



CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

Sede legale e recapito postale:

44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28 - C.F. 93076450381
web: www.bonificaferrara.it - e-mail: info@bonificaferrara.it
pec: posta.certificata@pec.bonificaferrara.it

aderente all'
Associazione Nazionale Bonifiche, Irrigazioni e Miglioramenti Fondiari

IMPIANTO IDROVORO SCORSURO PROGETTO ESECUTIVO



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU


Presidenza del Consiglio dei Ministri
IL COMMISSARIO STRAORDINARIO ALLA RICOSTRUZIONE
NEI TERRITORI DELLE REGIONI EMILIA-ROMAGNA, TOSCANA E MARCHE

Piano nazionale di ripresa e resilienza disciplinato dal Regolamento del Parlamento Europeo (UE) 2021/241 del 12 febbraio 2021, relativo al dispositivo per la ripresa e la resilienza (Next Generation UE), all'attuazione e rendicontazione degli interventi dell'investimento M2C4 2.1A per le più urgenti necessità, segnalati dalle regioni Emilia-Romagna, Toscana e Marche, per la gestione del rischio alluvioni e per la riduzione del rischio idrogeologico. Ordinanza n. **35/2024** del Commissario straordinario alla ricostruzione nel territorio delle regioni Emilia-Romagna, Toscana e Marche.

ID INTERVENTO ER-UBIS-000105

CUP J72B24000910007

TITOLO INTERVENTO "Realizzazione nuovo impianto di scarico del Canale Scorsuro nel Diversivo del Po di Volano per la laminazione delle portate di piena del sistema del reticolo idraulico di bonifica"

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Data:	18/04/2025	ELABORATO:	B.3	Rev.:	1
-------	-------------------	------------	------------	-------	----------

IL PROGETTISTA GENERALE
(Dott. Ing. Stefano Cassarini)


Stefano Cassarini



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO
(Dott. Ing. Alessandro Buzzoni)


IL DIRETTORE AREA TERRITORIO
Ing. Alessandro Buzzoni

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Codice Intervento
00	Emissione	D. Capuano	09/04/2025	OC170
01	Revisione 1	D. Capuano	18/04/2025	
02	Revisione 2	--	--	

Sommario

1	Premessa	4
2	CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO	4
3	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
4	CARATTERISTICHE MATERIALI	6
4.1	Acciaio da carpenteria per palancole	6
5	CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA	6
6	CRITERI DI CALCOLO E VERIFICA DELLE OPERE	9
6.1	AZIONI	9
6.2	APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA	9
7	Caratteristiche della paratia	11
8	Analisi dei carichi e dei sovraccarichi	11
8.1	Presenza di falda	12
8.2	Sovraccarico operativo	12
9	CODICI DI CALCOLO	12
10	calcolo della struttura	12
10.1	Fasi di lavoro	12
10.2	Combinazioni di carico	14
10.3	risultati ottenuti	16
10.3.1	Sollecitazioni massime nella palanca	16
10.3.2	Verifica della palanca	17
10.4	Verifiche del terreno interagente con la paratia	19
10.5	Verifiche della stabilità globale	20
11	Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	22
11.1	Tipo di analisi svolta	22
11.2	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	22
11.3	Affidabilità dei codici di calcolo	22
11.4	Modalità di presentazione dei risultati	22
11.5	Informazioni generali sull'elaborazione	23
11.6	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	23
12	ALLEGATI DI CALCOLO	24

Descrizione del Software	25
Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno	26
Descrizione Pareti	28
Fasi di Calcolo	29
Stage 1 - stato iniziale	29
Stage 2 - fondo scavo e sovraccarico	31
Stage 3 - extrascavo	33
Tabella Configurazione Stage (Nominal)	35
Descrizione Coefficienti Design Assumption	37
Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo	38
Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Involuppi)	39
Tabella Involuppi Momento Paratia Larssen	39
Grafico Involuppi Momento	40
Tabella Involuppi Taglio Paratia Larssen	41
Grafico Involuppi Taglio	42
Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva	43
Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva	43
Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali	43
Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo	43
Risultati SteelWorld	44
Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld : LEFT	44
Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld	45
Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT	46
Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	47
Fasi di Calcolo	48
Proprietà analisi di stabilità dei pendii - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage:	
Stage 3 - extrascavo	48
Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Stage 3 - extrascavo	49
Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Stage 3 - extrascavo	49

Figura 1.1 – Schema rappresentativo delle opere.....	4
Figura 2.1 – Schema di analisi di PARATIE	5
Figura 5.1 – caratterizzazione del terreno da CPTU-2	7
Figura 5.2 - schema del modello di calcolo adottato	8
Figura 6.1 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni	10
Figura 6.2 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.....	10
Figura 6.3 - Coefficienti parziali delle resistenze	10
Figura 6.4 - Combinazioni di calcolo utilizzate per le paratie	11
Figura 7.1 - caratteristiche della paratia.....	11
Figura 10.1 - fase di calcolo nr. 1	13
Figura 10.2 - fase di calcolo nr. 2	13
Figura 10.3 - fase di calcolo nr. 3	14
Figura 10.4 - momento flettente per la combinazione A1+M1+R1 per lo step 3 (scavo completato + extrascavo + sovraccarico operativo).....	16
Figura 10.5 - sforzo di taglio per la combinazione A1+M1+R1 per lo step 3 (scavo completato + extrascavo + sovraccarico operativo).....	17
Figura 10.6 – caratteristiche della palanca.....	18
Figura 10.7 – tasso di sfruttamento massimo per flessione pari a 0.87 in A1+M1+R1 condizione 3	18
Figura 10.8 – tasso di sfruttamento massimo per taglio pari a 0.19 in A1+M1+R1 condizione 3	19
Figura 10.9 – σ'_h nel diaframma [kN/m] – comb. SLU – A2+M2+R1 – fase 3	20
Figura 10.10 – involuppo A2 + M2 + R2	21
Figura 10.11 – A2 + M2 + R2 : superficie critica	21

1 PREMESSA

Il presente documento ha per oggetto la verifica delle opere di sostegno provvisionali, realizzate con palancole in acciaio del tipo GU6N, per il sostegno degli scavi necessari alla realizzazione del manufatto interrato in cemento armato costituente l'opera ed alloggiamento delle pompe di rilancio.

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, presenta una altezza di scavo di circa 4.00 metri.

La sezione tipologica dell'opera è la seguente :

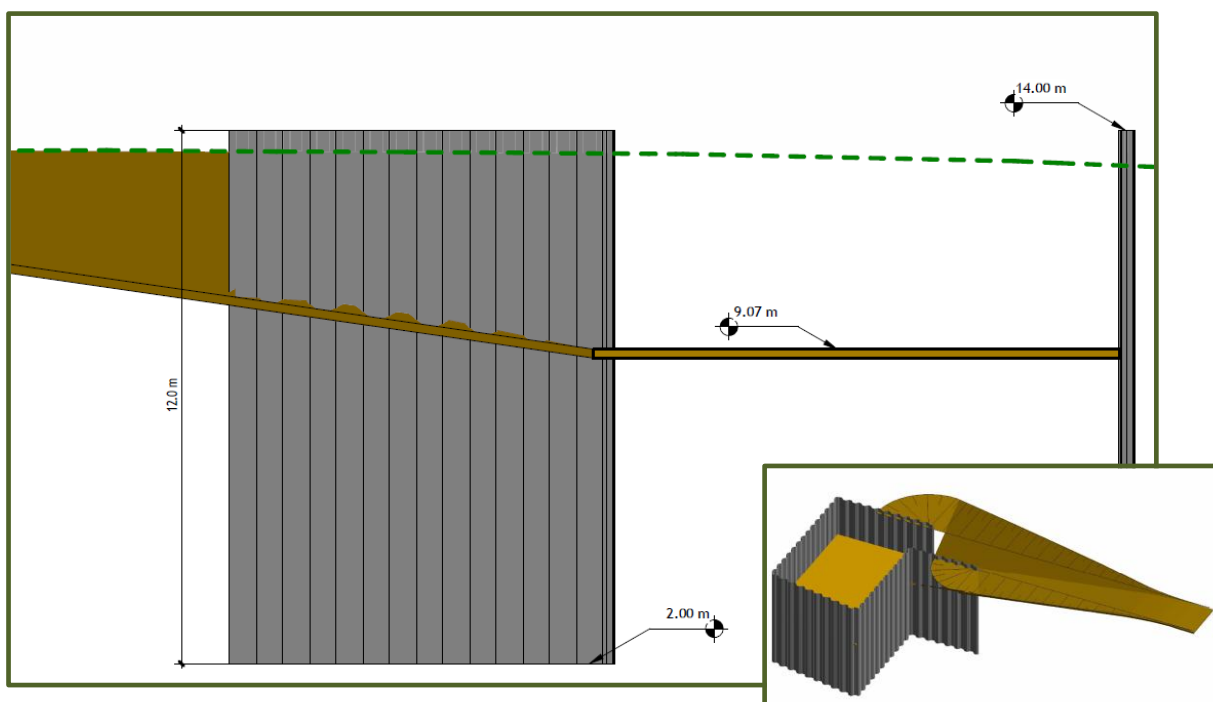


Figura 1.1 – Schema rappresentativo delle opere

2 CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Lo studio dell'interazione dell'opera con il terreno è stato condotto mediante il codice di calcolo PARATIE PLUS 25.0.2. che 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.

La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo "trave su suolo elastico": le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti tipo trave il cui

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

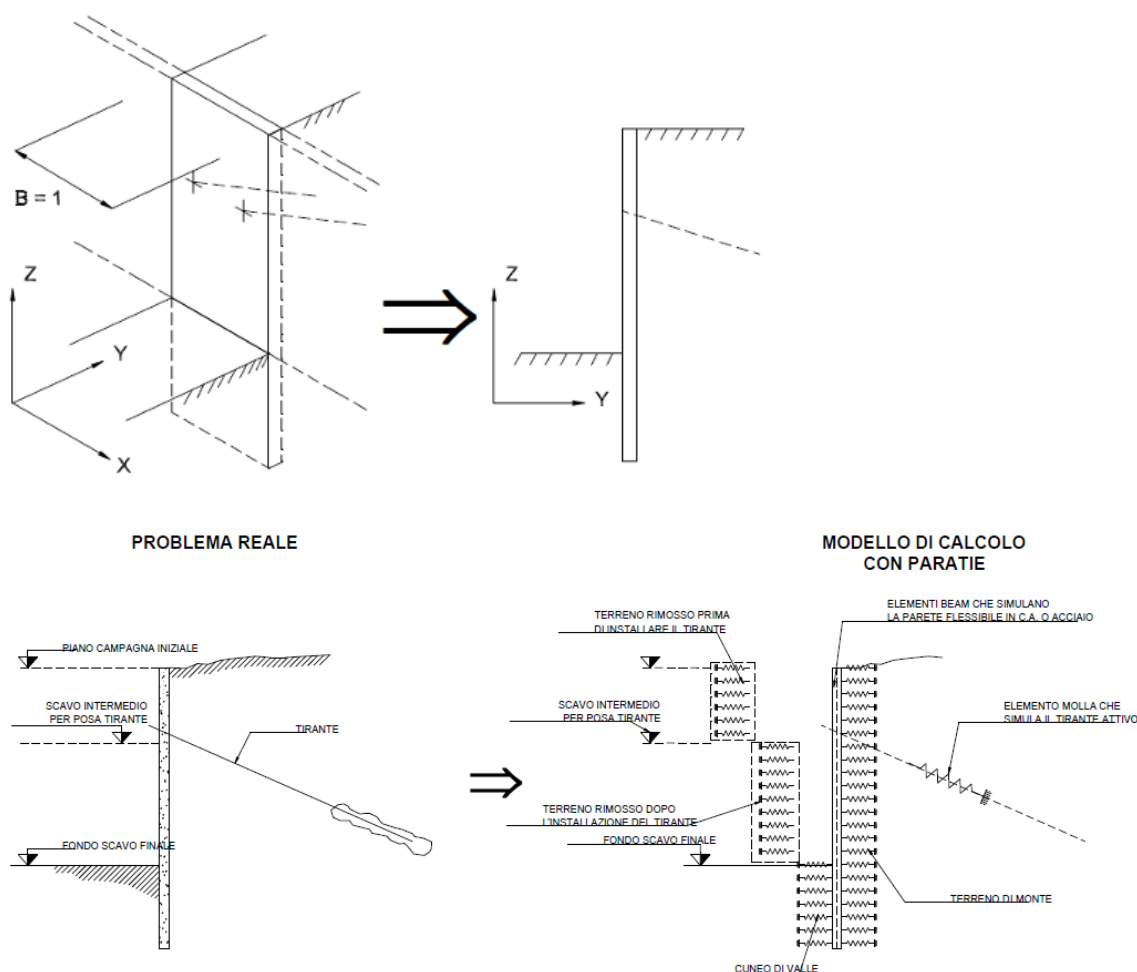


Figura 2.1 – Schema di analisi di PARATIE

3 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

4 CARATTERISTICHE MATERIALI

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

4.1 Acciaio da carpenteria per palancole

Si adotta :

- Classe Acciaio : S 275
- Modulo di elasticità : $E_f = 210.000,00 \text{ N/mm}^2$

5 CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica dei materiali interessati dall'intervento si è fatto riferimento alla "Relazione geologica e geotecnica generale" allegata al progetto.

