

S.S 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"
TRATTO SPOLETO - ACQUASPARTA
1° stralcio: Madonna di Baiano-Fiorenzuola

SUPPORTO AGGIORNAMENTO PROG. DEFINITIVO

COD. **PG143**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Federico Durastanti
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A844

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
 Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

Il Responsabile di Progetto

Arch. Pianificatore Marco Colazza

Il Responsabile del Procedimento

Dott. Ing.
 Alessandro Micheli

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott.Ing. N.Granieri
 Dott.Arch. N.Kamenicky
 Dott.Ing. V.Truffini
 Dott.Arch. A.Bracchini
 Dott.Ing. F.Durastanti
 Dott.Ing. E.Bartolucci
 Dott.Geol. G.Cerquiglini
 Geom. S.Scopetta
 Dott.Ing. L.Sbrenna
 Dott.Ing. E.Sellari
 Dott.Ing. L.Dinelli
 Dott.Ing. L.Nani
 Dott.Ing. F.Pambianco
 Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini
 Dott. Ing. S.Sacconi
 Dott. Ing. G.Cordua
 Dott. Ing. V.De Gori
 Dott. Ing. C.Consorti
 Dott. Ing. F.Dominici

Dott. Ing. V.Rotisciani
 Dott. Ing. F.Macchioni
 Geom. C.Vischini
 Dott. Ing. V.Piunno
 Dott. Ing. G.Pulli
 Geom. C.Sugaroni



OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTI
VIADOTTO MARROGGIA 1

Viadotto Marroggia 1 - Relazione di calcolo opere provvisionali spalla S2 (farfalla)

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00-VI01-STR-RE10

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

CODICE ELAB.

T00VI01STRRE10

A

-

LOPG143 D 2007

A

Emissione

30/11/2020

L.Sbrenna

F.Durastanti

N.Granieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	OGGETTO E SCOPO	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3	MATERIALI	6
3.1	CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI E PALI	6
3.2	ACCIAIO PER TREFOLI DEI TIRANTI ATTIVI	6
3.3	ACCIAIO DA CARPENTERIA	6
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	7
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	8
6	CRITERI DI PROGETTO	9
7	CRITERI DI MODELLAZIONE	11
7.1	PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA	11
7.2	MODELLI DI CALCOLO	11
7.3	PARATIA	11
7.4	TIRANTI	14
8	ANALISI DEI CARICHI	16
8.1	PESO PROPRIO	16
8.2	SPINTA STATICA DELLE TERRE	16
8.3	SPINTA STATICA DELL'ACQUA	17
8.4	CARICHI VARIABILI	17
9	RISULTATI	17
9.1	VERIFICHE SLU PARETI	17
9.2	VERIFICHE SLU GEO	19
9.3	VERIFICHE SLE	20
9.4	VERIFICHE TIRANTI	21
9.5	VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE	21
10	ALLEGATI	22

1 INTRODUZIONE

1.1 OGGETTO E SCOPO

La presente relazione ha per oggetto l'opera stradale denominata "Strada delle tre valli umbre" che si snoda fra lo svincolo di progetto della S.G.C. E45 in località Acquasparta e lo svincolo della nuova Flaminia (SS.3) in località Eggi per una lunghezza di 20+885 km.

Oggetto della presente relazione sono le analisi e le verifiche statiche delle paratie provvisorie sul viadotto Marroggia, costituita da micropali di diametro 0.24m ed interasse 0.4m. Il tubo in acciaio è CHS139.7*12,5. Le paratie sono caratterizzate da un ordine di tiranti a 3 trefoli posti ad interasse 1.6 m;

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

Si riassumono di seguito le caratteristiche dei tiranti in oggetto.

Tiranti attivi

Diametro di perforazione	160 mm
Trefoli	0.6''
Sezione nominale singolo trefolo	139 mm ²
Inclinazione	20°
Tensione caratteristica di rottura f_{ptk}	1860 MPa
Tensione caratteristica all'1% di deformazione tot. $f_{p(1)k}$	1670 MPa
Tipo	IGU

Si riporta nella tabella seguente i dati necessari alla definizione dei parametri di rigidità dei tiranti.

Ordini tiranti	Interasse Tiranti	Incl.	Tipo iniezione	n. trefoli	Llibera	Lbulbo	Øperforazione	Tiro iniziale
	[m]	[°]			[m]	[m]	[mm]	[kN]
1	1.6	20	IGU	3	9	8	160	150

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

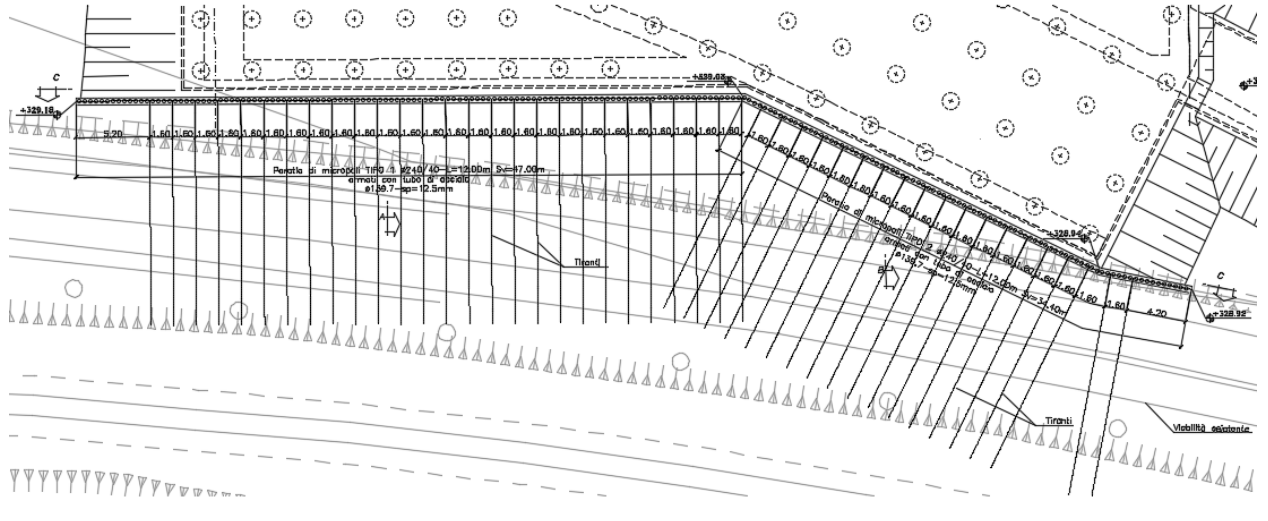


Figura 1.1. Pianta

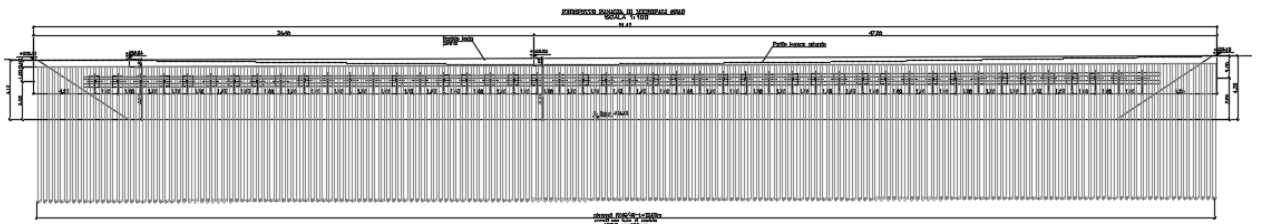


Figura 1.2. Prospetto

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

- L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- UNI EN 206-1:2006 Parte 1: Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- EUROCODICE 7: progettazione geotecnica
- Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

3.1 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI E PALI

Classe di resistenza:	C25/30		
Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	30	N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	24.9	N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} =$	32.9	N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} =$	2.56	N/mm ²
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.07	N/mm ²
Modulo elastico secante medio	$E_{cm} =$	31447	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} =$	1.79	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} =$	3.33	N/mm ²
<i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>	$\gamma_c =$	1.5	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:	$f_{cd} =$	14.1	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU:	$f_{ctd} =$	1.19	N/mm ²
<i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>	$\gamma_c =$	1.0	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:	$f_{cd} =$	24.9	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE:	$f_{ctd} =$	1.79	N/mm ²
Massime tensioni di compressione in esercizio:			
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	14.94	N/mm ²
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	11.21	N/mm ²
Classe di esposizione		XC2	
Copriferro		50	mm
Copriferro pali		60	mm

