

ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 4 - Dallo svincolo n. 8 "Francofonte" (compreso) allo svincolo della "Ragusana"(escluso)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PA898**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



Dott. Ing. N.Granieri
Dott. Ing. F.Durastanti
Dott. Ing. V.Truffini
Dott. Arch. A.Bracchini
Dott. Ing. L.Nani

Dott. Ing. M.Abram
Dott. Ing. F.Pambianco
Dott. Ing. M.Briganti Botta
Dott. Ing. L.Gagliardini
Dott. Geol. G.Cerquiglini

MANDANTI:



Dott. Ing. G.Guiducci
Dott. Ing. A.Signorelli
Dott. Ing. E.Moscatelli
Dott. Ing. A.Bela

Dott. Ing. G.Lucibello
Dott. Arch. G.Guastella
Dott. Geol. M.Leonardi
Dott. Ing. G.Parente



Dott. Arch. E.A.E.Crimi
Dott. Ing. M.Panfilì
Dott. Arch. P.Ghirelli
Dott. Ing. D.Pelle

Dott. Ing. L.Ragnacci
Dott. Arch. A.Strati
Archeol. M.G.Liseno



Dott. Ing. D.Carlaccini
Dott. Ing. S.Sacconi
Dott. Ing. C.Consorti

Dott. Ing. F.Aloe
Dott. Ing. A.Salvemini



Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. G.Pulli
Dott. Ing. F.Macchioni

Dott. Ing. G.Verini Supplizi
Dott. Ing. V.Piunno
Geom. C.Sugaroni



Dott. Ing. P.Agnello

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini

Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

OPERE D'ARTE MINORI

ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO DAL KM 10+264 AL KM 10+280

Relazione di calcolo opere provvisionali

CODICE PROGETTO			NOME FILE			REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04OM02STRRE03A				
L0408Z	E	2101	CODICE ELAB. T04OM02STRRE03			A	-
A	Emissione		Giu 2021	P. Castraberte	F. Durastanti	N.Granieri	
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

INDICE

1	PREMESSA	3
2	CLASSE D'USO E VITA NOMINALE DELL'OPERA	4
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE E TIPOLOGIA STRUTTURALE	5
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
4.1	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	10
4.2	SOFTWARE UTILIZZATI	10
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	11
5.1	CALCESTRUZZO	11
5.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE	11
5.3	ACCIAIO PER ARMATURE DI PRETENSIONE DEI TREFOLI	11
5.4	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA	12
5.5	ULTERIORI SPECIFICHE RELATIVE AI MATERIALI	12
5.6	CARATTERISTICHE GENERALI ELEMENTI STRUTTURALI	13
6	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	15
6.1	STRATIGRAFIA DI CALCOLO	15
6.2	PARAMETRI GEOTECNICI	15
7	AZIONI DI CALCOLO	17
7.1	PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	17
7.2	SPINTA STATICA DEL TERRENO	17
7.3	INCREMENTO DI SPINTA DOVUTO AL SOVRACCARICO STRADALE	17
8	CRITERI DI MODELLAZIONE	19
8.1	COMBINAZIONI DELLE AZIONI	19
9	CRITERI DI VERIFICA	21
9.1	SLU	21
9.1.1	SLU (GEO)	21
9.1.2	SLU (STR)	22
9.2	SLE	23
10	CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.	24
10.1	VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI	24
10.1.1	Verifiche a flessione e pressoflessione	24
10.1.2	Verifiche a taglio	24

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

10.2 VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	25
11 CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN ACCIAIO.....	26
11.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI	26
11.2 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI	28
11.2.1 Resistenza delle membrature	28
11.2.2 Verifica all'instabilità dell'anima della sezione soggetta a taglio	28
12 RISULTATI E VERIFICHE.....	30
12.1 VERIFICHE TIRANTI.....	30
12.2 VERIFICA MICROPALO	31
12.3 VERIFICA TRAVE DI RIPARTIZIONE	32
12.4 VERIFICA STABILITA' GLOBALE.....	34
12.5 VERIFICHE SLE	34
13 ALLEGATO A: TABULATI DI CALCOLO	36
13.1 DESCRIZIONE PARETI.....	37
13.2 FASI DI CALCOLO	38
13.3 DESCRIZIONE COEFFICIENTI DESIGN ASSUMPTION	50
13.4 DESCRIZIONE SINTETICA DEI RISULTATI DELLE DESIGN ASSUMPTION (INVILUPPI)	73
13.5 GRAFICO INVILUPPI TAGLIO	79
13.6 NORMATIVE ADOTTATE PER LE VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	80

1 PREMESSA

La presente relazione viene redatto a corredo del progetto delle opere specialistiche di contenimento terra ai fini di poter eseguire le operazioni di scavo e la realizzazione delle spalle dell'Attraversamento idraulico al km 9+611 (Lotto 7), previsto nell'ambito dei lavori di collegamento autostradale Ragusa-Catania: ammodernamento a n° 4 corsie della S.S. 514 "Di Chiaromonte" e della S.S. 194 Ragusana dallo svincolo con la S.S. 115 allo svincolo con la S.S. 114.

2 CLASSE D'USO E VITA NOMINALE DELL'OPERA

L'opera in oggetto è considerabile, secondo la classificazione delle NTC 18, come *Costruzioni temporanee e provvisorie* e per tale motivo viene progettata per una vita nominale V_N pari a 10 anni.

Ai fini del calcolo delle azioni sismiche la norma specifica che per queste opere o comunque opere in fase di costruzione è possibile omettere tale calcolo quando il progetto preveda che tale condizione permanga per un tempo ≤ 2 anni.

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE E TIPOLOGIA STRUTTURALE

L'attraversamento idraulico in oggetto prevede due impalcati con una larghezza carrabile di 9.75m e due cordoli da 0.75m per una larghezza complessiva di 11.25m. Gli impalcati presentano luce di 16.40m in semplice appoggio vincolati in corrispondenza delle spalle.

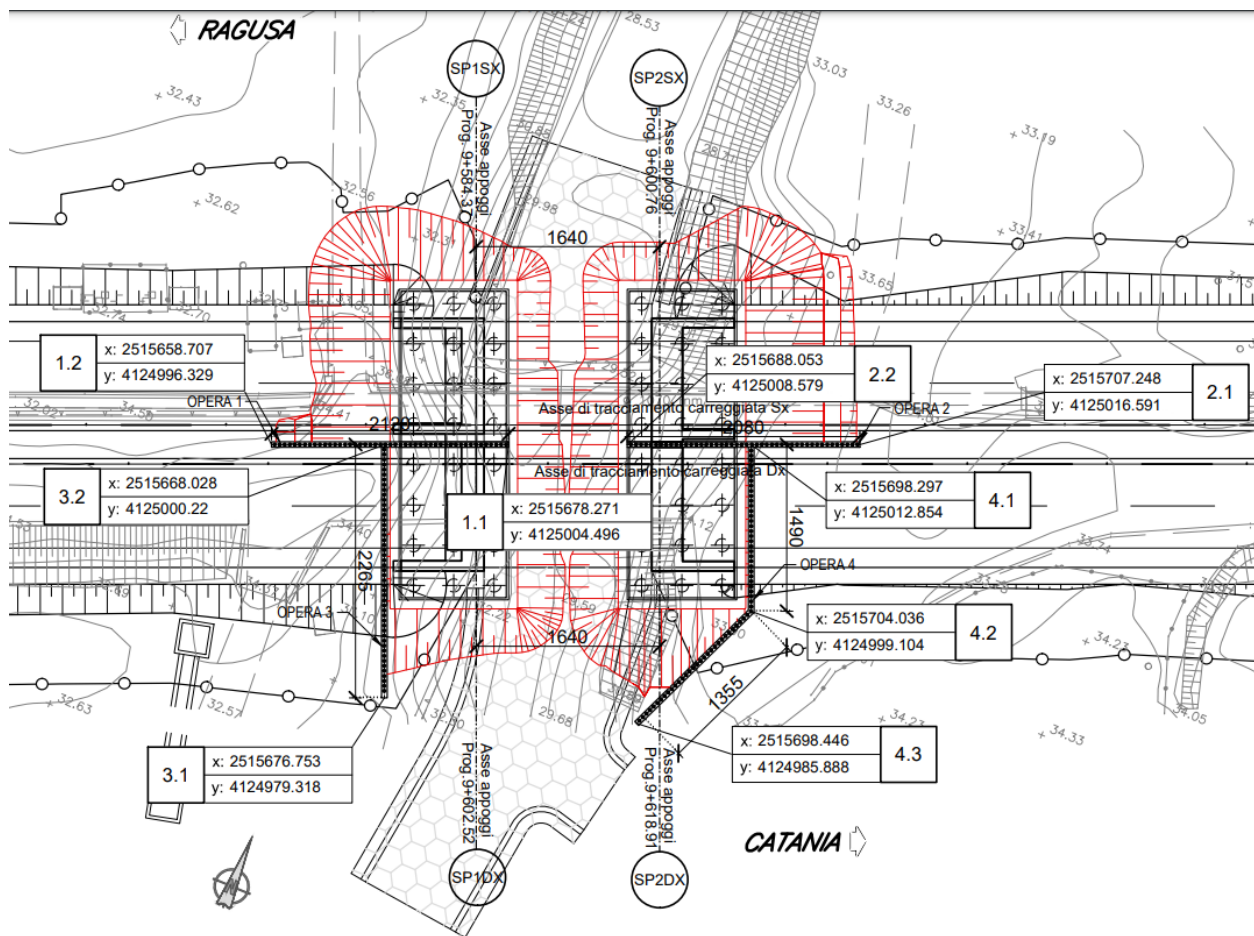
Le spalle previste in sede progettuale come spalle fisse presentano un muro frontale di spessore 2.75m ed altezza di 4.32m e un muro paraghiaia con altezza variabile di 2.20 ÷ 2.45m e spessore 60cm. Le platee di fondazione, di dimensioni in pianta 9.40x13.45x2.20m poggia su una palificata di 12 pali trivellati Ø1200mm. Tali spalle sono divise tra loro dalle opere provvisoriali, sede della seguente relazione, in quanto verranno eseguite in tempi diversi tra loro.

Le opere provvisoriali necessarie al sostegno degli scavi delle spalle nelle varie fasi di cantierizzazione sono 4 di cui due parallele all'andamento della strada e due ortogonali ad esso. Queste ultime risultano delle berlinesi in micropali tirantate mentre le prime risultano divise principalmente in due tratti di diversa tipologia:

- Berlinese con micropali verticali trivellati di tipo tirantata;
- Berlinese con micropali verticali trivellati a mensola non tirantata.

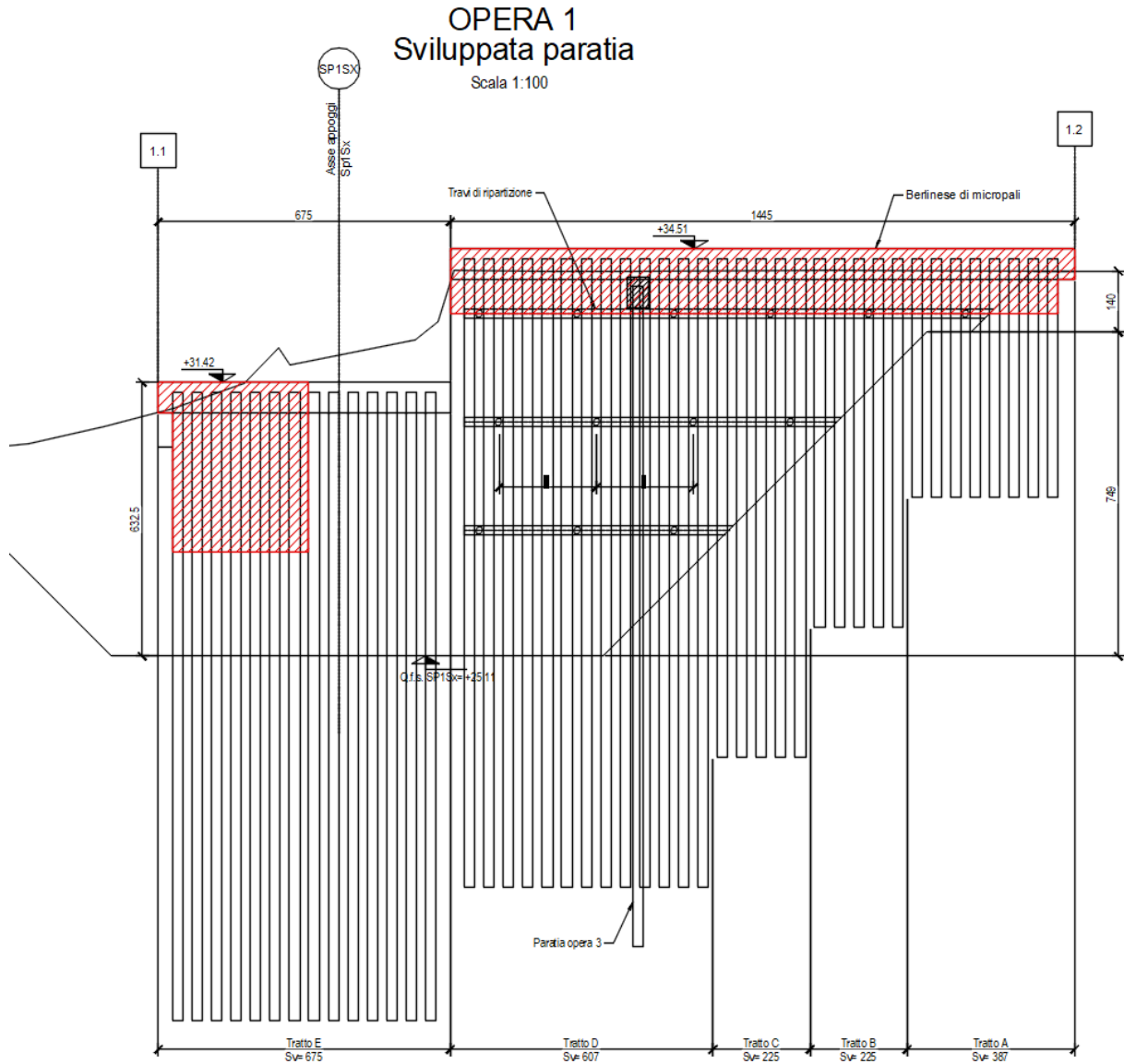
Di seguito viene riportato lo stralcio planimetrico e le sviluppate delle varie opere.

Figura 3.1: Planimetria opere provvisoriali



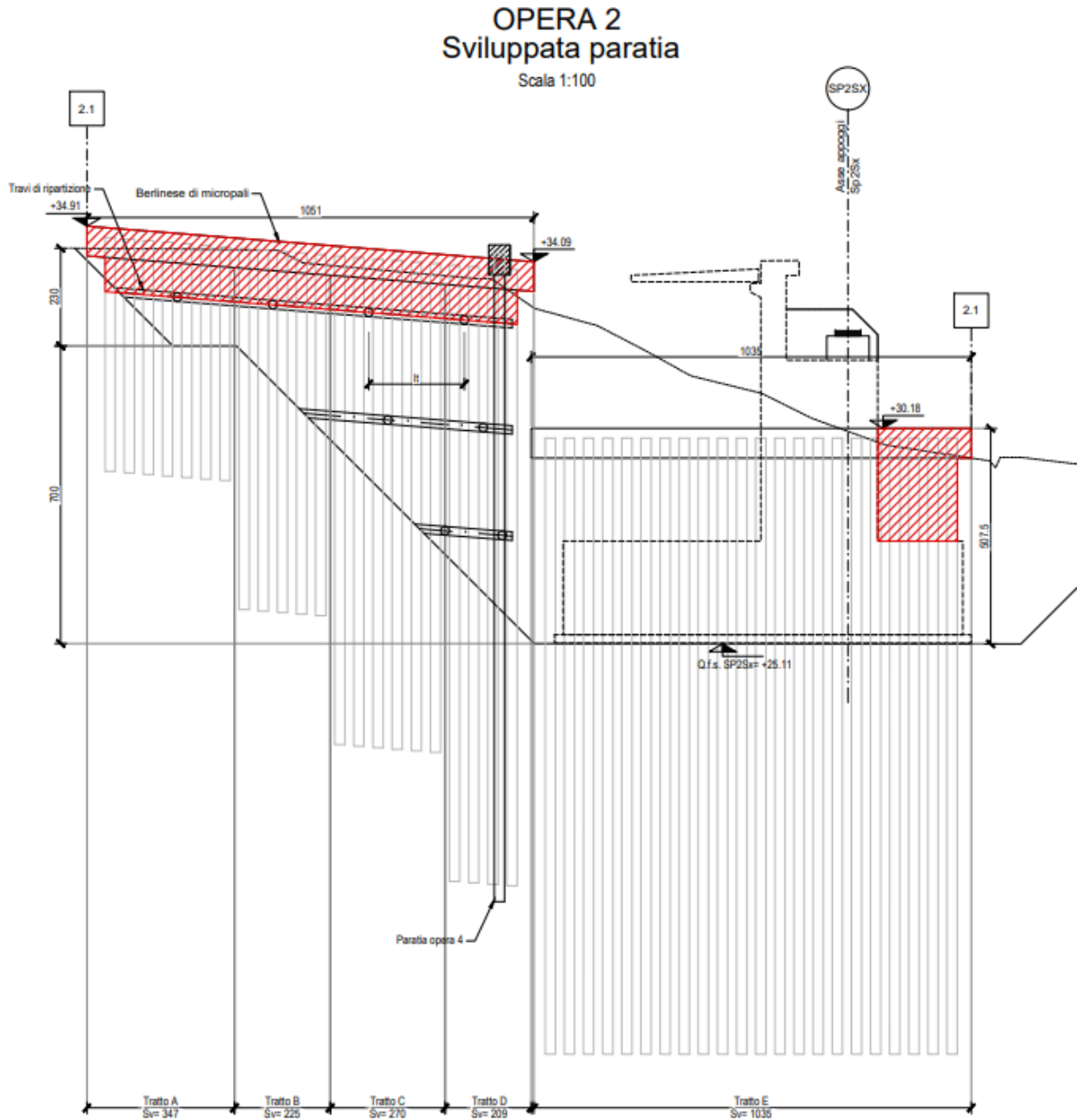
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Figura 3.2: SviluppataOpera 1



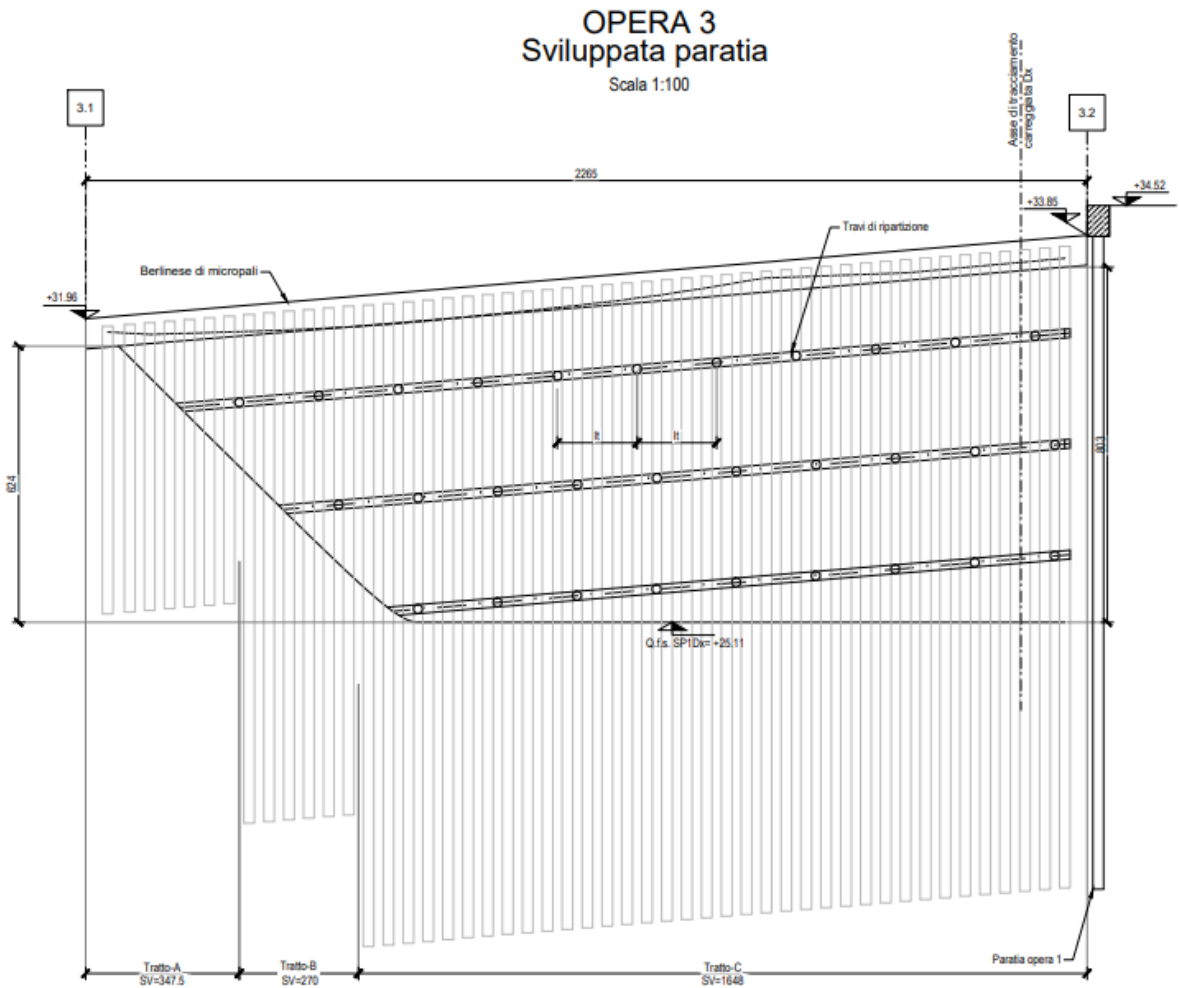
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Figura 3.3: Sviluppata opera 2



RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

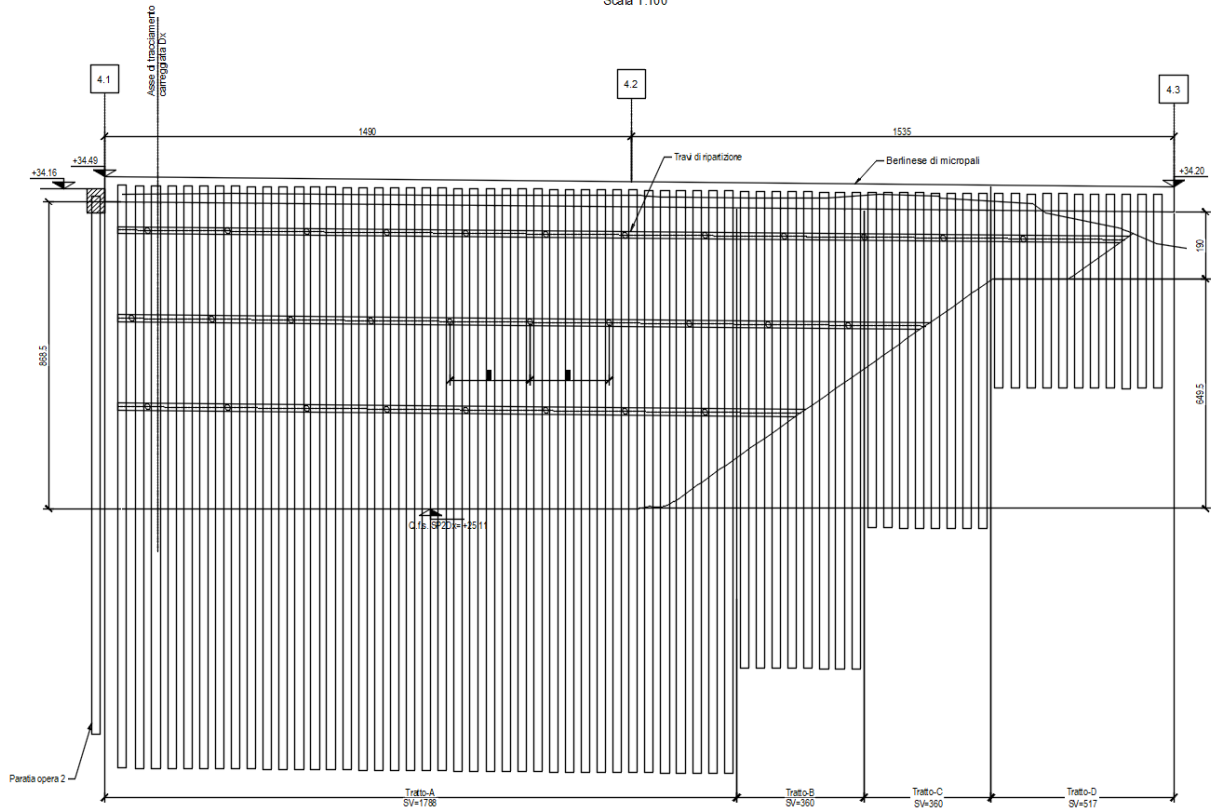
Figura 3.4: Sviluppata opera 3



RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Figura 3.5: Sviluppata opera 4

OPERA 4
Sviluppata paratia
Scala 1:100



Vista la natura dell'opera, viene di seguito verificata la sola paratia con le condizioni al contorno peggiori, cioè l'opera con tre tiranti e altezza di scavo maggiore.

