



REGIONE CAMPANIA
PROVINCIA DI BENEVENTO
COMUNE DI ARPAISE



LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E RIPRISTINO DELLA VIABILITA' S.P. 1
CIARDELLI, TRATTO LOCALITA' COVINI DI ARPAISE"
CIG 708527383D - CUP I61B15000510002

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:

PROVINCIA DI BENEVENTO

DATA: 15 MARZO 2019	TITOLO ELABORATO: RELAZIONE GEOLOGICA E MODELLAZIONE SISMICA	ELABORATO N°: GE 01
SCALA:		

PROGETTISTI: R.T.P. GAMALOGI



STUDIO ASSOCIATO LINEAR
via L. da Vinci 1/A - 86010 Ferrazzano (CB)
tel.0874 1960552 - e.mail: linear@studiolinear.it



SIMAR S.R.L.
viaMarmorale parco Marinelli 6 - 82100 Benevento (BN)
e.mail: gianpiero.marrone@ingpec.eu

Geologo:

dott. Umberto LONARDO
informazioni@geo-tecnica.it

Giovane professionista:

dott. ing. Nicola GIULIANI
e.mail: nico.giuliani@yahoo.it

VISTO ENTI:

R.U.P.

Ing. Zosimo Giovanni MAIOLO

DIRETTORI PER L'ESECUZIONE

Ing. Salvatore MINICOZZI

Arch. Giancarlo MARCARELLI

INDICE

1-PREMESSA	pag. 1
2-INQUADRAMENTO DELL'AREA	
2.1-Inquadramento di zona e morfologia	pag. 5
2.2-Descrizione dell'evento franoso	pag. 6
2.3-Morfologia attuale	pag. 8
3-INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	
3.1 Geologia	pag. 9
3.2 Idrogeologia	pag.11
3.3 Idrografia	pag.12
4-INDAGINI GEOGNOSTICHE	
Campagna geognostica del 2015	pag.14
Campagna geognostica del 2018	pag.15
5-MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO	pag.16
6-LITOSTRATIGRAFIA PUNTUALE	pag.17
6.1 Litostratigrafia spalla lato Arpaize	pag.18
6.2 Litostratigrafia spalla lato Ciardielli	pag.19
6.3 Litostratigrafia pozzi drenanti	pag.20
6.4 Litostratigrafia pila centrale	pag.21
6.5 Litostratigrafia area sotto "albergo"	pag.22
7- CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE	Pag.23
7.1 Spalla lato Arpaize	pag.24
7.2 Spalla lato Ciardielli	pag.25
7.3 Area pozzi drenanti	pag.26
7.4 Area pila centrale	pag.27
7.5 Area sotto "albergo"	pag.28
7.6 Considerazione sulle prove eseguite	pag.29
8-CONSIDERAZIONI SULLA LIQUEFAZIONE	pag.30
9- CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO	pag 31
10-CONCLUSIONI	pag.33

ALLEGATI:

TAV 1 – Corografia
TAV 2 – Stralcio carta Autorità di Bacino
TAV 3 – Carta geomorfologica
TAV 4 – Carta geologica
TAV 5 – Carta idrogeologica
TAV 6 – Ubicazione indagini e opere
TAV 7a – Sezione AA'
TAV 7b– Sezione BB'
TAV 8 – Carta della Stabilità

1 - PREMESSA

In data 4/12/2010 un tratto della Strada Provinciale SP1, ricadente nel comune di Arpaiese (provincia di Benevento) alla località Covini, veniva interrotto a causa di un evento franoso. Tale evento ha coinvolto una vasta area del pendio in modo abbastanza repentino tanto da rendere impraticabile la strada in poche ore (lo scrivente era sul posto al momento del fenomeno).

La provincia di Benevento, tramite bando di gara affidava il progetto esecutivo alla RTP denominata Ga.Ma.Lo.Gi. di cui lo scrivente,

Dott. Umberto Lonardo iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania il 20-4-94 con il n°1179, ne fa parte in qualità di geologo.

