

S.S.131 "Carlo Felice"
 Completamento itinerario Sassari – Olbia.
 Potenziamento e messa in sicurezza S.S.131
 dal km 192+500 al km 209+500.
 2° Lotto dal km 202+000 al km 209+500

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA357

PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma A27296)

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*
 Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*
 Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*
 Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma 15138)

RESPONSABILE SIA:

Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Salvatore Frasca

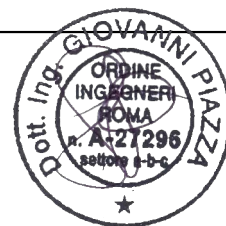
GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

MANDANTI:




**OPERE D'ARTE MAGGIORI
 GALLERIE
 GALLERIA ARTIFICIALE_GA02**



Opere provvisionali – Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	CA357_P00GA02GETRE01_A.			
DPCA0357	D 20	CODICE ELAB.	P00GA02GETRE01	A	-
D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B		-	-	-	-
A	EMISSIONE	GIU. 2021	A. SCHIRRIPA	G.PIAZZA	G.PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO


SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

INDICE

1	GENERALITA'	3
1.1	OGGETTO	3
1.2	DESCRIZIONE DELLE OPERE	5
1.3	DESCRIZIONE DELLE SEZIONI DI CALCOLO	7
2	NORMATIVE E RIFERIMENTI	8
3	NORME TECNICHE	8
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO	9
4.1	CALCESTRUZZI	9
4.1.1	<i>Caratteristiche ai fini della durabilità</i>	9
4.1.2	<i>Copriferrini nominali</i>	10
4.1.3	<i>Resistenze di progetto</i>	12
4.2	ACCIAIO IN BARRE PER CEMENTO ARMATO E RETI ELETTRICALI	12
4.2.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	12
4.2.2	<i>Resistenze di progetto</i>	13
4.3	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA	13
4.3.1	<i>Acciaio per micropali</i>	13
4.3.2	<i>Acciaio per travi di ripartizione</i>	14
4.3.3	<i>Acciaio per trefoli</i>	14
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	15
5.1	STRATIGRAFIE DI CALCOLO	15
6	CRITERI DI VERIFICA DELLE PARATIE	16
6.1	MODELLO DI CALCOLO	16
6.2	COEFFICIENTI DI SPINTA	17
6.3	STORIE DI CARICO	19
6.4	METODOLOGIA DI CALCOLO	20

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

6.4.1	Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)	20
6.4.2	Verifiche dei tiranti.....	21
6.4.3	Verifiche della trave porta tiranti	24
6.4.4	Verifiche di stabilità globale del complesso paratia-terreno	24
7	ANALISI DEI CARICHI	26
7.1	ANALISI ESEGUITE	26
7.2	AZIONE SISMICA.....	26
7.3	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI	28
7.4	SPINTA DELLE TERRE	28
7.5	CARICHI ACCIDENTALI	28
7.6	COMBINAZIONI DELLE AZIONI.....	28
8	RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE.....	30
8.1	RISULTATI DEL CALCOLO	30
8.2	VERIFICHE MICROPALI	30
8.2.1	Verifiche strutturali (A1+M1).....	30
8.2.2	Verifiche geotecniche del grado di mobilitazione della spinta passiva (A2+M2) 30	
8.2.3	Verifiche SLE	30
8.2.4	Verifiche di stabilità globale.....	31
8.3	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI ANCORAGGIO E CONTRASTO	32
8.3.1	Verifiche strutturali (A1+M1) e geotecniche (A2+M2) dei tiranti attivi e passivi	32
8.3.2	Verifiche strutturali travi di contrasto.....	32
8.3.3	Verifiche del cordolo in c.a.	33
9	ALLEGATI	40
9.1	ALLEGATO 1 - PARATIA TIPO M1	40

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

1 GENERALITA'

1.1 Oggetto

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche strutturali e geotecniche effettuate per la progettazione delle **paratie provvisionali** in corrispondenza della **Galleria Artificiale GA02 – asse destro**, dalla progressiva **Pk. 3+375.80** alla progressiva **Pk. 3+493.28**, previsto nell'ambito dei lavori di realizzazione della "S.S. 131 Carlo Felice – Completamento itinerario Sassari-Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 – 2° lotto dal km 202 al km 209+500".

I calcoli e le verifiche strutturali di resistenza relative alle sezioni più sollecitate sono stati elaborati utilizzando lo schema statico bidimensionale nel rispetto del metodo semiprobabilistico agli stati limite. Gli stati limite di tipo geotecnico vengono verificati secondo l'equilibrio limite.

Le analisi e le verifiche statiche sono condotte conformemente al livello di Progettazione Definitiva di cui trattasi e mirano al dimensionamento degli elementi principali per consentirne una piena definizione dal punto di vista prestazionale ed economico (§art. 26 e 29 D.P.R. 5/10/2010, n°207).

Le analisi e le verifiche degli aspetti di dettaglio, saranno sviluppate nella successiva fase di Progettazione Esecutiva.

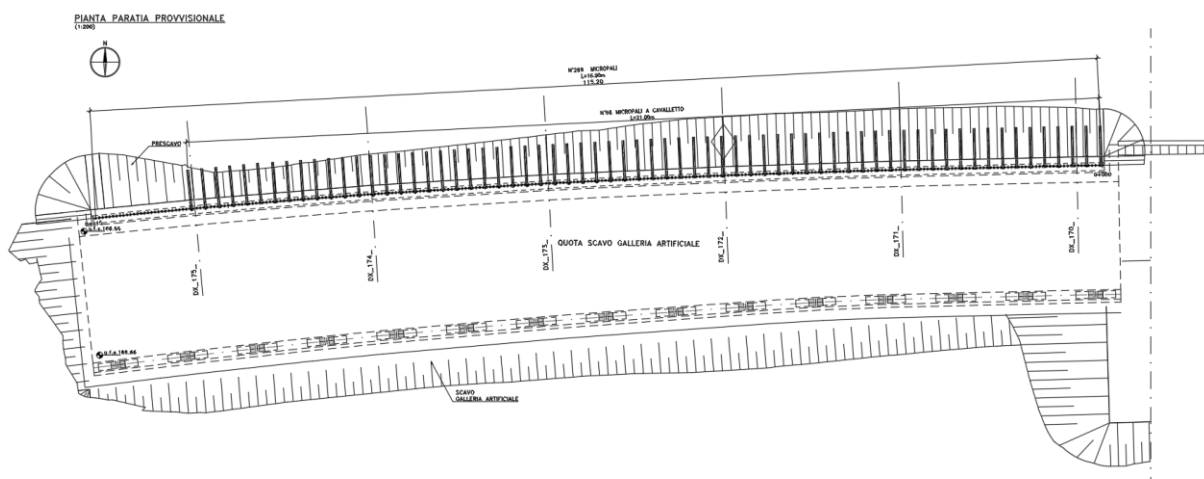


Figura 1.1 Pianta Paratia – Galleria artificiale GA02

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

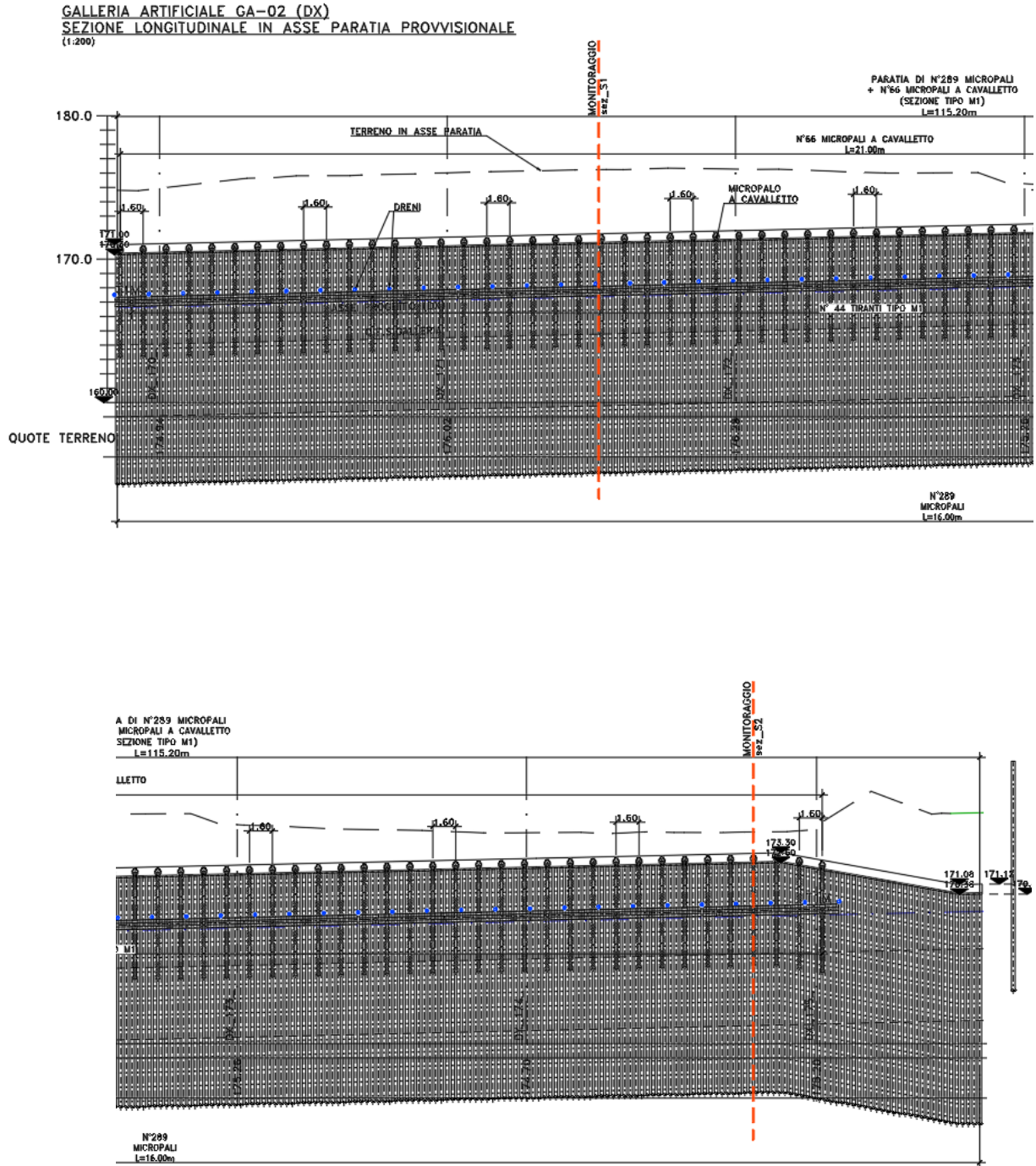



Figura 1.2 Prospetto Paratia – Galleria artificiale GA02

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

1.2 Descrizione delle opere

Le opere oggetto della presente relazione sono le paratie di micropali da realizzarsi come opere di sostegno a carattere provvisoriale durante l'esecuzione dei lavori in oggetto.

Al di sopra dei vari ordini di tiranti delle paratie, si prevede l'inserimento di tubi microfessurati di diametro $\Phi 60$ mm, lunghezza 20.0 m, posti ad interasse $i=2.40$ m con inclinazione di 2° e tali da garantire il progressivo abbassamento del livello di falda (se presente) in corrispondenza della quota stessa dei dreni, durante le operazioni di scavo. In tal modo, in ciascuna fase di scavo intermedia, la quota del livello di falda rispetto al fondo scavo risulta pari all'interasse verticale dei tiranti (3.50 m) più 1.0 m (esclusa al più la prima fase, a cui è associato il livello di falda in-situ). Nello specifico:

- **TIPO M1:** paratia di micropali con un ordine di tiranti attivi e micropali a cavaletto (tirante passivo).

La paratia è costituita da micropali $\Phi 240$ mm di lunghezza di $L_m=15.6$ m, armati con tubolare in acciaio $\Phi 168.3$ mm spessore 12.5 mm e lunghezza di $L_t=16.0$. I micropali verticali sono posti ad un interasse $i = 0.40$ m.

I micropali inclinati di 25° hanno diametro $\Phi 220$ mm e lunghezza totale di $L_t=21.0$ m (con bulbo di lunghezza 8.00 m), sono armati con tubolare in acciaio $\Phi 114.3$ mm di spessore 10.0 mm e sono posti ad un interasse $i = 1.60$ m.

I tiranti attivi a trefoli con $\Phi 150$ mm, sono inclinati di 30° e posti ad un interasse $i_t=2.40$ m. Ogni tirante con quattro trefoli, da 0.6", di lunghezza totale 21.00 m (di cui il bulbo da 12.0 m) è posto ad una distanza di 4.0 m da estradosso cordolo. I tiranti sono contrastati con 2 profili HEB180.

È presente un cordolo in c.a. di larghezza 0.90 m e di altezza 0.70 m.

L'altezza di scavo massima, misurata da estradosso cordolo, è di 7.00 m.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

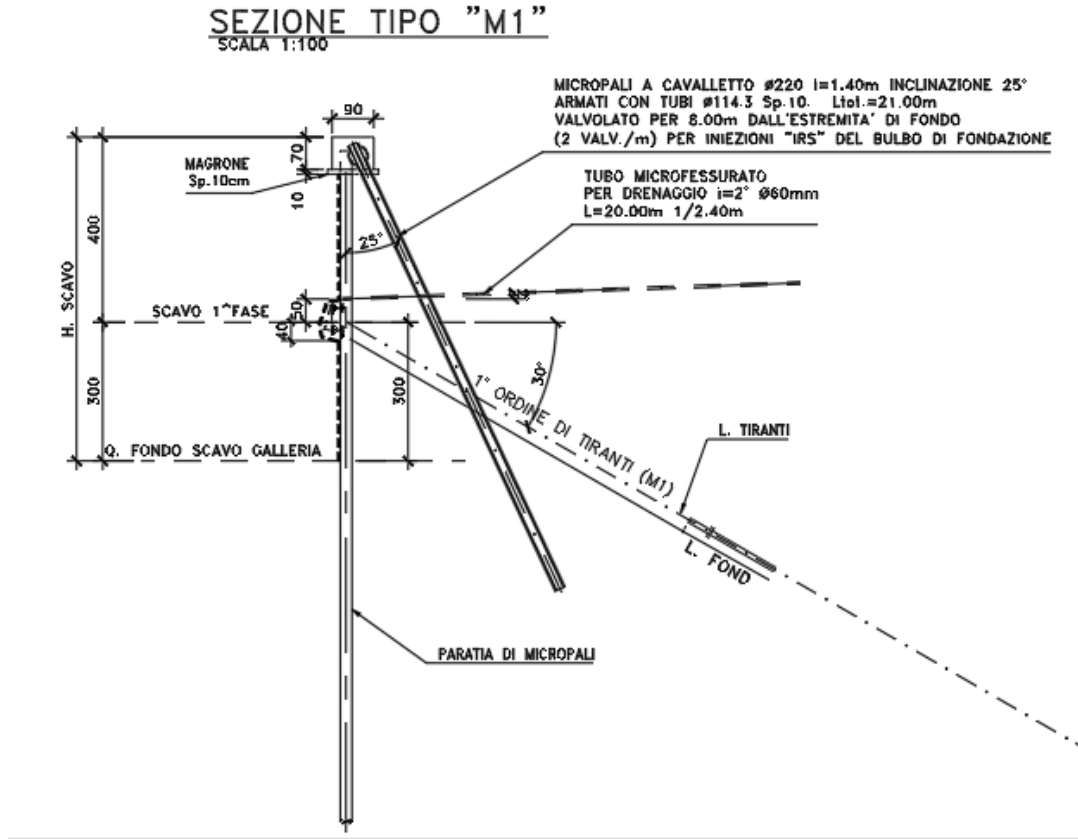



Figura 1.3 Sezione Paratia tipo M1

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

1.3 Descrizione delle sezioni di calcolo


E' stata analizzata una sezione di calcolo avente le seguenti caratteristiche:

Paratie di micropali con 1 ordine di tiranti attivi a trefoli e micropao a cavalletto (tirante passivo):

Dati generali		TIPO M1
∅ micropalo	m	0.24
∅ tubo	mm	168.3
sp tubo	mm	12
int	mm	0.4
L micropalo = L foro	m	15.6
H cordolo	m	0.7
H tubo nel cord	m	0.4
L tubo	m	16.0
H da intr cord	m	6.3
H da estr cord	m	7
H infissione	m	9.3
L tot	m	16.3
As	mm ²	5892.4
I	m ⁴	0.0000181
Wel	mm ³	215088.09
E	N/mm ²	210000
f _{yk}	MPa	355
Cls		C25/30

Tipologia di ancoraggio		TIRANTI ATTIVI
n° ordini	-	1
∅ bulbo	m	0.15
∅ trefoli	"	0.6
n° trefoli	-	4
A tot trefoli	m ²	0.00056
int	m	2.4
α sull'oriz	°	30
L tot, 1	m	21
L libera, 1	m	9
L bulbo, 1	m	12
f _{ptk}	Mpa	1860
f _{p(1)k}	Mpa	1670

Tipologia di ancoraggio		TIRANTI PASSIVI
∅ foro	m	0.22
∅ armatura	m	114.3
spessore armatura	mm	10
A tot armatura	m ²	0.00328
int	m	1.4
α sull'oriz	°	25
L tot, 1	m	21
L libera, 1	m	13
L bulbo, 1	m	8
f _{yk}	Mpa	355

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	<i>Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02</i>	


2 NORMATIVE E RIFERIMENTI

Le analisi e le verifiche delle strutture sono state effettuate nel rispetto della seguente normativa vigente:

- [D_1]. DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle <<Norme tecniche per le costruzioni>> (nel seguito indicate come NTC18).
- [D_2]. Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018, supplemento ordinario n° 5 alla G. U. n° 35 del 11/02/2019 (nel seguito indicate come CNTC18).
- [D_3]. Norma Europea UNI EN 206: Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità (Dicembre 2016).
- [D_4]. Norma Italiana UNI 11104: Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 (luglio 2016).