3.2 ACCIAIO PER TREFOLI DEI TIRANTI ATTIVI

ACCIAIO ARMONICO IN TREFOLI DA 0.6" PER TIRANTI

- DIAMETRO NOMINALE : 0.6"
- SEZIONE NOMINALE : 139 mm²
- TENSIONE CARATTERISTICA ALL'1% DELL'ALLUNGAMENTO : 1670 MP_a
- TENSIONE CARATTERISTICA A ROTTURA : 1860 MP_a

MALTA DI INIEZIONE PER TIRANTI

- RESISTENZA MINIMA CILINDRICA A 28 GG : 25 MP_a

3.3 ACCIAIO DA CARPENTERIA

Acciaio S275 conforme alle prescrizioni del D.M. 17.1.2018 e presentare le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura a trazione $f_t \geq 430$ MPa
- tensione di snervamento $f_y \geq 275$ MPa

Relazione di calcolo opere provvisorie spalla S2 (farfalla)

- allungamento (lamiere) $\epsilon t \geq 21\%$
- modulo elastico $E a = 210.000 \text{ MPa}$

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per il terreno esistente sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche :

Unità U2:

$$\gamma'_k = 21 \text{ kN/m}^3$$

$$c_k' = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi_k' = 32^\circ$$

$$E_k = 4-20 \text{ MPa}$$

Unità U3:

$$\gamma'_k = 21 \text{ kN/m}^3$$

$$c_k' = 10 \text{ kPa}$$

$$\phi_k' = 32^\circ$$

$$E_k = 30-80 \text{ MPa}$$

La falda ha una quota variabile tra 12.0-3.5m da p.c. a seconda della progressiva.

Nel caso in esame si adotta la quota di 5m da p.c..

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

In quanto l'opera è provvisoria, non si applica l'azione sismica

6 CRITERI DI PROGETTO

Per le paratie si devono considerare almeno i seguenti stati limite ultimi:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)
- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- collasso per carico limite verticale;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
- instabilità del fondo scavo per sollevamento;
- sifonamento del fondo scavo;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia,

accertando che la condizione (6.2.1) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R1)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Fermo restando quanto specificato nel § 6.5.3.1.1 per il calcolo delle spinte, per valori dell'angolo d'attrito tra terreno e parete $\delta > \phi'/2$ ai fini della valutazione della resistenza passiva è necessario tener conto della non planarità delle superfici di scorrimento.

Relazione di calcolo opere provvisoriale spalla S2 (farfalla)

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

Tabella 6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (Tab. 6.2.I NTC2018).

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

Tabella 6.2 – parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab.6.2.II NTC2018).

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Tabella 6.3 – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo (Tabella 6.8.I – NTC 2018).

7 CRITERI DI MODELLAZIONE

7.1 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA

Lo stato tenso-deformativo della paratia è stato investigato mediante il software di calcolo PARATIEPLUS.

7.2 MODELLI DI CALCOLO

Lo stato tenso-deformativo dell'opera è stato investigato mediante il software di calcolo PARATIE PLUS, programma non lineare agli elementi finiti per l'analisi di strutture di sostegno flessibili.

Si è considerato un comportamento piano nelle deformazioni, analizzando una striscia di parete di larghezza unitaria. La realizzazione dello scavo sostenuto da paratie è seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una quota di scavo, da un insieme di puntoni e tiranti applicati e da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

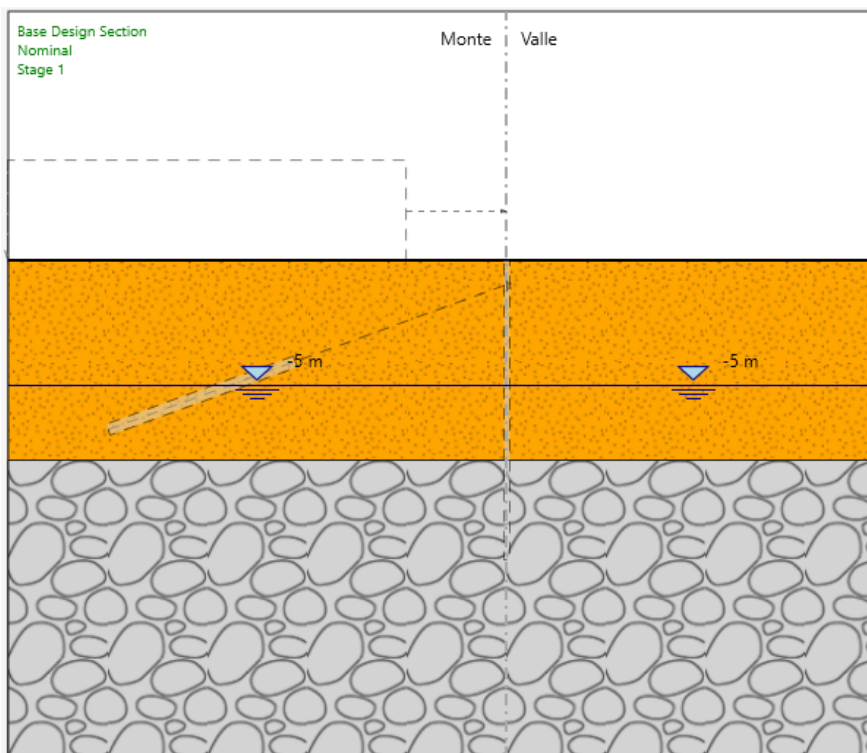
7.3 PARATIA

La paratia è costituita micropali D240 interasse 0.4m. L= 12 m.

Si incrementa l'altezza di scavo secondo quanto riportato al cap.6.5.2.2 delle NTC (4.3m+0.5m= 4.8m).

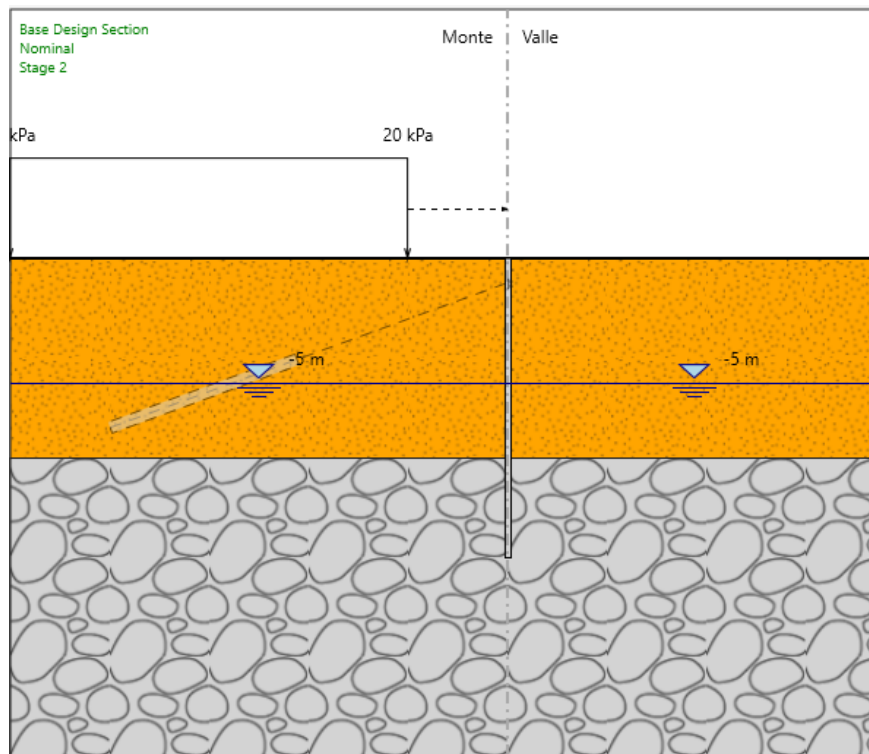
Nella modellazione è implementata la seguente successione di step:

Step 1. Inizializzazione geostatica.