Lo scopo di questo studio è quello di ripristinare la Sp1 con la ricostruzione del tratto stradale interessato. Nel progetto è anche previsto la messa in sicurezza del piccolo costone su cui è presente il manufatto denominato "albergo" che allo stato non è interessato da dissesti.

Il progetto prevede il superamento della zona in frana con un ponte a due campate per totale 76 metri. I punti di appoggio delle campate saranno realizzati su due spalle laterali e una pila centrale. Le spalle saranno posizionate ai margini estremi del movimento franoso in corrispondenza del vecchio tracciato, mentre la pila è collocata proprio a centro del movimento franoso. Il nuovo tratto di strada non corrisponderà al vecchio tracciato in quanto sarà rettilineo, mentre quello precedente aveva un andamento curvilineo avvicinandosi al pendio posto a monte. A protezione della pila e per il consolidamento del pendio saranno realizzati due fondazioni a pozzo poste a monte della pila stessa. Per maggiore dettagli si vedano gli elaborati di progetto.

Lo studio, finalizzato alla progettazione delle opere, si è articolato

nelle seguenti fasi:

- Sopralluogo sull'area e sulle zone adiacenti per accertare le condizioni dei terreni superficiali e per l'inquadramento geostrutturale;
- Accertamento delle condizioni di stabilità della zona, dei litotipi affioranti, nonché delle condizioni morfologiche ed idrogeologiche;
- Consultazione della letteratura geologica esistente, analizzando i risultati emersi dalle indagini geologiche effettuate a corredo degli Strumenti Urbanistici e dalle indagini eseguite dallo scrivente nelle aree limitrofe;
- Consultazione della "Consulenza Geotecnica" eseguita per conto della Provincia nel giugno 2015 dal prof. Simonelli, basata su indagini geognostiche sismiche e geotecniche finalizzate alla conoscenza dei terreni presenti nell'area.
- Consultazione degli elaborati dell'Autorità di Bacino dei Fiumi LIRI-GARIGLIANO e VOLTURNO relativi al Rischio Frana che hanno riclassificato l'area a Rischio R3-A3 Area a rischio elevato; variazione avvenuta subito dopo l'evento franoso comunicata on

prot 5355 al Comune di Arpaize il 13 luglio 2015 (Nella TAV. 2 il dettaglio della carta dell'Autorità di Bacino);

- Verifica del COEFFICIENTE DI INTENSITÀ SISMICA secondo il DGR Campania n. 5447 del 7.11.02 che inserisce il territorio comunale di Arpaize tra quelli (c) di 0,07 (s = 9).

Gli studi puntuali esistenti sono stati integrati da una campagna geognostica effettuata tra dicembre 2018 e gennaio 2019.

Nella campagna geognostica finalizzata alla progettazione delle opere sono stati eseguiti n° 2 sondaggi geognostici, con il prelievo di campioni indisturbati ed indagini sismiche. Numero e tipologia delle indagini sono stati indicati dai progettisti per definire le opere fondali.

I risultati delle indagini sono stati consegnati dai progettisti stessi allo scrivente.

L'interpretazione e la correlazione dei dati forniti allo scrivente e i dati raccolti hanno permesso la stesura della presente relazione.

2 - INQUADRAMENTO DELL'AREA

2.1 - INQUADRAMENTO DI ZONA E MORFOLOGIA (TAV. 1)

L'area in studio si trova lungo la Strada Provinciale Ciardielli (SP1) alla località Covini. Oggi il tratto stradale si presenta inesistente e tutta l'area è caratterizzata da una morfologia fortemente irregolare risultato del movimento franoso del dicembre 2010, che ha coinvolto anche parte del versante posto a monte spingendosi verso valle.

