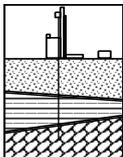


Comune	STELLA (PROVINCIA DI SAVONA)
Progetto	LAVORI DI SOMMA URGENZA DANNI ALLUVIONALI 2019 RIPRISTINO SEDE STRADALE IN VIA CASTELLARI DA RIO PANARO AL CIV. 1
Data	Marzo 2020
Committente	Spett. Amministrazione Comunale di Stella

RELAZIONE GEOLOGICA

(D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento Nome Tecniche
per le Costruzioni)



Dott. Francesco Valle

Geologo

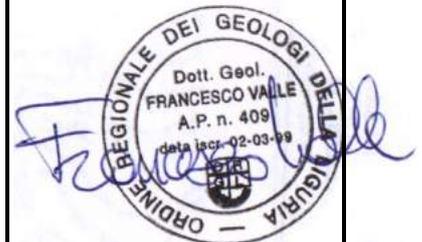
Via V. Poggi 4/4 – 17100 SAVONA

tel. 019.828.156- 3479072824

e-mail: geolvalle@gmail.com

Cod. fisc.: VLLFNC70C17C823S

P.IVA.: 02159710991



1) PREMESSA

La presente relazione riferisce su quanto è emerso dalla indagine eseguita dal sottoscritto Dott. Geol. Francesco Valle, iscritto al n° 409 dell'Albo Professionale dell'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria, su incarico conferitogli dalla spett. Amministrazione Comunale di Stella in relazione al progetto di consolidamento e ripristino della sede stradale nel tratto sito in località Castellari dal Ponte Panaro al civico 1.

In concomitanza delle intense precipitazioni che hanno interessato il territorio comunale di Stella nei giorni 22, 23, 24 Novembre 2019, si è verificato un esteso movimento franoso che ha provocato il crollo della sede stradale ed il cedimento del versante e delle strutture di monte per una lunghezza di circa 80m.

In sintesi, l'intervento di somma urgenza prevede un primo ripristino della carreggiata stradale attraverso il posizionamento di una scogliera come struttura di sottoscarpa; successivamente verranno realizzate due nuove strutture murarie a monte ed a valle della strada, opportunamente fondate su pali (vedi anche TAVV. 3-5 e più in dettaglio documentazione progettuale).

Eseguiti i necessari rilievi si espongono qui di seguito le condizioni emerse, tenendo conto che l'indagine si è sviluppata secondo i seguenti criteri:

- inquadramento dell'area nell'ambito del Piano di Bacino del T. Sansobbia;
- rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico della zona per un'area sufficientemente significativa;
- esecuzione di prove, determinazioni ed osservazioni in posto;
- assemblaggio ed elaborazione degli elementi acquisiti (anche della documentazione ed indagini geologiche già eseguite sul versante in oggetto) e redazione della presente relazione geologica.

2) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- R.D. 3267/1923 e succ. mod.- L.R. 4/1999: Vincolo Idrogeologico.
- D.M. 17/01/2018: Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni
- L. 267/1998. Piani di Bacino Stralcio per la tutela dal Rischio Idrogeologico.
- DGR n° 216 del 17/03/2017 (OPCM 3519. Aggiornamento classif. sismica del territorio della Regione Liguria).
- D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’art. 8 del decreto legge 12.09.2014 n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 1.11.2014 n. 164” .

3) VINCOLI AMMINISTRATIVO - TERRITORIALI

Vincolo idrogeologico

La zona ricade nelle aree sottoposte al vincolo idrogeologico.

Inquadramento nella cartografia del Piano di Bacino

Così come risulta dagli stralci della cartografia di Piano di Bacino allegati, la zona d'intervento ricade in un'area a suscettività al dissesto da media ad alta di tipo Pg3a, di frana quiescente (vedi ALL.1.1), sulla porzione di versante alla sinistra del Rio Panaro (vedi ALL.1.2). In quest'area sono previsti un intervento di consolidamento ed opere di regimazione delle acque superficiali (ALL.1.3).

Inquadramento nella cartografia geologica del PUC di Stella

L'area d'intervento ricade tra le aree Pg3a di suscettività al dissesto alta e le aree di tipo E, sottoclasse E4 e zone speciali; si tratta di zone caratterizzate dalla presenza di coperture sciolte con problematiche legate alla natura ed al comportamento meccanico delle coltri, con necessità di ulteriori verifiche in merito all'interazione acqua/terreno, che necessitano di interventi di regimentazione delle acque preliminarmente a qualsiasi intervento (vedi anche TAV.6).

Zonazione sismica

In base alla Delibera della Giunta Regionale n° 216 del 17/03/2017 (OPCM 3519. Aggiornamento classif. sismica del territorio della Regione Liguria) il Comune di Stella rientra nella zona sismica “4”.

Rocce e terre da scavo

Il substrato roccioso dell'area appartiene alla famiglia delle "rocce verdi".

4) INQUADRAMENTO GENERALE

L'area in questione si trova in sponda sinistra dell'alta valle del Rio Panaro il cui alveo scorre circa ad oltre 30 m a ponente e comunque ad una quota inferiore di oltre dieci metri (vedi anche Corografia – TAV.1).

I versanti presentano acclività generalmente da media ad alte, una morfologia molto irregolare dovuta da un lato al susseguirsi di dorsali a vallecole degli affluenti minori dall'altro alla presenza di numerose rotture di pendio.

In un generale contesto ancora in gran parte boscato, la zona risulta comunque antropizzata dalla realizzazione di diverse abitazioni, dei giardini pertinenziali terrazzati e della viabilità di collegamento.

Più precisamente, il sito è posto in località Castellari Superiori, sull'appendice meridionale di una piccola dorsale, di Bric Monterazzo, dove uno scoscendimento ha interessato un tratto di circa 80m di strada, che in questo tratto procede a mezzacosta, tra il ponte sul Rio Panaro ed il fabbricato del civico 1, posto subito a monte. La frana ha coinvolto anche i terreni e le strutture presenti sia a monte sia a valle della carreggiata.

Dal punto di vista geologico, l'area è caratterizzata (vedi TAV.2) dai metagabbri a diallagio appartenenti alla "Serie di Montenotte", un litotipo tendenzialmente abbastanza compatto, a grana variabile da media a grande, da intensamente a debolmente foliato; nell'area è direttamente visibile localmente sia sui tagli stradali che in affioramento sul versante dove presenta uno stato di conservazione estremamente vario a testimoniare l'intensa tettonizzazione subita, passando da condizioni massicce ad altre, prevalenti, in cui appare diffusamente alterato e disgregato.

In parte il substrato è mascherato da un livello di coperture variabile, dello spessore medio tra 1 e 3m; tali coperture, a cui possono essere frammisti materiali di riporto anche grossolani provenienti da precedenti scassi ed usati per regolarizzare l'attuale fondo stradale, sono costituite da uno scheletro di clasti im-

mersi in un'abbondante matrice da limo sabbiosa a limo argillosa di colore bruno chiara. L'andamento e gli spessori della coltre superficiale sono condizionati dall'andamento del substrato roccioso, dalla pendenza del versante e dalla sistemazione antropica del versante che, a seguito della realizzazione di edifici, strade di accesso e di fasce di coltura mediante terrazzamenti, ha chiaramente modificato l'originario andamento della coltre detritica superficiale.

Come sopraddetto, le particolarmente intense condizioni degli ultimi fenomeni meteorici (Novembre 2019) hanno condotto ad un distacco di una importante quantità di materiale sciolto accompagnato da materiale roccioso del primo substrato molto alterato e disgregato, caratterizzato però anche da alcuni blocchi di dimensioni importanti. Nel complesso la zona risulta caratterizzata da una sufficiente stabilità complessiva anche se localmente i cigli di fascia o le scarpate presentano scoscendimenti tendenzialmente limitati da addebitare essenzialmente all'elevata acclività, alla stato conservativo scadente del substrato ed alla presenza di acqua nelle zone di fratturazione che avvengono in contesti di forti e perduranti eventi meteorici.

La cartografia geologica comunale e regionale evidenzia criticità particolarmente legate all'interazione acqua/terreno consigliando la cura degli aspetti di regimentazione delle acque preliminarmente a qualsiasi intervento.

Dal punto di vista idrogeologico, il substrato può essere considerato sostanzialmente impermeabile o debolmente permeabile per fratturazione mentre le sovrastanti coperture sono da considerarsi permeabili per porosità; sono comunque presenti sia una laminazione al contatto coltri/substrato (a carattere stagionale che si intensifica in concomitanza di intensi e perduranti eventi meteorici) sia frequenti venute d'acqua in corrispondenza di locali fasce di roccia molto fratturata. Attualmente, per quanto riguarda le acque superficiali, vengono per lo più intercettate a monte dai vari solchi e sentieri presenti, a valle dalla rete di smaltimento stradale e quindi convogliate verso il solco del sottostante Rio Panaro, naturale scolmatore dell'area.

5) INDAGINI GEOGNOSTICHE

Visto il contesto geomorfologico e litologico dell'area, già ben evidenziato dal rilevamento di superficie, ed il tipo di intervento in progetto, le indagini sono state finalizzate essenzialmente alla definizione dell'andamento stratigrafico del terreno ed alla caratterizzazione geotecnica delle coperture e del substrato nei livelli più superficiali. Sono state effettuate uno stendimento sismico al fine di caratterizzare il sito anche dal punto di vista sismico e per la determinazione della velocità V_sEq (vedi in dettaglio ALL.2) e valutazioni di carattere geomeccanico sullo stato del materiale lapideo osservabile negli affioramenti più prossimi presenti (vedi anche ALL.3).

Prospezione sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'allineamento indicato nella sottostante planimetria è stata effettuata una prospezione sismica a rifrazione, denominata PS1, acquisendo i dati mediante un sismografo Dolang DBS280 della "Dolang Geophysical" a 24 canali digitali a 24 bit utilizzando 24 geofoni, con energizzazione a massa battente dal peso di 10 kg con piastra di battuta in alufer e di cui vengono allegare le risultanze (ALL.2).



In particolare, la sezione tomografica mostra la presenza superficialmente di coperture sciolte poco addensate seguite da coltri da mediamente a molto addensate passanti e/o intercalate al substrato molto alterato e fratturato (cappellaccio) dello spessore variabile intorno a 4-5m.

A questi terreni segue il substrato roccioso alterato e fratturato in graduale miglioramento con la profondità. Il substrato in discrete condizioni conservative si trova a partire da profondità superiori ai 9m dal p.c. stradale.

Prospezione sismica MASW

L'elaborazione delle risultanze della prova sismica attraverso lo specifico programma d'interpretazione (MASW di Vitantonio Roma) ha fornito valori della V_{Seq} riconducibili ai terreni di categoria di sottosuolo B (vedi in dettaglio ALL.2).

Osservazioni e determinazioni sul substrato affiorante

Sono state eseguite valutazioni di carattere geomeccanico sullo stato del materiale lapideo osservabile sulla scarpata a lato della strada immediatamente a ponente del movimento franoso, anche con l'esecuzione di alcuni tests di resistenza della roccia (utilizzando il martello di Schmidt - sclerometro da roccia).

Sotto il profilo geomeccanico la roccia presenta in generale discreta tenacità e compattezza nonostante il grado di fratturazione che solo localmente può diventare anche assai ingente con formazione di blocchi anche subdecimetrici.