In particolare i parametri dei terreni utilizzati per il calcolo sono in accordo con quanto illustrato nelle relazioni geologica e geotecnica, relativamente alla prova nr. 2 di cui si riporta un estratto :

CPTU2

Prof.da m a m.	Descrizione	Qc Media (Mpa)	γ (t/mc)	γ^* (t/mc)	ϕ_m	ϕ_k	Cum (kpa)	Cuk (kpa)	Ed (Kg/cm ²)	Ey (Kg/cm ²)	Ni
0.0-2.50	coesivo	1.1	1.91	1.96	25	23	55	52	64	45	0.40
2.50-4.70	granulare	3.5	1.78	1.85	29	27	/	/	99	80	0.35
4.70-13.60	coesivo	0.9	1.89	1.95	23	21	45	42	55.5	40	0.40
13.60-14.30	granulare	5.8	1.84	1.92	31	29	/	/	130	85	0.35
14.30-19.70	coesivo	1.5	1.95	2.00	26	24	75	70	75	45	0.40
19.70-22.40	granulare	10.7	1.92	2.00	35	33	/	/	183	180	0.30
22.4-24.90	granulare	21.1	2.00	2.08	36	34	/	/	290	196	0.30

Dove:

Qc	=	Resistenza alla punta misurata con il penetrometro (kg/cm ²)
γ o γ^*	=	Peso specifico secco e saturo (t/mc)
Cum	=	Coesione non drenata media
ϕ_m	=	Angolo di attrito interno (°) medio
Ed	=	Modulo edometrico (caratteristico)
cuk	=	Coesione non drenata caratteristica
ϕ_k	=	Angolo di attrito interno (°) caratteristico
Ni	=	Coefficiente di Poisson

Figura 5.1 – caratterizzazione del terreno da CPTU-2

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

▪ **Strato denominato “argine”**

Questo strato non è stato oggetto di prova geotecnica inquanto non influente l’opera e viene riportato per completezza.

- Potenza dello strato : circa 3.00 metri, ma non influente per l’opera
- Angolo di attrito : 21°
- Coesione c' : 30 kPa
- Modulo M : 30.000 kPa

▪ **Strato denominato “Strato 1”**

- Potenza dello strato : circa 2.50 metri
- Angolo di attrito : 15° (valutato a favore di sicurezza)
- Coesione c_u : 30 kPa
- Modulo M : 6.500 kPa

▪ **Strato denominato “Strato 2”**

- Potenza dello strato : circa 2.20 metri
- Angolo di attrito : 27°
- Coesione c' : 0 kPa

- Modulo M : 10.000 kPa
- **Strato denominato “Strato 3”**
 - Potenza dello strato : circa 8.91 metri
 - Angolo di attrito : 15° (valutato a favore di sicurezza)
 - Coesione cu : 30 kPa
 - Modulo M : 4.000 kPa
- **Strato denominato “Strato 4”**
 - Potenza dello strato : circa 2.20 metri
 - Angolo di attrito : 29°
 - Coesione c' : 0 kPa
 - Modulo M : 13.000 kPa
- **Strato denominato “Strato 5”**
 - Potenza dello strato : indefinito, ai nostri fini
 - Angolo di attrito : 15° (valutato a favore di sicurezza)
 - Coesione cu : 75 kPa
 - Modulo M : 4.500 kPa

Si riporta nel seguito lo schema di calcolo adottato.

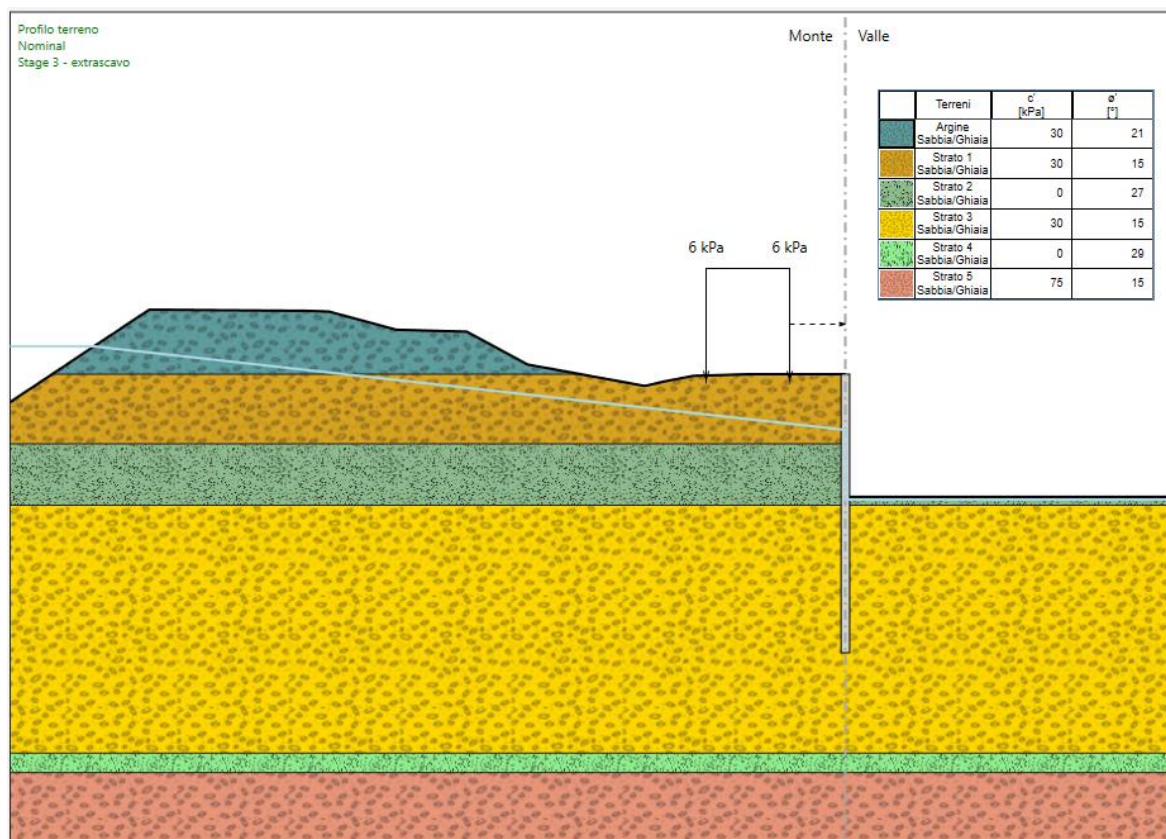


Figura 5.2 - schema del modello di calcolo adottato

6 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.

6.1 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 : si considera un solo carico accidentale operativo a tergo dell'opera; altri carichi 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)

6.2 APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA

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

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

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

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

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

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Figura 6.1 - 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
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.00	1.00

Figura 6.2 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Figura 6.3 - 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 (non pertinenti)

Figura 6.4 - Combinazioni di calcolo utilizzate per le paratie

7 CARATTERISTICHE DELLA PARATIA

Le caratteristiche della paratia risultano le seguenti :

- Profilo del tipo GU6N;
- lunghezza della palancolata pari a metri 10.00 valutata a partire dall'estradosso del terreno di spinta di monte (approssimativamente la quota di piano campagna)

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

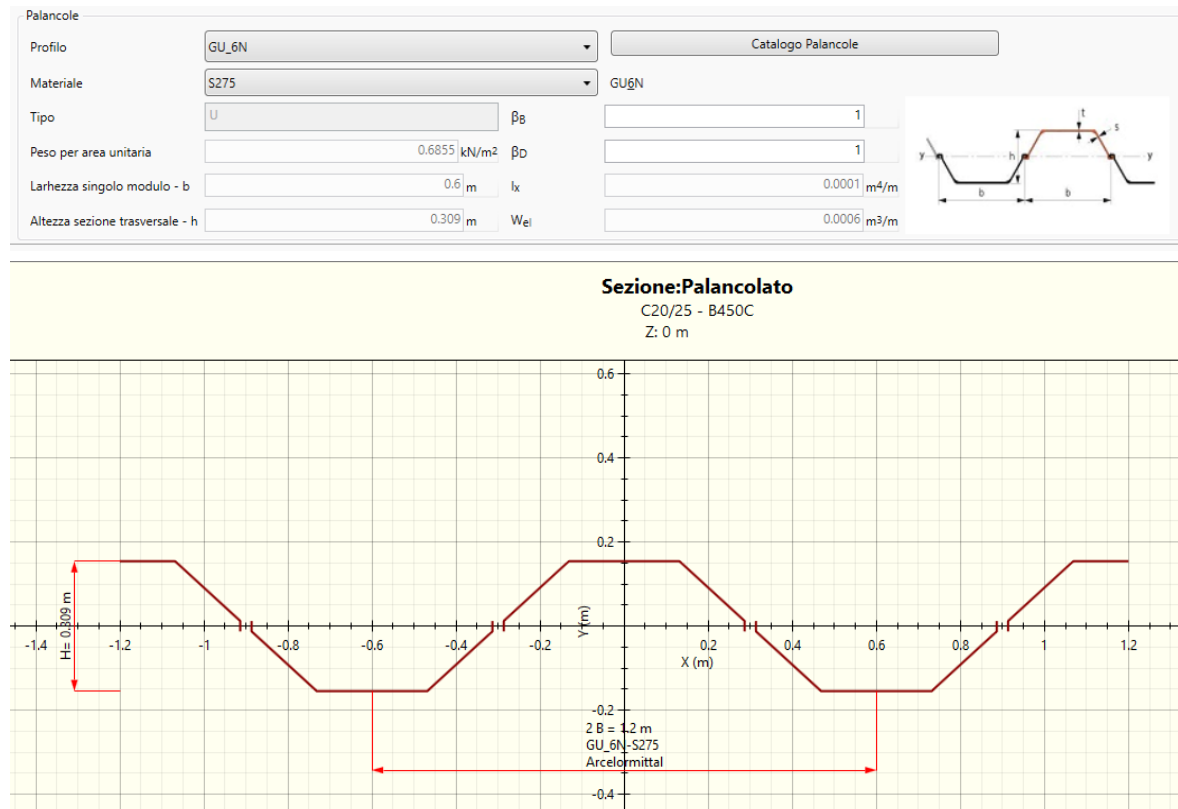


Figura 7.1 - caratteristiche della paratia

8 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.

8.1 Presenza di falda

Sulla base di quanto indicato nella descrizione geologica e geotecnica del sito, si considera la falda attestata ad una profondità pari a circa 2.00 metri dal piano di campagna, immediatamente a monte della paratia.

8.2 Sovraccarico operativo

Si considera un sovraccarico uniforme pari a 6.00 kPa (600 kg/mq) della larghezza pari a 3.00 metri disposto ad una distanza di circa 2.00 metri dal bordo della palancoleata.

9 CODICI DI CALCOLO

Il calcolo e la verifica delle opere in esame sono stati condotti con l'ausilio del software PARATIE PLUS 25.0.3, distribuito da CeAS s.r.l. di Milano; per le verifiche di stabilità globale si è utilizzato il modulo aggiuntivo "VSP".

