



REGIONE LOMBARDIA
COMUNE DI UBIALE CLANEZZO
Via Papa Giovanni XXIII, 1, 24010 Ubiale BG

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, RELATIVA AD INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO A RISCHIO IDROGEOLOGICO.
SETTORE 2 TRATTO 2A - _1 - SETTORE 2 TRATTO 2A - _2 - SETTORE 2 TRATTO 2B

CUP F93C22000160005
PROGETTO DEFINITIVO
LOTTO 1



SINPRO srl

Via dell'Artigianato, 20

30030 Vigonovo (VE)

info@sinprosr.com

Tel: 049/9801745

UNI EN ISO 14001:2015
UNI EN ISO 9001:2015
UNI CEI 11352:2014
UNI ISO 45001:2018



Progettisti:

Ing. Patrizio Glisoni

Ordine degli Ingegneri di Venezia n. 2983

EGE_0065 del 16/05/2016 Certificato con Kiwa Cermet

Ing. Mauro Bertazzon

Ordine degli Ingegneri di Padova n. 2416



B.1.2

**RELAZIONE SPECIALISTICA-GEOLOGICA E
GEOTECNICA- LOTTO 1**

Sindaco:	Ersilio Gotti	Data progetto	15/06/2023
RUP:	Matteo Carminati	Rev n./data	
Commessa:	202212157		

Nome file:	B.1.2_GEO L2docx.docx	Controllato da:	Ing. Mauro Bertazzon
Redatto da:	SINPRO SRL.	Approvato da:	Ing. Patrizio Glisoni

A termini di legge ci riserviamo la proprietà di questo documento con divieto di riprodurlo o di renderlo noto a terzi senza la nostra autorizzazione

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA
geologia – geofisica – geotecnica – idrogeologia
DOTT. MARIA LUISA PICCINATO

REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI BERGAMO
COMUNE DI UBIALE CLANEZZO

MESSA IN SICUREZZA DI UN TRATTO STRADALE

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Via Giuseppe Mazzini n° 45 – 33170 PORDENONE
Cell. 348-0851408
web: www.geologiapiccinato.it E-mail: info@geologiapiccinato.it
C.F. PCC MLS 61D41 G994M P.I. 01121520934

1. PREMESSA

Nel mese di novembre del 2022 è stata effettuata un'indagine geologica per la messa in sicurezza di un tratto stradale in comune di Ubiale Clanezzo (BG).

Lo scopo è quello di ricostruire i caratteri geomorfologici, litologici, stratigrafici, idrogeologici e sismici dell'area per proporre idonei interventi per la messa in sicurezza del tratto stradale.

Il presente progetto si è articolato nelle seguenti fasi di lavoro:

- 1 – Fase preliminare: esamina dello *Studio di fattibilità dell'intervento di messa in sicurezza della strada di collegamento fra il Capoluogo e la frazione di Clanezzo* redatto dal dott. A. Azzoni (2019).
- 2 – Rilievo topografico del versante con riconoscimento e mappatura delle criticità.
- 3 – Verifica da parte dei sottoscritti dei risultati del rilievo topografico condotta con appositi sopralluoghi nel corso dei quali è stato svolto anche uno studio geotecnico preliminare dei terreni ipoteticamente interessati dalle fondazioni delle nuove opere di difesa passiva. E' stato condotto inoltre uno studio geomeccanico preliminare allo scopo di stimare il volume dei massi instabili.
- 4 – Analizzate e conosciute con maggior dettaglio le condizioni di dissesto dell'area, sulla base dei rilievi topografici che hanno permesso di ricostruire delle sezioni del versante, sono state effettuate diverse analisi di caduta massi dal versante con modello matematico allo scopo di ubicare e dimensionare le opere di messa in sicurezza.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il tratto di strada interessato dal presente studio congiunge l'abitato di Clanezzo all'abitato di Bondo tra le coordinate geografiche 45.765908n, 9.603731e a nord di Clanezzo e 45.771278n, 9.609417e a sud di Bondo.



Figura 1. Immagine Google con il tratto stradale in oggetto.



Figura 2. Immagine Google Earth 3d con il tratto stradale in oggetto.

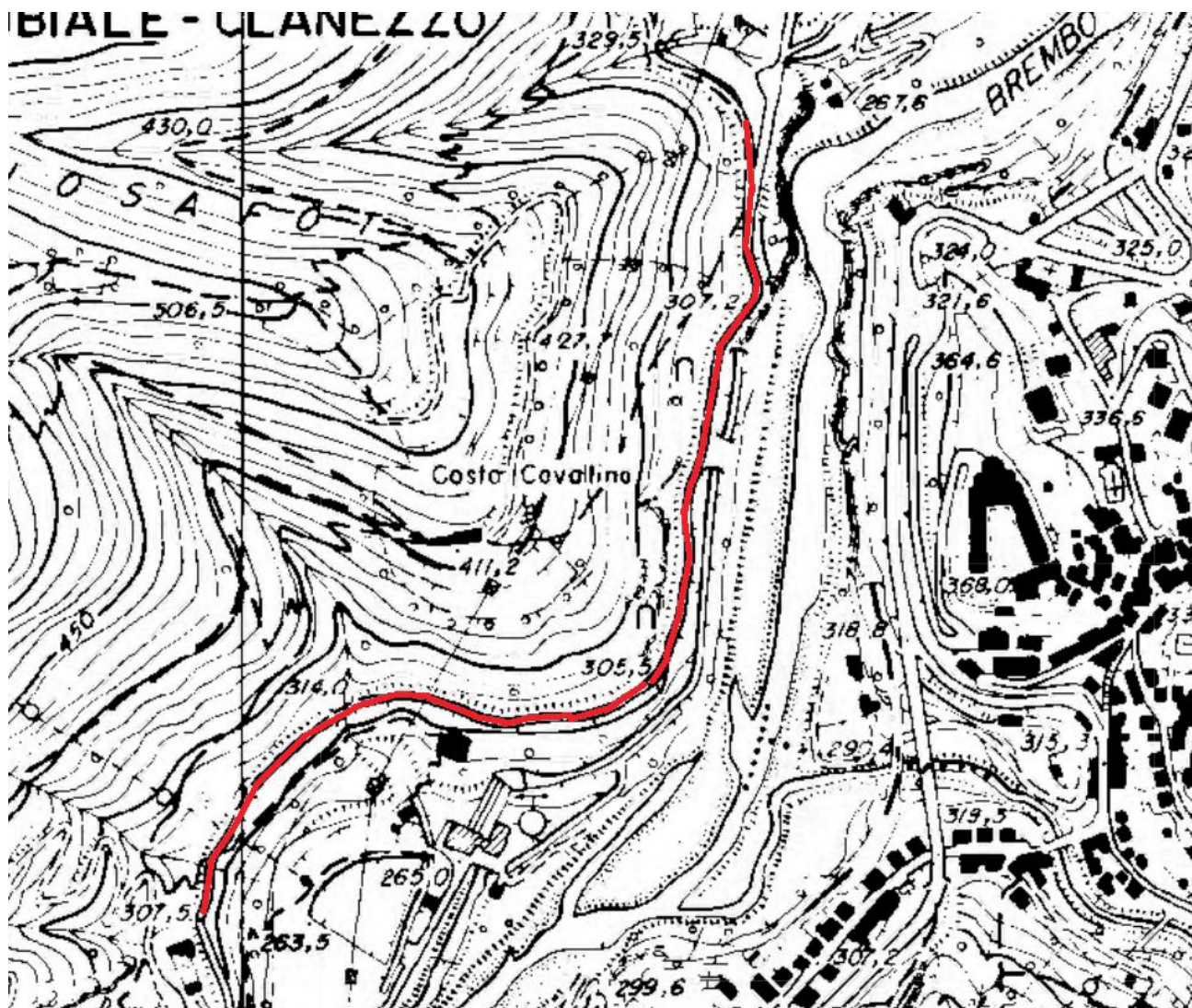


Figura 3. Estratto CTR. Il tracciato stradale è evidenziato in rosso.

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO, IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Il tratto di strada in esame si posiziona tra una quota di circa 300 e quota m 314 m s.l.m. e si inserisce morfologicamente ai piedi del versante orientale del Monte Ubione la cui cima si posiziona a circa 895 m s.l.m.. Il versante in oggetto scende verso il Fiume Brembo il cui letto si trova a circa 260 m s.l.m..

Il tratto di strada esaminato è sostanzialmente pianeggiante.

Dal punto di vista geomorfologico partendo dall'abitato di Bondo verso sud si incontra la Valle di Bondo con un ampio terrazzo di origine alluvionale che si estende da nord a sud per diverse centinaia di metri; tale area presenta dolci pendenze.

Procedendo verso sud, per circa 400 m, il fianco della valle con andamento nord-sud, interessata dal presente progetto, si presenta con pareti rocciose molto ripide, quindi il versante curva verso est ed è caratterizzato da una media acclività, sede di una vegetazione boschiva. Ai piedi di questo tratto di versante è presente un terrazzo alluvionale recente del fiume su cui sorge la Centrale Enel.

Dopo la valle a sud-ovest di Costa Cavallina e procedendo verso Clanezzo, la strada curva verso sud e corre a mezza costa su un versante molto acclive e roccioso nella parte superiore.

L'area esaminata, a causa dell'elevata acclività, è caratterizzata da roccia calcarea affiorante o subaffiorante. Solo nelle zone meno inclinate o alla base delle pareti la roccia è coperta da terreni eluviali e/o detritici di esiguo spessore.

Nella maggior parte dell'area esaminata affiora la formazione "Calcarea di Moltrasio" costituita da

calcari micritici e microcristallini grigio-scuri o neri, in strati sottili e medi con intercalazioni marnose; a queste si associano gruppi di strati comprendenti calciruditi, calcareniti e calcescisti marnose, in strati di spessore variabile, gradate e laminate o omogenee, grigie.

Nella zona nord dell'area affiora il "Calccare di Domaro" costituito da due litozone: una superiore formata da calcareniti e calcari marnosi grigio-chiari selciferi, in strati piano paralleli o piano ondulati, da medi a spessi, gradati e laminati o omogenei, passanti con gradualità ad interstrati marnoso-argillosi; la litozona inferiore costituita da calcilutiti da grigio-chiare a rosso-mattone, in strati sottili piano paralleli intercalati a marne argillose rosse o verdognole a noduli di calcilutite.

Nella zona a sud dell'area affiora in "Calccare di Sedrina" costituito da calcari bioclastici, calcari oolitici e calcari marnosi con selce, calcari micritici e microcristallini grigio scuri con selce in noduli in strati medi o sottili con interstrati marnosi.

Le tre formazioni sopra descritte sono di età Giurassica.

Gli strati hanno inclinazioni medie con immersione verso sud, talora gli strati sono verticali.

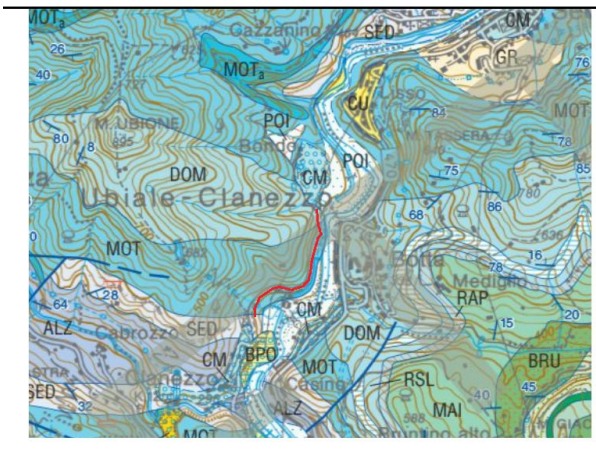
Il fondovalle, percorso dal Fiume Brembo, è formato da depositi alluvionali (blocchi, ciottoli, sabbie e limi).

Dal punto di vista idrografico il territorio è solcato dal Fiume Brembo che si snoda parallelamente a tratto di strada interessata dal presente progetto.

I corsi d'acqua che scendono dai versanti quali quello della Valle di Bondo e quello della Valle di Costa Cavallina sono a regime temporaneo.

La circolazione idrica sotterranea è condizionata dalla fratturazione delle rocce carbonatiche. Vi sono nell'area locali venute d'acqua di tipo temporaneo in concomitanza di periodi di piovosità intensa e prolungata.

Secondo la Carta delle Alluvioni il tratto di versante interessato da questo fenomeno è il rio a su ovest di Costa Cavallina.