Si tratta di rocce metamorfiche che qui evidenziano un aspetto variabile da localmente massivo a scistoso, ma soprattutto cataclastico con una certa variabilità dello stato conservativo superficiale, generalmente scadente, mostrando una tendenza all'alterazione e alla disarticolazione in prismi le cui caratteristiche geometriche sono strettamente legate alle famiglie di discontinuità dell'ammasso roccioso. Le osservazioni inerenti il suo stato conservativo permettono di riscontrare come la tettonizzazione subita abbia prodotto una certa variabilità nell'orientazione dei piani di discontinuità. Le misurazioni dell'indice sclerometrico della roccia in posto sono state eseguite sui giunti mediante martello di Schmidt ed hanno fornito, valori sempre intorno e/o inferiori al 10, limite di scala dello stru-

mento, caratteristici degli ammassi rocciosi in condizioni scadenti; in profondità è senz'altro ipotizzabile un miglioramento complessivo dello stato dell'ammasso.

6) MODELLAZIONE GEOLOGICA GENERALE

Il rilevamento e le indagini hanno permesso di elaborare il seguente modello geologico (vedi anche TAV.5):

- da 0 a 4 ÷ 5m: riporti e coltri poco addensati a cui possono essere frammisti trovanti rocciosi
- da 5 a 9m: substrato roccioso molto alterato e fratturato con presenza di acqua da fessurazioni
- oltre i 9m: substrato in discrete condizioni conservative

7) MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA

Le condizioni geomorfologiche dell'area facilitano il percolamento di acque meteoriche all'interno del terreno. Dal punto di vista idrogeologico, il substrato può essere considerato sostanzialmente impermeabile o debolmente permeabile per fratturazione mentre le sovrastanti coperture sono da considerarsi permeabili per porosità; sono comunque presenti sia una laminazione al contatto coltri/substrato (a carattere stagionale ed in concomitanza di intensi e perduranti eventi meteorici) sia frequenti venute d'acqua in corrispondenza di locali fasce di roccia molto fratturata.

8) MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

Facendo riferimento al D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni", l'accelerazione massima prevedibile per il sito in esame può essere valutata con riferimento alla situazione stratigrafica e topografica attraverso la relazione: $a_{max} = S_s \times S_T \times a_g$

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,

$V_{s,eq}$ (in m/s); per depositi con profondità H del substrato (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s) superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$.

Sulla base delle indagini sismiche eseguite il sito è riconducibile alla categoria di sottosuolo B (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$, compresi fra 360 m/s e 800 m/s*). Per quanto riguarda il coeff. topografico S_T , ricadendo la zona d'intervento nella categoria T2 "pendii e rilievi con inclinazione media $i > 15^\circ$ ", risulta $S_T = 1.2$. In merito all'accelerazione orizzontale massima al bedrock a_g , sono attesi valori inferiori a 0.052g, calcolati con una probabilità di superamento del 10% in 475 anni (corrispondente allo stato limite di salvaguardia della vita).

9) **CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI**

Caratterizzazione delle coltri detritico – eluviali – riporti e terreni di fascia

Costituite da coltri detritiche eluviali, riporti e terreni di fascia, quindi materiali estremamente eterogenei, caratterizzati dalla presenza di abbondanti scaglie rocciose in matrice fine da limo-sabbiosa a limo-argillosa bruno-rossastra (a cui possono essere frammisti trovanti rocciosi); ad esse possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici minimi e medi di riferimento:

angolo d'attrito φ	25° ÷ 27°
peso di volume γ	17 ÷ 18 kN/m ³
Coesione effettiva c'	0 ÷ 5 kPa

Substrato roccioso

La caratterizzazione della roccia è stata eseguita procedendo alla classificazione degli ammassi rocciosi attraverso il metodo GSI (Geological Strength Index) elaborato da Hoek (1994), che permette di definire la categoria di appartenenza dell'ammasso roccioso in esame in funzione di una valutazione qualitativa

delle famiglie di discontinuità presenti e delle condizioni delle loro superfici di contatto. Attraverso il programma Rocklab ver. 1.03, elaborato da Hoek, si è pertanto provveduto, inseriti i parametri geomeccanici caratteristici della roccia e quelli identificativi del suo stato (Indice GSI = 15 ÷ 30), a determinare i parametri di resistenza al taglio secondo il criterio di rottura di Mohr – Coulomb.

Il substrato, costituito nei livelli più superficiali da roccia alterata, la cui qualità migliora con la profondità, risulta (sulla base sia di quanto osservabile negli affioramenti sia dalle indagini eseguite) in condizioni di conservazione superficialmente scadenti. Per i primi 5m è pertanto assimilabile cautelativamente ad un materiale detritico molto addensato e comunque dotato di una certa coesione.

In sintesi possono essere pertanto attribuiti i seguenti valori medi stimati:

Substrato roccioso molto alterato (cappellaccio d'alterazione)

peso di volume γ	22 ÷ 23 kN/mc
angolo d'attrito φ	35° ÷ 37°
coesione c	10 ÷ 20 kPa

Substrato roccioso più fresco

peso di volume γ	24 ÷ 25 kN/mc
angolo d'attrito φ	40° ÷ 45°
coesione c	100 ÷ 130 kPa

10) CONCLUSIONI

La presente perizia ha permesso di definire l'andamento stratigrafico dell'area interessata dall'intervento e di caratterizzare mediamente dal punto di vista geotecnico - geomeccanico i terreni presenti.

Sulla base dei rilievi geologici e delle indagini geognostiche fin qui eseguite, ai fini dell'intervento di consolidamento si ritiene opportuna la messa in opera di nuove murature con fondazioni su micropali così da immorsarsi almeno circa 3m all'interno del substrato in migliori condizioni conservative.

Le opere di consolidamento previste dal progetto saranno eseguite in un contesto già ampiamente antropizzato; tali opere, in quanto comunque limitate e non modificanti l'attuale morfologia dell'area, non creeranno disequilibri all'assetto idrogeologico e non interferiranno con il reticolo di deflusso relativo ai corsi d'acqua naturali.

Il modello geologico definito nella presente relazione deve essere inteso come modello fisico, non trattando la parte relativa ai modelli di comportamento più propriamente legati alla parte di progettazione. In ogni caso tutti gli aspetti geotecnici - geomeccanici affrontati nella presente relazione geologica dovranno comunque essere validati e integrati da parte del progettista strutturista.

L'indagine di sito eseguita ha comunque sempre carattere puntuale: in corso d'opera si dovrà obbligatoriamente verificare la rispondenza tra la caratterizzazione geologica e geotecnica media descritte nella presente relazione e le effettive caratteristiche geologiche del sottosuolo rilevate durante gli scavi. Qualora si rilevassero significative differenze tra quanto riportato nella presente relazione e le condizioni reali verificate in sito, si dovrà adeguare il progetto.

L'intervento previsto, consoliderà il pendio con i nuovi manufatti ben immorsati nella roccia.

In particolare nella porzione inferiore, dovrà comunque essere posta particolare attenzione operativa vista sia la presenza di vicine strutture murarie esistenti sia la sempre possibile presenza di sottoservizi (es. tubazioni d'acqua).

Nella realizzazione di eventuali porzioni di sistemazione in riporto dovrà essere utilizzato del materiale con caratteristiche geotecniche idonee sistemato con tutti gli accorgimenti necessari a garantirne un adeguato costipamento, cioè un materiale a composizione prevalentemente granulare, con una componente fine limo-argillosa non superiore al 20 - 25% e avente al suo interno clasti di diametro massimo = 200mm, che, costipato a strati di non più di 30cm per volta garantirà, con un elevato angolo d'attrito, la stabilità anche nel lungo periodo.

Le opere di regimazione delle acque meteoriche saranno mirate a raccogliere e smaltirle dall'area di ripristino della sede stradale verso l'alveo del sottostante Rio Panaro senza produrre erosioni; miglioreranno pertanto le condizioni idrogeologiche in atto; si raccomanda comunque una verifica periodica delle attuali vie di smaltimento attraverso una loro generale manutenzione.

In merito alla gestione delle terre e rocce da scavo, come evidenziato nella caratterizzazione geologica del sito, i materiali di risulta dagli scavi, saranno costituiti da coltri e dal substrato disgregato e/o disarticolato costituito da litotipi appartenenti alla categoria delle "pietre verdi".

I materiali potranno essere riutilizzati in sito o in altro sito seguendo le disposizioni del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'art. 8 del decreto legge 12.09.2014 n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 1.11.2014 n. 164". I materiali in esubero dovranno essere conferiti in discarica autorizzata.

In ogni caso in via cautelativa, anche considerando la presenza di "Rocce verdi", gli scavi dovranno essere attuati con tecniche che garantiscano la minore frammentazione possibile dell'ammasso roccioso; dovrà inoltre essere predispo-

sto un sistema di minimizzazione e controllo della diffusione delle polveri quale per esempio la nebulizzazione dei fronti di scavo.

Sulla scorta delle conoscenze litostratigrafiche, geotecniche ed idrogeologiche in possesso si esprime un parere di fattibilità geologica e geotecnica per la realizzazione dell'intervento previsto.

La realizzazione dell'intervento di consolidamento in questione è inoltre da ritenersi, per quanto di competenza dello scrivente, sia ammissibile in relazione all'assetto idrogeologico dell'area evidenziato nel corso della perizia (ritenendosi stabilizzante e migliorativo ai fini dell'assetto idrogeologico e della stabilità del versante) che compatibile con la Normativa di Piano di Bacino, non aggravando l'attuale livello di suscettività al dissesto e migliorando, con la cura e ripristino delle sistemazioni di smaltimento delle acque meteoriche a contorno, l'efficienza idraulica della porzione di bacino interessato.

