Firmato digitalmente da
ENRICO GROSSO
CN = ENRICO GROSSO
O = ENRICO GROSSO
C = IT

Comune di PIGNA

Provincia Imperia



LAVORI DI SISTEMAZIONE DEL CORSO D'ACQUA IN PROSSIMITA' DI CASE RESTELLO IN CORSO ISNARDI NEL CENTRO ABITATO DI PIGNA CAPOLUOGO

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

tav GEO

febbraio 2023

Dott. Geol. Demis CILIBERTI

Geologia Tecnica e Ambientale

Via Giovanni XXIII 25 - Vallecrosia (IM)
cell. 339 1079305
e-mail demis.cili@gmail.com



Il presente elaborato è opera dell'ingegno e costituisce oggetto di diritto d'autore ex art. 2575 e segg. Cod. Civ. e L. 22/04/1941 n° 633 e s. m. e i.
Ogni violazione (riproduzione dell'opera, anche parziale o per stralcio, imitazionhe, contraffazione, ecc.) sarà perseguiita penalmente.
In caso di richiesta di accesso agli atti, i presenti elaborati si intendono sottoposti alla disciplina e alle limitazioni di cui al D. Lgs. 50/2016 e s.m. e i. e a tutta la disciplina relativa agli appalti pubblici

INDICE

- ***PREMESSA***
- ***INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLITOLOGICO***
- ***CARATTERI IDROGEOLOGICI ED IDROLOGICI***
- ***CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA***
- ***INDAGINE GEOFISICA – PROSPEZIONE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA (METODO HVSR)***
- ***CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO SISMICO***
- ***CONCLUSIONI***

- ***ALLEGATI***
  - *Ubicazione area d'intervento (su ortofoto Google Maps)*
  - *Carta geologico-geomorfologica (scala 1:2.000)*
  - *Cartografia Piano di Bacino "Torrente Nervia"*
  - *Estratto carta del vincolo idrogeologico*
  - *Stralcio planimetria con ubicazione dell'accertamento geofisico HVSR realizzato*
  - *Certificato parametri sismici – spettri di risposta*
  - *Sezioni stratigrafiche interpretative*
  - *Documentazione fotografica*

PREMESSA

Nella presente relazione vengono esposte le principali risultanze dell'indagine geologico-tecnica eseguita dallo scrivente Geologo Demis CILIBERTI (iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria con il numero 469) in Comune di Pigna (IM), a supporto di un progetto, curato dall'Ing. Enrico GROSSO e dal Geom. Sauro SCHIAVOLINI, per la sistemazione del corso d'acqua in prossimità di Case Restello, in Corso Isnardi nel centro abitato di Pigna capoluogo.

Nello specifico, il tratto di alveo oggetto di sistemazione, attualmente caratterizzato da importanti fenomeni di erosione accelerata (foto 4-5-6 in allegato) e da problematiche di natura idraulica, si sviluppa in linea di massima tra Via Isnardi (a valle) e la strada del cimitero comunale (a monte). Il progetto prevede sostanzialmente la realizzazione di opere finalizzate alla sistemazione degli argini e del fondo alveo, l'esecuzione di briglie di rallentamento del flusso idrico nonché la costruzione di una nuova tombinatura, con incremento della sezione rispetto all'attuale tubazione, nei pressi di Via Isnardi.

Per maggiore chiarezza circa gli interventi proposti si rimanda, comunque, alla consultazione degli elaborati progettuali.

Gli interventi di cui sopra comporteranno l'esecuzione di movimenti terra sufficientemente modesti; il materiale di risulta,degli scavi, qualora non conferito presso una discarica o un centro di recupero autorizzati, potrà essere riutilizzato all'interno della proprietà o, in alternativa, come reinterro in altro cantiere autorizzato nel rispetto dei disposti di cui alla vigente normativa in materia di terre e rocce da scavo (D.P.R. 120/2017). .

L'indagine geologica, realizzata su commissione dell'Amministrazione Comunale di Pigna, è stata estesa ad una porzione di territorio comprendente l'area direttamente interessata dalle opere e le zone ad essa immediatamente circostanti (per un congruo intorno), al fine di accertare la compatibilità degli interventi in progetto con le caratteristiche geologiche l.s. del sito, nonché fornire utili indicazioni di carattere stratigrafico, geotecnico e sismico al tecnico strutturista.

L'indagine geologica è stata realizzata ai sensi:

- del D.M. del 17.01.2018 "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni";
- del D. lgs 152/2006 e s.m.i. "Norme in materia ambientale";
- delle prescrizioni fornite dal vigente Piano di Bacino Stralcio per la difesa idraulica ed idrogeologica "Torrente Nervia", strumento di pianificazione elaborato dalla Provincia di Imperia.

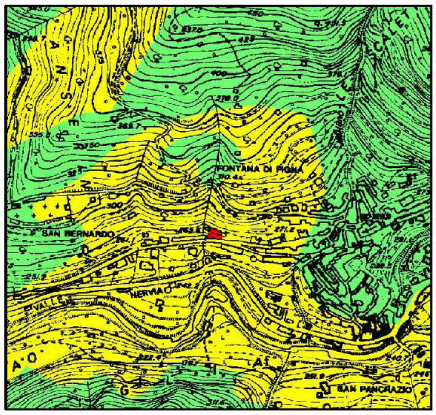
Il sito d'intervento non ricade in area sottoposta a vincolo idrogeologico.

Secondo quanto riportato nella "Carta della pericolosità o suscettività al dissesto" allegata al suddetto Piano di Bacino, il sito d'intervento ricade in *"Zona Pg3B – area a pericolosità alta" (paleofrana).* Tale classificazione in paleofrana deriva esclusivamente, a parere dello scrivente, da considerazioni di natura morfologica e non da rilievi di dettaglio; la perimetrazione è stata oggetto di inserimento a seguito del recente "Studio di approfondimento a corredo dell'aggiornamento del quadro della pericolosità geomorfologica del Piano di Bacino", come evidenziato dallo stralcio cartografico di seguito riportato:

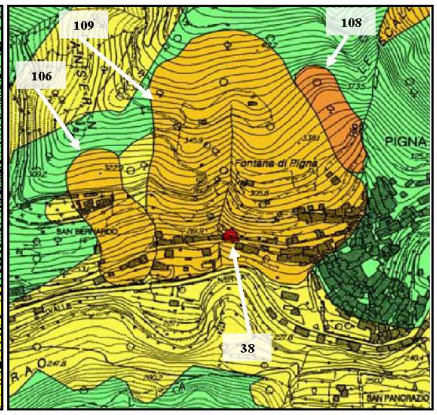
Prot. n. NP/2020/ 49
Class/Fasc. 2018/G13.12.5/15-72

FRANA COD. ID: 106, 108, 109

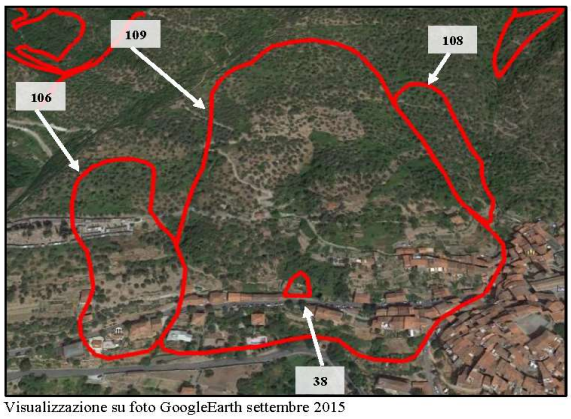
ID	TIPOLOGIA	STATO	CLASSE PERICOLOSITÀ
106	COMPLESSA	INATTIVA	Pg3b
108	SCORRIMENTO	QUIESCENTE	Pg3a
109	SCORRIMENTO	INATTIVA	Pg3b
38	SCORRIMENTO	ATTIVA	Pg4



Carta della Sucettività Piano vigente



Carta della Sucettività in Variante al Piano vigente



Visualizzazione su foto GoogleEarth settembre 2015

Nel versante prospicente l'abitato di Pigna sono state inseriti questi tre corpi franosi (106 e 109 inattivi Pg3b, 108 quiescente Pg3a) in conformità con quanto rilevato dallo Studio dei Centri Abitati Instabili (SCAI).
N.B. All'interno della 109 è presente una piccola frana attiva (n. 38) che non è stata modificata