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto è sviluppato nell'osservanza della vigente normativa tecnica.

D. Min. Infrastrutture 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni";

Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione delle "Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"" di cui al D. Min. 17 gennaio 2018;

UNI EN 1992-1-1:2005: "Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - parte 1 - Regole generali e regole per edifici";

UNI EN 1998-2:2006: "Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 2: Ponti";

UNI EN 206-1:2006, "Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità";

UNI 11104:2004, "Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1";

Model Code 1990, CEB-FIP.

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.

4.1 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per il progetto dell'opera in esame si è fatto riferimento ai seguenti elaborati progettuali:

- Relazione geotecnica;
- Relazione tecnica e di calcolo – Impalcato e pile;
- Profili geotecnici;
- Elaborati grafici.

4.2 SOFTWARE UTILIZZATI

Per i calcoli e le modellazioni di cui alla presente relazione sono impiegati i codici di calcolo brevemente descritti di seguito.

- ParatiePLUS versione 21.0.1 – Ceas per il calcolo delle paratie;
- Fogli di calcolo Excel interni.

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione delle spalle dell'opera in oggetto sono previsti i seguenti materiali:

5.1 CALCESTRUZZO

Tabella 5.1: Caratteristiche del calcestruzzo per magrone

Classe di resistenza minima:	C_{min}	C12/15
------------------------------	-----------	--------

Tabella 5.2: Caratteristiche del calcestruzzo permicropali

Conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI11104		
Classe di resistenza minima:	C_{min}	C25/30
Classe di consistenza:	S	S5
Dimensione massima aggregati [mm]	D_{max}	20
Copriferro [mm]	c	60

Tabella 5.3: Caratteristiche del calcestruzzo trave di coronamento

Conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI11104		
Classe di resistenza minima:	C_{min}	C25/30
Classe di consistenza:	S	S5
Dimensione massima aggregati [mm]	D_{max}	25
Copriferro [mm]	c	40

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo e per la definizione della classe di resistenza di queste ultime in funzione delle condizioni ambientali, si farà riferimento alle indicazioni contenute nelle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

5.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Tabella 5.4: Caratteristiche dell'acciaio per armatura ordinaria

Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq 450N/mm^2$
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq 540N/mm^2$

5.3 ACCIAIO PER ARMATURE DI PRETENSIONE DEI TREFOLI

Acciaio armonico in trefoli Y1860 high Grade controllato in stabilimento		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq 1640N/mm^2$
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq 1860N/mm^2$

5.4 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Acciaio per carpenteria metallica S355J0 secondo norma UNI EN 10025

Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq 355 N/mm^2$
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq 510 N/mm^2$

5.5 ULTERIORI SPECIFICHE RELATIVE AI MATERIALI

CALCESTRUZZI

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di resistenza, la classe di consistenza al getto ed il diametro massimo dell'aggregato, nonché la classe di esposizione ambientale, di cui alla norma UNI EN 206:2016.

Per le caratteristiche dei calcestruzzi si fa riferimento alle formule indicate di seguito:

- resistenza a compressione cubica: R_{ck}
- resistenza a compressione cilindrica: $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck}$
- resistenza a compressione cilindrica media: $f_{cm} = f_{ck} + 8 [N/mm^2]$
- resistenza media a trazione semplice per classi <C50/60: $f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3}$
- modulo elastico: $E_{cm} = 22.000 * [f_{cm}/10]^{0,3} [N/mm^2]$
- coefficiente di Poisson: 0,20

Per quanto concerne i componenti dei calcestruzzi si fa riferimento a quanto previsto dalle NTC 2018 ai relativi capitoli:

- leganti: §11.2.9.1
- aggregati: § 11.2.9.2
- aggiunte: § 11.2.9.3
- additivi: § 11.2.9.4
- acqua di impasto: § 11.2.9.5
- miscele preconfezionate di componenti per calcestruzzo: § 11.9.2.6

ACCIAI

Gli acciai per impieghi strutturali avranno caratteristiche conformi ai requisiti di cui al § 11.3.4 delle NTC 2018. Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si utilizzeranno acciai conformi alle norme armonizzate UNI EN 10025-1, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1, recanti la Marcatura CE. Ai fini dell'accettazione e dell'impiego, tutti i componenti risponderanno ai requisiti delle NTC 2018; i materiali saranno qualificati all'origine ai sensi del § 11.1 della norma citata. Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova risponderanno alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377:2017, UNI EN ISO 6892-1:2016, UNI EN ISO 148-1:2016.

Gli acciai laminati di uso generale per la realizzazione di strutture metalliche e per le strutture composte in progetto comprendono:

- travi ad ali parallele del tipo HE

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

- laminati tubolari

5.6 CARATTERISTICHE GENERALI ELEMENTI STRUTTURALI

Qui di seguito vengono riportate le sezioni degli elementi strutturali presenti nel progetto in questione.

- Micropali

Nome: Berlinese

Inerzia Equivalente: 0.0001 m⁴/m

Area Equivalente: 0.022 m²

Mat. omogeneizzazione: S275

Da utilizzare per:
 Muri
 Solette (specificare il Dead Load: 5 kN/m)
 Puntelli
 Puntoni

Geometria e materiali

Custom

Materiale: Inerzia: m⁴/m Area: m²/m

Diaframma o Pali

Calcestruzzo

Materiale: C20/25

Spessore: Ct: 0.6 m

Diametro: Cd: 0.24 m

Passo: Cs: 0.45 m

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

Acciaio

Materiale: S275

Profilo: CHS168.3*8

Passo: Ss: 0.45 m

Diametro: Sod: 0.1683 m

Spessore: Sot: 0.008 m

Anteprima: Diagram showing three micropile cross-sections with dimensions Cd, Sod, Sot, Ss, Cs.

- Trave ripartizione

Nome: Doppia HEB180

Calcestruzzo

Materiale: [dropdown]

Larghezza: 0.25 m

Altezza: 0.25 m

Materiale armature: [dropdown]

Acciaio

Materiale: S275

Sezione: HE 180B

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

- Tirante

Nome

Dati Ancoraggio

Materiale

Dati Trefolo

Materiale

Trefoli \varnothing N₀

Barre \varnothing

Area personalizzata

Area m²

6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Nel presente paragrafo si riporta il modello geotecnico utilizzato per il calcolo delle palificate di fondazione delle spalle dell'Attraverso idraulico al km 9+611.

6.1 STRATIGRAFIA DI CALCOLO

Secondo quanto riportato negli elaborati geotecnici, le stratigrafie assunte per i calcoli delle opere fondazionali delle spalle sono illustrate nelle tabelle seguenti

Tabella 6.1: Stratigrafie di calcolo – Attraversamento idraulico al km 3+544

Litotipi	Spessori Litotipi	
	(m)	
Rilevato esistente	(m)	2
a (grana fine)	(m)	5
a (grana grossa)	(m)	3.5
Qa	(m)	> 10

La falda è posta a 7m dal p.c.e la quota di fondo scavo è a 9.5m dal p.c. per tale motivo andranno previste apposite opere per la rimozione dell'acqua durante le lavorazioni.

6.2 PARAMETRI GEOTECNICI

Nella tabella seguente si riportano i parametri geotecnici caratteristici dei litotipi interessati dal manufatto in esame, assunti in sede di calcolo delle opere fondazionali.

Tabella 6.2: Parametri geotecnici di calcolo

Litotipi	Parametri geotecnici di calcolo			
	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	c_u [kPa]
Rilevato esistente	19	0	34	-
a (grana fine)	17	5	25	150
a (grana grossa)	21	0	38	-
Qa2	17	15	25	150

L'angolo di attrito tra il muro e il terreno viene posto pari a $\delta = 0.667 \cdot \varphi'$

Di seguito la viene riportata la tabella riassuntiva dei parametri geotecnici usati nel calcolo.

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Tabella 6.3: Parametri geotecnici modello

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ_{cv}	ϕ_p	c'	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	°	kPa	kPa		kPa	kPa	kPa
1	Rilevato Esistente	19	19	34			0		Constant		30000	48000
2	a (fine)	19	19	25			5		Constant		20000	32000
3	Deposito sabbioso	19	21	38			0		Constant		40000	64000
4	Argilla	17	19	25	25	17.26	10	150	Constant	45000	15000	24000

7 AZIONI DI CALCOLO

Il calcolo degli elementi delle spalle è stato condotto tenendo conto delle seguenti azioni agenti sull'opera:

- Peso proprio della struttura;
- Spinte del terreno a monte dell'opera;
- Pre-tiro dei tiranti attivi;
- Spinta dovuta al sovraccarico stradale;

7.1 PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Sono considerati i seguenti pesi specifici dei materiali:

Tabella 7.1: Peso proprio della struttura

Peso specifico calcestruzzo	γ_{cls}	25 kN/m³
Peso specifico acciaio	γ_{steel}	78 kN/m³

7.2 SPINTA STATICA DEL TERRENO

L'entità e la distribuzione delle spinte del terreno sulla spalla dipendono dallo spostamento relativo che lo stesso può subire. Infatti, in paratie deformabili l'interazione terreno struttura governa la risposta del sistema e per questo la spinta delle terre può essere così generalizzata:

$$\sigma_h = \sigma_v \cdot K \cdot \cos\delta$$

Dove:

- σ_h : sforzo del terreno orizzontale;
- σ_v : sforzo del terreno verticale;
- δ : coefficiente di attrito terreno-parete;
- K : coefficiente di spinta dello strato di calcolo

In particolare, quest'ultimo varia a seconda che il terreno si trovi in condizioni di spinta a riposo, spinta attiva e spinta passiva.

Il coefficiente di spinta a riposo per terreni normal-consolidato può essere valutato come

$$K_{0,NC} = 1 - \tan(\varphi')$$

Dove φ' è l'angolo di attrito interno del terreno.

Mentre nel caso di deposito sovraconsolidato, viene stimato dalla seguente relazione:

$$K_0 = K_{0,NC} * OCR^n$$

Dove $n=0.5$

Nel caso di spinta attiva il coefficiente K_A dipende da φ' , dall'angolo d'attrito δ terra e muro, nonché dall'inclinazione del terreno a monte. Il calcolo può essere condotto con varie formulazioni come Coulomb o Rankine e viene valutato direttamente dal software di calcolo per le varie fasi di cantiere.

Il coefficiente di spinta passiva K_p risulta l'inverso del coefficiente di spinta attiva.

7.3 INCREMENTO DI SPINTA DOVUTO AL SOVRACCARICO STRADALE

La presenza di un sovraccarico dato dai mezzi di cantiere o dai carichi da traffico uniformemente distribuito sul rilevato comporta un'ulteriore spinta sulla spalla risultante da un diagramma delle pressioni costante con la profondità.

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Intendendo per q il sovraccarico per metro lineare di proiezione orizzontale del valore di 20 kN/m^2 , la spinta in esame vale:

$$\sigma_h = q \cdot K$$

8 CRITERI DI MODELLAZIONE

I calcoli progettuali sono stati svolti con l'ausilio del codice di calcolo **PARATIE PLUS ver. 21.0.1** commercializzato da **HarpaceasSrl**.

La simulazione avviene analizzando il problema piano XZ (considerando una profondità unitaria in direzione Y), dove i gradi di libertà attivi sono lo spostamento laterale e la rotazione. 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.

Questo modello numerico consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle configurazioni di carico, delle fasi esecutive e di esercizio. Nel caso in esame, in una generica fase di calcolo dell'analisi di interazione tra paratia e terreno, la soluzione dipende: dal percorso tenso-deformativo seguito dagli elementi schematizzanti il terreno nelle fasi precedenti, dalle variazioni di spinta o reazione del terreno indotte dalla progressione degli scavi, dall'inserimento di tiranti, dalle variazioni delle condizioni idrostatiche e di sovraccarico, etc... La realizzazione dello scavo sostenuto da una paratia, nel caso in esame tirantata, 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 certo insieme di tiranti applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati. 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 NewtonRaphson (Bathe, 1996).

La legge costitutiva, rappresentativa del comportamento elasto-plastico del terreno, è identificata principalmente dal tipo di terreno considerato e dalla velocità di carico. In particolare, si farà distinzione tra condizioni drenate e non drenate, in quanto il codice di calcolo permette di differenziare il comportamento a breve termine di un terreno a seconda della sua capacità di sviluppare sovrappressioni interstiziali.

8.1 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

La progettazione e verifica degli elementi strutturali è condotta in conformità alla normativa vigente Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (DM 17/01/2018). Le verifiche tensionali degli elementi strutturali sono eseguite col metodo degli stati limite. Ai fini del dimensionamento e delle verifiche sono stati presi in esame i seguenti approcci di calcolo, secondo quanto specificato in NTC 2018:

SLU approccio 1:

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

SLE:

- Combinazione 3 (SLE-Rara)

In particolare la verifica richiede la verifica dello SLU di tipo geotecnico (GEO): collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera (moto rigido), sfilamento di uno o più ancoraggi, instabilità globale

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

dell'insieme terreno-opera di sostegno, ecc... e la verifica di uno SLU di tipo strutturale (STR): resistenza ancoraggi, resistenza paratia, ecc...

Per ognuno degli stati limite sopra definiti si adotteranno le combinazioni di carico definite nei paragrafi di seguito.

9 CRITERI DI VERIFICA

9.1 SLU

Per ogni stato limite ultimo SLU deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

Dove E_d è il valore di progetto delle azioni e R_d il valore di progetto della resistenza del sistema.

Effetto delle azioni e della resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $E_d = F_k \cdot \gamma_E$, dei parametri di progetto X_k / γ_M e della geometria di progetto ad. Nella formulazione della resistenza appare esplicitamente il coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza.

Combinazioni per analisi statiche SLU							
	Azioni (γ_f)				Proprietà del terreno (γ_m)		
	Permanenti		Variabili		tan φ'	c'	c _u
	Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli			
STR (A1 + M1)	1.30	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00
GEO (A2 + M2)	1.00	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.40

Coefficienti parziali per le verifiche agli SLU STR e GEO di paratie		
Verifica	Coefficiente parziale (R1)	Coefficiente parziale (R2)
Raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi	$\gamma_R = 1.0$	-
Raggiungimento della resistenza strutturale della paratia	$\gamma_R = 1.0$	-
Collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera	$\gamma_R = 1.0$	-
Instabilità del fondo scavo per sollevamento	$\gamma_R = 1.0$	-
Instabilità globale dell'insieme terreno-opera	-	$\gamma_R = 1.1$
Sfilamento di uno o più ancoraggi	Temporanei	$\gamma_R = 1.1$
	Permanenti	$\gamma_R = 1.2$

9.1.1 SLU (GEO)

Distinguendo lo stato limite GEO da quello STR, vediamo che nel caso in esame per SLU **GEO** le verifiche da eseguire sono:

- Collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera: La verifica all'equilibrio globale alla rotazione viene implicitamente soddisfatta mediante l'analisi di interazione terreno struttura, condotta mediante il programma di calcolo che nell'analizzare il sistema verifica tutte le condizioni di equilibrio fase per fase;
- Verifica di stabilità globale: eseguita mediante la tools VSP del programma che valuta in base a un modello semplificato basato sulla teoria dell'equilibrio limite nell'ambito della quale i terreni sono stati caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido plastico. Per tale verifica si fa riferimento alla Combinazione 2 (A2+M2+R2), nella quale i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali del gruppo M2 e le azioni variabili sono amplificate con i coefficienti del gruppo A2;
- Verifica allo sfilamento dei tiranti: come metodo di verifica si fa il confronto tra la trazione agente nel tirante e l'attrito che si crea tra la superficie del bulbo e il terreno; a favore

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

disicurezza si trascura il contributo della resistenza di punta del bulbo. La verifica viene eseguita facendo riferimento alla Combinazione 1 con il valore di resistenza R3.

Il valore resistente risulta pari a:

$$R_{ac} = \pi \alpha D L_{fond} q_s$$

Dove:

α = coefficiente di incremento del diametro di perforazione D dei tiranti che tiene conto della metodologia di iniezione e della natura dei terreni interessati;

D=diametro di perforazione dei tiranti;

L_{fond} = lunghezza del tratto di fondazione del tirante;

q_s = aderenza caratteristica terreno-fondazione.

I coefficienti di sicurezza per tale verifica si differenziano a seconda che si tratti di tiranti permanenti o di tiranti provvisori e in particolare:

$$\gamma_{Ra,t} = 1.10 \text{ per tiranti temporanei}$$

$$\gamma_{Ra,p} = 1.20 \text{ per tiranti permanenti}$$

9.1.2 SLU (STR)

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite ultimo per il dimensionamento strutturale (STR) le analisi saranno eseguite facendo riferimento alla Combinazione 1 (A1+M1+R1) in cui le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1, applicati direttamente sulle sollecitazioni caratteristiche.

In questo caso le verifiche a cui far riferimento sono le seguenti:

- Resistenza strutturale della paratia: dato che la paratia risulta composta da micropali composti da una sezione tubolare in acciaio iniettati da apposito calcestruzzo/boiacca, la verifica verrà eseguita esclusivamente lato acciaio con l'ipotesi di considerare il profilo prevalentemente elastico anche allo stato limite ultimo data la temporaneità dell'opera.
- Resistenza strutturale di uno o più tiranti: La normativa vigente prescrive che siano verificate la seguente relazione:

$$T_{max,SLU} \leq \frac{f_{p1tk}}{\gamma_s} * n * A_{tr}$$

- Resistenza strutturale della trave di ripartizione: come per la paratie si eseguirà una verifica tensionale per valutare se la trave rimane prevalentemente elastica in modo che questa sviluppi plasticità e quindi deformazioni importanti non desiderate.

La verifica di tale trave, viene condotta considerando lo schema statico di trave in semplice appoggio con luci pari all'interasse orizzontale dei tiranti. Questa viene schematizzata con un carico uniformemente distribuito rappresentante la componente orizzontale dell'azione assiale massima sui tiranti distribuita lungo la luce:

$$q_{Ed} = \frac{T_{Ed}}{i}$$

9.2 SLE

Le opere ed i sistemi geotecnici devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. Per ciascuno stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

Dove E_d è sempre il valore di progetto dell'effetto delle azioni e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

Questi consistono semplicemente nel valutare che i cedimenti dovuti alla deformazione della paratia siano compatibili con le opere nei dintorni dell'opera provvisoria.

10 CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- Verifiche per gli Stati Limite Ultimi a presso-flessione ed a taglio;
- Verifiche per gli Stati Limite di Esercizio per la fessurazione.

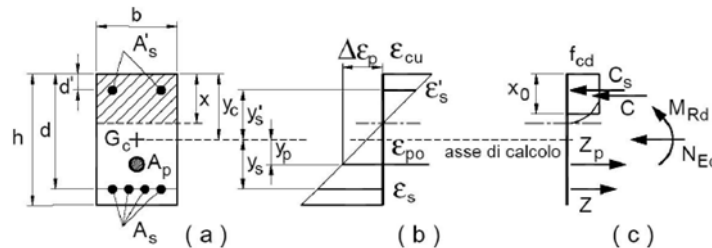
10.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI

10.1.1 Verifiche a flessione e pressoflessione

La verifica alle sollecitazioni che provocano tensioni normali (sforzo normale, flessione semplice e flessione composta) è stata fatta con uno specifico programma in cui, inserendo le caratteristiche geometriche della sezione, delle armature e delle sollecitazioni desunte dai precitati tabulati di calcolo, si ottiene, per i materiali ipotizzati, il momento resistente che dovrà risultare maggiore del momento agente.

Con riferimento alla sezione pressoinflessa retta, la capacità, in termini di resistenza e duttilità, si determina in base alle ipotesi di calcolo e ai modelli $\sigma - \varepsilon$:

Figura 10.1: Schema verifica a pressoflessione



Le verifiche a pressoflessione vengono condotte confrontando le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando il corrispondente fattore di sicurezza (FS) come rapporto tra la sollecitazione resistente e la massima agente.

$$FS = \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \geq 1$$

Le verifiche flessionali agli SLU sono eseguite adottando le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima.

10.1.2 Verifiche a taglio

Per la verifica di resistenza agli SLU, con riferimento alle sollecitazioni taglienti, deve risultare:

$$FS = \frac{V_{Rd}}{V_{Ed}} \geq 1$$

Si fariferiemnto ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

- $V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$, resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio;
- $V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg(\alpha) + ctg(\theta)) \cdot \sin \alpha$, valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento;
- $V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} \cdot \frac{ctg(\alpha) + ctg(\theta)}{1 + ctg^2(\theta)}$, valore di progetto del massimo di sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$, con d espresso in mm;
- $\rho_l = \frac{A_{Sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale;
- A_{Sl} è l'area dell'armatura tesa;
- b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;
- $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd}$ è la tensione media di compressione della sezione;
- A_c è l'area della sezione in calcestruzzo;
- $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;
- A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;
- s è il passo delle staffe;
- f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio
- α è l'inclinazione dell'armatura resistente a taglio rispetto all'asse dell'elemento;
- θ è l'inclinazione della biella di calcestruzzo compressa e deve essere $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$

10.2 VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per gli Stati Limite di Esercizio occorre verificare che l'ampiezza delle fessure w_k , per gli elementi con armature lente, sia al di sotto del valore limite fissato per le classi di esposizione in oggetto. In particolare, devono essere rispettati i seguenti limiti:

- Combinazione di carico quasi permanente: $w_k = 0.2mm$;
- Combinazione di carico frequente: $w_k = 0.3mm$;

11 CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN ACCIAIO

Per le sezioni in acciaio si effettuano:

- Resistenza delle membrature;
- Verifica all'instabilità dell'anima della sezione;

11.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Come anticipato nei precedenti capitoli, la verifica delle sezioni in acciaio si effettua in termini tensionali valutando che gli sforzi siano limitati e tali da poter considerare l'elemento prevalentemente elastico in ogni fase. Per elementi in acciaio è innanzitutto importante classificare la sezioni in modo tale da valutare il tipo di analisi e di verifica da effettuare.

Per i casi più comuni come quello in esame è possibile far riferimento alle Tabelle 4.2.III, 4.2.IV e 4.2.V








Tab. 4.2.III - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

Classe	Parti interne compresse					
	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	quando $\psi > -1: c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1: c/t \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

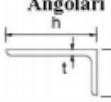
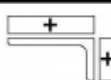
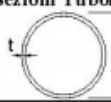
*) $\psi \leq -1$ si applica se la tensione di compressione $\sigma \leq f_{yk}$ o la deformazione a trazione $\epsilon_y > f_{yk}/E$

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Tab. 4.2.IV - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

Piattabande esterne						
Profilati laminati a caldo			Sezioni saldate			
Classe	Piattabande esterne soggette a compressione	Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione				
		Con estremità in compressione		Con estremità in trazione		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)		$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_e}$				
3	$c/t \leq 14\epsilon$	Per k_e vedere EN 1993-1-5				
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Tab. 4.2.V - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

Angolari						
						
Riferirsi anche alle piattabande esterne (v. Tab 4.2.II) Non si applica agli angoli in contatto continuo con altri componenti						
Classe	Sezione in compressione					
Distribuzione delle tensioni sulla sezione (compressione positiva)						
3	$h/t \leq 15\epsilon$ $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$					
Sezioni Tubolari						
						
Classe	Sezione inflessa e/o compressa					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$ (Per $d/t > 90\epsilon^2$ vedere EN 1993-1-6)					
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Si dimostrerà successivamente che le sezioni analizzate risulteranno tutte in Classe 1.

11.2 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI

11.2.1 Resistenza delle membrature

La verifica in campo elastico è ammessa per tutti i tipi di sezione, con l'avvertenza di tener conto degli effetti di instabilità per le sezioni di classe 4.

Le verifiche in campo elastico per gli stati di sforzo piani tipici delle travi, si eseguono con riferimento al seguente criterio:

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed}\sigma_{x,Ed} + \tau_{Ed}^2 \leq \left(\frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}}\right)^2$$

Dove:

$\sigma_{x,Ed}$ è il valore di progetto della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione parallela all'asse della membratura;

$\sigma_{z,Ed}$ è il valore di progetto della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione ortogonale all'asse della membratura;

τ_{Ed} è il valore di progetto della tensione tangenziale nel punto in esame, agente nel piano della sezione della membratura.

11.2.2 Verifica all'instabilità dell'anima della sezione soggetta a taglio

Le NTC precisano che l'instabilità dell'anima della sezione soggetta a taglio e priva di irrigidimenti deve essere condotta nel caso in cui:

$$\frac{h_w}{t} \geq \frac{72}{\eta} \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}}$$

In questi casi si fa riferimento a trattazioni le quali facciano riferimento a normativa di comprovata validità, in particolare si fa riferimento a quanto riportato nell' EN 1993-1-5 (Plated structural elements).

Il metodo considera implicitamente 3 possibili casi di carico:

- Carico applicato sulla flangia e diffuso nell'elemento attraverso una forza di taglio nell'anima;
- Carico applicato sulla flangia superiore e trasferito a quella inferiore direttamente attraverso l'anima;
- Carico applicato su una flangia in corrispondenza di un estremo non irrigidito.

La relazione da soddisfare risulta:

$$F_{Ed} \leq F_{Rd}$$

Dove F_{Rd} è la resistenza di progetto all'instabilità locale definita come:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yd} * L_{eff} * t_w}{\gamma_{M1}}$$

t_w =spessore dell'anima.

L_{eff} è invece la lunghezza effettiva definita come il prodotto tra il fattore riduttivo χ_F e l'effettiva lunghezza di carico l_y .

