

COMMITTENTE:

COMUNE DI VALCHIUSA



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

- OGGETTO:
- Messa in sicurezza del territorio a rischio idro-geologico. Sistemazione idraulica dei principali Rii a ridosso degli abitati e delle infrastrutture viarie del Comune di Valchiusa.
 - Sotto-murazione scogliera in dx del Chiusella in Località Frascal.
 - Sistemazione mediante interventi di consolidamento/ricostruzione tratto muro di sostegno lungo strada comunale in fregio al Rio Frascal in Comune di Valchiusa.

LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:

COMUNE DI VALCHIUSA

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO ESECUTIVO

7	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.
1	.	.	.	.	.
0	Agosto 2022	PROGETTO ESECUTIVO	P.C.	P.C.	G.N.
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO

TITOLO:

RELAZIONE GEOTECNICA

ARCHIVIO:

5575

FILE N°:

TESTALINI

DATA:

Loranzè, Agosto 2022



HYDROGEOS
STUDIO TECNICO ASSOCIATO

TAVOLA N°

C

SCALA:

--

Studio Tecnico Associato

ing. GABRIELE
ing. NOASCONO
ing. ODETTO
geol. CAMBULI
ing. VIGNONO
ing. ZAPPALÀ
P.IVA 08462870018

Sede legale

Via Giosuè Gianavello, n. 2
10060 Rorà (TO)
TEL. 0121/93.36.93
FAX 0121/95.03.78

Sede operativa

Strada Provinciale 222, n. 31
10010 Loranzè (TO)
TEL. 0125/19.70.499
FAX 0125/56.40.14
e-mail: info.hydrogeos@ilquadrifoglio.to.it

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Gianluca NOASCONO
N° 8292 Y ALBO INGEGNERI
PROVINCIA DI TORINO

TIMBRO:



ALTRA FIGURA:

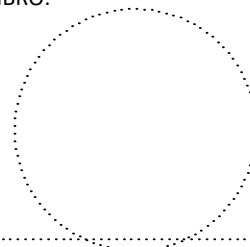
Dott. Geol. Paolo CAMBULI
N° 850 ORDINE GEOLOGI
REGIONE PIEMONTE

ALTRA FIGURA:

TIMBRO:



TIMBRO:





Indice

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
3	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	6
4	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	9
5	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	10
5.1	RIO FRASCAL.....	10
5.1.1	Intervento 1: opera di presa e tombamento canale.....	10
5.2	VIA MAESTRA.....	13
5.2.1	Intervento 2: Consolidamento muro di sostegno strada Comunale.....	13
5.3	TORRENTE CHIUSELLA.....	14
5.3.1	Intervento 3: sottomurazione scogliera in destra idraulica Loc. Frascal.....	14
6	OPERE OGGETTO DI VERIFICA.....	18
7	DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO.....	21
7.1	Analisi delle condizioni di stabilità dei muri di sostegno.....	26
8	METODO E CODICI DI CALCOLO.....	27
9	CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI.....	29
9.1.1	Massi di cava e posati a secco:.....	29
10	AZIONI.....	30
10.1	Carichi permanenti strutturali.....	30
10.2	Carichi permanenti non strutturali.....	30
10.3	Carichi variabili.....	30
11	COMBINAZIONI DI CARICO.....	31
11.1	Descrizione Combinazione di calcolo – Sezione 10 e18.....	33
11.2	Descrizione Combinazione di calcolo – Sezione 22.....	37
11.3	Descrizione Combinazione di calcolo – Muro in massi.....	41
12	SEZIONE 10.....	46
12.1	Geometria di modellazione.....	48

STUDIO TECNICO ASSOCIATO HYDROGEOS
P.IVA / C.F. 08462870018
Sede Operativa: SP 222 n.31 - 10010 Lorzanzè (TO)

Tel. +39 0125 1970499
Fax +39 0125 564014
info.hydrogeos@ilquadrifoglio.to.it

Sede legale: via Gianavello n.2 - 10060 Rorà (TO)

info.hydrogeos@pec.it



12.2	Sollecitazioni agenti	50
12.3	Verifica a scorrimento fondazione.....	51
12.4	Verifica a carico limite	51
12.5	Verifica a ribaltamento.....	52
12.6	Verifica stabilità globale muro + terreno.....	52
12.7	Risultati delle verifiche.....	53
13	SEZIONE 18	54
13.1	Geometria di modellazione.....	56
13.2	Sollecitazioni agenti	58
13.3	Verifica a scorrimento fondazione.....	59
13.4	Verifica a carico limite	59
13.5	Verifica a ribaltamento.....	60
13.6	Verifica stabilità globale muro + terreno.....	60
13.7	Risultati delle verifiche.....	61
14	SEZIONE 22	62
14.1	Geometria di modellazione.....	64
14.2	Sollecitazioni agenti	66
14.3	Verifica a scorrimento fondazione.....	67
14.4	Verifica a carico limite	67
14.5	Verifica a ribaltamento.....	68
14.6	Verifica stabilità globale muro + terreno.....	68
14.7	Risultati delle verifiche.....	69
15	MURO DI SOSTEGNO IN MASSI.	70
15.1	Geometria di modellazione.....	71
15.2	Sollecitazioni agenti	72
15.3	Verifica a scorrimento fondazione.....	73
15.4	Verifica a carico limite	73
15.5	Verifica a ribaltamento.....	74
15.6	Verifica stabilità globale muro + terreno.....	74
15.7	Risultati delle verifiche.....	75

16	Conclusioni	76
----	-------------------	----



1 PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Valchiusa ha incaricato il sottoscritto Ing. Gianluca Noascono, studio associato Hydrogeos, della progettazione dei lavori denominati *"Messa in sicurezza del territorio a rischio idro-geologico. Sistemazione idraulica dei principali Rii a ridosso degli abitati e delle infrastrutture viarie del Comune di Valchiusa. Sotto-murazione scogliera in dx del Chiusella in Località Frascal. Sistemazione mediante interventi di consolidamento/ricostruzione tratto muro di sostegno lungo strada comunale in fregio al Rio Frascal in Comune di Valchiusa"*, con l'obiettivo di effettuare degli interventi migliorativi per lo scorrimento delle acque convogliate dal Rio Frascal e dal Torrente Chiusella.

Nel presente progetto esecutivo confluiscono i seguenti finanziamenti:

- Messa in sicurezza del territorio a rischio idro-geologico.
- Sistemazione idraulica dei principali Rii a ridosso degli abitati e delle infrastrutture viarie del Comune di Valchiusa. Sotto-murazione scogliera in dx del Chiusella in Località Frascal.
- Sistemazione mediante interventi di consolidamento/ricostruzione tratto muro di sostegno lungo strada comunale in fregio al Rio Frascal in Comune di Valchiusella

A seguito di un rapido inquadramento topografico dell'area in esame e della descrizione della totalità degli interventi in progetto, si riporta la descrizione dettagliata e le verifiche geotecniche di stabilità delle scogliere in massi di cava posati a secco.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- L.G. Cons. Sup. LL.PP. allegato al voto n. 36 del 27/07/2007 – “Pericolosità sismica e Criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale”;
- R.D. n. 3267 del 30/12/1923 – “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”;
- D.M. 11/03/1988 – “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazioni”.
- Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24 /09/1988 – “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazioni. Istruzioni per l’applicazione.”;
- Legge n. 64 del 02/02/1974 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- D.M. del 24/01/1986 – “Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche”;
- D.M. del 16/01/1996 – “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;
- Circolare n. 65 del 10/04/1997 – “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. del 16/01/1996”;
- D.M. del 17/01/2018 – “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare n. 7 del 21/01/2019 – “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.



3 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il presente elaborato interessa gli interventi migliorativi per lo scorrimento delle acque convogliate dal Rio Frascal e dal Torrente Chiusella ed hanno il seguente riscontro cartografico su Carta Tecnica Regionale CTR: 114050-114090-114100-114060.

Le coordinate baricentriche, geografiche e chilometriche UTM WGS 84, del luogo in cui sono previste le opere in progetto sono le seguenti:

- Intervento 1

Geografiche	
Latitudine	45.498539 N
Longitudine	7.746376 E

Chilometriche	
Nord	5039098.58 m N
Est	402056.02 m E

Quota di circa 710 m.

- Intervento 2

Geografiche	
Latitudine	45.4978019 N
Longitudine	7.7494877 E

Chilometriche	
Nord	5039012.80 m N
Est	402297.80m E

Quota di circa 695 m.

- Intervento 3

Geografiche	
Latitudine	45.495686 N
Longitudine	7.7541524 E

Chilometriche	
Nord	5038772.10 m N
Est	402658.60 m E

Quota di circa 675 m.

Si riportano a seguire degli estratti cartografici con individuazione dell'ubicazione degli interventi.

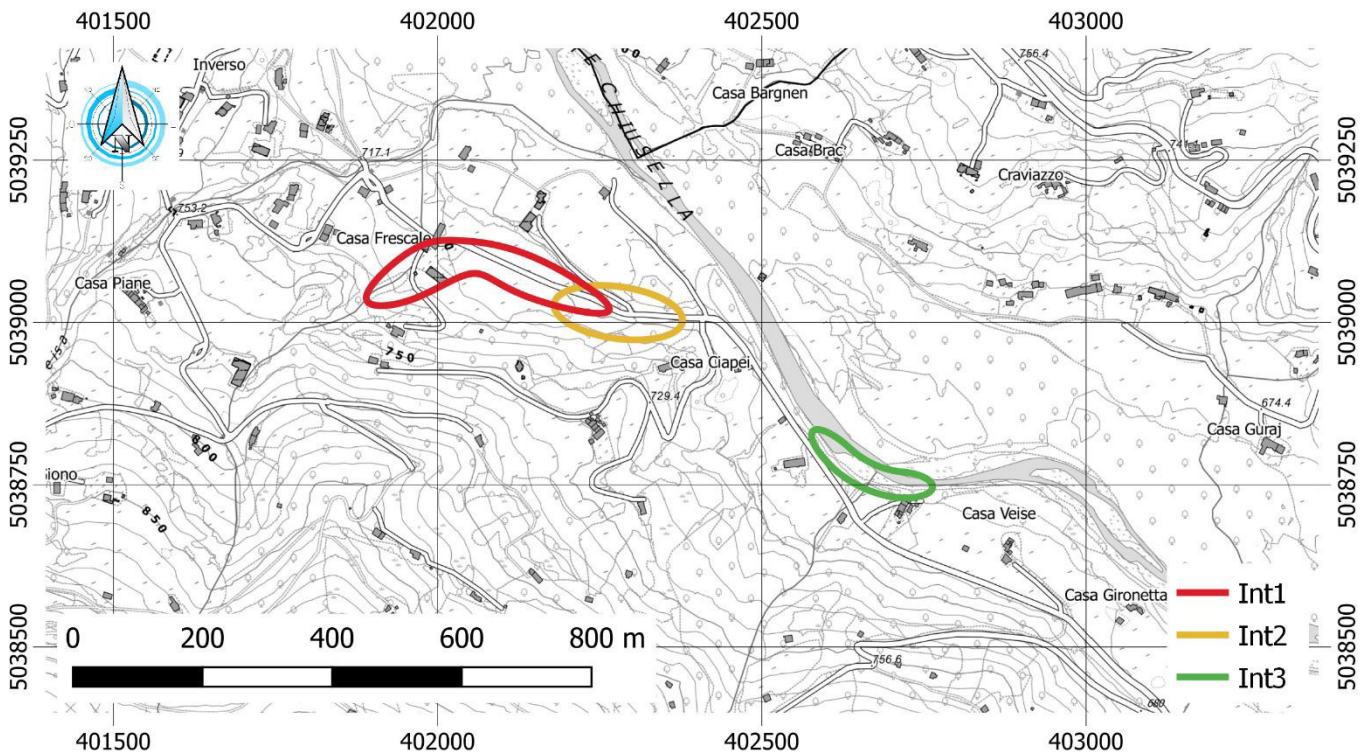


Figura 1 Inquadramento dell'area d'intervento su bdre 1:10000

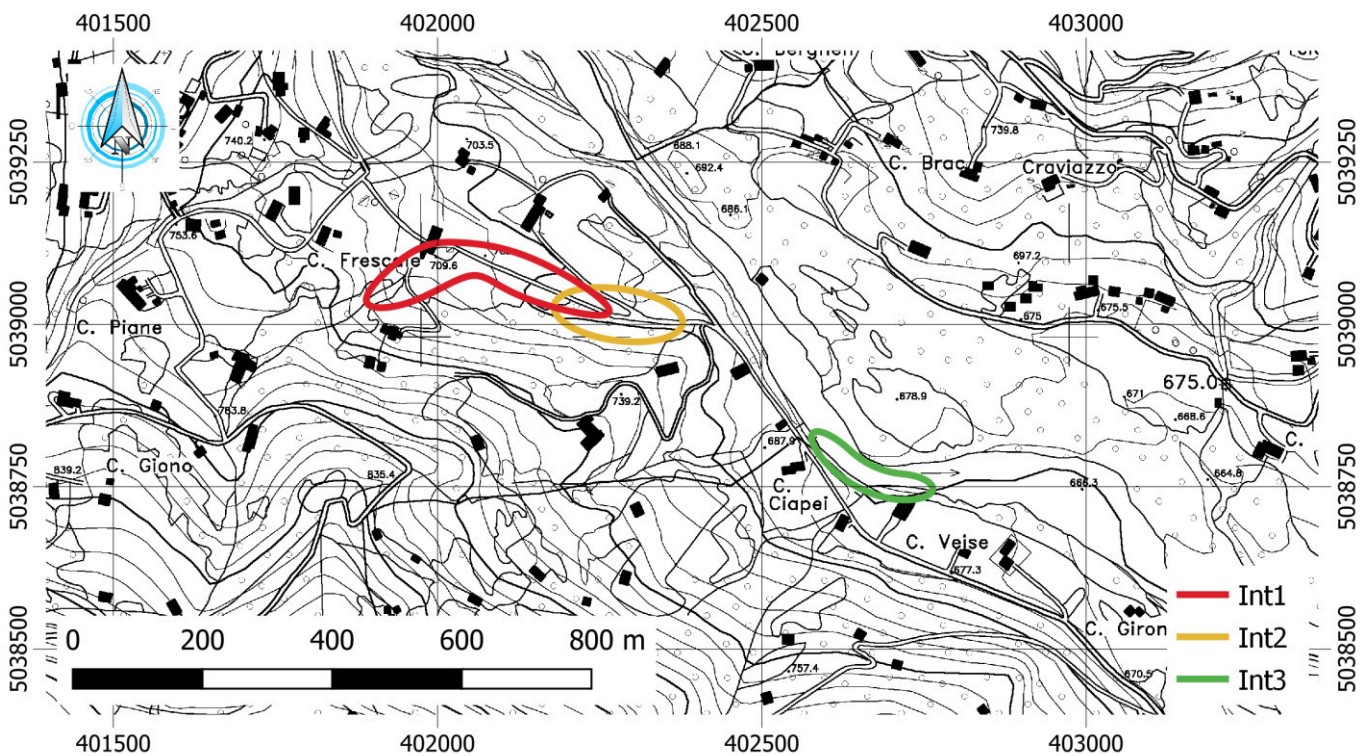


Figura 2 Inquadramento dell'area d'intervento su CTP

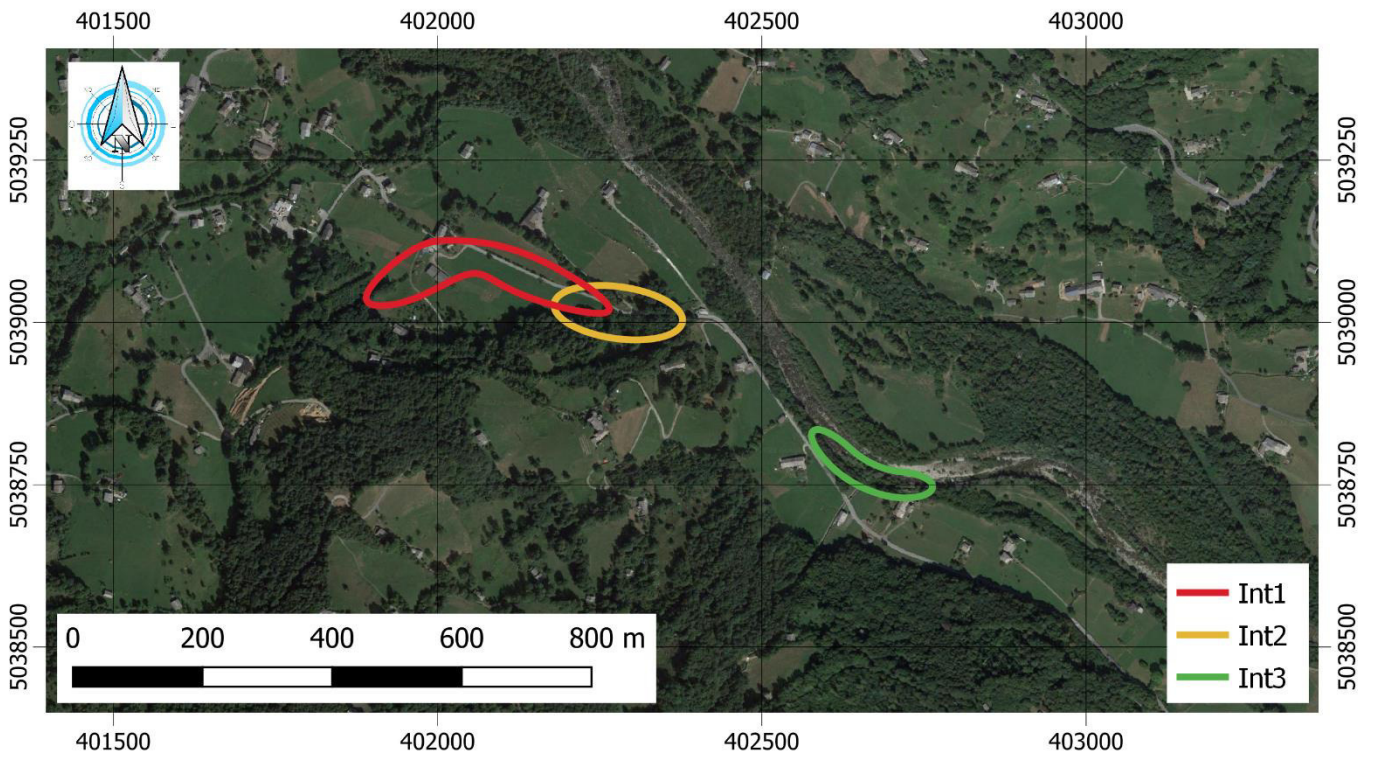


Figura 3 Ubicazione intervento su ortofoto

4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Non avendo informazione specifica dei terreni presenti nell'area d'intervento, i parametri geotecnici sono stati ipotizzati cautelativamente, sulla base dell'analisi dei dati di bibliografia, delle conoscenze pregresse depositi alluvionale e depositi morenici aventi caratteristiche simili a quelli del sito in esame, I seguenti valori dei principali parametri geotecnici da assegnare ai terreni che presenti

