

COMMITTENTE:



COMUNE DI VALCHIUUSA

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

OGGETTO:

REALIZZAZIONE MARCIAPIEDE TRA VICO E DRUSACCO LOTTO 1

LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:

SP 64 DELLA VALCHIUSELLA

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO ESECUTIVO

7	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
2	Luglio 2023	PROGETTO ESECUTIVO	S.G.	I.B.	G.N.
1	Ottobre 2022	PROGETTO DEFINITIVO	S.G.	I.B.	G.N.
0	Gennaio 2022	STUDIO DI FATTIBILITÀ	-	M.V.R.	G.N.
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO

TITOLO:

RELAZIONE DI CALCOLO

ARCHIVIO:

5505

FILE N°:

TESTALINI_ELABORATI

DATA:

Loranzè, Luglio 2023

STUDIO TECNICO Ing. GIANLUCA NOASCONO

TAVOLA N°

C

SCALA:

.

Sede legale
Via Barengo n.13, 10081
Castellamonte (To)
TEL. +39 348 7227848
e-mail: info.noascono@pec.it
P.IVA 08172840012

Sede operativa
Strada Provinciale 222, n.31
10010 Loranzè (To)
TEL. 0125.1970499
FAX 0125.564014
e-mail: gianluca.noascono@ilquadrifoglio.to.it

PROGETTISTA:

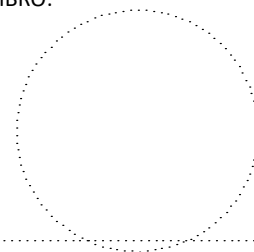
Dott. Ing. Gianluca NOASCONO
N° 8292 Y ALBO INGEGNERI
PROVINCIA DI TORINO

TIMBRO:



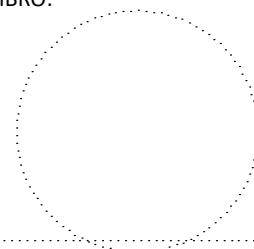
ALTRA FIGURA:

TIMBRO:



ALTRA FIGURA:

TIMBRO:



INDICE

INDICE	1
1 PREMESSA	4
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO	6
4 DESCRIZIONE INTERVENTO	11
5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	14
6 METODO E CODICE DI CALCOLO	15
7 DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO	18
8 CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI	24
8.1 Calcestruzzo.	24
8.1.1 Classe di esposizione ambientale.....	24
8.1.2 Classe di consistenza del calcestruzzo.....	26
8.1.3 Classe di contenuto in cloruri.	27
8.1.4 Durabilità.	27
8.2 Acciaio.	28
8.2.1 Sensibilità alla corrosione delle armature.....	28
8.2.2 Scelta degli stati limite di fessurazione.....	29
8.3 Materiali utilizzati.....	30
8.3.1 Calcestruzzo per utilizzo strutturale C25/30.....	30
8.3.2 Acciaio per opere in c.a.	30
8.3.3 Pietrame.....	30
9 AZIONI	32
9.1 Carichi permanenti strutturali	32
9.2 Carichi permanenti non strutturali.....	32
9.3 Carichi variabili.....	32
10 COMBINAZIONI DI CARICO	33
11 SCOGLIERA DI SOTTOSCARPA	35
11.1 Geometria di modellazione.....	37
11.2 Descrizione combinazioni di carico	40
11.3 Sollecitazioni agenti	44
11.4 Verifiche geotecniche.....	44

11.4.1	Verifica a scorrimento fondazione	44
11.4.2	Verifica a carico limite.....	45
11.4.3	Verifica a ribaltamento	46
11.4.4	Verifica stabilità globale muro + terreno	47
11.4.5	Riassunto coefficienti di sicurezza	47
12	MURO IN C.A. – SX – SEZIONE 34.....	48
12.1	Geometria di modellazione.....	50
12.2	Sollecitazioni agenti	53
12.3	Verifiche geotecniche.....	53
12.3.1	Verifica a scorrimento fondazione	53
12.3.2	Verifica a carico limite.....	54
12.3.3	Verifica a ribaltamento	55
12.3.4	Verifica stabilità globale muro + terreno	55
12.3.5	Riassunto coefficienti di sicurezza	56
12.4	Verifiche Strutturali.....	57
12.4.1	Verifiche a flessione.....	58
12.4.2	Verifiche a taglio.....	60
12.4.3	Verifica delle tensioni.....	62
12.4.4	Verifica a fessurazione.....	69
13	MURO IN C.A. DX– SEZIONE 12.....	74
13.1	Geometria di modellazione.....	76
13.2	Sollecitazioni agenti	78
13.3	Verifiche geotecniche.....	80
13.3.1	Verifica a scorrimento fondazione	80
13.3.2	Verifica a carico limite.....	80
13.3.3	Verifica a ribaltamento	81
13.3.4	Verifica stabilità globale muro + terreno	82
13.3.5	Riassunto coefficienti di sicurezza	82
13.4	Verifiche Strutturali.....	83
13.4.1	Verifiche a flessione.....	84
13.4.2	Verifiche a taglio.....	85
13.4.3	Verifica delle tensioni.....	87
13.4.4	Verifica a fessurazione.....	93
14	CONCLUSIONI	97

1 PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Valchiusa ha incaricato il sottoscritto Dott. Ing. Gianluca NOASCONO, in qualità di rappresentante dello STUDIO TECNICO ING. G. NOASCONO con sede legale in Via Barengo, n. 13 - 10081 Castellamonte (TO), della redazione del progetto per la realizzazione dei lavori di "Realizzazione di marciapiede tra Vico e Drusacco – Lotto 1".

Al presente elaborato, dopo un breve inquadramento topografico dell'area di intervento ed una breve descrizione delle opere da realizzarsi, verranno illustrati i risultati delle verifiche geotecniche e strutturali delle opere di sostegno del tipo scogliera di sotto scarpa e muri in c.a di controripa, previste nella realizzazione del marciapiede tra Vico e Drusacco – Lotto 1.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 Testo Unitario – *“Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018”*;
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 “ Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27.07.2007;
- R.D. 3267/23;
- L.R. 45/1989 – *“Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici”*;
- D.M. 11 Marzo 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 fondazioni”.
- Circ. Min. LL.PP. n° 30483 del 24 Settembre 1988 “Istruzioni relative alla 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 fondazioni”;
- 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”*;

Conformemente a quanto previsto dal paragrafo 12 del D.M 17/01/2018 si sono considerati anche i seguenti riferimenti tecnici che si intendono coerenti con i principi del D.M. stesso:

- EUROCODICE 7 – *“Progettazione geotecnica”*;
- EUROCODICE 8 – *“Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”* e appendice nazionale;

3 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

L'intervento è localizzato nel Comune di Valchiusa, territorio che nasce il 1° gennaio 2019 con la fusione dei comuni contigui di Meugliano, Trausella e Vico Canavese e comprende i centri abitati di Meugliano, Trausella, Vico Canavese, Drusacco, Novareglia e Inverso.

L'intero territorio comunale si estende per una superficie di kmq 49,61e confina, andando in senso orario, a Nord con Traversella e Quincinetto, a Est con Brosso e Lessolo, a Sud con la Val di Chy, Rueglio e Castellamonte e a Ovest con Traversella e Valprato Soana.

CTR 10000		114060-114100	
Coordinate Geografiche	UTM WGS84	Latitudine	5038833.39 m °N
		Longitudine	404119.43 m° E
Altitudine			745 m s.l.m.

Si riportano di seguito delle immagini di inquadramento territoriale:

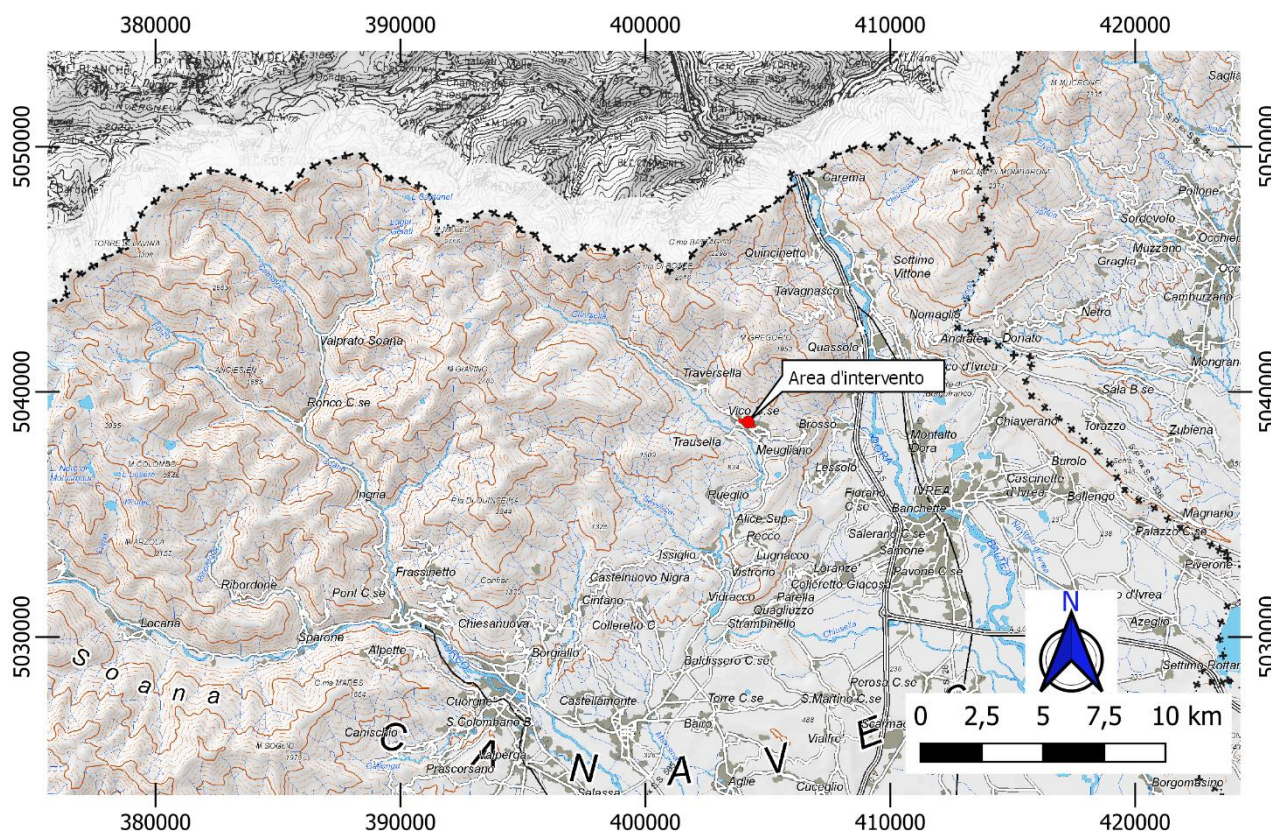


Figura 1 Inquadramento geografico su sfumo 250k

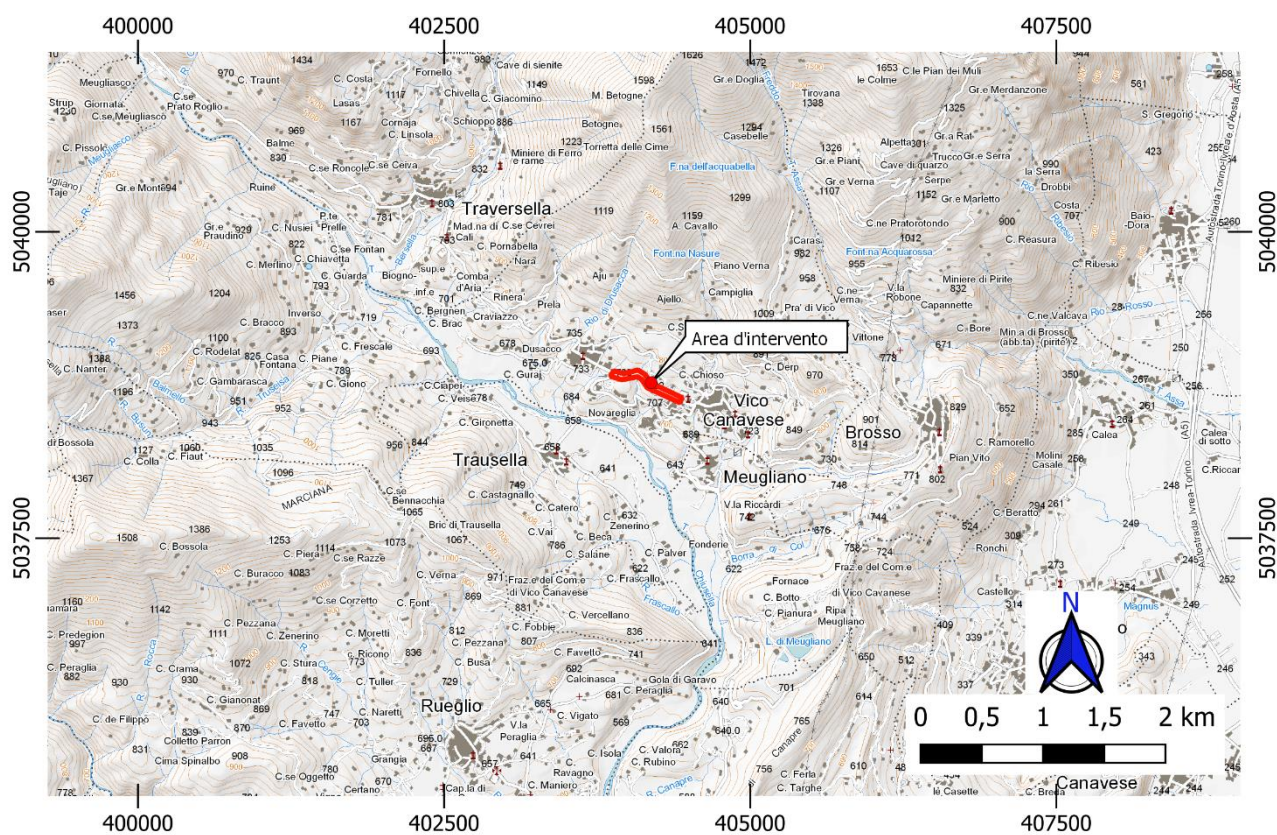


Figura 2: Inquadramento geografico su sfondo 50k

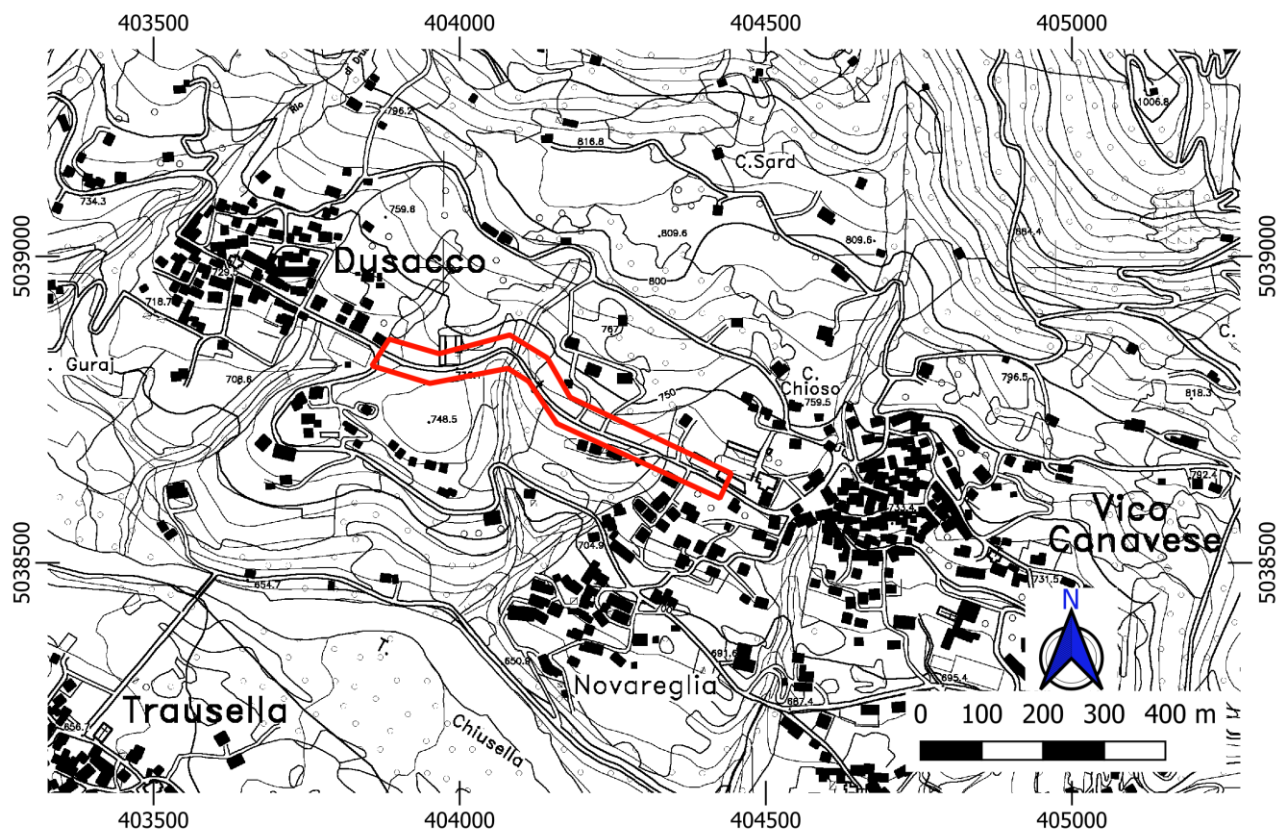


Figura 3. Inquadramento CTR 114060 - 114100

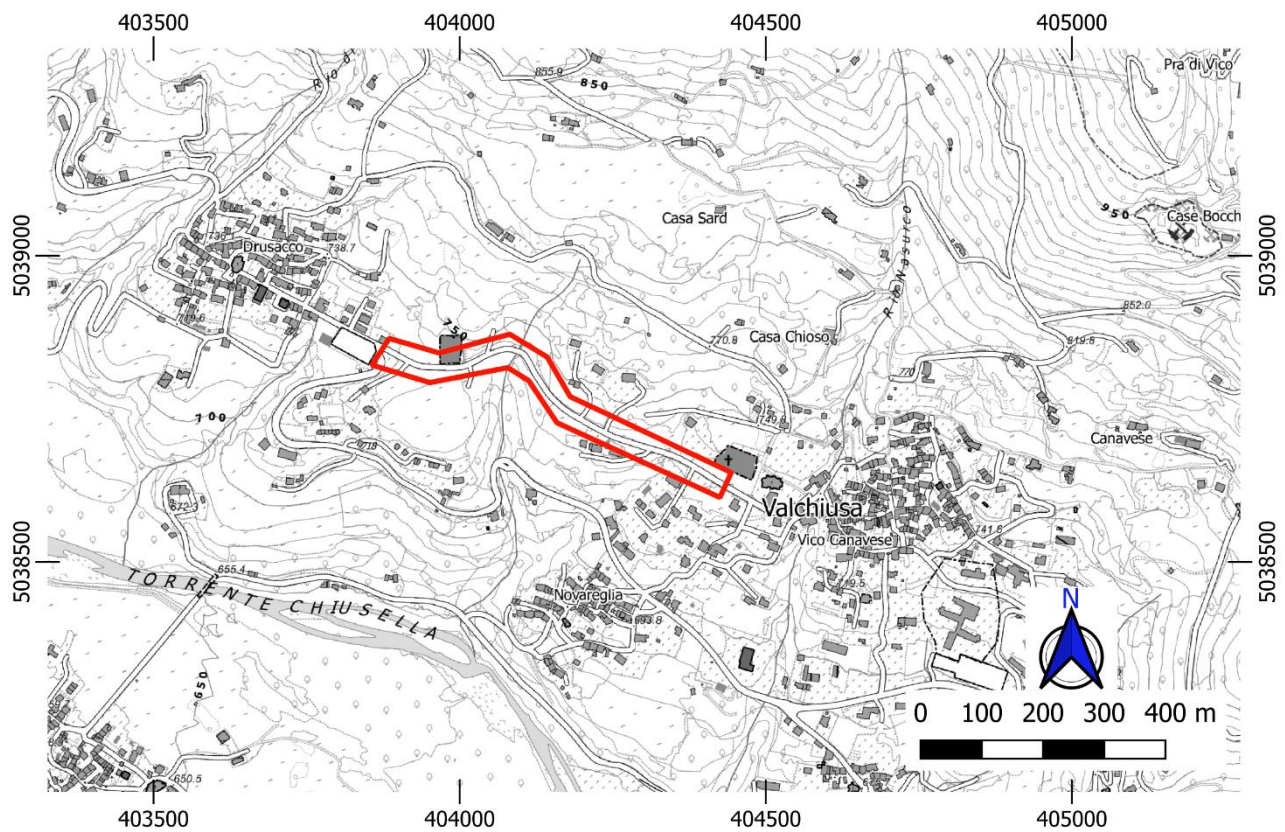


Figura 4 Inquadramento BDTRE 1:10000 – area d'intervento in rosso

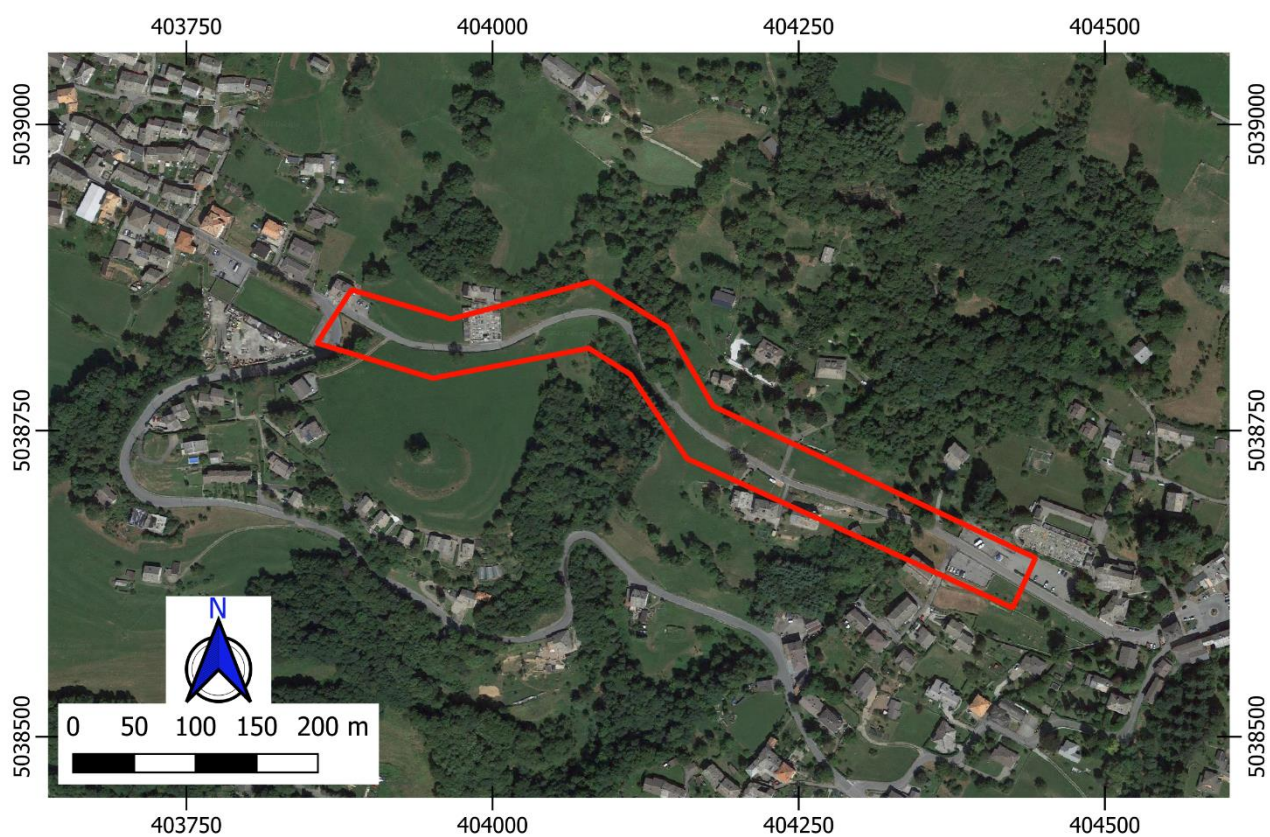


Figura 5: Inquadramento su ortofoto –area d'intervento in rosso

4 DESCRIZIONE INTERVENTO

Il presente progetto riguarda la realizzazione di un primo lotto funzionale di marciapiede tra Vico e Drusacco, in particolare a partire da Drusacco nei pressi dell'Agrigelateria esistente fino a dopo il cimitero di Drusacco, per un'estensione di circa 185 metri, con allargamento della sede stradale a 6,50 metri oltre al nuovo marciapiede di 1,50 metri.

