

**S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI
LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA
DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389**

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA22

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE
PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE

Ing. M. RASIMELLI
Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. D. BONADIES
Ing. P. LOSPENNATO
Ing. S. PELLEGRINI
Ing. A. POLLI
Ing. M. MARELLI
Ing. A. LUCIA

Ing. M. PROCACCI
Ing. R. CERQUIGLINI
Ing. M. CARAFFINI
Geom. M. BINAGLIA

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Arch. E. RASIMELLI

IL GEOLOGO

Dott. S. PIAZZOLI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE

Ing. L. IOVINE

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. F. RUGGIERI

PROTOCOLLO

DATA:

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



MANDATARIA



PINI SWISS ENGINEERS SA
SWISS

Via Besso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



PINI SWISS ENGINEERS Srl
ITALIA

Via Cavour 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

RELAZIONE DI CALCOLO GA01

CODICE PROGETTO

PROGETTO:

D	P	C	A	2	2
---	---	---	---	---	---

 LIV. PROG.:

D

 N. PROG.:

2	0	0	2
---	---	---	---

NOME FILE

T00_GA01_OST_RE01_A

REVISIONE

PAG.

CODICE ELAB.

T	0	0	G	A	0	1	O	S	T	R	E	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

A

1 di 117

D

C

B

A

REV.

PRIMA EMISSIONE

DESCRIZIONE

AGOSTO 2020

DATA

A.DIANIN

REDATTO

M.MARELLI

VERIFICATO

RASIMELLI

APPROVATO

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 2 di 118</p>
--	---

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	4
1.1	<i>Oggetto e scopo</i>	5
1.2	<i>Breve descrizione del progetto</i>	6
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
2.1	<i>Normative e raccomandazioni</i>	8
2.2	<i>Bibliografia</i>	10
2.3	<i>Software di calcolo</i>	10
3	DESCRIZIONE DELL'OPERA	11
3.1	<i>Geometria di calcolo</i>	11
3.2	<i>Sezioni di calcolo</i>	18
3.3	<i>Fasi di calcolo: tipologia 1-3-4</i>	19
3.4	<i>Fasi di calcolo: tipologia 2</i>	23
3.5	<i>Fasi del calcolo 1 sul software</i>	28
3.6	<i>Fasi del calcolo 2 sul software</i>	33
3.7	<i>Fasi del calcolo 3 sul software</i>	38
3.8	<i>Fasi del calcolo 4 sul software</i>	42
4	DATI GEOTECNICI E DELLA FALDA	46
5	MATERIALI	55
6	AZIONI DI CALCOLO	56
6.1	<i>AZIONE GEOTECNICA</i>	56
6.2	<i>AZIONE IDRAULICA</i>	57
6.3	<i>SOVRACCARICO STRADALE</i>	57
6.4	<i>CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO</i>	58
7	APPROCCI DI CALCOLO SECONDO LA NORMATIVA	60
7.1	<i>Azioni</i>	60
7.2	<i>Dimensionamento delle opere di sostegno</i>	61
8	VERIFICHE STRUTTURALI E INCIDENZE	64
8.1	<i>PUNTONI</i>	64
8.2	<i>TRAVE DI RIPARTIZIONE PUNTONI IN C.A.</i>	66

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 3 di 118</p>
--	---

8.3	PARETI DI RIVESTIMENTO	70
8.4	SOLETTA DI FONDAZIONE	73
8.5	GALLERIA	74
9	VERIFICHE GEOTECNICHE	81
9.1	SLU di tipo geotecnico	81
9.2	Verifica di stabilità della parte infissa dei pali	81
9.2.1	Verifica di stabilità della parte infissa dei pali	82
9.2.2	Verifica al carico limite	87
10	ALLEGATI DI CALCOLO	95
10.1	CALCOLO 1	96
10.2	CALCOLO 2	101
10.3	CALCOLO 3	106
10.4	CALCOLO 4	111
10.5	SOLETTONE DI FONDO	116
10.6	PARETI DI RIVESTIMENTO	117

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 4 di 118</p>
---	--

1 INTRODUZIONE

Il progetto in oggetto rientra nei lavori della nuova SS389 della quale sono stati già realizzati i tratti a nord dello svincolo di Villagrande Strisaili.

L'intervento prevede una variante della SS389 nel tratto tra Villagrande Strisaili e Arzana, a due corsie (categoria C ex DM 05.11.2001) per un'estensione di circa 6 Km. La variante si sviluppa nell'ambito del corridoio già interessato dalla statale esistente, e prevede la realizzazione di diversi viadotti ed opere di sostegno, oltre a svincoli di allaccio alla statale esistente. L'opera migliora le caratteristiche geometriche della strada statale, che presenta attualmente elevata tortuosità, incrementando il livello di sicurezza in esercizio.

Il presente elaborato tratta gli aspetti strutturali e geotecnici dei muri di sostegno.

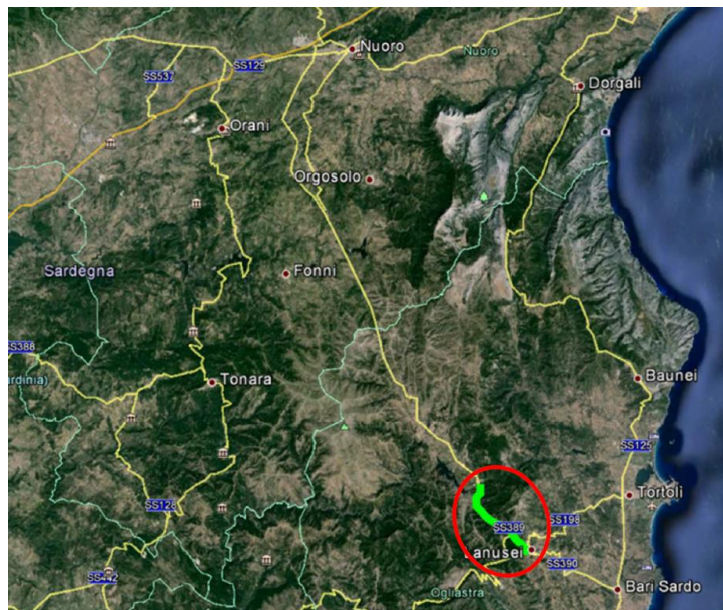


Figura 1: Corografia generale con inquadramento dell'opera

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 5 di 118</p>
--	--

1.1 Oggetto e scopo

L'oggetto della presente relazione è il dimensionamento geotecnico e strutturale della galleria artificiale GA01, realizzata con il metodo Milano. Nella presente relazione sono riportate le verifiche geotecniche e strutturali di tali opere condotte ai sensi della normativa vigente. Il documento è articolato come segue:

1. Introduzione: presenta sinteticamente le opere di progetto,
2. Documenti di riferimento: elenca i documenti correlati al documento in oggetto, le normative, la bibliografia di riferimento ed il software di calcolo utilizzato,
3. Descrizione dell'opera: espone gli interventi da effettuare e la geometria di progetto,
4. Dati geotecnici e della falda
5. Materiali: riporta i materiali previsitati per il progetto,
6. Azioni di calcolo: riporta le azioni gravanti,
7. Approcci di calcolo secondo la normativa: riporta le verifiche richieste dalla norma vigente,
8. Conclusione: riassume i risultati delle analisi e verifiche effettuate,
9. Allegati di calcolo: riporta gli output del software e dei fogli di calcolo utilizzati.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 6 di 118</p>
---	--

1.2 Breve descrizione del progetto

L'area interessata dal progetto fa parte dei Comuni di Villagrande Strisaili e Arzana (Figura 2). Il progetto in oggetto rientra nei lavori della nuova S.S. 389 della quale sono stati già realizzati i tratti a nord dello svincolo di Villagrande Strisaili. L'intervento prevede una variante della S.S. 389 nel tratto tra Villagrande Strisaili e Arzana, a due corsie (categoria C ex DM 05.11.2001) per una lunghezza di circa 6 km. La variante si sviluppa nell'ambito del corridoio già interessato dalla statale esistente, e prevede la realizzazione di diversi viadotti ed opere di sostegno, oltre a svincoli di allaccio alla statale esistente. L'opera migliora le caratteristiche geometriche della strada statale, che presenta attualmente elevata tortuosità, incrementando il livello di sicurezza in esercizio.

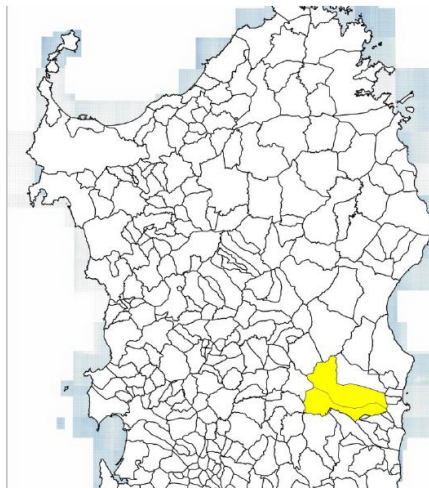


Figura 2: Inquadramento geografico del sito

Il tracciato si sviluppa per una lunghezza di circa 6 km e collega l'incrocio tra la S.S. 389 con la strada comunale per Villagrande Strisaili con l'incrocio tra la stessa statale e la strada comunale per Arzana.

La piattaforma stradale è relativa alle strade extraurbane di tipo C1. Nei punti di raccordo con la strada comunale per Villagrande Strisaili e la strada comunale per Arzana di raccordo con la vecchia S.S. 389, è prevista la realizzazione di svincoli stradali in accordo con la normativa vigente. Il tracciato si sviluppa lungo il medesimo percorso dell'attuale sede stradale che verrà interferita nei tratti di incrocio e sono

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 7 di 118</p>
--	--

previste opere d'arte maggiori e minori con funzioni di scavalco, deflusso delle acque e passaggio della fauna.

Nello specifico, il tracciato prevede:

- la realizzazione di 7 viadotti di luce variabile;
- la realizzazione di 3 tratti in galleria artificiale;
- realizzazione di due intersezioni a raso con rotonda.

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 8 di 118
---	--

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nel seguito si riportano i documenti di riferimento utilizzati per la stesura del presente documento:

DOCUMENTAZIONE INDAGINI GEOTECNICHE											
Risultati indagine in sito											
T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	1	A	Risultati delle indagini geotecniche
T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	2	A	Risultati delle indagini geofisiche
T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	3	A	Certificati delle prove di laboratorio
T	0	0	GE	0	0	GEO	PU	0	1	A	Planimetria con ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche TAV. 1 di 4
T	0	0	GE	0	0	GEO	PU	0	2	A	Planimetria con ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche TAV. 2 di 4
T	0	0	GE	0	0	GEO	PU	0	3	A	Planimetria con ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche TAV. 3 di 4
T	0	0	GE	0	0	GEO	PU	0	4	A	Planimetria con ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche TAV. 4 di 4
GEOLOGIA E GEOTECNICA											
T	0	0	GE	0	0	GET	RE	0	1	A	Relazione Geotecnica Generale
IDROLOGIA E IDRAULICA											
Interferenze idrografiche											
T	0	0	ID	0	0	IDR	RE	0	1	A	Relazione idrologica
T	0	0	ID	0	0	IDR	RE	0	2	A	Relazione idraulica
T	0	0	ID	0	0	IDR	CO	0	1	A	Corografia generale di inquadramento dei bacini idrografici
- Elaborati grafici											
T	0	0	GA	0	1	OST	PL	0	1	A	Galleria Artificiale - Planimetria generale
T	0	0	GA	0	1	OST		0	1	A	Galleria Artificiale - Profilo
T	0	0	GA	0	1	OST	DC	0	1	A	Galleria Artificiale - Sezioni tipo e dettagli
T	0	0	GA	0	1	OST	SZ	0	1	A	Galleria Artificiale - Sezioni trasversali 1 di 2
T	0	0	GA	0	1	OST	SZ	0	2	A	Galleria Artificiale - Sezioni trasversali 2 di 2
T	0	0	GA	0	1	OST	PV	0	1	A	Galleria Artificiale - Pianta scavi
T	0	0	GA	0	1	OST	PE	0	1	A	Galleria Artificiale - Fasi esecutive 1 di 2
T	0	0	GA	0	1	OST	PE	0	2	A	Galleria Artificiale - Fasi esecutive 2 di 2
T	0	0	GA	0	1	OST	DC	0	2	A	Galleria Artificiale - Opere d'imbocco nord
T	0	0	GA	0	1	OST	DC	0	3	A	Galleria Artificiale - Opere d'imbocco sud

2.1 Normative e raccomandazioni

- [1] D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018– Norme tecniche per le costruzioni,
- [2] CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 “Istruzione per l’applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018,
- [3] CNR-DT 203/2006 “Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione ed il controllo di Strutture di calcestruzzo armato con barre di materiale composito fibro-rinforzato”,
- [4] AGI 1984 – Raccomandazioni sui pali di fondazione, dicembre 1984,
- [5] Eurocodice 1 “Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Parte 1: Basi di calcolo”, ottobre 1996.
- [6] Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali”, aprile 1997,

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 9 di 118</p>
--	--

- [7] Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo”, aprile 1997,
- [8] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1-1: Regole generali - azioni sismiche e requisiti generali per le strutture”, ottobre 1997,
- [9] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, febbraio 1998,
- [10] UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade,
- [11] UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione.
- [12] AGI Associazione Geotecnica Italiana, 2005 "Linee Guida sugli aspetti geotecnici della progettazione antisismica" Edizione Provvisoria.
- [13] Criteri di dimensionamento/verifica geotecnica e strutturale di opere di sostegno non tirantate su fondazione diretta – Linee Guida Spea.

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 10 di 118</p>
---	--

2.2 Bibliografia

- [14]Reese L.C. e O'Neill W.O. "Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods" U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration – Publication No. FHWA-HI-88-042
- [15]Caquot A., Kerisel J. [1948] "Tables for the calculation of passive pressure, active pressure and bearing capacity of foundations" Gautiers-Villars, Paris.
- [16]Lancellotta R. (2007), "Lower Bound approach for seismic passive earth resistance", Geotechnique, Technical Note, 57, 1-3.
- [17]Mueller-Breslau (1906), "Erddruck anf Stuetzmannern" Kroener.
- [18]Mononobe N. (1929) "Earthquake-proof construction of masonry dams", Proc. of World Engineering Conference, vol.9, p.275.
- [19]NAVFAC (1982), "Foundations and earth Structures. Design manual 7.2". Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command.
- [20]Seed, H.B. and Whitman, R.V. (1970). Design of earth retaining structures for dynamic loads. Proceedings, ASCE Specialty Conference on Lateral Stresses in the Ground and Design of Earth Retaining Structures. 103-147.
- [21]Taylor, D.W. (1948). Fundamental of soil mechanics. John Wiley, New York

2.3 Software di calcolo

- [22]Paratie Plus- v.20 - Harpaceas
- [23]RC-SEC - v.2020.11.0.1004 – GeoStru

3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

3.1 Geometria di calcolo

Sono presenti 6 diverse sezioni nella galleria artificiale (Figura 3 e Figura 7):

- Sezione A in Figura 8,
- Sezione A1 in Figura 9,
- Sezione B in Figura 11,
- Sezione C in Figura 12,
- Sezione B1 in Figura 10,
- Sezione D in Figura 13.

Si è scelto di effettuare 4 calcoli, al fine di dimensionare le situazioni più critiche e dimensionare allo stesso modo le sezioni simili a ciascun calcolo, come rappresentato in Tabella 1.

Con 'massima', 'centrale', 'minima', si intendono le altezze del ricoprimento in corrispondenza dei due spigoli esterni e dell'asse galleria. Con 'carico max' e 'carico min' si intendono i rispettivi valori di carico da ricoprimento assunti agli estremi.

Sezione	Calcolo	pk (m)	Altezza interna (m)	Altezza tot (m)	Larghezza interna (m)	Larghezza tot (m)	Massima (m)	Centrale (m)	Minima (m)	Carico max (kN/m)	Carico min (kN/m)
A	CALCOLO 1	440	7.8	10.5	18.3	21.9	5	5	5	100	100
A1	CALCOLO 2	500	12.5	15.2	18.3	21.9	7.5	3	2.7	150	55
C	CALCOLO 3	600	6.9	9.6	12.5	16.1	5	5	5	100	100
B-B1-D	CALCOLO 4	760	7.7	10.4	17.1	20.7	5	5	5	100	100

Tabella 1- Sezioni di calcolo

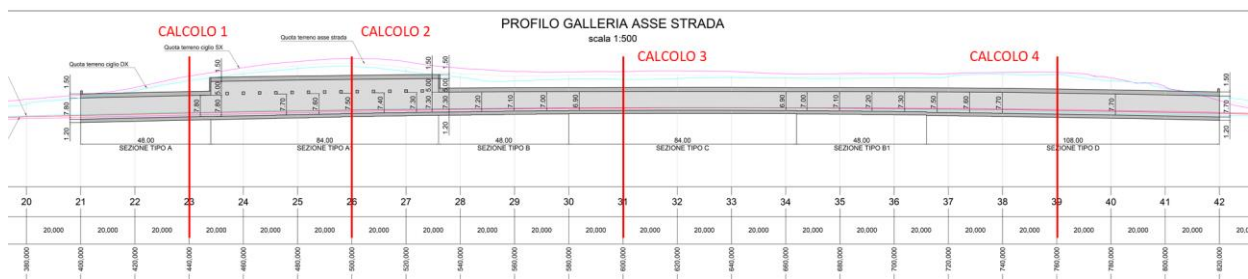


Figura 3: Sezioni di calcolo

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 12 di 118
---	---

PUNTONE METALLICO

I calcoli 1,3 e 4 sono caratterizzati dalla presenza di un puntone tubolare in acciaio utilizzato solo in fase di costruzione a sostegno delle paratie, le cui caratteristiche sono indicate in Figura 4.

Acciaio	
Materiale	S355
Profilo	CHS406.4*12
Passo	6 m
Diametro	0.4064 m
Spessore	0.012 m

Figura 4: Puntone in acciaio utilizzato nel calcolo 1,3 e 4

PUNTONE IN C.A.


Il calcolo 2 è caratterizzato dalla presenza di un puntone in c.a a passo 6 m utilizzato sia in fase di costruzione che definitiva, in quanto l'altezza di scavo lo riteneva necessario. Le cui caratteristiche sono indicate in Figura 6.

Proprietà Puntone	
Nome	Strut
D.S.	Base Design Section
Dati	
Dati dipendenti dallo stage	
Posizione Z	-3.15 m
Avanzate	
<input type="checkbox"/> Elemento Slave	
Travi di ripartizione	
<input checked="" type="checkbox"/> Connetti a trave sinistra	<input checked="" type="checkbox"/> Connetti a trave destra
Aqqiungi trave sinistra	Aqqiungi trave destra
Dati Puntone	
Sezione	Puntone ca modifica...
Lunghezza	20.4 m
Passo orizz.	6 m
Precarico	0 kN
<input type="button" value="Applica"/> <input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Annulla"/>	

Figura 5: Puntone in c.a. utilizzato nel calcolo 2 – applicazione (passo)

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 13 di 118</p>
---	---

Calcestruzzo



Materiale		C30/37
Spessore	Ct	<input type="text" value="1"/> m
Diametro	Cd	<input type="text" value="0.6"/> m
Passo	Cs	<input type="text" value="1"/> m
Efficacia del calcestruzzo per il calcolo della rigidezza [0-1]		ac <input type="text" value="1"/>

Figura 6: Puntone in c.a. utilizzato nel calcolo 2 – sezione

Tali puntone poggiano su delle travi di ripartizione, che sono elementi continui in c.a di altezza pari a 1 m e larghezza pari a 1.4 m.

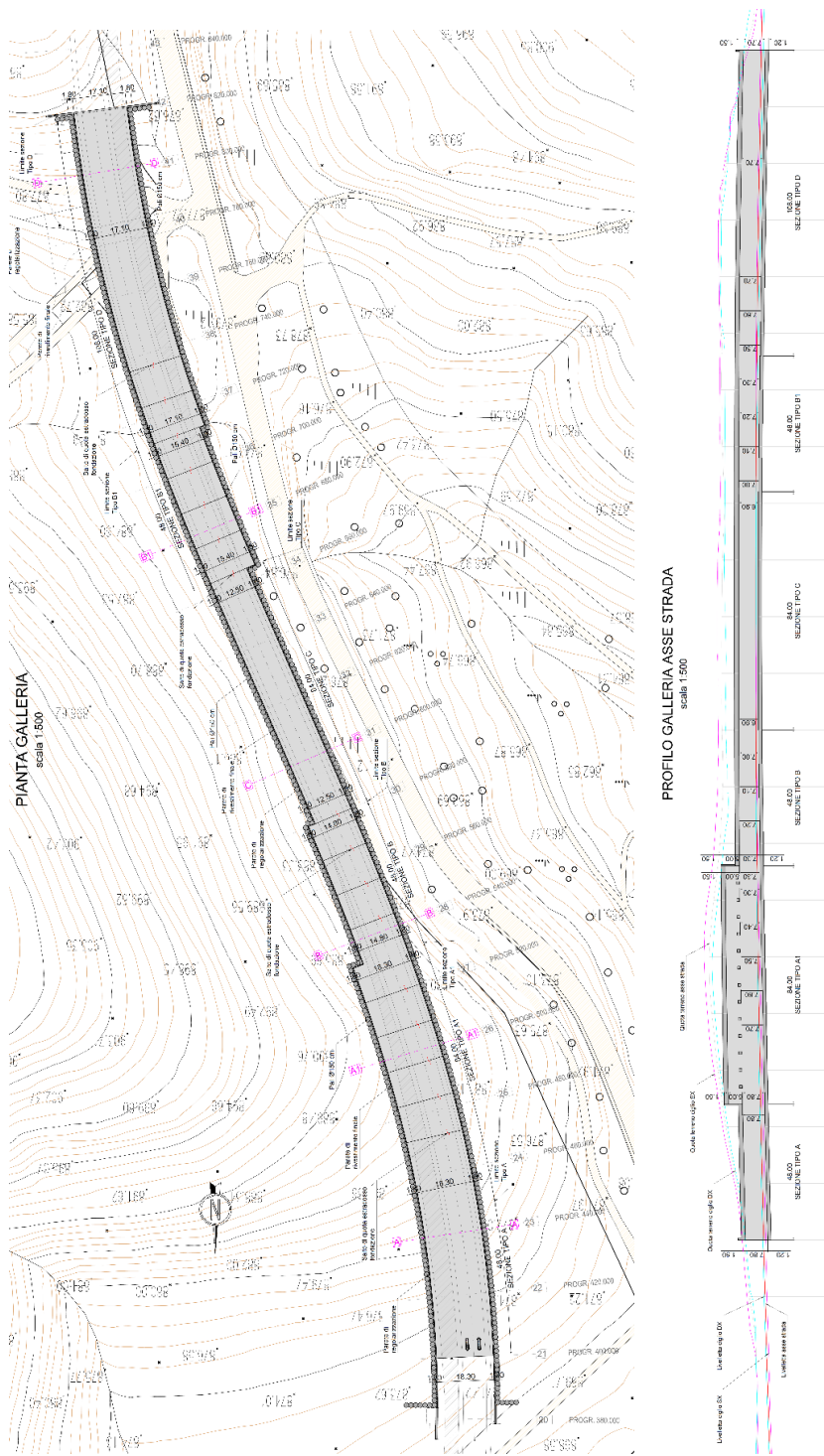


Figura 7: Pianta e profilo longitudinale della GA01

SEZIONE TIPO A

scala 1:100

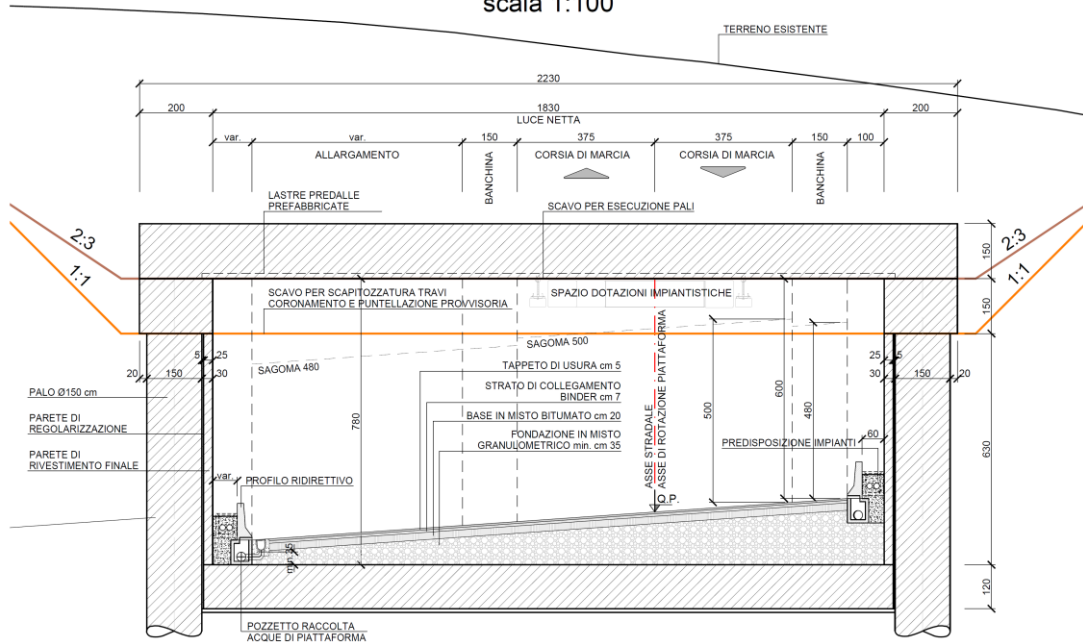


Figura 8: Sezione tipo A

scala 1:100

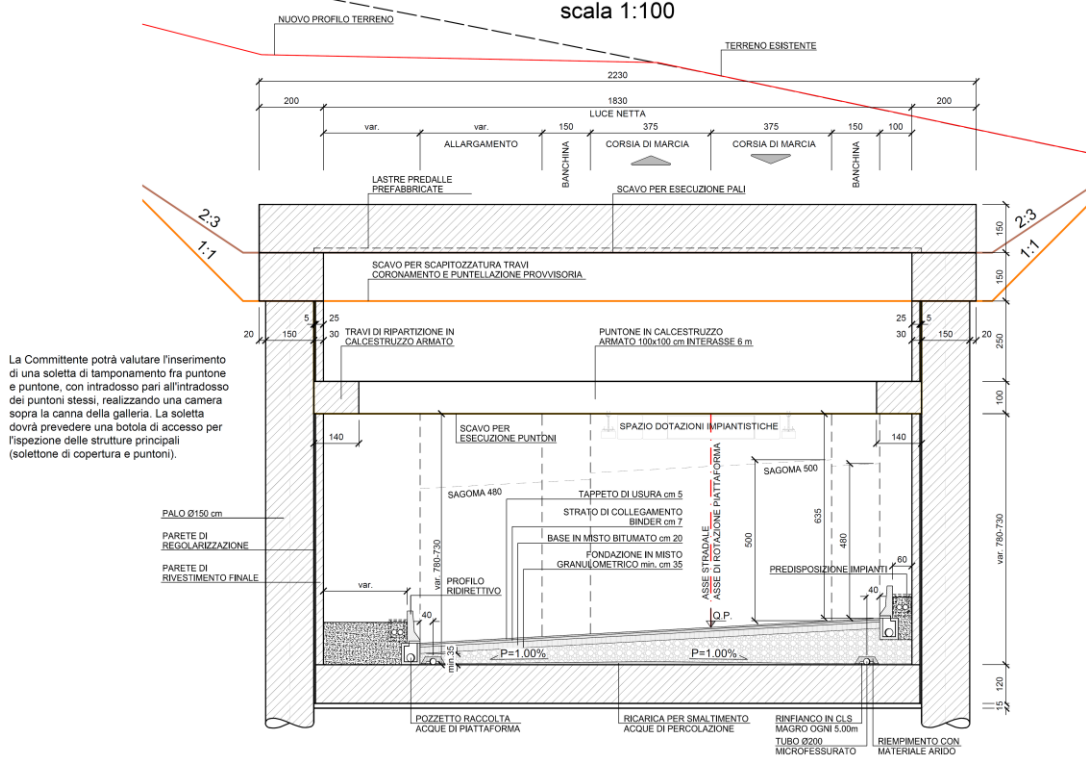


Figura 9: Sezione tipo A1

SEZIONE TIPO B1
 scala 1:100

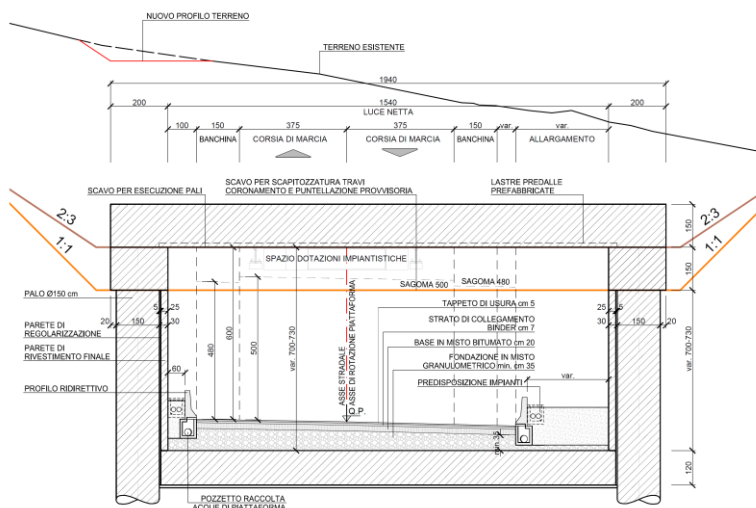


Figura 10: Sezione tipo B1

SEZIONE TIPO B
 scala 1:100

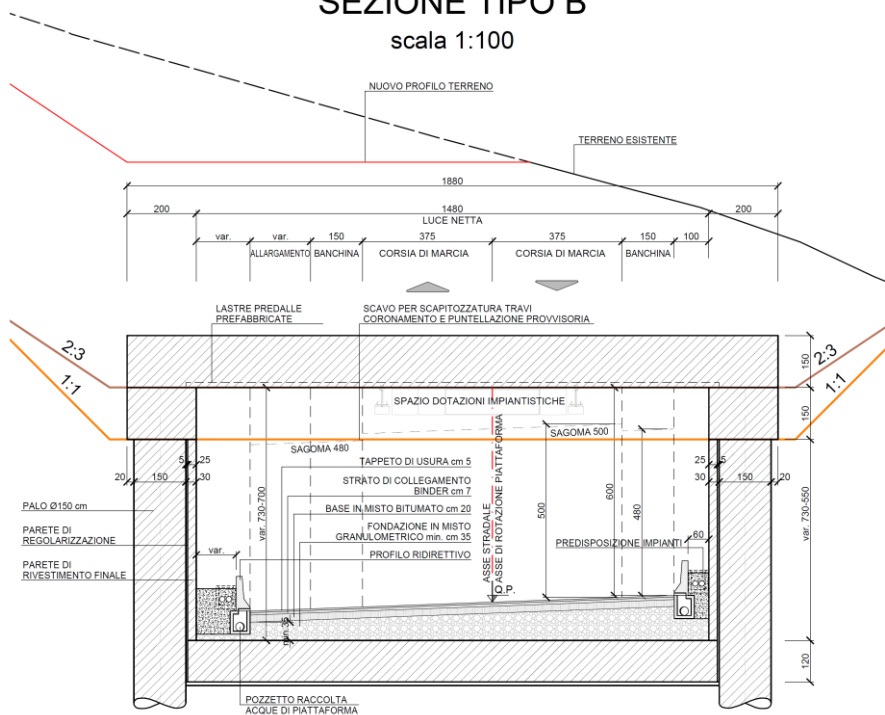


Figura 11: Sezione tipo B

SEZIONE TIPO C

scala 1:100

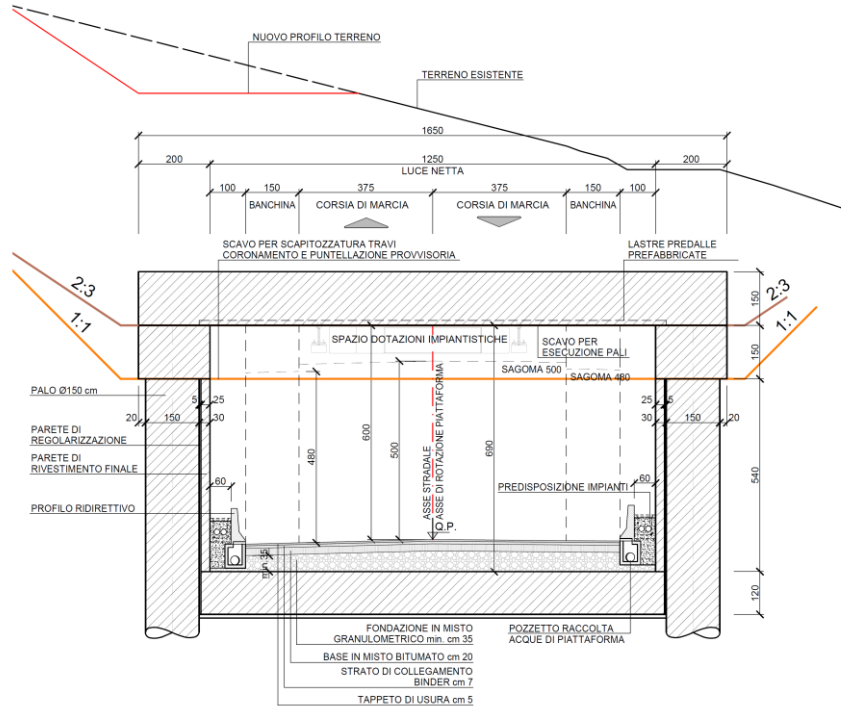


Figura 12: Sezione tipo C

SEZIONE TIPO D

scala 1:100

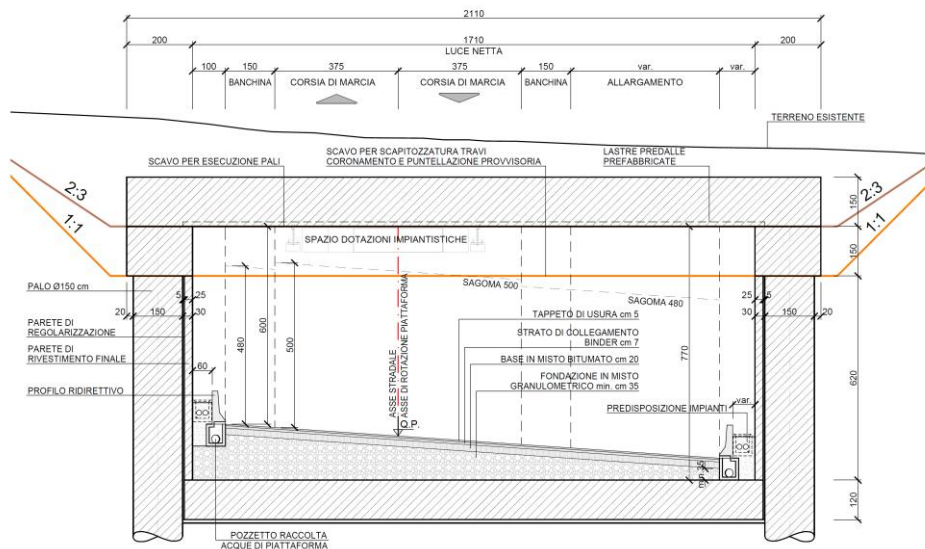


Figura 13: Sezione tipo D

3.2 Sezioni di calcolo

Ciascun calcolo è stato analizzato dimensionando le sezioni degli elementi strutturali riportate in Figura 14.