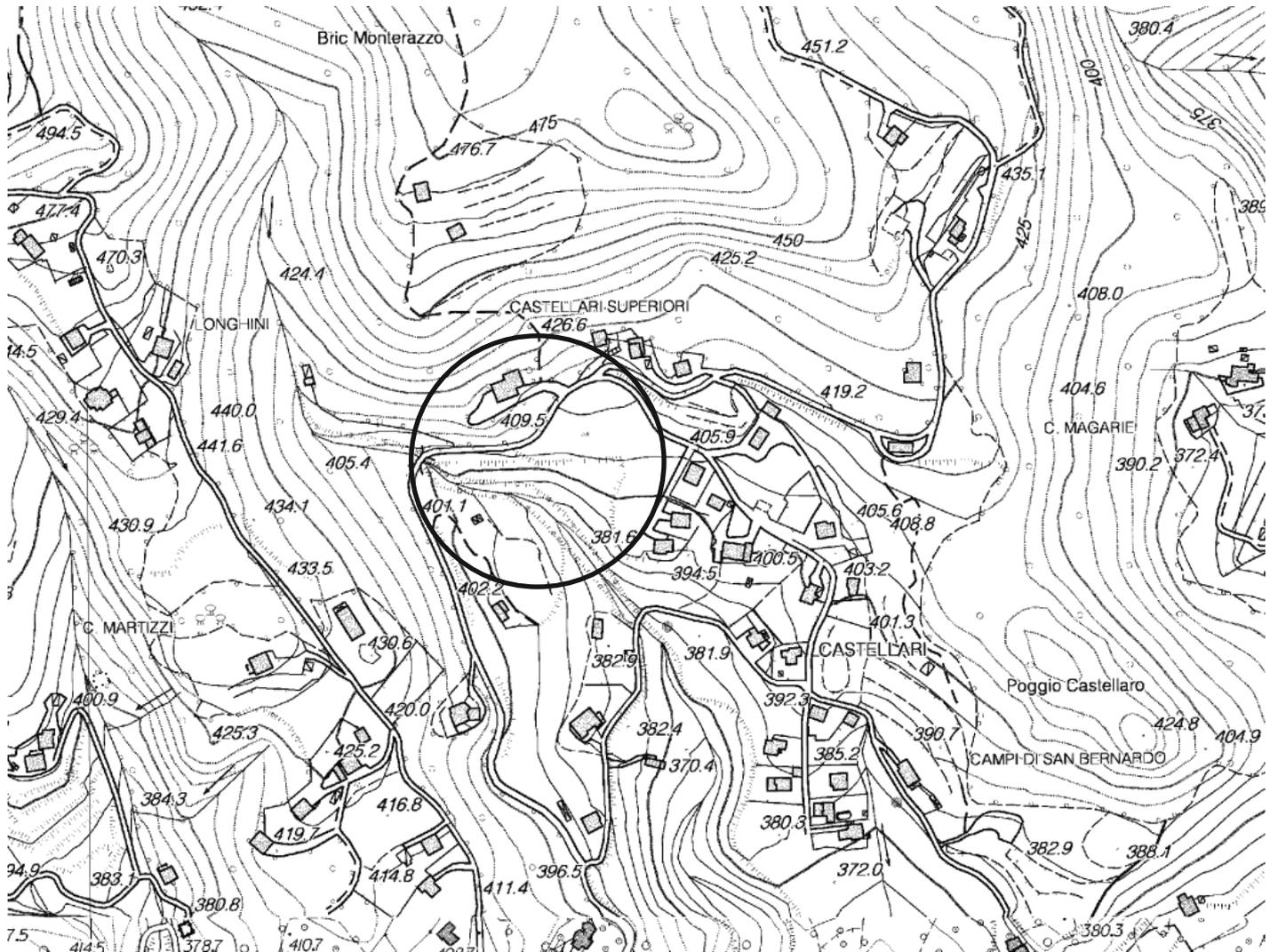
Savona, li 11/03/2020

il geologo



TAVOLE: 1 - COROGRAFIA
2 - STRALCIO CARTA GEOLITOLOGICA
3 - PLANIMETRIA STATO ATTUALE
4 - PLANIMETRIA PROGETTO
5 - SEZIONE STRATIGRAFICA INTERPRETATIVA
6 - CARTA SUSCETTIVITA' D'USO GEOLOGICA DI PUC

ALLEGATI: 1.1/1.3 - STRALCI CARTOGRAFIA PIANO DI BACINO
2 - PROVE SISMICHE - Risultanze
3.1/3.2 - ANALISI DELLA ROCCIA CON METODO DI ROCK LAB DI HOEK
4 - PARAMETRI SISMICI DI SITO

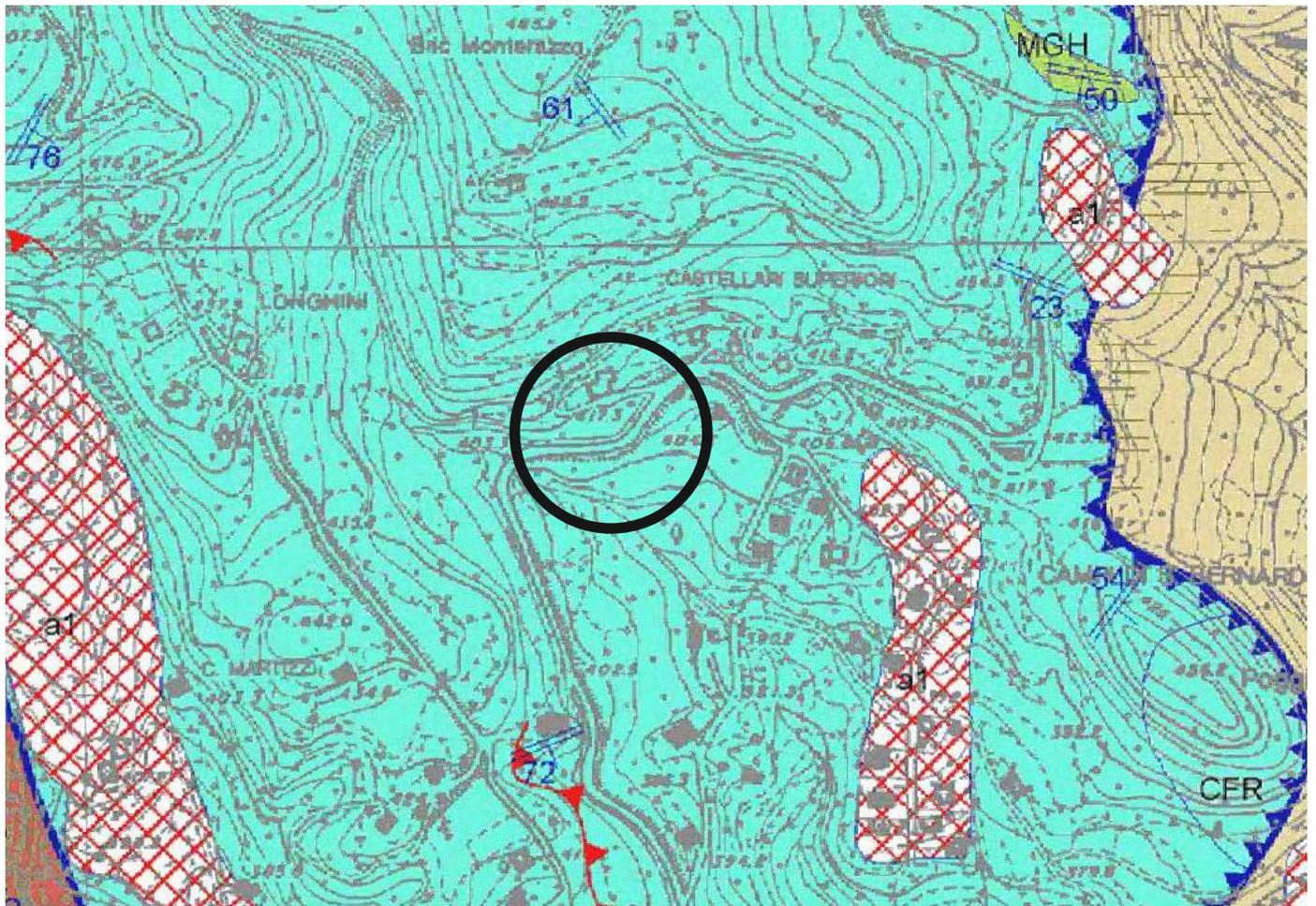


COROGRAFIA

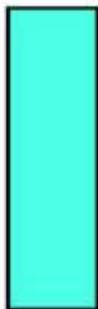
scala 1:5.000

TAV.