Il fattore riduttivo χ_F è definito come:

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

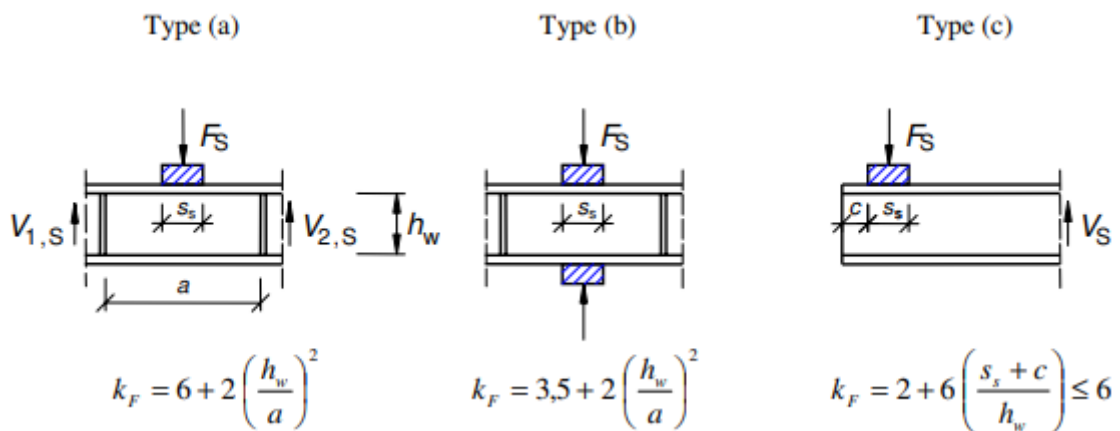
$$\chi_F = \frac{0.5}{\lambda_F} \leq 1$$

Dove λ_F è la snellezza relativa definita come:

$$\lambda_F = \sqrt{\frac{l_y * t_w * f_{yw}}{F_{cr}}}$$

F_{cr} è la forza critica, approssimabile come: $F_{cr} = 0.9 * k_F \frac{E * t_w^3}{h_w}$ in cui k_F è un coefficiente che dipende dal tipo di carico e dalla geometria della zona caricata.

Figura 11.1: Coefficiente di instabilità per i differenti tipi di carico applicato



La lunghezza effettiva di carico l_y dipende dal tipo di carico e, con riferimento alla figura precedente, per i casi a) e b) è valutata come:

$$l_y = s_s + 2t_f(1 + \sqrt{m_1 + m_2}) \leq a$$

$$m_1 = \frac{f_{yf} b_f}{f_{yw} t_w}$$

$$m_2 = 0.02 \left(\frac{h_w}{t_f} \right)^2 \text{ se } \lambda_F > 0.5$$

$$m_2 = 0 \text{ se } \lambda_F \leq 0.5$$

Nel caso c) invece risulta essere il minimo tra:

$$l_y = l_e + t_f \sqrt{\frac{m_1}{2} + \left(\frac{l_e}{t_f} \right)^2} + m_2$$

$$l_y = l_e + t_f \sqrt{m_1 + m_2}$$

Con $l_e = \frac{k_F * E * t_w^2}{2 * f_{yw} * h_w} \leq c + s_s$

12 RISULTATI E VERIFICHE

Nel presente paragrafo si riportano i risultati e le verifiche delle opere previste per il sostentamento degli scavi necessari alla realizzazione dell'attraversamento idraulico al km 9+611 del Lotto 7.

Le verifiche qui riportate fanno riferimento all'opera più gravosa ovvero l'opera 4 nel suo tratto più alto (9.50m circa).

Verranno di seguite riportate rispettivamente le verifiche geotecniche e strutturali dei tiranti, a cui seguirà la verifica strutturale dei micropali e della trave di ripartizione; infine viene riportata la verifica di stabilità globale. Le verifiche vengono eseguite considerando a favore di sicurezza OCR=1 e le condizioni di calcolo riportate sono quelle non drenate le quali per argille normal consolidate o poco consolidate risultano quelle peggiori.

12.1 VERIFICHE TIRANTI

Sono state considerate ai fini del dimensionamento dei sistemi di ancoraggio le combinazioni di tipo geotecnico (GEO) e le combinazioni di tipo strutturale (STR) in condizioni statiche. Tutti gli elementi sono stati esaminati per ogni sezione; di seguito si riportano le verifiche di resistenza dell'armatura del tirante e del bulbo di ancoraggio.

I risultati sono riassunti nella successiva tabella, valutando fase per fase il fattore di sicurezza sia strutturale che geotecnico:

Tabella12.1: Verifiche elementi di contrasto

Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR	Resistenza
Tirante 1° ordine	Tirante -1.5m	389.9	1542.2	675.03	0.253	0.578	✓
Tirante 1° ordine	SCAVO 2	404.25	1542.2	675.03	0.262	0.599	✓
Tirante 1° ordine	Acqua	404.1	1542.2	675.03	0.262	0.599	✓
Tirante 1° ordine	TIRANTE -4.5	398.53	1542.2	675.03	0.258	0.59	✓
Tirante 1° ordine	Scavo 3	393.04	1542.2	675.03	0.255	0.582	✓
Tirante 1° ordine	Tirante -7.5 m	394.59	1542.2	675.03	0.256	0.585	✓
Tirante 1° ordine	Fondo scavo	392.71	1542.2	675.03	0.255	0.582	✓
Tirante 1° ordine	SLOPE	392.83	1542.2	675.03	0.255	0.582	✓
Tirante 2° ordine	TIRANTE -4.5	389.9	1161.9	675.03	0.336	0.578	✓
Tirante 2° ordine	Scavo 3	450.74	1161.9	675.03	0.388	0.668	✓
Tirante 2° ordine	Tirante -7.5 m	440.81	1161.9	675.03	0.379	0.653	✓
Tirante 2° ordine	Fondo scavo	435.7	1161.9	675.03	0.375	0.645	✓
Tirante 2° ordine	SLOPE	435.89	1161.9	675.03	0.375	0.646	✓
Tirante 3° ordine	Tirante -7.5 m	389.9	1206.9	675.03	0.323	0.578	✓
Tirante 3° ordine	Fondo scavo	457.18	1206.9	675.03	0.379	0.677	✓
Tirante 3° ordine	SLOPE	453	1206.9	675.03	0.375	0.671	✓

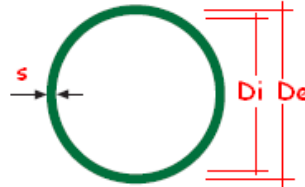
I tiranti risultano quindi verificati.

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

12.2 VERIFICA MICROPALO

Le caratteristiche della sezione del micropalo sono riassunte nella tabella qui di seguito:

Tabella12.2: Caratteristiche geometriche micropali



TONDI CAVI	dimensioni principali					peso	area
	De	s	Di	-	-	G	A
Designazione	mm	mm	mm	-	-	[Kg/m]	[cm ²]
D 168,3 s 8	168.3	8.0	152.3	-	-	31.6	40.3

classe EC3					
flessione			compressione		
S 235	S 355	S 460	S 235	S 355	S 460
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
asse qualsiasi					
I	W	W.pl	i	A _{vz}	
(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ³)	[cm]	cm ²	
1297.3	154.2	205.7	5.7	ND	

Le verifiche, come anticipato nei precedenti capitoli, sono state eseguite in termini tensionali e sono riassunte nella tabella successiva:

Tipo comb	M _{Ed} [kNm]	V _{Ed} [kN]	M _{ed,palo} [kNm]	V _{ed,palo} [kN]
SLU	80.00	93	36	41.85

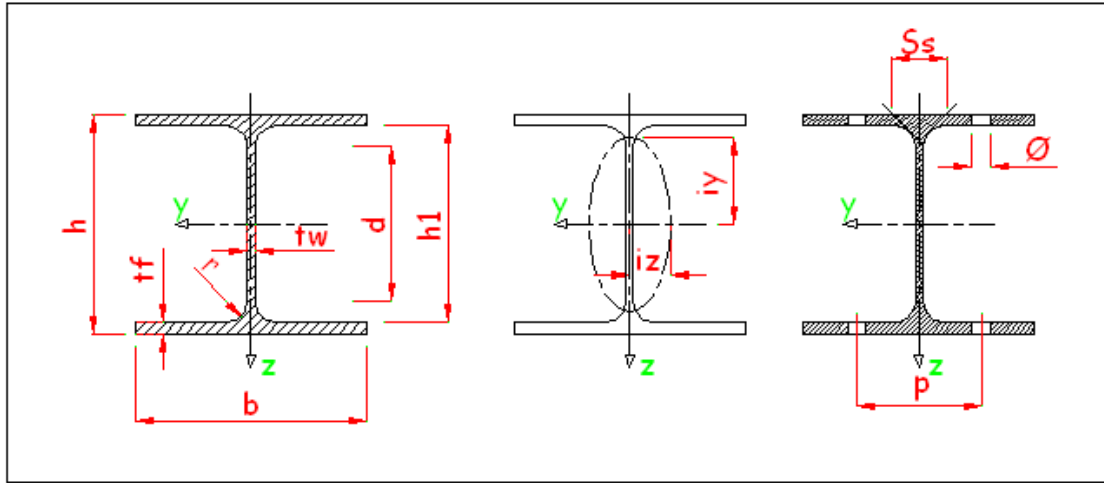
Tipo comb	Tipo profilo	W _{el} [cm ³]	A[cm ²]	σ _{Ed} [MPa]	τ _{Ed} [MPa]	σ _{id} [MPa]	f _{yk} [MPa]	f _{yd} [MPa]	Fs
SLU	D 168,3 s 8	154.1618	40.3	233.521	10.38776	234.21	355.00	338.10	1.44

Le verifiche risultano quindi soddisfatte.

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

12.3 VERIFICA TRAVE DI RIPARTIZIONE

Tabelle12.3: Caratteristiche geometriche trave di ripartizione



HE	dimensioni principali					peso	area
	h	b	tw	tf	r	G	A
Designazione	mm	mm	mm	mm	mm	kg/m	cm ²

HE 180 B	180	180	8.5	14	15	-	51.2224	65.25
----------	-----	-----	-----	----	----	---	---------	-------

Altre dimensioni/dettagli costruzione/caratteristiche										superfici		classe EC3					
Anet	hi	d	Ø	Pmin	Pmax	-	-	u	α	AL	AG	flessione			compressione		
cm ²	mm	mm	mm	mm	mm	-	-	mm	DEG	m ² /m	m ² /t	S 235	S 355	S 460	S 235	S 355	S 460
ND	152	122	M24	89	102	-	-	45	0	1.037	20.25	1	1	1	1	1	1

asse forte y-y					asse debole							
Iy	Wy	Wpl,y	iy	Avz	Iz	Wz	Wpl,z	iz	Ss	IT	Iw x 10 ³	
cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	mm	cm ⁴	cm ⁶	
3831.1299	425.681	481.448	7.662	20.241	1362.845637	151.427	231.013	4.57	54.074	42.1646	93.7455	

Le verifiche vengono effettuate considerando la trave in semplice appoggio soggetta a flessione deviata; la sezione di verifica risulta la sezione di mezzeria

Tipo comb	F _{Ed,TIRANTE} [kN]	i [°]	F _{Ed,y} [kN]	F _{Ed,x} [kN]
SLU	460.00	15	444.3259	119.0568

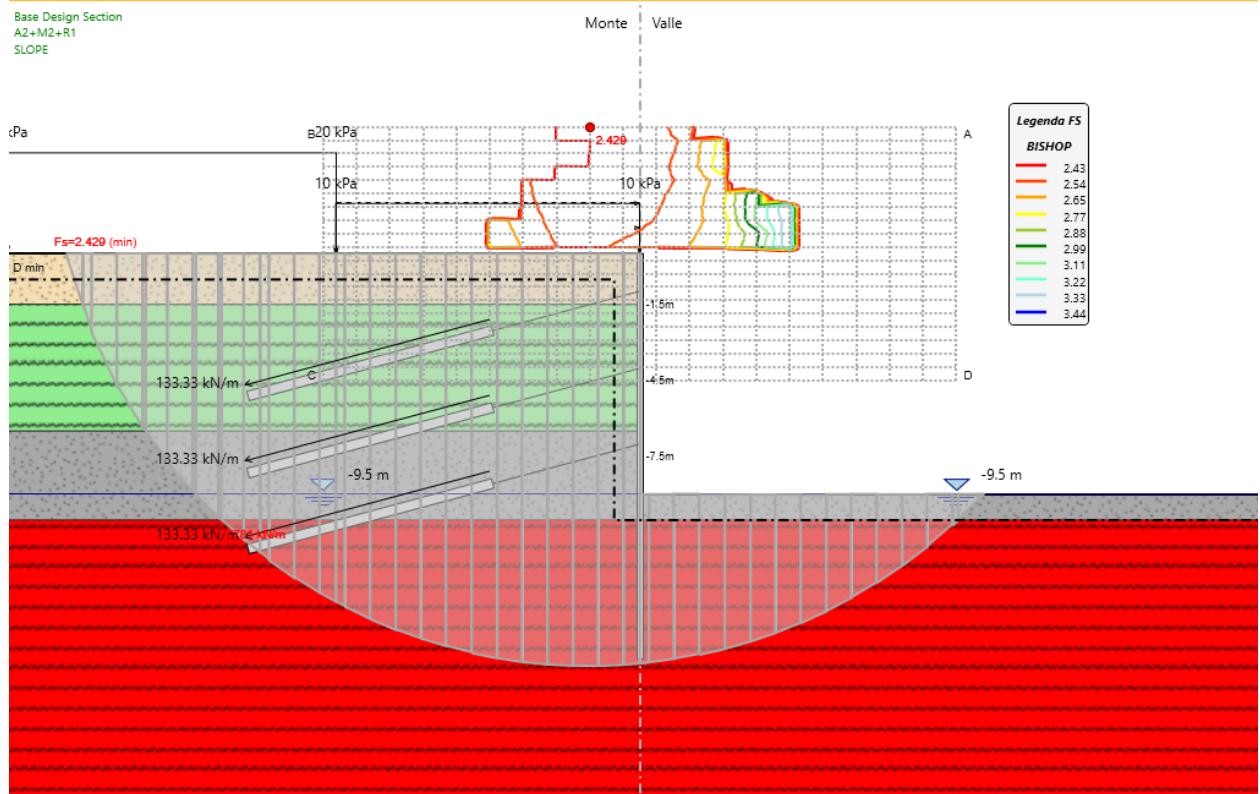
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Asse forte					
Tipo comb	$F_{Ed,y}$ [kN]	i_T [m]	q [kN/m]	$M_{ed,tot}$ [kNm]	$M_{ed,trave}$ [kNm]
SLU	444.33	2.25	197.48	124.97	62.48
Asse debole					
Tipo comb	$F_{Ed,x}$ [kN]	i_T [m]	q [kN/m]	$M_{ed,tot}$ [kNm]	$M_{ed,trave}$ [kNm]
SLU	119.06	2.25	52.40	33.16	16.58
Tipo comb	Tipo profilo	W_{el} [cm ³]	σ_{Ed} [MPa]	τ_{Ed} [MPa]	
Asse forte					
SLU	HE 180 B	425.6811	146.7844	0	
Asse debole					
		151.4273	109.4934	0	

σ_{id} [MPa]	f_{yk} [MPa]	f_{yd} [MPa]	F_s
256.28	355.00	338.10	1.319

12.4 VERIFICA STABILITA' GLOBALE

Tale verifica è stata eseguita utilizzando il modulo VSP di ParatiePLUS il quale valuta un coefficiente di sicurezza per la Combinazione 2 pari a 2.429



12.5 VERIFICHE SLE

Qui di seguito si riporta la stima dei cedimenti verticali eseguita dal software. I valori riportati non sono esatti, ma sono una stima che il software fa a partire dai cedimenti orizzontali della paratia.

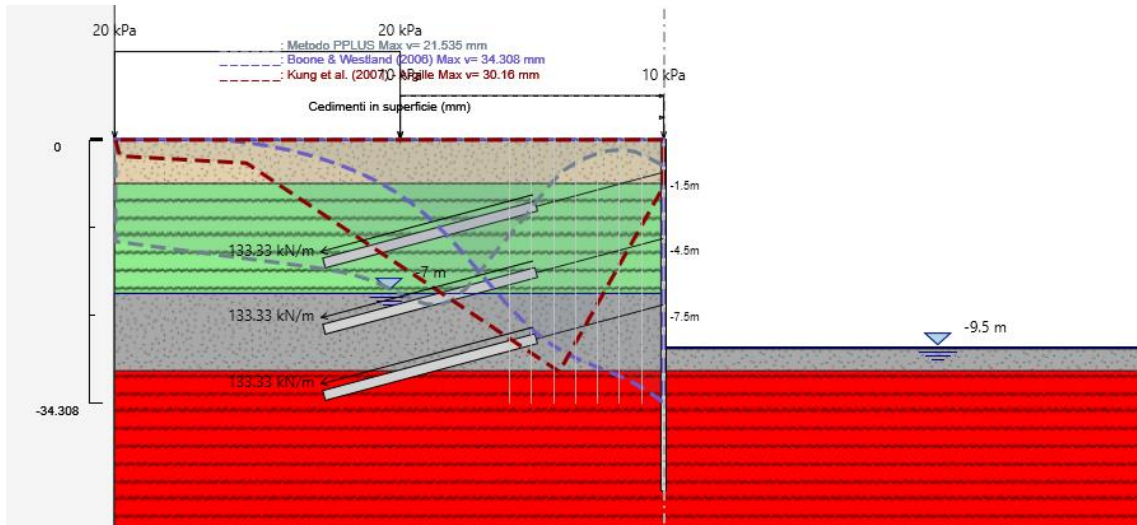
Questi comunque sono di limitata importanza ma permettono di definire se i cedimenti risultano accettabili o meno con il rilevato soprastante.

Tale stima viene fatta con diverse metodologie, le quali fanno ipotesi differenti:

- Il metodo PARTIEPLUS: è valido principalmente per terreni granulari;
- Metodo di Bonne e Wesland: è valido per terreni di qualsiasi natura (gli autori non danno limitazioni)
- Metodo KJHH: è valido per terreni argillosi in condizioni non drenate

Essendo nel caso di progetto tra le ultime due condizioni vengono presi come riferimento tali valori.

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



I cedimenti sono quindi dell'ordine dei 3 cm con al di sopra i carichi massimi da traffico e i mezzi di cantiere. Si ritengono quindi tali cedimenti ammissibili con le opere sostenute dalla paratia.

13 ALLEGATO A: TABULATI DI CALCOLO

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ_c v	ϕ_p	c'	Su	Modulo Elastico	Eu	Ev	Eur
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	°	kPa	kPa		kPa	kPa	kPa
1	Rilevato Esistente	19	19	34			0		Constant		30000	48000
2	Alluvionale 1	19	19	25			5		Constant		20000	32000
3	Deposito sabbioso	19	21	38			0		Constant		40000	64000
4	Argilla	17	19	25	25	17.26	10	150	Constant	45000	15000	24000

13.1 DESCRIZIONE PARETI

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Muro di sinistra

Sezione : Berlinese

Area equivalente : 0.0220188587920011 m

Inerzia equivalente : 0.0001 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.45 m

Diametro : 0.24 m

Efficacia : 1

Materiale acciaio : S275

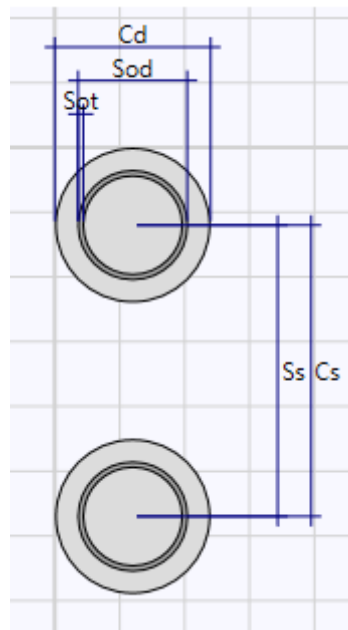
Sezione : CHS168.3*8

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.45 m

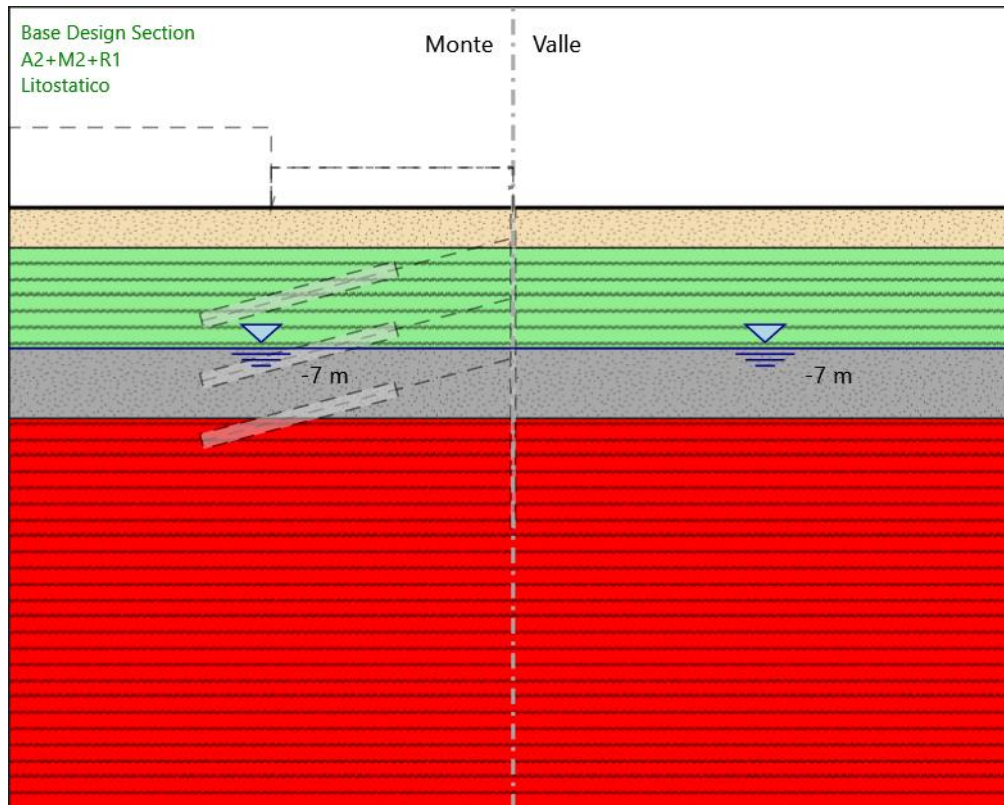
Spessore : 0.008 m

Diametro : 0.1683 m



13.2 FASI DI CALCOLO

Litostatico



Litostatico

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

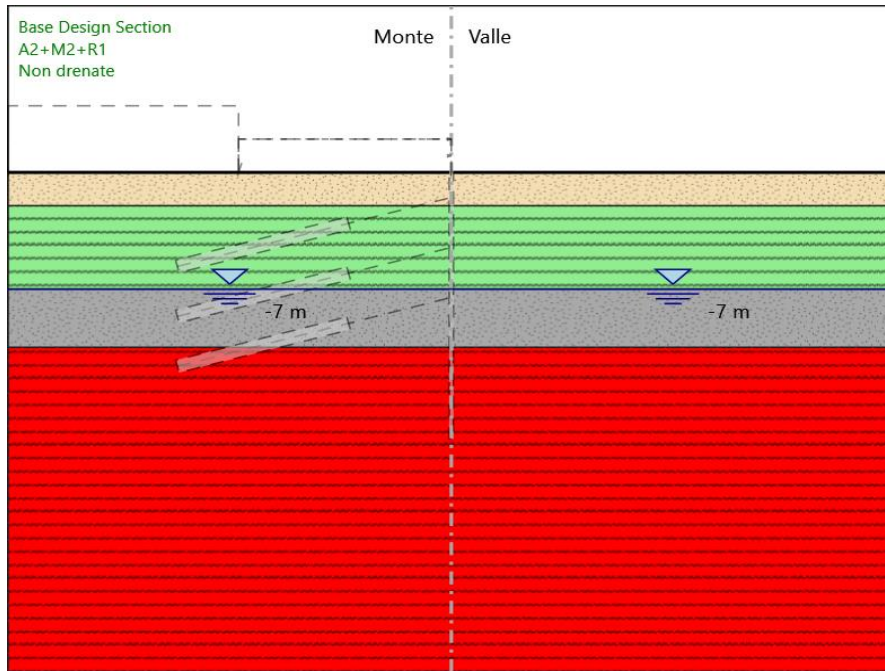
Falda acquifera

Falda di sinistra : -7 m

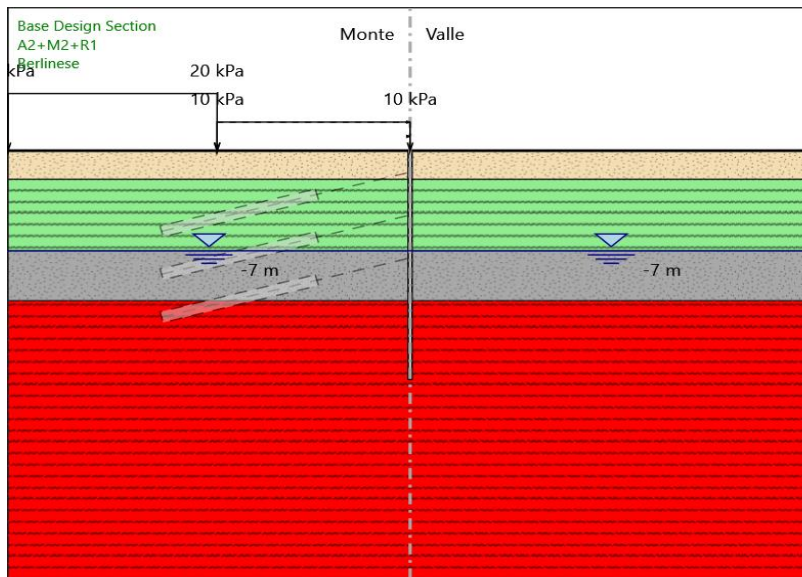
Falda di destra : -7 m

Non drenate

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



Berlinese



Berlinese

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -7 m

Falda di destra : -7 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -12 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -25 m

