COMMITTENTE:

REGIONE PIEMONTE

TORINO METROPOLI
Città metropolitana di Torino

# COMUNE DI BRICHERASIO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Geom. Romina BRUNO FRANCO

OGGETTO:

## SISTEMAZIONE SMOTTAMENTI DI SOTTOSCARPA E DI CONTRORIPA LUNGO LE STRADE COMUNALI SANTA CATERINA E CANAVERO
## CIG: Z583579706 - CUP: D75H19000140002

LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:

Comune di Bricherasio - Strada Santa Caterina e Strada Canavero

FASE PROGETTUALE:

## PROGETTO ESECUTIVO

| REVISIONE | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | VERIFICATO | RIESAMINATO |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | . | . | . | . | . |
| 7 | . | . | . | . | . |
| 6 | . | . | . | . | . |
| 5 | . | . | . | . | . |
| 4 | . | . | . | . | . |
| 3 | 07/2022 | PROGETTO ESECUTIVO | S.G. | I.B. | G.O. |
| 2 | 05/2022 | PROGETTO DI FATTIBILITA' / PROGETTO DEFINITIVO REVISIONE 1 | S.G. | I.B. | G.O. |
| 1 | 04/2022 | STUDIO DI FATTIBILITA' / PROGETTO DEFINITIVO | S.G. | I.B. | G.O. |

TITOLO:

# RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

ARCHIVIO: 5523

FILE N°: TESTALINI

DATA: Loranzè, Luglio 2022

TAVOLA N° B

SCALA: .

HYDROGEOS
STUDIO TECNICO ASSOCIATO


Studio Tecnico Associato

ing. GABRIELE
ing. NOASCONO
ing. ODETTO
P.IVA 08462870018

Sede legale

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

Sede operativa

Strada Provinciale 222, n. 31
10010 Loranzè (TO)
TEL. 0125/56.10.01 - 0125/56.48.07
FAX 0125/56.40.14
e-mail: info.hydrogeos@ilquadrifoglio.to.it


PROGETTISTA:

Dott. Ing. Gianluca ODETTO
N° 7269 J ALBO INGEGNERI
PROVINCIA DI TORINO

TIMBRO:

ALTRA FIGURA:

TIMBRO:

ALTRA FIGURA:

TIMBRO:

## Indice

1 PREMESSA ..... 2
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO ..... 3
3 INTERVENTO IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, GEOMORFOLOGIA, INTERFERENZE COL TERRITORIO ..... 4
3.1 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO ..... 6
3.2 Vincoli geomorfologici ..... 12
3.2.1 PRGC comune di Bricherasio ..... 12
3.3 Vincolo idrogeologico ..... 14
4 INTERVENTI IN PROGETTO: DESCRIZIONE, GEOMETRIA, ..... 16
5 METODO E CODICE DI CALCOLO ..... 19
6 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE. ..... 23
7 DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO ..... 24
7.1 Analisi delle condizioni di stabilità dei muri di sostegno ..... 28
8 CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI ..... 31
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 E ANALISI DI STABILITÀ ..... 33
10.1 Descrizione combinazioni di carico delle scogliere ..... 34
11 INTERVENTO STRADA CANAVERO ..... 39
11.1 Modello di calcolo e risultati delle verifiche ..... 39
11.2 Geometria di modellazione ..... 40
11.3 Sollecitazioni agenti ..... 43
11.4 Risultati delle verifiche ..... 44
12 CONCLUSIONI ..... 45

# 1 PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Bricherasio ha incaricato, con Det. n. 56 del 07/03/2022, il sottoscritto Dott. Ing. ODETTO Gianluca, in qualità di rappresentante dello HYDROGEOS con sede legale in via Giosuè Gianavello n. 2 – 10060 Rorà (TO), della redazione del progetto per la realizzazione dei lavori di "sistemazione smottamenti di sottoscarpa e di controripa lungo le strade comunali Santa Caterina e Canavero" CIG: Z583579706 - CUP: D75H19000140002.

Il presente progetto, che costituisce il grado esecutivo ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. n. 50 del 18/04/2016, fa seguito allo studio di fattibilità tecnica ed economica – progetto definitivo, approvato con Deliberazione della Giunta Comunale n. 74 del 23/05/2022, ed è redatto in conformità allo studio di fattibilità tecnica ed economica – progetto definitivo, e determina in ogni dettaglio i lavori da realizzare, il relativo costo previsto, ed è sviluppato ad un livello di definizione tale che ogni elemento è stato identificato in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo.

Il presente studio è finalizzato a descrivere sinteticamente l'assetto geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'area oggetto degli interventi, ed è inoltre finalizzato a verificare la compatibilità delle opere in progetto con l'assetto idrogeologico dell'area.

Le opere in progetto oggetto di verifica, sono illustrate sulle tavole grafiche allegate al progetto.

# 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

# 3 INTERVENTO IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, GEOMORFOLOGIA, INTERFERENZE COL TERRITORIO

Gli interventi in progetto sono localizzati nel comune di Bricherasio (TO), nelle vicinanze della strada Canavero e Strada Santa Caterina.

- Intervento – Strada Santa Caterina: Attraversamento

Figura 1 - Inquadramento fotografico dello stato attuale – Intervento - Strada Santa Caterina

- Intervento – Strada Canavero: il primo intervento è una scogliera di controripa.

Figura 2 - Inquadramento fotografico dello stato attuale – Intervento - Strada Canavero

## 3.1 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il presente progetto riguarda la sistemazione di smottamenti di sottoscarpa e di controripa lungo le strade comunali Santa Caterina e Canavero, ed hanno il seguente riscontro su Carta Tecnica Regionale CTR: 172160.

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

- Intervento 1: Strada Santa Caterina

| Geografiche | |
|---|---|
| Latitudine | 44.833072 N |
| Longitudine | 7.285105E |

| Chilometriche | |
|---|---|
| Nord | 4965837.536 m N |
| Est | 364448.038 m E |

- Intervento 2: Strada Canavero

| Geografiche | |
|---|---|
| Latitudine | 44.842344 N |
| Longitudine | 7.2995853E |

| Chilometriche | |
|---|---|
| Nord | 4966843.452 m N |
| Est | 365614.156 m E |