10 CALCOLO DELLA STRUTTURA

10.1 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 al piano della strada provinciale (quota 12.00 di piano campagna) ed infissione delle palancole
2. Scavo a quota -4.00 metri dal p.c. ed applicazione del sovraccarico operativo
3. Fase di extrascavo a quota -4.40 metri dal p.c. ed applicazione del sovraccarico operativo

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

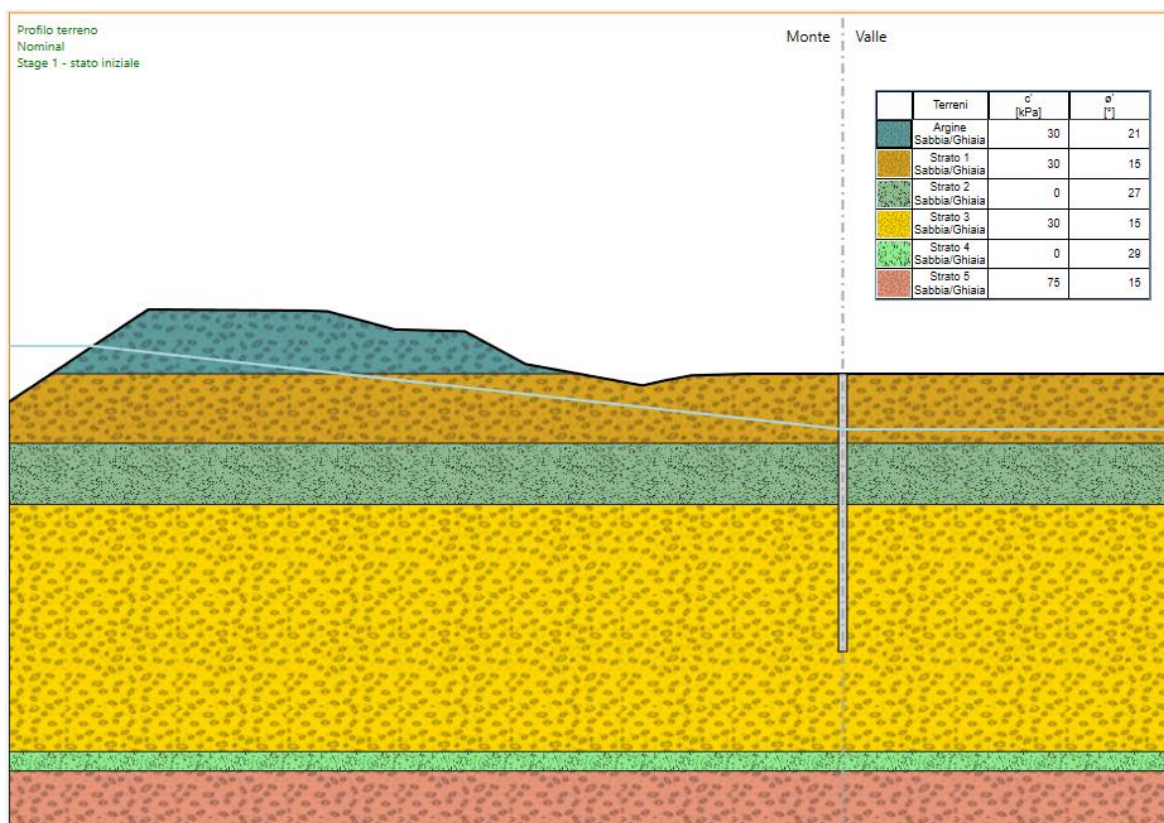


Figura 10.1 - fase di calcolo nr. 1

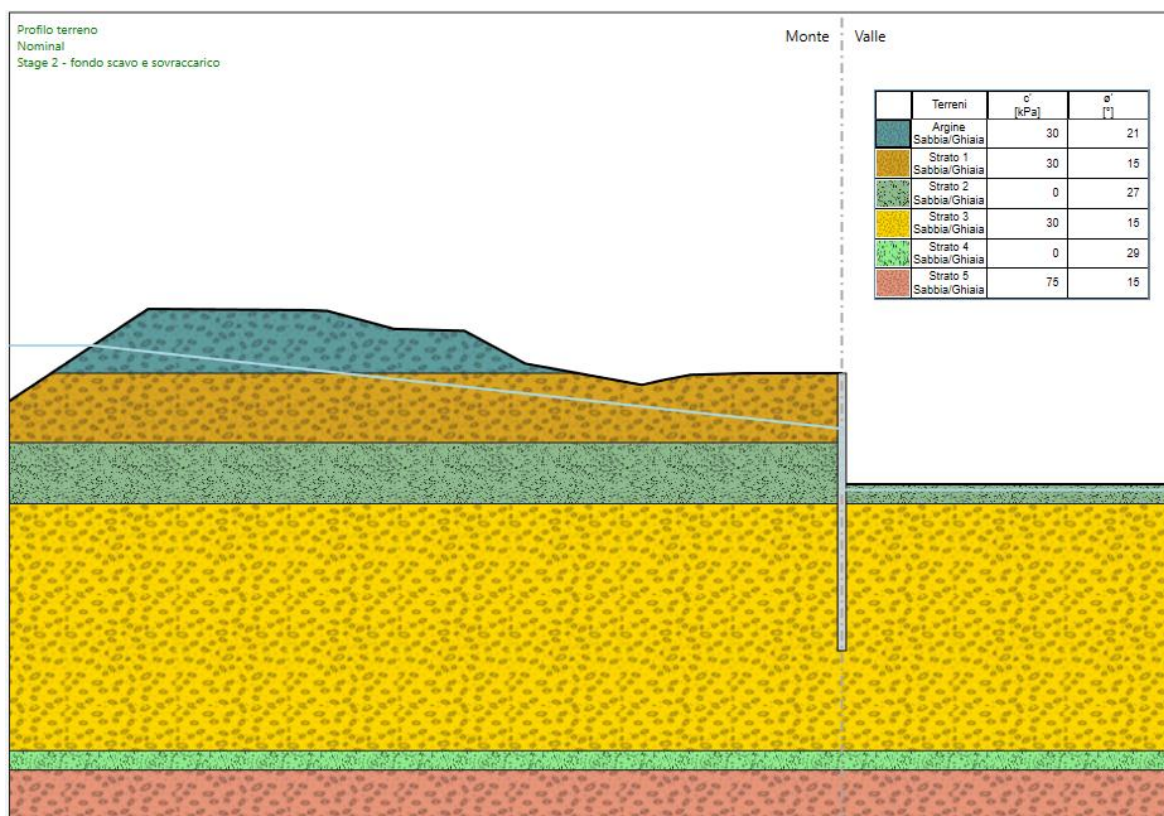


Figura 10.2 - fase di calcolo nr. 2

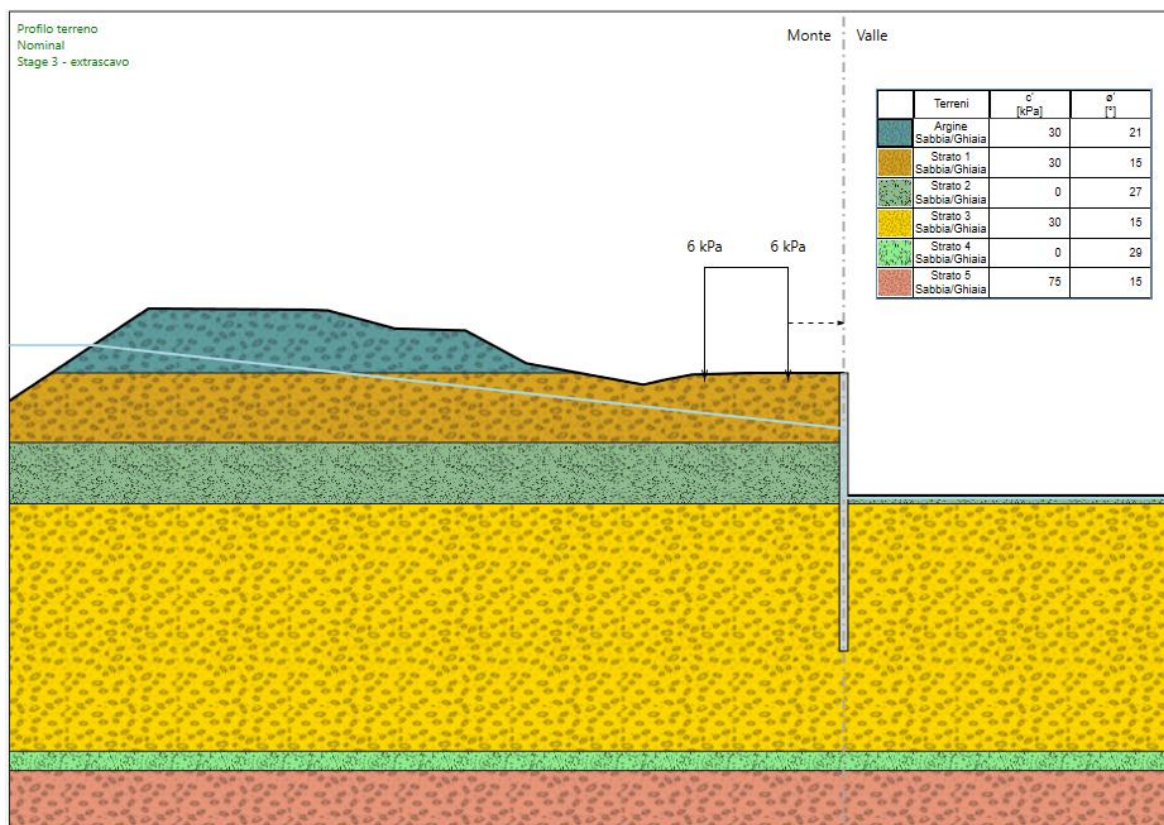


Figura 10.3 - fase di calcolo nr. 3

La condizione di extrascavo, prescritto al punto 6.5.2.2 delle NTC2018 e valutato pari a circa 0.40 metri, pari a circa il valore del 10% dell'altezza di scavo ed è relativo alla fase 3 di calcolo.

10.2 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 – 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 (F _{dead_loa} d_unfavour)	Carichi Permanenti (F _{dead_lo} ad_favour)	Carichi Variabili (F _{live_load} _unfavour)	Carichi Variabili (F _{live_loa} d_favour)	Carico Sismico (F _{seis} m_load)	Pressi Acqua Lato Monte (F _{Wa} terDR)	Pressi Acqua Lato Valle (F _{Wat} erRes)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F _{UPL} _GStab)	Carichi Permane nti Stabilizzanti (F _{UPL} _GStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F _{UPL} _QDStab)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F _{HYD} _GStab)	Carichi Permane nti Stabilizzanti (F _{HYD} _GStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F _{HYD} _QDStab)
Simbolo	γG	γG	γQ	γQ	γQE	γG	γG	γGdst	γGstb	γQdst	γGdst	γGstb	γQdst
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_loa d_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_lo ad_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load _unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_loa d_favour)	Carico Sismico (F_seis m_load)	Pressi oni Acqua Lato Monte (F_Wa terDR)	Pressi oni Acqua Lato Valle (F_Wat erRes)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_UPL_ GDStab)	Carichi Permane nti Stabilizzanti (F_UPL_ GDStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_UPL_ QDStab)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_HYD_ GDStab)	Carichi Permane nti Stabilizzanti (F_HYD_ GDStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_HYD_ QDStab)
Simbolo	γG	γG	γQ	γQ	γQ_E	γG	γG	γG_{dst}	γG_{stb}	γQ_{dst}	γG_{dst}	γG_{stb}	γQ_{dst}
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_coh)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma \phi$	γc	γc_u	Γ_{qu}	Γ_γ
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1

Coefficienti R

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

10.3 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 25.0.2 di Ce.A.S s.r.l..

10.3.1 Sollecitazioni massime nella palanca

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 la combinazione strutturali relativa al passo 3 di calcolo.

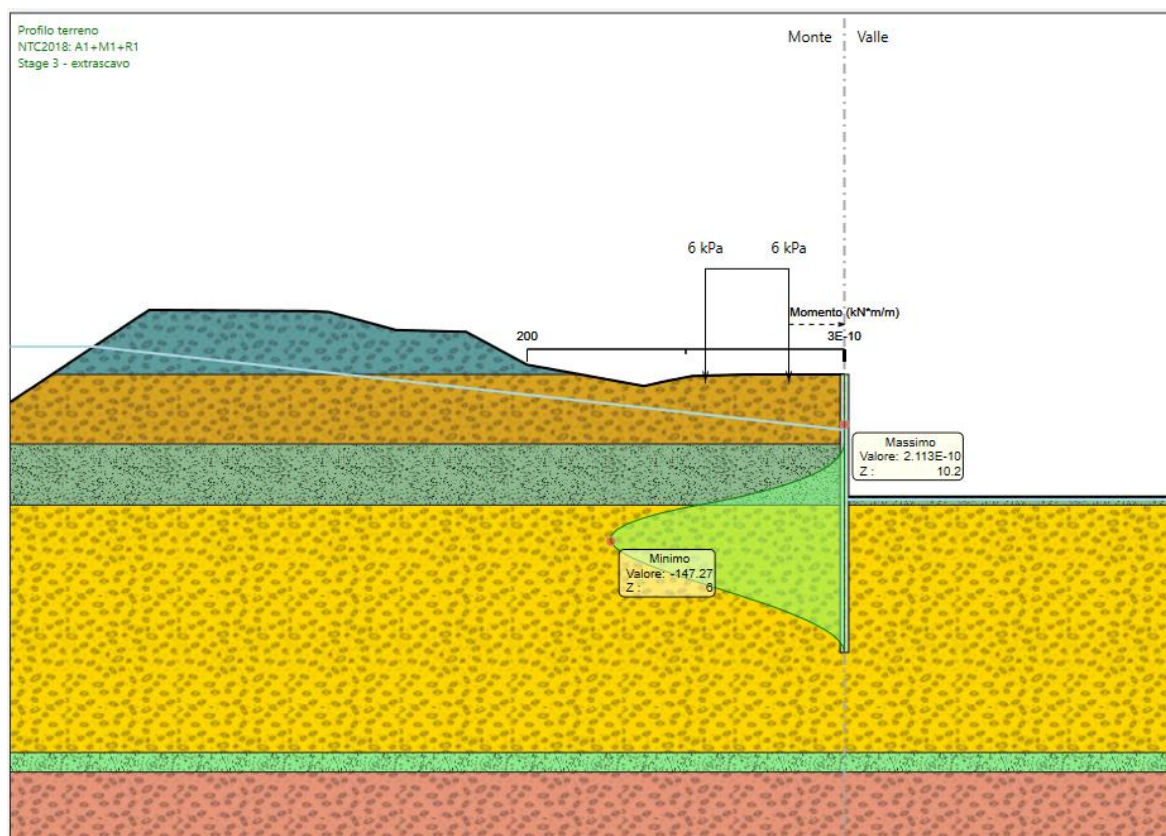


Figura 10.4 - momento flettente per la combinazione A1+M1+R1 per lo step 3 (scavo completato + extrascavo + sovraccarico operativo)