Il percorso della strada provinciale, in questo tratto, rappresenta anche un limite morfologico abbastanza netto. Infatti la strada è posta nell'immediata variazione di pendenza tra la zona di monte, fortemente acclive, e quella valle dotata di pendenze più modeste. Molto spesso i vecchi tracciati stradali si posizionano proprio in corrispondenza di questa variazione di pendenza. La forte acclività dovuta a formazione compatte non permette la realizzazione di strade se non con grossi sbancamenti, mentre i terreni sottostanti e meno acclivi si presentano morfologicamente irregolari e con dissesti diffusi, ciò non garantisce stabilità al tracciato e necessita di molte opere. Pertanto il compromesso è quello di posizionare

la strada nel passaggio morfologico, dove con pochi interventi si riesce a realizzare il tracciato, che per lo più è quasi sempre abbastanza stabile. In alcuni casi però la stabilità può essere messa in crisi da molteplici fattori che possono essere cause o concause scatenanti il movimento. Tra i fattori principali ci sono apporti meteorologici eccezionali e variazioni morfologiche dovute all'antropizzazione.

2.2 – DESCRIZIONE DELL'EVENTO FRANOSO

Seppure la presente relazione non è finalizzata allo studio del dissesto e tantomeno alla sistemazione dello stesso e delle aree coinvolte, sembra opportuno cercare di ricostruire, seppur sinteticamente quanto accaduto.

Il movimento gravitativo è stato di tipo roto-traslazionale nella parte di monte e si evoluto verso valle come una colata, successivamente è regredito verso il versante coinvolgendo la parte di monte dove si sono instaurati anche fenomeni di crollo (causati da una componente ciottolosa

sabbiosa con variabile grado di cementazione).

Il movimento è stato abbastanza rapido e si è evoluto in alcuni giorni coinvolgendo anche un'abitazione che era presente proprio sotto la strada provinciale, poi è proseguito più lentamente verso valle dove la colata si è arrestata quando i terreni hanno raggiunto pendenze meno accentuate e contemporaneamente hanno rilasciato la forte quantità di acqua che li aveva resi semifluidi. Successivamente, venuta a mancare il terreno sotto la scarpata che delimitava la strada verso monte, si sono innescati i movimenti regressivi che hanno coinvolto il versante causando crolli delle pareti conglomeratiche.

2.3 – MORFOLOGIA ATTUALE (CARTA GEOMORFOLOGICA TAV. 3)

Ad oggi, comunque, per la parte sottostante al vecchio tracciato, non ci sono segnali che possano far pensare che il movimento abbia avuto una ripresa. Le attuali condizioni di questa zona in verità, fortemente irregolare, abbandonata dall'evento del 2010 e successivamente ricoperta di vegetazione spontanea, non permettono di apprezzare movimenti in atto. Fermo restando quanto detto tutta quest'area versa in una situazione di pseudo equilibrio precario; non sono da escludersi piccoli dissesti sparsi che coinvolgono la coltre superficiale ormai già ampiamente rimaneggiata.

Per la parte di monte, invece, le pareti sub verticali presentano evidenti segni di instabilità con blocchi caduti e blocchi in equilibrio precario spesso già con evidenti segni di distacco sulle pareti stesse. Il cemento che lega i ciottoli spesso è alterato e si assiste anche ad una graduale sbriciolamento del fronte con la caduta di ciottoli a cui è venuto a mancare il legante. Tutto ciò comporta un arretramento della scarpata con probabili futuri crolli.

3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

3.1 – GEOLOGIA (CARTE GEOLOGICA TAV. 4)

Il rilevamento geologico eseguito nella zona oggetto di studio supportato dalle indagini dirette ed indirette ha evidenziato che nell'area si possono distinguere tre formazioni geologiche di età e tipologia differente.

Si può schematizzare la geologia dell'area in questo modo:

SUBSTRATO che non risulta affiorante in zona (ma intercettato nei sondaggi geognostici), è caratterizzato da una formazione costituita da argille, argille marnose, talvolta sabbiose. La colorazione che la contraddistingue è il grigio, grigio azzurro si possono ascrivere nella formazione di Altavilla.