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

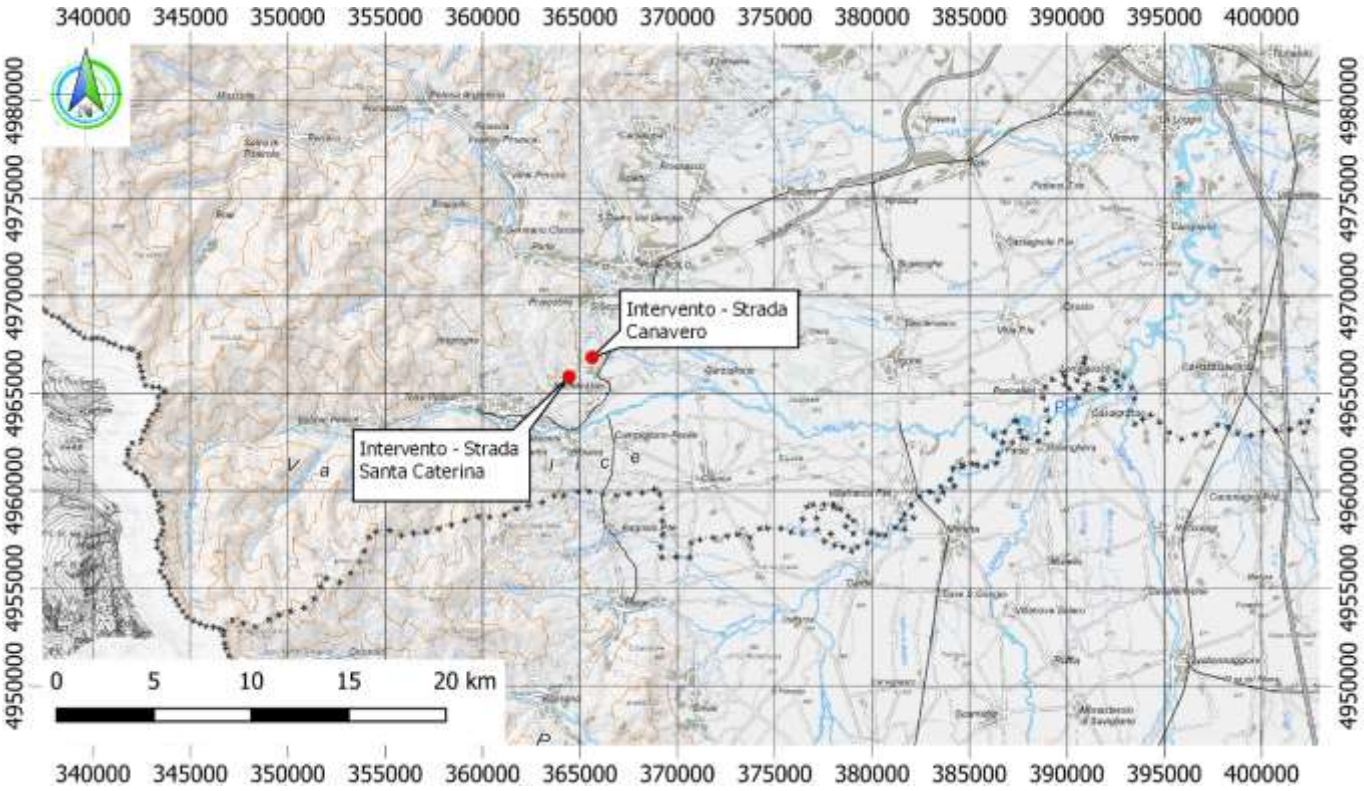



Figura 3 Inquadramento dell'area di intervento su sfumo in scala 1:250˙000

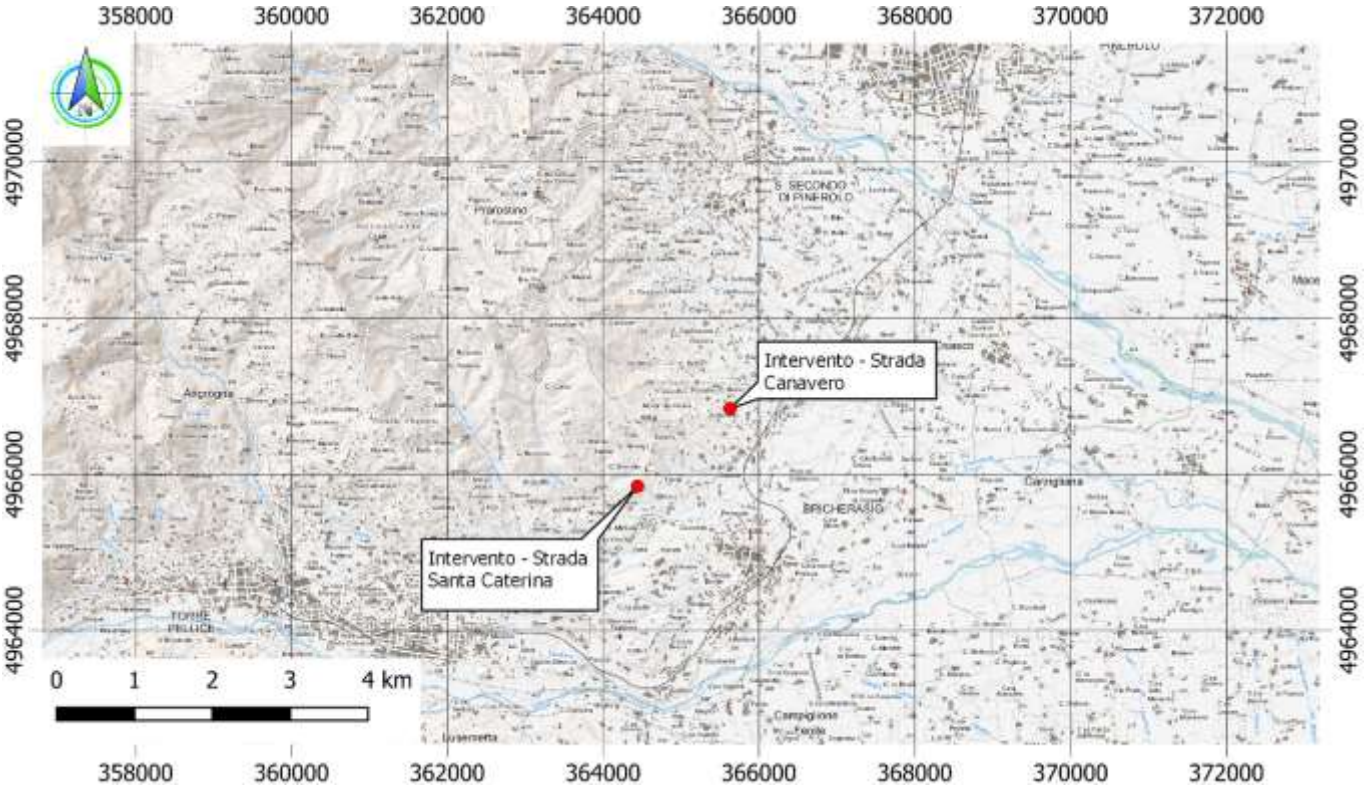



Figura 4 Inquadramento dell'area d'intervento su sfumo in scala 1:50˙000

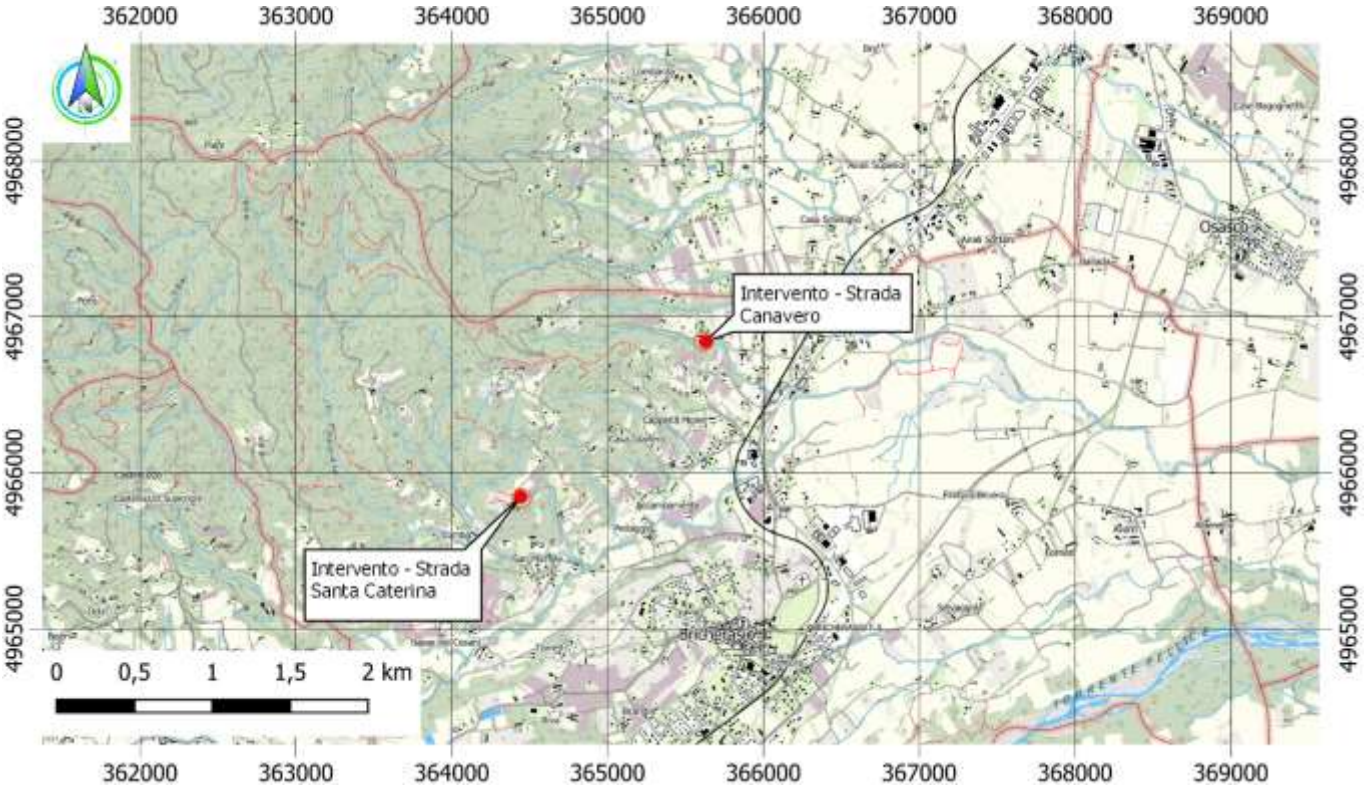


Figura 5 Inquadramento dell'area d'intervento su bdtre 1:25000

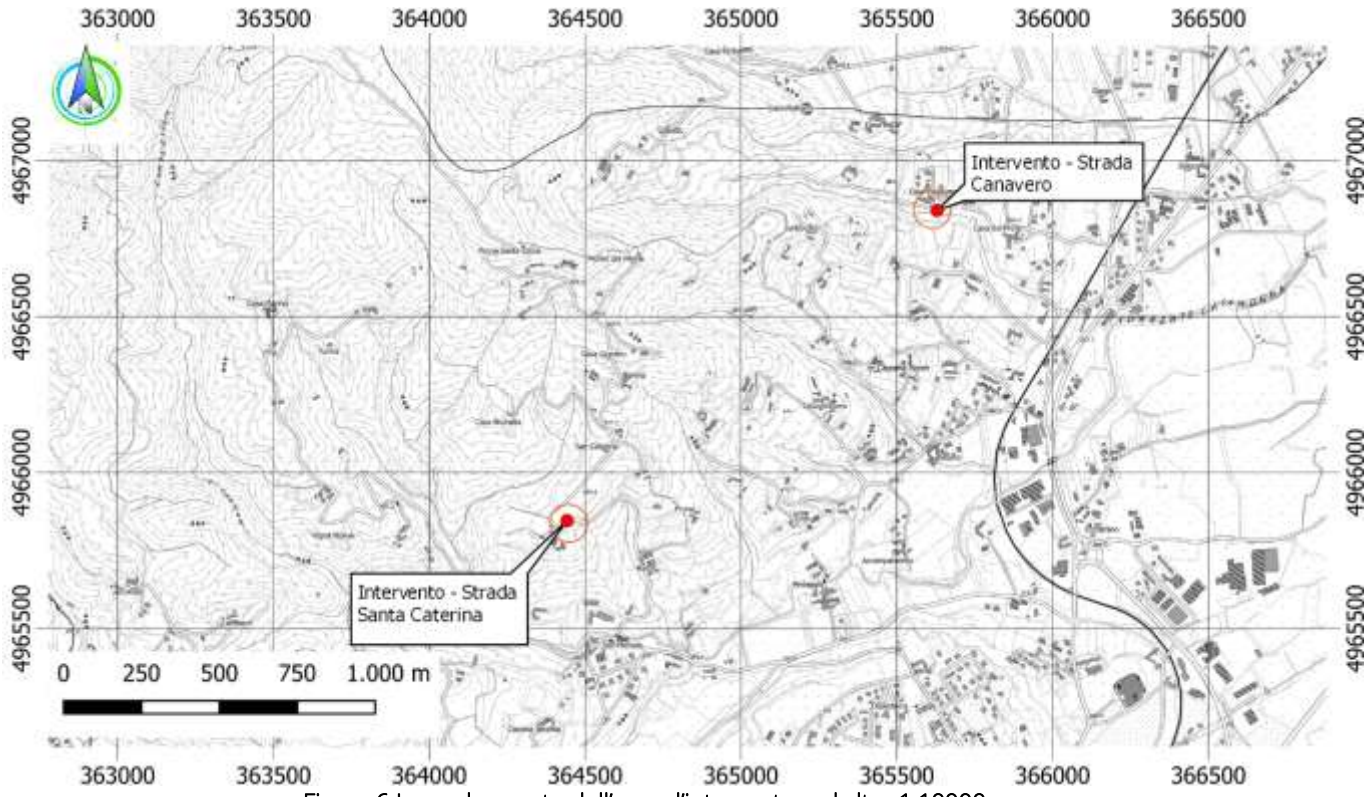



Figura 6 Inquadramento dell'area d'intervento su bdtre 1:10000

INDIVIDUAZIONE AREA DI INTERVENTO SU C.T.P.
Elementi 172161 - 172164 scala 1:5.000