X finale : -12 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

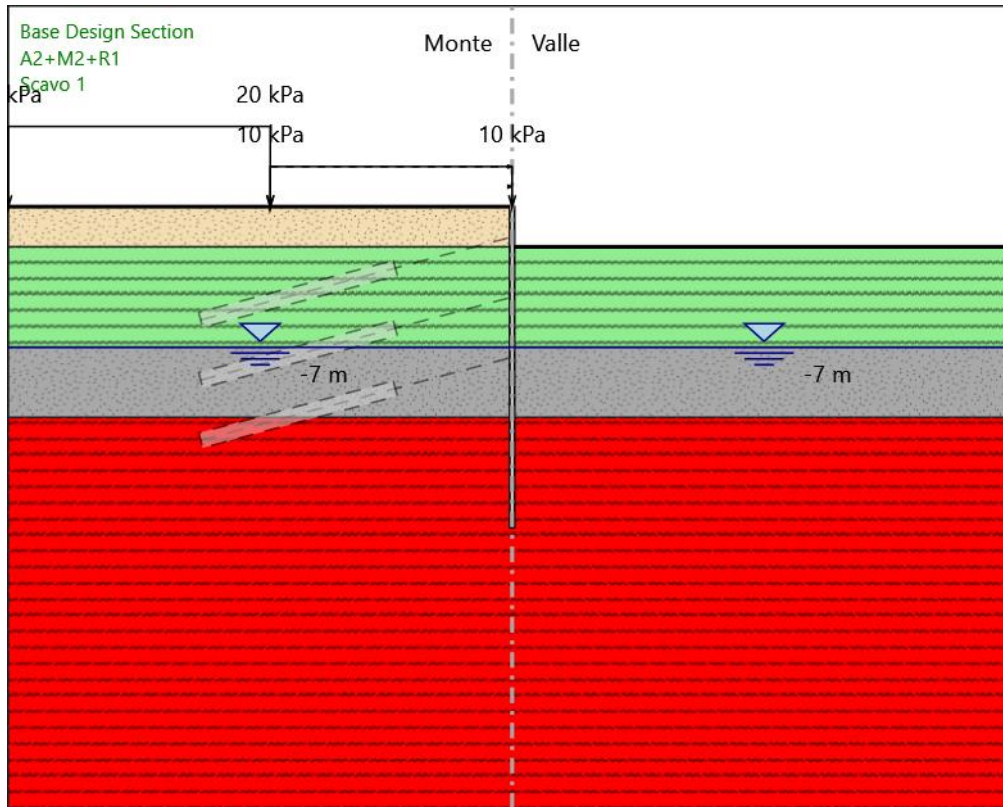
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Berlinese

Scavo 1



Scavo 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 m

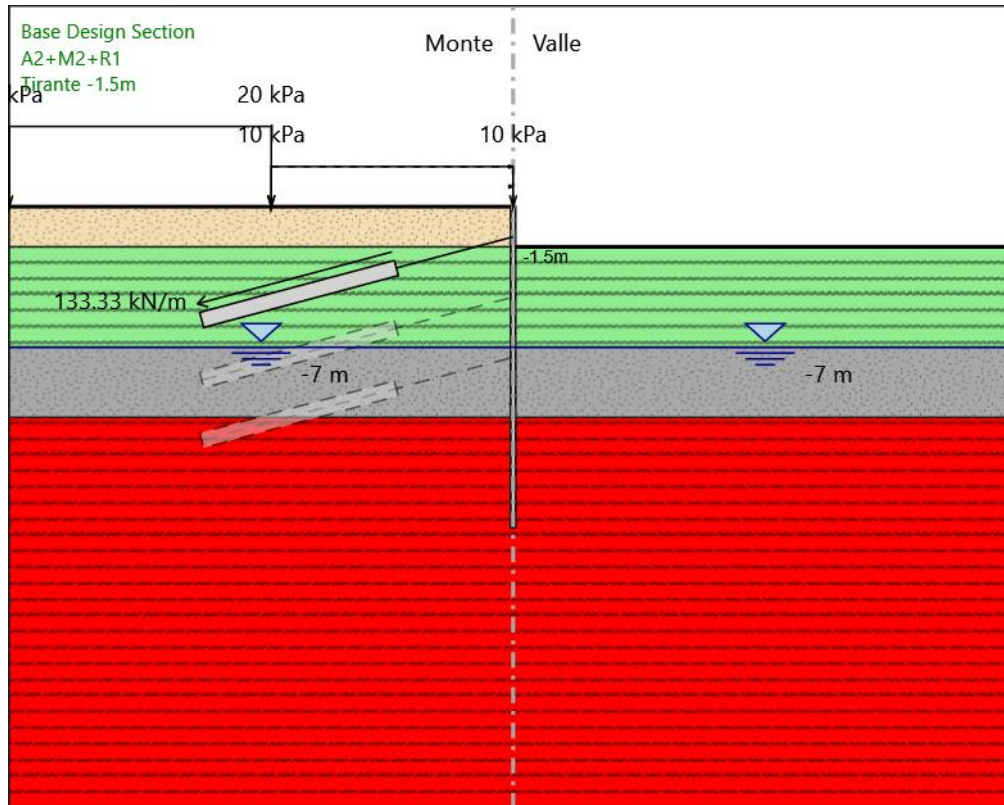
Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2 m

Tirante -1.5m



Tirante : Tirante 1° ordine

X : 0 m

Z : -1.5 m

Lunghezza bulbo : 10 m

Diametro bulbo : 0.2 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 2.25 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 15 °

Sezione : Tirante - 3 trefoli

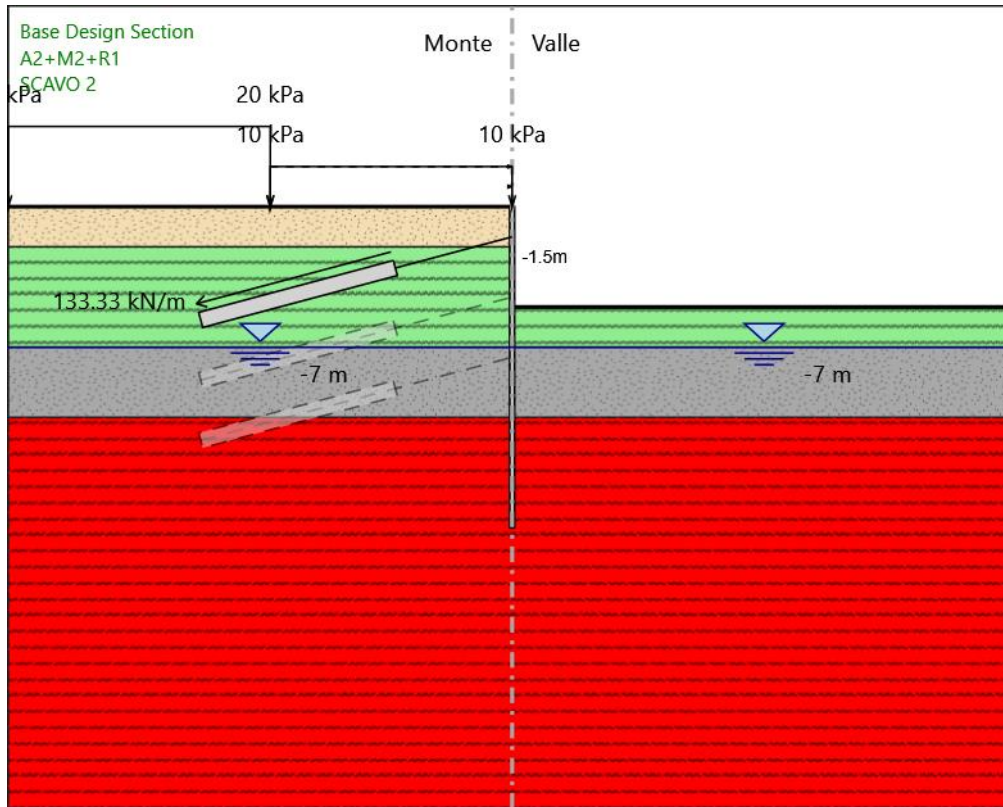
Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

SCAVO 2



SCAVO 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

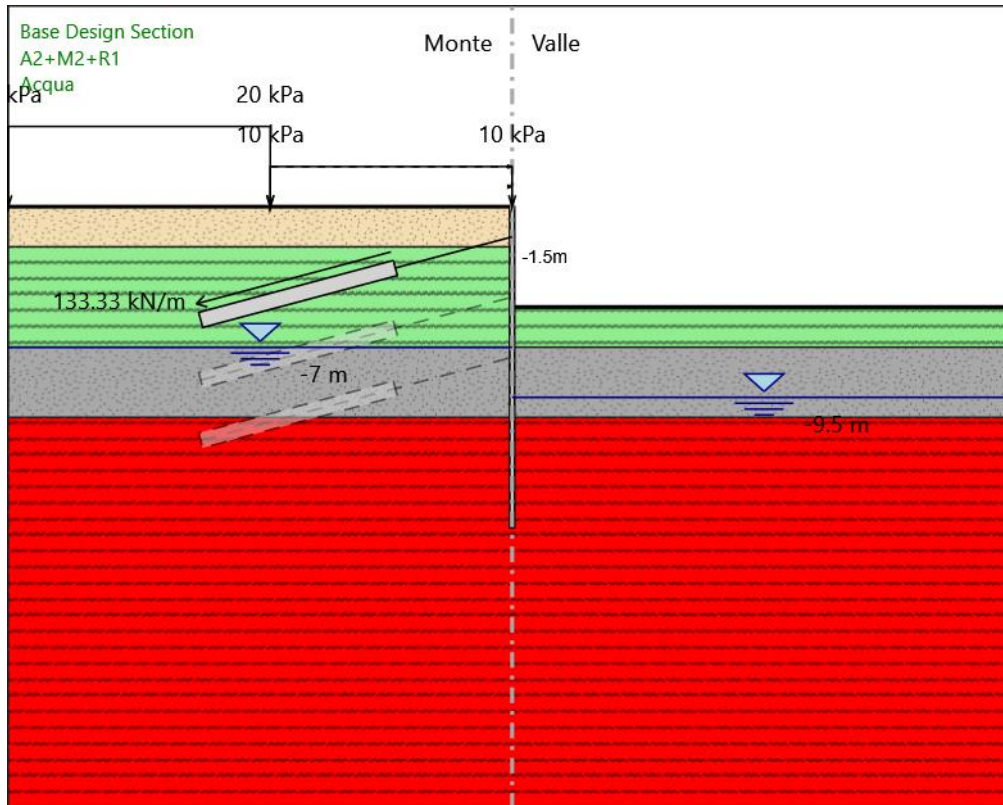
0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5 m

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

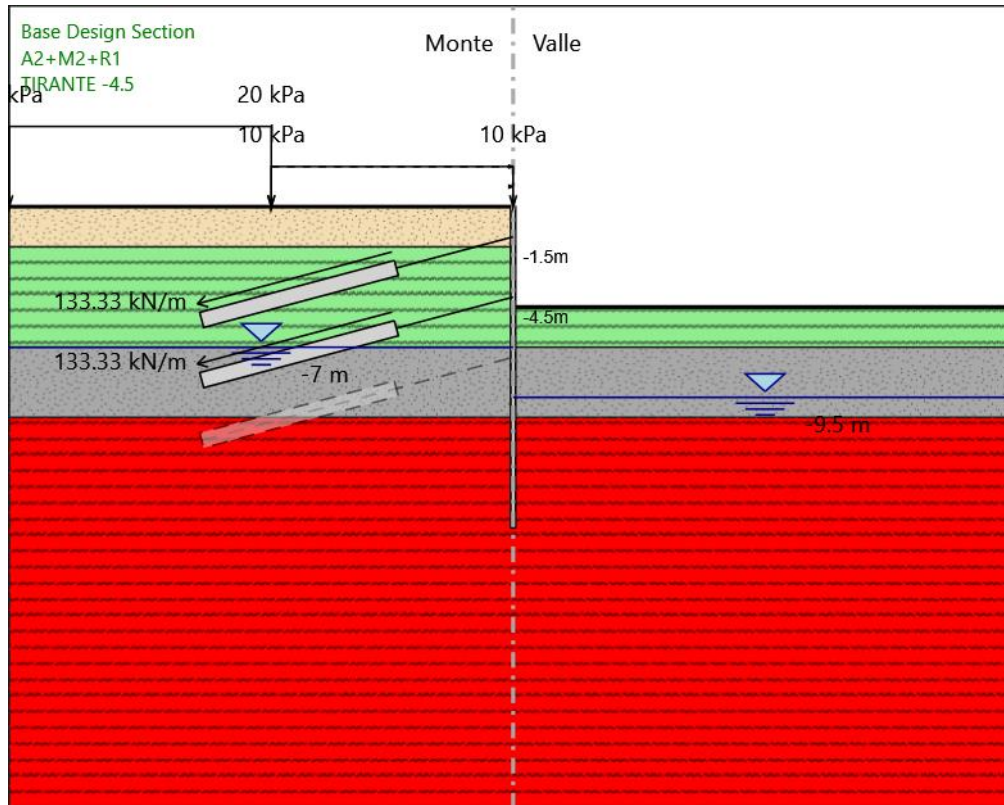
Acqua



Falda acquifera

Falda di sinistra : -7 m
Falda di destra : -9.5 m

TIRANTE -4.5



Tirante : Tirante 2° ordine

X : 0 m

Z : -4.5 m

Lunghezza bulbo : 10 m

Diametro bulbo : 0.2 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 2.25 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 15 °

Sezione : Tirante - 3 trefoli

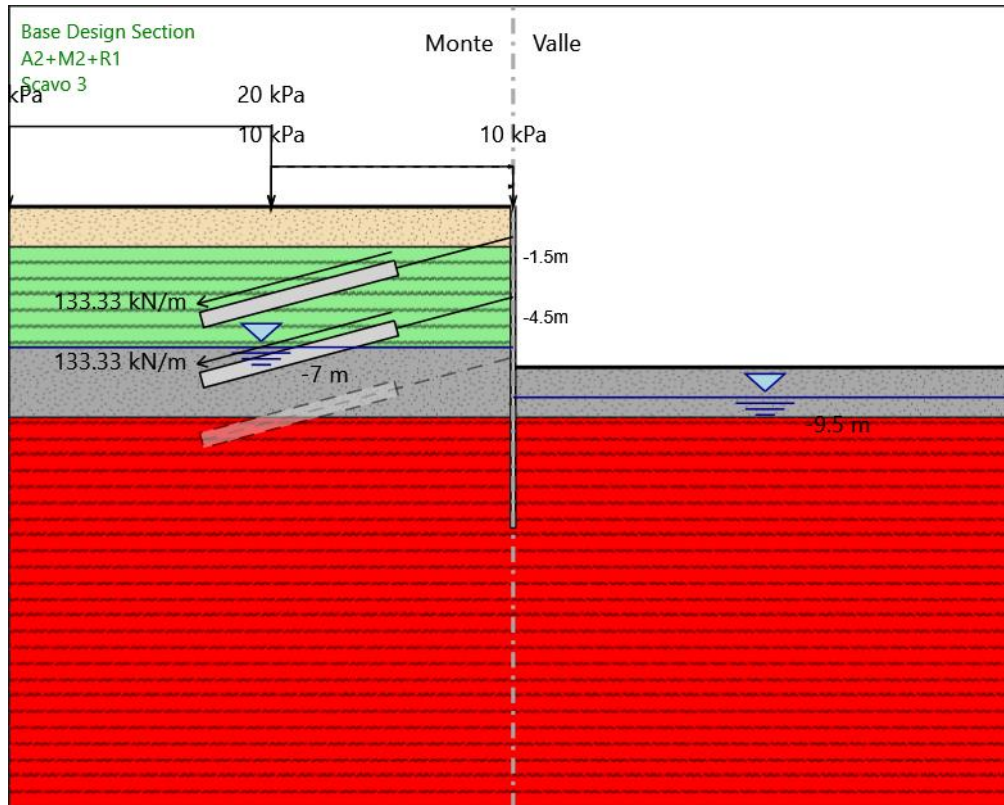
Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Scavo 3



Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -8 m

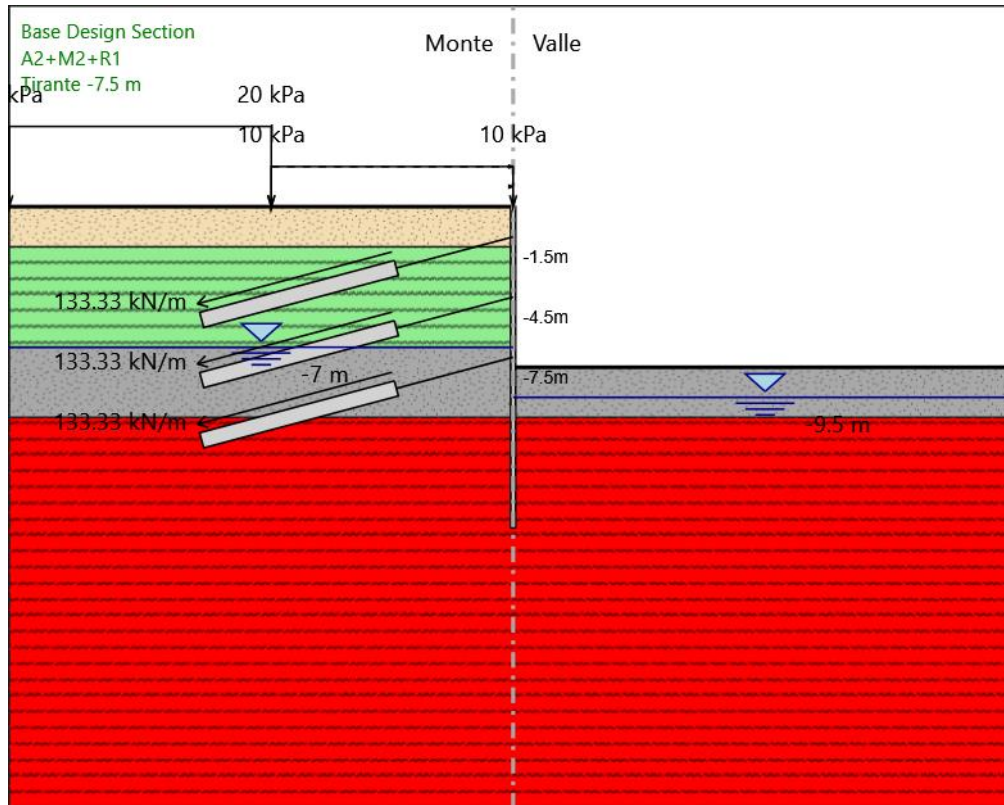
Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-8 m

Tirante -7.5 m



Tirante : Tirante 3° ordine

X : 0 m

Z : -7.5 m

Lunghezza bulbo : 10 m

Diametro bulbo : 0.2 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 2.25 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 15 °

Sezione : Tirante - 3 trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

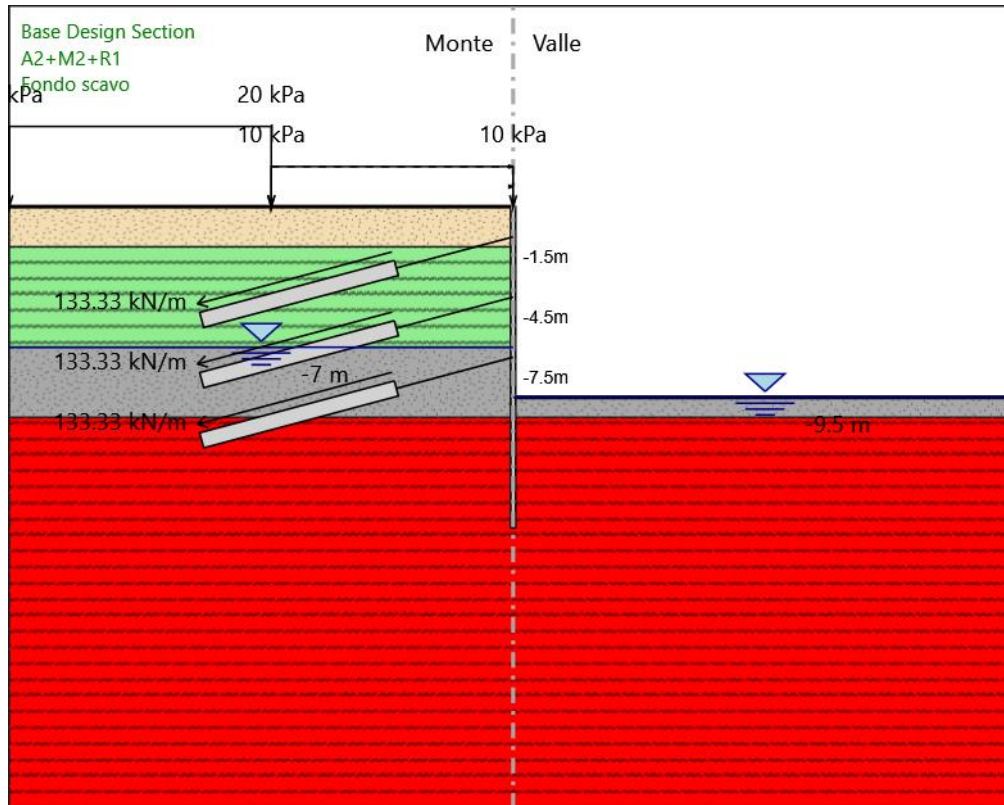
Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Fondo scavo



Fondo scavo

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-9.5 m

Proprietà terreni dipendenti dallo stage

Strato di Terreno 4

Litostatico

Muro di sinistra Lato monte

Comportamento Argilla - Valore originario : UNDRAINED, Valore modificato : DRAINED

Muro di sinistra Lato valle

Comportamento Argilla - Valore originario : UNDRAINED, Valore modificato : DRAINED

Non drenate

Muro di sinistra Lato monte

Comportamento Argilla - Valore originario : UNDRAINED, Valore modificato : DRAINED

Muro di sinistra Lato valle

Comportamento Argilla - Valore originario : UNDRAINED, Valore modificato : DRAINED

Berlinese

Muro di sinistra Lato monte

Comportamento Argilla - Valore originario : UNDRAINED, Valore modificato : UNDRAINED

Muro di sinistra Lato valle

Comportamento Argilla - Valore originario : UNDRAINED, Valore modificato : UNDRAINED

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

13.3 DESCRIZIONE COEFFICIENTI DESIGN ASSUMPTION

Coefficienti A

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seismic_load)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UP_L_GDSstab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UP_L_QDStab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_GSstab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDStab)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Coefficienti M

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

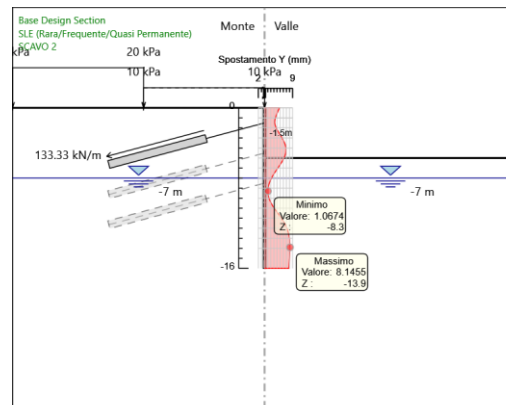
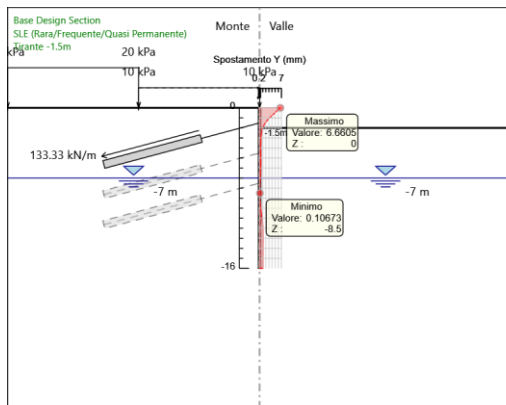
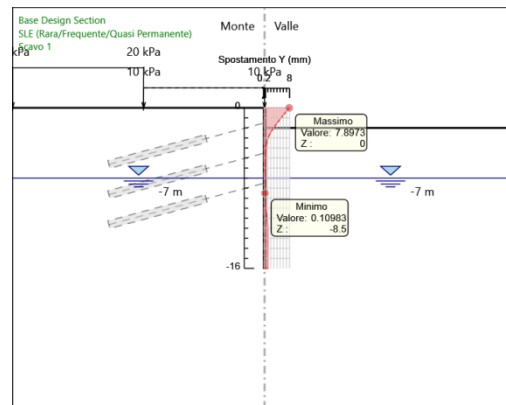
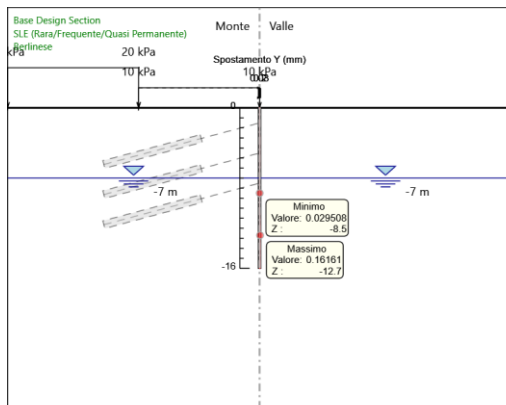
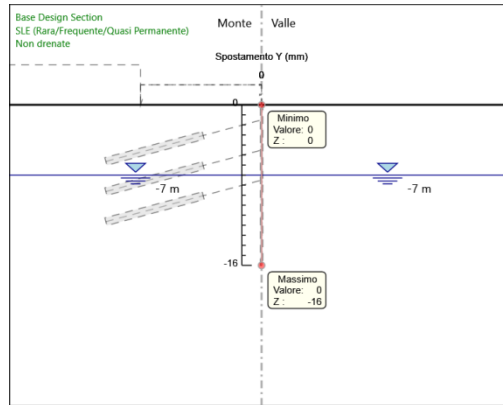
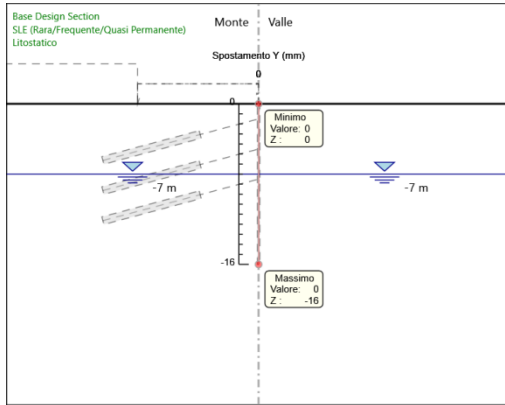
Coefficienti R