CARTA GEOLOGICA

- SISTEMA DEL PO (Unità Postglaciale)**
- POI**
Ghiaie a supporto clastico, in prevalenti strati planari; sabbie e limi da massivi a laminati (depositi fluviali e di esondazione). Limi e argille, localmente idromorfi; alternanze di livelli fini e livelli ghiaiosi (depositi lacustri). Ghiaie e sabbie, limi con clasti sparsi (depositi di versante e colluviali). Blocchi (depositi di frana). Superficie limite superiore poco o non alterata, caratterizzata da entisoli ed inceptisoli.
PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE
- GRUPPO DI PRATO GRANDE**
- GR**
Diamictiti con clasti spigolosi, massivi o in letti grossolanamente cinostratificati (depositi di versante).
PLEISTOCENE MEDIO
- GRUPPO DEL CULMINE**
- CU**
Conglomerati e diamictiti massivi o rozzamente cinostratificati, con clasti spigolosi, mal selezionati, locali; da ottimamente cementati a litificati (depositi di versante). Piastroni cinostratificati sospesi rispetto al fondovalle attuale.
PLEISTOCENE MEDIO
- SUPERSISTEMA DI BESNATE**
- Depositi glaciali e fluvioglaciali, caratterizzati da profili d'alterazione poco evoluti, che raggiungono spessori sino a 4 m. Copertura loessica sporadica. Forme ben conservate (cordoni morenici e piano fluvioglaciali terrazzate).
- SUPERSISTEMA DI BESNATE INDISTINTO (BE)**
Ghiaie a supporto di matrice, ghiaie organizzate in livelli a supporto di matrice e clastico, sabbie, limi (depositi fluvioglaciali). Alterazione moderata con profili poco evoluti che si spingono fino alla profondità di 4 m circa.
- UNITÀ DI PONTE SAN PIETRO (BPO)**
Ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa e sabbioso limosa, carbonatica; ciottoli arrotondati, spesso discoidali, in prevalenza carbonatici, limi di esondazione a tetto (depositi fluvioglaciali). Profili d'alterazione relativamente poco evoluti, che raggiungono spessori compresi tra 1,4 e 2 m, di colore prevalente 7.5YR. La copertura loessica è comunemente assente.
- UNITÀ DI BONATE (BTE)**
Ghiaie a supporto clastico, con ciottoli arrotondati e matrice sabbiosa (depositi fluvioglaciali). Superficie limite superiore caratterizzata da allisoli con spessore di 2 m circa; colori da 8 a 10YR. Copertura loessica non osservata.
PLEISTOCENE MEDIO - PLEISTOCENE SUPERIORE
- SUPERSISTEMA DELLA COLMA DEL PIANO**
- CM**
Ghiaie a supporto clastico, con ciottoli ben arrotondati, spesso discoidali, in abbondante matrice sabbiosa pressoché interamente argillificata (depositi fluvioglaciali).
PLEISTOCENE MEDIO

- MARNA DI BRUNTINO**
- BRU**
Argille varicolori e marne da nere a rosso violacee, in strati sottili e medi, a cui verso l'alto seguono prima areniti fini e altri, sottilmente stratificati e poi marne-marme calcaree in strati spessi e banchi, associate ad argille varicolori e black shales, locali intercalazioni di corpi a base microcongionerata. Si segnalano associazioni a foraminiferi planctorici riferibili alle biozone a *Leptodina cabri* e a *Bilicivella breggiensis*, orbitoline ed altri foraminiferi bentonici tra cui *Leptoculina*, *Lagenidae*, *Nodosariidae*. Spessore: 70-120 m. Ambiente batiale sinorogico, ciclicamente in condizioni anossiche.
APTIANO INFERIORE - ALBIANO SUPERIORE
- MAIOLICA**
- MAI**
Calcuti bianche, grigio chiare e crema, in strati sottili e medi a liste e noduli di selce, a cui si alternano interstrati massivi e/o argillosi centimetrici spesso ricchi in materia organica. Sono presenti strati medi e sottili di calcareniti calcioleili, livelli paracongionerati e slump in corpi lentocoli. Le associazioni micropaleontologiche sono caratterizzate da calcionelle, nannofossili calcarei, foraminiferi planctorici e bentonici; il contenuto micropaleontologico è dato da bivalvi, gasteropodi, crinoidi e ammonoidi nella parte alta della formazione. Spessore: 100-250 m. Ambiente pelagico post-rit.
TITONIANO SUPERIORE - APTIANO INFERIORE
- SELCIFERO LOMBARDO**
- SM**
Rosso ad Aptici e Radiolari del Selcifero Lombardo ovi non separabili in carta. Ambiente pelagico post-rit.
BAJOCLANO INFERIORE - TITONIANO
- ROSSO AD APTICI**
- RAP**
Marna silicee e calcari selciferi rosso violacei, sottilmente stratificati, con selci in noduli rosse o nocciola, localmente con lenti di breccia, paracongionerati e slump; verso l'alto alternanze sottilmente stratificate di calcari massivi rossi, calcitoli crema e selci in noduli e liste di vario colore. Presenza abbondante di microfane a nannofossili calcarei, calcionelle, radiolari (*Nasselaria* e *Spumellaria*), foraminiferi bentonici, ostracodi e glottocole, cui si associano macrofossili, tra cui bivalvi a guscio sottile, echinodermi in frammenti, crinoidi (*Saccocoma*), belemniti (*Belermitea*), brachiopodi (*Pygope diphya*), aptici. Tra gli aptici, associazioni a *Lamellaptychus* e *Levaptichus*, la cui abbondanza è massima nella parte media dell'unità, e a *Lamellaptychus angulostatus* e *Punctaptychus*, nella parte superiore. Spessore: 10-35 m. Sedimentazione pelagica post-rit.
KIMMERIDGLANO - TITONIANO
- RADIOLARITI DEL SELCIFERO LOMBARDO**
- RSL**
Selci in strati da centimetrici a decimetrici, da bruno o grigio verdastre nella parte inferiore, da bruno violaceo fino a rosso mattone nella parte superiore; si alternano interstrati argillosi e, nella parte superiore della formazione, strati marmo-calcari silicizzati di spessore centimetrico. I rari macrofossili sono dati da aptici (*Lamellaptychus* e *Cornaptychus* alla base dell'unità), belemniti e brachiopodi (*Pygope diphya*); i microfossili sono principalmente radiolari (*Spumellaria* e *Nasselaria*) e rari nannofossili calcarei. Spessore: 20-50 m. Sedimentazione pelagica post-rit.
BAJOCLANO INFERIORE - KIMMERIDGLANO
- CALCARE DI DOMARO**
- DOM**
È costituito da due litozone sovrapposte e lateralmente giustapposte, non cartografabili separatamente. Litozona superiore: calcareniti e calcari massivi grigio-chiaro selciferi, in strati piano-paralleli o parallelo-ondulati, da medi a spessi, gradati e laminati o omogenei, passanti con gradualità ad interstrati marmo-argillosi, ed associate a rari slump. Litozona inferiore: calcitoli da grigio chiaro a rosso-mattone, in strati sottili piano-paralleli intercalati a marne argillose rosse o verdognole a noduli di calcitoli. Associazioni ad ammonoidi principalmente nella litozona inferiore: *Amaltheus margaritatus*, *Reynoceras ragazzoni* ed *Anticeras algovianum* (zona a *Margaritatus*) e di *Reynoceras spiritum* e *Reynoceras solare* (zona a *Spiratum*). Biotazione a nannofossili calcarei definite dalla prima comparsa di *M. jansae*, *L. hauffi* e *L. sigillatus*. Spessore: da 150-250 m. Alto strutturale, pendio e bacino sin-rit.
PLENIBRACHIANO (CARIXIANO P.P. - DOMERIANO)
- CALCARE DI MOLTRASIO**
- MOT**
Calcarei micritici e microcristallini, selciferi e spongoliti, grigio-scuri o neri, in strati sottili e medi con intercalazioni marmose; a queste si associano gruppi di strati comprendenti calciduliti, calcareniti e calcitoli marmose, in strati di spessore variabile, gradati e laminati o omogenei, grigie e slump. Sono presenti rari bioclasti di bivalvi a guscio sottile, crinoidi, echinodermi e rari ammonoidi. Calcitoli grigie parzialmente silicizzate. Bioclasti di bivalvi, crinoidi ed echinodermi, rari ammonoidi, radiolari e foraminiferi bentonici. Presenza di nannofossili calcarei di significato stratigrafico (*Mitrothus jansae*, *M. elegans* e *Parhabdolithus jansous*). **Breccie liassiche (MOT₁)**: corpi di breccia e ortocongionerato a supporto clastico, a liti intrabacinali; paracongionerati intrazonari; lenti di calciduliti gradate e calcari microcristallini selciferi a crinoidi, bivalvi ed altri bioclasti. Calcari micritici e calcitoli grigio-nocciola o rosate in corpi di spessore plurimetrico, con bivalvi, gasteropodi, brachiopodi, ammonoidi, crinoidi, echinodermi, poriferi. Spessore massimo: 600 m. Alto strutturale, pendio e bacino sin-rit con riedimentazione di turbiditi calcaree.
SIMURGLIANO
- CALCARE DI SEDRINA**
- SED**
Calcari bioclastici, calcari oolitici e calcari massivi con selce, stratificati, che costituiscono la seguente associazione di litozone dall'alto verso il basso:
- calcari micritici, oolitici e bioclastico-fossiliferi con abbondante selce o interamente silicizzati (livello marker a selci bianche) con abbondanti brachiopodi (*Calcithyncha rectemarginata*, *Lobofhyris ovalisamariformis*), bivalvi, gasteropodi, crinoidi, echinodermi e rari ammonoidi;
- calcari micritici e microcristallini grigio scuri con selci in noduli, in strati medi o sottili, con interstrati marmosi;
- calcari micritici grigi, localmente dolomitizzati in strati medi o spessi, piano-paralleli, a rari noduli di selce, con abbondanti bivalvi, (*Chilentyx*, *Plagiostroma*, *Gryphaea*, *Listoea*), gasteropodi, rari brachiopodi, crinoidi (*Pentacrinus*) ed echinodermi, foraminiferi bentonici (*Valvulinidae*, *Textularidae*, *Lagenidae*). Spessore: 10-25 m (litozona superiore), 40-40 m (litozona intermedia), 15-40 m (litozona inferiore). Piattaforma subsidale (litozona inferiore e superiore) cui si intercala un ambiente di rampa a sedimentazione pelagica prevalente (litozona intermedia).
HETTANGIANO

Figura 4. Estratto della Carta Geologica d'Italia 1:50000. Il tracciato stradale è evidenziato in rosso.

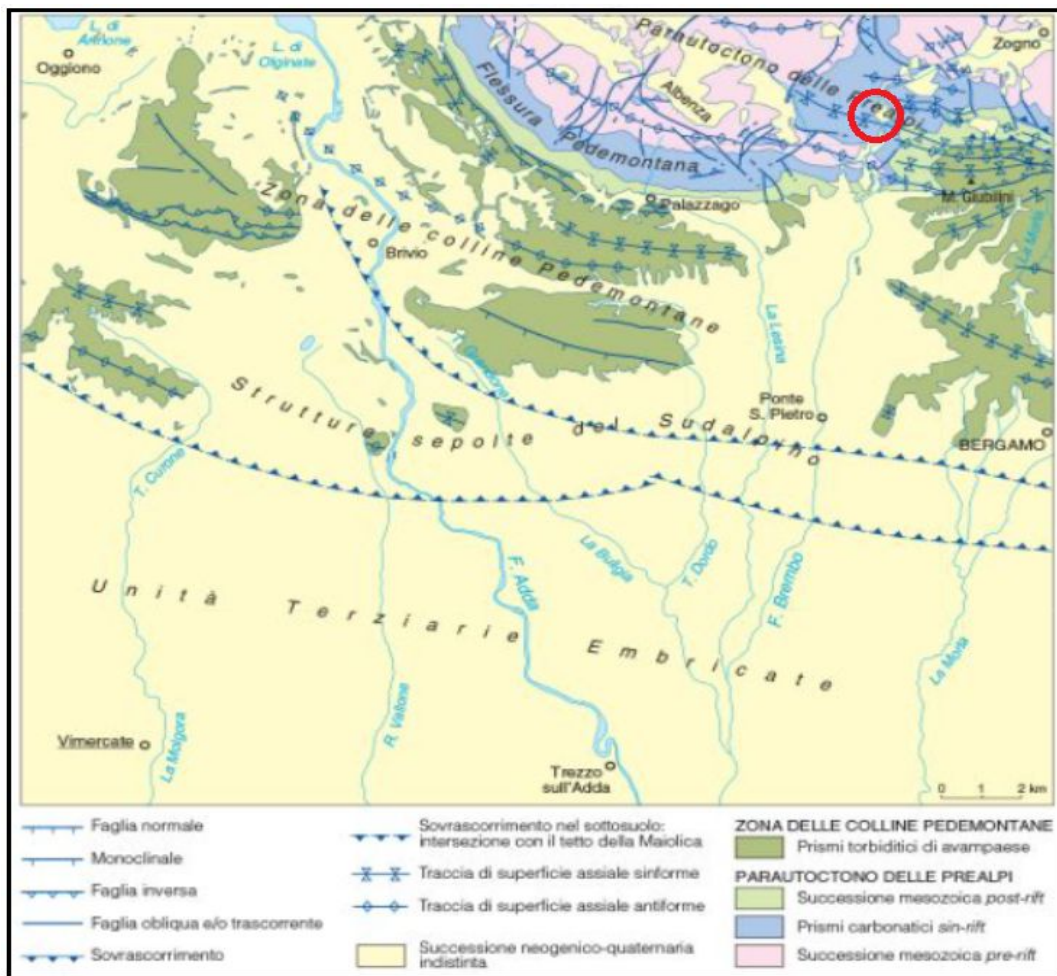


Figura 5. Schema tettonico del territorio. Tratto dalla Carta Geologica d'Italia. L'area in esame è indicata con un cerchio rosso.