- Area d'intervento 2

Descrizione	Peso unità di volume secco [kg/m ³]	Peso unità di volume saturo [kg/m ³]	Angolo d'Attrito [°]	Coesione [kPa]
Riempimento	1800	2000	30	0
Deposti morenici	1800	1900	33	5

Tabella 1 Parametri geotecnici

- Area d'intervento 3

Descrizione	Peso unità di volume secco [kg/m ³]	Peso unità di volume saturo [kg/m ³]	Angolo d'Attrito [°]	Coesione [kPa]
Riempimento – materiale alluvionale	1900	1950	35	0
Deposito alluvionale	1900	1950	35	0

Tabella 2 Parametri geotecnici – Area d'intervento 3



5 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

5.1 RIO FRASCAL

Le opere in progetto constano di due interventi al fine di pervenire all'adeguamento idraulico del Rio Frascal in Località Vico Canavese, Frazione Inverso, in Comune di Valchiusa, con i connessi lavori di sistemazione stradale al termine delle lavorazioni di seguito esposte.

5.1.1 Intervento 1: opera di presa e tombamento canale

Opera di presa

In primis i lavori prevedono la realizzazione di un'opera di presa antistante l'imbocco del tratto tombato con tubazione esistente DN1000 al di sotto della stradina sterrata in prossimità di Via Maestra. L'opera di presa avrà funzione non solo convogliatrice ma soprattutto filtrante dato che, storicamente, s'è riscontrato che i numerosi detriti lapidei e legnosi che giungono da monte ostruiscono i tratti tombati a valle. Al fine dunque di bloccare tali detriti si disporrà nell'opera di presa una briglia a pettine composta da 5 pali infissi nel fondo aventi funzione di ritenuta detritica. L'opera di presa avrà un fondo risuolato con massi ciclopici di cava e pareti costituite da scogliera in massi ciclopici non cementati. L'imbocco dell'opera avrà una soglia in massi ed una staccionata in legno ne perimetrerà le sponde assieme ad un muretto in c.a. posto all'imbocco della tombinatura verso valle.

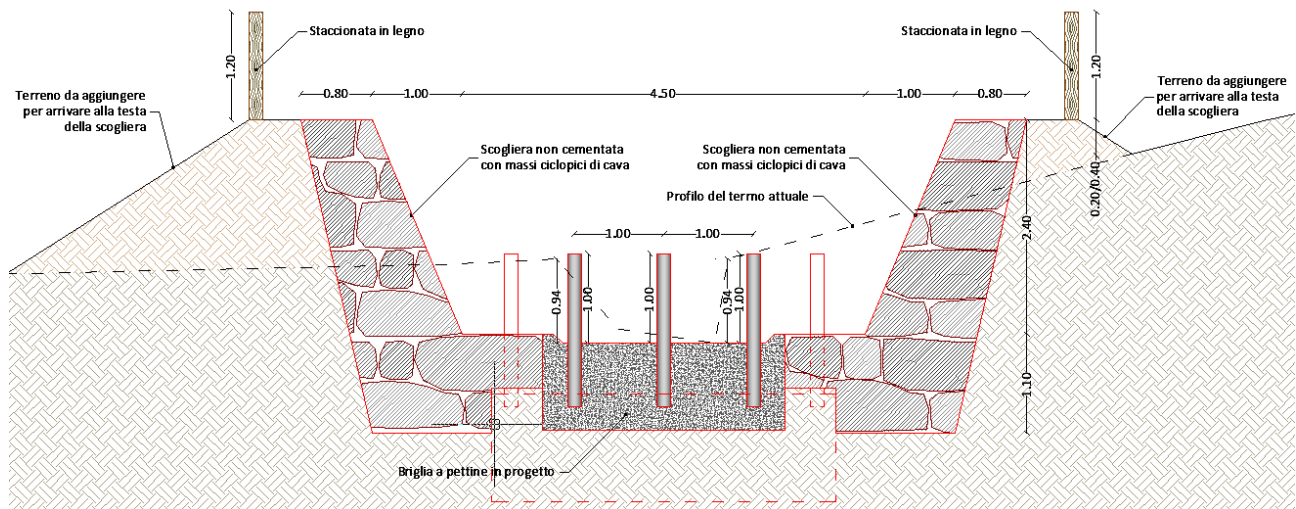


Figura 18: Sezione opera di presa con briglia a pettine

Tombamento canale su Via Maestra

L'intervento contempla la posa di due scatolari interrati a continuazione dei tratti a monte e a valle degli esistenti con lo scopo di uniformare il canale di scorrimento del rio tombandolo completamente ed eliminando dunque i restringimenti stradali. Entrambi gli scatolari sono caratterizzati da dimensioni pari a quelli esistenti (1,60x1 m) e pendenza motrice rispettivamente del 42‰ costante, per il primo scatolare in progetto, mentre per il secondo pendenza minima del 44‰ e massima del 57‰.

E' dunque previsto, in primis, lo sfalcio della vegetazione che attualmente ostacola il deflusso delle acque nel fosso, successivamente, lo scavo e la posa dello scatolare in calcestruzzo armato avente dimensioni interne di 1,6 x 1 m ed il rinterro con misto granulare anidro lato strada e terreno proveniente dagli scavi sul lato campi. Segue l'allargamento della sede stradale con la seguente stratigrafia:

- uno strato di fondazione stradale di 20 cm;
- uno strato di binder di 10 cm;
- uno strato di tappeto di 3 cm a tutta larghezza per il ripristino stradale finale.

Sono previsti dei raccordi gettati in opera ogni 25 metri aventi dimensioni 1,80 x 1,60 m con griglia metallica. L'ultima parte del secondo scatolare in progetto, in prossimità della deviazione del Rio Frascal verso il Torrente Chiusella, vede il suddetto scatolare non prefabbricato come i precedenti ma in calcestruzzo armato gettato in opera ed avente dimensioni interne variabili con base pari a 1,6 m ed altezza variabile tra 1 e 2,65 m.

E' inoltre prevista la risuolatura in massi dell'alveo del Rio Frascal dal punto in cui esso si discosta dal fianco di Via Maestra, in direzione del Torrente Chiusella in cui sfocia, per una lunghezza di circa 20 m.

Si prevede l'installazione di delineatori di margine con catadiottri lungo il tratto avente gli scatolari prefabbricati, diversamente, nel tratto con scatolare gettato in opera è prevista l'installazione di barriera stradale H2 bordo ponte in acciaio corten.

Il materiale in esubero, proveniente dagli scavi, verrà trasportato in apposita area indicata dall'Amministrazione Comunale in cui verrà utilizzato per realizzare un rilevato stradale.

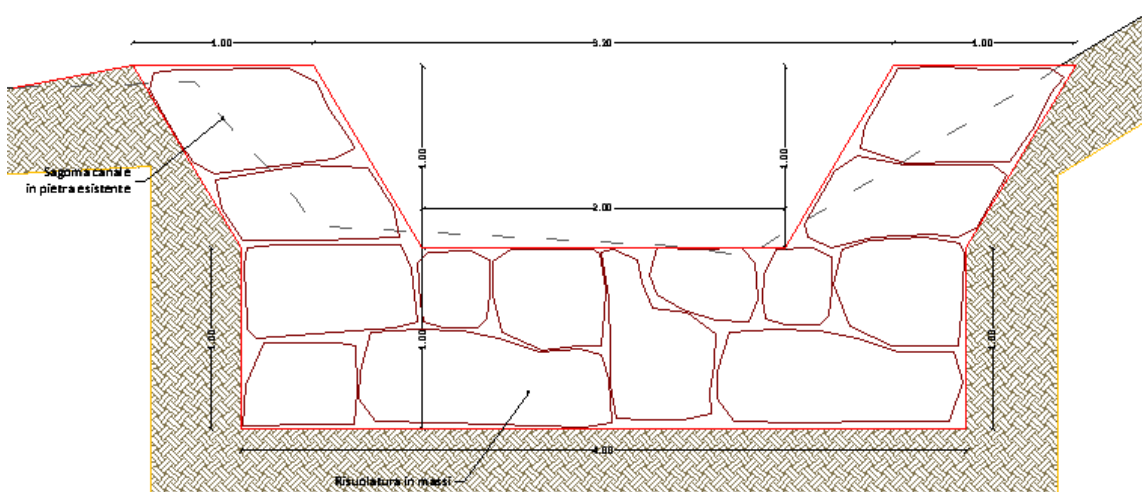


Figura 21: Sezione risuolatura alveo Rio Frascal

5.2 VIA MAESTRA

5.2.1 Intervento 2: Consolidamento muro di sostegno strada Comunale

Nel tratto compreso tra la deviazione del Rio Frascal ed il punto ove attualmente è presente un muretto in mattoni bordo strada in ciglio sinistro direzione Trausella, è prevista la realizzazione di un muro di sostegno in massi con cordolo in c.a. gettato in opera avente, quest'ultimo, dimensioni 0,90 x 0,30 m al fine di ampliare la carreggiata stradale.

Nei tratti d'ampliamento già a livello col piano veicolare, i quali non necessitano della formazione di un muro di sostegno per livellare il piano stradale, il cordolo in c.a. avrà dimensioni 0,90 x 0,50 m.

La stratigrafia per l'allargamento stradale sarà come segue:

- uno strato di fondazione stradale di 20 cm;
- uno strato di binder di 10 cm;
- uno strato di tappeto di 3 cm a tutta larghezza per il ripristino stradale finale.

E' previsto l'abbattimento del muretto attualmente presente in ciglio sinistro direzione Trausella in modo da ampliare la carreggiata nonché installare barriere stradali in acciaio corten tipo H2BP lungo i tratti oggetto di allargamento.

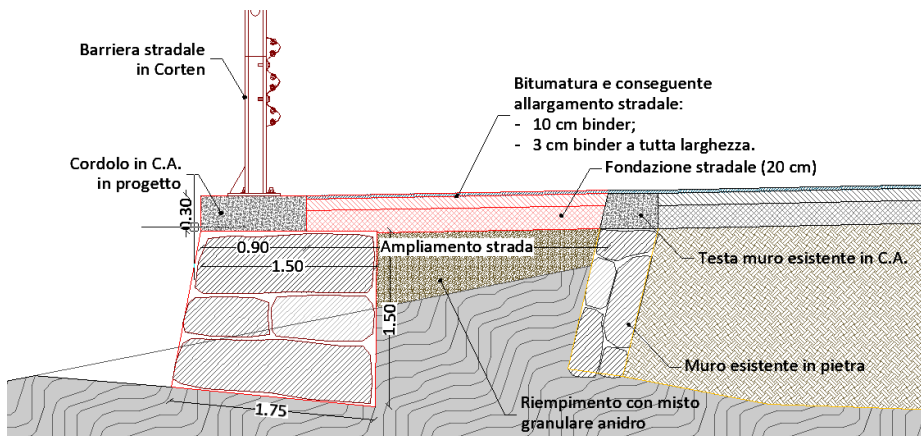


Figura 22: Sezione tratto stradale ampliato con sottomurazione

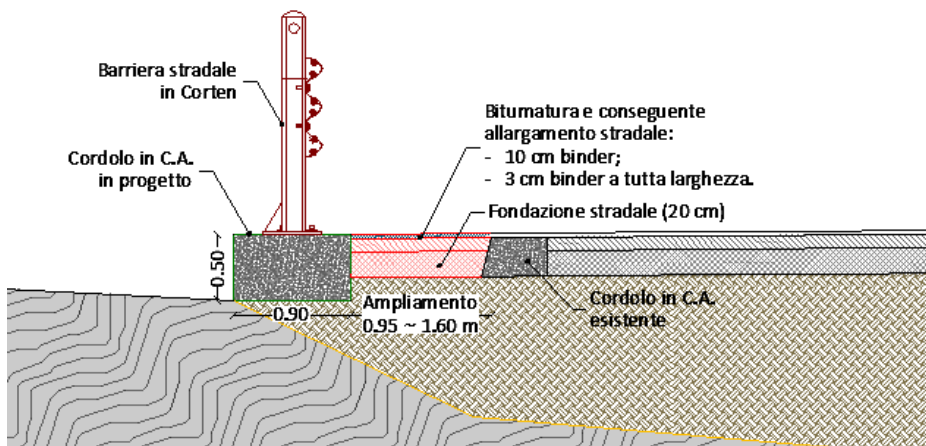


Figura 23: Sezione tratto stradale ampliato con solo cordolo in c.a.

5.3 TORRENTE CHIUSELLA

E' opportuno premettere che il seguente intervento sul Torrente Chiusella si limita a ripristinare il normale deflusso della portata in alveo e la corretta funzionalità dei tratti spondali ammalorati ed erosi, senza dunque modificare i livelli idrici del torrente.

5.3.1 Intervento 3: sottomurazione scogliera in destra idraulica Loc. Frascal

Le problematiche d'erosione su esposte trovano soluzione attraverso la realizzazione di tratti di scogliera nei punti maggiormente erosi nonché attraverso la realizzazione di una sottomurazione lungo tutto il tratto oggetto d'intervento oltre alla realizzazione di tre traverse in massi.

Nello specifico i lavori vedranno la realizzazione di n° 3 tratti di scogliera ex novo aventi lunghezza, procedendo da monte verso valle, rispettivamente di 30 m, 12 m e 40 m, n°3 traverse in massi non cementati aventi dimensioni 2 x 4 m.

Il tratto di sottomurazione interesserà l'intera ansa in sponda destra, per una lunghezza di circa 280 metri e sarà realizzata in massi cementati.

In aggiunta a tali opere verrà effettuata una livellazione del fondo alveo, in modo da riportarlo allo status ante alluvione, attraverso la movimentazione di materiale dei tratti con una maggior presenza di materiale ed il conseguente riporto dello stesso nei tratti presentanti deficit di materiale.