Nonostante la classificazione in paleofrana, **gli interventi proposti non comporteranno alcun peggioramento delle attuali condizioni di stabilità del tratto di pendio interessato; al contrario, le opere proposte ridurranno sensibilmente l'azione erosiva e potenzialmente destabilizzante nei confronti dei manufatti adiacenti l'alveo delle acque di ruscellamento migliorandone peraltro il deflusso.**

Nel sito indagato non sono previsti dal suddetto Piano di Bacino (Carta degli interventi) né opere di sistemazione idraulica né interventi di natura geologico-geomorfologica (consolidamenti, bonifiche, monitoraggi e altro…). *Le opere in progetto non pregiudicheranno pertanto né renderanno maggiormente onerosa l'attuazione delle previsioni del Piano stesso.*

L'indagine geologica è stata sostanzialmente articolata secondo le seguenti fasi:

- raccolta e consultazione del materiale bibliografico e cartografico esistente e riguardante l'area in oggetto e le zone circostanti;
- attenta analisi degli elaborati forniti dai tecnici progettisti;
- consultazione dei dati ottenuti da precedenti indagini eseguite dallo scrivente in aree prossime al sito d'intervento in occasione di precedenti incarichi ed a supporto di precedenti progettazioni;
- rilevamento geologico – tecnico di superficie dell'area in esame con individuazione delle principali caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrologiche ed idrogeologiche della zona. In particolare, è stato possibile determinare la natura dei terreni e dei litotipi presenti in sito, i principali caratteri geotecnici ed idrogeologici di questi, nonché l'eventuale presenza, nell'area in esame, di particolari problematiche di carattere dissestivo o di natura erosiva, connesse principalmente all'azione delle acque superficiali;
- esecuzione, in posizione circa intermedia del tratto interessato dalgli interventi di sistemazione (nel punto meglio indicato nell'elaborato specifico presente in allegato), di una prospezione di sismica passiva a stazione singola finalizzata alla determinazione della Vs30 e della Vs,eq nonché alla validazione della stratigrafia ipotizzata in seguito al rilevamento geologico di superficie;
- sintesi di quanto emerso dalle indagini con redazione di elaborati grafici e della presente relazione esplicativa.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLITOLOGICO

Il sito d'indagine si colloca nel territorio comunale di Pigna (IM), nel settore occidentale del centro storico, nei pressi del cimitero comunale, in un'area mediamente antropizzata.
Morfologicamente la zona indagata è riconducibile ad un ambiente tipicamente collinare; nello specifico, il tratto di corso d'acqua in esame si colloca tra le quote di circa m 255 e 315 s.l.m., nel settore intermedio di un breve versante degradante verso S in direzione dell'alveo del torrente Nervia, in destra idrografica dello stesso. Il tratto di pendio in esame è caratterizzato da acclività complessivamente media e dalla presenza di terrazzamenti antropici sorretti da muretti principalmente in pietra a secco di altezza non particolarmente significativa.
Ad eccezione di alcuni dissesti superficiali e confinati coinvolgenti alcuni settori dei muri in pietra (compresi quelli aventi funzione d'argine del rio – foto 4, 5 e 6), dal rilevamento di superficie non è emersa la presenza di particolari fenomeni gravitativi in atto coinvolgenti il tratto direttamente interessato dagli interventi previsti né evidenze superficiali di possibili attivazioni. I dissesti riscontati lungo i muri a secco, come detto di natura estremamente superficiale, sono strettamente connessi e riconducibili, oltre che alla mancata manutenzione delle opere, all'azione erosiva delle acque di scorrimento superficiale e non a problematiche geomorfologiche profonde.
Dal punto di vista geolitologico, secondo quanto riportato nella cartografia ufficiale consultata e secondo quanto appurato dal rilevamento di campagna, il substrato roccioso, affiorante con discreta continuità in adiacenza e lungo l'alveo del rio da sistemare (foto 1-2), nonché lungo la Via Isnardi, nell'esistente tombino (foto 3), è riconducibile alla formazione datata Priaboniano del Grés d'Annot o Flysch di Ventimiglia. Tale formazione rocciosa appartiene al dominio strutturale Delfinese – Provenzale (avanpaese delle Alpi Liguri) e rappresenta il termine superiore della copertura sedimentaria post – ercinica del massiccio cristallino dell'Argentera – Mercantour, dal quale risulta scollata. Il Flysch di Ventimiglia è in genere costituito da alternanze flyschoidi marnoso – arenacee ed arenaceo - pelitiche, in strati da sottili a medi.
La roccia si presenta in affioramento fratturata con presenza di alcuni sistemi di discontinuità sistematici e persistenti aventi disposizione pseudo-ortogonale tra loro, nonché mediamente alterata. L'intersezione dei piani di discontinuità strutturali dà talvolta origine a frammenti scagliosi nei livelli marnoso-pelitici ed a veri e propri blocchi lapidei disarticolati nei termini calcareo-arenacei. Il tutto a testimonianza di un'intensa attività tettonico–deformativa subita dalla formazione in seguito alla messa in posto della catena Alpina. La fratturazione della

roccia è più spinta e maggiormente evidente in corrispondenza dei livelli a composizione marnoso-pelitica.

La giacitura, localmente variabile in relazione alla presenza di fenomeni deformativi duttili (pieghe) anche a piccola scala, si presenta principalmente a franapoggio rispetto all'andamento topografico del pendio con angoli di inclinazione localmente abbastanza significativi.

Il substrato alterato e fratturato ("cappellaccio" di alterazione) è sovrastato, in corrispondenza dei terrazzamenti antropici adiacenti l'alveo, da terreno di natura per lo più detritico–colluviale (coltre), localmente riportato, caratterizzato da granulometria eterogenea (principalmente limo-sabbiosa con argilla e diffusi frammenti litoidi) e da spessori generalmente inferiore a m 2,5 - 3,0, solo localmente superiori.

La coltre si presenta spesso lungo i tagli naturali a margine dell'alveo creati dall'erosione debolmente cementata (foto A di seguito riportata)



Foto A: coltre detritica debolmente cementata presente a margine dell'alveo

Per maggiore chiarezza circa la caratterizzazione stratigrafica del sito si rimanda alla consultazione del capitolo relativo alla prova geofisica realizzata in situ nonché delle sezioni interpretative in allegato.

CARATTERI IDROGEOLOGICI ED IDROLOGICI

Dal punto di vista idrogeologico si è rilevato quanto segue:

- la formazione flyschoide di substrato è caratterizzata da una permeabilità secondaria media in corrispondenza di livelli particolarmente fratturati;
- la coltre di copertura presenta una permeabilità primaria (per porosità) complessivamente media, variabile comunque in funzione della percentuale di frazione argillosa presente e del differente grado di costipazione ed addensamento delle particelle;
- non sono presenti nell'area indagata né sorgenti o particolari venute d'acqua superficiali né opere di captazione ed emungimento.

Le discrete capacità drenanti del terreno di copertura e la sottostante presenza di roccia fratturata fanno comunque sì che, soprattutto in occasione di intensi e prolungati fenomeni piovosi, si possano instaurare circuiti idrici sub-superficiali o comunque poco profondi strettamente connessi alle precipitazioni. La circolazione avviene nella coltre o, più in profondità, lungo i giunti dell'ammasso lapideo. Nell'area indagata è comunque da escludere la presenza di una vera e propria falda idrica a ridotta soggiacenza continua e duratura.

Per quanto riguarda l'idrologia superficiale, il deflusso delle acque, nel tratto di versante in esame, è in buona parte garantito dalla presenza di incisioni di versante (una delle quali, appartenente in relazione all'ampiezza del bacino di alimentazione, al reticolo minuto, oggetto di interventi di sistemazione) e si sviluppa, pertanto, solo in parte come ruscellamento diffuso o localmente incanalato lungo vie preferenziali di scorrimento rappresentate per lo più da strade o camminamenti/sentieri.