1



metagabbri del Bric Sportiole

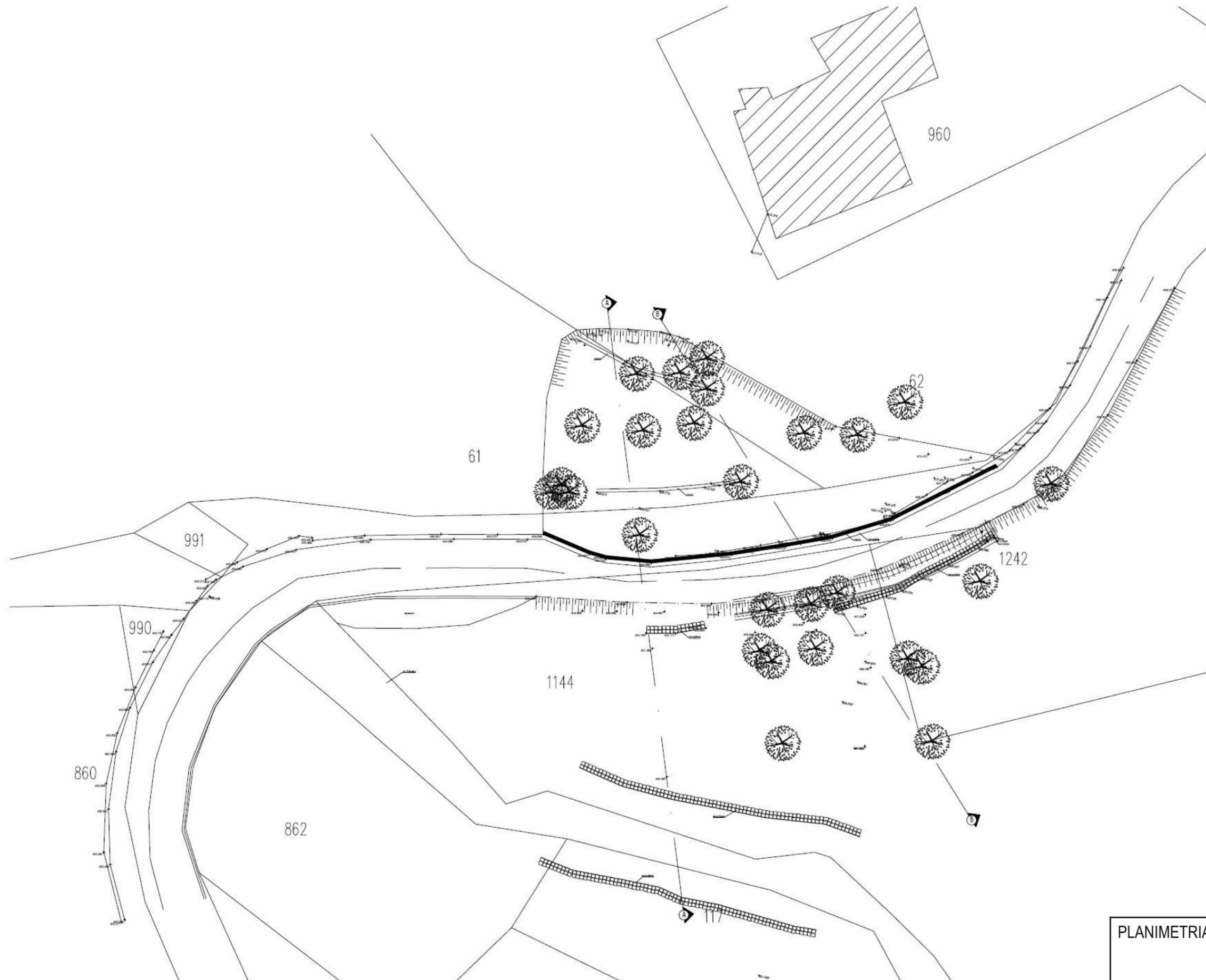


MBS

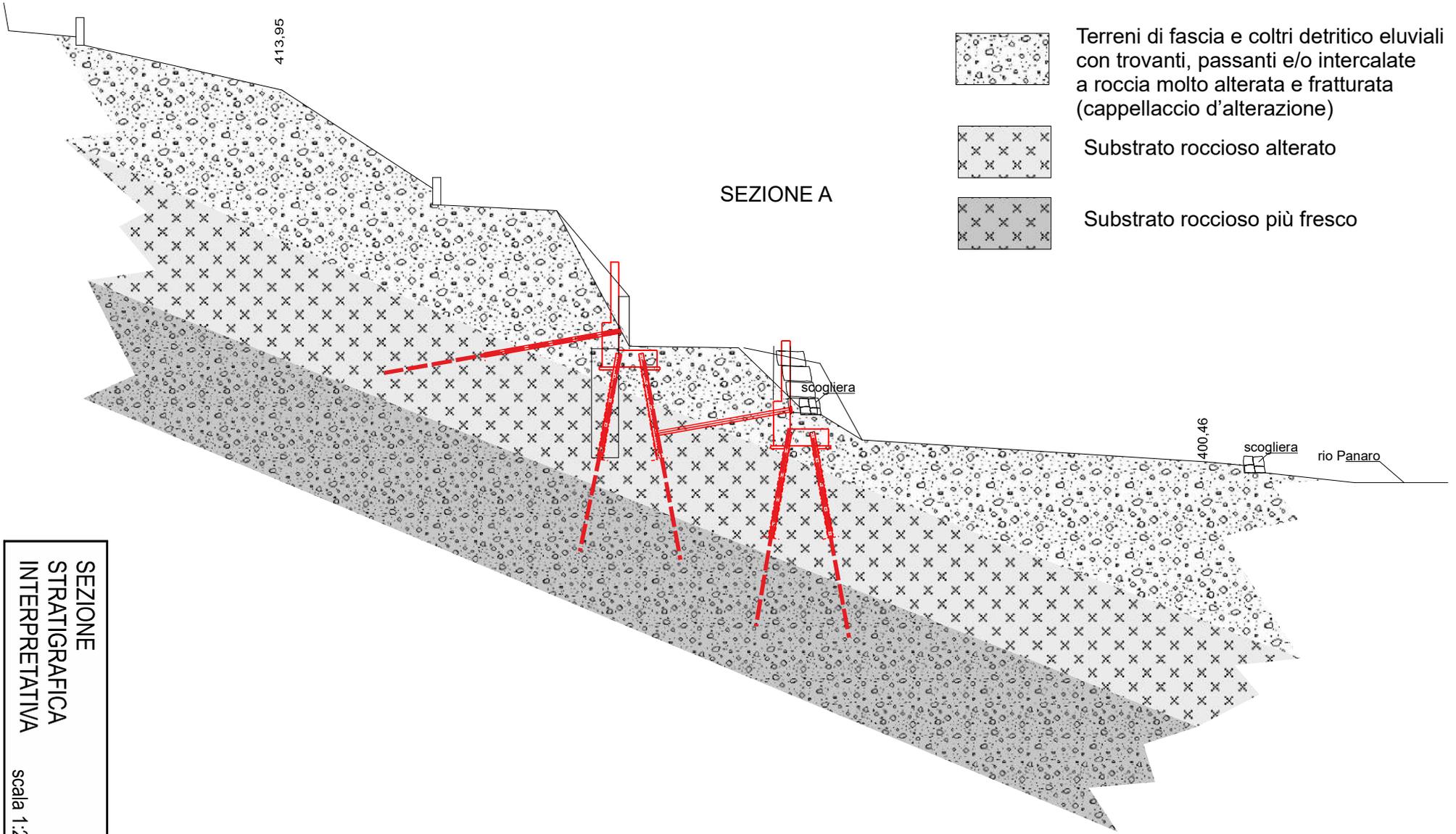
Metagabbri leucocratici a grana media e medio-grande, caratterizzate dalla locale presenza di relitti di clinopirosseno e ossidi magmatici e dalla preservazione nei litotipi indeformati dei siti a olivina e plagioclasio ignei; localmente sono attraversati da dicchi basaltici. Tessiture primarie da isotrope a milonitiche, generalmente ben conservate. Le pseudomorfofi sul clinopirosseno igneo sono costituite da anfiboli sodici e calcici, sull'olivina si sono formati talco e tremolite, sul plagioclasio sono presenti aggregati ad albite, epidoto e clorite. Sono riconoscibili varie generazioni di paragenesi metamorfiche che variano da Scisti Blu (anfibolo blu, albite, epidoto, talco) a Scisti Verdi (actinolite, albite, clorite, epidoto). La locale presenza di anfiboli pargastici bruni testimonia uno stadio di alterazione ad alta temperatura pre Scisti Blu.
GIURASSICO MEDIO? - GIURASSICO SUP.?



PLANIMETRIA STATO ATTUALE	TAV.
scala grafica	3



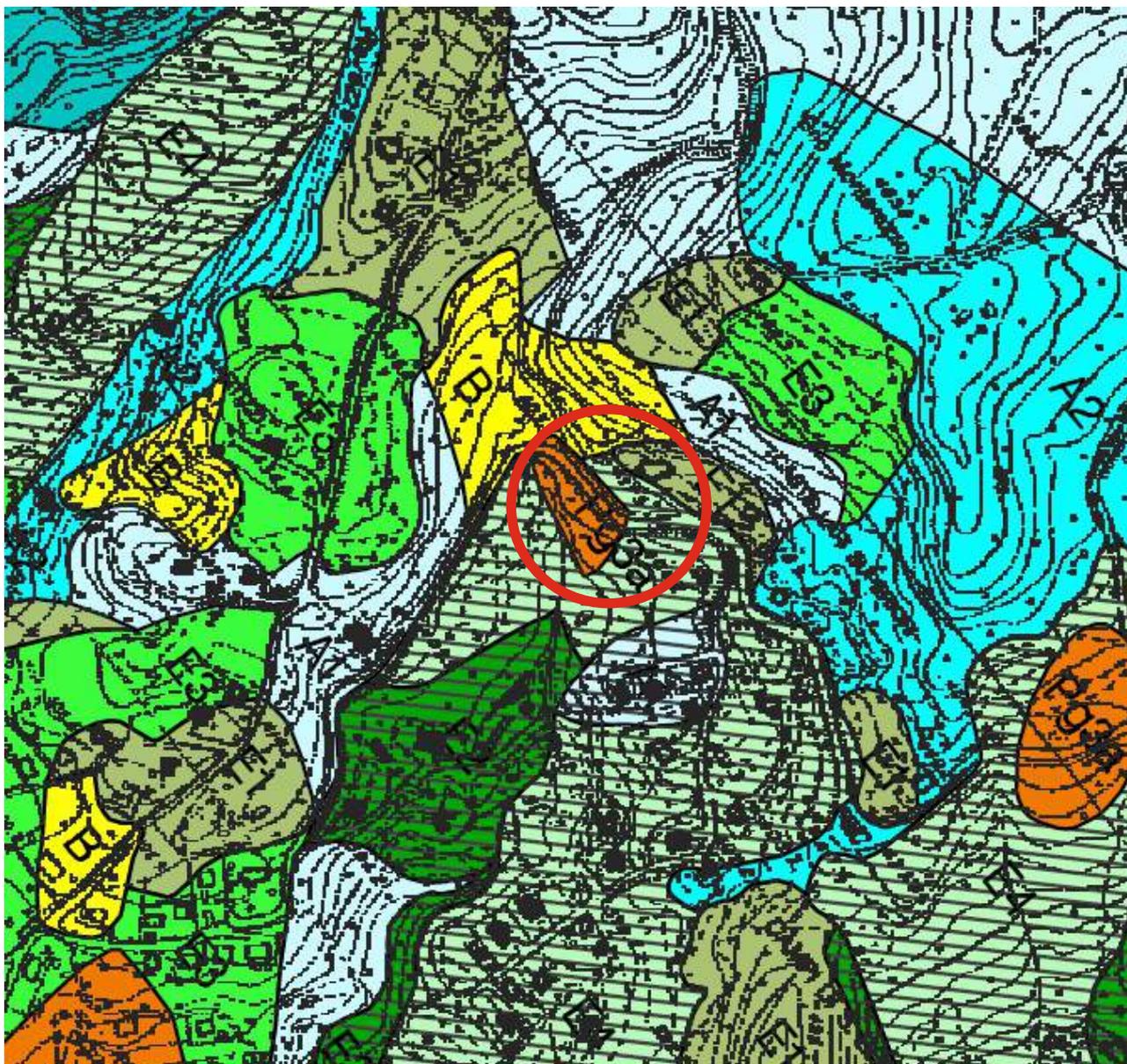
PLANIMETRIA PROGETTO	TAV.
scala grafica	4



SEZIONE
STRATIGRAFICA
INTERPRETATIVA

scala 1:200

TAV.
5



Pg3a

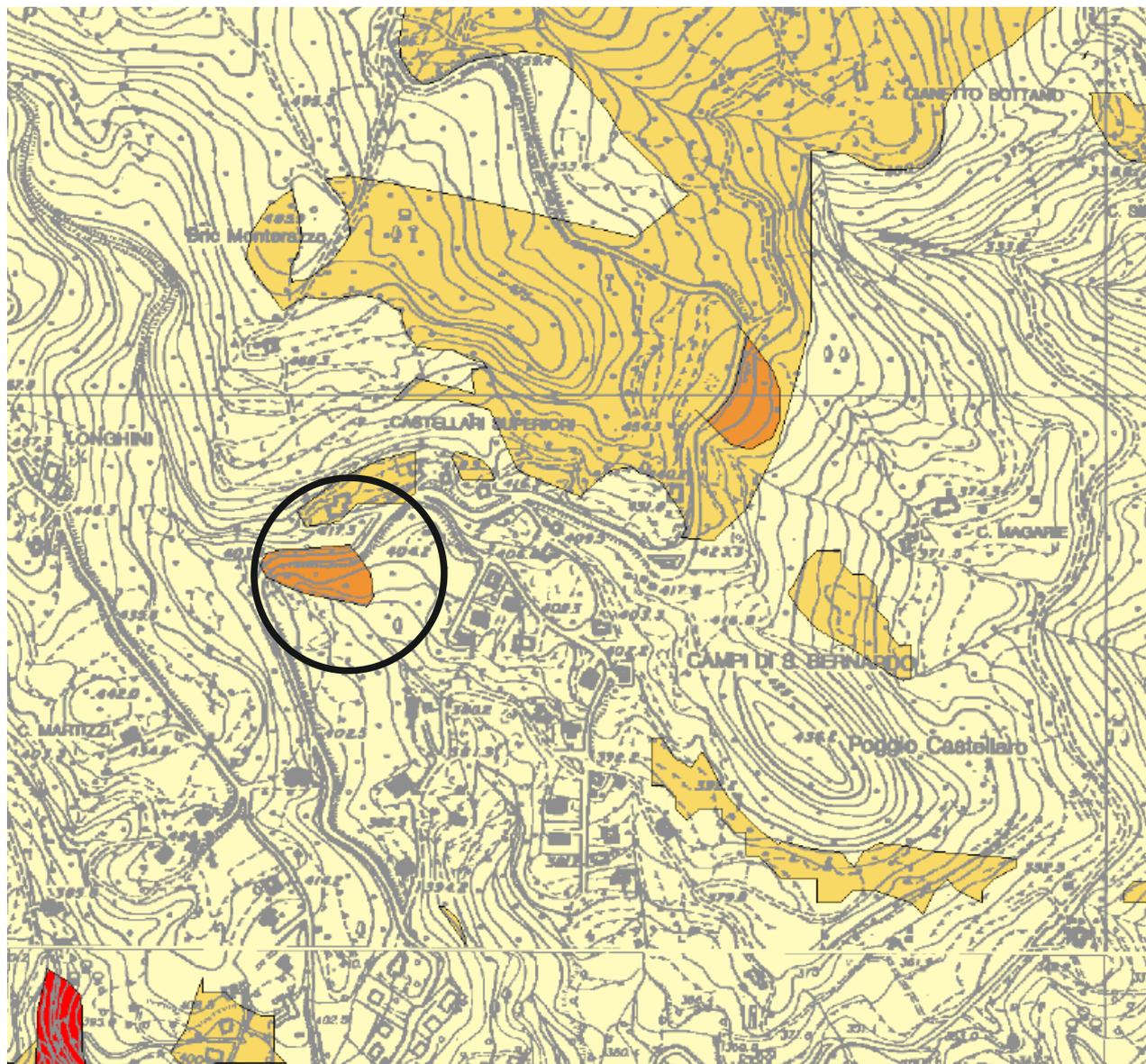
Suscettività al dissesto elevata –
 Art. 16, comma 3 della Normativa di P.d.B.