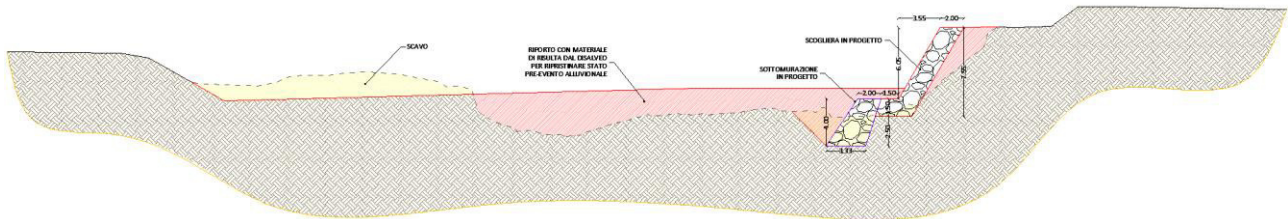


Figura 24: Sezione tipo 1, tratto d'alveo con scogliera e sottomurazione in progetto

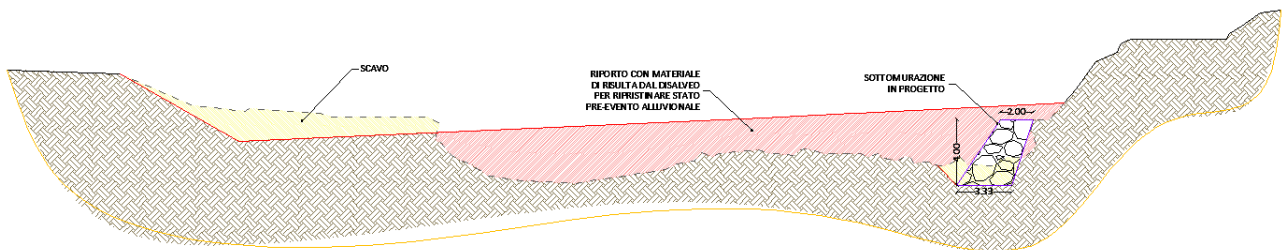


Figura 25: Sezione tipo 2, tratto d'alveo con sottomurazione in progetto

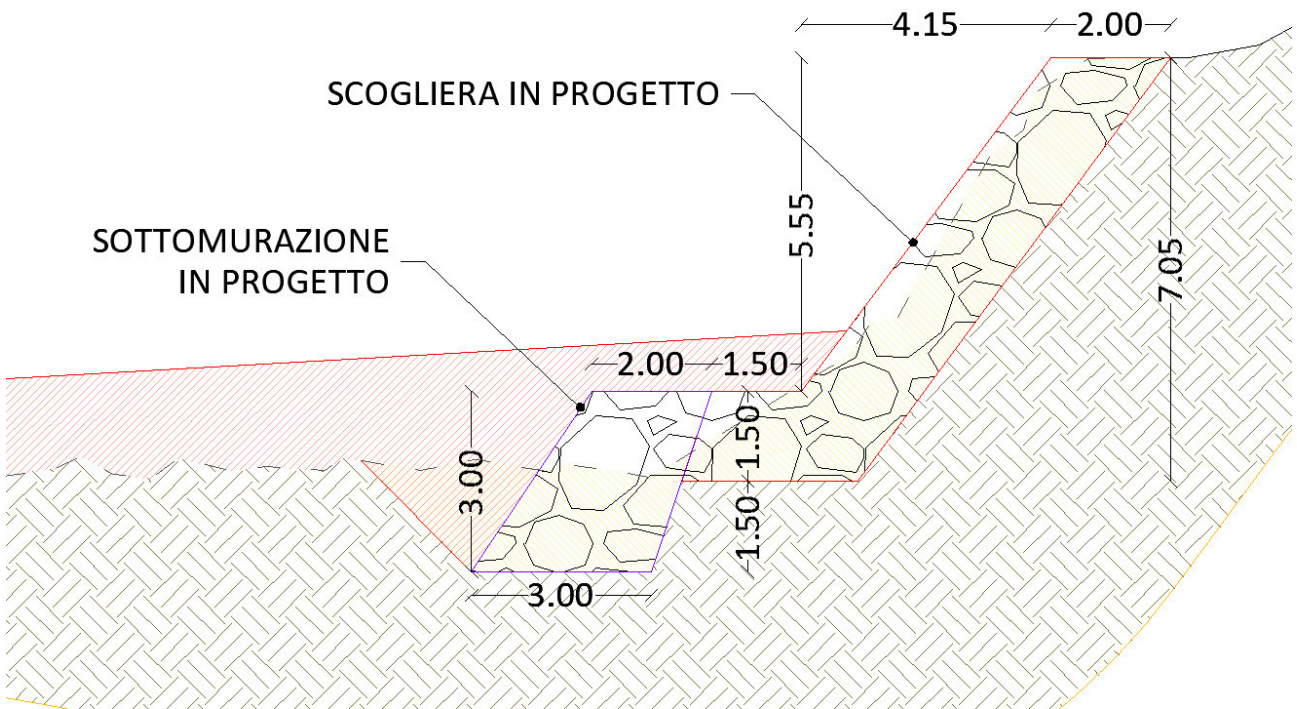


Figura 26: Dettaglio sezione tipo 1

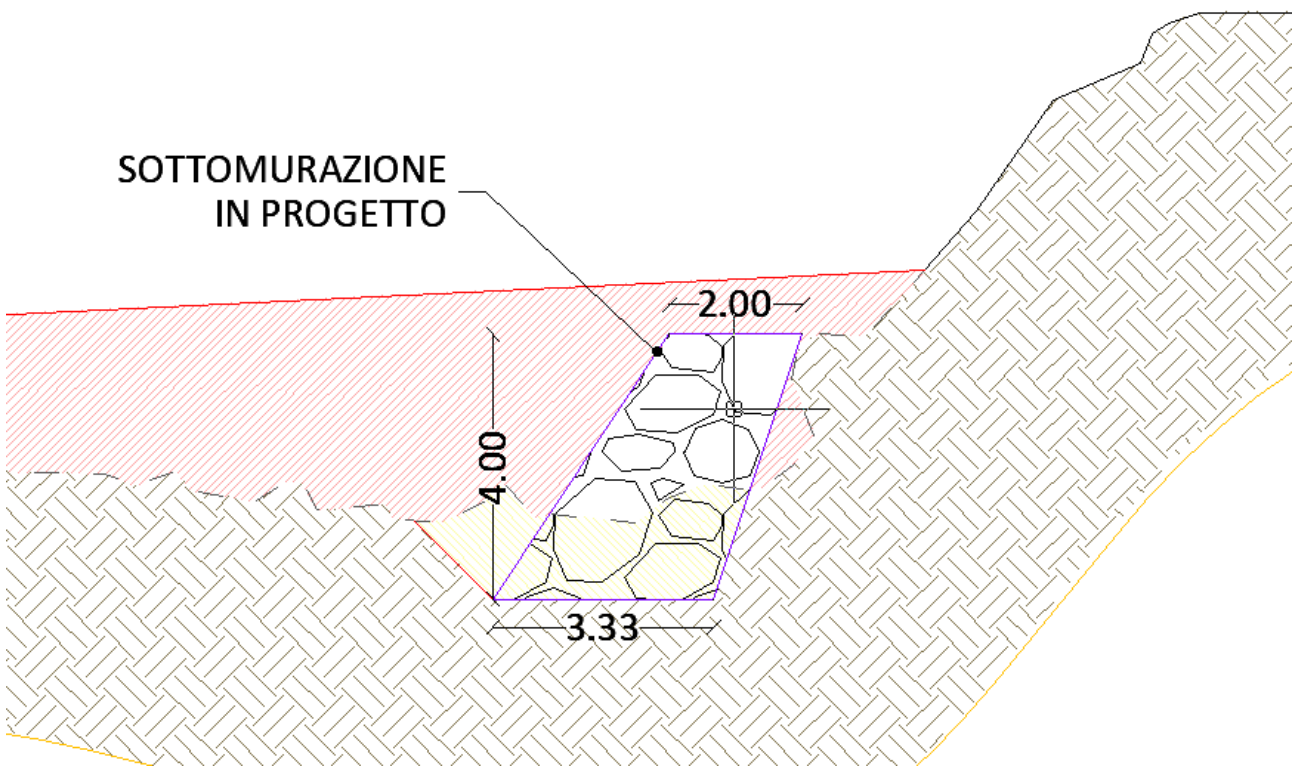


Figura 27: Dettaglio sezione tipo 2

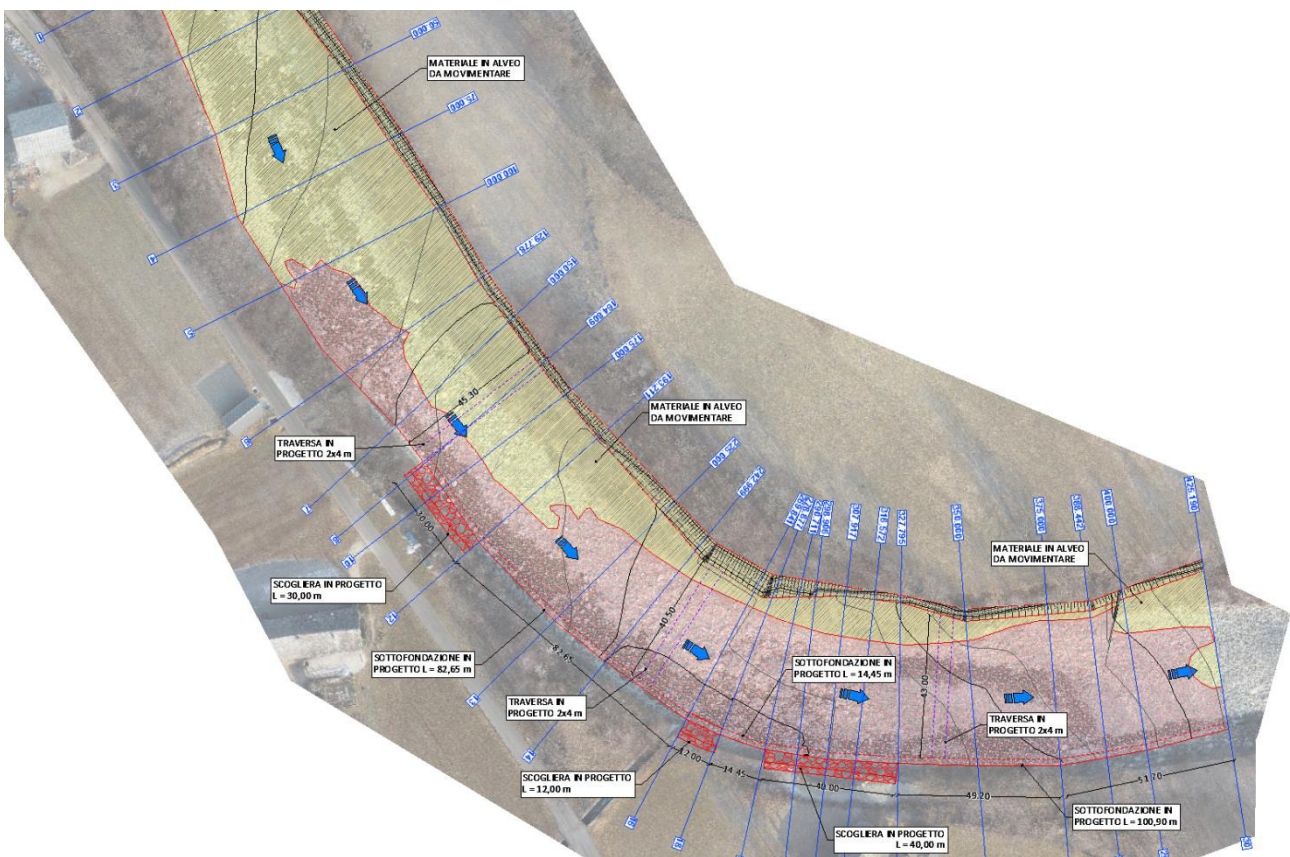


Figura 28: Rappresentazione schematica della movimentazione di materiale all'interno dell'alveo. In giallo le aree con surplus di materiale da asportare, in rosso le aree con deficit di materiale da riportare



6 OPERE OGGETTO DI VERIFICA

Le opere oggetto di verifica geotecniche corrispondono alle scogliere in progetto in destra idraulica Loc. Frascal. Nello specifico i lavori vedranno la realizzazione di n° 3 tratti di scogliera ex novo aventi lunghezza, procedendo da monte verso valle, rispettivamente di 30 m, 12 m e 40 m, n°3 traverse in massi non cementati aventi dimensioni 2 x 4 m.

In particolare saranno verificati geotecnicamente la sezione 10, la sezione 18 e la sezione 22