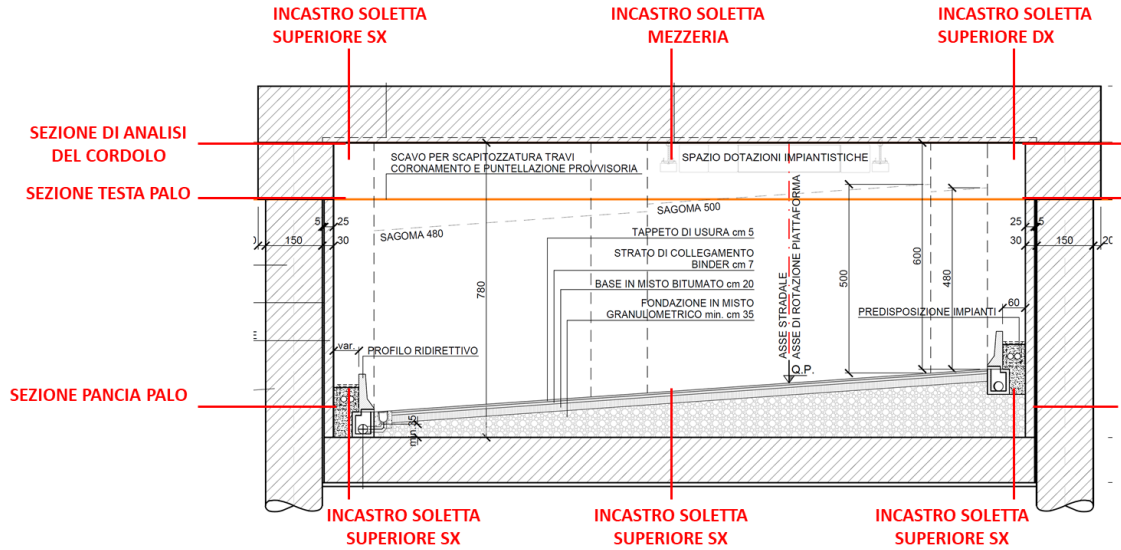
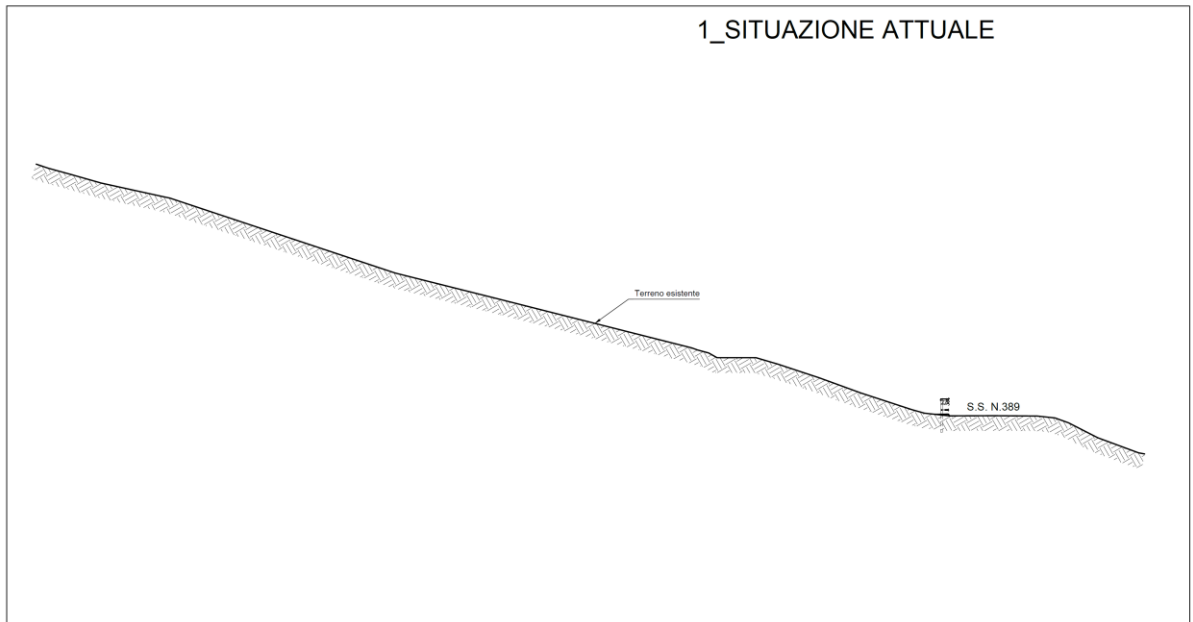


Figura 14: Sezioni di calcolo

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 19 di 118</p>
--	--

3.3 Fasi di calcolo: tipologia 1-3-4

FASE 1 scala 1:200



FASE 2 scala 1:200

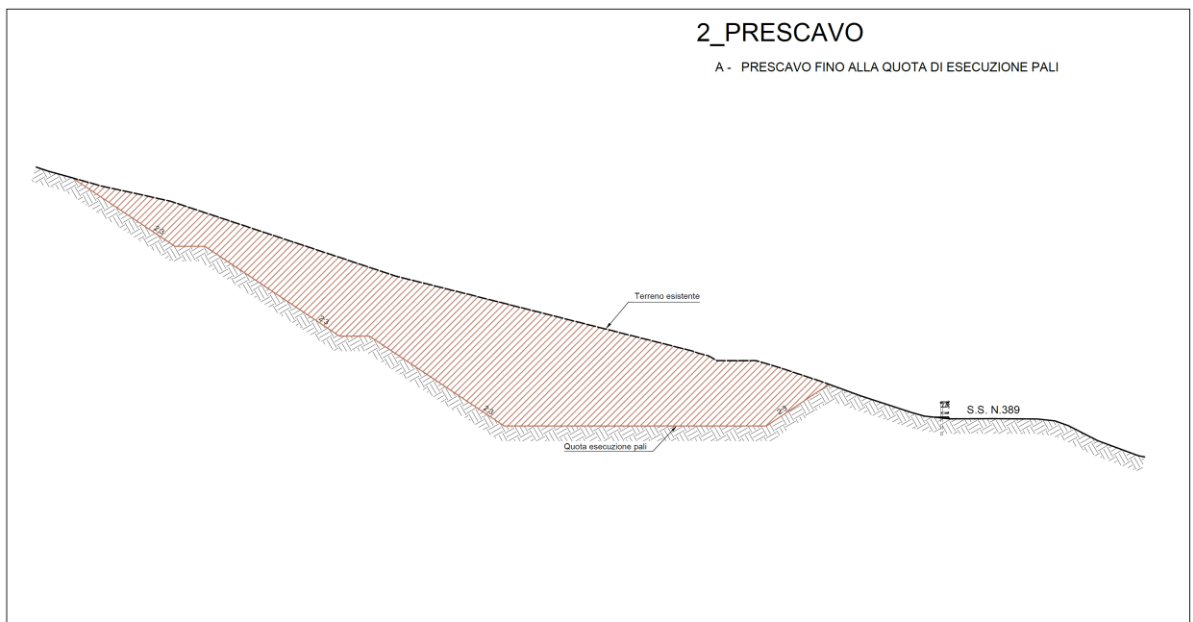
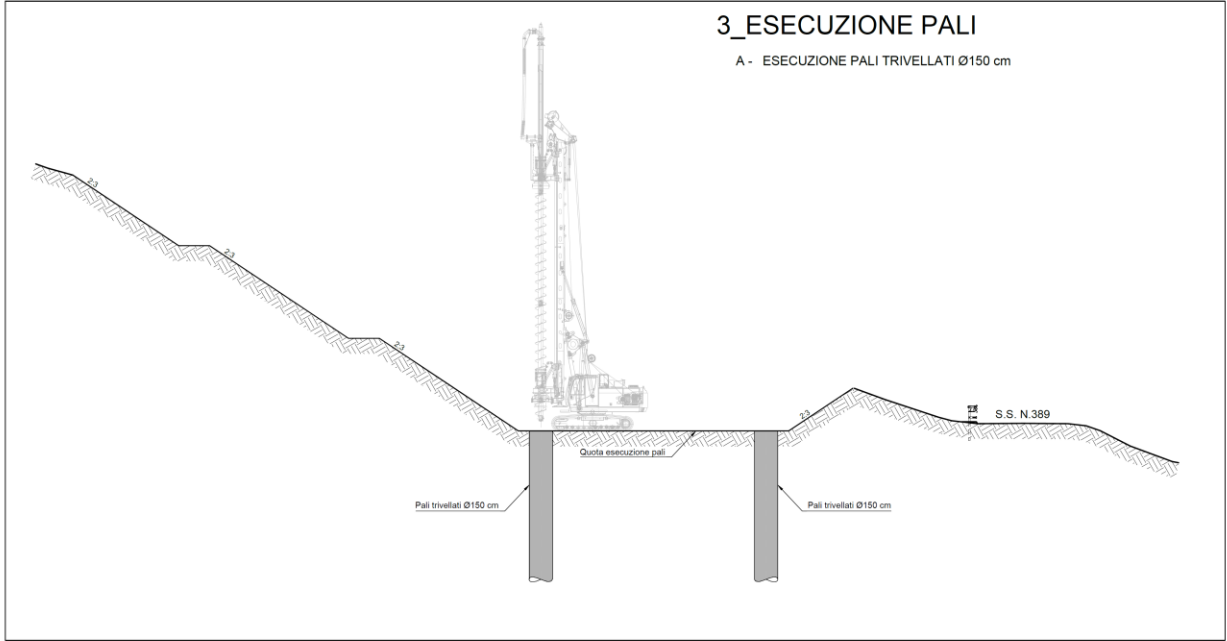


Figura 15: Fase 1 (situazione attuale) e 2 (prescavo)

FASE 3 scala 1:200



FASE 4 scala 1:200

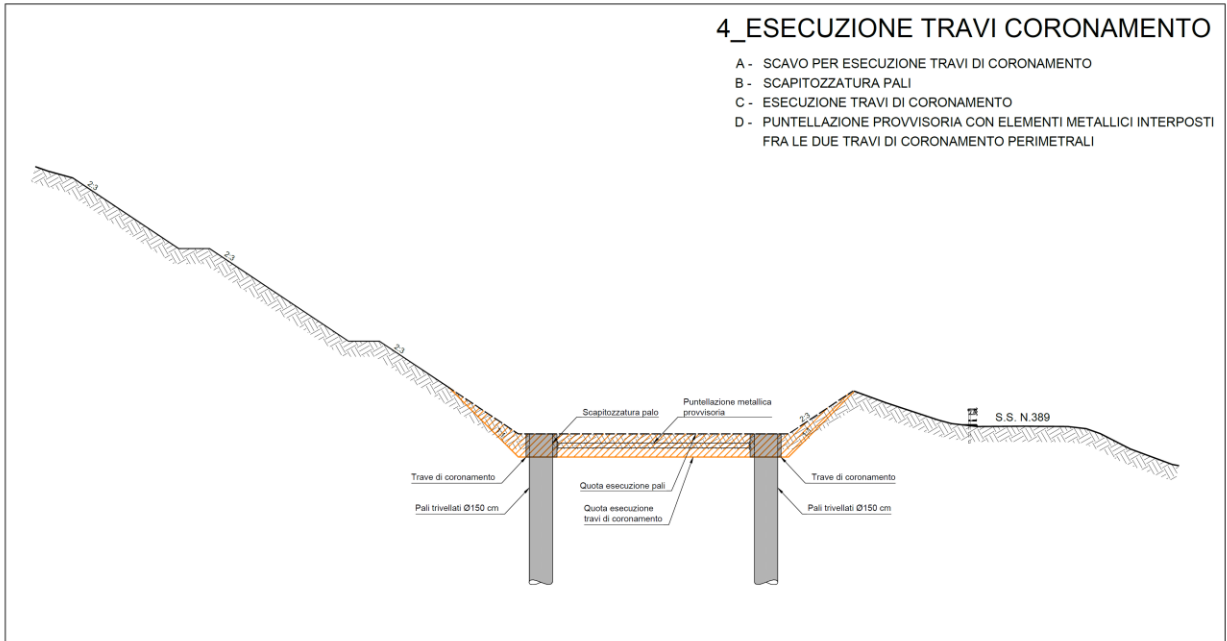
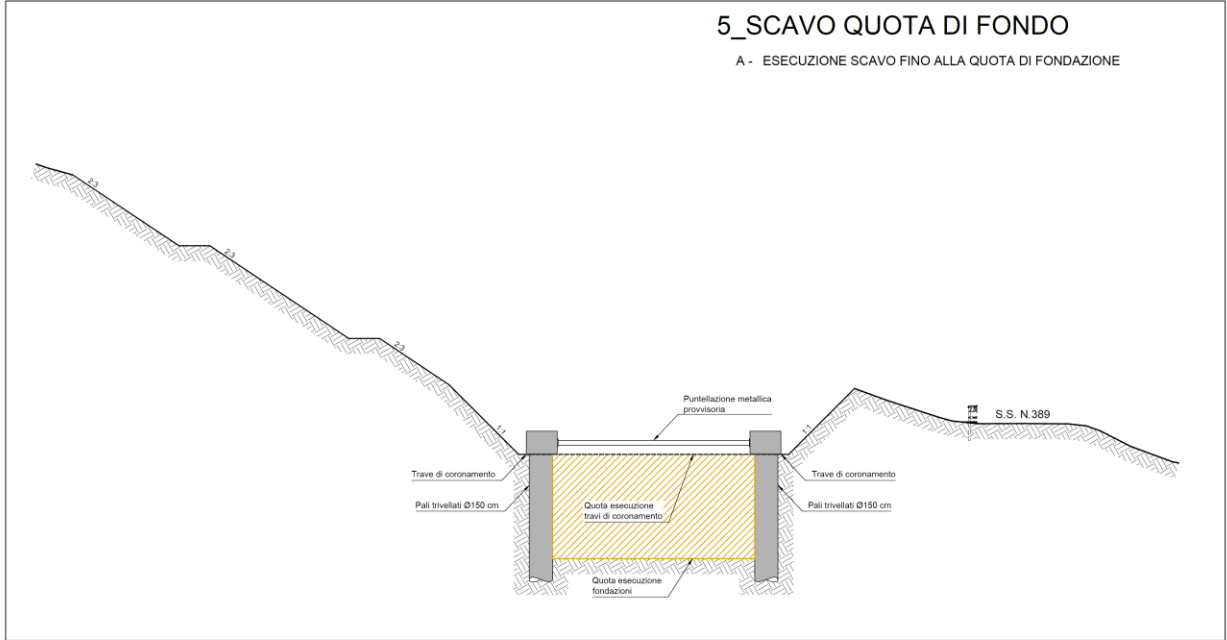


Figura 16: Fase 3-4

FASE 5 scala 1:200



FASE 6 scala 1:200

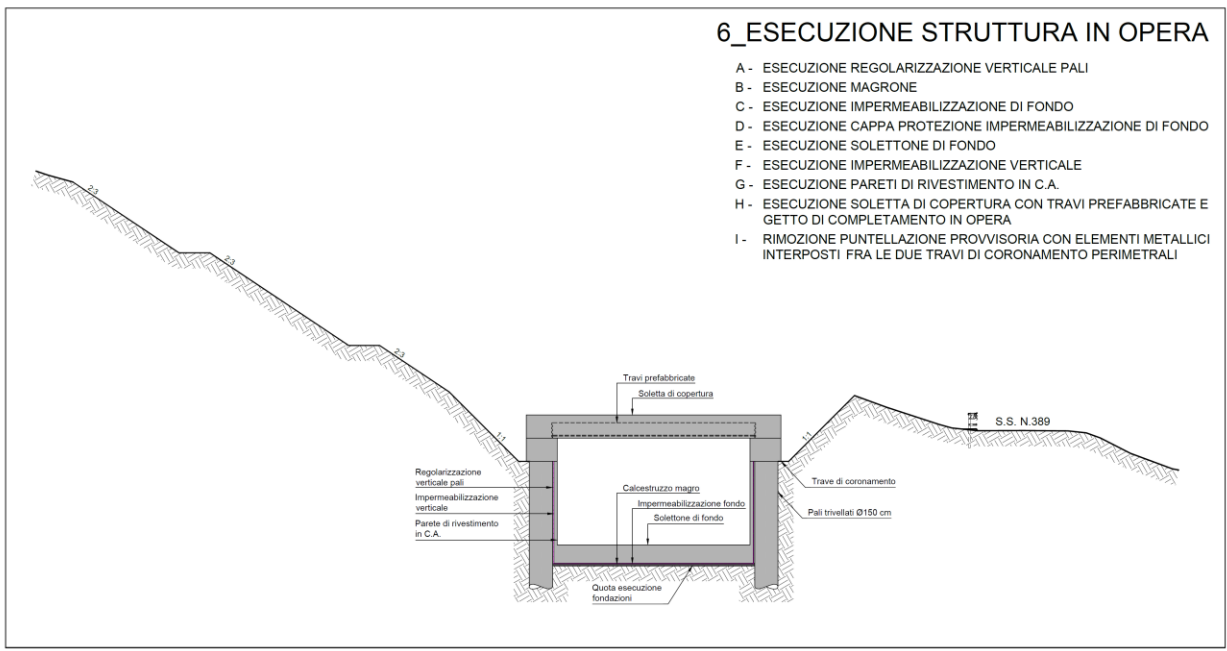
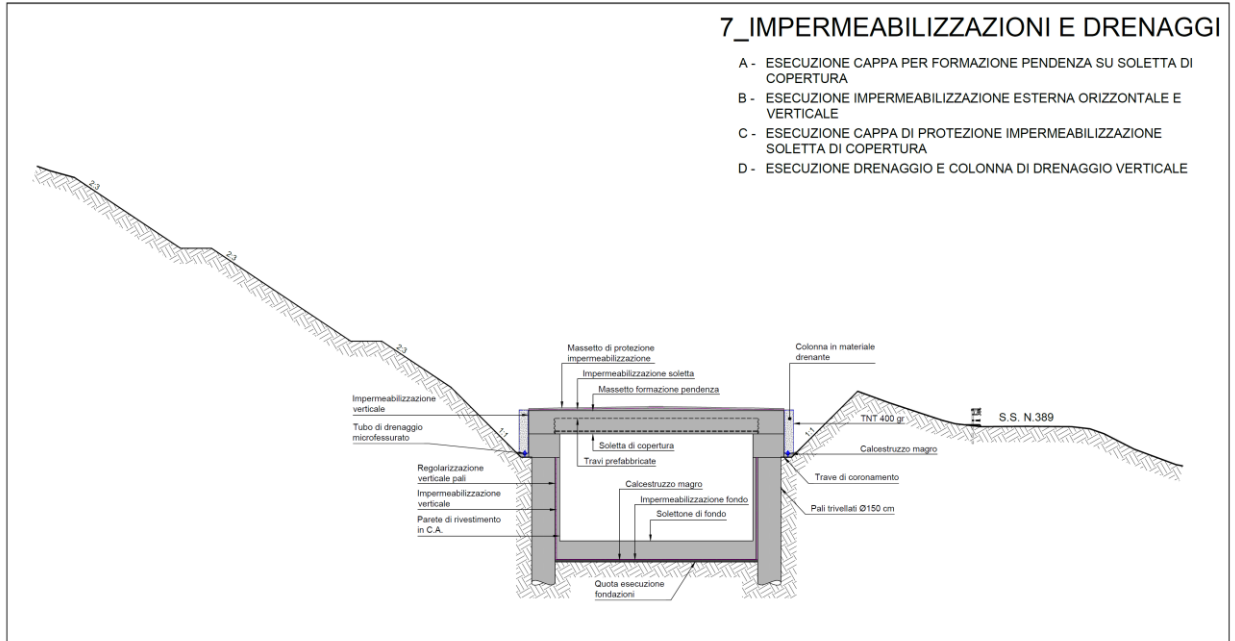


Figura 17: Fase 5-6

FASE 7 scala 1:200



FASE 8 scala 1:200

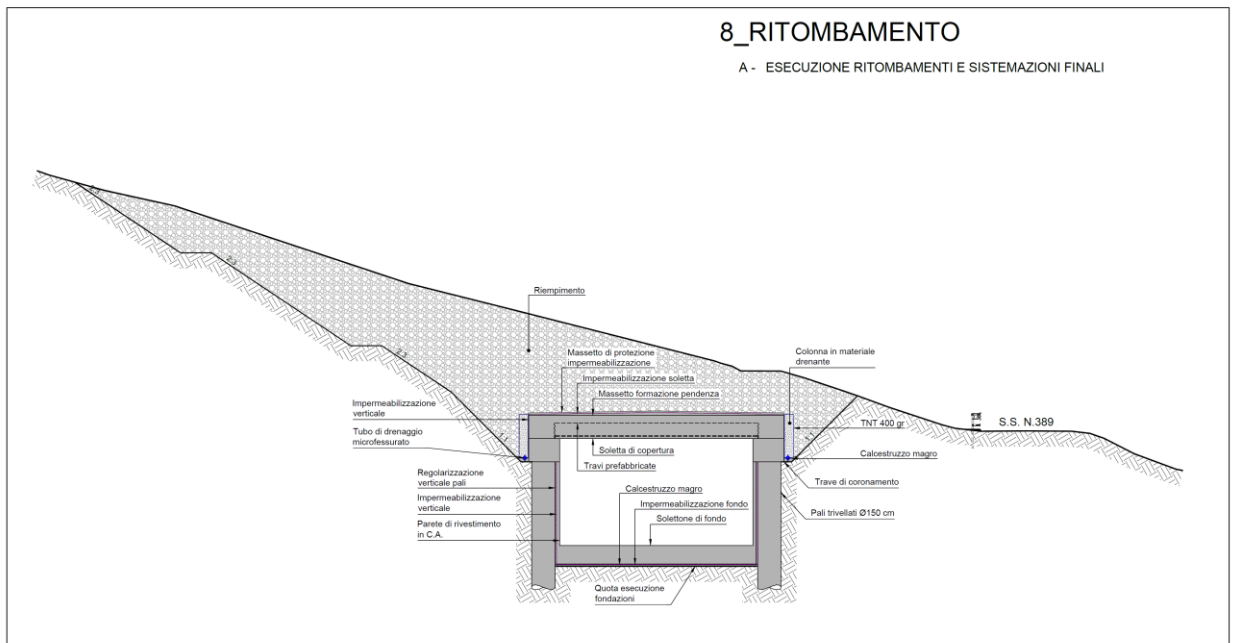
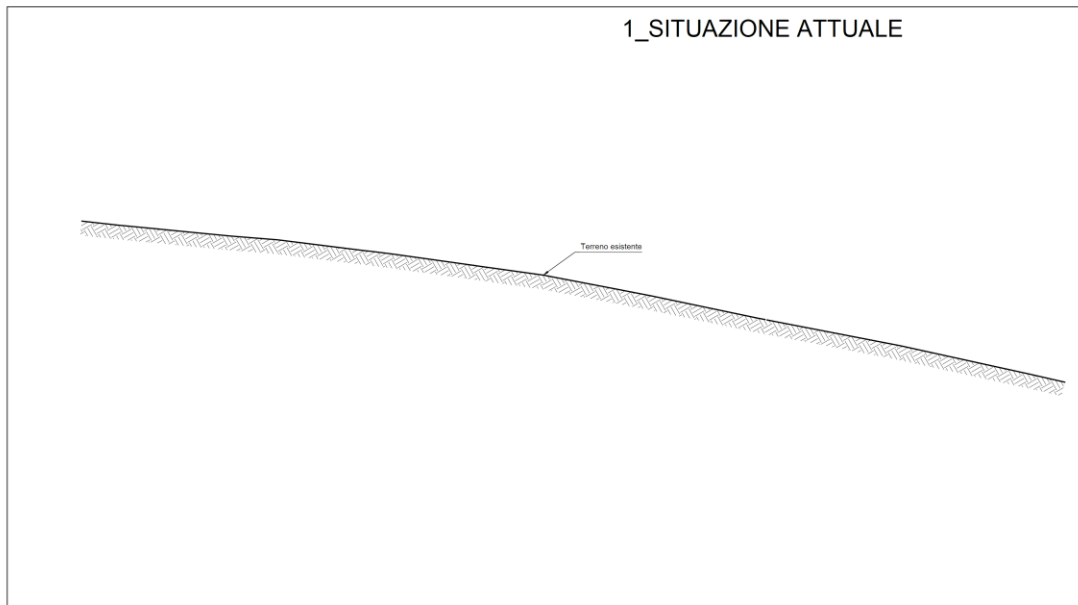


Figura 18: Fase 7-8

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00</p> <p>DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 23 di 118</p>
---	---

3.4 Fasi di calcolo: tipologia 2

FASE 1 scala 1:200



FASE 2 scala 1:200

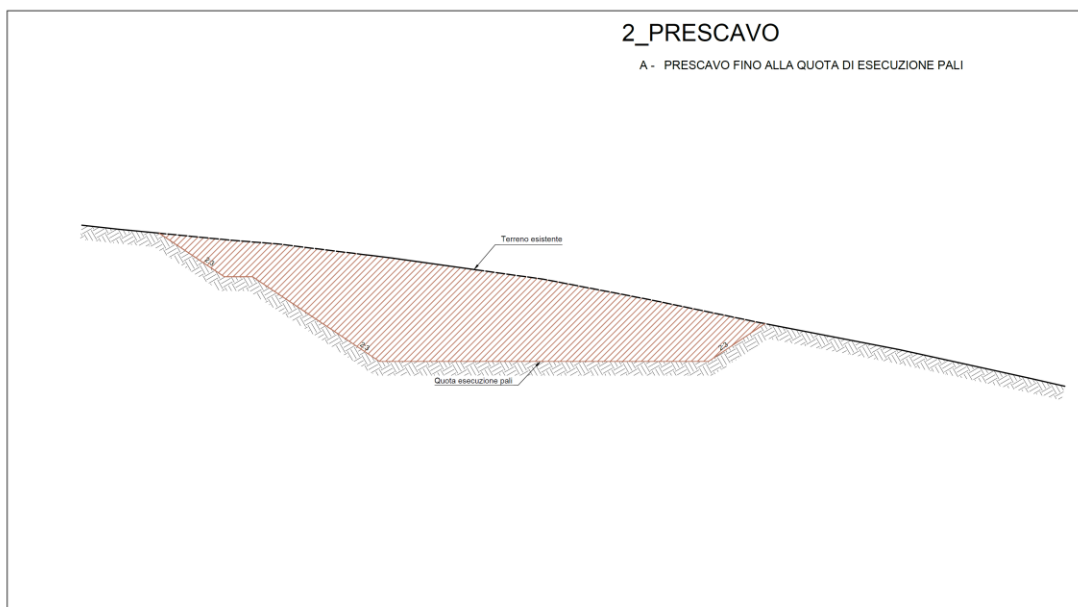
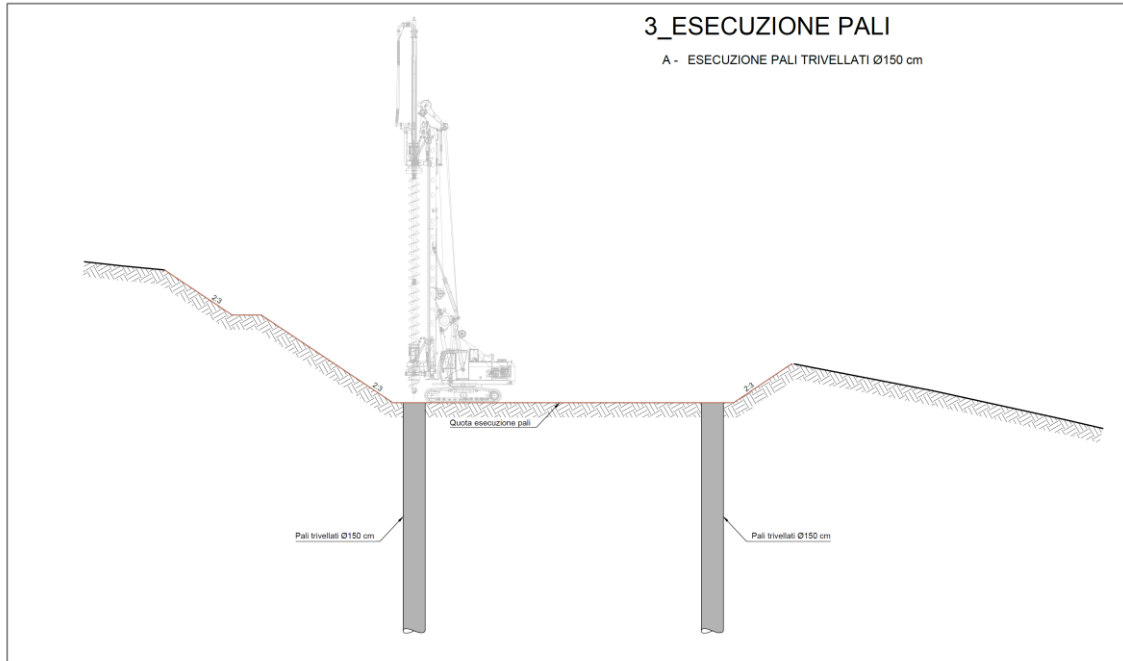


Figura 19: Fase 1 (situazione attuale) e 2 (prescavo)

FASE 3 scala 1:200



FASE 4 scala 1:200

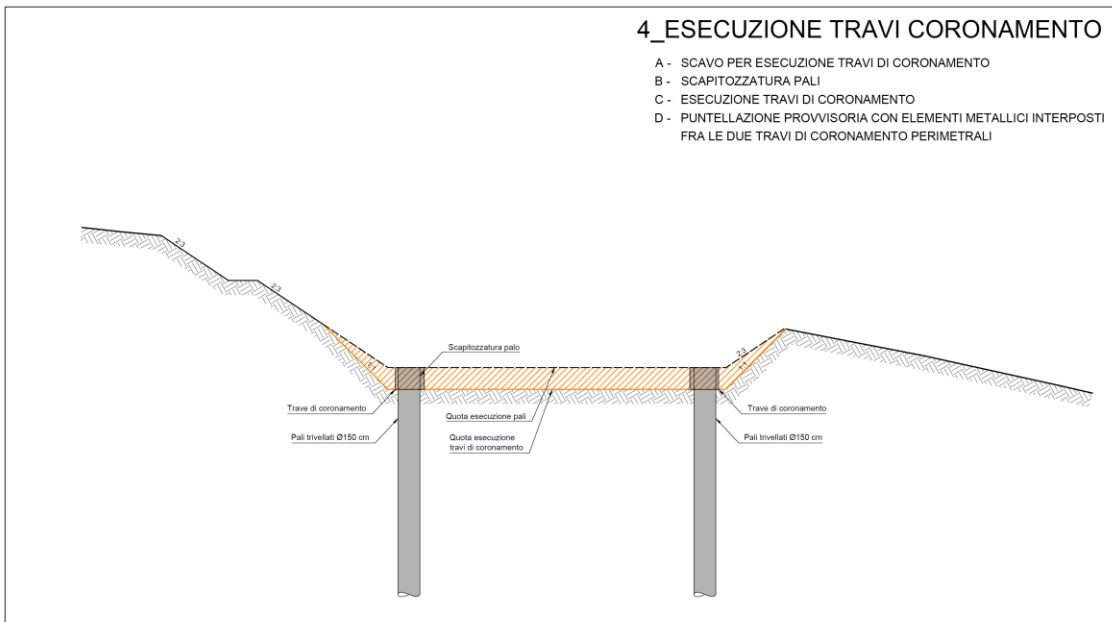
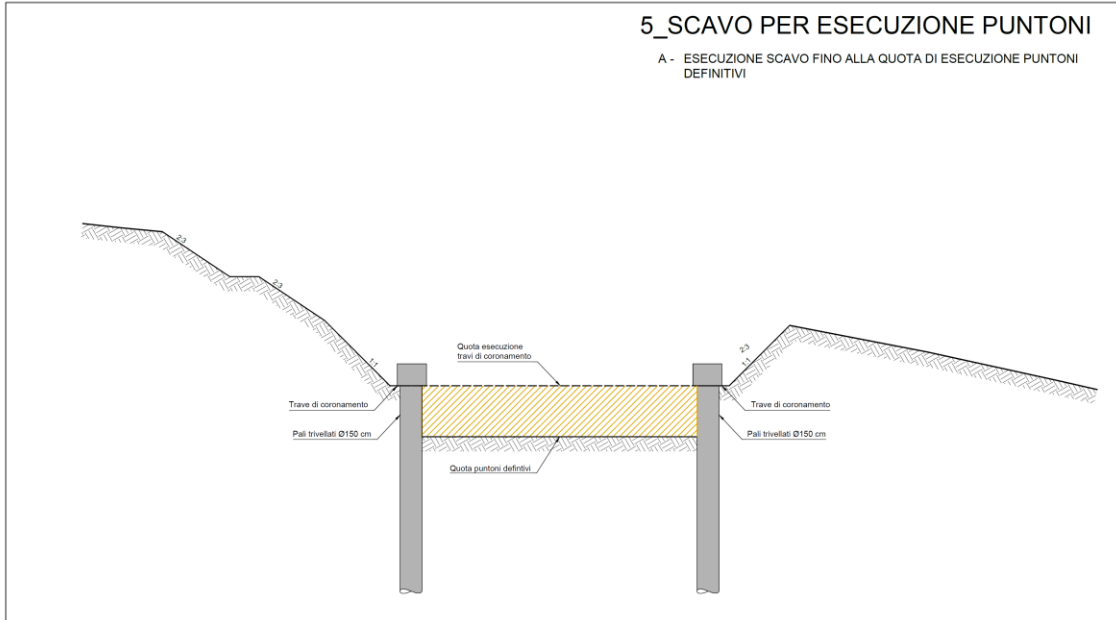


Figura 20: Fase 3 (esecuzione pali) e 4 (esecuzione travi di coronamento)

FASE 5 scala 1:200



FASE 6 scala 1:200

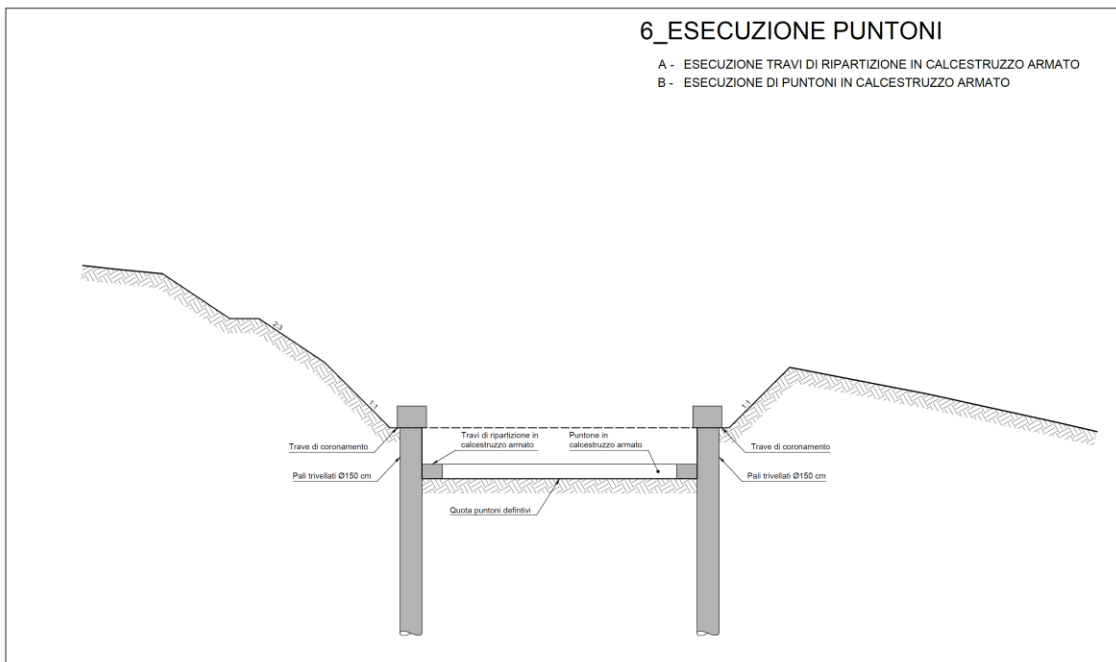
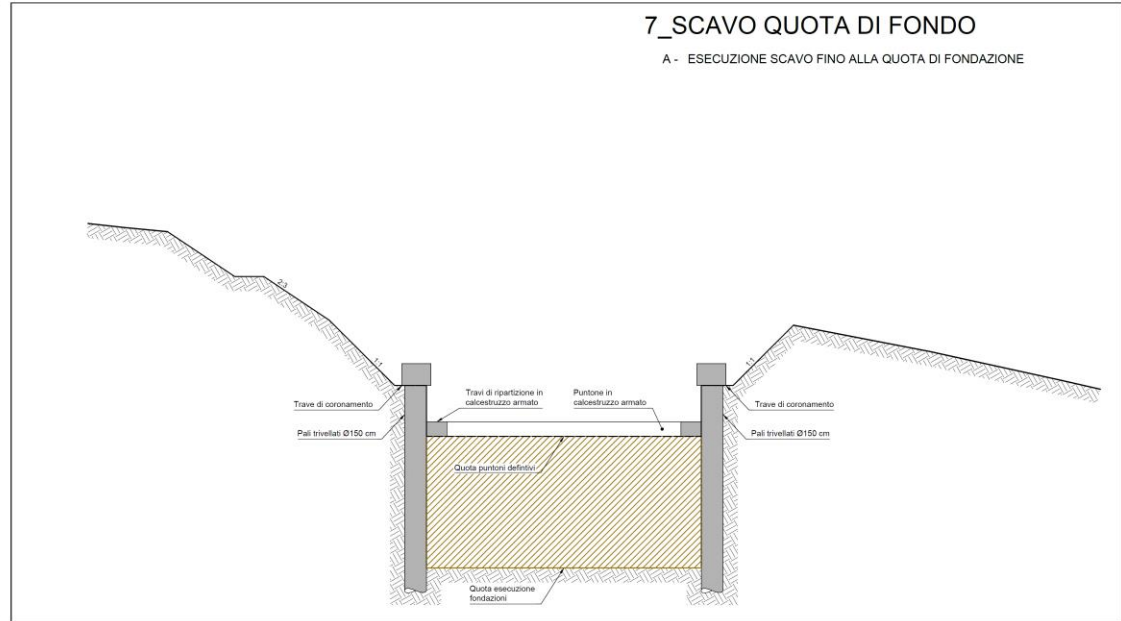


Figura 21: Fase 5 (scavo per esecuzione puntoni) e 6 (esecuzione puntoni)

FASE 7 scala 1:200



FASE 8 scala 1:200

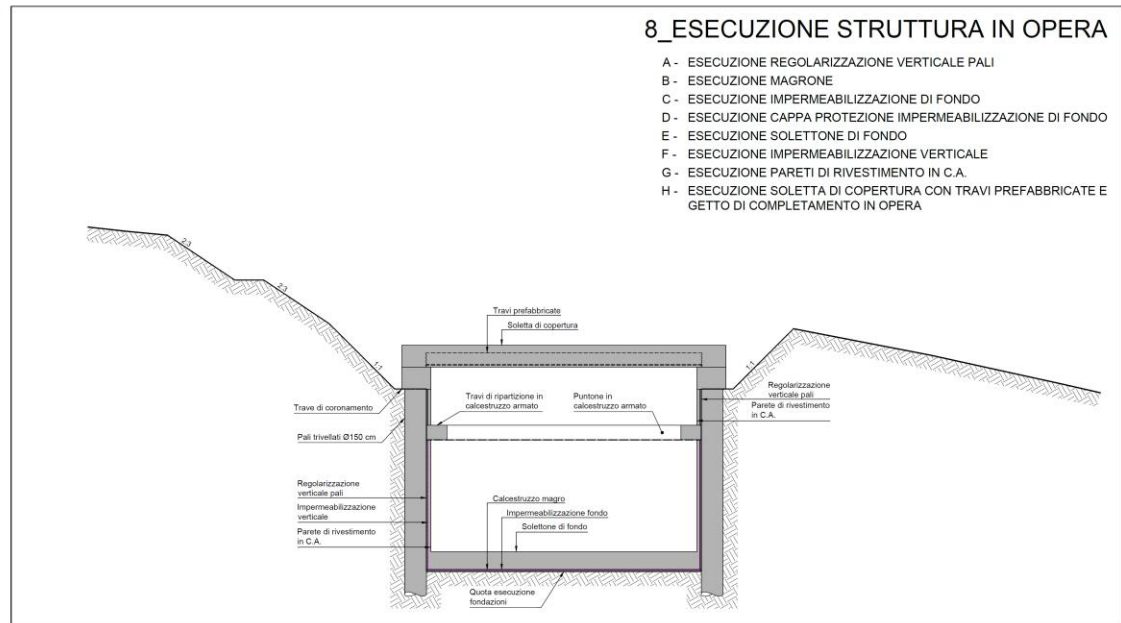
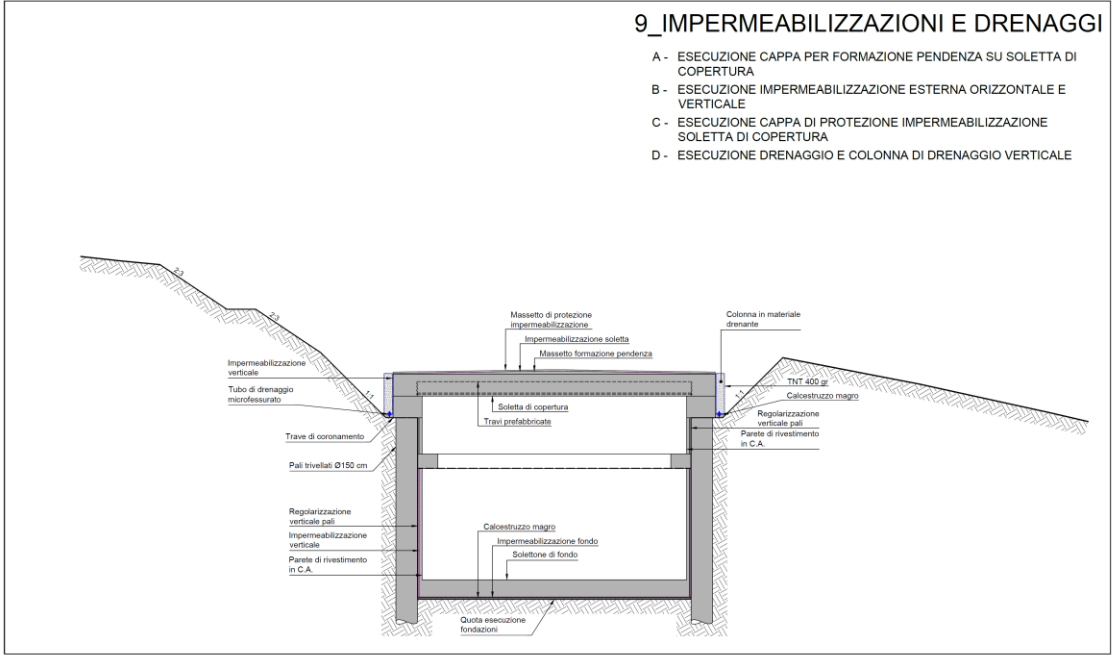


Figura 22: Fase 7 (impermeabilizzazioni e drenaggi) e 8 (ritombamento)

FASE 9 scala 1:200



FASE 10 scala 1:200

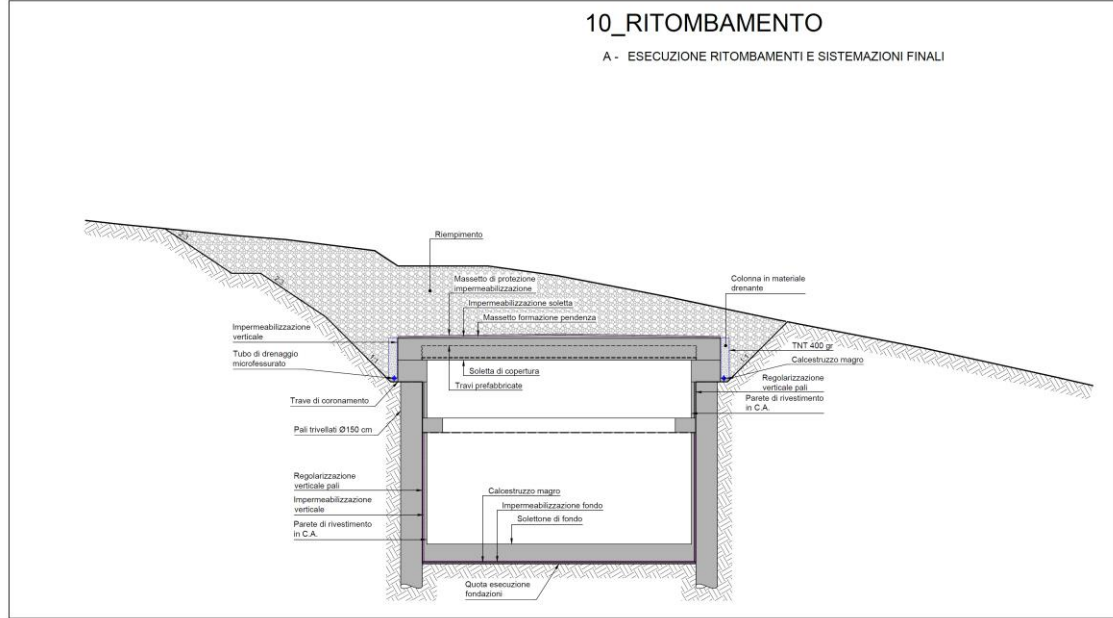


Figura 23: Fase 9 (impermeabilizzazioni e drenaggi) e 10 (ritombamento)