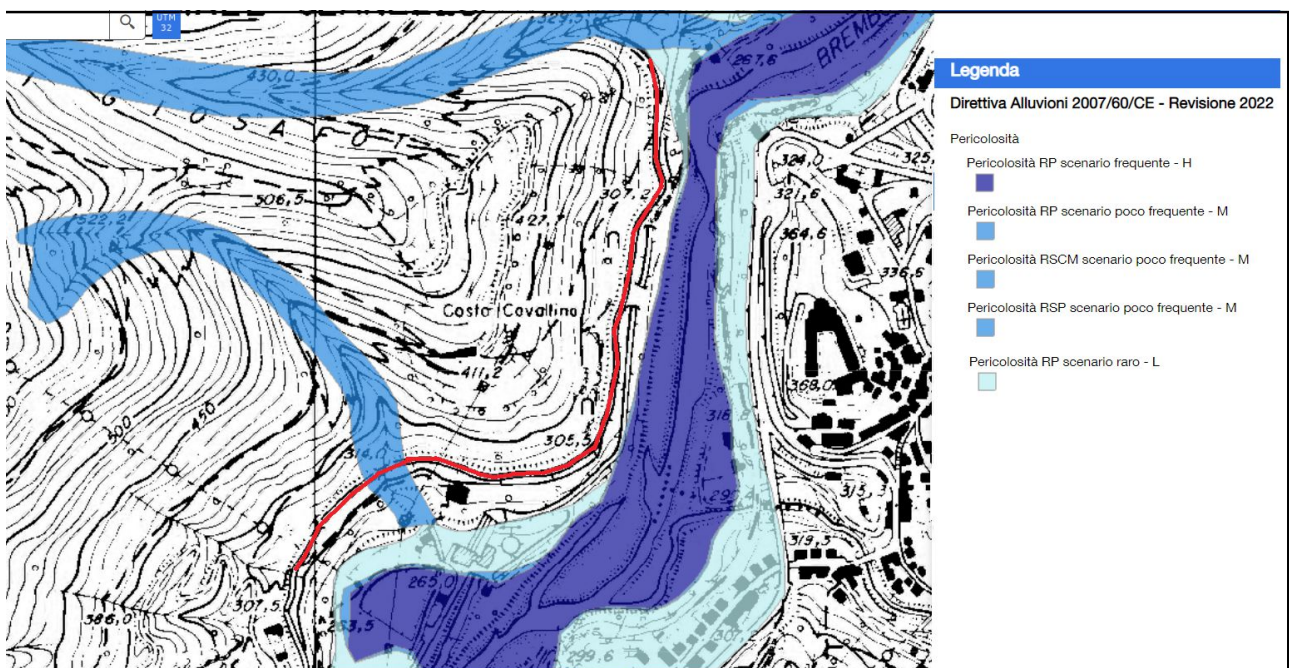


Figura 6. Estratto Carta Alluvioni. Tratto dal Geoportale Lombardia. Il tracciato stradale è evidenziato in rosso.

4. CARATTERISTICHE GEOSTATICHE

Il versante interessato dal presente progetto è soggetto, secondo la carta del dissesto idrogeologico, da due frane quiescenti.

La carta di sintesi indica le aree di vulnerabilità territoriale. La maggior parte del versante, oggetto del presente lavoro, è soggetta a crollo di massi. In particolare il versante con andamento nord sud procedendo da Bondo verso Clanezzo e poi la parte di versante tra l'incisione della valle a sud est di Costa Cavallina fino alla fine del tracciato.

E' invece potenzialmente soggetta ad instabilità superficiale tutto il versante a monte di quelli sopra citati e il tratto di versante esposto a sud interessato dal tracciato.

L'area, seppur molto acclive, presenta nel complesso discrete condizioni di stabilità d'insieme: non si riconoscono infatti fenomeni gravitativi profondi e di grandi dimensioni. Tale fatto è evidentemente dovuto alla presenza di roccia calcarea avente discrete caratteristiche meccaniche e con giacitura favorevole alla stabilità.

Le condizioni di grave pericolo sono invece dovute al fenomeno di caduta massi e di crollo di porzioni di masse rocciose. Questo fenomeno è ovviamente legato alla forte pendenza del versante, in alcuni casi pareti rocciose prossime a 90 gradi sull'orizzontale, e alla fratturazione dell'ammasso roccioso. La presenza di più piani di fratturazione, variamente orientati nello spazio, può isolare dei blocchi.

La Figura 12 indica appunto le infrastrutture a rischio frana che in questo caso è un fenomeno di crollo o caduta massi.

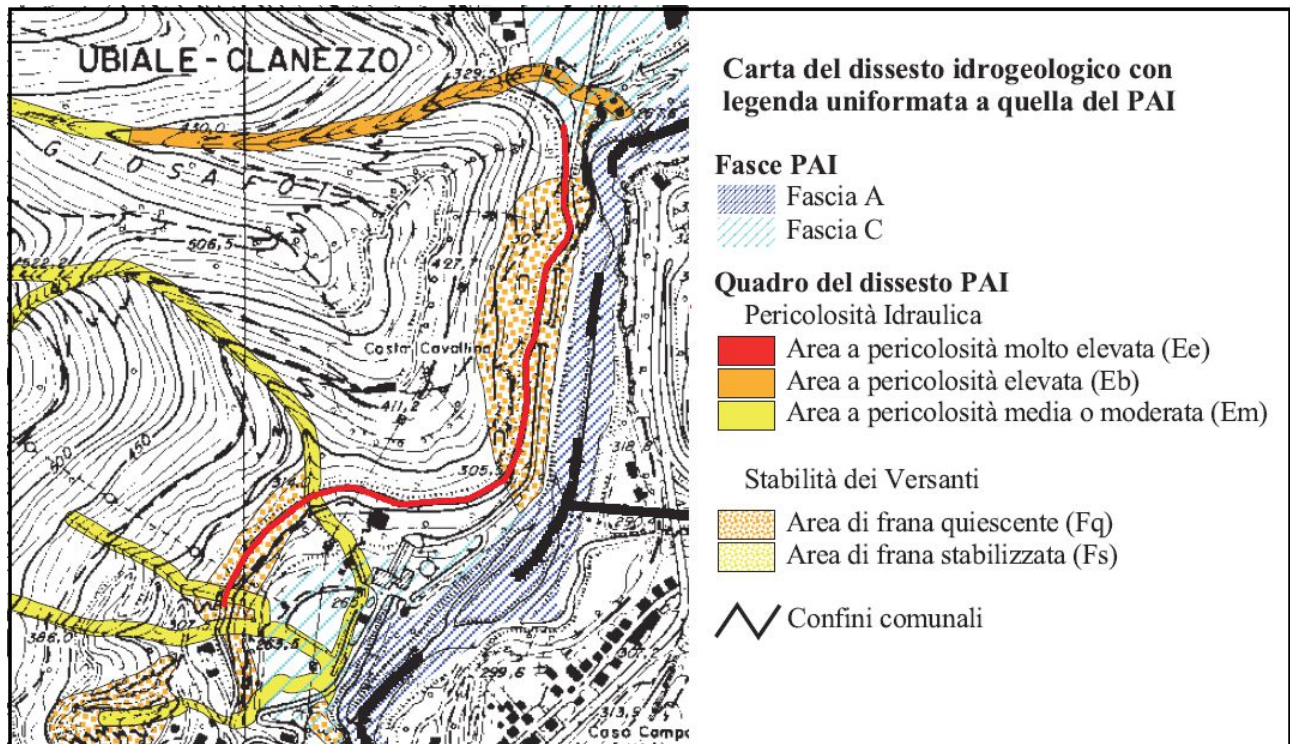


Figura 7. Carta del dissesto idrogeologico. Il tracciato è indicato in rosso.

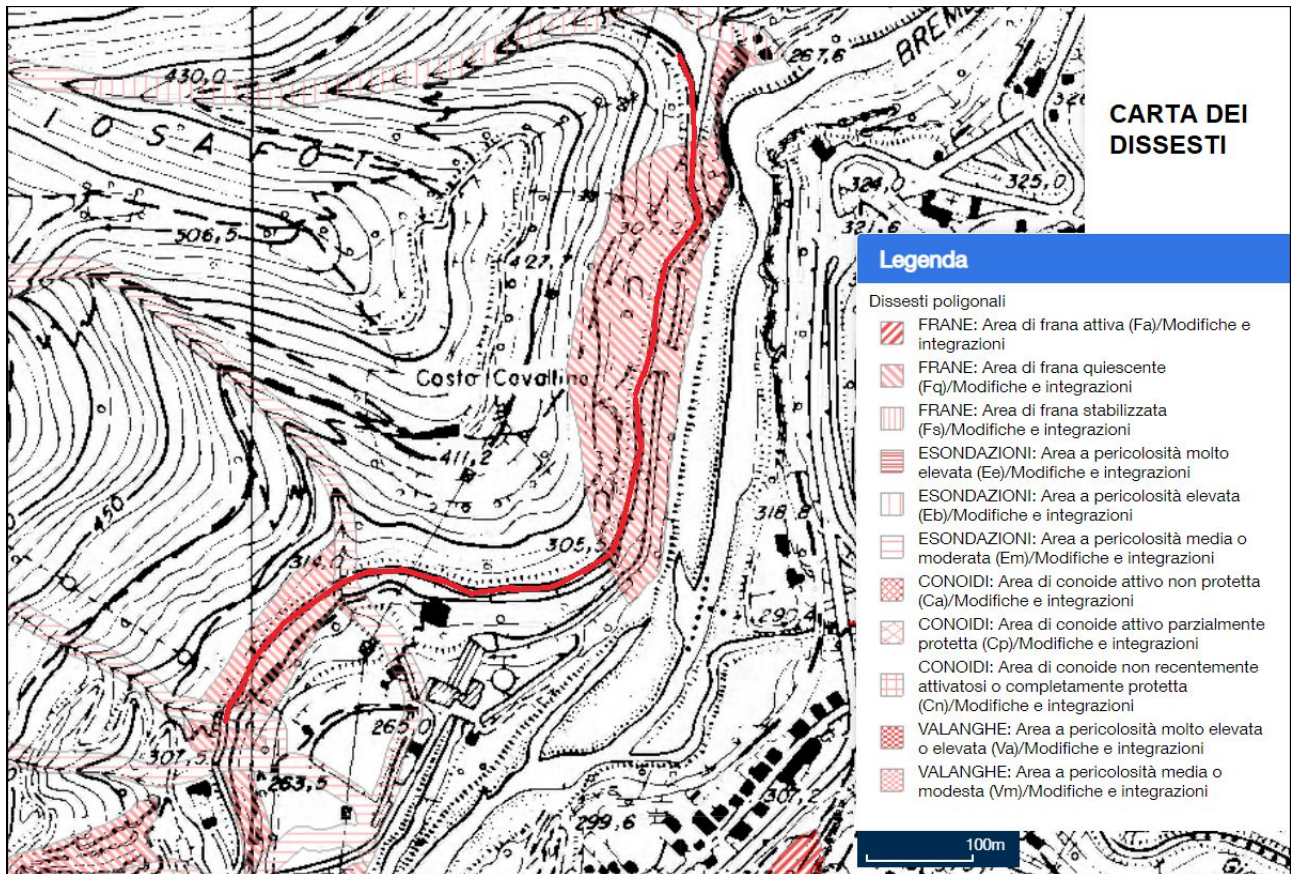


Figura 8. Dissesti. Tratta dal Geoportale della Regione Lombardia. Il tracciato è indicato in rosso.

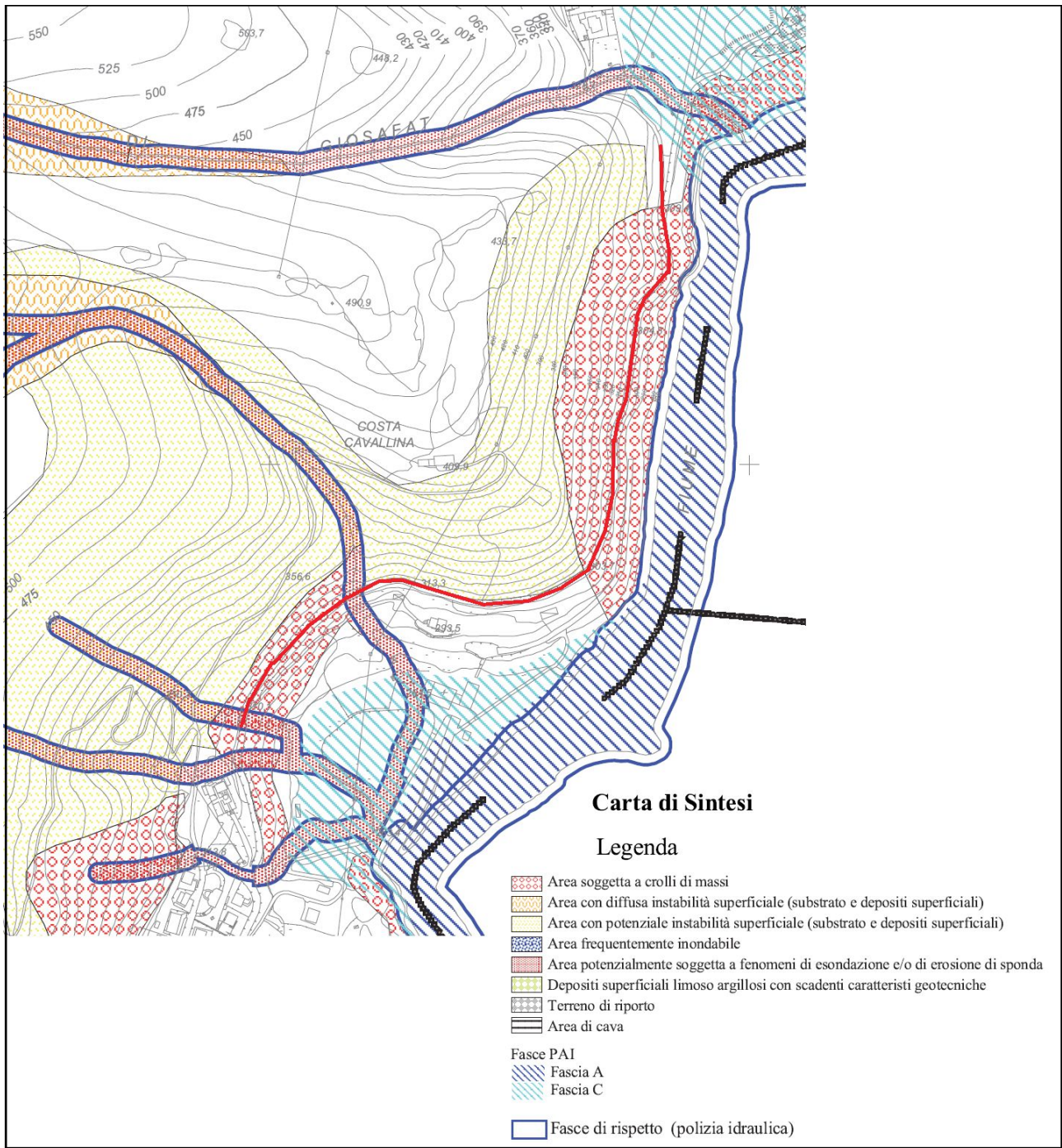


Figura 9. Carta di sintesi. Tratta dal PGT. Il tracciato è indicato in rosso.