3 NORME TECNICHE

Il metodo di calcolo adottato è quello semiprobabilistico agli stati limite, con applicazione di coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni, variabili in ragione dello stato limite indagato.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisoriale - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO

4.1 Calcestruzzi

4.1.1 Caratteristiche ai fini della durabilità

Al fine di valutare le caratteristiche vincolanti delle miscele di calcestruzzo nei confronti della durabilità viene fatto riferimento alle norme [D_3] e [D_4] .

Di seguito, per ciascun elemento viene riportata la classe di esposizione che risulta vincolante ai fini delle caratteristiche della miscela. Inoltre, sono riportati la classe di resistenza, i range previsti per le dimensioni massime degli aggregati, la classe di consistenza, il valore massimo del rapporto acqua/cemento, il tipo di cemento da impiegare in funzione della parte d'opera e il contenuto minimo di cemento:

CARATTERISTICHE DEI CALCESTRUZZI (UNI EN 206-1 / UNI 11104)		
CALCESTRUZZO PER	Magrone di sottofondazione	Cordoli
Classe di resistenza (fck/Rck) (Mpa)	C12/15	C25/30
Classe di esposizione ambientale	-	XC2
φ max inerti (mm)	Dupper	32
	Dlower	20
Classe di consistenza	-	S4
Rapporto max acqua/cemento	-	0.6
Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)	150	300

Tabella 4.1 – Caratteristiche dei Calcestruzzi

In ogni caso, dovrà essere garantito il rispetto delle classi di esposizione e resistenza sopra indicate.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

4.1.2 Copriferrini nominali

I valori minimi dello spessore dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferrino), ai fini della protezione delle armature dalla corrosione, sono riportati nella Tab. C4.1.IV delle circolari applicative §[D_2], nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tab. 4.1.IV delle NTC:

Tabella C4.1.IV - Copriferrini minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_0	ambiente	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

I valori della tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con Vita Nominale di 50 anni (tipo 2 della Tab. 2.4.1 delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (tipo 3 della citata Tab. 2.4.1), i valori della Tab. C4.1.IV vanno aumentati di 10 mm.

Per la definizione del calcestruzzo nominale, ai valori minimi di copriferrino vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 5 mm, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

Per le produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferrini, i valori della tabella possono essere ridotti di 5 mm.


La tabella seguente illustra, i valori del calcestruzzo nominale, richiesti in base all'applicazione dei criteri sopra esposti e specializzati al caso in esame:

DETERMINAZIONE DEI COPRIFERRINI NOMINALI SECONDO NTC2018

Dati generali relativi all'opera	Var	unità
Tipo di costruzione (1=temp. o provvisoria; 2 = prestazioni ordinarie; 3=prestazioni elevate)	TC	2
Vita nominale dell'opera	V_N	anni 50


Tabella C4.1.IV Copriferrini minimi in mm

ambiente	R_{ckmin}	R_{ck0}	barre da c.a.				cavi da c.a.p.			
			elementi a piastra		altri elementi		elementi a piastra		altri elementi	
			$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} < R_{ck0}$	$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} < R_{ck0}$	$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} < R_{ck0}$	$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} < R_{ck0}$
ordinario	30	45	15	20	20	25	25	30	30	35
aggressivo	37	50	25	30	30	35	35	40	40	45
molto ag.	45	55	35	40	40	45	5	50	50	50

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

Elemento		Cordoli
Tipo di armatura (1=barre da c.a.; 2=cavi da c.a.p.)		1
Elemento a piastra		SI
Classe di esposizione		XC2
Ambiente		ordinario
Rck	Mpa	30
Check Rck min		OK
copriferro minimo (Tab. C4.1.IV NTC)	mm	20
incremento Per Vn=100 (tipo di costruzione 3)	mm	0
elem. prefabbricato con ver. Copriferri*		NO
riduzione per produzioni con ver. Copriferri		0
Tolleranza di posa		10
copriferro nominale	mm	30
* Elemento prefabbricato prodotto con sistema sottoposto a controllo di qualità che comprenda la ve		
copriferro nominale di progetto	mm	40

Tabella 4.2 – Valori dei copriferri nominali in base alle NTC2018

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

4.1.3 Resistenze di progetto

Calcestruzzo C25/30:

Caratteristiche Calcestruzzo	Var	unità	C25/30
Resistenza a compressione caratteristica cubica	R_{ck}	Mpa	30
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	Mpa	25
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	Mpa	33.00
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	Mpa	2.56
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	Mpa	1.80
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	Mpa	3.33
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	Mpa	3.08
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	Mpa	31476

STATI LIMITE ULTIMI	Var	unità	
coefficiente γ_c	γ_c		1.50
coefficiente α_{cc}	α_{cc}		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	Mpa	14.17
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	Mpa	1.20

STATI LIMITE DI ESERCIZIO	Var	unità	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.60 f_{ck}$	Mpa	15.00
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.45 f_{ck}$	Mpa	11.25
σ_t - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	Mpa	2.14


ANCORAGGIO DELLE BARRE	Var	unità	
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 1.0 \times 1.0 \times f_{ctk} / \gamma_c$	Mpa	2.69
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - non buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 0.7 \times 1.0 \times f_{ctk} / \gamma_c$	MPa	1.89

4.2 Acciaio in barre per cemento armato e Reti Elettrosaldate

4.2.1 Qualità dell'acciaio

Acciaio in barre B450C in accordo a DM 17/01/2018 (Capitolo 11).

Le Reti Elettrosaldate (RES), potranno essere realizzate impiegando acciaio B450A con le limitazioni all'impiego previste nel capitolo 11 delle NTC2018.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisoriale - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

4.2.2 Resistenze di progetto


Caratteristiche Acciaio per Calcestruzzo armato	Var	unità		
Qualità dell'acciaio			B450C	B450A
Tensione caratteristica di snervamento nominale	f_{yk}	Mpa	450	450
Tensione caratteristica a carico ultimo nominale	f_{tk}	Mpa	540	450
Modulo elastico	Es	Mpa	210000	210000
diametro minimo della barra impiegabile	ϕ_{min}	mm	6	5
diametro massimo della barra impiegabile	ϕ_{max}	mm	40	10
STATI LIMITE ULTIMI				
coefficiente γ_s	γ_s		1.15	1.15
Resistenza di calcolo	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s$	Mpa	391.3	391.3
STATI LIMITE DI ESERCIZIO				
$\sigma_{s,max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{s,max}=0.8 f_{yk}$	Mpa	360.0	360.0

4.3 Acciaio per carpenteria metallica

4.3.1 Acciaio per micropali

Acciaio tipo **S355**

Caratteristiche Acciaio da carpenteria metallica	Var	unità	UNI EN 10025
Qualità dell'acciaio			S355 W
Tensione caratteristica di snervamento	$t \leq 40$ mm	f_{yk}	Mpa 355
Tensione caratteristica di rottura		f_{tk}	Mpa 510
Tensione caratteristica di snervamento	40 mm < $t \leq 80$ mm	f_{yk}	Mpa 335
Tensione caratteristica di rottura		f_{tk}	Mpa 490
Modulo elastico		Es	Mpa 210000
STATI LIMITE ULTIMI			
coeff. di sicurezza per resistenza delle sezioni γ_{m0}		γ_{m0}	1.05
coeff. di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrature γ_{m1}		γ_{m1}	1.05
coeff. di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti γ_{m1}		γ_{m1}	1.10
coeff. di sicurezza per resistenza alla frattura, delle sez. Tese indebolite dai fori γ_{m2}		γ_{m2}	1.25
Resistenza plastica di calcolo		$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{m0}$	Mpa 338.1
Resistenza all'instabilità delle membrature	$t \leq 40$ mm	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{m1}$	Mpa 338.1
Resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti		$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{m1}$	Mpa 322.7
Resistenza alla frattura delle sez. Tese (indebolite dai fori)		$f_{yd}=0.9 f_{tk}/\gamma_{m2}$	Mpa 367.2
Resistenza plastica di calcolo		$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{m0}$	Mpa 319.0
Resistenza all'instabilità delle membrature	40 mm < $t \leq 80$ mm	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{m1}$	Mpa 319.0
Resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti		$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{m1}$	Mpa 304.5
Resistenza alla frattura delle sez. Tese (indebolite dai fori)		$f_{yd}=0.9 f_{tk}/\gamma_{m2}$	Mpa 392.0

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisoriale - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

4.3.2 Acciaio per travi di ripartizione

Acciaio tipo **S275**

ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Caratteristiche Acciaio da carpenteria metallica	Var	unità	UNI EN 10025
Qualità dell'acciaio			S275
Tensione caratteristica di snervamento	$t \leq 40 \text{ mm}$	f_{yk}	Mpa 275
Tensione caratteristica di rottura		f_{tk}	Mpa 430
Tensione caratteristica di snervamento	$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	f_{yk}	Mpa 255
Tensione caratteristica di rottura		f_{tk}	Mpa 430
Modulo elastico		Es	Mpa 210000

STATI LIMITE ULTIMI

	Var	unità	
coeff. di sicurezza per resistenza delle sezioni γ_{m0}	γ_{m0}		1.05
coeff. di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrature γ_{m1}	γ_{m1}		1.05
coeff. di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti γ_{m1}	γ_{m1}		1.10
coeff. di sicurezza per resistenza alla frattura, delle sez. Tese indebolite dai fori γ_{m2}	γ_{m2}		1.25
Resistenza plastica di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0}$	Mpa	261.9
Resistenza all'instabilità delle membrature	$t \leq 40 \text{ mm}$ $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m1}$	Mpa	261.9
Resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m1}$	Mpa	250.0
Resistenza alla frattura delle sez. Tese (indebolite dai fori)	$f_{yd} = 0.9 f_{tk} / \gamma_{m2}$	Mpa	309.6
Resistenza plastica di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0}$	Mpa	242.9
Resistenza all'instabilità delle membrature	$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$ $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m1}$	Mpa	242.9
Resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m1}$	Mpa	231.8
Resistenza alla frattura delle sez. Tese (indebolite dai fori)	$f_{yd} = 0.9 f_{tk} / \gamma_{m2}$	Mpa	344.0


4.3.3 Acciaio per trefoli

Caratteristiche Acciaio da precompressione	Var	unità	
Tipologia di armatura			Trefoli
Tensione caratteristica a carico ultimo	f_{ptk}	Mpa	1860
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{pyk} \quad f_{p(0.1)k} \quad f_{p(1)k}^*$	Mpa	1670
Modulo elastico	Es	Mpa	195000

* f_{pyk} per acciaio in barre $f_{p(0.1)k}$ per acciaio in fili $f_{p(1)k}$ per acciaio in trefoli e trecce

STATI LIMITE ULTIMI

	Var	unità	
coefficiente γ_s	γ_s		1.15
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	Mpa	1452

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

5.1 Stratigrafie di calcolo

Per le paratie sono stati adottati i seguenti parametri geotecnici:

Strato 1	ALF
Profondità - z (m)	0 – 10 m
Peso di volume – γ (kN/mc)	17.6
Angolo di attrito – φ' (°)	28.5
Coesione drenata – c' (kPa)	-

Strato 2	CB
Profondità - z (m)	Da 10 m in giù
Peso di volume – γ (kN/mc)	20.1
Angolo di attrito – φ' (°)	26.7
Coesione drenata – c' (kPa)	125


Ai fini del dimensionamento delle opere, è stata considerata un'unica stratigrafia per la quale si sono assunti i parametri geotecnici sopra indicati, costituita da una duplice stratigrafia, rappresentato da un tetto di alluvioni a grana fine "ALF" e al di sotto, da uno strato di calcari bioclastici "CB".

Cautelativamente e a favore di sicurezza, tenuto conto del peso della coesione nei problemi geotecnici di scarico tensionale e per tener conto di una possibile riduzione di questo parametro a lungo termine, per i terreni di natura rocciosa, sono stati adottati valori di c' dimezzati rispetto a quelli indicati nella Relazione Geotecnica.

Si è inoltre tenuto conto direttamente della presenza di prescavi a tergo delle opere.

Nel caso in esame la falda non è stata considerata in quanto non risulta presente.

Relativamente ai moduli elastici del terreno sono stati adottati valori "operativi", che tengono conto del livello di deformazione tipico del problema esaminato, pari a $E_0 = 530$ MPa (per i calcari bioclastici "CB") e pari a $E_0 = 14$ MPa (per le alluvioni a grana fine "ALF").

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Opere Provvisoriale - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

6 CRITERI DI VERIFICA DELLE PARATIE

6.1 Modello di calcolo

Le analisi di stabilità locale delle opere di sostegno e quelle per la valutazione delle sollecitazioni negli elementi resistenti (micropali e tiranti) sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo Paratie Plus prodotto da CeAS.

In tale codice la schematizzazione dell'interazione tra paratia e terreno avviene considerando:

- la paratia come una serie di elementi il cui comportamento è caratterizzato dalla rigidità flessionale EJ;
- il terreno come una serie di molle di tipo elasto-plastico connesse ai nodi della paratia.

Il problema è risolto con una schematizzazione a modello 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 trave il cui comportamento è definito dalla rigidità flessionale EJ, mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie: ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi terreno.

Il limite di questo schema sta nell'ammettere che ogni porzione di terreno, schematizzata da una "molla", abbia comportamento del tutto indipendente dalle porzioni adiacenti; l'interazione fra le varie regioni di terreno è affidata alla rigidità flessionale della parete.

La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie puntonate/tirantate viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un insieme di puntoni/tiranti applicati, da una precisa disposizione di carichi.

Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elasto-plastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson.

L'analisi ha lo scopo di indagare la risposta strutturale in termini di deformazioni laterali subite dalla parete durante le varie fasi di scavo e di conseguenza la variazione delle

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

pressioni orizzontali nel terreno. Per far questo, in corrispondenza di ogni nodo è necessario definire due soli gradi di libertà, cioè lo spostamento orizzontale e la rotazione attorno all'asse X ortogonale al piano della struttura (positiva se antioraria).