3.5 Fasi del calcolo 1 sul software

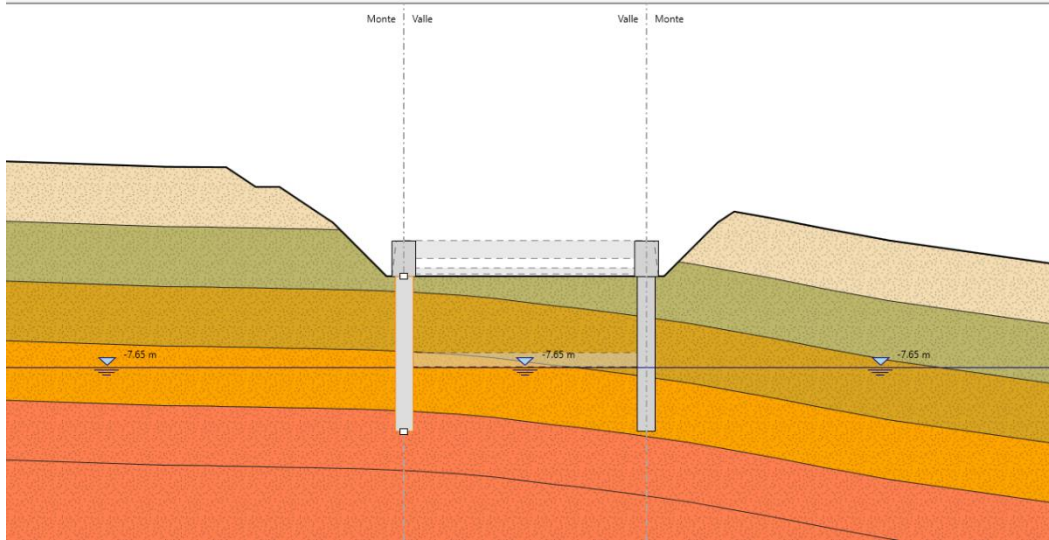


Figura 24: Fase 1-getto pali e cordoli

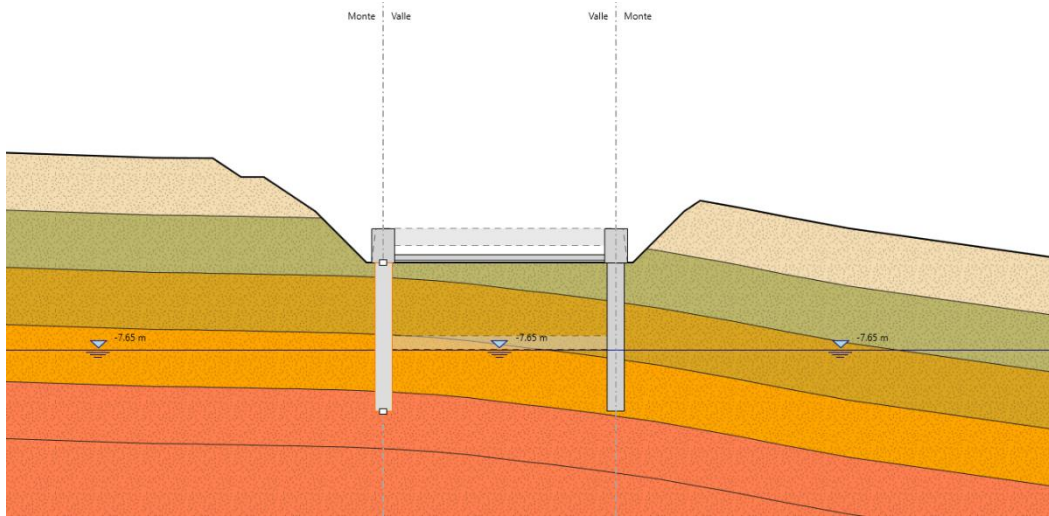


Figura 25: Fase 2-Posa del puntone metallico

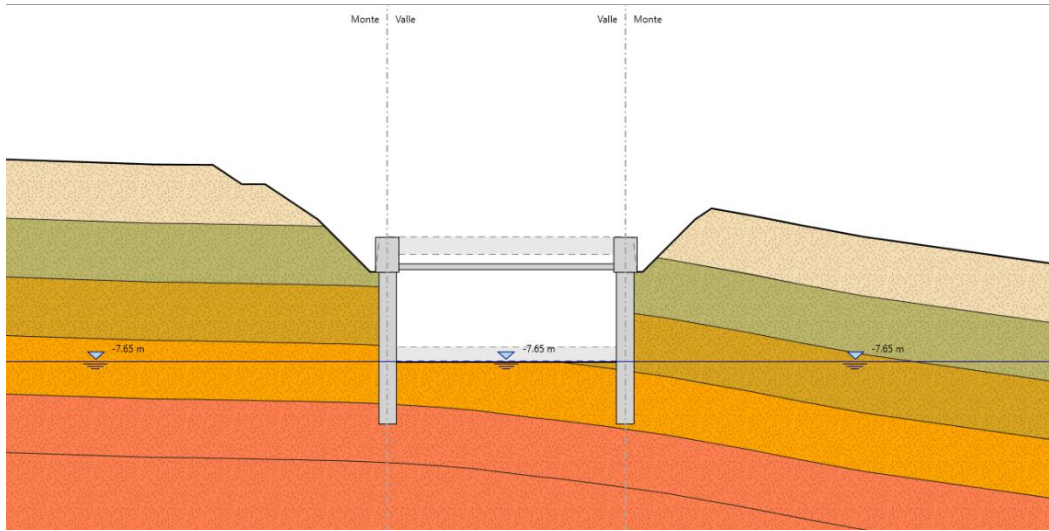


Figura 26: Fase 3-scavo fino alla quota di posa del solettone di fondazione (non modello il magrone)

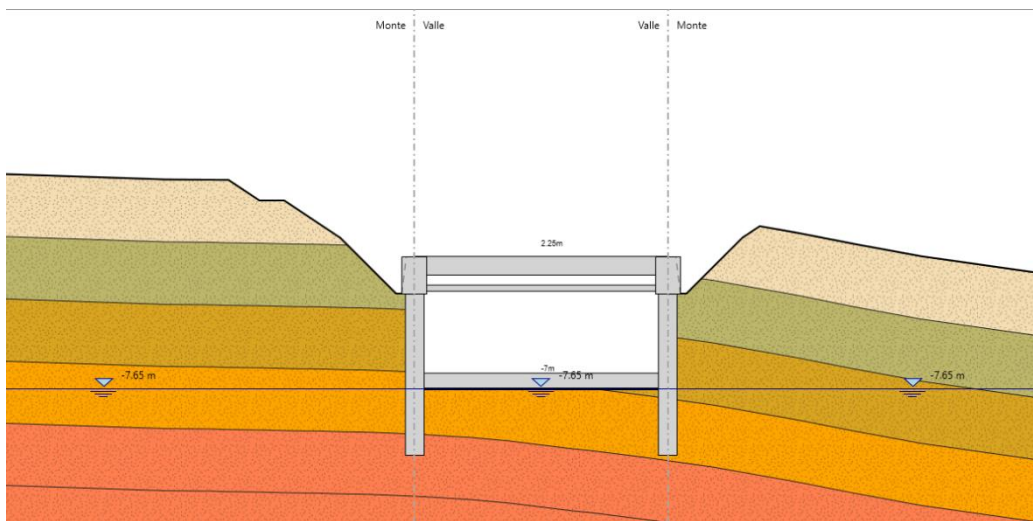


Figura 27: Fase 4-getto della soletta superiore e di quella di fondazione

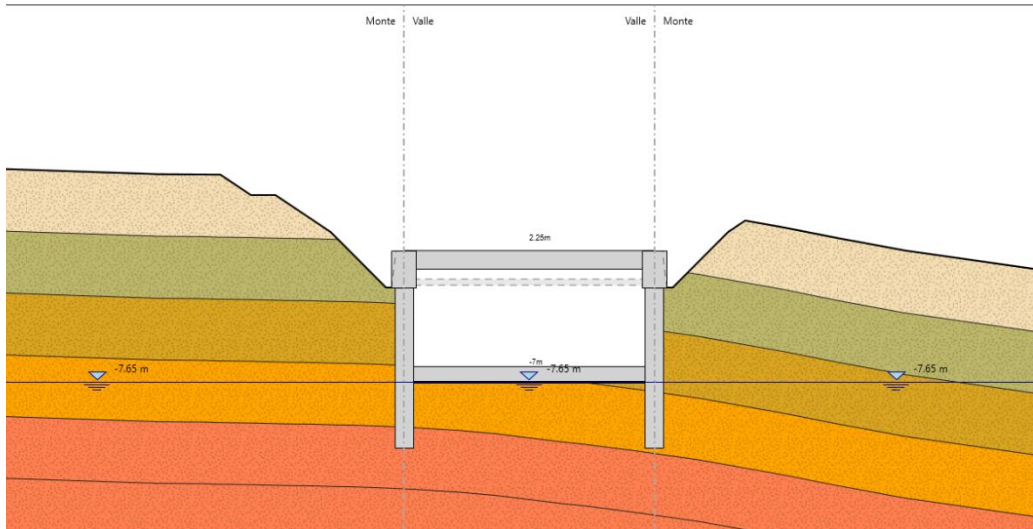


Figura 28: Fase 5-rimozione del puntone metallico

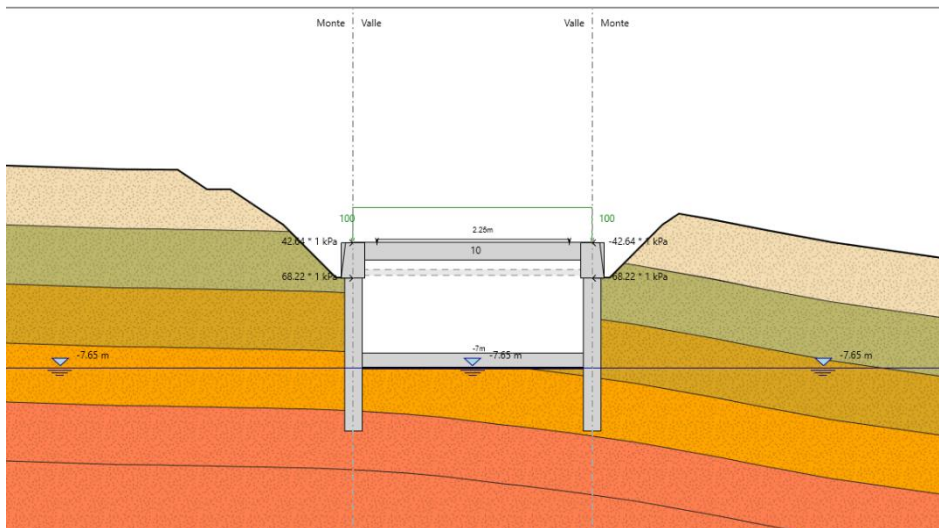


Figura 29: Fase 6-Applicazione del carico per il ritombamento

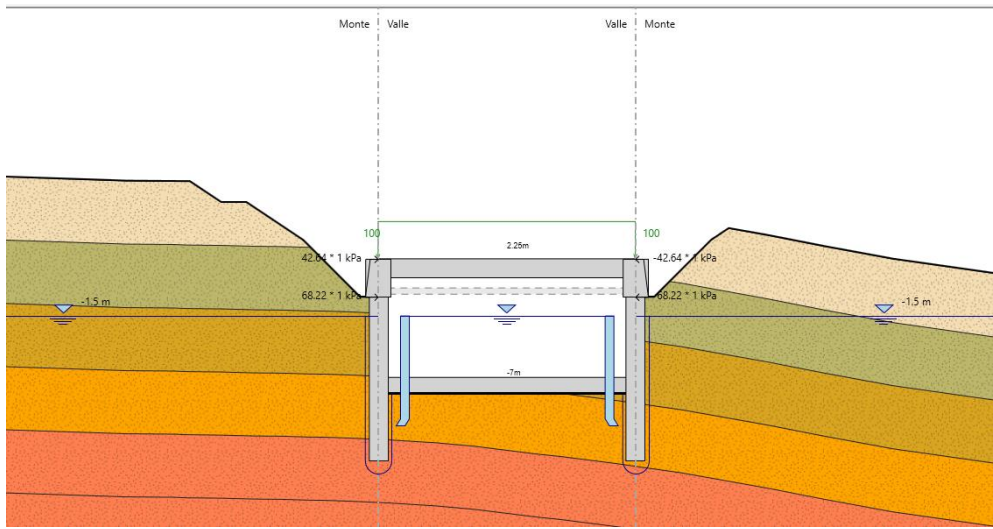


Figura 30: Fase 7-innalzamento della falda a 6 m dal fondo scavo

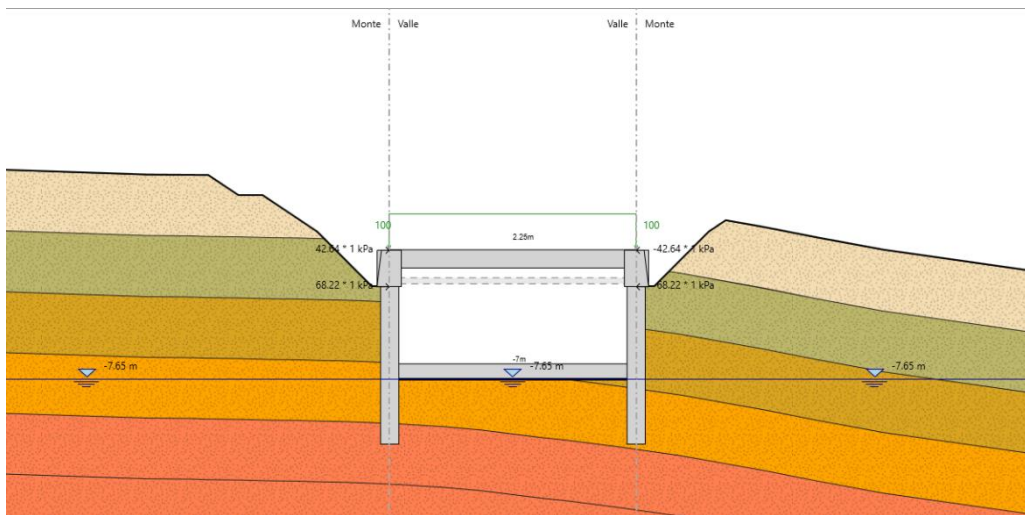


Figura 31: Fase 8-abbassamento della falda a fondo scavo

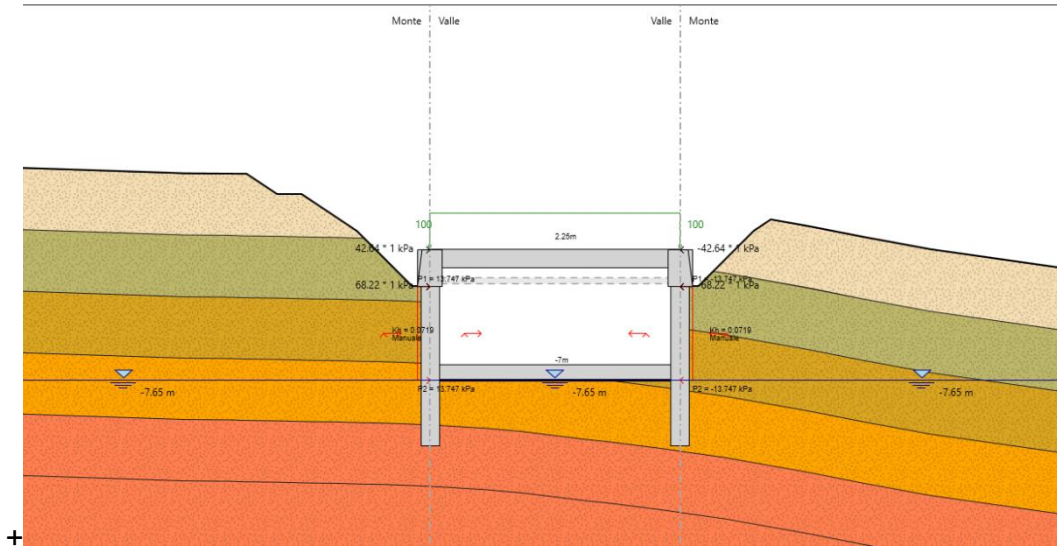


Figura 32: Fase 9-applicazione del carico sismico

3.6 Fasi del calcolo 2 sul software

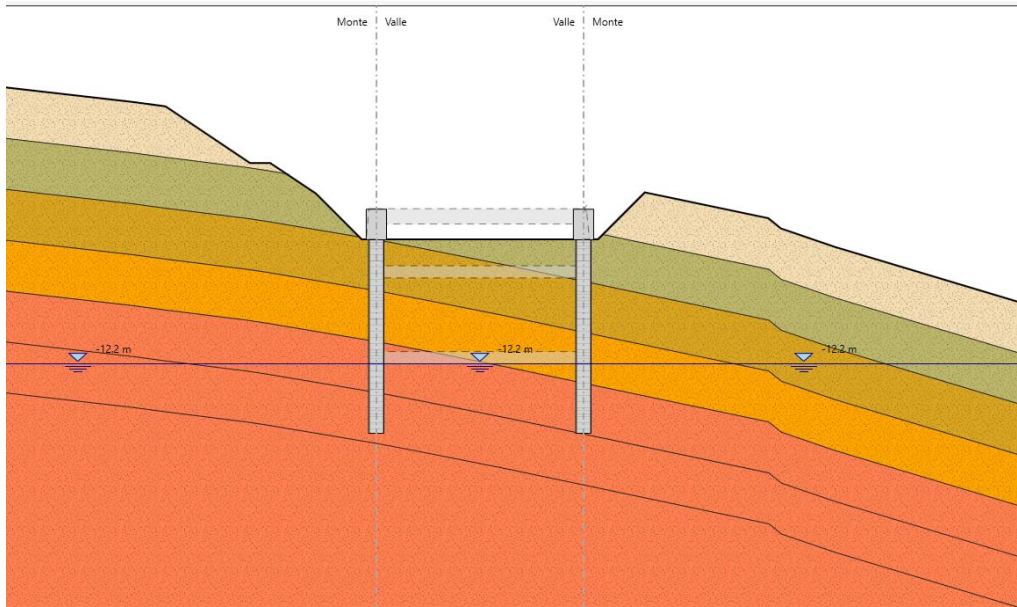


Figura 33: Fase 1-getto pali e cordoli

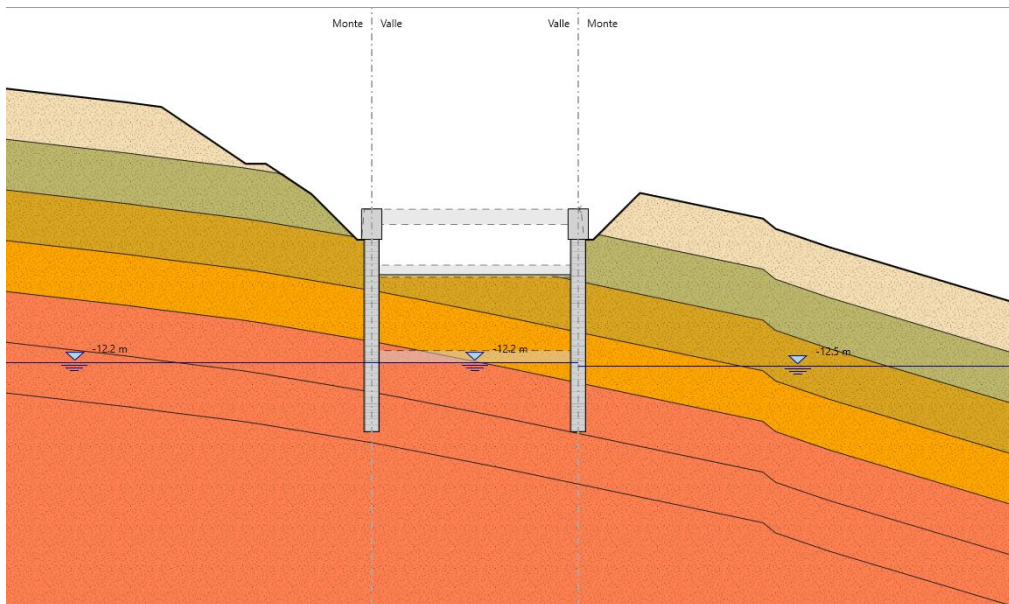


Figura 34: Fase 2-scavo fino al piano di posa del puntone in c.a.

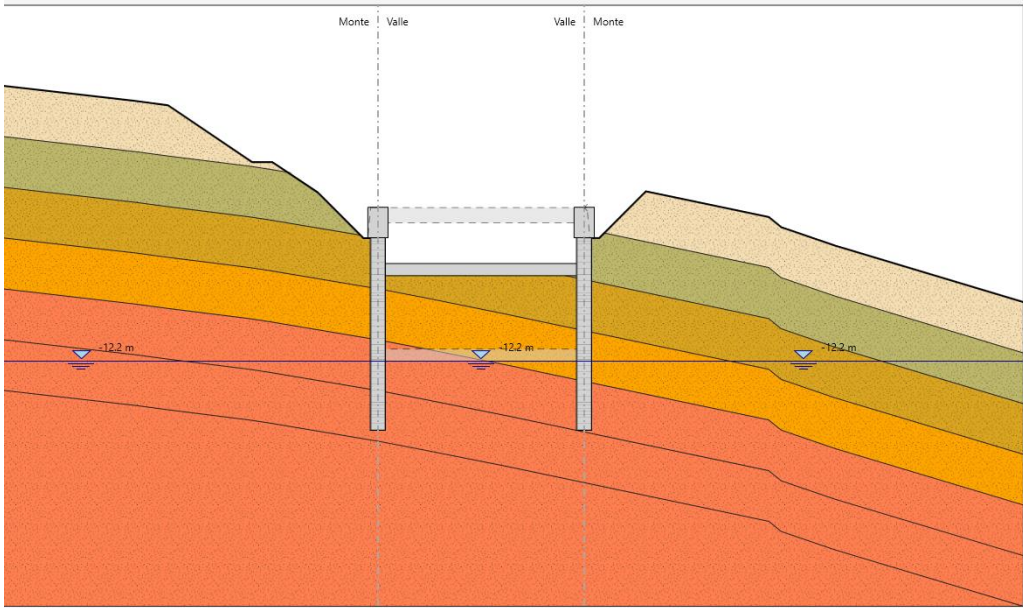


Figura 35: Fase 3-getto del puntone in c.a.

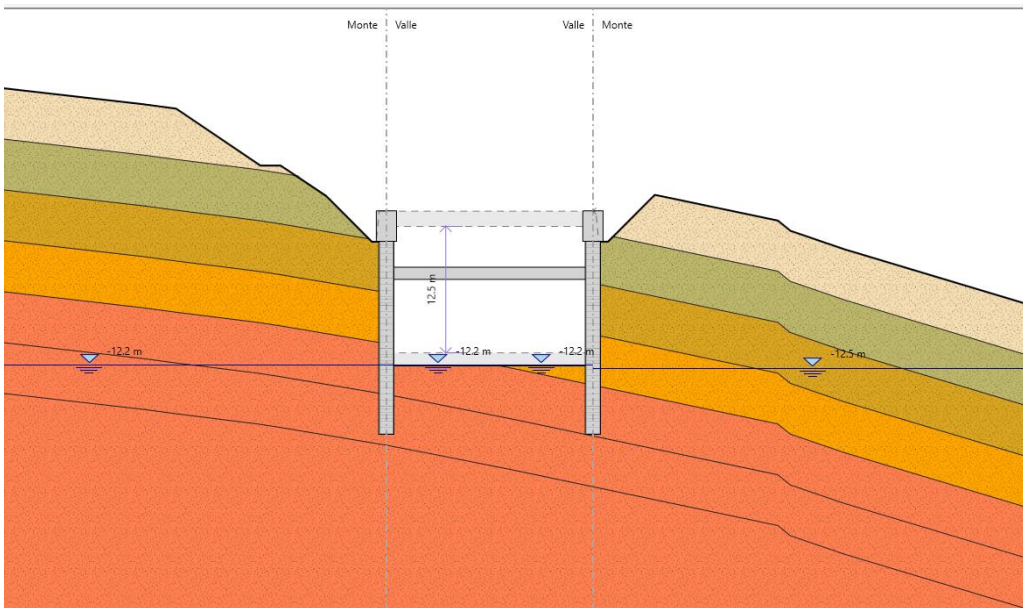


Figura 36: Fase 4-scavo fino alla quota di posa del solettone di fondazione (non modello il magrone)

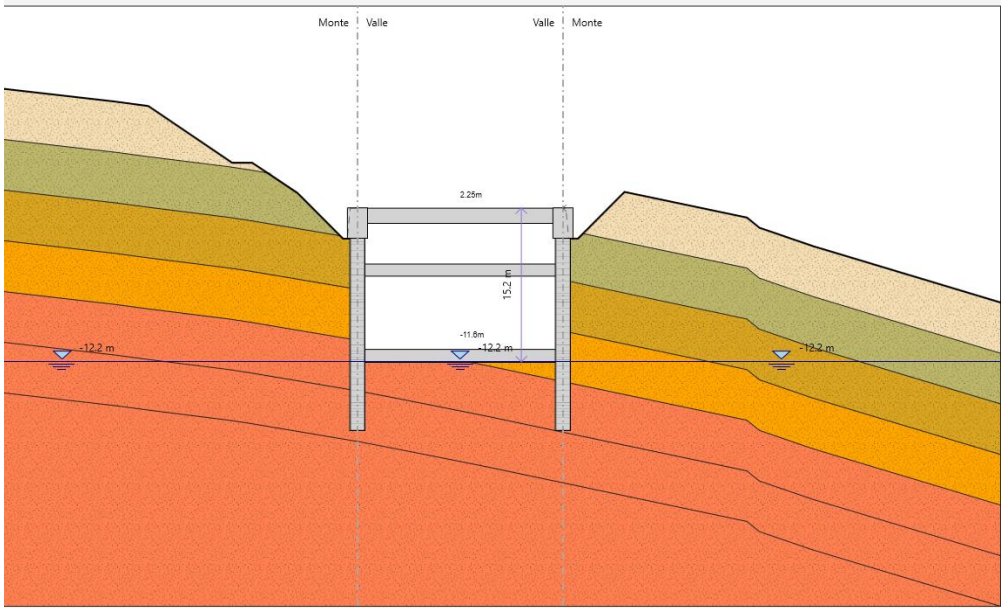


Figura 37: Fase 5-getto della soletta superiore e di quella di fondazione

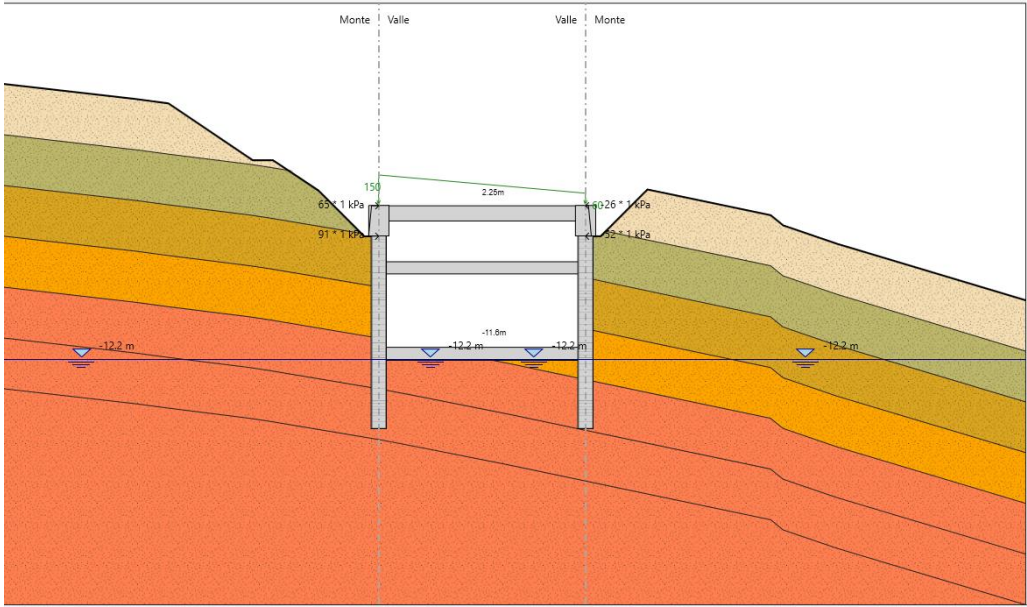


Figura 38: Fase 6-applicazione del ritombamento del terreno

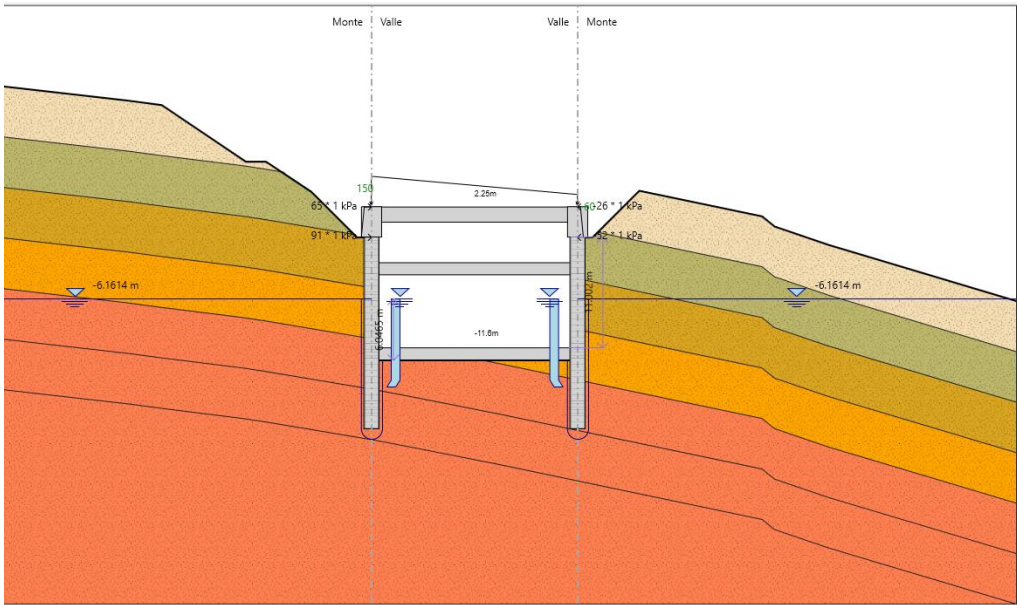


Figura 39: Fase 7-innalzamento della falda a 6 m dal fondo scavo

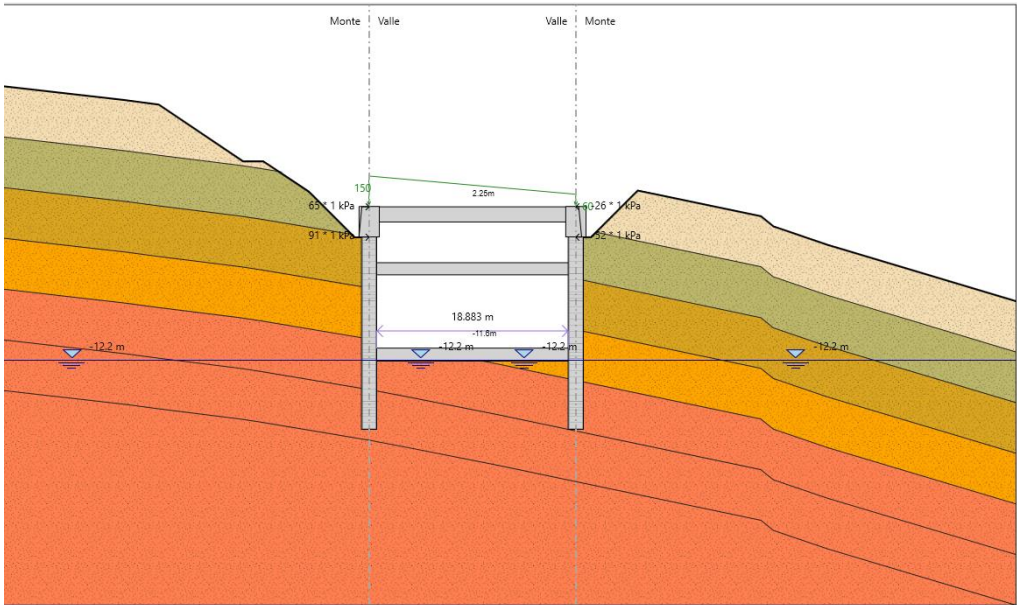


Figura 40: Fase 8-abbassamento della falda a fondo scavo

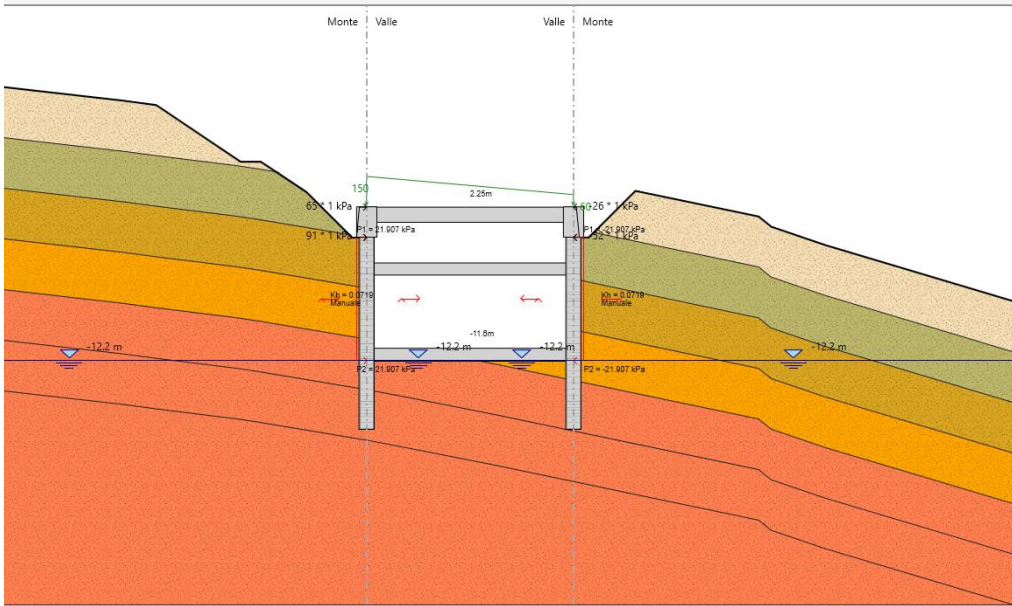


Figura 41: Fase 9-applicazione del carico sismico

3.7 Fasi del calcolo 3 sul software

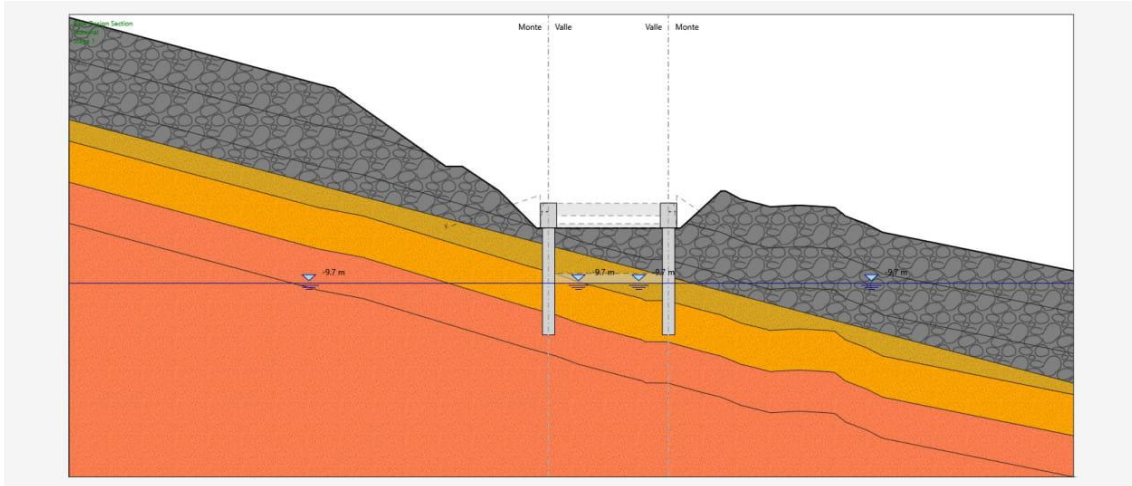


Figura 42: Fase 1-getto pali e cordoli

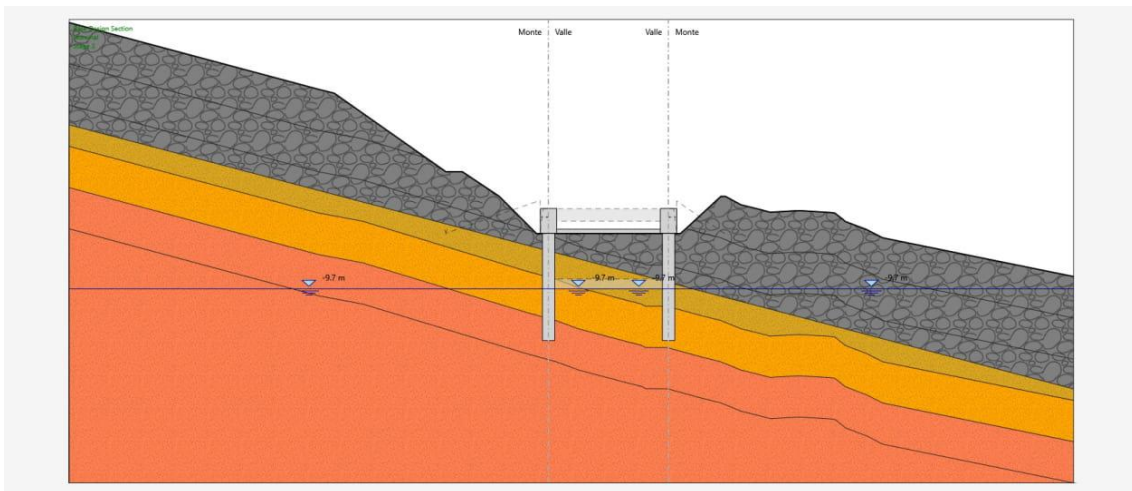


Figura 43: Fase 2-Posa del puntone metallico

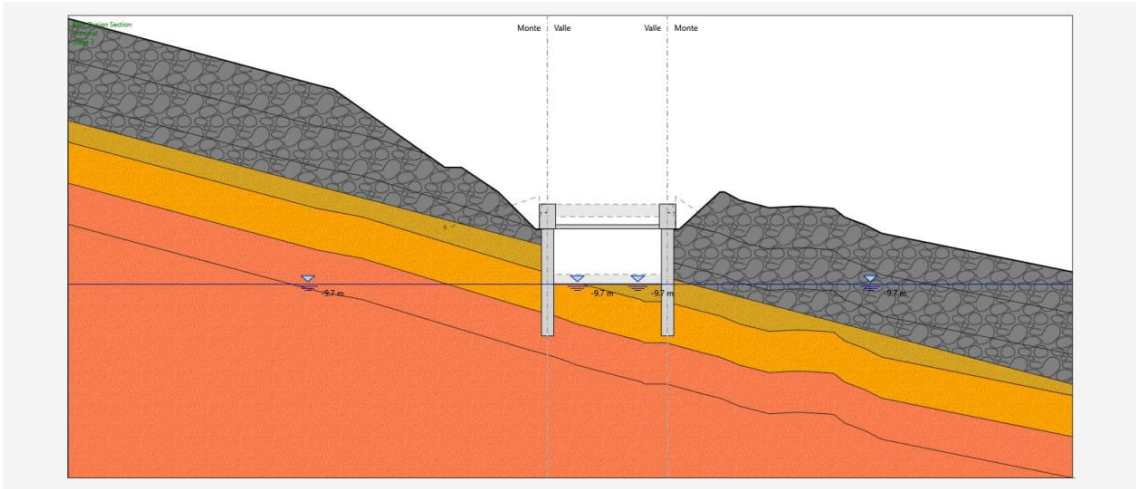


Figura 44: Fase 3-scavo fino alla quota di posa del solettone di fondazione (non modello il magrone)