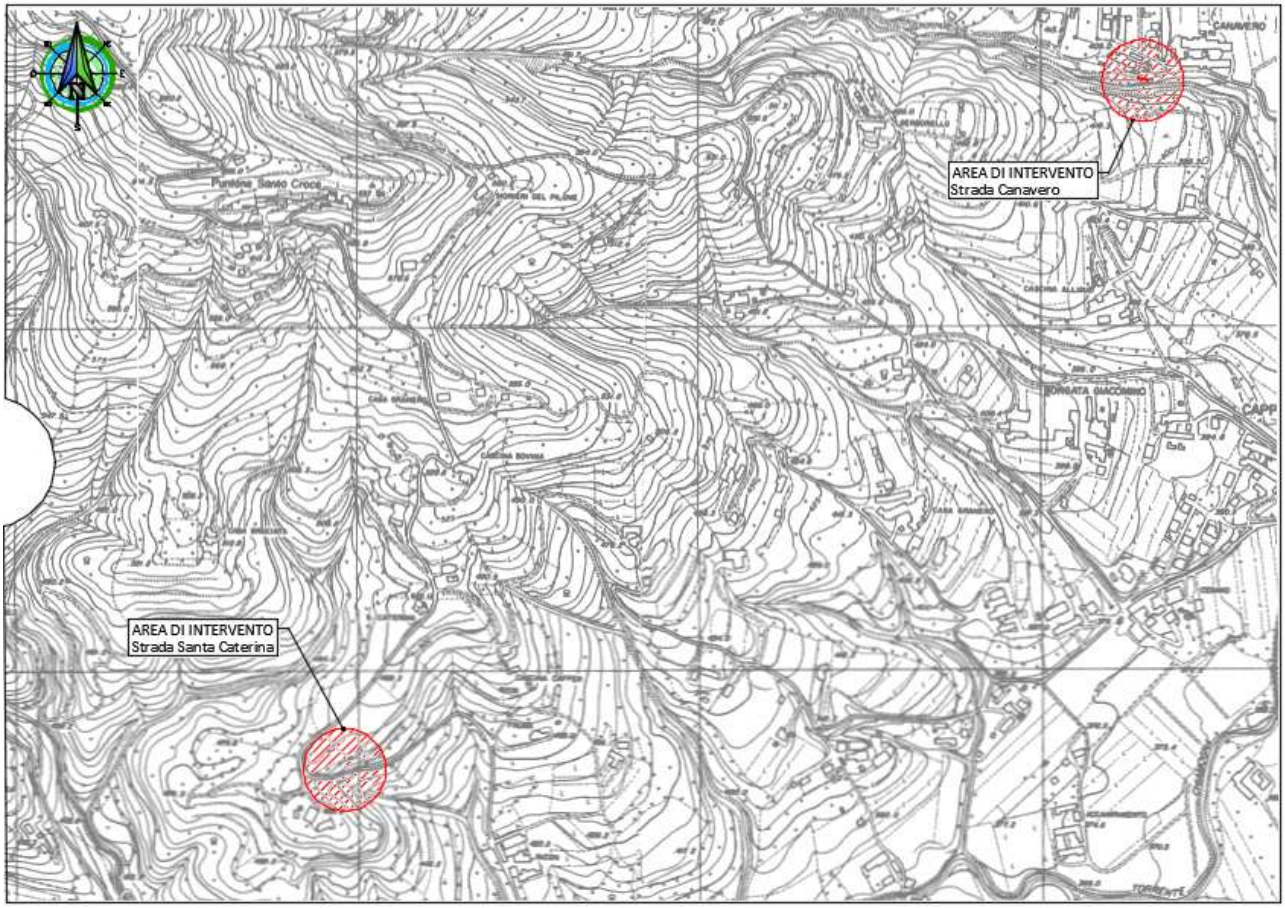



Figura 7 Inquadramento dell'area d'intervento su CTP-172161-172164

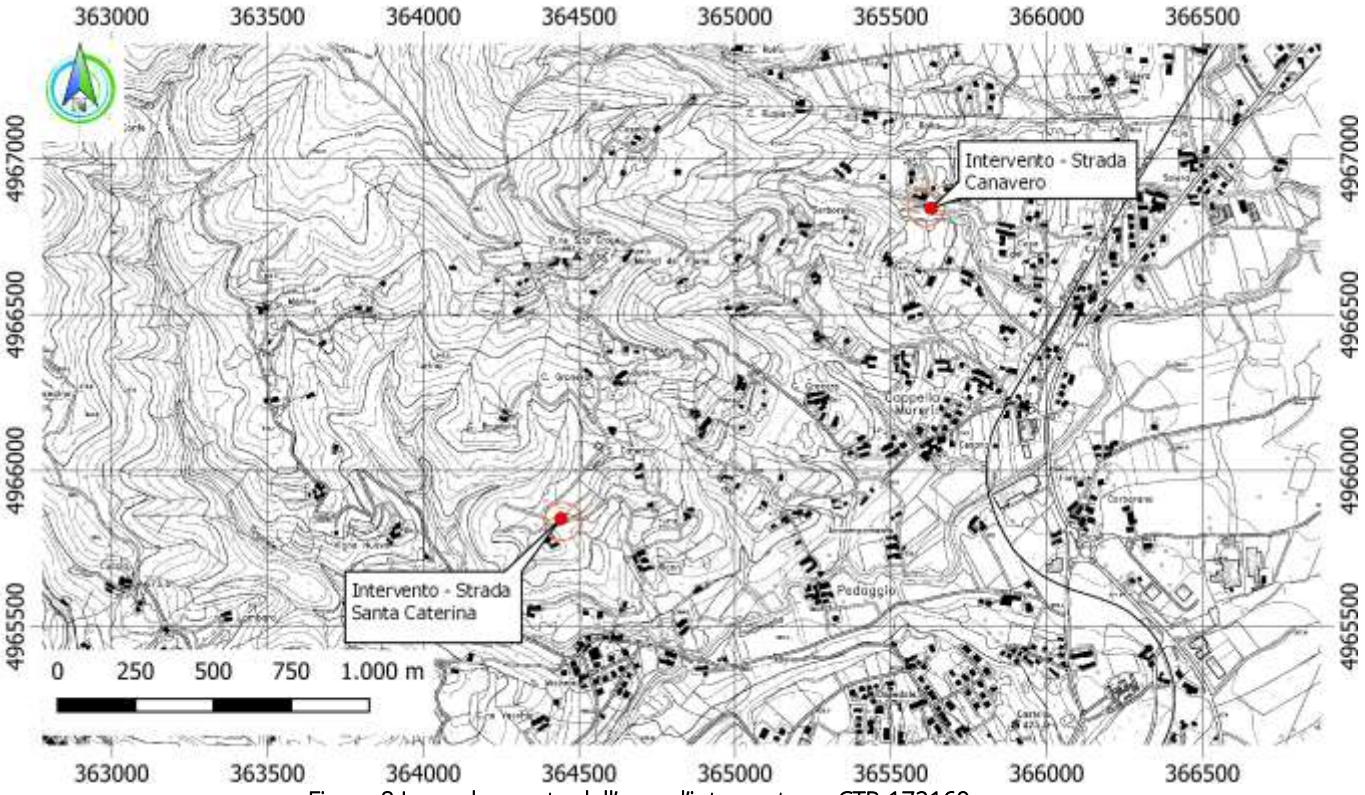



Figura 8 Inquadramento dell'area d'intervento su CTR-172160

Figura 9 Ubicazione intervento su ortofoto – Google Satellite

## 3.2 Vincoli geomorfologici

Consultando il piano regolatore comunale, il database del Geoportale dell'Arpa Piemonte e della regione Piemonte è stato possibile reperire la cartografia relativa ai processi geomorfologici che hanno interessato l'area oggetto di studio.

Non sono presenti i vincoli relativi alla direttiva alluvioni e fasce fluviali, poiché l'intervento in progetto è localizzato in zona collinare in cui suddette perimetrazioni sono assenti.

Nell'area, in un intorno significativo, non sono presenti perimetrazioni RME.

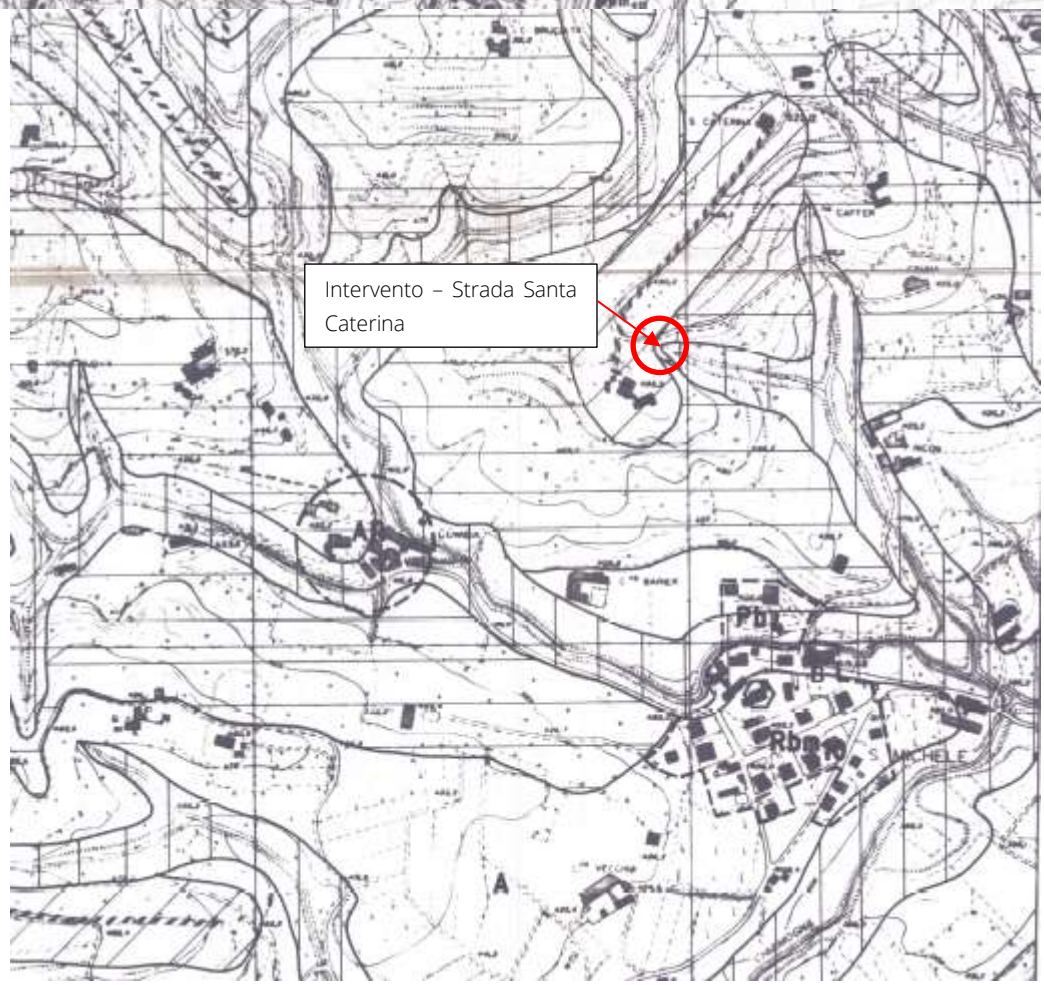
Dalla consultazione degli archivi SIFRAP e degli archivi Frane ARPA[1], in un intorno significativo non sono presenti segnalazione di fenomeni franosi che abbiano interessato in passato l'area.[2].