In questa impostazione particolare, inoltre, gli sforzi verticali nel terreno non sono per ipotesi influenzati dal comportamento deformativo orizzontale, ma sono una variabile del tutto indipendente, legata ad un calcolo basato sulle classiche ipotesi di distribuzione geostatica.

Nei modelli di calcolo implementati, l'esecuzione dello scavo è schematizzata mediante una successione di step. Il calcolo della pressione dell'acqua nei pori è, per ipotesi, del tutto indipendente da qualsiasi deformazione e conseguente stato di sforzo nello scheletro solido del terreno.

La legge costitutiva, rappresentativa del comportamento elasto-plastico del terreno, è identificata dai parametri di spinta e di deformabilità del terreno.

6.2 Coefficienti di spinta

Nel modello di calcolo impiegato dal software di calcolo Paratie Plus, la spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra terreno e la struttura deformabile a partire da uno stato di spinta 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 ed 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

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

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisoriale - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

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

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 Caquot – Kerisel.

Secondo la formulazione di Coulomb il coefficiente di spinta attiva K_a vale:

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

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 posto pari a $2/3 \varphi'$.

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

Secondo la formulazione di Caquot – Kerisel il coefficiente di spinta passiva K_p viene calcolato secondo la seguente figura:

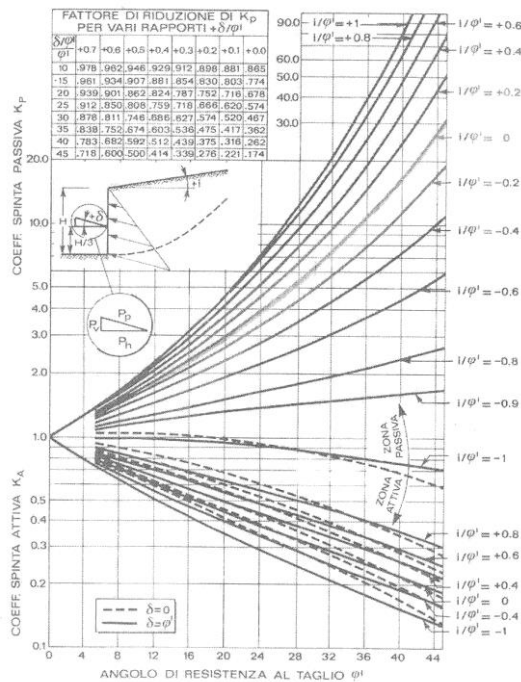



Figura 6.1: Formulazione di Caquot – Kerisel per K_p che considera superfici di rottura curvilinee

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

Il valore limite della tensione orizzontale sarà dato da:

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

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

a seconda che il collasso avvenga in spinta attiva o passiva rispettivamente.

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidità delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidità di ciascuna di esse, k , è data da:

$$K = E / L$$

ove E è un modulo di rigidità del terreno mentre L è una grandezza geometrica caratteristica.

Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite Δ , la rigidità di ogni molla è:

$$K = (E \cdot \Delta) / L$$

Il valore di Δ è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti. Il valore di L è fissato automaticamente dal programma. Esso rappresenta una grandezza caratteristica che è diversa a valle e a monte della paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva.

in zona attiva (uphill) $L_A = 2/3 \cdot l_a \cdot \tan(45^\circ - \phi'/2)$

in zona Passiva (downhill) $L_P = 2/3 \cdot l_p \cdot \tan(45^\circ + \phi'/2)$

con l_a e l_p rispettivamente:

$$l_a = \min(l, 2H)$$

$$l_p = \min(l - H, H)$$


dove l = altezza totale della paratia e H = altezza corrente dello scavo

Per i coefficienti di spinta attiva e passiva, tenuto conto che le corrispondenti forze risultano inclinate sul piano orizzontale, si considerano le componenti in direzione orizzontale.

6.3 Storie di carico

Tenendo conto delle verifiche da effettuare agli SLE ed agli SLU sono state considerate le seguenti storie di carico:

- **Configurazione A1+M1 (STATICA):** Una prima storia di carico in cui i parametri del terreno sono considerati con riferimento ai loro valori caratteristici ed le azioni sono considerate con fattore parziale unitario. Questa storia fornisce le

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

sollecitazioni sugli elementi strutturali e gli spostamenti orizzontali delle paratie per le successive verifiche agli SLE. Inoltre, le sollecitazioni per la verifica SLU combinazione A1 + M1, sono ottenute da questa storia di carico applicando il fattore moltiplicativo γ_F ;

- **Configurazione A1+M1 (SISMICA):** Una seconda storia di carico anch'essa con parametri del terreno caratteristici ed le azioni sono considerate con fattore parziale unitario in cui è presente l'azione sismica. Questa storia fornisce le sollecitazioni sugli elementi strutturali per le successive verifiche agli SLU-SLV. In questo caso, le sollecitazioni per la verifica SLU combinazione A1 + M1, sono ottenute da questa storia di carico applicando il fattore moltiplicativo γ_F pari ad 1.0;
- **Configurazione A2+M2 (STATICA):** Una terza storia di carico in cui i parametri del terreno sono considerati con riferimento ai coefficienti parziali M2, e le azioni sono considerate con i fattori parziali A2. Questa storia permette di valutare le condizioni di stabilità geotecnica della paratia;
- **Configurazione A2+M2 (SISMICA):** Una quarta storia di carico anch'essa con i parametri del terreno considerati con riferimento ai coefficienti parziali M2, e le azioni sono considerate con i fattori parziali A2. In questo caso è presente l'azione sismica. Questa storia permette di valutare le condizioni di stabilità geotecnica della paratia.

6.4 Metodologia di calcolo


6.4.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

Dove E_d è il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni e R_d è il valore di progetto della resistenza del terreno.

La resistenza R_d è stata determinata nei casi in oggetto con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici di resistenza, divisi per il coefficiente parziale γ_m specificato nella tabella 6.2. II delle suddette norme:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
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

Le Azioni e i relativi coefficienti parziali γ_i sono indicate nella tabella 6.2.I delle norme.

Le verifiche agli SLU strutturali sono state condotte per le combinazioni **A1 + M1**, mentre le verifiche agli SLU geotecniche con le combinazioni **A2 + M2**.

6.4.2 Verifiche dei tiranti

L'armatura e la lunghezza delle fondazioni dei tiranti sono state dimensionate in base ai criteri nel seguito esposti tenendo conto del loro massimo carico di esercizio, della loro inclinazione rispetto all'orizzontale e del loro interasse.

Devono essere soddisfatte le seguenti verifiche:

- Raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali;
- Verifica allo sfilamento della fondazione dell'ancoraggio.


Raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali

Le sollecitazioni di output del codice di calcolo per i tiranti sono fornite per metro lineare per cui, nelle verifiche di resistenza, è necessario moltiplicare tali sollecitazioni per l'interasse dei tiranti. La verifica a rottura dei tiranti di ancoraggio risulta soddisfatta quando:

$$T_{Ed} \leq T_{Rd}$$

Con:

$$T_{Ed} = T_{Ed,ml} \cdot i_{tiranti} \cdot \cos(\theta)$$

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

Dove:

$T_{Ed,ml}$ è il tiro massimo al metro lineare ottenuto dall'analisi SLU;

$i_{tiranti}$ è l'interasse tra i tiranti;

θ è l'angolo di inclinazione dei tiranti nel piano orizzontale;

T_{Ed} è il tiro massimo sul singolo tirante ottenuto dall'analisi SLU;

T_{Rd} è il tiro resistente del singolo tirante allo stato limite ultimo.

Il tiro resistente allo SLU dei tiranti a trefoli è calcolato come segue:

$$T_{Rd} = 0,9 \cdot \frac{f_{pt(1)k} \cdot n_t \cdot A_t}{\gamma_S}$$

Dove:

$f_{pt(1)k}$ è la tensione caratteristica all'1% della deformazione totale;

γ_S è il coefficiente di sicurezza dell'acciaio e vale 1,15;


n_t è il numero di trefoli che compongono il tirante;

A_t è l'area di ciascun trefolo.

Da cui: $N_{ys} = f_{p(1)k} / 1.15 = 1670 / 1.15 = 1452 \text{ Mpa}$

Per i micropali a cavalletto si considera la seguente relazione:

$$N_{ys} = f_{yk} / 1.05 = 355 / 1.05 = 338.1 \text{ Mpa}$$

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

Verifica allo sfilamento della fondazione

La verifica allo sfilamento della fondazione dell'ancoraggio si esegue confrontando la massima azione $T_{max,d}$ considerando tutti i possibili SLU con la resistenza di progetto R_{ad} determinata applicando alla resistenza caratteristica i seguenti fattori parziali:

$$R_{ad} = R_{ak} / \gamma_R$$

	Simbolo	Coefficiente parziale
Temporanei	$\gamma_{Ra,t}$	1,1
Permanenti	$\gamma_{Ra,p}$	1,2

Poiché nel caso in esame si hanno esclusivamente opere provvisionali, si è adottato un coefficiente parziale $\gamma_{Ra,t} = 1.1$.

Il valore caratteristico R_{ak} è stato determinato analiticamente in funzione dei parametri geotecnici:

$$R_{ak} = R_{a,c} / \xi$$

dove ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine. Avendo a disposizione 1 verticale d'indagine per ogni opera in oggetto, si assume $\xi = 1.8$. Il valore di $R_{a,c}$ è stato stimato con l'approccio di Bustamante e Doix:

$$R_{a,c} = \pi \cdot D_e \cdot \tau_{lim} \cdot L_{anc}$$

ove:


- D_e = diametro efficace della fondazione dopo l'iniezione;
- τ_{lim} = adesione unitaria limite fondazione - terreno.

Il valore di D_e non dipende oltre che dal diametro di perforazione dal tipo di terreno e dalla modalità di iniezione ed è calcolato come:

$$D_e = \alpha \cdot D, \text{ con } D = \text{diametro di perforazione.}$$

Con riferimento alle indicazioni di Bustamante e Doix (1985) e tenendo conto del tipo d'iniezione del bulbo d'ancoraggio (IRS) sono stati assunti i seguenti valori:

- $\alpha = 1.10$
- $\tau_{lim} = 250 \text{ KPa}$

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

6.4.3 Verifiche della trave porta tiranti

La verifica di questo elemento strutturale è eseguita come una trave continua su più appoggi, con luce pari all'interasse tra i tiranti, sottoposta ad un carico ripartito (p). La sezione risulta verificata se vale:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

Con:

$$M_{Ed} = T_{Ed,ml} \cdot \frac{i_{tiranti}^2}{10}$$

Avendo posto:

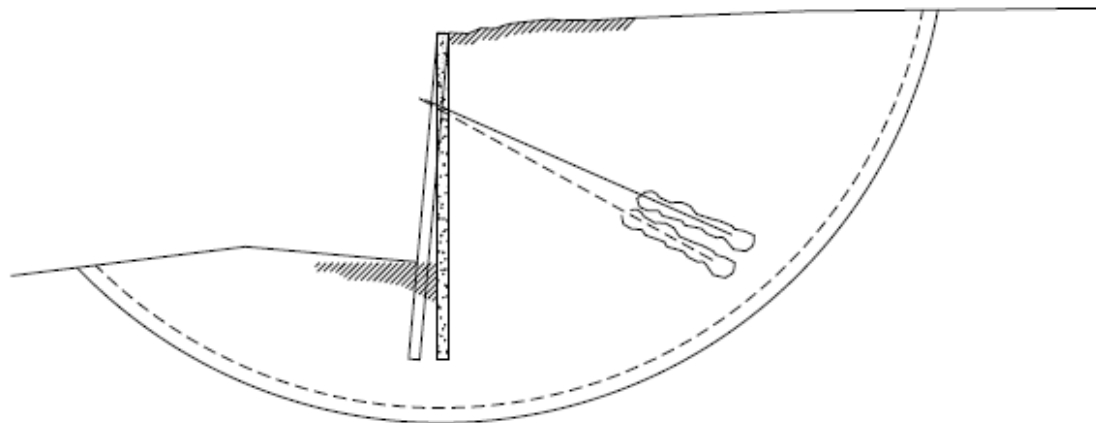
$T_{Ed,ml}$ è il tiro massimo al metro lineare ottenuto dall'analisi SLU;


$i_{tiranti}$ è l'interasse orizzontale tra i tiranti

M_{Rd} è il momento resistente ultimo della sezione delle travi porta-tiranti.

6.4.4 Verifiche di stabilità globale del complesso paratia-terreno

Al fine di pervenire alla definizione della sicurezza dell'opera di sostegno, è necessario, tra le altre cose, garantire la stabilità globale del complesso paratia-terreno.



SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo dell'opera. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri posta in prossimità della sommità del muro.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il [metodo di Bishop](#). Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da


$$m = \left(1 + \frac{\tan \varphi_i \cdot \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione η è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e φ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare fino a quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La verifica viene effettuata secondo la combinazione 2 (**A2+M2+R2**) dell'approccio 1 come previsto dalle NTC2018.

Mentre i coefficienti A2 e M2 sono integrati nel software di calcolo PARATIE-PLUS, il coefficiente riduttivo della resistenza viene utilizzato come termine di confronto con il coefficiente di sicurezza restituito dall'analisi che, quindi, dovrà essere **FS ≥ 1.10**.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

7 ANALISI DEI CARICHI

Si descrivono nel seguito le verifiche eseguite per le tipologie di opere in oggetto ed i carichi considerati. Data la natura provvisoria delle opere si trascura la presenza del sisma.

7.1 Analisi eseguite

Sono stati analizzati tutti i casi di verifica, secondo i criteri esposti al Cap. 6, come segue:

SLE	STR
SLU (A1+M1)	STR
SLU (A2+M2)	GEO
SLV	STR
SLV	GEO

7.2 Azione sismica

Per tener conto della possibilità che la condizione di scavo permanga per più di 2 anni, e comunque in via cautelativa, data l'importanza delle strutture in oggetto, si tiene conto della seguente azione sismica, relativa a "*costruzioni temporanee o provvisorie*" (tab. 2.4.I [D_3]) e quindi ad periodo di riferimento $V_R = 35$ anni (tab. 2.4.I [D_3]).

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni


TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 7.1: Valori minimi della vita nominale V_N

Tabella C2.4.I. - Intervalli di valori attribuiti a V_R al variare di V_N e C_U

VITA NOMINALE V_N	VALORI DI V_R			
	CLASSE D'USO			
	I	II	III	IV
≤ 10	35	35	35	35
≥ 50	≥ 35	≥ 50	≥ 75	≥ 100
≥ 100	≥ 70	≥ 100	≥ 150	≥ 200

Tabella 7.2: Valori dei parametri V_R , al variare di C_U e V_N

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

Il sito è caratterizzato dai seguenti parametri:

- Categoria di sottosuolo **B**;
- Categoria topografica **T1**.

Stato Limite	V_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLV	35	0.0452	2.8549	0.3324

Tabella 7.3: Valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^ per suolo rigido*

L'accelerazione massima attesa al sito a_{max} è definita attraverso la seguente relazione:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui:

$a_g = 0.0452$ g accelerazione massima su sito rigido;

$S_S = 1.20$ coefficiente d'amplificazione stratigrafica;

$S_T = 1.0$ coefficiente d'amplificazione topografica.

L'analisi della spinta del terreno in condizioni sismiche è eseguita in maniera differenziata in funzione delle rigidità delle strutture di contrasto e delle relative capacità di spostamento.

In particolare:

- Per le paratie di imbocco multitirantate si è utilizzata, in via cautelativa, la teoria di Wood per elementi rigidi.