In particolare le lavorazioni previste sono:

- Demolizione dei tratti di muri di controripa in pietrame presenti sia sul lato di monte (prima e dopo il cimitero), che sul lato di valle (fronte cimitero), con recupero della totalità di pietrame per la realizzazione delle nuove opere che sono previste con pietra locale.
- Demolizione del parapetto e delle porzioni di rampa esistente del cimitero interferenti con le opere in progetto.
- Spostamento del punto acqua esterno del cimitero.
- Scavo a sezione obbligata, con modesto reinterro a fine lavori a tergo delle nuove opere di contenimento di controripa, e trasporto di tutto il materiale di risulta e sistemazione del medesimo in prossimità del ponte di Trausella, sponda dx orografica, a ridosso del lato di monte della viabilità.
- Realizzazione delle nuove opere di contenimento di controripa, sia sul lato di monte che sul lato di valle, con fondazione ed elevazione in cemento armato gettato in opera, muratura di pregio lato stradale in pietrame locale e malta con giunti a vista a secco e copertina in cemento armato gettato in opera.
- Scogliera di sottoscarpa lato di valle tratto iniziale arrivando da Drusacco attualmente cedevole adiacente ad area verde comunale con monumento esistente, in pietrame e massi locali con intasamento in calcestruzzo e finitura a vista a secco, compresi maggiori oneri per: 1) scarico e movimentazione massi che non potranno essere scaricati direttamente sul sedime stradale al fine di evitare danneggiamenti; 2) finitura estetica a vista di elevato pregio ed esecuzione di idonei giunti a secco. In sommità è prevista copertina in c.a. e barriera omologata H2 bordo ponte in acciaio CORTEN.
- Rifacimento rampa cimitero con muretto di contenimento di pregio in pietrame locale e malta con giunti a vista a secco, copertina/cordolo in cemento armato gettato in opera e ringhiera parapetto di pregio in acciaio CORTEN. Pavimentazione rampa in cubetti di diorite sp. 9-11 cm posati su letto di sabbia sp. 4-6

cm con fondazione in cemento armato gettato in opera sp. 15 cm con rete elettrosaldata diam. 8 mm maglia 15 x 15 cm.

- Rete di regimazione acque in PVC SN 16 DN 630 come richiesto da Città Metropolitana di Torino, con letto di posa, rinfiando e totale ricoprimento in calcestruzzo magro dosato a 150 kg/mc fino al di sotto del ripristino stradale mediante misto cementato, sottofondo in misto granulare anidro sp. 30 cm, strato di base in tout-venant sp. 16 cm, emulsione bituminosa e strato di collegamento in binder sp. 6 cm. Si prevedono altresì caditoie in ghisa sferoidale a bocca di lupo a ridosso del marciapiede e alcune caditoie in ghisa sferoidale tipo "centro strada" in assenza di marciapiede, entrambe con cameretta/pozzetto in c.a. prefabbricato e collegamento al nuovo collettore.
- Trincea drenante/disperdente della lunghezza di circa 30,00 m in area comunale presente a valle per smaltimento delle acque, mediante scavo a sezione trapezia (base minore 3,00 m, base maggiore 4,00 m e altezza 2,50 m), sponda dx orografica, a ridosso del lato di monte della viabilità, n. 3 pozzettoni 1,00 x 1,00 x 3,00 m "senza fondo" (solo elementi di prolunga) di raccordo, tubo dreno in PP strutturato diam. 630 mm, geotessuto, ciottoli per 2,00 m più profondi, ricoprimento con materiale di scavo per i 0,50 m più superficiali e trasporto di tutto il materiale di risulta e sistemazione del medesimo in prossimità del ponte di Trausella.
- Predisposizione spostamento linea e-distribuzione con cavidotto 125 mm in bauletto in calcestruzzo magro dosato a 150 kg/mc, pozzetti in c.a. 50 x 50 cm, chiusini in ghisa sferoidale D 400 e plinto terminale in c.a. Si precisa che le linee aeree esistenti, i pali esistenti ed i corpi illuminanti esistenti saranno rimossi a cura di e-distribuzione ed Enel Sole.
- Predisposizione spostamento tratto di linea fibra ottica attualmente aereo con cavidotto 125 mm in bauletto in calcestruzzo magro dosato a 150 kg/mc senza pozzetti. Si precisa che le linee aeree esistenti saranno rimosse a cura dell'ente gestore.
- Predisposizione di doppio cavidotto 2 x 125 mm come richiesto da Città Metropolitana di Torino in bauletto in calcestruzzo magro dosato a 150 kg/mc, pozzetti in c.a. 50 x 50 cm e chiusini in ghisa sferoidale D 400.
- Nuova rete di illuminazione pubblica con cavidotto 110 mm in bauletto in calcestruzzo magro dosato a 150 kg/mc, pozzetti in c.a. 50 x 50 cm, chiusini in ghisa sferoidale D 400, n. 4 cavi tipo FG160R16 0,6/1 kV sezione 1 x 10 mmq, nuovo quadro elettrico, plinti per punti luce in c.a. 100 x 100 x 120 cm, pali a sezione circolare tronco conica in lamiera di acciaio saldata e zincata a caldo lunghezza totale 9,00 m di cui 8,00

m fuori terra ad interasse di 30 metri con armature stradali LED e cavi tipo FG160R16 0,6/1 kV sezione 2 x 1,5 mmq. I pali sono previsti ad "incasso" nella muratura in pietra che dovrà prevedere apposite e puntuali rientranze.

- Allargamento stradale con geotessuto, sottofondo in misto granulare anidro sp. 30 cm, strato di base in tout-venant sp. 16 cm, emulsione bituminosa e strato di collegamento in binder sp. 6 cm.
- Realizzazione del nuovo marciapiede stradale delimitato con cordoli in pietra sp. 12 cm e altezza 30 cm posati su calcestruzzo e rinfianciati con calcestruzzo, con pavimentazione in cubetti di diorite sp. 9-11 cm posati su letto di sabbia sp. 4-6 cm su fondazione del muro di contenimento, in assenza del quale, per il tratto iniziale verso l'Agrigelateria, si prevede sottofondo in misto granulare anidro sp. 30 cm e fondazione in cemento armato gettato in opera sp. 15 cm con rete elettrosaldata diam. 8 mm maglia 15 x 15 cm.
- Asfalto definitivo su tutta la larghezza stradale con scarifiche sp. 4 cm per raccordi e adeguamento quote pari a circa il 50% della superficie complessiva di sedime esistente, successiva pulizia e preparazione della totalità delle superfici, emulsione bituminosa e tappeto d'usura sp. 4 cm.
- Segnaletica stradale orizzontale con strisce continue bianche larghezza 15 cm per la viabilità (mezzzeria e due laterali), larghezza 12 cm per i parcheggi tratto iniziale verso l'Agrigelateria e linea di arresto con scritta STOP in prossimità dell'Agrigelateria.
- Segnaletica stradale verticale
- Raccordo provvisorio terminale tra la nuova opera di contenimento e il muro in pietrame esistente presente oltre il limite di intervento lato Vico C.se con apposita segnaletica verticale costituita da n. 4 delineatori di curva per garantire l'opportuna sicurezza veicolare nel provvisorio restringimento di carreggiata (dai 6,50 m in progetto ai 4,40 m circa esistenti). Prima del restringimento di carreggiata, arrivando da Drusacco, sarà predisposto cartello con pericolo di restringimento carreggiata a sinistra. Tale opera provvisoria verrà smantellata con proseguimento del marciapiede, dell'allargamento stradale e del relativo muro di contenimento di controripa con i futuri lotti successivi ai primi due già finanziati.

Nelle tavole grafiche di progetto sono esaurientemente rappresentate le caratteristiche progettuali delle opere descritte nella presente relazione.

5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Come accennato precedentemente, dall'analisi dei dati di bibliografia ed in seguito ai sopralluoghi effettuati, si può affermare che l'opera in progetto si inserisce in un mezzo geologico classificabile come *Deposito glaciali localmente a grossi blocchi e Accumuli gravitativi a grossi blocchi attuali e recenti*.

Sulla base dell'analisi dei dati bibliografici, dei sopralluoghi effettuati e dell'esperienza dello scrivente in lavori eseguiti su formazioni geologiche del tutto simili a quelle interessate dai lavori in oggetto, vista anche la modesta profondità degli scavi, è stato possibile assegnare cautelativamente e compiutamente i valori dei principali parametri geotecnici al mezzo geologico in cui l'opera si inserisce.

Descrizione	Peso unità di volume secco [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di Attrito [°]	Coesione [kPa]
Deposito Glaciali	18.00	20.00	32	15
Riempimento	18.00	19.00	30	0

Tabella 1 Parametri geotecnici

N.B.1 Si ritiene non necessaria una specifica caratterizzazione geotecnica sito-specifica per mezzo di indagini puntuali, poiché i lavori riguardano la realizzazione di un'opera di modesto rilievo in zone già note e su terreni litologicamente conosciuti e appurato che gli scavi risultano essere effettuati a modesta profondità. Per cui, si può già da ora affermare che, gli interventi previsti non provocheranno effetti dannosi durante la realizzazione, né modificheranno il regime delle acque superficiali e profonde.

6 METODO E CODICE DI CALCOLO

I calcoli per il dimensionamento strutturale dell'opera 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.

La sicurezza e le prestazioni sono state garantite verificando gli stati limite sopra definiti in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme.

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

Ai sensi del par. 6.5.3.1.1 delle NTC 2018, la verifica delle opere di sostegno è stata effettuata con riferimento ai seguenti stati limite, accertando che la condizione [6.2.1] della norma sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
 - o scorrimento sul piano di posa;
 - o collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
 - o ribaltamento;
 - o stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
 - o raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 ($A_2+M_2+R_2$), 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 verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione ($A_1+M_1+R_3$), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R_3 della Tab. 6.5.I delle NTC 2018 si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R_3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

La verifica è stata condotta con l'ausilio del software di calcolo Max 16.0, prodotto da Aztec Informatica s.r.l.. Il software MAX è dedicato all'analisi e al calcolo dei muri di sostegno. I tipi di muro che è possibile analizzare con il programma Max sono:

- Muri a gravità;
- Muri a semigravità;
- Muri in calcestruzzo armato.

Possono essere inoltre considerati, in funzione del tipo di muro e del materiale che lo costituisce, muri con:

- Contrafforti;
- Mensole di contrappeso e di marciapiede;
- Pali di fondazione;
- Tiranti di ancoraggio.

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è 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 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. 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 basi 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 casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. La sicurezza e le prestazioni sono state garantite verificando gli stati limite sopra definiti in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme.

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.

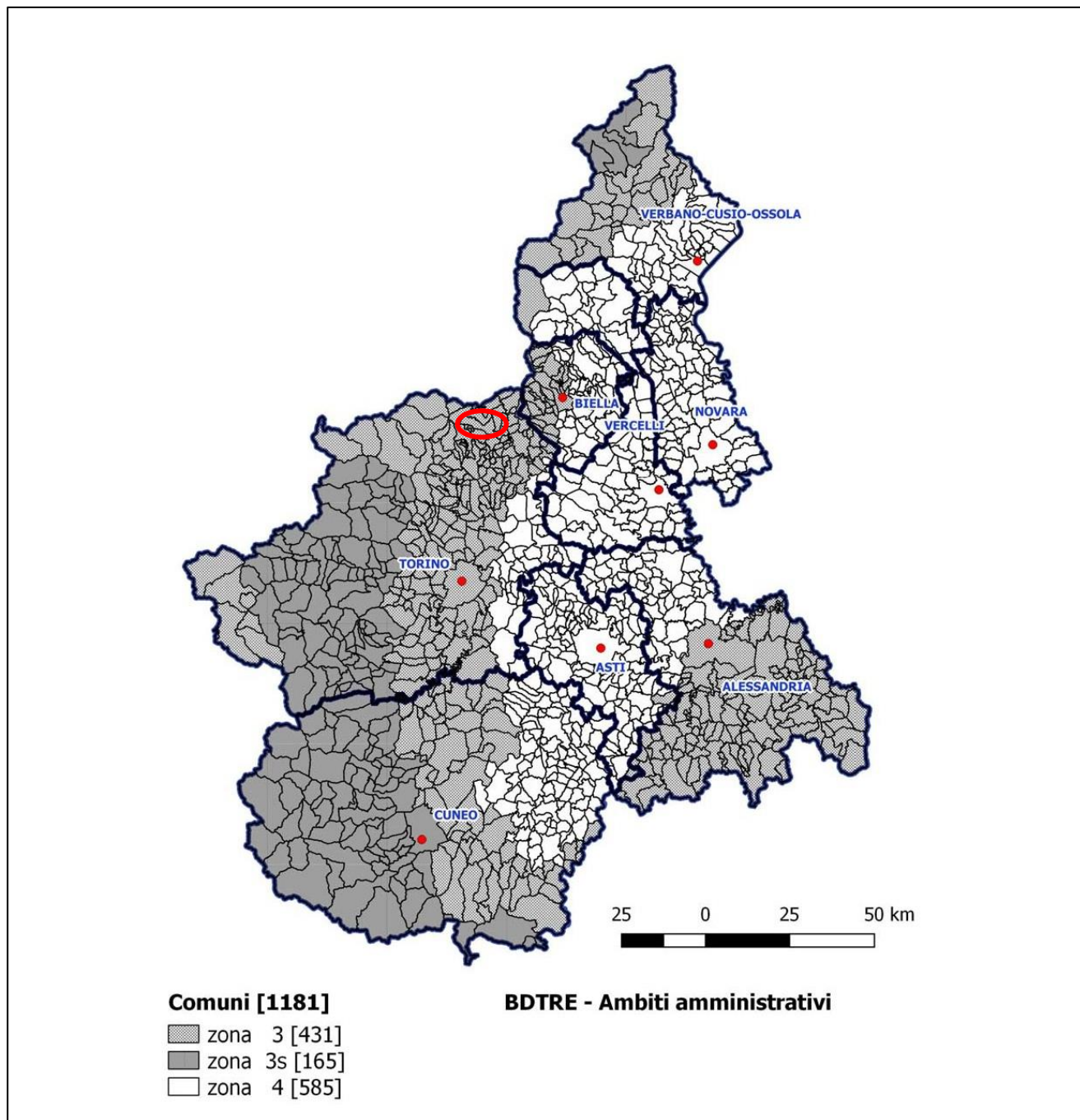


Figura 6 - Mappatura delle aree sismiche in Piemonte.

Il Comune di Valchiusa (TO) rientra tra le aree classificate in Zona 3: Zona con pericolosità sismica bassa.

Regione		PIEMONTE
Provincia		TORINO
Comune		VALCHIUSA
Coordinate Geografiche del cantiere	Latitudine	45.5496437 N
	Longitudine	7.772827 E
Altitudine		740 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	IV
Coefficiente d'uso C_U	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018	2
Periodo di riferimento per azione sismica V_R	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018	100 ANNI

Tabella 2 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 P_{VR} . Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , 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 : 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	60	0.254	2.624	0.197
SLD	101	0.301	2.670	0.219
SLV	949	0.536	2.772	0.297
SLC	1950	0.622	2.849	0.312

Tabella 3 Parametri sismici di progettazione

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile che si manifestano nei terreni a grana fine sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale

indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile.

Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. 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:

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Il caso in studio è stato associato alla categoria topografica T3, alla quale corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1.2 (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	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.
B	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.
C	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.
D	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.
E	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.

Tabella 5 - Categorie di sottosuolo da Tabella 3.2.II D.M. 17/01/2018

Nel caso in progetto, a vantaggio di sicurezza ed in mancanza di indagini dirette e puntuali, si assume che la categoria di sottosuolo sia la D, alla quale corrisponde il massimo valore di coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s pari a 1.8.

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 i valori di β_m sono stati calcolati mediante l'utilizzo del software MAX 16 durante il calcolo delle verifiche di stabilità delle scogliere.

- Intervento geotecnico 1: Scogliera di sottoscarpa

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo - Scorrimento	0.380	4.482	2.241
Ultimo - Carico limite e verifiche strutturali	1.000	11.794	5.897
Ultimo - Ribaltamento	1.000	11.794	5.897
Esercizio	1.000	6.622	3.311

Tabella 6 – Calcolo di β_m secondo Circolare 21/01/2019 n. 7

- Intervento geotecnico 2: Muro in c.a. sinistra

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo - Scorrimento	0.380	4.482	2.241
Ultimo - Carico limite e verifiche strutturali	1.000	11.794	5.897
Ultimo - Ribaltamento	1.000	11.794	5.897
Esercizio	1.000	6.622	3.311

Tabella 7 – Calcolo di β_m secondo Circolare 21/01/2019 n. 7

- Intervento geotecnico 3: Muro in c.a. Destra

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo - Scorrimento	0.380	4.482	2.241
Ultimo - Carico limite e verifiche strutturali	1.000	11.794	5.897
Ultimo - Ribaltamento	1.000	11.794	5.897
Esercizio	1.000	6.622	3.311

Tabella 8 – Calcolo di β_m secondo Circolare 21/01/2019 n. 7

Riassunto parametri sismici area d'intervento

	Simbolo	U.M.		SLU - SLV	SLE-SLD
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		0.536	0.301
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.055	0.031
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.772	2.670
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.297	0.219
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		D	1.800	1.800
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T3	1.200	

8 CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

8.1 Calcestruzzo.

8.1.1 Classe di esposizione ambientale.

Le diverse superfici di calcestruzzo di un dato componente strutturale possono essere soggette a diverse azioni ambientali, classificate dalla norma UNI – EN 206:2016 come classi di esposizione. Le classi di esposizione da scegliere dipendono dalle disposizioni valide nel luogo d'impiego del calcestruzzo, e tale classificazione non esclude considerazioni in merito a condizioni speciali che possano esistere nel luogo di impiego del calcestruzzo o di misure protettive come l'uso di acciaio inossidabile o altri metalli resistenti alla corrosione e l'uso di rivestimenti protettivi per il calcestruzzo o per l'armatura. Le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, al paragrafo 4.1.2.2.4.2, stabiliscono che le condizioni ambientali possano essere suddivise, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, in condizioni ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella seguente tabella. La suddivisione fa riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 9 - Descrizione delle condizioni ambientali - TAB 4.1.III D.M. 17/01/2018

La seguente tabella mostra le diverse classi di esposizione ambientale nella quale si evidenziano le classi di esposizione per le opere in progetto:

Classi di esposizione

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Per calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa

2 Corrosione indotta da carbonatazione		
Nel caso in cui il calcestruzzo contenente armature o inserti metallici sia esposto all'aria e all'umidità, l'esposizione sarà classificata nel modo seguente: Nota Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa Calcestruzzo costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo Molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare		
Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con acqua contenente cloruri, inclusi i sali antigelo, con origine diversa dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue: Nota In riferimento alle condizioni di umidità vedere anche sezione 2 del presente prospetto.		
XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte a nebbia salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri Pavimentazioni Pavimentazioni di parcheggi
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con cloruri presenti nell'acqua di mare oppure con aria che trasporta sali derivanti dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue:		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde oppure alla marea	Parti di strutture marine

5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza sali disgelanti		
Qualora il calcestruzzo bagnato sia esposto ad un attacco significativo dovuto a cicli di gelo/disgelo, l'esposizione sarà classificata come segue:		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e nebbia di agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza agente antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con agente antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo Superfici di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo

6 Attacco chimico		
Qualora il calcestruzzo sia esposto all'attacco chimico che si verifica nel terreno naturale e nell'acqua del terreno avente caratteristiche definite nel prospetto 2, l'esposizione verrà classificata come è indicato di seguito. La classificazione dell'acqua di mare dipende dalla località geografica; perciò si dovrà applicare la classificazione valida nel luogo di impiego del calcestruzzo.		
<p>Nota Può essere necessario uno studio speciale per stabilire le condizioni di esposizione da applicare quando si è:</p> <ul style="list-style-type: none"> - al di fuori dei limiti del prospetto 2; - in presenza di altri aggressivi chimici; - in presenza di terreni o acque inquinati da sostanze chimiche; - in presenza della combinazione di elevata velocità dell'acqua e delle sostanze chimiche del prospetto 2. 		
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo secondo il prospetto 2	
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2	
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2	

In particolare, si prevede una classe XC2.

