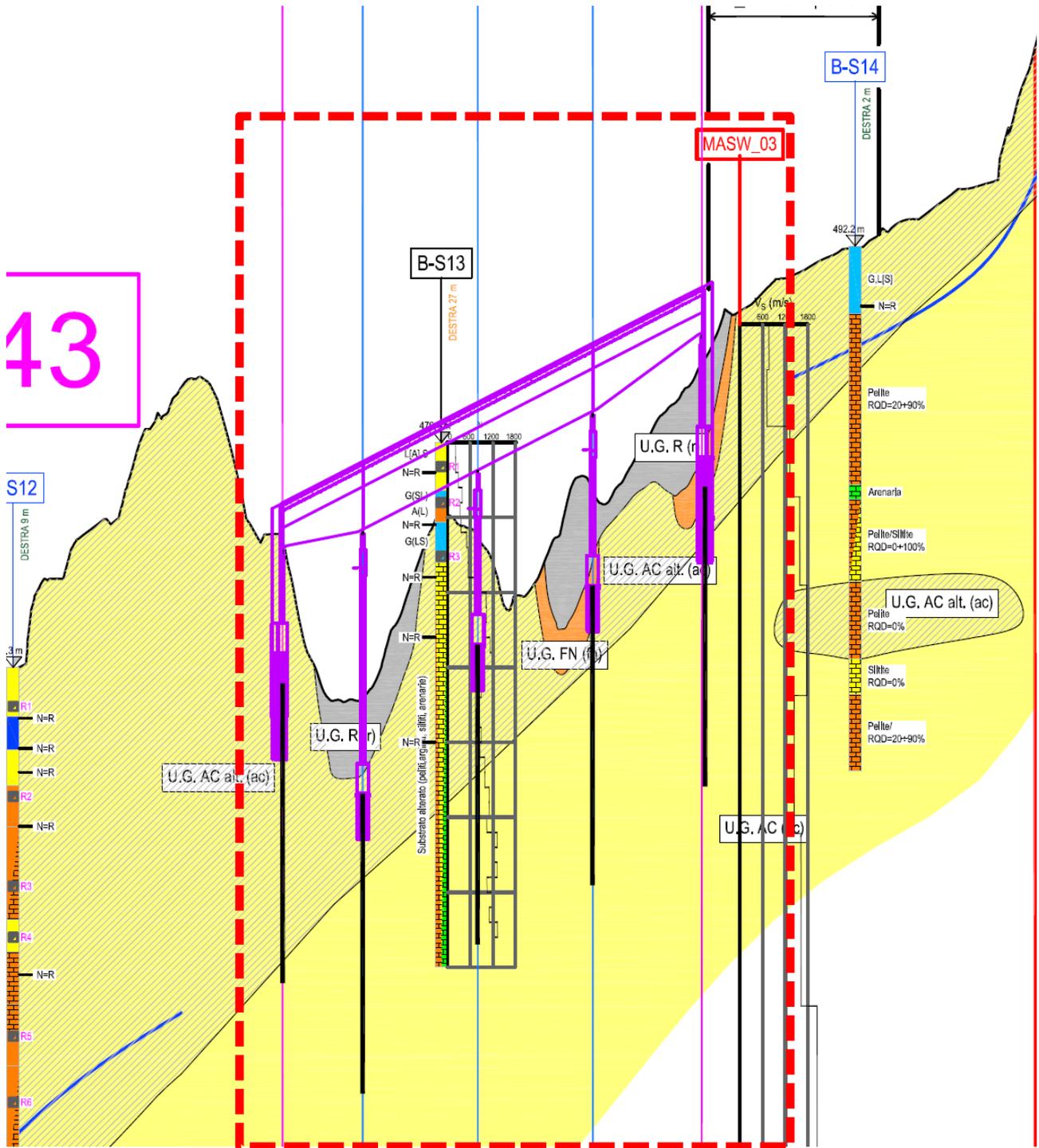
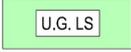
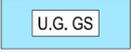
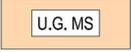
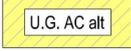
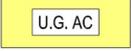


Figura 3: estratto dal profilo geologico di progetto

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							Valori di deformabilità di riferimento							
			ϕ' (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	ϕ'_k (°)	c' _k (kPa)	c _{u k} (kPa)	q _s per micropali tipo IGU (kPa)	V _s (m/s)	G ₀ (MPa)	v (-)	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 4: 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 3.00 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.

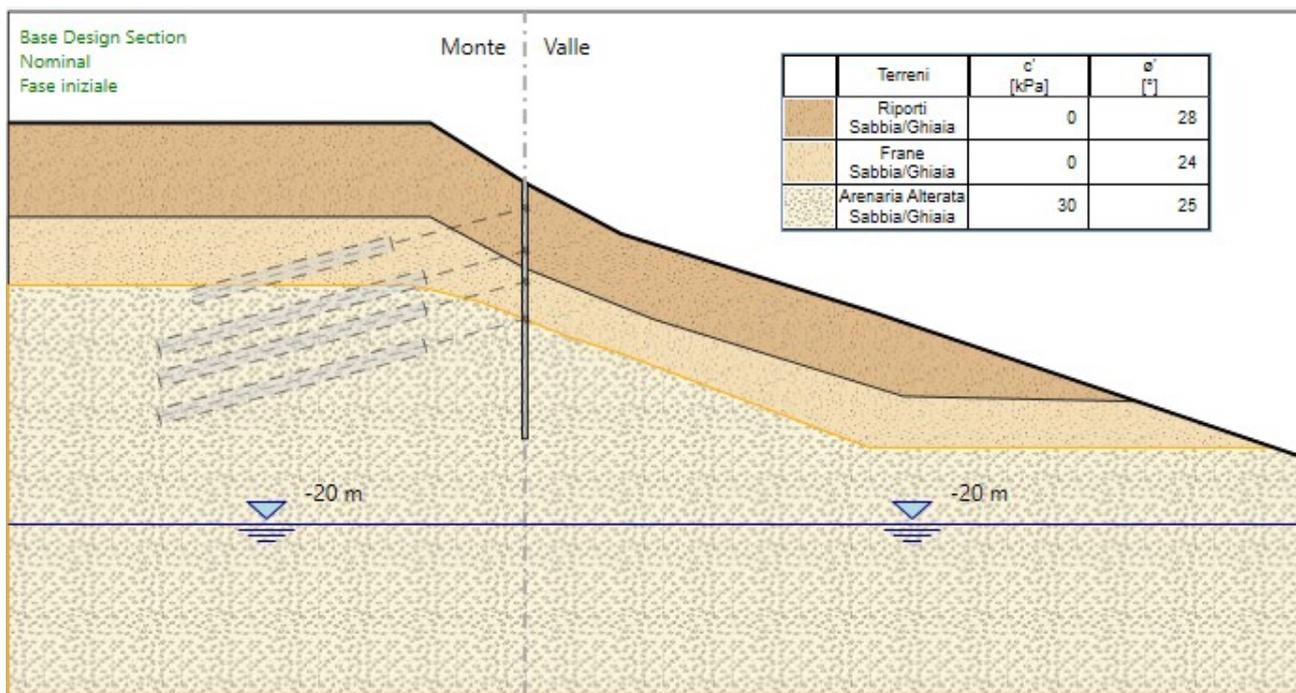


Figura 5 : schema del modello di calcolo adottato

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 provvisoriali.

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:

- 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 provvisoriale 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 G2 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	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.00	1.25
Coazione 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:

$$\square T_d = \text{azione di calcolo};$$

PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



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

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:

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

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:

- $\xi_{a3}, \xi_{a4} =$ fattore di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero di profili d'indagine, assunto pari a 1.7;
- $(R_{a,c})_{medio} =$ 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:

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

con:

- $\alpha =$ 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
---------	------------------------------------	-------------------------------------------

PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



	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
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	
<ul style="list-style-type: none"> – IRS: iniezione ad alta pressione a più stadi e ripetuta – IGU: iniezione a bassa pressione in unica soluzione – p1: Pressione limite dalla prova pressiométrica Menard – pi: pressione di iniezione 			$V_s = L_f D_s^2 / 4$ <p>L_f: Lunghezza della fondazione D_s: Diametro reale della fondazione</p>	
<p>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)</p>				

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 $\alpha = 1.00$.

In definitiva il valore della tensione tangenziale limite $\alpha \cdot q_s$ è pari a:

$$- \alpha \cdot q_s = 1.0 \times 150 \text{ kPa} = 150 \text{ kPa}$$

Tale valore andrà confermato mediante uno specifico campo prove.

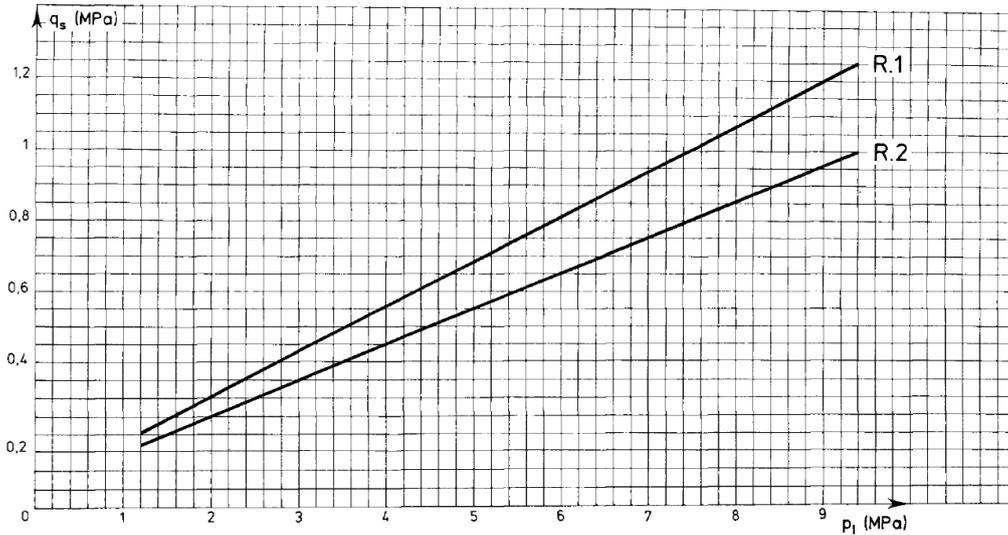


Figura 3-6 Grafici per il calcolo di q_s per rocce alterate e fratturate

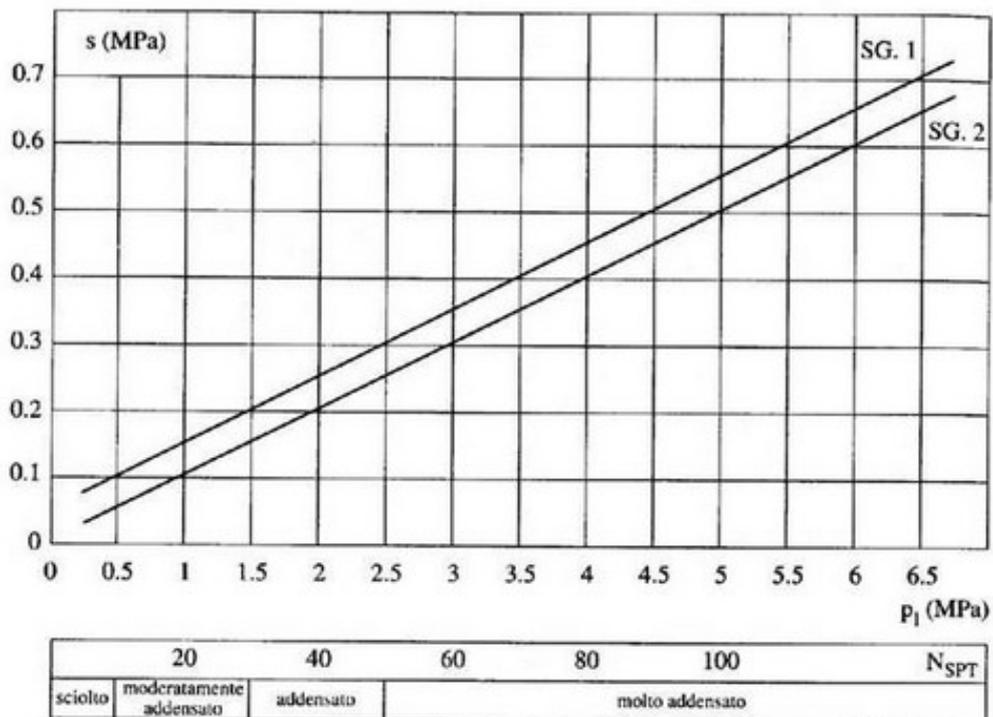


Figura 3-7 Grafici per il calcolo di q_s per sabbie e ghiaie

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

Inerzia 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: [] Inerzia: [] 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

Efficacia 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 sezione con dimensioni: Cd, Sod, Sot, Ss, Cs.

Figura 8 : 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
- 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

PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



cooprogetti



- 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 -8.00 :

- 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)

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:

$$- Le=Ls (1+1.5amax/g) \quad [NTC2018 \text{ par.7.11.6.4}]$$

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

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
fila tirante 1	LEFT	-1.50	tirante 4 trefoli	8.00	12.00	50	0.24	15.00	3	360	No
fila tirante 2	LEFT	-4.00	tirante 4 trefoli	6.00	16.00	50	0.24	15.00	3	450	No
fila tirante 3	LEFT	-5.80	tirante 4 trefoli	6.00	16.00	50	0.24	15.00	3	500	No
fila tirante 4	LEFT	-8.00	tirante 4 trefoli	6.00	16.00	50	0.24	15.00	3	500	No

Metodo di Iniezione	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
IRS	1	150	No	No		No	Si	trave fila 1	DOUBLE HE 200A MAT. S275
IRS	1	150	No	No		No	Si	trave fila 2	DOUBLE HE 200A MAT. S275
IRS	1	150	No	No		No	Si	trave fila 3	DOUBLE HE 200B MAT. S275
IRS	1	150	No	No		No	Si	trave fila 4	DOUBLE HE 200B MAT. S275

Figura 9 : caratteristiche dei tiranti

4.3. TRAVE DI CONTRASTO

Come trave di contrasto si adotta un profilo in acciaio costituito da nr. 2 travi HEB 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 delle opere in esame sono stati condotti con l'ausilio del software PARATIE PLUS 22.6.3, distribuito da CeAS s.r.l. di Milano; per le verifiche di stabilità globale si è utilizzato il modulo aggiuntivo "VSP".