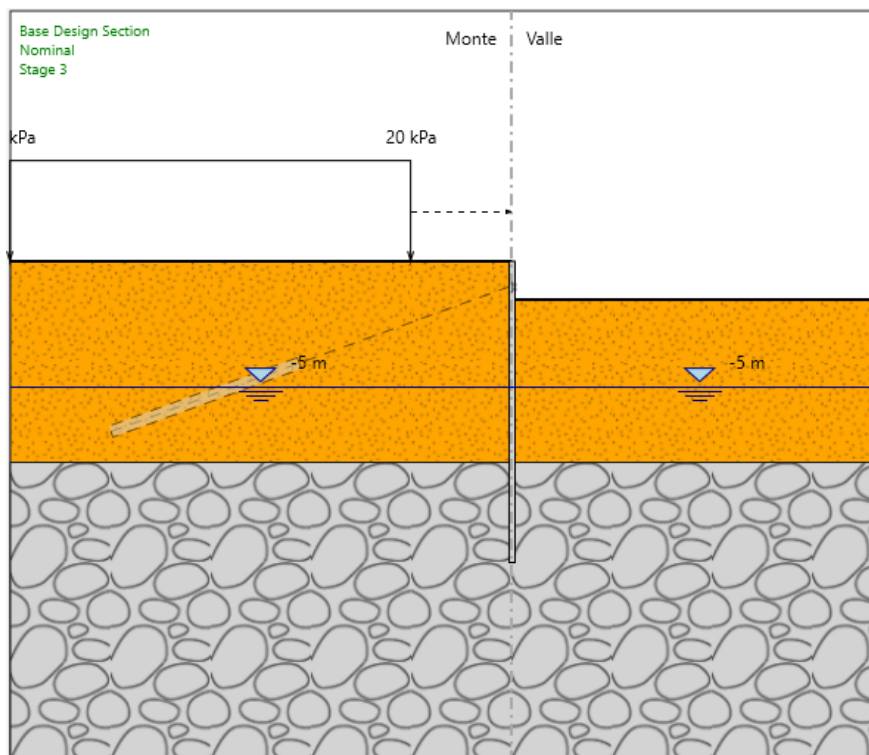


Step 2. Esecuzione paratia.

Relazione di calcolo opere provvisorie spalla S2 (farfalla)

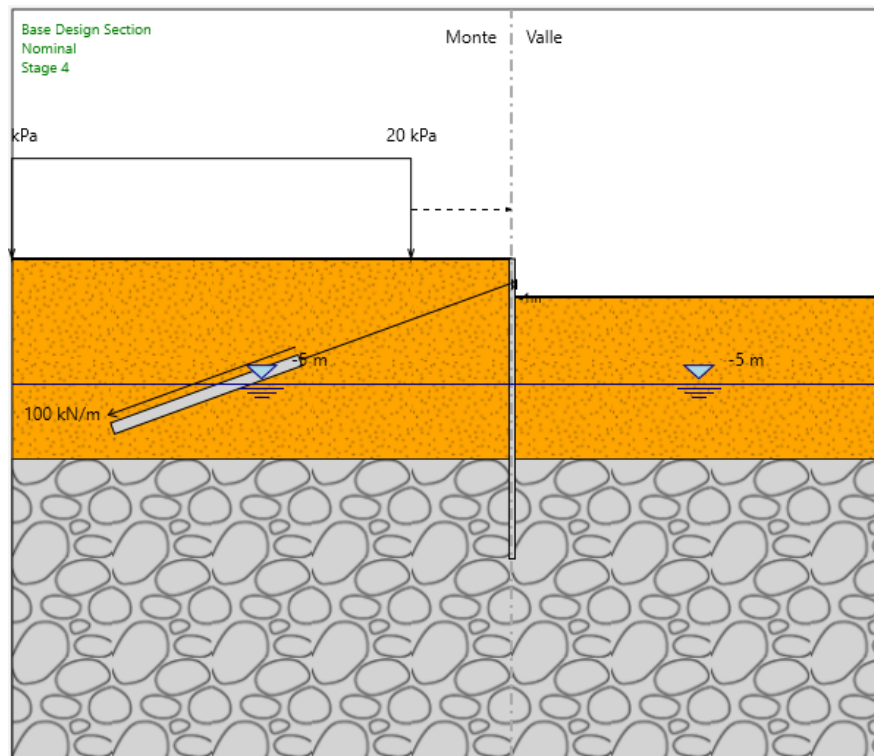


Step 3. Scavo intermedio.

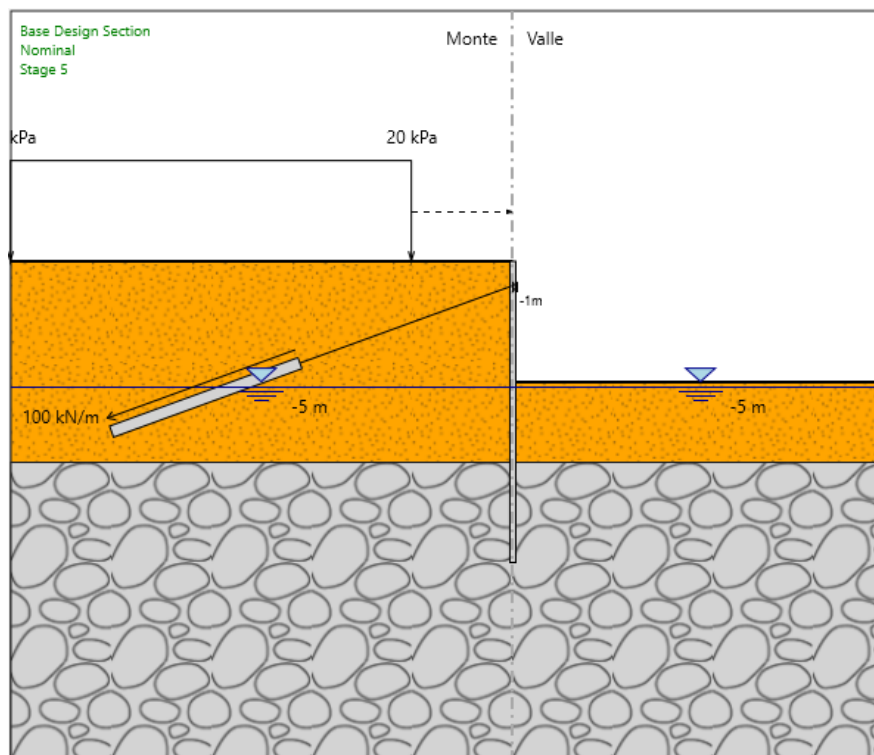


Step 4. Inserimento tirante.

Relazione di calcolo opere provvisionali spalla S2 (farfalla)



Step 5. Scavo finale.



Relazione di calcolo opere provvisionali spalla S2 (farfalla)

7.4 TIRANTI

La lunghezza libera dei tiranti è calcolata imponendo che l'ancoraggio sia posizionato oltre la potenziale superficie di rottura inclinata di $45 + \varphi/2$ sull'orizzontale.

Il dimensionamento geotecnico ed in particolare la verifica allo sfilamento della fondazione dell'ancoraggio è stata svolta confrontando la massima azione di progetto sviluppata in tutti gli stage di analisi, con la resistenza di progetto, in accordo a quanto previsto dalle NTC2018 paragrafo 6.6.2 e 7.11.6.3.

La resistenza allo sfilamento T_{lim} è calcolata in base alla seguente relazione:

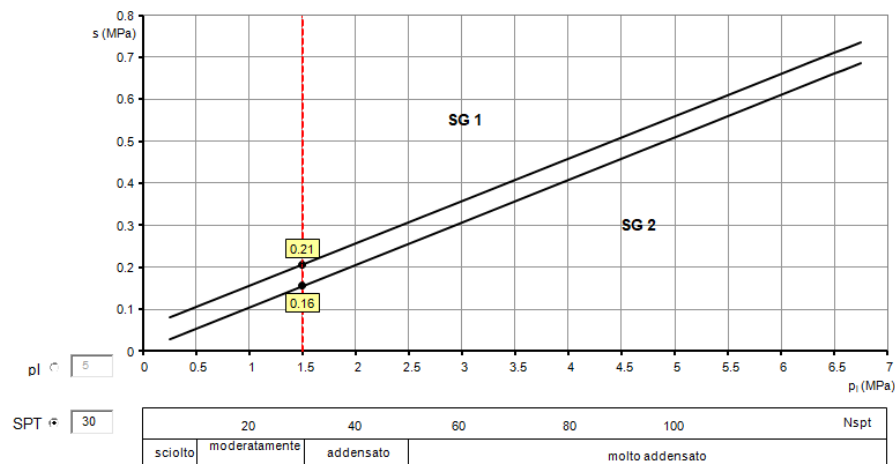
$$T_{lim} = \pi \Phi_{perf} \alpha L_{fond} \tau_{lim}$$

in cui:

- Φ_{perf} = diametro della perforazione;
- α = coefficiente moltiplicativo per il calcolo del diametro del bulbo;
- L_{fond} = lunghezza di ancoraggio di progetto;
- τ_{lim} = tensione limite allo sfilamento (dipendente dai terreni interessati).