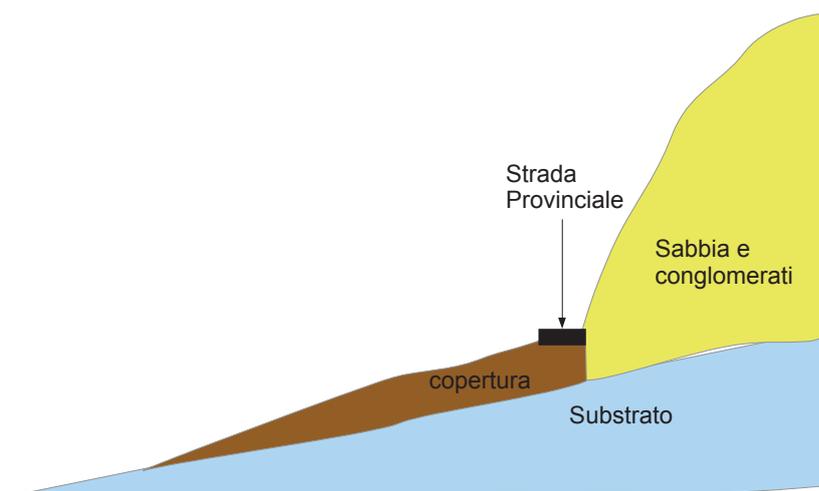
SABBIA E CIOTTOLI sono rappresentati dai rilievi posti a monte e lateralmente della zona di interesse e sono costituiti da una formazione a struttura granulare composta da sabbie e conglomerati a variabile grado di cementazione caratterizzati da una matrice (limo sabbioso) a colore prevalentemente giallastro, si possono ascrivere nella formazione di Ariano.

SABBIA E ARENARIA, Sono materiali che fanno parte della stessa formazioni di cui sopra e sono posti alla base. Sono costituiti da sabbia e

sabbia limosa arenacea e costituiscono le aree dove sono poggiati i fabbricati che risultano ai margini dalla frana.

COPERTURA-MATERIALI IN FRANA sono materiali di provenienza eluvio colluviali provenienti sia dall'alterazione del substrato che dal disfacimento dei rilievi di monte a cui si sono aggiunti e/o sovrapposti depositi di natura piroclastica provenienti dalle eruzioni vulcaniche. Gli spessori di questi materiali sono molto variabili in quanto per la loro natura incoerente si depositavano nelle depressioni o nelle zone a minore acclività. Nella zona in oggetto sono stati rinvenuti spessori di circa 6 metri di questi materiali, come evidente dai sondaggi geognostici effettuati sia nel 2015 che nel 2018.

Di seguito una rappresentazione dei rapporti tra i vari tipi di terreno:



3.2 – IDROGEOLOGIA (CARTA IDROGEOLOGICA – TAV. 5)

Dal punto di vista idrogeologico i terreni presenti nell'area hanno caratteristiche notevolmente differenti.

Tutta l'area è caratterizzata da un “substrato limoso-argilloso” poco permeabile o impermeabile su cui si attesta la base di una ipotetica circolazione idrica che, come già detto si rinviene a circa 6 metri nella zona in oggetto.

Al di sopra, nella zona meno acclive, sono presenti i materiali di “copertura eluvio-colluviali piroclastici” che sono dotati sia di buona permeabilità che trasmissività, limitata solo da livelli argillificati che sono abbastanza frequenti nei depositi piroclastici. Di contro livelli di pomici, anche essi presenti, sono una strada preferenziale alla circolazione idrica. Pertanto in questi terreni l'idrogeologia, seppur limitata a spessori di 6 metri, si deve considerare fortemente irregolare con placche più permeabili (zona a struttura pomicea o sabbiosa) e zone a minore permeabilità. Si creano così sacche sature con superfici piezometriche che possono anche non essere correlabili.