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 -8.00 metri dal p.c. (quota di fondo scavo in fase operativa) ed applicazione di un sovraccaico operativo pari a 6 kPa all'estradosso del pendio
9. Realizzazione del quarto ordine di tiranti
10. Scavo finale a quota -9.00 metri dal p.c.
11. 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 :

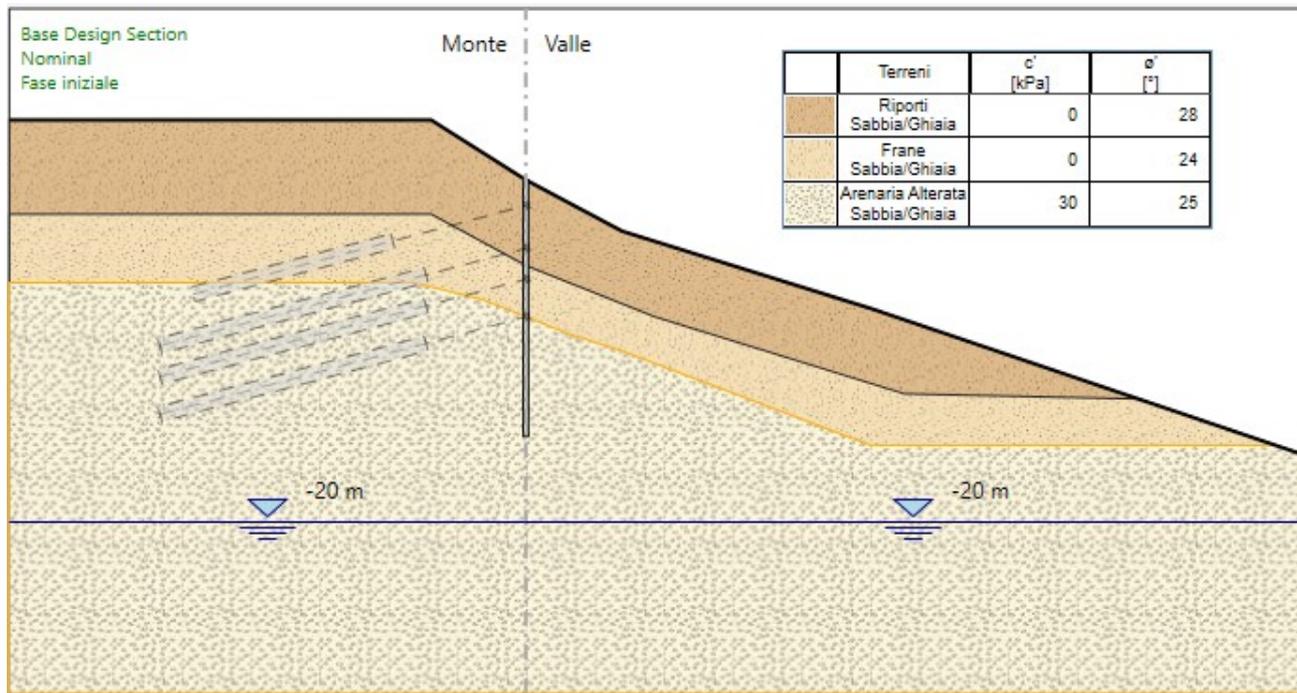


Figura 10 : fase di calcolo nr. 1

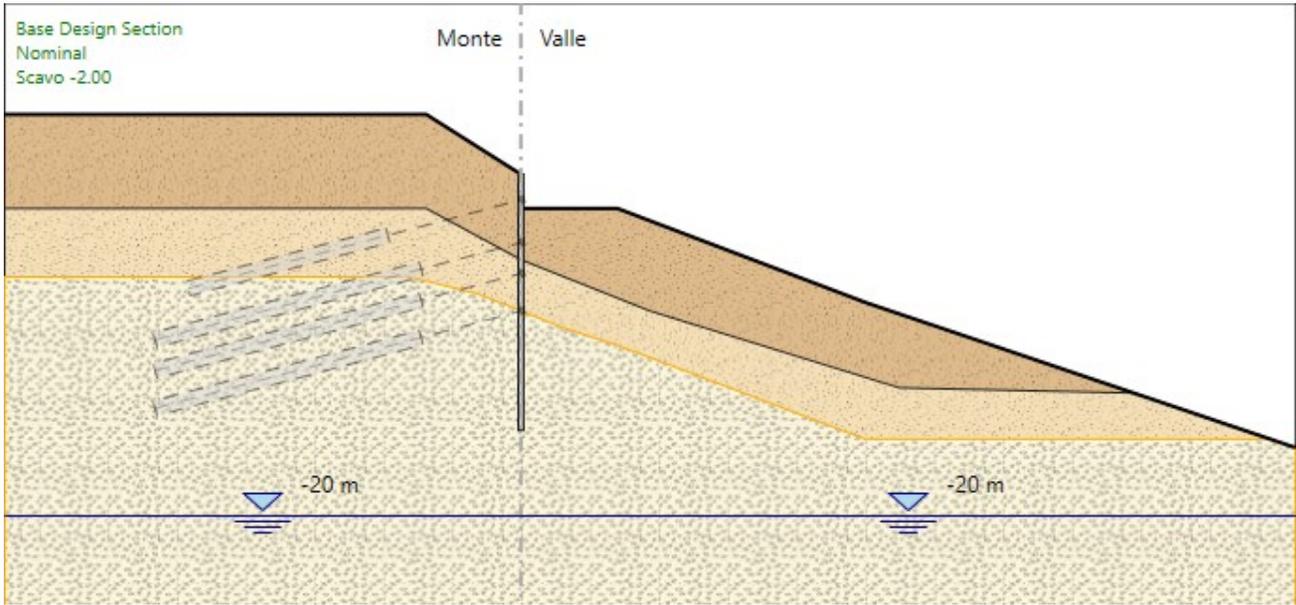


Figura 11 : fase di calcolo nr. 2

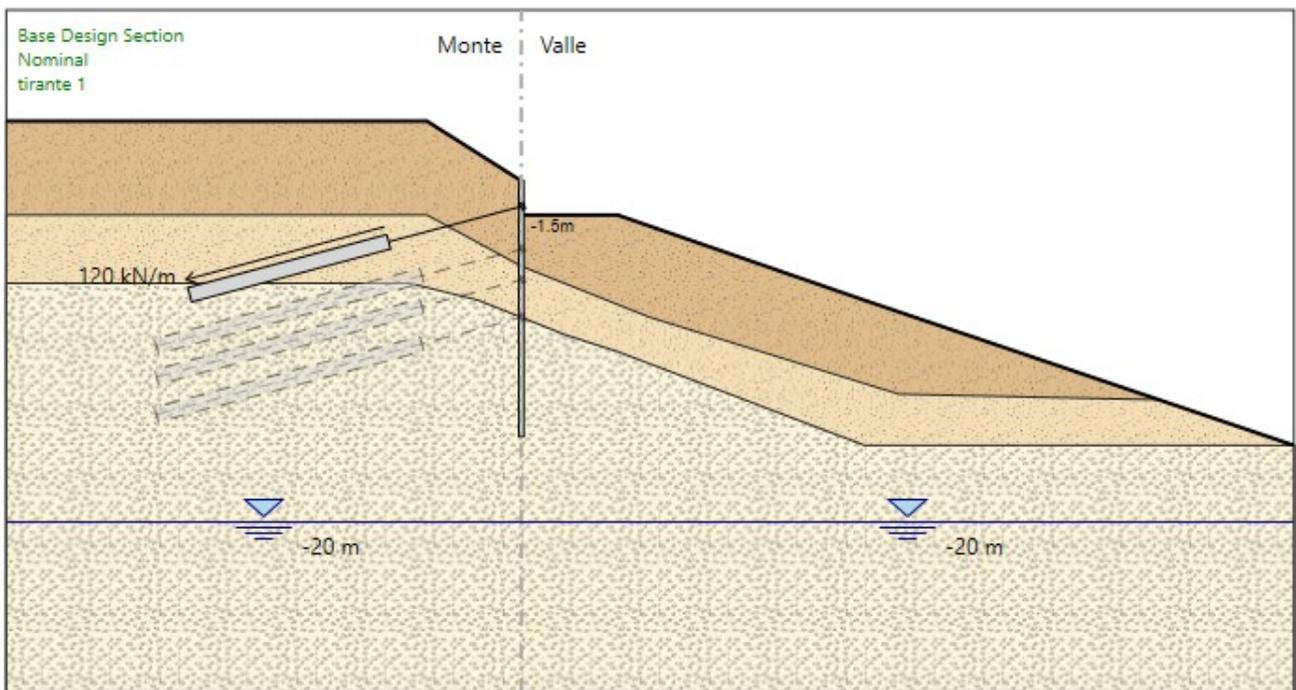


Figura 12 : fase di calcolo nr. 3

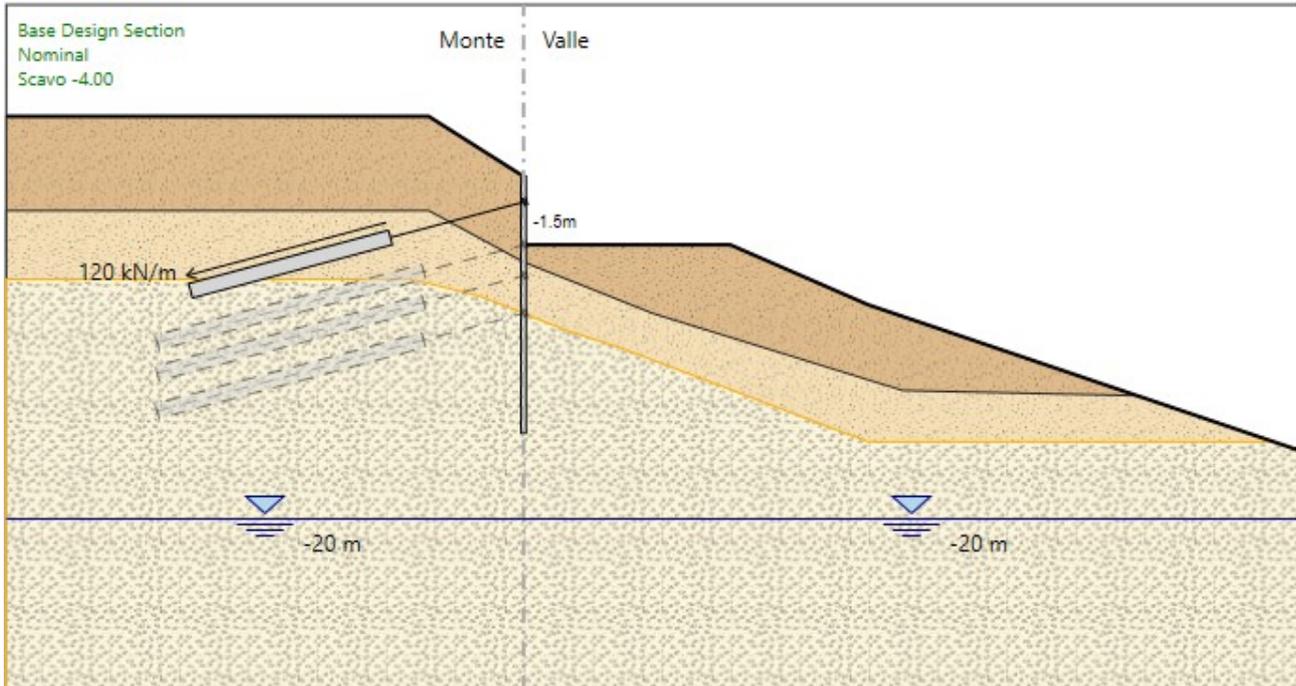


Figura 13 : fase di calcolo nr. 4

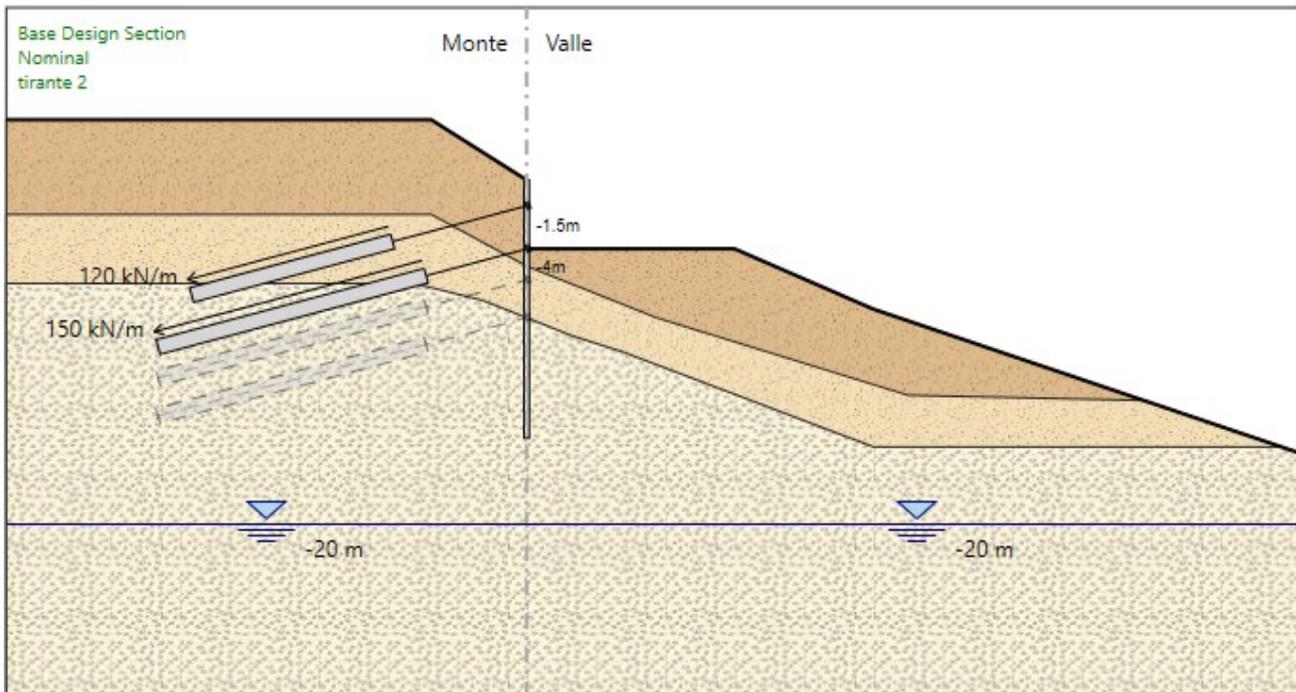


Figura 14 : fase di calcolo nr. 5

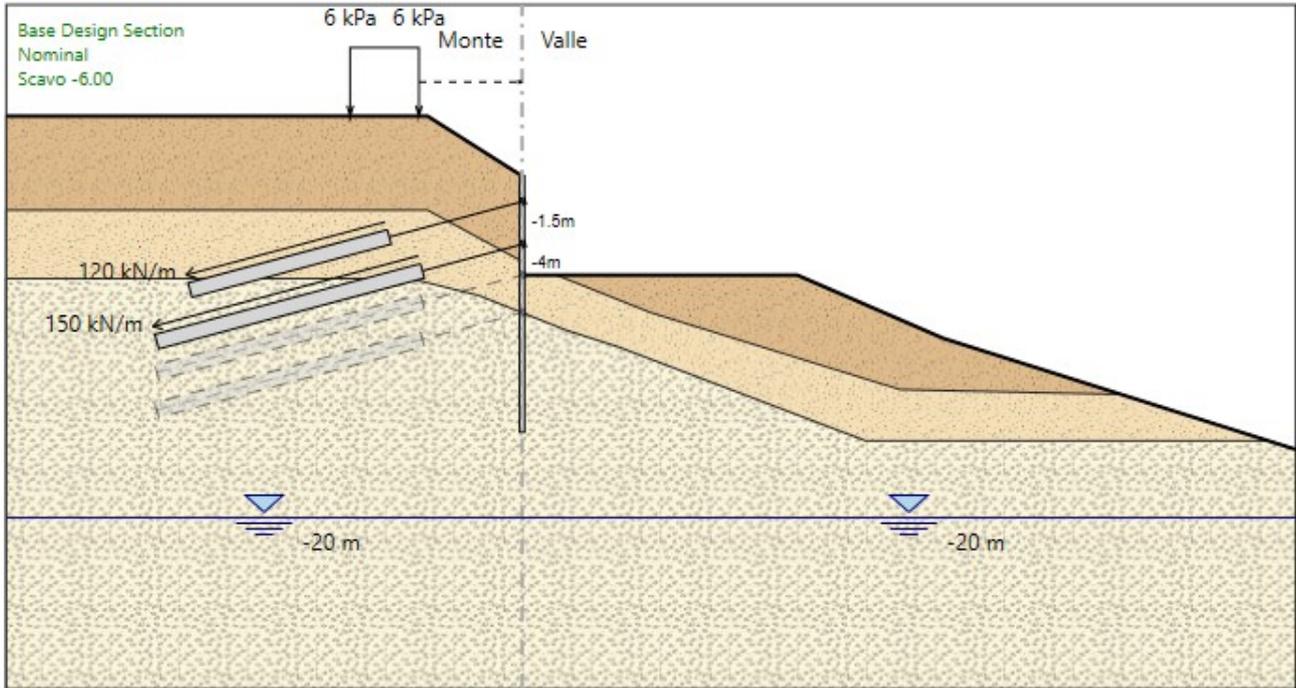