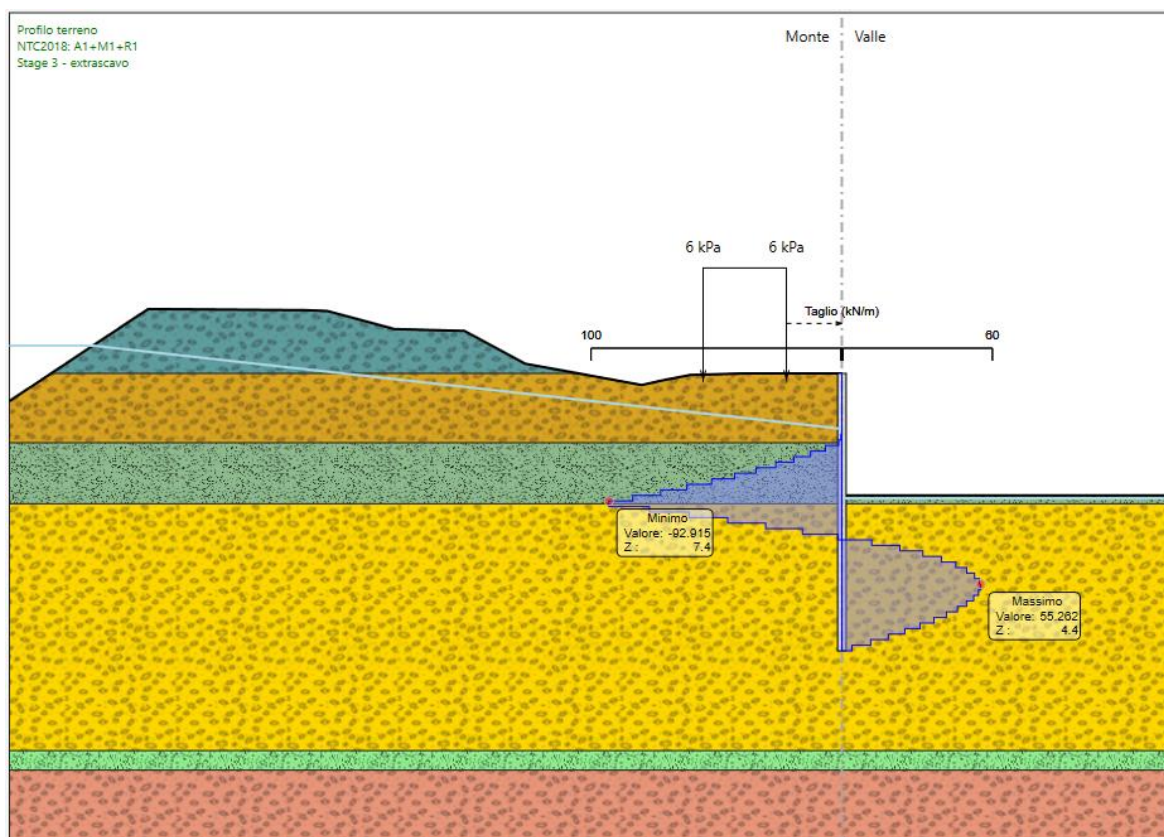


Figura 10.5 - sforzo di taglio per la combinazione A1+M1+R1 per lo step 3 (scavo completato + extrascavo + sovraccarico operativo)

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

$$M_d = 147.27 \text{ kNm/m (A1+M1+R1- step 3)}$$

$$V_d = 92.92 \text{ kN/m (A1+M1+R1- step 3)}$$

10.3.2 Verifica della palanca

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

$$M_d = 147.27 \text{ kNm/m}$$

$$V_d = 92.92 \text{ kN/m}$$

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

Sezione	Lar- ghezza	Altez- za	Spessore		Area della sezione	Massa		Mo- mento d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Mo- mento Statico	Modulo di resistenza plastico	Classe ¹⁾					
			t	s		Palancola Singola kg/m	Parete kg/m ²					S 240 GP	S 270 GP	S 320 GP	S 355 GP	S 390 GP	S 430 GP
	b mm	h mm	t mm	s mm	cm ² /m			cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	cm ³ /m						
Profili GU																	
GU 6N	600	309	6,0	6,0	89	41,9	70	9670	625	375	765	3	3	3	4	-	-

Figura 10.6 – caratteristiche della palancola

La tensione dell'acciaio risulta pertanto la seguente :

per azione flessionale :

$$\sigma_{Md} = \frac{147.27 \times 1000}{625.00} = 226.70 \text{ MPa}$$

Per azione di taglio :

$$\tau_{Vd} = \frac{92.92}{0.90 \times 89.00} \times 10 = 10.95 \text{ MPa}$$

La tensione ideale risulta:

$$\sigma_{idD} = \sqrt{226.70^2 + 3 \times 10.95^2} = 227.49 \text{ Mpa} < f_{yd}$$

con

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 275.00 / 1.05 = 261.90 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$$

La verifica è pertanto soddisfatta.

Quale conferma si riporta il tasso di sfruttamento massimo calcolata dal programma pari a 89.97 % per momento flettente

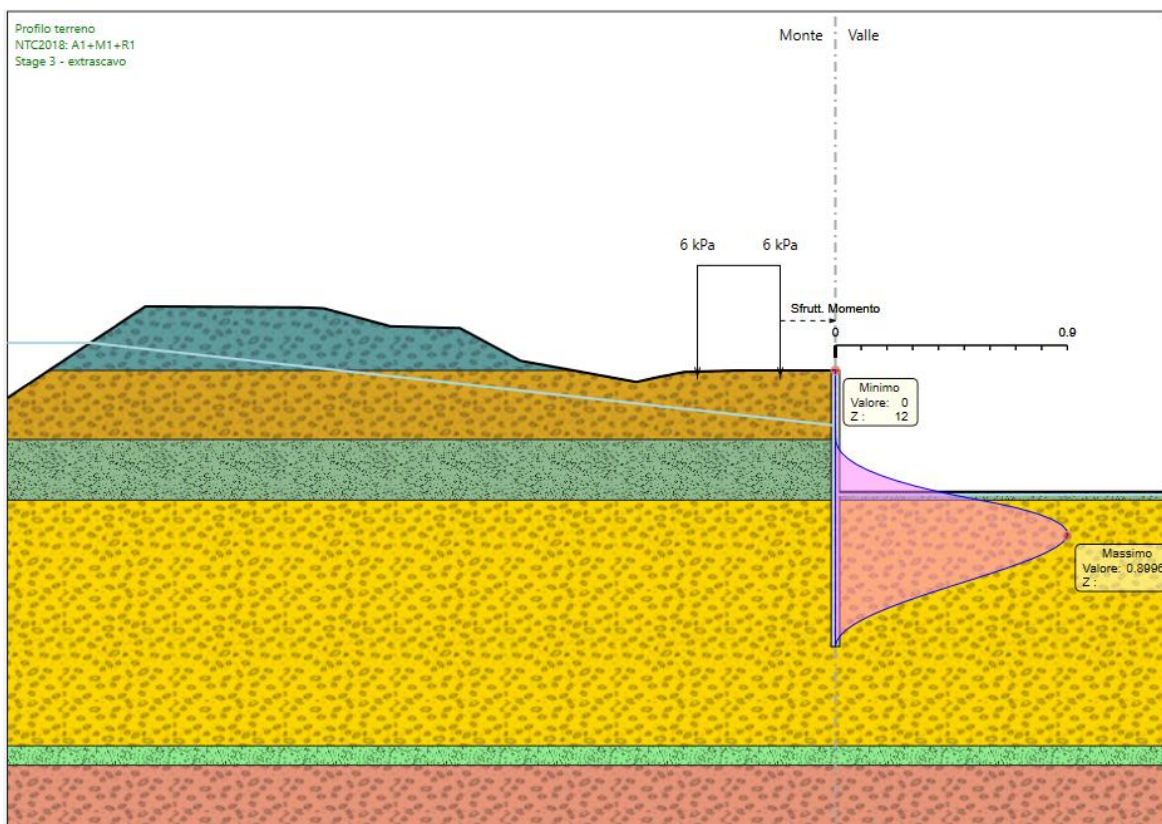


Figura 10.7 – tasso di sfruttamento massimo per flessione pari a 0.87 in A1+M1+R1 condizione 3

e pari al 20.21 % per sforzo di taglio :

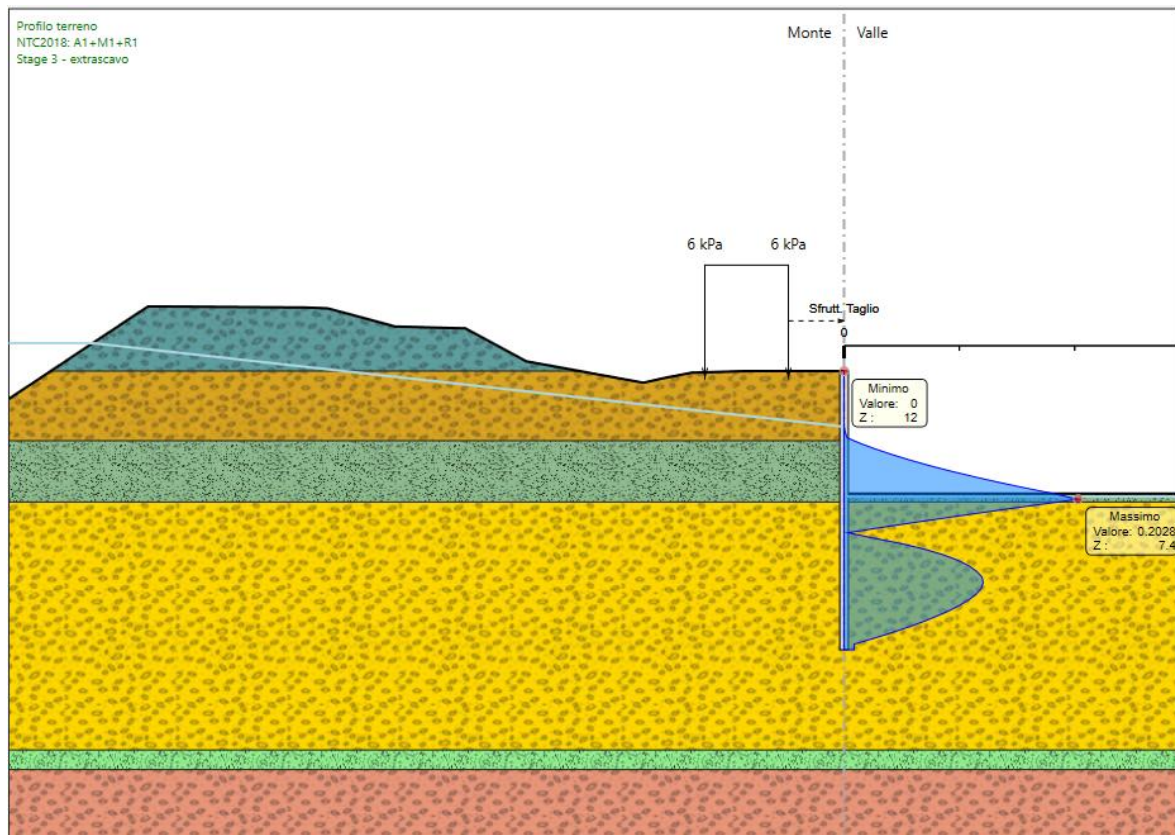


Figura 10.8 – tasso di sfruttamento massimo per taglio pari a 0.19 in A1+M1+R1 condizione 3