8.1.2 Classe di consistenza del calcestruzzo.

La classe di consistenza è una proprietà del calcestruzzo allo stato fresco che influenza fortemente le proprietà del calcestruzzo indurito, e la si misura facilmente in cantiere con il cono di Abrams. La classe di consistenza è da considerarsi come un indice della lavorabilità del calcestruzzo, cioè la caratteristica che consente di confezionare, trasportare, gettare e compattare il materiale con una certa facilità. Si riporta nella seguente tabella i valori delle classi di abbassamento in funzione del relativo abbassamento al cono di Abrams. Il calcestruzzo scelto per la realizzazione delle opere in c.a. ha una classe di consistenza S4.

Classi di abbassamento al cono (slump)

Classe	Abbassamento al cono
S1	da 10 a 40
S2	da 50 a 90
S3	da 100 a 150
S4	da 160 a 210
S5 ¹⁾	≥220

Tabella 10 - Classi di abbassamento al cono (slump)

8.1.3 Classe di contenuto in cloruri.

I cloruri presenti nella massa cementizia sono una delle cause più importanti del degrado delle armature d'acciaio. Questi possono penetrare dall'esterno, se presenti in massicce quantità sulla superficie dell'elemento strutturale in calcestruzzo armato, ma possono essere veicolati anche dalle materie componenti il calcestruzzo. Ad esempio alcuni additivi acceleranti possono contenere una certa quantità di cloruri.

Il contenuto di cloruri nel calcestruzzo non deve eccedere il valore indicato della classe selezionata del prospetto seguente (par. 5.2.8 UNI EN 206:2016).

Contenuto massimo di cloruri nel calcestruzzo

Impiego del calcestruzzo	Classe di contenuto in cloruri ^{a)}	Massimo contenuto di Cl ⁻ rispetto alla massa del cemento ^{b)}
In assenza di armatura di acciaio o di altri inserti metallici (ad eccezione dei dispositivi di sollevamento resistenti alla corrosione)	Cl 1,0	1,0%
In presenza di armatura d'acciaio o di altri inserti metallici	Cl 0,20	0,20%
	Cl 0,40	0,40%
In presenza di armatura d'acciaio da precompressione	Cl 0,10	0,10%
	Cl 0,20	0,20%
a) La classe da applicare per uno specifico utilizzo del calcestruzzo dipende da disposizioni valide nel luogo d'impiego del calcestruzzo.		
b) Qualora siano impiegate aggiunte di tipo II e siano considerate nel computo del dosaggio di cemento, il contenuto in cloruri viene espresso come percentuale di ioni cloruro in massa rispetto al cemento + la massa totale delle aggiunte considerate.		

Tabella 11 - Contenuto massimo di cloruri nel calcestruzzo

8.1.4 Durabilità.

Le Norme tecniche per le Costruzioni 2018 al paragrafo 4.1.6.1.3 prescrivono che *"al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento del calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature"*.

A tal fine si può fare riferimento alla UNI EN 1992-1-1 per dimensionare correttamente i copriferri.

Il valore nominale del copriferro è calcolato secondo l'espressione:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

dove:

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm\}$$

in cui:

$$\Delta c_{dur,\gamma} = \Delta c_{dur,st} = \Delta c_{dur,add} = 0$$

$c_{min,b}$ è il copriferro minimo necessario per l'aderenza delle armature. Per armature ordinarie $c_{min,b}$ è pari al diametro della barra, nel caso di barre singole, e al diametro equivalente, nel caso di barre raggruppate.

$c_{min,dur}$ è il copriferro minimo correlato alle condizioni ambientali e si ricava dai prospetti seguenti in funzione della classe di esposizione, ricordando che la classe strutturale per un periodo di vita nominale presunta della struttura pari a 50 anni è la classe strutturale S4 (vedi prospetti seguenti)

Per quanto riguarda la tolleranza Δc_{dev} , essa è compresa tra 0 e 10 mm.

A titolo cautelativo si è scelto un copriferro minimo pari a 35 mm.

prospetto 4.4N Valori del copriferro minimo, $c_{min,dur}$, requisiti con riferimento alla durabilità per acciai da armatura ordinaria, in accordo alla EN 10080

Requisito ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Tabella 5 – Valori del copriferro per la durabilità del calcestruzzo da Eurocodice 2

8.2 Acciaio.

8.2.1 Sensibilità alla corrosione delle armature.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni, al par. 4.1.2.2.4.3, suddividono in due gruppi le armature:

- Armature sensibili;
- Armature poco sensibili.

Appartengono al primo gruppo gli acciai da precompresso, mentre appartengono al secondo gruppo gli acciai ordinari. Per gli acciai zincati e per quelli inossidabili si può tenere conto della loro minor sensibilità alla corrosione.

La seguente tabella riepilogativa riassume le prescrizioni relative ai materiali utilizzati per il dimensionamento dell'opera strutturale con riferimento alle condizioni ambientali e alla sensibilità delle armature alla corrosione.

Calcestruzzo		
Classe di esposizione ambientale		XC2
Condizione ambientale	TAB. 4.1.III D.M. 17/01/2018	ORDINARIA
Classe di consistenza cls		S4
Massimo rapporto a/c		0.60
D _{max} : dimensione nominale max aggregati		32 mm
Tipi di acciaio		
Acciai da precompressione presenti		NO
Acciai ordinari presenti		SI
Acciai zincati presenti		NO
Acciai inox presenti		NO

Tabella 6 - Materiali

8.2.2 Scelta degli stati limite di fessurazione.

Sono ora indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alla TAB. 4.1.IV D.M. 17/01/2018.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w _d	Stato limite	w _d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁

Tabella 7 - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Il paragrafo 4.1.2.2.4 delle NTC 2018 individua i seguenti valori di w₁ w₂ e w₃:

w ₁	0,2 mm
w ₂	0,3 mm
w ₃	0,4 mm

Tabella 8 - Valori limite apertura delle fessure

Per la verifica a fessurazione si è fatto riferimento ad una condizione ambientale di tipo aggressivo.

8.3 Materiali utilizzati.

8.3.1 Calcestruzzo per utilizzo strutturale C25/30

Tipo di calcestruzzo		C25/30
R_{ck} calcestruzzo	(daN/cm ²)	300
Modulo elastico	(daN/cm ²)	314471.6
Resistenza caratteristica cilindrica (f_{ck})	(daN/cm ²)	249
Resistenza caratteristica a trazione (F_{ctk})	(daN/cm ²)	17.90684
Resistenza media (F_{cm})	(daN/cm ²)	329
Resistenza media a trazione (F_{ctm})	(daN/cm ²)	25.5812
σ_{amm} calcestruzzo	(daN/cm ²)	97.5

Tabella 11 - Caratteristiche C25/30

8.3.2 Acciaio per opere in c.a.

Tipo di acciaio		B450C
f_{yk} tensione caratteristica di snervamento	(daN/cm ²)	4500
Modulo elastico	(daN/cm ²)	2060000
f_{tk} tensione caratteristica ultima	(daN/cm ²)	5400
Coefficiente di Poisson ν		0.3
γ_s		1.15
f_{yd} tensione di snervamento di calcolo	(daN/cm ²)	3910

Tabella 12 - Caratteristiche B450C

8.3.3 Pietrame

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

Leggi costitutive dei materiali

Con riferimento ai paragrafi 4.1.2.1.2.1 e 4.1.2.1.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, per il calcestruzzo è stata considerata la legge σ - ϵ di tipo parabola-rettangolo, per l'acciaio d'armatura il modello σ - ϵ di tipo elastico perfettamente plastico.

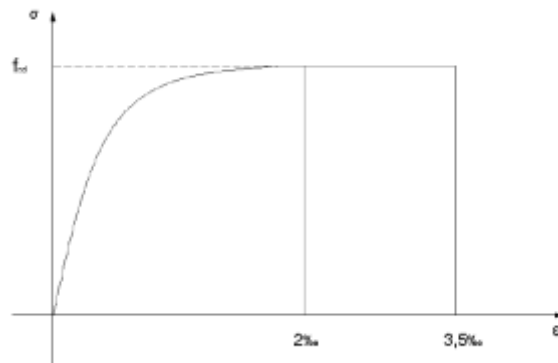


Figura 10 – Diagramma di calcolo parabola-rettangolo per il calcestruzzo compresso

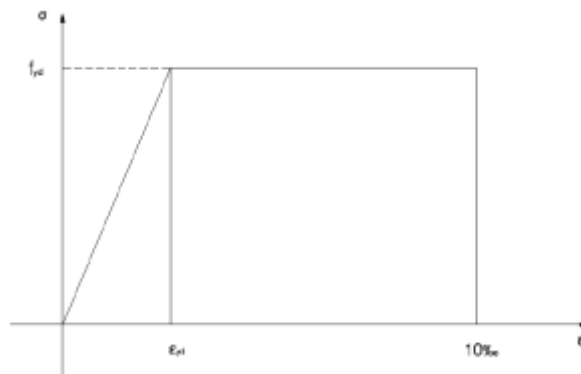


Figura 11 – Diagramma di calcolo elastico-perfettamente plastico per l'acciaio delle barre di armatura

9 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.

9.1 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 del pietrame pari a 2300 kg/m^3 e pari a 2500 kg/m^3 per le opere in calcestruzzo.

9.2 Carichi permanenti non strutturali

Sulle opere di sostegno non insistono carichi permanenti non strutturali, se non la spinta attiva del terreno a monte di cui sono stati riportati i parametri geotecnici al capitolo 5

9.3 Carichi variabili

Sulle scogliere di sottoscarpa sono stati considerati due carichi variabile, il primo corrispondente al marciapiede con un valore pari a 1000 kg/m , il secondo corrispondente alla strada provinciale con un carico variabile di 2000 kg/m

10 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico utilizzate sono quelle previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni. Si elencano in seguito i coefficienti di combinazione, con riferimento alla tabella 2.6.1. del DM, e le relative combinazioni 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 12– Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche.

Ai fini delle verifiche agli stati limite, con riferimento al par. 2.5.3 si sono definite le seguenti combinazioni delle azioni:

- SLU – Combinazione di carico fondamentale;

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione caratteristica rara;

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione frequente;

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione quasi permanente;

$$G_1 + G_2 + P + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

- Combinazione sismica;

$$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

I coefficienti parziali per le verifiche per i parametri geotecnici del terreno sono riassunti nella seguente tabella:

Parametro		Cmbinazioni 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'unita di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabella 13 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

I coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi per le fondazioni superficiali sono riassunti nella seguente tabella:

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

Tabella 14 – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Si riportano di seguito tutte le combinazioni di carico delle azioni sollecitanti, generate automaticamente dal codice di calcolo, in conformità con le disposizioni della Normativa Tecnica.

11.1 Geometria di modellazione

Il muro in massi posati a secco avrà una altezza di paramento massima di 2.50 m, un spessore in testa di 1.00 m, inclinazione esterna di 17° ed interna di 3.5° con rispetto alla verticale, una fondazione verso il valle 0.50m con una altezza di fondazione di 1.00 m, ed inclinazione alla base di 5° con rispetto alla orizzontale, per una larghezza totale di 2.10 m.

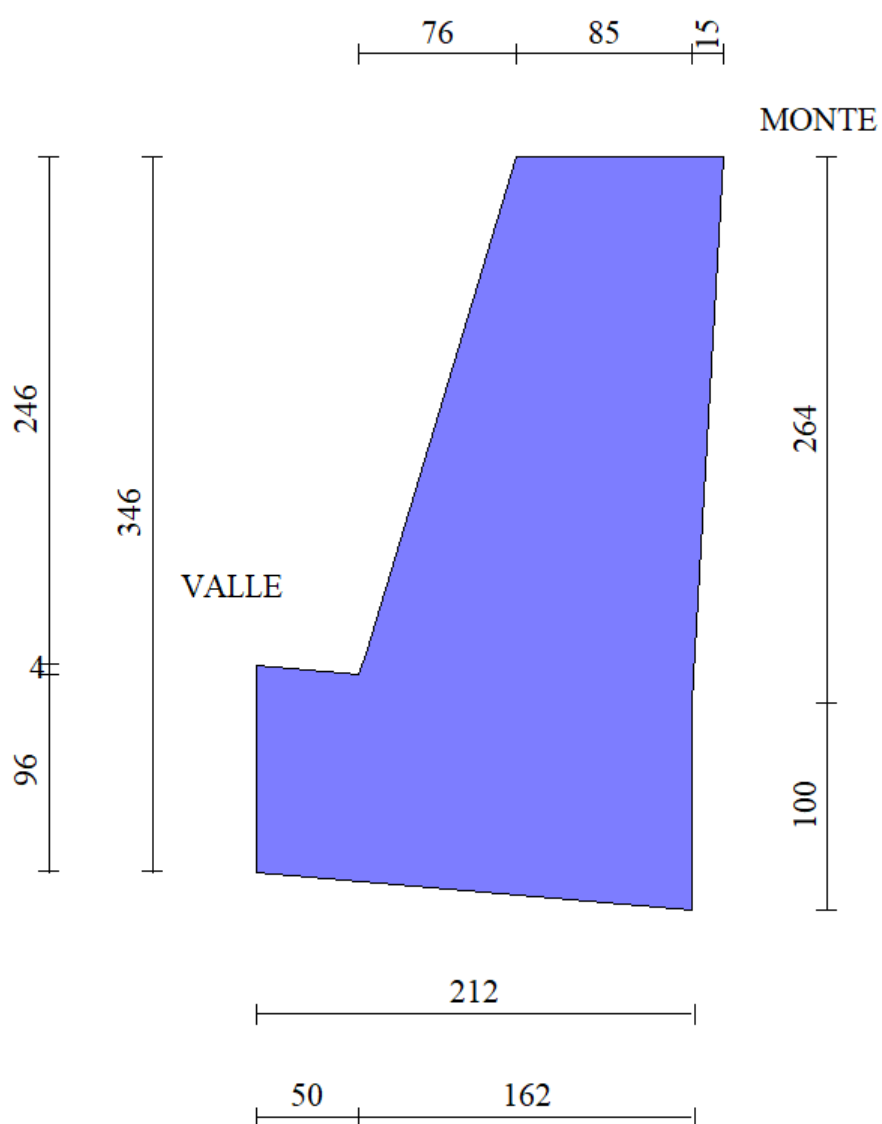


Figura 9 Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Geometria di modellazione in sezione

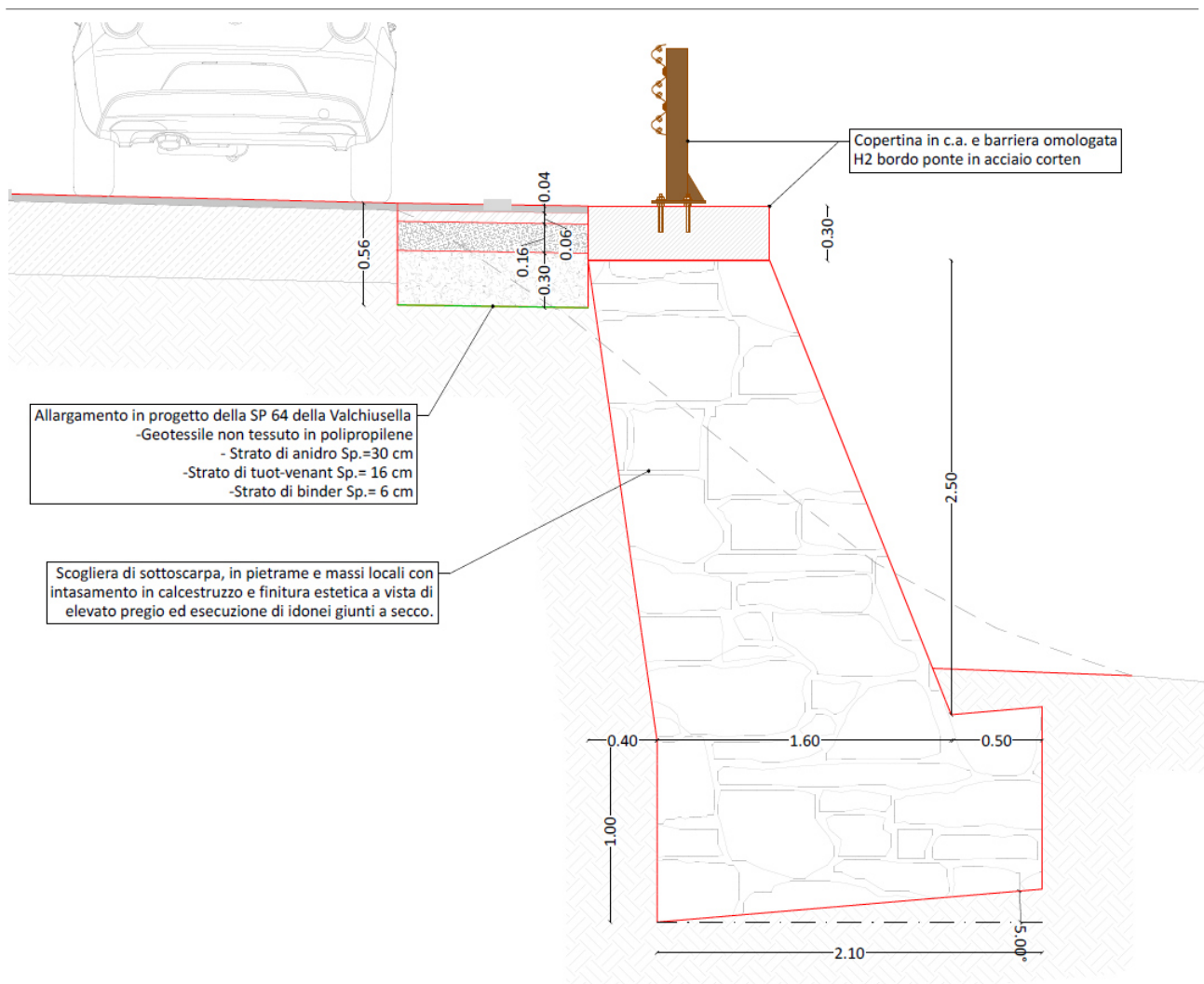


Figura 10. Confronto con Sezione di Tipo

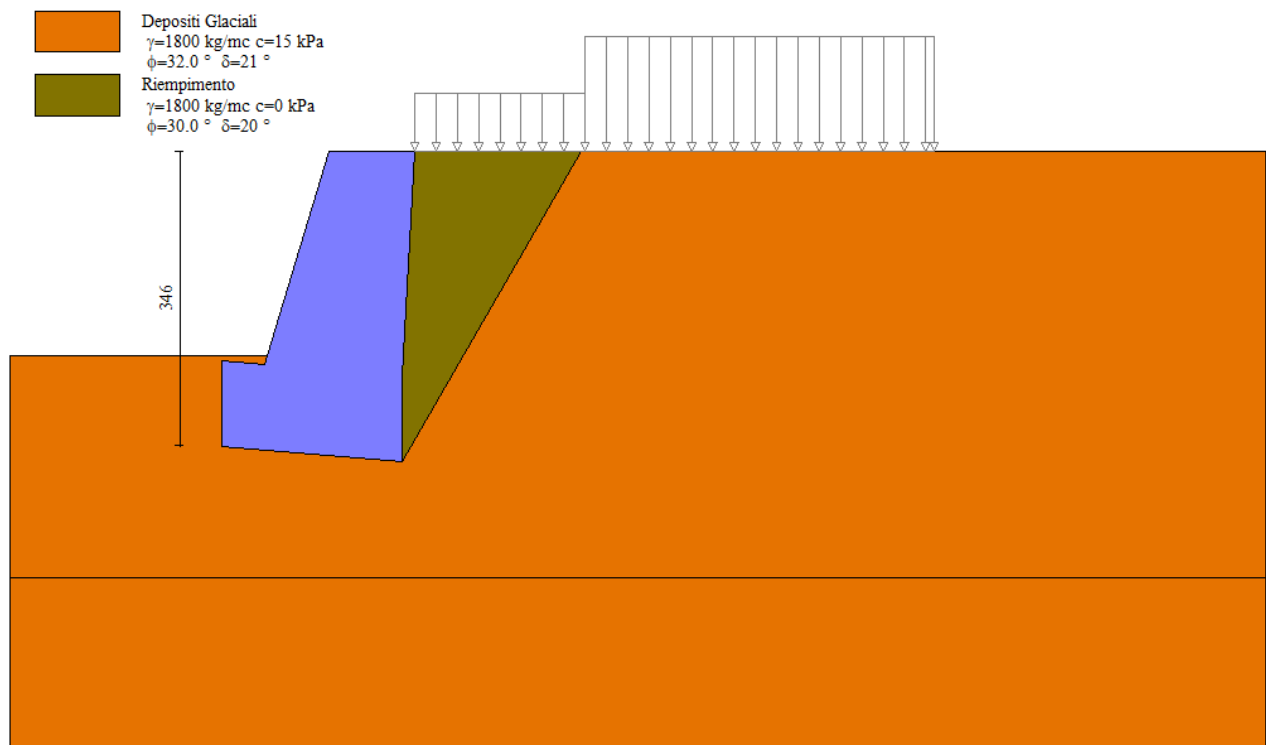


Figura 11 Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Geometria di modellazione in sezione, condizione stratigrafica e di carico

11.2 Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

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 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
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