Figura 15 : fase di calcolo nr. 6

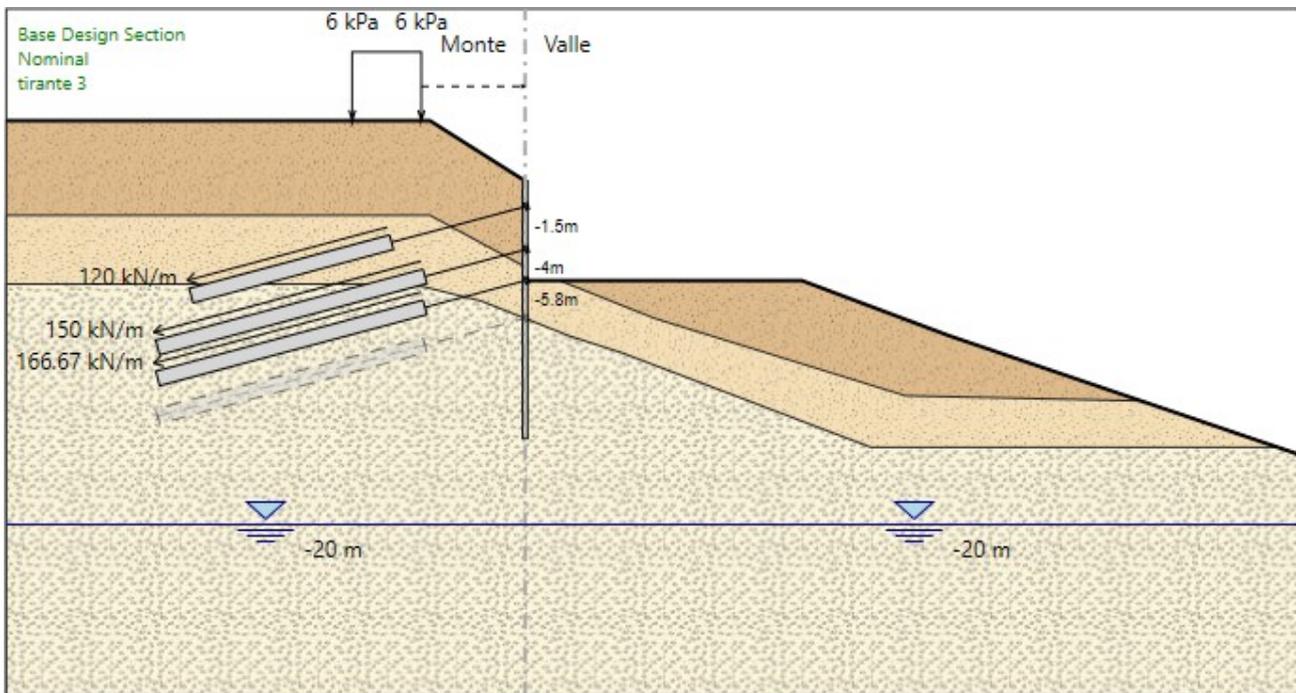


Figura 16 : fase di calcolo nr. 7

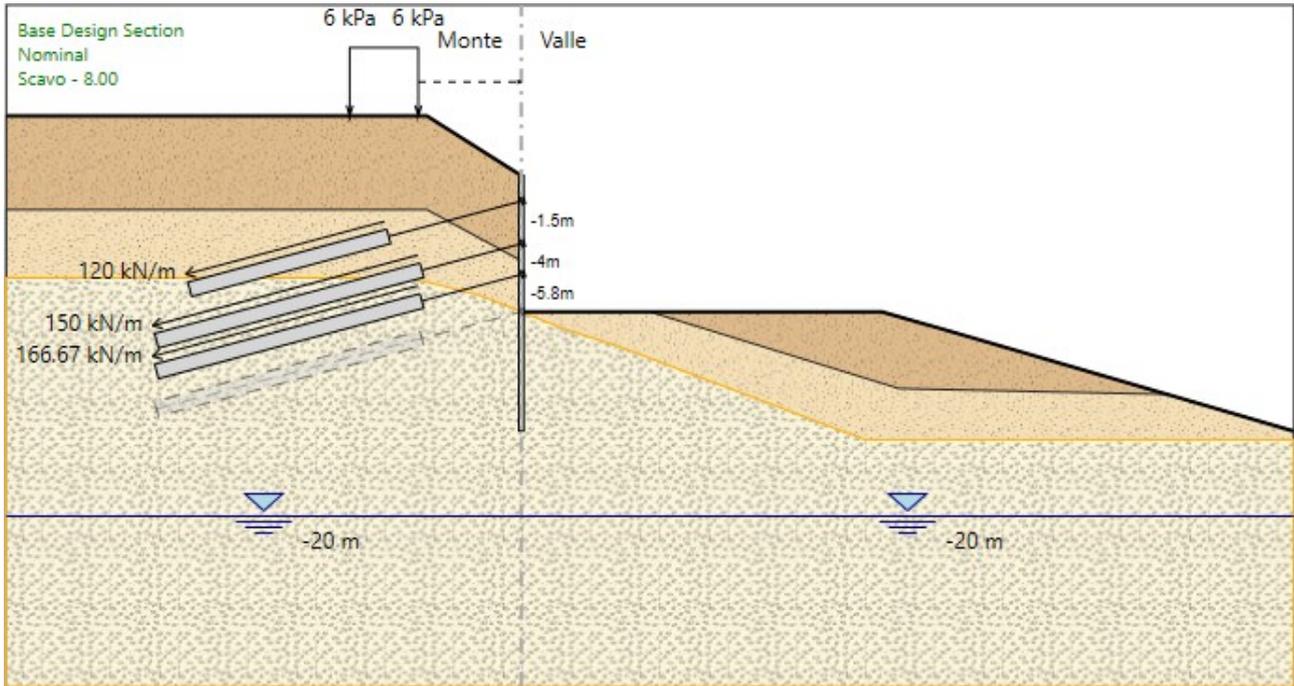


Figura 17 : fase di calcolo nr. 8

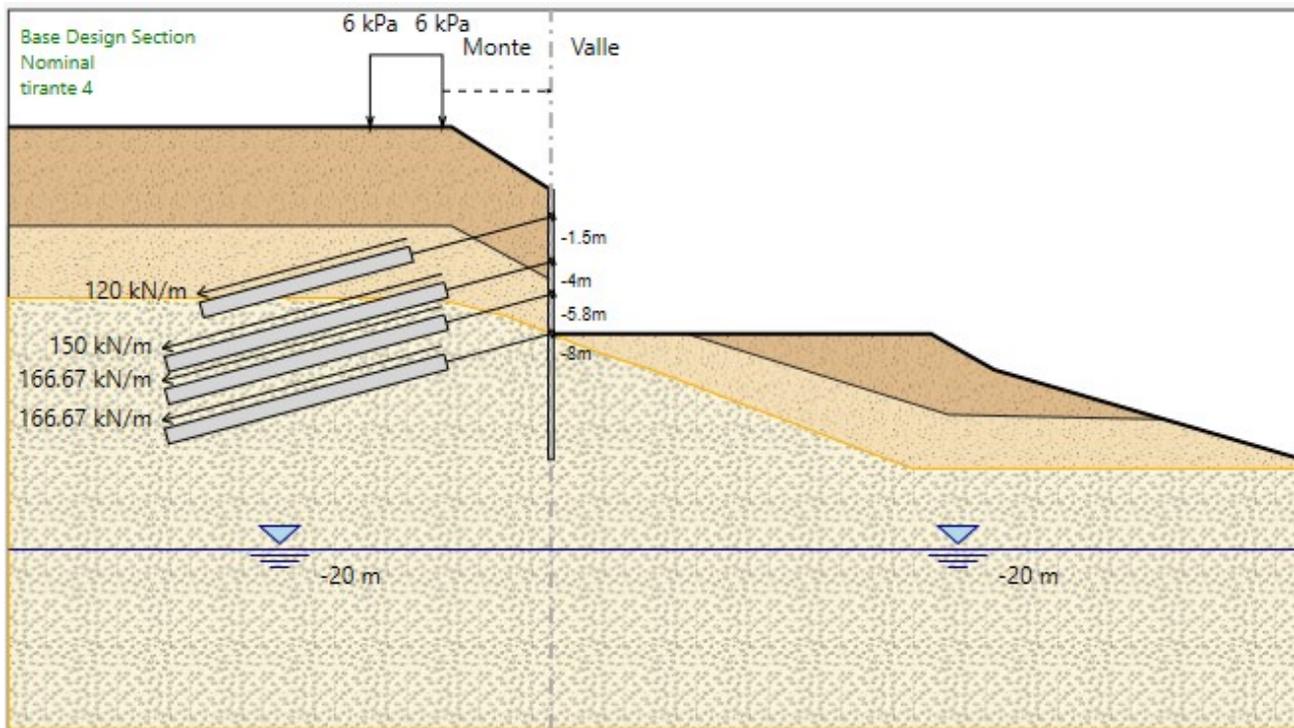


Figura 18 : fase di calcolo nr. 9

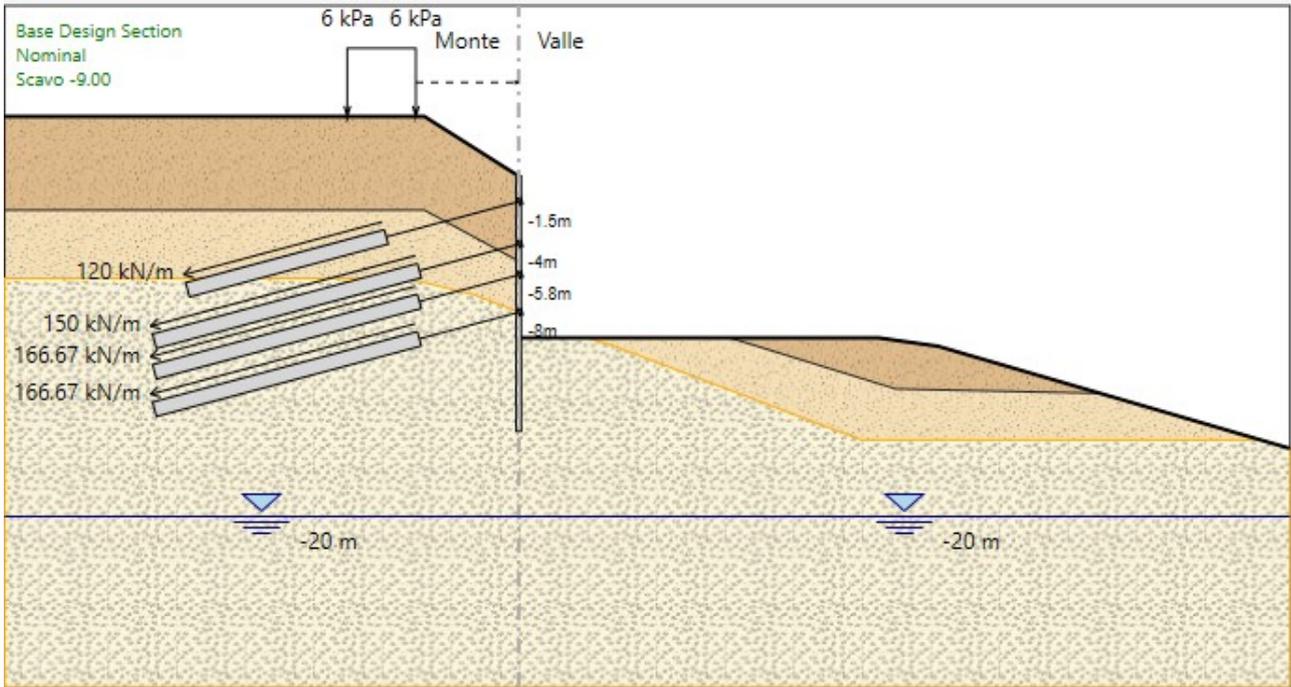


Figura 19 : fase di calcolo nr. 10

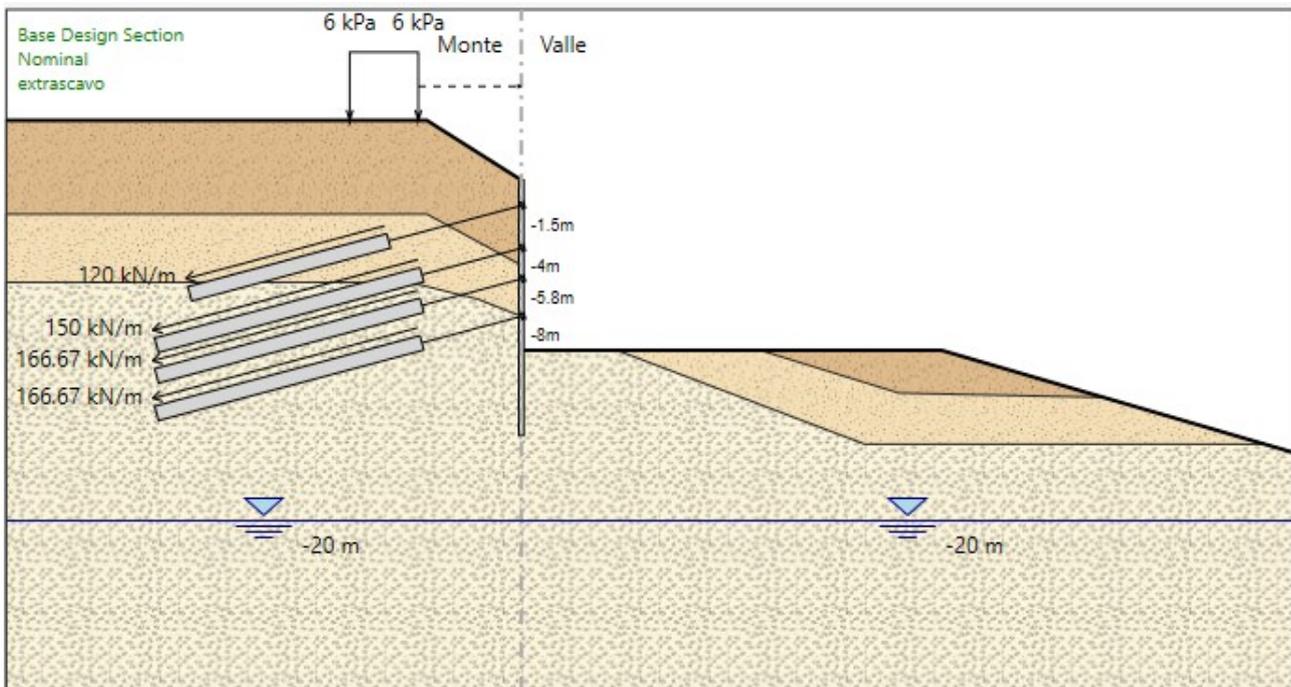


Figura 20 : fase di calcolo nr. 11

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 stata 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

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)	Pressioni 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)
	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(ϕ) (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohes)	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

PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
 GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



cooprogetti



Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohes)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma\phi$	γc	γcu	Γqu	$\Gamma \gamma$
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	γRe	γap	Γat	
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

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.

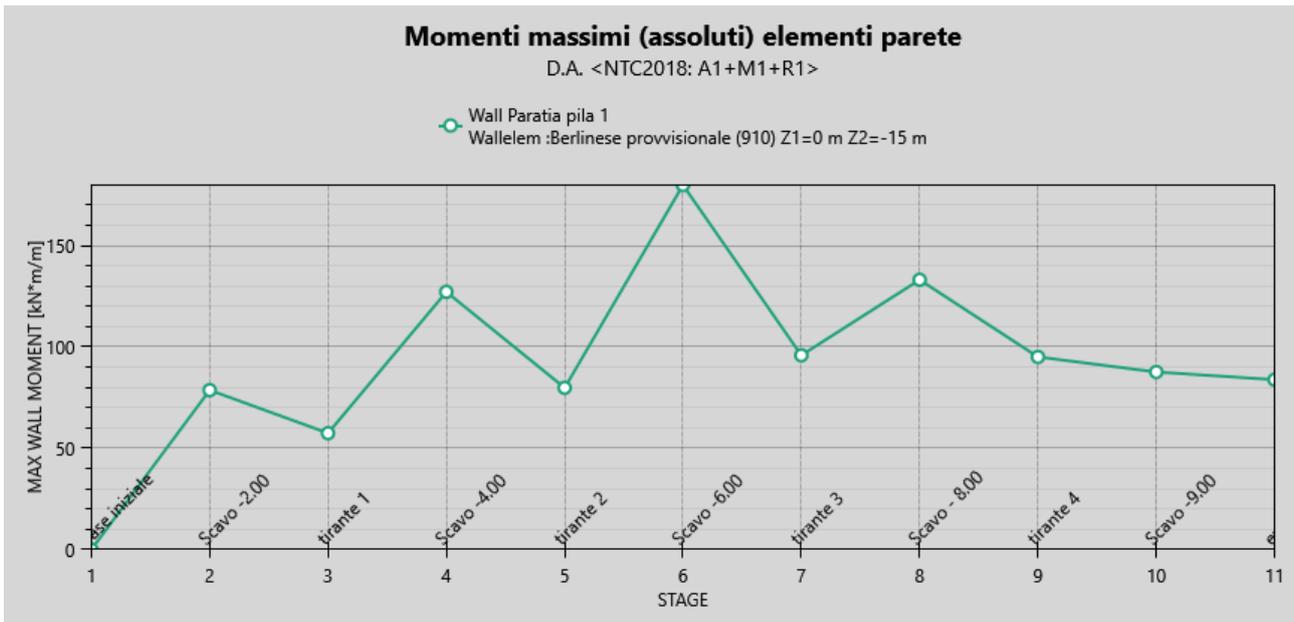
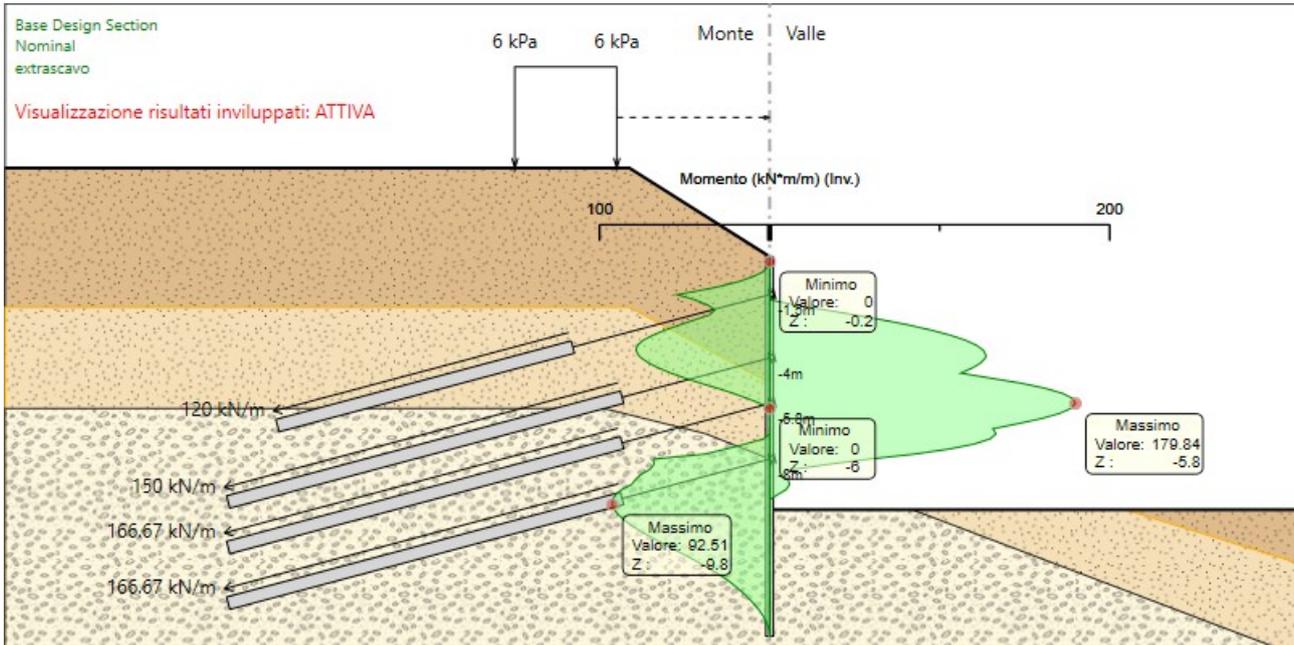


Figura 21: involuppo del momento flettente per la combinazione A1+M1+R1 per gli step da 1 a 10 (scavo completato + extrascavo)

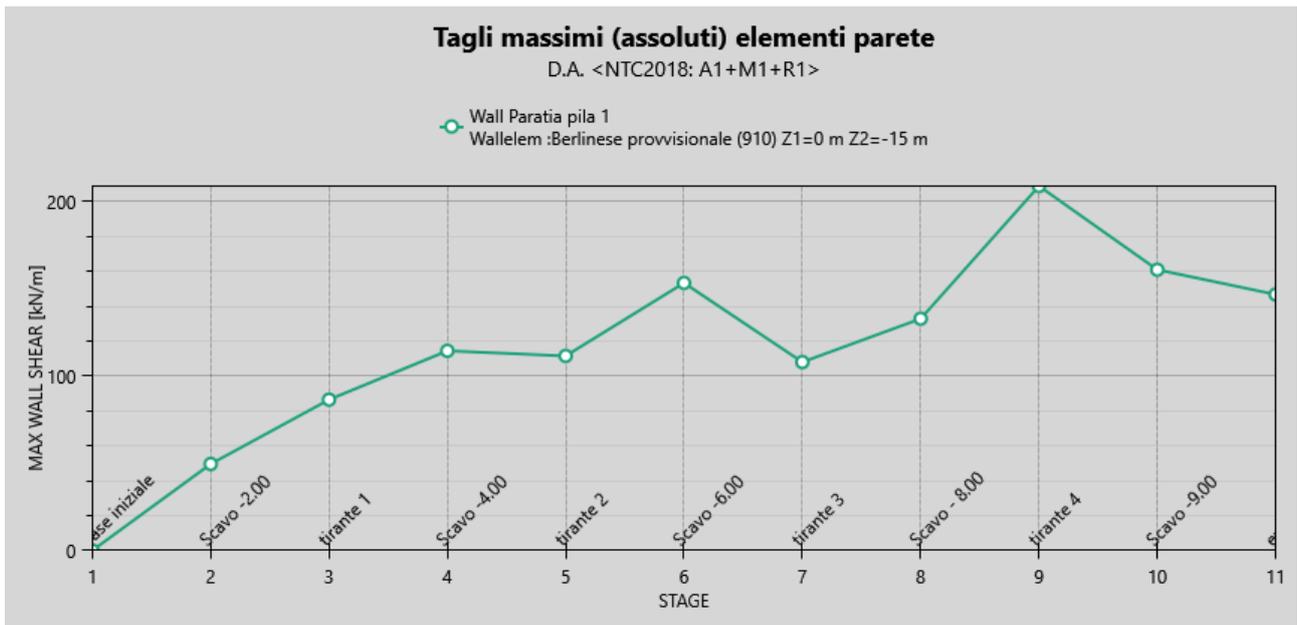
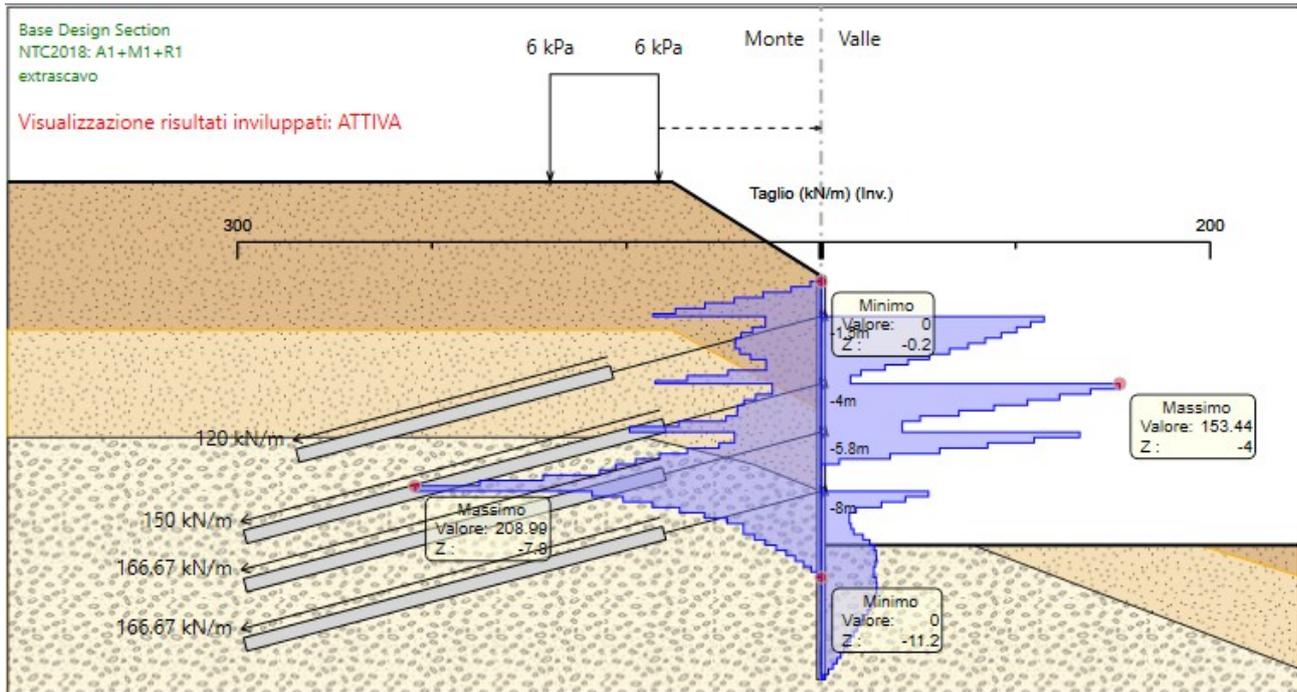