10.4 Verifiche del terreno interagente con la paratia

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

- SLU : A2 + M2 + R1

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

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

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

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

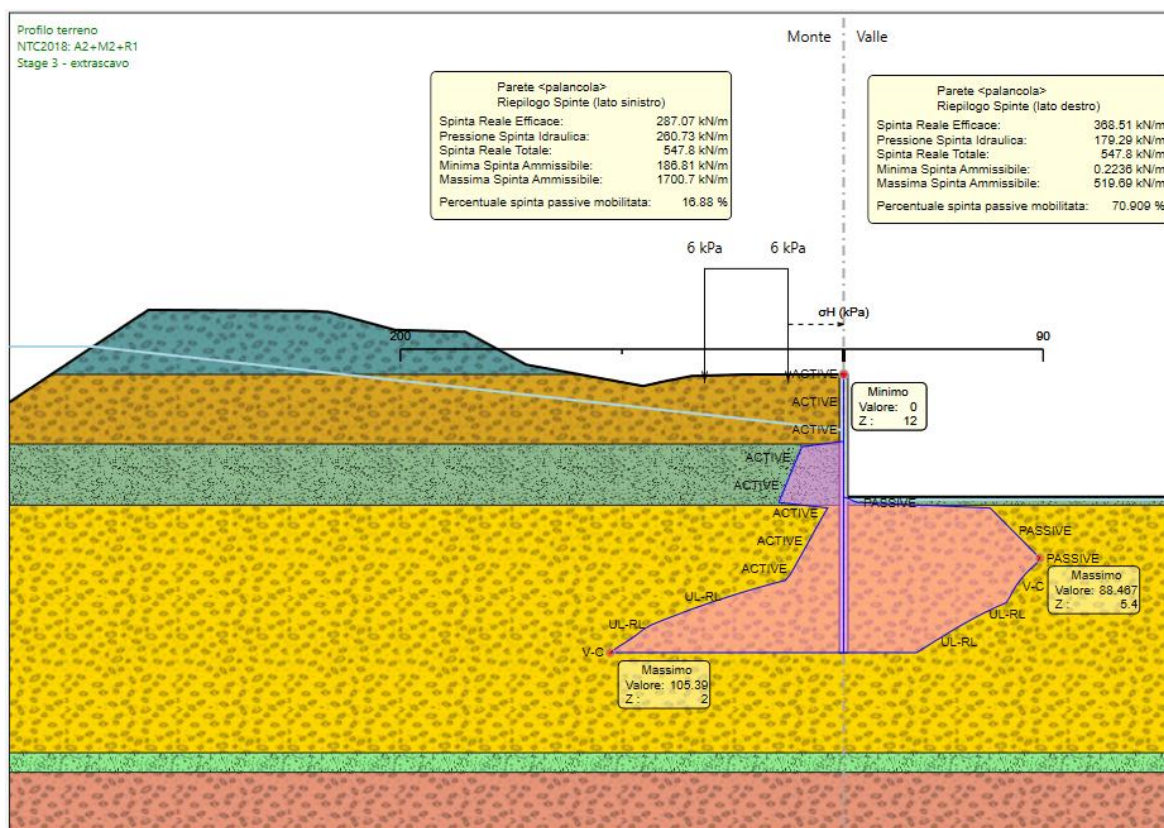


Figura 10.9 σ'_h nel diaframma [kN/m] – comb. SLU – A2+M2+R1 – fase 3

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>

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.17 D.A. NTC2018:
A2+M2+R1 (Stage 1)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.70 D.A. NTC2018:
A2+M2+R1 (Stage 3)

valori questi ammissibili.

10.5 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 Bishop sulla configurazione finale dell'opera :

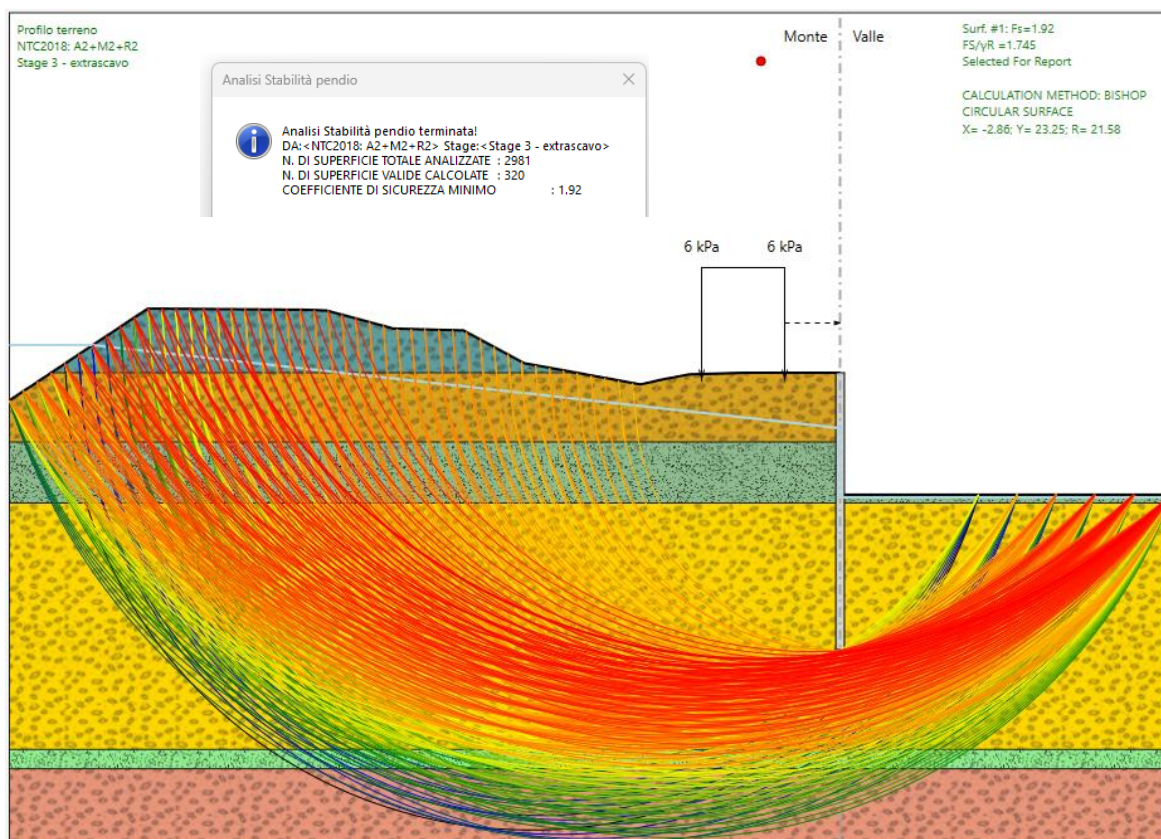


Figura 10.10 – involucro A2 + M2 + R2

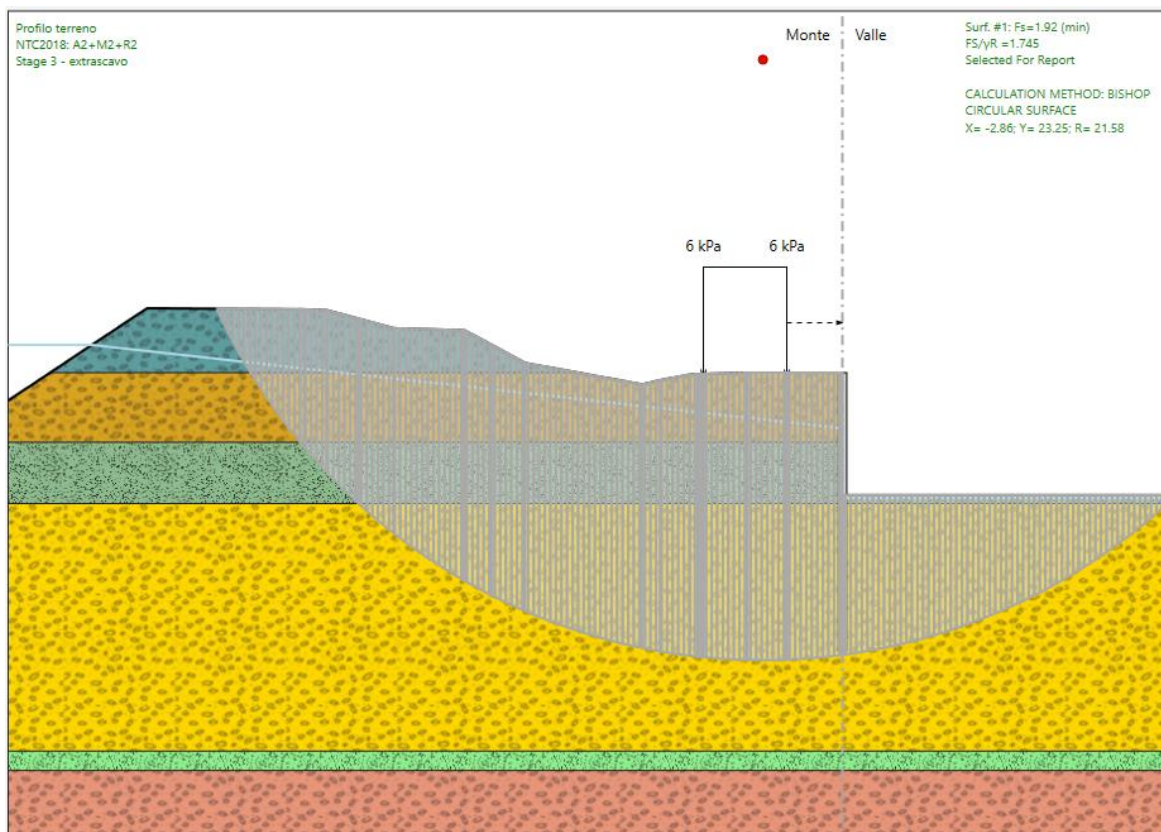


Figura 10.11 – A2 + M2 + R2 : superficie critica

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

La verifica di stabilità globale risulta soddisfatta con $FS = 1.745$ della superficie maggiormente critica.

11 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.

11.1 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.

11.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo Paratie Plus 25.0.2 - Analisi e Calcolo Paratie

Produttore CeAs srl, Milano (MI)

11.3 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.

11.4 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.

11.5 Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

11.6 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.

12 ALLEGATI DI CALCOLO

PARATIE^{plus}TM

Report di Calcolo

Nome Progetto: Impianto Scorsuro

Autore: Stigea s.r.l.

Jobname: Baura_v4.pplus

Design Section: Profilo terreno

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;
- 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 : POLYLINE

Punti

(-30;15)

(12;15)

(25;-30)

(-30;-30)

OCR : 1

Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;12)

(12;12)

(12;-5)

(-30;-5)

OCR : 1

Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;9.5)

(12;9.5)

(12;-5)

(-30;-5)

OCR : 1

Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;7.3)

(12;7.3)

(12;-5)

(-30;-5)

OCR : 1

Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;-1.6)

(12;-1.6)

(12;-5)

(-30;-5)

OCR : 1

Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;-2.3)

(12;-2.3)

(12;-5)

(-30;-5)

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	c_v	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	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³
1	Argine	19	20	21				30		Constant	30000	90000										
2	Strato 1	19	20	15				30		Constant	6500	19500										
3	Strato 2	19	20	27				0		Constant	10000	30000										
4	Strato 3	19	20	15				30		Constant	4000	12000										
5	Strato 4	19	20	29				0		Constant	13000	39000										
6	Strato 5	19	20	15				75		Constant	4500	13500										