La tensione limite τ_{lim} di progetto è stata calcolata nel rispetto delle NTC2018 (§ 6.6.2), considerando valori di aderenza limite associabili a terreni moderatamente compatti, come indicato nell'abaco riportato di seguito, in cui la curva SG.1 è valida per bulbi realizzati con iniezioni ripetute (IRS), mentre la curva SG.2 per bulbi realizzati iniezioni semplici (IGU).

Abaco per il calcolo di s per sabbie e ghiaie



Il valore di aderenza limite assunto conservativamente nelle verifiche geotecniche è pari a 120 kPa .

Relazione di calcolo opere provvisionali spalla S2 (farfalla)

TERRENO	Valori di α	
	IRS	IGU
Ghiaia	1.8	1.3 - 1.4
Ghiaia sabbiosa	1.6 - 1.8	1.2 - 1.4
sabbia ghiaiosa	1.5 - 1.6	1.2 - 1.3
Sabbia grossa	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2
Sabbia media	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2
Sabbia fine	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2
Sabbia limosa	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2
Limo	1.4 - 1.6	1.1 - 1.2
Argilla	1.8 - 2.0	1.2
Marne	1.8	1.1 - 1.2
Calcari marnosi	1.8	1.1 - 1.2
Calcari alterati o fratturati	1.8	1.1 - 1.2
Roccia alterata e/o fratturata	1.2	1.1

Il coefficiente α per la determinazione del diametro del bulbo nei terreni in esame è assunto pari a 1,1.

8 ANALISI DEI CARICHI

8.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio della struttura è calcolato in base alla geometria degli elementi strutturali e al peso specifico assunto per i materiali:

$$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$$

8.2 SPINTA STATICA DELLE TERRE

Nel modello di calcolo impiegato dal software di calcolo PARATIE, la spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra terreno e la struttura deformabile a partire da uno stato di spinta a riposo del terreno sulla paratia.

I parametri che identificano il tipo di legge costitutiva possono essere distinti in due sottoclassi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo K_0 , il coefficiente di spinta attiva K_a e il coefficiente di spinta passiva K_p .

Il coefficiente di spinta a riposo fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace σ'_h a quella verticale σ'_v attraverso la relazione:

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v$$

K_0 dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace ϕ' e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

$$K_0 = K_0^{NC} \cdot (\text{OCR})^m$$

dove

$$K_0^{NC} = 1 - \tan \phi'$$

è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ($\text{OCR}=1$). OCR è il grado di sovraconsolidazione e m è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.

I coefficienti di spinta attiva e passiva sono forniti dalla teoria di Rankine per una parete liscia dalle seguenti espressioni:

$$K_a = \tan^2(45 - \phi'/2)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi'/2)$$

Per tener conto dell'angolo di attrito δ tra paratia e terreno il software PARATIE impiega per K_a e K_p la formulazione rispettivamente di Coulomb e Lancellotta.

Formulazione di Coulomb per k_a

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' - i)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - i)}} \right]^2}$$

dove:

φ' è l'angolo di attrito del terreno

β è l'angolo d'inclinazione del diaframma rispetto alla verticale

δ è l'angolo di attrito paratia-terreno

i è l'angolo d'inclinazione del terreno a monte della paratia rispetto all'orizzontale

Il valore limite della tensione orizzontale sarà pari a

$$\sigma'_h = K_a \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_a}$$

$$\sigma'_h = K_p \cdot \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_p}$$

a seconda che il collasso avvenga in spinta attiva o passiva rispettivamente. c' è la coesione drenata del terreno.

Formulazione di Lancellotta per k_p

$$K_p = \left[\frac{\cos \delta}{1 - \sin \Phi'} (\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \Phi' - \sin^2 \delta}) \right] e^{2\theta \tan \Phi'}$$

dove:

$$2\theta = \sin^{-1} \left(\frac{\sin \delta}{\sin \Phi'} \right) + \delta$$

8.3 SPINTA STATICA DELL'ACQUA

La spinta dell'acqua è proporzionale alla profondità a partire dalla quota di falda. La falda è posta a 5.0m da p.c..

8.4 CARICHI VARIABILI

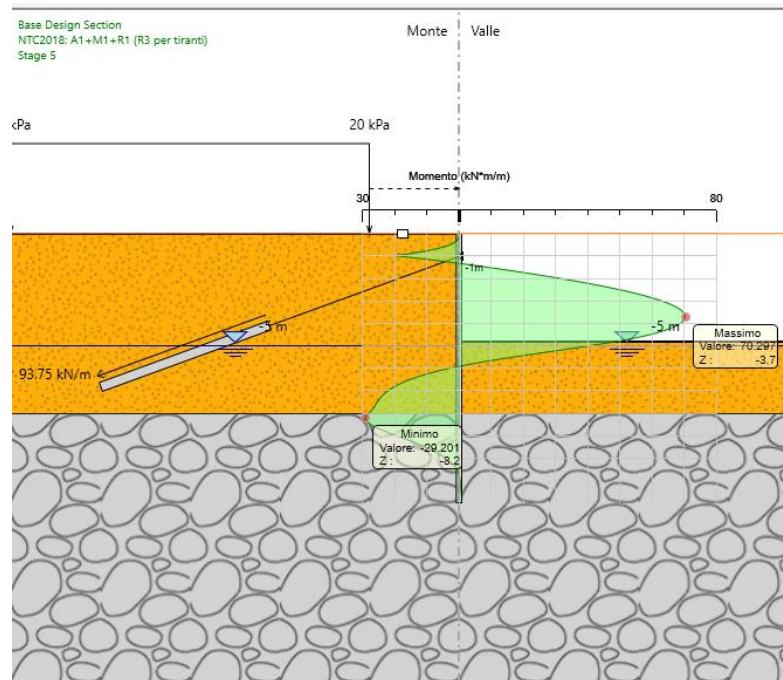
Per simulare la presenza di mezzi si applica a monte un carico di 20 kPa.

9 RISULTATI

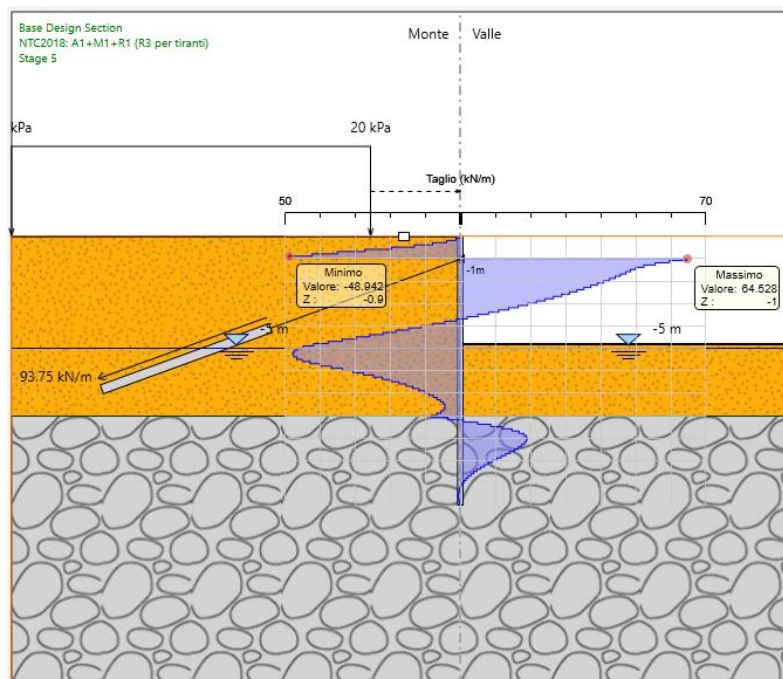
9.1 VERIFICHE SLU PARETI

Dall'involuppo del momento flettente si osserva che il massimo valore risulta pari a 71 kNm/m.