Figura 22: inviluppo dello sforzo di taglio per la combinazione A1+M1+R1 per gli step da 1 a 10 (scavo completato + extrascavo)

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

$$M_d = 179.84 \text{ kNm/m (A1+M1+R1- step 6)}$$

$$V_d = 208.99 \text{ kN/m (A1+M1+R1- step 6)}$$

Sul singolo micropalo (interasse 0.40 m):

$$M_d = 71.94 \text{ kNm}$$

PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



cooprogetti



$$V_d = 83.60 \text{ kN}$$

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 involuipi delle sollecitazioni risultano:

$$M_d = 71.94 \text{ kNm}$$

$$V_d = 83.60 \text{ kN}$$

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

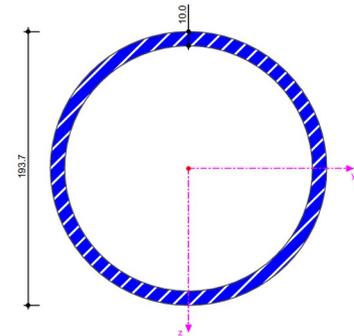
Modulo di resistenza plastico intorno all'asse y	$W_{pl,y}$	338.00	cm ³
Coeff. di forma plastico intorno all'asse y	$\alpha_{pl,y}$	1.341	--
Area di taglio plastica in direzione y	$A_{pl,y}$	36.74	cm ²
Forza normale plastica limite	N_{pl}	1356.365	kN
Plastic limiting shear force in y-direction	$V_{pl,y}$	498.478	kN
Plastic limiting bending moment about y-axis	$M_{pl,y}$	79.33	kNm

Altri

Peso	G	45.3	kg/m
Area superficie 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 :

$$\sigma_{Md} = \frac{71.94 \times 1000}{252.00} = 297.26 \text{ MPa}$$

Per azione di taglio :

$$\tau_{Vd} = 2.00 \times \frac{83.60}{57.70} \times 10 = 28.98 \text{ MPa}$$

La tensione ideale risulta:

$$\sigma_{idD} = \sqrt{297.26^2 + 3 \times 28.98^2} = 301.46 \text{ Mpa} < f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1.05 = 338 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$$

La verifica è soddisfatta.

8.2. VERIFICHE TIRANTI

Si riporta un prospetto riassuntivo dei tiranti

ordine	Distanza dalla testa del palo [m]	Interasse e [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	171.90	515.6 9	8.00	12.0 0	20.0 0	240
Fila 2	4.00	3.00	4	15	450	212.63	637.8 8	6.00	16.0 0	22.0 0	240
Fila 3	6.00	3.00	4	15	500	230.35	691.0 6	6.00	16.0 0	22.0 0	240
Fila 4	8.00	3.00	4	15	500	247.37	742.1 2	6.00	16.0 0	22.0 0	240

Figura 23: 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;

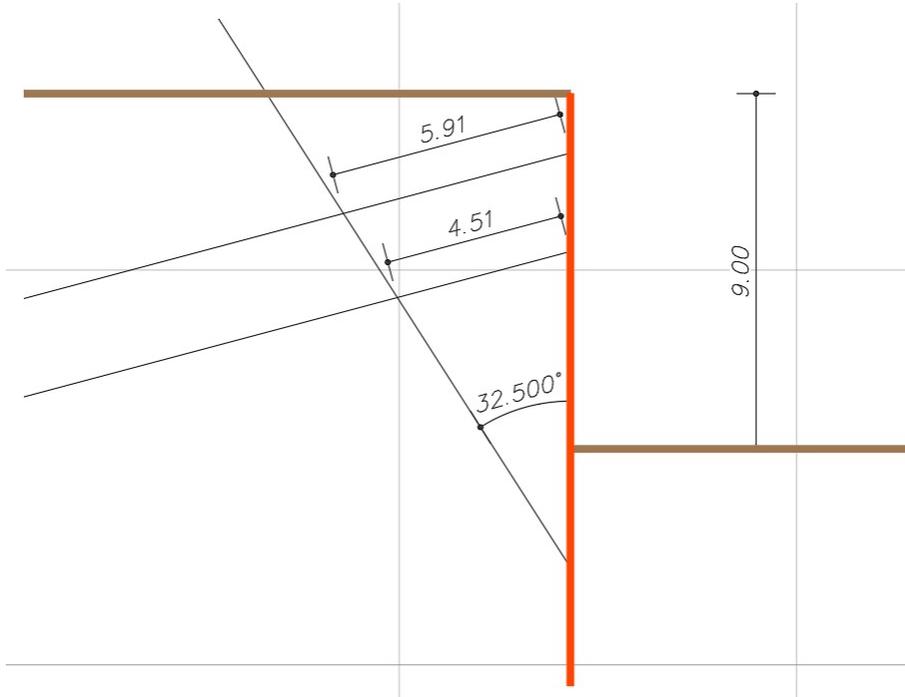
N_{max} = massima sollecitazione nel tirante;

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 che quindi soddisfa anche le successive file inferiori.

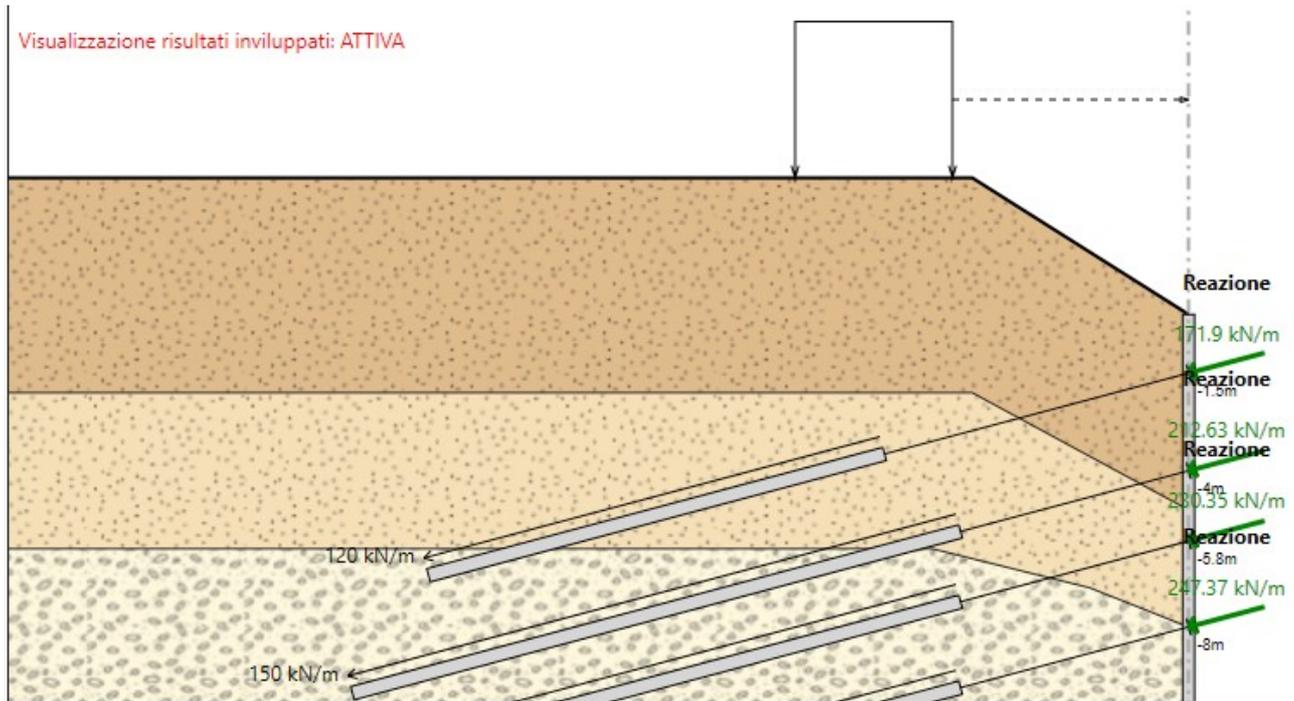


Figura 24: involuppo del tiro agente nei tiranti per le combinazioni A1+M1+R1 e A2+M2+R1

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 247.37 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)
- s_d tensione unitaria di progetto aderenza malta – terreno, pari a:
 - $s/\xi\gamma_R = 0.115$ MPa, con $s=0.250$ MPa.

8.2.2. VERIFICHE STRUTTURALI

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

PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



Studio di Architettura e Ingegneria Moderna

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

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

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

Verifiche Elementi Strutturali

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+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	468	852.28	807.41	0.549	0.58	✓	
fila tirante 1	Scavo -4.00	515.69	852.28	807.41	0.605	0.639	✓	
fila tirante 1	tirante 2	509.25	852.28	807.41	0.598	0.631	✓	
fila tirante 1	Scavo -6.00	509.09	852.28	807.41	0.597	0.631	✓	
fila tirante 1	tirante 3	510.15	852.28	807.41	0.599	0.632	✓	
fila tirante 1	Scavo -8.00	506.72	852.28	807.41	0.595	0.628	✓	
fila tirante 1	tirante 4	509.89	852.28	807.41	0.598	0.632	✓	
fila tirante 1	Scavo -9.00	507.22	852.28	807.41	0.595	0.628	✓	
fila tirante 1	extrascavo	505.62	852.28	807.41	0.593	0.626	✓	
fila tirante 2	tirante 2	585	1023.4	807.41	0.572	0.725	✓	
fila tirante 2	Scavo -6.00	637.88	1023.4	807.41	0.623	0.79	✓	
fila tirante 2	tirante 3	610.04	1023.4	807.41	0.596	0.756	✓	
fila tirante 2	Scavo -8.00	621.21	1023.4	807.41	0.607	0.769	✓	
fila tirante 2	tirante 4	611.35	1023.4	807.41	0.597	0.757	✓	
fila tirante 2	Scavo -9.00	615.64	1023.4	807.41	0.602	0.762	✓	
fila tirante 2	extrascavo	617.64	1023.4	807.41	0.604	0.765	✓	
fila tirante 3	tirante 3	650.13	1005.3	807.41	0.647	0.805	✓	
fila tirante 3	Scavo -8.00	690.25	1005.3	807.41	0.687	0.855	✓	
fila tirante 3	tirante 4	653.97	1005.3	807.41	0.651	0.81	✓	
fila tirante 3	Scavo -9.00	677.82	1005.3	807.41	0.674	0.839	✓	
fila tirante 3	extrascavo	691.06	1005.3	807.41	0.687	0.856	✓	
fila tirante 4	tirante 4	650.13	1005.3	807.41	0.647	0.805	✓	
fila tirante 4	Scavo -9.00	707.1	1005.3	807.41	0.703	0.876	✓	
fila tirante 4	extrascavo	742.12	1005.3	807.41	0.738	0.919	✓	

Verifiche Elementi Strutturali

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R3

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	468	774.8	807.41	0.604	0.58	✓	
fila tirante 1	Scavo -4.00	515.69	774.8	807.41	0.666	0.639	✓	
fila tirante 1	tirante 2	509.25	774.8	807.41	0.657	0.631	✓	
fila tirante 1	Scavo -6.00	509.09	774.8	807.41	0.657	0.631	✓	
fila tirante 1	tirante 3	510.15	774.8	807.41	0.658	0.632	✓	
fila tirante 1	Scavo - 8.00	506.72	774.8	807.41	0.654	0.628	✓	
fila tirante 1	tirante 4	509.89	774.8	807.41	0.658	0.632	✓	
fila tirante 1	Scavo -9.00	507.22	774.8	807.41	0.655	0.628	✓	
fila tirante 1	extrascavo	505.62	774.8	807.41	0.653	0.626	✓	
fila tirante 2	tirante 2	585	930.36	807.41	0.629	0.725	✓	
fila tirante 2	Scavo -6.00	637.88	930.36	807.41	0.686	0.79	✓	
fila tirante 2	tirante 3	610.04	930.36	807.41	0.656	0.756	✓	
fila tirante 2	Scavo - 8.00	621.21	930.36	807.41	0.668	0.769	✓	
fila tirante 2	tirante 4	611.35	930.36	807.41	0.657	0.757	✓	
fila tirante 2	Scavo -9.00	615.64	930.36	807.41	0.662	0.762	✓	
fila tirante 2	extrascavo	617.64	930.36	807.41	0.664	0.765	✓	
fila tirante 3	tirante 3	650.13	913.92	807.41	0.711	0.805	✓	
fila tirante 3	Scavo - 8.00	690.25	913.92	807.41	0.755	0.855	✓	
fila tirante 3	tirante 4	653.97	913.92	807.41	0.716	0.81	✓	
fila tirante 3	Scavo -9.00	677.82	913.92	807.41	0.742	0.839	✓	
fila tirante 3	extrascavo	691.06	913.92	807.41	0.756	0.856	✓	
fila tirante 4	tirante 4	650.13	913.92	807.41	0.711	0.805	✓	
fila tirante 4	Scavo -9.00	707.1	913.92	807.41	0.774	0.876	✓	
fila tirante 4	extrascavo	742.12	913.92	807.41	0.812	0.919	✓	

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	774.8	807.41	0.465	0.446	✓	
fila tirante 1	Scavo -4.00	406.68	774.8	807.41	0.525	0.504	✓	
fila tirante 1	tirante 2	401.17	774.8	807.41	0.518	0.497	✓	
fila tirante 1	Scavo -6.00	399.8	774.8	807.41	0.516	0.495	✓	
fila tirante 1	tirante 3	400.48	774.8	807.41	0.517	0.496	✓	
fila tirante 1	Scavo - 8.00	395.01	774.8	807.41	0.51	0.489	✓	
fila tirante 1	tirante 4	397.57	774.8	807.41	0.513	0.492	✓	
fila tirante 1	Scavo -9.00	392.11	774.8	807.41	0.506	0.486	✓	
fila tirante 1	extrascavo	385.27	774.8	807.41	0.497	0.477	✓	
fila tirante 2	tirante 2	450	930.36	807.41	0.484	0.557	✓	
fila tirante 2	Scavo -6.00	505.79	930.36	807.41	0.544	0.626	✓	
fila tirante 2	tirante 3	482.78	930.36	807.41	0.519	0.598	✓	
fila tirante 2	Scavo - 8.00	498.55	930.36	807.41	0.536	0.617	✓	
fila tirante 2	tirante 4	490.25	930.36	807.41	0.527	0.607	✓	
fila tirante 2	Scavo -9.00	498.2	930.36	807.41	0.535	0.617	✓	
fila tirante 2	extrascavo	510.58	930.36	807.41	0.549	0.632	✓	
fila tirante 3	tirante 3	500.1	913.92	807.41	0.547	0.619	✓	
fila tirante 3	Scavo - 8.00	558.31	913.92	807.41	0.611	0.691	✓	
fila tirante 3	tirante 4	529.32	913.92	807.41	0.579	0.656	✓	
fila tirante 3	Scavo -9.00	571.56	913.92	807.41	0.625	0.708	✓	
fila tirante 3	extrascavo	617.3	913.92	807.41	0.675	0.765	✓	
fila tirante 4	tirante 4	500.1	913.92	807.41	0.547	0.619	✓	
fila tirante 4	Scavo -9.00	602.86	913.92	807.41	0.66	0.747	✓	
fila tirante 4	extrascavo	703.55	913.92	807.41	0.77	0.871	✓	