Le componenti dell'accelerazione equivalente a_h (orizzontale) e a_v (verticale), sono valutate come:


$$a_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

$$a_v = 0$$

essendo

$\alpha = 1.0$ coefficiente di deformabilità;

$\beta = 1.0$ coefficiente di spostamento.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Opere Provvisoriale - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

7.3 Carichi permanenti strutturali

Per quanto riguarda la struttura il peso proprio degli elementi strutturali é automaticamente valutato dal programma di calcolo utilizzato per l'analisi.

7.4 Spinta delle terre

Il peso del terreno a tergo della paratia determina una spinta laterale sulla stessa avente distribuzione triangolare. L'effetto di incremento della spinta per la presenza di prescavi e inclinazioni a monte, è preso in conto mediante pendenza equivalente della superficie inclinata.

7.5 Carichi accidentali

Data la conformazione del problema in oggetto, a tergo delle paratie non risultano presenti carichi accidentali.

7.6 Combinazioni delle azioni

In accordo al par. 2.5.3 delle NTC2018 ai fini delle verifiche degli stati limite sono state considerate le seguenti combinazioni delle azioni:

- *Combinazione fondamentale*, impiegata per le verifiche agli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- *Combinazione rara*, impiegata per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- *Combinazione sismica*, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

Di seguito si riportano le tabelle che esplicitano i coefficienti parziali sopra illustrati:


SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisoriale - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	


Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequent)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanent)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
Vento q_5	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	---	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
	Neve q_5	SLU e SLE	0,0	0,0
Temperatura	esecuzione	0,8	0,6	0,5
	T_k	0,6	0,6	0,5

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

8 RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE

8.1 Risultati del calcolo

Si rimanda agli output di calcolo per la visione completa dei risultati.

8.2 Verifiche micropali

8.2.1 Verifiche strutturali (A1+M1)

La verifiche, tutte ampiamente soddisfatte, sono riportate in allegato.

8.2.2 Verifiche geotecniche del grado di mobilitazione della spinta passiva (A2+M2)

La sicurezza nei confronti dello stato limite d'equilibrio geotecnico è calcolata confrontando la spinta passiva mobilitata con la spinta passiva disponibile:

Verifiche geotecniche (comb A2+M2+R1)

Spinta reale efficace (kN/m)	1053.3
Max spinta ammissib (kN/m)	4041.6
c.u.	26%

La sicurezza nei confronti della mobilitazione della resistenza limite del terreno è garantita per ogni tipologia di opera provvisoria prevista.


8.2.3 Verifiche SLE

Di seguito si riporta lo spostamento massimo delle paratie calcolato nella fase di raggiungimento del fondo scavo:

Verifiche spostamenti (COMB SLE)

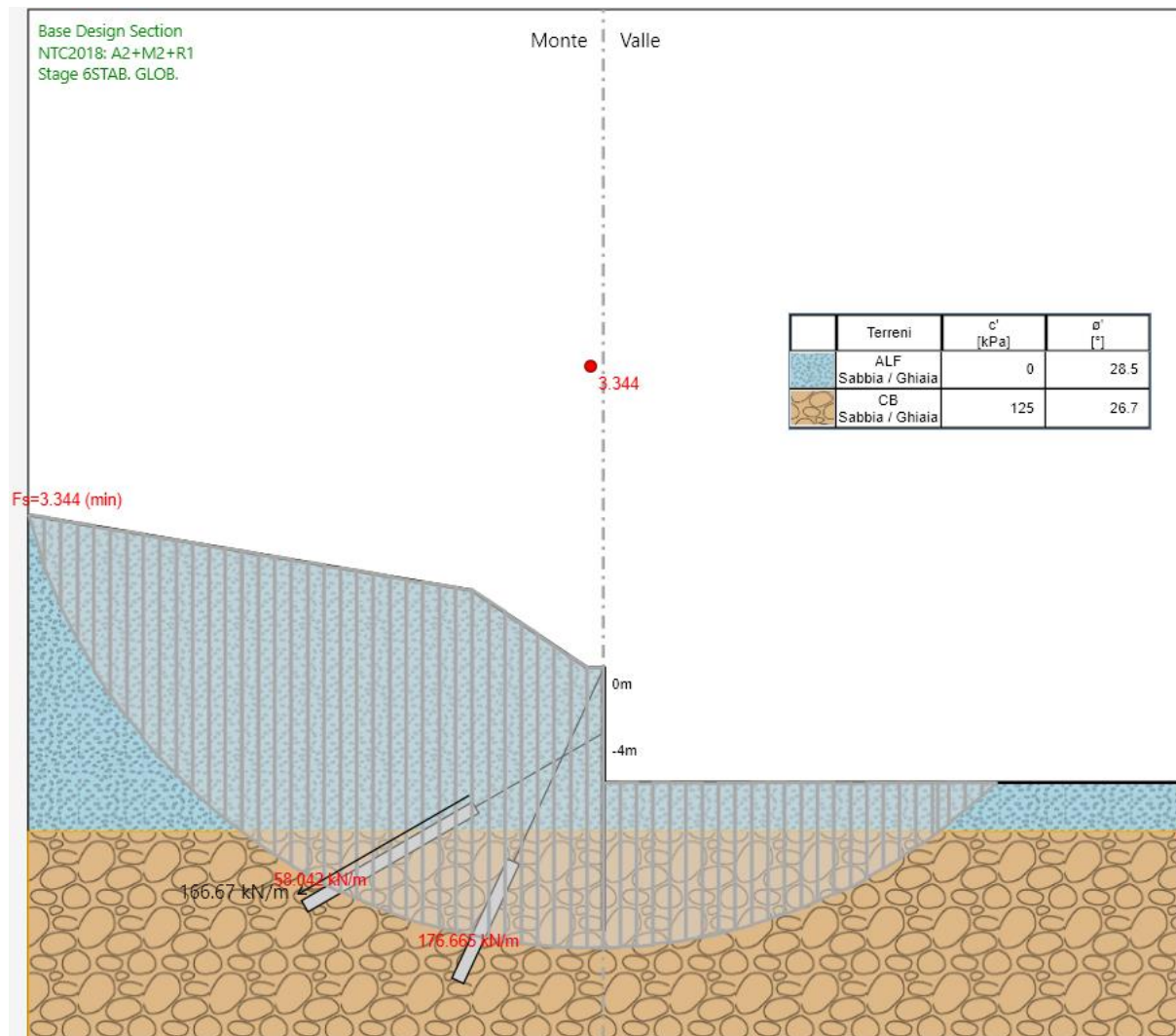
H fuori terra (m)	7.00
δ_{sle} (mm)	0.79
δ_{sle}/H	0.01%

Il rapporto fra spostamento massimo e altezza totale fuori terra è inferiore all' 2%. Pertanto, tenuto conto dell'assenza di strutture a tergo delle opere e della natura provvisoria delle paratie stesse, si ritiene che i requisiti prestazionali in termini di deformabilità risultino soddisfatti.


SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

8.2.4 Verifiche di stabilità globale

Di seguito si riporta la verifica di stabilità globale del complesso paratia-terreno, calcolato nella fase di raggiungimento del fondo scavo:



Il fattore di sicurezza associato alla stabilità globale risulta in ogni sezione superiore a **1.10**.
 Risulta pertanto verificata la stabilità del complesso paratia-terreno.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisoriale - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

8.3 Verifiche degli elementi ancoraggio e contrasto

8.3.1 Verifiche strutturali (A1+M1) e geotecniche (A2+M2) dei tiranti attivi e passivi

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza	Design Assumption
T1	Stage 5_Fondo scavo	682.57	785.4	733.92	0.869	0.93	✓	NTC2018: A1+M1+R
Cavalletto	Stage 3_Activ. T1	396.15	767.94	1058.5	0.516	0.374	✓	NTC2018: A2+M2+R

Come è possibile evincere dalle precedenti tabelle, tutte le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.


8.3.2 Verifiche strutturali travi di contrasto

Ogni ordine di tiranti sarà contrastato tramite due travi **HEB180**. Di seguito si riportano le verifiche strutturali a flessione e taglio delle suddette travi.

Verifiche travi di contrasto

Ntirante (kN/m)	284.40
Med (kNm)	163.82
Ved (kNm)	341.29
Wrd (cm ³)	425.7
Mrd (kNm)	222.99
c.u.	73%
Vrd (kNm)	437.60
c.u.	78%

Come è possibile evincere dalle precedenti tabelle, tutte le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

8.3.3 Verifiche del cordolo in c.a.

Il cordolo in c.a. **0.90 x 0.70 m**, risulta sollecitato dal carico di trazione indotto dal micropalo a cavalletto (tirante passivo), proiettato nel piano orizzontale, secondo uno schema di trave continua orizzontale. In via cautelativa, si considera un momento flettente in mezzeria, pari a $1/8 qL^2$, dove per L si intende l'interasse dei cavalletti, pari a **1.60 m**.

Le tabelle seguenti riepilogano le caratteristiche della sollecitazione per verifiche SLU ed SLE:

Ted,SLU	282.96	kN/m	Tiro massimo
a	25	°	
Hed	119.6	kN/m	Azione orizzontale sul cordolo
L	1.6	m	
Med,SLU	38.3	kNm	
Ved,SLU	95.7	kN	

Ted,SLER	108.6	kN/m	Tiro massimo
a	25	°	
Hed	45.9	kN/m	Azione orizzontale sul cordolo
L	1.6	m	
Med,SLER	14.7	kNm	

8.3.3.1 Verifiche a flessione e fessurazione

Le verifiche a flessione semplice delle sezioni in c.a. sono state effettuate con il software RCSEC® prodotto da Geostru.

Si considera una sezione di base pari a **0.70 m**.


L'altezza della sezione è pari a **0.90 m**.

L'armatura di forza in zona tesa e compressa è costituita da **5φ14**.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-35.0	0.0
2	-35.0	90.0
3	35.0	90.0
4	35.0	0.0

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-29.3	5.7	14
2	29.3	5.7	14
3	-29.3	84.3	14
4	29.3	84.3	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	14
2	3	4	3	14

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA


N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	14.70	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisoriale - Relazione di Calcolo - Galleria Artificiale GA02	

1 0.00 14.70 (262.21) 0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	14.70 (262.21)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 13.3 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	38.30	0.00	0.00	250.98	0.00	6.55	15.4(12.6)


METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.058	-35.0	90.0	-0.00059	-29.3	84.3	-0.05698	-29.3	5.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisoriale - Relazione di Calcolo - Galleria Artificiale GA02	

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000717493	-0.061074332	0.058	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.33	-35.0	90.0	-24.0	14.7	5.7	967	7.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.33	-35.0	90.0	-24.0	14.7	5.7	967	7.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]


Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00013	0	0.500	14.0	50	0.00007 (0.00007)	469	0.034 (0.30)	262.21	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.33	-35.0	90.0	-24.0	14.7	5.7	967	7.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00013	0	0.500	14.0	50	0.00007 (0.00007)	469	0.034 (0.20)	262.21	0.00


SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

8.3.3.2 Verifiche a taglio del cordolo

Le verifiche effettuate non mostrano la necessità di inserire una specifica armatura a taglio.
 In ogni caso si utilizzano delle staffe $\phi 10/20$ cm.

Di seguito si riportano le verifiche a taglio effettuate sul cordolo:

VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI			
Dati	Var	unità	CORDOLO 90X70cm
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	40
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	33.2
Coefficiente parziale γ_c	γ_c		1.50
Coefficiente parziale α_{cc}	α_{cc}		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	18.8
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3
Caratteristiche geometriche sezione			
Altezza	H	m	0.90
Larghezza	B	m	0.70
Area calcestruzzo	Ac	m ²	0.630
Larghezza anima	bw	m	0.70
copriferro	c	m	0.067
altezza utile della sezione	d	m	0.83
Compressione agente nella sezione			
Sforzo normale di calcolo	N _{Ed}	kN	0.0
Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio			
Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata	Asl	mmq	770.0
Coefficiente k	k	m	1.49
v _{min}	v _{min}		0.4
rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_1		0.00132
tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	Mpa	0.00
Taglio agente	V	kN	96
Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	170.6
			No armatura a taglio

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02	

8.3.3.3 Verifiche di resistenza dei maniglioni

Il singolo micropalo a cavalletto (tirante passivo) presenta n°6 maniglioni $\phi 24$ in acciaio B450C, che svolgono la funzione di resistere alle azioni di trazione ed evitano lo sfilamento del micropalo dal cordolo.

Tali elementi sono verificati nei confronti del taglio indotto dallo sforzo massimo di trazione. Si eseguono verifiche di resistenza delle sezioni dei maniglioni e delle saldature degli stessi al micropalo.

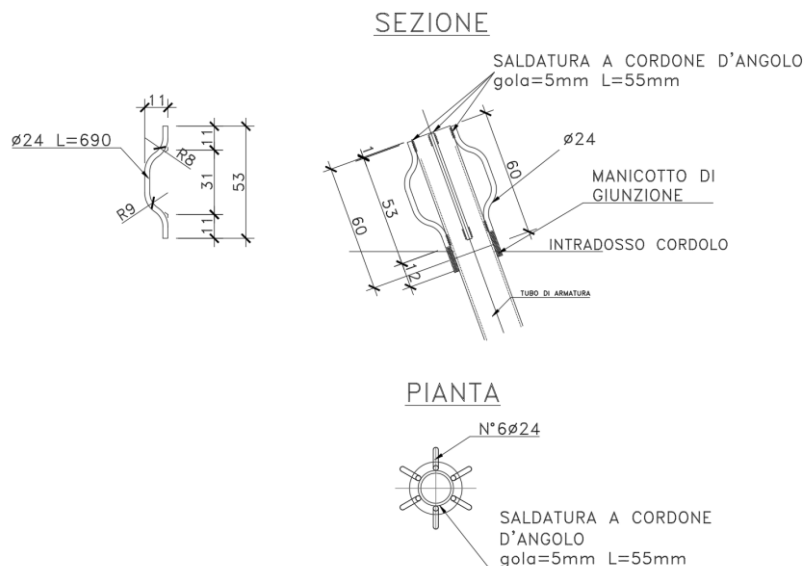


Figura 8.1: Dettaglio maniglione di ancoraggio

SS 131 "Carlo Felice"
 Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km
 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500