Per quel che concerne gli aspetti puramente idraulici del rio in esame si rimanda agli elaborati specifici prodotti da ingegnere abilitato.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA

Sulla base di quanto riscontrato sul terreno, si sono determinate le principali caratteristiche geotecniche e geomeccaniche rispettivamente attribuibili alla coltre di copertura ed al substrato roccioso, con particolare riferimento alla porzione superficiale di questo, mediamente alterata e fratturata, affiorante in più punti nell'area indagata (foto 1-2).

Per quanto riguarda i principali parametri geotecnici medi del terreno di copertura vengono attribuiti, alla luce di quanto emerso da prove indirette sul terreno (penetrometrie dinamiche leggere) eseguite su terreni del tutto similari in occasione di precedenti indagini, delle

velocità sismiche emerse dalla prova geofisica realizzata in loco, nonché sulla base di quanto indicato nella bibliografia tecnica, i seguenti valori indicativi e cautelativi:

STRATO 1: Coltre eterogenea di copertura:

γ_d (peso di volume drenato): 1,60 – 1,75 t_p/m^3;

γ_{saturo} (peso di volume saturo): 1,80 – 1,95 t_p/m^3;

φ' (angolo di attrito efficace): 28 – 29°;

c' (coesione efficace): 0,04 – 0,05 kg_p/cmq

Nello specifico, al fine di definire i valori dell'angolo di attrito si sono utilizzate le correlazioni di Uzielli et al (2013) e Mayne (2014) riportate nel testo "Stima dei parametri geotecnici in geofisica applicata" di Roccaforte-Cucinotta, mentre per quel che concerne i valori della coesione efficace si è fatto riferimento alla formula di Sellountou et al. (c'= a tanφ'), dove i valori del fattore "a" derivano da Senneset et al (1989) e si possono ricavare dalla seguente tabella, in relazione alla tipologia del terreno in esame:

Tabella 5.6. Valori di *a* e ϕ' riportati da Senneset et al. (1989)

Terreno	*a* (kPa)	ϕ' (°)	N_m	B_q
Argilla soffice	5-10	19-24	1-3	0,8-1,0
Argilla media	10-20	19-29	3-5	0,6-0,8
Argilla compatta	20-50	27-31	5-8	0,3-0,6
Limo soffice	0-5	27-31	5-30	0-0,4
Limo medio	5-15	29-33		
Limo compatto	15-30	31-35		
Sabbia sciolta	0	29-33	30-100	< 0,1
Sabbia media	10-20	31-37		
Sabbia densa	20-50	35-42		
Terreni OC	> 50	38-45	100	< 0

La tabella di cui sopra è stata estrapolata dal testo "Prove Geotecniche in situ" (A. Bruschi) della Dario Flaccovio Editore.

Nello specifico:

- coltre eterogenea: c'= 8(sabbia da sciolta a media) x tan (28°) = 4,25 Kpa = 0,046 Kg/cmq

I parametri di resistenza al taglio del substrato roccioso sono stati determinati, invece, successivamente ad un accurato rilevamento geologico - tecnico di superficie, realizzato su alcuni affioramenti riscontrati nel sito d'intervento, lungo l'alveo del rio. Si è proceduto, quindi, con l'ausilio di sistemi informatici di elaborazione, alla classificazione dell'ammasso roccioso secondo il sistema RMR di Bieniawski (1989). Tale sistema è basato sulla determinazione di un particolare indice (denominato indice RMR), derivante dalla sommatoria di alcuni parametri, definiti principalmente sulla base di un'accurata analisi delle discontinuità, sia stratigrafiche che strutturali, presenti nella roccia. Ciò deriva dal fatto che il comportamento

meccanico degli ammassi rocciosi è strettamente connesso alla presenza di piani di debolezza. In particolare, la valutazione dell'indice RMR di Bieniawski permette la determinazione dei principali parametri di resistenza al taglio della roccia in termini di tensioni efficaci, attraverso l'applicazione delle seguenti note correlazioni:

c (kPa) = 5 RMR

φ (°) = 5 + RMR/2

dove con RMR viene considerato l'indice di Bieniawski cosiddetto di base, indipendente dalla disposizione giaciturale delle discontinuità. Sulla base di quanto ottenuto dall'applicazione delle suddette formule, vengono attribuiti alla roccia i seguenti parametri:

STRATO 2; Substrato flyschoide alterato e fratturato:

γ_d (peso di volume drenato): 2,15 – 2,25 t_p/m^3;

γ_{saturo} (peso di volume saturo): 2,20 – 2,35 t_p/m^3;

φ (angolo di resistenza al taglio): 29 - 33°;

***c** (coesione):2,0 – 2,5 kg_p/cmq;*

I dati del peso di volume, sia drenato che saturo, sono stati attribuiti secondo quanto indicato dall'analisi della bibliografia tecnica consultata.

I valori indicati sono da ritenersi sufficientemente cautelativi.

INDAGINE GEOFISICA – PROSPEZIONE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA (METODO HVSR)

Ad integrazione del rilevamento geologico di superficie è stata eseguita, in adiacenza all'alveo del rio, nel settore circa intermedio del tratto in esame (nel punto meglio indicato nell'elaborato planimetrico specifico in allegato), una prospezione di sismica passiva a stazione singola denominata tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Tale tecnica permette la parametrizzazione sismica dei terreni mediante l'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito, correlabili ai cambi litologici-stratigrafici. La modellazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo. I dati che si ricavano sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismostrato individuato. Per tale indagine è stato utilizzato un acquisitore dati digitale Gemini 4 della PASI (foto B) capace di acquisire e registrare i microtremori o rumore sismico ambientale, mediante una terna di

geofoni con frequenza di risonanza 4,5 Hz, accuratamente accoppiati meccanicamente ed elettricamente ed orientati N-S, E–W e verticalmente.



Foto B: prova sismica metodo HVSR

Per l'elaborazione dei dati è stato quindi utilizzato il software *WinMaswHVSR* della Eliosoft. I risultati ottenuti in merito alla frequenza fondamentale del sito vengono di seguito riportati:

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

www.winmasw.com

Date: 9 2 2023

Time: 15 41

Dataset: RioMinorePigna.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 40

Length of analysed temporal sequence (min): 9.2

Tapering (%): 10

==========

In the following the results considering the data in the 0.5-40.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 32.6 (+-3.9)

Peak HVSR value: 2.7 (+-0.8)

=== Criteria for a reliable H/V curve ==========

#1. [f0 > 10/Lw]: 32.6 > 0.25 (OK)

#2. [nc > 200]: 33890 > 200 (OK)

#3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fullfilled) ==========

#1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 30.1Hz (OK)

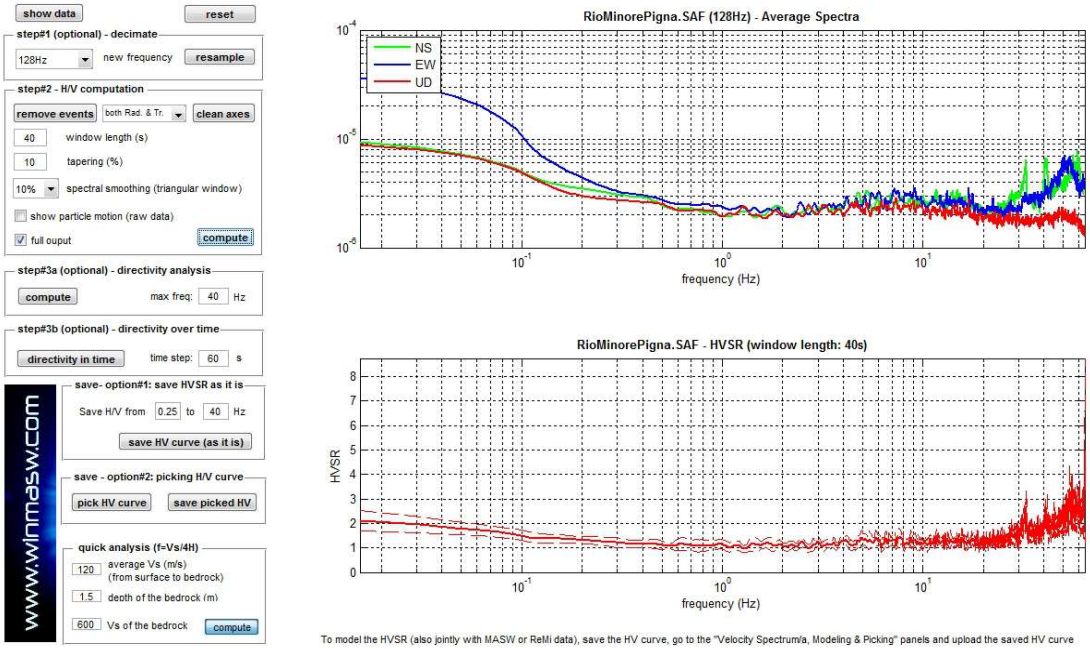
#2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: (NO)

#3. [A0 > 2]: 2.7 > 2 (OK)

#4. [fpeak[Ah/v(f) ą sigmaA(f)] = f0 ą 5%]: (OK)

#5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 3.870 > 1.629 (NO)

#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.772 < 1.58 (OK)



la frequenza fondamentale del sito risulta essere quindi di 32,6 Hz.