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:

$$p_d = 247.30 \text{ kN/m}$$

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

$$M_{Ed} = q L^2 / 8 = 278.21 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 5 q L / 8 = 463.69 \text{ kN}$$

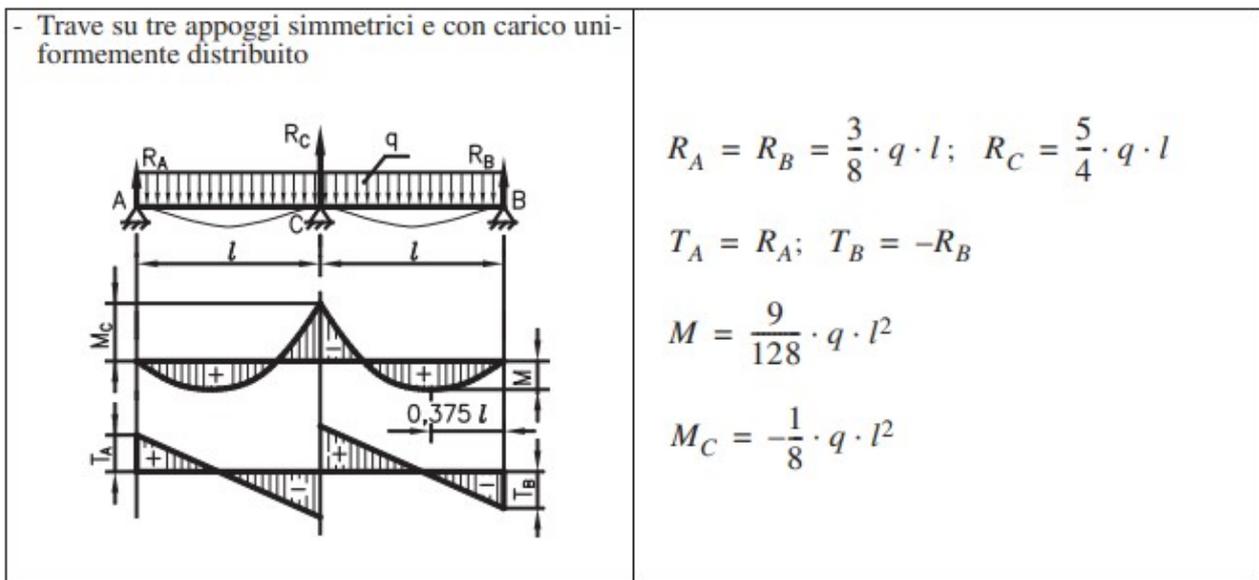


Figura 25: schema statico considerato per lo studio delle travi di ripartizione

Verifica a flessione

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

PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
 GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



cooprogetti



in cui

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

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

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\text{Risultato: } M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0.93 < 1.00 \rightarrow \text{Verifica soddisfatta.}$$

Verifica a taglio

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

in cui

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

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

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\text{Risultato: } V_{Ed} / V_{c,Rd} = 0.10 < 1.00 \rightarrow \text{Verifica soddisfatta.}$$

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

Condizioni di esercizio

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+)	tirante 1	156	0	0.608	0.421	0	
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	Scavo -4.00	172.67	0	0.673	0.466	0	
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	tirante 2	170.4	0	0.664	0.46	0	
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	tirante 2	195	0	0.76	0.527	0	
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	Scavo -6.00	170.3	0	0.663	0.46	0	
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	Scavo -6.00	213.46	0	0.832	0.577	0	
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	tirante 3	170.69	0	0.665	0.461	0	
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	tirante 3	203.65	0	0.793	0.55	0	
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	tirante 3	216.71	0	0.844	0.585	0	
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	Scavo - 8.00	207.59	0	0.809	0.561	0	
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	Scavo - 8.00	230.07	0	0.896	0.622	0	
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	tirante 4	170.59	0	0.665	0.461	0	
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	tirante 4	204.12	0	0.795	0.551	0	
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	tirante 4	217.99	0	0.849	0.589	0	
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	tirante 4	216.71	0	0.844	0.585	0	
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	Scavo -9.00	205.62	0	0.801	0.555	0	
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	Scavo -9.00	225.91	0	0.88	0.61	0	
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	Scavo -9.00	235.65	0	0.918	0.637	0	
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	extrascavo	206.33	0	0.804	0.557	0	
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	extrascavo	230.31	0	0.897	0.622	0	
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	3	NTC2018: A1+)	extrascavo	247.3	0	0.963	0.668	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.

PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



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>

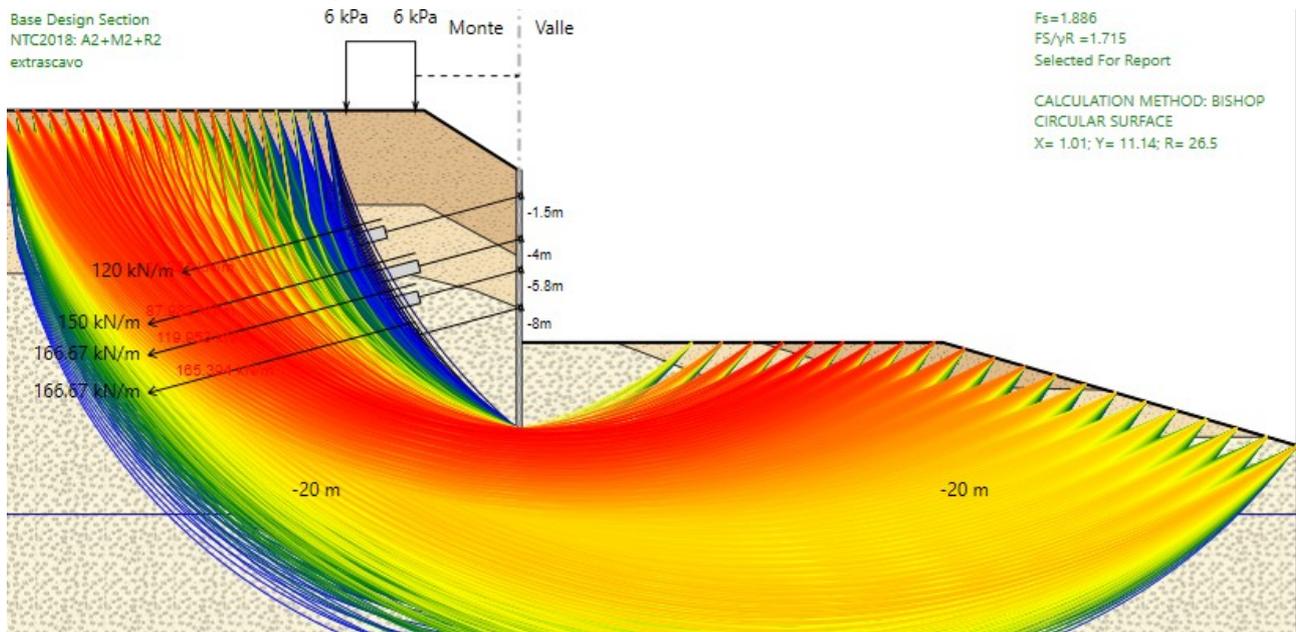
Parete <Paratia pila 1> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.21	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (tirante 2)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.85	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Extrascavo)

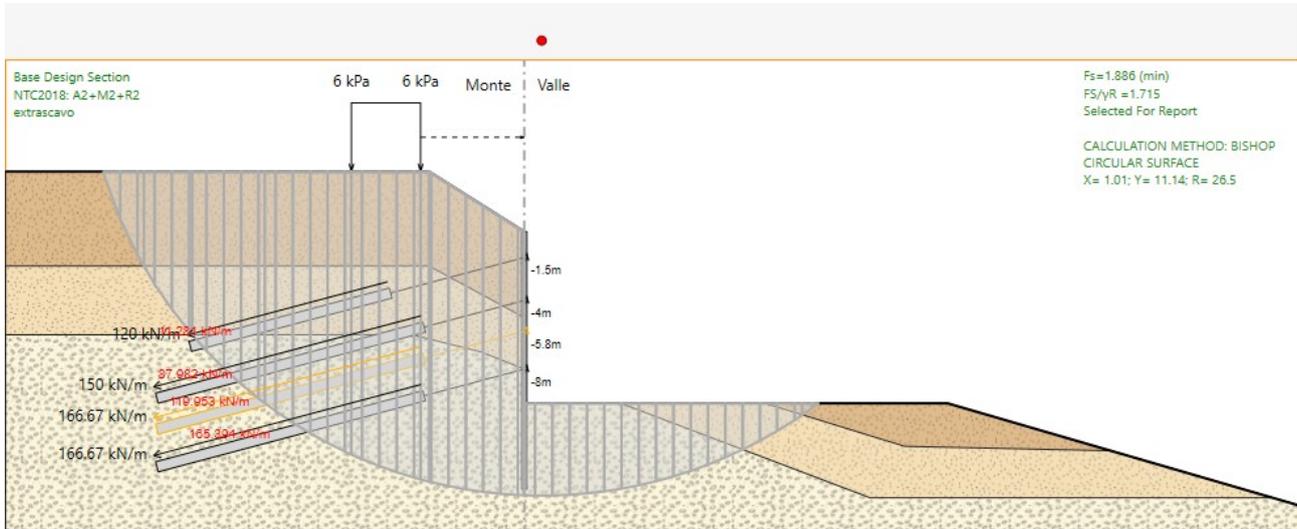
valori questi ammissibili.

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:



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=1.715 della superficie maggiormente critica.

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

PROGETTAZIONE ATI:

GPIINGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



cooprogetti



verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che 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.07 Spalla SP2

Autore: Coopprogetti

Jobname: v_07_paratia_v1.pplus

Data: 15/10/2023 21:53:13

Design Section: Base Design Section

PROGETTAZIONE ATI:

GPIINGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



1. PREMESSA.....	4
2. PARATIE.....	5
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. CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA.....	8
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. CARATTERISTICHE DELLA PARATIA.....	17
4.1. PARATIA IN MICROPALI.....	17
4.2. TIRANTI DI ANCORAGGIO.....	17
4.3. TRAVE DI CONTRASTO.....	19
5. ANALISI DEI CARICHI E DEI SOVRACCARICHI.....	19
5.1. PRESENZA DI FALDA.....	19

6. CODICI DI CALCOLO.....	19
7. CALCOLO DELLA STRUTTURA.....	20
7.1. FASI DI LAVORO.....	20
7.2. COMBINAZIONI DI CARICO.....	26
8. RISULTATI OTTENUTI.....	27
8.1. VERIFICHE STRUTTURALI PALI.....	27
8.1.1. <i>Verifica dell'armatura tubolare</i>	30
8.2. VERIFICHE TIRANTI.....	32
8.2.1. <i>Verifiche geotecniche</i>	34
8.2.2. <i>Verifiche strutturali</i>	34
8.3. VERIFICA TRAVE DI CONTRASTO.....	36
8.4. VERIFICHE DEL TERRENO INTERAGENTE CON LA PARATIA.....	38
9. VERIFICHE DELLA STABILITÀ GLOBALE.....	39
10. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2018 (PUNTO 10.2).....	41
10.1. TIPO DI ANALISI SVOLTA.....	41
10.2. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	41
10.3. AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO.....	41
10.4. MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI.....	41
10.5. INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	41
10.6. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	42
11. ALLEGATI DI CALCOLO.....	43
DESCRIZIONE DEL SOFTWARE.....	46
DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA E DEGLI STRATI DI TERRENO.....	48
DESCRIZIONE PARETI.....	49
FASI DI CALCOLO.....	50
TABELLA CONFIGURAZIONE STAGE (NOMINAL).....	71
NORMATIVE ADOTTATE PER LE VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	73
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)</i>	74

<i>Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R1</i>	75
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R3</i>	76
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R1</i>	77
<i>Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R2</i>	78
<i>Inviluppo Verifiche Tiranti (su tutte le D.A. attive)</i>	79
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NOMINAL.....	80
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: SLE (RARA/FREQUENTE/QUASI PERMANENTE).....	81
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: A1+M1+R1.....	82
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: A1+M1+R3.....	83
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: A2+M2+R1.....	84
VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE NTC2018: A2+M2+R2.....	85
<u>FASI DI CALCOLO</u>	86
PROPRIETÀ ANALISI DI STABILITÀ DEI PENDII - DESIGN ASSUMPTION: NTC2018: A2+M2+R2 - STAGE: EXTRASCAVO.....	86
GRAFICO SUPERFICIE - DESIGN ASSUMPTION: NTC2018: A2+M2+R2 - STAGE: EXTRASCAVO.....	87
GRAFICO SUPERFICI CRITICHE ANALIZZATE - DESIGN ASSUMPTION: NTC2018: A2+M2+R2 - STAGE: EXTRASCAVO.....	87

Descrizione del Software

ParatiePlus analizza il comportamento meccanico di una struttura di sostegno flessibile di uno scavo in terreno o roccia, ponendo l'accento sull'aspetto dell'interazione "locale" fra parete e terreno.

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

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

Lo studio di una parete flessibile è condotto attraverso una simulazione numerica del reale: il programma stabilisce e risolve un sistema di equazioni algebriche la cui soluzione permette di riprodurre abbastanza realisticamente l'effettivo comportamento dell'opera di sostegno.