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 12 m

Quota di fondo : 2 m

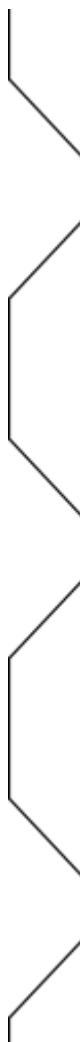
Muro di sinistra

Sezione : Palancolato

Area equivalente : 0.0089 m

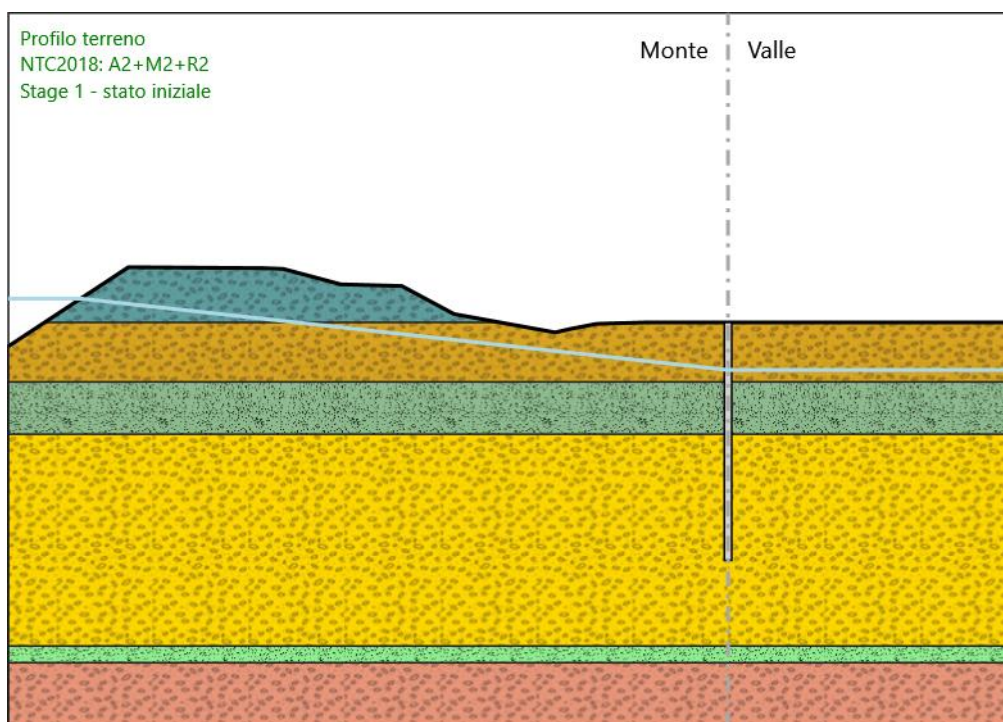
Inerzia equivalente : 0.0001 m⁴/m

Profilo palancola : GU_6N



Fasi di Calcolo

Stage 1 - stato iniziale



Stage 1 - stato iniziale

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 12 m

Lato valle : 12 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;11)
(-25;14.32)
(-19.35;14.28)
(-18.55;14.25)
(-16.14;13.6)
(-13.6;13.53)
(-11.42;12.35)
(-7.21;11.58)
(-6.55;11.73)
(-5.48;11.94)
(-5.2;11.95)
(-3.41;12)
(0;12)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

12 m

Elementi strutturali

Paratia : Paratia Larssen

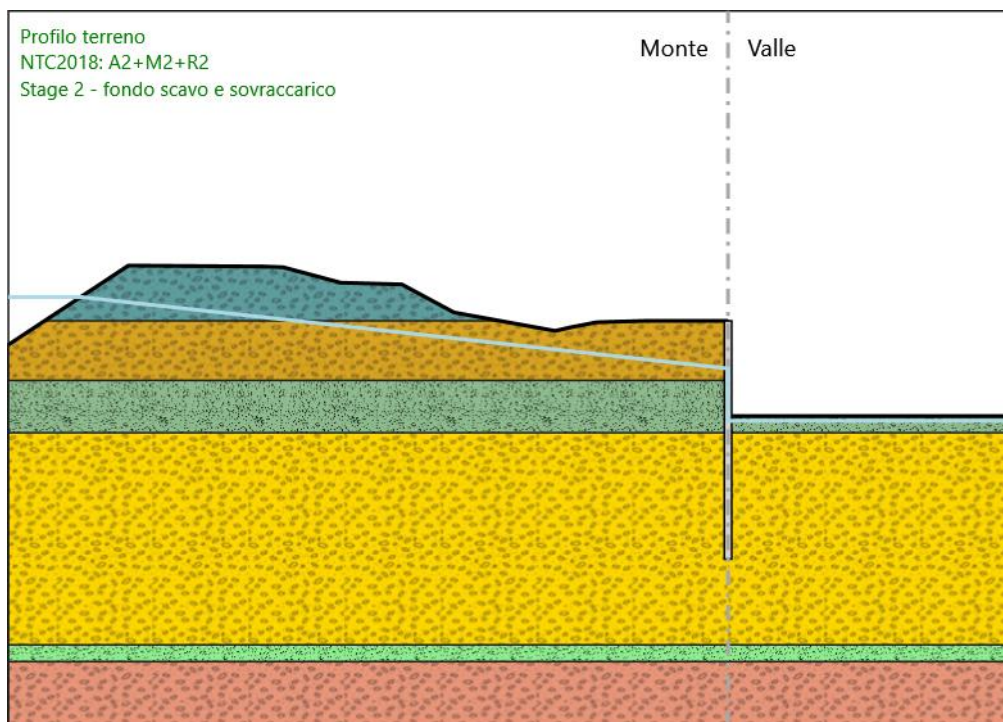
X : 0 m

Quota in alto : 12 m

Quota di fondo : 2 m

Sezione : Palancolato

Stage 2 - fondo scavo e sovraccarico



Stage 2 - fondo scavo e sovraccarico

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 12 m

Lato valle : 8 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;11)
(-25;14.32)
(-19.35;14.28)
(-18.55;14.25)
(-16.14;13.6)
(-13.6;13.53)
(-11.42;12.35)
(-7.21;11.58)
(-6.55;11.73)
(-5.48;11.94)
(-5.2;11.95)
(-3.41;12)
(0;12)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)



CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO DI SCARICO DEL CANALE SCORSURO NEL DIVERSIVO DEL PO DI VOLANO
PER LA LAMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DEL SISTEMA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA

NUOVO IMPIANTO DI POMPAGGIO SUL CANALE SCORSURO DEL SANDOLA

PROGETTO

ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO

OPERE PROVVISORIALI

8 m

Elementi strutturali

Paratia : Paratia Larssen

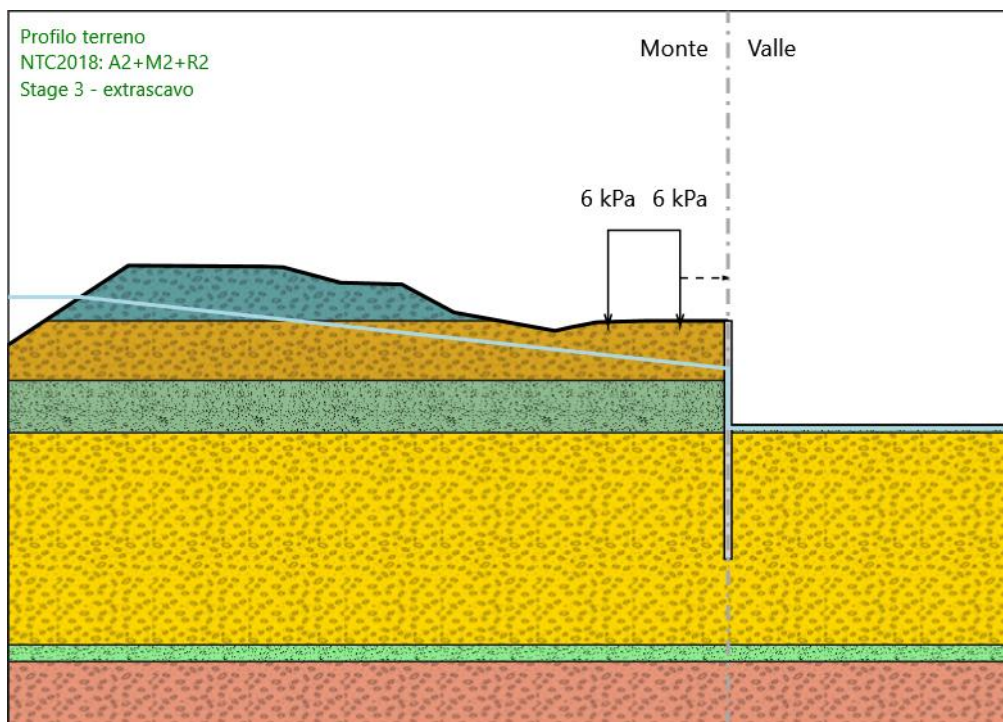
X : 0 m

Quota in alto : 12 m

Quota di fondo : 2 m

Sezione : Palancolato

Stage 3 - extrascavo



Stage 3 - extrascavo

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 12 m

Lato valle : 7.6 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;11)
(-25;14.32)
(-19.35;14.28)
(-18.55;14.25)
(-16.14;13.6)
(-13.6;13.53)
(-11.42;12.35)
(-7.21;11.58)
(-6.55;11.73)
(-5.48;11.94)
(-5.2;11.95)
(-3.41;12)
(0;12)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

7.6 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico operativo

X iniziale : -5 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 6 kPa

Pressione finale : 6 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia Larssen

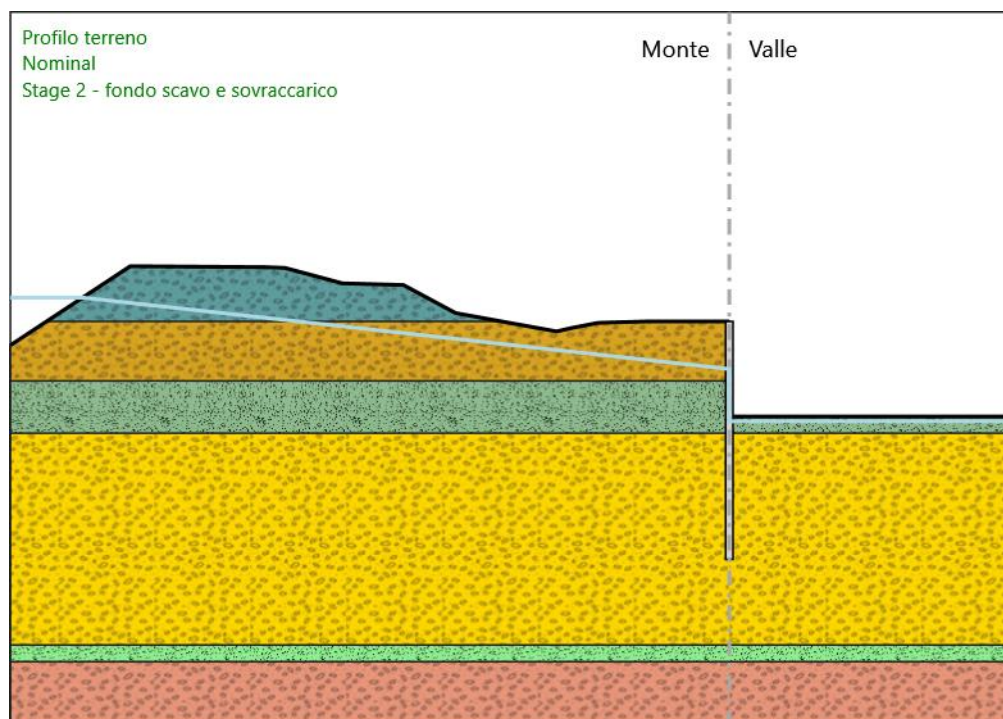
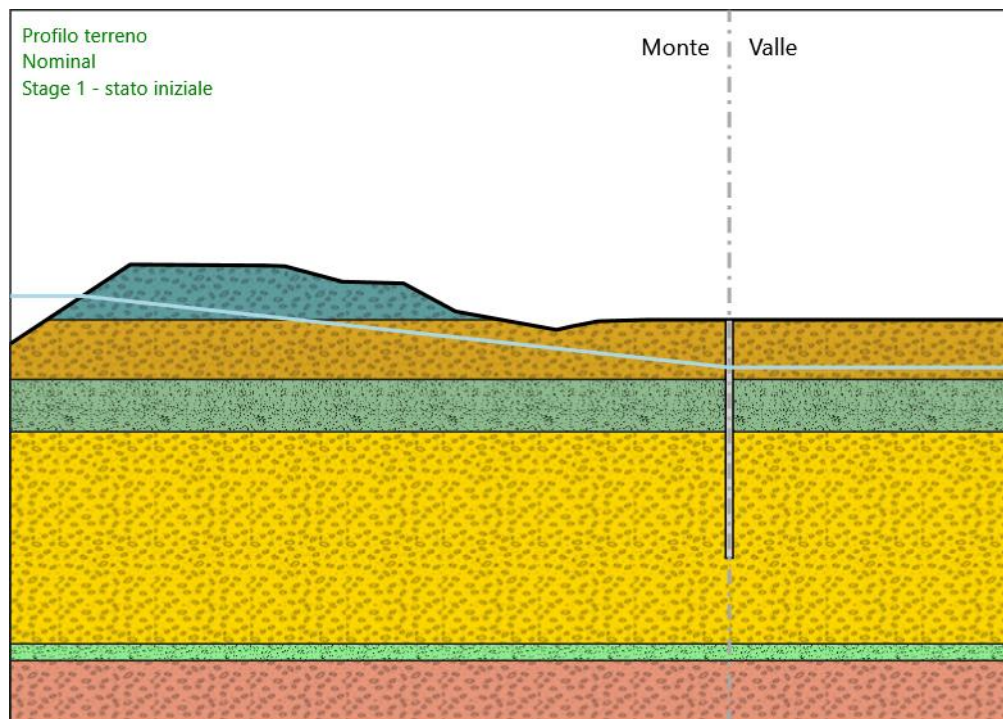
X : 0 m