### 3.2.1 PRGC comune di Bricherasio

Dalla consultazione della *carta di sintesi geomorfologica*, del PRGC del comune di Bricherasio (TO), nel settore degli interventi si riportano come aree gravate da condizionamenti negativi ai fini urbanistici (Classe III ex Circolare P.G.R. n.7/LAP).

[1] Carta delle Frane. Il tema, tratto dalla Banca Dati dei Processi Geologici realizzata dalla Regione Piemonte nella seconda metà degli anni `80, espone le diverse tipologie di frana connesse ad instabilità pregressa ed attuale. Le frane riguardanti il substrato vengono distinte tipologicamente in accordo alla classificazione di Varnes (1978). Ad ogni singola tipologia (ad eccezione dei "crolli") sono associate informazioni inerenti la velocita` dei movimenti durante le attivazioni sia per la fase preparatoria, sia per la fase di collasso. Vengono inoltre fornite indicazioni sullo stato di evoluzione dei movimenti distinguendo le frane antiche o recenti caratterizzate da attivazioni piu` o meno ricorrenti negli ultimi 30 anni, da quelle per lo piu` antiche caratterizzate da diffusa quiescenza. I diversi fenomeni sono stati rilevati sistematicamente tramite studio fotointerpretativo associato a rilievi di terreno spesso integrato e vagliato con informazioni storiche di archivio esaminate a partire da documenti del XIX° secolo. I metadati riportano anche la legenda più dettagliata.

[2] Carta delle Frane. Il tema, tratto dalla Banca Dati dei Processi Geologici realizzata dalla Regione Piemonte nella seconda metà degli anni `80, espone le diverse tipologie di frana connesse ad instabilità pregressa ed attuale. Le frane riguardanti il substrato vengono distinte tipologicamente in accordo alla classificazione di Varnes (1978). Ad ogni singola tipologia (ad eccezione dei "crolli") sono associate informazioni inerenti la velocita` dei movimenti durante le attivazioni sia per la fase preparatoria, sia per la fase di collasso. Vengono inoltre fornite indicazioni sullo stato di evoluzione dei movimenti distinguendo le frane antiche o recenti caratterizzate da attivazioni piu` o meno ricorrenti negli ultimi 30 anni, da quelle per lo piu` antiche caratterizzate da diffusa quiescenza. I diversi fenomeni sono stati rilevati sistematicamente tramite studio fotointerpretativo associato a rilievi di terreno spesso integrato e vagliato con informazioni storiche di archivio esaminate a partire da documenti del XIX° secolo. I metadati riportano anche la legenda più dettagliata.




**STUDIO TECNICO ASSOCIATO HYDROGEOS**
P.IVA / C.F. 08462870018
Sede operativa: SP 222 n.31 - 10010 Loranzè (TO)
Sede legale: via Gianavello n.2 - 10060 Rorà (TO)
Tel. +39 0125 1970499
Fax +39 0125 564014
info.hydrogeos@ilquadrifoglio.to.it
info.hydrogeos@pec.it

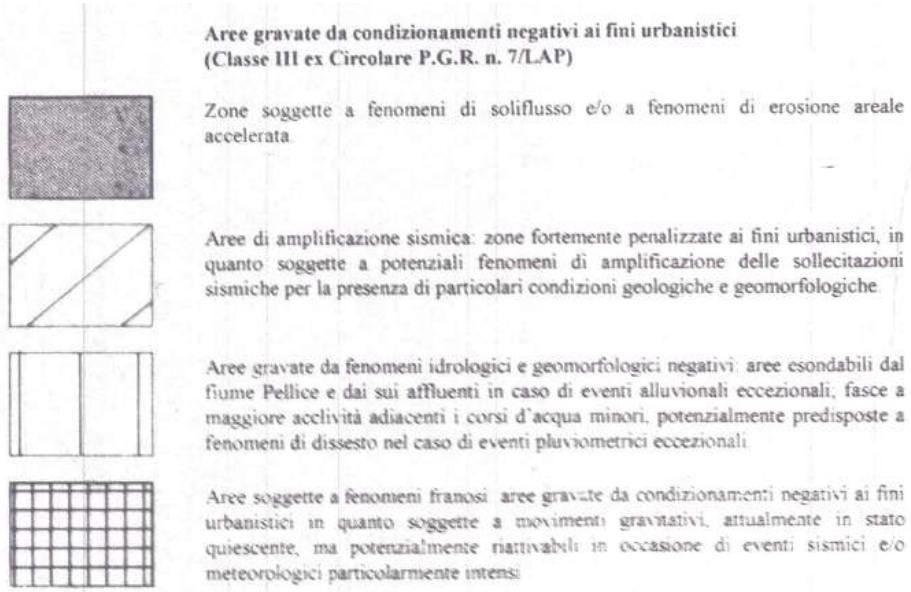


Figura 10: Estratto G.5 Carta geomorfologica e dei dissesti

Gli interventi in progetto ricadono in Classe III: aree di amplificazione sismica: zone fortemente penalizzate ai fini urbanistici, in quanto soggette a potenziali fenomeni di amplificazione delle sollecitazioni sismiche per la presenza di particolari condizioni geologiche e geomorfologiche e in Classe III: aree gravate da fenomeni idrologici e geomorfologici negativi, aree esondati dal fiume Pellice e dai sui affluenti in caso di eventi alluvionali eccezionali, fasce a maggiore acclività adiacenti i corsi d'acqua minori potenzialmente predisposte a fenomeni di dissesto nel caso di eventi pluviometrici eccezionali. Carta di sintesi allegata al PRGC del comune di Bricherasio.
Trattandosi di opere di interesse pubblico, il cui obiettivo è la manutenzione, il ripristino ed il completamento di opere di sostegno, la loro realizzazione è consentita ai sensi della normativa vigente.

## 3.3 Vincolo idrogeologico

I settori oggetto degli interventi in strada Santa Caterina e in strada Canavero ricadono tra quelli perimetrati ai sensi della normativa del vincolo idrogeologico.

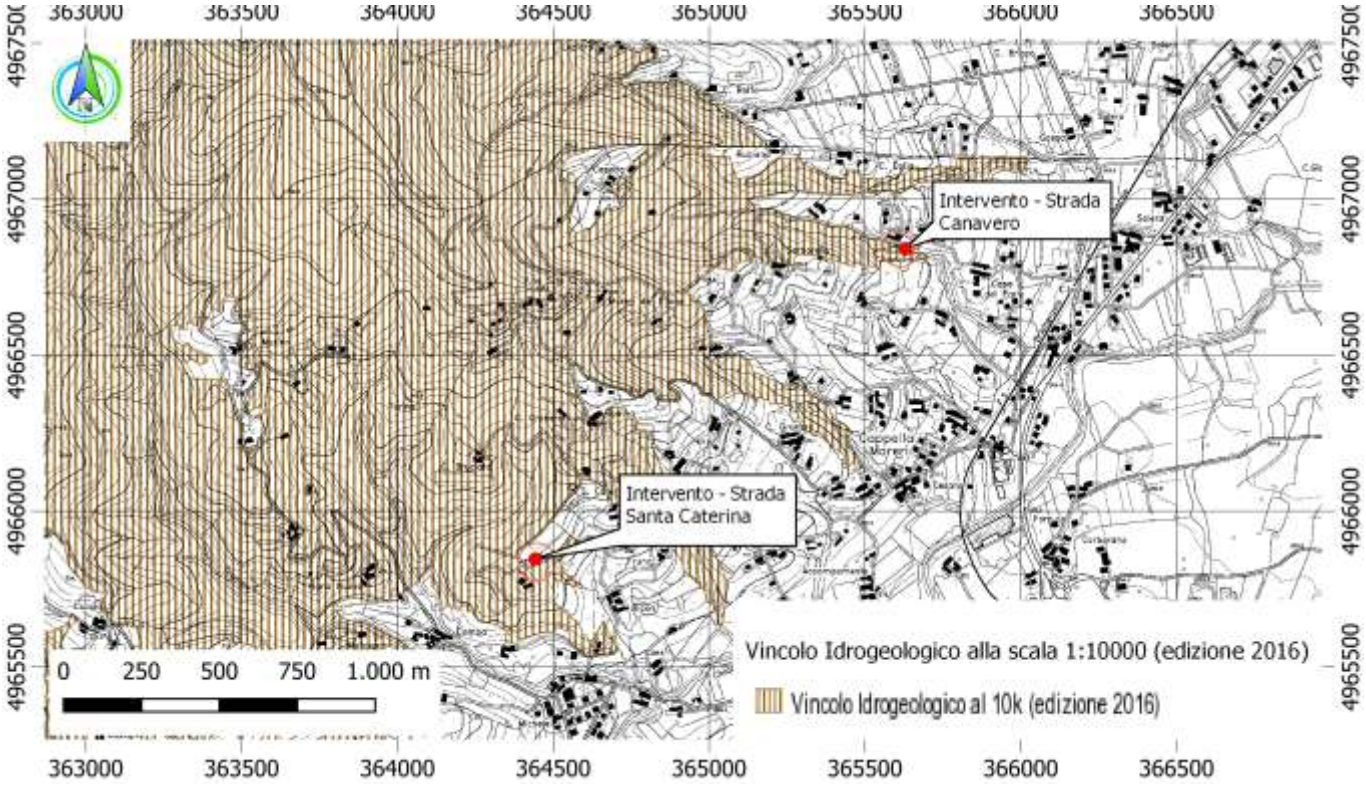



Figura 11 Ubicazione intervento su Vincolo idrogeologico

Gli interventi ricadono tra le aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi della L.R. 45/1989. *Tuttavia, Come riportato all'art.11 comma b, ai sensi della L.R. 45/89, non sono soggetti all'autorizzazione di cui all'articolo 1: i lavori di rimboschimento, la piantagione di alberi, i miglioramenti forestali, **i lavori e le opere pubbliche di sistemazione di frane e versanti instabili, di sistemazione idraulica e idraulico-forestale**.* In quanto opera pubblica di sistemazione idraulica e di versante instabile non sarà assoggettata ad esplicita autorizzazione.