Attraverso la relazione

$$h = \frac{Vs}{4 f_0}$$

che lega frequenza di risonanza, spessore della coltre sovrastante il bedrock e velocità delle onde di taglio, utilizzando i dati di bibliografia disponibili,è stato calcolato il profilo Vs per

l'area in esame. Una volta ipotizzata la stratigrafia del sottosuolo, si è quindi cercato di modellare la curva H/V ottenuta, come di seguito evidenziato:

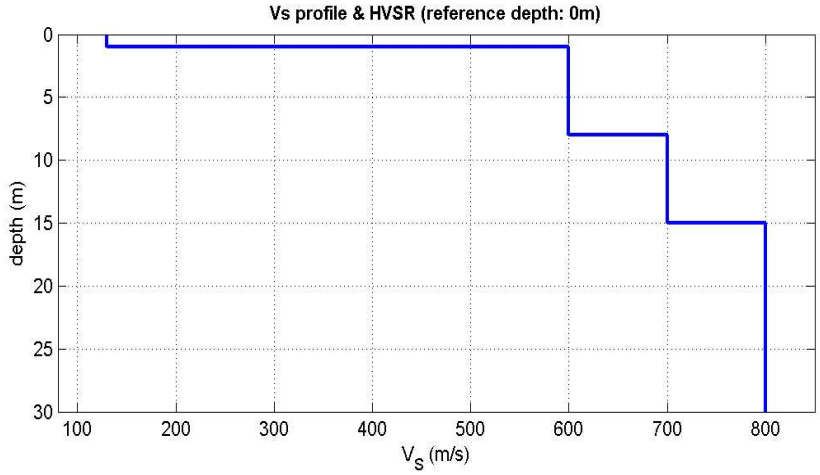
winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

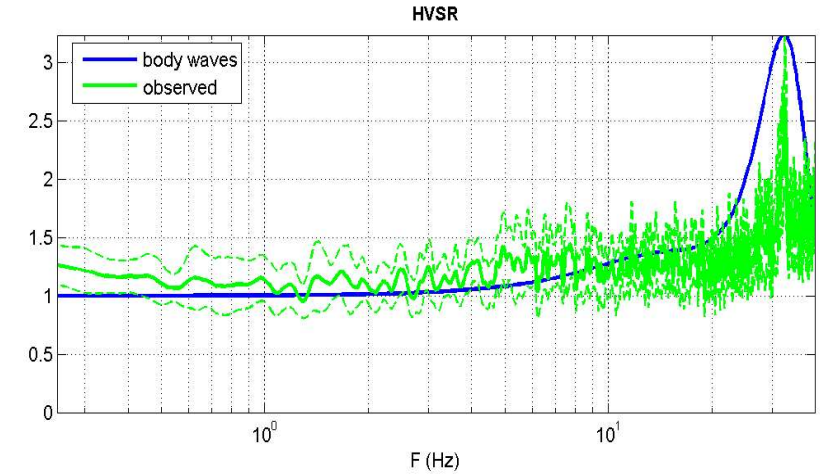
Main results

Date: 9 2 2023

Time: 15 42

Dataset:





Mean model

Vs (m/s): 130 600 700 800

Thickness (m): 1.0, 7.0, 7.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.74 2.06 2.10 2.12

Shear modulus (MPa) (approximate values): 29 743 1029 1356

Analyzing Phase velocities

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 271 1039 1212 1306

Poisson: 0.35 0.25 0.25 0.20

Vs30 (m/s): 624

Poiché in virtù di quanto previsto dalle nuove Norme Tecniche (NTC 2018) la classificazione del sottosuolo si effettua, non più sulla base della Vs30 ma in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

hi spessore dell'i-esimo strato;

VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

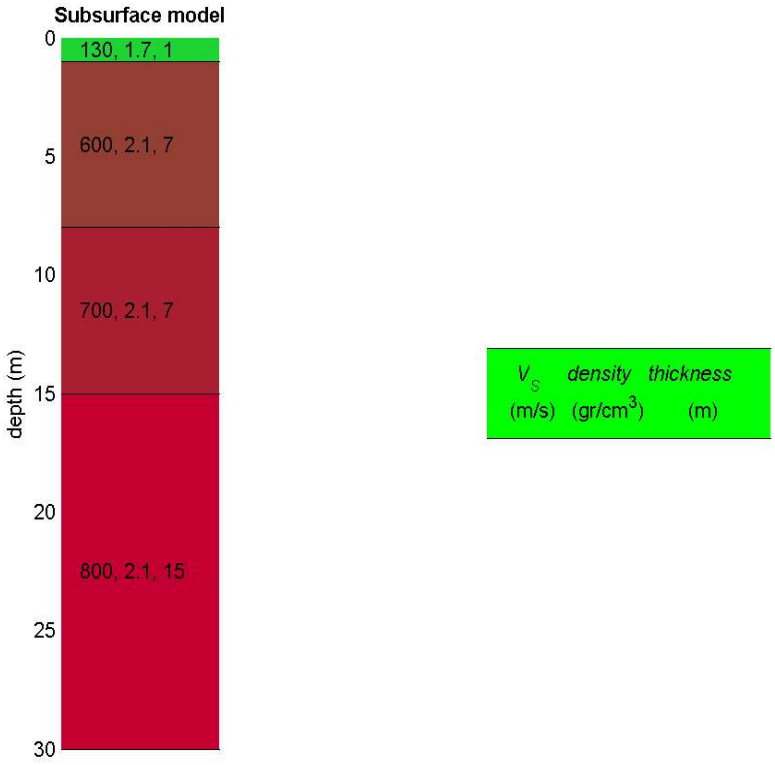
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Si è calcolato il valore della Vs,eq in virtù della modellazione di cui sopra

Vs,eq (m/s): 512

Il risultato ottenuto induce a considerare **il terreno di fondazione alle nuove opere previste ascrivibile alla classe B**.

Si riporta di seguito l'effettiva stratigrafia introdotta nel modello *(coltre avente spessore pari a m 1,0 sovrastante termini lapidei parzialmente alterati e via via maggiormente integri e sani con la profondità):*



CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO SISMICO

Alla luce di quanto previsto dalla vigente Normativa Regionale in materia di rischio sismico in vigore dal 19 Luglio 2017 (D.G.R. 2655 del 17/03/2017) il Comune di Pigna viene classificato in ***Zona simica di tipo 3.***

Secondo le Norme Tecniche le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto degli stati limite, sia di esercizio che ultimi, si definiscono, invece, a partire dalla "pericolosità sismica di base" caratteristica del sito d'intervento. Tale pericolosità di base deriva da studi condotti a livello nazionale, è riferita a condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale ed è definita da forme spettrali determinate in funzione dell'accelerazione orizzontale massima attesa al sito (a_g), del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0) e del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_c*).