ZONE TIPO E: caratterizzate dalla presenza di coltri sciolte di copertura

E4 Come per le zone E3 con necessità di ulteriori specifiche verifiche in merito all'interazione acqua-terreno per qualsiasi tipo di intervento

ZONE SPECIALI

 Aree interessate da locali condizioni legate alla dinamica delle acque (impregnazioni diffuse, deflussi superficiali e profondi); necessitano di interventi di regimazione preliminarmente a qualsiasi tipo di intervento

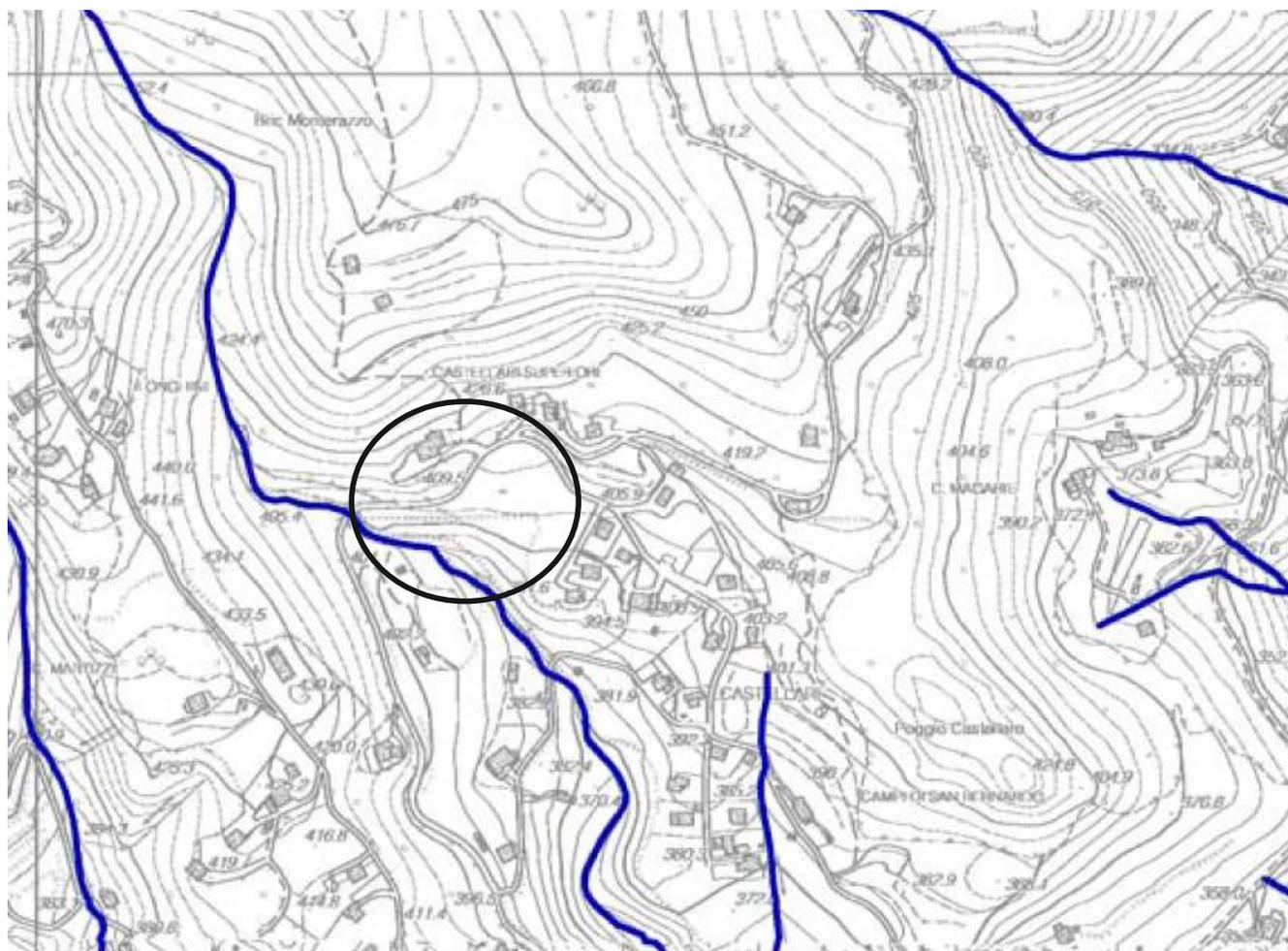


- Pg4 - (Aree a suscettività MOLTO ALTA - aree in frana attiva)
- Pg3a - (Aree a suscettività ALTA - frane quiescenti)
- Pg3b - (Aree a suscettività ALTA - aree non di frana quiescente)
- Pg2 - (Aree a suscettività MEDIA)
- Pg1 - (Aree a suscettività BASSA)
- Pg0 - (Aree a suscettività MOLTO BASSA)
- A - (Aree speciali di tipo A - Cave attive, Miniere attive)
- A - (Aree speciali di tipo A - Discariche in esercizio)

STRALCIO CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO (P.d.B. T. Sansobbia)

All.

1.1



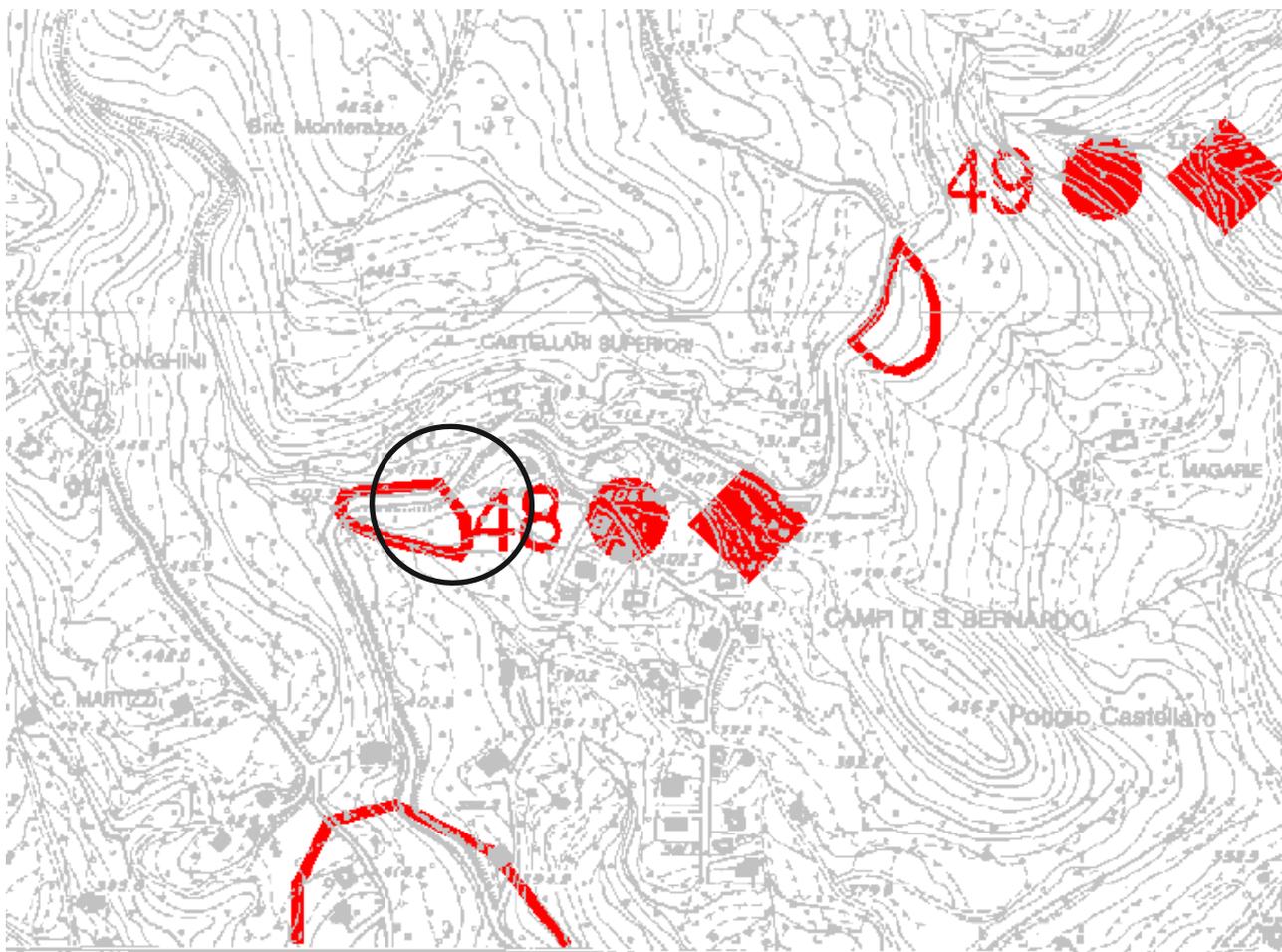
Reticolo idrografico

-  a cielo aperto
-  tombinato
-  scolmatore/opera idraulica
-  Rete di drenaggio urbano
-  Confini comunali
-  Bacini idrografici

**STRALCIO CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO
PRINCIPALE (P.d.B. T. Teiro)**

All.

1.2



CONSOLIDAMENTI



DISGAGGI, RETI ARMATE PARAMASSI



INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA



OPERE DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI

**STRALCIO CARTA DEGLI INTERVENTI
(P.d.B. T. Sansobbia)**

All.

1.3



PROVE SISMICHE IN POSTO - Risultanze

ALL.

2

INDAGINE DI SISMICA DI SUPERFICIE

Nel sito in esame è stata eseguita, lungo l'allineamento mostrato nelle Foto sotto riportate, un'indagine sismica a rifrazione e MASW.



Foto scattata su geofono G1



Foto scattata su geofono G24

Sismica a rifrazione di superficie (onde P)

La prospezione è consistita in una linea sismica di superficie avente le seguenti caratteristiche:

- lunghezza: 36 m;
- spazio intergeofonico: 1.5 m;
- punti di battuta: 3;
- 24 geofoni con frequenza propria di 4.5 Hz.