# 4 INTERVENTI IN PROGETTO: DESCRIZIONE, GEOMETRIA,

Il presente progetto riguarda la sistemazione di smottamenti di sottoscarpa e di controripa lungo le strade comunali Santa Caterina e Canavero.

In particolare si prevede:

Intervento in strada Santa Caterina

- Realizzazione di cunetta stradale laterale alla francese in cemento armato gettato in opera della larghezza netta di 50 cm e lorda di 70 cm e dello spessore di 25 cm, con dente in elevazione sul lato di monte di 40 cm di altezza netta e 20 cm di spessore, previa scavo a sezione obbligata, a mano dove necessario, con smaltimento a discarica del materiale di risulta e ripristino finale delle aree;
- Realizzazione di un attraversamento stradale con tubi in cls autoportante del diametro interno di 600 mm, previa rifilatura e rimozione pavimentazione bituminosa con smaltimento a discarica dell'asfalto, scavo a sezione obbligata, successivo reinterro, smaltimento a discarica del materiale di risulta, ripristino stradale con misto cementato compattato per uno spessore di 30cm, tout-venant 10 cm, emulsione bituminosa, binder 6 cm, emulsione bituminosa, tappeto d'usura 4 cm e sigillatura con emulsione bituminosa sui due lati del ripristino stradale;
- Realizzazione di pozzetto in massi di cava posati a secco delle dimensioni interne 100 x 100 cm per il raccordo della nuova cunetta stradale con il nuovo attraversamento stradale, in testa allo stesso sul lato strada verrà realizzato un cordolo in c.a. delle dimensioni 40 x 20 cm per una lunghezza di 320 cm.
- Realizzazione a valle dell'attraverso di una scogliera in massi di cava posati a secco per una lunghezza di 3 m, avrà uno spessore pari ad 80 cm in testa e 120 cm alla base per un'altezza pari a 280 cm, in testa alla stessa verrà realizzato un cordolo in c.a. delle dimensioni 40 x 20 cm per tutta la lunghezza dell'opera in massi;
- Realizzazione di una soglia in massi di cava posati a secco per una lunghezza di 5 m ed una larghezza di 3 m;
- Sul pozzetto e sulla scogliera verrà realizzata una staccionata rustica in legname durevole.

Intervento in strada Canavero

- Preparazione area di cantiere tramite decespugliamento e abbattimento di eventuali piate di intralcio e sistemazione pista di accesso all'area di cantiere;
- Scavo a sezione obbligata per la realizzazione delle opere in progetto, reinterro degli scavi e smaltimento a discarica del materiale di risulta;
- Realizzazione di una scogliera in massi di cava posati a secco per una lunghezza di circa 30 m (a partire dalla gabbionata esistente in sponda dx scendendo dal sentiero verso l'impluvio), una fondazione inclinata di 5° verso monte con base di 2,50 m e spessore di 1,00 m e un'elevazione con spessore in testa di 1,00 m, spessore alla base di 2,00 m e un'altezza di 3,00 metri;
- Sistemazione versante tramite modellamento della superficie con ragno meccanico, onde ottenere un profilo regolare, eventuale materiale di risulta verrà smaltito ad impianto autorizzato.
- Provvista e posa di rete in fibra naturale di juta per il consolidamento della scarpata costituita da intreccio di fibre non trattate, totalmente biodegradabili, con larghezza minima della maglia pari a 4 - 5 mm;
- Inerbimento dello stesso tramite semina a spaglio di un miscuglio di sementi di specie erbacee selezionate e idonee al sito;
- Ripristino briglia esistente mediante l'utilizzo di massi di cava cementati per una lunghezza di 10 m, una larghezza di 3 m ed uno spesso di 0,80 m;
- Sistemazione e ripristino sentiero esistente che dovrà avere una larghezza minima di 2 m;
- Realizzazione di un attraversamento stradale mediante canaletta in cls prefabbricata, dimensioni interne 39 x 41 cm, con griglia in ghisa classe D400;
- Provvista e posa tubo in PVC Ø250 per una lunghezza di circa 1 m al fine di raccordare la canaletta alla cameretta in progetto;
- Realizzazione di una cameretta per la raccolta delle acque stradali, dimensioni interne 40 x 40 cm, fornitura e posa chiusino in ghisa sferoidale classe D400;
- Provvista e posa tubo in PVC Ø250 per una lunghezza di circa 4,20 m al fine di raccordare la cameretta con il pozzo d'ispezione in progetto;
- Realizzazione di un pozzo d'ispezione in c.a. a forma tubolare cilindrica con gradini in ferro alla marinara, della sezione interna di 100 x 100 per un'altezza di 400 cm, le pareti avranno uno spesso

di 15/20 cm, la soletta di copertura avrà uno spessore minimo di 20 cm, fornitura e posa chiusino in ghisa sferoidale classe D400;

- Provvista e posa tubo in PVC Ø250 per una lunghezza di circa 7,60 m al fine di raccordare il pozzo d'ispezione con la canaletta in mezzi tubi in progetto;
- Fornitura e posa di canalette semicircolari in acciaio ondulato, nervato, zincato della lunghezza di 0,95 m caduno, per una lunghezza totale di circa 5 m, spessore minimo 2 mm, complete di giunzioni, bulloni, rinforzi, ancoraggi, diametro 60 cm, al fine di convogliare le acque stradali nel rio esistente senza creare erosioni e cedimenti alle acque che arrivano dalla tubazione in PVC;
- Sistemazione finale delle aree.

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

# 5 METODO E CODICE DI CALCOLO

I calcoli per il dimensionamento strutturale delle opere 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'inviluppo 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. 6.4.2.1 delle NTC/2018 le verifiche sulle opere di fondazione superficiale vanno effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO);
    - Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
    - Collasso per scorrimento sul piano di posa;
    - Stabilità globale.

- SLU di tipo strutturale (STR);

    - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

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

- Combinazione 2: (A2 + M2 + R2)

Tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.
Le rimanenti verifiche vanno effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali previsti all'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I delle NTC/2018.

Ai sensi del par. 6.5.3.1.1 delle NTC/2018, la verifica della scogliera 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)*
    - scorrimento sul piano di posa;
    - collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
    - ribaltamento;
    - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
    - 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 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le 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 (A1+M1+R3), 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 R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

**Tab. 6.5.I** - *Coefficienti parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno*

| Verifica | Coefficiente parziale (R3) |
|---|---|
| Capacità portante della fondazione | $\gamma_R = 1,4$ |
| Scorrimento | $\gamma_R = 1,1$ |
| Ribaltamento | $\gamma_R = 1,15$ |
| Resistenza del terreno a valle | $\gamma_R = 1,4$ |

Tabella 1 – Coefficienti parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno (Tab.6.5.I delle NTC2018)

La modellazione della struttura e la rielaborazione dei risultati del calcolo di verifica di stabilità della scogliera sono stati effettuati con il programma di modellazione Max 16, prodotto da Aztec Utility.

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.

Ai sensi del par. 6.3.4. delle NTC/2018, "*le verifiche di sicurezza per la stabilità di pendii naturali sono state effettuate con metodi che tengono conto del tipo di frana e dei possibili cinematismi, considerando forma e posizione della eventuale superficie di scorrimento, le proprietà meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi e il regime delle pressioni interstiziali.*

*La verifica di sicurezza di un pendio non in frana deve essere eseguita lungo superfici di scorrimento cinematicamente possibili, in numero sufficiente per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il grado di sicurezza più basso. Inoltre, le verifiche devono essere eseguite assumendo le condizioni più sfavorevoli che ragionevolmente si possono prevedere.*

*La valutazione del coefficiente di sicurezza dei pendii naturali, espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile ($\tau_f$) e la tensione di taglio agente ($\tau$) lungo la superficie di scorrimento, deve essere eseguita impiegando sia i parametri geotecnici, congruenti con i caratteri del cinematismo atteso o accertato, sia le azioni presi con il loro valore caratteristico. [...]*"

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo di entrambi i 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.

# 6 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati è stata riscontrata in sito la presenza di deposti detritici di origine frammista, alluvionale e di versante, caratterizzati dalla presenza di una matrice limosa. I depositi si presentano coesivi di colore marrone, prevalentemente clastosostenuti.

Sulla base dell'analisi dei dati di bibliografia, delle conoscenze pregresse su depositi detritici aventi caratteristiche simili a quelli del sito in esame, si possono ipotizzare cautelativamente i seguenti valori dei principali parametri geotecnici da assegnare ai terreni che verranno messi in opera.

| Descrizione | Peso unità di volume secco [kg/m³] | Peso unità di volume saturo [kg/m³] | Angolo d'Attrito [°] | Coesione [kPa] |
|---|---|---|---|---|
| Depositi detritici | 1900 | 2000 | 35 | 5 |