L'azione sismica così individuata, subordinata esclusivamente al posizionamento del sito d'intervento (in termini di latitudine e longitudine), deve essere quindi variata in funzione delle condizioni stratigrafiche del sottosuolo e della morfologia dei luoghi al fine di caratterizzare la risposta sismica locale.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi; in alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella successiva Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, Vs. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

hi spessore dell'i-esimo strato;

VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella successiva Tab. 3.2.II:

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.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

La forma spettrale viene così modificata in funzione della stratigrafia attraverso la determinazione del Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica S_s e del coefficiente C_c che modifica il valore del periodo Tc corrispondente all'inizio nel tratto a velocità costante dello spetto ($T_c=C_cxT_c^*$) secondo le seguenti modalità:

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di S_S e di C_C*

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

Nel caso specifico, come determinato dalla prova geofisica di cui al capitolo precedente, il terreno di fondazione alle nuove opere previste può essere ricondotto, in via sufficientemente cautelativa, ad una **categoria di tipo B**. La roccia alterata e fratturata può essere assimilata, dal punto di vista della risposta sismica, ad una roccia tenera.

Per tenere conto invece delle condizioni topografiche del sito d'intervento, in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del Coefficiente di Amplificazione Topografica S_T riportato di seguito e variabile in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento

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°

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

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

Per il caso in esame si ritiene opportuno l'utilizzo di un **coefficiente S_T pari a 1,15** in quanto il tratto d'intervento si colloca nel settore medio-culminare di un versante morfologicamente riconducibile alla **categoria T2**.

In allegato alla presente si riportano i parametri caratteristici delle azioni sismiche di progetto, per i vari stati limite, calcolati alla luce delle condizioni stratigrafiche e topografiche del sito

d'intervento, della collocazione dello stesso, nonché sulla base della presunta vita nominale delle opere in progetto e dell'uso e destinazione delle stesse.
Valutata quindi la risposta sismica locale come fin qui esposto, non resta che verificare la stabilità del sito coinvolto dal progetto alla liquefazione del terreno; in merito a ciò, vista la discreta percentuale di particelle limose ed argillose costituenti la coltre di copertura, la presenza di roccia a profondità limitata dal piano di campagna, nonché l'assenza di una vera e propria falda idrica continua ed a ridotta soggiacenza, *lo scrivente ritiene impossibile l'innesco, anche a seguito di azioni cicliche e dinamiche in condizioni non drenate di discreta entità, dei menzionati fenomeni di perdita di resistenza al taglio del terreno*.

CONCLUSIONI

Sulla base di quanto emerso dalle indagini realizzate nel rispetto dell'Allegato 1 delle Norme di Piano ed esposto nel presente elaborato, appurato nello specifico che l'area d'intervento è attualmente stabile ed è caratterizzata da "*un livello di pericolosità decisamente più contenuto rispetto a quello rappresentato dalle frane quiescenti, tale da poter sostenere anche interventi di nuova edificazione";*
verificato inoltre che *le condizioni di suscettività del territorio a contorno dell'area di intervento non interferiscono negativamente sull'intervento stesso;*
appurato altresì che "*l'attuazione della tipologia d'intervento proposto*", in virtù delle soluzioni progettuali previste, *non aggraverà il grado di suscettività al dissesto dell'area*
ritenuto che gli interventi proposti ridurranno sensibilmente l'azione erosiva e potenzialmente destabilizzante nei confronti dei manufatti adiacenti l'alveo delle acque di ruscellamento migliorandone peraltro il deflusso.

Io scrivente attesta la fattibilità geologica degli interventi previsti dal progetto, nell'assoluto rispetto, comunque, delle raccomandazioni e prescrizioni tecniche di seguito fornite.

Le nuove opere di sistemazione previste dovranno poggiare su termini lapidei di substrato o, in alternativa, su orizzonti di coltre di copertura sufficientemente addensati o debolmente cementati.

Il materiale di risulta degli scavi, qualora non conferito presso una discarica o un centro di recupero autorizzati, potrà essere riutilizzato all'interno della proprietà o, in alternativa, come

reinterro in altro cantiere autorizzato nel rispetto dei disposti di cui alla vigente normativa in materia di terre e rocce da scavo (D.P.R. 120/2017).

Vallecrosia, 10 Febbraio 2023



Dott. Geol. Demis CILIBERTI

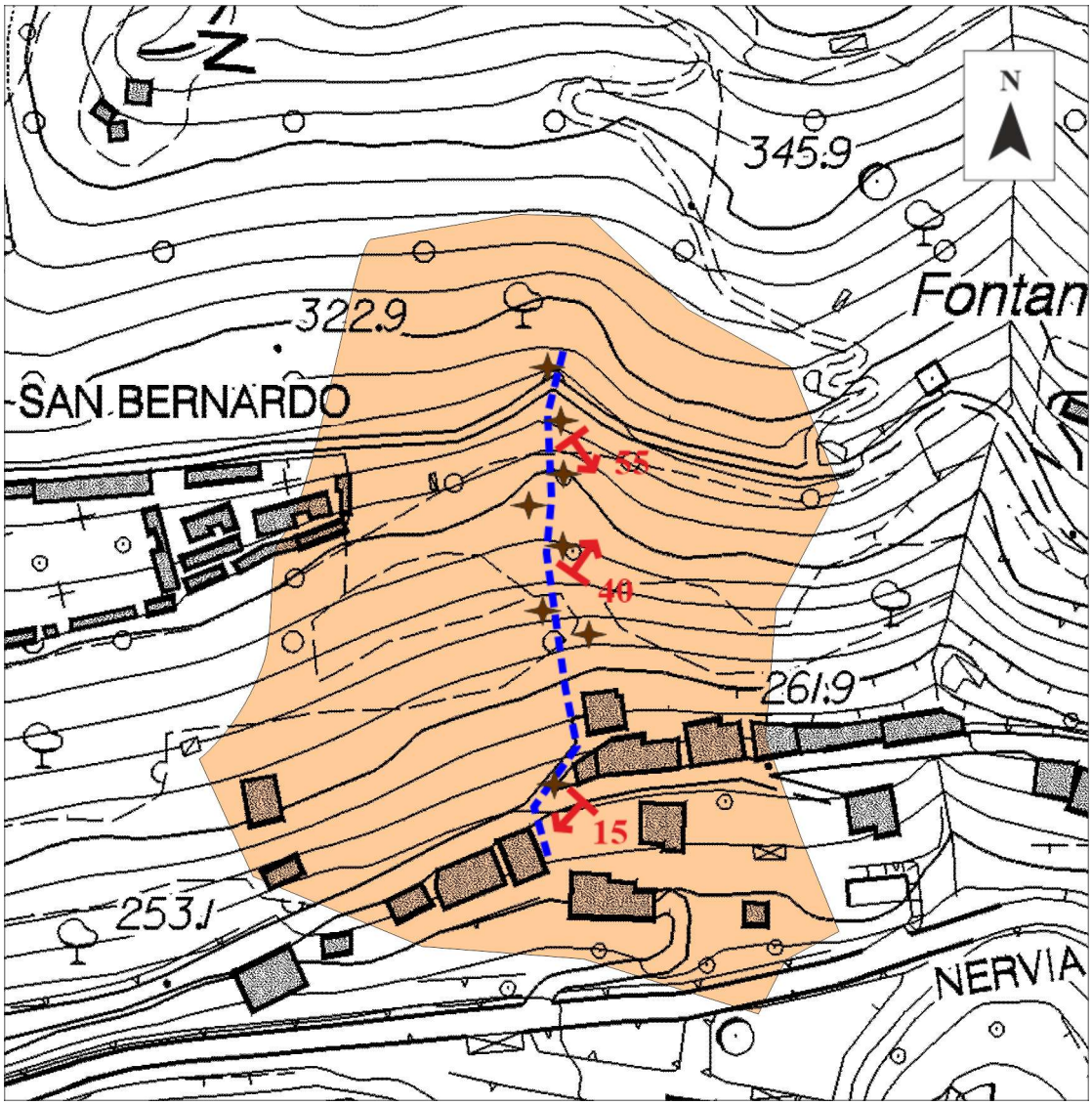
UBICAZIONE AREA D'INTERVENTO (Su Ortofoto Google Maps)



CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA

(con elementi idrogeologici ed idrologici)

Scala 1:2.000



LEGENDA

Flysch di Ventimiglia Formazione rocciosa costituita da facies torbiditiche marnoso - arenacee ed arenaceo - pelitiche semipermeabili per fratturazione ***(Eocene)***. La roccia è, ove non affiorante, sovrastata da una coltre detritico-colluviale a granulometria eterogenea parzialmente riportata e di potenza solo localmente superiore a m 3.0.
La copertura è caratterizzata da una discreta permeabilità primaria per porosità.