La prova è stata effettuata utilizzando un sismografo Dolang DBS280 della "Dolang Geophysical" a 24 canali digitali a 24 bit con energizzazione a massa battente dal peso di 10 kg in alufer.

Sono stati eseguiti tre punti di battuta a 2.25, 18.75 e 35.25 m.

I dati acquisiti in campagna sono stati elaborati mediante il software SeisImager/2D della Geometrics che consiste di due moduli:

- Pickwin che permette di leggere e visualizzare i sismogrammi, eseguire le opportune variazioni e correzioni sugli stessi e analizzare i primi arrivi delle onde di volume;
- Plotrefa che permette di eseguire modelli d'inversione per determinare l'andamento della velocità in profondità.

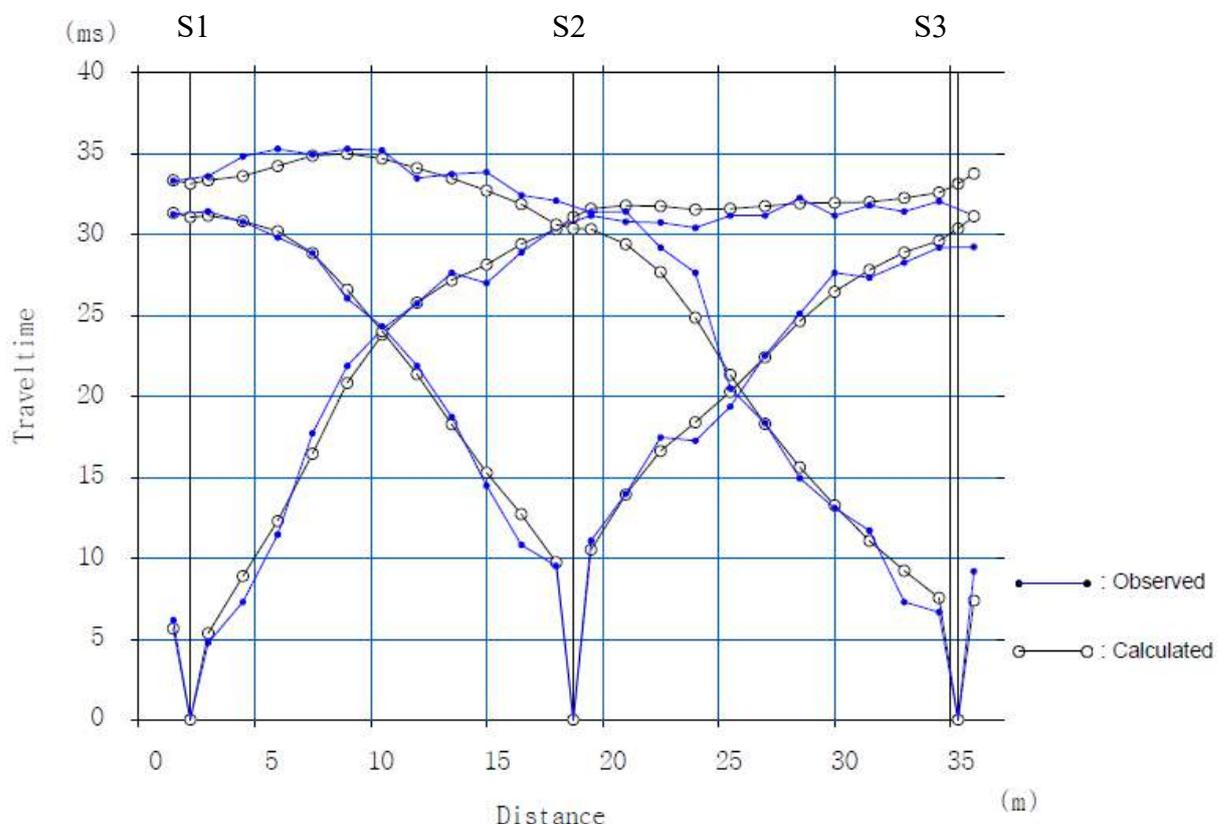
Tomografia sismica

La tecnica tomografica sismica, rispetto alla tradizionale sismica a rifrazione, risolve il problema delle eterogeneità laterali del sottosuolo. Nella tomografia i dati sperimentali

misurati sul terreno (tempi di arrivo) vengono confrontati con quelli teorici (tempi ottenuti dalla modellizzazione diretta) simulati mediante un modello iniziale. Quando il residuo della differenza dei tempi osservati e teorici è abbastanza piccolo, il modello ipotizzato inizialmente può ritenersi molto vicino a quello reale.

La risoluzione del modello finale dipende dalla densità dei raggi, che a sua volta dipende dal numero di energizzazioni e dal numero di ricevitori posti in registrazione per ogni evento di energizzazione.

Con questa tecnica il sottosuolo viene suddiviso in celle discrete attraverso le quali passano i raggi sismici (entità definita come la normale al fronte d'onda) che viaggiano fino al ricevitore. Maggiore è il numero di raggi che s'incrociano, maggiore è la probabilità di ottenere una soluzione stabile.



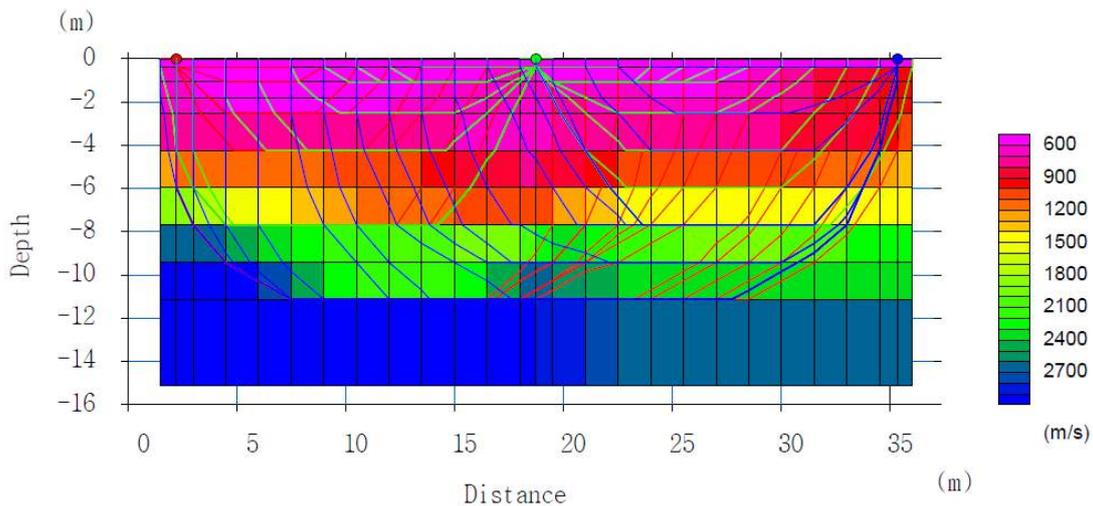
Confronto tra dromocrone osservate e calcolate per il sito analizzato.

La procedura seguita nella tecnica tomografica consiste in:

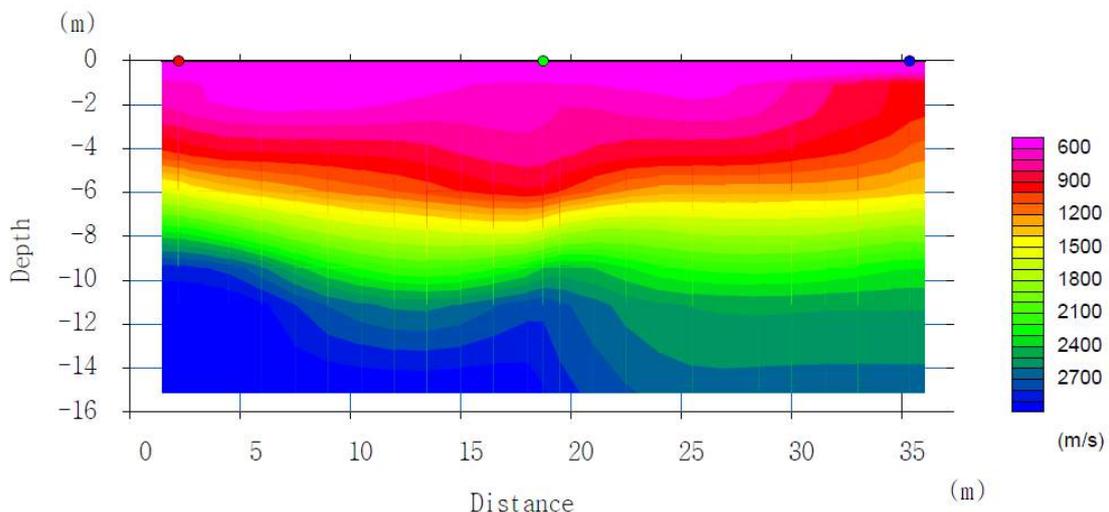
- lettura dei tempi di arrivo sui sismogrammi acquisiti in campagna;
- definizione del modello iniziale del sottosuolo (si parte con un modello piano-stratificato del sottosuolo);
- tracciatura del raggio (tracciamento dei raggi dalla sorgente ai ricevitori – raytracing);
- determinazione dei residui (differenza tra tempi osservati e quelli calcolati);
- applicazione del metodo di inversione;
- ripetizione della procedura fino alla stabilizzazione delle soluzioni.

Con SeisImager il modello iniziale viene creato specificando un intervallo di variazione di velocità delle onde sismiche, dimensioni geometriche e il numero degli strati. Nel caso specifico non si è tenuto conto dell'elevazione.

La spaziatura in verticale e orizzontale della griglia viene creata automaticamente dal programma, con celle più piccole alla superficie e più grandi in profondità (vedere tomogramma sotto riportato con il tracciamento dei raggi dalla sorgente ai ricevitori).



Questo permette una decrescita nel tempo di calcolo ed elimina artefatti causati da una più bassa copertura dei raggi in profondità. Il programma utilizza un approccio ai minimi quadrati non lineare per il metodo d'inversione e per la propagazione del fronte d'onda nella modellazione delle dromocrone (Geometrics and OYO, 2003 and Zhang and Toksoz, 1998).



Campo di velocità bidimensionale (tomogramma).

Il metodo tomografico ha permesso di ricostruire una sezione bidimensionale continua del sottosuolo rendendo evidenti le variazioni laterali di velocità. L'isolinea di 1000 m/s indica il tetto dell'alterazione dell'ammasso roccioso.