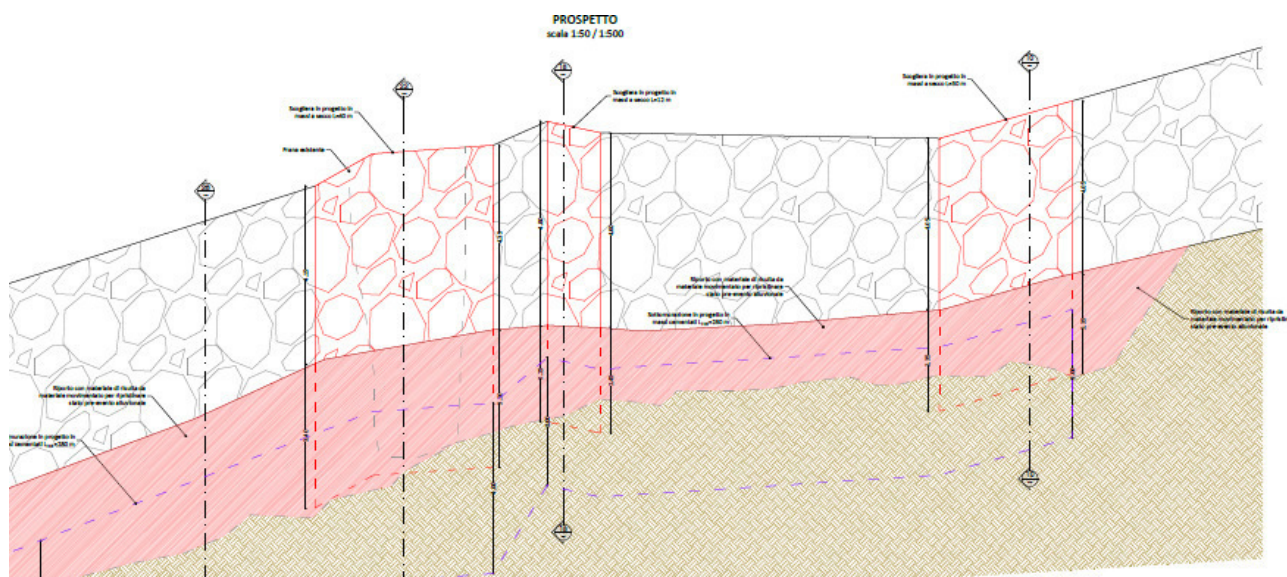


Figura 4. Tav. 03.03_Prospecto

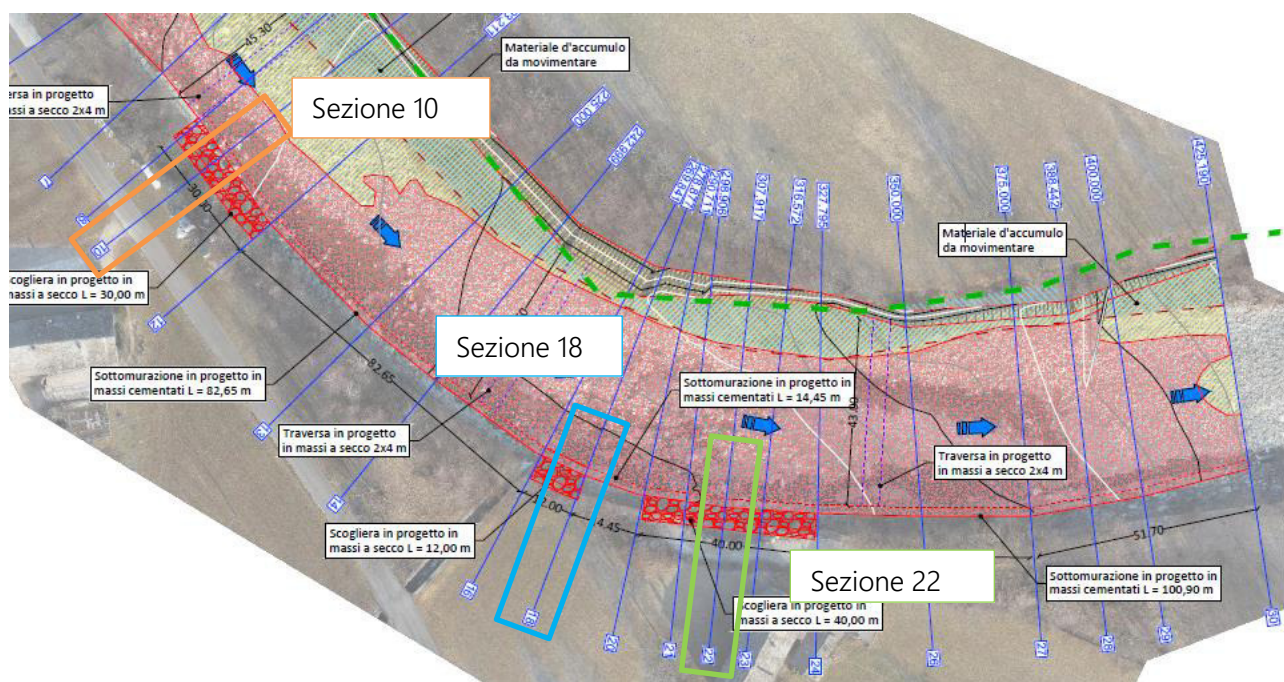


Figura 5. Tav. 03.03_Planimetria di progetto

SEZIONE 10 IN PROGETTO
scala 1:100

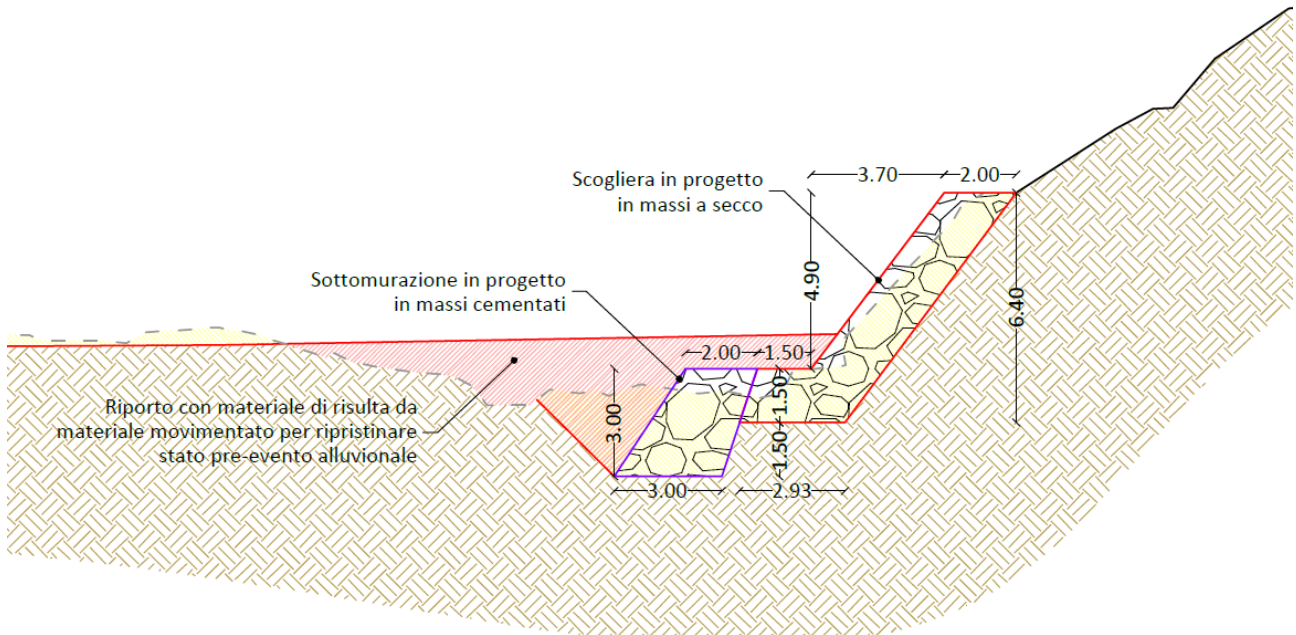


Figura 6. Tav. 03.03_Sezione 10

SEZIONE 18 IN PROGETTO
scala 1:100

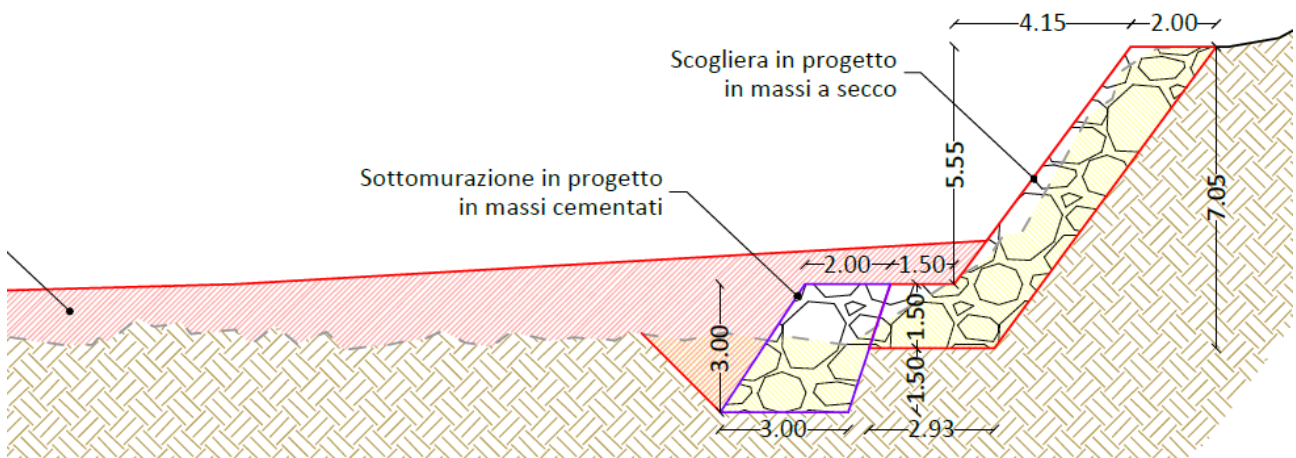


Figura 7. Tav. 03.03_Sezione 18



SEZIONE 22 IN PROGETTO

scala 1:100

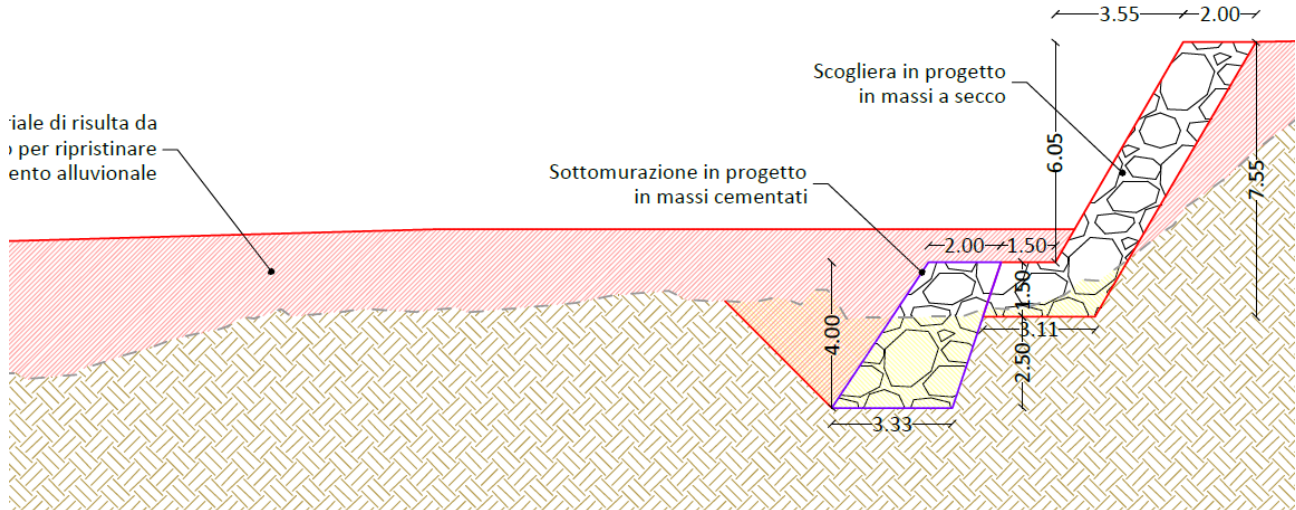


Figura 8. Tav. 03.03_Sezione 22

Sarà oggetto di verifica geotecnica il muro di sostegno in massi localizzato nel tratto compreso tra la deviazione del Rio Frascal ed il punto ove attualmente è presente un muretto in mattoni bordo strada in ciglio sinistro direzione Trausella.

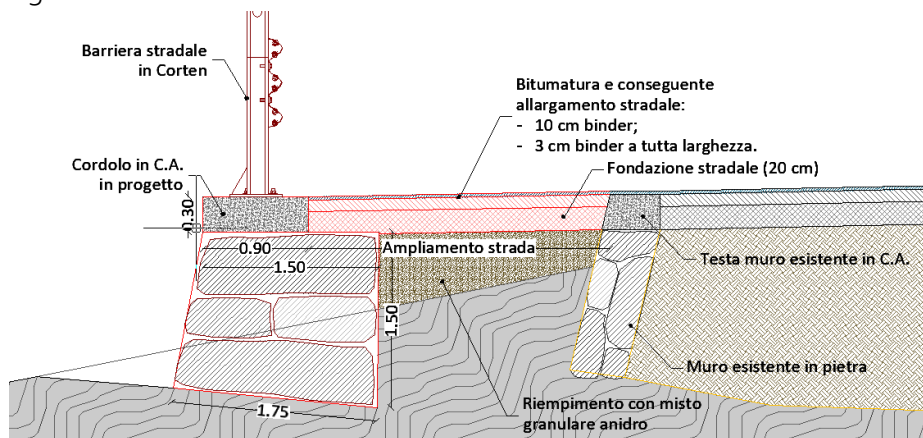


Figura 22: Sezione tratto stradale ampliato con sottomurazione

7 DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico. Si riporta di seguito la mappatura del Piemonte che riporta la classificazione sismica del territorio regionale, redatta ai sensi dell' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 – "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 11-13058 del 19.01.2010, entrata in vigore con la D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 ed in seguito aggiornata nuovamente con l'entrata in vigore della Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 6-887 OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656.

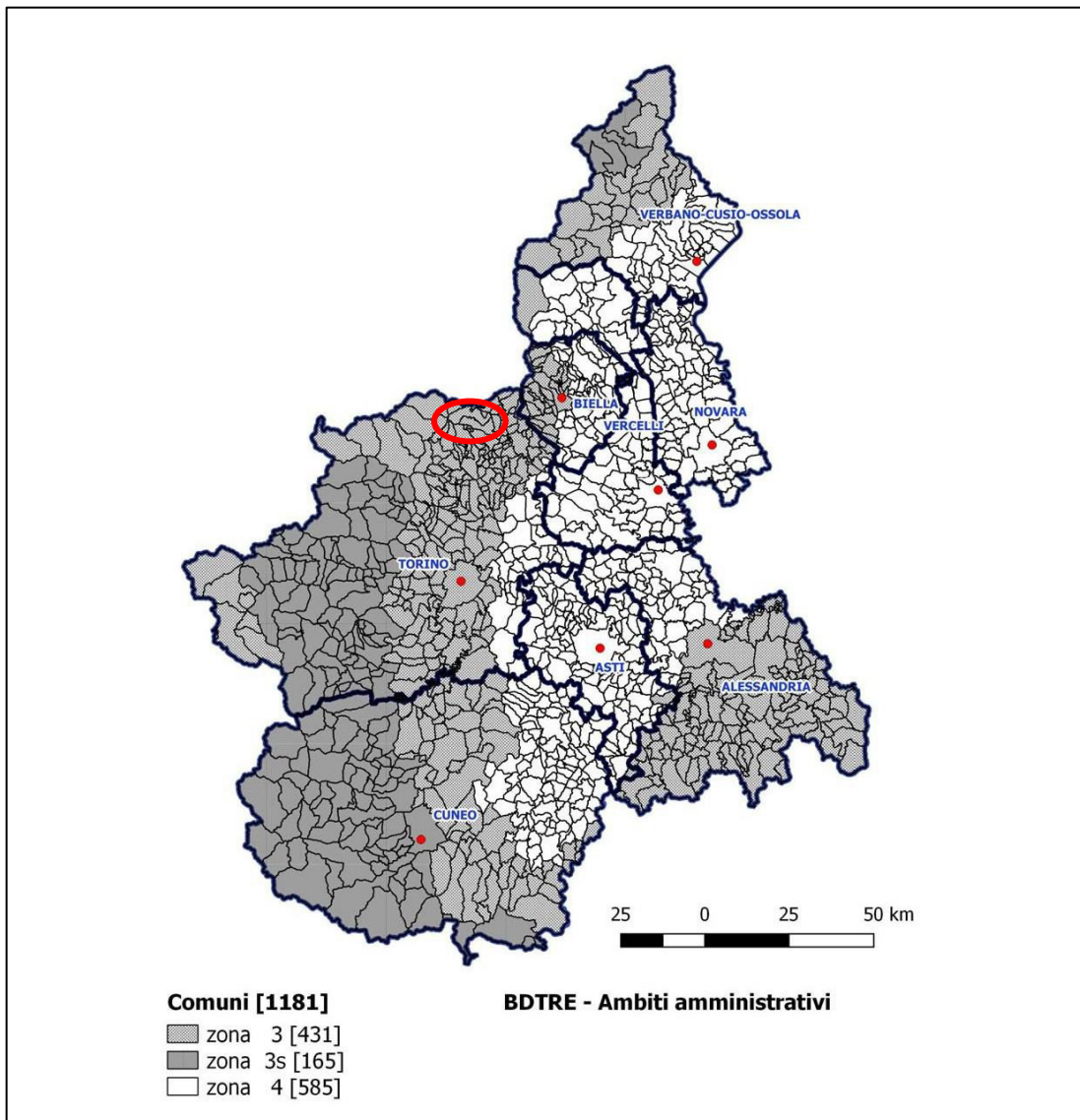


Figura 9 - Mappatura delle aree sismiche in Piemonte.

Il Comune di Valchiusa (TO) rientra tra le aree classificate in Zona 3: Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti

Regione			PIEMONTE
Provincia			TORINO
Comune			Valchiusa
Coordinate Geografiche del cantiere	Intervento 1	Latitudine	45.498539 N
		Longitudine	7.746376 E
	Intervento 2	Latitudine	45.4978019 N
		Longitudine	7.7494877 E
	Intervento 3	Latitudine	45.495686 N
		Longitudine	7.7541524 E
Altitudine	Intervento 1		710 m s.l.m.
	Intervento 2		695 m s.l.m.
	Intervento 3		675 m s.l.m.
Zona sismica			ZONA 3
Tipo di opera	TAB. 2.4.I D.M. 17/01/2018		ORDINARIA
Vita nominale V_N	P.to 2.4.1 D.M. 17/01/2018		50 ANNI
Classe d'uso	P.to 2.4.2 D.M. 17/01/2018		II
Coefficiente d'uso C_u	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018		1
Periodo di riferimento per azione sismica V_R	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018		50 ANNI

Tabella 3 – Dati della struttura e zona sismica

Le Norme Tecniche per le Costruzioni individuano le azioni sismiche di progetto a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Le NTC2018 definiscono al par. 3.2 la pericolosità sismica in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR. Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_c : valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il calcolo delle opere in oggetto è stato realizzato facendo riferimento ai seguenti parametri:

	T_R [anni]	a_g [m/s ²]	F_0 [-]	T_c [s]
SLO	30	0.194	2.599	0.161



SLD	50	0.240	2.592	0.191
SLV	475	0.459	2.710	0.280
SLC	975	0.542	2.774	0.297

Tabella 4 - Parametri sismici di progettazione

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \times W$ ed $F_v = k_v \times W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$
$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale è necessario individuare il valore del coefficiente topografico S_T , dipendente dalle categorie topografiche illustrate nella seguente tabella:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 5 – Categorie topografiche - Tabella 3.2.III D.M. 17/01/2018

A favore di sicurezza, per il caso in studio, è stata considerata la categoria topografica T1, alla quale corrisponde il massimo coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1.0 (tabella 3.2.V D.M. 17/01/2018). Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario inoltre valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento illustrate nella seguente tabella:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 6 – Categorie di sottosuolo da Tabella 3.2.II D.M. 17/01/2018

Non avendo effettuato indagini specifiche in sito, nel caso in progetto si assume che la categoria di sottosuolo sia la D, alla quale corrisponde il valore massimo del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s pari a 1.8.

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Tabella 7 – Espressioni di S_s Tabella 3.2.IV D.M. 17/01/2018

La seguente tabella riepiloga i coefficienti sismici calcolati:

	SLU	SLE
a_g SLV	0.459	0.240
S_t coefficiente di amplificazione topografica	1.0	1.0
S_s coefficiente di amplificazione stratigrafica	1.8	1.8
β_m	1.0	1.0
K_h [%]	8.419	4.400
K_v [%]	4.210	2.20

Tabella 8 - Parametri per la definizione dell'azione sismica



7.1 Analisi delle condizioni di stabilità dei muri di sostegno

L'analisi delle condizioni di stabilità dei muri di sostegno, a meno di specifiche analisi dinamiche, in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici e metodi degli spostamenti.

Se la struttura può spostarsi, l'analisi pseudo-statica si esegue mediante i metodi dell'equilibrio limite. Il modello di calcolo deve comprendere l'opera di sostegno, il volume di terreno a tergo dell'opera, che si suppone in stato di equilibrio limite attivo, e gli eventuali sovraccarichi agenti sul volume suddetto.

Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$
$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

β_m = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Il valore del coefficiente di amplificazione topografico S_T e il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s sono uguali a quelli appena riportati per l'analisi di stabilità dei pendii.

Si valuta infine il valore del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_m , che risulta quantificato come segue:

$\beta_m=0.38$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m=0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD)

Per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario. Lo stato limite di ribaltamento deve essere trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (7.11.1 del D.M. 17/01/2018) e utilizzando valori di β_m incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

Nel caso in questione a favore della sicurezza i valori di β_m sono stati definiti come 1.00.

8 METODO E CODICI DI CALCOLO

I calcoli per il dimensionamento strutturale sono stati condotti adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite, verificandone i requisiti di sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica) e allo stato limite di esercizio. L'analisi delle azioni sismiche ha comportato inoltre la valutazione delle relative deformazioni.

La schematizzazione della procedura progettuale adottata può essere sinteticamente così riassunta:

- Individuazione della classe d'uso dell'opera e della sua vita utile
- Definizione delle azioni agenti in condizioni statiche e dinamiche attraverso l'individuazione delle condizioni di carico
- Predisposizione delle combinazioni di carico, (con i relativi coefficienti di combinazione) allo SLU, SLE, SLV, SLD
- Analisi dell'involuppo delle azioni agenti
- Dimensionamento degli elementi strutturali e verifica della funzionalità delle strutture progettate.

L'analisi strutturale condotta è stata del tipo: SISMICA STATICA EQUIVALENTE.