11.3 Sollecitazioni agenti

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

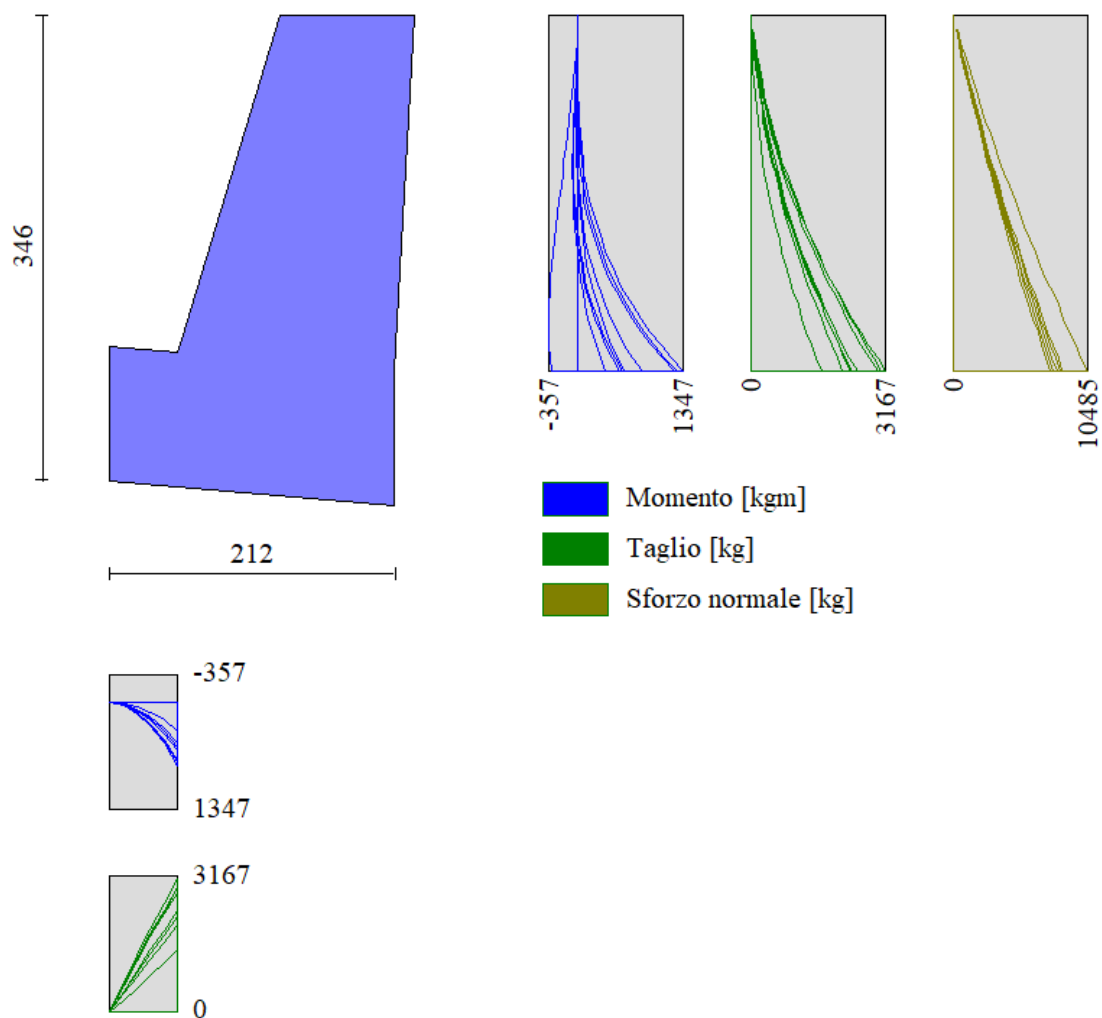


Figura 12 Involuppo sollecitazioni agenti–Momento [kgm], Taglio [kg]

11.4 Verifiche geotecniche

11.4.1 Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kg]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kg]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kg]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kg]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kg]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kg]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1 - STR (A1-M1-R3)	7421	0	0	--	--	7421	5340	1.827

11.4.2 Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	15152	149564	124636	9.871

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_\gamma$ viene moltiplicato per questo fattore

D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc	ic	dc	Re	ry
	Nq	iq	dq		
	N γ	i γ	d γ		
2	35.490	0.689	1.179	0.785	0.993
	23.177	0.689	1.090		
	22.022	0.273	1.090		

n°	D	B'	H	γ	ϕ	c
	[m]	[m]	[m]	[kg/mc]	[°]	[kPa]
2	1,06	2,12	1,92	1800	32.00	15

11.4.3 Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
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
	[kgm]	[kgm]	
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	19603	6894	2.843

11.4.4 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; 2,00	5,81	2.747

11.4.5 Riassunto coefficienti di sicurezza

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	2.84 (12)
Verifica allo scorrimento	1.83 (1)
Verifica al carico limite	9.87 (2)
Stabilità globale	2.75 (7)

Tabella 15 - Risultati delle verifiche geotecniche

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

12MURO IN C.A. – SX – SEZIONE 34

Per il modello di calcolo e a favore di la sicurezza è stata considerata una sezione di altezza massima di paramento di 2.50 m, la fondazione avrà una mensola di valle di 1.80 e di monte di 0.20 m. Le verifiche sono state eseguite con il software di calcolo MAX 16.0. A seguire si riportano i risultati ottenuti.

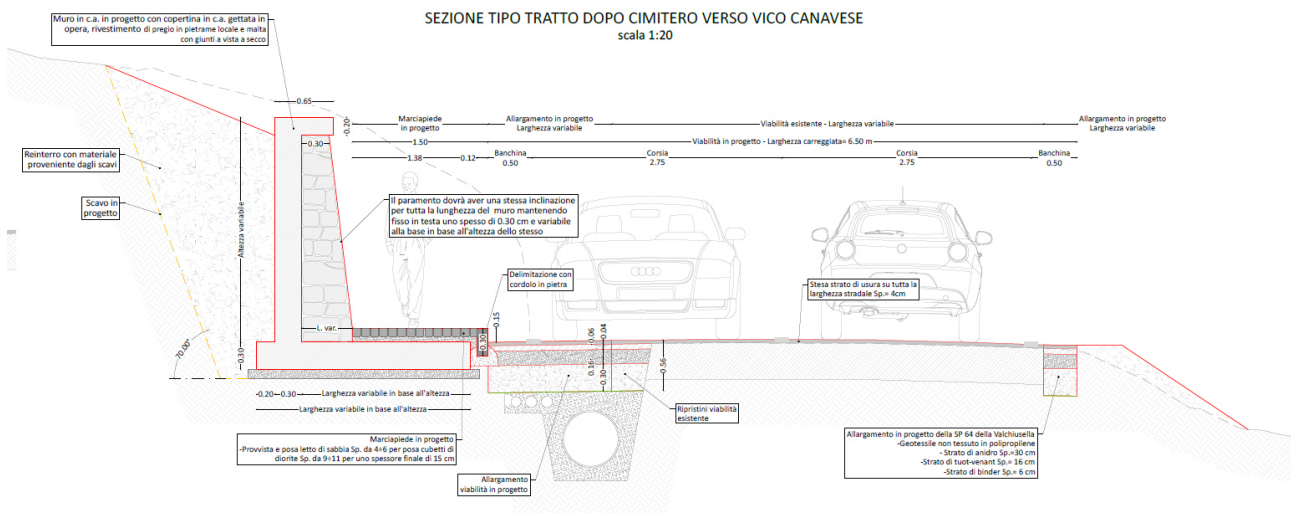


Figura 13. Sezione generica per il modello di calcolo

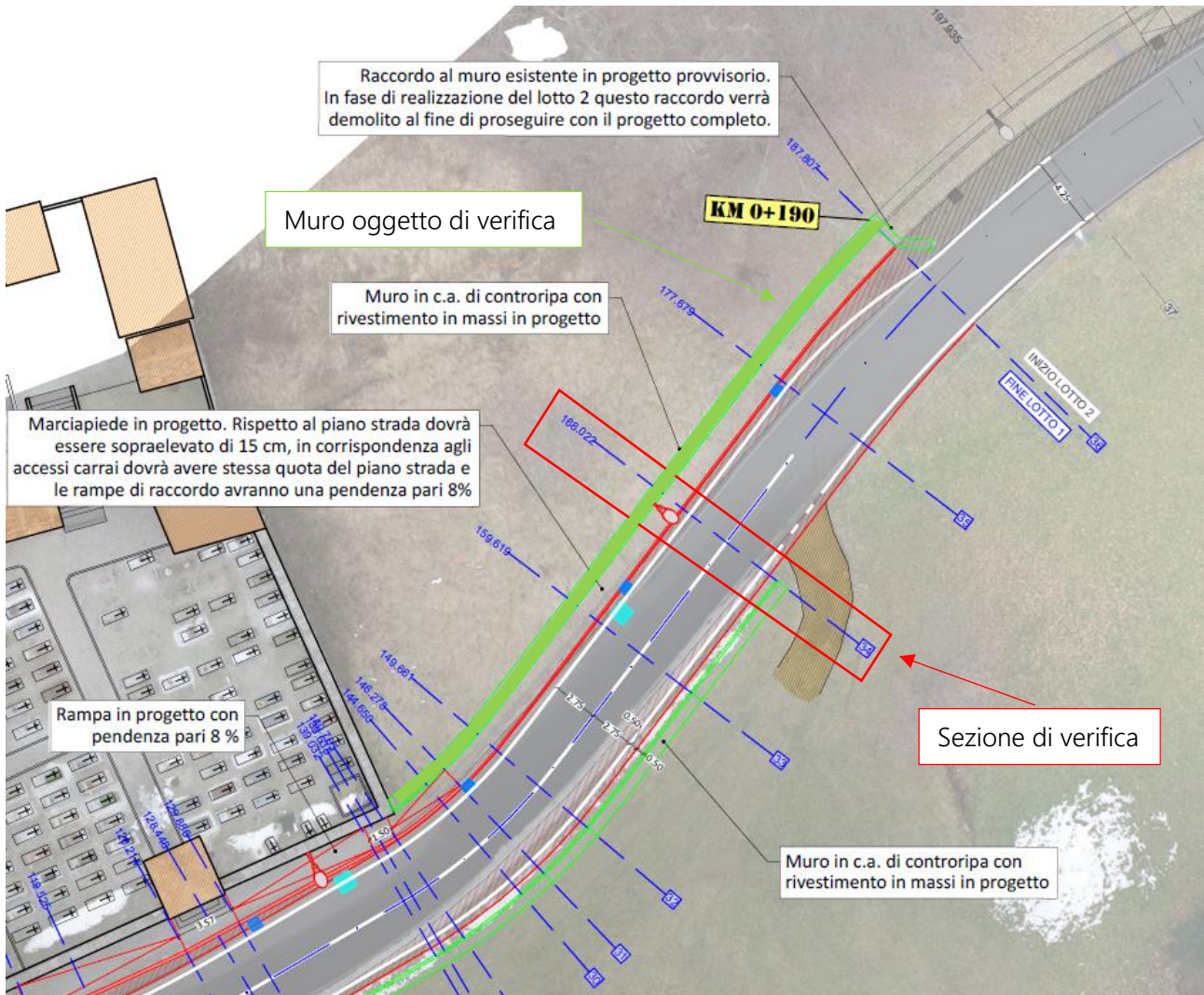


Figura 14. Planimetria progetto

12.1 Geometria di modellazione

Il muro di controripa avrà una altezza di paramento massima di 2.50 m, un spessore in testa di 0.30 m, e una fondazione verso il valle 1.80 m e verso il monte 0.20 m con una altezza di fondazione di 0.30 m

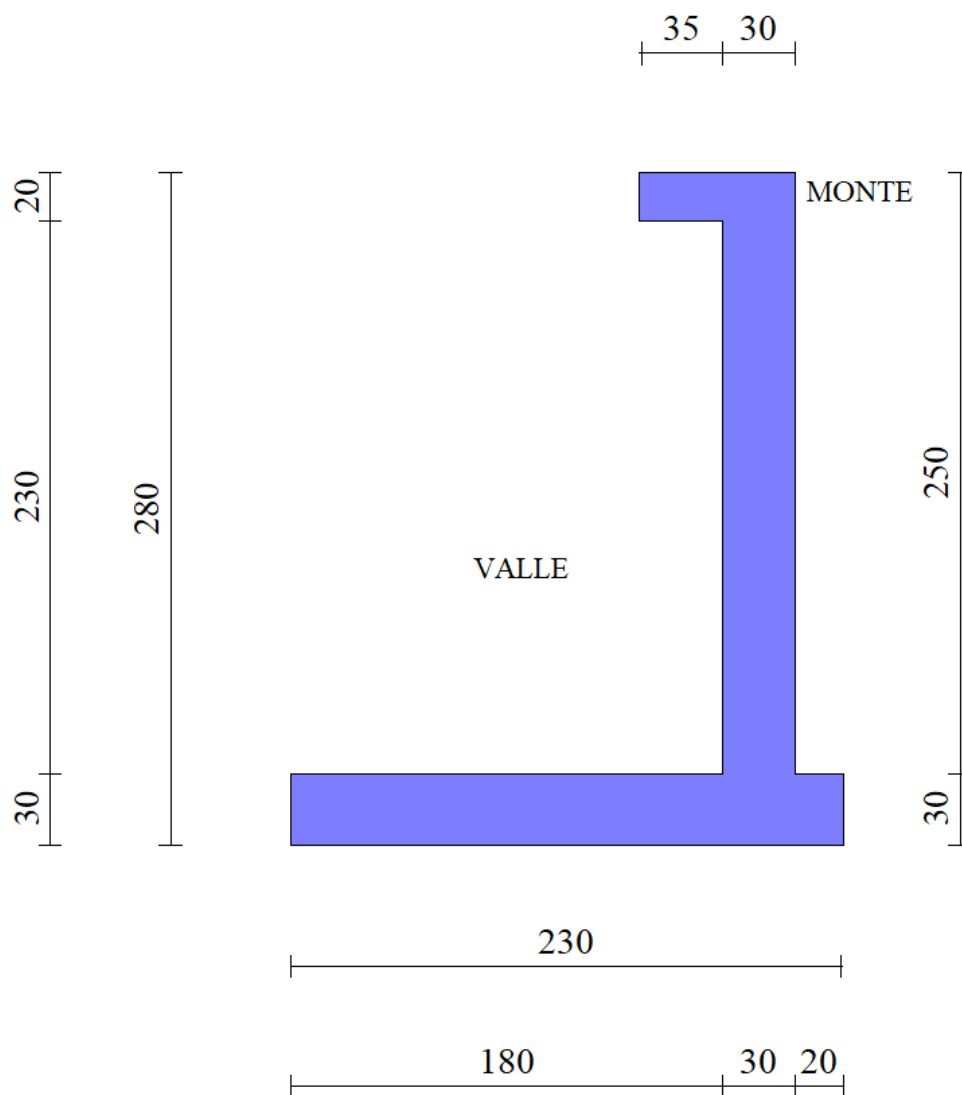


Figura 15 Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Geometria di modellazione in sezione

SEZIONE

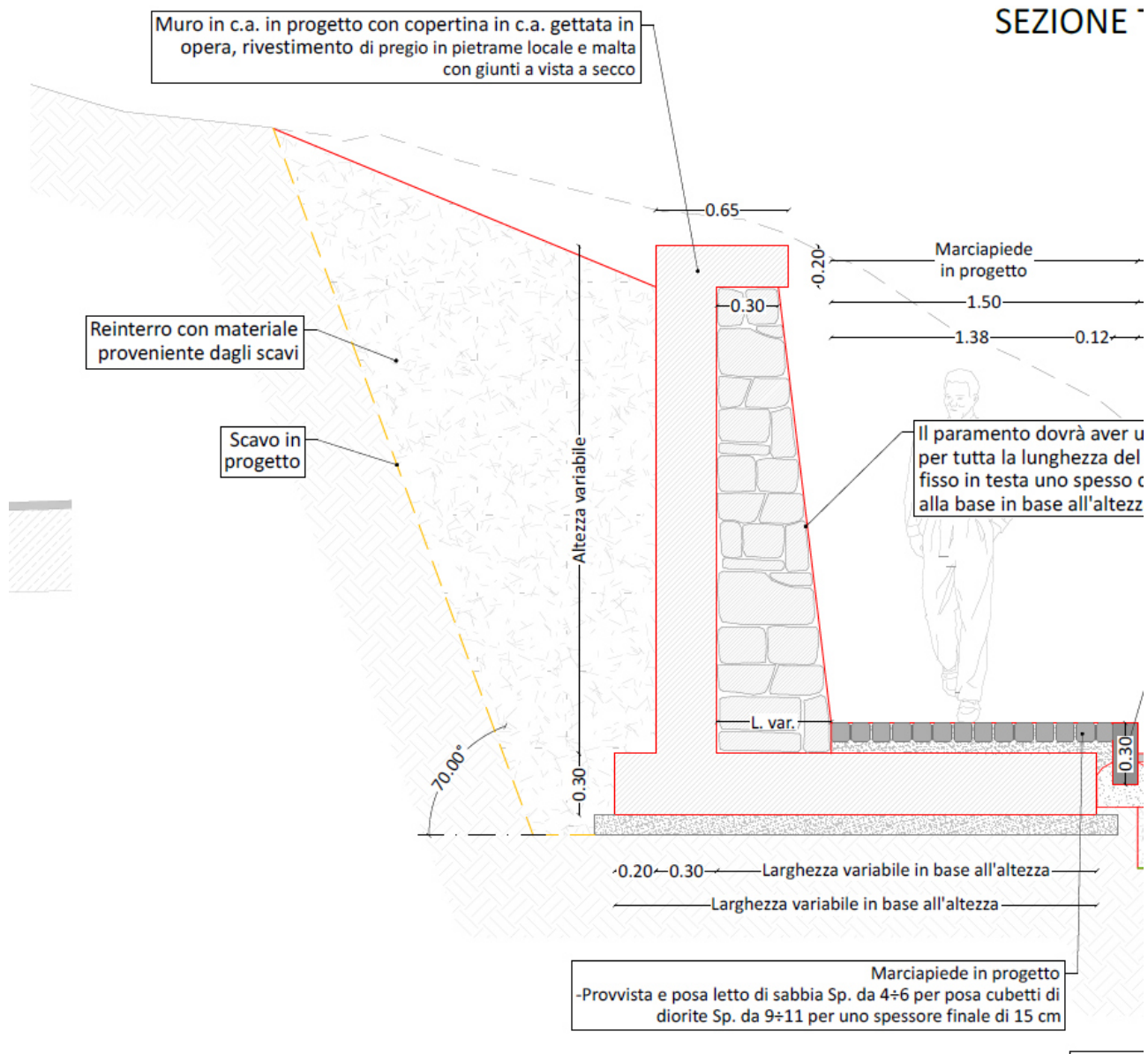


Figura 16. Sezione di Tipo

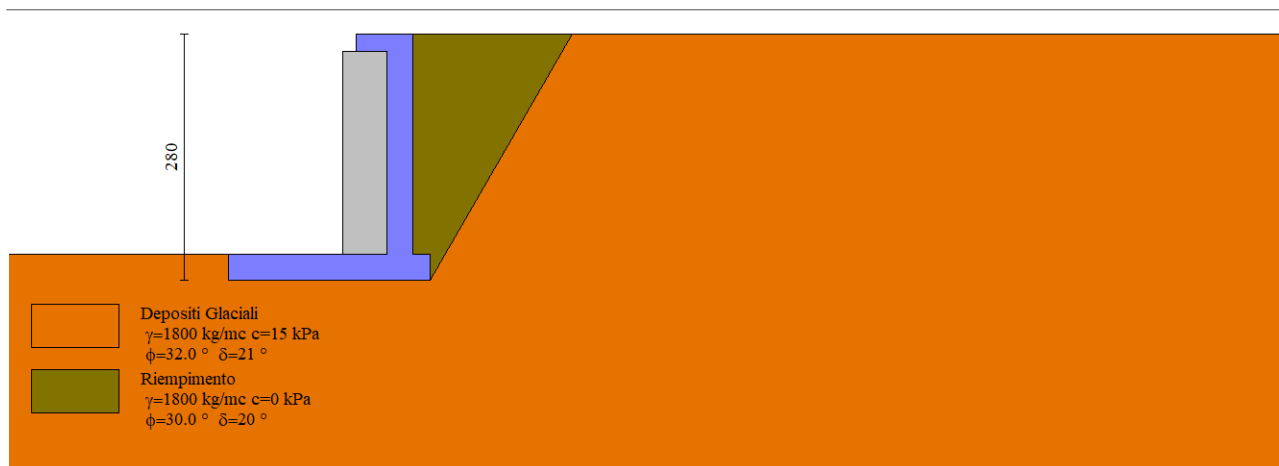


Figura 17 Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Geometria di modellazione in sezione, condizione stratigrafica e di carico