CA357

**Opere Provvisoriale - Relazione di Calcolo –
 Galleria Artificiale GA02**

Dati acciaio	var	unità	Cavalletto
Tensione caratteristica di snervamento acciaio	fyk	Mpa	355
modulo elastico acciaio	E	MPa	210000
fattore epsilon	ε		0.814
Coefficiente di sicurezza per resistenza all'instabilità	γ _{M0}		1.05
Caratteristiche geometriche della sezione	var	unità	
Diametro esterno del tubo	De	mm	114.3
spessore del tubo	sf	mm	10.0
riduzione di spessore di progetto	srld	mm	0.9
Diametro del tubo "efficace"	De	mm	112.5
spessore del tubo "efficace"	sf	mm	9.1
Classe della sezione compressa	Cl		1
Area lorda della sezione	A	mm ²	2956
Area resistente a taglio	Av	mm ²	1882
Momento d'inerzia	I	mm ⁴	3981197
Modulo di resistenza elastico	We	mm ³	70777
Modulo di resistenza plastico	Wp	mm ³	97544
Modulo di resistenza torsionale	WT	mm ³	152828
Caratteristiche della sollecitazione	var	unità	
Sforzo di taglio di calcolo	VEd	kN	
Sollecitazione torcente di progetto	TEd	kNm	0.0
Forza di compressione di calcolo (pos. Se di compressione)	NEd	kN	247.6
Momento flettente di calcolo	MEd	kNm	
VERIFICHE IN CAMPO PLASTICO (SOLO SEZIONI CL. 1-2)			SI
Verifica a torsione	var	unità	
Resistenza torsionale di progetto	TRd	kNm	29.8
Rapporto TEd / TRd (punto 4.2.29)	TEd/TRd		0.00
Status check	Ch		OK
Tensione tangenziale massima	τ _{Ed}	Mpa	0.0
Verifica a taglio in presenza di torsione	var	unità	
Resistenza di calcolo a taglio	Vc,Rd	kN	367.3
Resistenza di calcolo a taglio ridotta in presenza di torsione	Vc,Rd,red	kN	367.3
Rapporto VEd / Vc,Rd,red (punto 4.2.17)	VEd/Vc,Rd,red		0.00
Status check	Ch		OK
<i>Si può trascurare l'influenza del taglio sulla flessione ?</i>			
			SI
Verifica a presso-tenso flessione retta	var	unità	
Resistenza di calcolo a compressione/trazione	Npl,Rd	kN	999.4
Resistenza di calcolo a flessione	Mpl,Rd	kNm	33.0
Resistenza di calcolo a flessione ridotta in presenza sforzo normale	MN,Rd	kNm	21.1
Rapporto NEd / Nc,Rd (punto 4.2.10)	NEd/Nc,Rd		0.25
Status check	Ch		OK
Rapporto MEd / MN,Rd (punto 4.2.12)	MEd/MN,Rd		0.00
Status check	Ch		OK
VERIFICHE DEGLI ANCORAGGI IN TESTA AI MICROPALI			
Verifica a tranciamento delle barre di ancoraggio	var	unità	Cavalletto
Numero di maniglioni	nm		6
numero complessivi di bracci resistenti a tranciamento	nb		12
diametro delle barre di ancoraggio	fb	mm	24
Area resistente a tranciamento	Ab	mm ²	5429
tensione di snervamento dell'acciaio delle barre	fyk	MPa	450
Coefficiente di sicurezza per resistenza	γ _s		1.15
Resistenza tangenziale di progetto	τ _{Ed}	MPa	225.9
Forza di assiale di progetto	NEd	kN	247.6
Resistenza a tranciamento	NRd	kN	1226.4
Rapporto NEd / Nt,Rd	NEd/Nt,Rd		0.20
Status check	Ch		OK
Verifica delle saldature delle barre ai tubi	var	unità	
lunghezza minima cordone d'angolo	lc	mm	55
altezza della gola	a	mm	5
Area resistente saldatura	Asal	mm ²	275
tensione di rottura materiale di apporto	ftk	MPa	510
Coefficiente di sicurezza per resistenza	γ _{M2}		1.25
Coefficiente beta	β		0.90
Forza di progetto che sollecita il cordone d'angolo: NEd / (2 x nb)	Fw,Ed	kN	10.3
Resistenza di progetto del cordone d'angolo	Fw,Rd	kN	72.0
Rapporto Fw,Ed / Fw,Rd	Fw,Ed / Fw,Rd		0.14
Status check	Ch		OK

Le verifiche risultano soddisfatte.

<p>SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500</p>		
<p>CA357</p>	<p><i>Opere Provvisionali - Relazione di Calcolo – Galleria Artificiale GA02</i></p>	

9 ALLEGATI

9.1 Allegato 1 - Paratia tipo M1

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL
 Quota : 50 m
 OCR : 1

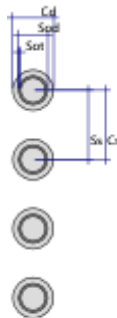
Tipo : HORIZONTAL
 Quota : -10 m
 OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	c'	c	S_u	Modulo Elastico	E_u	E_{vc}	E_{ur}	A_h	A_v	\exp	P_a	R_{ur}/R_{vc}	R_{vc}	K_u	K_{vc}	K_{ur}	
		kN/m^3	kN/m^3	$^\circ$	$^\circ$	kPa	kPa	kPa			kPa	kPa				kPa		kPa	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^3	
1	ALF	17.6	17.6	28.5		0			Constant		14000	22400										
2	CB	20.1	20.1	26.7		125			Constant		540000	864000										

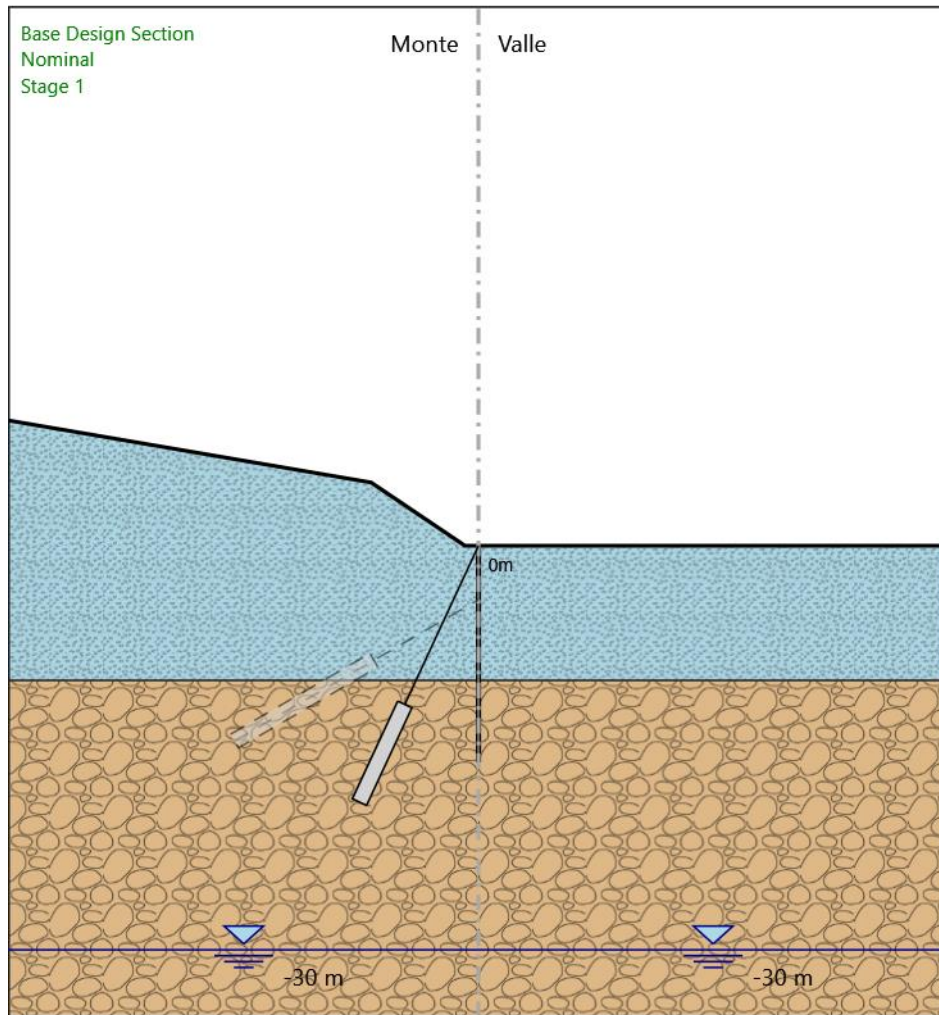
Descrizione Pareti

X : 0 m
 Quota in alto : 0 m
 Quota di fondo : -16 m
 Muro di sinistra

Sezione : Micropali fi240 - fi168.3 sp12.5
 Area equivalente : 0.0214788310904497 m
 Inerzia equivalente : 0.0001 m⁴/m
 Materiale calcestruzzo : C25/30
 Tipo sezione : Tangent
 Spaziatura : 0.4 m
 Diametro : 0.24 m
 Efficacia : 0.5
 Materiale acciaio : S355
 Sezione : CHS168.3*12.5
 Tipo sezione : O
 Spaziatura : 0.4 m
 Spessore : 0.0125 m
 Diametro : 0.1683 m



Fasi di Calcolo
Stage 1



Stage 1
Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-35;9.3)

(-8;4.7)

(-1;0)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Elementi strutturali

Paratia : Sx

X : 0 m

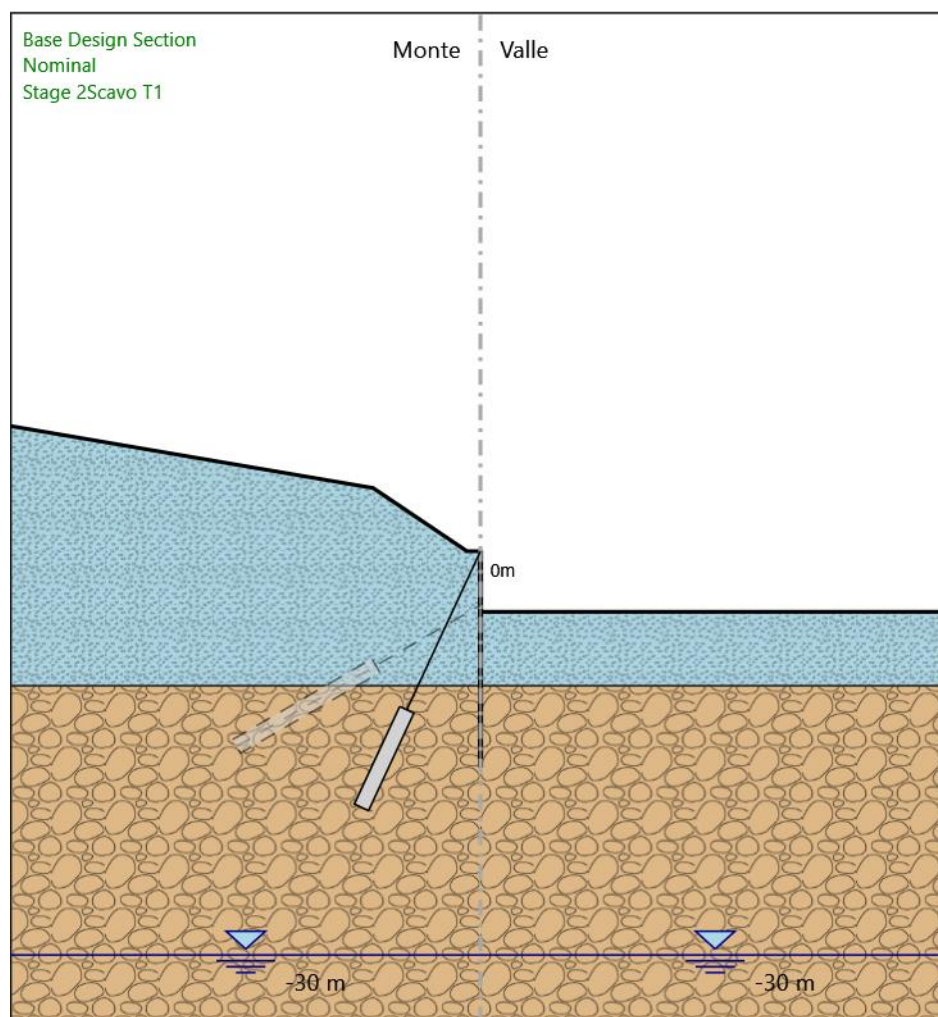
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali fi240 - fi168.3 sp12.5

Tirante : Cavalletto
 X : 0 m
 Z : 0 m
 Lunghezza bulbo : 8 m
 Diametro bulbo : 0.22 m
 Lunghezza libera : 13 m
 Spaziatura orizzontale : 1.6 m
 Precarico : 0 kN
 Angolo : 65 °
 Sezione : Cavall. 114.3x10
 Area : 0.00328 m²

Stage 2_Scavo T1



Stage 2_Scavo T1
 Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m
 Lato valle : -4.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-35;9.3)
 (-8;4.7)
 (-1;0)
 (0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-4.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Elementi strutturali

Paratia : Sx

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali fi240 - fi168.3 sp12.5

Tirante : Cavalletto

X : 0 m

Z : 0 m

Lunghezza bulbo : 8 m

Diametro bulbo : 0.22 m

Lunghezza libera : 13 m

Spaziatura orizzontale : 1.6 m

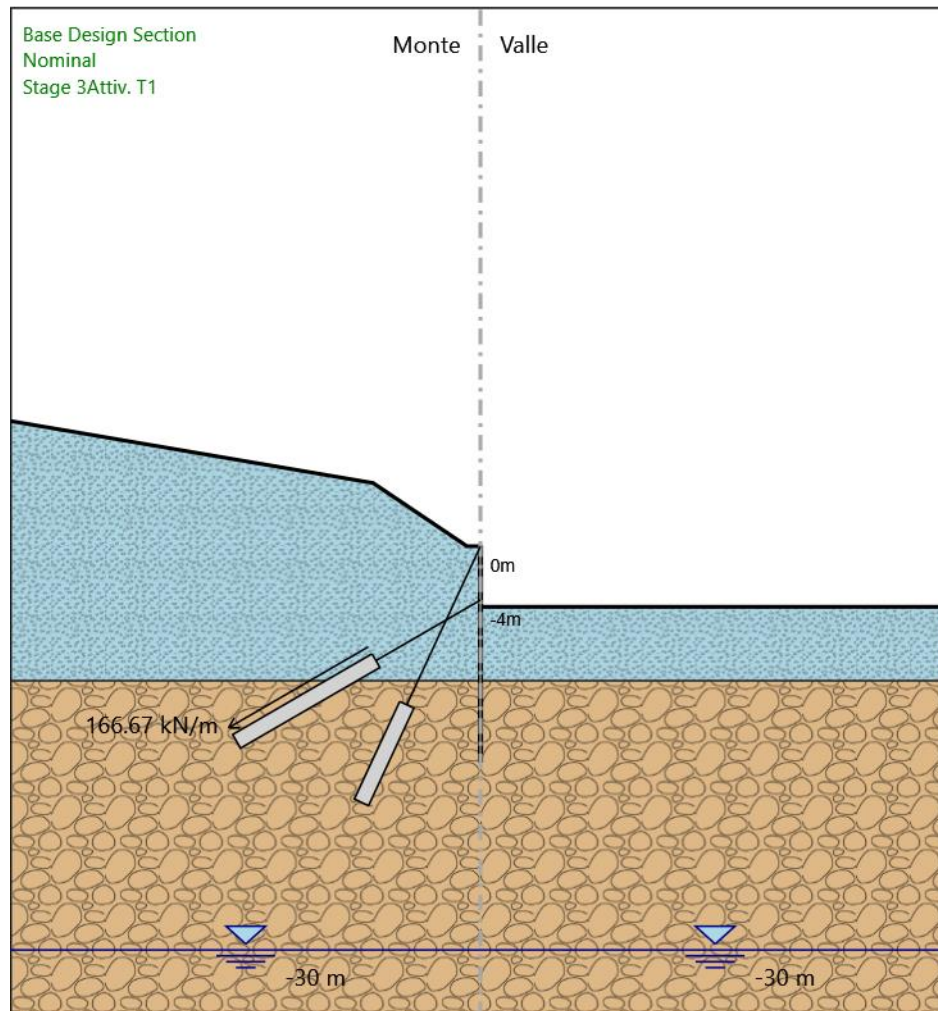
Prearico : 0 kN

Angolo : 65 °

Sezione : Cavall. 114.3x10

Area : 0.00328 m²

Stage 3_Activ. T1



Stage 3_Activ. T1
Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m
Lato valle : -4.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)
(-35;9.3)
(-8;4.7)
(-1;0)
(0;0)
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
-4.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m
Falda di destra : -30 m

Elementi strutturali

Paratia : Sx

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -16 m
Sezione : Micropali fi240 - fi168.3 sp12.5