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

La schematizzazione in elementi finiti avviene in questo modo:

- si analizza un problema piano (nel piano Y-Z): i gradi di libertà nodali attivi sono lo spostamento laterale e la rotazione fuori piano: gli spostamenti verticali sono automaticamente vincolati (di conseguenza le azioni assiali nelle pareti verticali non sono calcolate);
- la parete flessibile di sostegno vera e propria è schematizzata da una serie di elementi finiti BEAM verticali;

PROGETTAZIONE ATI:

GPIINGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



cooprogetti



- il terreno, che spinge contro la parete (da monte e da valle) e che reagisce in modo complesso alle deformazioni della parete, è simulato attraverso un doppio letto di molle elasto-plastiche connesse agli stessi nodi della parete;
- i tiranti, i puntoni, le solette, gli appoggi cedevoli o fissi, sono schematizzati tramite molle puntuali convergenti in alcuni punti (nodi) della parete ove convergono parimenti elementi BEAM ed elementi terreno.

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : POLYLIN

Punti

(-30;3.5)
(45;3.5)
(45;-30)
(-30;-30)

OCR : 1

Tipo : POLYLIN

Punti

(-30;-2)
(-15;-2)
(-5.5;-2)
(0;-5)
(7.5;-8)
(22;-12.5)
(45;-13)
(45;-30)
(-30;-30)

OCR : 1

Tipo : POLYLIN

Punti

(-30;-6)
(-6.5;-6)
(-2.5;-7)
(0;-8)
(2.5;-9)
(5.6;-10)
(20;-15.5)
(45;-15.5)
(45;-30)
(-30;-30)

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	c^i	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	Riporti	17.5	21	28		0		Constant		30000	4800				a					
2	Frane	17.5	21	24		0		Constant		10000	1600									

PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ_{cv}	ϕ_p	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	
3	Arenaria Alterata	17.5	19.5	25			30		Constant		25000	2500				0						
																0						

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

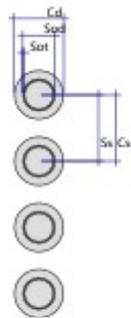
Sezione : CHS193.7*10

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.4 m

Spessore : 0.01 m

Diametro : 0.1937 m



Fasi di Calcolo

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

Falda di destra : -20 m

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

Scavo -2.00

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 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)

(5.6;-2)

(20;-7.5)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

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 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 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)

(5.6;-2)

(20;-7)

(45;-15.5)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

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 -4.00

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4 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;-4)

(12;-4)

(20;-7.5)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

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

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4 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;-4)

(12;-4)

(20;-7.5)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

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

PROGETTAZIONE ATI:

GPIINGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



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 : 450 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

Scavo -6.00

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.8 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;-5.8)

(16;-5.8)

(24.5;-9.5)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

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

PROGETTAZIONE ATI:

GPIINGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



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 : 450 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

tirante 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.8 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;-5.8)

(16;-5.8)

(24.5;-9)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

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 °

PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



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 : 450 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

Tirante : fila tirante 3
X : 0 m
Z : -5.8 m
Lunghezza bulbo : 16 m
Diametro bulbo : 0.24 m
Lunghezza libera : 6 m
Spaziatura orizzontale : 3 m
Precarico : 500 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 3
Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275
HE 200B

Materiale : S275

PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



Studio di Architettura e Ingegneria Moderna

Scavo - 8.00

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -8 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;-8)

(21;-8)

(24.5;-9)

(45;-15)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

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 °

PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



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 : 450 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

Tirante : fila tirante 3
X : 0 m
Z : -5.8 m
Lunghezza bulbo : 16 m
Diametro bulbo : 0.24 m
Lunghezza libera : 6 m
Spaziatura orizzontale : 3 m
Precarico : 500 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 3
Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275
HE 200B

Materiale : S275

PROGETTAZIONE ATI:

GPI **INGEGNERIA**
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



Studio di Architettura e Ingegneria Moderna

tirante 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -8 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;-8)

(21;-8)

(24.5;-10)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

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

PROGETTAZIONE ATI:

GPIINGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



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 : 450 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

Tirante : fila tirante 3

X : 0 m

Z : -5.8 m

Lunghezza bulbo : 16 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 500 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 3

Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275

HE 200B

Materiale : S275

Tirante : fila tirante 4

X : 0 m

Z : -8 m

Lunghezza bulbo : 16 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 500 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 4

Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275

HE 200B

Materiale : S275

Scavo -9.00

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.5 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;-9.5)

(21;-9.5)

(24.5;-10)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

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

PROGETTAZIONE ATI:

GPIINGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



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 : 450 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

Tirante : fila tirante 3

X : 0 m

Z : -5.8 m

Lunghezza bulbo : 16 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 500 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 3

Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275

HE 200B

Materiale : S275

Tirante : fila tirante 4

X : 0 m

Z : -8 m

Lunghezza bulbo : 16 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 500 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 4

Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275

HE 200B

Materiale : S275

extrascavo

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -10 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;-10)

(21;-10)

(24.5;-10)

(45;-16)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

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

PROGETTAZIONE ATI:

GPIINGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



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 : 450 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

Tirante : fila tirante 3

X : 0 m

Z : -5.8 m

Lunghezza bulbo : 16 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 500 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 3

Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275

HE 200B

Materiale : S275

Tirante : fila tirante 4

X : 0 m

Z : -8 m

Lunghezza bulbo : 16 m

Diametro bulbo : 0.24 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 3 m

Precarico : 500 kN

Angolo : 15 °

Sezione : tirante 4 trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

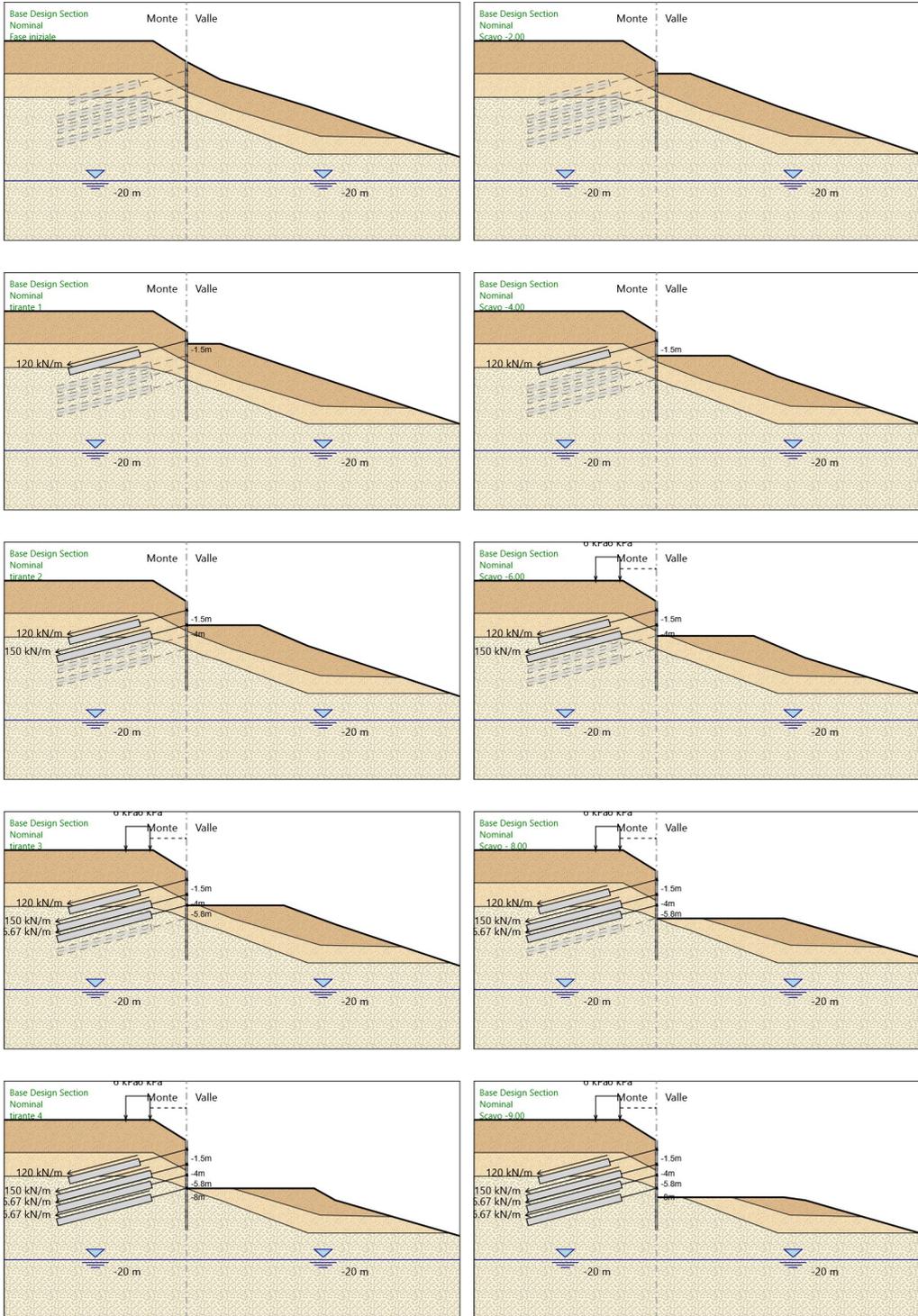
Trave di Ripartizione : trave fila 4

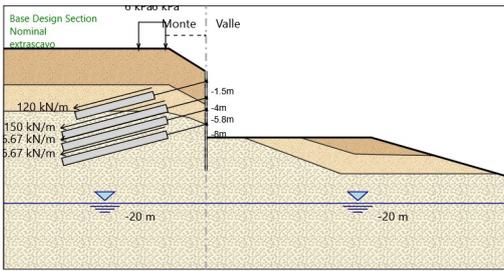
Sezione : DOUBLE HE 200B MAT. S275

HE 200B

Materiale : S275

Tabella Configurazione Stage (Nominal)





PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl



coopprogetti



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

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	1534.103	807.409	0.235	0.446		NO
fila tirante 1	Scavo -4.00	398.472	1534.103	807.409	0.26	0.494		NO
fila tirante 1	tirante 2	393.235	1534.103	807.409	0.256	0.487		NO
fila tirante 1	Scavo -6.00	392.95	1534.103	807.409	0.256	0.487		NO
fila tirante 1	tirante 3	393.834	1534.103	807.409	0.257	0.488		NO
fila tirante 1	Scavo - 8.00	391.039	1534.103	807.409	0.255	0.484		NO
fila tirante 1	tirante 4	393.621	1534.103	807.409	0.257	0.488		NO
fila tirante 1	Scavo -9.00	391.46	1534.103	807.409	0.255	0.485		NO
fila tirante 1	extrascavo	390.166	1534.103	807.409	0.254	0.483		NO
fila tirante 2	tirante 2	450	1842.119	807.409	0.244	0.557		NO
fila tirante 2	Scavo -6.00	492.199	1842.119	807.409	0.267	0.61		NO
fila tirante 2	tirante 3	469.587	1842.119	807.409	0.255	0.582		NO
fila tirante 2	Scavo - 8.00	478.67	1842.119	807.409	0.26	0.593		NO
fila tirante 2	tirante 4	470.654	1842.119	807.409	0.255	0.583		NO
fila tirante 2	Scavo -9.00	474.111	1842.119	807.409	0.257	0.587		NO
fila tirante 2	extrascavo	475.714	1842.119	807.409	0.258	0.589		NO
fila tirante 3	tirante 3	500.1	1809.558	807.409	0.276	0.619		NO
fila tirante 3	Scavo - 8.00	530.915	1809.558	807.409	0.293	0.658		NO
fila tirante 3	tirante 4	503.033	1809.558	807.409	0.278	0.623		NO
fila tirante 3	Scavo -9.00	521.234	1809.558	807.409	0.288	0.646		NO
fila tirante 3	extrascavo	531.323	1809.558	807.409	0.294	0.658		NO
fila tirante 4	tirante 4	500.1	1809.558	807.409	0.276	0.619		NO
fila tirante 4	Scavo -9.00	543.633	1809.558	807.409	0.3	0.673		NO
fila tirante 4	extrascavo	570.391	1809.558	807.409	0.315	0.706		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
fila tirante 1	tirante 1	468	852.279	807.409	0.549	0.58		NO
fila tirante 1	Scavo -4.00	518.014	852.279	807.409	0.608	0.642		NO
fila tirante 1	tirante 2	511.205	852.279	807.409	0.6	0.633		NO
fila tirante 1	Scavo -6.00	510.912	852.279	807.409	0.599	0.633		NO
fila tirante 1	tirante 3	512.058	852.279	807.409	0.601	0.634		NO
fila tirante 1	Scavo - 8.00	508.426	852.279	807.409	0.597	0.63		NO
fila tirante 1	tirante 4	511.779	852.279	807.409	0.6	0.634		NO
fila tirante 1	Scavo -9.00	508.961	852.279	807.409	0.597	0.63		NO
fila tirante 1	extrascavo	507.27	852.279	807.409	0.595	0.628		NO
fila tirante 2	tirante 2	585	1023.399	807.409	0.572	0.725		NO
fila tirante 2	Scavo -6.00	640.369	1023.399	807.409	0.626	0.793		NO
fila tirante 2	tirante 3	610.963	1023.399	807.409	0.597	0.757		NO
fila tirante 2	Scavo - 8.00	622.775	1023.399	807.409	0.609	0.771		NO
fila tirante 2	tirante 4	612.355	1023.399	807.409	0.598	0.758		NO
fila tirante 2	Scavo -9.00	616.872	1023.399	807.409	0.603	0.764		NO
fila tirante 2	extrascavo	618.978	1023.399	807.409	0.605	0.767		NO
fila tirante 3	tirante 3	650.13	1005.31	807.409	0.647	0.805		NO
fila tirante 3	Scavo - 8.00	690.213	1005.31	807.409	0.687	0.855		NO
fila tirante 3	tirante 4	653.964	1005.31	807.409	0.651	0.81		NO
fila tirante 3	Scavo -9.00	677.736	1005.31	807.409	0.674	0.839		NO
fila tirante 3	extrascavo	690.935	1005.31	807.409	0.687	0.856		NO
fila tirante 4	tirante 4	650.13	1005.31	807.409	0.647	0.805		NO
fila tirante 4	Scavo -9.00	706.964	1005.31	807.409	0.703	0.876		NO
fila tirante 4	extrascavo	741.903	1005.31	807.409	0.738	0.919		NO