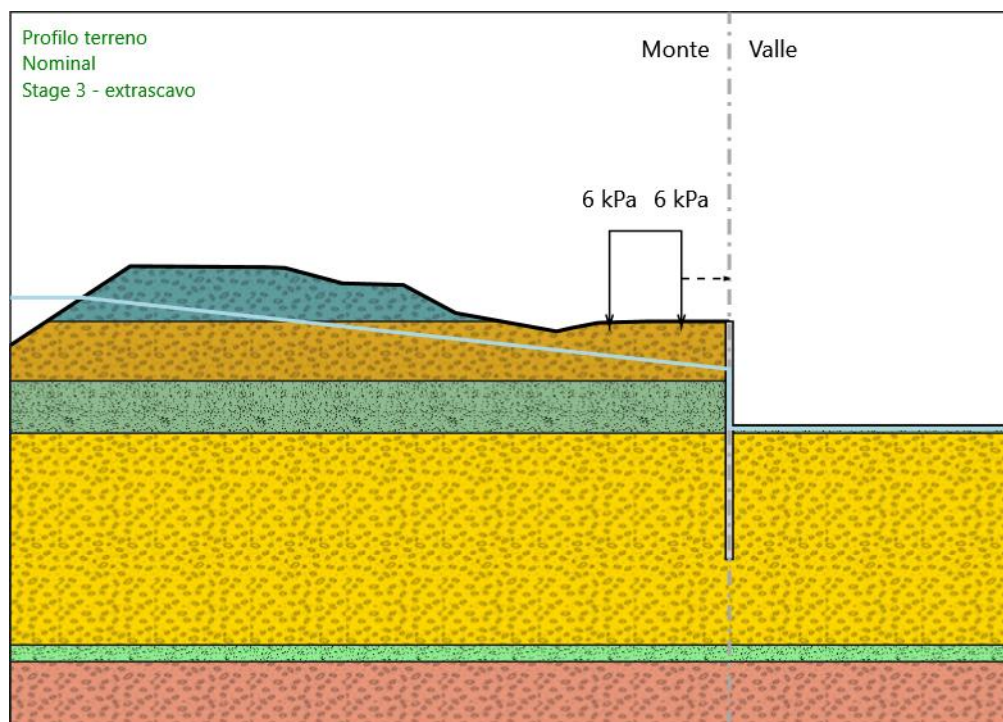
Quota in alto : 12 m

Quota di fondo : 2 m

Sezione : Palancolato

Tabella Configurazione Stage (Nominal)





Nome	Parziale su tan(ϕ')	Parziale su c'	Parziale su Su	Parziale su qu	Parziale su peso specifico
	(F_Fr)	(F_eff_cohe)	(F_Su)	(F_qu)	(F_gamma)
Simbolo	$\gamma\phi$	γc	γc_u	γq_u	$\gamma\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara)	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Frequente)	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R3	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: A2+M2+R2	1.25	1.25	1.4	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	
Simbolo	γ_{Re}	γ_{Ap}	γ_{At}	
Nominal	1	1	1	
NTC2018: SLE (Rara)	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Frequente)	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A1+M1+R3	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R2	1	1.2	1.1	1

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

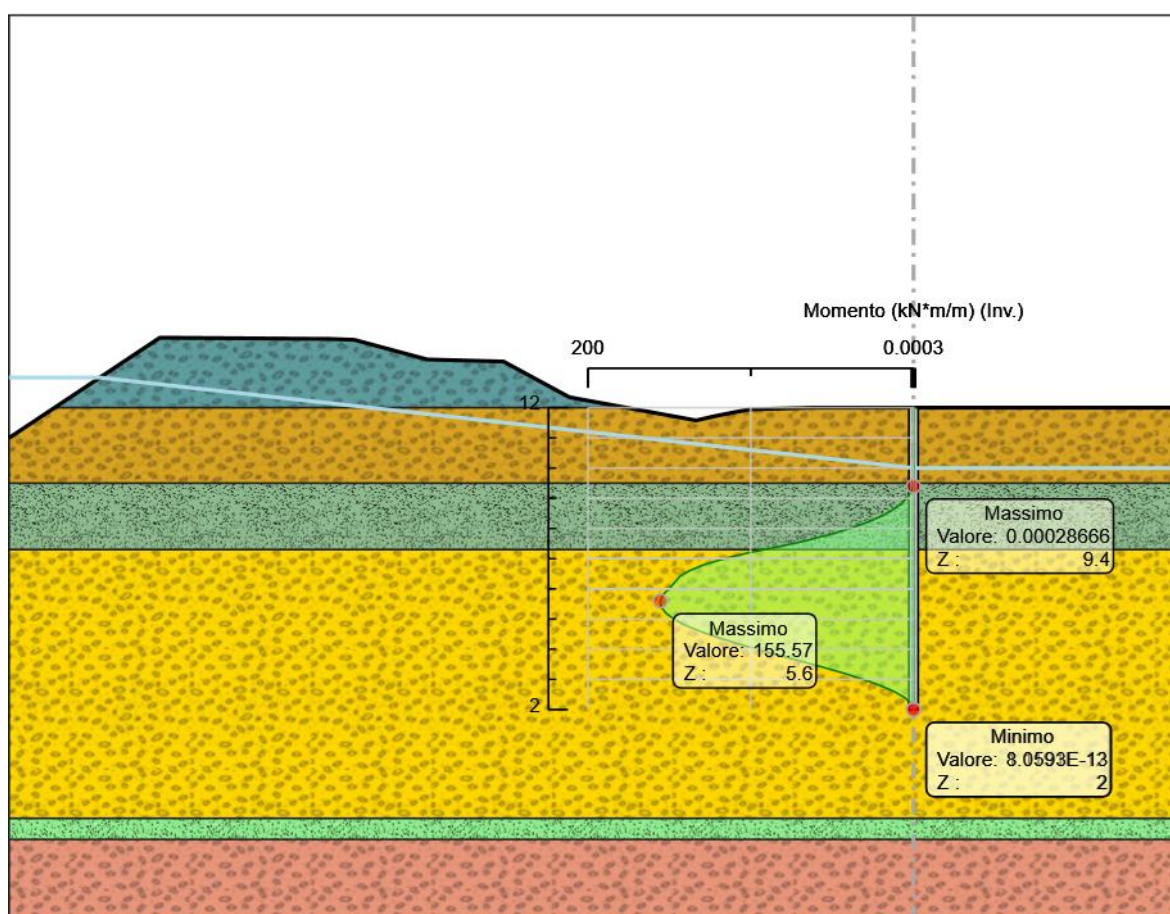
Design Assumption	Stage 1 - stato iniziale	Stage 2 - fondo scavo e sovraccarico	Stage 3 - extrascavo
NTC2018: SLE (Rara)			
NTC2018: SLE (Frequente)			
NTC2018: SLE (Quasi Permanente)			
NTC2018: A1+M1+R1	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R3			
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R2	V	V	V

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Tabella Inviluppi Momento Paratia Larssen

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: Paratia Larssen
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
12	0	0
11.8	0	0
11.6	0	0
11.4	0	0
11.2	0	0
11	0	0
10.8	0	0
10.6	0	0
10.4	0	0
10.2	0	0
10	0	0
9.8	0	0
9.6	0.087	0
9.4	0.35	0
9.2	1.664	0
9	4.16	0
8.8	7.976	0
8.6	13.246	0
8.4	20.094	0
8.2	28.649	0
8	39.04	0
7.8	51.396	0
7.6	65.846	0
7.4	82.517	0
7.2	101.1	0
7	116.447	0
6.8	128.636	0
6.6	137.738	0
6.4	143.817	0
6.2	146.957	0
6	150.3	0
5.8	153.978	0
5.6	155.566	0
5.4	154.99	0
5.2	152.178	0
5	147.22	0
4.8	140.253	0
4.6	131.401	0
4.4	120.807	0
4.2	108.889	0
4	96.023	0
3.8	82.558	0
3.6	68.828	0
3.4	55.315	0
3.2	42.468	0
3	30.707	0
2.8	20.433	0
2.6	11.955	0
2.4	5.534	0
2.2	1.451	0
2	0	0

Grafico Involuppi Momento

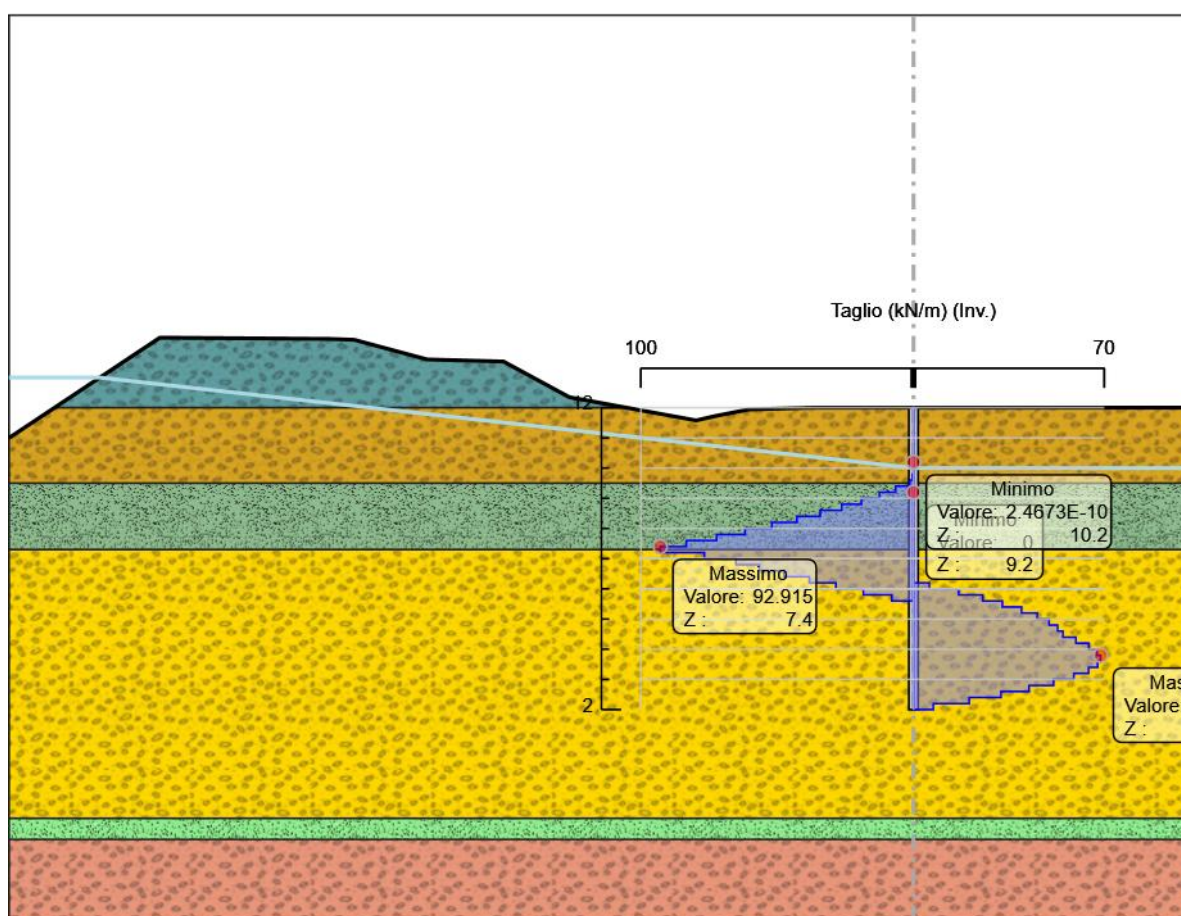


Momento

Tabella Involuppi Taglio Paratia Larssen

Selected Design Assumptions	Involuppi: Taglio	Muro: Paratia Larssen
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
12	0	0
11.8	0	0
11.6	0	0
11.4	0	0
11.2	0	0
11	0	0
10.8	0	0
10.6	0	0
10.4	0	0
10.2	0	0
10	0	0.001
9.8	0.437	0.001
9.6	1.311	0
9.4	6.573	0
9.2	12.512	0
9	19.106	0
8.8	26.35	0
8.6	34.239	0
8.4	42.775	0
8.2	51.957	0
8	61.78	0
7.8	72.247	0
7.6	83.356	0
7.4	92.915	0
7.2	92.915	0
7	76.734	0
6.8	65.122	0
6.6	56.512	0
6.4	47.534	0
6.2	38.188	5.791
6	28.473	16.558
5.8	18.39	25.428
5.6	7.94	32.605
5.4	0	39.642
5.2	0	45.397
5	0	49.746
4.8	0	52.873
4.6	0	54.807
4.4	0	59.594
4.2	0	64.326
4	0	67.33
3.8	0	68.649
3.6	0	68.649
3.4	0	67.563
3.2	0	64.237
3	0	58.804
2.8	0	51.368
2.6	0	42.39
2.4	0	32.103
2.2	0	20.416
2	0	7.256