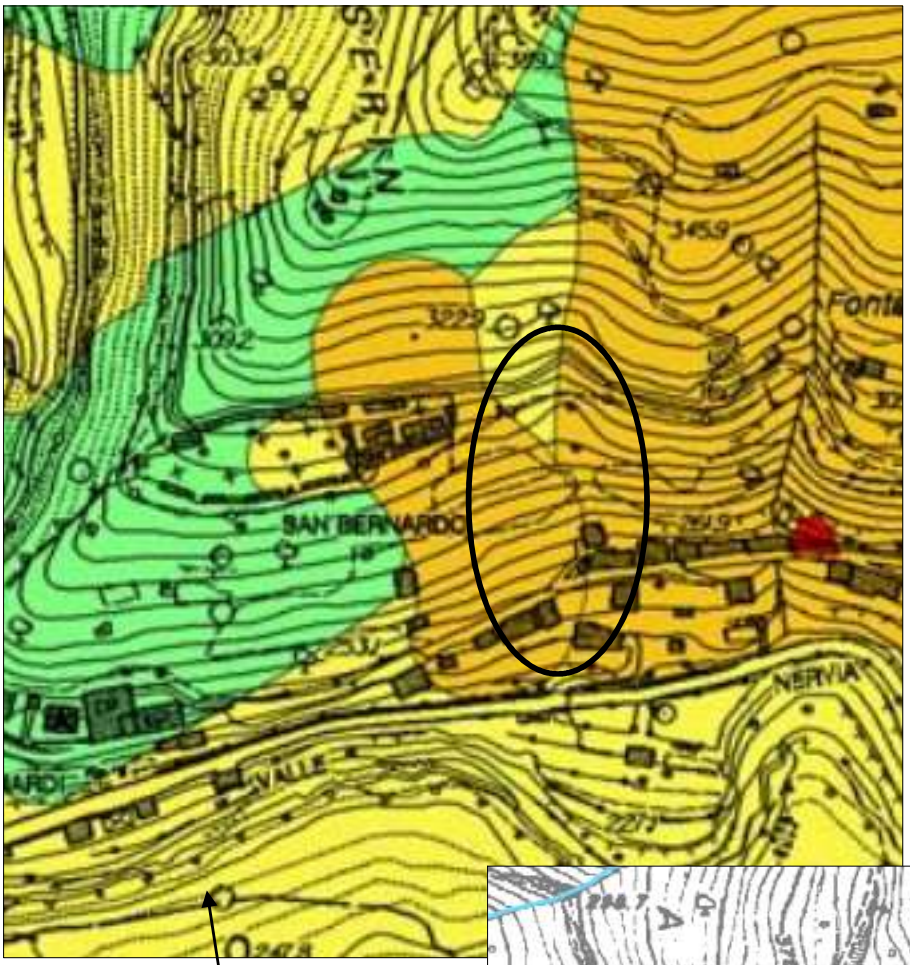
Evidenti affioramenti di roccia in posto riscontrati lungo l'asta del rio o nelle immediate vicinanze alla stessa. sito d'intervento

Giacitura degli strati rocciosi

Settore di rio minore caratterizzato da intensa erosione accelerata e problematiche idrauliche oggetto di inteventi

Geol. Demis Ciliberti - *Geologia Tecnica e Ambientale*

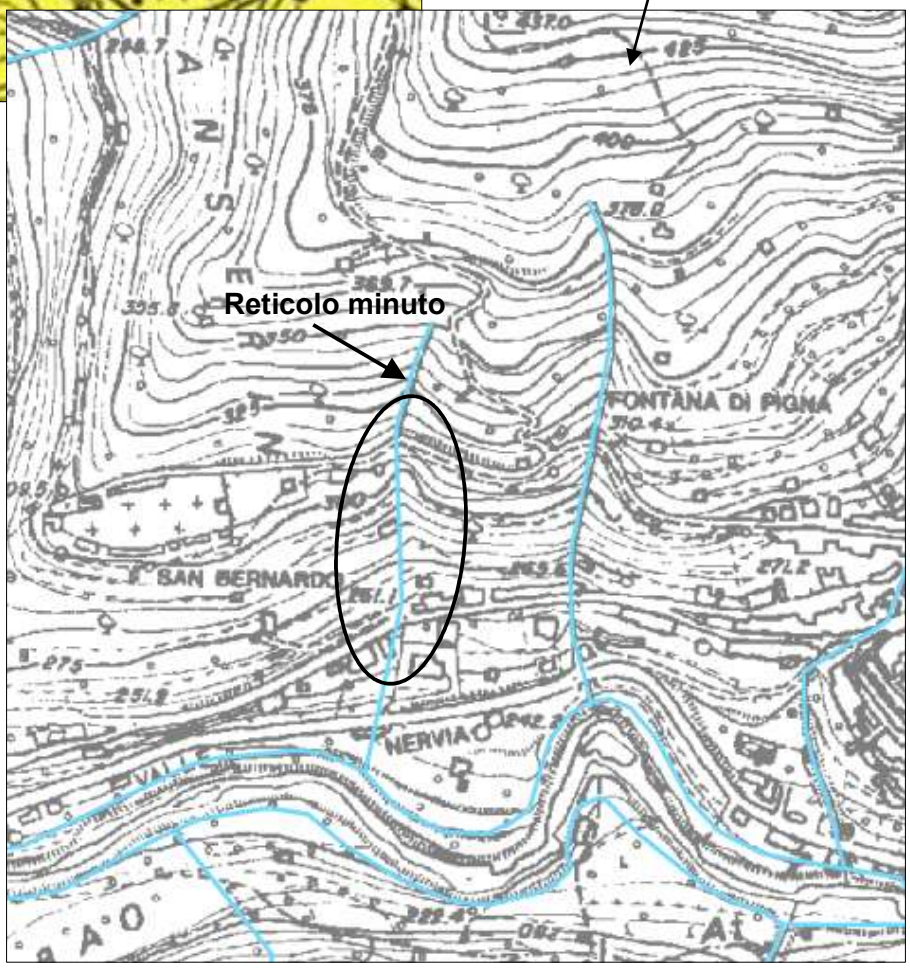
CARTOGRAFIA PIANO DI BACINO
"TORRENTE NERVIA "