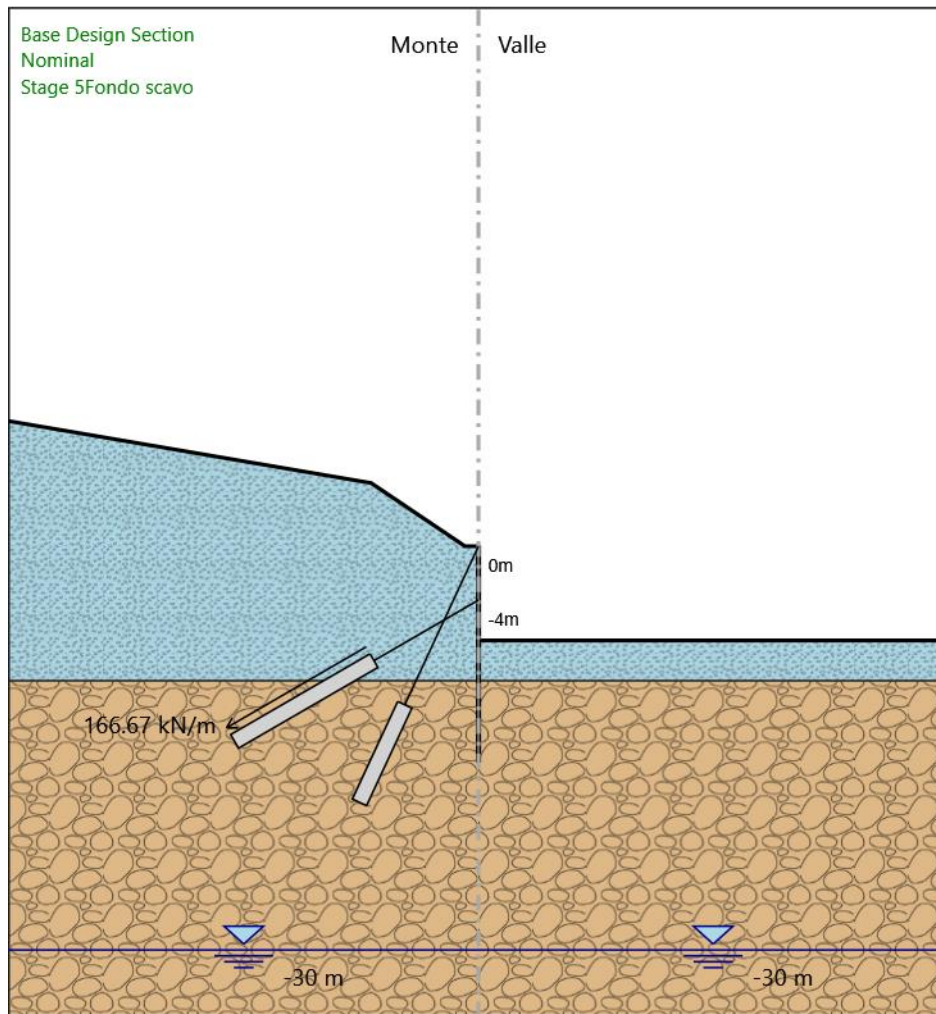
Tirante : T1

X : 0 m
Z : -4 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.15 m
Lunghezza libera : 9 m
Spaziatura orizzontale : 2.4 m
Precarico : 400 kN
Angolo : 30 °
Sezione : 4 trefoli
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Tirante : Cavalletto

X : 0 m
Z : 0 m
Lunghezza bulbo : 8 m
Diametro bulbo : 0.22 m
Lunghezza libera : 13 m
Spaziatura orizzontale : 1.6 m
Precarico : 0 kN
Angolo : 65 °
Sezione : Cavall. 114.3x10
Area : 0.00328 m²

Stage 5_Fondo scavo



Stage 5_Fondo scavo

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-35;9.3)

(-8;4.7)

(-1;0)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Elementi strutturali

Paratia : Sx

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali fi240 - fi168.3 sp12.5

Tirante : T1

X : 0 m

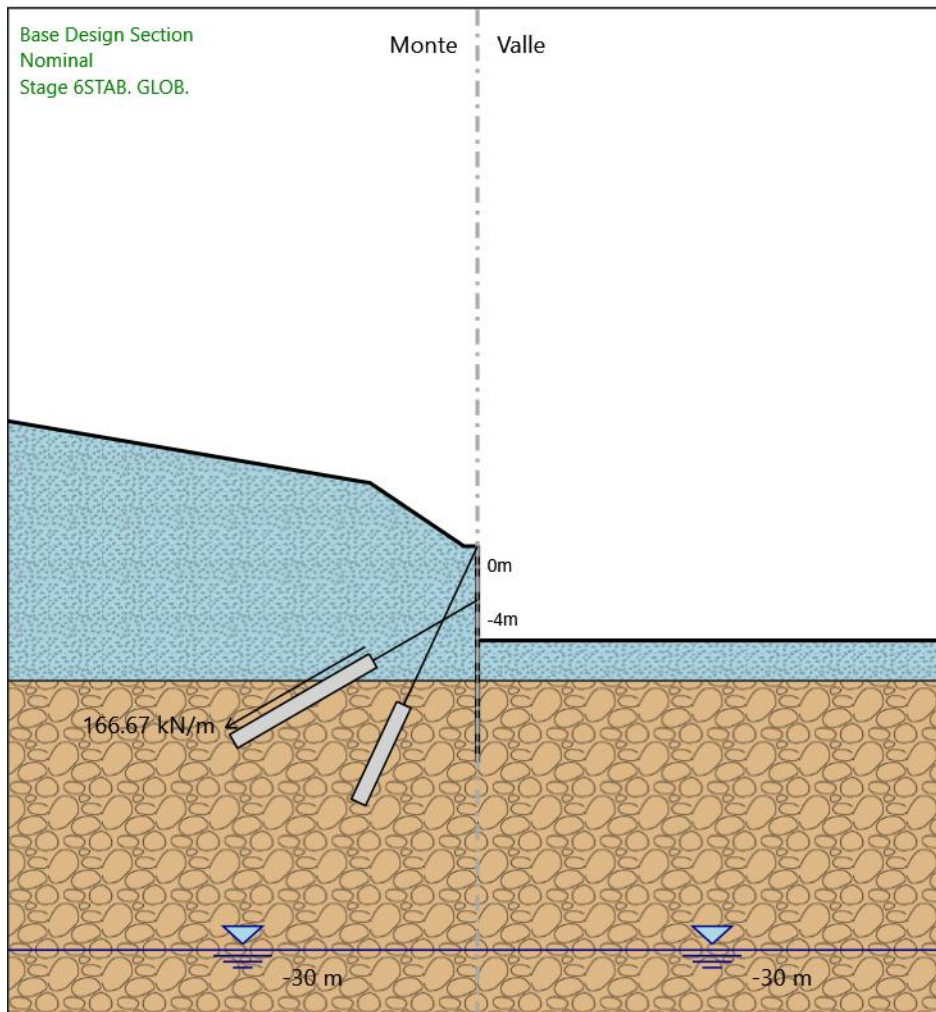
Z : -4 m

Lunghezza bulbo : 12 m
 Diametro bulbo : 0.15 m
 Lunghezza libera : 9 m
 Spaziatura orizzontale : 2.4 m
 Precarico : 400 kN
 Angolo : 30 °
 Sezione : 4 trefoli
 Tipo di barre : Barre trefoli
 Numero di barre : 4
 Diametro : 0.01331 m
 Area : 0.000556 m²

Tirante : Cavalletto

X : 0 m
 Z : 0 m
 Lunghezza bulbo : 8 m
 Diametro bulbo : 0.22 m
 Lunghezza libera : 13 m
 Spaziatura orizzontale : 1.6 m
 Precarico : 0 kN
 Angolo : 65 °
 Sezione : Cavall. 114.3x10
 Area : 0.00328 m²

Stage 6_STAB. GLOB.



Stage 6_STAB. GLOB.
 Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m
Lato valle : -7 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)
(-35;9.3)
(-8;4.7)
(-1;0)
(0;0)
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
-7 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m
Falda di destra : -30 m

Elementi strutturali

Paratia : Sx

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -16 m
Sezione : Micropali fi240 - fi168.3 sp12.5

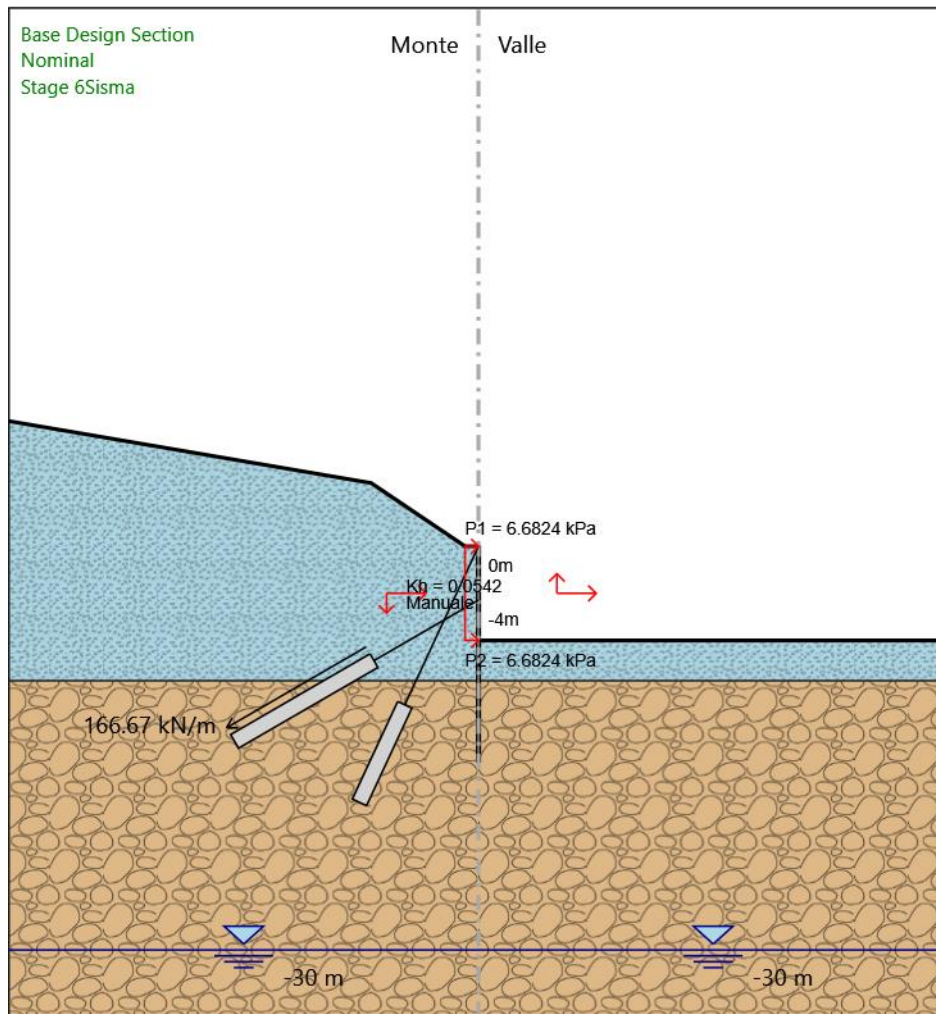
Tirante : T1

X : 0 m
Z : -4 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.15 m
Lunghezza libera : 9 m
Spaziatura orizzontale : 2.4 m
Precarico : 400 kN
Angolo : 30 °
Sezione : 4 trefoli
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Tirante : Cavalletto

X : 0 m
Z : 0 m
Lunghezza bulbo : 8 m
Diametro bulbo : 0.22 m
Lunghezza libera : 13 m
Spaziatura orizzontale : 1.6 m
Precarico : 0 kN
Angolo : 65 °
Sezione : Cavall. 114.3x10
Area : 0.00328 m²

Stage 6_Sisma



Stage 6_Sisma Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m
Lato valle : -7 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-35;9.3)
(-8;4.7)
(-1;0)
(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m
Falda di destra : -30 m

Elementi strutturali

Paratia : Sx

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -16 m
Sezione : Micropali fi240 - fi168.3 sp12.5

Tirante : T1

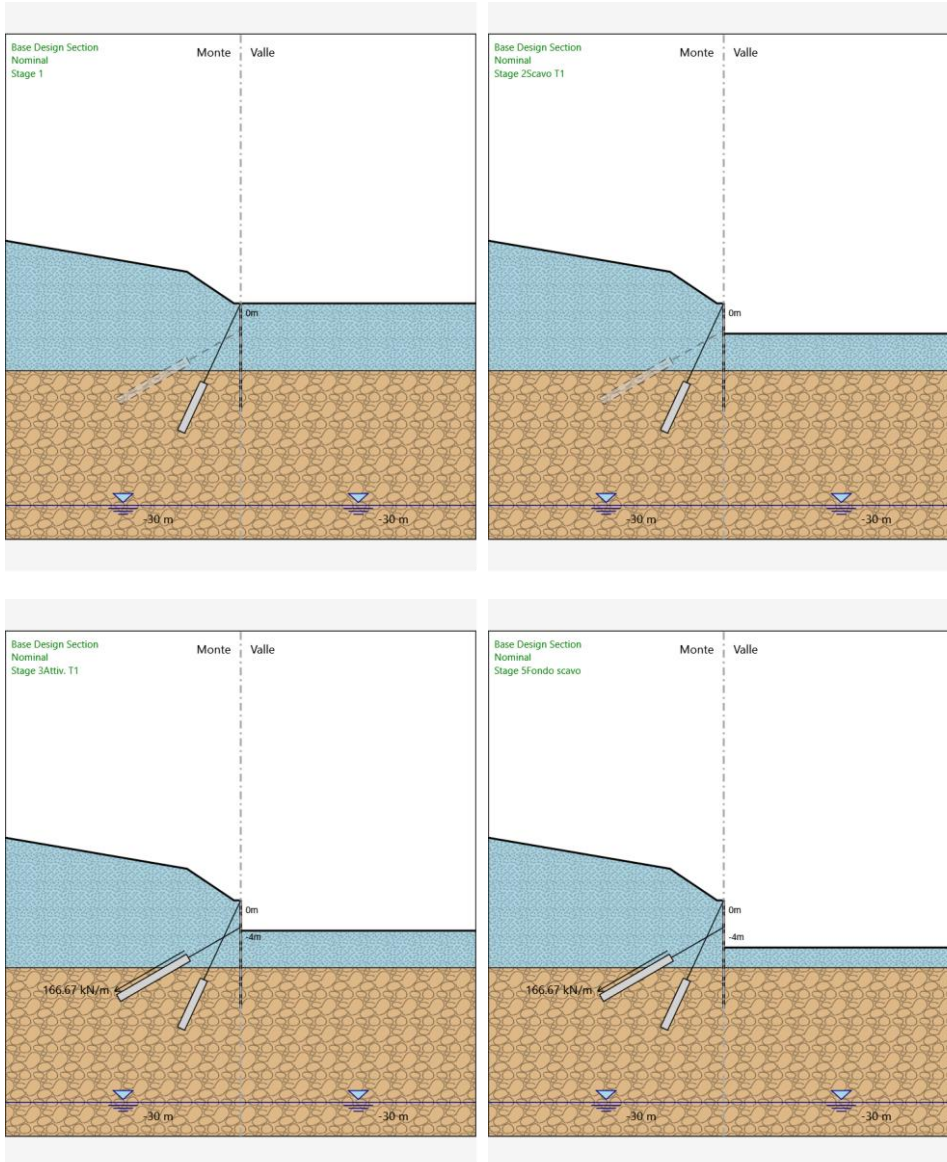
X : 0 m

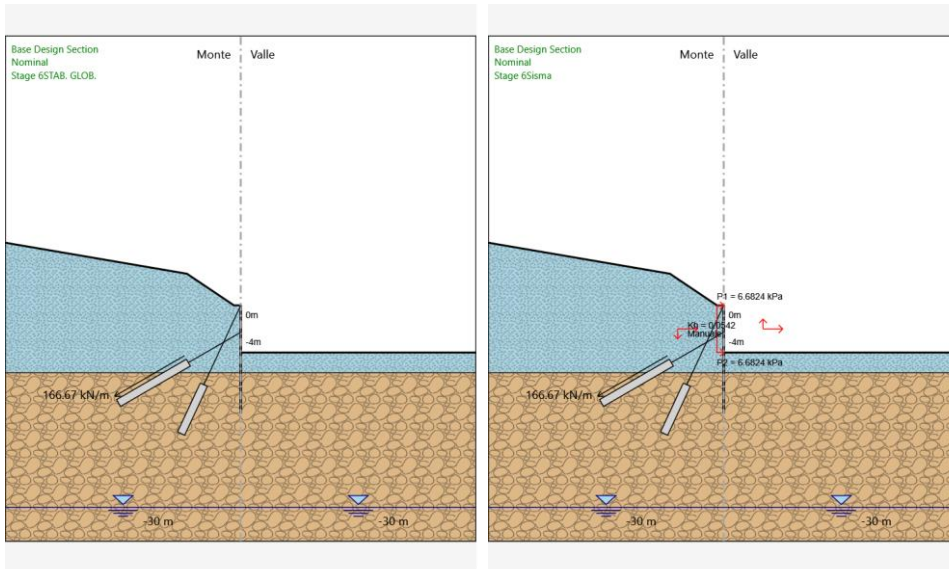
Z : -4 m
 Lunghezza bulbo : 12 m
 Diametro bulbo : 0.15 m
 Lunghezza libera : 9 m
 Spaziatura orizzontale : 2.4 m
 Precarico : 400 kN
 Angolo : 30 °
 Sezione : 4 trefoli
 Tipo di barre : Barre trefoli
 Numero di barre : 4
 Diametro : 0.01331 m
 Area : 0.000556 m²