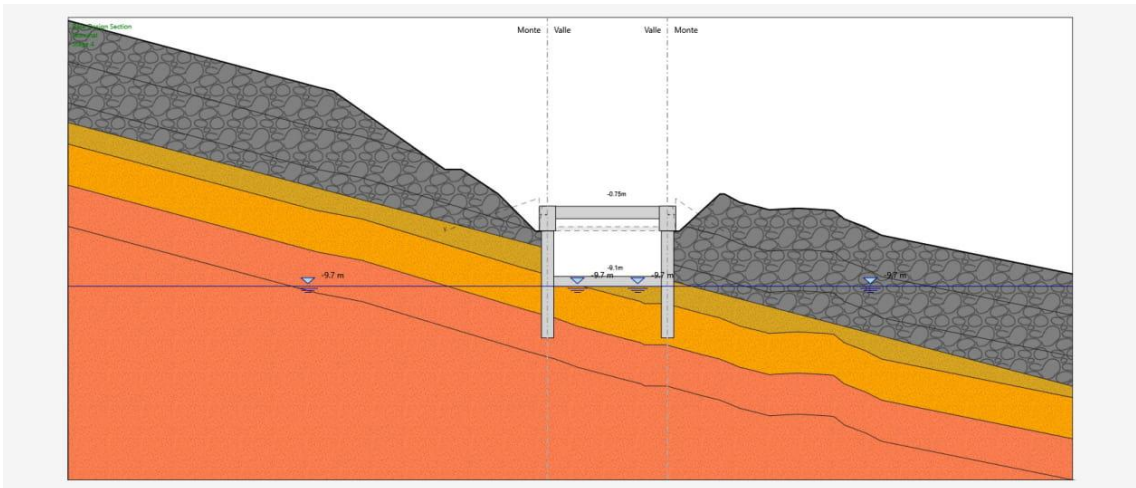


Figura 45: Fase 4-getto della soletta superiore e di quella di fondazione, rimozione del puntone metallico

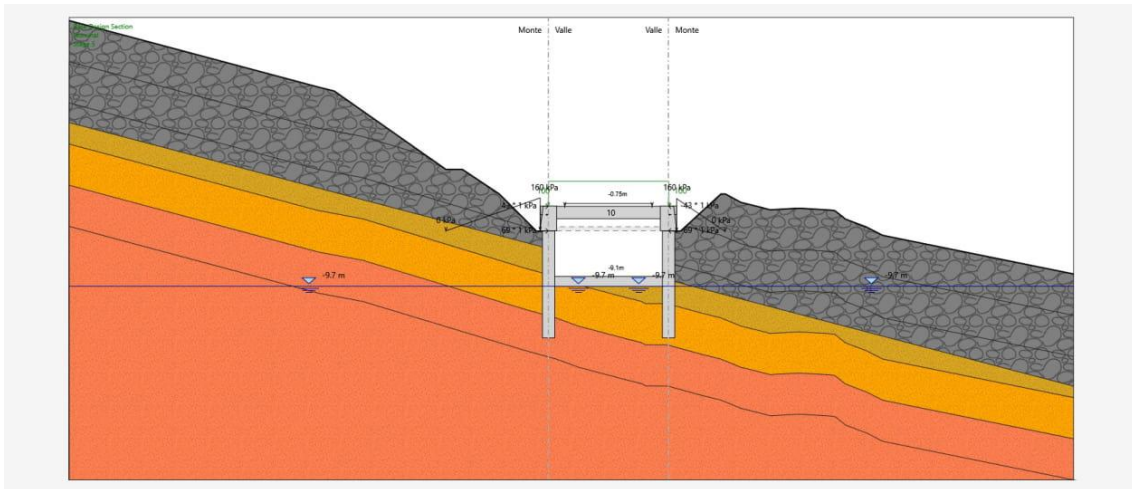


Figura 46: Fase 5-Applicazione del carico per il ritombamento

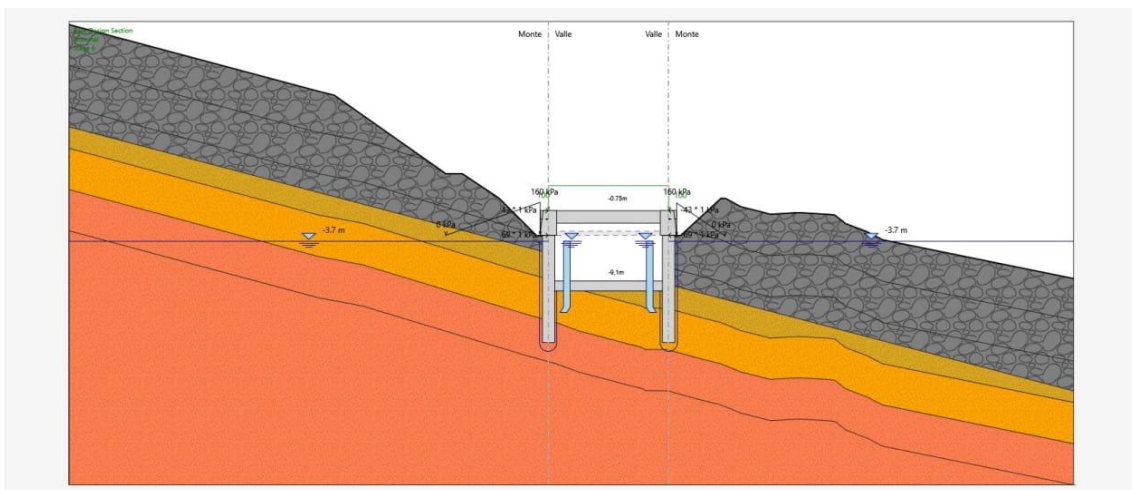
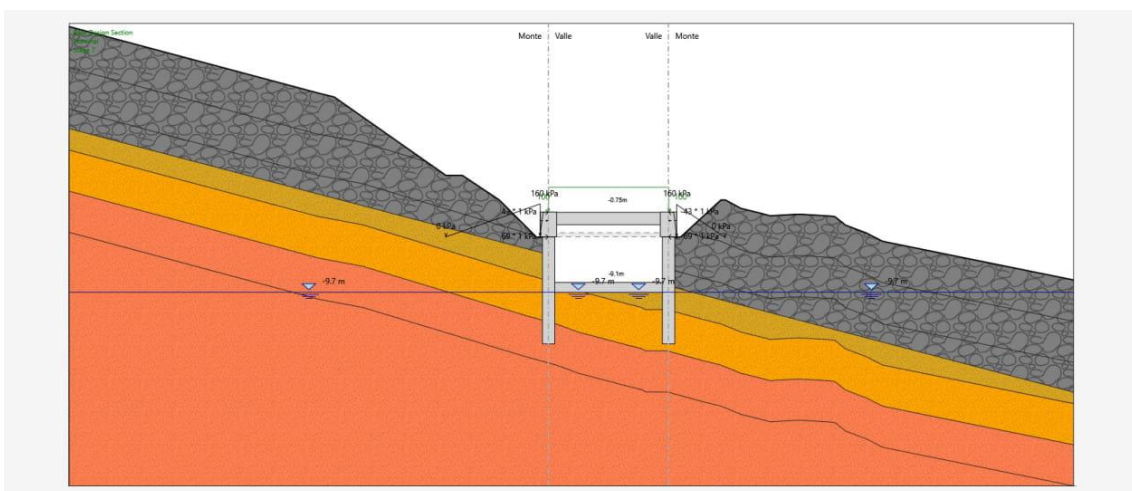


Figura 47: Fase 6-innalzamento della falda a 6 m dal fondo scavo



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 41 di 118</p>
---	--

Figura 48: Fase 7-abbassamento della falda a fondo scavo

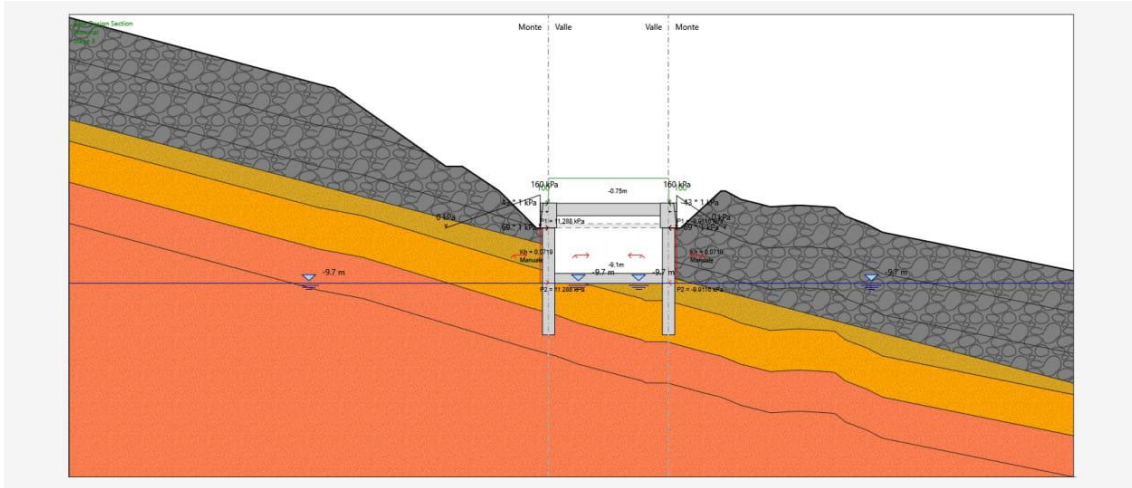


Figura 49: Fase 8-applicazione del carico sismico

3.8 Fasi del calcolo 4 sul software

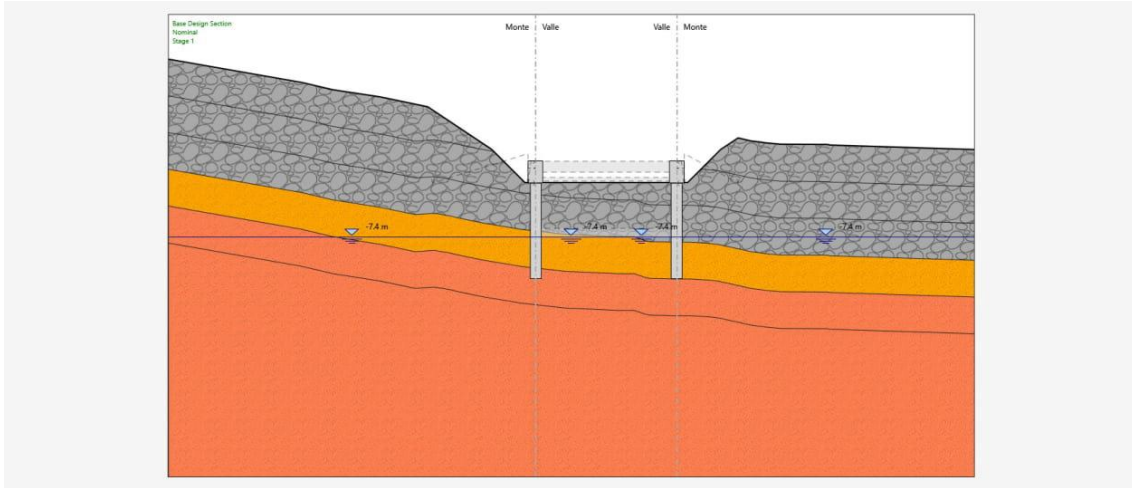


Figura 50: Fase 1-getto pali e cordoli

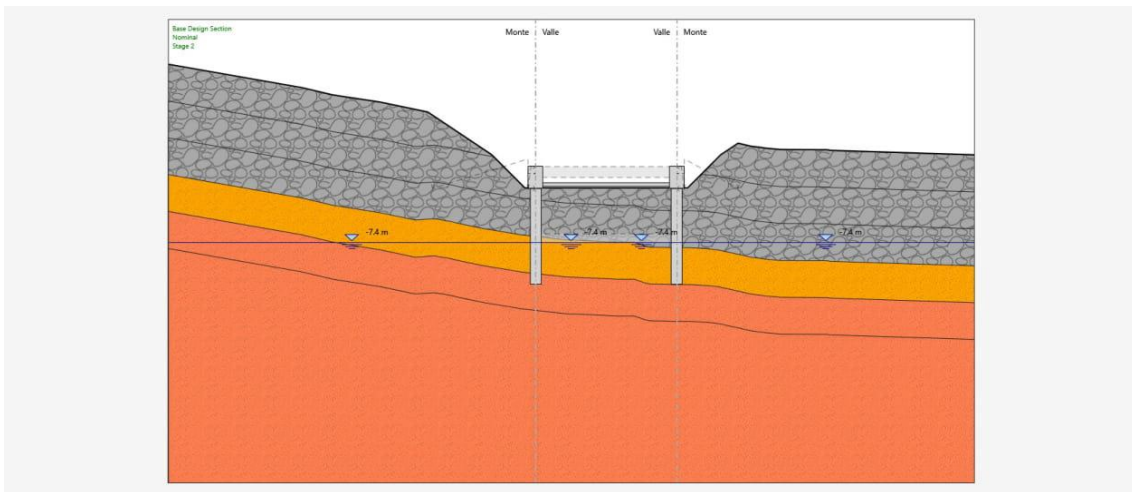


Figura 51: Fase 2-scavo fino al piano di posa del puntone in c.a.

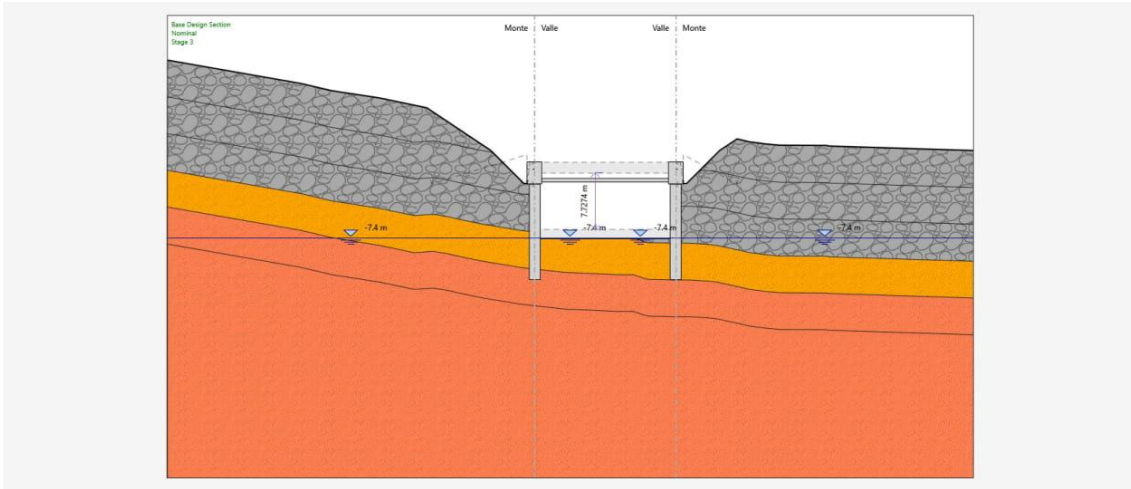


Figura 52: Fase 3-getto del puntone in c.a.

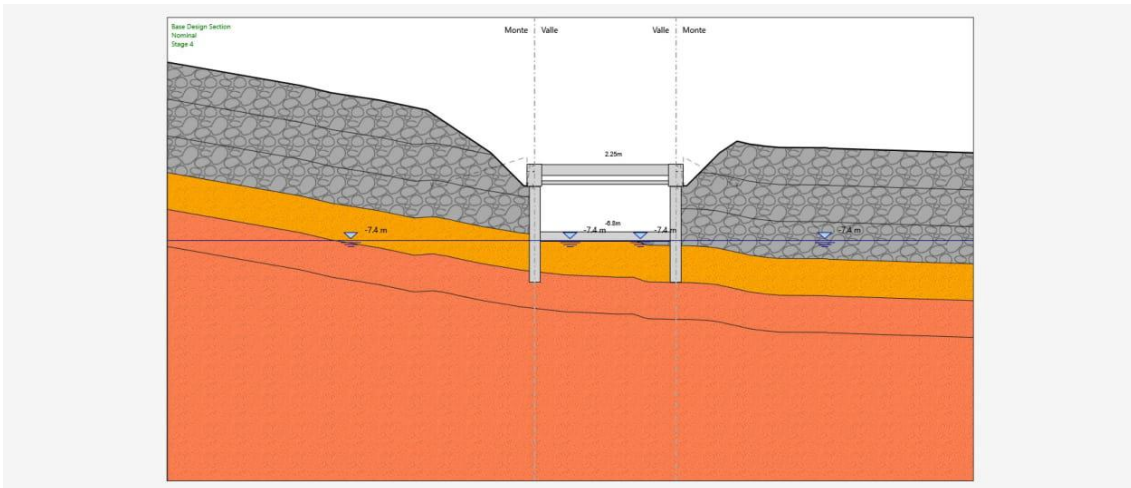


Figura 53: Fase 4-scavo fino alla quota di posa del solettone di fondazione (non modello il magrone)

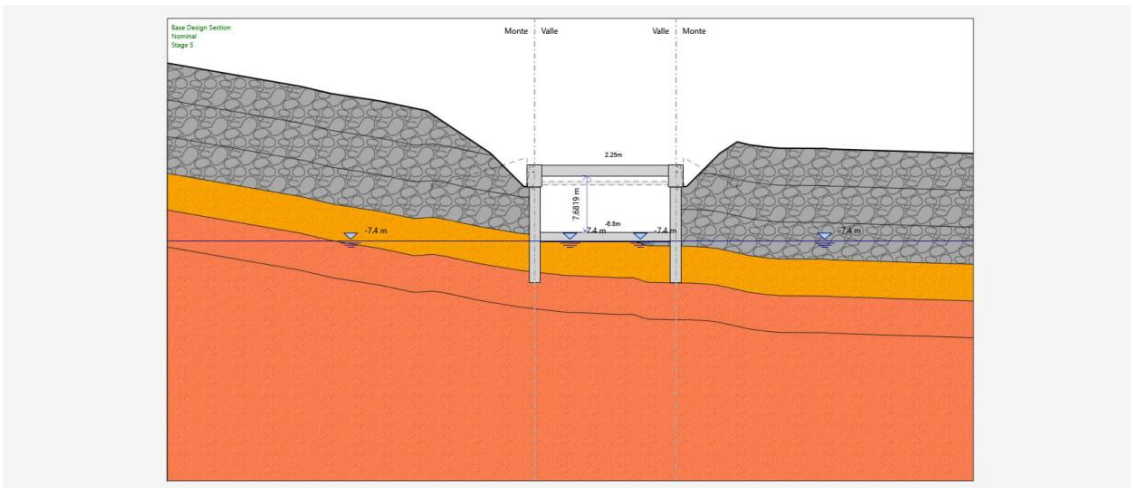


Figura 54: Fase 5-getto della soletta superiore e di quella di fondazione

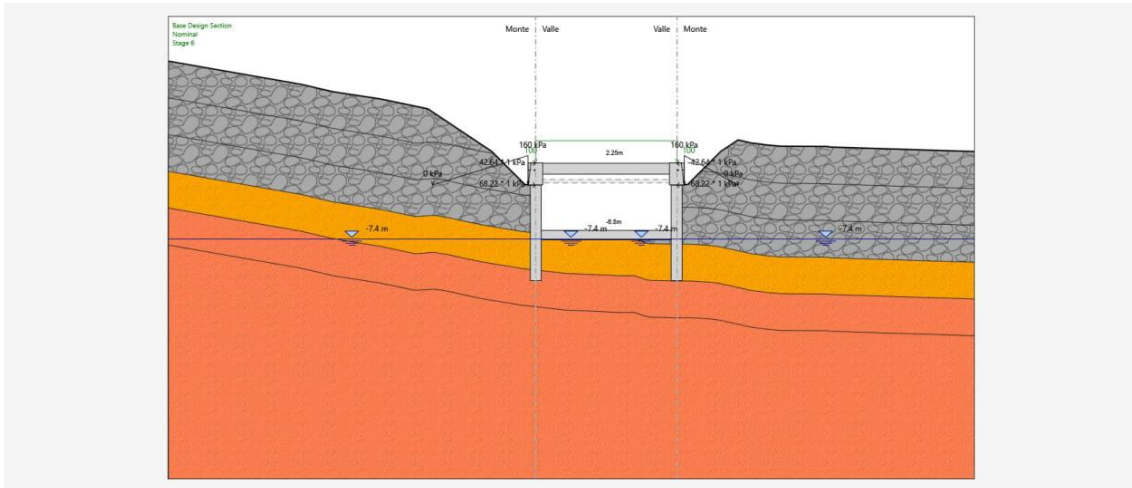


Figura 55: Fase 6-applicazione del ritombamento del terreno

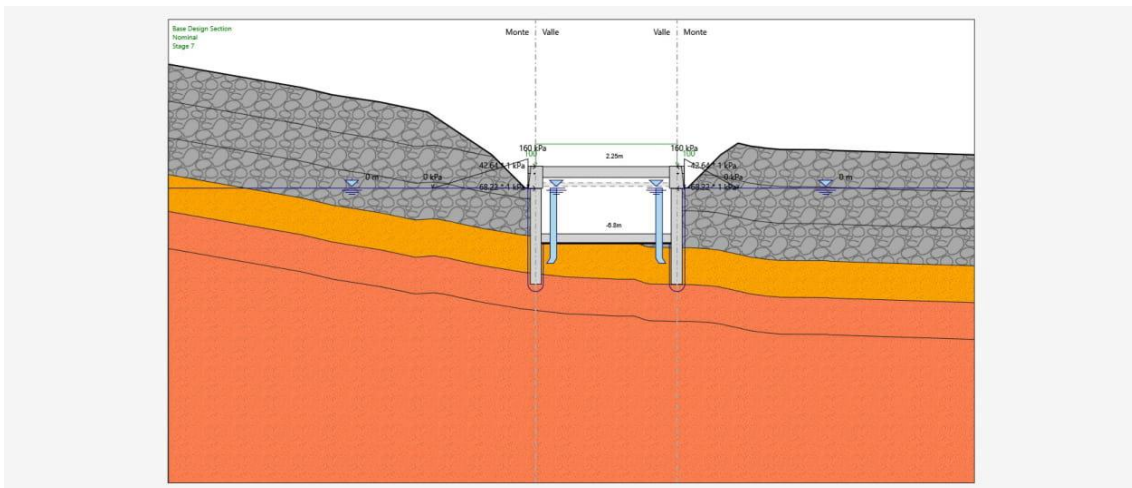


Figura 56: Fase 7-innalzamento della falda a 6 m dal fondo scavo

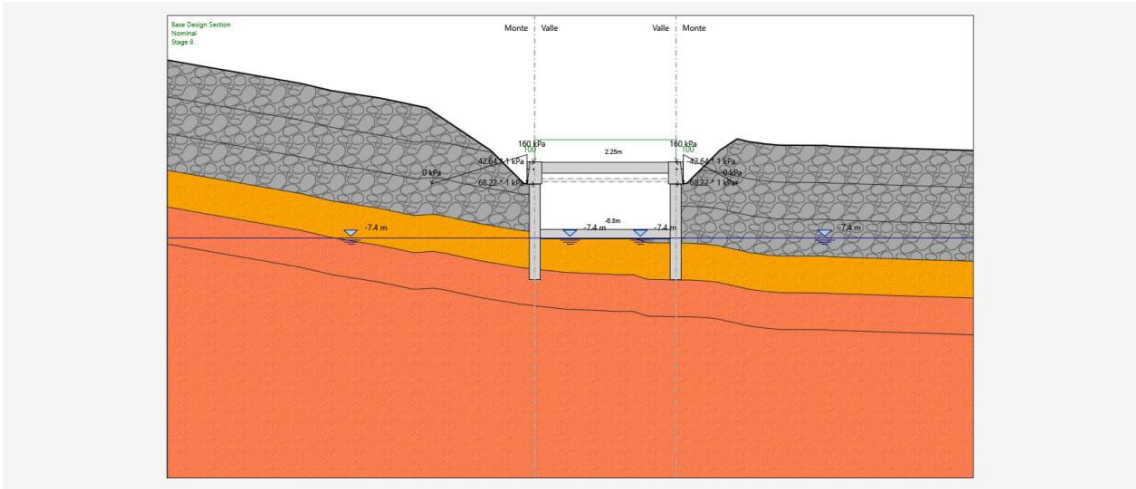


Figura 57: Fase 8-abbassamento della falda a fondo scavo

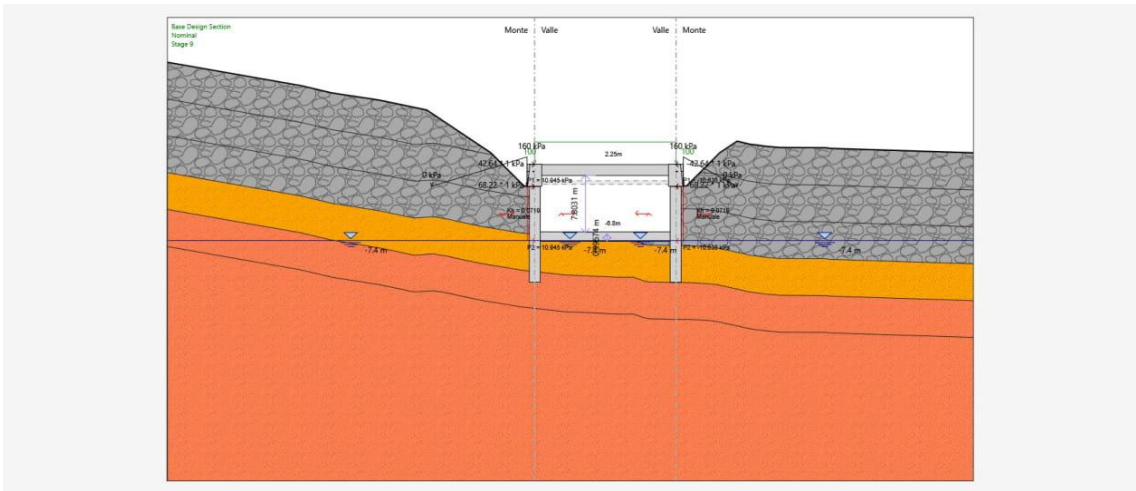


Figura 58: Fase 9-applicazione del carico sismico

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 46 di 118
---	---

4 DATI GEOTECNICI E DELLA FALDA

L'area in esame è situata nella Sardegna Centro - orientale in prossimità del lago alto del Flumendosa. Il settore, morfologicamente montuoso, appartiene dal punto di vista strutturale alla zona a falde esterne della Catena Varisica Sarda. In particolare, il settore è caratterizzato dall'affioramento del Complesso intrusivo Ercinico, costituito da Leucograniti biotitici (Unità intrusiva di Villa-grande) e dalle metamorfite cambriane delle Arenarie di San Vito.

La galleria artificiale GA01 di lunghezza complessiva pari a 400m per i primi 100m intresessa la formazione delle Leucograniti biotitici e per i restanti 300m la formazione delle arenarie di San Vito.

Come ampiamente discusso nella relazione geotecnica generale del lotto, sulla base delle risultanze derivanti dalle prove di laboratorio e sulla base dei valori di RQD ottenuti dai sondaggi eseguite su entrambe le formazioni sono stati assegnati gli opportuni parametri geotecnici variabili in funzione della profondità.

Unità geomeccanica delle leucograniti e granodioriti

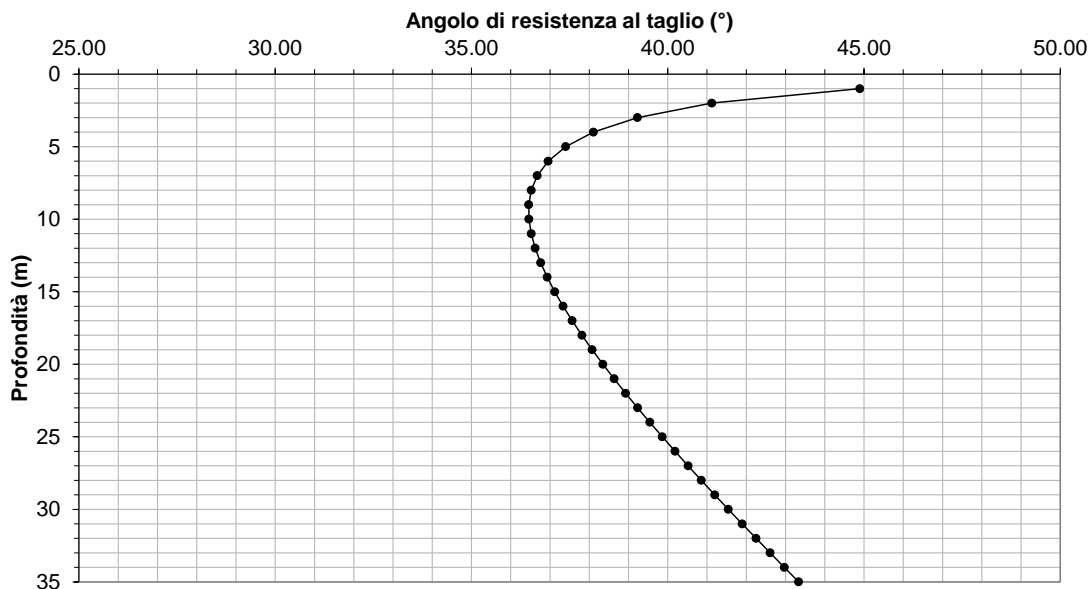


Figura 59 - Unità geomeccanica delle leucograniti e granodioriti, caratterizzazione geomeccanica, andamento dell'angolo di resistenza al taglio con la profondità.

Unità geomeccanica delle leucograniti e granodioriti

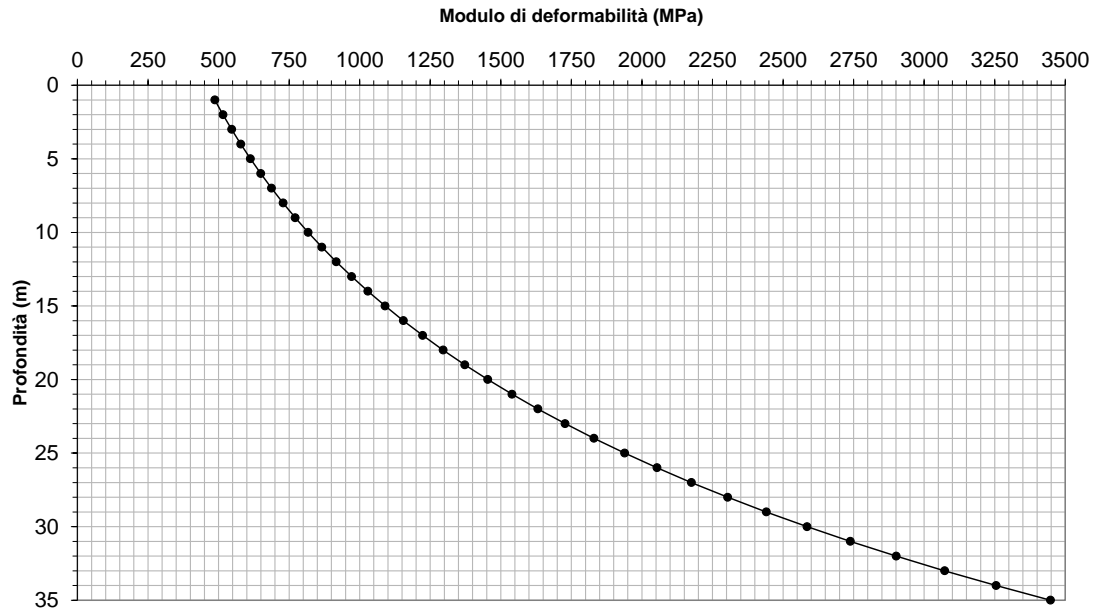


Figura 60 - Unità geomeccanica delle leucograniti e granodioriti, caratterizzazione geomeccanica, andamento del modulo di deformabilità con la profondità.

Unità geomeccanica delle arenarie di San Vito

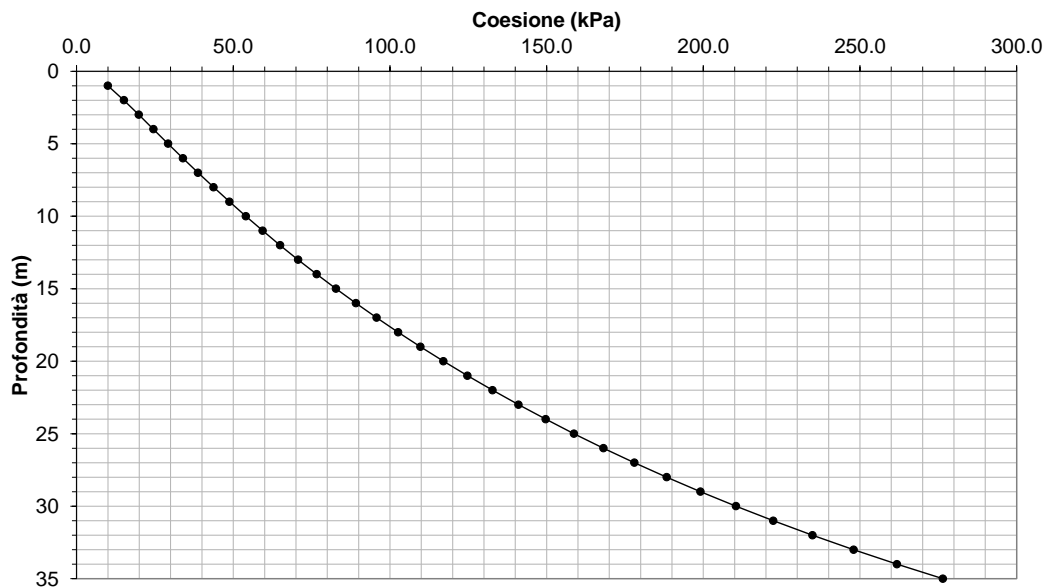


Figura 61 - Unità geomeccanica delle arenarie di San Vito, caratterizzazione geomeccanica, andamento della coesione con la profondità.

Unità geomeccanica delle arenarie di San Vito

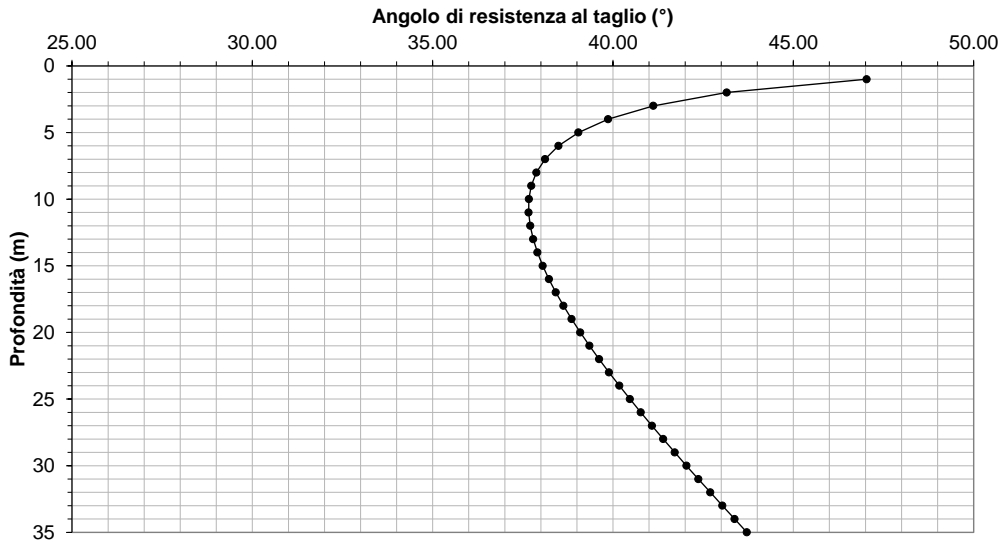


Figura 62 - Unità geomeccanica delle arenarie di San Vito, caratterizzazione geomeccanica, andamento dell'angolo di resistenza al taglio con la profondità.

Unità geomeccanica delle arenarie di San Vito

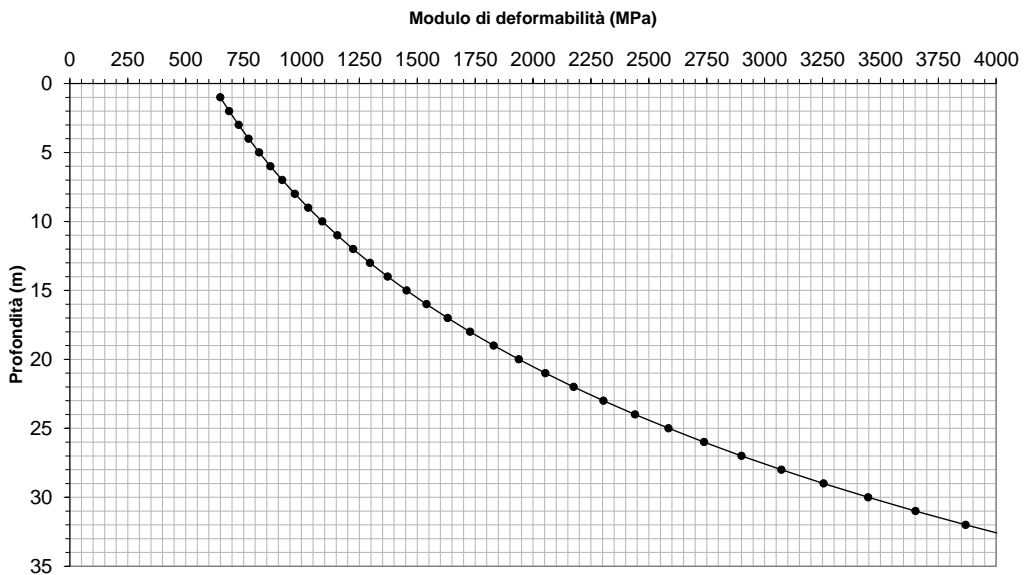


Figura 63 - Unità geomeccanica delle arenarie di San Vito, caratterizzazione geomeccanica, andamento del modulo di deformabilità con la profondità.

Nelle successive tabelle sono riportati i dati geotecnici presi in conto per la modellazione.

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 49 di 118
---	---

UNITA' GEOMECCANICA VGD1e – LNU1d Unità intrusiva di Villagrande (VGD1e) costituita da leucograniti biotitici a grane fine e tessitura isotropa. $\gamma_k = 25 \text{ kN/m}^3$			
Profondità (m)	c_k' (kPa)	ϕ_k' (°)	E_k (MPa)
0 - 5	20	39	550
5 - 10	30	36	650
10 - 15	60	37	850
15 - 20	80	38	1200
20 - 25	120	39	1500
25 - 30	150	40	2150

Tabella 2-Parametri geotecnici per i leucograniti biotitici (Calcolo 1 e 2)

UNITA' GEOMECCANICA SVI Unità metamorfica di San Vito (SVI) costituita da una alternanza irregolare di metarenarie micacee, quarziti, metasiltiti e metapeliti in strati da molto sottili a sottili, talora medi o spessi. $\gamma_k = 25 \text{ kN/m}^3$			
Profondità (m)	c_k' (kPa)	ϕ_k' (°)	E_k (MPa)
0 - 5	20	41	750
5 - 10	40	37	950
10 - 15	70	37	1250
15 - 20	100	38	1600
20 - 25	130	39	2250
25 - 30	180	41	2800

Tabella 3-Parametri geotecnici per le Arenarie di San Vito (Calcolo 3 e 4)

È stata inoltre tenuta in conto la presenza della coltre di alterazione del substrato roccioso per entrambe le formazioni.