Ai sensi del par. 6.4.2.1 delle NTC 2018 le verifiche sulle opere di fondazione superficiale sono state effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno
 - Collasso per scorrimento sul piano di posa
 - Stabilità globale
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale è stata effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2 + M2 + R2)
- Tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Le rimanenti verifiche sono state effettuate tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I seguendo l'approccio 1, combinazione (A1 + M1 + R1).

La modellazione delle strutture e la rielaborazione dei risultati del calcolo è stata effettuata con il programma Scat 14.0 di Aztec.

La verifica degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

La struttura viene discretizzata in elementi di tipo trave, mentre per simulare il comportamento del terreno di fondazione e di rinfianco vengono inserite delle molle alla Winkler non reagenti a trazione. L'analisi che viene effettuata è un'analisi al passo per tener conto delle molle che devono essere eliminate (molle in



trazione). L'analisi fornisce i risultati in termini di spostamenti. Dagli spostamenti si risale alle sollecitazioni nodali ed alle pressioni sul terreno. Il calcolo degli scatolari viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo delle pressioni in calotta (per gli scatolari ricoperti da terreno)
- Calcolo della spinta del terreno
- Calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali (fondazione, piedritti e traverso)
- Progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è stata condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è stata eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

La modellazione del canale di scarico in pietrame e la rielaborazione dei risultati del calcolo è stata effettuata con il programma MAX 16.0 di Aztec.

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle fasi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di fasi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

9 CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

9.1.1 Massi di cava e posati a secco:

Materiale litoide proveniente da disalveo o da cava, cementati, non friabile né gelivo, ad elevato peso specifico. Le caratteristiche meccaniche vengono riportate nella seguente tabella:

Resistenza a compressione	(kPa)	30000
Angolo di attrito interno	(°)	45
Resistenza a taglio	(kPa)	5
Peso di volume	(kg/m ³)	2300

Tabella 9 – Parametri pietrame



10 AZIONI

In accordo con la normativa citata al capitolo 2 della presente relazione, in linea generale vanno considerati nei calcoli le seguenti azioni:

- Carichi permanenti strutturali;
- Carichi permanenti non strutturali;
- Carichi variabili.

10.1 Carichi permanenti strutturali

I carichi permanenti strutturali sono dati dai pesi propri delle strutture e vengono calcolati automaticamente dal software di calcolo. Si considera la massa volumica dei massi di cava posati a secco pari a 2300 kg/m^3 .

10.2 Carichi permanenti non strutturali

Sulle scogliere in progetto non insistono carichi permanenti non strutturali, se non la spinta attiva del terreno stesso di cui sono stati riportati i parametri geotecnici al capitolo 6.

10.3 Carichi variabili

Non sono presenti carichi variabili per i tratti di scogliera dell'area d'intervento 3.

Sui tratti stradali dell'area d'intervento 2 si considera nelle verifiche un carico variabile veicolare di 2000 kg/m^2 .

11 COMBINAZIONI DI CARICO

Normativa usata: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.I.LL.PP. 21/01/2019 n.7

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.30	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.30	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.50	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Tabella 10- Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche.

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00



Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff. $\Psi_{0,j}$, $\Psi_{1,j}$, $\Psi_{2,j}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

11.1 Descrizione Combinazione di calcolo – Sezione 10 e18

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	\cdot	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	\cdot	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	\cdot	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	\cdot	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)



Condizione	γ	·	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	·	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	·	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	·	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	·	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	·	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	·	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	·	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	γ	·	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	γ	·	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ



Condizione	γ	·	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Condizione	γ	·	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Condizione	γ	·	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

11.2 Descrizione Combinazione di calcolo – Sezione 22

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole



Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ



Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

11.3 Descrizione Combinazione di calcolo – Muro in massi

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole



Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole



Condizione	γ	Ψ	Effetto
Condizione 1	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 18 - A1-M1-R3 SCOR H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 19 - A1-M1-R3 SCOR H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole



12 SEZIONE 10

Per la verifica della scogliera in massi a secco, è stata assimilata una sezione di verifica di altezza totale di 6.40 m e mensola a valle di 3.50 tenendo conto la presenza della sottomurazione. Per il calcolo è stato utilizzato il software MAX. A seguire si riportano i risultati ottenuti.

SEZIONE 10 IN PROGETTO

scala 1:100

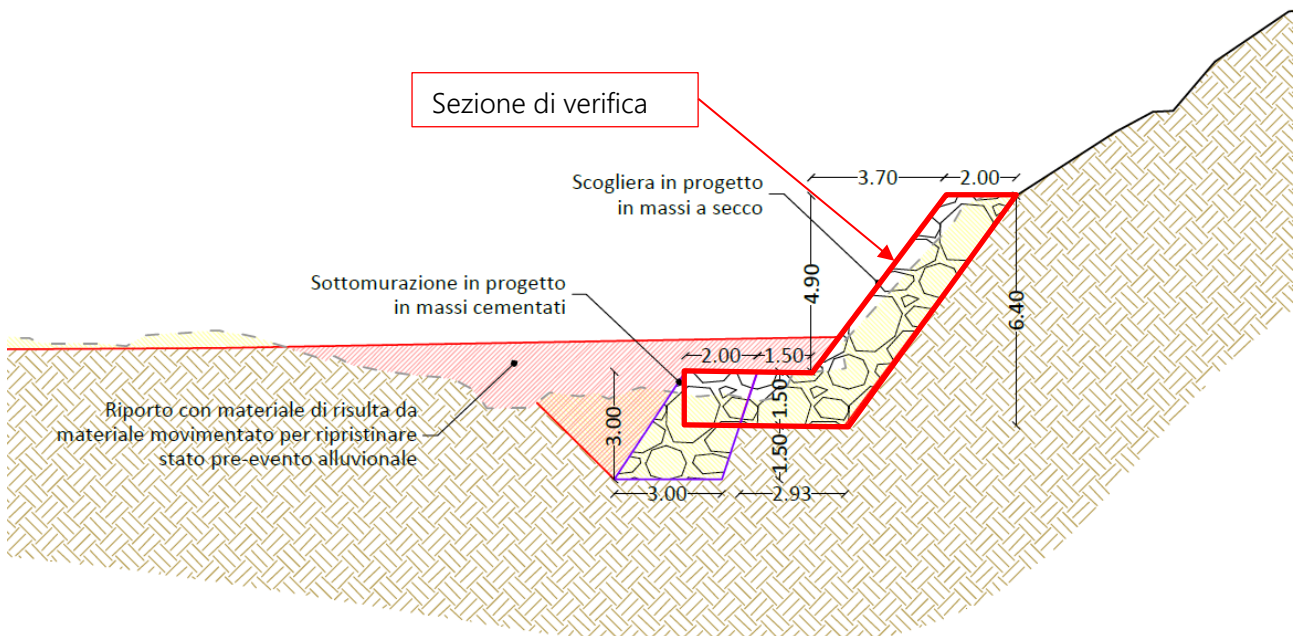


Figura 10: Confronto con la sezione di progetto

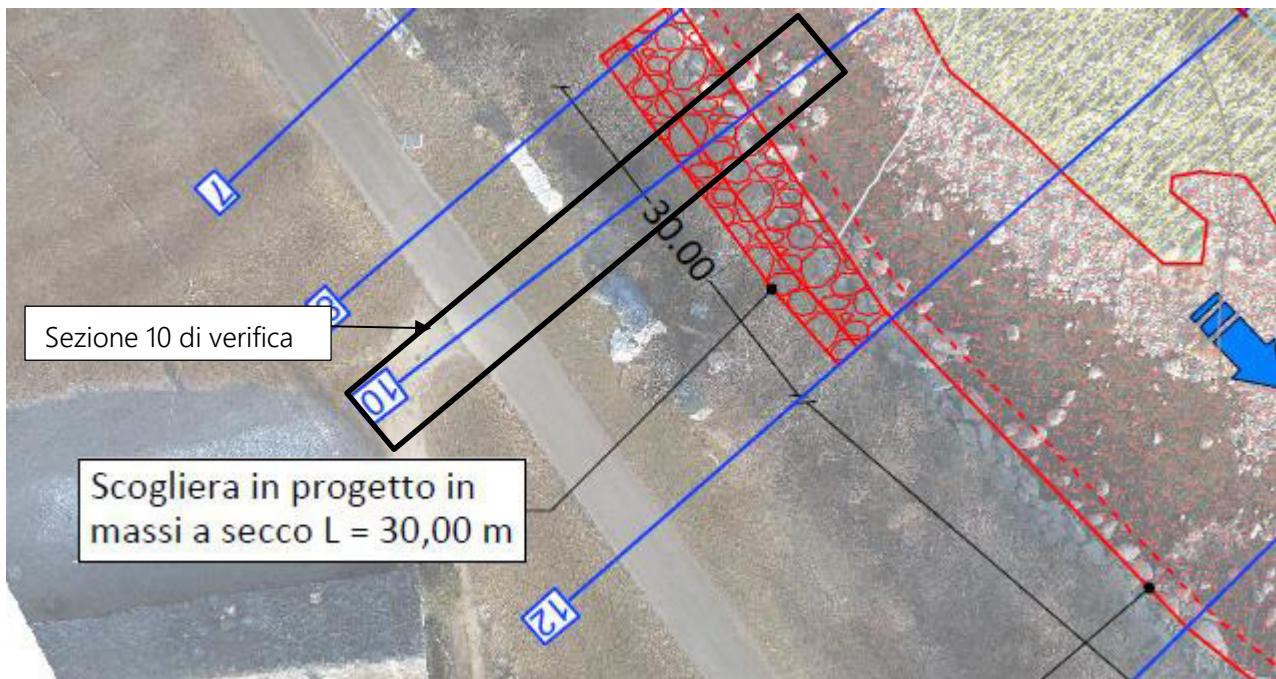


Figura 11. Tav. 03.3_ Planimetria di progetto – Sezione di verifica



12.1 Geometria di modellazione

La sezione oggetto di verifica presenta un'altezza totale di 6.40 m con altezza di paramento pari a 4.90 m, spessore di paramento pari 2.00 m inclinazione interna di circa 37° ed esterna di circa 37°. La fondazione è configurata dalla mensola di valle della scogliera e la parte superiore della sottomurazione per una lunghezza del piede di 3.50 m e una lunghezza totale della fondazione di circa 4.50 m, con uno spessore pari a 1.50 m.

A tergo della scogliera si presenta un terrapieno di circa 30° d'inclinazione.

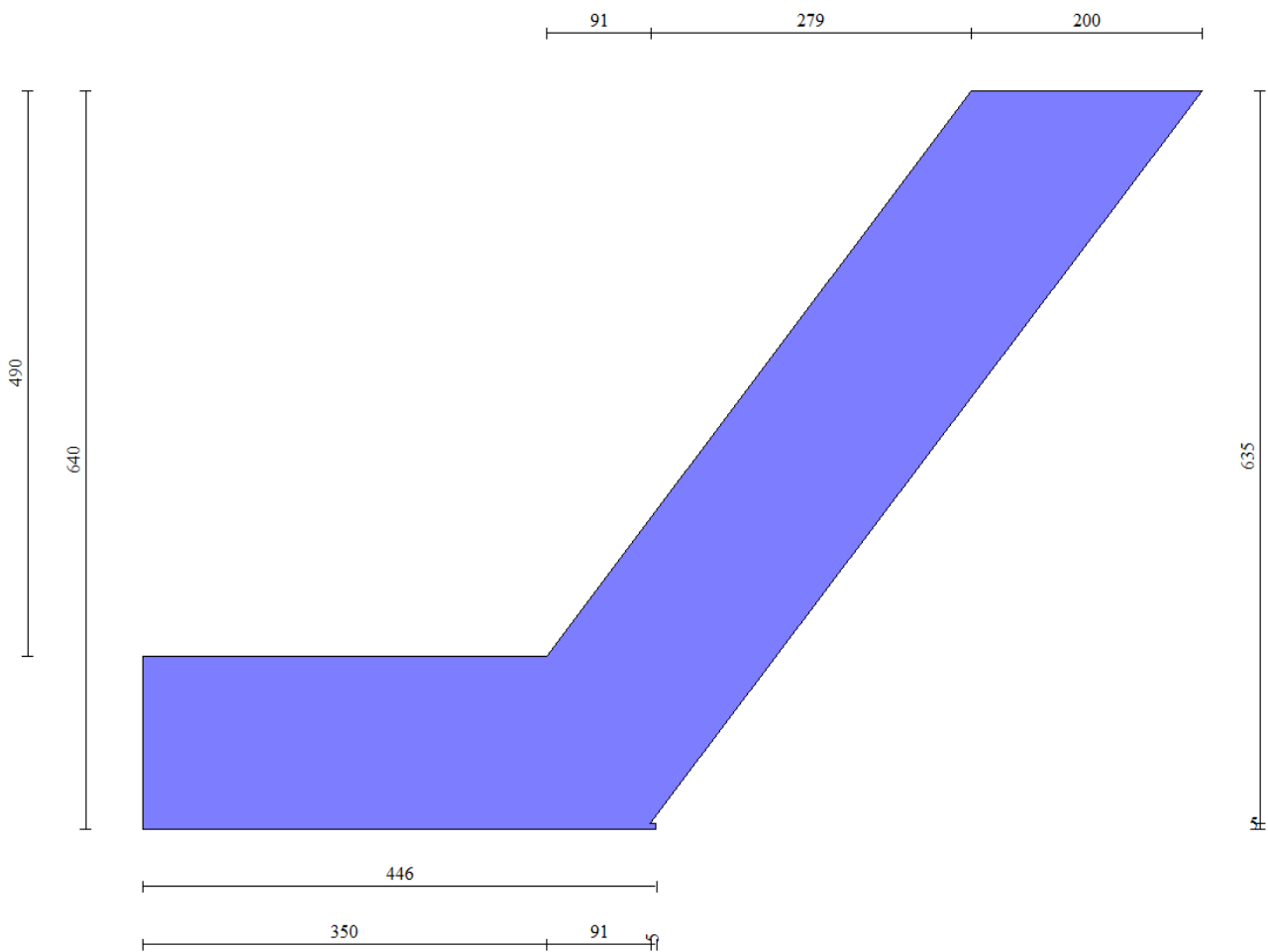


Figura 12. Estratto dal software di calcolo – Max-16.0 -Geometria.

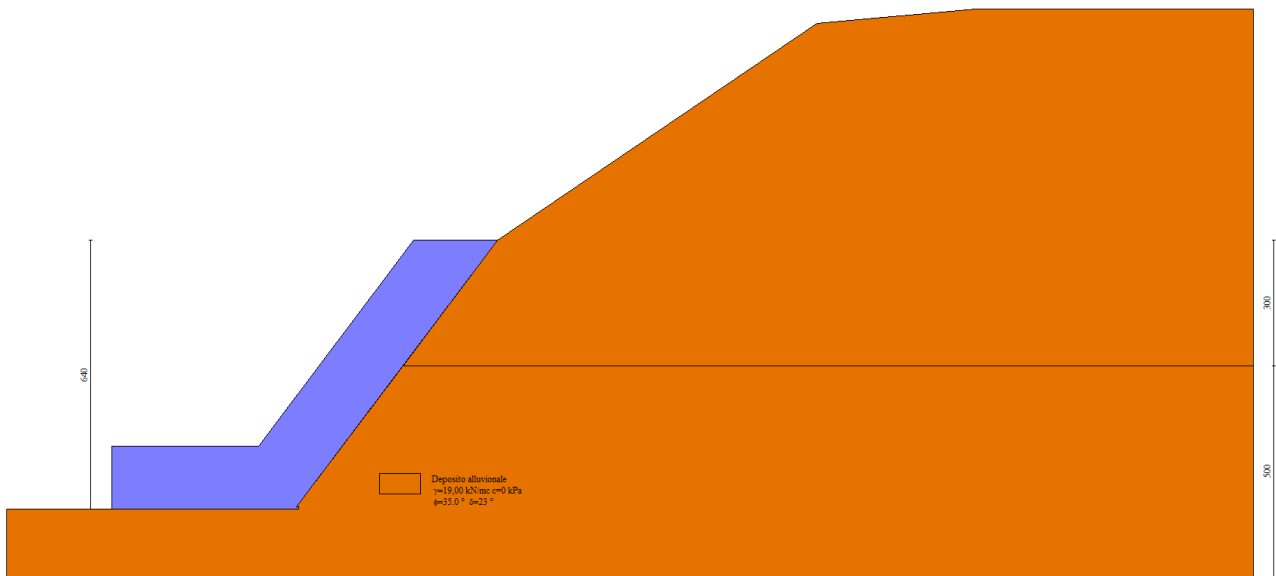


Figura 13. Estratto dal software di calcolo – Max 16.0 – Sezione di verifica



12.2 Sollecitazioni agenti.

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno.