12.2 Sollecitazioni agenti

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

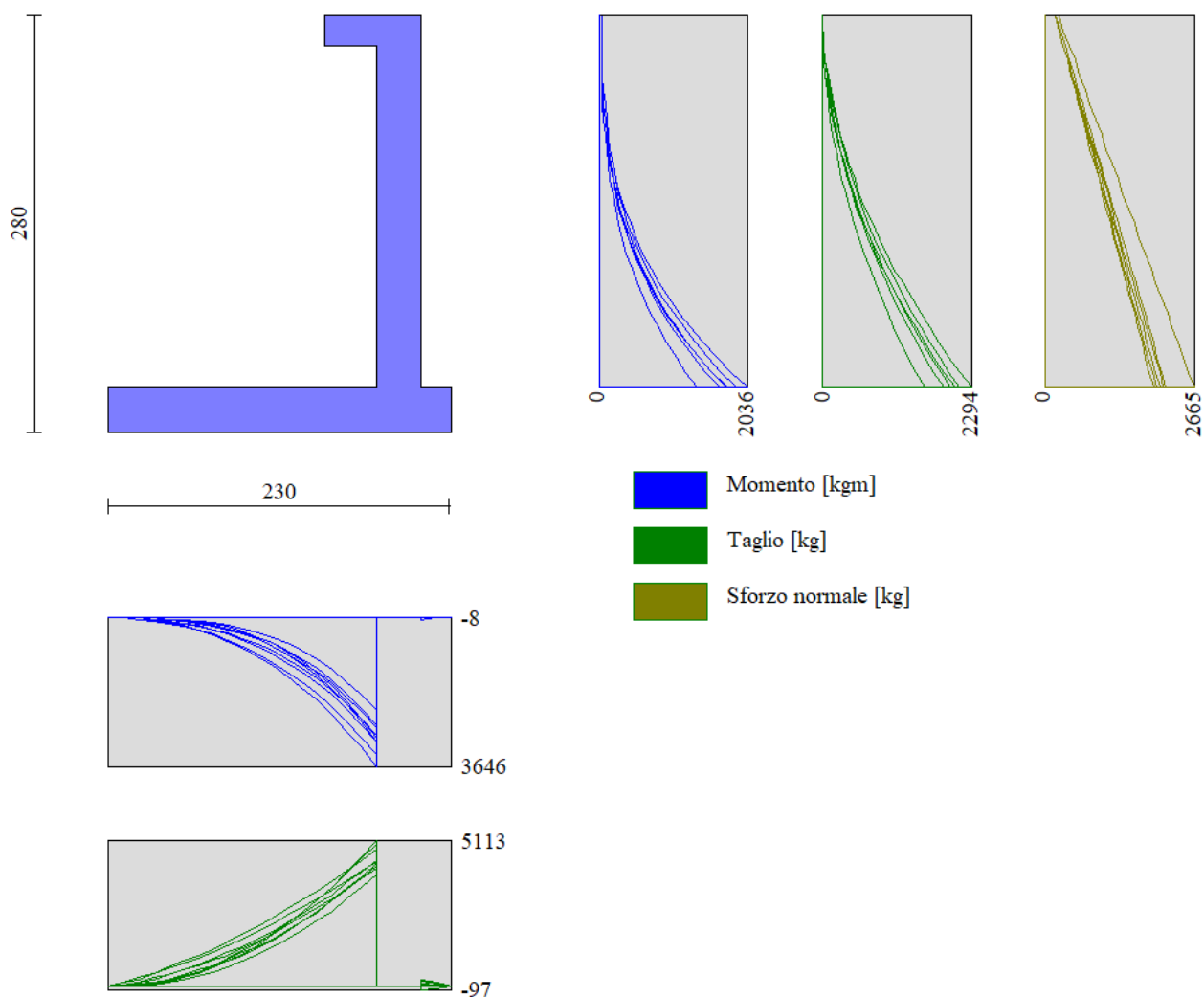


Figura 18 Involuppo sollecitazioni agenti–Momento [kgm], Taglio [kg]

12.3 Verifiche geotecniche

12.3.1 Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Rsa Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kg]

Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kg]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kg]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kg]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kg]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di $R_{sa}+R_{pt}+R_{ps}+R_p$), espresso in [kg]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1 - STR (A1-M1-R3)	5066	0	0	--	--	5066	2522	2.009

12.3.2 Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	
4 - STR (A1-M1-R3)	10733	95767	68405	8.923

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_\gamma$ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]

- H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kg/mc]
 ϕ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc	ic	dc	Re	ry
	Nq	iq	dq		
	N γ	i γ	d γ		
4	35.490	0.728	1.047	0.692	0.976
	23.177	0.728	1.024		
	22.022	0.344	1.024		

n°	D	B'	H	γ	ϕ	c
	[m]	[m]	[m]	[kg/mc]	[°]	[kPa]
2	1,06	2,50	2,25	1800	32.00	15

12.3.3 Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
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
	[kgm]	[kgm]	
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	14220	3649	3.897

12.3.4 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

lc	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 0,00	3,06	2.758

12.3.5 Riassunto coefficienti di sicurezza

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

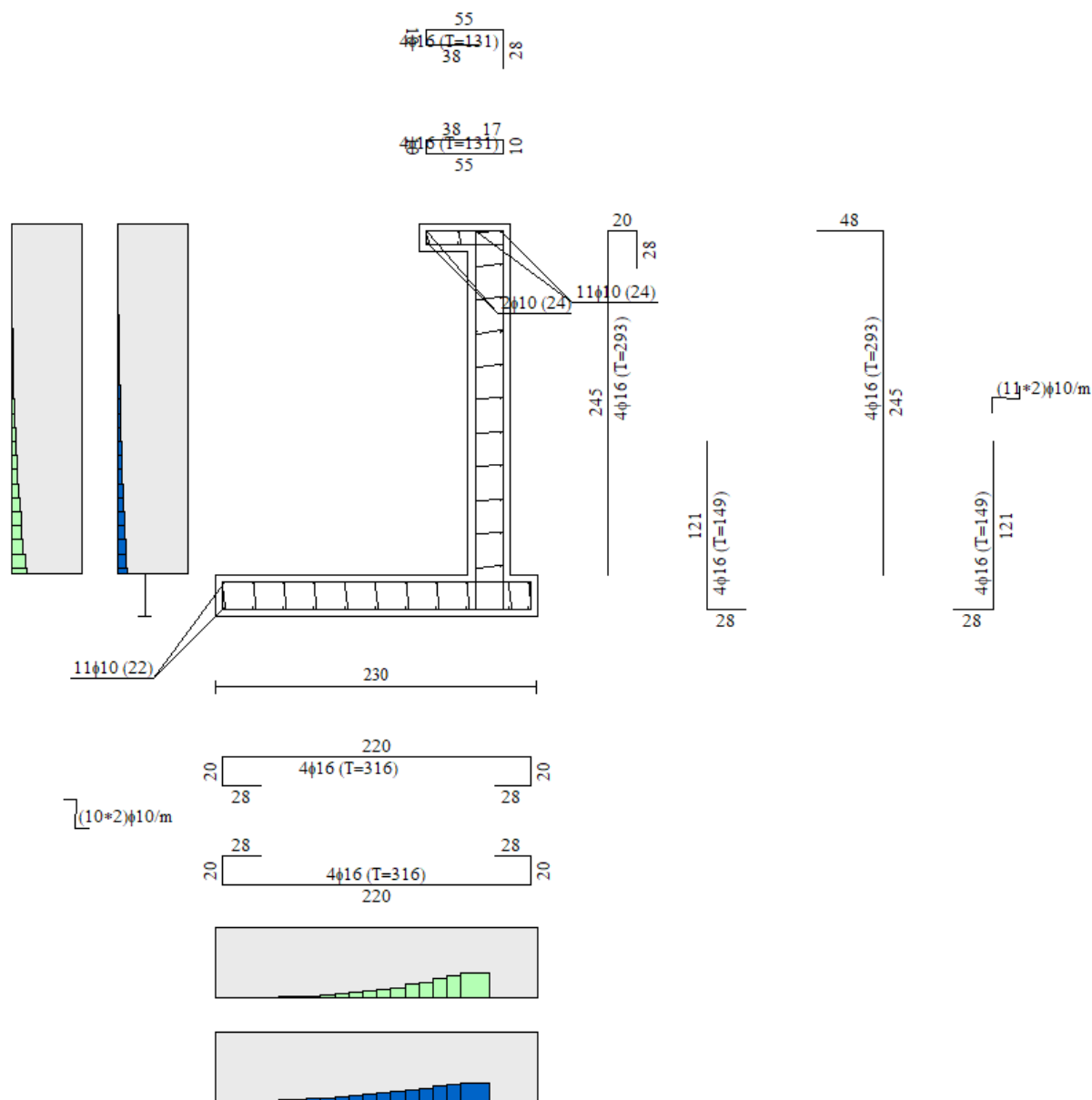
Tipo di verifica	Fattori di sicurezza minimi
Verifica al ribaltamento	3.90 (12)
Verifica allo scorrimento	2.01 (1)
Verifica al carico limite	8.92 (4)
Stabilità globale	2.76 (7)

Tabella 16 - Risultati delle verifiche geotecniche

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

12.4 Verifiche Strutturali

Si riporta di seguito un estratto dal software di calcolo che rappresenta lo schema di ferri semplificato che si ipotizza di adottare per armare il muro. Il diagramma in verde indica il livello di sollecitazione delle armature



N.B. Lo schema di armatura sopra riportato, di cui si riportano nel seguito i risultati delle verifiche strutturali, è da intendersi come schema semplificato e di ipotesi preliminare. Si rimanda al progetto esecutivo per un'eventuale ottimizzazione delle armature e per una tavola strutturale di dettaglio.

12.4.1 Verifiche a flessione

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente espressa in [kg]
Mrd	momento resistente espresso in [kgm]
Nrd	sforzo normale resistente espresso in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mrd	Nrd	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	100	30	8,04	8,04	40	227	7823	227	196.500
2	100	30	8,04	8,04	40	325	7834	325	196.224
3	100	30	8,04	8,04	41	422	7845	422	192.761
4	100	30	8,04	8,04	43	520	7855	520	183.579
5	100	30	8,04	8,04	47	617	7866	618	167.890
6	100	30	8,04	8,04	57	582	7862	582	137.019
7	100	30	8,04	8,04	72	662	7871	662	108.822
8	100	30	8,04	8,04	92	741	7879	741	85.517
9	100	30	8,04	8,04	117	821	7888	821	67.146
10	100	30	8,04	8,04	149	900	7897	900	52.997
11	100	30	8,04	8,04	187	980	7905	980	42.188
12	100	30	8,04	8,04	233	1059	7914	1059	33.925
13	100	30	8,04	8,04	287	1138	7923	1138	27.571
14	100	30	8,04	8,04	350	1218	7932	1218	22.643
15	100	30	8,04	8,04	423	1297	7940	1297	18.784
16	100	30	8,04	8,04	505	1377	7949	1377	15.731
17	100	30	8,04	8,04	599	1456	7958	1456	13.291

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mrd	Nrd	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
18	100	30	8,04	8,04	704	1536	7966	1536	11.321
19	100	30	8,04	8,04	821	1615	7975	1615	9.717
20	100	30	8,04	8,04	951	1694	7984	1694	8.398
21	100	30	8,04	8,04	1094	1774	7992	1774	7.305
22	100	30	8,04	8,04	1252	1853	8001	1853	6.393
23	100	30	8,04	8,04	1424	1933	8010	1933	5.625
24	100	30	8,04	8,04	1612	2012	8019	2012	4.975
25	100	30	8,04	8,04	1816	2091	8027	2091	4.421
26	100	30	8,04	8,04	2036	2171	8036	2171	3.946

Mensola valle

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mrd	Nrd	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	100	20	8,04	8,04	0	0	0	0	100000.000
2	100	20	8,04	8,04	-2	0	-4780	0	1921.089
3	100	20	8,04	8,04	-10	0	-4780	0	480.272
4	100	20	8,04	8,04	-22	0	-4780	0	213.454
5	100	20	8,04	8,04	-40	0	-4780	0	120.068

Fondazione

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mrd	Nrd	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	100	30	8,04	8,04	0	0	0	0	100000.000
2	100	30	8,04	8,04	7	0	7798	0	1085.666
3	100	30	8,04	8,04	30	0	7798	0	262.664
4	100	30	8,04	8,04	69	0	7798	0	113.093
5	100	30	8,04	8,04	126	0	7798	0	61.688
6	100	30	8,04	8,04	204	0	7798	0	38.319
7	100	30	8,04	8,04	302	0	7798	0	25.850
8	100	30	8,04	8,04	422	0	7798	0	18.465
9	100	30	8,04	8,04	567	0	7798	0	13.755
10	100	30	8,04	8,04	737	0	7798	0	10.582
11	100	30	8,04	8,04	934	0	7798	0	8.352
12	100	30	8,04	8,04	1159	0	7798	0	6.730
13	100	30	8,04	8,04	1413	0	7798	0	5.517

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mrd	Nrd	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
14	100	30	8,04	8,04	1699	0	7798	0	4.589
15	100	30	8,04	8,04	2018	0	7798	0	3.865
16	100	30	8,04	8,04	2370	0	7798	0	3.290
17	100	30	8,04	8,04	2758	0	7798	0	2.828
18	100	30	8,04	8,04	3183	0	7798	0	2.450
19	100	30	8,04	8,04	3646	0	7798	0	2.139
20	100	30	8,04	8,04	31	0	7798	0	255.015
21	100	30	8,04	8,04	8	0	7798	0	949.593
22	100	30	8,04	8,04	0	0	0	0	100000.000

12.4.2 Verifiche a taglio

Simbologia adottata

n° (o ls) indice sezione

Y ordinata sezione espressa in [m]

B larghezza sezione espresso in [cm]

H altezza sezione espressa in [cm]

A_{sw} area ferri a taglio espresso in [cmq]

cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

V_{Rcd} resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]

V_{Rsd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]

V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espresso in [kg]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A_{sw}>0.0) V_{Rd}=min(V_{Rcd}, V_{Rsd}).

T taglio agente espressa in [kg]

FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1	100	30	0,00	--	0	0	14989	0	100.000
2	100	30	0,00	--	0	0	15001	12	1230.125
3	100	30	0,00	--	0	0	15011	31	482.891
4	100	30	0,00	--	0	0	15021	57	265.398
5	100	30	0,00	--	0	0	15032	89	169.505
6	100	30	0,00	--	0	0	15042	127	118.098

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
7	100	30	0,00	--	0	0	15052	173	87.164
8	100	30	0,00	--	0	0	15063	225	67.051
9	100	30	0,00	--	0	0	15073	283	53.218
10	100	30	0,00	--	0	0	15083	348	43.287
11	100	30	0,00	--	0	0	15094	420	35.912
12	100	30	0,00	--	0	0	15104	499	30.282
13	100	30	0,00	--	0	0	15114	584	25.886
14	100	30	0,00	--	0	0	15125	676	22.386
15	100	30	0,00	--	0	0	15135	774	19.554
16	100	30	0,00	--	0	0	15145	879	17.230
17	100	30	0,00	--	0	0	15156	991	15.299
18	100	30	0,00	--	0	0	15166	1109	13.676
19	100	30	0,00	--	0	0	15176	1234	12.300
20	100	30	0,00	--	0	0	15186	1365	11.123
21	100	30	0,00	--	0	0	15197	1504	10.107
22	100	30	0,00	--	0	0	15207	1648	9.226
23	100	30	0,00	--	0	0	15217	1800	8.455
24	100	30	0,00	--	0	0	15228	1958	7.778
25	100	30	0,00	--	0	0	15238	2123	7.179
26	100	30	0,00	--	0	0	15248	2294	6.648

Mensola valle

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1	100	20	0,00	--	0	0	11537	0	100.000
2	100	20	0,00	--	0	0	11537	57	202.850
3	100	20	0,00	--	0	0	11537	114	101.425
4	100	20	0,00	--	0	0	11537	171	67.617
5	100	20	0,00	--	0	0	11537	227	50.712

Fondazione

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1	100	30	0,00	--	0	0	14966	0	100.000
2	100	30	0,00	--	0	0	14966	-146	102.472

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
3	100	30	0,00	--	0	0	14966	-306	48.835
4	100	30	0,00	--	0	0	14966	-481	31.099
5	100	30	0,00	--	0	0	14966	-670	22.325
6	100	30	0,00	--	0	0	14966	-874	17.126
7	100	30	0,00	--	0	0	14966	-1092	13.709
8	100	30	0,00	--	0	0	14966	-1324	11.304
9	100	30	0,00	--	0	0	14966	-1571	9.529
10	100	30	0,00	--	0	0	14966	-1831	8.172
11	100	30	0,00	--	0	0	14966	-2107	7.104
12	100	30	0,00	--	0	0	14966	-2396	6.245
13	100	30	0,00	--	0	0	14966	-2700	5.542
14	100	30	0,00	--	0	0	14966	-3019	4.958
15	100	30	0,00	--	0	0	14966	-3352	4.465
16	100	30	0,00	--	0	0	14966	-3699	4.046
17	100	30	0,00	--	0	0	14966	-4060	3.686
18	100	30	0,00	--	0	0	14966	-4540	3.297
19	100	30	0,00	--	0	0	14966	-5113	2.927
20	100	30	0,00	--	0	0	14966	283	52.865
21	100	30	0,00	--	0	0	14966	159	94.382
22	100	30	0,00	--	0	0	14966	0	100.000

12.4.3 Verifica delle tensioni

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espresso in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
A _{fi}	area ferri inferiori, espresso in [cmq]
A _{fs}	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kg]
σ _c	tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
σ _{fi}	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
σ _{fs}	tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 14940 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 360000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	30	8,04	8,04	31	175	35 (13)	641 (13)	303 (13)
2	100	30	8,04	8,04	31	250	33 (13)	338 (13)	335 (13)
3	100	30	8,04	8,04	31	325	32 (13)	163 (13)	359 (13)
4	100	30	8,04	8,04	33	400	34 (13)	79 (13)	394 (13)
5	100	30	8,04	8,04	36	475	37 (13)	45 (13)	443 (13)
6	100	30	8,04	8,04	41	550	43 (13)	44 (13)	509 (13)
7	100	30	8,04	8,04	49	625	50 (13)	80 (13)	594 (13)
8	100	30	8,04	8,04	59	700	61 (13)	174 (13)	705 (13)
9	100	30	8,04	8,04	74	775	76 (13)	364 (13)	849 (13)
10	100	30	8,04	8,04	92	850	96 (13)	713 (13)	1029 (13)
11	100	30	8,04	8,04	115	925	123 (13)	1290 (13)	1246 (13)
12	100	30	8,04	8,04	142	1000	157 (13)	2155 (13)	1497 (13)
13	100	30	8,04	8,04	176	1075	199 (13)	3343 (13)	1776 (13)
14	100	30	8,04	8,04	215	1150	248 (13)	4881 (13)	2083 (13)
15	100	30	8,04	8,04	261	1225	306 (13)	6789 (13)	2419 (13)
16	100	30	8,04	8,04	314	1300	372 (13)	9088 (13)	2784 (13)
17	100	30	8,04	8,04	374	1375	447 (13)	11803 (13)	3182 (13)
18	100	30	8,04	8,04	443	1450	532 (13)	14956 (13)	3614 (13)
19	100	30	8,04	8,04	520	1525	628 (13)	18572 (13)	4085 (13)
20	100	30	8,04	8,04	606	1600	734 (13)	22677 (13)	4595 (13)
21	100	30	8,04	8,04	702	1675	852 (13)	27297 (13)	5148 (13)
22	100	30	8,04	8,04	807	1750	982 (13)	32457 (13)	5746 (13)
23	100	30	8,04	8,04	924	1825	1125 (13)	38184 (13)	6392 (13)
24	100	30	8,04	8,04	1051	1900	1282 (13)	44504 (13)	7088 (13)
25	100	30	8,04	8,04	1190	1975	1452 (13)	51443 (13)	7837 (13)
26	100	30	8,04	8,04	1341	2050	1638 (13)	59029 (13)	8641 (13)

Mensola valle

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 14940 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 360000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	20	8,04	8,04	0	0	0 (13)	0 (13)	0 (13)
2	100	20	8,04	8,04	-2	0	6 (13)	0 (1)	173 (13)
3	100	20	8,04	8,04	-8	0	22 (13)	9 (13)	691 (13)
4	100	20	8,04	8,04	-17	0	50 (13)	21 (13)	1555 (13)
5	100	20	8,04	8,04	-31	0	89 (13)	38 (13)	2764 (13)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 14940 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 360000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	30	8,04	8,04	0	0	0 (13)	0 (13)	0 (13)
2	100	30	8,04	8,04	0	0	1 (13)	0 (1)	22 (13)
3	100	30	8,04	8,04	0	0	0 (1)	0 (1)	0 (1)
4	100	30	8,04	8,04	4	0	5 (13)	217 (13)	19 (13)
5	100	30	8,04	8,04	14	0	17 (13)	759 (13)	66 (13)
6	100	30	8,04	8,04	33	0	40 (13)	1769 (13)	154 (13)
7	100	30	8,04	8,04	63	0	77 (13)	3387 (13)	294 (13)
8	100	30	8,04	8,04	108	0	131 (13)	5752 (13)	500 (13)
9	100	30	8,04	8,04	169	0	206 (13)	9005 (13)	782 (13)
10	100	30	8,04	8,04	249	0	303 (13)	13286 (13)	1154 (13)
11	100	30	8,04	8,04	351	0	428 (13)	18733 (13)	1627 (13)
12	100	30	8,04	8,04	477	0	582 (13)	25488 (13)	2214 (13)
13	100	30	8,04	8,04	631	0	769 (13)	33690 (13)	2927 (13)
14	100	30	8,04	8,04	814	0	993 (13)	43479 (13)	3777 (13)
15	100	30	8,04	8,04	1029	0	1256 (13)	54994 (13)	4777 (13)
16	100	30	8,04	8,04	1280	0	1562 (13)	68376 (13)	5940 (13)

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
17	100	30	8,04	8,04	1568	0	1913 (13)	83765 (13)	7277 (13)
18	100	30	8,04	8,04	1896	0	2314 (13)	101300 (13)	8800 (13)
19	100	30	8,04	8,04	2267	0	2766 (13)	121122 (13)	10522 (13)
20	100	30	8,04	8,04	24	0	29 (13)	1257 (13)	109 (13)
21	100	30	8,04	8,04	6	0	8 (13)	337 (13)	29 (13)
22	100	30	8,04	8,04	0	0	0 (13)	0 (13)	0 (13)

Combinazioni SLEF

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 24900 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	30	8,04	8,04	31	175	35 (14)	641 (14)	303 (14)
2	100	30	8,04	8,04	31	250	33 (14)	338 (14)	335 (14)
3	100	30	8,04	8,04	31	325	32 (14)	163 (14)	359 (14)
4	100	30	8,04	8,04	33	400	34 (14)	79 (14)	394 (14)
5	100	30	8,04	8,04	36	475	37 (14)	45 (14)	443 (14)
6	100	30	8,04	8,04	41	550	43 (14)	44 (14)	509 (14)
7	100	30	8,04	8,04	49	625	50 (14)	80 (14)	594 (14)
8	100	30	8,04	8,04	59	700	61 (14)	174 (14)	705 (14)
9	100	30	8,04	8,04	74	775	76 (14)	364 (14)	849 (14)
10	100	30	8,04	8,04	92	850	96 (14)	713 (14)	1029 (14)
11	100	30	8,04	8,04	115	925	123 (14)	1290 (14)	1246 (14)
12	100	30	8,04	8,04	142	1000	157 (14)	2155 (14)	1497 (14)
13	100	30	8,04	8,04	176	1075	199 (14)	3343 (14)	1776 (14)
14	100	30	8,04	8,04	215	1150	248 (14)	4881 (14)	2083 (14)
15	100	30	8,04	8,04	261	1225	306 (14)	6789 (14)	2419 (14)
16	100	30	8,04	8,04	314	1300	372 (14)	9088 (14)	2784 (14)
17	100	30	8,04	8,04	374	1375	447 (14)	11803 (14)	3182 (14)
18	100	30	8,04	8,04	443	1450	532 (14)	14956 (14)	3614 (14)