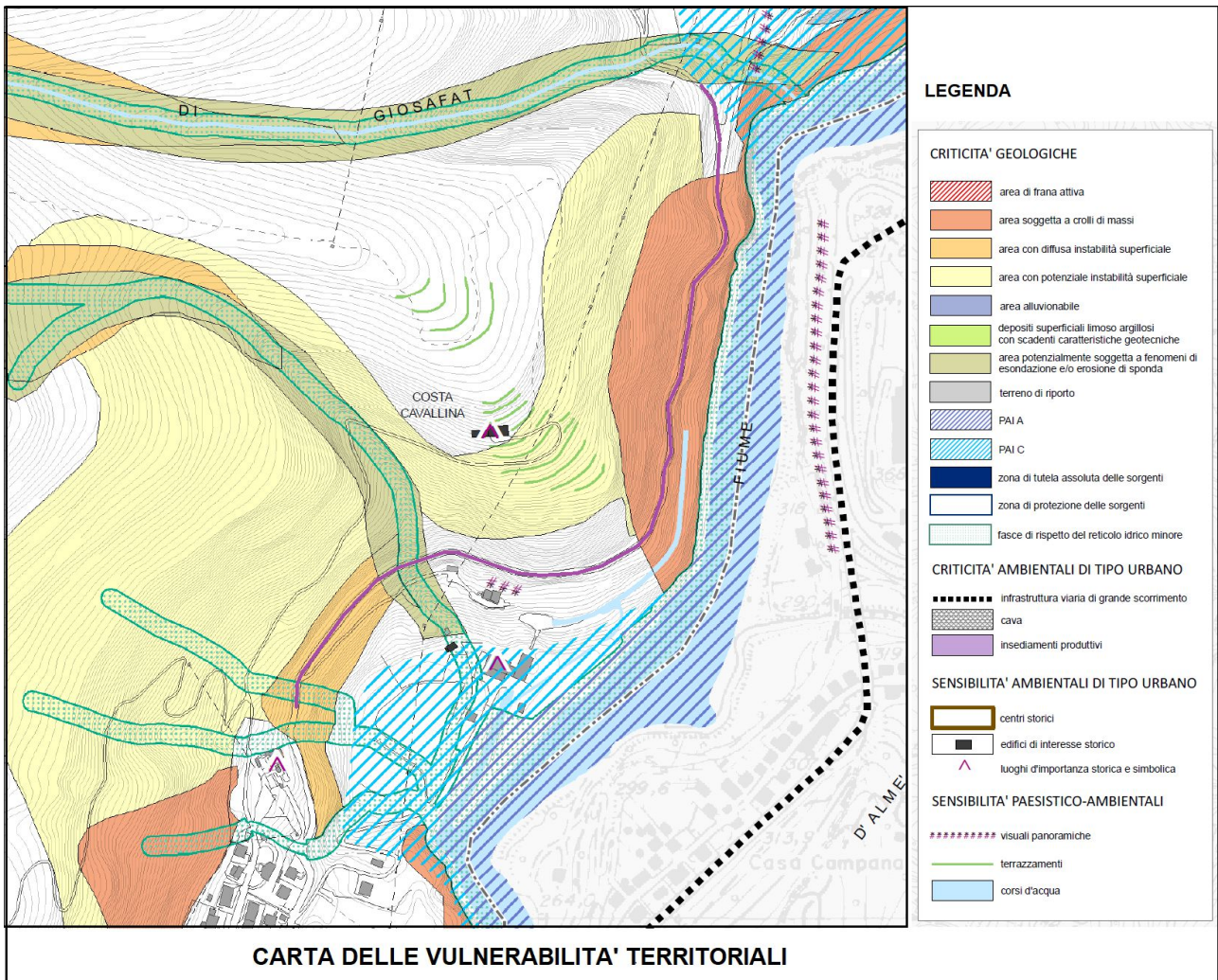


Figura 10. Carta delle vulnerabilità territoriali. Tratta dal PGT. Il tracciato è indicato in viola

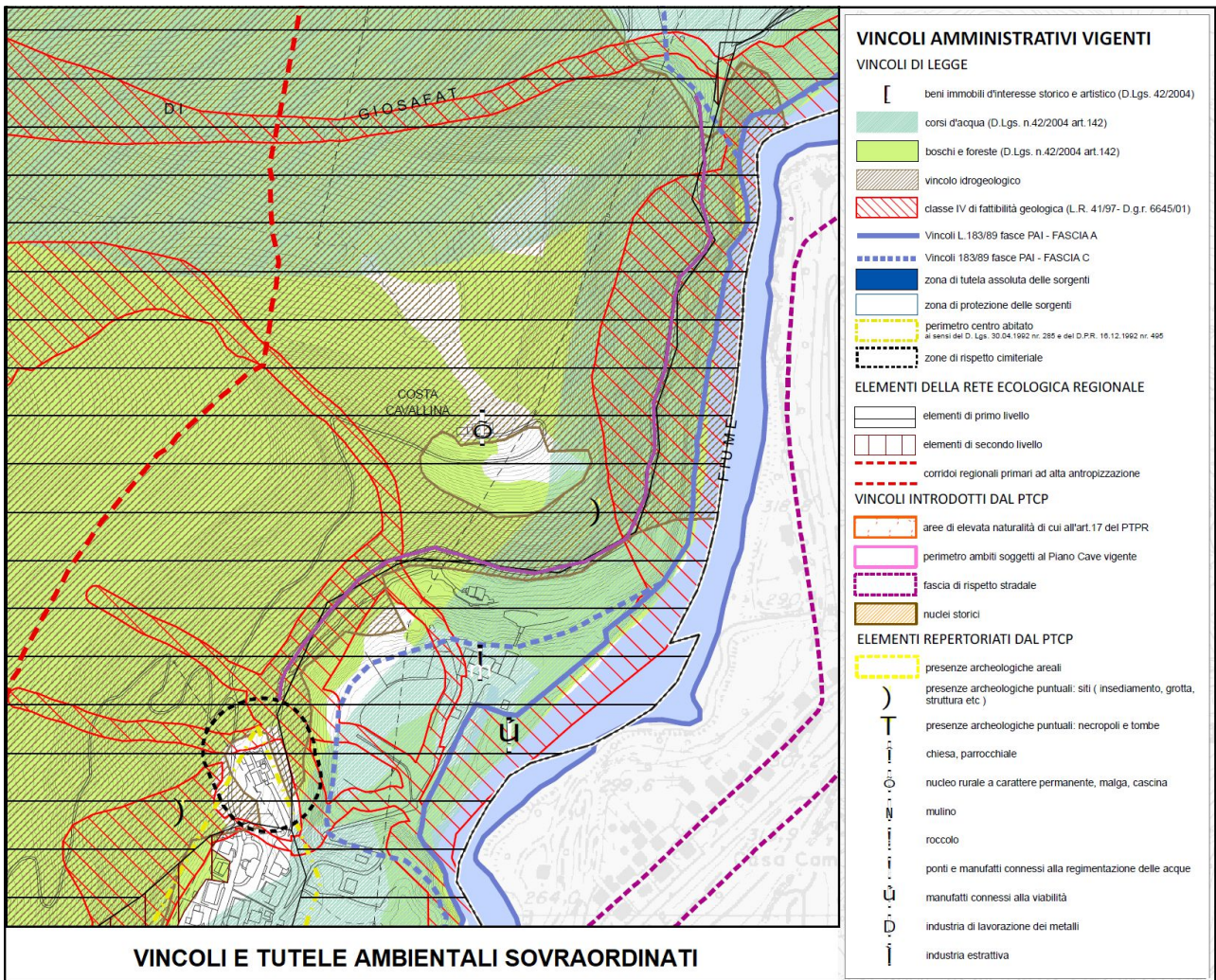


Figura 11. Carta dei vincoli e tutele ambientali sovraordinati. Tratta dal PGT. Il tracciato è indicato in viola

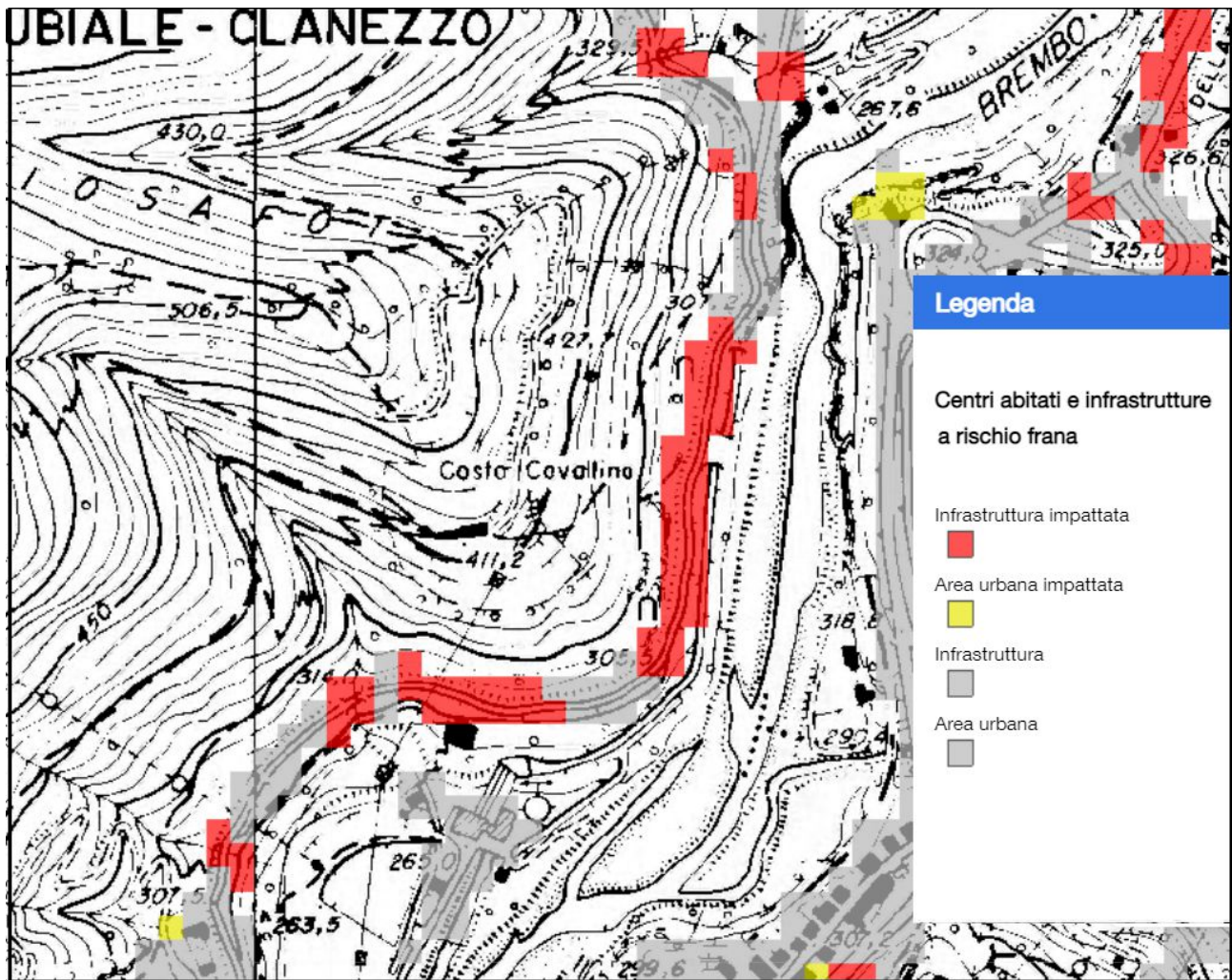


Figura 12. Centri abitati e infrastrutture a rischio frana. Tratta del Geoportale della Regione Lombardia.

6. STRATIGRAFIA E MODELLO GEOTECNICO

L'area ove è prevista la realizzazione delle barriere paramassi corrisponde alla parte mediana del versante. La parte superiore alta una trentina di metri e quella inferiore alta una ventina di metri, sono costituite da parete rocciosa a pendenza elevata. Il tratto mediano, sede delle nuove barriere paramassi, presenta invece pendenze meno accentuate che si attestano sui 35° - 45° sull'orizzontale. Nella parte superiore e inferiore del versante la roccia è affiorante mentre nella zona mediana la roccia è ricoperta da un sottile strato (0,5 - 1,0 m) di limo sabbioso con frammenti rocciosi.

Le indagini di campagna e la caratterizzazione meccanica della roccia affiorante (alterata/fratturata e sana) hanno permesso di definire i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso.

Il limo sabbioso con frammenti rocciosi presenta le seguenti proprietà:

γ = 16 - 17 kN/m ³	Peso di Volume
ϕ = 25° - 27°	Angolo di attrito interno
c' = 3 - 8 kPa	Coesione drenata
c_u = 20 - 40 kPa	Coesione non drenata

Allo strato superficiale fratturato e alterato dell'ammasso roccioso, costituito da **calcari e calcari con intercalazioni marnose** si possono attribuire i seguenti parametri:

γ = 24 – 25 kN/m ³	Peso di Volume
ϕ = 38° - 42°	Angolo di attrito interno
c' = 30 – 60 kPa	Coesione drenata
E = 40MPa	Modulo elastico

Lo strato profondo, costituito da roccia sana, presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

γ = 25 – 26 kN/m ³	Peso di Volume
ϕ = 54° - 56°	Angolo di attrito interno
c' = 350 – 370 kPa	Coesione drenata
E = 7200 MPa	Modulo elastico

Prove di carico

Sono state eseguite delle prove di carico eseguite su 5 ancoraggi di prova la cui ubicazione è indicata in Figura 13.