Tabella 2 – Parametri geotecnici

# 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.

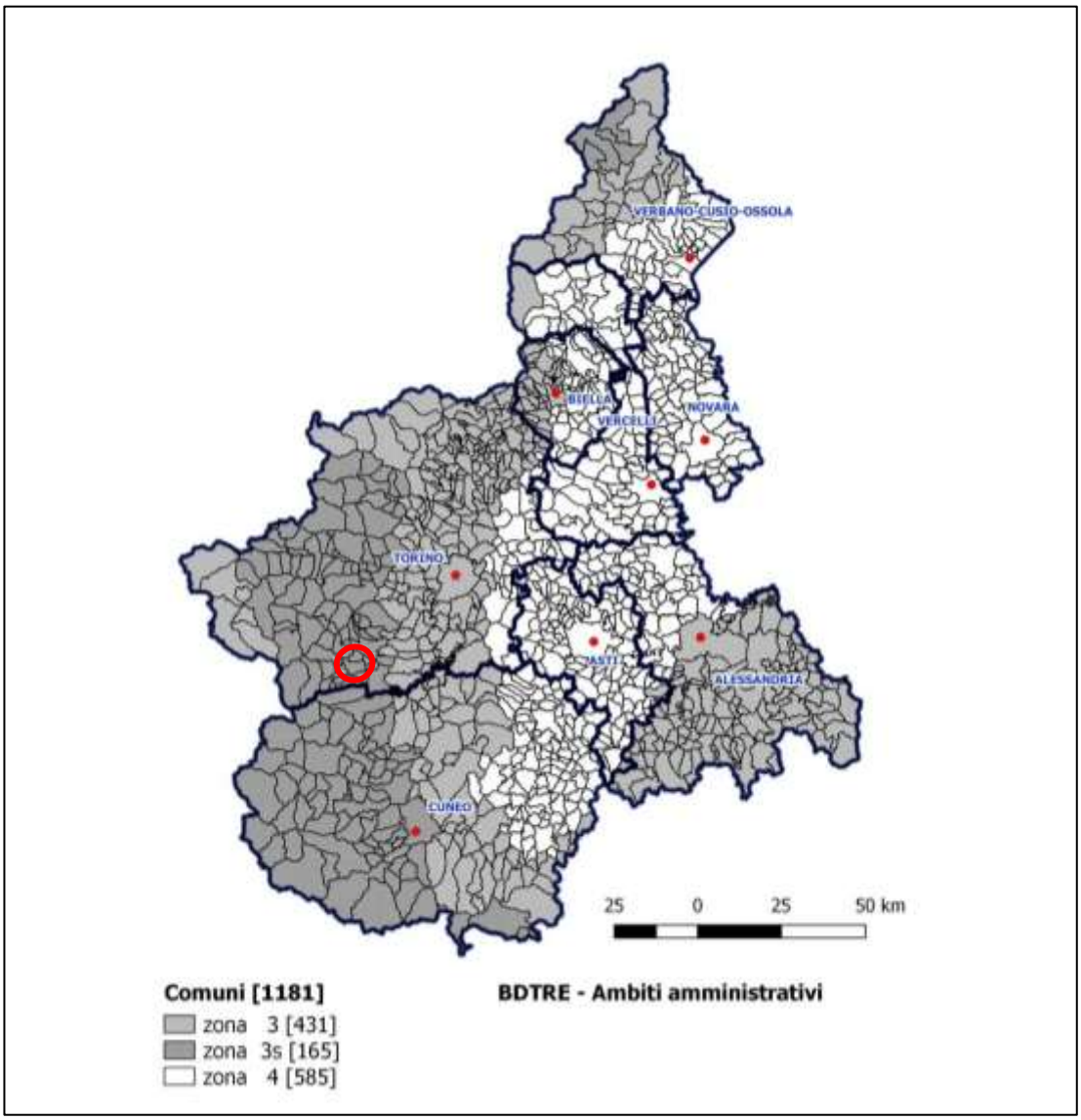



Figura 12 - Mappatura delle aree sismiche in Piemonte.

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| Regione | | | PIEMONTE |
| Provincia | | | TORINO |
| Comune | | | Bricherasio |
| Coordinate Geografiche del cantiere | Intervento – Strada Santa Caterina | Latitudine | 44°49'59.06" N |
| | | Longitudine | 7°17'6.38" E |
| | Intervento – Strada Canavero | Latitudine | 44°50'32.44" N |
| | | Longitudine | 7°17'58.51" E |
| Altitudine | Intervento – Strada Santa Caterina | | 485 m s.l.m. |
| | Intervento – Strada Canavero | | 405 m.s.l.m |
| Zona sismica | | | ZONA 3s |
| Tipo di opera | TAB. 2.4.I D.M. 17/01/2018 | | ORDINARIA |
| Vita nominale $V_N$ | P.to 2.4.1 D.M. 17/01/2018 | | 50 ANNI |
| Classe d'uso | P.to 2.4.2 D.M. 17/01/2018 | | II |
| Coefficiente d'uso $C_U$ | P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018 | | 1 |
| Periodo di riferimento per azione sismica $V_R$ | P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018 | | 50 ANNI |

Tabella 3 – Dati della struttura e zona sismica

Le Norme Tecniche per le Costruzioni individuano le azioni sismiche di progetto a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Le NTC2018 definiscono al par. 3.2 la pericolosità sismica in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag 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 Se(T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR. Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

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

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

| | $T_R$ [anni] | $a_g$ [m/s$^2$] | $F_0$ [-] | $T_C$ [s] |
|---|---|---|---|---|
| SLO | 30 | 0.388 | 2.456 | 0.206 |
| SLD | 50 | 0.515 | 2.429 | 0.226 |
| SLV | 475 | 1.304 | 2.467 | 0.265 |
| SLC | 975 | 1.643 | 2.494 | 0.274 |

Tabella 4 - Parametri sismici di progettazione

## 7.1 Analisi delle condizioni di stabilità dei muri di sostegno

L'analisi delle condizioni di stabilità dei muri di sostegno, a meno di specifiche analisi dinamiche, in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici e metodi degli spostamenti.
Se la struttura può spostarsi, l'analisi pseudo-statica si esegue mediante i metodi dell'equilibrio limite. Il modello di calcolo deve comprendere l'opera di sostegno, il volume di terreno a tergo dell'opera, che si suppone in stato di equilibrio limite attivo, e gli eventuali sovraccarichi agenti sul volume suddetto.
Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.
Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale kh e verticale kv possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_s \cdot S_T \cdot S_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0{,}5 \cdot k_h$$

$\beta_s$ = 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 ≤ 15° |
| T2 | Pendii con inclinazione media i > 15° |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30° |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30° |

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

Il caso in studio appartiene alla categoria topografica T2, 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 6 - Categorie di sottosuolo da Tabella 3.2.II D.M. 17/01/2018

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

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

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

Si valuta infine il valore del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito $\beta_m$, 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 $\beta_m$ 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 $\beta_m$ incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

Nel caso in questione i valori di $\beta_m$ sono stati calcolati mediante l'utilizzo del software MAX 16 durante il calcolo delle verifiche di stabilità della scogliera.

- Intervento - Strada Canavero

Calcolo Bm secondo Circolare 21/01/2019 n° 7 C.S.LL.PP. (par C7.11.6.2)

AgCrit = 1,277 [m/s^2] Amax = 2,817 [m/s^2] βm,critico = 0,453

| Verifica SLV | Bm | Kh [%] | Kv [%] |
|---|---|---|---|
| Scorrimento | 0,380 | 10,911 | 5,455 |
| Carico limite, stabilità globale e verifiche strutturali | 0,453 | 13,018 | 6,509 |
| Ribaltamento | 0,680 | 19,527 | 9,764 |

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

# 8 CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

Massi di cava e posati a secco: materiale litoide proveniente da disalveo o da cava, non friabile né gelivo, ad elevato peso specifico. Le caratteristiche meccaniche vengono riportate nella seguente tabella:

| | | |
|---|---|---|
| Resistenza a compressione | (kPa) | 30000 |
| Angolo di attrito interno | (°) | 45 |
| Resistenza a taglio | ($kg/cm^2$) | 5 |
| Peso di volume | ($kg/m^3$) | 2300 |

Tabella 9 – Parametri pietrame

# 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 dei massi di cava posati a secco pari a 2300 kg/m$^3$.

## 9.2 Carichi permanenti non strutturali

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

## 9.3 Carichi variabili

Si considera nelle verifiche un carico variabile veicolare di 2000 kg/m$^2$ per l'intervento in strada Canavero

# 10 COMBINAZIONI DI CARICO E ANALISI DI STABILITÀ

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 10– 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;

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

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

Tabella 11 – 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 12 – Coefficienti parziali $\gamma_R$ 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.

## 10.1 Descrizione combinazioni di carico delle scogliere

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

$\gamma$ Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

| *Condizione* | *$\gamma$* | *$\Psi$* | *Effetto* |
|---|---|---|---|
| Peso muro | 1.00 | -- | Favorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Favorevole |
| Spinta terreno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| Condizione 1 | 1.50 | 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 |
| Condizione 1 | 1.00 | 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 |
| Condizione 1 | 1.00 | 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 | 1.50 | 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 | 1.50 | 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 | 1.50 | 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 | 1.30 | 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 |
| Condizione 1 | 1.00 | 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 |
| Condizione 1 | 1.00 | 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 | 1.50 | 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 |
| Condizione 1 | 1.00 | 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 |
| Condizione 1 | 1.00 | 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 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 15 - SLEQ

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

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

| *Condizione* | $\gamma$ | $\Psi$ | *Effetto* |
|---|---|---|---|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Condizione 1 | 1.00 | 1.00 | Sfavorevole |

# 11 INTERVENTO STRADA CANAVERO

## 11.1 Modello di calcolo e risultati delle verifiche

La scogliera di controripa in massi di cava posati a secco, avrà una lunghezza di circa 30 m, una altezza fuori terra massima di 3.00 m corrispondendo con la sezione più critica, la verifica verrà effettuata con il software MAX16.