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
19	100	30	8,04	8,04	520	1525	628 (14)	18572 (14)	4085 (14)
20	100	30	8,04	8,04	606	1600	734 (14)	22677 (14)	4595 (14)
21	100	30	8,04	8,04	702	1675	852 (14)	27297 (14)	5148 (14)
22	100	30	8,04	8,04	807	1750	982 (14)	32457 (14)	5746 (14)
23	100	30	8,04	8,04	924	1825	1125 (14)	38184 (14)	6392 (14)
24	100	30	8,04	8,04	1051	1900	1282 (14)	44504 (14)	7088 (14)
25	100	30	8,04	8,04	1190	1975	1452 (14)	51443 (14)	7837 (14)
26	100	30	8,04	8,04	1341	2050	1638 (14)	59029 (14)	8641 (14)

Mensola valle

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 24900 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	20	8,04	8,04	0	0	0 (14)	0 (14)	0 (14)
2	100	20	8,04	8,04	-2	0	6 (14)	0 (1)	173 (14)
3	100	20	8,04	8,04	-8	0	22 (14)	9 (14)	691 (14)
4	100	20	8,04	8,04	-17	0	50 (14)	21 (14)	1555 (14)
5	100	20	8,04	8,04	-31	0	89 (14)	38 (14)	2764 (14)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 24900 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	30	8,04	8,04	0	0	0 (14)	0 (14)	0 (14)
2	100	30	8,04	8,04	0	0	1 (14)	0 (1)	22 (14)
3	100	30	8,04	8,04	0	0	0 (1)	0 (1)	0 (1)
4	100	30	8,04	8,04	4	0	5 (14)	217 (14)	19 (14)

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
5	100	30	8,04	8,04	14	0	17 (14)	759 (14)	66 (14)
6	100	30	8,04	8,04	33	0	40 (14)	1769 (14)	154 (14)
7	100	30	8,04	8,04	63	0	77 (14)	3387 (14)	294 (14)
8	100	30	8,04	8,04	108	0	131 (14)	5752 (14)	500 (14)
9	100	30	8,04	8,04	169	0	206 (14)	9005 (14)	782 (14)
10	100	30	8,04	8,04	249	0	303 (14)	13286 (14)	1154 (14)
11	100	30	8,04	8,04	351	0	428 (14)	18733 (14)	1627 (14)
12	100	30	8,04	8,04	477	0	582 (14)	25488 (14)	2214 (14)
13	100	30	8,04	8,04	631	0	769 (14)	33690 (14)	2927 (14)
14	100	30	8,04	8,04	814	0	993 (14)	43479 (14)	3777 (14)
15	100	30	8,04	8,04	1029	0	1256 (14)	54994 (14)	4777 (14)
16	100	30	8,04	8,04	1280	0	1562 (14)	68376 (14)	5940 (14)
17	100	30	8,04	8,04	1568	0	1913 (14)	83765 (14)	7277 (14)
18	100	30	8,04	8,04	1896	0	2314 (14)	101300 (14)	8800 (14)
19	100	30	8,04	8,04	2267	0	2766 (14)	121122 (14)	10522 (14)
20	100	30	8,04	8,04	24	0	29 (14)	1257 (14)	109 (14)
21	100	30	8,04	8,04	6	0	8 (14)	337 (14)	29 (14)
22	100	30	8,04	8,04	0	0	0 (14)	0 (14)	0 (14)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11205 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	30	8,04	8,04	32	181	36 (16)	662 (16)	313 (16)
2	100	30	8,04	8,04	32	258	34 (16)	359 (16)	348 (16)
3	100	30	8,04	8,04	32	320	34 (16)	202 (17)	381 (16)
4	100	30	8,04	8,04	35	393	37 (16)	139 (17)	429 (16)
5	100	30	8,04	8,04	41	465	43 (16)	137 (17)	497 (16)
6	100	30	8,04	8,04	49	538	51 (16)	193 (17)	589 (16)

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
7	100	30	8,04	8,04	60	610	64 (16)	332 (17)	712 (16)
8	100	30	8,04	8,04	75	683	81 (16)	607 (17)	872 (16)
9	100	30	8,04	8,04	94	755	105 (16)	1084 (17)	1070 (16)
10	100	30	8,04	8,04	124	878	136 (16)	1842 (16)	1305 (16)
11	100	30	8,04	8,04	155	956	176 (16)	2934 (16)	1573 (16)
12	100	30	8,04	8,04	193	1033	223 (16)	4390 (16)	1872 (16)
13	100	30	8,04	8,04	238	1111	279 (16)	6239 (16)	2203 (16)
14	100	30	8,04	8,04	291	1188	345 (16)	8508 (16)	2567 (16)
15	100	30	8,04	8,04	351	1266	420 (16)	11226 (16)	2967 (16)
16	100	30	8,04	8,04	421	1343	507 (16)	14421 (16)	3405 (16)
17	100	30	8,04	8,04	500	1421	604 (16)	18123 (16)	3885 (16)
18	100	30	8,04	8,04	589	1498	714 (16)	22363 (16)	4410 (16)
19	100	30	8,04	8,04	688	1575	836 (16)	27170 (16)	4982 (16)
20	100	30	8,04	8,04	799	1653	973 (16)	32577 (16)	5605 (16)
21	100	30	8,04	8,04	921	1730	1123 (16)	38613 (16)	6281 (16)
22	100	30	8,04	8,04	1056	1808	1288 (16)	45311 (16)	7013 (16)
23	100	30	8,04	8,04	1203	1885	1469 (16)	52701 (16)	7804 (16)
24	100	30	8,04	8,04	1364	1963	1667 (16)	60815 (16)	8658 (16)
25	100	30	8,04	8,04	1540	2040	1882 (16)	69684 (16)	9576 (16)
26	100	30	8,04	8,04	1730	2118	2114 (16)	79340 (16)	10562 (16)

Mensola valle

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11205 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	20	8,04	8,04	0	0	0 (15)	0 (15)	0 (15)
2	100	20	8,04	8,04	-2	0	6 (16)	0 (1)	178 (16)
3	100	20	8,04	8,04	-8	0	23 (16)	10 (16)	714 (16)
4	100	20	8,04	8,04	-18	0	52 (16)	22 (16)	1606 (16)
5	100	20	8,04	8,04	-32	0	92 (16)	39 (16)	2856 (16)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11205 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	30	8,04	8,04	0	0	0 (15)	0 (15)	0 (15)
2	100	30	8,04	8,04	4	0	5 (16)	206 (16)	22 (15)
3	100	30	8,04	8,04	17	0	20 (16)	892 (16)	77 (16)
4	100	30	8,04	8,04	41	0	49 (16)	2164 (16)	188 (16)
5	100	30	8,04	8,04	77	0	94 (16)	4125 (16)	358 (16)
6	100	30	8,04	8,04	129	0	157 (16)	6880 (16)	598 (16)
7	100	30	8,04	8,04	197	0	241 (16)	10534 (16)	915 (16)
8	100	30	8,04	8,04	284	0	347 (16)	15191 (16)	1320 (16)
9	100	30	8,04	8,04	392	0	479 (16)	20955 (16)	1820 (16)
10	100	30	8,04	8,04	523	0	638 (16)	27930 (16)	2426 (16)
11	100	30	8,04	8,04	678	0	827 (16)	36222 (16)	3147 (16)
12	100	30	8,04	8,04	860	0	1049 (16)	45934 (16)	3990 (16)
13	100	30	8,04	8,04	1070	0	1306 (16)	57171 (16)	4967 (16)
14	100	30	8,04	8,04	1311	0	1600 (16)	70038 (16)	6084 (16)
15	100	30	8,04	8,04	1584	0	1933 (16)	84638 (16)	7353 (16)
16	100	30	8,04	8,04	1892	0	2309 (16)	101076 (16)	8781 (16)
17	100	30	8,04	8,04	2236	0	2728 (16)	119457 (16)	10377 (16)
18	100	30	8,04	8,04	2619	0	3195 (16)	139885 (16)	12152 (16)
19	100	30	8,04	8,04	3041	0	3711 (16)	162465 (16)	14114 (16)
20	100	30	8,04	8,04	24	0	29 (15)	1257 (15)	109 (15)
21	100	30	8,04	8,04	6	0	8 (15)	337 (15)	29 (15)
22	100	30	8,04	8,04	0	0	0 (15)	0 (15)	0 (15)

12.4.4 Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n° indice sezione

Y ordinata sezione espressa in [m]

B larghezza sezione espresso in [cm]

H altezza sezione espressa in [cm]

Af	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
Mpf	momento di formazione/apertura fessure espressa in [kgm]
ε	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEF

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	30	8,04	785,00	31	5228	0,000000	0,00	0,000 (14)
2	100	30	8,04	784,72	31	5232	0,000000	0,00	0,000 (14)
3	100	30	8,04	784,44	31	5236	0,000000	0,00	0,000 (14)
4	100	30	8,04	784,16	33	5240	0,000000	0,00	0,000 (14)
5	100	30	8,04	783,88	36	5244	0,000000	0,00	0,000 (14)
6	100	30	8,04	783,60	41	5247	0,000000	0,00	0,000 (14)
7	100	30	8,04	783,32	49	5251	0,000000	0,00	0,000 (14)
8	100	30	8,04	783,04	59	5255	0,000000	0,00	0,000 (14)
9	100	30	8,04	782,76	74	5259	0,000000	0,00	0,000 (14)
10	100	30	8,04	782,48	92	5263	0,000000	0,00	0,000 (14)
11	100	30	8,04	782,20	115	5267	0,000000	0,00	0,000 (14)
12	100	30	8,04	781,91	142	5271	0,000000	0,00	0,000 (14)
13	100	30	8,04	781,63	176	5274	0,000000	0,00	0,000 (14)
14	100	30	8,04	781,35	215	5278	0,000000	0,00	0,000 (14)
15	100	30	8,04	781,07	261	5282	0,000000	0,00	0,000 (14)
16	100	30	8,04	780,79	314	5286	0,000000	0,00	0,000 (14)
17	100	30	8,04	780,51	374	5290	0,000000	0,00	0,000 (14)
18	100	30	8,04	780,23	443	5294	0,000000	0,00	0,000 (14)
19	100	30	8,04	779,95	520	5298	0,000000	0,00	0,000 (14)
20	100	30	8,04	779,67	606	5301	0,000000	0,00	0,000 (14)
21	100	30	8,04	779,39	702	5305	0,000000	0,00	0,000 (14)
22	100	30	8,04	779,11	807	5309	0,000000	0,00	0,000 (14)
23	100	30	8,04	778,83	924	5313	0,000000	0,00	0,000 (14)
24	100	30	8,04	778,55	1051	5317	0,000000	0,00	0,000 (14)
25	100	30	8,04	778,27	1190	5321	0,000000	0,00	0,000 (14)
26	100	30	8,04	777,99	1341	5325	0,000000	0,00	0,000 (14)

Mensola valle

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	20	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (14)
2	100	20	8,04	501,97	-2	-2291	0,000000 0	0,00	0,000 (14)
3	100	20	8,04	501,97	-8	-2291	0,000000 0	0,00	0,000 (14)
4	100	20	8,04	501,97	-17	-2291	0,000000 0	0,00	0,000 (14)
5	100	20	8,04	501,97	-31	-2291	0,000000 0	0,00	0,000 (14)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	30	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (14)
2	100	30	8,04	785,65	0	-5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
3	100	30	8,04	785,65	0	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
4	100	30	8,04	785,65	4	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
5	100	30	8,04	785,65	14	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
6	100	30	8,04	785,65	33	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
7	100	30	8,04	785,65	63	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
8	100	30	8,04	785,65	108	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
9	100	30	8,04	785,65	169	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
10	100	30	8,04	785,65	249	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
11	100	30	8,04	785,65	351	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
12	100	30	8,04	785,65	477	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
13	100	30	8,04	785,65	631	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
14	100	30	8,04	785,65	814	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
15	100	30	8,04	785,65	1029	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
16	100	30	8,04	785,65	1280	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
17	100	30	8,04	785,65	1568	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
18	100	30	8,04	785,65	1896	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
19	100	30	8,04	785,65	2267	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
20	100	30	8,04	785,65	24	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
21	100	30	8,04	785,65	6	5219	0,000000	0,00	0,000 (14)
22	100	30	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (14)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	30	8,04	785,00	31	5228	0,000000	0,00	0,000 (15)
2	100	30	8,04	784,72	31	5232	0,000000	0,00	0,000 (15)
3	100	30	8,04	784,44	31	5236	0,000000	0,00	0,000 (15)
4	100	30	8,04	784,16	33	5240	0,000000	0,00	0,000 (15)
5	100	30	8,04	783,88	36	5244	0,000000	0,00	0,000 (15)
6	100	30	8,04	783,60	41	5247	0,000000	0,00	0,000 (15)
7	100	30	8,04	783,32	49	5251	0,000000	0,00	0,000 (15)
8	100	30	8,04	783,04	59	5255	0,000000	0,00	0,000 (15)
9	100	30	8,04	782,76	74	5259	0,000000	0,00	0,000 (15)
10	100	30	8,04	782,48	92	5263	0,000000	0,00	0,000 (15)
11	100	30	8,04	782,20	115	5267	0,000000	0,00	0,000 (15)
12	100	30	8,04	781,91	142	5271	0,000000	0,00	0,000 (15)
13	100	30	8,04	781,63	176	5274	0,000000	0,00	0,000 (15)
14	100	30	8,04	781,35	215	5278	0,000000	0,00	0,000 (15)
15	100	30	8,04	781,07	261	5282	0,000000	0,00	0,000 (15)
16	100	30	8,04	780,79	314	5286	0,000000	0,00	0,000 (15)
17	100	30	8,04	780,51	374	5290	0,000000	0,00	0,000 (15)
18	100	30	8,04	780,23	443	5294	0,000000	0,00	0,000 (15)
19	100	30	8,04	779,95	520	5298	0,000000	0,00	0,000 (15)
20	100	30	8,04	779,67	606	5301	0,000000	0,00	0,000 (15)
21	100	30	8,04	779,39	702	5305	0,000000	0,00	0,000 (15)
22	100	30	8,04	779,11	807	5309	0,000000	0,00	0,000 (15)
23	100	30	8,04	778,83	924	5313	0,000000	0,00	0,000 (15)
24	100	30	8,04	778,55	1051	5317	0,000000	0,00	0,000 (15)
25	100	30	8,04	778,27	1190	5321	0,000000	0,00	0,000 (15)
26	100	30	8,04	777,99	1341	5325	0,000000	0,00	0,000 (15)

Mensola valle

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	20	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (15)
2	100	20	8,04	501,97	-2	-2291	0,000000	0,00	0,000 (15)
3	100	20	8,04	501,97	-8	-2291	0,000000	0,00	0,000 (15)
4	100	20	8,04	501,97	-17	-2291	0,000000	0,00	0,000 (15)
5	100	20	8,04	501,97	-31	-2291	0,000000	0,00	0,000 (15)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	30	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (15)
2	100	30	8,04	785,65	0	-5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
3	100	30	8,04	785,65	0	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
4	100	30	8,04	785,65	4	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
5	100	30	8,04	785,65	14	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
6	100	30	8,04	785,65	33	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
7	100	30	8,04	785,65	63	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
8	100	30	8,04	785,65	108	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
9	100	30	8,04	785,65	169	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
10	100	30	8,04	785,65	249	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
11	100	30	8,04	785,65	351	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
12	100	30	8,04	785,65	477	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
13	100	30	8,04	785,65	631	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
14	100	30	8,04	785,65	814	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
15	100	30	8,04	785,65	1029	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
16	100	30	8,04	785,65	1280	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
17	100	30	8,04	785,65	1568	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
18	100	30	8,04	785,65	1896	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
19	100	30	8,04	785,65	2267	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
20	100	30	8,04	785,65	24	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
21	100	30	8,04	785,65	6	5219	0,000000	0,00	0,000 (15)
22	100	30	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (15)

13MURO IN C.A. DX- SEZIONE 12

Per il modello di calcolo e a favore di la sicurezza è stata considerata una sezione di altezza massima di paramento di 1.80 m, la fondazione avrà una mensola di valle di 1.00 e di monte di 0.20 m. Le verifiche sono state eseguite con il software di calcolo MAX 16.0. A seguire si riportano i risultati ottenuti.

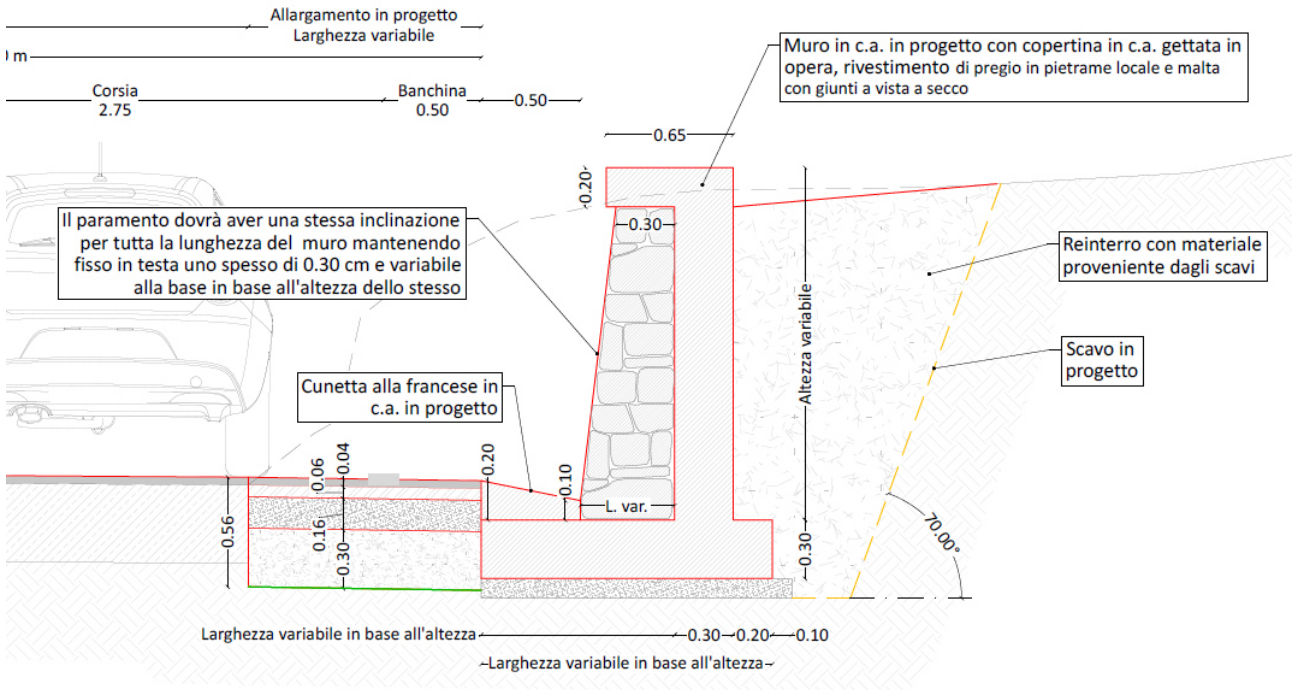


Figura 19. Sezione generica per il modello di calcolo

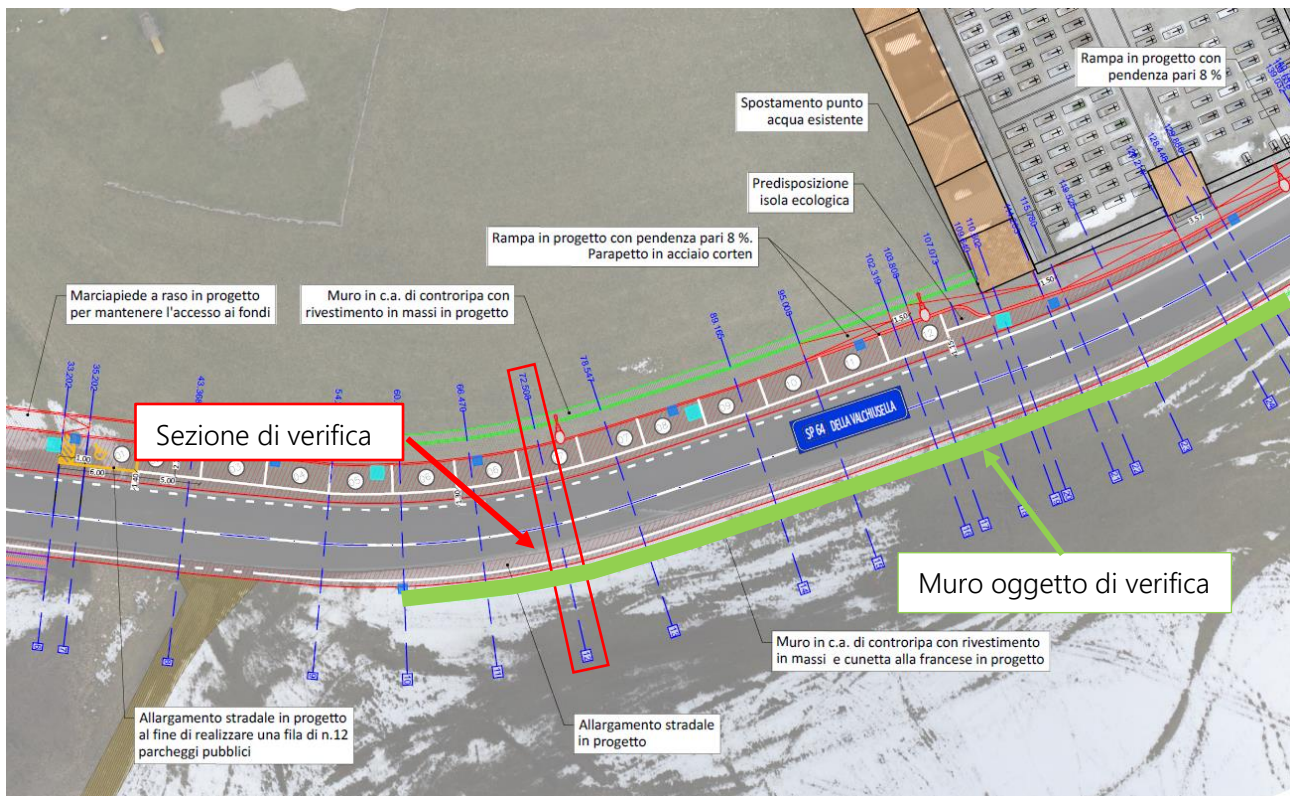


Figura 20. Planimetria progetto_ In rosso sezione di verifica

13.1 Geometria di modellazione

Il muro avrà una mensola a valle di 0.35 m, una altezza di paramento di 1.80 m, un spessore in testa di 0.30 m, e una fondazione verso il valle de 1.00 m e di 0.20 m verso monte, con una altezza di fondazione di 0.30 m, per una larghezza totale di 1.50 m.