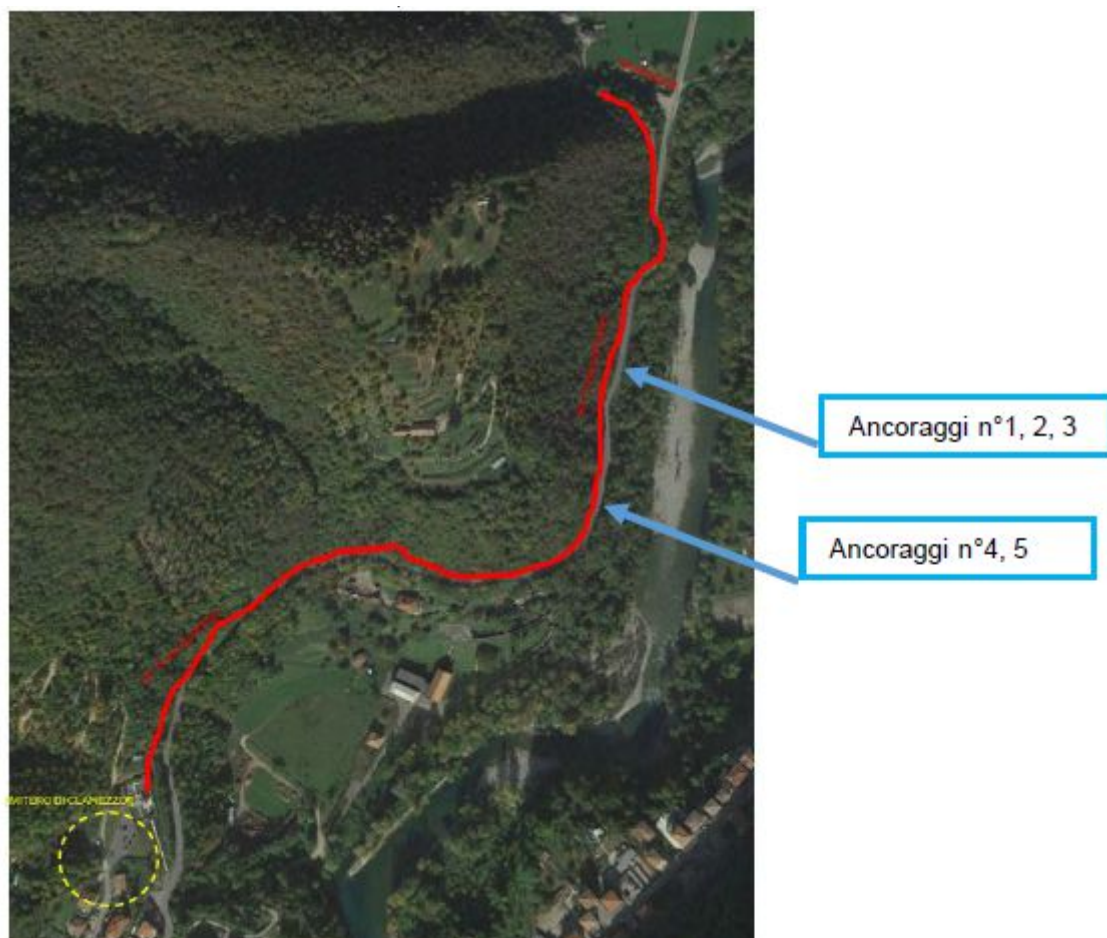


Figura 13. Estratto ortofoto con indicata la localizzazione delle prove di carico degli ancoraggi

Le prove sono state eseguite su ancoraggi aventi le medesime caratteristiche degli ancoraggi definitivi, ovvero:

- Barra d'armatura Ø24 mm, acciaio B450C, lunghezza 3 m, filettata all'estremità per una lunghezza di 25 cm.
- Diametro di perforazione Ø42 mm.
- Miscela di iniezione: 1 sacco di cemento bianco 525 da 25 kg ogni 15 lt di acqua.

Durante la fase di perforazione sono state individuate le seguenti stratigrafie a partire dalla superficie esterna:

- Ancoraggio N° 1 : roccia compatta per 3 m
- Ancoraggio N° 2 e 3: roccia compatta per 1,5 m, roccia dura per 0,5 m, roccia compatta per 1 m
- Ancoraggio N° 4 e 5: roccia compatta per 3 m.

Il tiro massimo di prova stimato P_c è pari a 204 kN, determinato dallo snervamento della barra di armatura ($24^2 \pi / 4 \cdot 450$).

Le prove di carico hanno evidenziato che

- le dimensioni degli ancoraggi e la loro lunghezza sono tali per cui lo snervamento della barra avviene prima della rottura per sfilamento.
- Il tiro massimo sopportato dall'ancoraggio prima dello snervamento risulta circa pari al 75 % del tiro di prova P_c . Tale aspetto è dovuto alla riduzione di sezione resistente della filettatura (rapporto tra le aree in mm^2 è di $353/452 = 0,78$)

5. CARATTERISTICHE SISMICHE

Il Comune di Ubiale Clanezzo è stato classificato sismico e rientra nella Zona 3

5.1 Lineamenti tettonici e sismici della zona

L'area indagata non è posta nelle vicinanze di faglie riconosciute sismicamente attive in documenti ufficiali pubblicati dalle autorità nazionali competenti.

Si ricorda che per faglia attiva si intende una faglia che si è rotta negli ultimi 40000 anni. Una faglia attiva è capace se raggiunge la superficie producendo una frattura del terreno.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica si può fare riferimento alle mappe elaborate dall'INGV (Mappe interattive di pericolosità sismica) che indicano il valore dello scuotimento ($PGA = \text{Peak Ground Acceleration}$; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, accelerazione di gravità corrispondente a $9,8 \text{ m/sec}^2$) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe a, $V_s > 800 \text{ m/s}$) e pianeggiante. (Figura 14)

Le coordinate geografiche selezionate indicano un nodo della griglia e per esso sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

Si riportano il grafico e la tabella con i valori dello scuotimento PGA per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). (Figura 15)

Gli spettri a pericolosità uniforme indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dai modelli di pericolosità. I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. (Figura 16)

La disaggregazione della pericolosità sismica è un'operazione di tipo statistico che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità del sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza ($M - R$) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di Magnitudo M per una probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni. (Figura 17)

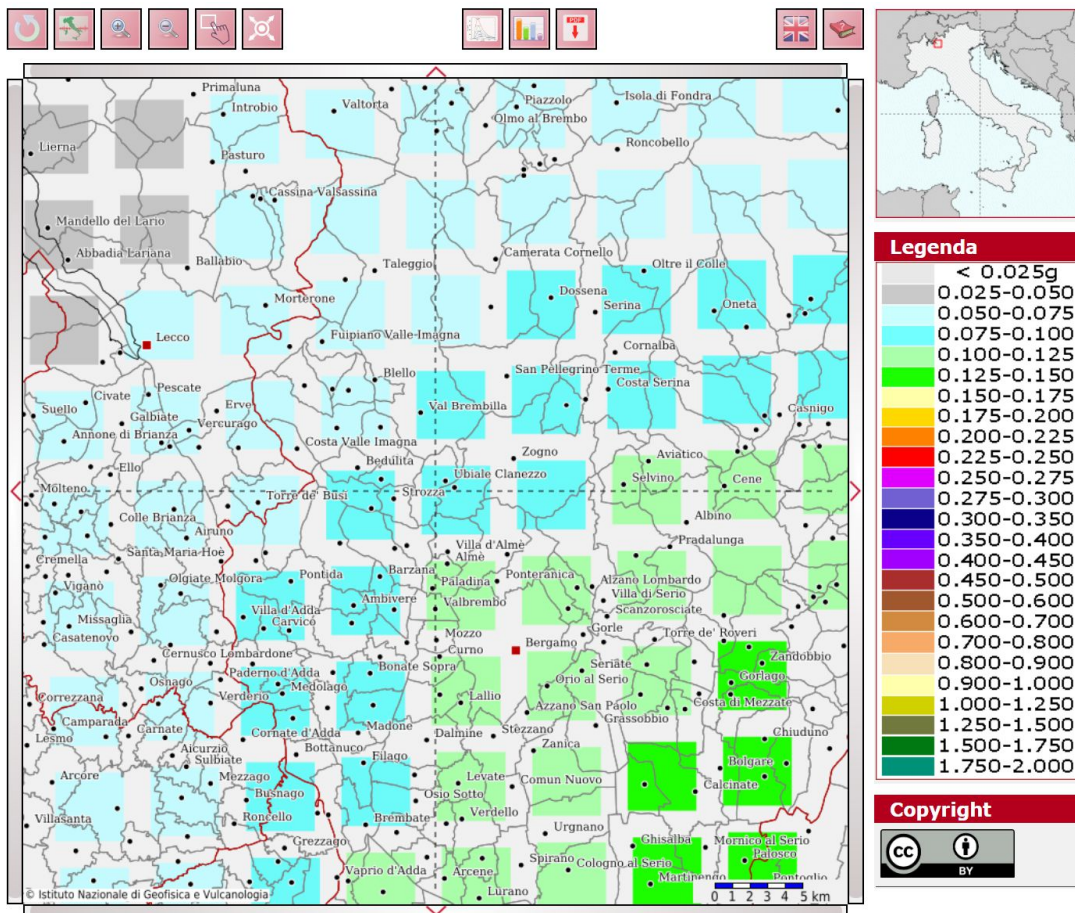
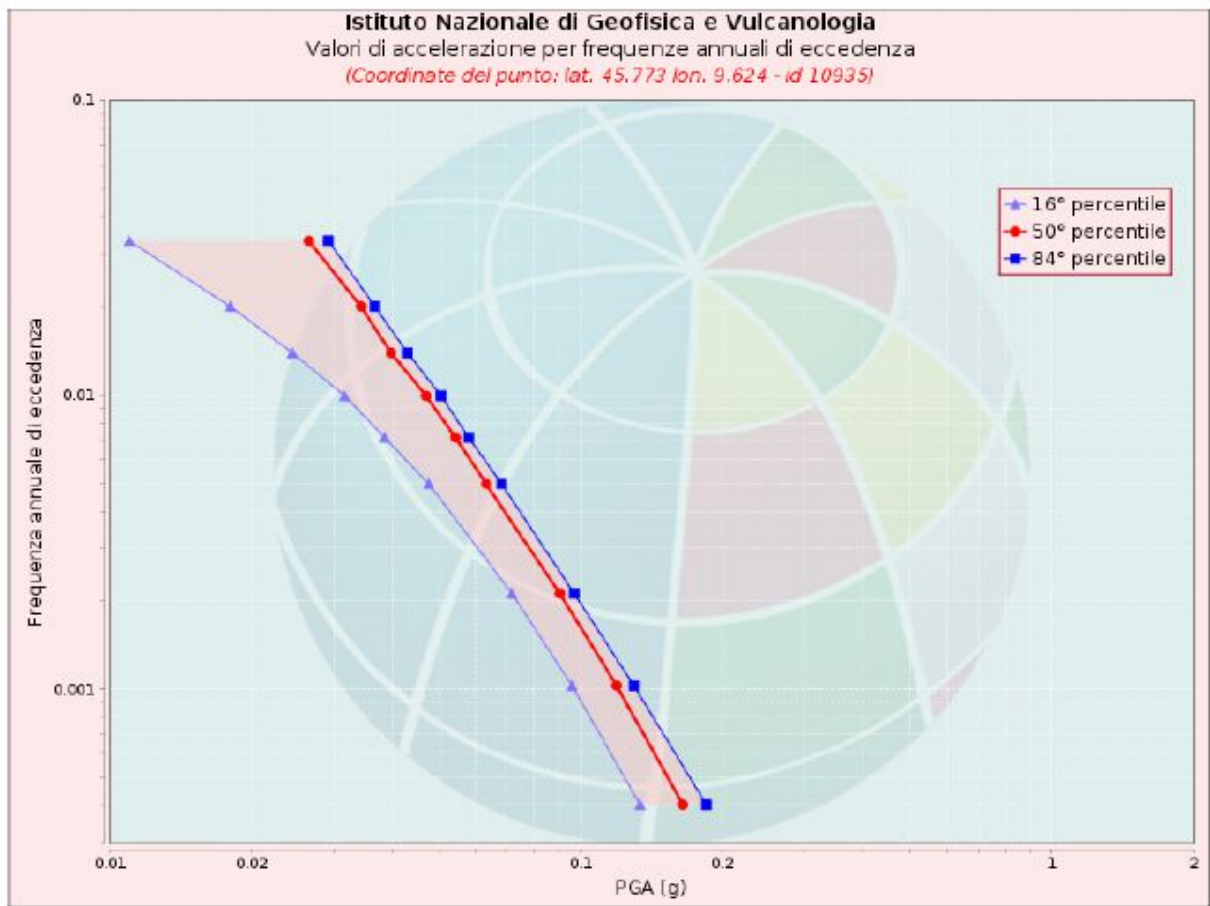
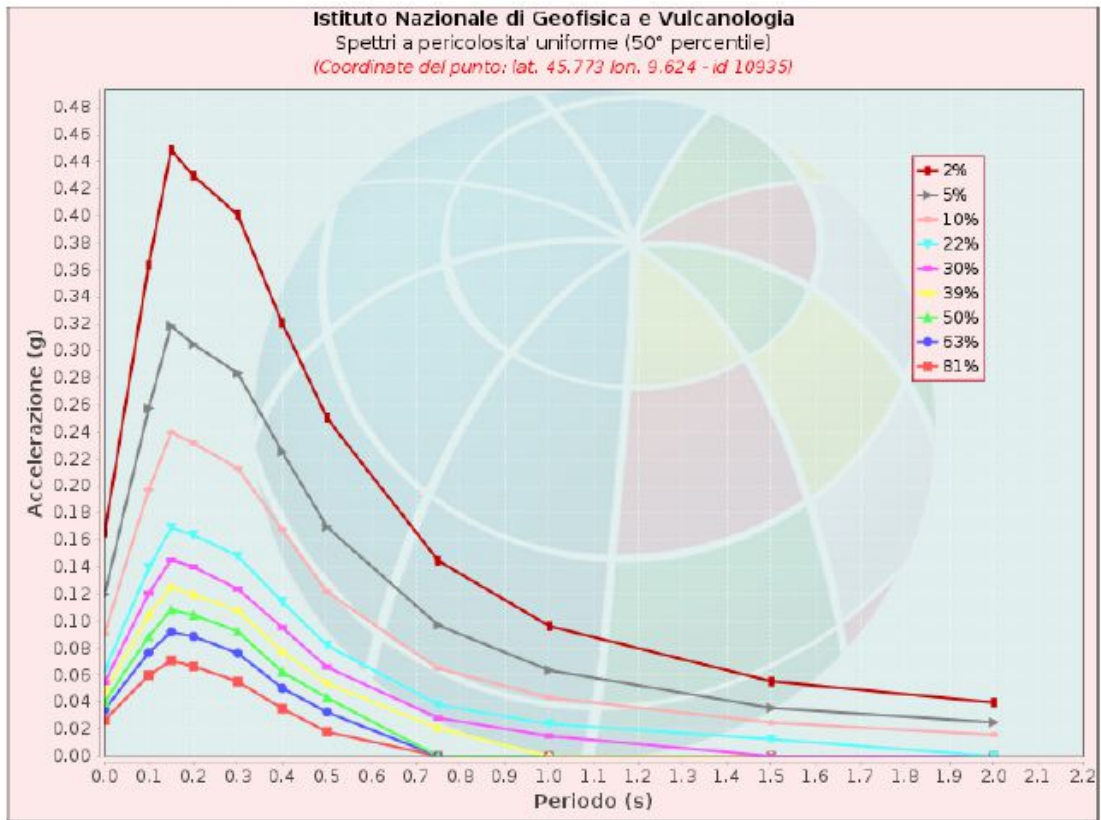