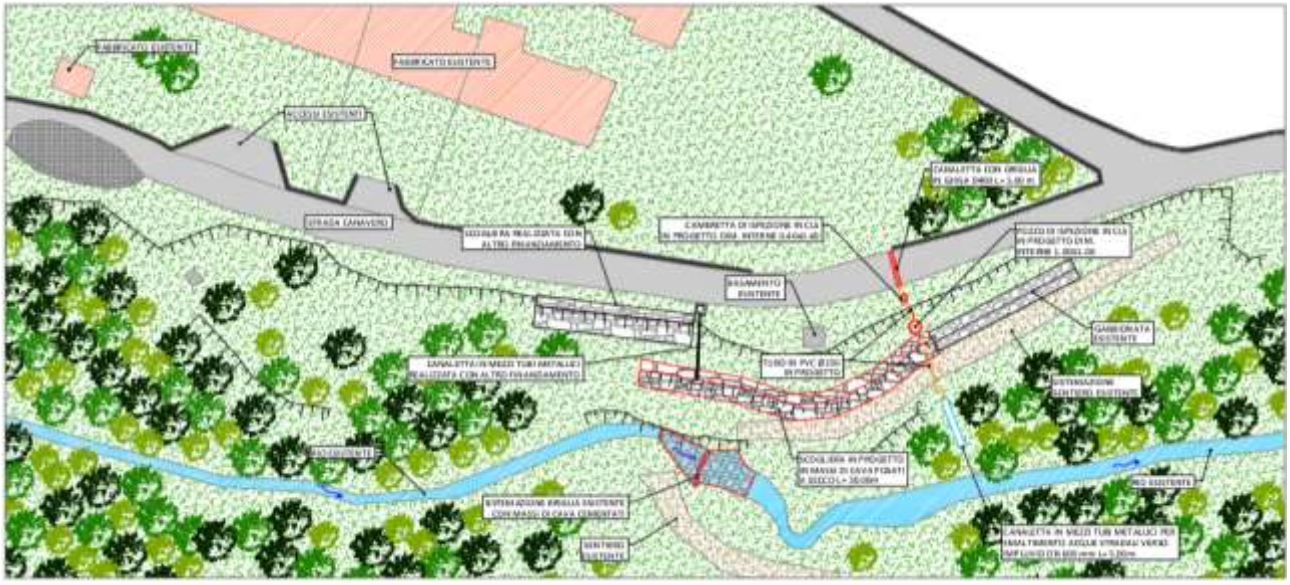


Figura 13 – Estratto Tav.03_Planimetria_progetto_Strada_Canavero

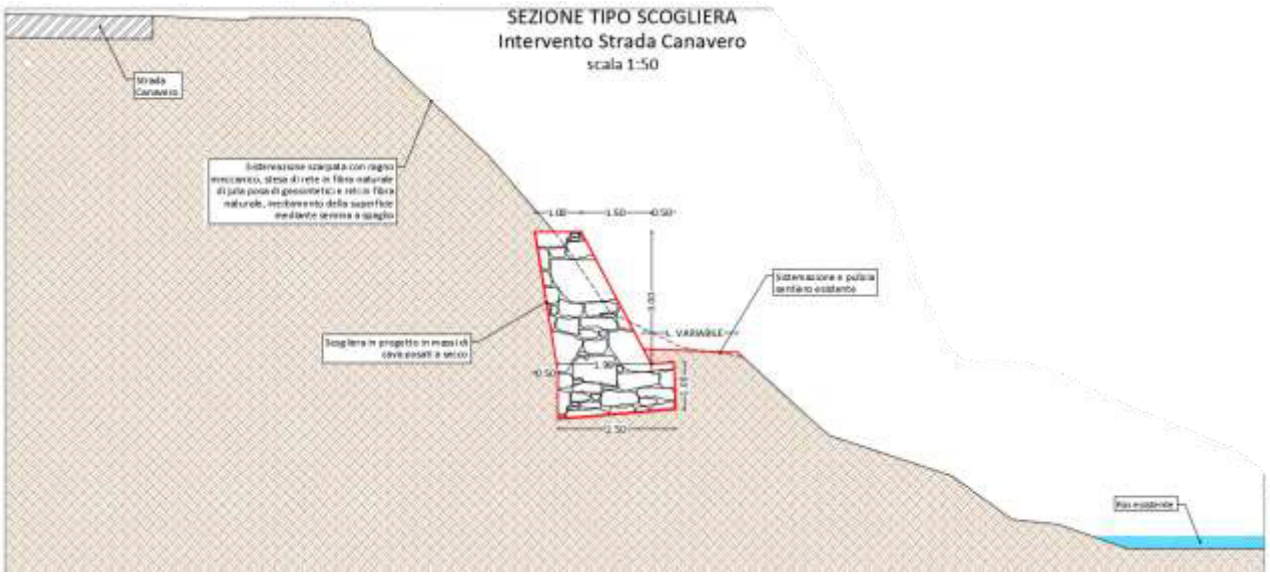



Figura 14 – Estratto Tav04_Sezioni_ tipo – Sezione di verifica – Intervento Strada Canavero

## 11.2 Geometria di modellazione

La scogliera in massi di cava posati a secco, avrà una sezione costante per tutta l'estensione, con altezza del paramento massima di 3.0 m, inclinazione interna di approssimatamene 10.0° ed esterna di 27.0° e spessore in testa di 1.00 m.
La fondazione inclinata 5° con rispetto alla orizzontale, spessore di 1.00 m, lunghezza della mensola di valle di 0.50 m per una lunghezza totale di 2.50 m.
Si riportano di seguito degli estratti dal software di calcolo, esemplificativi della geometria della sezione verificata e delle condizioni geologico-stratigrafiche e idrogeologiche in cui si inserisce.

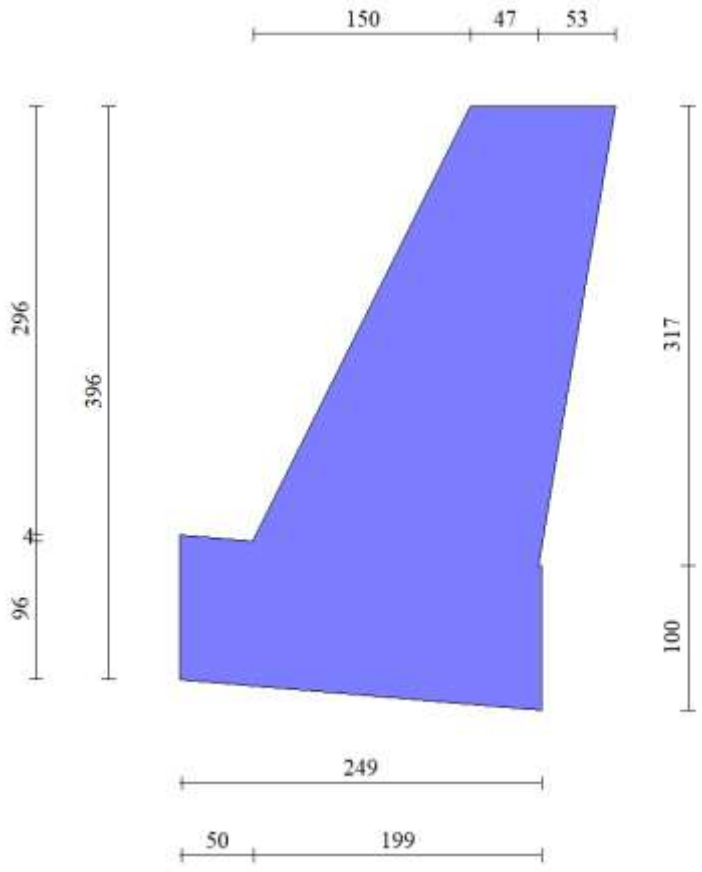



Figura 15 – Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Sezione di verifica – Intervento – Strada Canavero

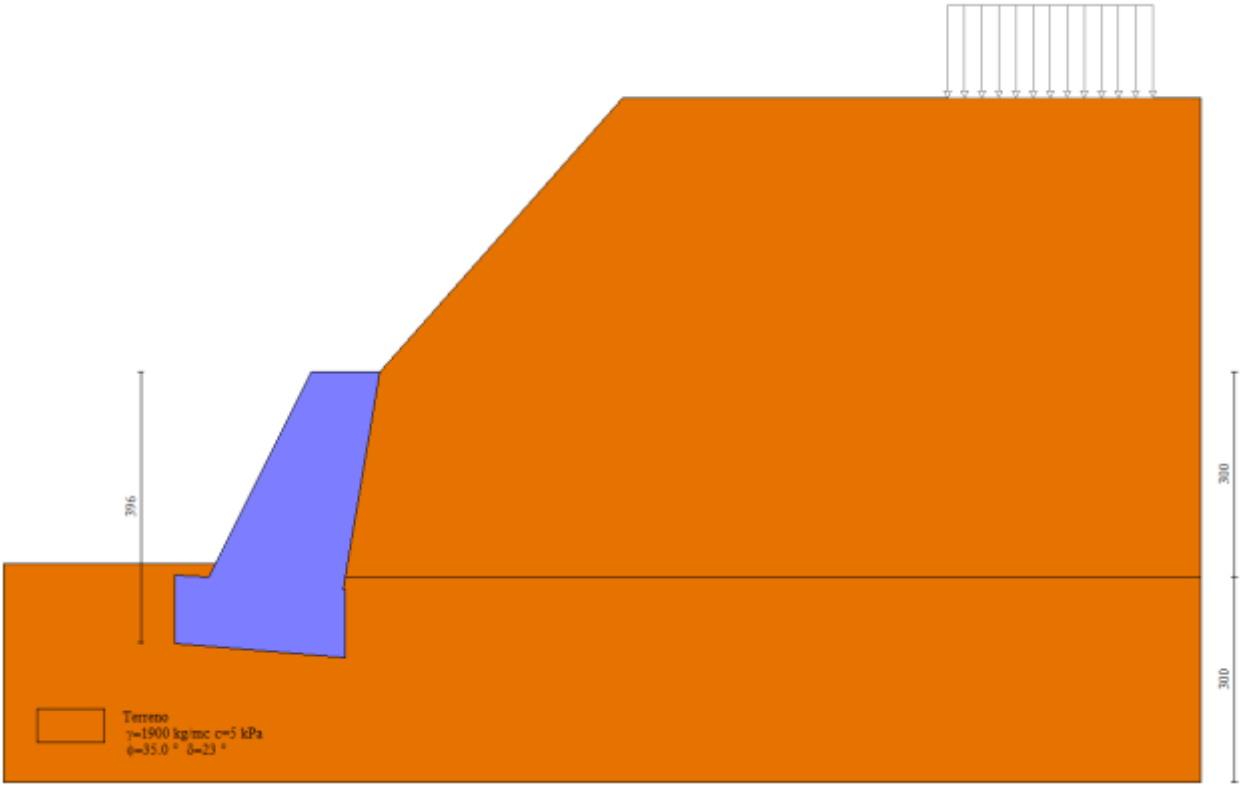
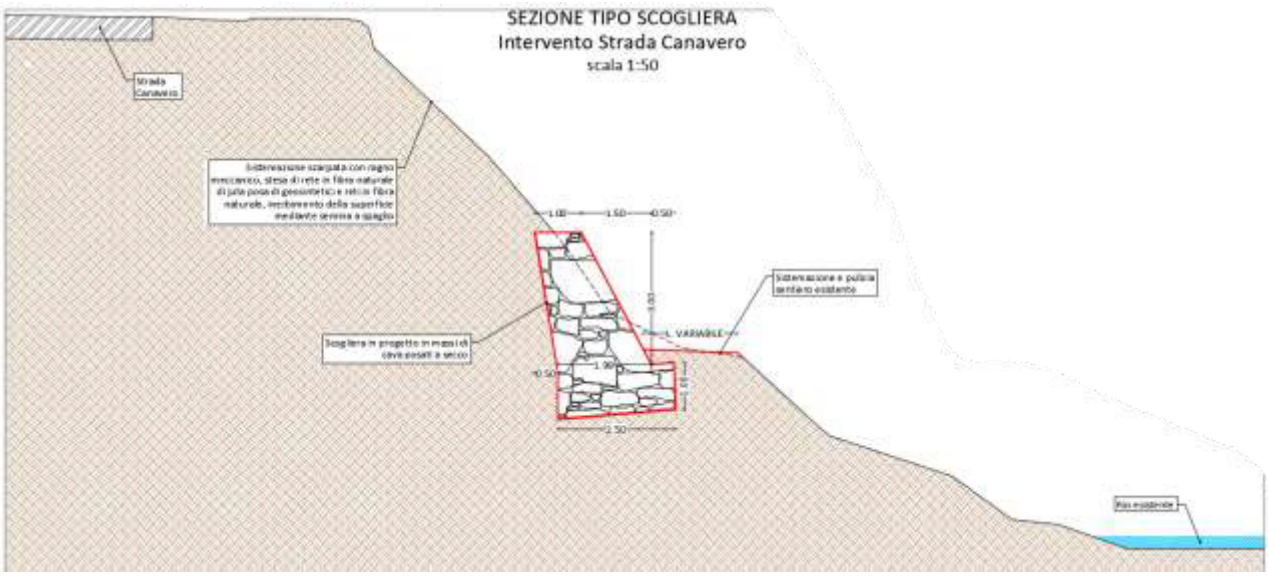