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

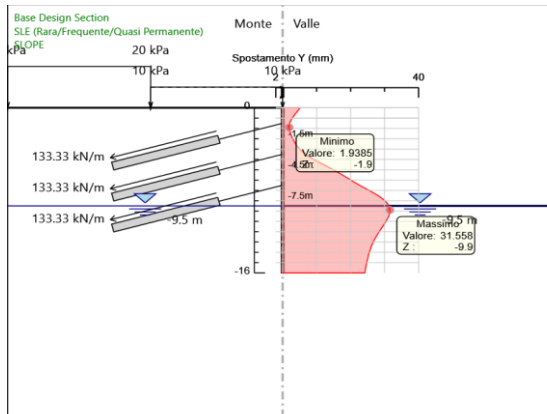
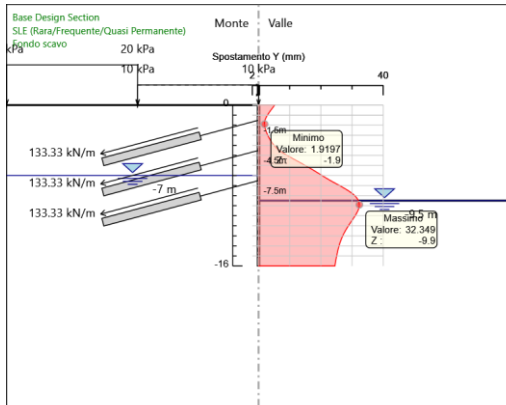
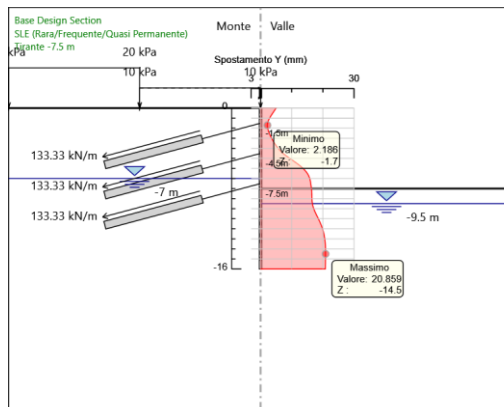
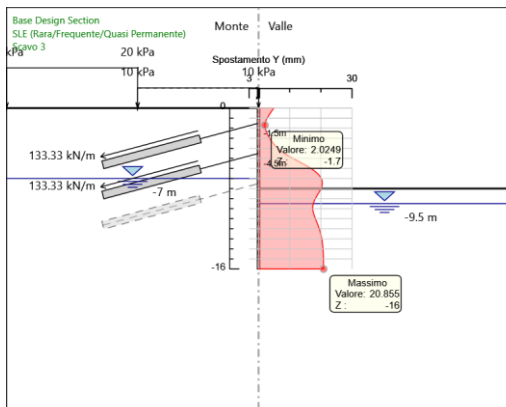
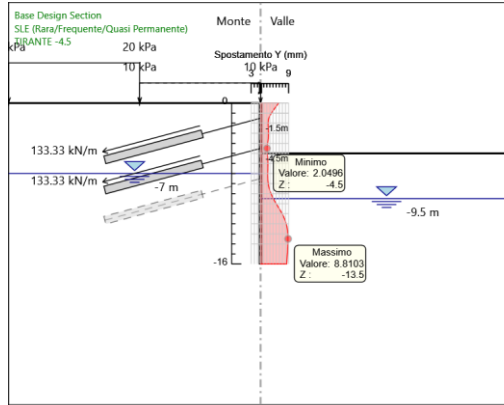
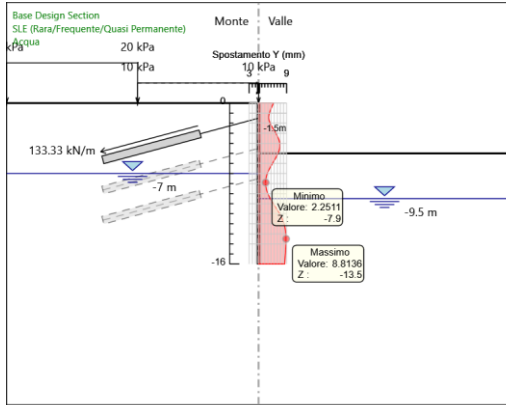
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

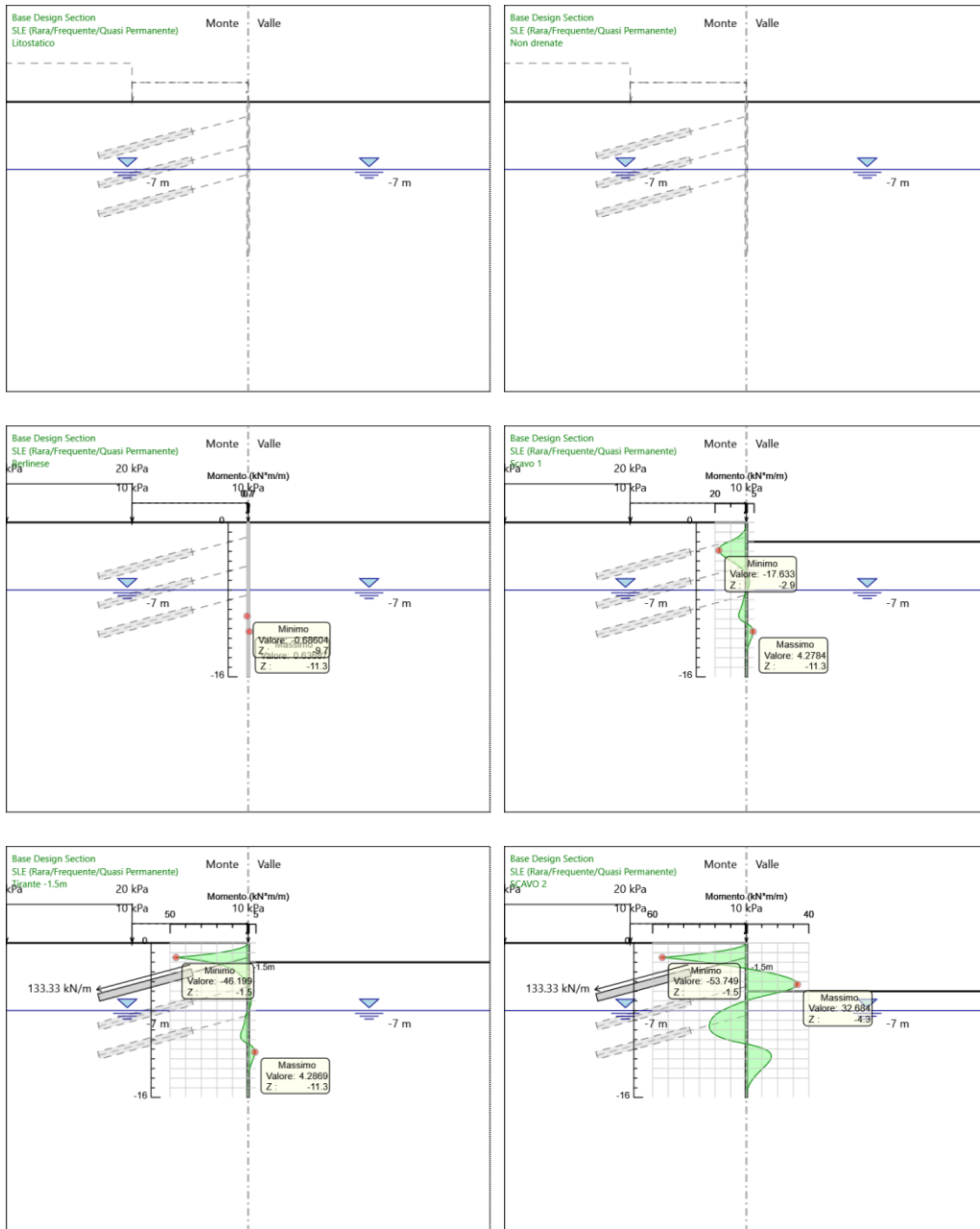
Tabella Grafici dei Risultati



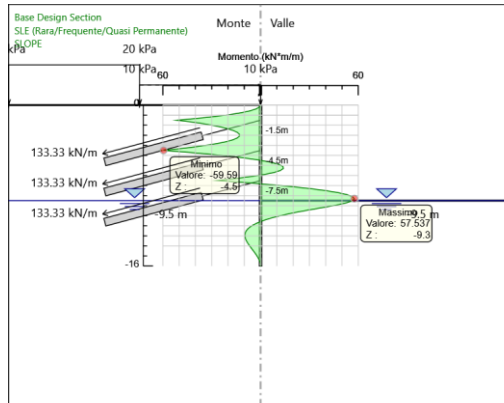
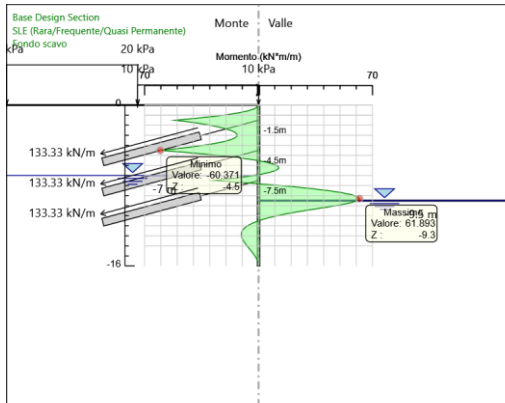
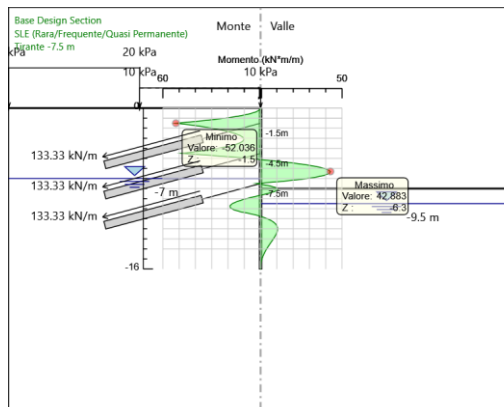
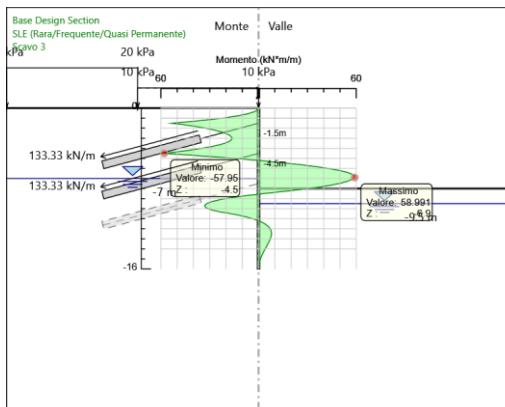
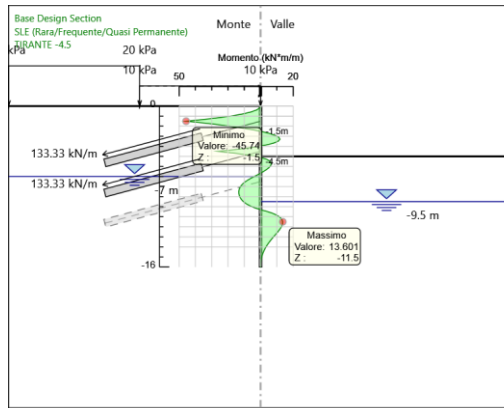
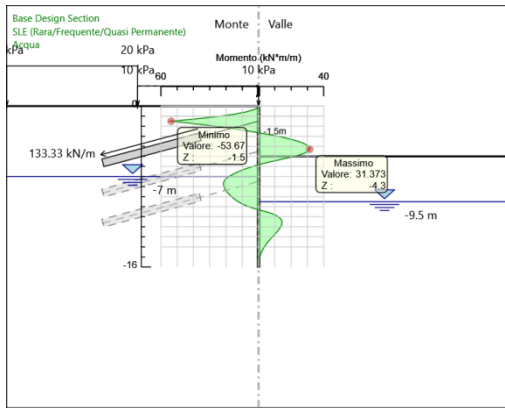
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



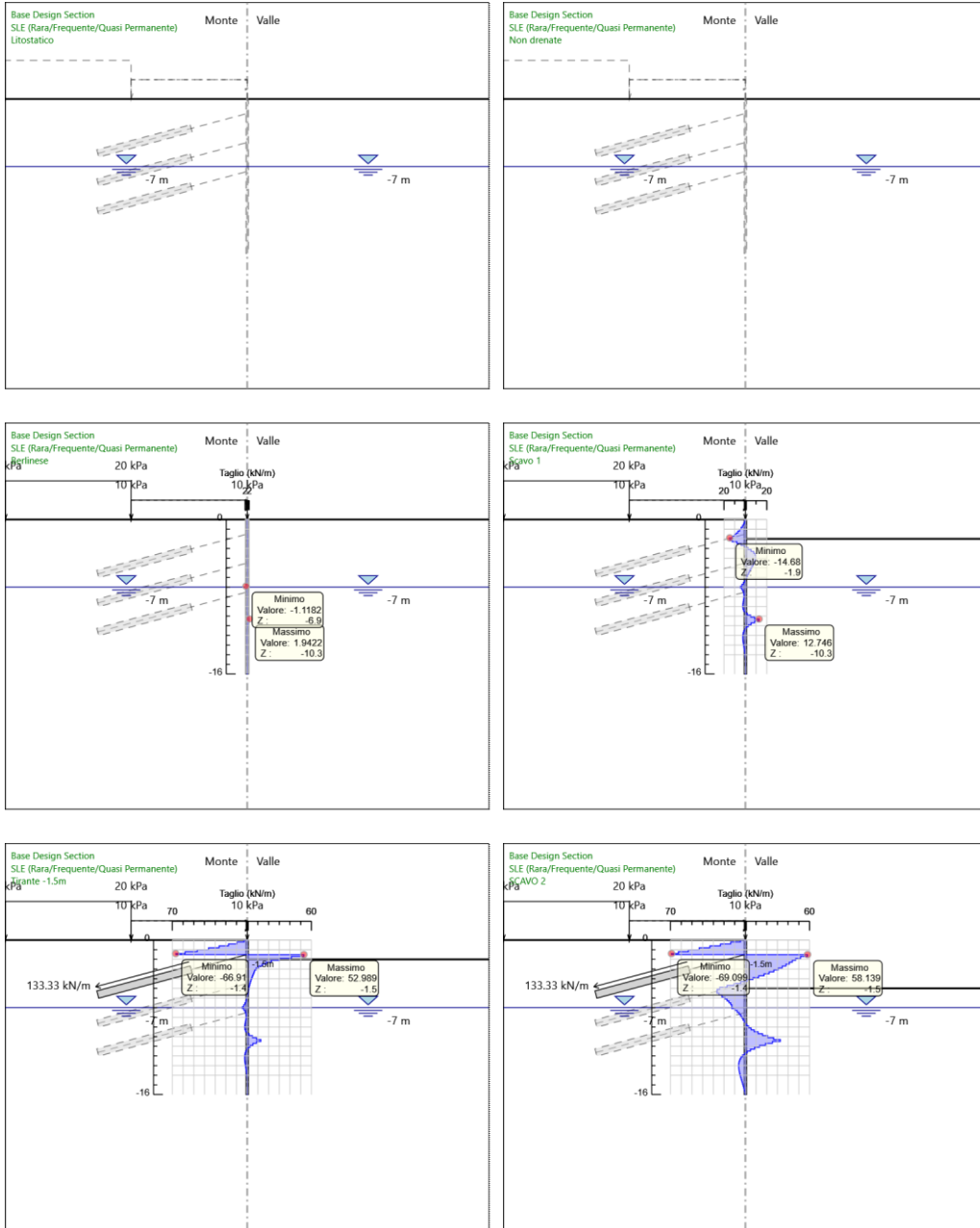
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



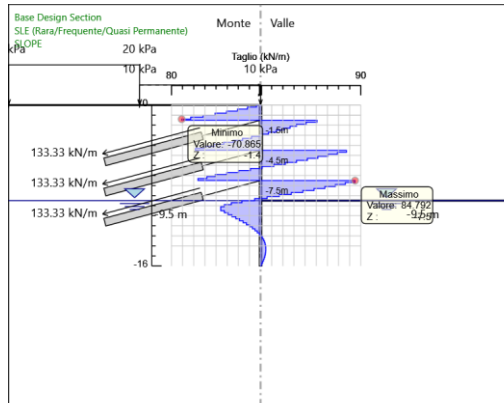
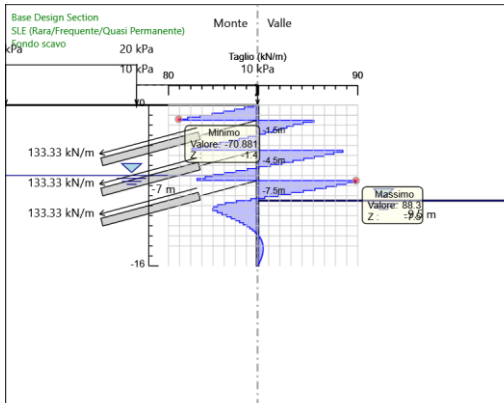
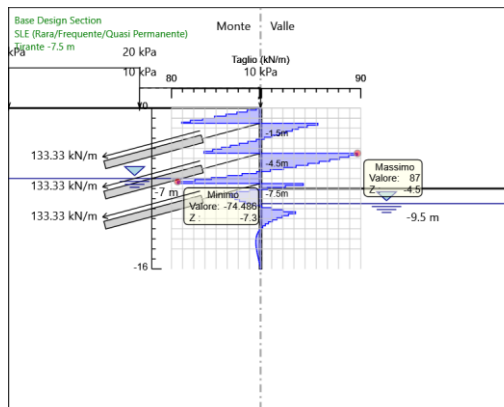
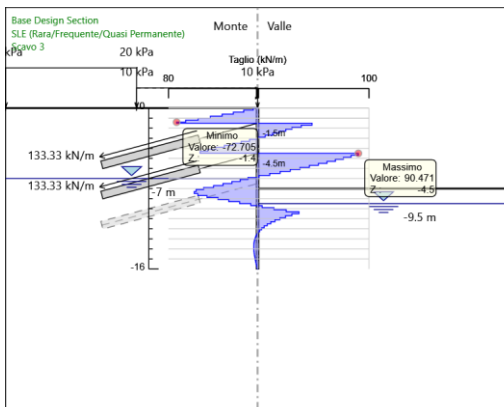
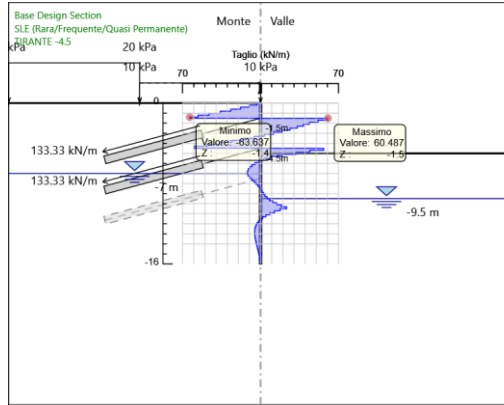
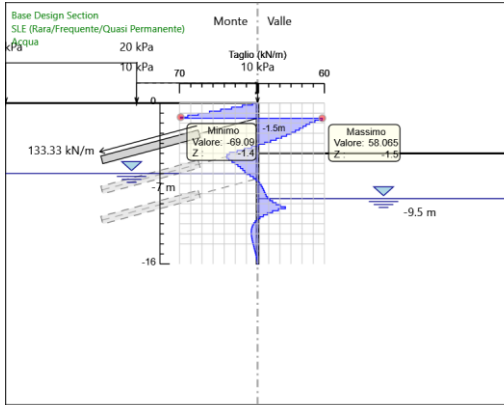
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Risultati Elementi strutturali - SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Sollecitazione Tirante 1° ordine

Stage	Forza (kN/m)
Tirante -1.5m	133.3
SCAVO 2	137.9168
Acqua	137.8648
TIRANTE -4.5	135.9573
Scavo 3	134.1032
Tirante -7.5 m	134.6336
Fondo scavo	134.0022
SLOPE	134.0434

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Sollecitazione Tirante 2° ordine

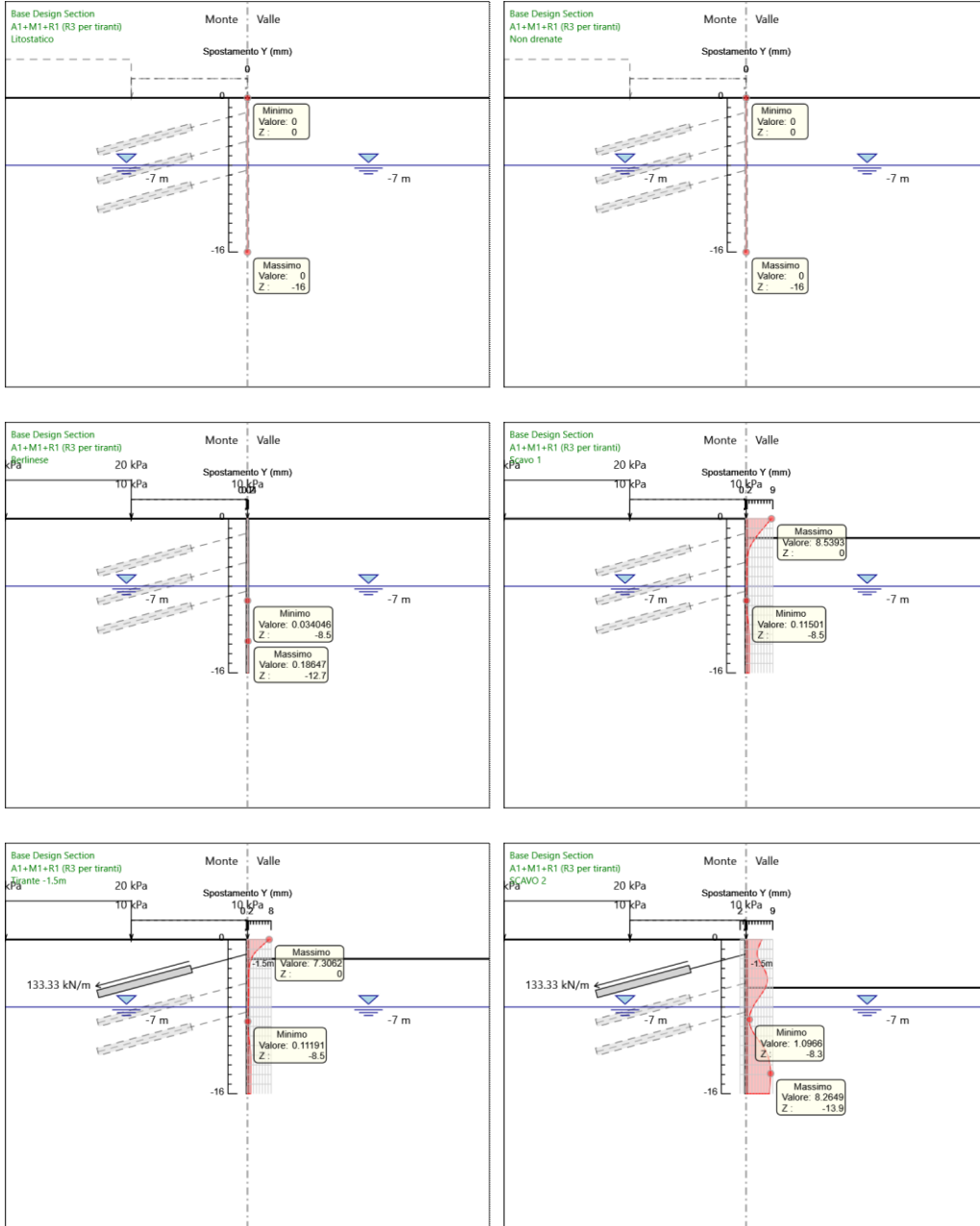
Stage	Forza (kN/m)
TIRANTE -4.5	133.3
Scavo 3	153.5587
Tirante -7.5 m	150.1628
Fondo scavo	148.414
SLOPE	148.478