Figura 14. Mappe Interattive di Pericolosità Sismica



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.134	0.165	0.185
0.0010	0.096	0.119	0.130
0.0021	0.072	0.090	0.097
0.0050	0.048	0.063	0.068
0.0071	0.038	0.054	0.058
0.0099	0.032	0.047	0.051
0.0139	0.024	0.040	0.043
0.0199	0.018	0.034	0.037
0.0332	0.011	0.027	0.029

Figura 15. Grafico e tabella con i valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE in 50 anni	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.165	0.363	0.448	0.429	0.400	0.320	0.250	0.145	0.096	0.055	0.040
5%	0.119	0.257	0.318	0.304	0.283	0.225	0.170	0.097	0.063	0.036	0.025
10%	0.090	0.197	0.239	0.231	0.213	0.167	0.122	0.065	0.043	0.025	0.016
22%	0.063	0.139	0.169	0.164	0.148	0.114	0.082	0.038	0.024	0.012	0.000
30%	0.054	0.120	0.145	0.140	0.124	0.095	0.066	0.028	0.015	0.000	0.000
39%	0.047	0.104	0.125	0.119	0.108	0.077	0.054	0.021	0.000	0.000	0.000
50%	0.040	0.088	0.108	0.104	0.092	0.062	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000
63%	0.034	0.077	0.092	0.089	0.076	0.050	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000
81%	0.027	0.060	0.071	0.066	0.055	0.035	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 16. Grafico e tabella Spettri a pericolosità uniforme

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 45.773 lon. 9.624 - id 10935)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0- 5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	15.5000	17.3000	4.5700	0.9020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	11.8000	17.1000	6.5200	1.6900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	3.6500	6.8800	3.7000	1.2600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.8160	2.1100	1.5300	0.6440	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0826	0.6130	0.6770	0.3560	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.1210	0.3570	0.2690	0.0047	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0079	0.1680	0.2660	0.1650	0.0287	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0496	0.1690	0.1430	0.0267	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0083	0.0861	0.0948	0.0190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0362	0.0602	0.0130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0119	0.0365	0.0086	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.0215	0.0056	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0121	0.0037	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0061	0.0025	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.76	15.6	0.608

Figura 17. Tabella - Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni

5.2 Categoria sottosuolo e condizioni topografiche

Il suolo in esame, viste le caratteristiche litologiche dell'area, rientra nella categoria A secondo la seguente classificazione:

Categoria suolo

Categoria	Caratteristiche del suolo
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	Depositati 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	Depositati 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

Categoria topografica

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 $i > 30^\circ$

5.3 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

L'azione sismica, per lo stato limite ultimo, viene calcolata con lo spettro di risposta elastica proposto dalle "NTC 2018".

Si considera pari a 50 anni la vita nominale dell'opera oggetto della relazione (tipo di costruzione 2) da cui:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 2 = 100 \text{ (periodo di riferimento per l'azione sismica)}$$

Dove C_U è il coefficiente d'uso pari a 2 (classe d'uso IV)

Si può quindi definire il periodo di ritorno T_R :

$$T_R = -V_R / [\ln(1-P_{vr})] = -100 / [\ln(1-0,1)] = 949 \text{ anni}$$

Dove P_{vr} è la probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R , dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV) pari al 10%.

Si vanno ora ad individuare i valori di a_g , F_o e T^*c per un periodo di ritorno di 949 anni.

Con le coordinate del sito si ottengono i seguenti valori:

$$a_g/g = 0,116$$

$$F_o = 2,462$$

$$T^*c = 0,285 \text{ s}$$

Si possono quindi calcolare il coefficiente S ed i periodi T_B , T_C e T_D che definiscono lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali:

$$S = S_S \times S_T$$

Dove: S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente di amplificazione topografica

Amplificazione stratigrafica

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Amplificazione topografica

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Pertanto:

$$S_s = 1 \text{ (categoria suolo A)}$$

$$S_T = 1,2$$

$$S = 1,2$$

$$T_c = C_c \times T_c^* \quad \text{dove : } C_c = 1$$

$$T_c = 0,285 \text{ s}$$

$$T_B = T_c / 3 = 0,095 \text{ s}$$

$$T_D = 4 \times a_g/g + 1,6 = 2,065 \text{ s}$$

5.4 Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale

$$a_{gv}/g = 0,053$$

Si possono quindi calcolare il coefficiente S ed i periodi T_B , T_C e T_D che definiscono lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali:

$$S = S_s \times S_T$$

Dove : S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente di amplificazione topografica

$$S_s = 1$$

$$S_T = 1,2$$

$$T_c = 0,150 \text{ s}$$

$$T_B = 0,050 \text{ s}$$

$$T_D = 1,000 \text{ s}$$

$$S = 1,2$$

$$F_v = 1,35 F_o (a_g/g)^{0,5} = 1,133$$

Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale:

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

5.5 Spostamento orizzontale e velocità orizzontale del terreno

I valori dello spostamento orizzontale d_g e della velocità orizzontale v_g massimi sono dati dalle seguenti espressioni:

$$d_g = 0,025 a_g S T_C T_D$$

$$v_g = 0,16 a_g S T_C$$

e quindi:

$$d_g = 0,002 \text{ m}$$

$$v_g = 0,006 \text{ m/s}$$

5.6 Accelerazione orizzontale massima

L'accelerazione orizzontale massima al sito è di:

$$a_{\max} = S \times a_g/g = 0,14 \text{ g}$$

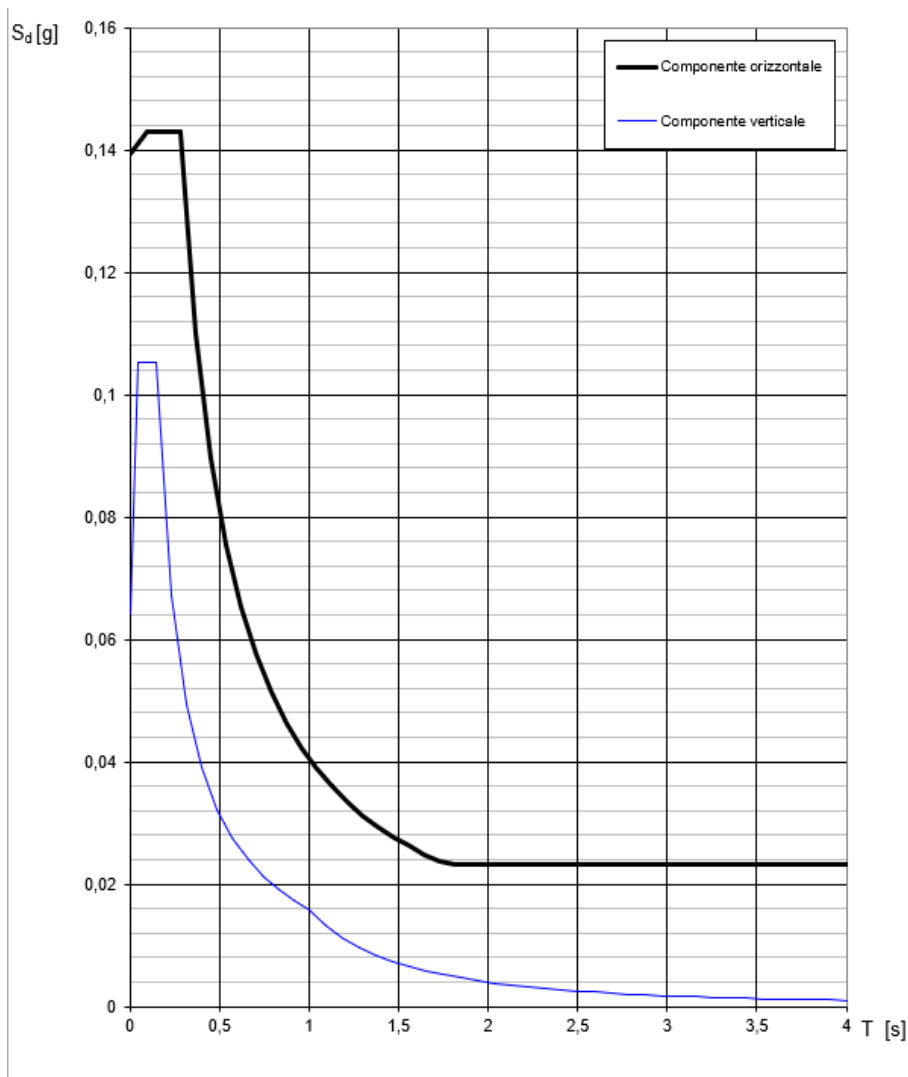


Figura 18. Spettri di risposta delle componenti orizzontale e verticale per lo stato limite SLV

5.7 Microzonazione sismica

Secondo la carta della pericolosità sismica locale il tracciato in esame ricade in Zona Z1b e Z1c: Zone instabili caratterizzate da movimenti franosi quiescenti e zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana.

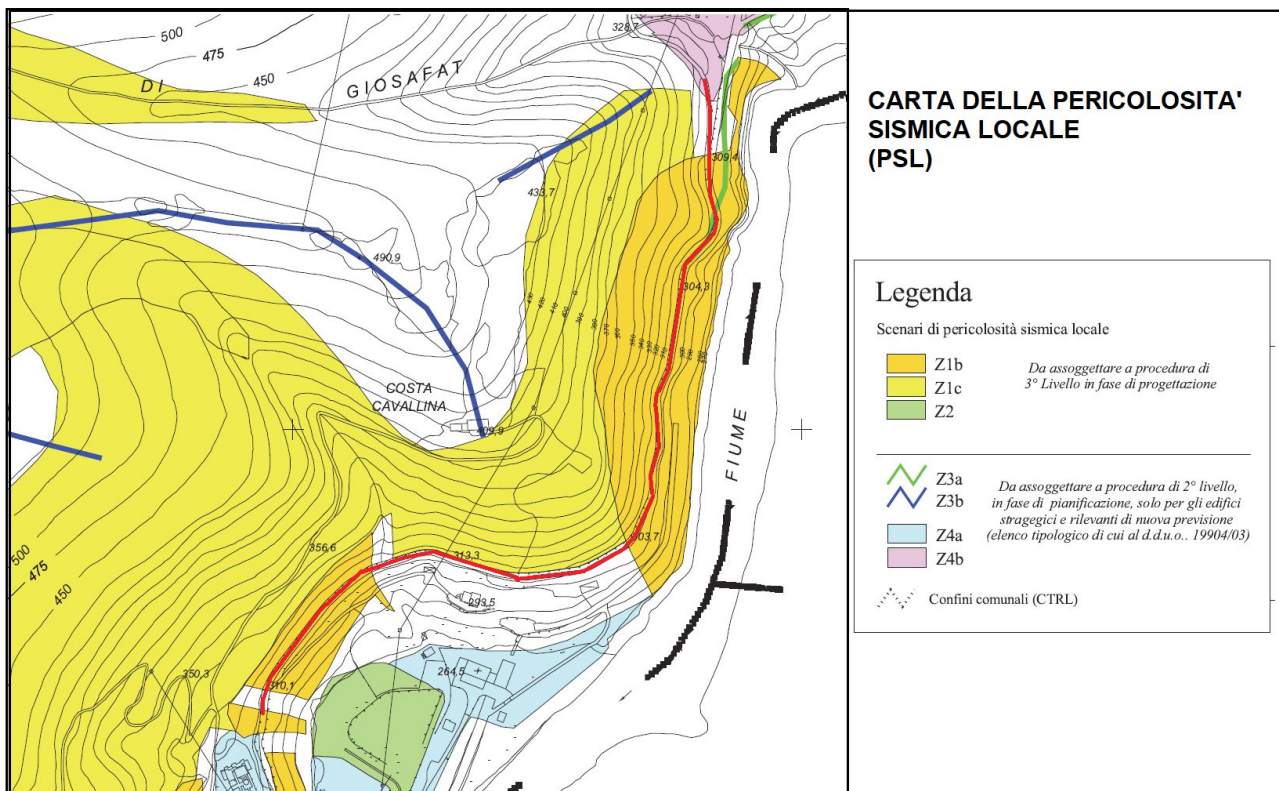


Figura 19. Carta della pericolosità sismica locale (PSL). Tratta del PGT. Il tracciato è indicato in rosso.