In particolare, per le sezioni 3 e 4 questo spessore risulta rilevante ed è stato debitamente tenuto in conto considerando rispettivamente 9m e 16 m circa da p.c. I parametri della coltre di alterazione CA sono definiti di seguito:

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 50 di 118</p>
---	---

UNITA' GEOTECNICA CA			
Coperture di roccia fortemente alterata e completamente arenizzate, soprattutto in corrispondenza delle zone più intensamente fratturate, che riducono l'ammasso a una sabbia ghiaiosa da poco a moderatamente cementata.			
γ (kN/m ³)	c_k ' (kPa)	ϕ_k ' (°)	E_k (MPa)
20	20	38	20

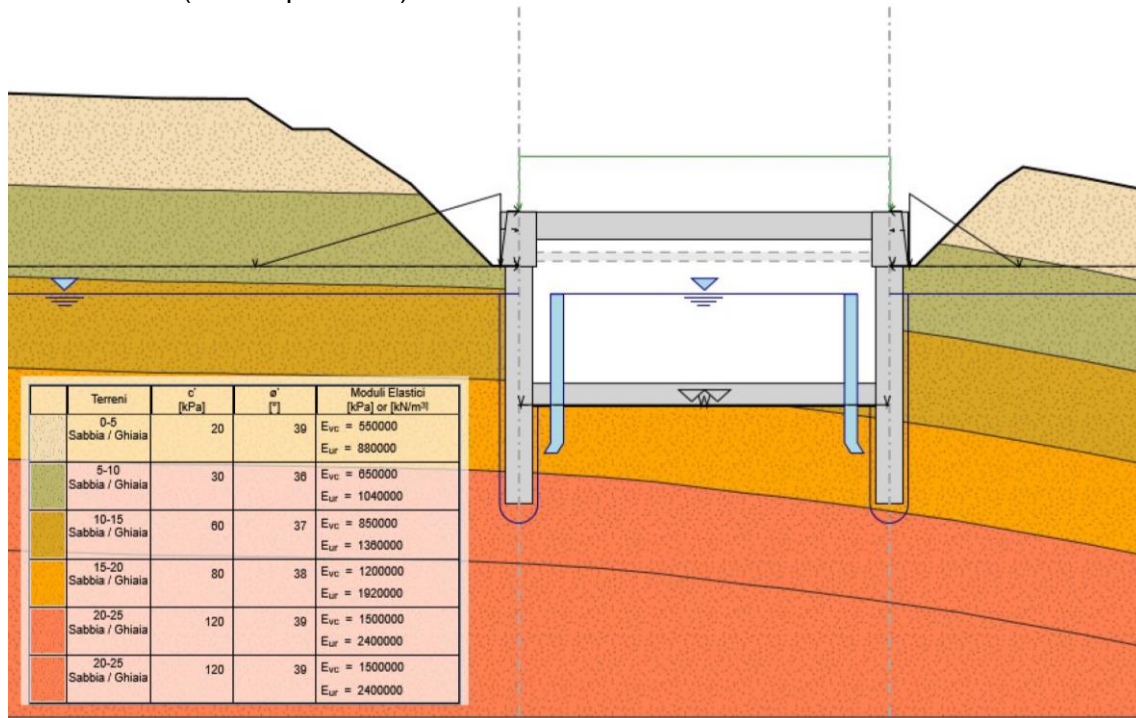
Il modulo di carico scarico viene posto pari a 1.6 per la roccia intatta e pari a 3 per la roccia alterata.

La quota di falda in corrispondenza della GA01 è per larghi tratti ignota (non sono installati piezometri in corrispondenza del manufatto); inoltre si tratta di falde confinate negli strati superiori alla galleria (negli strati più superficiali), con marcate e forti oscillazioni stagionali. In corrispondenza delle travi di coronamento sono stati posti sistemi di drenaggio per intercettare eventuali acque superficiali; al di sotto di tali drenaggi, nei substrati rocciosi, non si dà la presenza di falda. Tuttavia, cautelativamente, si è considerata la presenza di falda fino a 6m dal fondo scavo, ovvero al di sotto dei drenaggi.

Pertanto, nello sviluppo dei calcoli, si è scelto di effettuare cautelativamente i calcoli ponendo la falda a fondo scavo durante la realizzazione della galleria mentre in fase definitiva, sempre a favore di sicurezza, si è considerata la possibilità che ci possano essere accumuli locali di falda fino a generare un battente idraulico pari a 6m da piano di imposta del solettone di fondazione.

Di seguito si riportano le caratteristiche stratigrafiche utilizzate nei dimensionamenti, per i 4 calcoli effettuati.

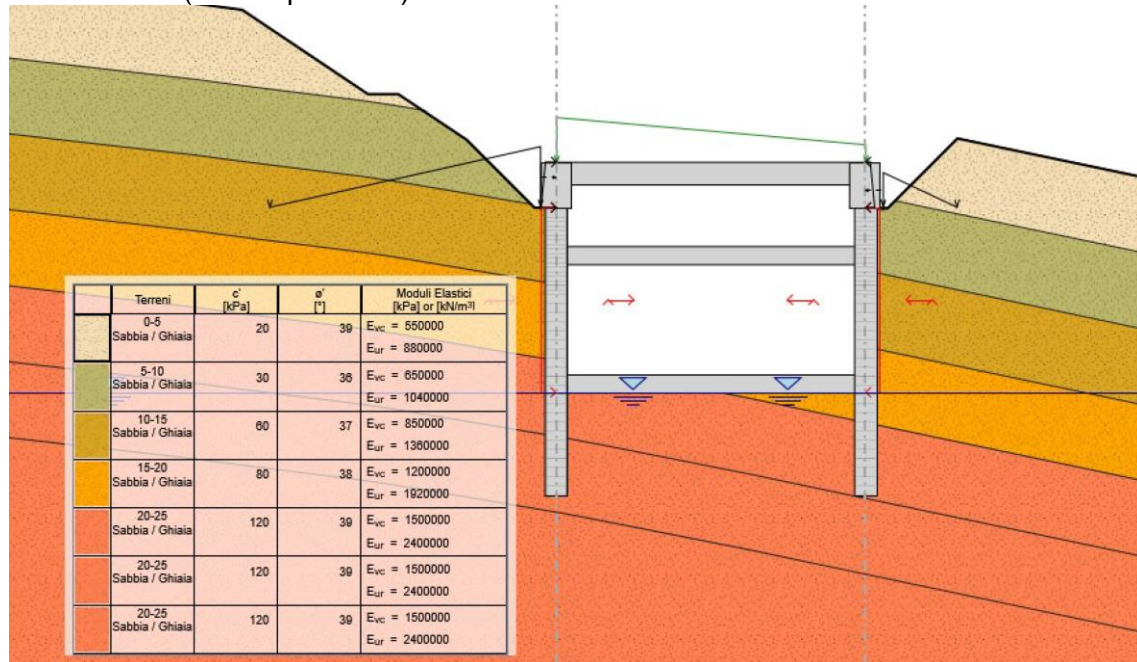
CALCOLO 1 (sez.23 pk0+440)



Formazione: VGD1e

Da profilo geotecnico, il primo strato di 5m è composto in parte da CA e in parte da VGCE1. Si fa presente che il valore di angolo di attrito del primo strato non influenza il calcolo, pertanto si è considerato un unico strato per i primi 5 metri.

CALCOLO 2 (sez.26 pk0+500)

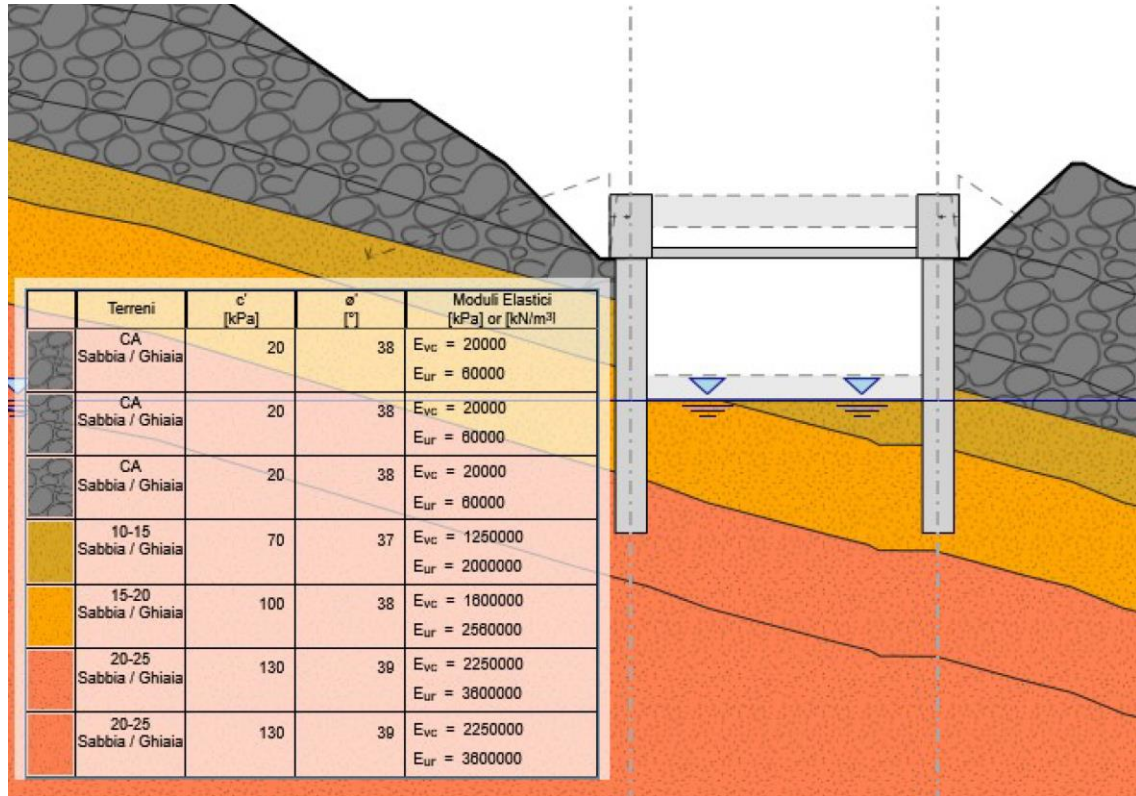


Formazione:
VGD1e

Da profilo geotecnico, il primo strato di 5m è composto in parte da CA e in parte da VGc1. Si fa presente che il valore di angolo di attrito del primo strato non influenza il calcolo, pertanto si è considerato un unico strato per i primi 5 metri.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 53 di 118</p>
---	---

CALCOLO 3 (sez.31 pk0+600)



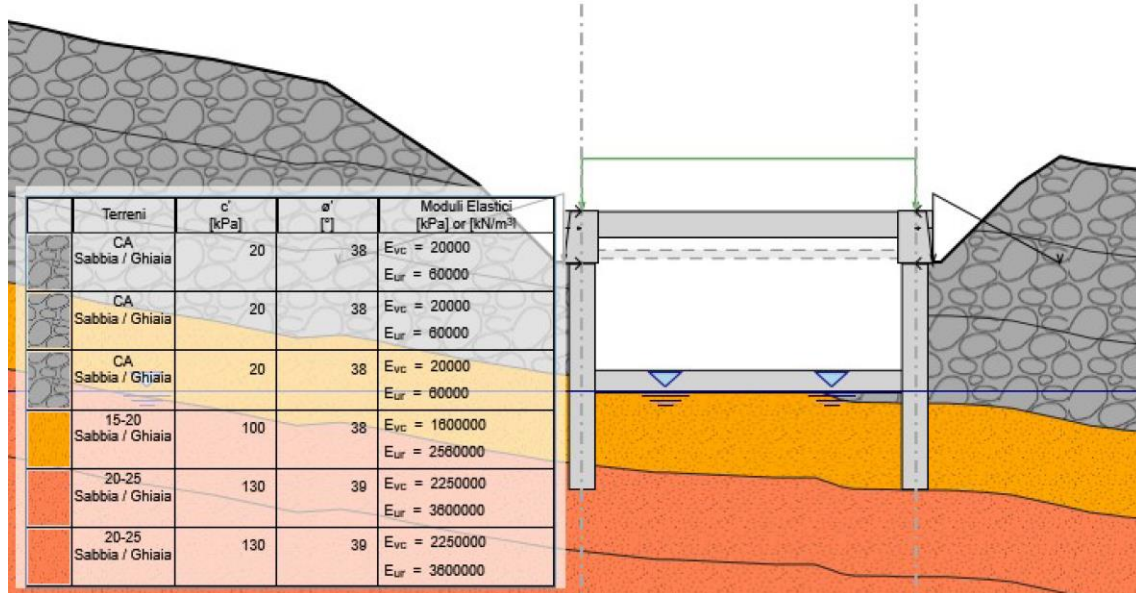
Formazione:

0-12m CA
 5-50m SVI

Lo spessore della prima formazione (CA) è assunto cautelativamente pari ad un valore di 12m; lo spessore definito dal profilo geotecnico è inferiore (7-8m), ma dedotto da estrapolazioni e non da sondaggi effettuati in corrispondenza della sezione in esame.

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 54 di 118
---	---

CALCOLO 4 (sez.39 pk0+760)



Formazione:
 0-15m CA
 5-50m SVI

Lo spessore della prima formazione (CA) è assunto cautelativamente pari ad un valore di 15m. Lo spessore definito dal profilo geotecnico è inferiore (7-8m), e valutato nella sezione di ricoprimento massimo. Tuttavia, in posizione non estremamente lontana dalla sezione di massimo ricoprimento, e comunque sempre all'interno dell'area occupata dalla sezione di calcolo 4 della GA01, si hanno spessori superiori di CA, anche prossimi ai 15m. Pertanto si è cautelativamente assunto il valore di 15m ritenuto rappresentativo delle situazioni peggiori riscontrabili in corrispondenza della sezione di calcolo 4.

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 55 di 118</p>
--	---

5 MATERIALI

I materiali utilizzati per il muro di sostegno sono i seguenti:

Calcestruzzo solettone di fondazione e pali

- Classe di resistenza: C25/30
- Classe di esposizione: XC2
- Classe di consistenza: S4
- Tipo di cemento: CEM I – V

Calcestruzzo solette superiore, cordoli, trave di ripartizione e puntone intermedio

- Classe di resistenza: C30/37
- Classe di esposizione: XC3
- Classe di consistenza: S4
- Tipo di cemento: CEM I – V

Calcestruzzo paretina contro i pali

- Classe di resistenza: C30/37
- Classe di esposizione: XC3
- Classe di consistenza: S4
- Tipo di cemento: CEM I – V

Calcestruzzo magrone

- Classe di resistenza: C12/15
- Tipo di cemento: CEM I – V
- Classe di esposizione: XC0

Armature del calcestruzzo

- Tipo: B450C
- $E_s=200000$ MPa

Acciaio del puntone

- Tipo: S355

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 56 di 118
---	---

6 AZIONI DI CALCOLO

6.1 AZIONE GEOTECNICA

Ogni calcolo è localizzato ad una differente pk, si è scelto di modellare il terreno con le seguenti coperture massime lato monte e lato valle, come mostrato in Tabella 4.

Calcolo	Pk (m)	Copertura lato monte (m)	Copertura lato valle (m)
CALCOLO 1 (sez.A-D)	460	5	5
CALCOLO 2 (SEZ.A1)	500	7.5	3
CALCOLO 3 (sez.C)	600	5	5
CALCOLO 4 (sez.B-B1-D)	760	5	5

Tabella 4-Coperture di calcolo

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 57 di 118</p>
--	---

6.2 AZIONE IDRAULICA

Far riferimento alle informazioni al §4.

6.3 SOVRACCARICO STRADALE

Per valutare la presenza del carico stradale e di cantiere, si è inserito nel modello un carico distribuito di 10 kPa nella sola fase post getto delle solette. Nelle altre fasi tale carico è stato tolto per non valutare l'ipotesi della concomitanza delle azioni sfavorevoli come l'aumento del livello della falda ed il sisma.

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 58 di 118
---	---

6.4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Sulla base dell'andamento dei valori della velocità delle onde di taglio ricavati dai risultati delle prove "down – hole" effettuate nei primi 30 m dal p.c., si ottiene un valore $V_{s,30}$ corrispondente alla categoria di sottosuolo B. Si rimanda anche alla Relazione Sismica di progetto definitivo. I parametri sismici sono calcolati con le formule da normativa ed i risultati sono visibili nella Tabella 5.

Vita nominale per costruzioni con livelli di prestazione ordinari V_N (anni)	50
Coefficiente d'uso C_U (-)	2
Periodo di riferimento: $V_R = V_N \times C_U$ (anni)	100
Stato limite ultimo sismico utilizzato	SLV
Probabilità di superamento associata allo stato limite sismico	10%
Periodo di ritorno: $TR = -VR / \ln(1 - PVR)$ (anni)	949
$V_{s,30}$ (m/s)	609-834
Categoria di sottosuolo	B
a_g (g)	0.0599
F_0 (-)	2.976
T_c^* (s)	0.371
S_s (-)	1.2
Categoria topografica	T1
S_t (-)	1
$a_{max}/g = a_g/g * S_s * S_t$ (-)	0.07
k_h (-)	0.07
k_v (-)	0.04

Tabella 5-Parametri sismici

Il sisma è stato valutato tramite il metodo di Wood:

$$\Delta p = a_g/g * \gamma * H$$

Applicata come forza distribuita lungo la paratia.

Opzioni Sisma (attive solo nell'ultima fase)

Includi Azione Sismica

1. Definizione accelerazione

Coefficiente accel. base a_g / g

Fattore importanza I

Coefficiente S_s

Coefficiente S_T

$a_{max} / g =$

3. Definizione calcolo

Modalità spinta Paratia fuori terra
 Paratia intera

Comportamento idraulico Terreno pervio
 Terreno impervio

k_{vu} (% k_h)

k_{vd} (% k_h)

R_u

Includi inerzia paratia

2. Accelerazione di calcolo

Eurocodice

Calcolo coefficiente di risposta R

Input diretto

Da formule

U_s m T_c m/s

V_{max} m/s > V_{max}/a_{max} >

R= >

NTC

$U_{s=}$ m

$\beta =$ >

$\alpha =$ >

$k_h = \alpha \beta a_{max}$

4. Metodo di calcolo

Procedura Automatica (Paratie)

Pressione di Wood [0-1]

Valore Applicato

Manuale (Carichi Esterni)

Comportamento Paratia

Flessibile (usa k_h)

Rigido (usa a_{max})

Metodo

Wood

Mononobe-Okabe

Semirigido

B= Correlazione $\alpha_1 - \alpha_2$

$\alpha_1 =$

$\alpha_2 =$

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 60 di 118</p>
--	---

7 APPROCCI DI CALCOLO SECONDO LA NORMATIVA

Di seguito viene presentato l'elenco delle diverse analisi effettuate per il dimensionamento e la verifica delle opere oggetto di tale documento nello spirito del metodo semiprobabilistico agli stati limite, in accordo alle disposizioni delle NTC 2018 e al manuale di progettazione delle opere civili.

7.1 Azioni

Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno dell'imbocco sono le seguenti:

- azioni permanenti strutturali: peso proprio degli elementi strutturali, spinta del terreno a monte e a valle dell'opera.
- azioni variabili: carico variabile sul piano campagna a monte della struttura di sostegno, Q1M, atto a schematizzare nella fase costruttiva l'eventuale presenza di sovraccarichi di varia natura connessi alla realizzazione delle opere.
- azione sismica: incremento della spinta delle terre considerato come carico distribuito sull'altezza fuori terra della paratia in cui viene inclusa l'inerzia della paratia.

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 2018, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 61 di 118</p>
--	---

7.2 Dimensionamento delle opere di sostegno

Le verifiche delle strutture di sostegno sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

- collasso del complesso opera-terreno;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.
- raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;

Come prescritto dal DM 2018 per le strutture di sostegno flessibili, è stato adottato l'Approccio Progettuale 1 con le due combinazioni di coefficienti parziali (tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 2018):

- combinazione 1: A1 + M1 + R1
- combinazione 2: A2 + M2 + R1.

Il dimensionamento geotecnico dell'opera è stato condotto con la verifica di stati limite ultimi GEO, applicando la Combinazione 2 (A2+M2+R1) e verificando che la resistenza mobilitata fosse sempre inferiore a quella disponibile.

Il corretto dimensionamento nei confronti degli SLU assicura che gli spostamenti dell'opera siano compatibili con le esigenze di funzionalità della stessa; pertanto, per opere provvisorie, in assenza di fabbricati o altre opere da salvaguardare a ridosso delle stesse, non si ritengono necessarie ulteriori valutazioni di verifica nei confronti degli SLE, mentre per opere definitive o con fabbricati e altre opere da preservare verrà analizzato anche lo SLE.

I coefficienti di spinta attiva sono determinati attraverso la relazione di Coulomb. I coefficienti di spinta passiva sono stati determinati attraverso la relazione di Lancellotta (2007). L'angolo di attrito terreno/struttura, δ , è stato assunto pari a 2/3 della resistenza al taglio del terreno naturale.

Le verifiche sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo ParatiePlus (versione 20).

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 62 di 118</p>
---	--

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

- Stato Limite Ultimo - Combinazione A1+M1 (SLU-1): le analisi sono condotte considerando i valori di progetto delle azioni esterne A1 (ottenuti amplificando con opportuni coefficienti parziali i valori caratteristici, $A1=\gamma_1 \cdot Ak$), mentre ai parametri geotecnici si assegnano coefficienti parziali unitari ($M1=Mk$).
- Stato Limite Ultimo - Combinazione A2+M2 (SLU-2): le analisi sono svolte considerando i valori di progetto delle azioni esterne A2 (ottenuti amplificando con opportuni coefficienti parziali i valori caratteristici, $A2=\gamma_2 \cdot Ak$), i parametri geotecnici sono ridotti dividendo i parametri caratteristici Mk per opportuni coefficienti ($M2=Mk / \gamma_2$).
- Stato Limite Ultimo con sisma – Combinazione $Ak + M1$ (EQK STR): secondo le indicazioni della normativa (NTC2018), le analisi sono svolte considerando coefficienti parziali unitari per le azioni esterne (Ak) mentre ai parametri geotecnici si assegnano coefficienti parziali unitari ($M1=Mk$).
- Stato Limite Ultimo con sisma – Combinazione $Ak + M2$ (EQK GEO): secondo le indicazioni della normativa (NTC2018), le analisi sono svolte considerando coefficienti parziali unitari per le azioni esterne (Ak) senza riduzione dei parametri geotecnici. Il sisma è valutato per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).
- Stato Limite di Esercizio - Combinazione caratteristica: le analisi sono condotte considerando i valori caratteristici delle azioni esterne Ak e dei parametri geotecnici Mk .

Si sottolinea che per la combinazione A1+M1+R1 i coefficienti parziali sono applicati sugli effetti delle azioni, in accordo a quanto previsto nel § 6.2.3.1 “Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)” del D.M. 2018.

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

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 63 di 118
---	---

CARICHI	coeff. parziale	(A1) STR	(A2) GEO
Permanente sfavorevole	γ_G	1,3	1,0
Permanente favorevole		1,0	1,0
Variabile sfavorevole	γ_Q	1,5	1,3
Variabile favorevole		0	0

Tabella 6– Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

PARAMETRO	parametro al quale applicare il coeff. parziale	coeff. parziale γ_m	
		M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_\phi=1,00$	$\gamma_\phi=1,25$
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}=1,00$	$\gamma_{c'}=1,25$
Resistenza non drenata	c_{uk}	$\gamma_{c_u}=1,00$	$\gamma_{c_u}=1,40$
Peso dell'unità di volume	γ	$\gamma_\gamma=1,00$	$\gamma_\gamma=1,00$

Tabella 7– Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE R1	COEFFICIENTE PARZIALE R2
Resistenza del terreno di valle	$\gamma_R=1,00$	$\gamma_R=1,00$

Tabella 8– Coefficienti parziali delle resistenze

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 64 di 118
---	---

8 VERIFICHE STRUTTURALI E INCIDENZE

8.1 PUNTONI

I puntone in acciaio, ovvero dei profili tubolari di diametro 0.4064 m e spessore 0.012 m presenti nei Calcoli 1,3 e 4, risultano verificati con i seguenti tassi di sfruttamento rappresentati nella Tabella 9, Tabella 10 e Tabella 11.

Puntone	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	Lunghezza(m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento Momento	Sfruttamento Taglio	Instabilità	λ_y	λ_z
Strut	CHS406.4*12	S355	1	20.4	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 2	-1.3421E-20	-1.3421E-20	0	0.008	0.117	146	146
Strut	CHS406.4*12	S355	1	20.4	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 3	-14.715	-14.715	0.018	0.008	0.196	146	146
Strut	CHS406.4*12	S355	1	20.4	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 4	-1.7812	-1.7812	0.002	0.008	0.126	146	146

Tabella 9– Sfruttamento resistenza puntone metallico sul Calcolo 1

Puntone	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	Lunghezza (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento Momento	Sfruttamento Taglio	Instabilità	λ_y	λ_z
Strut	CHS406.4*1	S355	1	14.6	NTC2018: A	Stage 2	-2.6081E-17	-2.6081E-17	0	0.006	0	105	105
Strut	CHS406.4*1	S355	1	14.6	NTC2018: A	Stage 3	-53.875	-53.875	0.064	0.006	0.148	105	105

Tabella 10– Sfruttamento resistenza puntone metallico sul Calcolo 3

Puntone	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	Lunghezza (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento Momento	Sfruttamento Taglio	Instabilità	λ_y	λ_z
Puntone	CHS406.4*1	S355	1	19.2	NTC2018: A	Stage 2	-1.7929E-16	-1.7929E-16	0	0.008	0.103	138	138
Puntone	CHS406.4*1	S355	1	19.2	NTC2018: A	Stage 3	-98.035	-98.035	0.117	0.008	0.573	138	138
Puntone	CHS406.4*1	S355	1	19.2	NTC2018: A	Stage 4	-75.167	-75.167	0.09	0.008	0.463	138	138

Tabella 11– Sfruttamento resistenza puntone metallico sul Calcolo 4

Il puntone in c.a., presente nel solo Calcolo 2, è stato verificato ad instabilità (Tabella 12) attraverso le formule presenti nelle NTC2018 al §4.1.2.3.9.2.

Gli effetti del secondo ordine possono essere trascurati se la snellezza non supera il valore:

$$\lambda_{lim} = \frac{25}{\sqrt{v}} \quad [4.1.41]$$

dove

$v = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd})$ è l'azione assiale adimensionalizzata.

La snellezza è calcolata come rapporto tra la lunghezza libera di inflessione, l_0 , ed il raggio d'inerzia, i , della sezione di calcestruzzo non fessurato:

$$\lambda = l_0 / i \quad [4.1.42]$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00</p> <p>DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 65 di 118</p>
---	---

Nella tabella seguente si verifica la disequaglianza precedente; dimostrato che si possono trascurare gli effetti del second'ordine, si procede con la verifica di compressione centrata, ovvero una pressoflessione deviata con le seguenti sollecitazioni:

$$N = N_{ed}$$

$$M_x = e_1 N_{ed}$$

$$M_y = e_2 N_{ed}$$

Con e_i = eccentricità minima = max (20mm; $l_0/200$)

Dove l_0 è la lunghezza di libera inflessione.

CALCOLO 2-SLU		CALCOLO 2-SLE	
Ned (N)	2706000	Ned (N)	1800000
Ned (kN)	2706	Ned (kN)	1800
Ac (mm ²)	1000000	Ac (mm ²)	1000000
fcd (MPa)	17.4	fcd (MPa)	17.4
$v = Ned / (Ac * fcd)$ (-)	0.16	$v = Ned / (Ac * fcd)$ (-)	0.10
$\lambda_{lim} = 25/v$ (-)	161	$\lambda_{lim} = 25/v$ (-)	242
l_0 (mm)	18900	l_0 (mm)	18900
i (mm)	289	i (mm)	289
λ (-)	65	λ (-)	65
$\lambda < \lambda_{lim}$ (-)	VERO	$\lambda < \lambda_{lim}$ (-)	VERO
$l_0/200$ (mm)	94.5	$l_0/200$ (mm)	94.5
M1 = Ned * $l_0/200$ (kNm)	256	M1 = Ned * $l_0/200$ (kNm)	170
M2 = Ned * $l_0/200$ (kNm)	256	M2 = Ned * $l_0/200$ (kNm)	170

Tabella 12- Sfuttamento resistenza puntone in c.a. sul Calcolo 2, SLU e SLE

La verifica della sezione, che è stata effettuata valutando le sollecitazioni derivanti dall'instabilità e dal peso proprio del puntone ($1m * 1m * 25kN/m^3 = 25 kN/m$), risulta soddisfatta e si rimanda agli allegati per le verifiche strutturali.

Tale sezione avrà un'incidenza di 140 kg/m³.

8.2 TRAVE DI RIPARTIZIONE PUNTONI IN C.A.

La trave di ripartizione degli scarichi concentrati dati dai puntoni, è un elemento continuo in c.a. di altezza pari a 1 m e larghezza pari a 1.4 m. Verrà dimensionata con il carico uniformemente distribuito ricavato dal software Paratie Plus, ovvero $q=451$ kN/m (Figura 64).

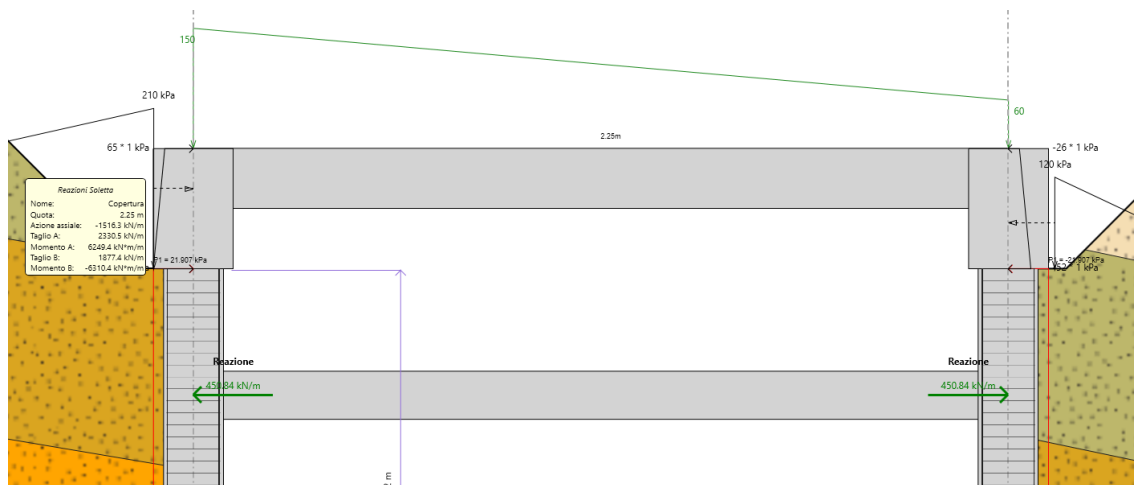


Figura 64: Carico agente sulla trave di ripartizione

$$M_{SLU} = q \cdot l^2 / 12 = 451 \cdot 6^2 / 12 = 1353 \text{ kNm}$$

$$V_{SLU} = q \cdot l / 2 = 451 \cdot 6 / 2 = 1353 \text{ kN}$$

$$N_{SLU} = 0$$

$$M_{SLE} = q \cdot l^2 / 12 = 300 \cdot 6^2 / 12 = 900 \text{ kNm}$$

$$V_{SLE} = q \cdot l / 2 = 300 \cdot 6 / 2 = 900 \text{ kN}$$

$$N_{SLE} = 0$$

Le verifiche SLU e SLE risultano soddisfatte predisponendo un'incidenza di armatura della trave di ripartizione pari a 95 kg/m^3 (vedi allegati di calcolo a fine relazione).

La trave è fissata alle strutture dei pali tramite opportuni inghisaggi. Questi sono soggetti ad uno sforzo tagliante dato dal peso proprio dei puntoni e della trave stessa. In configurazione finale la trave appoggia sulle pareti di rivestimento in c.a..

A favore di sicurezza si verificano gli inghisaggi con le seguenti ipotesi:

1. Puntoni completamente scarichi (no compressione)
2. Paretine assenti

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 67 di 118</p>
---	--

Si eseguono due verifiche:

1. In corrispondenza dell'attacco dei puntoni
2. In corrispondenza della trave di ripartizione

1. Attacco puntoni

I puntoni sono considerati incernierati sui pali. L'azione trasmessa all'appoggio è di puro taglio. Si considera resistente il solo inghisaggio sul palo più prossimo.

peso proprio del puntone, pp,punt

$$a = 1.00 \text{ m}$$

$$b = 1.00 \text{ m}$$

$$L = 18.90 \text{ m}$$

$$pp,punt = a*b*L/2*25 = 236.25 \text{ kN}$$

$$P, SLU = 1.3 * (pp,punt) = 307.1 \text{ kN} \quad (\text{ogni 6 metri})$$

2. Trave di ripartizione

La trave è sostenuta verticalmente dagli inghisaggi. Il carico verticale ha una eccentricità pari a metà della larghezza della trave stessa, ovvero 0.70m. Si verifica l'azione sul singolo palo, posto ad un interasse di 1.60m.

peso proprio della trave, pp,rip

$$a = 1.00 \text{ m}$$

$$b = 1.40 \text{ m}$$

$$i = 1.60 \text{ m}$$

$$P,rip = a*b*i*25 = 56.00 \text{ kN}$$


$$M,rip = Prip*e = 39.2 \text{ kNm}$$

$$P, SLU = 1.3 * (P,rip) = 72.8 \text{ kN} \quad (\text{ogni palo})$$

$$M, SLU = 1.3 * (M,rip) = 51.0 \text{ kN} \quad (\text{ogni palo})$$

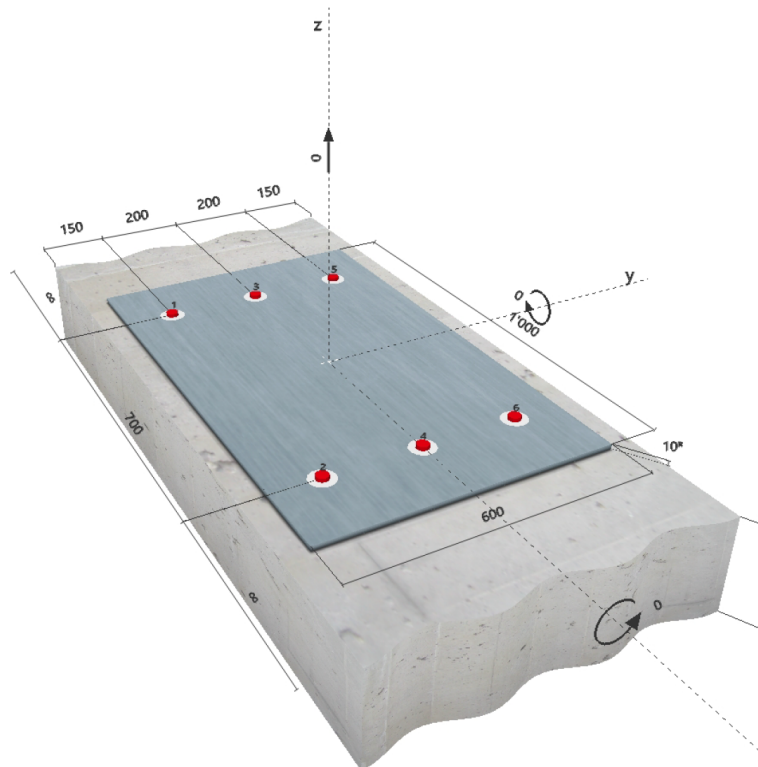
Nel seguito si riportano le verifiche degli ancoraggi sui pali.

1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-RE 500 V3 + Rebar B500B 26mm	
Return period (service life in years):	50	
Hilti Seismic set o altro sistema per il riempimento dello spazio aulare tra piastra e ancorante.		
Profondità di posa effettiva:	$h_{ef,act} = 400 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{ mm}$)	
Materiale:	B500B	
Certificazione No.:	ETA 16/0143	
Emesso l Valido:	14/05/2019 -	
Prova:	Metodo di calcolo SOFA + fib (07/2011) – dopo prove ETAG BOND	
Fissaggio distanziato:	$e_n = 0 \text{ mm}$ (Senza distanziamento); $t = 10 \text{ mm}$	
Piastra d'ancoraggio:	$l_x \times l_y \times t = 1'000 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)	
Profilo:	nessun profilo	
Materiale base:	non fessurato calcestruzzo, C25/30, $f_{c,cyl} = 25.00 \text{ N/mm}^2$; $h = 1'500 \text{ mm}$, Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C	
Installazione:	Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto	
Armatura:	nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150 \text{ mm}$ (qualunque \varnothing) o $\geq 100 \text{ mm}$ ($\varnothing \leq 10 \text{ mm}$) senza armatura di bordo longitudinale	

^R - Il calcolo dell'ancoraggio presuppone la presenza di una piastra di ancoraggio rigida.

Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 69 di 118
---	---

1.1 Combinazioni di carico

Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Utilizzo massimo [%]
1	Combinazione 1	$V_x = 307.100; V_y = 0.000; N = 0.000;$ $M_x = 0.000; M_y = 0.000; M_z = 0.000;$	no	no	82
2	Combinazione 2	$V_x = 72.800; V_y = 0.000; N = 0.000;$ $M_x = 0.000; M_y = 51.000; M_z = 0.000;$	no	no	49

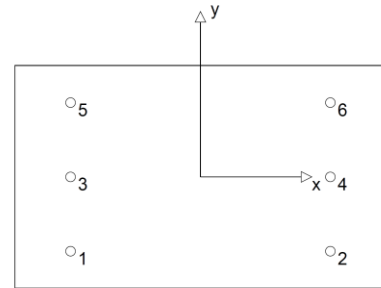
2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Condizione di carico: Carichi di progetto

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	0.000	51.183	51.183	0.000
2	0.000	51.183	51.183	0.000
3	0.000	51.183	51.183	0.000
4	0.000	51.183	51.183	0.000
5	0.000	51.183	51.183	0.000
6	0.000	51.183	51.183	0.000



Compressione max. nel calcestruzzo: - [%]
 Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: - [N/mm²]
 risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0/0): 0.000 [kN]
 risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/0): 0.000 [kN]

Le forze di ancoraggio vengono calcolate presupponendo una piastra di ancoraggio rigida.

4 Carico di taglio SOFA (fib (07/2011), paragrafo 16.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_v [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	51.183	97.333	53	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	307.100	419.935	74	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y+***	102.367	125.654	82	OK

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Sd} [kN]
146.000	1.500	97.333	51.183

4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$\psi_{A,N}$	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k_4
1'330'000	1'440'000	0.924	600	1'200	2.000
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1.000	0	1.000	0.775	1.000
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	V_{Sd} [kN]		
440.000	1.500	419.935	307.100		

4.3 Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y+

l_f [mm]	d_{nom} [mm]	k_v	α	β		
208	26.0	2.400	0.118	0.070		
c_1 [mm]	$A_{c,v}$ [mm ²]	$A_{c,v}^0$ [mm ²]	$\psi_{A,v}$			
150	202'500	101'250	2.000			
$\psi_{s,v}$	$\psi_{h,v}$	$\psi_{a,v}$	$e_{c,v}$ [mm]	$\psi_{ec,v}$	$\psi_{re,v}$	$\psi_{90^{\circ},v}$
1.000	1.000	2.000	0	1.000	1.000	2.000
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Sd} [kN]			
47.120	1.500	125.654	102.367			

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 70 di 118
---	---

8.3 PARETI DI RIVESTIMENTO

Tutte le sezioni tipo prevedono delle paretine di rivestimento in c.a., a finitura della galleria e protezione dei pali. Dal punto di vista statico le paretine assolvono alla sola funzione di ritegno nei confronti della spinta dell'acqua di falda, poiché la paratia di pali non è considerabile impermeabile.

Le paretine in c.a. hanno spessore pari a 25cm, nascono sul solettone di fondo, e si intestano sul cordolo dei pali.

Lo schema statico considerato è di incastro-incastro; si considera l'acqua presente per i primi 6m dal fondo scavo, ovvero per circa i primi 4.50m di parete. Si considera una compressione data, oltre che dal peso proprio della parete stessa, dalla sottospinta idraulica agente sul solettone di fondo, ridotta del peso proprio del solettone stesso e del suo ricoprimento.

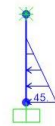
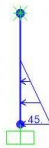
Si sono analizzate le 4 situazioni corrispondenti alle 4 sezioni di calcolo.