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Sollecitazione Tirante 3° ordine

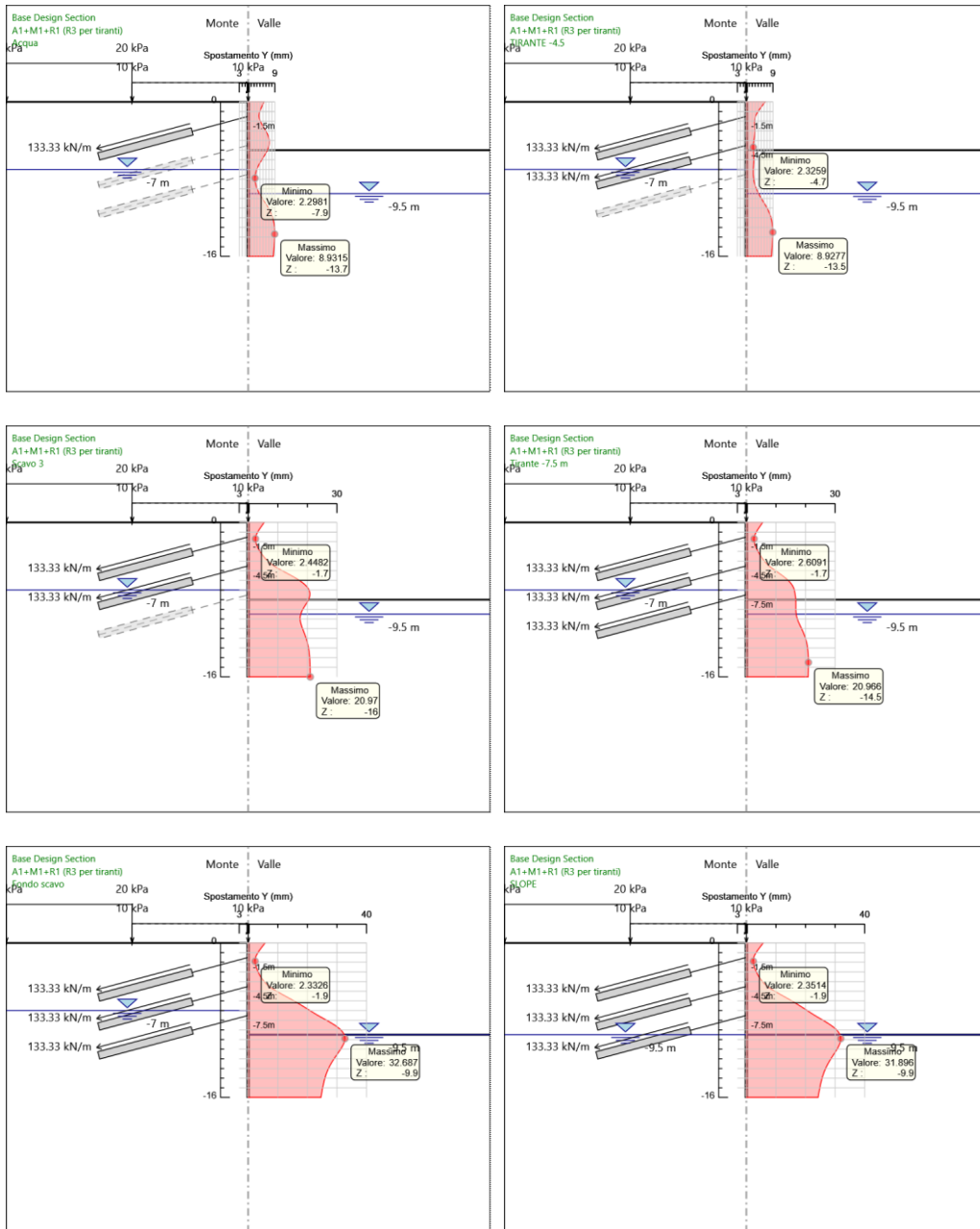
Stage	Forza (kN/m)
Tirante -7.5 m	133.3
Fondo scavo	155.9574

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

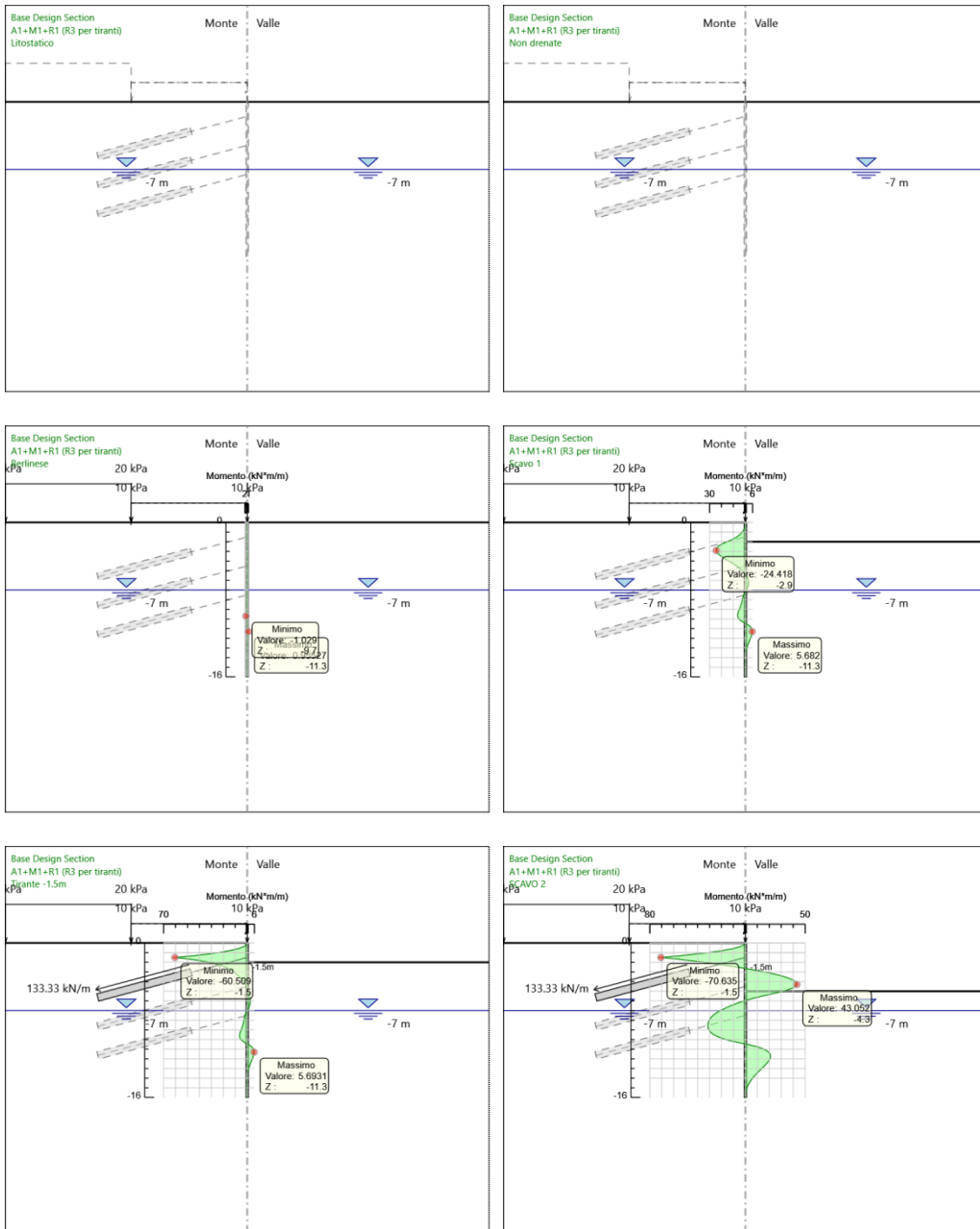
Tabella Grafici dei Risultati



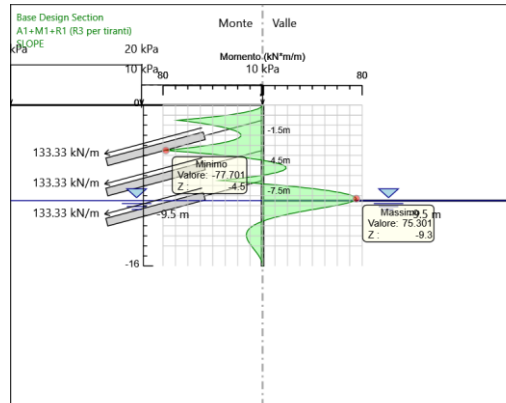
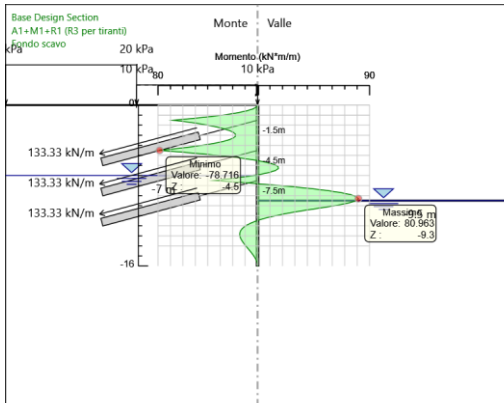
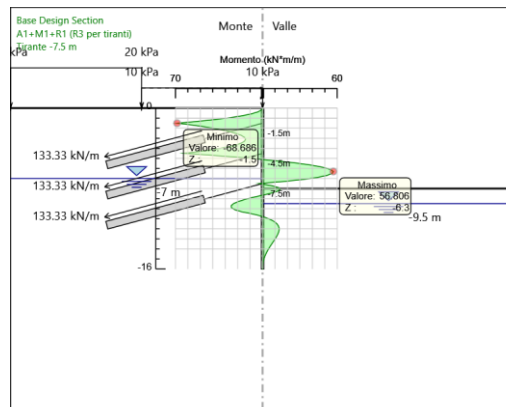
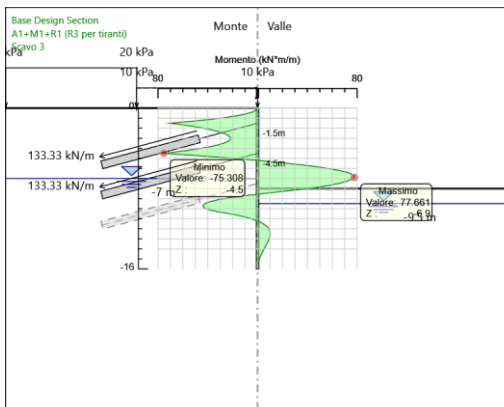
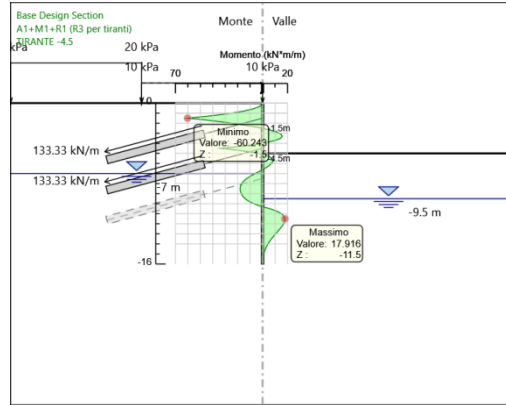
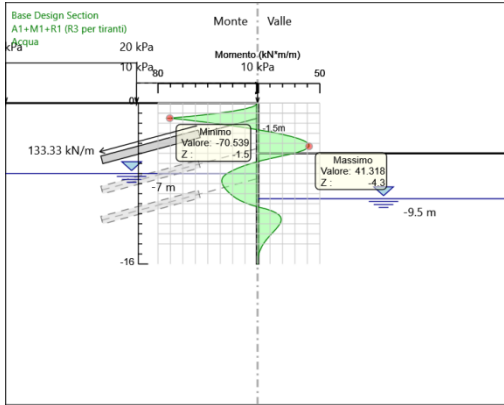
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



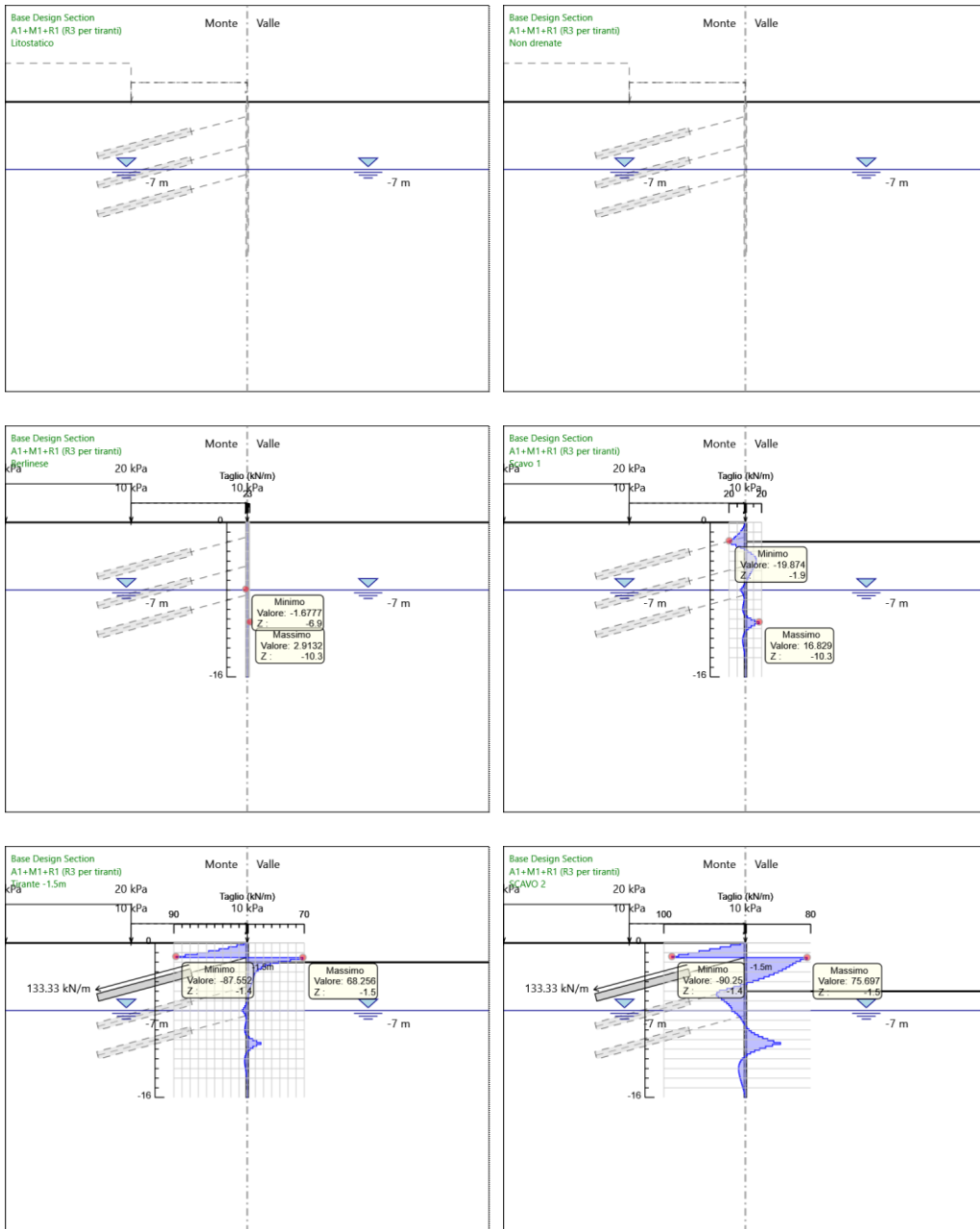
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



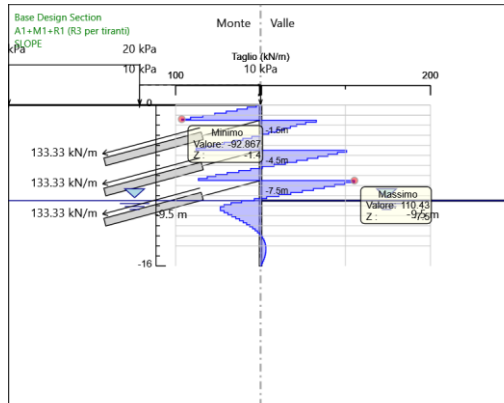
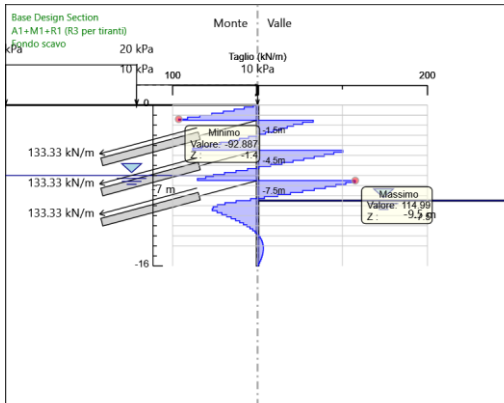
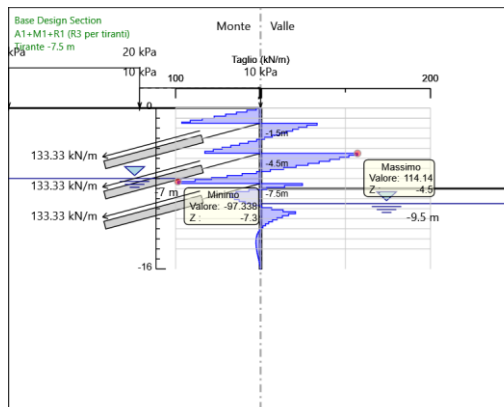
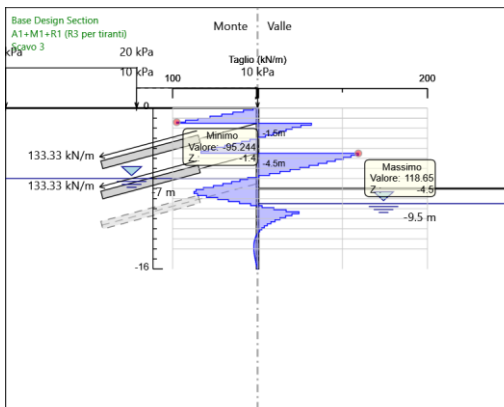
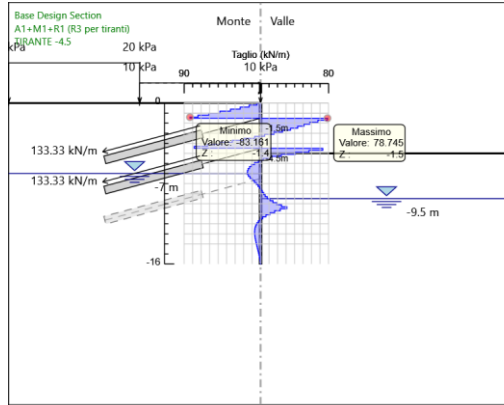
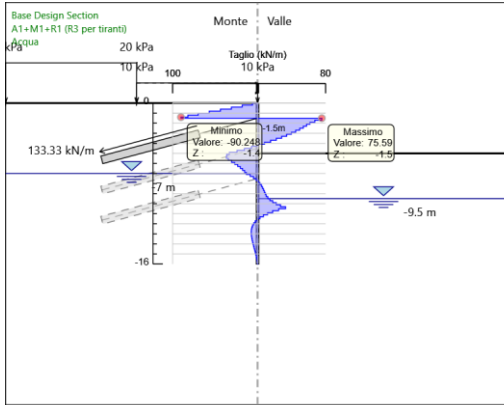
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Risultati Elementi strutturali - A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Sollecitazione Tirante 1° ordine

Stage	Forza (kN/m)
Tirante -1.5m	173.29
SCAVO 2	179.66793
Acqua	179.59903
TIRANTE -4.5	177.1263
Scavo 3	174.68464
Tirante -7.5 m	175.37377
Fondo scavo	174.53956
SLOPE	174.59299

Sollecitazione Tirante 2° ordine

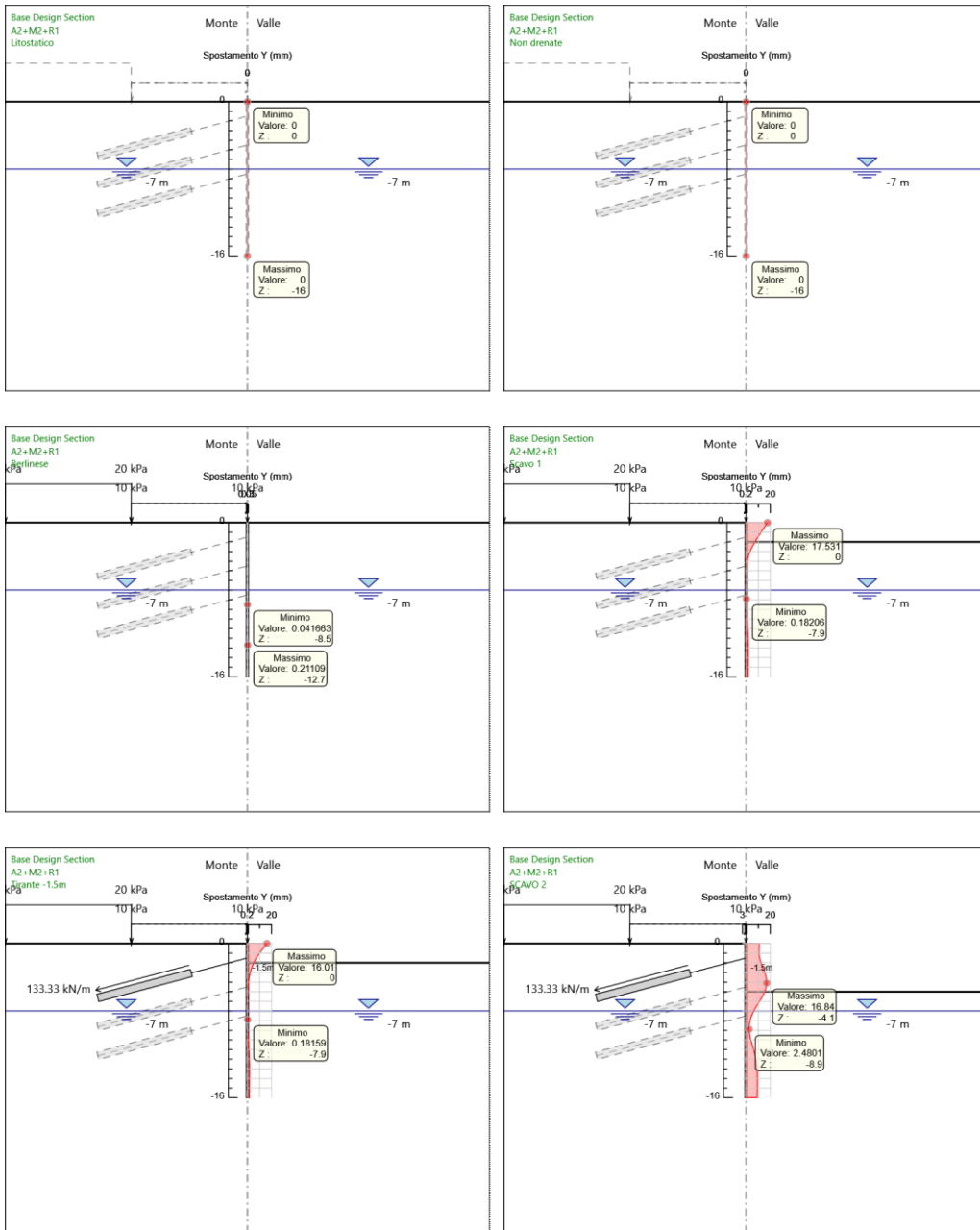
Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Stage	Forza (kN/m)
TIRANTE -4.5	173.29
Scavo 3	200.32896
Tirante -7.5 m	195.9165
Fondo scavo	193.64371
SLOPE	193.72678