Relazione di calcolo opere provvisionali spalla S2 (farfalla)



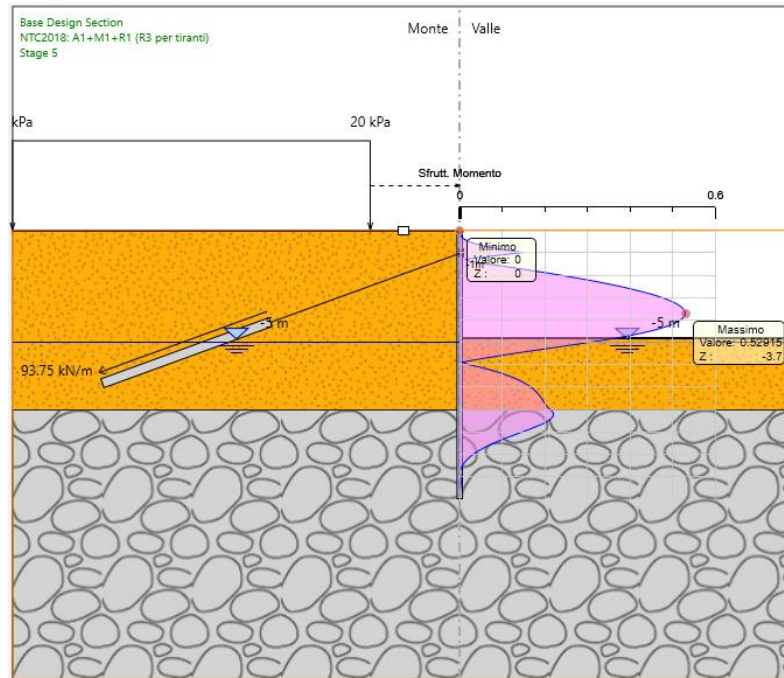
Dall'involuppo del taglio si osserva che il massimo valore risulta pari a 64 kN/m.



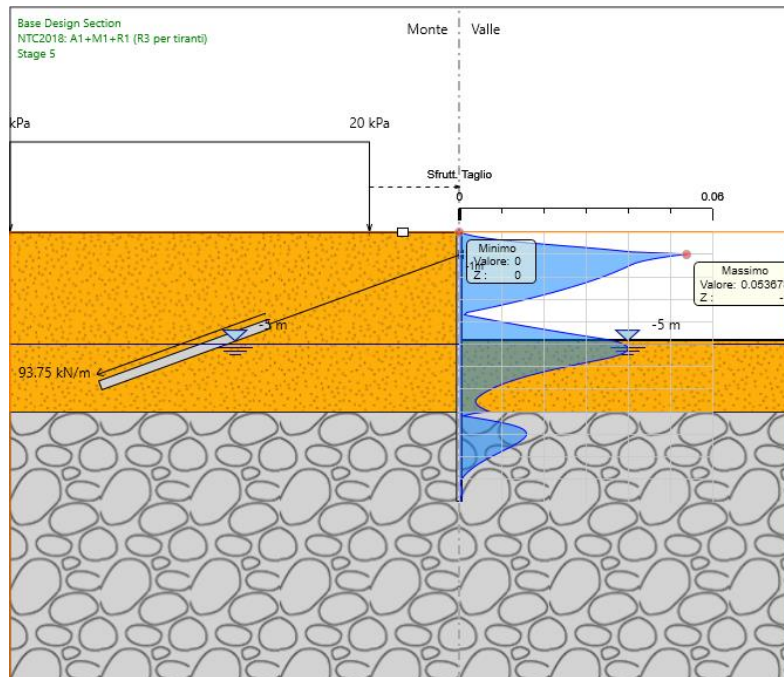
Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali dei pali a flessione e a taglio condotte mediante l'ausilio di Paratie plus. In particolare si riportano i diagrammi dei tassi di sfruttamento, ottenuti come rapporto tra sollecitazione presente e resistenza disponibile in ogni sezione.

Tasso di sfruttamento a momento T.S.F.max = 0.53 < 1

Relazione di calcolo opere provvisionali spalla S2 (farfalla)



Tasso di sfruttamento a taglio T.S.F.max = 0.054 < 1



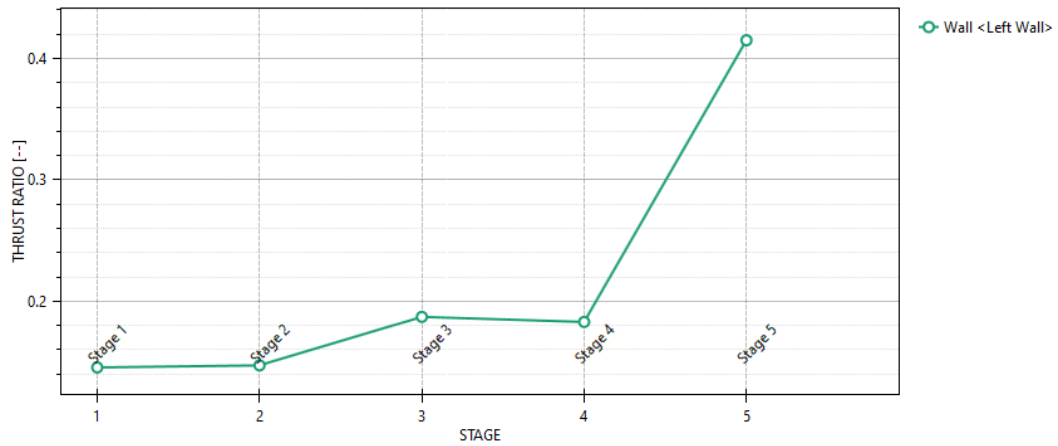
9.2 VERIFICHE SLU GEO

Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa il 41%.

Relazione di calcolo opere provvisionali spalla S2 (farfalla)

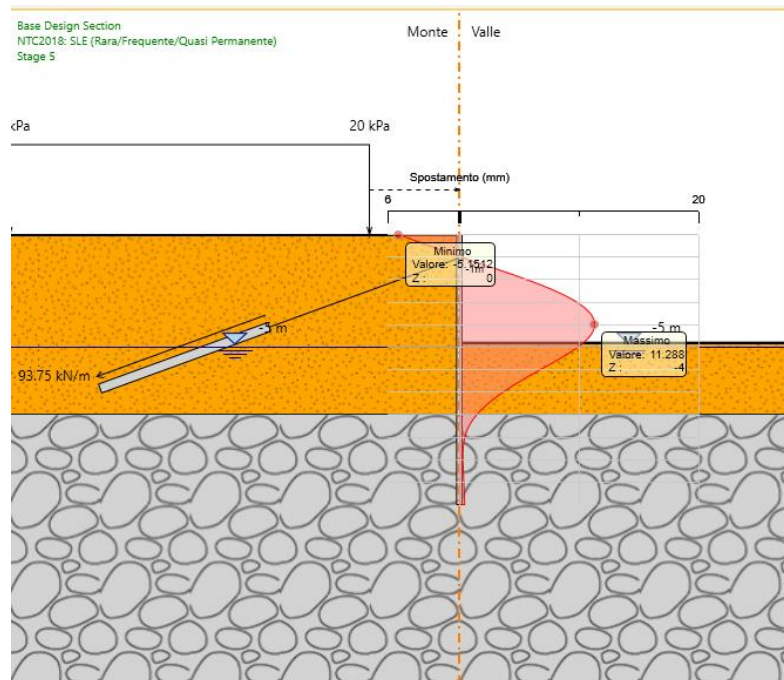
Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <NTC2018: A2+M2+R1>



9.3 VERIFICHE SLE

Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione SLE si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia vale 11.3 mm:



9.4 VERIFICHE TIRANTI

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) ▼

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	Gerarchia delle Resistenze	
Tieback	Stage 4	195	268.08	605.56	0.727	0.322	✓	✓	
Tieback	Stage 5	203.01	268.08	605.56	0.757	0.335	✓	✓	