Tirante : Cavalletto

X : 0 m
 Z : 0 m
 Lunghezza bulbo : 8 m
 Diametro bulbo : 0.22 m
 Lunghezza libera : 13 m
 Spaziatura orizzontale : 1.6 m
 Precarico : 0 kN
 Angolo : 65 °
 Sezione : Cavall. 114.3x10
 Area : 0.00328 m²

Tabella Configurazione Stage (Nominal)





Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_u (F_dead_load_u nfavour))	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_f (F_dead_load_f avour))	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_u (F_live_load_u nfavour))	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_f (F_live_load_f avour))	Carico Sismico (F_seism_load (F_seism_load))	Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterDR (F_WaterDR))	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterDR (F_WaterDR))	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_GDSta (F_UPL_GDSta))	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_GSta (F_UPL_GSta))	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QDSta (F_UPL_QDSta))	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_GDSta (F_HYD_GDSta))	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_GSta (F_HYD_GSta))	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDSta (F_HYD_QDSta))
Simbolo	yG	yG	yQ	yQ	yQE	yG	yG	yGdst	yGstb	yQdst	yGdst	yGstb	yQdst
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

Nome	Parziale su tan(ϕ) (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	y ϕ	yc	y γ	yqu	y 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

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	yRe	yap	yat	
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

Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

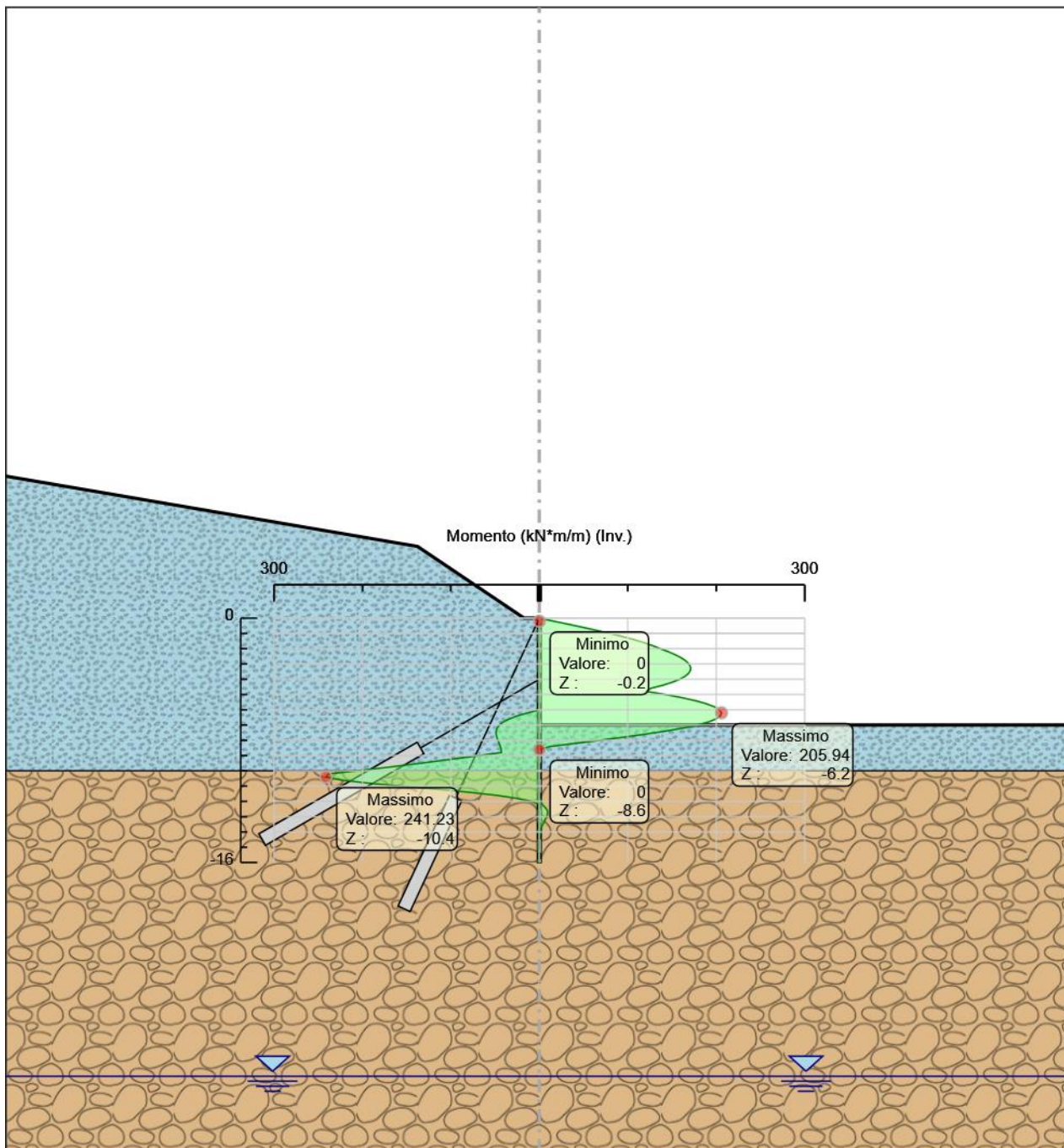
Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)						
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1						
NTC2018: SISMICA STR						V
NTC2018: SISMICA GEO						

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Tabella Inviluppi Momento Sx

Selected Design Assumptions Z (m)	Inviluppi: Momento	
	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0	16.541
-0.4	0	32.968
-0.6	0	49.129
-0.8	0	64.804
-1	0	79.773
-1.2	0	93.814
-1.4	0	106.703
-1.6	0	118.214
-1.8	0	128.119
-2	0	136.669
-2.2	0	145.925
-2.4	0	153.92
-2.6	0	160.54
-2.8	0	165.67
-3	0	169.197
-3.2	0	171.004
-3.4	0	170.979
-3.6	0	169.005
-3.8	0	164.969
-4	0	158.755
-4.2	0	150.251
-4.4	0	139.339
-4.6	0	125.908
-4.8	0	121.176
-5	0	142.452
-5.2	0	160.863
-5.4	0	176.295
-5.6	0	188.634
-5.8	0	197.764
-6	0	203.571
-6.2	12.787	205.94
-6.4	24.973	204.758
-6.6	34.175	199.908
-6.8	40.788	191.278
-7	45.196	178.752
-7.2	47.775	162.215
-7.4	48.886	142.272
-7.6	48.877	119.525
-7.8	48.081	94.579
-8	46.817	68.038
-8.2	45.392	40.504
-8.4	44.096	12.582
-8.6	43.208	0
-8.8	42.992	0
-9	68.237	0
-9.2	94.297	0
-9.4	120.678	0
-9.6	147.844	0
-9.8	176.23	0
-10	206.24	0
-10.2	238.329	0
-10.4	241.228	0
-10.6	224.202	0
-10.8	194.325	0
-11	156.636	0
-11.2	115.932	0
-11.4	78.954	0
-11.6	48.615	0
-11.8	25.484	0
-12	9.31	1.864
-12.2	0	3.336
-12.4	0	6.744
-12.6	0	9.189
-12.8	0	9.406
-13	0	8.292
-13.2	0	6.597
-13.4	0	4.807
-13.6	0	3.201
-13.8	0	1.904
-14	0.109	0.947
-14.2	0.156	0.302
-14.4	0.16	0
-14.6	0.281	0
-14.8	0.342	0
-15	0.318	0
-15.2	0.249	0
-15.4	0.164	0
-15.6	0.083	0
-15.8	0.024	0
-16	0	0

Grafico Involuppi Momento

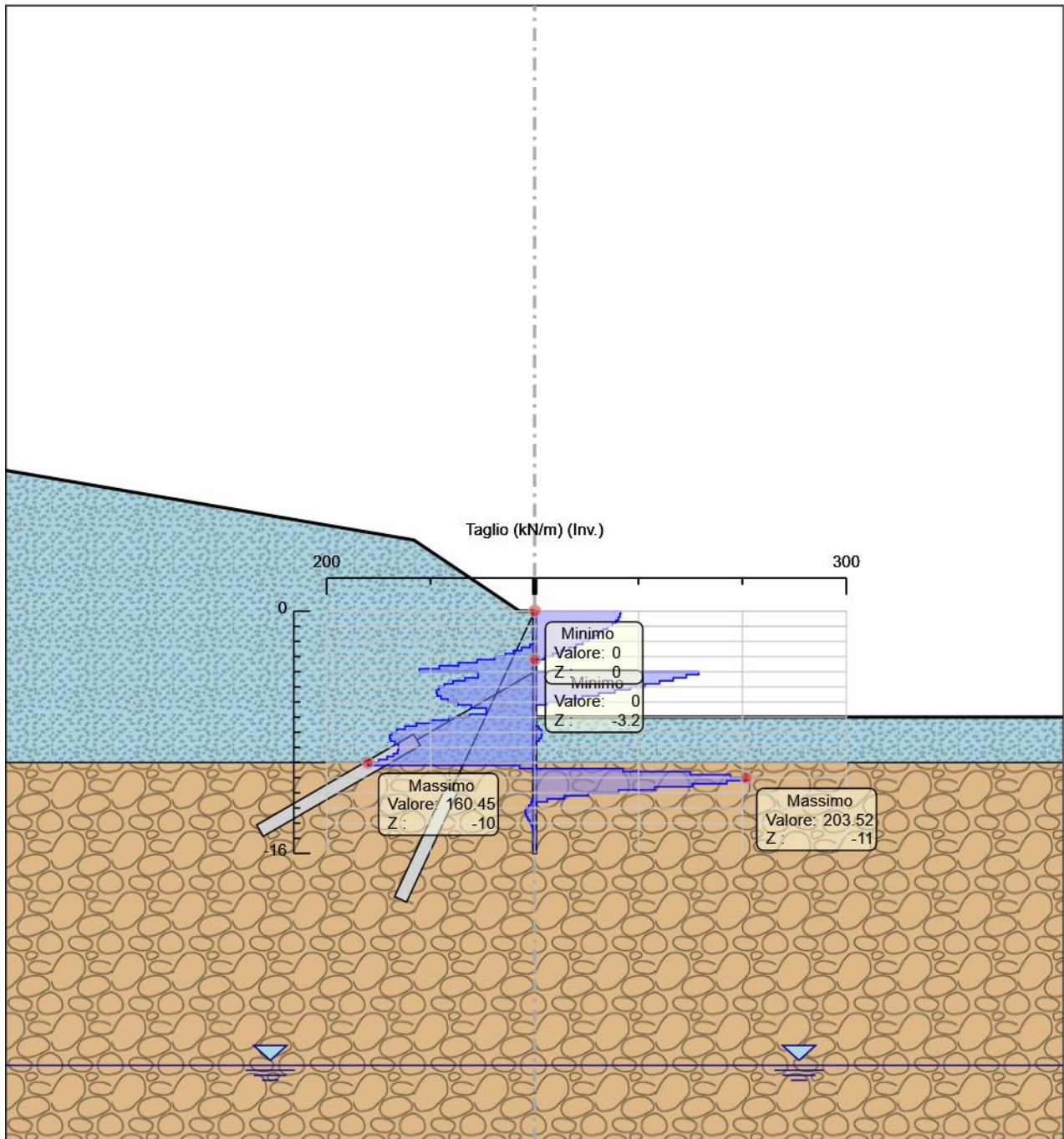


Momento

Tabella Involuppi Taglio Sx

Selected Design Assumptions Z (m)	Involuppi: Taglio		Muro: Sx
	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	0	82.707
-0.2	0	0	82.707
-0.4	0	0	82.134
-0.6	0	0	80.804
-0.8	0	0	78.376
-1	0	0	74.846
-1.2	0	0	70.205
-1.4	0	0	65.757
-1.6	0	0	61.746
-1.8	0	0	57.163
-2	0	0	52.007
-2.2	4.673	0	46.277
-2.4	12.57	0	39.975
-2.6	20.183	0	33.1
-2.8	28.204	0	25.652
-3	38.472	0	17.632
-3.2	55.333	0	9.038
-3.4	73.101	0	0
-3.6	91.673	0	0
-3.8	110.917	0	0
-4	110.917	0	157.941
-4.2	54.556	0	157.941
-4.4	67.16	0	145.91
-4.6	78.541	0	133.306
-4.8	86.904	0	120.129
-5	92.249	0	106.379
-5.2	94.576	0	92.056
-5.4	94.576	0	77.16
-5.6	93.884	0	61.691
-5.8	90.174	0	45.65
-6	83.445	0	29.035
-6.2	73.698	0	11.848
-6.4	60.933	0	0
-6.6	46.499	0	0
-6.8	62.631	0	0
-7	82.683	0	0
-7.2	99.717	0	0
-7.4	113.732	0	0.047
-7.6	124.73	0	3.98
-7.8	132.708	0	6.317
-8	137.669	0	7.127
-8.2	139.611	0	7.127
-8.4	139.611	0	6.48
-8.6	138.535	0	4.442
-8.8	134.44	0	1.079
-9	131.119	0	0
-9.2	131.907	0	0
-9.4	135.829	0	0
-9.6	141.932	0	0
-9.8	150.049	0	0
-10	160.448	0	0
-10.2	160.448	0	1.844
-10.4	14.496	0	85.13
-10.6	0	0	149.386
-10.8	0	0	188.444
-11	0	0	203.519
-11.2	0	0	203.519
-11.4	0	0	184.894
-11.6	0	0	151.694
-11.8	0	0	115.656
-12	0	0	80.87
-12.2	0	0	51.538
-12.4	2.014	0	28.73
-12.6	3.52	0	12.223
-12.8	5.572	0	1.447
-13	8.475	0	0
-13.2	8.947	0	0
-13.4	8.947	0	0
-13.6	8.033	0	0
-13.8	6.482	0	0
-14	4.784	0	0
-14.2	3.225	0	0
-14.4	1.943	0	0.117
-14.6	0.975	0	0.163
-14.8	0.304	0	0.165
-15	0	0	0.345
-15.2	0	0	0.427
-15.4	0	0	0.427
-15.6	0	0	0.403
-15.8	0	0	0.296
-16	0	0	0.121

Grafico Involuppi Taglio



Taglio

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva	%
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 3_Activ. T1	Left Wall	LEFT		7.76
NTC2018: SISMICA STR	Stage 6_Sisma	Left Wall	RIGHT		16.62

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva	%
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 1	Left Wall	LEFT		174.21
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 1	Left Wall	RIGHT		351.78

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	1.1

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2_Scavo T1	Stage 3_Activ. T1	Stage 5_Fondo scavo	Stage 6_STAB. GLOB.	Stage 6_Sisma
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)						
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	
NTC2018: A2+M2+R1						
NTC2018: SISMICA STR						V
NTC2018: SISMICA GEO						