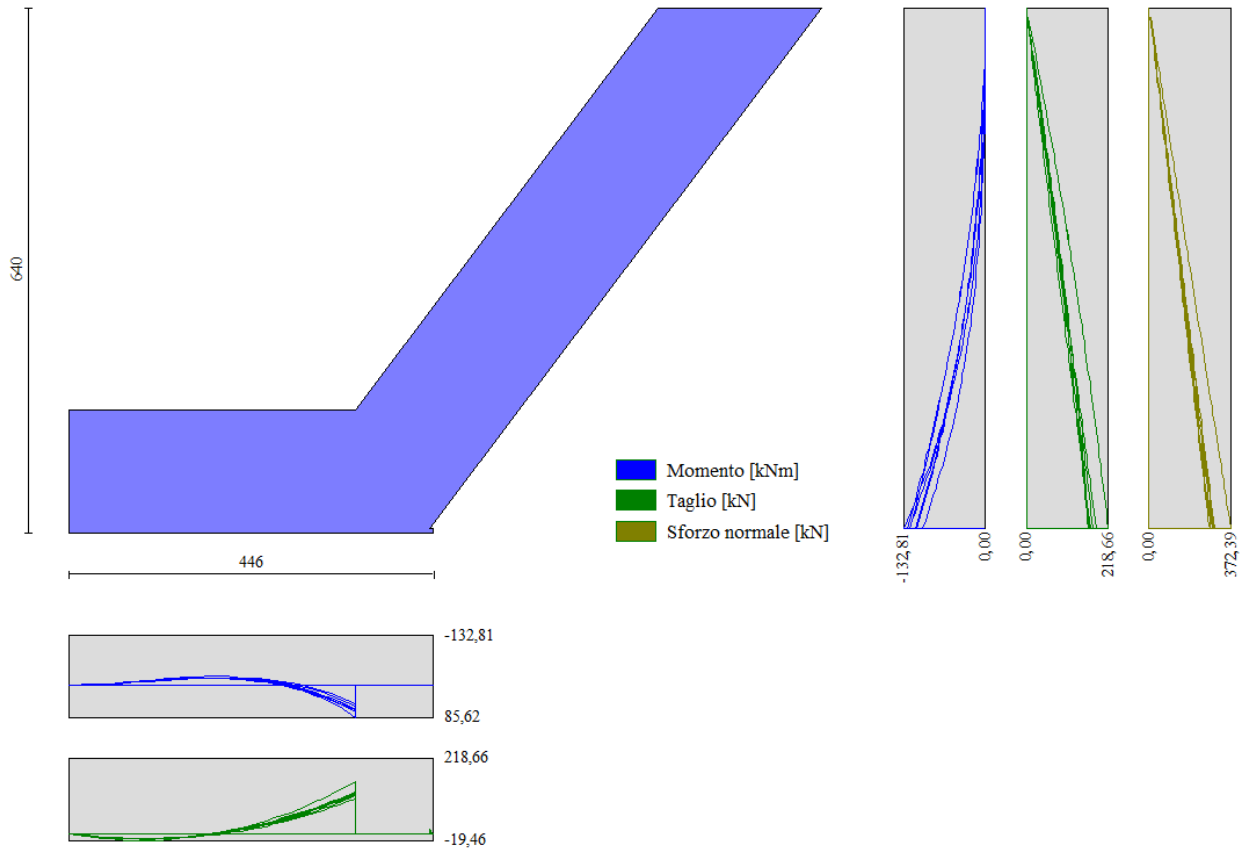


Figura 14. Involuppo momento, taglio e sforzo normale sul paramento e fondazione.

12.3 Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione
 Rsa Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
 Rpt Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
 R Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps), espresso in [kN]
 T Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	162,64	0,00	0,00	162,64	47,17	3.448
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	167,41	0,00	0,00	167,41	104,63	1.600
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	153,27	0,00	0,00	153,27	101,99	1.503
4 - STR (A1-M1-R3)	212,86	0,00	0,00	212,86	47,17	4.513
5 - STR (A1-M1-R3)	162,64	0,00	0,00	162,64	47,17	3.448
6 - STR (A1-M1-R3)	212,85	0,00	0,00	212,85	47,17	4.513

12.4 Verifica a carico limite

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione
 N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
 Qu carico limite del terreno, espresso in [kN]
 Qd Portanza di progetto, espresso in [kN]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	377,10	2402,25	1715,89	6.370
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	388,16	1226,54	1022,11	3.160
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	355,37	1114,89	929,08	3.137
4 - STR (A1-M1-R3)	493,53	2698,82	1927,73	5.468
5 - STR (A1-M1-R3)	377,11	2402,28	1715,92	6.370
6 - STR (A1-M1-R3)	493,52	2698,80	1927,72	5.468



12.5 Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
10 - EQU (A1-M1-R3)	1817,05	208,20	8.727
11 - EQU (A1-M1-R3) H + V	1895,26	359,90	5.266
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	1817,05	429,56	4.230

12.6 Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

lc Indice/Tipo combinazione

C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]

R Raggio, espresso in [m]

FS Fattore di sicurezza

lc	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	-4,50; 4,50	11,88	1.532
8 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4,50; 4,50	11,88	1.804
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4,50; 4,50	11,88	1.801

12.7 Risultati delle verifiche.

Nella tabella seguente si riportano i minimi coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche tenendo conto di tutte le combinazioni risultanti dal calcolo.

Tipo di verifica	Fattori di sicurezza minimi
Verifica al ribaltamento	4.23 (12)
Verifica allo scorrimento	1.50 (3)
Verifica al carico limite	3.14 (3)
Verifica alla stabilità globale	1.53 (7)

Tabella 11 - Risultati delle verifiche geotecniche

I valori minimi dei fattori di sicurezza risultano maggiori di quelli prescritti dalla normativa per muri di sostegno (NTC 2018).

-
- Ribaltamento: $FS_{RIB} > FS_{NORM}$ (=1.15)
- Scorrimento: $FS_{SCO} > FS_{NORM}$ (=1.10)
- Carico limite: $FS_{CL} > FS_{NORM}$ (=1.40)
- Stabilità globale: $FS_{SG} > FS_{NORM}$ (=1.20)



13 SEZIONE 18

Per la verifica della scogliera in massi a secco, è stata assimilata una sezione di verifica di altezza totale di 7.05 m e mensola a valle di 3.50 tenendo conto la presenza della sottomurazione. Per il calcolo è stato utilizzato il software MAX. A seguire si riportano i risultati ottenuti.

SEZIONE 18 IN PROGETTO

scala 1:100

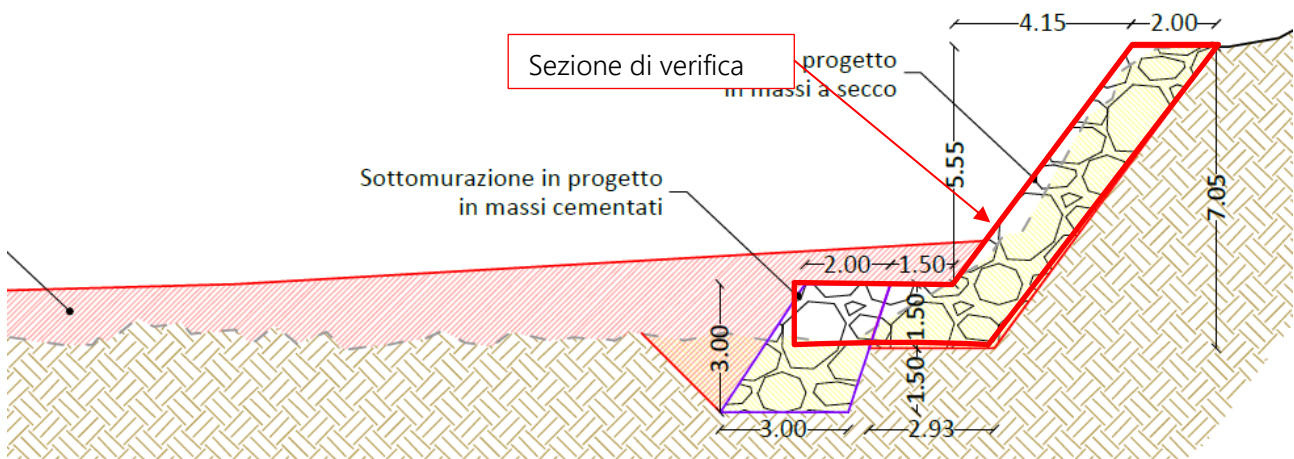


Figura 15: Confronto con la sezione di progetto

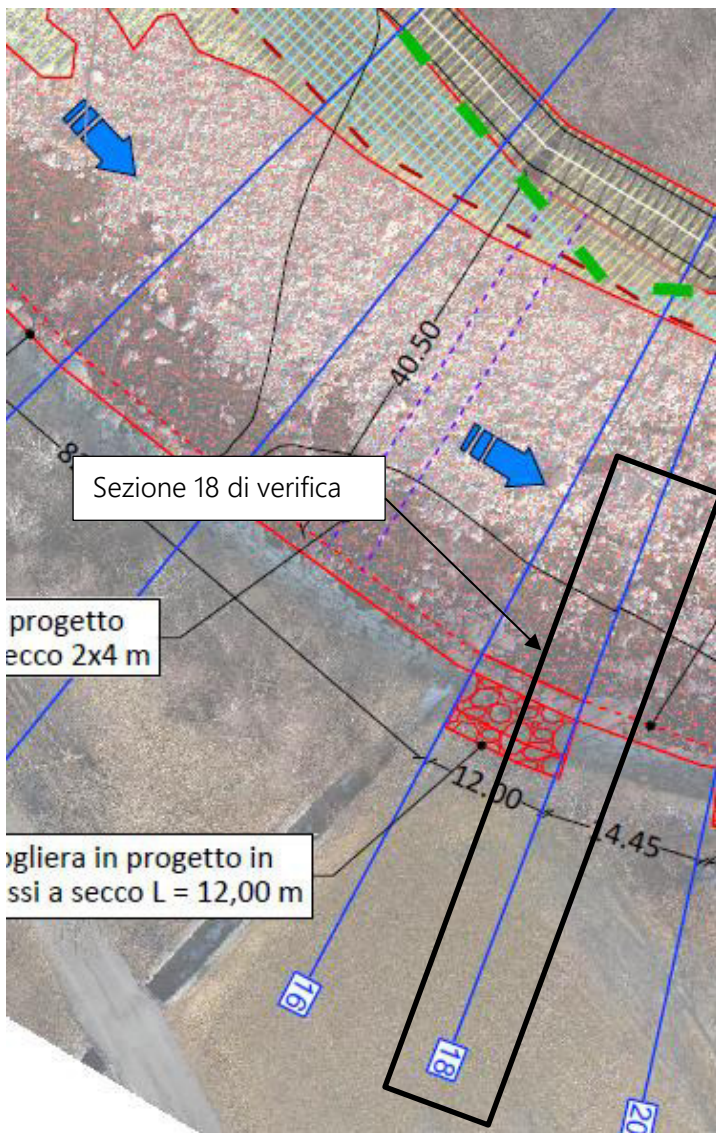


Figura 16. Tav. 03.3_ Planimetria di progetto – Sezione di verifica



13.1 Geometria di modellazione

La sezione oggetto di verifica presenta un'altezza totale di 7.05 m con altezza di paramento pari a 4.90 m, spessore di paramento pari 2.00 m inclinazione interna di circa 37° ed esterna di circa 37°. La fondazione è composta dalla mensola di valle della scogliera e la parte superiore della sottomurazione per una lunghezza del piede di 3.50 m e una lunghezza totale della fondazione di circa 4.50 m, con uno spessore pari a 1.50 m.

A tergo della scogliera si presenta un terrapieno di circa 30° d'inclinazione.

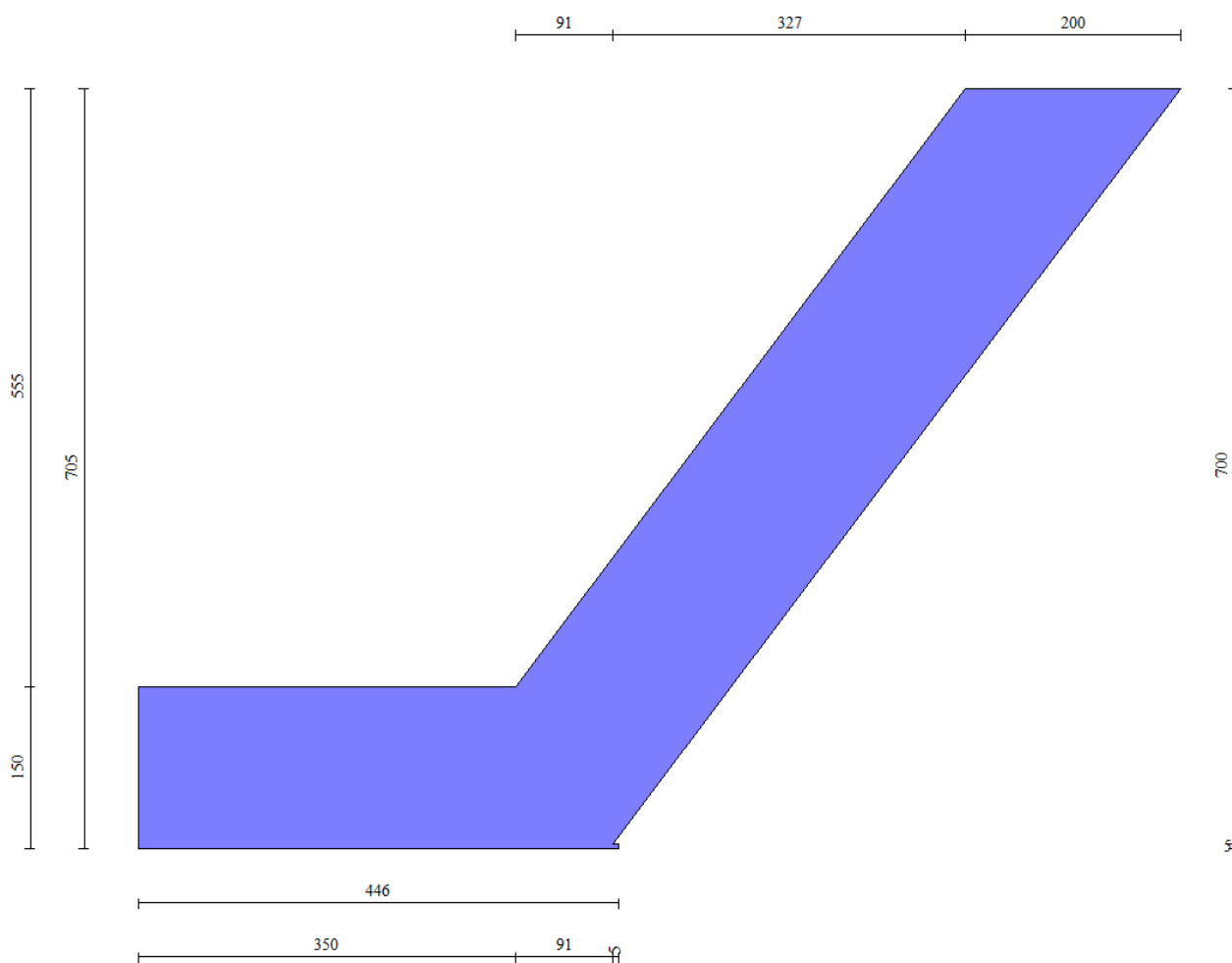


Figura 17. Estratto dal software di calcolo – Max-16.0 -Geometria.

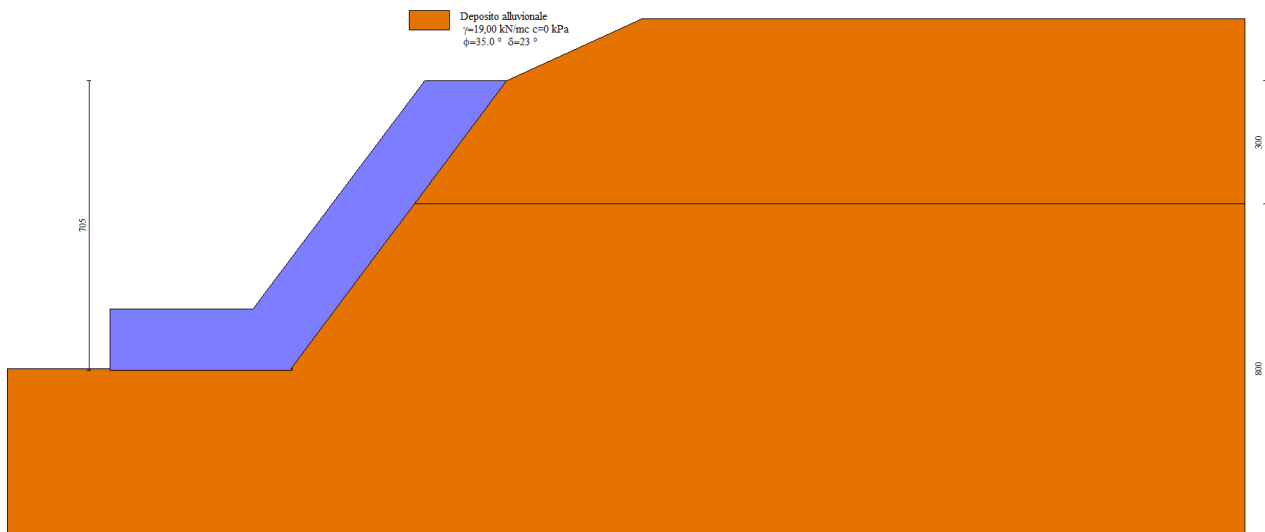


Figura 18. Estratto dal software di calcolo – Max 16.0 – Sezione di verifica



13.2 Sollecitazioni agenti.

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno.