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	Gerarchia delle Resistenze	
Tieback	Stage 4	150	268.08	605.56	0.56	0.248	✓	✓	
Tieback	Stage 5	163.75	268.08	605.56	0.611	0.27	✓	✓	

9.5 VERIFICHE TRAVI DI RIPARTIZIONE

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) ▼

Travi di Ripartizione	Connessione	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento Momento	Sfruttamento Taglio	Instabilità
Default Waler	Tieback	HE 180B	S275	1.6	NTC2018: SLE (Stage 4	93.75	0	0.093	0.17	0
Default Waler	Tieback	HE 180B	S275	1.6	NTC2018: SLE (Stage 5	97.58	0	0.096	0.177	0



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

STRADA DELLE TRE VALLI UMBRE
Tratto Eggi-Acquasparta - 1° Stralcio Baiano-Firenzuola

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo opere provvisorie spalla S2 (farfalla)

10 ALLEGATI

11

12 Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

13 Tipo : HORIZONTAL
Quota : 0 m
OCR : 1

14 Tipo : HORIZONTAL
Quota : -8 m
OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	c_v	ϕ	c'	Su	Modulo	Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	°	°	kPa	kPa			kPa	kPa	kPa				kPa		kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³	
1	U2	21	21	32				0		Constant		20000	32000											
2	U3	21	21	30				10		Constant		50000	150000											

15

16 Descrizione Pareti

17 X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Muro di sinistra

18 Sezione : micropali

Area equivalente : 0.0275676624600133 m

Inerzia equivalente : 0.0001 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.4 m

Diametro : 0.24 m

Efficacia : 1

Materiale acciaio : S275

Sezione : CHS139.7*12.5

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.4 m

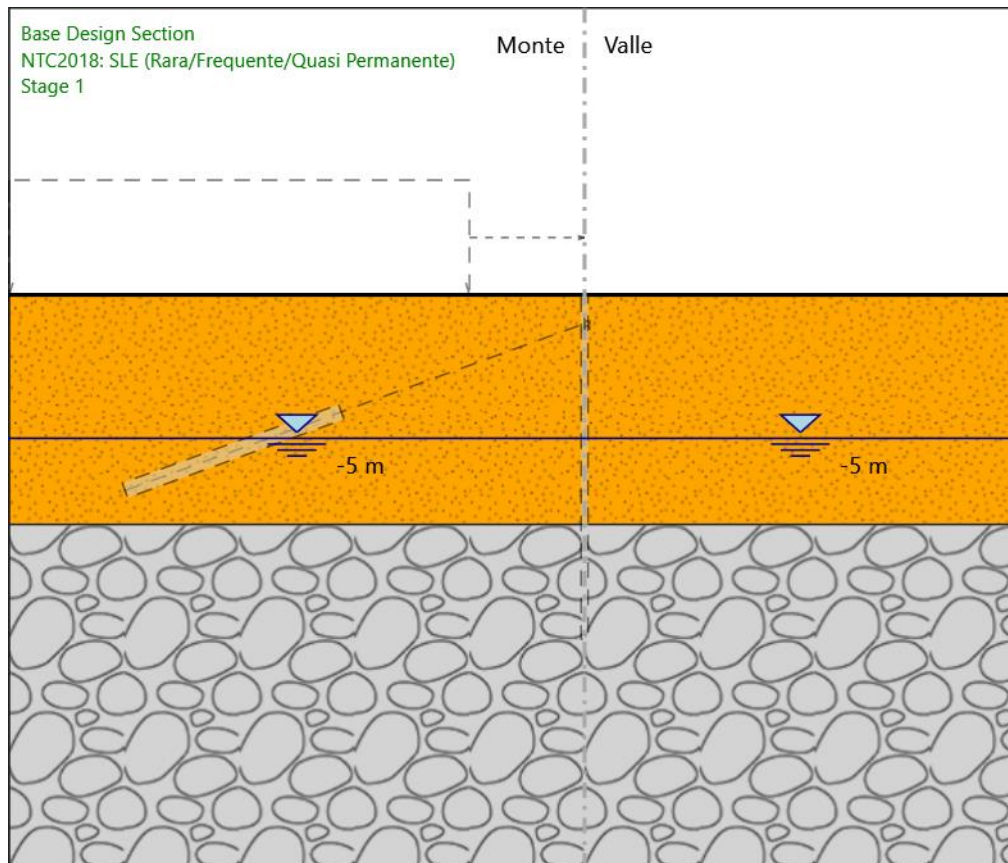
Spessore : 0.0125 m

Diametro : 0.1397 m

19

20 Fasi di Calcolo

21 Stage 1



22

23

24 Stage 1

25 Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

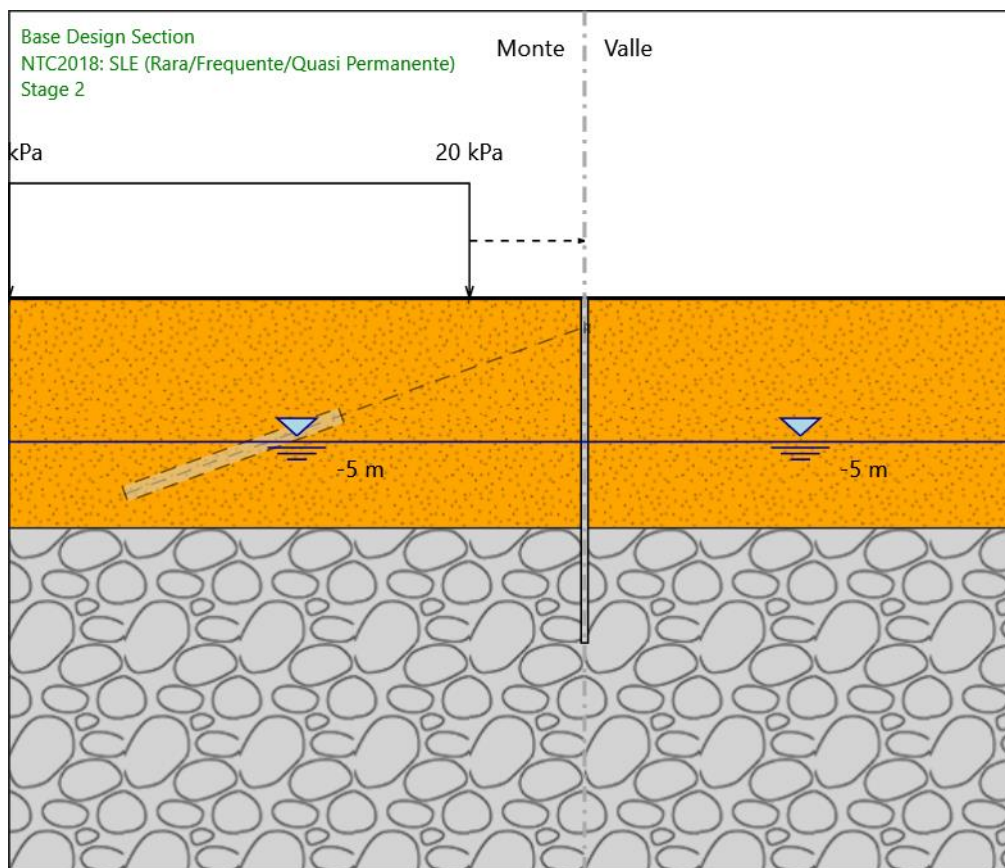
26 Falda acquifera
Falda di sinistra : -5 m
Falda di destra : -5 m

27

28

29

30 Stage 2



31

32

33 Stage 2

34 Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Relazione di calcolo opere provvisorie spalla S2 (farfalla)