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
fila tirante 1	tirante 1	468	774.799	807.409	0.604	0.58		
fila tirante 1	Scavo -4.00	518.014	774.799	807.409	0.669	0.642		
fila tirante 1	tirante 2	511.205	774.799	807.409	0.66	0.633		
fila tirante 1	Scavo -6.00	510.912	774.799	807.409	0.659	0.633		
fila tirante 1	tirante 3	512.058	774.799	807.409	0.661	0.634		
fila tirante 1	Scavo - 8.00	508.426	774.799	807.409	0.656	0.63		
fila tirante 1	tirante 4	511.779	774.799	807.409	0.661	0.634		
fila tirante 1	Scavo -9.00	508.961	774.799	807.409	0.657	0.63		
fila tirante 1	extrascavo	507.27	774.799	807.409	0.655	0.628		
fila tirante 2	tirante 2	585	930.363	807.409	0.629	0.725		NO
fila tirante 2	Scavo -6.00	640.369	930.363	807.409	0.688	0.793		NO
fila tirante 2	tirante 3	610.963	930.363	807.409	0.657	0.757		NO
fila tirante 2	Scavo - 8.00	622.775	930.363	807.409	0.669	0.771		NO
fila tirante 2	tirante 4	612.355	930.363	807.409	0.658	0.758		NO
fila tirante 2	Scavo -9.00	616.872	930.363	807.409	0.663	0.764		NO
fila tirante 2	extrascavo	618.978	930.363	807.409	0.665	0.767		NO
fila tirante 3	tirante 3	650.13	913.918	807.409	0.711	0.805		NO
fila tirante 3	Scavo - 8.00	690.213	913.918	807.409	0.755	0.855		NO
fila tirante 3	tirante 4	653.964	913.918	807.409	0.716	0.81		NO
fila tirante 3	Scavo -9.00	677.736	913.918	807.409	0.742	0.839		NO
fila tirante 3	extrascavo	690.935	913.918	807.409	0.756	0.856		NO
fila tirante 4	tirante 4	650.13	913.918	807.409	0.711	0.805		NO
fila tirante 4	Scavo -9.00	706.964	913.918	807.409	0.774	0.876		NO
fila tirante 4	extrascavo	741.903	913.918	807.409	0.812	0.919		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	774.799	807.409	0.465	0.446		
fila tirante 1	Scavo -4.00	408.942	774.799	807.409	0.528	0.506		
fila tirante 1	tirante 2	403.116	774.799	807.409	0.52	0.499		
fila tirante 1	Scavo -6.00	401.442	774.799	807.409	0.518	0.497		
fila tirante 1	tirante 3	402.18	774.799	807.409	0.519	0.498		
fila tirante 1	Scavo - 8.00	396.407	774.799	807.409	0.512	0.491		
fila tirante 1	tirante 4	399.121	774.799	807.409	0.515	0.494		
fila tirante 1	Scavo -9.00	393.385	774.799	807.409	0.508	0.487		
fila tirante 1	extrascavo	386.09	774.799	807.409	0.498	0.478		
fila tirante 2	tirante 2	450	930.363	807.409	0.484	0.557		NO
fila tirante 2	Scavo -6.00	508.333	930.363	807.409	0.546	0.63		NO
fila tirante 2	tirante 3	484.034	930.363	807.409	0.52	0.599		NO
fila tirante 2	Scavo - 8.00	500.656	930.363	807.409	0.538	0.62		NO
fila tirante 2	tirante 4	491.887	930.363	807.409	0.529	0.609		NO
fila tirante 2	Scavo -9.00	500.269	930.363	807.409	0.538	0.62		NO
fila tirante 2	extrascavo	513.278	930.363	807.409	0.552	0.636		NO
fila tirante 3	tirante 3	500.1	913.918	807.409	0.547	0.619		NO
fila tirante 3	Scavo - 8.00	558.102	913.918	807.409	0.611	0.691		NO
fila tirante 3	tirante 4	529.137	913.918	807.409	0.579	0.655		NO
fila tirante 3	Scavo -9.00	571.258	913.918	807.409	0.625	0.708		NO
fila tirante 3	extrascavo	616.856	913.918	807.409	0.675	0.764		NO
fila tirante 4	tirante 4	500.1	913.918	807.409	0.547	0.619		NO
fila tirante 4	Scavo -9.00	602.648	913.918	807.409	0.659	0.746		NO
fila tirante 4	extrascavo	703.185	913.918	807.409	0.769	0.871		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	774.799	807.409	0.465	0.446		
fila tirante 1	Scavo -4.00	408.942	774.799	807.409	0.528	0.506		
fila tirante 1	tirante 2	403.116	774.799	807.409	0.52	0.499		
fila tirante 1	Scavo -6.00	401.442	774.799	807.409	0.518	0.497		
fila tirante 1	tirante 3	402.18	774.799	807.409	0.519	0.498		
fila tirante 1	Scavo - 8.00	396.407	774.799	807.409	0.512	0.491		
fila tirante 1	tirante 4	399.121	774.799	807.409	0.515	0.494		
fila tirante 1	Scavo -9.00	393.385	774.799	807.409	0.508	0.487		
fila tirante 1	extrascavo	386.09	774.799	807.409	0.498	0.478		
fila tirante 2	tirante 2	450	930.363	807.409	0.484	0.557		NO
fila tirante 2	Scavo -6.00	508.333	930.363	807.409	0.546	0.63		NO
fila tirante 2	tirante 3	484.034	930.363	807.409	0.52	0.599		NO
fila tirante 2	Scavo - 8.00	500.656	930.363	807.409	0.538	0.62		NO
fila tirante 2	tirante 4	491.887	930.363	807.409	0.529	0.609		NO
fila tirante 2	Scavo -9.00	500.269	930.363	807.409	0.538	0.62		NO
fila tirante 2	extrascavo	513.278	930.363	807.409	0.552	0.636		NO
fila tirante 3	tirante 3	500.1	913.918	807.409	0.547	0.619		NO
fila tirante 3	Scavo - 8.00	558.102	913.918	807.409	0.611	0.691		NO
fila tirante 3	tirante 4	529.137	913.918	807.409	0.579	0.655		NO
fila tirante 3	Scavo -9.00	571.258	913.918	807.409	0.625	0.708		NO
fila tirante 3	extrascavo	616.856	913.918	807.409	0.675	0.764		NO
fila tirante 4	tirante 4	500.1	913.918	807.409	0.547	0.619		NO
fila tirante 4	Scavo -9.00	602.648	913.918	807.409	0.659	0.746		NO
fila tirante 4	extrascavo	703.185	913.918	807.409	0.769	0.871		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 -4.00	518.014	774.799	807.409	0.669	0.642			NTC2018: A1+M1+R3
fila tirante 2	Scavo -6.00	640.369	1023.399	807.409	0.626	0.793		NO	NTC2018: A1+M1+R1
fila tirante 3	extrascavo	690.935	1005.31	807.409	0.687	0.856		NO	NTC2018: A1+M1+R1
fila tirante 4	extrascavo	741.903	1005.31	807.409	0.738	0.919		NO	NTC2018: A1+M1+R1

Verifiche Travi di Ripartizione Nominal

Design Assumption: Nominal	Tipo Risultato: Verifiche Travi di 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 -4.00	132.824	0	0	0	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	131.078	0	0	0	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	150	0	0	0	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo -6.00	130.983	0	0	0	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo -6.00	164.066	0	0	0	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 3	131.278	0	0	0	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 3	156.529	0	0	0	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	tirante 3	166.7	0	0	0	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 8.00	159.556	0	0	0	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	Scavo - 8.00	176.972	0	0	0	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 4	131.207	0	0	0	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 4	156.885	0	0	0	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	tirante 4	167.678	0	0	0	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	tirante 4	166.7	0	0	0	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo -9.00	158.037	0	0	0	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	Scavo -9.00	173.745	0	0	0	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	Scavo -9.00	181.211	0	0	0	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	extrascavo	158.571	0	0	0	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	extrascavo	177.108	0	0	0	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	extrascavo	190.13	0	0	0	0

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	Material e	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	0.467	0.324	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 4.00	132.824	0	0.517	0.359	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	131.078	0	0.511	0.354	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	150	0	0.584	0.405	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 6.00	130.983	0	0.51	0.354	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 6.00	164.066	0	0.639	0.443	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 3	131.278	0	0.511	0.355	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 3	156.529	0	0.61	0.423	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	tirante 3	166.7	0	0.649	0.45	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 8.00	159.556	0	0.622	0.431	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	Scavo - 8.00	176.972	0	0.689	0.478	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 4	131.207	0	0.511	0.354	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 4	156.885	0	0.611	0.424	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	tirante 4	167.678	0	0.653	0.453	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	tirante 4	166.7	0	0.649	0.45	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	158.037	0	0.616	0.427	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	173.745	0	0.677	0.469	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	181.211	0	0.706	0.49	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	extrascavo	158.571	0	0.618	0.428	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	extrascavo	177.108	0	0.69	0.478	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	extrascavo	190.13	0	0.741	0.514	0

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A1+M1+R1

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1	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	156	0	0.608	0.421	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 4.00	172.671	0	0.673	0.466	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	170.402	0	0.664	0.46	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	195	0	0.76	0.527	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 6.00	170.304	0	0.663	0.46	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 6.00	213.456	0	0.832	0.577	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 3	170.686	0	0.665	0.461	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 3	203.654	0	0.793	0.55	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	tirante 3	216.71	0	0.844	0.585	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 8.00	207.592	0	0.809	0.561	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	Scavo - 8.00	230.071	0	0.896	0.622	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 4	170.593	0	0.665	0.461	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 4	204.118	0	0.795	0.551	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	tirante 4	217.988	0	0.849	0.589	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	tirante 4	216.71	0	0.844	0.585	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	205.624	0	0.801	0.555	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	225.912	0	0.88	0.61	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	235.655	0	0.918	0.637	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	extrascavo	206.326	0	0.804	0.557	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	extrascavo	230.312	0	0.897	0.622	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	extrascavo	247.301	0	0.963	0.668	0

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A1+M1+R3

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R3	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	156	0	0.608	0.421	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 4.00	172.671	0	0.673	0.466	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	170.402	0	0.664	0.46	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	195	0	0.76	0.527	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 6.00	170.304	0	0.663	0.46	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 6.00	213.456	0	0.832	0.577	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 3	170.686	0	0.665	0.461	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 3	203.654	0	0.793	0.55	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	tirante 3	216.71	0	0.844	0.585	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 8.00	207.592	0	0.809	0.561	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	Scavo - 8.00	230.071	0	0.896	0.622	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 4	170.593	0	0.665	0.461	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 4	204.118	0	0.795	0.551	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	tirante 4	217.988	0	0.849	0.589	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	tirante 4	216.71	0	0.844	0.585	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	205.624	0	0.801	0.555	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	225.912	0	0.88	0.61	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	235.655	0	0.918	0.637	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	extrascavo	206.326	0	0.804	0.557	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	extrascavo	230.312	0	0.897	0.622	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	extrascavo	247.301	0	0.963	0.668	0

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1	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	0.467	0.324	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 4.00	136.314	0	0.531	0.368	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	134.372	0	0.523	0.363	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	150	0	0.584	0.405	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 6.00	133.814	0	0.521	0.361	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 6.00	169.444	0	0.66	0.458	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 3	134.06	0	0.522	0.362	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 3	161.345	0	0.629	0.436	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	tirante 3	166.7	0	0.649	0.45	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 8.00	166.885	0	0.65	0.451	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	Scavo - 8.00	186.034	0	0.725	0.503	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 4	133.04	0	0.518	0.359	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 4	163.962	0	0.639	0.443	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	tirante 4	176.379	0	0.687	0.476	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	tirante 4	166.7	0	0.649	0.45	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	166.756	0	0.65	0.45	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	190.419	0	0.742	0.514	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	200.882	0	0.783	0.543	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	extrascavo	171.093	0	0.666	0.462	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	extrascavo	205.618	0	0.801	0.555	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	extrascavo	234.395	0	0.913	0.633	0

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A2+M2+R2

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2	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	0.467	0.324	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 4.00	136.314	0	0.531	0.368	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 2	134.372	0	0.523	0.363	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 2	150	0	0.584	0.405	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	Scavo - 6.00	133.814	0	0.521	0.361	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 6.00	169.444	0	0.66	0.458	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 3	134.06	0	0.522	0.362	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 3	161.345	0	0.629	0.436	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	tirante 3	166.7	0	0.649	0.45	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 8.00	166.885	0	0.65	0.451	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	Scavo - 8.00	186.034	0	0.725	0.503	0
trave fila 1	fila tirante 1	HE 200B	S275	tirante 4	133.04	0	0.518	0.359	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	tirante 4	163.962	0	0.639	0.443	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	tirante 4	176.379	0	0.687	0.476	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	tirante 4	166.7	0	0.649	0.45	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	166.756	0	0.65	0.45	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	190.419	0	0.742	0.514	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	Scavo - 9.00	200.882	0	0.783	0.543	0
trave fila 2	fila tirante 2	HE 200B	S275	extrascavo	171.093	0	0.666	0.462	0
trave fila 3	fila tirante 3	HE 200B	S275	extrascavo	205.618	0	0.801	0.555	0
trave fila 4	fila tirante 4	HE 200B	S275	extrascavo	234.395	0	0.913	0.633	0

Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: extrascavo

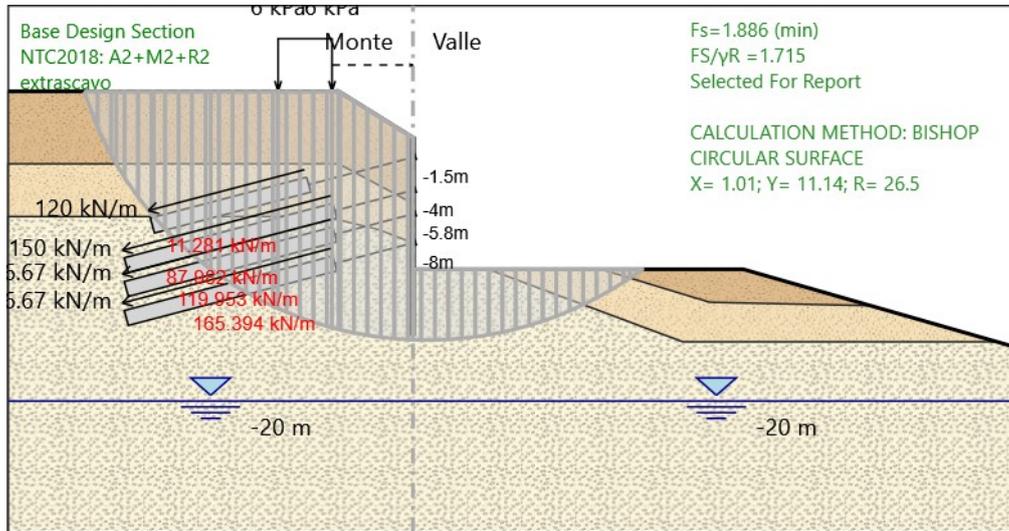


Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: extrascavo