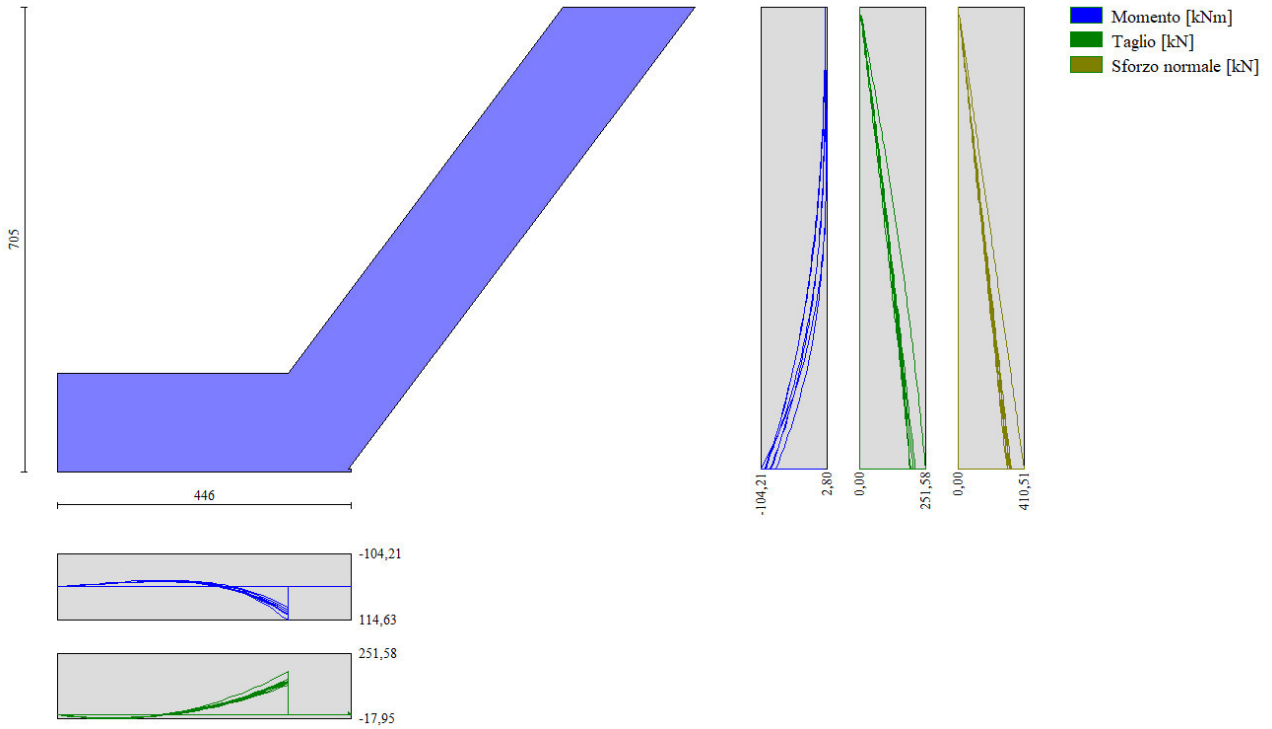


Figura 19. Involuppo momento, taglio e sforzo normale sul paramento e fondazione.

13.3 Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	176,27	0,00	0,00	176,27	37,57	4.692
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	182,66	0,00	0,00	182,66	86,97	2.100
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	167,38	0,00	0,00	167,38	84,78	1.974
4 - STR (A1-M1-R3)	230,29	0,00	0,00	230,29	37,57	6.129
5 - STR (A1-M1-R3)	176,27	0,00	0,00	176,27	37,57	4.692
6 - STR (A1-M1-R3)	230,28	0,00	0,00	230,28	37,57	6.129

13.4 Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	408,63	2816,65	2011,89	6.893
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	423,44	1759,58	1466,31	4.155
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	388,02	1655,70	1379,75	4.267
4 - STR (A1-M1-R3)	533,86	3049,84	2178,46	5.713
5 - STR (A1-M1-R3)	408,64	2816,67	2011,91	6.893
6 - STR (A1-M1-R3)	533,85	3049,83	2178,45	5.713



13.5 Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
10 - EQU (A1-M1-R3)	2064,45	174,94	11.801
11 - EQU (A1-M1-R3) H + V	2153,31	314,70	6.842
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	2064,45	395,98	5.214

13.6 Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

lc Indice/Tipo combinazione

C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]

R Raggio, espresso in [m]

FS Fattore di sicurezza

lc	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	-4,50; 4,50	12,67	1.771
8 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4,50; 4,50	12,67	2.065
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4,50; 4,50	12,67	2.060

13.7 Risultati delle verifiche.

Nella tabella seguente si riportano i minimi coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche tenendo conto di tutte le combinazioni risultanti dal calcolo.

Tipo di verifica	Fattori di sicurezza minimi
Verifica al ribaltamento	5.21 (12)
Verifica allo scorrimento	1.97 (3)
Verifica al carico limite	4.16 (2)
Verifica alla stabilità globale	1.77 (7)

Tabella 12 - Risultati delle verifiche geotecniche

I valori minimi dei fattori di sicurezza risultano maggiori di quelli prescritti dalla normativa per muri di sostegno (NTC 2018).

- Ribaltamento: $FS_{RIB} > FS_{NORM}$ (=1.15)
- Scorrimento: $FS_{SCO} > FS_{NORM}$ (=1.10)
- Carico limite: $FS_{CL} > FS_{NORM}$ (=1.40)
- Stabilità globale: $FS_{SG} > FS_{NORM}$ (=1.20)



14 SEZIONE 22

Per la verifica della scogliera in massi a secco, è stata assimilata una sezione di verifica di altezza totale di 7.55 m e mensola a valle di 3.50 tenendo conto la presenza della sottomurazione. Per il calcolo è stato utilizzato il software MAX. A seguire si riportano i risultati ottenuti.

SEZIONE 22 IN PROGETTO

scala 1:100

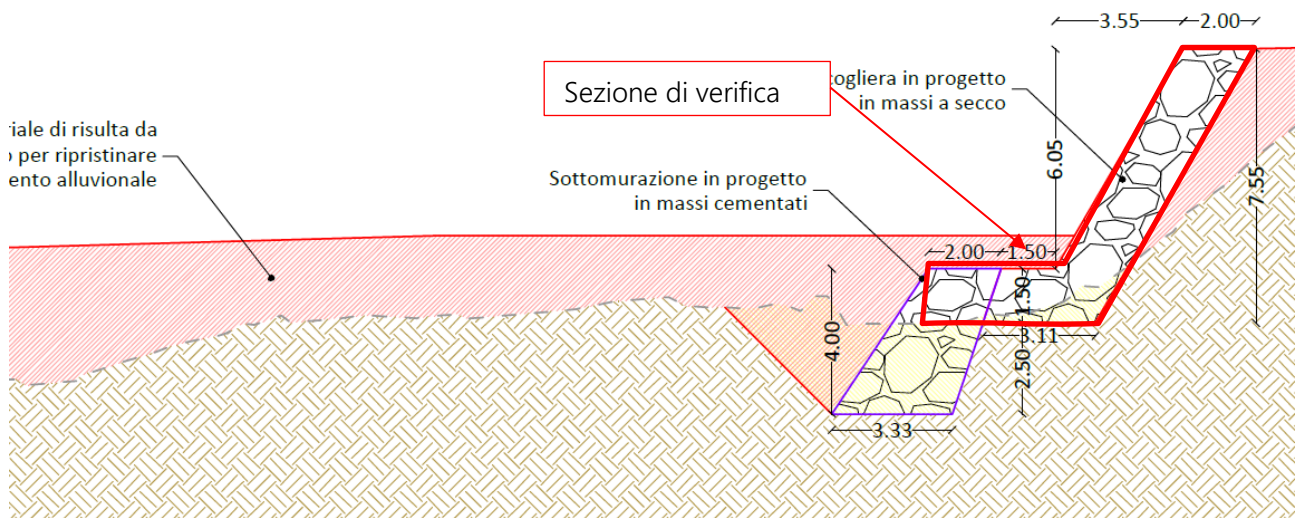


Figura 20: Confronto con la sezione di progetto

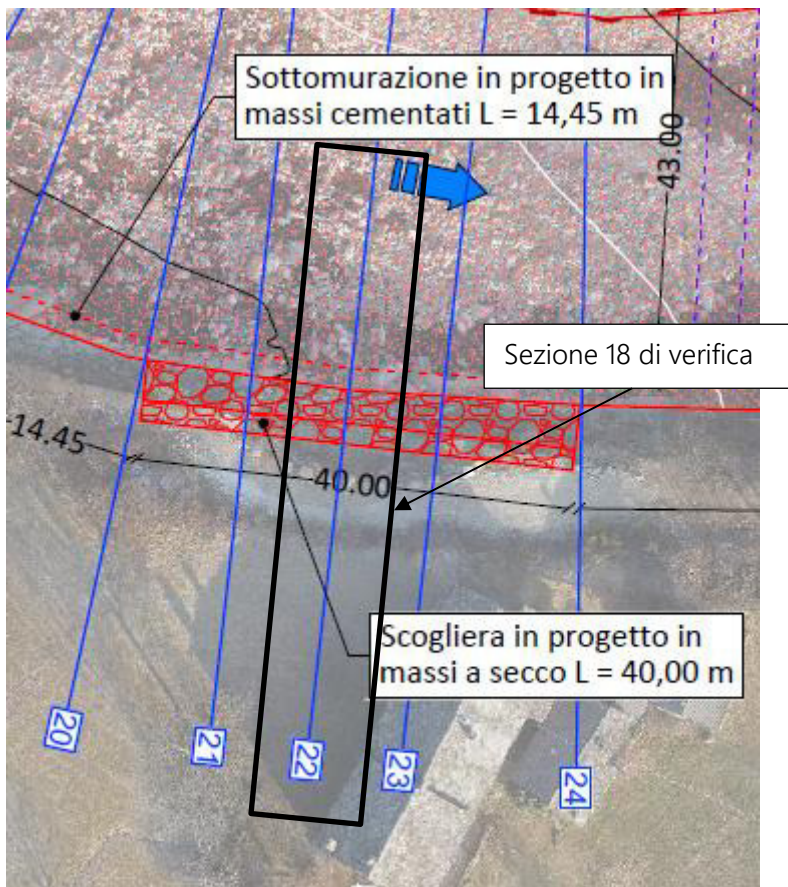


Figura 21. Tav. 03.3_ Planimetria di progetto – Sezione di verifica



14.1 Geometria di modellazione

La sezione oggetto di verifica presenta un'altezza totale di 7.50 m con altezza di paramento pari a 4.90 m, spessore di paramento pari 2.00 m inclinazione interna di circa 37° ed esterna di circa 37°. La fondazione è composta dalla mensola di valle della scogliera e la parte superiore della sottomurazione per una lunghezza del piede di 3.50 m e una lunghezza totale della fondazione di circa 4.50 m, con uno spessore pari a 1.50 m.

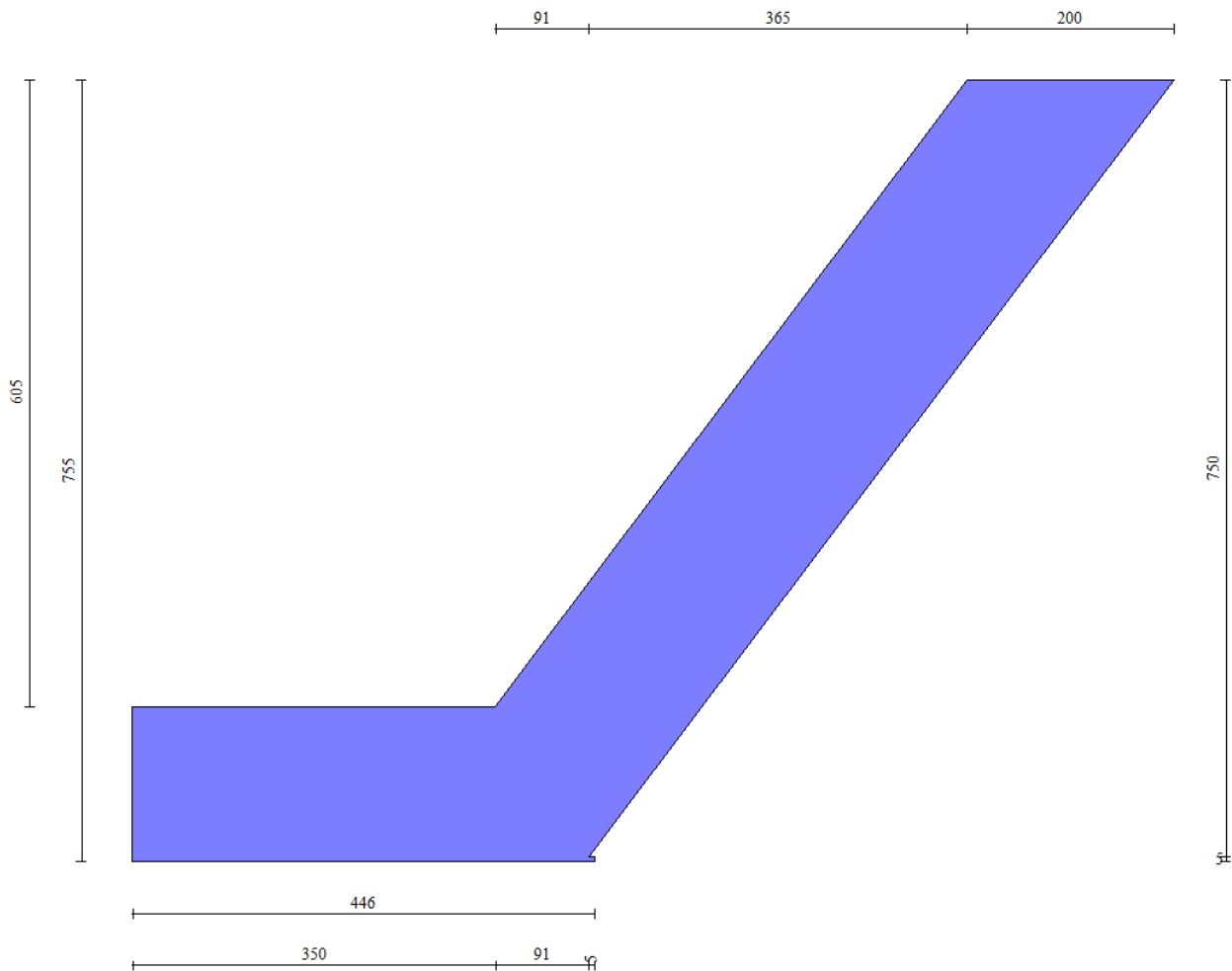


Figura 22. Estratto dal software di calcolo – Max-16.0 -Geometria.

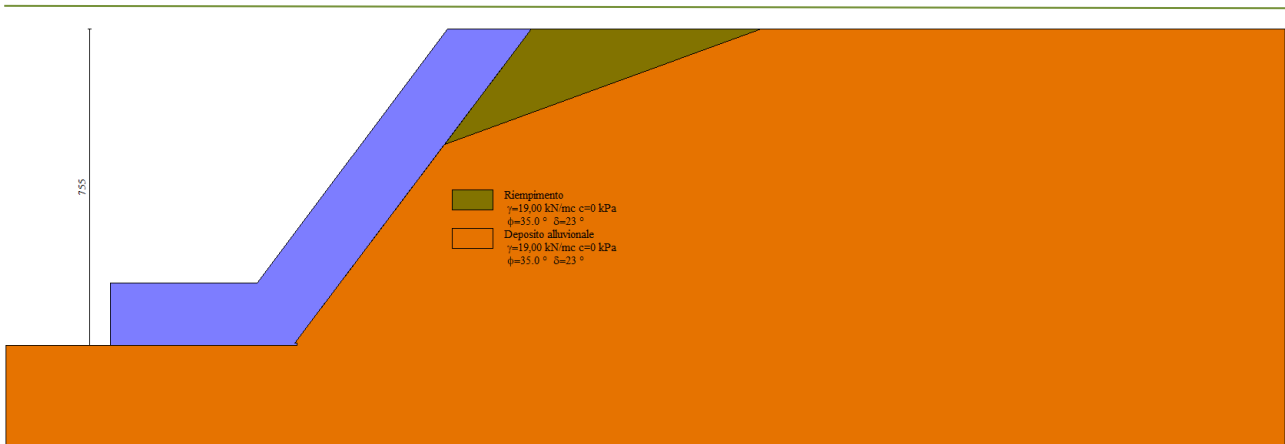


Figura 23. Estratto dal software di calcolo – Max 16.0 – Sezione di verifica



14.2 Sollecitazioni agenti.

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno.