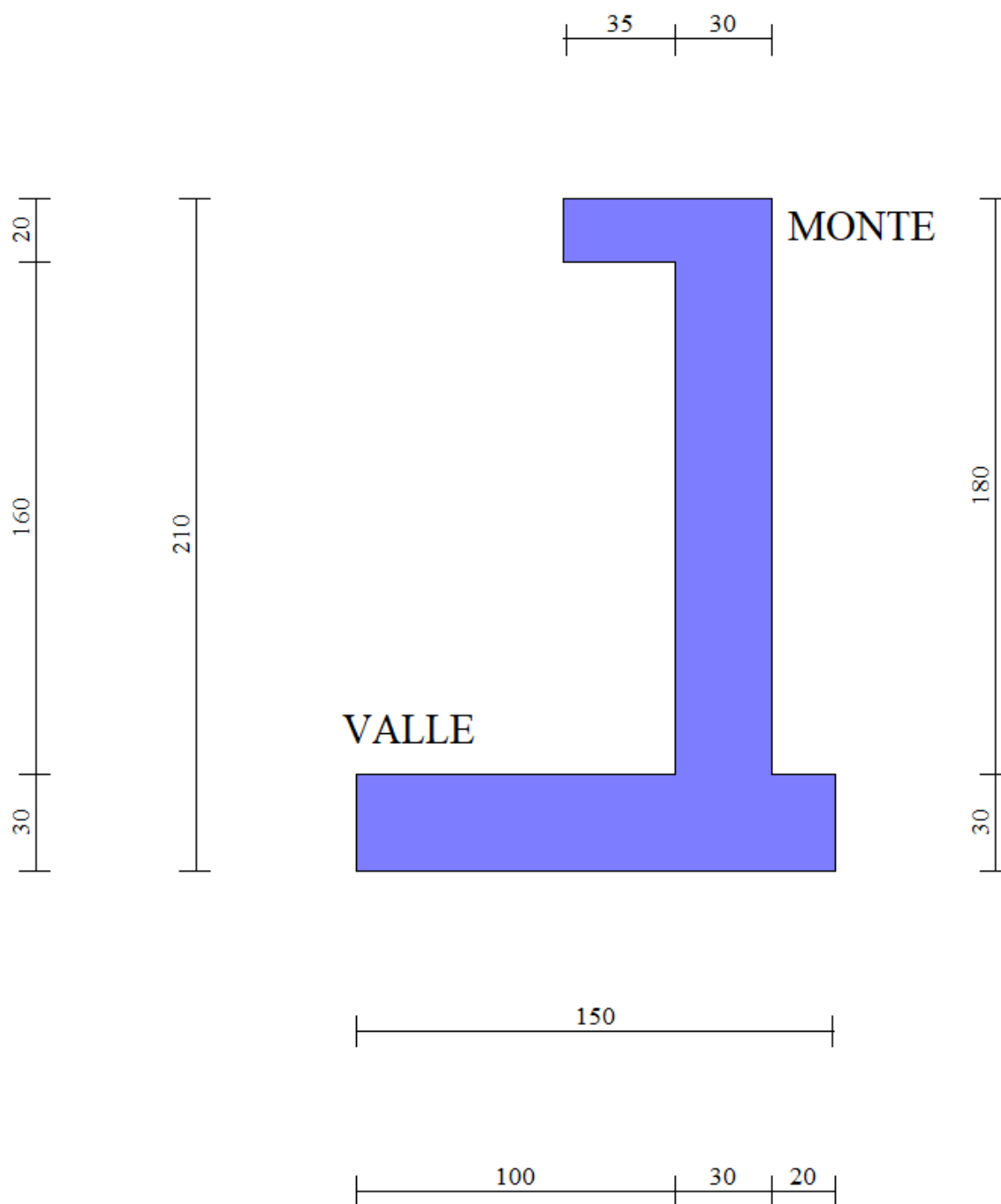


Figura 21 Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Geometria di modellazione in sezione

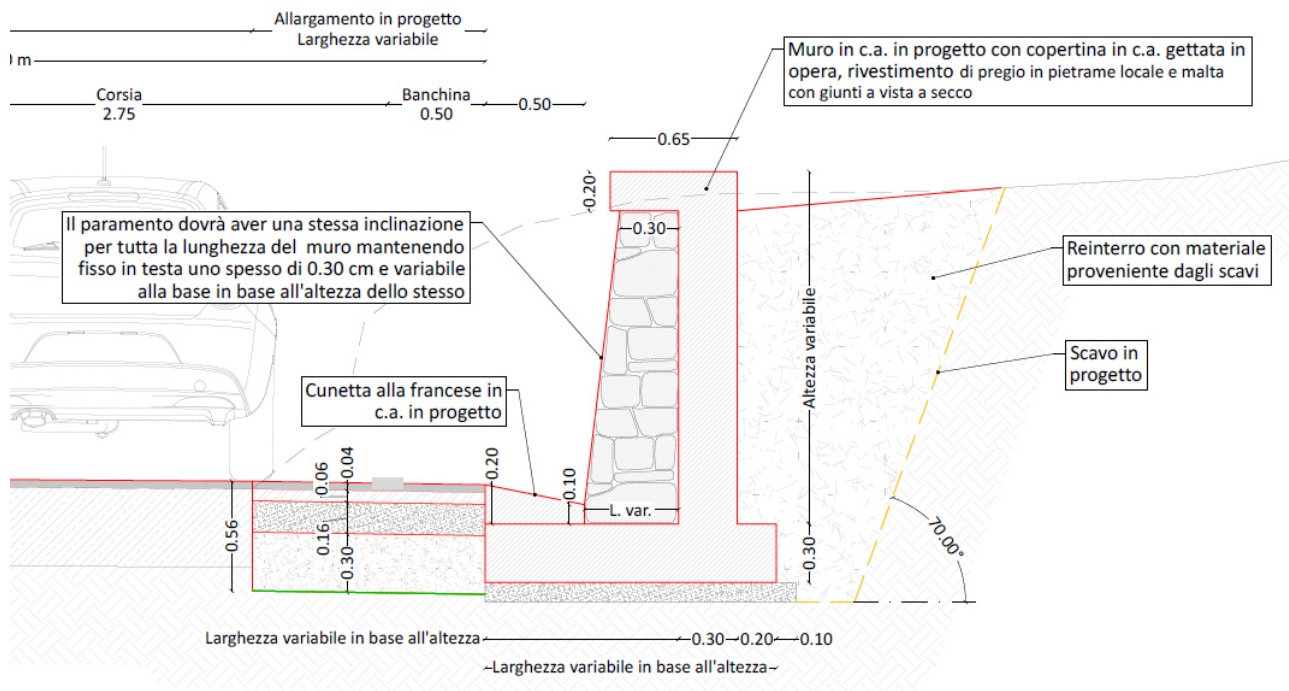


Figura 22. Sezione di Tipo



Figura 23 Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Geometria di modellazione in sezione, condizione stratigrafica e di carico

13.2 Sollecitazioni agenti

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

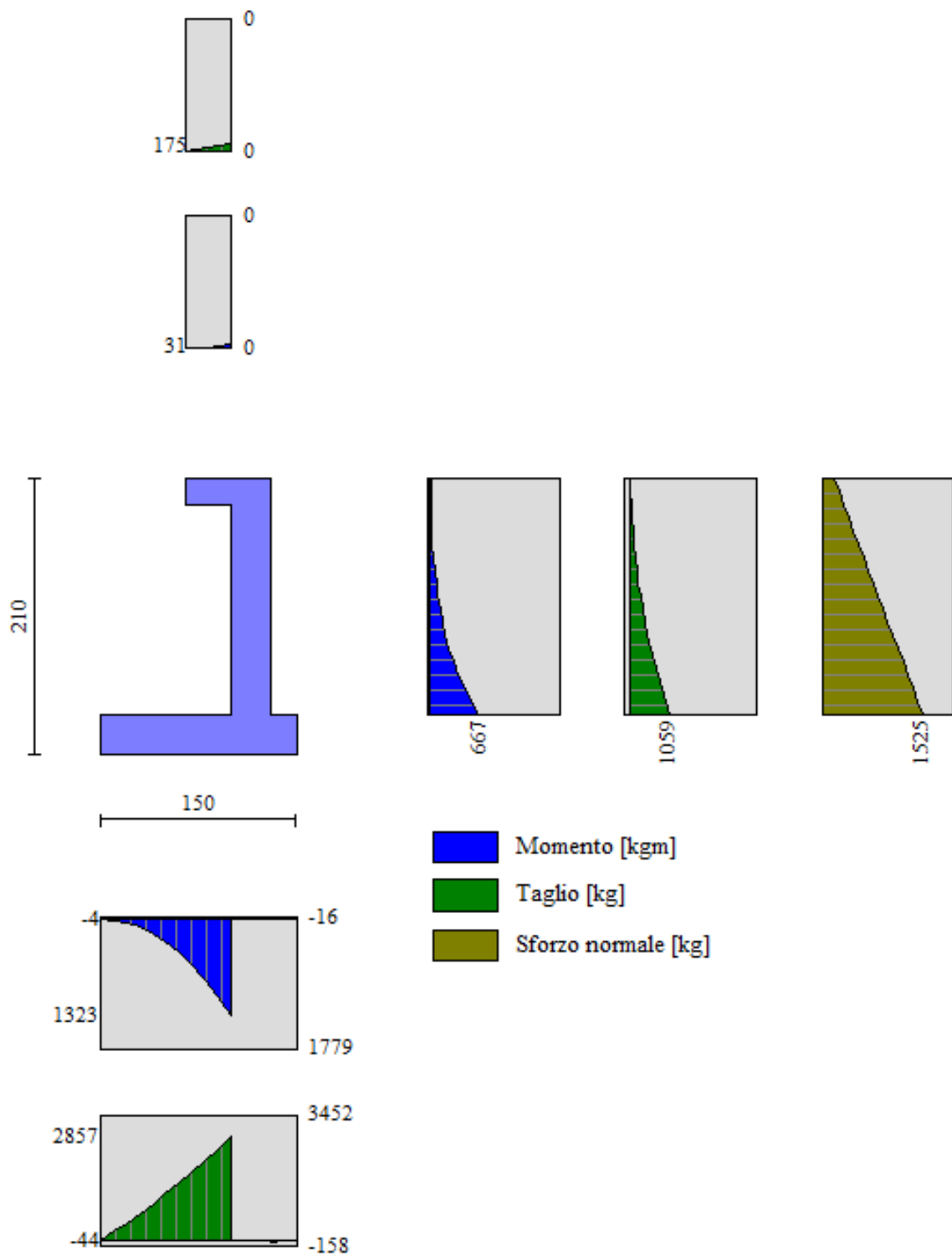


Figura 24 Involuppo sollecitazioni agenti–Momento [kgm], Taglio [kg]

13.3 Verifiche geotecniche

13.3.1 Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kg]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kg]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kg]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kg]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kg]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kg]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
18 - A1-M1-R3 SCOR H + V	3443	0	0	--	--	3443	1440	2.392

13.3.2 Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	
4 - STR (A1-M1-R3)	7494	78522	56087	10.478

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante

i_c, i_q, i_γ Fattori di inclinazione del carico

d_c, d_q, d_γ Fattori di profondità del piano di posa

R_e Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof

I_r, I_{rc} Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic

r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_\gamma$ viene moltiplicato per questo fattore

D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]

B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]

H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]

γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kg/mc]

ϕ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]

c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	N_c	i_c	d_c	R_e	r_γ
	N_q	i_q	d_q		
	N_γ	i_γ	d_γ		
4	35.490	0.776	1.072	0.760	1.000
	23.177	0.776	1.036		
	22.022	0.443	1.036		

n°	D	B'	H	γ	ϕ	c
	[m]	[m]	[m]	[kg/mc]	[°]	[kPa]
4	0,30	1,50	1,35	1800	32.00	15

13.3.3 Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

M_s Momento stabilizzante, espresso in [kgm]

M_r Momento ribaltante, espresso in [kgm]

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
	[kgm]	[kgm]	
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	5682	1700	3.342

13.3.4 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)	-0,50; 0,00	2,26	3.466

13.3.5 Riassunto coefficienti di sicurezza

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

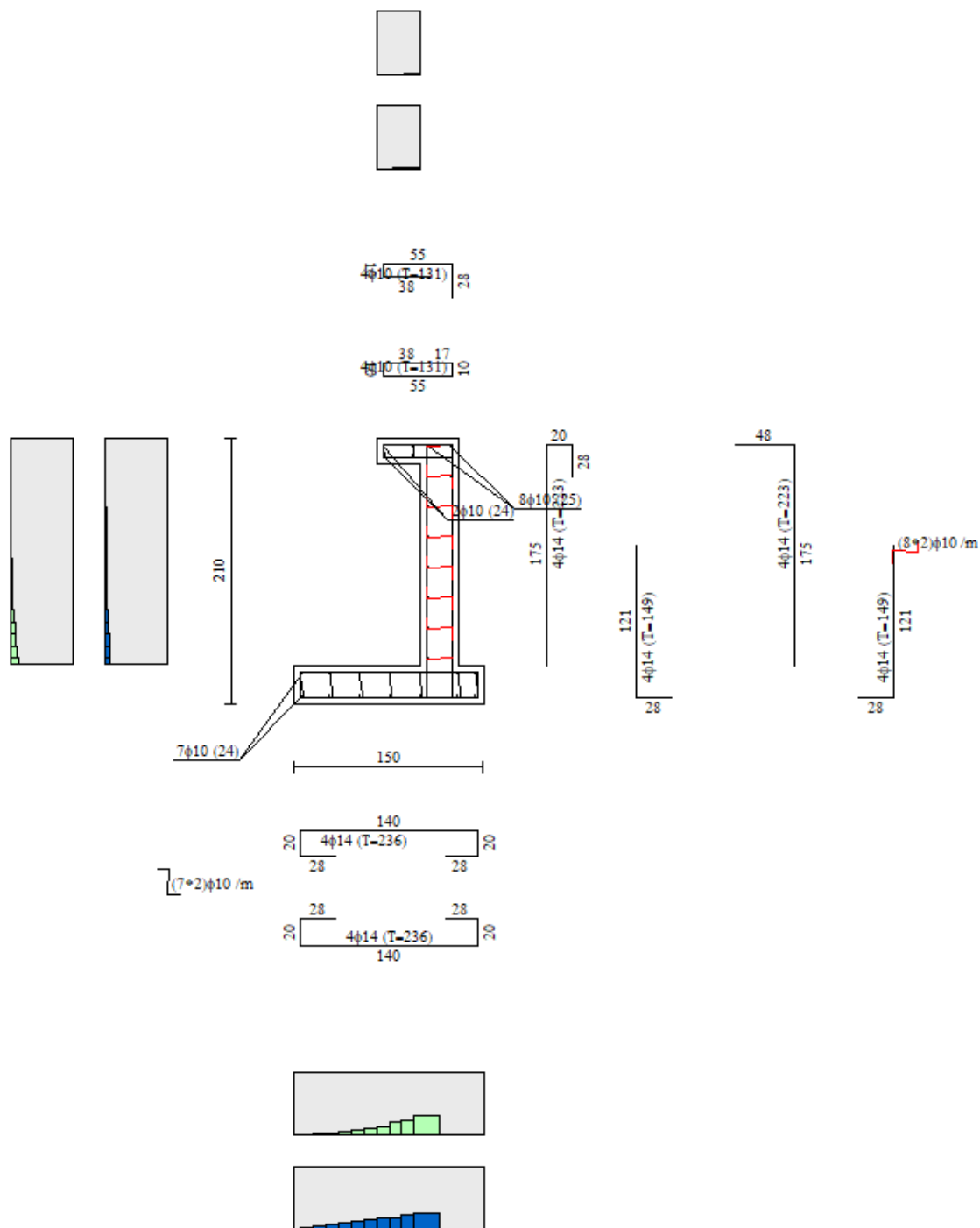
Tipo di verifica	Fattori di sicurezza minimi
Verifica al ribaltamento	3.34 (12)
Verifica allo scorrimento	2.39 (18)
Verifica al carico limite	10.48 (4)
Stabilità globale	3.47 (7)

Tabella 17 - Risultati delle verifiche geotecniche

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

13.4 Verifiche Strutturali

Si riporta di seguito un estratto dal software di calcolo che rappresenta lo schema di ferri semplificato che si ipotizza di adottare per armare il muro. Il diagramma in verde indica il livello di sollecitazione delle armature



N.B. Lo schema di armatura sopra riportato, di cui si riportano nel seguito i risultati delle verifiche strutturali, è da intendersi come schema semplificato e di ipotesi preliminare. Si rimanda al progetto esecutivo per un'eventuale ottimizzazione delle armature e per una tavola strutturale di dettaglio.

13.4.1 Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area ferri inferiori espresso in [cmq]
A_{fs}	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente espressa in [kg]
M_{rd}	momento resistente espresso in [kgm]
N_{rd}	sforzo normale resistente espresso in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	A_{fi} [cmq]	A_{fs} [cmq]	M [kgm]	N [kg]	M_{rd} [kgm]	N_{rd} [kg]	FS
1	100	30	6,16	6,16	40	227	6142	227	154.263
2	100	30	6,16	6,16	40	325	6153	325	154.130
3	100	30	6,16	6,16	41	422	6165	422	151.492
4	100	30	6,16	6,16	43	520	6177	520	144.354
5	100	30	6,16	6,16	47	617	6188	617	132.085
6	100	30	6,16	6,16	58	582	6184	582	107.528
7	100	30	6,16	6,16	73	662	6194	662	85.363
8	100	30	6,16	6,16	93	741	6203	741	67.059
9	100	30	6,16	6,16	118	821	6213	821	52.641
10	100	30	6,16	6,16	150	900	6222	900	41.543
11	100	30	6,16	6,16	188	980	6232	980	33.069
12	100	30	6,16	6,16	235	1059	6241	1059	26.593
13	100	30	6,16	6,16	289	1138	6251	1138	21.615
14	100	30	12,32	12,32	353	1218	11648	1218	33.033
15	100	30	6,16	6,16	426	1297	6270	1297	14.731
16	100	30	6,16	6,16	509	1377	6279	1377	12.340
17	100	30	6,16	6,16	603	1456	6289	1456	10.428
18	100	30	6,16	6,16	709	1536	6298	1536	8.885
19	100	30	6,16	6,16	827	1615	6308	1615	7.628

Mensola valle

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	100	20	3,14	3,14	0	0	0	0	100000.000
2	100	20	3,14	3,14	-2	0	-2199	0	883.716
3	100	20	3,14	3,14	-10	0	-2199	0	220.929
4	100	20	3,14	3,14	-22	0	-2199	0	98.191
5	100	20	3,14	3,14	-40	0	-2199	0	55.232

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	100	30	6,16	6,16	0	0	0	0	100000.000
2	100	30	6,16	6,16	19	0	6114	0	326.130
3	100	30	6,16	6,16	75	0	6114	0	81.998
4	100	30	6,16	6,16	167	0	6114	0	36.652
5	100	30	6,16	6,16	295	0	6114	0	20.736
6	100	30	6,16	6,16	458	0	6114	0	13.348
7	100	30	6,16	6,16	656	0	6114	0	9.324
8	100	30	6,16	6,16	887	0	6114	0	6.890
9	100	30	6,16	6,16	1152	0	6114	0	5.306
10	100	30	6,16	6,16	1450	0	6114	0	4.218
11	100	30	6,16	6,16	1779	0	6114	0	3.437
12	100	30	6,16	6,16	28	0	6114	0	221.294
13	100	30	6,16	6,16	7	0	6114	0	838.617
14	100	30	6,16	6,16	0	0	0	0	100000.000

13.4.2 Verifiche a taglio

Simbologia adottata

n° (o ls) indice sezione

Y ordinata sezione espressa in [m]

B larghezza sezione espresso in [cm]

H altezza sezione espressa in [cm]

A_{sw} area ferri a taglio espresso in [cmq]

cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

V_{Rcd} resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]

V_{Rsd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]

V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espresso in [kg]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A_{sw}>0.0) V_{Rd}=min(V_{Rcd}, V_{Rsd}).