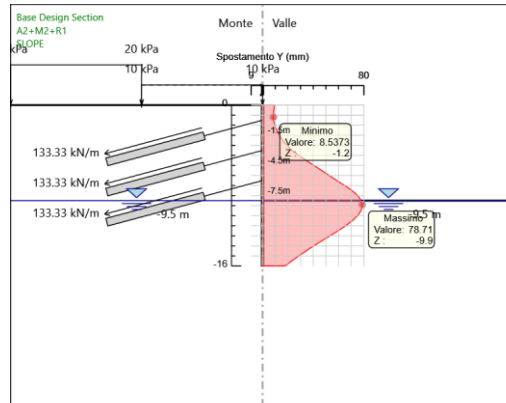
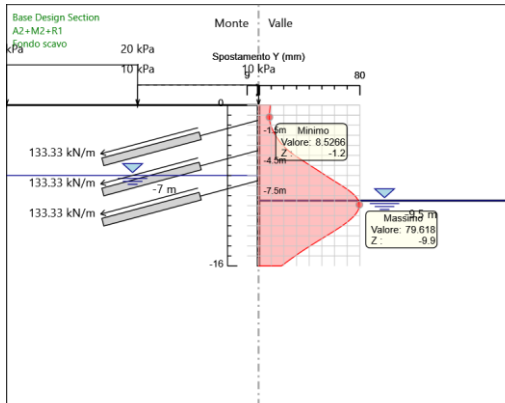
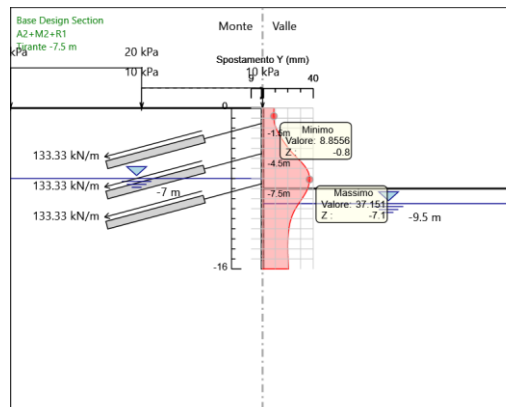
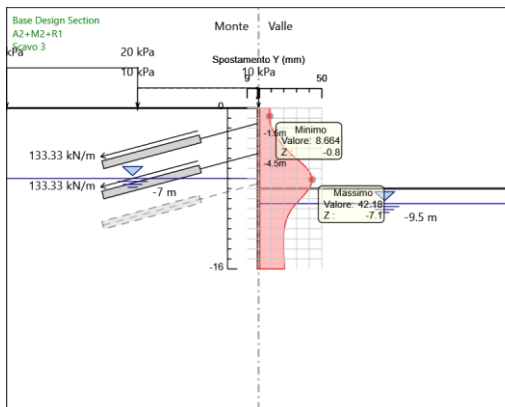
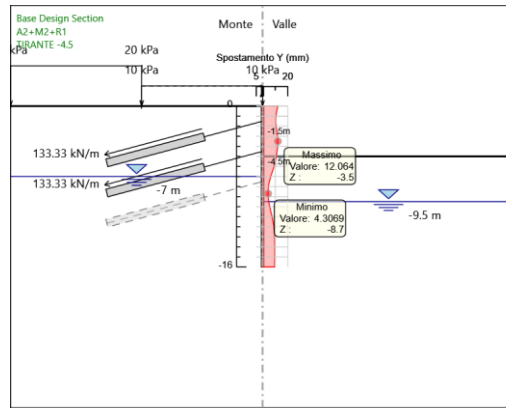
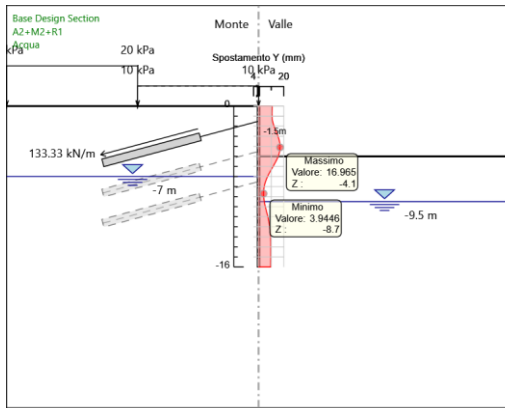
Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Sollecitazione Tirante 3° ordine

Stage	Forza (kN/m)
Tirante -7.5 m	173.29
Fondo scavo	203.18922
SLOPE	201.33503

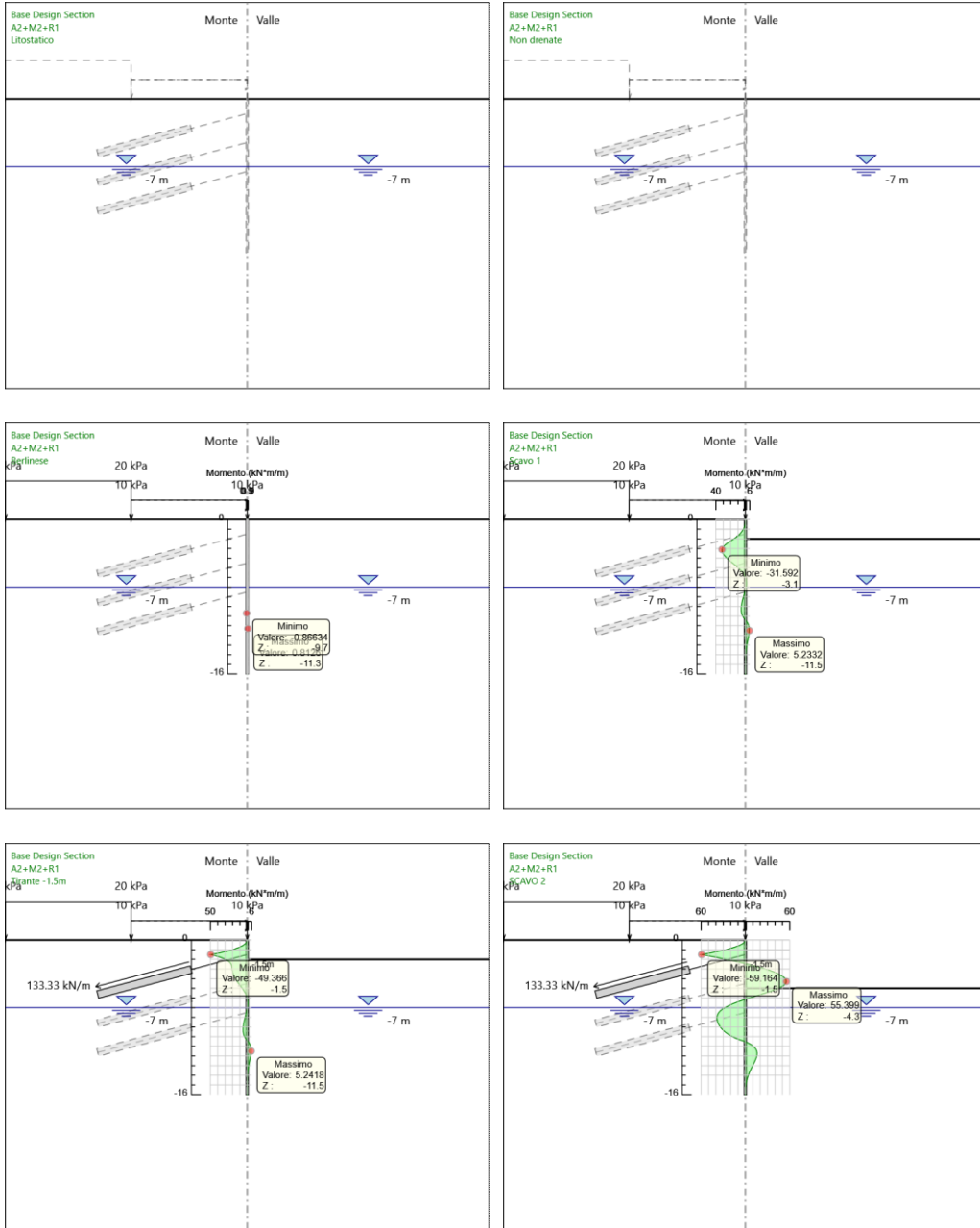
Tabella Grafici dei Risultati



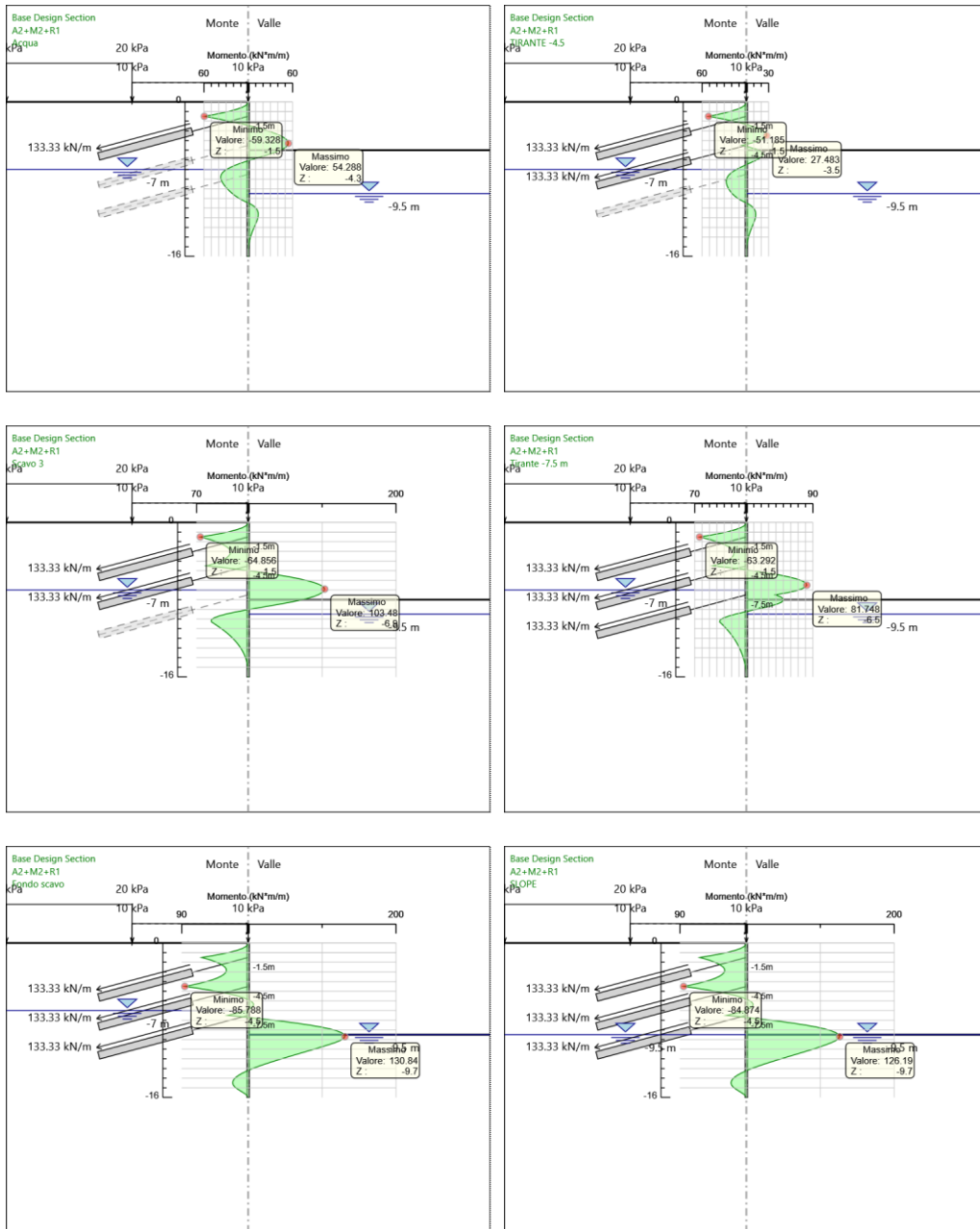
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



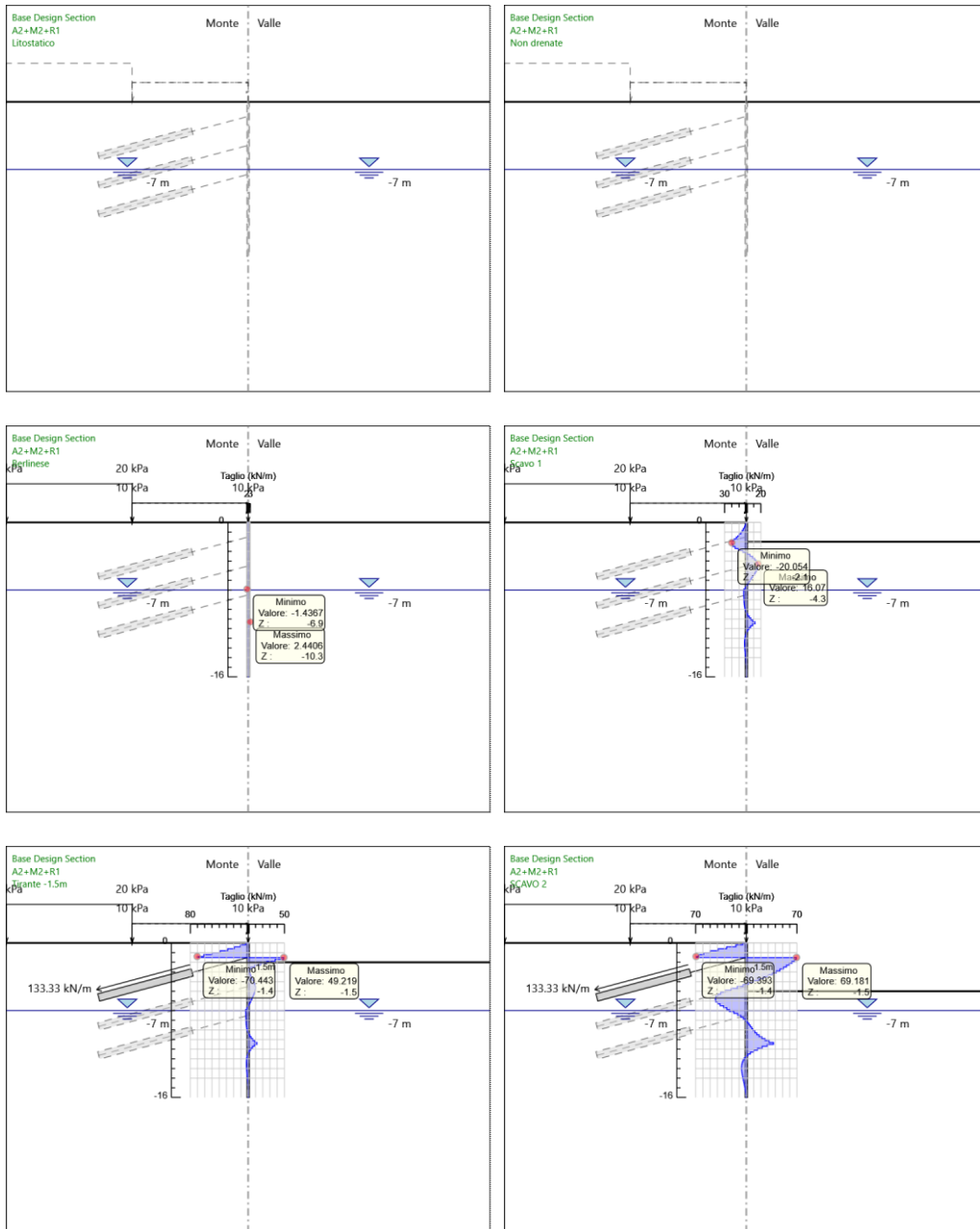
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



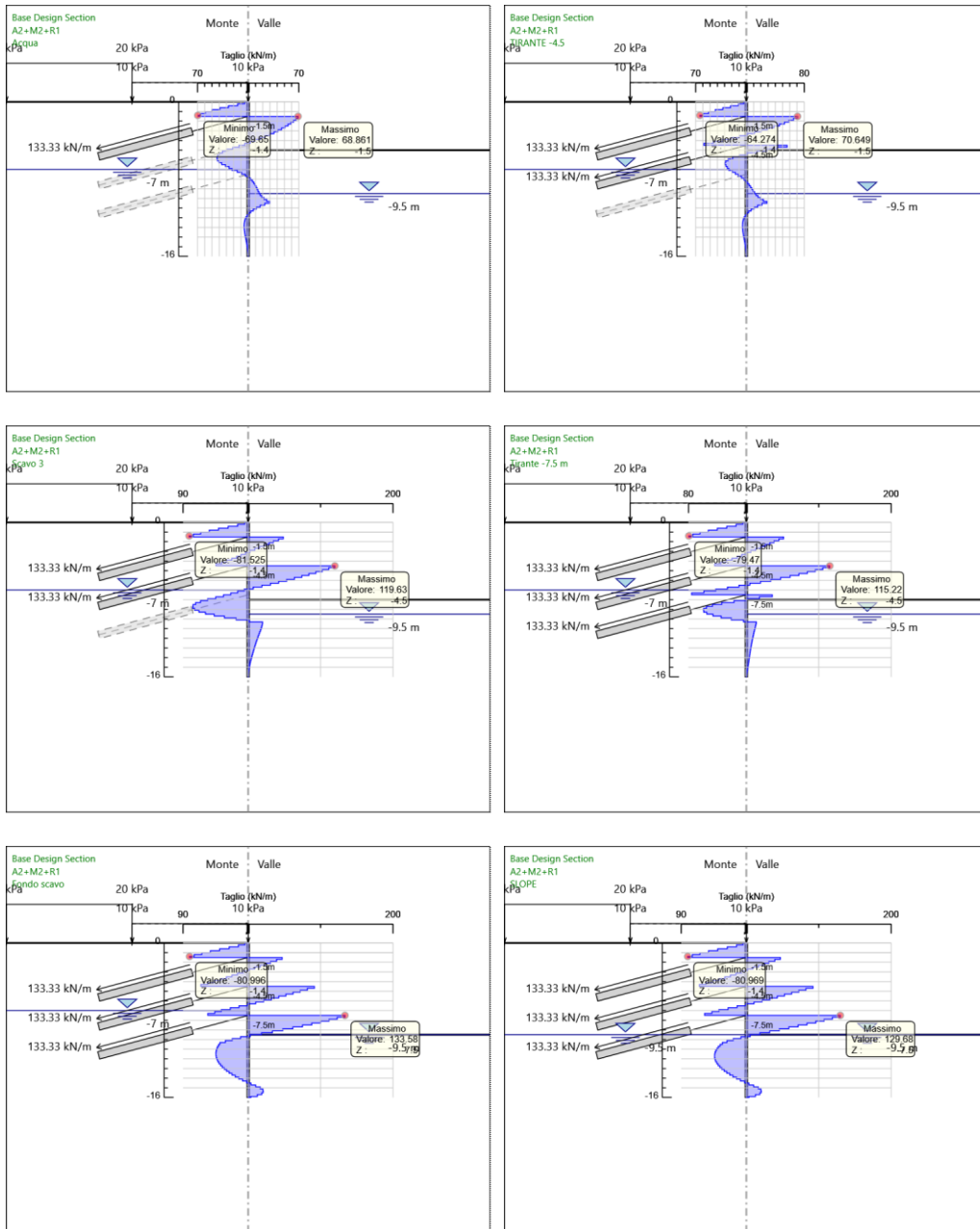
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Risultati Elementi strutturali - A2+M2+R1

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione Tirante 1° ordine

Stage	Forza (kN/m)
Tirante -1.5m	133.3
SCAVO 2	145.7282
Acqua	145.6863
TIRANTE -4.5	143.3282
Scavo 3	139.6283
Tirante -7.5 m	140.2536
Fondo scavo	137.964
SLOPE	138.0161

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione Tirante 2° ordine

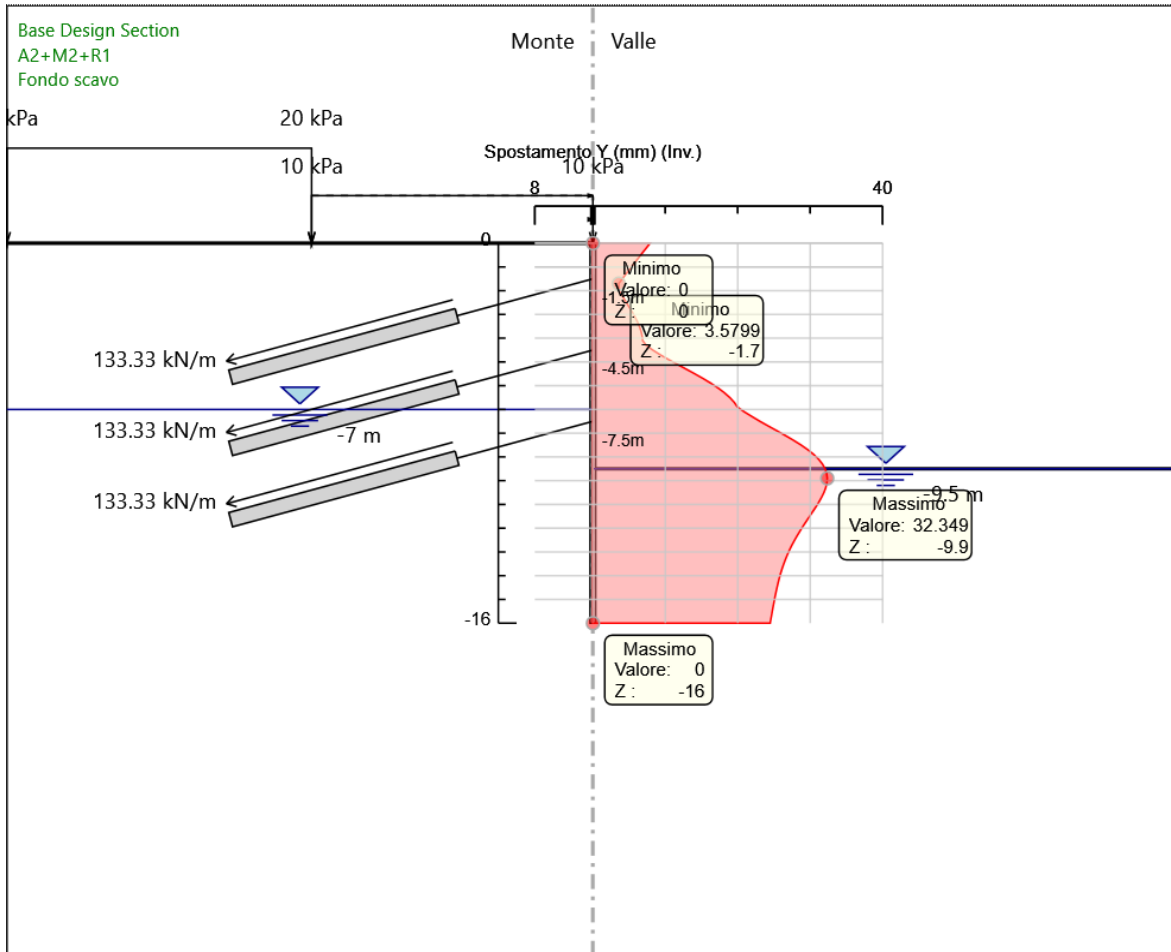
Stage	Forza (kN/m)
TIRANTE -4.5	133.3
Scavo 3	178.1317
Tirante -7.5 m	174.0184
Fondo scavo	172.3222
SLOPE	172.3866

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione Tirante 3° ordine

Stage	Forza (kN/m)
Tirante -7.5 m	133.3
Fondo scavo	206.4786
SLOPE	204.8152

13.4 DESCRIZIONE SINTETICA DEI RISULTATI DELLE DESIGN ASSUMPTION (INVILUPPI)

Grafico Inviluppi Spostamento



Spostamento

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

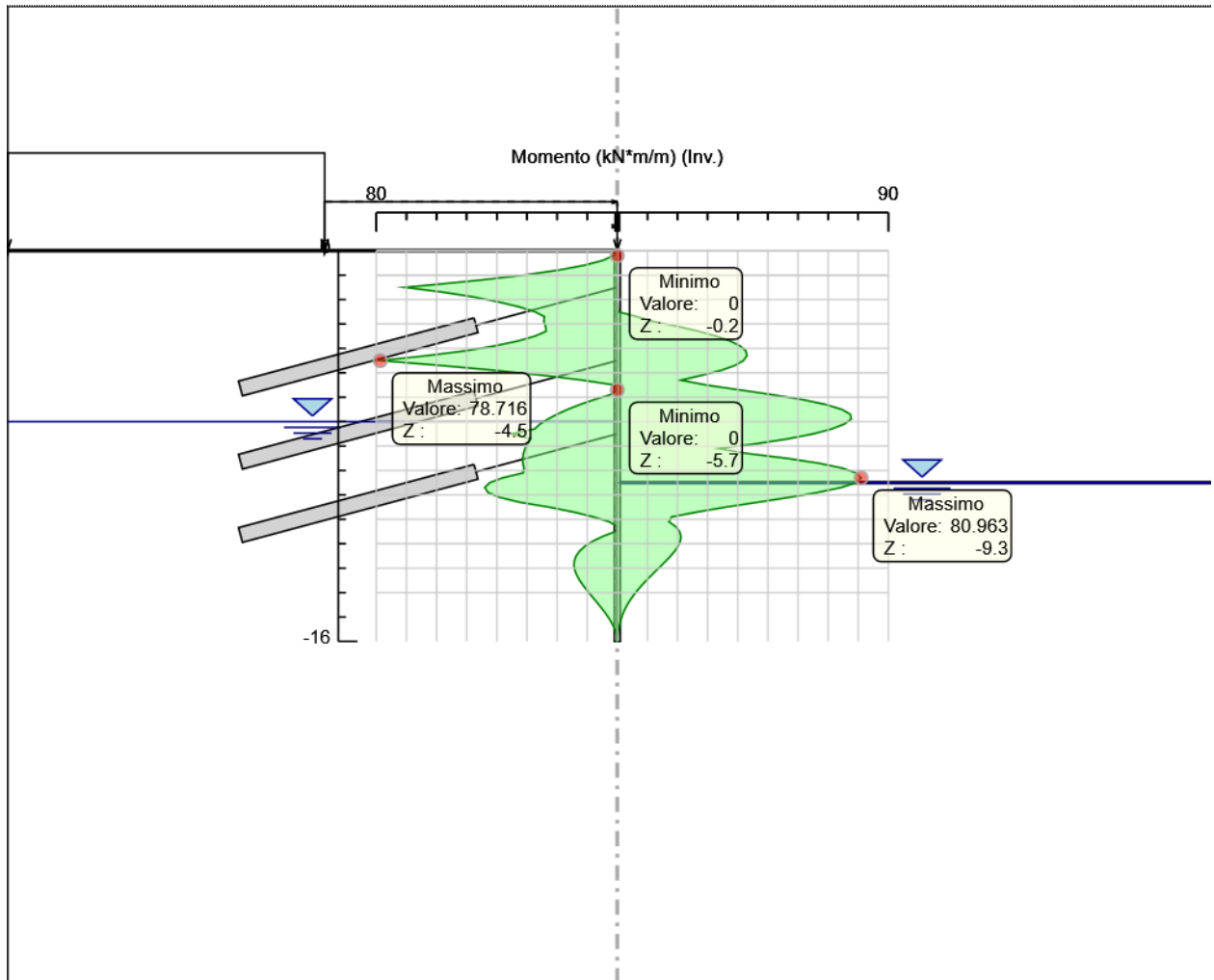
Tabella Inviluppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions Z (m)	Inviluppi: Momento		Muro: WallElement
	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)	
0	0		0
-0.2	1.215		0
-0.4	4.866		0
-0.6	11.046		0
-0.8	19.809		0
-1	31.209		0
-1.2	45.198		0
-1.4	61.61		0
-1.5	70.635		0
-1.7	57.705		0
-1.9	47.48		0
-2.1	39.352		0
-2.3	32.633		0.093
-2.5	27.387		0.19
-2.7	24.193		6.593
-2.9	24.418		11.986
-3.1	23.795		20.074
-3.3	23.641		27.08
-3.5	27.383		32.923
-3.7	33.099		37.521
-3.9	40.793		40.797
-4.1	50.442		42.668
-4.3	63.434		43.052
-4.5	78.716		41.872
-4.7	58.624		39.045
-4.9	40.676		34.489
-5.1	24.981		28.127
-5.3	11.642		21.127
-5.5	0.935		29.518
-5.7	0		40.683
-5.9	2.38		51.698
-6.1	7.751		61.639
-6.3	12.443		69.287
-6.5	16.524		74.561
-6.7	20.059		77.379
-6.9	23.109		77.661
-7.1	25.739		75.327
-7.3	27.465		71.174
-7.5	35.275		65.071
-7.7	28.796		56.887
-7.9	29.8		46.489
-8.1	30.614		33.747
-8.3	31.153		42.911
-8.5	31.418		56.265
-8.7	31.381		66.879
-8.9	30.977		74.622
-9.1	31.265		79.36
-9.3	38.122		80.963
-9.5	42.382		79.298
-9.7	44.012		74.234
-9.9	42.949		66.571
-10.1	39.107		57.108
-10.3	32.375		46.644
-10.5	22.626		35.98
-10.7	14.541		26.438
-10.9	7.949		18.026
-11.1	2.672		17.163
-11.3	0		19.433