	Hparete	Lsolettone
calcolo 1	6.3	18.9
calcolo 2	7.8	18.9
calcolo 3	5.4	13.1
calcolo 4	6.2	17.7

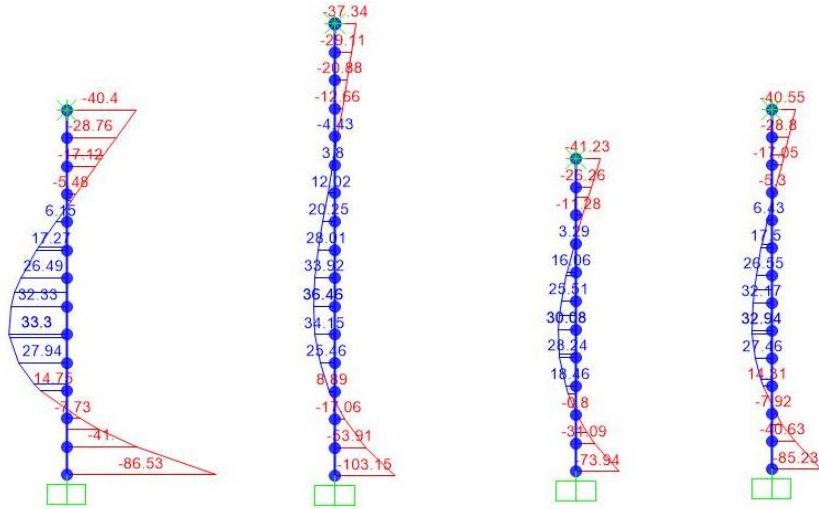
Carichi orizzontali

La spinta orizzontale dell'acqua sulla parete è triangolare; il massimo è pari a:

$$w = 4.50\text{m} * 10\text{kN/mc} = 45 \text{ kN/mq}$$



Si ottengono le seguenti sollecitazioni, per i 4 calcoli:



Carichi assiali

I carichi sul solettone sono:

$$\begin{aligned}
 pp &= 1.20 \cdot 25 = 30.0 \text{ kN/mq} \\
 perm &= 20.0 \text{ kN/mq} \\
 w &= -60.0 \text{ kN/mq}
 \end{aligned}$$

Agli SLU si amplificano i pesi permanenti ed il pp del solettone per 1.30 (azioni sfavorevoli), si amplifica la spinta dell'acqua per 1.30 (in quanto è lo stesso carico che viene amplificato per 1.30 nel calcolo della flessione sulla parete). Il peso proprio della parete viene amplificato per 1.00 (azione favorevole).

Di seguito si mostra la valutazione dell'azione assiale nelle pareti per i 4 calcoli, nelle tre sezioni tipologiche per ciascun calcolo (incastro a terra, mezzeria, incastro sup.).

	<i>H</i> parete	<i>sp.parete</i>	<i>pp.parete</i>	<i>L</i> solettone	<i>pp,solettone</i>	<i>pp,perm</i>
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>kN/m</i>	<i>m</i>	<i>kN/mq</i>	<i>kN/mq</i>
calcolo 1	6.3	0.25	39.375	18.9	30	20
calcolo 2	7.8	0.25	48.75	18.9	30	20
calcolo 3	5.4	0.25	33.75	13.1	30	20
calcolo 4	6.2	0.25	38.75	17.7	30	20

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 72 di 118
---	---

	N parete									
	<i>incastro inf.</i>					<i>mezzeria</i>		<i>incastro sup.</i>		
	<i>pp</i>	<i>w,solettone</i>	<i>pp,solettone</i>	<i>perm,solett.</i>	<i>N,SLUmin</i>	<i>N,SLE</i>	<i>N,SLUmin</i>	<i>N,SLE</i>	<i>N,SLUmin</i>	<i>N,SLE</i>
	<i>kN/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kN/m</i>
calcolo 1	39.4	567.0	-283.5	-189.0	162.2	133.9	142.5	114.2	122.9	94.5
calcolo 2	48.8	567.0	-283.5	-189.0	171.6	143.3	147.2	118.9	122.9	94.5
calcolo 3	33.8	393.0	-196.5	-131.0	118.9	99.3	102.0	82.4	85.2	65.5
calcolo 4	38.8	531.0	-265.5	-177.0	153.8	127.3	134.4	107.9	115.1	88.5

Sollecitazioni di progetto

In funzione di quanto sopra esposto, si mostrano le sollecitazioni considerate nelle verifiche strutturali:

	<i>incastro inf.</i>				<i>mezzeria</i>				<i>incastro sup.</i>			
	<i>N,SLUmin</i>	<i>M,SLU</i>	<i>N,SLE</i>	<i>M,SLE</i>	<i>N,SLUmin</i>	<i>M,SLU</i>	<i>N,SLE</i>	<i>M,SLE</i>	<i>N,SLUmin</i>	<i>M,SLU</i>	<i>N,SLE</i>	<i>M,SLE</i>
	<i>kN/m</i>	<i>kNm/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kNm/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kNm/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kNm/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kNm/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kNm/m</i>
calcolo 1	162.2	-86.5	133.9	-66.6	142.5	33.3	114.2	25.6	122.9	-40.4	94.5	-31.1
calcolo 2	171.6	-103.2	143.3	-79.3	147.2	36.5	118.9	28.1	122.9	-37.3	94.5	-28.7
calcolo 3	118.9	-73.9	99.3	-56.9	102.0	30.1	82.4	23.1	85.2	-41.2	65.5	-31.7
calcolo 4	153.8	-85.3	127.3	-65.6	134.4	32.9	107.9	25.3	115.1	-40.6	88.5	-31.2

Le verifiche strutturali sono mostrate in allegato.

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 73 di 118
---	---

8.4 SOLETTA DI FONDAZIONE

Il solettone di fondo è costituito da una piastra in c.a. da 120 cm di spessore, gettata su terra. Funge da elemento di contrasto al piede dei pali, senza essere ad essi connesso (puntone); resiste inoltre alle eventuali sottospinte idrauliche.

A favore di sicurezza si trascura, nel progetto, la compressione data dal comportamento a puntone (che interviene solo per i carichi successivi alla messa in opera, quindi comunque minima).

Di seguito, in forma tabellare, le sollecitazioni di calcolo:

	<i>L</i> _{solettone}	<i>pp</i> , _{solettone}	<i>pp</i> , _{perm}	<i>water</i>	<i>p</i> , _{SLE}	<i>p</i> , _{SLU}	<i>M</i> , _{SLE}	<i>M</i> , _{SLE}
	<i>m</i>	<i>kN/mq</i>	<i>kN/mq</i>	<i>kN/mq</i>	<i>kN/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kN/m</i>	<i>kN/m</i>
calcolo 1	18.9	30	20	-60	-10.0	-28.0	-446.5	-1250.2
calcolo 2	18.9	30	20	-60	-10.0	-28.0	-446.5	-1250.2
calcolo 3	13.1	30	20	-60	-10.0	-28.0	-214.5	-600.6
calcolo 4	17.7	30	20	-60	-10.0	-28.0	-391.6	-1096.5

Le verifiche strutturali sono mostrate in allegato.

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 74 di 118</p>
--	---

8.5 GALLERIA

Si riporta di seguito un riassunto delle verifiche strutturali dimensionante (principalmente SLE) per gli elementi costituenti la galleria artificiale Metodo Milano

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 75 di 118</p>
--	---

GA01 (pali in Tabella 15, cordoli in Tabella 16, soletta superiore in

Tabella 17, piedritti e soletta inferiore) per le altre verifiche e per i dettagli di queste ultime si rimanda agli allegati di calcolo.

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 76 di 118
---	---

L'incidenza media dei piedritti pesata fra tutti i calcoli (1,2,3 e 4) risulta essere pari a 190 kg/m³ (Tabella 13).

CALCOLO 1

h	6.3
Vcls (m ³)	1.575
γ acc (kg/m ³)	7850

PARETE TOT						
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)
armatura flex incastro inf	16	1.578	3.5	15	1	82.9
armatura flex mezzeria	16	1.578	6.2	10	1	97.9
armatura flex incastro sup	16	1.578	2.6	10	1	41.0
armatura trasv	12	0.888	1	78	1.15	79.6
TOT						301.4

INCIDENZA= Ptot/V (kg/m³)	195.00
---	--------

CALCOLO 2

h	7.8
Vcls (m ³)	1.95
γ acc (kg/m ³)	7850

PARETE TOT						
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)
armatura flex incastro inf	16	1.578	3.5	15	1	82.9
armatura flex mezzeria	16	1.578	7.7	10	1	121.5
armatura flex incastro sup	16	1.578	2.6	10	1	41.0
armatura trasv	12	0.888	1	78	1.15	79.6
TOT						325.1

INCIDENZA= Ptot/V (kg/m³)	170.00
---	--------

CALCOLO 3

h	5.4
Vcls (m ³)	1.35
γ acc (kg/m ³)	7850

PARETE TOT						
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)
armatura flex incastro inf	16	1.578	3	15	1	71.0
armatura flex mezzeria	16	1.578	5.3	10	1	83.7
armatura flex incastro sup	16	1.578	2.6	10	1	41.0
armatura trasv	12	0.888	1	78	1.15	79.6
TOT						275.4

INCIDENZA= Ptot/V (kg/m³)	205.00
---	--------

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 77 di 118
---	---

CALCOLO 4

h	6.2
Vcls (m³)	1.55
γ acc (kg/m³)	7850

PARETE TOT						
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)
armatura flex incastro inf	16	1.578	3.5	15	1	82.9
armatura flex mezzeria	16	1.578	6.1	10	1	96.3
armatura flex incastro sup	16	1.578	2.6	10	1	41.0
armatura trasv	12	0.888	1	78	1.15	79.6
TOT						299.8

INCIDENZA= Ptot/V (kg/m³)	195.00
----------------------------------	--------

calcolo	i,i	L,i	V,i	i,i*V,i
1	195.00	48	151.2	29484
2	170.00	84	327.6	55692
3	205.00	84	226.8	46494
4	195.00	204	632.4	123318
TOT			1338	254988

incidenza media pesata	190
-------------------------------	------------

Tabella 13 – Incidenza pareti di rivestimento

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 78 di 118
---	---

L'incidenza della soletta inferiore in tutti i calcoli (1,2,3 e 4) risulta essere pari a 155 kg/m³ (Tabella 14).

Vcls (m ³)	22.68					
γ acc (kg/m ³)	7850					
		SOLETTONE DI FONDAZIONE				
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)
armatura flex sup incastro SX	22	2.984	6	5	1	89.5
armatura flex sup mezzeria	22	2.984	12	5	1	179.0
armatura flex sup incastro DX	22	2.984	6	5	1	89.5
armatura flex inf	20	2.466	24	5	2	591.9
armatura trasv	14	1.208	18.9	94.5	1.15	2482.0
					TOT	3432.0
INCIDENZA= Ptot/V (kg/m³)	155.00					

Tabella 14 – Incidenza solettone di fondazione

CALCOLO 1 - VERIFICA SEZIONE MASSIMA PER GEOMETRIE E COPERTURE PK 440

Soletta		Cordolo		Soluzione pali 1500mm passo 1.6 m										Verifiche SLE												
H (m)	Luce (m)	Ht max (m)	Ht min (m)	H (m)	Largh (m)	Nmax SLE	Mmax SLE	Vmax SLE	Nmax SLU	Mmax SLU	Vmax SLU	Arm Long	Arm Trasv	sc	ss	wk	Incidenza media									
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	[kN/m]	[kN/palo]	[kNm/m]	[kNm/palo]	[kNm/m]	[kNm/palo]	n barre ϕ	(mm) ϕ st	(Mpa)	(Mpa)	(mm)	[kg/m3]									
1.5	22.3	5	5	1.5	2	1.6	2973	2230	3568	0	0	1608	2573	3247	5195	1329	2126	72	28	12	10	10.34	166.8	0.277	280	185
				I	GABBIA	0	1.6	0	422	675	0	0	0	610	976	254	406	21	28	12	20	3.42	121.5	0.23	90	

CALCOLO 2-VERIFICA SEZIONE MASSIMA PER GEOMETRIE E COPERTURE PK 500

Soletta		Cordolo		Soluzione pali 1500mm passo 1.6 m										Verifiche SLE												
H (m)	Luce (m)	Ht max (m)	Ht min (m)	H (m)	Largh (m)	Nmax SLE	Mmax SLE	Vmax SLE	Nmax SLU	Mmax SLU	Vmax SLU	Arm Long	Arm Trasv	sc	ss	wk	Incidenza media									
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	[kN/m]	[kN/palo]	[kNm/m]	[kNm/palo]	[kNm/m]	[kNm/palo]	n barre ϕ	(mm) ϕ st	(Mpa)	(Mpa)	(mm)	[kg/m3]									
1.5	18.4	7.5	3	3	2	1.6	2388	2248	3597	0	0	1461	2338	3273	5237	1340	2144	72	28	12	10	10.38	174	0.292	280	150
				I	GABBIA	0	1.6	0	383	613	0	0	0	542	867	287	459	20	28	12	20	3.26	120.4	0.272	85	

CALCOLO 3-VERIFICA SEZIONE C DELLA TRATTA PK 600

Soletta		Cordolo		Soluzione pali 1500mm passo 1.6 m										Verifiche SLE												
H (m)	Luce (m)	Ht max (m)	Ht min (m)	H (m)	Largh (m)	Nmax SLE	Mmax SLE	Vmax SLE	Nmax SLU	Mmax SLU	Vmax SLU	Arm Long	Arm Trasv	sc	ss	wk	Incidenza media									
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	[kN/m]	[kN/palo]	[kNm/m]	[kNm/palo]	[kNm/m]	[kNm/palo]	n barre ϕ	(mm) ϕ st	(Mpa)	(Mpa)	(mm)	[kg/m3]									
1.5	12.6	5	5	3	2	1.6	1626	1206	1930	0	0	1016	1626	1774	2838	532	851	48	24	12	10	7.33	145.7	0.252	150	115
				I	GABBIA	0	1.6	0	425	680	0	0	0	639	1022	290	464	26	24	12	20	2.18	93.06	0.214	80	

CALCOLO 4 - VERIFICA SEZIONE INTERMEDIA CON COPERTURE MASSIME DELLA TRATTA PK 760

Soletta		Cordolo		Soluzione pali 1500mm passo 1.6 m										Verifiche SLE												
H (m)	Luce (m)	Ht max (m)	Ht min (m)	H (m)	Largh (m)	Nmax SLE	Mmax SLE	Vmax SLE	Nmax SLU	Mmax SLU	Vmax SLU	Arm Long	Arm Trasv	sc	ss	wk	Incidenza media									
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	[kN/m]	[kN/palo]	[kNm/m]	[kNm/palo]	[kNm/m]	[kNm/palo]	n barre ϕ	(mm) ϕ st	(Mpa)	(Mpa)	(mm)	[kg/m3]									
1.5	21.1	5	5	1.5	2	1.6	2481	2035	3256	0	0	1526	2441	2977	4763	853	1365	64	30	12	10	9.44	149.4	0.292	285	225
				I	GABBIA	0	1.6	0	850	1360	0	0	0	1233	1973	611	978	36	30	12	20	4.31	137.7	0.285	160	

Tabella 15 – Verifiche strutturali e Incidenza delle armature dei pali

CALCOLO 1 - VERIFICA SEZIONE A ALLA PK 440																						
Soluzione pali 1500mm passo 1,6m																						
Soletta	Cordolo			Ht max (m)	Ht min (m)	H(m)	Largh (m)	Nmax [kN/m]	Mmax [kNm/m]	Vmax [kN/m]	Arm Long			Arm Trasl			Arm Taglio			Verifiche SLE		
	Luce (m)	H(m)	Largh (m)								n barre	φ (mm)	φ (mm)	n barre	φ (mm)	φ (mm)	n barre	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)
1.5	22.3	5	5	5	1.5	2	1533	3717	1479	20	24	10	20	16	20	12	10	50	7.18	177.82	0.263	175
CALCOLO 2-VERIFICA SEZIONE A1 ALLA PK 500																						
Soluzione pali 1500mm passo 1,6m																						
Soletta	Cordolo			Ht max (m)	Ht min (m)	H(m)	Largh (m)	Nmax [kN/m]	Mmax [kNm/m]	Vmax [kN/m]	Arm Long			Arm Trasl			Arm Taglio			Verifiche SLE		
	Luce (m)	H(m)	Largh (m)								n barre	φ (mm)	φ (mm)	n barre	φ (mm)	φ (mm)	n barre	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)
1.5	18.4	7.5	3	3	1.5	2	1311	3650	1456	20	24	10	20	16	20	12	10	50	7.27	179.93	0.288	175
CALCOLO 3-VERIFICA SEZIONE C ALLA PK 600																						
Soluzione pali 1500mm passo 1,6m																						
Soletta	Cordolo			Ht max (m)	Ht min (m)	H(m)	Largh (m)	Nmax [kN/m]	Mmax [kNm/m]	Vmax [kN/m]	Arm Long			Arm Trasl			Arm Taglio			Verifiche SLE		
	Luce (m)	H(m)	Largh (m)								n barre	φ (mm)	φ (mm)	n barre	φ (mm)	φ (mm)	n barre	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)
1.5	12.6	5	5	5	1.5	2	885	1831	658	10	20	10	20	16	20	12	10	50	4.99	195.66	0.291	105
CALCOLO 4-VERIFICA SEZIONE D ALLA PK 760																						
Soluzione pali 1500mm passo 1,6m																						
Soletta	Cordolo			Ht max (m)	Ht min (m)	H(m)	Largh (m)	Nmax [kN/m]	Mmax [kNm/m]	Vmax [kN/m]	Arm Long			Arm Trasl			Arm Taglio			Verifiche SLE		
	Luce (m)	H(m)	Largh (m)								n barre	φ (mm)	φ (mm)	n barre	φ (mm)	φ (mm)	n barre	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)
1.5	22.3	5	5	5	1.5	2	1552	2996	979	20	20	10	20	16	20	12	10	50	7.95	210.23	0.287	145

Tabella 16 – Verifiche strutturali e Incidenza delle armature del cordolo

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 82 di 118</p>
---	--

9 VERIFICHE GEOTECNICHE

9.1 SLU di tipo geotecnico

Le verifiche SLU di tipo geotecnico eseguite sono le seguenti:

- verifica di stabilità della parte infissa dei pali - Combinazione 2: A2+M2+R2 (+ sisma);
- verifica di stabilità delle pareti di scavo – Combinazione 2: A2+M2+R2 (+ sisma);
- verifica al carico limite di pali - Combinazione 2: A1+M1+R3 (+ sisma);

Le verifiche di stabilità globale dell'opera non vengono eseguite in quanto le superfici di scorrimento andrebbero ad interessare strati profondi che generano fattori di sicurezza elevati pertanto si ritengono soddisfatte.

In fase sismica, come da DM 2018, i parametri geotecnici nella combinazione sismica non vengono abbattuti.

9.2 Verifica di stabilità della parte infissa dei pali

La profondità d'infissione della paratia nel terreno è stata definita in modo da assicurare un idoneo incastro nei confronti delle spinte orizzontali.

Nel calcolo dell'opera effettuato agli Stati Limite Ultimi, l'avvenuta convergenza del calcolo all'ultimo step di calcolo già garantisce di per sé la stabilità dell'opera nei riguardi della deformazione rotazionale della paratia:

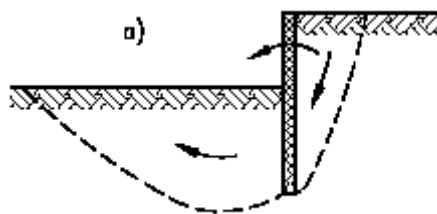


Figura 65 - Stato limite di rottura per rotazione di paratie

Si riportano qui di seguito in Tabella 18 il valore della spinta effettiva e della spinta passiva disponibile per i vari calcoli effettuati riferimento allo step di innalzamento della falda per il caso a2+m2 statico e all'ultimo step di calcolo Sismico:

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 83 di 118
---	---

Muro sinistra			
Calcolo	Combinazione	S _{eff} [kN/m]	S _{pass} [kN/m]
Calcolo 1	SLU A2+M2	674	1815
	SLU SISMA GEO	749	4101
Calcolo 2	SLU A2+M2	1176	3303
	SLU SISMA GEO	1299	6994
Calcolo 3	SLU A2+M2	948	2792
	SLU SISMA GEO	1041	5944
Calcolo 4	SLU A2+M2	756	2126
	SLU SISMA GEO	867	4873

Muro destra			
Calcolo	Combinazione	S _{eff} [kN/m]	S _{pass} [kN/m]
Calcolo 1	SLU A2+M2	419	1504
	SLU SISMA GEO	496	3578
Calcolo 2	SLU A2+M2	475	2996
	SLU SISMA GEO	606	6517
Calcolo 3	SLU A2+M2	389	2199
	SLU SISMA GEO	488	4943
Calcolo 4	SLU A2+M2	569	1772
	SLU SISMA GEO	652	4097

Tabella 18 - Verifica della profondità di infissione tramite il confronto tra la spinta efficace e la spinta passiva disponibile

9.2.1 Verifica di stabilità della parte infissa dei pali

Si eseguono le verifiche di stabilità delle pareti di scavo

Per le analisi di stabilità del pendio sono stati presi in considerazione i seguenti Stati

Limite di progetto:

- Stato Limite Ultimo - Combinazione A2+M2 (SLU-2): le analisi sono svolte considerando i valori di progetto delle azioni esterne A2 (ottenuti amplificando con opportuni coefficienti parziali i valori caratteristici, $A2=\gamma_2 \cdot Ak$), i parametri geotecnici sono ridotti dividendo i parametri caratteristici Mk per opportuni coefficienti ($M2=Mk / \gamma_2$).

Le stratigrafie di progetto e i parametri geotecnici sono i medesimo indicati al capitolo di caratterizzazione delle diverse sezioni di calcolo a cui si rimanda.

Le scarpate hanno pendenza 2(v)/3(o) fino alla quota di esecuzione dei pali mentre hanno pendenza 1/1 nella parte finale per permettere la realizzazione della scapitozzatura e la realizzazione del cordolo. Non si riportano le verifiche di stabilità in configurazione finale in quanto le pendenze sono inferiori alle usuali pendenze massime dei materiali compattati come da capitolato ANAS.

Nella seguente tabella sono riassunti i coefficienti parziali utilizzati nelle analisi di calcolo illustrate nei seguenti capitoli, con riferimento ai diversi stati limite analizzati per le analisi di stabilità svolte.

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 84 di 118
---	---

		SLU-2 (A₂+M₂)
AZIONI	Permanenti (peso proprio)	1,00
	Temporanee (sovraccarichi)	1,30
	Sisma	-
PARAMETRI DEL TERRENO	tan ϕ'	1,25
	c'	1,25
	c _u	1,40

Tabella 19 - Verifica della profondità di infissione tramite il confronto tra la spinta efficace e la spinta passiva disponibile

Si presentano di seguito i modelli di calcolo:

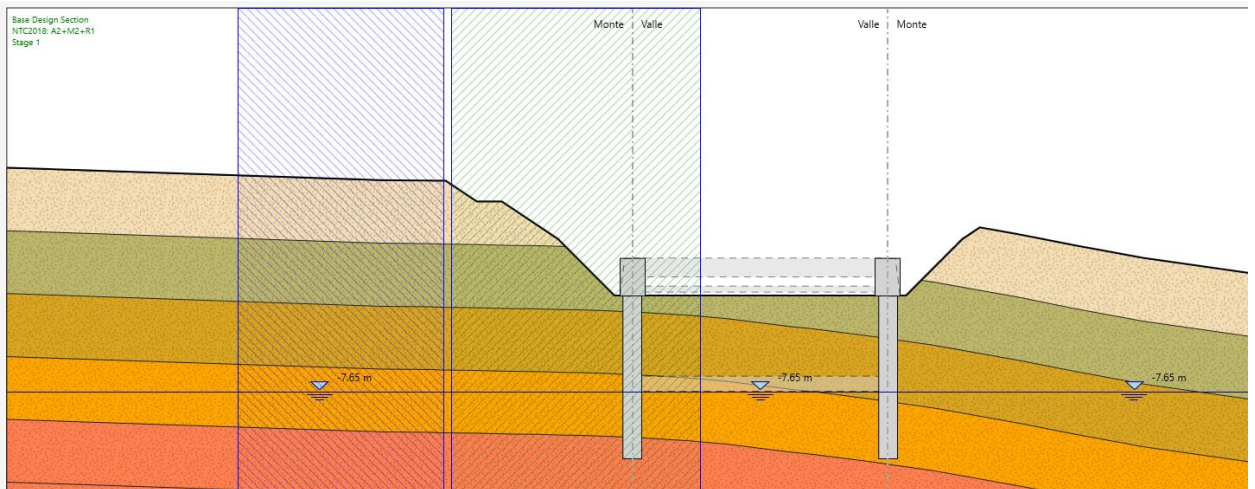


Figura 66 – Calcolo 1: Modello di calcolo per la verifica di stabilità delle pareti di scavo

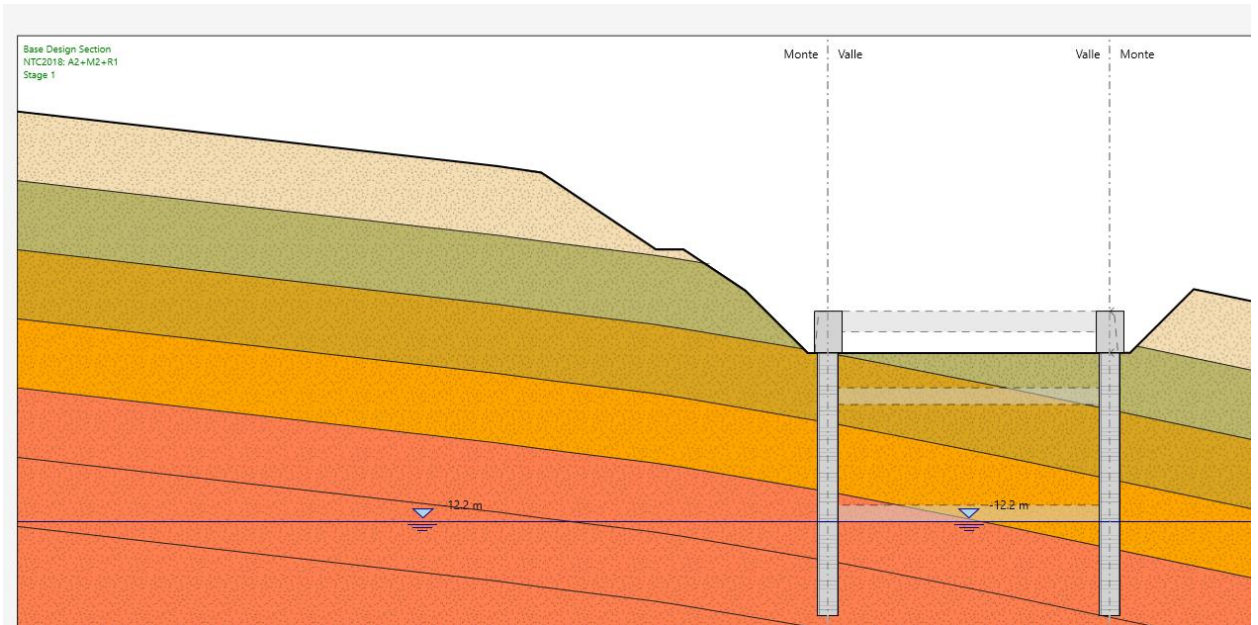


Figura 67 – Calcolo 2: Modello di calcolo per la verifica di stabilità delle pareti di scavo

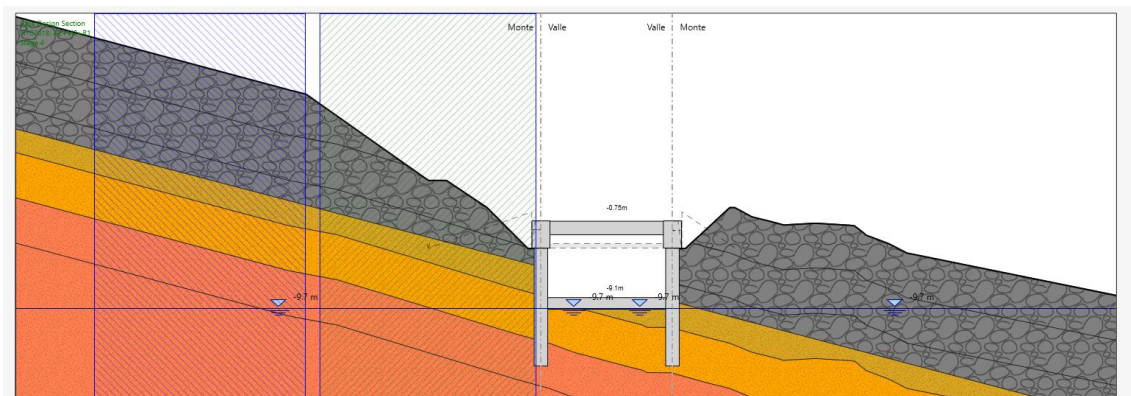


Figura 68 – Calcolo 3: Modello di calcolo per la verifica di stabilità delle pareti di scavo

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 86 di 118
---	---

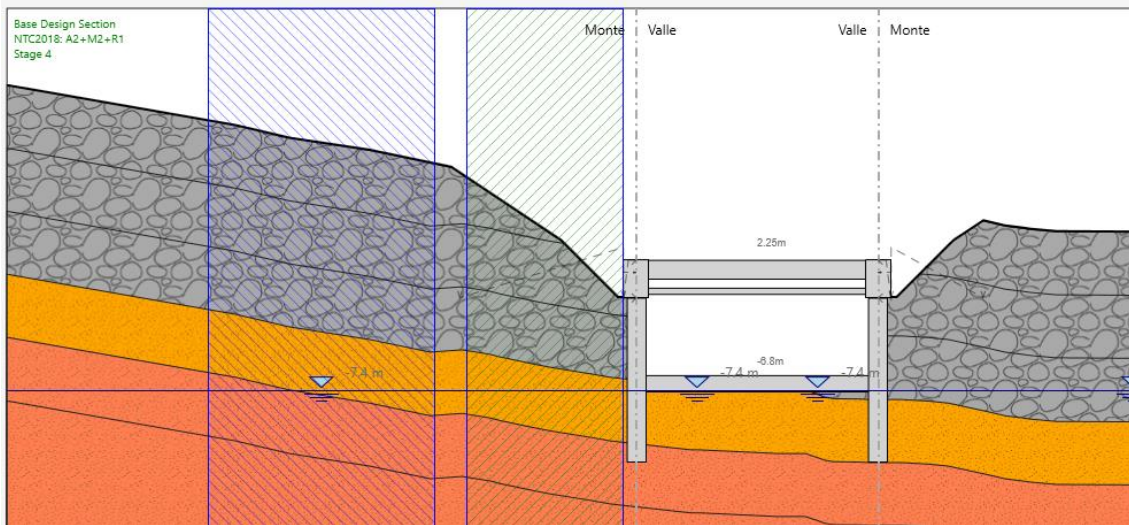


Figura 69 – Calcolo 4: Modello di calcolo per la verifica di stabilità delle pareti di scavo

Si riportano di seguito i fattori di sicurezza Delle scarpate:

	Combinazione	F _s	F _{Slim}
Calcolo 1	SLU A2+M2	2.167	1.1
Calcolo 2	SLU A2+M2	2.044	1.1
Calcolo 3	SLU A2+M2	1.613	1.1
Calcolo 4	SLU A2+M2	1.711	1.1

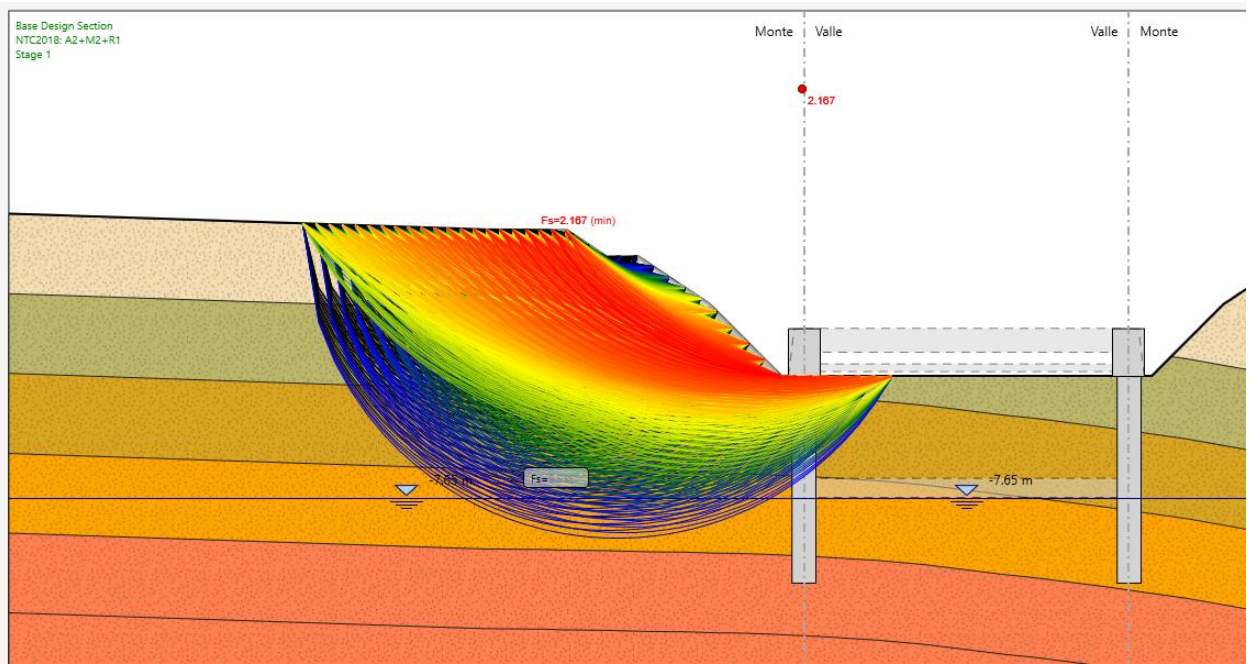


Figura 70 - Calcolo 1: calcolo per la verifica di stabilità delle pareti di scavo

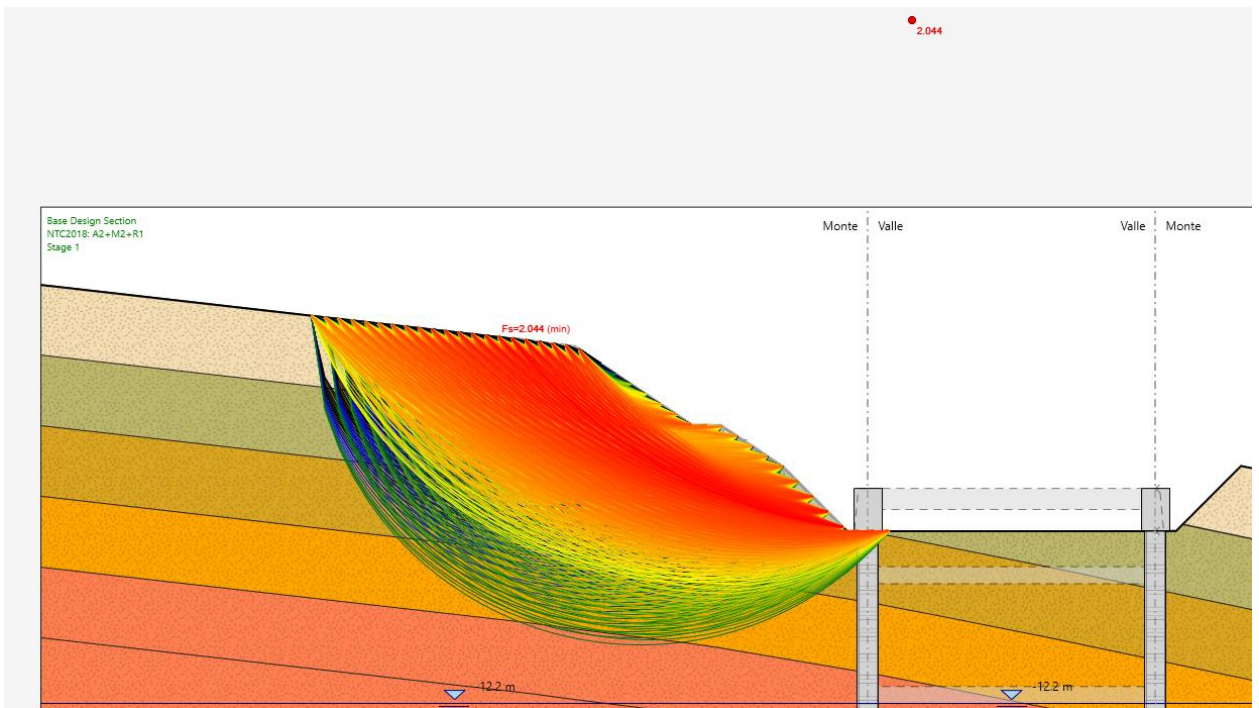


Figura 71 - Calcolo 2: calcolo per la verifica di stabilità delle pareti di scavo

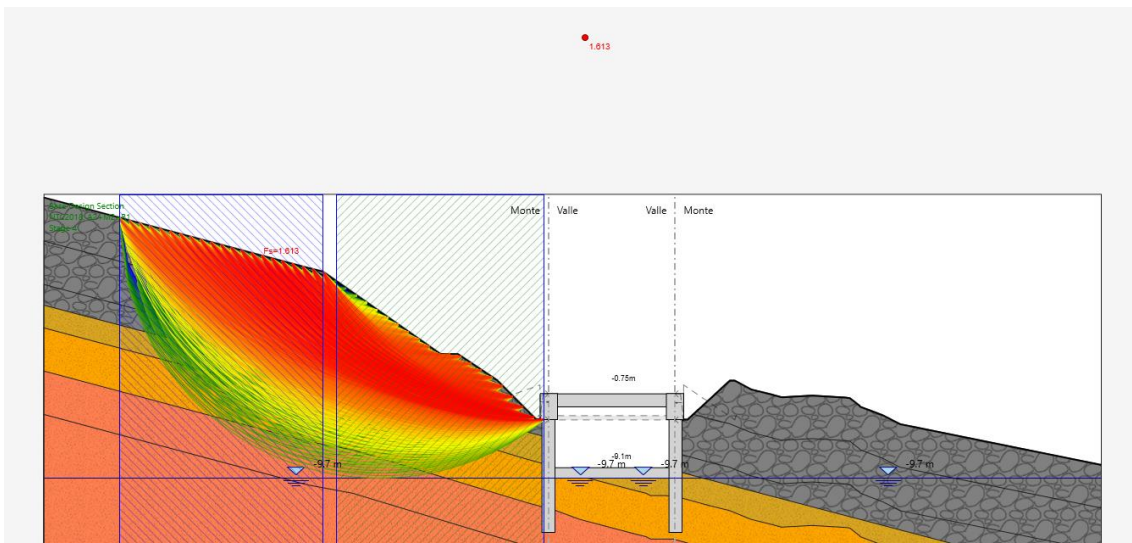


Figura 72 - Calcolo 3: calcolo per la verifica di stabilità delle pareti di scavo

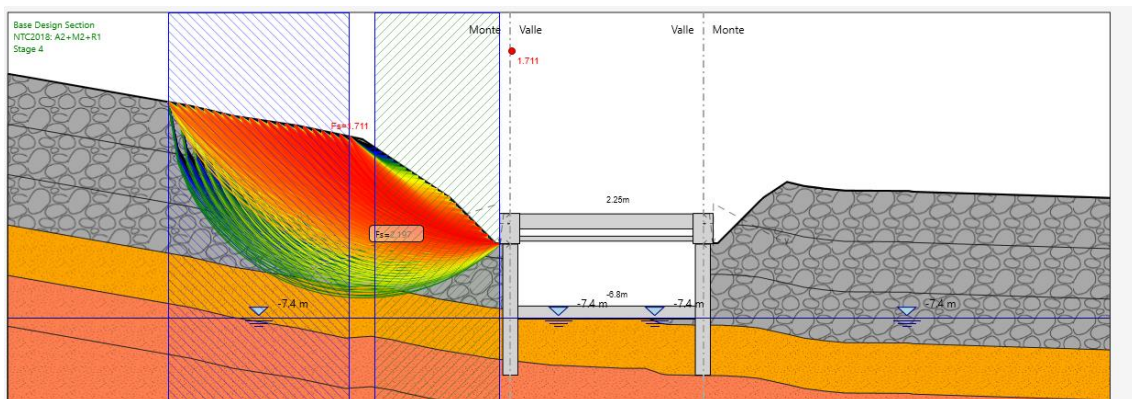


Figura 73 - Calcolo 4: calcolo per la verifica di stabilità delle pareti di scavo

9.2.2 Verifica al carico limite

In accordo con quanto definito nel par. 6.2.4. delle NTC 2018, devono essere svolte le seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese:

- verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU);
- verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE).

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione

$$Ed \leq Rd \quad (\text{Eq. 6.2.1 delle NTC 2018})$$

dove:

Ed = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 89 di 118
---	---

Rd = valore di progetto della resistenza.