6. ANALISI CADUTA MASSI

Per caduta massi s'intende il fenomeno di distacco e di successivo movimento verso valle di blocchi per lo più isolati da pareti rocciose particolarmente acclivi e interessate da fratturazione. Lo studio del fenomeno di caduta massi ha lo scopo di individuare:

- la massima distanza percorribile dal masso distaccato;
- la traiettoria più probabile per la realizzazione delle opere di difesa;
- la massima energia di impatto che dovrà essere dissipata dalla singola opera di difesa.

L'analisi del fenomeno è stata eseguita in due fasi distinte:

- fase di rilievo in campagna dei dati relativi ai distacchi avvenuti in passato
- fase di simulazione numerica complessiva dei distacchi prevedibili in futuro; zone di distacco, traiettorie prevedibili lungo sezioni bidimensionali e punti di arresto dei blocchi. Utilizzando il programma MASCO 2d (Program Geo) al fine di dimensionare, ubicare e verificare l'efficacia e l'efficienza delle opere passive da realizzare.

6.1 Rilievo di campagna

E' stato eseguito un rilievo di campagna che è consistito nell'individuazione delle aree di distacco di blocchi rocciosi e su queste è stato condotto un rilievo geomeccanico speditivo per caratterizzare l'ammasso roccioso dal punto di vista geometrico (numero di famiglie di discontinuità meccaniche, giaciture delle singole famiglie, spazature, ecc.) allo scopo di stimare il volume roccioso unitario massimo (V_m) calcolabile attraverso la relazione di Hudson e Priest (1979)

$$V_m = 8 / (S_1 + S_2 + S_3)$$

con S_1 , S_2 , S_3 , = spazature medie tra le famiglie principali di discontinuità, che fornisce una indicazione delle dimensioni massime dei blocchi che si possono staccare dalla parete.

Il rilievo di campagna ha permesso inoltre di ricostruire le traiettorie dei massi caduti in passato osservando solchi lasciati dal rimbalzo o dal rotolamento sul terreno, l'impatto contro alberi o contro affioramenti. E' stata osservata la distribuzione dei massi caduti ai piedi del versante, misurata la loro distanza dal versante stesso e determinato il volume dei massi.

6.2 Analisi numerica caduta massi

6.2.1. Modello bidimensionale

La simulazione numerica del fenomeno di caduta massi permette di fare delle previsioni sul comportamento cinematico di singoli blocchi rocciosi staccatisi del versante.

Nel modello il moto viene supposto bidimensionale, cioè sul piano x,z , con un pendio discretizzato in una serie di segmenti retti. Il masso inoltre può esser supposto puntiforme, considerando cioè solo il moto del suo baricentro, o approssimato ad un ellissoide triassiale.

Il modello richiede una serie di parametri riguardanti il blocco in caduta e in versante.

Per quanto riguarda il blocco in caduta sono richiesti i seguenti parametri:

- Volume del masso
- Dimensioni degli assi a,b,c , dell'ellissoide che approssima il masso
- Peso di volume del masso
- Velocità iniziale lungo gli assi x e z (diversa da zero se il blocco è sollecitato inizialmente da altre forze oltre alla forza di gravità, ad es. evento sismico).

Per quanto riguarda il versante, per ogni singolo tratto del versante stesso, sono richiesti i seguenti parametri:

- Coefficiente di restituzione (E) definito come il rapporto V_1/V_0 tra la velocità prima (V_0) e dopo l'impatto (V_1) del masso con il terreno; è uguale a 0 nel caso di urto anelastico, uguale a 1 nel caso di urto elastico. Il valore di E dipende dalla litologia e dalla morfologia del versante
- Angolo di attrito masso-versante (ϕ). Nei tratti di pendio in cui il masso si muove rotolando o scivolando, l'energia cinetica viene dissipata attraverso l'attrito che si sviluppa tra blocco e versante.

6.2.2 Equazione del moto

Le forze che condizionano il moto del masso in movimento lungo il versante sono la forza di gravità e l'attrito masso-versante.

Il moto avviene per caduta libera, per rotolamento e per scivolamento. I calcoli vengono eseguiti con le equazioni proposte da Piteau e Clayton (1977) e da Bassato et al. (1985).

Masso in caduta libera e traiettoria da saltellamento.

Questo tipo di moto è dominante per pendii con inclinazione superiore a 45° (Ritchie, 1963).

Il masso inizialmente si muove senza contatto con il pendio. La velocità finale di caduta del masso

prima dell'impatto con il terreno è data dalla seguente equazione:

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot d}$$

con:

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$ accelerazione di gravità
 d = distanza percorsa in aria dal masso

In seguito all'urto con il terreno il blocco viene proiettato in avanti con una velocità data da:

$$V = \sqrt{(V_i \cdot \sin \beta)^2 \cdot E + (V_i \cdot \cos \beta)^2 \cdot (E \cdot 0.3^{\log E})}$$

con:

V_i = velocità di impatto
 β = angolo di incidenza della traiettoria del masso rispetto il versante
 E = coefficiente di restituzione dell'energia

Masso in rotolamento o scivolamento

Questo tipo di moto è dominante per pendii con inclinazione inferiore a 45° (Ritchie, 1963).

Il blocco, nel caso di rotolamento, si muove con moto di rototraslazione lungo il pendio, attraverso una serie di piccoli rimbalzi o, nel caso di scivolamento, con un moto di traslazione pura, mantenendo il contatto con la superficie del pendio lungo una faccia, generalmente la più estesa arealmente.

La velocità finale del masso al termine del tratto di pendio considerato può essere valutata attraverso la relazione:

$$V = \sqrt{V_i^2 + (10/7) \cdot g \cdot s \cdot (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \varphi)}$$

nel caso di moto per rotolamento, o con la formula:

$$V = \sqrt{V_i^2 + (10/7) \cdot g \cdot s \cdot (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \varphi)}$$

nel caso di moto per scivolamento.

Con

V_i = Velocità iniziale lungo il tratto di pendio considerato
 s = distanza percorsa dal masso lungo il tratto
 α = inclinazione del pendio
 φ = angolo di attrito terra-masso

Il passaggio da un moto di rotolamento ad uno di scivolamento, nel caso di un masso approssimato da un ellissoide triassiale, avviene quando è verificata la relazione:

$$E < \Delta H \cdot g \cdot m$$

Dove:

ΔH = differenza fra il semiasse maggiore a e quello minore c ($a-c$)

g = accelerazione di gravità

m = massa del blocco

$E = 0,5 \cdot m \cdot V^2 + 0,5 \cdot I \cdot \omega^2$

I = momento di inerzia del blocco, uguale a $(2/5)mR$ per un massa sferico

ω = velocità angolare del blocco (velocità di rotazione del massa)

6.3 Calibrazione del modello numerico

La calibrazione del modello è stata effettuata sulla base dei dati acquisiti in campagna (traiettorie e distribuzione dei massi al piede del versante).

Nel modello utilizzato il moto è supposto bidimensionale, con il pendio discretizzato in una serie di segmenti retti.

Per quanto riguarda le caratteristiche del “masso di progetto”, le analisi eseguite in zona hanno evidenziato che le masse in dubbio o precarie condizioni di stabilità presenti sul pendio hanno volumi compresi fra 2 e 20 m³ e che il Volume roccioso unitario, a causa delle notevole fratturazione della roccia, è generalmente inferiore a 0,5 m³.

Viste le particolari condizioni morfologiche, è apparso comunque necessario considerare anche massi di dimensioni maggiori, data la ridotta possibilità di frantumazione dei massi in caduta, legata alla verticalità del versante. Si è pertanto adottato come “masso di progetto” un massa, supposto puntiforme con volume pari a 2 m³ e peso specifico di $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

Relativamente alla forma del massa, si è considerata quella sferica ($a=b=c$) e discoidale tabulare ($a=b$; $c/a=0,3$), che danno luogo alle maggiori energie di caduta, che quella parallelepipedica ($c/a=0,5$; $b/a=0,5$), che determina energie inferiori ma che, a causa delle variabili possibilità di impatto e della rotazione, può dare traiettorie con maggiore altezze rispetto al profilo del pendio.

Non sono stati considerati fenomeni di frantumazione dei blocchi in corrispondenza dei punti di impatto.

La zona di distacco dei massi è stata posta nella parte alta del versante e la velocità iniziale di caduta è stata assunta pari a 1 m/s.

L'angolo di uscita del massa, dopo l'impatto è stato scelto casualmente attraverso una distribuzione di probabilità uniforme, in un intervallo compreso tra l'inclinazione del versante e un dato angolo massimo. Tale angolo, al fine di ottenere traiettorie compatibili con i dati di osservazione è compreso tra i 17° e i 22° rispetto all'orizzontale.

6.4 Risultati

Tutte le sezioni analizzate sono caratterizzate dalla presenza di roccia affiorante nel tratto superiore, di una sottile falda detritica alternata a roccia più fratturata nella parte mediana della sezione e ancora roccia affiorante con vario grado di fratturazione nella zona inferiore.

Il moto di caduta è caratterizzato essenzialmente da rimbalzi con volo libero nella parte superiore e inferiore del pendio (roccia affiorante e pendenze elevate) e da rimbalzi con rotolamento nel tratto centrale meno acclive.

Vengono riportate le simulazioni in corrispondenza della sezione la cui traccia è riportata nella cartografia (Figura 20).

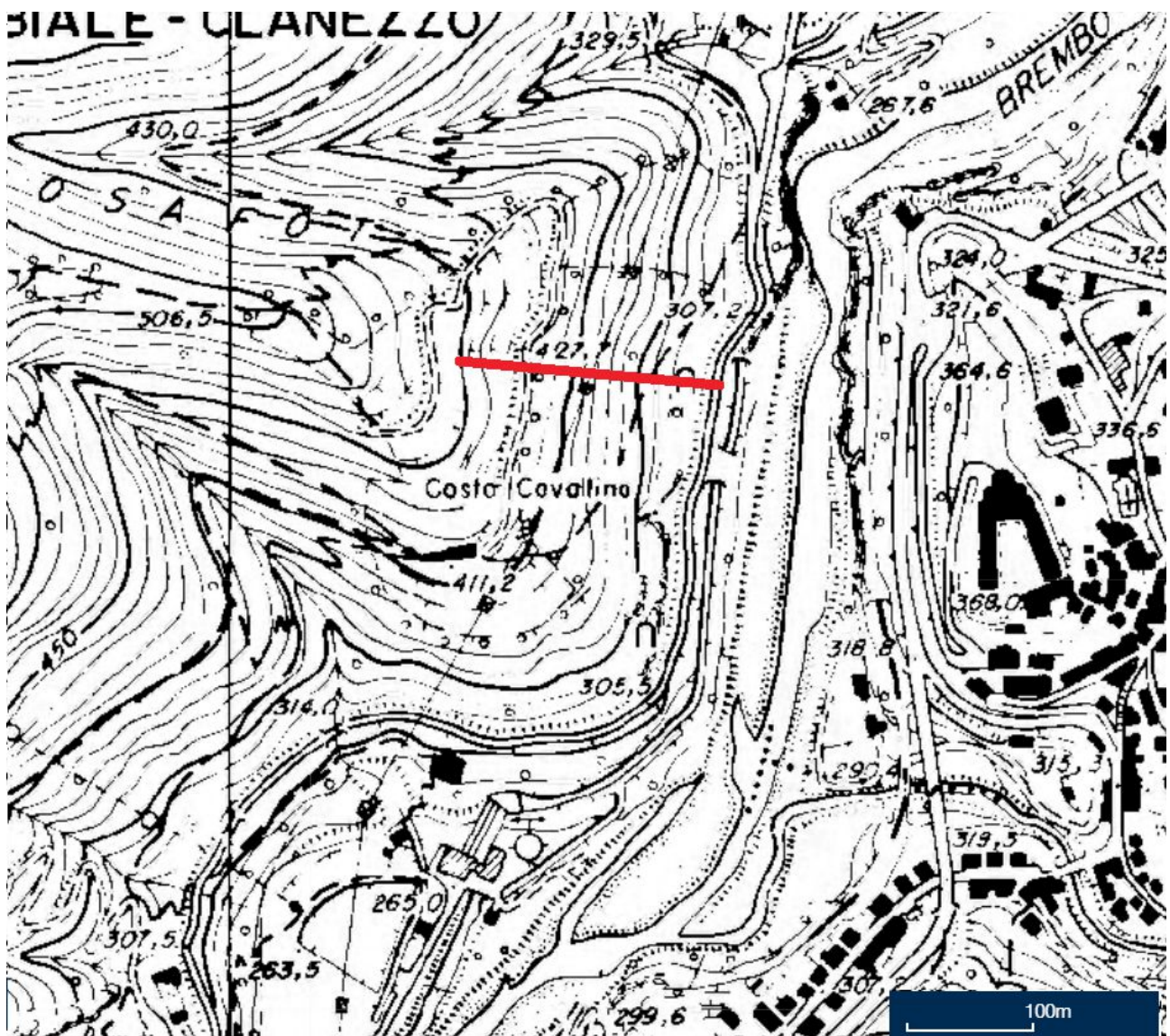


Figura 20. Ubicazione della traccia della sezione tipo di verifica della caduta massi