35 Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

36 Carichi

Carico lineare in superficie : Q

X iniziale : -20 m

X finale : -4 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

37 Elementi strutturali

Paratia : paratia

X : 0 m

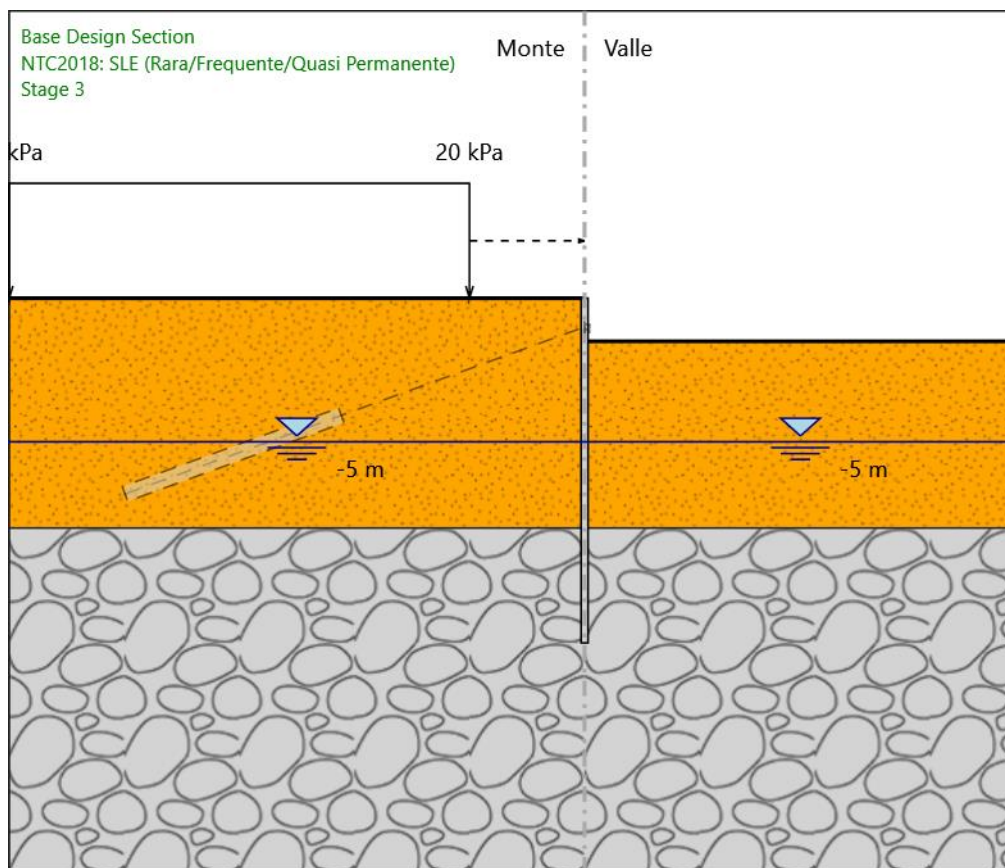
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : micropali

38

39 Stage 3



40

41

42 Stage 3

43 Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-1.5 m

Relazione di calcolo opere provvisoriale spalla S2 (farfalla)

44 Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

45 Carichi

Carico lineare in superficie : Q

X iniziale : -20 m

X finale : -4 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

46 Elementi strutturali

Paratia : paratia

X : 0 m

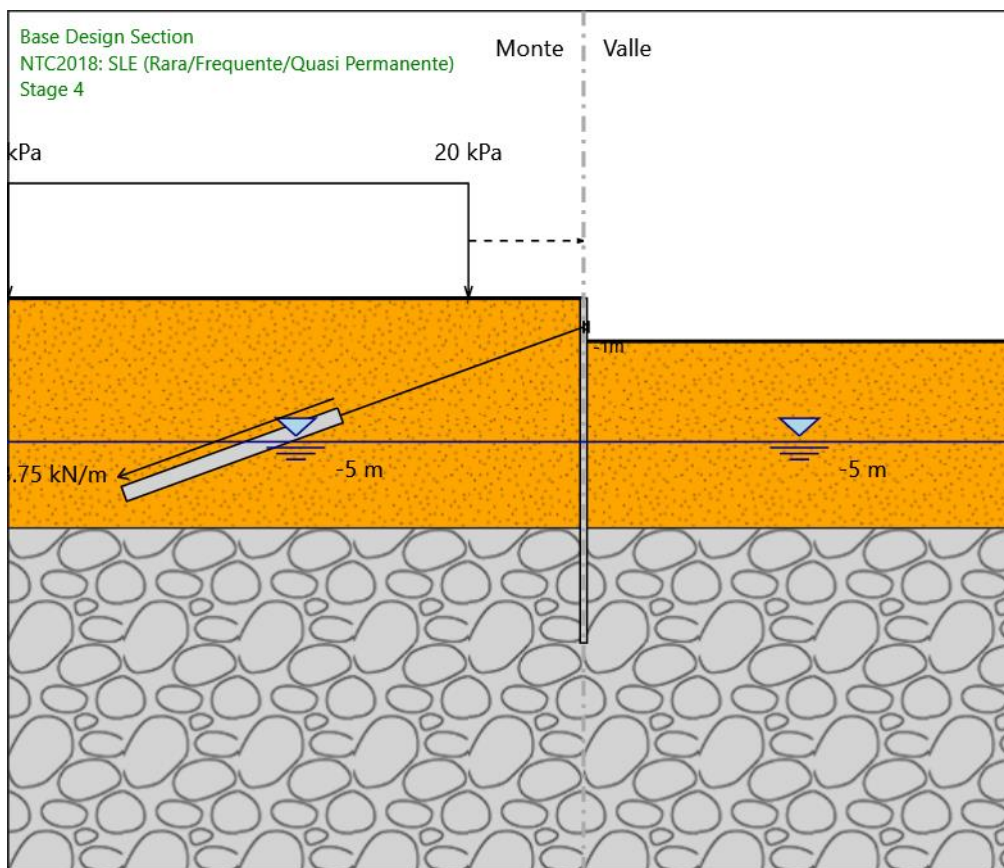
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : micropali

47

48 Stage 4



49

50

51 Stage 4

52 Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-1.5 m

Relazione di calcolo opere provvisorie spalla S2 (farfalla)

53 Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

54 Carichi

Carico lineare in superficie : Q

X iniziale : -20 m

X finale : -4 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

55 Elementi strutturali

Paratia : paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

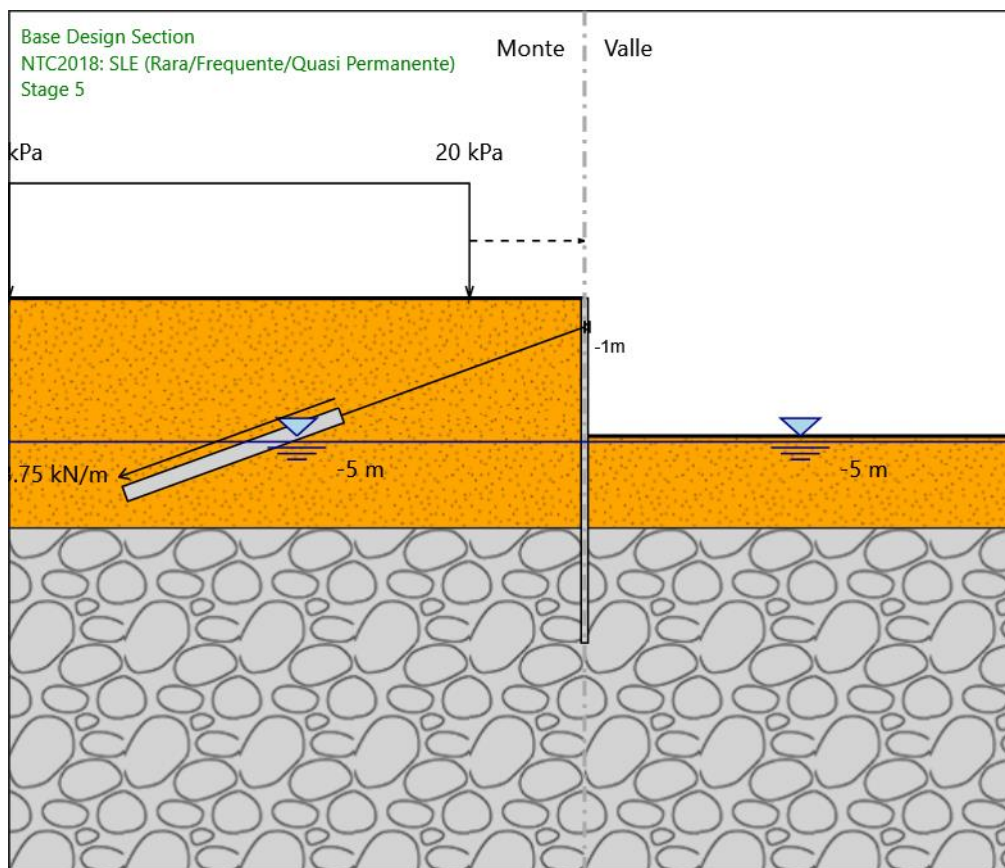
Quota di fondo : -12 m

Sezione : micropali

Relazione di calcolo opere provvisionali spalla S2 (farfalla)