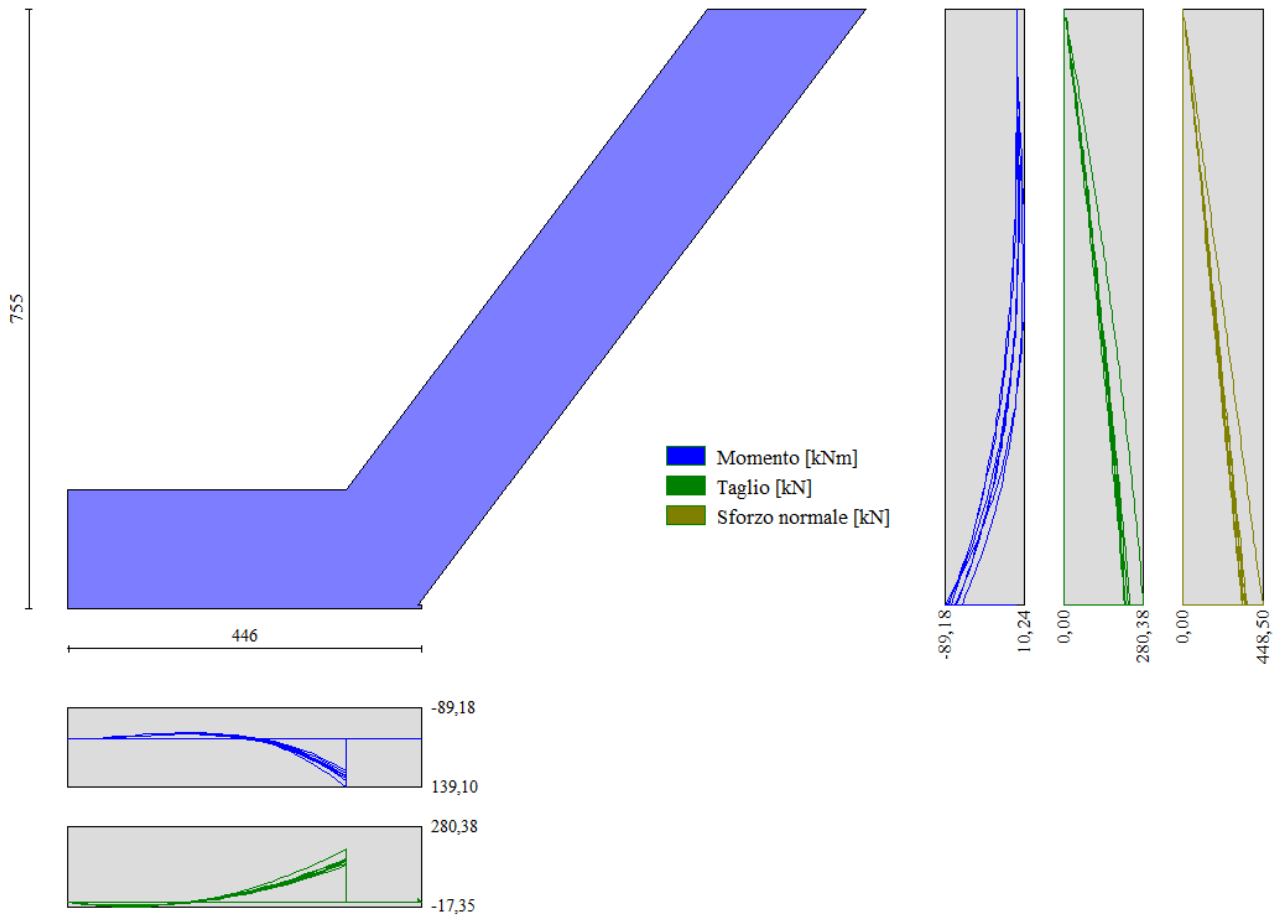


Figura 24. Involuppo momento, taglio e sforzo normale sul paramento e fondazione.

14.3 Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	190,08	0,00	0,00	190,08	34,03	5.586
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	197,23	0,00	0,00	197,23	81,71	2.414
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	181,13	0,00	0,00	181,13	79,72	2.272
4 - STR (A1-M1-R3)	248,14	0,00	0,00	248,14	34,03	7.292
5 - STR (A1-M1-R3)	190,09	0,00	0,00	190,09	34,03	5.586
6 - STR (A1-M1-R3)	248,14	0,00	0,00	248,14	34,03	7.292

14.4 Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	440,66	2892,88	2066,35	6.565
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	457,22	1912,54	1593,78	4.183
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	419,92	1818,73	1515,61	4.331
4 - STR (A1-M1-R3)	575,26	3091,09	2207,92	5.373
5 - STR (A1-M1-R3)	440,67	2892,90	2066,36	6.565
6 - STR (A1-M1-R3)	575,25	3091,08	2207,91	5.373



14.5 Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
10 - EQU (A1-M1-R3)	2309,14	166,10	13.902
11 - EQU (A1-M1-R3) H + V	2406,35	309,72	7.769
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	2309,14	399,68	5.777

14.6 Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione

C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]

R Raggio, espresso in [m]

FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	-4,50; 4,00	12,83	2.037
8 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4,50; 4,50	13,28	2.102
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4,50; 4,50	13,28	2.070

14.7 Risultati delle verifiche.

Nella tabella seguente si riportano i minimi coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche tenendo conto di tutte le combinazioni risultanti dal calcolo.

Tipo di verifica	Fattori di sicurezza minimi
Verifica al ribaltamento	5.78 (12)
Verifica allo scorrimento	2.27 (3)
Verifica al carico limite	4.18 (2)
Verifica alla stabilità globale	2.04 (7)

Tabella 13 - Risultati delle verifiche geotecniche

I valori minimi dei fattori di sicurezza risultano maggiori di quelli prescritti dalla normativa per muri di sostegno (NTC 2018).

- Ribaltamento: $FS_{RIB} > FS_{NORM}$ (=1.15)
- Scorrimento: $FS_{SCO} > FS_{NORM}$ (=1.10)
- Carico limite: $FS_{CL} > FS_{NORM}$ (=1.40)
- Stabilità globale: $FS_{SG} > FS_{NORM}$ (=1.20)



15 MURO DI SOSTEGNO IN MASSI.

Per la verifica della scogliera in massi a secco, è stata considerata una sezione di altezza massima di 1.50 m, spessore in testa di 1.50 e inclinazione della fondazione di 5°. Per il calcolo è stato utilizzato il software MAX. A seguire si riportano i risultati ottenuti.

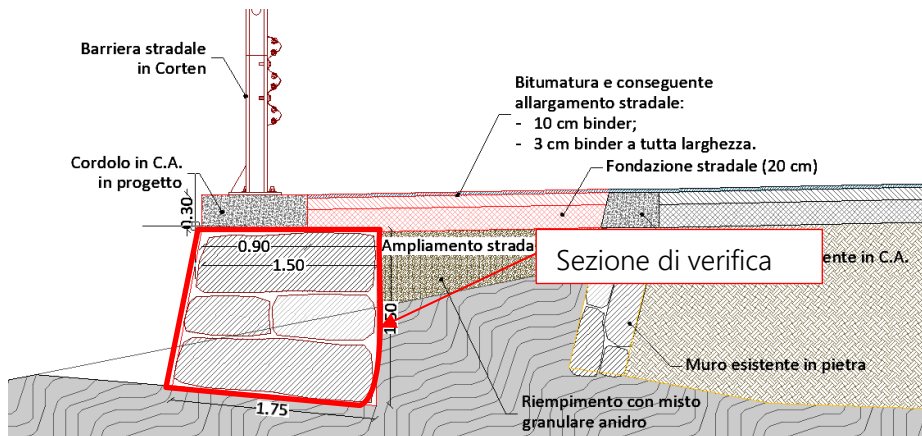


Figura 25: Confronto con la sezione di progetto

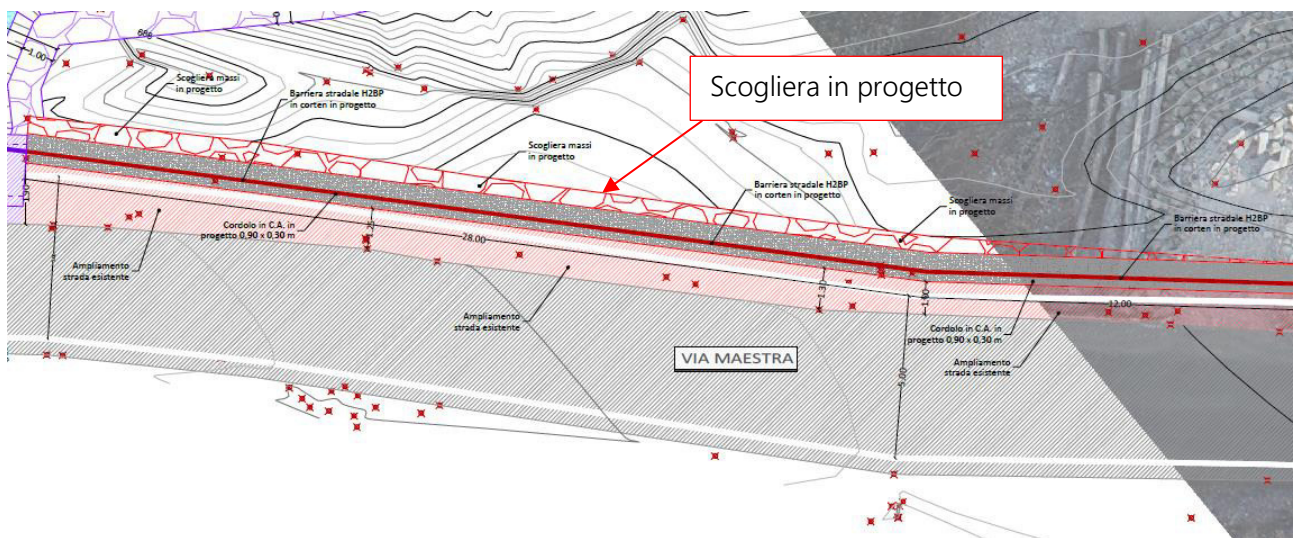


Figura 26. Tav. 02_ Planimetria di progetto – Sezione di verifica

15.1 Geometria di modellazione

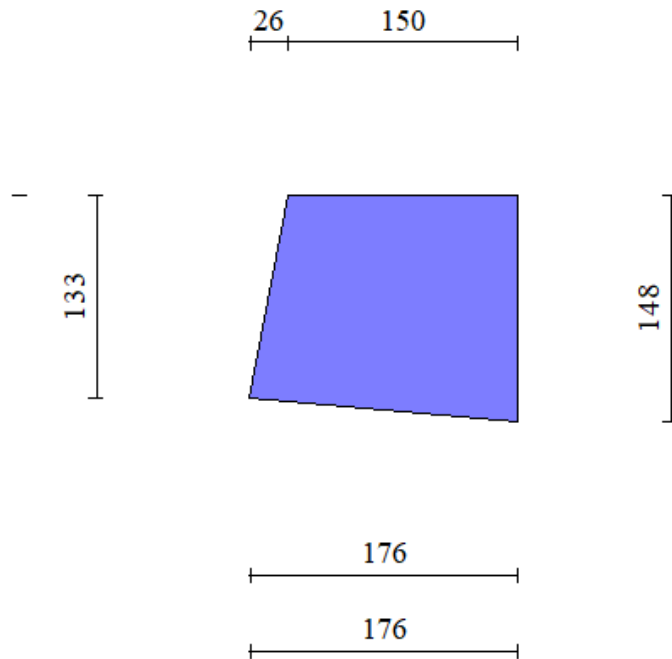


Figura 27. Estratto dal software di calcolo – Max-16.0 -Geometria.

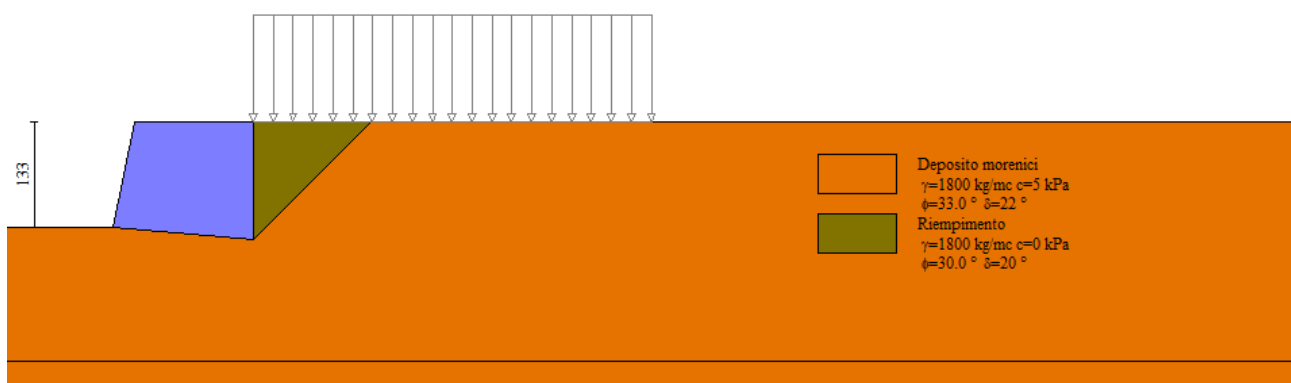


Figura 28. Estratto dal software di calcolo – Max 16.0 – Sezione di verifica



15.2 Sollecitazioni agenti.

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno.

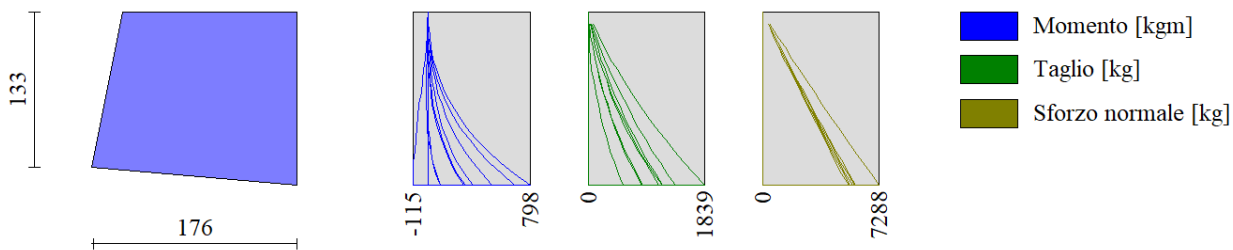


Figura 29. Involuppo momento, taglio e sforzo normale sul paramento e fondazione.

15.3 Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	2913	0,00	0,00	2913	1839	2.219
4 - STR (A1-M1-R3)	3552	0,00	0,00	3552	1839	3.025
5 - STR (A1-M1-R3)	2913	0,00	0,00	2913	1839	2.219
6 - STR (A1-M1-R3)	3552	0,00	0,00	3552	1839	3.025
18 - A1-M1-R3 SCOR H + V	2729	0,00	0,00	2729	774	9.617
19 - A1-M1-R3 SCOR H - V	2656	0,00	0,00	2656	756	9.438

15.4 Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	6097	51212	36580	8.399
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	5845	73547	61290	12.583
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	5370	73872	61560	13.755
4 - STR (A1-M1-R3)	7679	63352	45251	8.250
5 - STR (A1-M1-R3)	6097	51212	36580	8.399
6 - STR (A1-M1-R3)	7679	63352	45251	8.250



15.5 Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
10 - EQU (A1-M1-R3)	6222	904	6.883
11 - EQU (A1-M1-R3) H + V	5702	510	11.179
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	5455	711	7.668

15.6 Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione

C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]

R Raggio, espresso in [m]

FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	-1,50; 1,00	2,91	1.888
8 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-2,00; 1,00	3,20	2.767
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-2,00; 1,00	3,20	2.787

15.7 Risultati delle verifiche.

Nella tabella seguente si riportano i minimi coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche tenendo conto di tutte le combinazioni risultanti dal calcolo.

Tipo di verifica	Fattori di sicurezza minimi
Verifica al ribaltamento	6.88 (10)
Verifica allo scorrimento	2.22 (1)
Verifica al carico limite	8.25 (4)
Verifica alla stabilità globale	1.89 (7)

Tabella 14 - Risultati delle verifiche geotecniche

I valori minimi dei fattori di sicurezza risultano maggiori di quelli prescritti dalla normativa per muri di sostegno (NTC 2018).

- Ribaltamento: $FS_{RIB} > FS_{NORM}$ (=1.15)
- Scorrimento: $FS_{SCO} > FS_{NORM}$ (=1.10)
- Carico limite: $FS_{CL} > FS_{NORM}$ (=1.40)
- Stabilità globale: $FS_{SG} > FS_{NORM}$ (=1.20)



16 Conclusioni

Nella presente relazione sono stati illustrati i risultati delle verifiche geotecniche relative alle sezioni significative delle opere da realizzarsi nell'ambito del progetto denominato *"Messa in sicurezza del territorio a rischio idro-geologico. Sistemazione idraulica dei principali Rii a ridosso degli abitati e delle infrastrutture viarie del Comune di Valchiusa. Sotto-murazione scogliera in dx del Chiusella in Località Frascal. Sistemazione mediante interventi di consolidamento/ricostruzione tratto muro di sostegno lungo strada comunale in fregio al Rio Frascal in Comune di Valchiusa"*

Per quanto concerne le verifiche geotecniche, effettuate sulle opere, tutte le verifiche hanno dato esito positivo, confermando che la corretta esecuzione dell'opera garantirà la stabilità delle stesse. Le verifiche hanno fatto riferimento all'attuale normativa vigente, il DM 17/01/2018.

Dai risultati ottenuti risulta che tutte le verifiche effettuate su ciascun elemento risultano ampiamente **SODDISFATTE**.