Le verifiche delle fondazioni su pali devono essere effettuate con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione [6.2.1] sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
 - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
 - collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
 - stabilità globale;
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza dei pali;
 - raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3) in cui R3 si ricava dalle tabelle di cui al seguito:

Tabella 20 Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

Tabella 21: Coefficiente parziale γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3) $\gamma_T = 1,3$

Se la resistenza è dedotta da metodi di calcolo analitici il valore caratteristico della resistenza è dato dal minore dei valori ottenuti applicando al valore medio e al valore minimo delle resistenze calcolate $R_{c,cal}$ ($R_{t,cal}$) i fattori di correlazione ξ in funzione delle verticali di indagine:

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \min \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 90 di 118
---	---

Tabella 22: Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Si considera una verticale di indagine si considerano i coefficienti dei pali trivellati:

- $\xi_3 = \xi_4 = 1.7$
- γ_r base = 1.35
- γ_r laterale = 1.15

Si sottolinea che per quanto concerne le azioni di progetto E_d utili alle verifiche strutturali, tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali di cui sopra alle azioni caratteristiche, oppure, a posteriori, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche.

Per ogni Stato Limite d'Esercizio (SLE) deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq C_d \quad (\text{NTC 2018})$$

dove:

E_d = valore di progetto dell'effetto dell'azione;

C_d = valore limite prescritto dell'effetto delle azioni.

La verifica della condizione $E_d \leq C_d$ deve essere effettuata impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici dei materiali.

In campo sismico devono essere considerati almeno gli stessi stati limite considerati in campo statico.

Le verifiche agli stati limite ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) di cui al § 3.2.1; quelle agli stati limite di esercizio si riferiscono al solo stato limite di danno (SLD).

Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto, con i coefficienti parziali γ_R indicati nel capitolo 7 del NTC 2018, oppure con i γ_R indicati nel capitolo 6 del NTC 2018 laddove non espressamente specificato.

9.2.2.1 Criteri di dimensionamento nei confronti dei carichi assiali

La resistenza limite del palo può essere espressa come:

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 91 di 118</p>
---	---

$$Q_u = Q_l + Q_b = \sum_i A_{si} f_i + A_b q_b$$

in cui:

Q_u = carico verticale limite di compressione;

Q_l = aliquota della portata limite relativa alla superficie laterale del palo;

Q_b = aliquota della portata limite relativa alla base del palo;

A_{si} = area della superficie laterale del palo relativa al tronco i-esimo in cui si è suddiviso il palo ai fini del calcolo;

f_i = aderenza limite media nel tratto i-esimo del palo;

A_b = area di base del palo;

q_b = pressione limite relativa alla base del palo.

Le prove penetrometriche dinamiche SPT hanno consentito di ricavare i valori di resistenza al taglio e deformabilità, adottando le correlazioni di letteratura riportate nella relazione geotecnica generale del lotto.

Di seguito si riportano le verifiche di capacità portante dei pali

Sulla base delle stratigrafie dei sondaggi, che indicano la presenza di coltri superficiali molto limitate di terreni e di roccia estremamente alterata e fratturata, di spessori variabili compresi fra poco meno di un metro fino ad un massimo di 16.5 m, e tenendo conto degli elevati carichi trasmessi dai viadotti alle fondazioni e dei criteri estremamente restrittivi per i cedimenti ammissibili che di fatto devono essere praticamente trascurabili (o meglio di ordine millimetrico), si è optato per l'adozione di pali tri-vellati del diametro $D = 1500$ mm e di lunghezza tale da raggiungere il substrato roccioso.

Sulla base dell'interpretazione dei sondaggi e delle prove in sito e di laboratorio, effettuate in corrispondenza della GA01, è stato determinato, per il sondaggio nella formazione maggiormente alterata S4, l'andamento della capacità portante del palo singolo con la profondità, adottando le procedure analitiche e l'approccio progettuale DA2, previsto dalle NTC 2018, che prevede la sola combinazione A1+M1+R3.

Per quanto riguarda la resistenza ultima alla base del palo, q_b , che si andrà ad intestare nel substrato roccioso, si sono utilizzati i valori della resistenza a compressione monoassiale q_{uc} ottenuta sulla matrice rocciosa dalle prove di laboratorio e i valori di RQD (Rock Quality Designation), ottenuti dai sondaggi.

Più precisamente Kulhawy e Goodman (1987) hanno mostrato che la resistenza ultima alla base q_b può essere correlata al valore di RQD dell'ammasso roccioso secondo quanto di seguito indicato:

$$RQD = 0-70\%: q_b = 0.33 q_{uc}$$

$$RQD = 70 - 100: q_b = 0.33 - 0.8 q_{uc} = (0.0157 \cdot RQD - 0.7667) q_{uc}$$

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 92 di 118
---	---

Generalmente la necessità di oltrepassare la porzione di ammasso roccioso alterato consiglia di far penetrare il palo all'interno della formazione rocciosa per un tratto di almeno 1.5 volte il diametro del palo.

Infine, per quanto concerne la resistenza per attrito lungo il fusto del palo, f_s , nel substrato roccioso, adottando le indicazioni suggerite in letteratura da Tomlinson e Woodward (2008) si è adottato un valore cautelativo pari allo 0.5% della resistenza a compressione monoassiale q_{uc} .

Le verifiche di capacità portante vengono svolte tenendo conto della parte infissa della paratia di pali considerando la forza assiale agente nel palo a quota di base del solettone di fondazione i cui contributi sono dovuti al peso della parte di palo soprastante, del cordolo, della soletta, del terreno di ritombamento.

Tabella 23: Geometrie e carichi per il calcolo della capacità portante dei pali statica

	pk di calcolo	N testa palo N1	quota testa palo q1	quota imposta sol fond q2	quota imposta p.c. q3	q1-q2	γ	Nd	Quota inizio calcolo capacità portante = q3-q2	Lpalo	Parte immersa
		[kN]	[m] s.l.m.	[m] s.l.m.	[m] s.l.m.	[m]		[kN]	[m] da p.c.	[m]	[m]
Calcolo 1	440	2573	872.00	864.34	879.78	7.66	1.3	3345	15.44	13	5.34
Calcolo 2	500	2338	877.93	865.58	885.93	12.35	1.3	3039	20.35	19	6.65
Calcolo 3	600	1626	873.48	866.71	881.15	6.77	1.3	2114	14.44	13	6.23
Calcolo 4	760	2441	872.91	865.35	881.00	7.56	1.3	3174	15.65	13	5.44

Tabella 24: Geometrie e carichi per il calcolo della capacità portante dei pali in combinazione sismica

	pk di calcolo	N testa palo N1	quota testa palo q1	quota imposta sol fond q2	quota imposta p.c. q3	q1-q2	g	Nd	Quota inizio calcolo capacità portante = q3-q2	Lpalo	Parte immersa
		[kN]	[m] s.l.m.	[m] s.l.m.	[m] s.l.m.	[m]		[kN]	[m] da p.c.	[m]	[m]
Calcolo 1	440	2573	872.00	864.34	879.78	7.66	1.0	2573.00	15.44	13	5.34
Calcolo 2	500	2338	877.93	865.58	885.93	12.35	1.0	2337.60	20.35	19	6.65
Calcolo	600	1626	873.48	866.71	881.15	6.77	1.0	1626.00	14.44	13	6.23

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva	File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 93 di 118
---	---

3											
Calcolo 4	760	2441	872.91	865.35	881.00	7.56	1.0	2441.00	15.65	13	5.44

Le caratteristiche della formazione rocciosa in termini di RQD e resistenza a compressione derivante dalle prove di laboratorio sono relative al sondaggio che presentala le peggiori condizioni ossia il Sondaggio S4:

Profondità	RQD
[m] da p.c.	[-]
0-13.8	0
13.8-20	25

Tabella 25: Valori di RQD da sondaggio S4

Profondità	σ_c
[m] da p.c.	[Mpa]
14.4-14.6	28.3
17.2-17.4	35.99

Tabella 26: valori di σ_c dalle prove a compressione monoassiale sondaggio S4

Profondità	Is50	σ_c
[m] da p.c.	[-]	[Mpa]
16.1-16.3	5.2	104
16.1-16.3	3.64	72.8
19.2-19.4	2.27	45.4
19.2-19.4	5.02	100.4
19.2-19.4	7.11	142.2

Tabella 27: valori di σ_c da point load test nel sondaggio S4

Pertanto, per il calcolo della capacità portante del palo verrà presa come riferimento la seguente stratigrafia da p.c.

Profondità	RQD	q_{uc}
[m] da p.c.	[-]	[Mpa]
0-14	0	5
14-17	25	28
>17	25	36

Tabella 28: Valori di calcolo

Sulla base dei carichi e dei parametri geotecnici si riportano nei grafici seguenti le capacità portanti dei pali ai carichi assiali.

Si è adottato un fattore di riduzione della capacità portante per tenere conto della vicinanza tra i pali pari a 0,7 secondo le indicazioni di Converse Labarre.

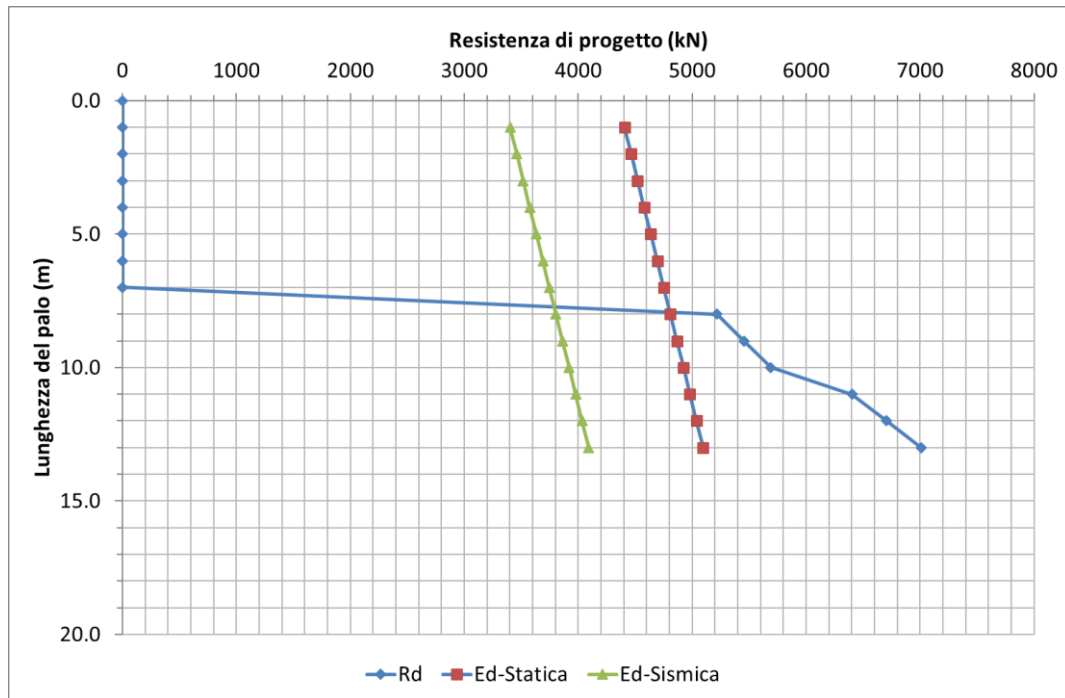


Figura 74– Verifica di capacità portante - Calcolo 1

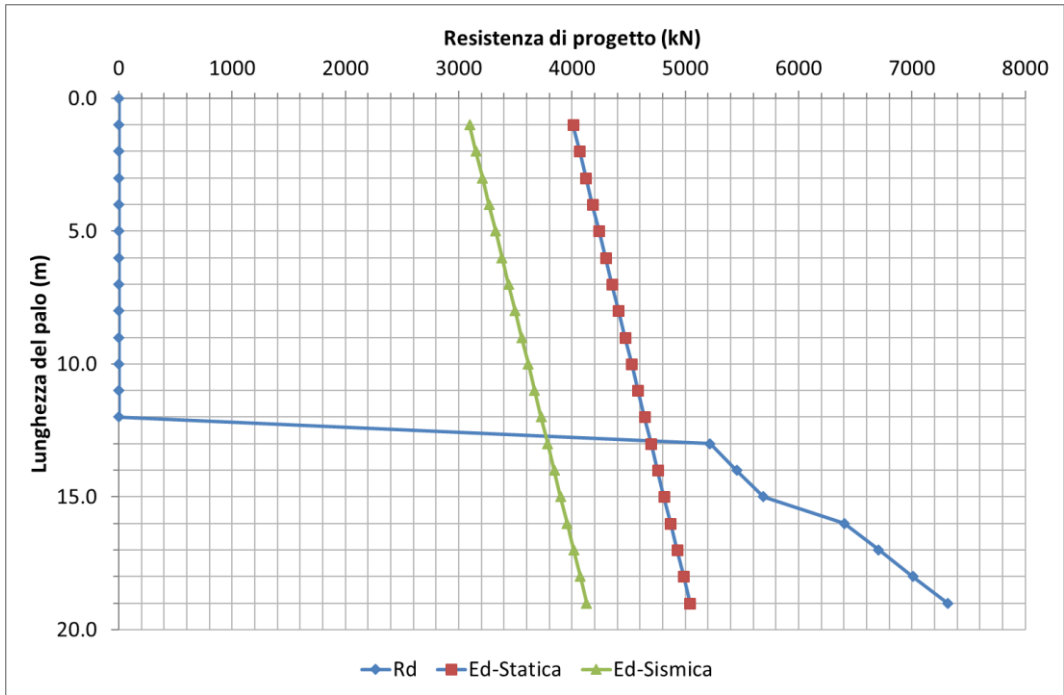


Figura 75– Verifica di capacità portante - Calcolo 2

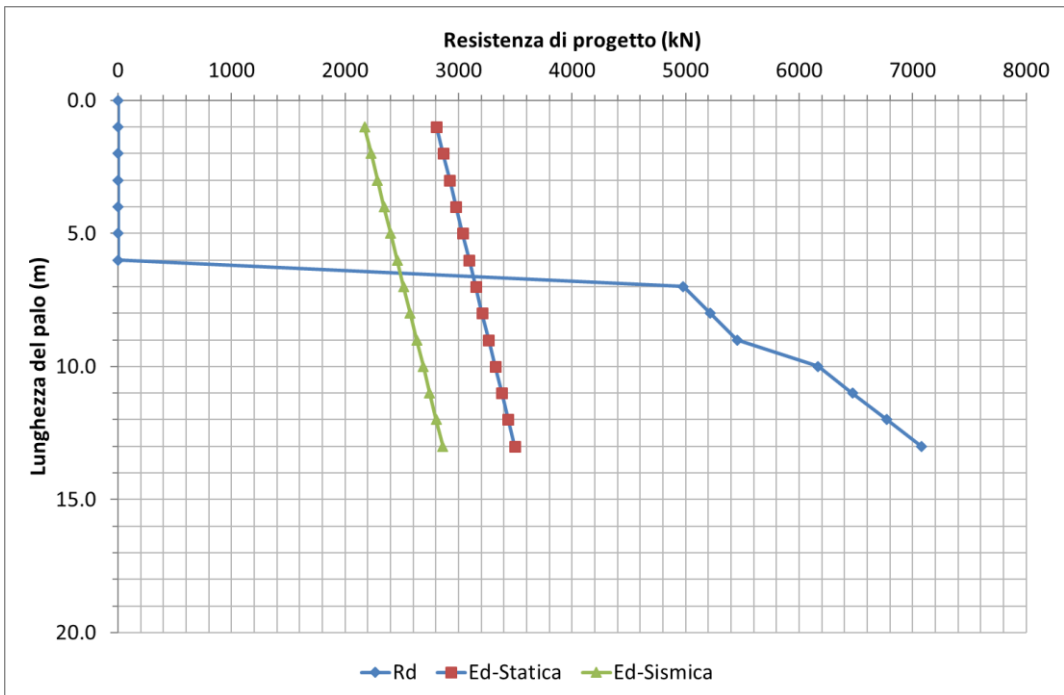


Figura 76– Verifica di capacità portante - Calcolo 3

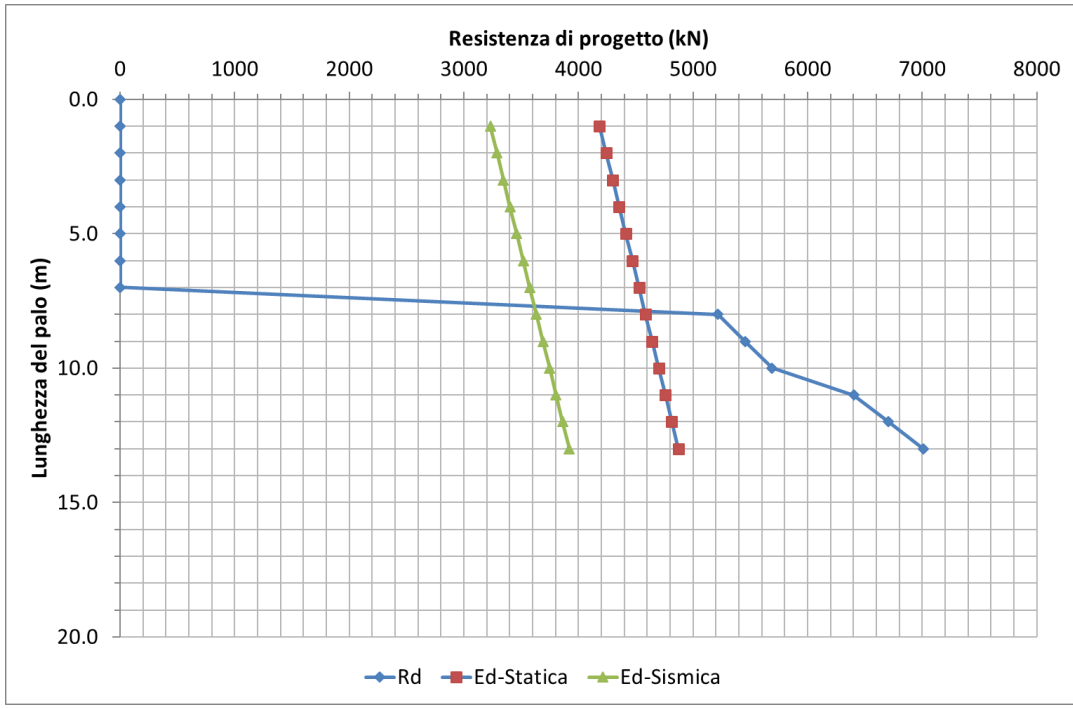


Figura 77– Verifica di capacità portante - Calcolo 4

10 ALLEGATI DI CALCOLO

Gli allegati di calcolo saranno presentati partendo dalle tipologie di calcolo nelle sezioni più critiche per ogni tipologia geometrica. Ciascuno dei 4 paragrafi sarà composto delle seguenti parti:

1. Scheda ricapitolativa risultati SLU
2. Verifiche sezionali pali, cordoli, soletta superiore

A seguire si presentano due paragrafi con le verifiche delle pareti di rivestimento e del solettone di fondo.