Risultati SteelWorld

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
	0	0
	-0.2	0.064
	-0.4	0.128
	-0.6	0.191
	-0.8	0.252
	-1	0.31
	-1.2	0.365
	-1.4	0.415
	-1.6	0.46
	-1.8	0.498
	-2	0.532
	-2.2	0.568
	-2.4	0.599
	-2.6	0.625
	-2.8	0.645
	-3	0.658
	-3.2	0.665
	-3.4	0.665
	-3.6	0.658
	-3.8	0.642
	-4	0.618
	-4.2	0.585
	-4.4	0.542
	-4.6	0.49
	-4.8	0.471
	-5	0.554
	-5.2	0.626
	-5.4	0.686
	-5.6	0.734
	-5.8	0.769
	-6	0.792
	-6.2	0.801
	-6.4	0.797
	-6.6	0.778
	-6.8	0.744
	-7	0.695
	-7.2	0.631
	-7.4	0.554
	-7.6	0.465
	-7.8	0.368
	-8	0.265
	-8.2	0.177
	-8.4	0.172
	-8.6	0.168
	-8.8	0.167
	-9	0.265
	-9.2	0.367
	-9.4	0.47
	-9.6	0.575

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	
-9.8	0.686	
-10	0.802	
-10.2	0.927	
-10.4	0.939	
-10.6	0.872	
-10.8	0.756	
-11	0.609	
-11.2	0.451	
-11.4	0.307	
-11.6	0.189	
-11.8	0.099	
-12	0.036	
-12.2	0.013	
-12.4	0.026	
-12.6	0.036	
-12.8	0.037	
-13	0.032	
-13.2	0.026	
-13.4	0.019	
-13.6	0.012	
-13.8	0.007	
-14	0.004	
-14.2	0.001	
-14.4	0.001	
-14.6	0.001	
-14.8	0.001	
-15	0.001	
-15.2	0.001	
-15.4	0.001	
-15.6	0	
-15.8	0	
-16	0	

Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

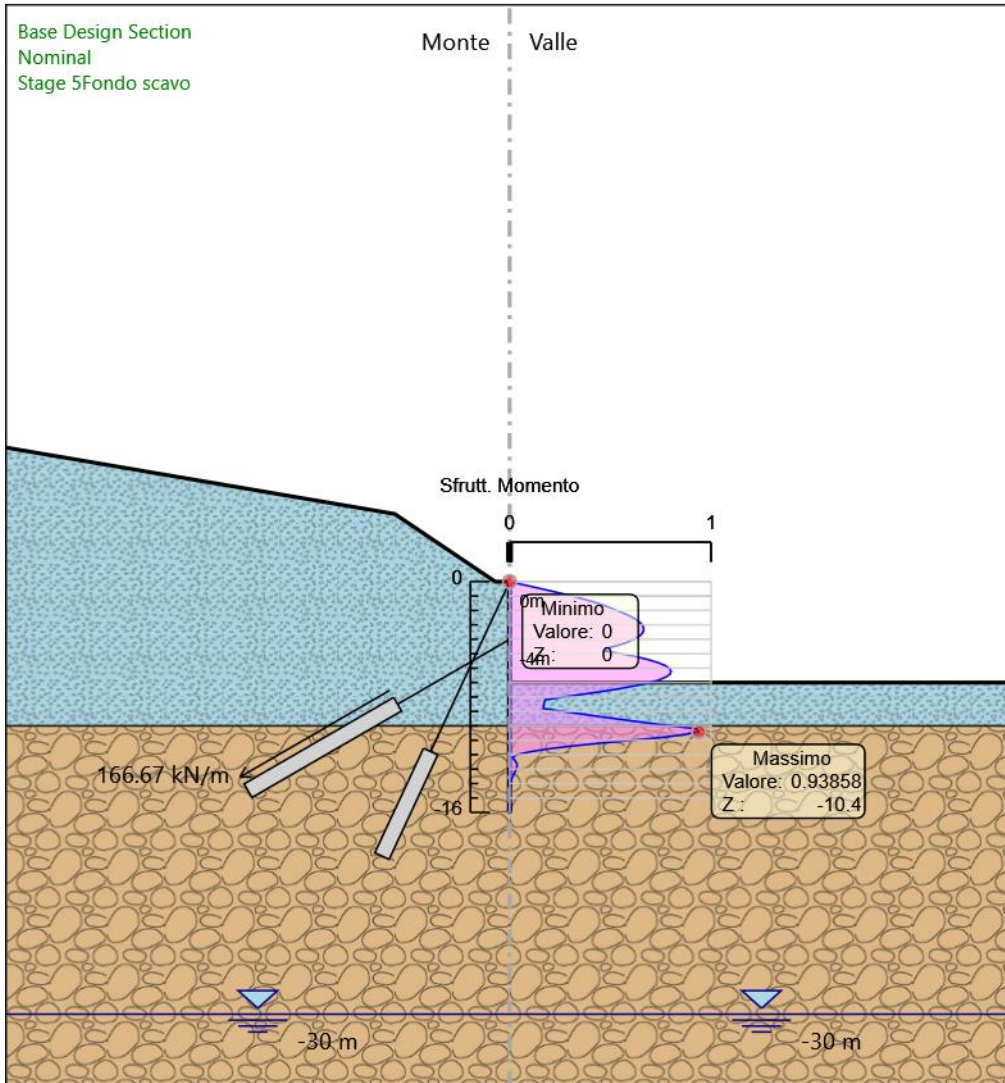
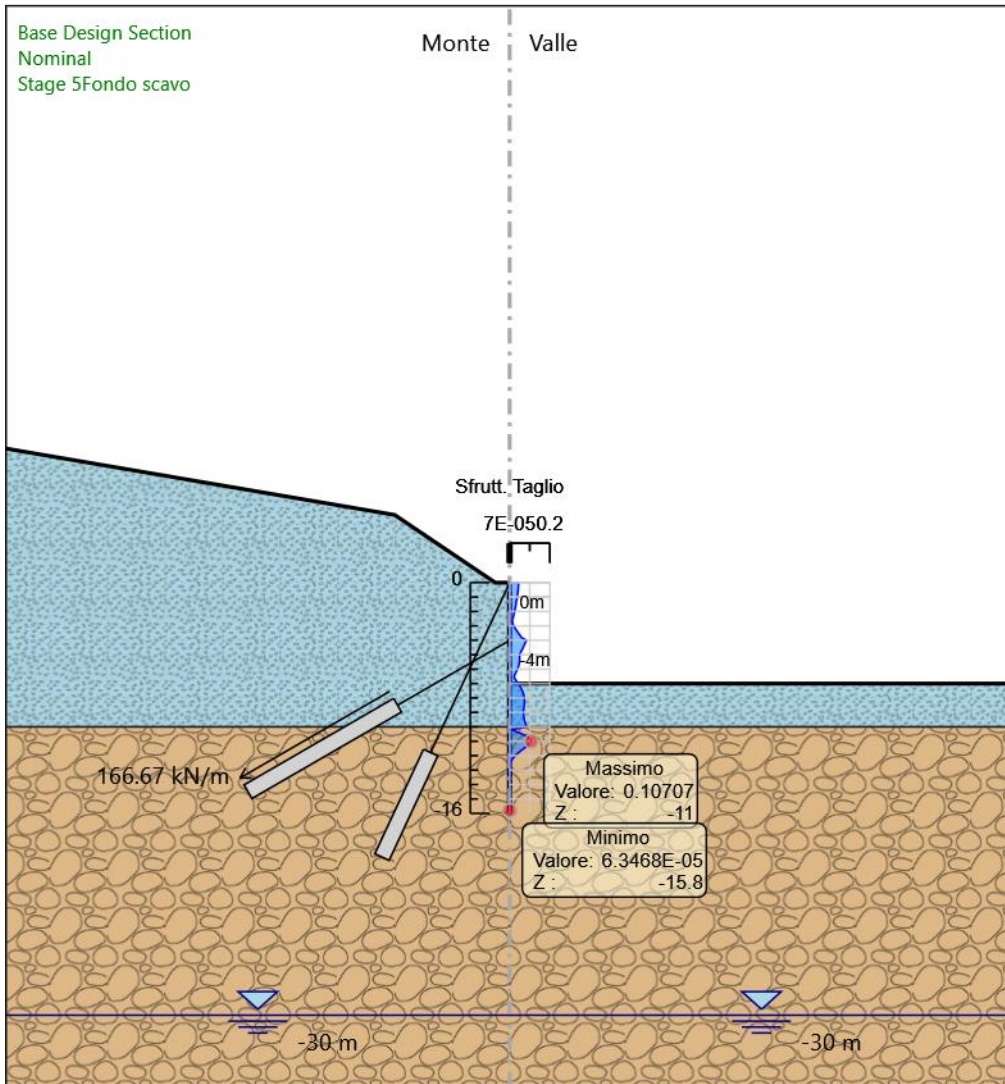


Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
0	0.044
-0.2	0.043
-0.4	0.043
-0.6	0.041
-0.8	0.039
-1	0.037
-1.2	0.035
-1.4	0.032
-1.6	0.03
-1.8	0.027
-2	0.024
-2.2	0.021
-2.4	0.017
-2.6	0.013
-2.8	0.015
-3	0.02
-3.2	0.029
-3.4	0.038
-3.6	0.048
-3.8	0.058
-4	0.083
-4.2	0.077
-4.4	0.07
-4.6	0.063
-4.8	0.056
-5	0.049
-5.2	0.05
-5.4	0.049
-5.6	0.047
-5.8	0.044
-6	0.039
-6.2	0.032
-6.4	0.024
-6.6	0.023
-6.8	0.033
-7	0.044
-7.2	0.052
-7.4	0.06
-7.6	0.066
-7.8	0.07
-8	0.072
-8.2	0.073
-8.4	0.073
-8.6	0.071
-8.8	0.069
-9	0.069
-9.2	0.069
-9.4	0.071
-9.6	0.075
-9.8	0.079
-10	0.084
-10.2	0.008
-10.4	0.045
-10.6	0.079
-10.8	0.099
-11	0.107
-11.2	0.097
-11.4	0.08
-11.6	0.061
-11.8	0.043
-12	0.027
-12.2	0.015
-12.4	0.006
-12.6	0.002
-12.8	0.003
-13	0.004
-13.2	0.005
-13.4	0.004
-13.6	0.003
-13.8	0.003
-14	0.002
-14.2	0.001
-14.4	0.001
-14.6	0
-14.8	0
-15	0
-15.2	0
-15.4	0
-15.6	0
-15.8	0
-16	0

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

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
T1	Stage 3_Activ. T1	400.08	1555.088	733.92	0.257	0.545		NO
T1	Stage 5_Fondo scavo	525.053	1555.088	733.92	0.338	0.715		NO
T1	Stage 6_STAB. GLOB.	525.053	1555.088	733.92	0.338	0.715		NO
T1	Stage 6_Sisma	525.053	1555.088	733.92	0.338	0.715		NO
Cavalletto	Stage 1	0	1520.531	1058.545	0	0		NO
Cavalletto	Stage 2_Scavo T1	226.537	1520.531	1058.545	0.149	0.214		NO
Cavalletto	Stage 3_Activ. T1	240.863	1520.531	1058.545	0.158	0.228		NO
Cavalletto	Stage 5_Fondo scavo	173.72	1520.531	1058.545	0.114	0.164		NO
Cavalletto	Stage 6_STAB. GLOB.	173.72	1520.531	1058.545	0.114	0.164		NO
Cavalletto	Stage 6_Sisma	173.72	1520.531	1058.545	0.114	0.164		NO

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
T1	Stage 3_Activ. T1	520.104	785.398	733.92	0.662	0.709		NO
T1	Stage 5_Fondo scavo	682.569	785.398	733.92	0.869	0.93		NO
T1	Stage 6_STAB. GLOB.	682.569	785.398	733.92	0.869	0.93		NO
T1	Stage 6_Sisma	682.569	785.398	733.92	0.869	0.93		NO
Cavalletto	Stage 1	0	767.945	1058.545	0	0		
Cavalletto	Stage 2_Scavo T1	294.498	767.945	1058.545	0.383	0.278		
Cavalletto	Stage 3_Activ. T1	313.122	767.945	1058.545	0.408	0.296		
Cavalletto	Stage 5_Fondo scavo	225.836	767.945	1058.545	0.294	0.213		
Cavalletto	Stage 6_STAB. GLOB.	225.836	767.945	1058.545	0.294	0.213		
Cavalletto	Stage 6_Sisma	225.836	767.945	1058.545	0.294	0.213		

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
T1	Stage 3_Activ. T1	400.08	785.398	733.92	0.509	0.545		NO
T1	Stage 5_Fondo scavo	613.857	785.398	733.92	0.782	0.836		NO
T1	Stage 6_STAB. GLOB.	613.86	785.398	733.92	0.782	0.836		NO
T1	Stage 6_Sisma	613.86	785.398	733.92	0.782	0.836		NO
Cavalletto	Stage 1	0	767.945	1058.545	0	0		
Cavalletto	Stage 2_Scavo T1	383.015	767.945	1058.545	0.499	0.362		
Cavalletto	Stage 3_Activ. T1	396.148	767.945	1058.545	0.516	0.374		
Cavalletto	Stage 5_Fondo scavo	287.338	767.945	1058.545	0.374	0.271		
Cavalletto	Stage 6_STAB. GLOB.	287.337	767.945	1058.545	0.374	0.271		
Cavalletto	Stage 6_Sisma	287.337	767.945	1058.545	0.374	0.271		

Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA STR

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR		Tipo Risultato: Verifiche Tiranti				NTC2018 (ITA)		
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
T1	Stage 3_Activ. T1	400.08	785.398	733.92	0.509	0.545		NO
T1	Stage 5_Fondo scavo	525.053	785.398	733.92	0.669	0.715		NO
T1	Stage 6_STAB. GLOB.	525.053	785.398	733.92	0.669	0.715		NO
T1	Stage 6_Sisma	576.549	785.398	733.92	0.734	0.786		NO
Cavalletto	Stage 1	0	767.945	1058.545	0	0		
Cavalletto	Stage 2_Scavo T1	226.537	767.945	1058.545	0.295	0.214		
Cavalletto	Stage 3_Activ. T1	240.863	767.945	1058.545	0.314	0.228		
Cavalletto	Stage 5_Fondo scavo	173.72	767.945	1058.545	0.226	0.164		
Cavalletto	Stage 6_STAB. GLOB.	173.72	767.945	1058.545	0.226	0.164		
Cavalletto	Stage 6_Sisma	181.723	767.945	1058.545	0.237	0.172		

Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA GEO

Design Assumption: NTC2018: SISMICA GEO		Tipo Risultato: Verifiche Tiranti				NTC2018 (ITA)		
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
T1	Stage 3_Activ. T1	400.08	785.398	733.92	0.509	0.545		NO
T1	Stage 5_Fondo scavo	525.053	785.398	733.92	0.669	0.715		NO
T1	Stage 6_STAB. GLOB.	525.053	785.398	733.92	0.669	0.715		NO
T1	Stage 6_Sisma	576.549	785.398	733.92	0.734	0.786		NO
Cavalletto	Stage 1	0	767.945	1058.545	0	0		
Cavalletto	Stage 2_Scavo T1	226.537	767.945	1058.545	0.295	0.214		
Cavalletto	Stage 3_Activ. T1	240.863	767.945	1058.545	0.314	0.228		
Cavalletto	Stage 5_Fondo scavo	173.72	767.945	1058.545	0.226	0.164		
Cavalletto	Stage 6_STAB. GLOB.	173.72	767.945	1058.545	0.226	0.164		
Cavalletto	Stage 6_Sisma	181.723	767.945	1058.545	0.237	0.172		

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

Tipo Risultato: Verifiche Tiranti		NTC2018 (ITA)							Design Assumption
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	
T1	Stage 5_Fondo scavo	682.569	785.398	733.92	0.869	0.93		NO	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Cavalletto	Stage 3_Activ. T1	396.148	767.945	1058.545	0.516	0.374			NTC2018: A2+M2+R1