Risultati delle analisi MASW

Sito: Iocalità Castellari – Rio Panaro – Stella (SV)
Data: Febbraio 2020

Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....24
Distanza tra i sensori:.....1m
Numero di campioni temporali.....2048
Passo temporale di acquisizione.....1.024ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a.....2096.13ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

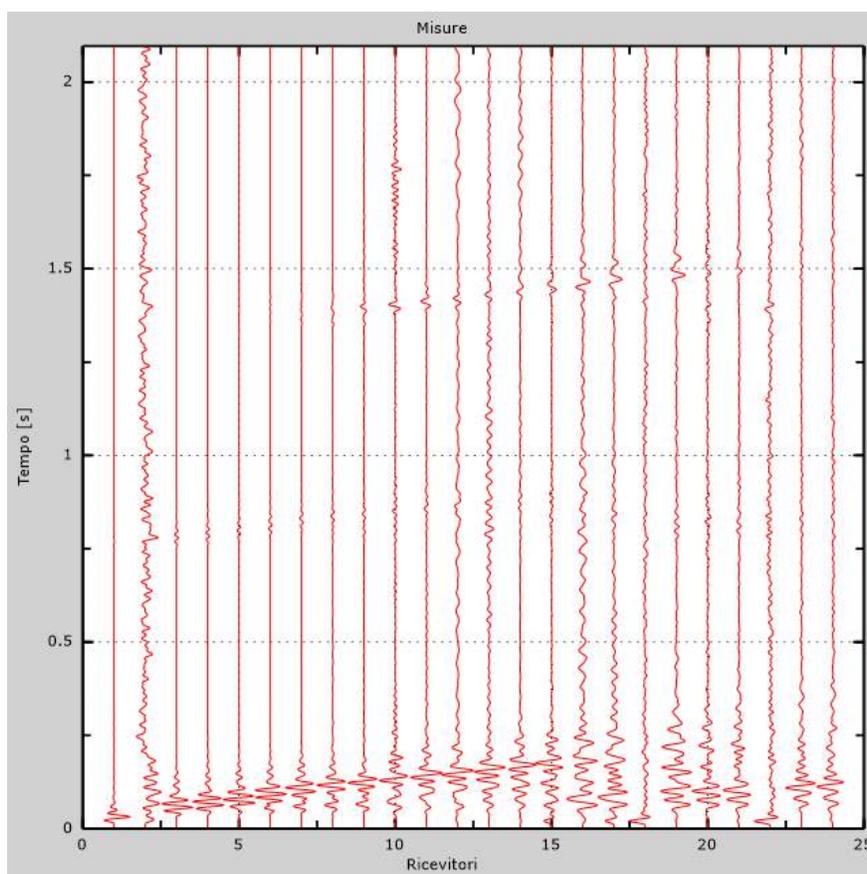


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale.....70Hz
Frequenza iniziale.....10Hz

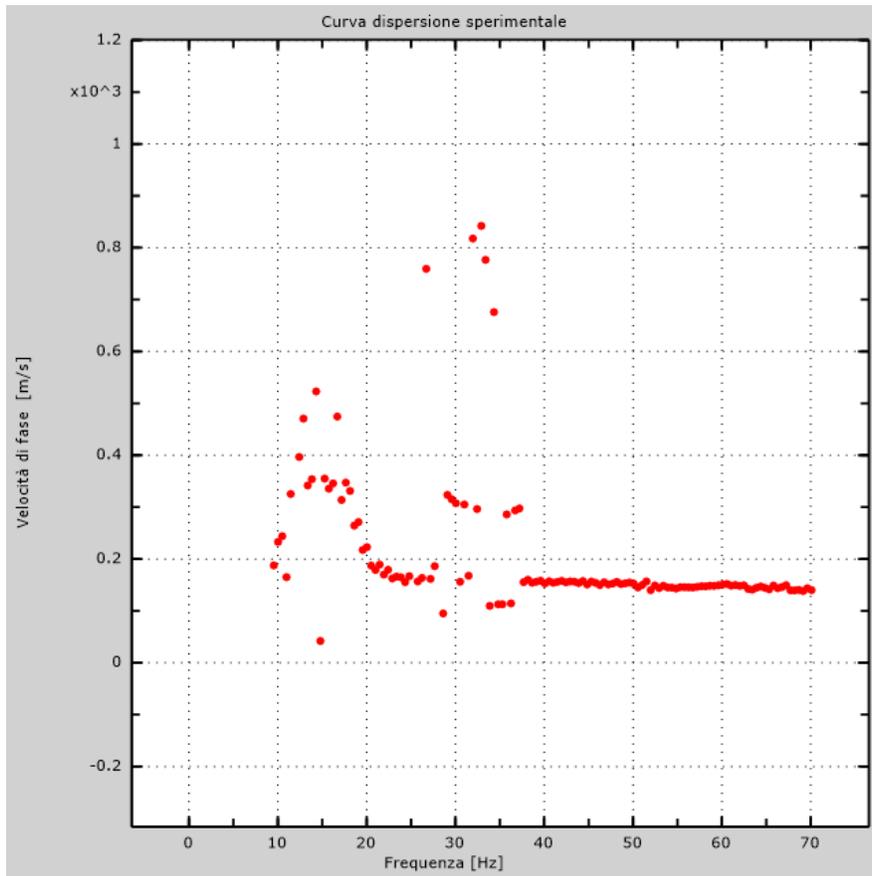


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
17.0894	349.827	325.637	374.017
22.1383	186.547	168.405	204.689
28.4494	174.452	156.31	192.594
37.8634	168.405	146.231	190.579
51.6426	156.31	132.12	180.5
60.3204	150.263	124.057	176.468
70.2604	142.199	115.994	168.405

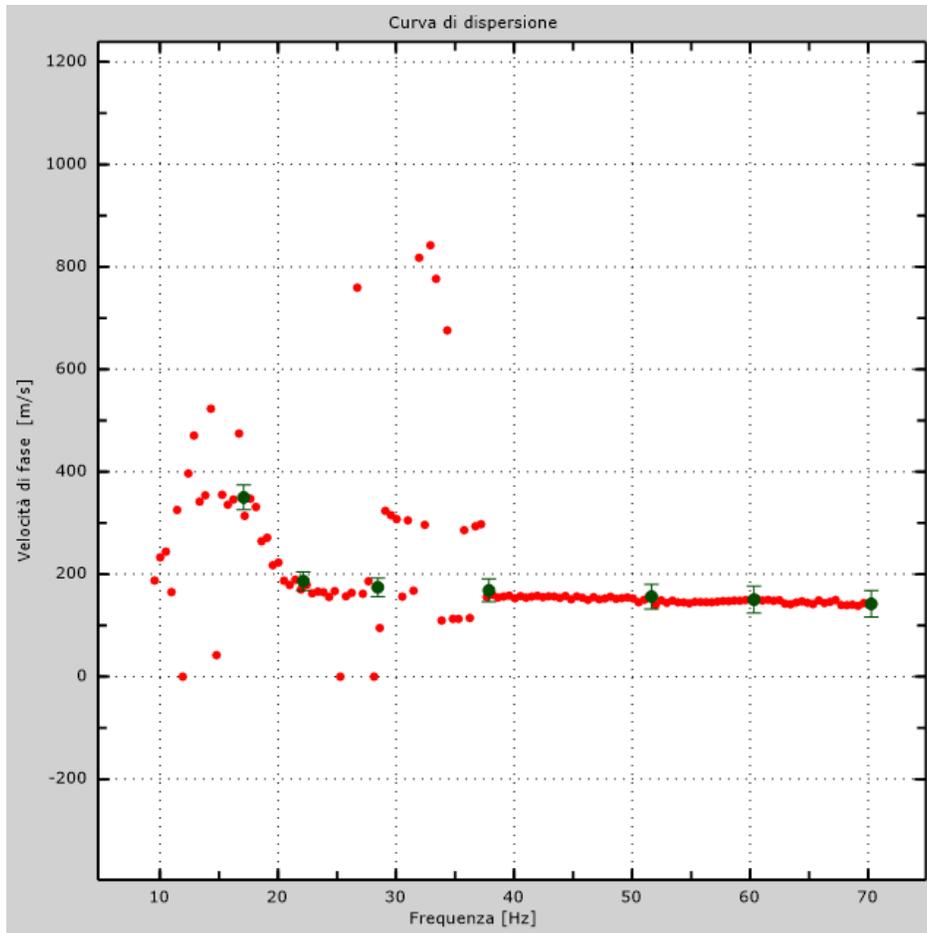


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	6
Spaziatura ricevitori	1m
Numero ricevitori.....	24
Numero modi	1

Strato 1

h [m].....	2
z [m].....	-2
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.35
Vs fin.[m/s].....	167