T taglio agente espressa in [kg]
 FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

<i>n°</i>	<i>B</i> [cm]	<i>H</i> [cm]	<i>A_{sw}</i> [cmq]	<i>cotθ</i>	<i>V_{Rcd}</i> [kg]	<i>V_{Rsd}</i> [kg]	<i>V_{Rd}</i> [kg]	<i>T</i> [kg]	<i>FS</i>
1	100	30	0,00	--	0	0	13714	0	100.000
2	100	30	0,00	--	0	0	13726	12	1122.789
3	100	30	0,00	--	0	0	13736	31	440.155
4	100	30	0,00	--	0	0	13747	57	241.652
5	100	30	0,00	--	0	0	13757	89	154.231
6	100	30	0,00	--	0	0	13767	128	107.413
7	100	30	0,00	--	0	0	13778	174	79.254
8	100	30	0,00	--	0	0	13788	226	60.953
9	100	30	0,00	--	0	0	13798	285	48.370
10	100	30	0,00	--	0	0	13809	351	39.338
11	100	30	0,00	--	0	0	13819	423	32.632
12	100	30	0,00	--	0	0	13829	503	27.514
13	100	30	0,00	--	0	0	13839	588	23.518
14	100	30	0,00	--	0	0	17409	681	25.563
15	100	30	0,00	--	0	0	13860	780	17.764
16	100	30	0,00	--	0	0	13870	886	15.652
17	100	30	0,00	--	0	0	13881	999	13.898
18	100	30	0,00	--	0	0	13891	1118	12.424
19	100	30	0,00	--	0	0	13901	1244	11.174

Mensola valle

<i>n°</i>	<i>B</i> [cm]	<i>H</i> [cm]	<i>A_{sw}</i> [cmq]	<i>cotθ</i>	<i>V_{Rcd}</i> [kg]	<i>V_{Rsd}</i> [kg]	<i>V_{Rd}</i> [kg]	<i>T</i> [kg]	<i>FS</i>
1	100	20	0,00	--	0	0	8434	0	100.000
2	100	20	0,00	--	0	0	8434	57	148.284
3	100	20	0,00	--	0	0	8434	114	74.142
4	100	20	0,00	--	0	0	8434	171	49.428
5	100	20	0,00	--	0	0	8434	227	37.071

Fondazione

<i>n°</i>	<i>B</i> [cm]	<i>H</i> [cm]	<i>A_{sw}</i> [cmq]	<i>cotθ</i>	<i>V_{Rcd}</i> [kg]	<i>V_{Rsd}</i> [kg]	<i>V_{Rd}</i> [kg]	<i>T</i> [kg]	<i>FS</i>
1	100	30	0,00	--	0	0	13691	0	100.000
2	100	30	0,00	--	0	0	13691	-374	36.618
3	100	30	0,00	--	0	0	13691	-741	18.467
4	100	30	0,00	--	0	0	13691	-1103	12.418
5	100	30	0,00	--	0	0	13691	-1457	9.395
6	100	30	0,00	--	0	0	13691	-1806	7.582

n°	B [cm]	H [cm]	A_{sw} [cmq]	$\cot\theta$	V_{Rcd} [kg]	V_{Rsd} [kg]	V_{Rd} [kg]	T [kg]	FS
7	100	30	0,00	--	0	0	13691	-2148	6.375
8	100	30	0,00	--	0	0	13691	-2483	5.513
9	100	30	0,00	--	0	0	13691	-2813	4.868
10	100	30	0,00	--	0	0	13691	-3135	4.367
11	100	30	0,00	--	0	0	13691	-3452	3.966
12	100	30	0,00	--	0	0	13691	261	52.466
13	100	30	0,00	--	0	0	13691	142	96.430
14	100	30	0,00	--	0	0	13691	0	100.000

13.4.3 Verifica delle tensioni

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espresso in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
A_{fi}	area ferri inferiori, espresso in [cmq]
A_{fs}	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kg]
σ_c	tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
σ_{fs}	tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 14940 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 360000 [kPa]

n°	B [cm]	H [cm]	A_{fi} [cmq]	A_{fs} [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σ_c [kPa]	σ_{fi} [kPa]	σ_{fs} [kPa]
1	100	30	6,16	6,16	31	175	38 (13)	789 (13)	316 (13)
2	100	30	6,16	6,16	31	250	35 (13)	398 (13)	349 (13)

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
3	100	30	6,16	6,16	31	325	33 (13)	185 (13)	372 (13)
4	100	30	6,16	6,16	33	400	35 (13)	90 (13)	406 (13)
5	100	30	6,16	6,16	36	475	38 (13)	53 (13)	455 (13)
6	100	30	6,16	6,16	41	550	44 (13)	53 (13)	523 (13)
7	100	30	6,16	6,16	49	625	51 (13)	93 (13)	611 (13)
8	100	30	6,16	6,16	59	700	63 (13)	197 (13)	727 (13)
9	100	30	6,16	6,16	74	775	78 (13)	413 (13)	878 (13)
10	100	30	6,16	6,16	92	850	100 (13)	821 (13)	1070 (13)
11	100	30	6,16	6,16	115	925	130 (13)	1521 (13)	1301 (13)
12	100	30	6,16	6,16	142	1000	168 (13)	2595 (13)	1566 (13)
13	100	30	6,16	6,16	176	1075	214 (13)	4093 (13)	1856 (13)
14	100	30	12,32	12,32	215	1150	213 (13)	3415 (13)	1971 (13)
15	100	30	6,16	6,16	261	1225	334 (13)	8478 (13)	2504 (13)
16	100	30	6,16	6,16	314	1300	408 (13)	11416 (13)	2863 (13)
17	100	30	6,16	6,16	374	1375	492 (13)	14888 (13)	3248 (13)
18	100	30	6,16	6,16	443	1450	588 (13)	18925 (13)	3661 (13)
19	100	30	6,16	6,16	520	1525	694 (13)	23557 (13)	4105 (13)

Mensola valle

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 14940 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 360000 [kPa]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
1	100	20	3,14	3,14	0	0	0 (13)	0 (13)	0 (13)
2	100	20	3,14	3,14	-2	0	8 (13)	34 (13)	409 (13)
3	100	20	3,14	3,14	-8	0	32 (13)	136 (13)	1636 (13)
4	100	20	3,14	3,14	-17	0	72 (13)	307 (13)	3680 (13)
5	100	20	3,14	3,14	-31	0	127 (13)	545 (13)	6543 (13)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 14940 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 360000 [kPa]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
1	100	30	6,16	6,16	0	0	0 (13)	0 (13)	0 (13)
2	100	30	6,16	6,16	9	0	12 (13)	626 (13)	36 (13)
3	100	30	6,16	6,16	38	0	52 (13)	2586 (13)	149 (13)
4	100	30	6,16	6,16	87	0	120 (13)	6002 (13)	346 (13)
5	100	30	6,16	6,16	160	0	219 (13)	10994 (13)	634 (13)

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
6	100	30	6,16	6,16	258	0	352 (13)	17684 (13)	1019 (13)
7	100	30	6,16	6,16	382	0	522 (13)	26193 (13)	1510 (13)
8	100	30	6,16	6,16	534	0	730 (13)	36644 (13)	2112 (13)
9	100	30	6,16	6,16	716	0	980 (13)	49158 (13)	2834 (13)
10	100	30	6,16	6,16	930	0	1273 (13)	63856 (13)	3681 (13)
11	100	30	6,16	6,16	1178	0	1612 (13)	80860 (13)	4661 (13)
12	100	30	6,16	6,16	21	0	29 (13)	1459 (13)	84 (13)
13	100	30	6,16	6,16	6	0	8 (13)	385 (13)	22 (13)
14	100	30	6,16	6,16	0	0	0 (13)	0 (13)	0 (13)

Combinazioni SLEF

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 24900 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
1	100	30	6,16	6,16	31	175	38 (14)	789 (14)	316 (14)
2	100	30	6,16	6,16	31	250	35 (14)	398 (14)	349 (14)
3	100	30	6,16	6,16	31	325	33 (14)	185 (14)	372 (14)
4	100	30	6,16	6,16	33	400	35 (14)	90 (14)	406 (14)
5	100	30	6,16	6,16	36	475	38 (14)	53 (14)	455 (14)
6	100	30	6,16	6,16	41	550	44 (14)	53 (14)	523 (14)
7	100	30	6,16	6,16	49	625	51 (14)	93 (14)	611 (14)
8	100	30	6,16	6,16	59	700	63 (14)	197 (14)	727 (14)
9	100	30	6,16	6,16	74	775	78 (14)	413 (14)	878 (14)
10	100	30	6,16	6,16	92	850	100 (14)	821 (14)	1070 (14)
11	100	30	6,16	6,16	115	925	130 (14)	1521 (14)	1301 (14)
12	100	30	6,16	6,16	142	1000	168 (14)	2595 (14)	1566 (14)
13	100	30	6,16	6,16	176	1075	214 (14)	4093 (14)	1856 (14)
14	100	30	12,32	12,32	215	1150	213 (14)	3415 (14)	1971 (14)
15	100	30	6,16	6,16	261	1225	334 (14)	8478 (14)	2504 (14)
16	100	30	6,16	6,16	314	1300	408 (14)	11416 (14)	2863 (14)
17	100	30	6,16	6,16	374	1375	492 (14)	14888 (14)	3248 (14)
18	100	30	6,16	6,16	443	1450	588 (14)	18925 (14)	3661 (14)
19	100	30	6,16	6,16	520	1525	694 (14)	23557 (14)	4105 (14)

Mensola valle

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 24900 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

<i>n°</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>Afi</i>	<i>Afs</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>σc</i>	<i>σfi</i>	<i>σfs</i>
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	20	3,14	3,14	0	0	0 (14)	0 (14)	0 (14)
2	100	20	3,14	3,14	-2	0	8 (14)	34 (14)	409 (14)
3	100	20	3,14	3,14	-8	0	32 (14)	136 (14)	1636 (14)
4	100	20	3,14	3,14	-17	0	72 (14)	307 (14)	3680 (14)
5	100	20	3,14	3,14	-31	0	127 (14)	545 (14)	6543 (14)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 24900 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

<i>n°</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>Afi</i>	<i>Afs</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>σc</i>	<i>σfi</i>	<i>σfs</i>
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	30	6,16	6,16	0	0	0 (14)	0 (14)	0 (14)
2	100	30	6,16	6,16	9	0	12 (14)	626 (14)	36 (14)
3	100	30	6,16	6,16	38	0	52 (14)	2586 (14)	149 (14)
4	100	30	6,16	6,16	87	0	120 (14)	6002 (14)	346 (14)
5	100	30	6,16	6,16	160	0	219 (14)	10994 (14)	634 (14)
6	100	30	6,16	6,16	258	0	352 (14)	17684 (14)	1019 (14)
7	100	30	6,16	6,16	382	0	522 (14)	26193 (14)	1510 (14)
8	100	30	6,16	6,16	534	0	730 (14)	36644 (14)	2112 (14)
9	100	30	6,16	6,16	716	0	980 (14)	49158 (14)	2834 (14)
10	100	30	6,16	6,16	930	0	1273 (14)	63856 (14)	3681 (14)
11	100	30	6,16	6,16	1178	0	1612 (14)	80860 (14)	4661 (14)
12	100	30	6,16	6,16	21	0	29 (14)	1459 (14)	84 (14)
13	100	30	6,16	6,16	6	0	8 (14)	385 (14)	22 (14)
14	100	30	6,16	6,16	0	0	0 (14)	0 (14)	0 (14)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11205 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

<i>n°</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>Afi</i>	<i>Afs</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>σc</i>	<i>σfi</i>	<i>σfs</i>
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	30	6,16	6,16	32	181	39 (16)	815 (16)	327 (16)

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
2	100	30	6,16	6,16	32	258	36 (16)	424 (16)	363 (16)
3	100	30	6,16	6,16	32	320	36 (16)	230 (17)	395 (16)
4	100	30	6,16	6,16	35	393	38 (16)	158 (17)	442 (16)
5	100	30	6,16	6,16	41	465	44 (16)	155 (17)	512 (16)
6	100	30	6,16	6,16	49	538	53 (16)	218 (17)	608 (16)
7	100	30	6,16	6,16	60	610	66 (16)	379 (17)	738 (16)
8	100	30	6,16	6,16	75	683	85 (16)	703 (17)	907 (16)
9	100	30	6,16	6,16	94	755	111 (16)	1284 (17)	1118 (16)
10	100	30	6,16	6,16	124	878	146 (16)	2221 (16)	1366 (16)
11	100	30	6,16	6,16	156	956	189 (16)	3599 (16)	1645 (16)
12	100	30	6,16	6,16	193	1033	243 (16)	5450 (16)	1950 (16)
13	100	30	6,16	6,16	238	1111	306 (16)	7811 (16)	2281 (16)
14	100	30	12,32	12,32	291	1188	292 (16)	5843 (16)	2477 (16)
15	100	30	6,16	6,16	352	1266	464 (16)	14196 (16)	3026 (16)
16	100	30	6,16	6,16	421	1343	560 (16)	18293 (16)	3445 (16)
17	100	30	6,16	6,16	500	1421	670 (16)	23043 (16)	3899 (16)
18	100	30	6,16	6,16	589	1498	793 (16)	28485 (16)	4389 (16)
19	100	30	6,16	6,16	689	1575	930 (16)	34657 (16)	4920 (16)

Mensola valle

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11205 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	20	3,14	3,14	0	0	0 (15)	0 (15)	0 (15)
2	100	20	3,14	3,14	-2	0	8 (16)	35 (16)	422 (16)
3	100	20	3,14	3,14	-8	0	33 (16)	141 (16)	1690 (16)
4	100	20	3,14	3,14	-18	0	74 (16)	317 (16)	3802 (16)
5	100	20	3,14	3,14	-32	0	131 (16)	563 (16)	6760 (16)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11205 [kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	30	6,16	6,16	0	0	0 (15)	0 (15)	0 (15)
2	100	30	6,16	6,16	15	0	20 (16)	997 (16)	57 (16)
3	100	30	6,16	6,16	58	0	80 (16)	4008 (16)	231 (16)

<i>n°</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>Afi</i>	<i>Afs</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>σc</i>	<i>σfi</i>	<i>σfs</i>
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
4	100	30	6,16	6,16	132	0	181 (16)	9062 (16)	522 (16)
5	100	30	6,16	6,16	236	0	323 (16)	16186 (16)	933 (16)
6	100	30	6,16	6,16	370	0	506 (16)	25411 (16)	1465 (16)
7	100	30	6,16	6,16	536	0	733 (16)	36763 (16)	2119 (16)
8	100	30	6,16	6,16	732	0	1002 (16)	50273 (16)	2898 (16)
9	100	30	6,16	6,16	961	0	1315 (16)	65969 (16)	3803 (16)
10	100	30	6,16	6,16	1222	0	1672 (16)	83880 (16)	4836 (16)
11	100	30	6,16	6,16	1515	0	2073 (16)	104033 (16)	5997 (16)
12	100	30	6,16	6,16	21	0	29 (15)	1459 (15)	84 (15)
13	100	30	6,16	6,16	6	0	8 (15)	385 (15)	22 (15)
14	100	30	6,16	6,16	0	0	0 (15)	0 (15)	0 (15)

13.4.4 Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A_f	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
A_{eff}	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
M_{pf}	momento di formazione/apertura fessure espressa in [kgm]
ε	deformazione espresso in %
S_m	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEF

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B [cm]	H [cm]	A_f [cmq]	A_{eff} [cmq]	M [kgm]	M_{pf} [kgm]	ε [%]	S_m [mm]	w [mm]
1	100	30	6,16	805,28	31	5113	0,000000	0,00	0,000 (14)
2	100	30	6,16	805,02	31	5117	0,000000	0,00	0,000 (14)
3	100	30	6,16	804,75	31	5121	0,000000	0,00	0,000 (14)
4	100	30	6,16	804,48	33	5125	0,000000	0,00	0,000 (14)
5	100	30	6,16	804,22	36	5129	0,000000	0,00	0,000 (14)
6	100	30	6,16	803,95	41	5132	0,000000	0,00	0,000 (14)
7	100	30	6,16	803,68	49	5136	0,000000	0,00	0,000 (14)
8	100	30	6,16	803,42	59	5140	0,000000	0,00	0,000 (14)
9	100	30	6,16	803,15	74	5144	0,000000	0,00	0,000 (14)
10	100	30	6,16	802,88	92	5148	0,000000	0,00	0,000 (14)
11	100	30	6,16	802,62	115	5152	0,000000	0,00	0,000 (14)
12	100	30	6,16	802,35	142	5156	0,000000	0,00	0,000 (14)
13	100	30	6,16	802,08	176	5159	0,000000	0,00	0,000 (14)
14	100	30	12,32	746,63	215	5573	0,000000	0,00	0,000 (14)
15	100	30	6,16	801,55	261	5167	0,000000	0,00	0,000 (14)
16	100	30	6,16	801,28	314	5171	0,000000	0,00	0,000 (14)
17	100	30	6,16	801,01	374	5175	0,000000	0,00	0,000 (14)
18	100	30	6,16	800,75	443	5179	0,000000	0,00	0,000 (14)
19	100	30	6,16	800,48	520	5182	0,000000	0,00	0,000 (14)

Mensola valle

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	20	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (14)
2	100	20	3,14	549,99	-2	-2176	0,000000	0,00	0,000 (14)
3	100	20	3,14	549,99	-8	-2176	0,000000	0,00	0,000 (14)
4	100	20	3,14	549,99	-17	-2176	0,000000	0,00	0,000 (14)
5	100	20	3,14	549,99	-31	-2176	0,000000	0,00	0,000 (14)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	30	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (14)
2	100	30	6,16	805,91	9	5104	0,000000	0,00	0,000 (14)
3	100	30	6,16	805,91	38	5104	0,000000	0,00	0,000 (14)
4	100	30	6,16	805,91	87	5104	0,000000	0,00	0,000 (14)
5	100	30	6,16	805,91	160	5104	0,000000	0,00	0,000 (14)
6	100	30	6,16	805,91	258	5104	0,000000	0,00	0,000 (14)
7	100	30	6,16	805,91	382	5104	0,000000	0,00	0,000 (14)
8	100	30	6,16	805,91	534	5104	0,000000	0,00	0,000 (14)
9	100	30	6,16	805,91	716	5104	0,000000	0,00	0,000 (14)
10	100	30	6,16	805,91	930	5104	0,000000	0,00	0,000 (14)
11	100	30	6,16	805,91	1178	5104	0,000000	0,00	0,000 (14)
12	100	30	6,16	805,91	21	5104	0,000000	0,00	0,000 (14)
13	100	30	6,16	805,91	6	5104	0,000000	0,00	0,000 (14)
14	100	30	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (14)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	30	6,16	805,28	31	5113	0,000000	0,00	0,000 (15)

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
2	100	30	6,16	805,02	31	5117	0,000000	0,00	0,000 (15)
3	100	30	6,16	804,75	31	5121	0,000000	0,00	0,000 (15)
4	100	30	6,16	804,48	33	5125	0,000000	0,00	0,000 (15)
5	100	30	6,16	804,22	36	5129	0,000000	0,00	0,000 (15)
6	100	30	6,16	803,95	41	5132	0,000000	0,00	0,000 (15)
7	100	30	6,16	803,68	49	5136	0,000000	0,00	0,000 (15)
8	100	30	6,16	803,42	59	5140	0,000000	0,00	0,000 (15)
9	100	30	6,16	803,15	74	5144	0,000000	0,00	0,000 (15)
10	100	30	6,16	802,88	92	5148	0,000000	0,00	0,000 (15)
11	100	30	6,16	802,62	115	5152	0,000000	0,00	0,000 (15)
12	100	30	6,16	802,35	142	5156	0,000000	0,00	0,000 (15)
13	100	30	6,16	802,08	176	5159	0,000000	0,00	0,000 (15)
14	100	30	12,32	746,63	215	5573	0,000000	0,00	0,000 (15)
15	100	30	6,16	801,55	261	5167	0,000000	0,00	0,000 (15)
16	100	30	6,16	801,28	314	5171	0,000000	0,00	0,000 (15)
17	100	30	6,16	801,01	374	5175	0,000000	0,00	0,000 (15)
18	100	30	6,16	800,75	443	5179	0,000000	0,00	0,000 (15)
19	100	30	6,16	800,48	520	5182	0,000000	0,00	0,000 (15)

Mensola valle

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	20	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (15)
2	100	20	3,14	549,99	-2	-2176	0,000000	0,00	0,000 (15)
3	100	20	3,14	549,99	-8	-2176	0,000000	0,00	0,000 (15)
4	100	20	3,14	549,99	-17	-2176	0,000000	0,00	0,000 (15)
5	100	20	3,14	549,99	-31	-2176	0,000000	0,00	0,000 (15)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	30	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (15)
2	100	30	6,16	805,91	9	5104	0,000000	0,00	0,000 (15)
3	100	30	6,16	805,91	38	5104	0,000000	0,00	0,000 (15)
4	100	30	6,16	805,91	87	5104	0,000000	0,00	0,000 (15)
5	100	30	6,16	805,91	160	5104	0,000000	0,00	0,000 (15)
6	100	30	6,16	805,91	258	5104	0,000000	0,00	0,000 (15)
7	100	30	6,16	805,91	382	5104	0,000000	0,00	0,000 (15)
8	100	30	6,16	805,91	534	5104	0,000000	0,00	0,000 (15)
9	100	30	6,16	805,91	716	5104	0,000000	0,00	0,000 (15)

<i>n°</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>Af</i>	<i>Aeff</i>	<i>M</i>	<i>Mpf</i>	<i>ε</i>	<i>Sm</i>	<i>w</i>
	<i>[cm]</i>	<i>[cm]</i>	<i>[cmq]</i>	<i>[cmq]</i>	<i>[kgm]</i>	<i>[kgm]</i>	<i>[%]</i>	<i>[mm]</i>	<i>[mm]</i>
10	100	30	6,16	805,91	930	5104	0,000000	0,00	0,000 (15)
11	100	30	6,16	805,91	1178	5104	0,000000	0,00	0,000 (15)
12	100	30	6,16	805,91	21	5104	0,000000	0,00	0,000 (15)
13	100	30	6,16	805,91	6	5104	0,000000	0,00	0,000 (15)
14	100	30	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (15)

14 CONCLUSIONI

Nel presente elaborato è stato fornito un inquadramento topografico e geotecnico dell'area interessata dalle opere relative all'intervento denominato: "Realizzazione di marciapiede tra Vico e Drusacco – Lotto 1".

L'opera è stata verificata tenendo le diverse condizioni di carico, occasionate dalla presenza di carichi di traffico.

Per quanto concerne le verifiche geotecniche, effettuate per entrambe condizioni sui muri, hanno dato esito positivo, confermando che la corretta esecuzione dell'opera garantirà la stabilità delle stesse.

Per il rinterro a tergo dei muri, è possibile utilizzare il materiale proveniente dagli scavi, opportunamente vagliato con benna vagliante al fine di eliminare la frazione fine, sabbioso limosa.

Dai risultati ottenuti risulta che tutte le verifiche effettuate risultano [soddisfatte](#).

Le verifiche hanno fatto riferimento all'attuale normativa vigente, il DM 17/01/2018.