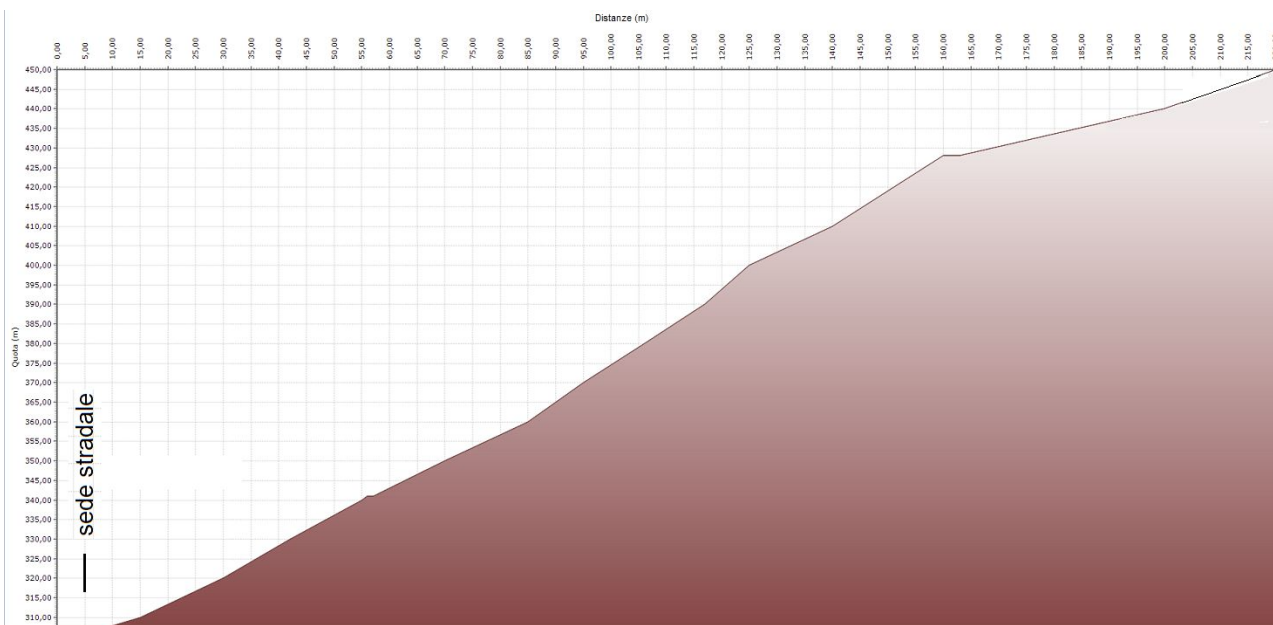


Figura 21. Sezione tipo di verifica della caduta massi

6. INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA DEL TRATTO STRADALE

Sulla base delle indagini effettuate e delle analisi di stabilità sono stati definiti gli interventi per la messa in sicurezza del tratto stradale tra l'abitato di Clanezzo e l'abitato di Bondo.

Dato l'elevato costo delle opere per la messa in sicurezza del tratto stradale, lo stesso è stato suddiviso in lotti.

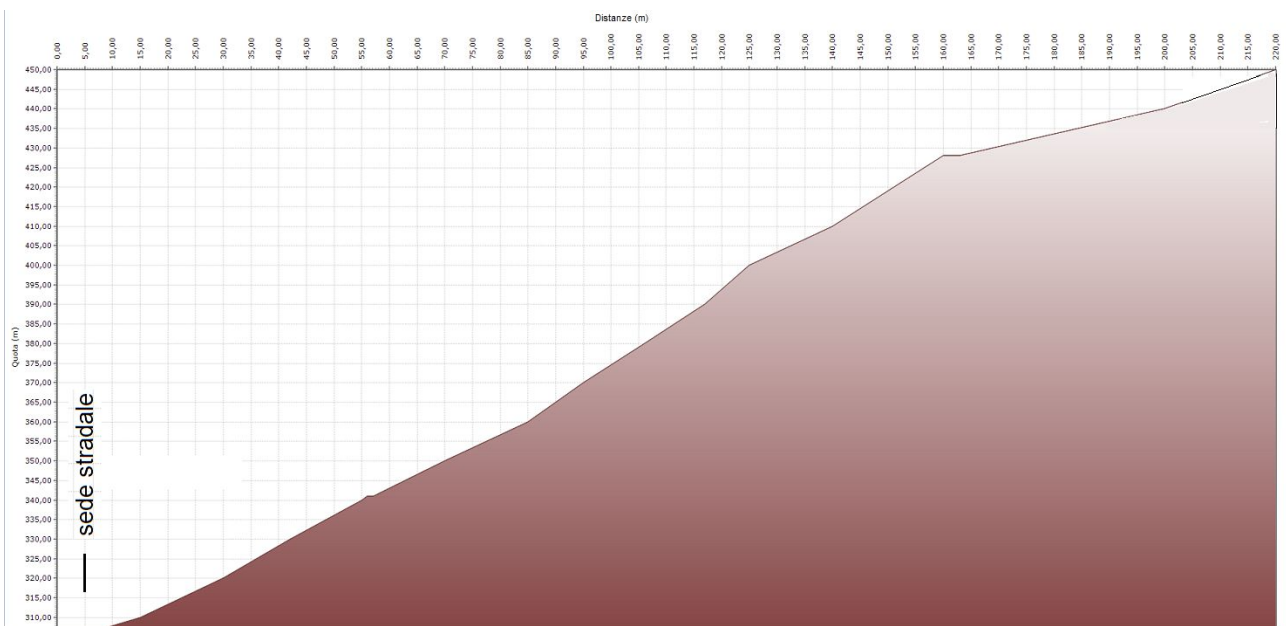


Figura 20. Ortofoto con divisione in lotti.

Gli interventi interessano la parte centrale cioè il tratto 2A-2 (Lotto 1).

VERIFICA CROLLO MASSI

Profilo topografico		
N.	distanza(m)	quota(m)
1	0,0	307,0
2	8,0	307,0
3	10,0	310,0
4	30,0	320,0
5	42,0	330,0
6	55,0	340,0
7	56,0	341,0
8	57,0	341,0
9	70,0	350,0
10	85,0	360,0
11	95,0	370,0
12	106,0	380,0
13	117,0	390,0
14	125,0	400,0
15	140,0	410,0
16	160,0	428,0
17	163,0	428,0
18	200,0	440,0
19	220,0	450,0



Parametri pendio

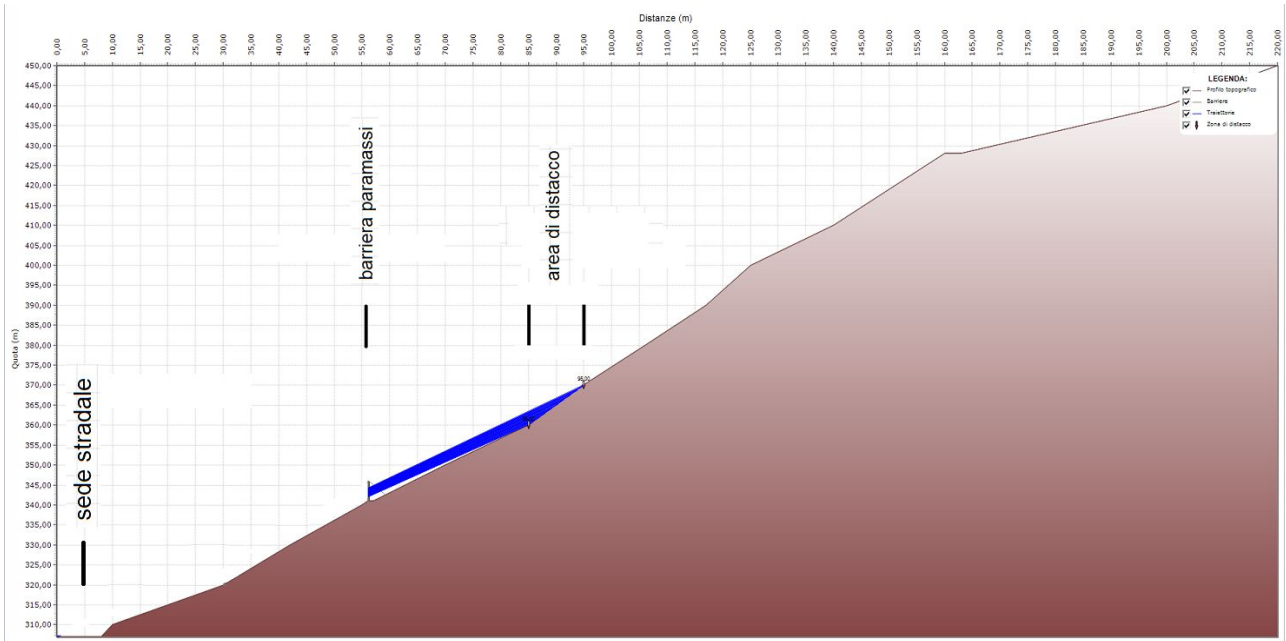
N.	da(m)	a(m)	K	Kn	Kt	phir(°)	phis(°)
1	0,0	8,0	0,85	0,2	0,2	22,0	33,0
2	8,0	10,0	0,7	0,8	0,8	25,0	37,0
3	10,0	30,0	0,7	0,8	0,8	25,0	37,0
4	30,0	42,0	0,2	0,2	0,2	39,0	52,0
5	42,0	55,0	0,2	0,2	0,2	39,0	52,0
6	55,0	56,0	0,2	0,2	0,2	39,0	52,0
7	56,0	57,0	0,2	0,2	0,2	39,0	52,0
8	57,0	70,0	0,2	0,2	0,2	39,0	52,0
9	70,0	85,0	0,3	0,5	0,5	39,0	52,0
10	85,0	95,0	0,7	0,8	0,8	25,0	37,0
11	95,0	106,0	0,7	0,8	0,8	25,0	37,0
12	106,0	117,0	0,7	0,8	0,8	25,0	37,0
13	117,0	125,0	0,4	0,3	0,3	36,0	48,0
14	125,0	140,0	0,7	0,8	0,8	25,0	37,0
15	140,0	160,0	0,7	0,8	0,8	25,0	37,0
16	160,0	163,0	0,7	0,8	0,8	25,0	37,0
17	163,0	200,0	0,7	0,8	0,8	25,0	37,0
18	200,0	220,0	0,7	0,8	0,8	25,0	37,0

Legenda

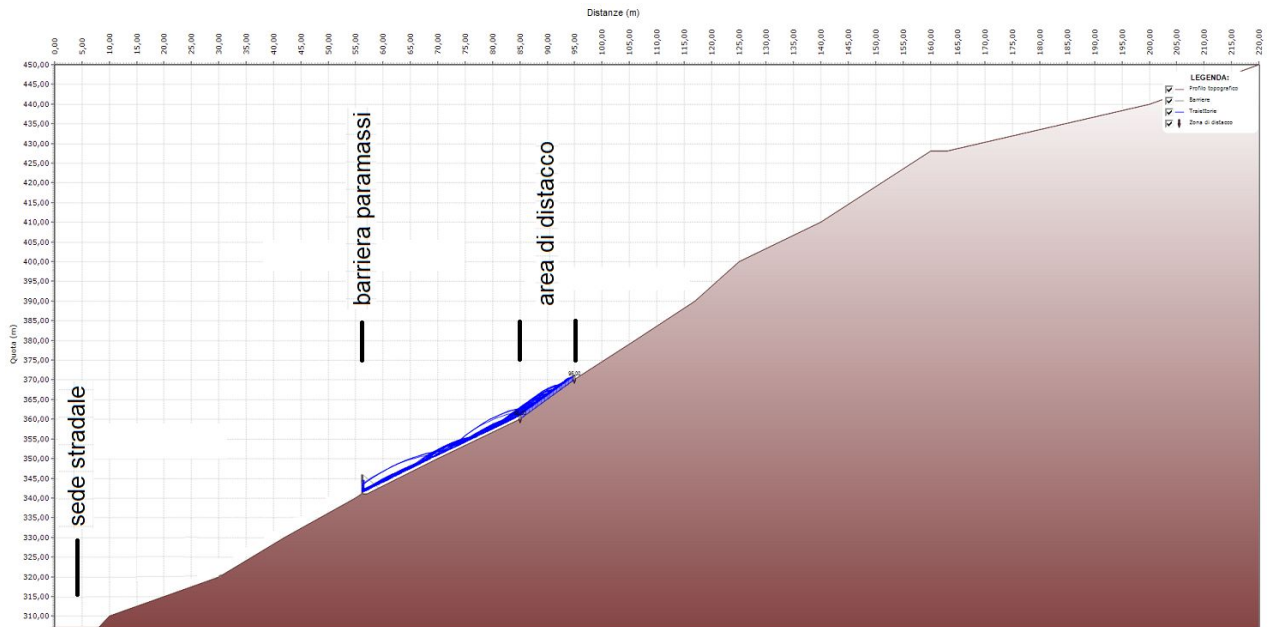
k Coefficiente di restituzione
 kn Coefficiente di restituzione normale
 kt Coefficiente di restituzione tangenziale
 phi r Angolo d attrito al rotolamento masso-pendio
 phi s Angolo di attrito allo scivolamento masso-pendio

Angolo beta limite 45°
 Saltellamento/rotolamento Moto dominante da beta limite
 Coefficiente di restituzione energia Utilizza k

Crollo masso puntiforme



Crollo masso sferico volume 2 mc



Crollo masso tabulare volume 2 mc