Strato 2

h [m].....	3
z [m].....	-5

Densità [kg/m ³]	1800
Poisson	0.35
Vs fin.[m/s]	207

Strato 3

h [m]	3
z [m]	-8
Densità [kg/m ³]	2000
Poisson	0.3
Vs fin.[m/s]	389

Strato 4

h [m]	4
z [m]	-12
Densità [kg/m ³]	2200
Poisson	0.3
Vs fin.[m/s]	750

Strato 5

h [m]	4
z [m]	-16
Densità [kg/m ³]	2300
Poisson	0.25
Vs fin.[m/s]	780

Strato 6

h [m]	0
z [m]	-∞
Densità [kg/m ³]	2400
Poisson	0.25
Vs fin.[m/s]	780

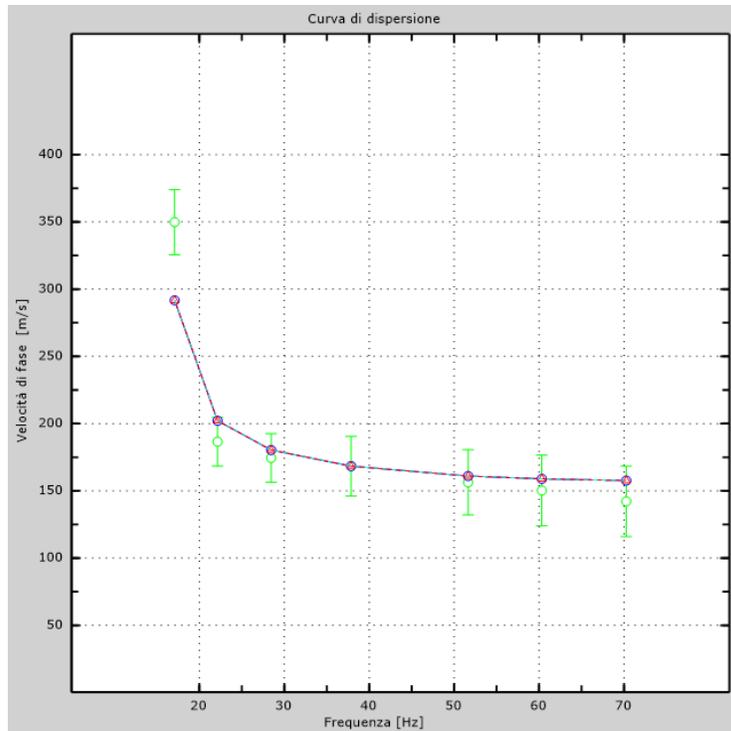


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

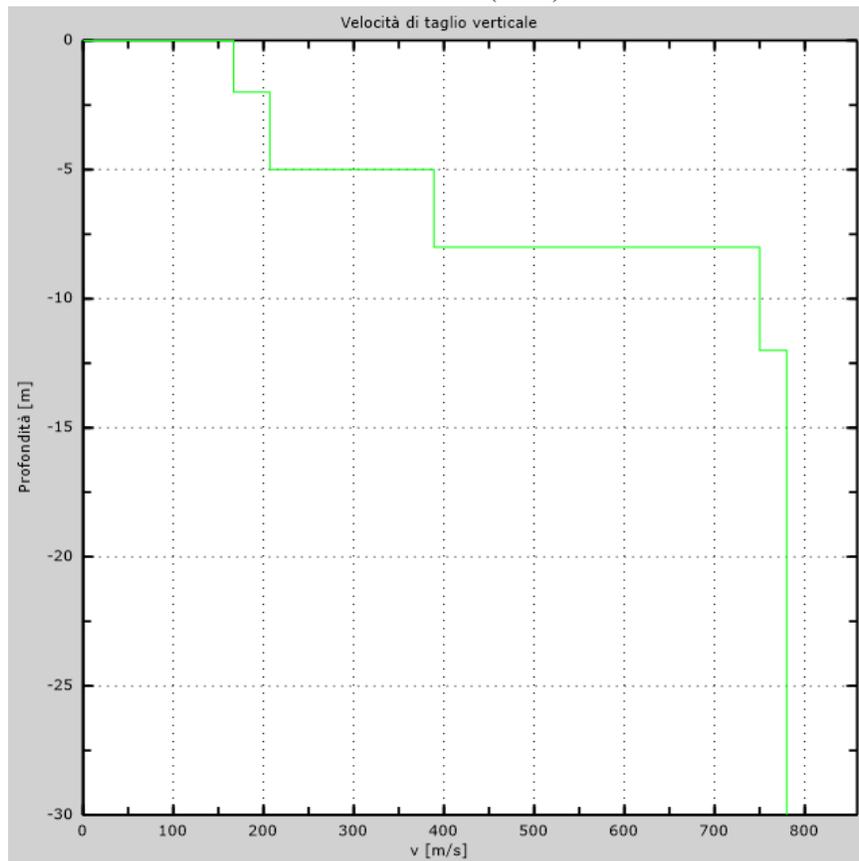


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m].....0

$V_{sEq/30}$ [m/s]479

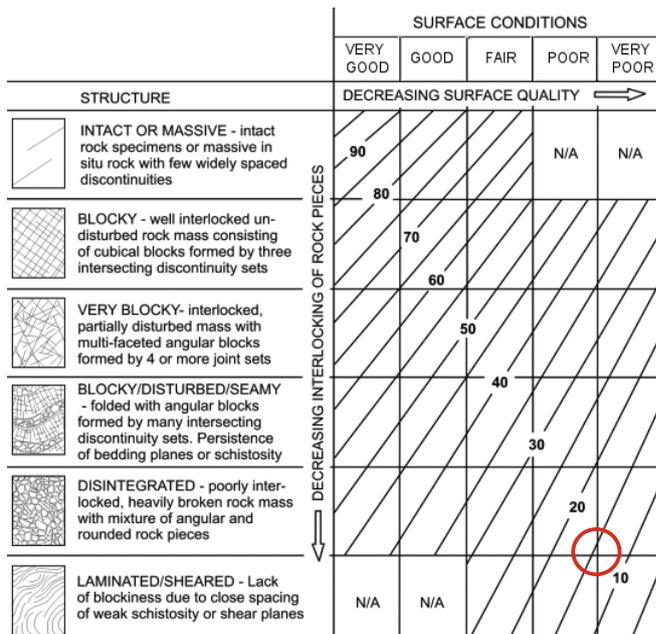
Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

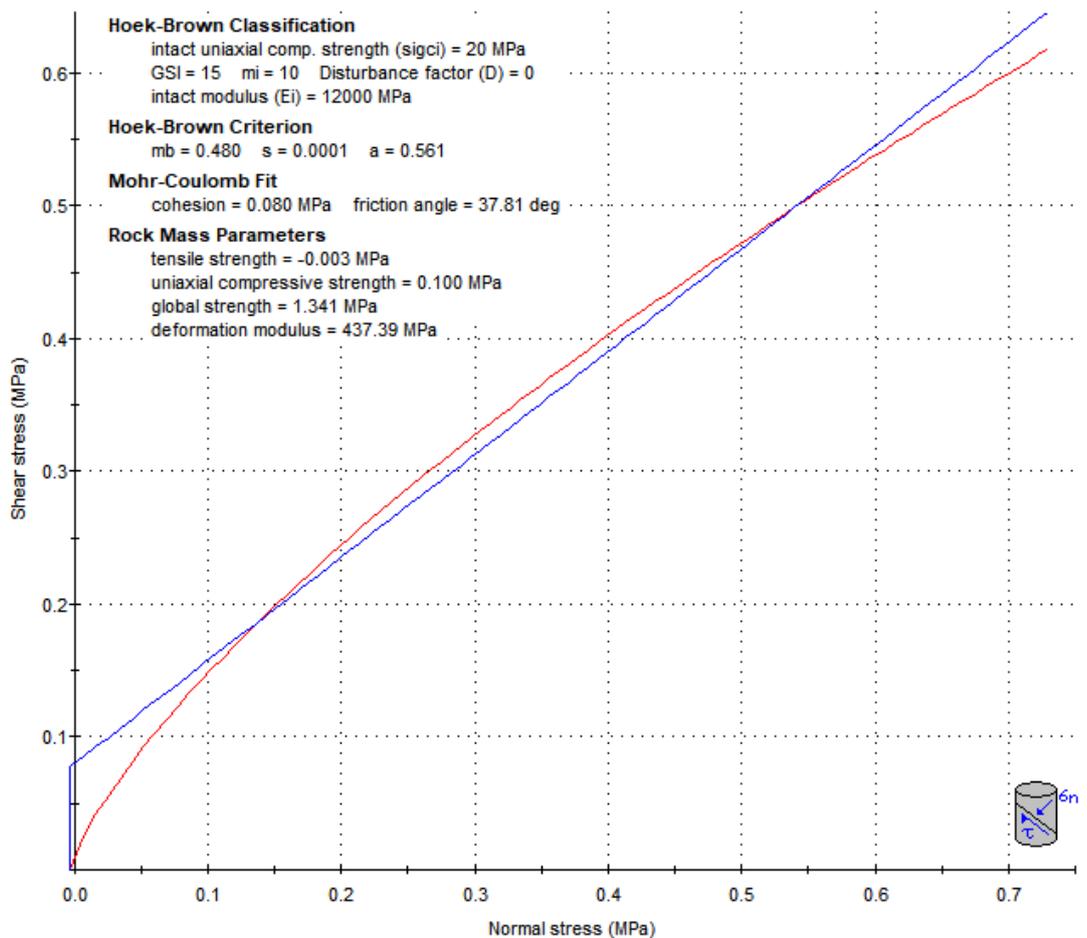
Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità

Tipo di suolo B

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s



Analysis of Rock Strength using RocLab

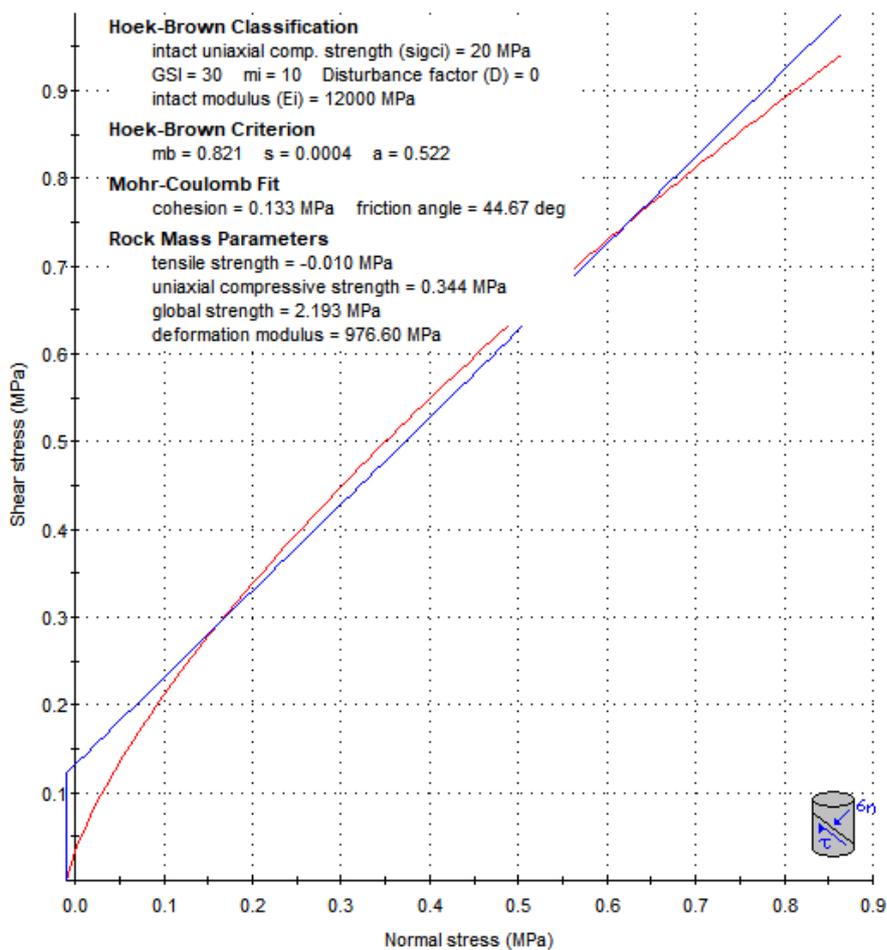


ANALISI DELLA ROCCIA CON METODO ROCK LAB DI HOEK - roccia alterata

All.
3.1

STRUCTURE	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
	DECREASING SURFACE QUALITY →				
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80				
VERY BLOCKY- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		70			
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity		60			
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces			50		
LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes			40		
				30	
					20
					10
	N/A	N/A			

Analysis of Rock Strength using RocLab



ANALISI DELLA ROCCIA CON METODO ROCK LAB DI HOEK - roccia più fresca

All.

3.2

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Muro rigido: 0

Sito in esame.
latitudine: 44,4030301602887
longitudine: 8,4771547788456
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 16911	Lat: 44,3780	Lon: 8,545	Distanza: 3356,
Sito 2 ID: 16912	Lat: 44,3810	Lon: 8,5233	Distanza: 4412,
Sito 3 ID: 16690	Lat: 44,4309	Lon: 8,5192	Distanza: 4553,
Sito 4 ID: 16689	Lat: 44,4279	Lon: 8,4493	Distanza: 3542,

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: 2
Periodo di riferimento: 50 anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,019 g
Fo: 2,583
Tc*: 0,158 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,024 g
Fo: 2,554
Tc*: 0,186 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,052 g
Fo: 2,631
Tc*: 0,302 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,064 g
Fo: 2,749
Tc*: 0,323 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:
Ss: 1,200
Cc: 1,590
St: 1,200
Kh: 0,005
Kv: 0,003
Amax: 0,264
Beta: 0,200

SLD:
Ss: 1,200
Cc: 1,540
St: 1,200
Kh: 0,007
Kv: 0,003
Amax: 0,341
Beta: 0,200

SLV:
Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,200
Kh: 0,015
Kv: 0,008
Amax: 0,740
Beta: 0,200

SLC:
Ss: 1,200
Cc: 1,380
St: 1,200
Kh: 0,018
Kv: 0,009
Amax: 0,897
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84
latitudine: 44.402063
longitudine: 8.476099

PARAMETRI SISMICI DI SITO - Elaborazione fondazioni e stabilità del pendio

All.

4