Figura 16 - Estratto dal software di calcolo MAX 16.0 – Sezione di verifica – Intervento Strada Canavero



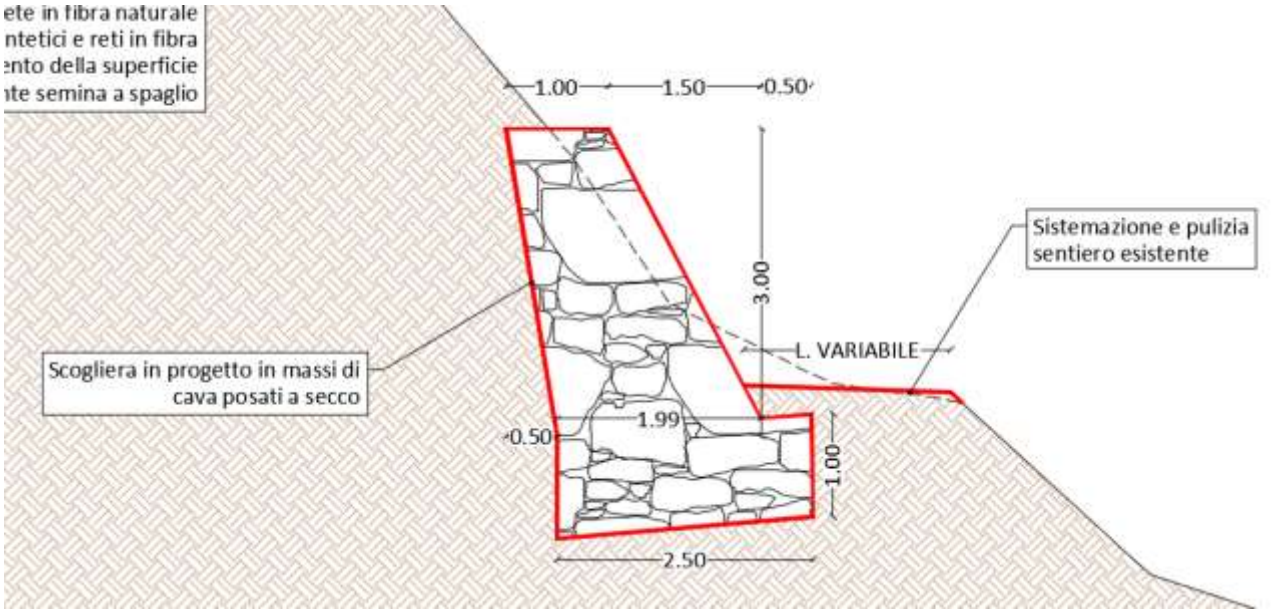



Figura 17 – Confronto con la sezione oggetto di verifica.

## 11.3 Sollecitazioni agenti

Si riporta di seguito l'inviluppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno e sul terreno di sedime.

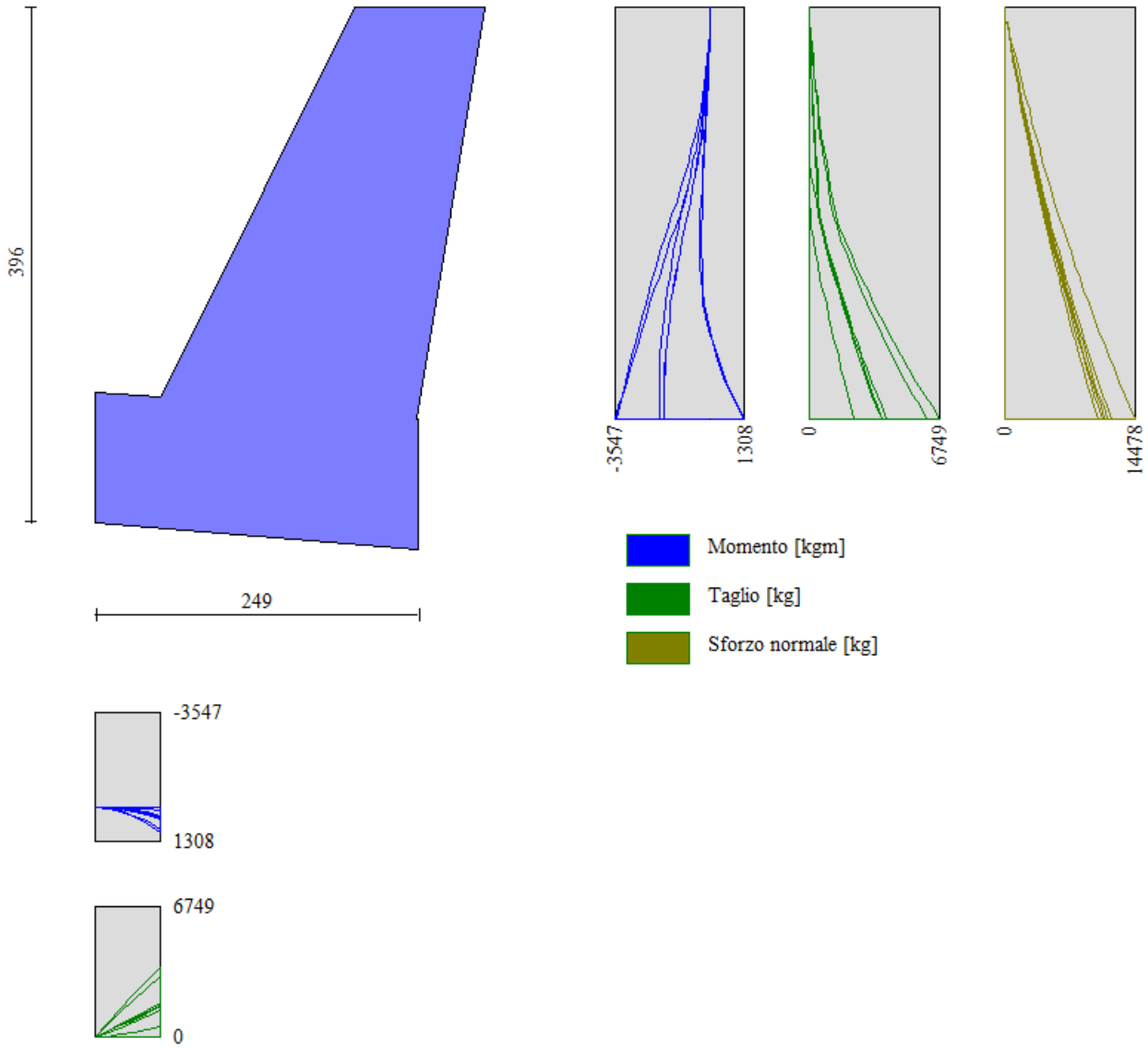



Figura 18 – Inviluppo delle sollecitazioni agenti – Intervento Strada Canavero

## 11.4 Risultati delle verifiche

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

| Tipo di verifica | Fattori di sicurezza minimi |
|---|---|
| Verifica al ribaltamento | 1.96 (12) |
| Verifica allo scorrimento | 1.12 (19) |
| Verifica al carico limite | 6.34 (2) |
| Verifica alla stabilità globale | 1.61 (7) |

Tabella 13 - Risultati delle verifiche geotecniche

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

# 12CONCLUSIONI

Nel presente elaborato è stato fornito un rapido inquadramento topografico, geologico e vincolistico dell'area interessata dalle opere relative al progetto denominato "Sistemazione smottamenti di sottoscarpa e di controripa lungo le strade comunali Santa Caterina e Canavero" CIG: Z583579706 - CUP: D75H19000140002.

Vengono inoltre riportati i risultati delle verifiche geotecniche di stabilità della scogliera in progetto, in Strada Canavero, nonché i risultati dell'analisi di stabilità del pendio sul quale si andrà ad intervenire.

In base a quanto esposto in questa relazione si può concludere allo stato attuale che:
La scogliera in progetto ricade in diverse classi della carta di sintesi allegata al PRGC del comune di Bricherasio, nello specifico:

- Intervento – Strada Canavero: classe III: *aree di amplificazione sismica: zone fortemente penalizzate ai fini urbanistici, in quanto soggette a potenziali fenomeni di amplificazione delle sollecitazioni sismiche per la presenza di particolari condizioni geologiche e geomorfologiche*
- Intervento – Strada Santa Caterina: classe III: *aree di amplificazione sismica: zone fortemente penalizzate ai fini urbanistici, in quanto soggette a potenziali fenomeni di amplificazione delle sollecitazioni sismiche per la presenza di particolari condizioni geologiche e geomorfologiche. E Classe III: aree gravate da fenomeni idrologici e geomorfologici negativi, aree esondati dal fiume Pellice e dai sui affluenti in caso di eventi alluvionali eccezionali, fasce a maggiore acclività adiacenti i corsi d'acqua minori potenzialmente predisposte a fenomeni di dissesto nel caso di eventi pluviometrici eccezionali.*

L'intervento in progetto è tra le opere ammesse in queste classi, essendo un'opera di sistemazione idrogeologica e di difesa del suolo.

I settori indagati non ricadono tra le aree perimetrate dalla Direttiva Alluvioni.

Per quanto concerne l'aspetto vincolistico, gli interventi ricadono tra le aree perimetrate ai sensi della L.R. 45/89 – Vincolo Idrogeologico. Tuttavia trattandosi di opere pubbliche di sistemazione dei versanti e sistemazione idraulica, non sono soggetti a esplicita autorizzazione. *Come riportato all'art.11 comma b, ai sensi della L.R. 45/89, non sono soggetti all'autorizzazione di cui all'articolo 1: i lavori di rimboschimento, la piantagione di alberi, i miglioramenti forestali, i lavori e le opere pubbliche di sistemazione di frane e versanti instabili, di sistemazione idraulica e idraulico-forestale.*

Si consiglia per il rinterro a tergo della scogliera, di utilizzare il materiale proveniente dagli scavi, opportunamente vagliato con benna vagliante al fine di eliminare la frazione fine, sabbioso limosa.

Per quanto concerne le verifiche geotecniche, effettuate sulla scogliera, tutte le verifiche hanno dato esito positivo, confermando che la corretta esecuzione dell'opera garantirà la stabilità delle stesse.

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

Dai risultati ottenuti risulta che tutte le verifiche effettuate risultano soddisfatte.