= Area d'intervento

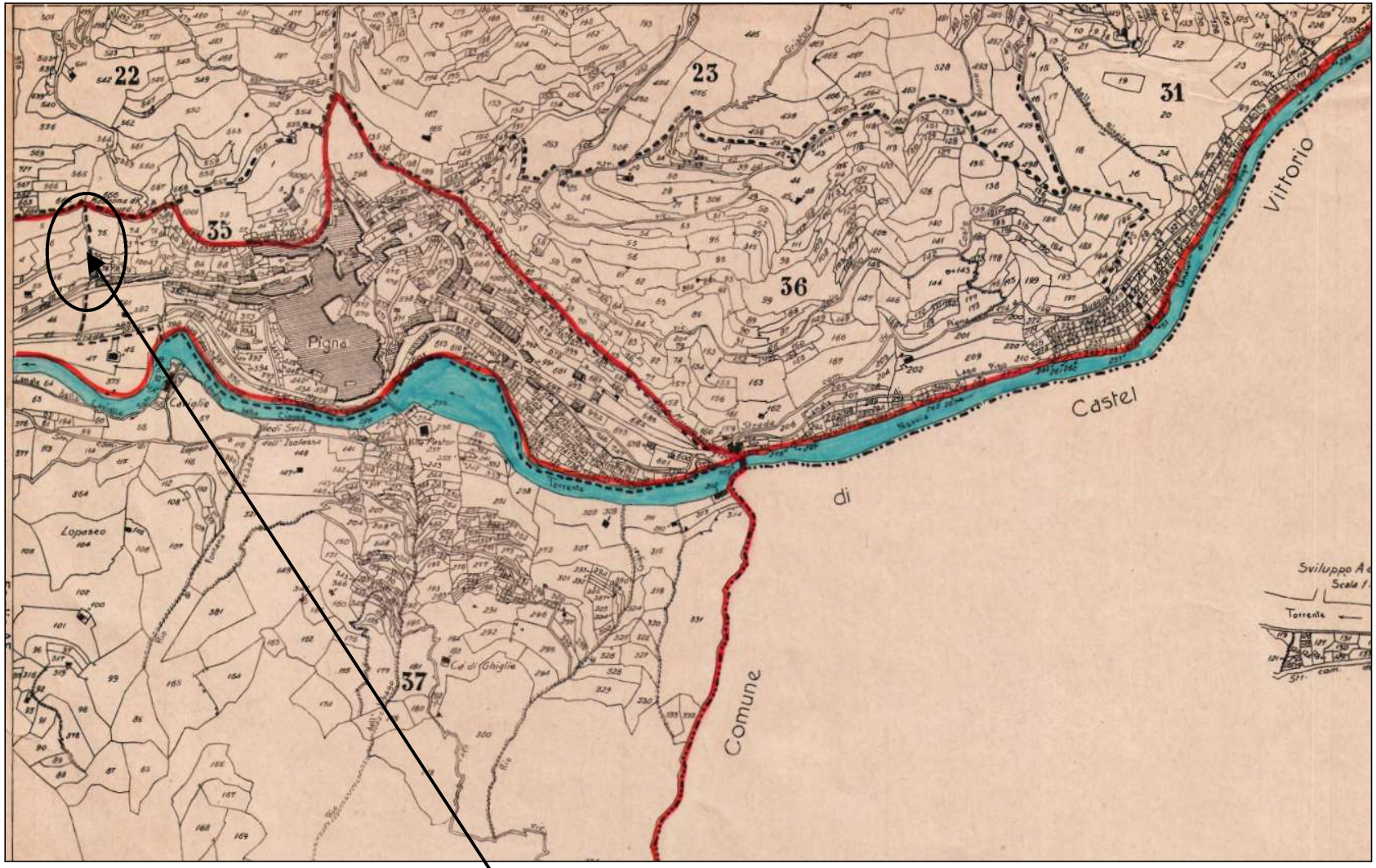
Carta della pericolosità o suscettività al dissesto
(Pg3B)

Carta del reticolo idrografico
(RETICOLO MINUTO)



Geol. Demis Ciliberti - *Geologia Tecnica e Ambientale*

ESTRATTO CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO



Area non soggetta a vincolo

STRALCIO PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELL'ACCERTAMENTO GEOFISICO HVSR REALIZZATO



Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione:Opere di sostegno NTC 2018

Sito in esame.

latitudine: 43,934437 [°]

longitudine: 7,659987 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	18675	43,940490	7,655037	781,1
Sito 2	18676	43,943900	7,724203	5248,3
Sito 3	18898	43,894020	7,728928	7120,0
Sito 4	18897	43,890620	7,659752	4872,3

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,031	2,607	0,186
Danno (SLD)	63	50	0,045	2,591	0,220
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,160	2,441	0,294
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,214	2,481	0,309

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s^2]	Beta [-]
SLO	1,200	1,540	1,150	0,000	--	0,418	--
SLD	1,200	1,490	1,150	0,029	0,014	0,605	0,470
SLV	1,200	1,410	1,150	0,084	0,042	2,162	0,380
SLC	1,190	1,390	1,150	0,000	--	2,866	--

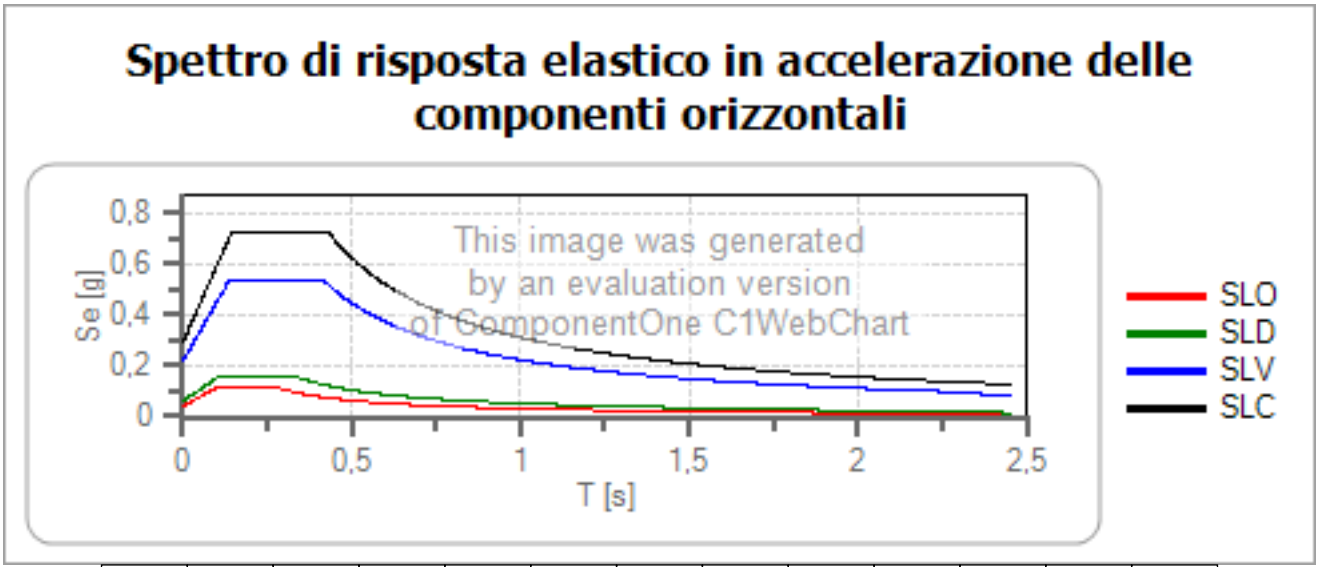
Geostru

Spettri di risposta

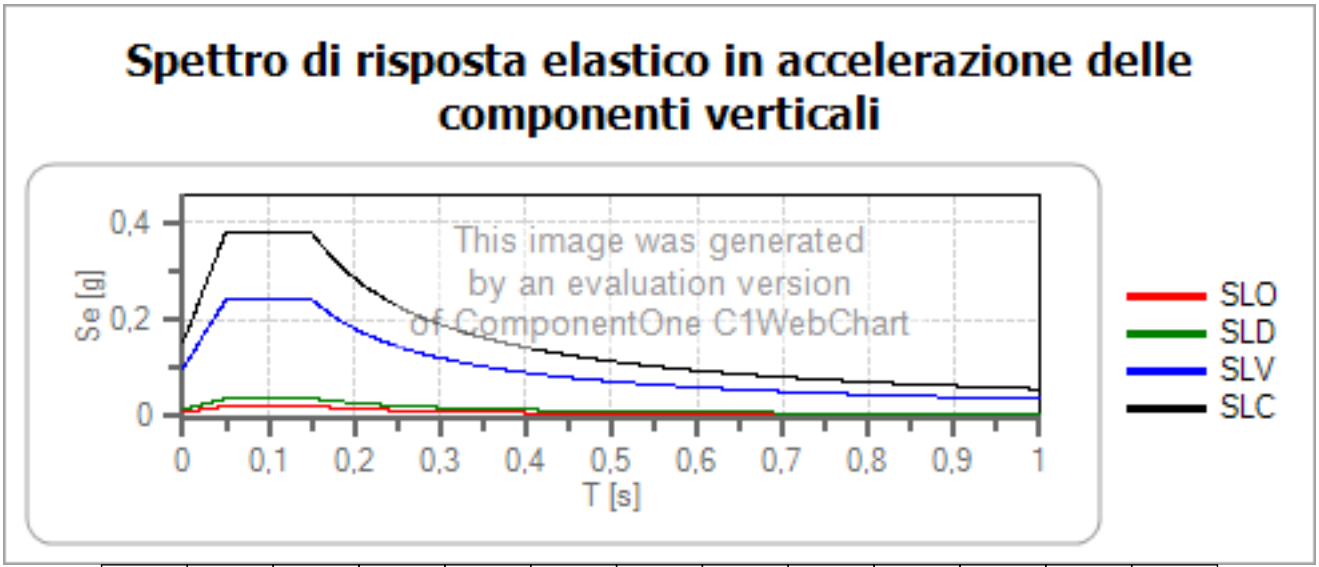
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,031	2,607	0,186	1,200	1,540	1,150	1,380	1,000	0,095	0,286	1,724
SLD	1	0,045	2,591	0,220	1,200	1,490	1,150	1,380	1,000	0,109	0,327	1,779
SLV	1	0,160	2,441	0,294	1,200	1,410	1,150	1,380	1,000	0,138	0,414	2,239
SLC	1	0,214	2,481	0,309	1,190	1,390	1,150	1,369	1,000	0,143	0,430	2,454