10.1 CALCOLO 1

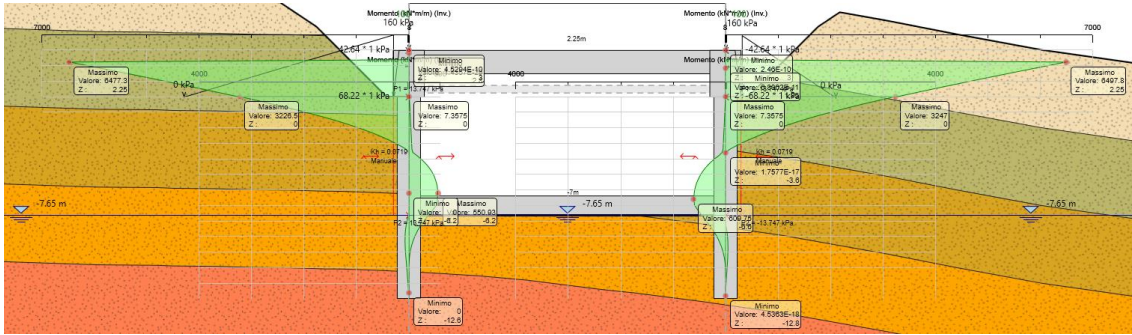


Figura 78 – Involuppo Momenti SLU

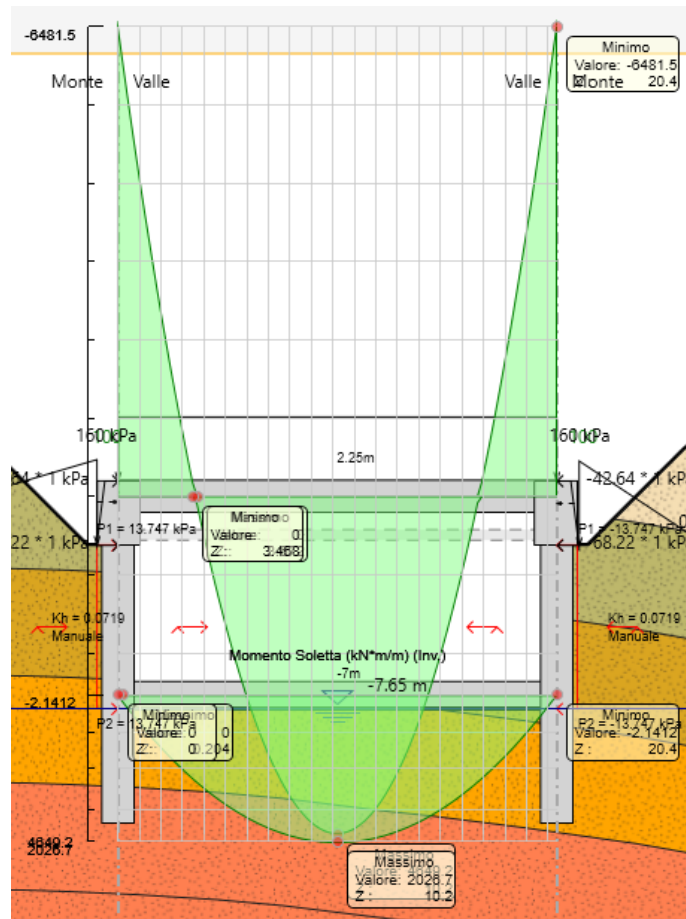


Figura 79 – Soletta superiore-Involuppo Momenti SLU

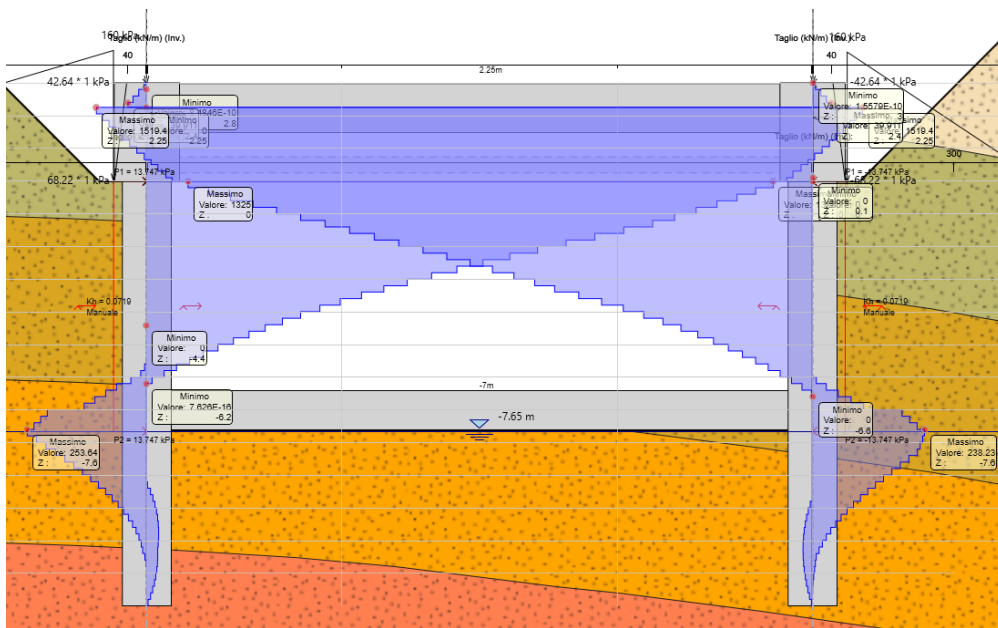


Figura 80 – Involuppo Taglio SLU

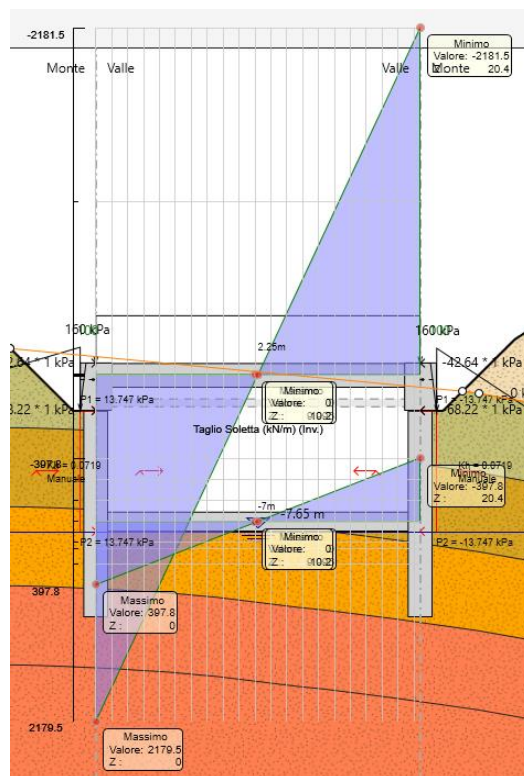


Figura 81 – Soletta superiore-Involuppo Taglio SLU

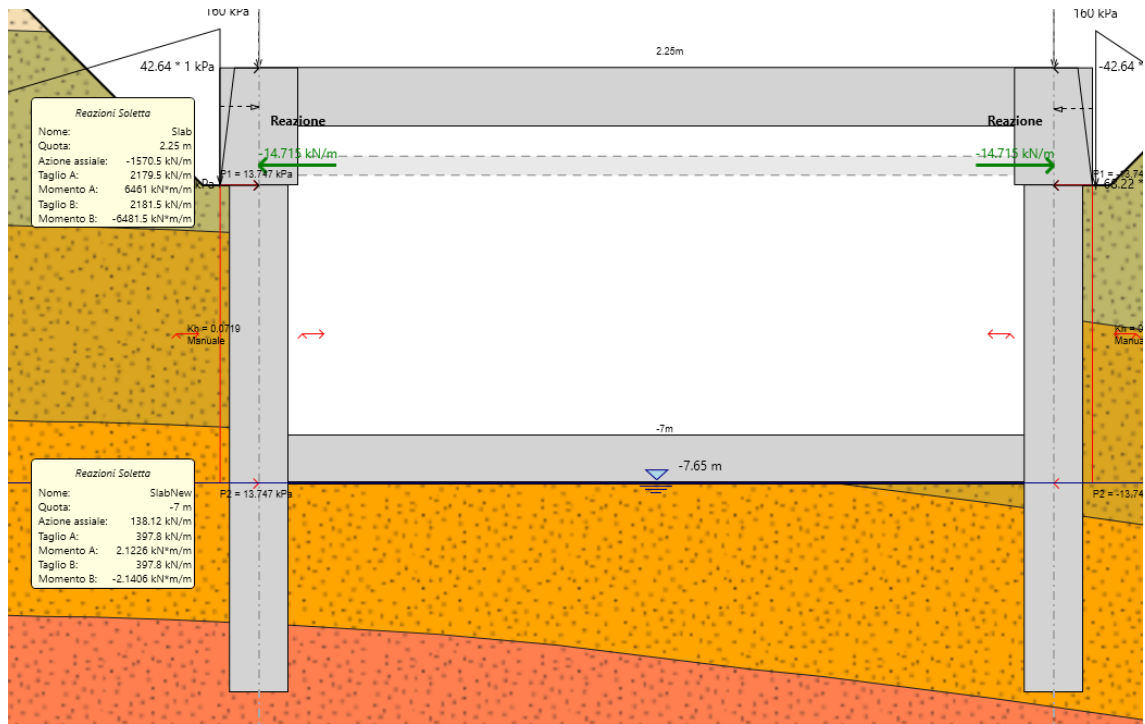


Figura 82 – Inviluppo SLU Sforzo Normale nella soletta superiore

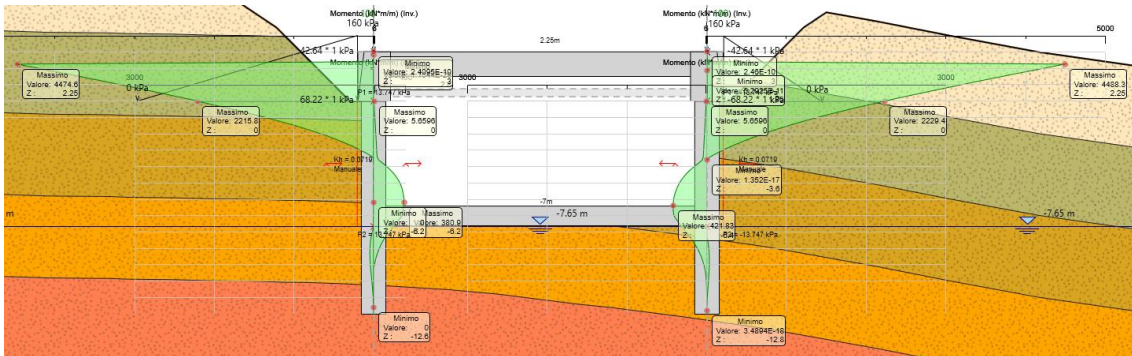


Figura 83 – Involuppo Momenti SLE

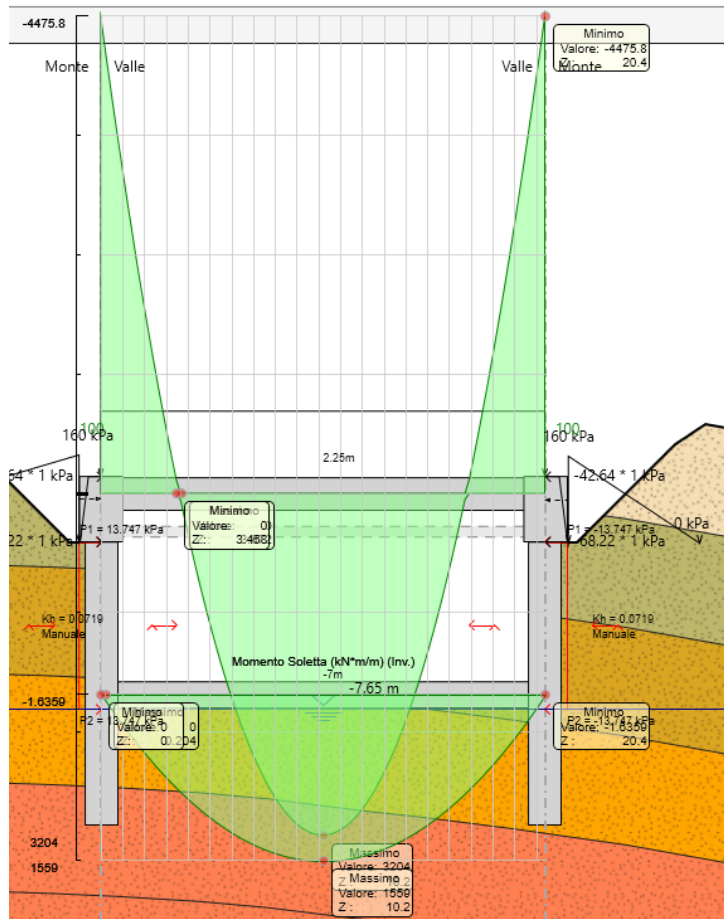


Figura 84 – Soletta superiore-Involuppo Momenti SLE

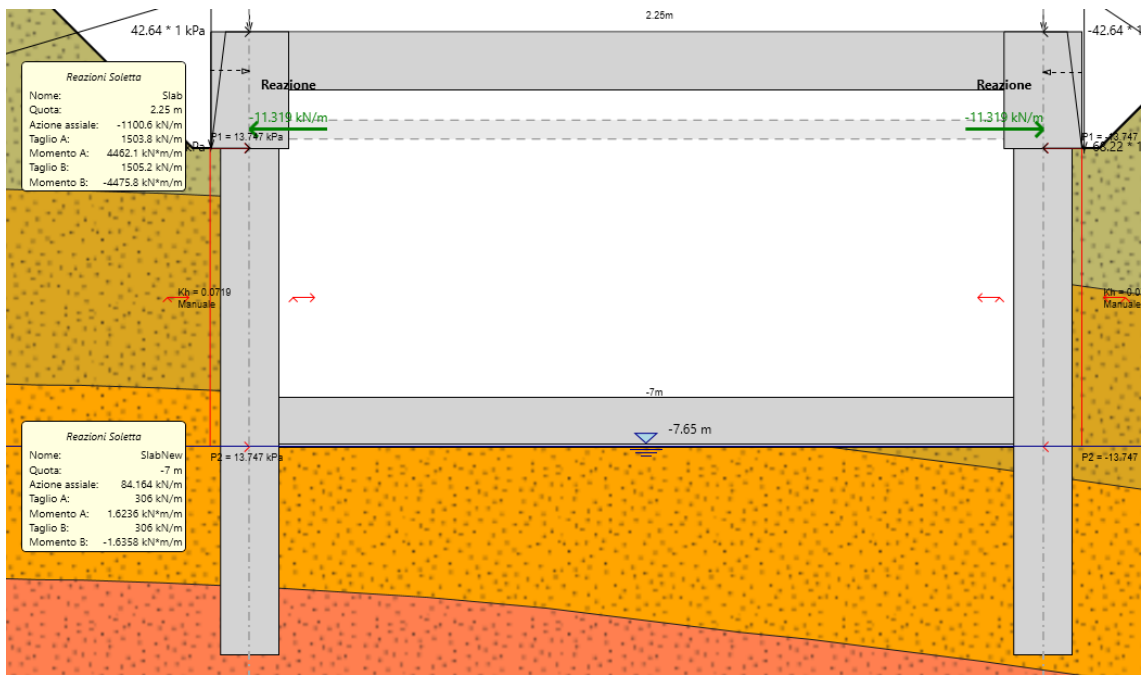


Figura 85 – Involuppo SLE Sforzo Normale nella soletta superiore

10.2 CALCOLO 2

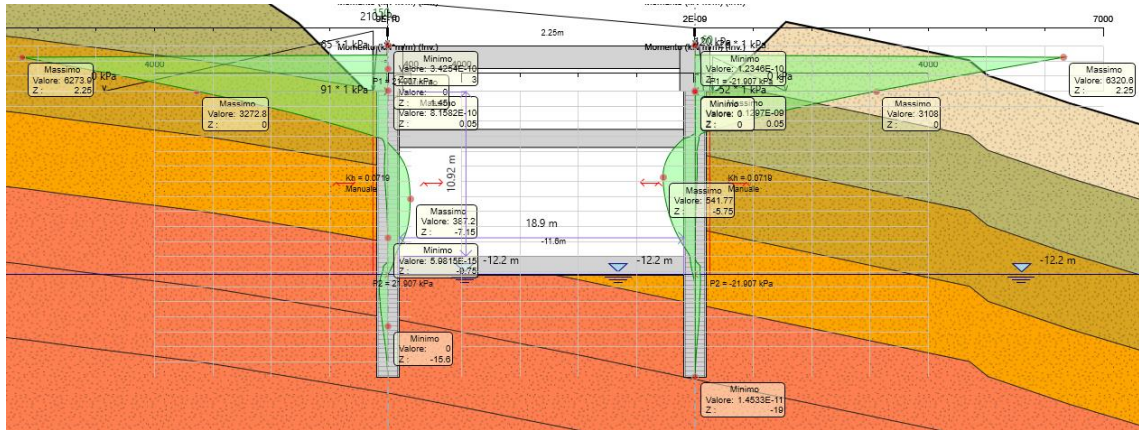


Figura 86 – Involuppo Momenti SLU

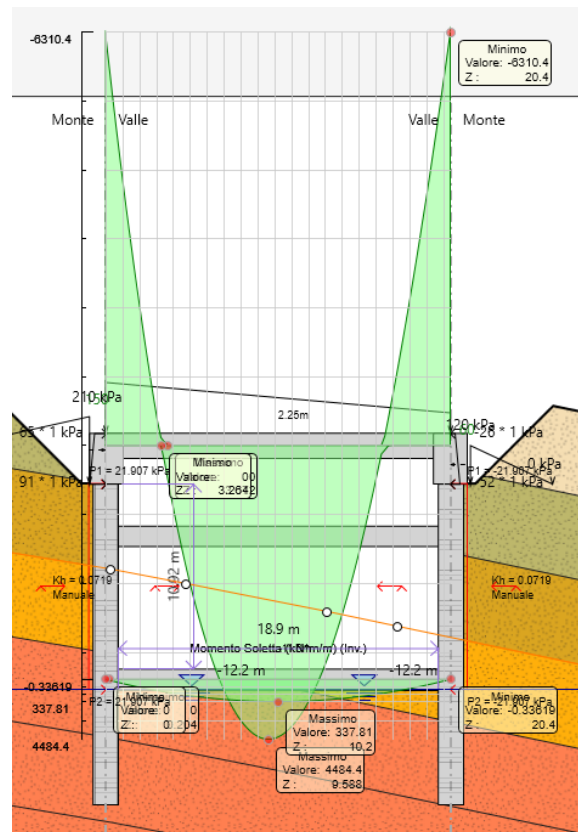


Figura 87 – Soletta superiore-Involuppo Momenti SLU

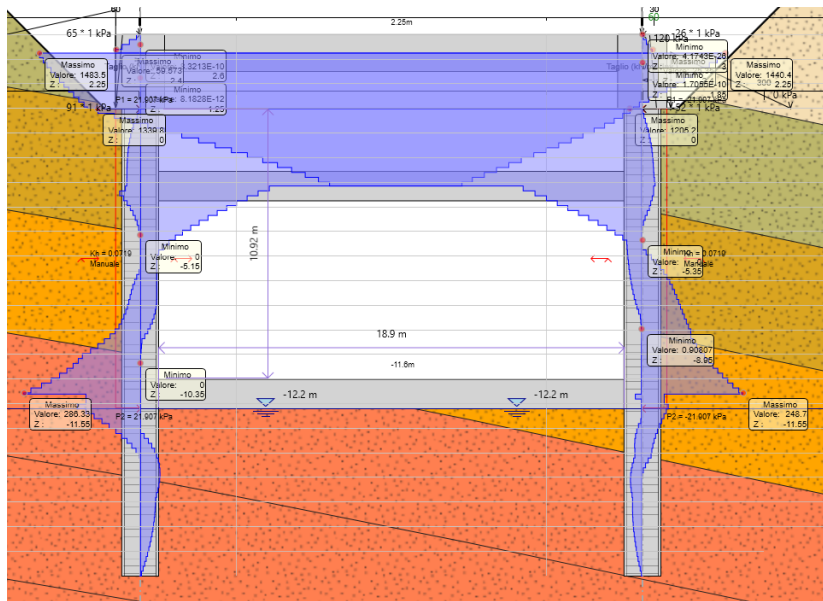


Figura 88 – Involuppo Taglio SLU

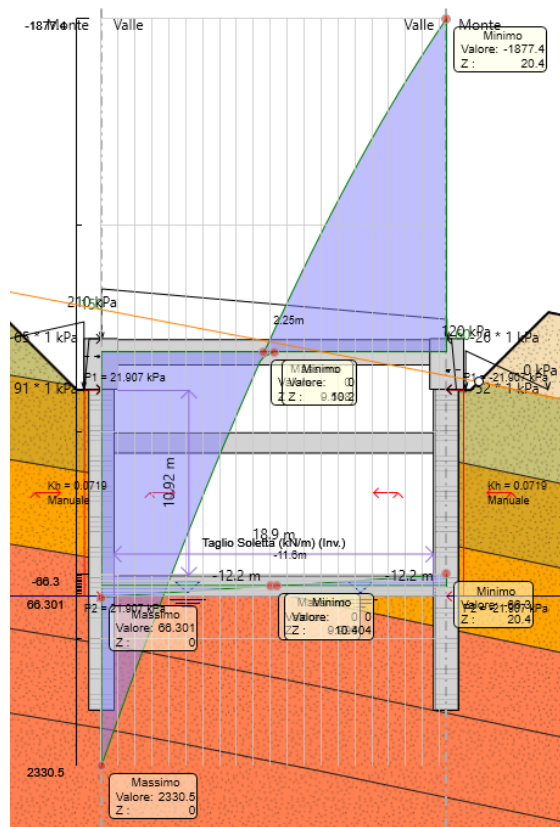


Figura 89 – Soletta superiore-Inviluppo Taglio SLU

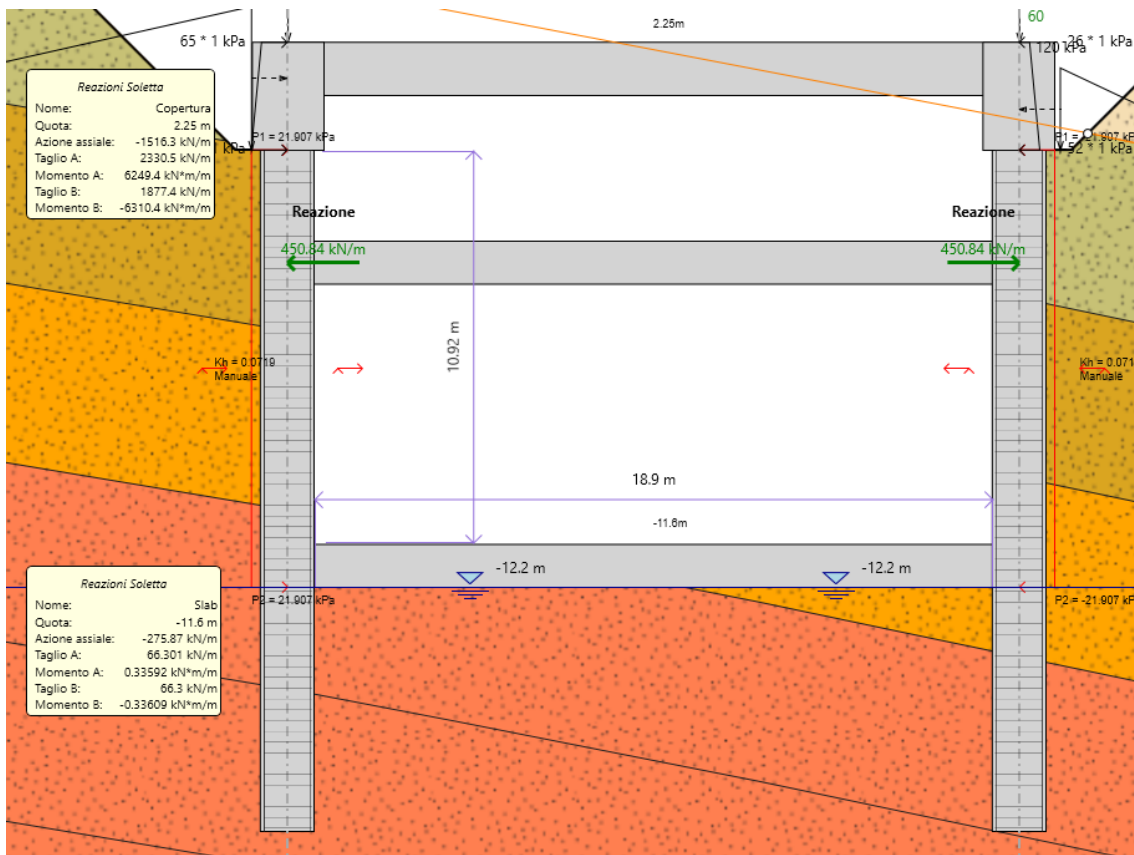


Figura 90 – Inviluppo SLU Sforzo Normale nella soletta superiore

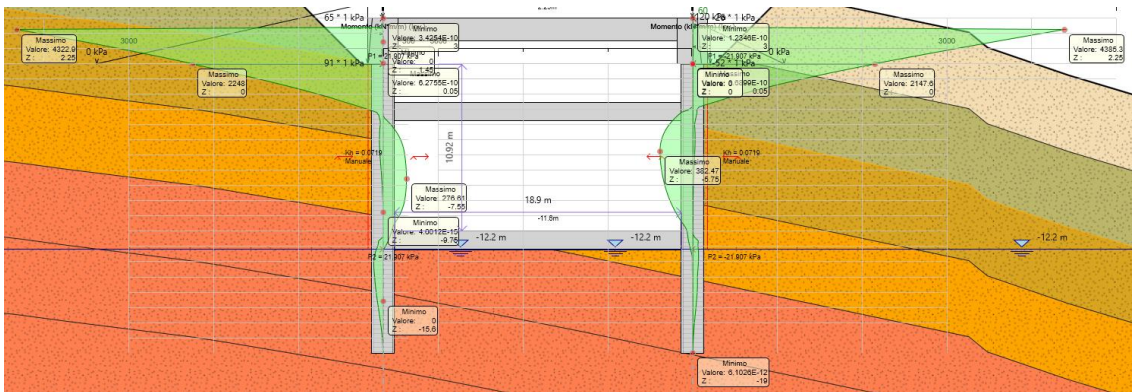


Figura 91 – Inviluppo Momenti SLE

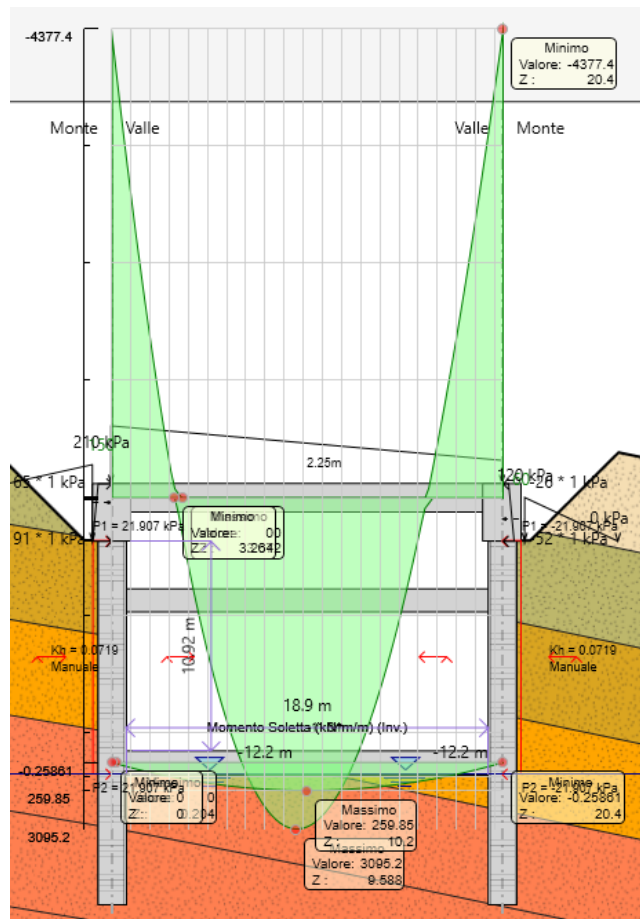


Figura 92 – Soletta superiore-Inviluppo Momenti SLE

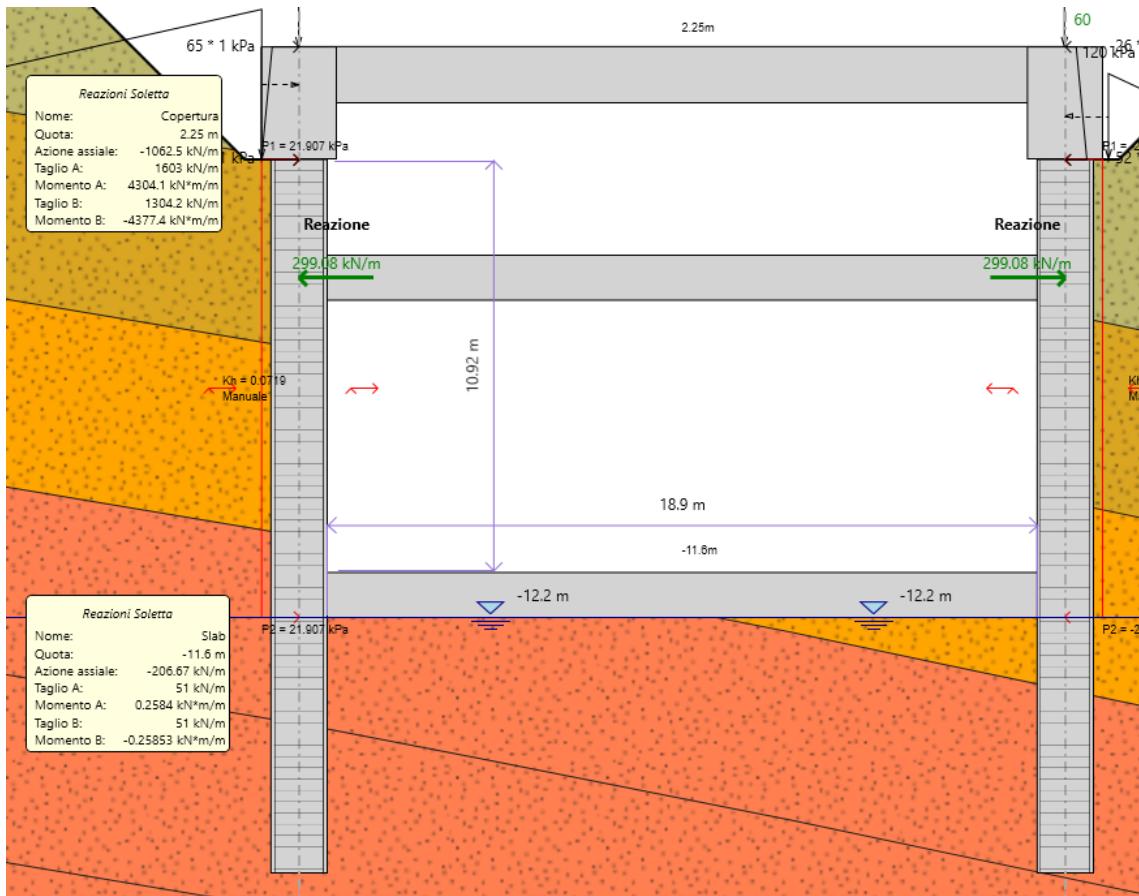


Figura 93 – Involuppo SLE Sforzo Normale nella soletta superiore

10.3 CALCOLO 3

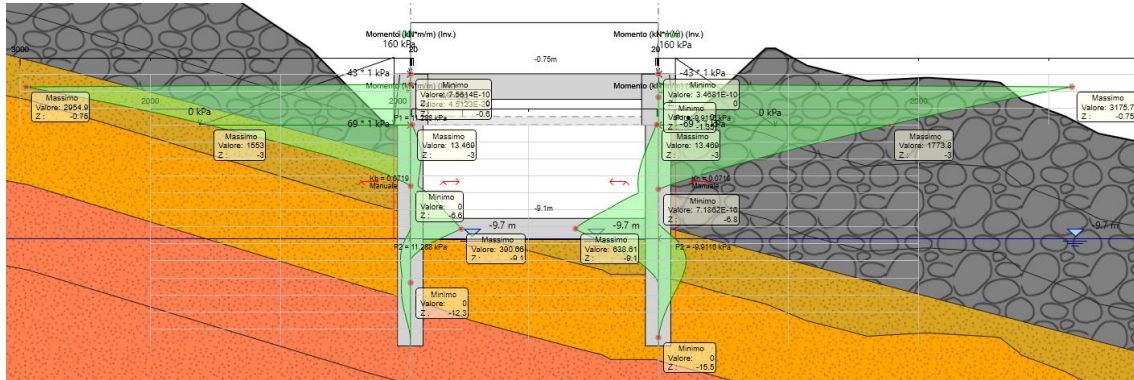


Figura 94 – Involuppo Momenti SLU

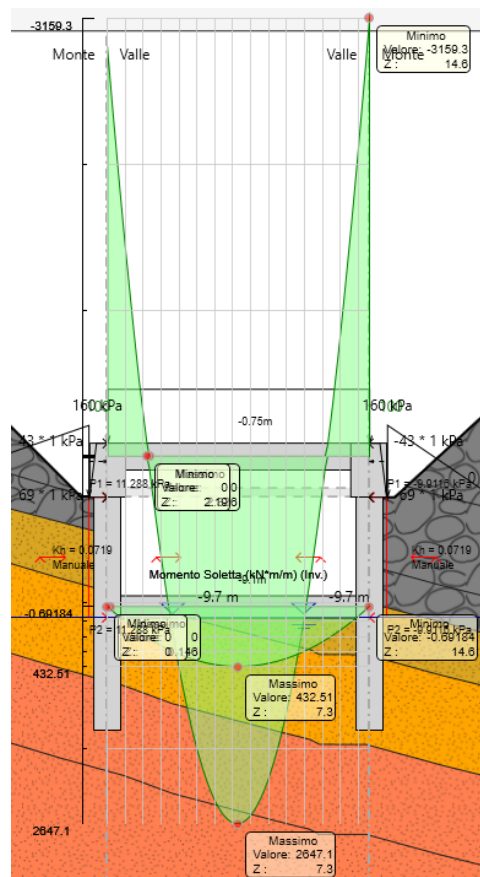


Figura 95 – Soletta superiore-Involuppo Momenti SLU

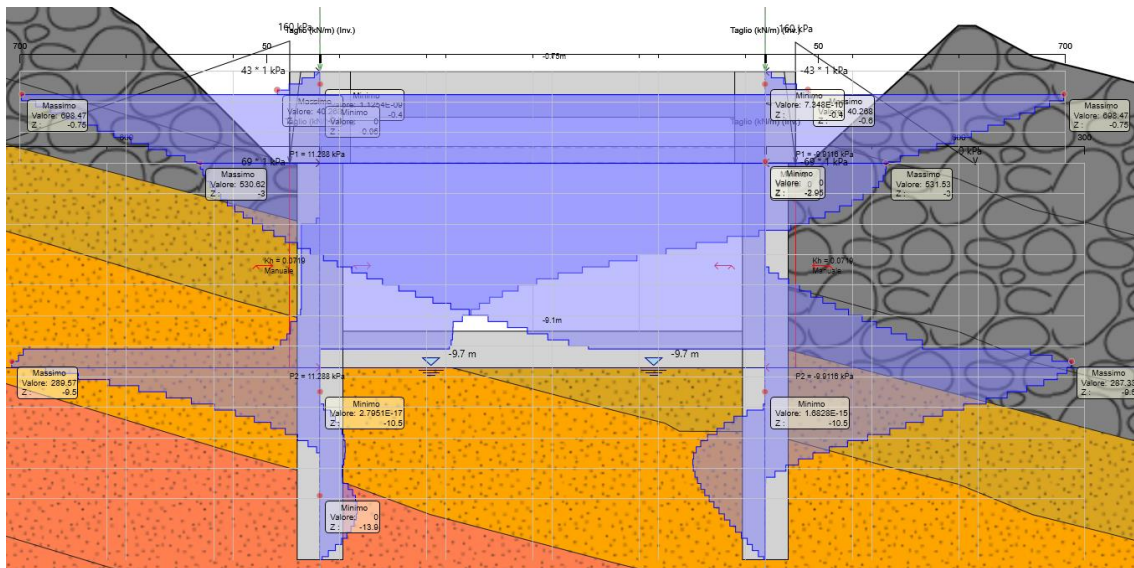


Figura 96 – Involuppo Taglio SLU

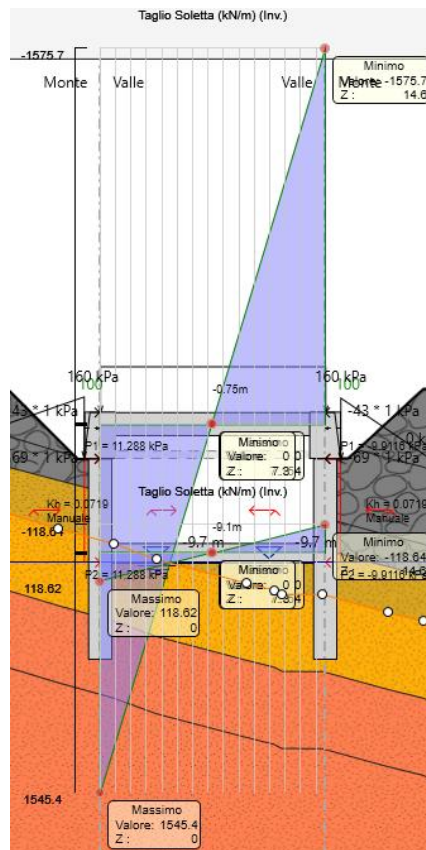


Figura 97 – Soletta superiore-Involuppo Taglio SLU

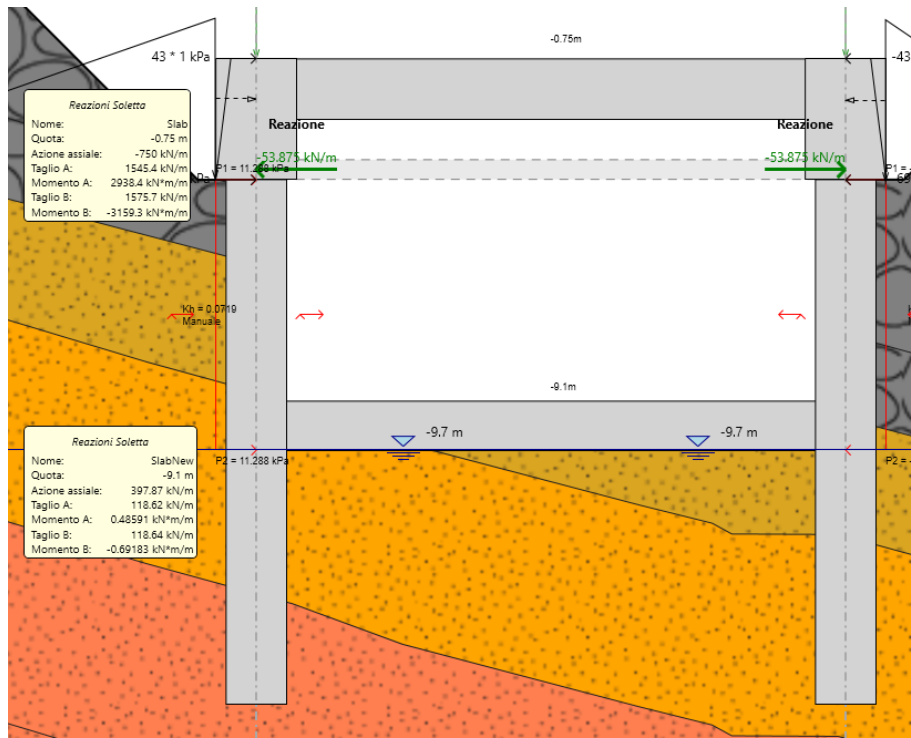


Figura 98 – Involuppo SLU Sforzo Normale nella soletta superiore

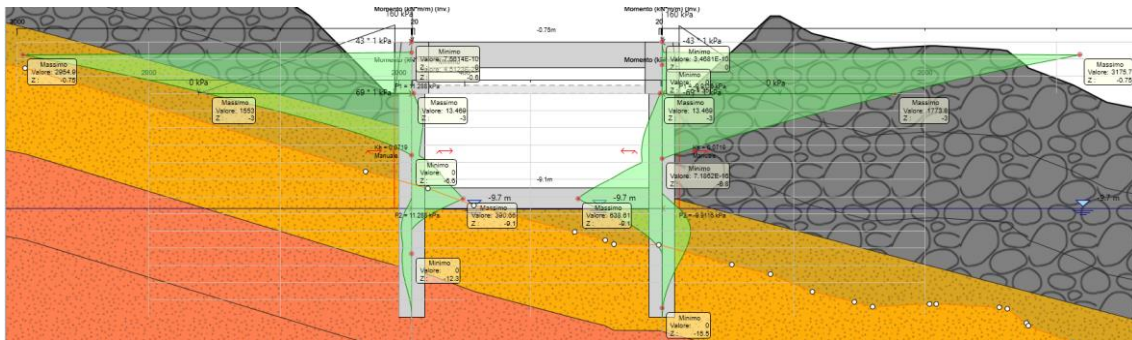


Figura 99 – Involuppo Momenti SLE

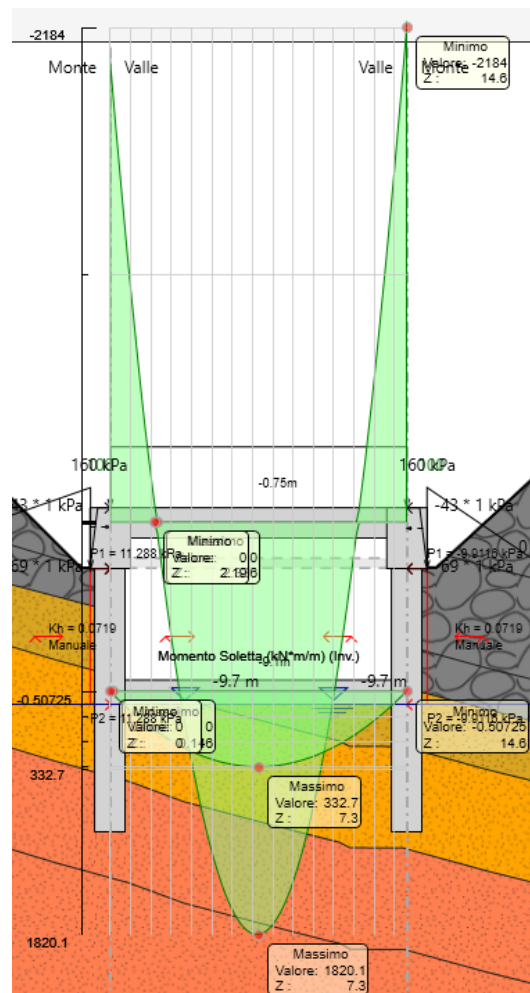


Figura 100 – Soletta superiore-Involuppo Momenti SLE

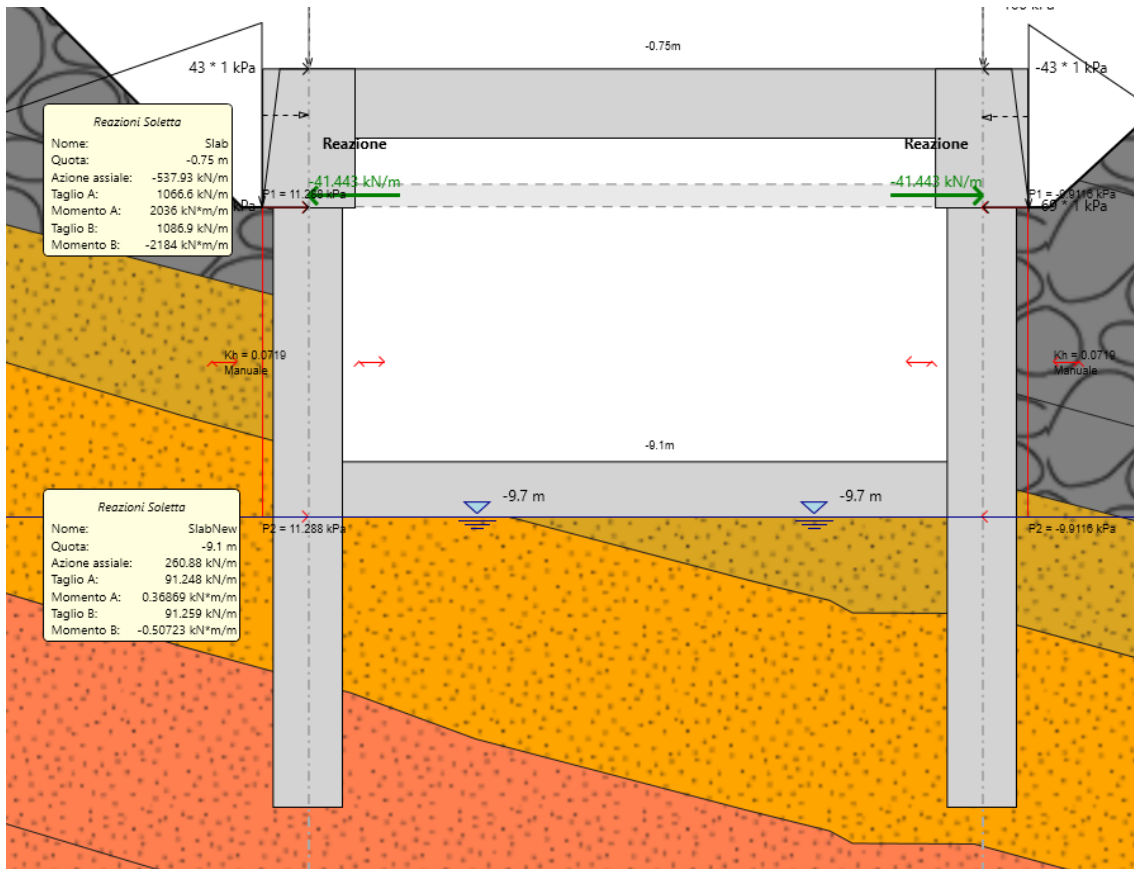


Figura 101 – Involuppo SLE Sforzo Normale nella soletta superiore

10.4 CALCOLO 4

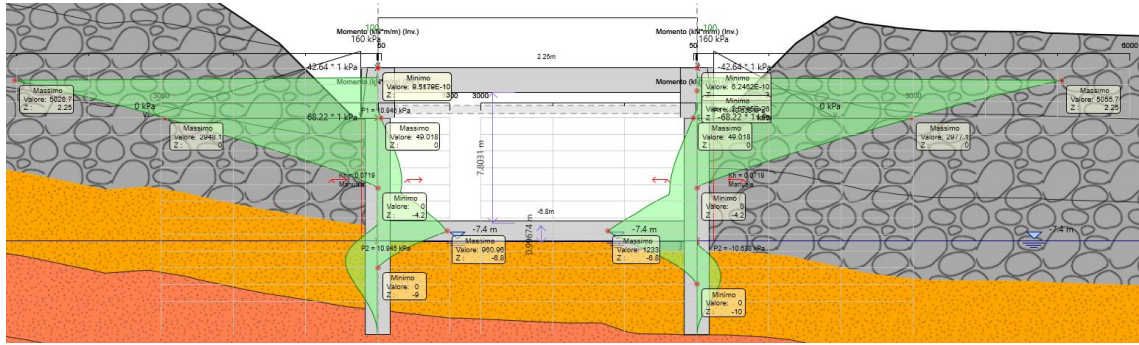


Figura 102 – Involuppo Momenti SLU

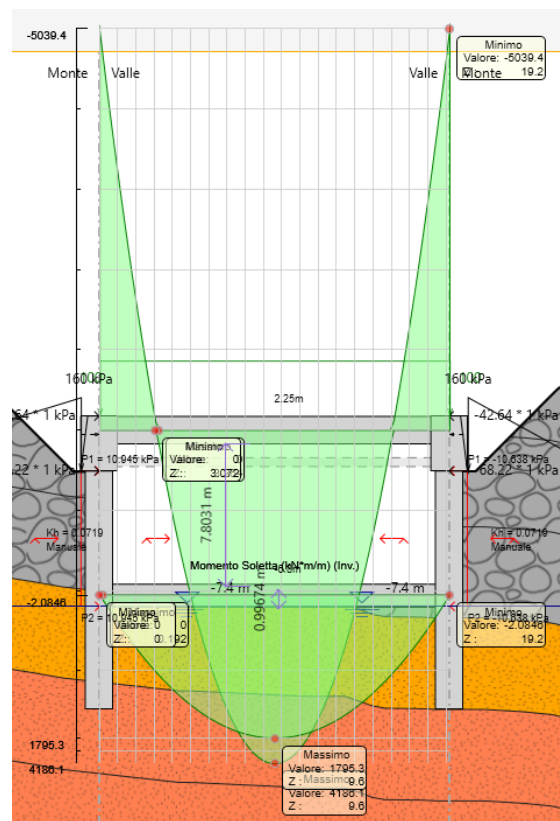


Figura 103 – Soletta superiore-Involuppo Momenti SLU

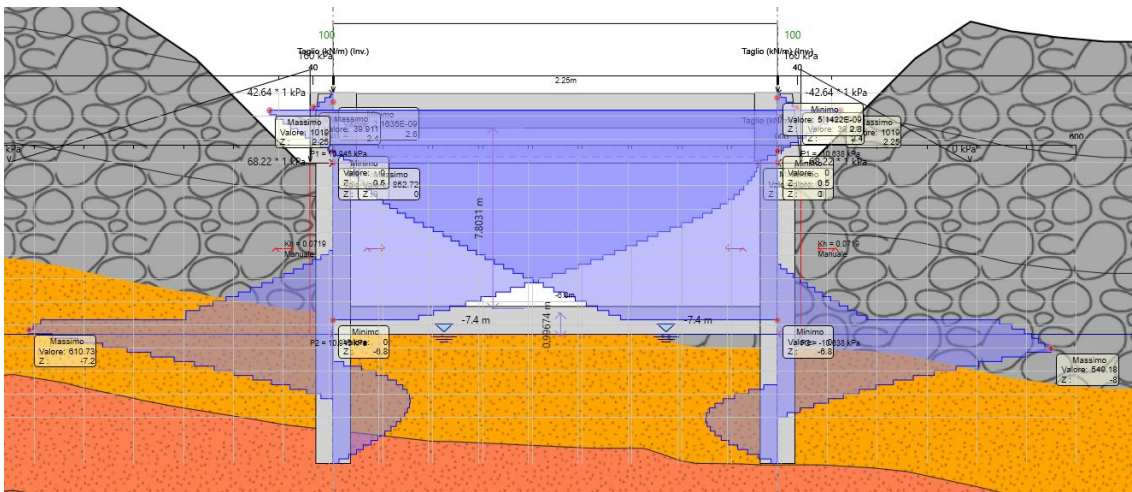


Figura 104 – Involuppo Taglio SLU

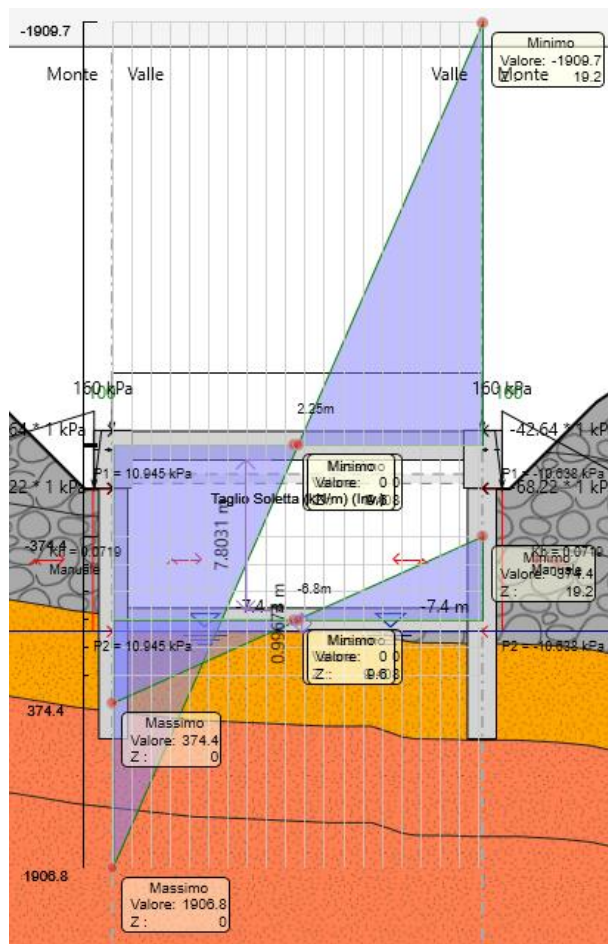


Figura 105 – Soletta superiore-Involuppo Taglio SLU

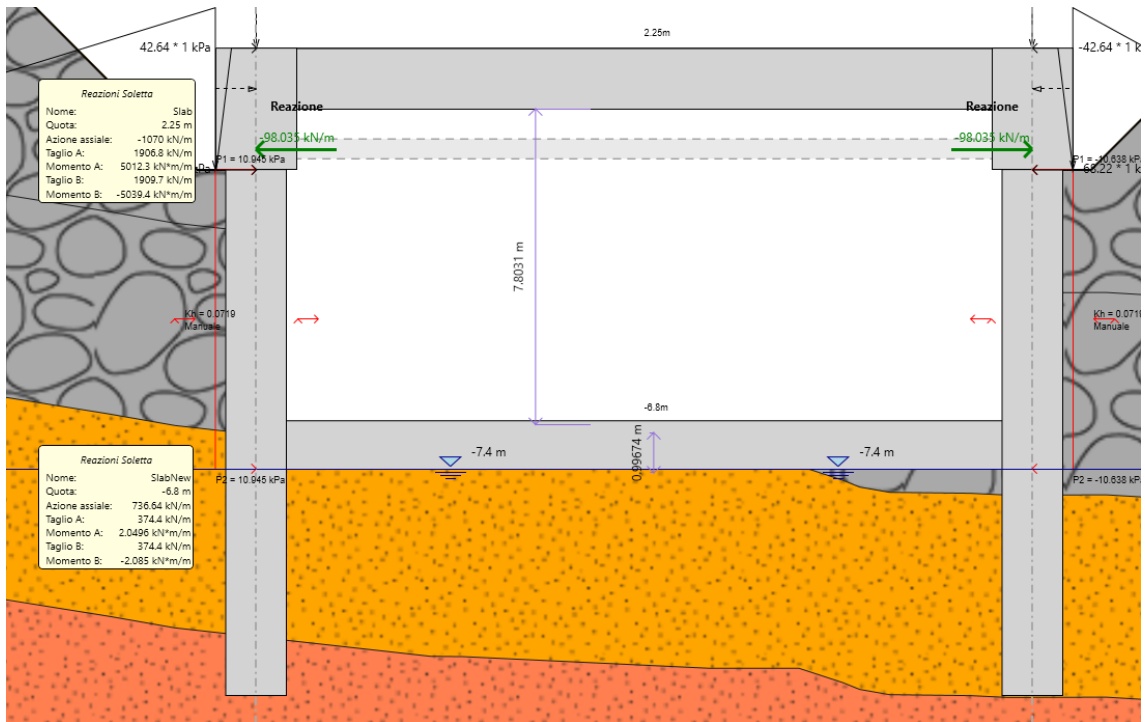


Figura 106 – Involuppo SLU Sforzo Normale nella soletta superiore

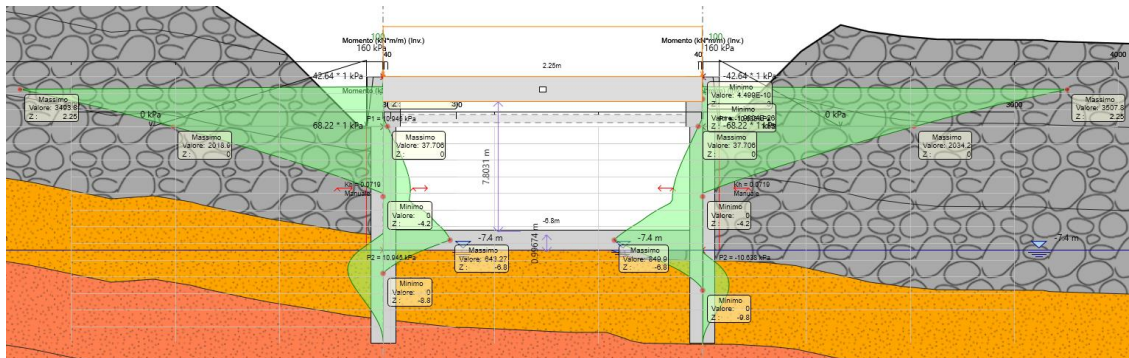


Figura 107 – Involuppo Momenti SLE

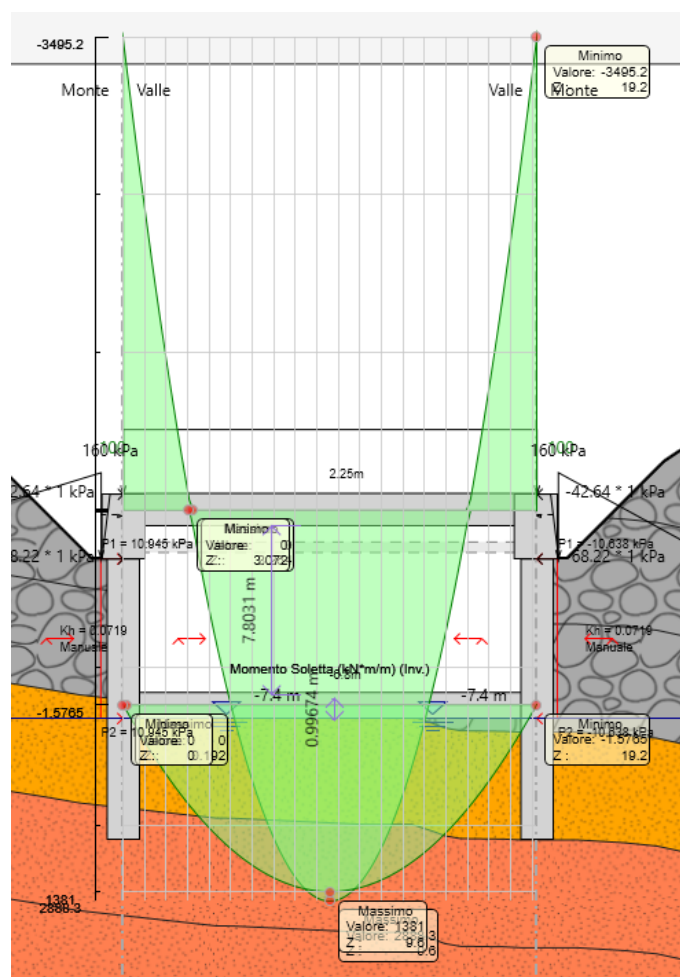


Figura 108 – Soletta superiore-Involuppo Momenti SLE

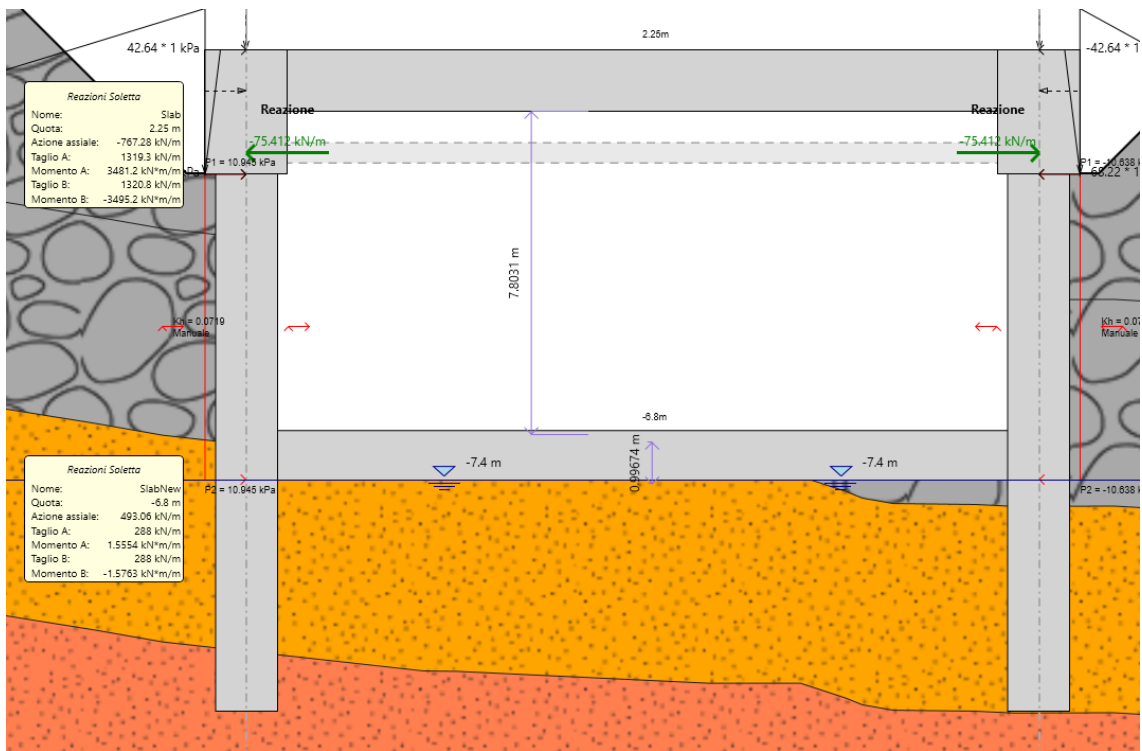


Figura 109 – Involuppo SLE Sforzo Normale nella soletta superiore

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 117 di 118</p>
--	--

10.5 SOLETTONE DI FONDO

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Descrittiva</p>	<p>File: T00_GA01_OST_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 118 di 118</p>
--	--

10.6 PARETI DI RIVESTIMENTO