Grafico Involuppi Taglio



Taglio

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1 - stato iniziale	palancola	LEFT	29.66
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 3 - extrascavo	palancola	RIGHT	70.91

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 3 - extrascavo	palancola	LEFT	153.67
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1 - stato iniziale	palancola	RIGHT	317.34

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

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

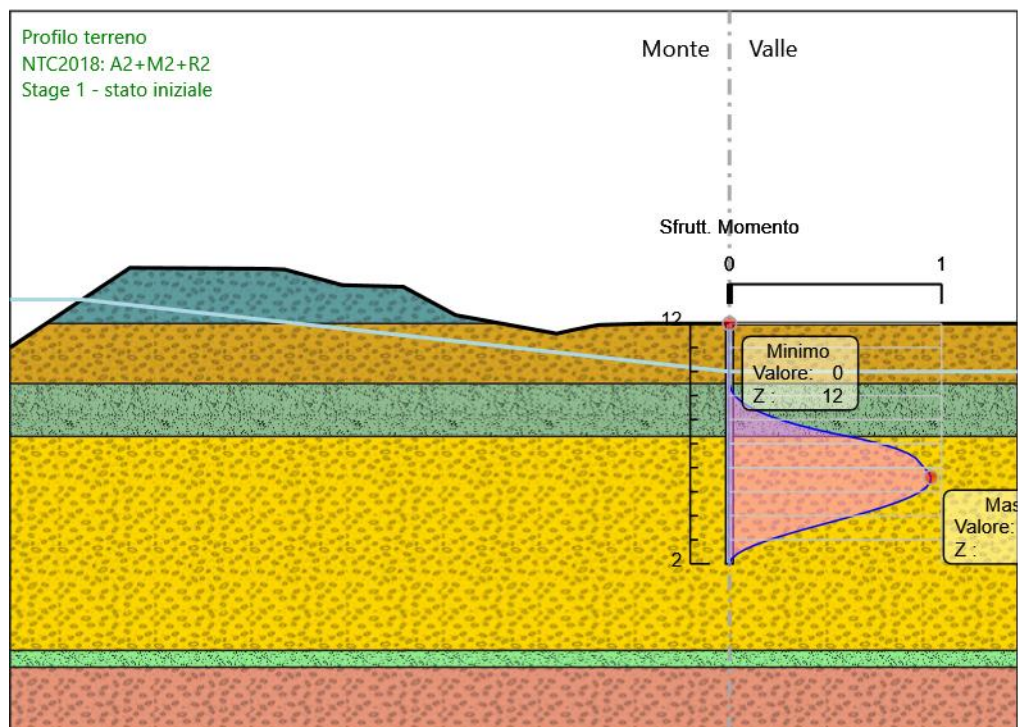
Design Assumption	Stage 1 - stato iniziale	Stage 2 - fondo scavo e sovraccarico	Stage 3 - extrascavo
NTC2018: SLE (Rara)			
NTC2018: SLE (Frequente)			
NTC2018: SLE (Quasi Permanente)			
NTC2018: A1+M1+R1	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R3			
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R2	V	V	V

Risultati SteelWorld

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

Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld	
12	0	
11.8	0	
11.6	0	
11.4	0	
11.2	0	
11	0	
10.8	0	
10.6	0	
10.4	0	
10.2	0	
10	0	
9.8	0	
9.6	0.001	
9.4	0.002	
9.2	0.01	
9	0.025	
8.8	0.049	
8.6	0.081	
8.4	0.123	
8.2	0.175	
8	0.239	
7.8	0.314	
7.6	0.402	
7.4	0.504	
7.2	0.618	
7	0.711	
6.8	0.786	
6.6	0.841	
6.4	0.879	
6.2	0.898	
6	0.918	
5.8	0.941	
5.6	0.95	
5.4	0.947	
5.2	0.93	
5	0.899	
4.8	0.857	
4.6	0.803	
4.4	0.738	
4.2	0.665	
4	0.587	
3.8	0.504	
3.6	0.42	
3.4	0.338	
3.2	0.259	
3	0.188	
2.8	0.125	
2.6	0.073	
2.4	0.034	
2.2	0.009	
2	0	

Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld

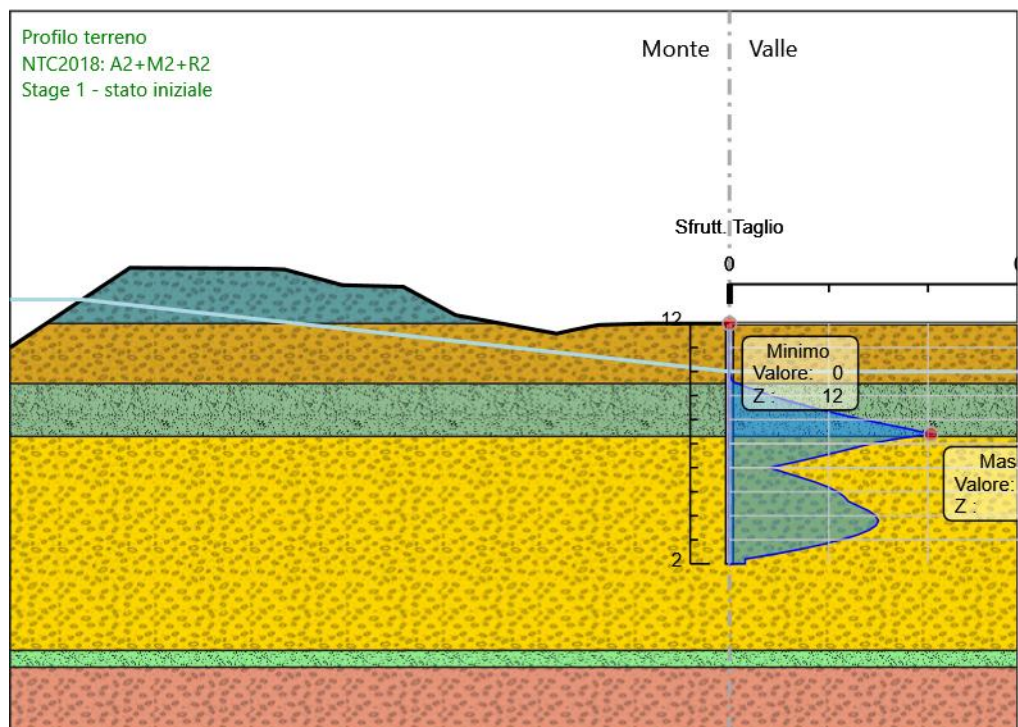


Inviluppi
Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	
12	0	
11.8	0	
11.6	0	
11.4	0	
11.2	0	
11	0	
10.8	0	
10.6	0	
10.4	0	
10.2	0	
10	0	
9.8	0.001	
9.6	0.003	
9.4	0.014	
9.2	0.027	
9	0.042	
8.8	0.058	
8.6	0.075	
8.4	0.093	
8.2	0.113	
8	0.135	
7.8	0.158	
7.6	0.182	
7.4	0.203	
7.2	0.167	
7	0.142	
6.8	0.123	
6.6	0.104	
6.4	0.083	
6.2	0.062	
6	0.04	
5.8	0.055	
5.6	0.071	
5.4	0.087	
5.2	0.099	
5	0.109	
4.8	0.115	
4.6	0.12	
4.4	0.13	
4.2	0.14	
4	0.147	
3.8	0.15	
3.6	0.147	
3.4	0.14	
3.2	0.128	
3	0.112	
2.8	0.093	
2.6	0.07	
2.4	0.045	
2.2	0.016	
2	0.016	

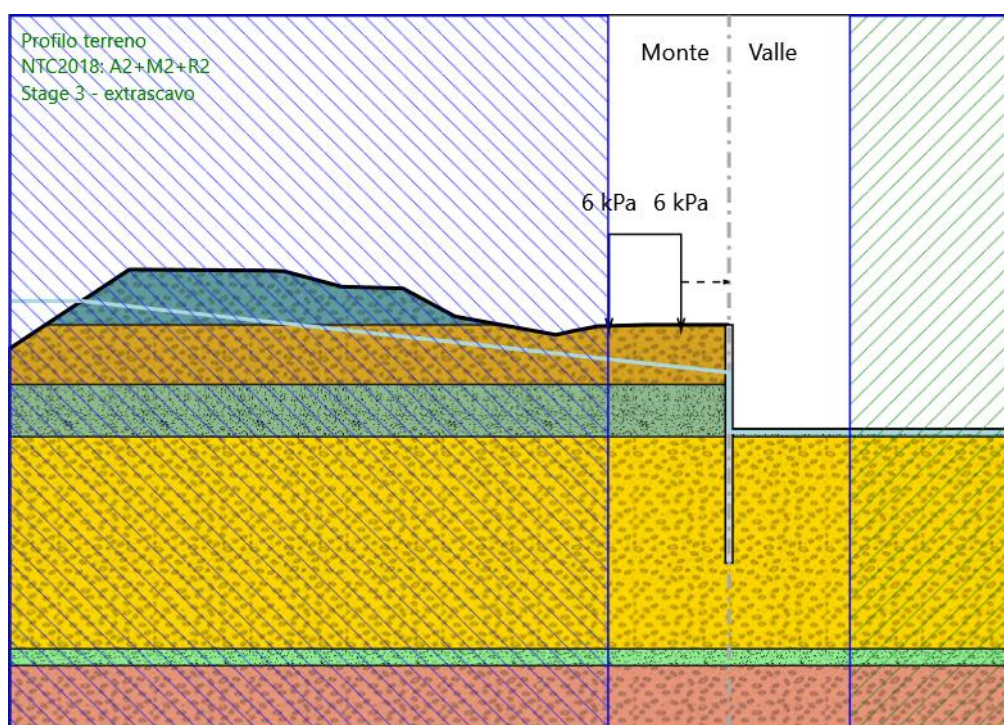
Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Inviluppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

Fasi di Calcolo

**Proprietà analisi di stabilità dei pendii - Design Assumption: NTC2018:
A2+M2+R2 - Stage: Stage 3 - extrascavo**



Metodo di stabilità del pendio: BISHOP

Definizione Superficie Critica: Intervallo

Passo Conci: 0.2

Estremo iniziale sinistro: -30

Estremo finale sinistro: -5

Estremo iniziale destro: 5

Estremo finale destro: 12

Raggio Massimo: 40

Suddivisioni intervallo sinistro: 50

Suddivisioni intervallo destro: 5

Numero Raggi: 12

Grafico Superficie - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Stage 3 - extrascavo

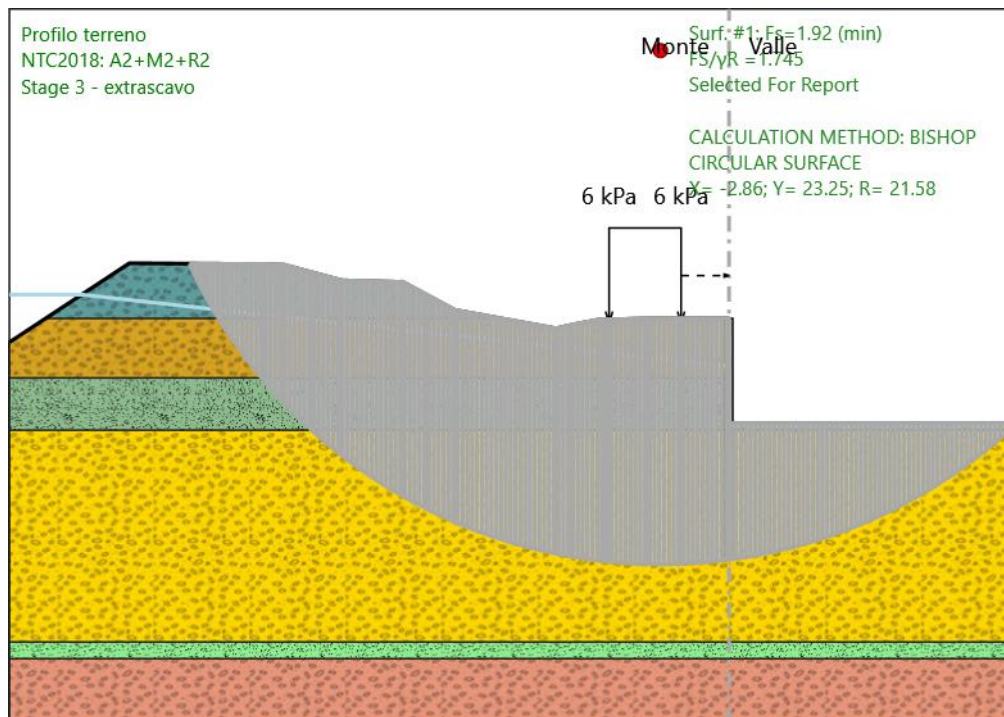


Grafico Superfici Critiche Analizzate - Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R2 - Stage: Stage 3 - extrascavo