56

57 Stage 5



58

59

60 Stage 5

61 Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4.8 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-4.8 m

Relazione di calcolo opere provvisorie spalla S2 (farfalla)

62 Falda acquifera

Falda di sinistra : -5 m

Falda di destra : -5 m

63 Carichi

Carico lineare in superficie : Q

X iniziale : -20 m

X finale : -4 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

64 Elementi strutturali

Paratia : paratia

X : 0 m

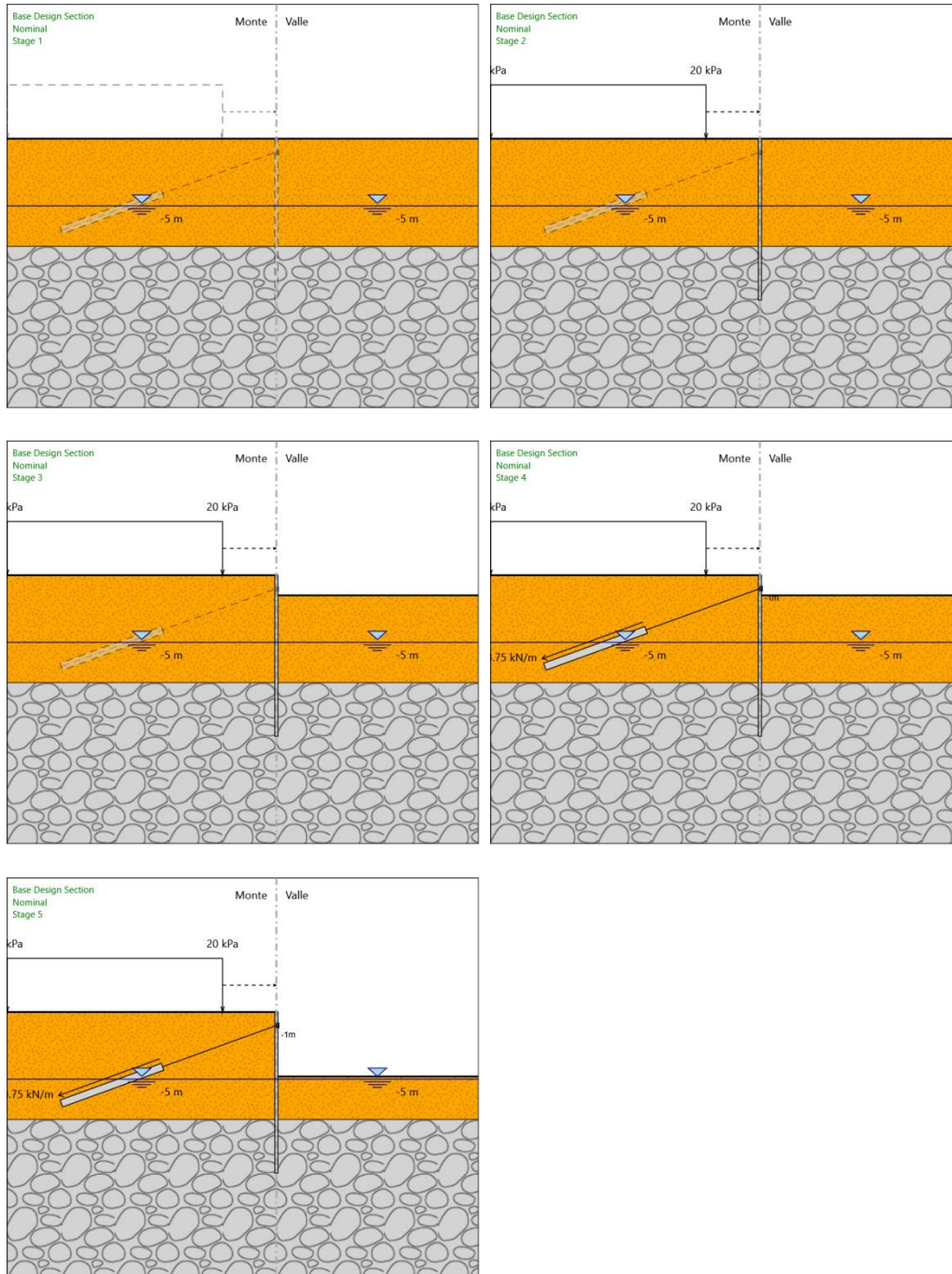
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : micropali

65

66 Tabella Configurazione Stage (Nominal)



67

68 Descrizione Coefficienti Design Assumption

69

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_loa _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)	Pressio ni Acqua Lato Valle (F_Wat erRes)	Carichi Perman enti Destabili zzanti (F_UPL_ _GStab)	Carichi Perman enti Stabiliz zanti (F_UPL_ _GStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_UPL_ QDStab)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_HYD_ _GStab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_HYD_ _GStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_HYD_ QDStab)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequ ente/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

70

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

71

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

72

73 Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

74

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5
-------------------	---------	---------	---------	---------	---------

Relazione di calcolo opere provvisorie spalla S2 (farfalla)

NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) V

NTC2018: A2+M2+R1

75

76 Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

77 Tabella Inviluppi Momento paratia

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: paratia
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)

78

79 Tabella Involuppi Taglio paratia

Selected Design Assumptions	Involuppi: Taglio	Muro: paratia
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)

80

81 Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 1	Left Wall	LEFT	10.65
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 1	Left Wall	RIGHT	10.65

82

83 Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva
				%
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 1	Left Wall	LEFT	176.05
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 1	Left Wall	RIGHT	176.05

84

85 Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

86

Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

87

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

88

89 Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

90

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)					
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)				V	
NTC2018: A2+M2+R1					

91

92 Risultati SteelWorld

93 Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

94

95 Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

96

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

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)		Tipo Risultato:			NTC2018 (ITA)			Gerarchia delle Resistenze
Tirante	Verifiche Tiranti	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR		
	Stage							
Tieback	Stage 4	150	530.804	605.557	0.283	0.248		
Tieback	Stage 5	156.129	530.804	605.557	0.294	0.258		

98

99 Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)		Tipo Risultato: Verifiche Tiranti			NTC2018 (ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 4	195	268.083	605.557	0.727	0.322		
Tieback	Stage 5	203.009	268.083	605.557	0.757	0.335		

100

101 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
Tieback	Stage 4	150	268.083	605.557	0.56	0.248		
Tieback	Stage 5	163.75	268.083	605.557	0.611	0.27		

102

103 Involuppo 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
Tieback	Stage 5	203.009	268.083	605.557	0.757	0.335			NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

104

105 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 momento	Ratio taglio	Instabilità	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S275	Stage 4	93.75	0	0	0	0	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S275	Stage 5	97.58	0	0	0	0	

106

107

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

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)		Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione		NTC2018 (ITA)						
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio momento	Ratio taglio	Instabilità	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S275	Stage 4	93.75	0	0.093	0.17	0	
Default Waler	Tieback	HE 180B	S275	Stage 5	97.58	0	0.096	0.177	0	

109

110

111 Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: NTC2018: Tipo Risultato: Verifiche NTC2018									
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Travi di Ripartizione	NTC2018 (ITA)		Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio momento	Ratio taglio	Instabilità	
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Materiale	Stage					
Default Waler	Tieback	HE 180B	S275	Stage 4	121.875	0	0.12	0.221	0
Default Waler	Tieback	HE 180B	S275	Stage 5	126.881	0	0.125	0.23	0

112

113

114 Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1 Trave di Ripartizione	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione Elemento strutturale	NTC2018 (ITA) Sezione	Materiale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio momento	Ratio taglio	Instabilità
Default Waler	Tieback	HE 180B	S275	Stage 4	93.75	0	0.093	0.17	0
Default Waler	Tieback	HE 180B	S275	Stage 5	102.344	0	0.101	0.186	0

115