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,031	2,607	0,186	1,000	1,540	1,150	1,150	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,045	2,591	0,220	1,000	1,490	1,150	1,150	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,160	2,441	0,294	1,000	1,410	1,150	1,150	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,214	2,481	0,309	1,000	1,390	1,150	1,150	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

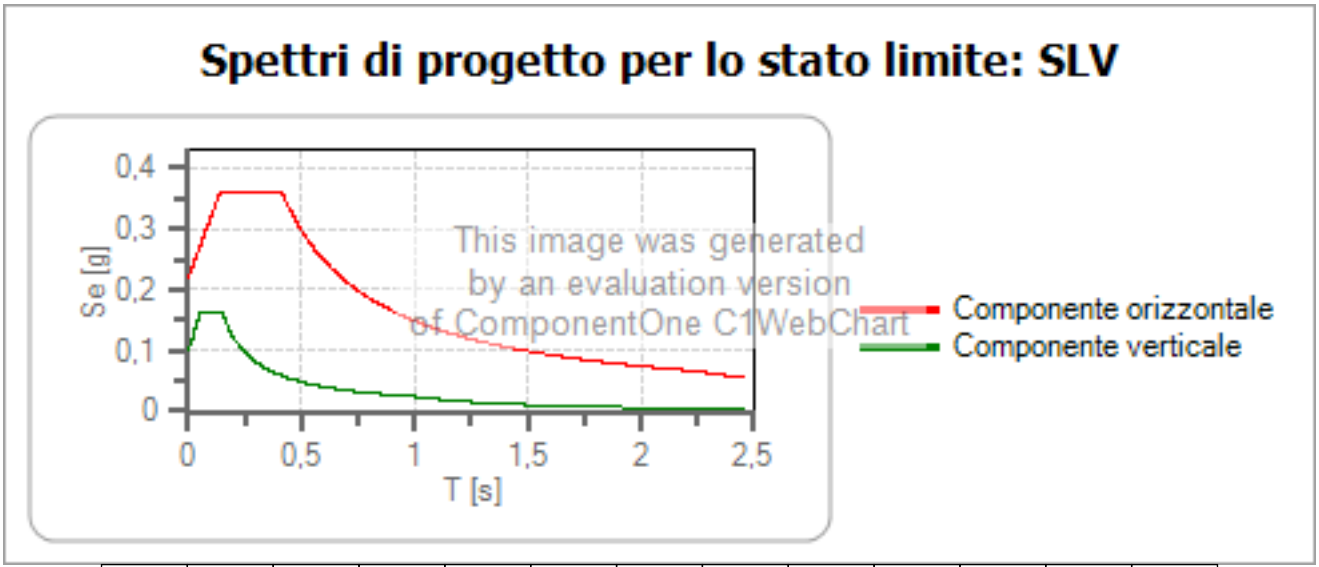
Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

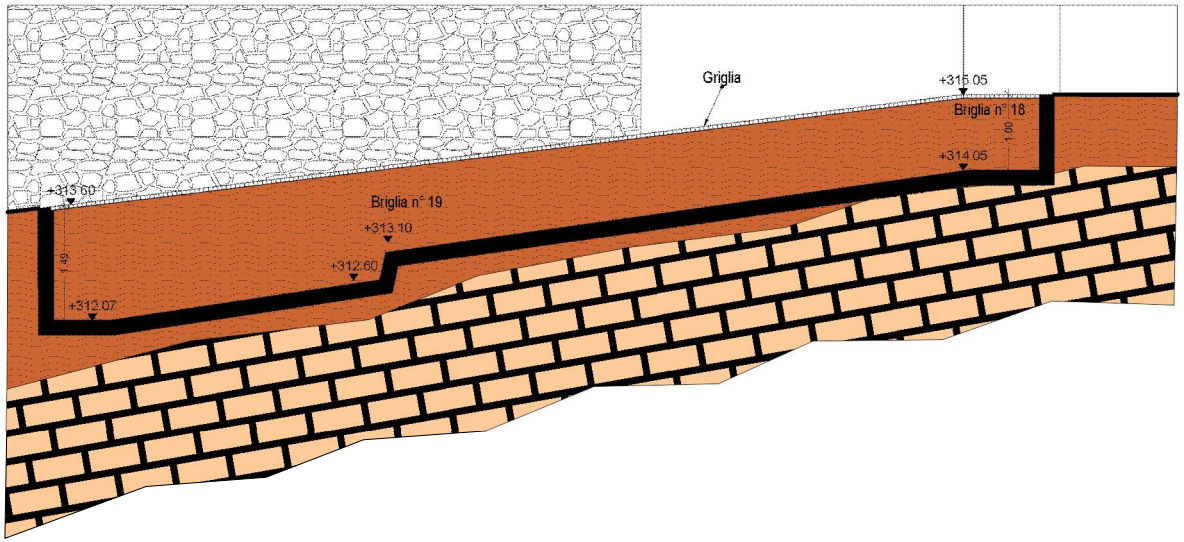
Stato limite: SLV



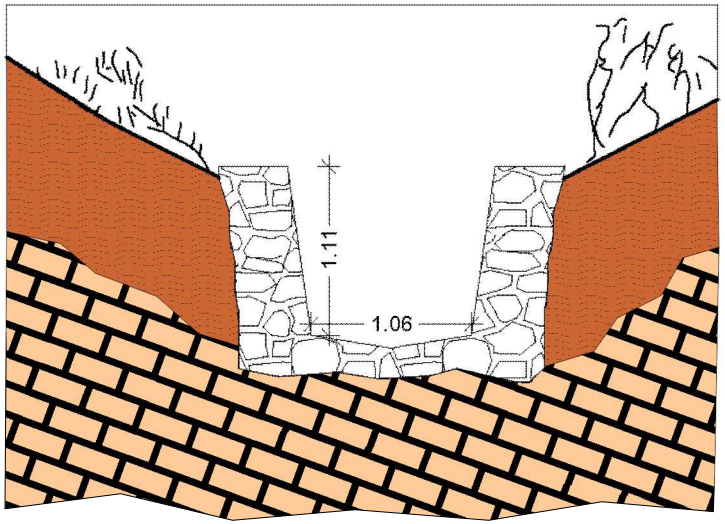
	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	1	0,160	2,441	0,294	1,200	1,410	1,150	1,380	1,500	0,138	0,414	2,239
SLV verticale	1	0,160	2,441	0,294	1,200	1,410	1,150	1,150	1,500	0,050	0,150	1,000

SEZIONI STRATIGRAFICHE INTERPRETATIVE

SEZIONE B-B TOMBINO *Scala 1:100*



SEZIONE TIPO RIO *Scala 1:50*



Coltre eterogenea di copertura parzialmente riportata
ϕ': 28 - 29°
c': 0.04 - 0.05 kg/cmq
γd: 1,60 - 1,75 t/mc
γsat: 1,80 - 1,95 t/mc

Substrato roccioso flyschoide alterato e fratturato
ϕ: 29 - 33°
γd: 2,15 - 2,25 t/mc
γsat: 2,20 - 2,35 t/mc
c: 2.0 - 2.5 kg/cmq

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA







Foto 1-2-3*:* affioramenti di roccia in posto







Foto 4-5-6*:* settore di monte ed intermedio del tratto di rio in esame







Foto 7-8-9*:* settore di valle del tratto di rio in esame