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Selected Design Assumptions Z (m)	Inviluppi: Momento	
	Lato sinistro (kN*m/m)	Muro: WallElement Lato destro (kN*m/m)
-11.5	0.673	20.689
-11.7	4.894	21.125
-11.9	8.224	20.906
-12.1	10.745	20.181
-12.3	12.538	19.079
-12.5	13.684	17.713
-12.7	14.266	16.176
-12.9	14.364	14.545
-13.1	14.054	12.882
-13.3	13.408	11.236
-13.5	12.495	9.646
-13.7	11.385	8.139
-13.9	10.139	6.738
-14.1	8.812	5.458
-14.3	7.455	4.31
-14.5	6.11	3.3
-14.7	4.814	2.433
-14.9	3.604	1.772
-15.1	2.518	1.211
-15.3	1.586	0.748
-15.5	0.842	0.389
-15.7	0.315	0.144
-15.9	0.036	0.016
-16	0	0

Grafico Involuppi Momento



Momento

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Tabella Involuppi Taglio WallElement

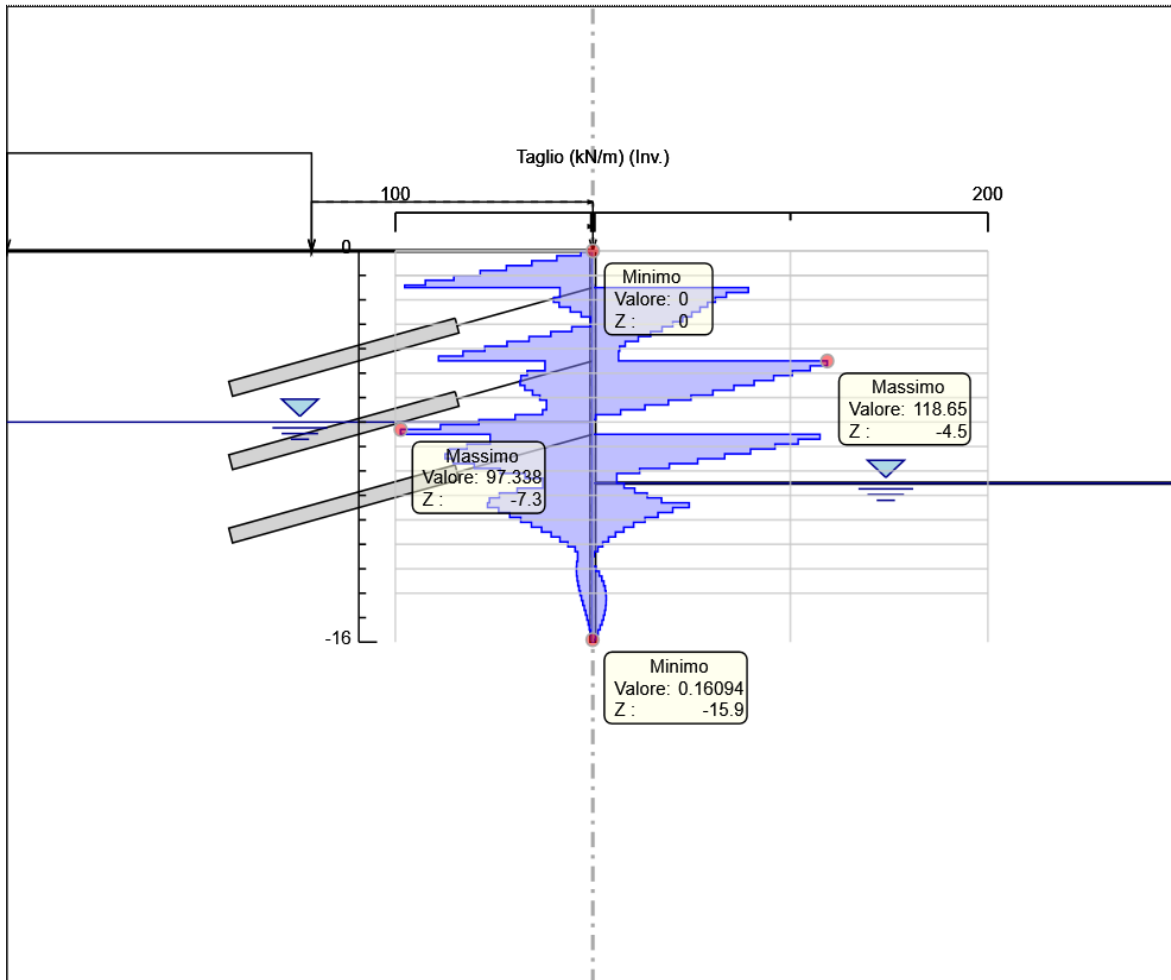
Selected Design Assumptions	Involuppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	6.073	0
-0.2	18.258	0
-0.4	30.898	0
-0.6	43.816	0
-0.8	57	0
-1	70.347	0
-1.2	84.783	0.023
-1.4	95.244	0.185
-1.5	95.244	78.745
-1.7	16.637	78.745
-1.9	19.874	67.587
-2.1	19.874	61.982
-2.3	17.017	58.071
-2.5	11.389	54.257
-2.7	5.926	50.061
-2.9	1.121	45.453
-3.1	10.634	40.435
-3.3	21.287	35.031
-3.5	32.277	29.216
-3.7	43.449	22.992
-3.9	54.663	16.378
-4.1	65.731	13.559
-4.3	78.139	13.04
-4.5	78.139	118.65
-4.7	24.203	118.65
-4.9	33.239	110.008
-5.1	36.425	100.973
-5.3	36.836	91.528
-5.5	36.836	81.675
-5.7	34.46	71.426
-5.9	30.535	60.769
-6.1	26.853	49.703
-6.3	23.463	38.241
-6.5	25.46	26.37
-6.7	39.382	14.09
-6.9	57.711	1.413
-7.1	77.153	0
-7.3	97.338	0
-7.5	97.338	114.99
-7.7	51.988	114.99
-7.9	63.711	103.922
-8.1	72.522	92.199
-8.3	74.849	79.815
-8.5	74.849	66.771
-8.7	70.685	53.072
-8.9	60.037	38.712
-9.1	46.968	23.691
-9.3	34.283	12.107
-9.5	25.319	15.806
-9.7	38.316	21.236
-9.9	47.316	27.535
-10.1	52.319	34.785
-10.3	53.323	48.747
-10.5	53.323	48.747
-10.7	47.707	40.423
-10.9	42.062	32.963
-11.1	36.481	26.385
-11.3	31.078	20.645

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-11.5	25.936	15.695
-11.7	21.105	11.49
-11.9	16.65	7.947
-12.1	12.605	4.995
-12.3	8.963	2.593
-12.5	7.686	0.658
-12.7	8.157	0
-12.9	8.314	1.55
-13.1	8.314	3.227
-13.3	8.229	4.565
-13.5	7.954	5.553
-13.7	7.534	6.23
-13.9	7.006	6.63
-14.1	6.4	6.786
-14.3	5.741	6.786
-14.5	5.048	6.727
-14.7	4.335	6.477
-14.9	3.62	6.051
-15.1	2.943	5.432
-15.3	2.313	4.659
-15.5	1.796	3.717
-15.7	1.229	2.636
-15.9	0.637	1.395
-16	0.161	0.363

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

13.5 GRAFICO INVILUPPI TAGLIO



Taglio

13.6 NORMATIVE ADOTTATE PER LE VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Normative Verifiche

Calcestruzzo	EC2
Acciaio	EC3
Tirante	EC7

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1
γ_s	1.15

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Litostatico	Non drenate	Berlinese	Scavo 1	Tirante - 1.5m	SCAVO 2	Acqua	TIRANTE - 4.5	Scavo 3	Tirante - 7.5 m	Fondo scavo	SLOPE
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
A1+M1+R1 (R3 per tiranti) A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	

Risultati SteelWorld

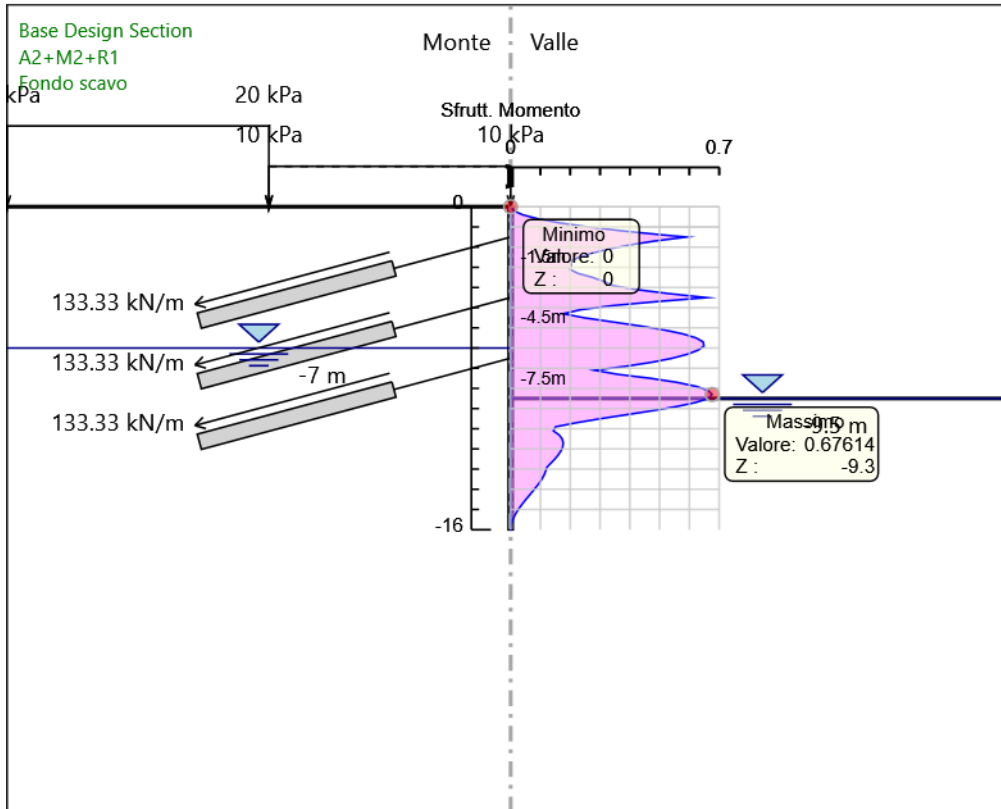
Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	
0	0	
-0.2	0.01	
-0.4	0.041	
-0.6	0.092	
-0.8	0.165	
-1	0.261	
-1.2	0.377	
-1.4	0.515	
-1.5	0.59	
-1.7	0.482	
-1.9	0.397	
-2.1	0.329	
-2.3	0.273	
-2.5	0.229	
-2.7	0.202	
-2.9	0.204	
-3.1	0.199	
-3.3	0.226	
-3.5	0.275	
-3.7	0.313	
-3.9	0.341	
-4.1	0.421	
-4.3	0.53	
-4.5	0.657	
-4.7	0.49	
-4.9	0.34	
-5.1	0.235	
-5.3	0.176	
-5.5	0.247	
-5.7	0.34	
-5.9	0.432	
-6.1	0.515	
-6.3	0.579	
-6.5	0.623	
-6.7	0.646	
-6.9	0.649	
-7.1	0.629	
-7.3	0.594	
-7.5	0.543	
-7.7	0.475	
-7.9	0.388	
-8.1	0.282	
-8.3	0.358	
-8.5	0.47	
-8.7	0.559	
-8.9	0.623	
-9.1	0.663	
-9.3	0.676	
-9.5	0.662	
-9.7	0.62	
-9.9	0.556	
-10.1	0.477	
-10.3	0.39	
-10.5	0.3	
-10.7	0.221	

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	
-10.9		0.151
-11.1		0.143
-11.3		0.162
-11.5		0.173
-11.7		0.176
-11.9		0.175
-12.1		0.169
-12.3		0.159
-12.5		0.148
-12.7		0.135
-12.9		0.121
-13.1		0.117
-13.3		0.112
-13.5		0.104
-13.7		0.095
-13.9		0.085
-14.1		0.074
-14.3		0.062
-14.5		0.051
-14.7		0.04
-14.9		0.03
-15.1		0.021
-15.3		0.013
-15.5		0.007
-15.7		0.003
-15.9		0
-16		0

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld



Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

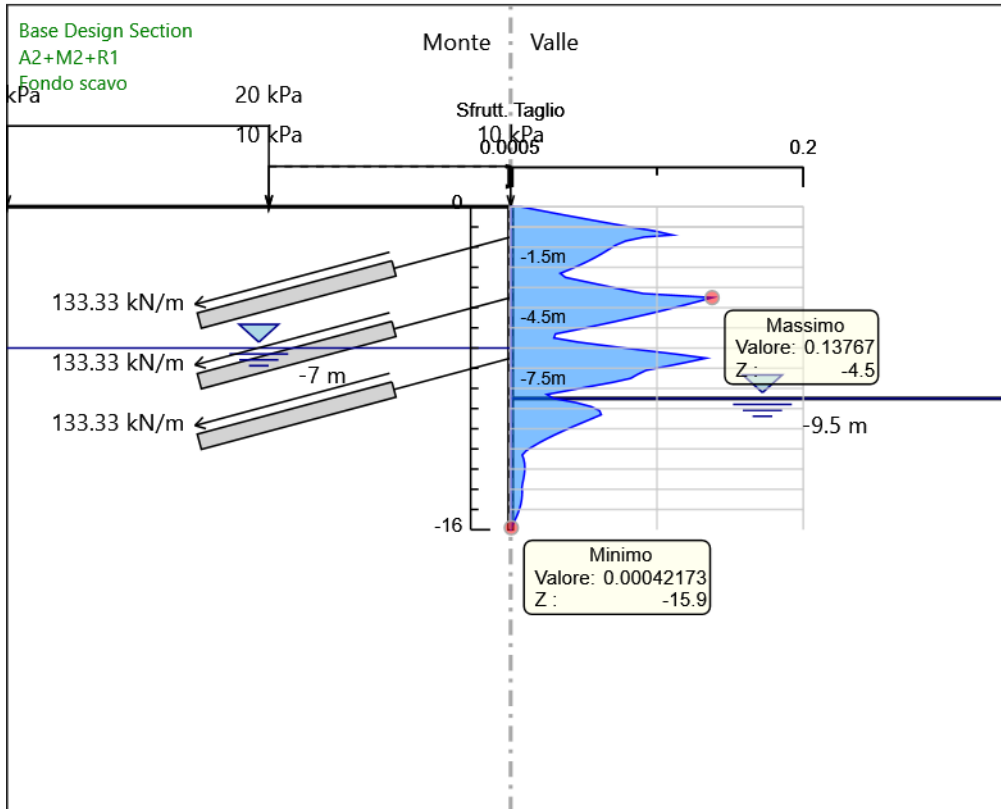
Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	
0	0.007	
-0.2	0.021	
-0.4	0.036	
-0.6	0.051	
-0.8	0.066	
-1	0.082	
-1.2	0.098	
-1.4	0.111	
-1.5	0.091	
-1.7	0.078	
-1.9	0.072	
-2.1	0.067	
-2.3	0.063	
-2.5	0.058	
-2.7	0.053	
-2.9	0.047	
-3.1	0.041	
-3.3	0.034	
-3.5	0.037	
-3.7	0.05	
-3.9	0.063	
-4.1	0.076	
-4.3	0.091	
-4.5	0.138	
-4.7	0.128	
-4.9	0.117	
-5.1	0.106	
-5.3	0.095	
-5.5	0.083	
-5.7	0.071	
-5.9	0.058	
-6.1	0.044	
-6.3	0.031	
-6.5	0.03	
-6.7	0.046	
-6.9	0.067	
-7.1	0.09	
-7.3	0.113	
-7.5	0.133	
-7.7	0.121	
-7.9	0.107	
-8.1	0.093	
-8.3	0.087	
-8.5	0.082	
-8.7	0.07	
-8.9	0.054	
-9.1	0.04	
-9.3	0.025	
-9.5	0.029	
-9.7	0.044	
-9.9	0.055	
-10.1	0.061	
-10.3	0.062	
-10.5	0.055	
-10.7	0.049	
-10.9	0.042	
-11.1	0.036	
-11.3	0.03	

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
-11.5	0.024
-11.7	0.019
-11.9	0.015
-12.1	0.01
-12.3	0.008
-12.5	0.009
-12.7	0.009
-12.9	0.01
-13.1	0.01
-13.3	0.009
-13.5	0.009
-13.7	0.008
-13.9	0.008
-14.1	0.008
-14.3	0.008
-14.5	0.008
-14.7	0.007
-14.9	0.006
-15.1	0.005
-15.3	0.004
-15.5	0.003
-15.7	0.002
-15.9	0
-16	0

Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Inviluppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Verifiche Tiranti SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Tirante	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2008 (ITA)						Gerarchia delle Resistenze
		Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	
Tirante 1° ordine	Tirante -1.5m		299.925	1696.42	675.027	0.177	0.444	NO
Tirante 1° ordine	SCAVO 2		310.313	1696.42	675.027	0.183	0.46	NO
Tirante 1° ordine	Acqua		310.196	1696.42	675.027	0.183	0.46	NO
Tirante 1° ordine	TIRANTE -4.5		305.904	1696.42	675.027	0.18	0.453	NO
Tirante 1° ordine	Scavo 3		301.732	1696.42	675.027	0.178	0.447	NO
Tirante 1° ordine	Tirante -7.5 m		302.926	1696.42	675.027	0.179	0.449	NO
Tirante 1° ordine	Fondo scavo		301.505	1696.42	675.027	0.178	0.447	NO
Tirante 1° ordine	SLOPE		301.598	1696.42	675.027	0.178	0.447	NO
Tirante 2° ordine	TIRANTE -4.5		299.925	1278.107	675.027	0.235	0.444	NO
Tirante 2° ordine	Scavo 3		345.507	1278.107	675.027	0.27	0.512	NO
Tirante 2° ordine	Tirante -7.5 m		337.866	1278.107	675.027	0.264	0.501	NO
Tirante 2° ordine	Fondo scavo		333.932	1278.107	675.027	0.261	0.495	NO
Tirante 2° ordine	SLOPE		334.076	1278.107	675.027	0.261	0.495	NO
Tirante 3° ordine	Tirante -7.5 m		299.925	1327.561	675.027	0.226	0.444	NO
Tirante 3° ordine	Fondo scavo		350.904	1327.561	675.027	0.264	0.52	NO
Tirante 3° ordine	SLOPE		347.695	1327.561	675.027	0.262	0.515	NO

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Verifiche Tiranti A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2008 (ITA)						Gerarchia delle Resistenze
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	
Tirante	Stage							
Tirante 1° ordine	Tirante -1.5m	389.902	1542.2	675.027	0.253	0.578		NO
Tirante 1° ordine	SCAVO 2	404.253	1542.2	675.027	0.262	0.599		NO
Tirante 1° ordine	Acqua	404.098	1542.2	675.027	0.262	0.599		NO
Tirante 1° ordine	TIRANTE -4.5	398.534	1542.2	675.027	0.258	0.59		NO
Tirante 1° ordine	Scavo 3	393.04	1542.2	675.027	0.255	0.582		NO
Tirante 1° ordine	Tirante -7.5 m	394.591	1542.2	675.027	0.256	0.585		NO
Tirante 1° ordine	Fondo scavo	392.714	1542.2	675.027	0.255	0.582		NO
Tirante 1° ordine	SLOPE	392.834	1542.2	675.027	0.255	0.582		NO
Tirante 2° ordine	TIRANTE -4.5	389.902	1161.916	675.027	0.336	0.578		NO
Tirante 2° ordine	Scavo 3	450.74	1161.916	675.027	0.388	0.668		NO
Tirante 2° ordine	Tirante -7.5 m	440.812	1161.916	675.027	0.379	0.653		NO
Tirante 2° ordine	Fondo scavo	435.698	1161.916	675.027	0.375	0.645		NO
Tirante 2° ordine	SLOPE	435.885	1161.916	675.027	0.375	0.646		NO
Tirante 3° ordine	Tirante -7.5 m	389.902	1206.874	675.027	0.323	0.578		NO
Tirante 3° ordine	Fondo scavo	457.176	1206.874	675.027	0.379	0.677		NO
Tirante 3° ordine	SLOPE	453.004	1206.874	675.027	0.375	0.671		NO

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Verifiche Tiranti A2+M2+R1

Design Assumption: A2+M2+R1 Tirante	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti Stage				NTC2008 (ITA)		Gerarchia delle Resistenze
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio Resistenza STR	
Tirante 1° ordine	Tirante -1.5m	299.925	1542.2	675.027	0.194	0.444	NO
Tirante 1° ordine	SCAVO 2	327.888	1542.2	675.027	0.213	0.486	NO
Tirante 1° ordine	Acqua	327.794	1542.2	675.027	0.213	0.486	NO
Tirante 1° ordine	TIRANTE -4.5	322.488	1542.2	675.027	0.209	0.478	NO
Tirante 1° ordine	Scavo 3	314.164	1542.2	675.027	0.204	0.465	NO
Tirante 1° ordine	Tirante -7.5 m	315.571	1542.2	675.027	0.205	0.467	NO
Tirante 1° ordine	Fondo scavo	310.419	1542.2	675.027	0.201	0.46	NO
Tirante 1° ordine	SLOPE	310.536	1542.2	675.027	0.201	0.46	NO
Tirante 2° ordine	TIRANTE -4.5	299.925	1161.916	675.027	0.258	0.444	NO
Tirante 2° ordine	Scavo 3	400.796	1161.916	675.027	0.345	0.594	NO
Tirante 2° ordine	Tirante -7.5 m	391.541	1161.916	675.027	0.337	0.58	NO
Tirante 2° ordine	Fondo scavo	387.725	1161.916	675.027	0.334	0.574	NO
Tirante 2° ordine	SLOPE	387.87	1161.916	675.027	0.334	0.575	NO
Tirante 3° ordine	Tirante -7.5 m	299.925	1206.874	675.027	0.249	0.444	NO
Tirante 3° ordine	Fondo scavo	464.577	1206.874	675.027	0.385	0.688	NO
Tirante 3° ordine	SLOPE	460.834	1206.874	675.027	0.382	0.683	NO

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

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

Tipo Risultato:									
Verifiche Tiranti									
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	Design Assumption
Tirante 1° ordine	SCAVO 2	404.253	1542.2	675.027	0.262	0.599		NO	A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 2° ordine	Scavo 3	450.74	1161.916	675.027	0.388	0.668		NO	A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
Tirante 3° ordine	Fondo scavo	464.577	1206.874	675.027	0.385	0.688		NO	A2+M2+R1