I terreni che costituiscono il rilievo “sabbie e conglomerati” sono in genere mediamente permeabili e le precipitazioni meteoriche tendono ad

infiltrasi fino a raggiungere il substrato impermeabile che dovrebbe essere posizionato sempre alla quota di circa 6-8 metri rispetto alla quota della strada ma non ci sono elementi esatti per ritenerlo. Alla base di questi rilievi, che poggiano sui materiali impermeabili, sono sempre presenti emergenze idriche di importanza variabili, ciò anche in funzione dell'inclinazione del substrato che tende a convogliare l'emergenza nel punto più depresso. Nell'area, probabilmente le emergenze idriche sono state mascherate anche dallo spessore dei materiali di copertura.

Dalle indagini eseguite nel substrato di colore grigiastro non è emersa la presenza di falda o livelli idrici; però, a causa di livelli sabbioso sabbioso-marnosi presenti nella stessa formazione, non si possono escludere acquiferi confinati ed irregolari che possono essere anche in pressione.

3.3 – IDROGRAFIA (CARTA IDROGEOLOGICA TAV.5)

Dal punto di vista idrografico l'area è caratterizzata da una diffusa erosione areale, gli impluvi esistenti hanno dimensioni modeste e raccolgono prevalentemente le acque meteoriche. Questi impluvi sono dei fossi che drenano quasi esclusivamente le acque di precipitazione e

risultano attivi solo nei periodi di maggiore piovosità.

Nell'area in oggetto erano presenti due fossi naturali lateralmente all'area interessata dal dissesto con andamento all'incirca parallelo. Allo stato attuale il fenomeno franoso ha modificato l'andamento della morfologia facendo variare l'idrografia originaria.

4 – INDAGINI GEOGNOSTICHE (TAV.6)

Per la caratterizzazione del sottosuolo, che ha permesso di definire il modello geologico dell'area, sono stati utilizzati due campagne di indagini geognostiche effettuate in diversi momenti.

CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL 2015

Tale indagini furono commissionate dall'Amministrazione Provinciale di Benevento a direzione del Prof. Ing. A.Simonelli. In questa campagna di indagini furono eseguiti n° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (più uno a distruzione di nucleo). Nei sondaggi furono prelevati n° 6 campioni ed eseguite 32 prove penetrometriche dinamiche in foro del tipo S.P.T. (Standard Penetration Test). In particolare:

S1 (2015)- ubicato sul lato Arpaiese in corrispondenza dell"albergo"zona interessata dalla Spalla del ponte di Progetto

S2 (2015)- ubicato sul lato Ciardielli in corrispondenza della Spalla opposta del ponte di progetto – in questo sondaggio è stata eseguita una prova sismica Down-Hole.

S4 (2015)– In corrispondenza del vecchio tracciato stradale nella parte centrale del movimento franoso. Zona posta in corrispondenza e sulla parte di monte della nuova pila di progetto del ponte. Questo sondaggio è stato condizionato con un tubo inclinometrico di cui sono state fatte poche

misure e limitate nel tempo (21 gennaio – 12 marzo – 8 maggio tutte nel 2015) i cui risultati hanno evidenziato un movimento a circa 6 metri di profondità.

CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL 2018

Queste indagini sono state finalizzate alla progettazione dell'opera in oggetto. Numero, tipologia e ubicazione sono state indicate dai progettisti.

I risultati sono stati successivamente consegnati allo scrivente.

Le indagini sono state eseguite dalla Tecnogeo srl di Paolisi (BN)

In questa campagna di indagini sono stati eseguiti n° 2 sondaggi Geognostici a carotaggio continuo con il prelievo di 4 campioni indisturbati.

S1 (2018) – Ubicato al di sotto dell'“albergo” al fine di caratterizzare i terreni per la messa in sicurezza del costone su cui è collocato.

S2 (2018) – Ubicato in prossimità della pila da realizzare al di sotto del sondaggio S4(2015) In questo sondaggio è stata eseguita una prova sismica Down-Hole.

Tutte le risultanze delle indagini su indicate sono riportate nel lavoro del prof. Simonelli del 2015 e nel fascicolo delle indagini allegato alla progettazione a cui si rimanda per i dettagli.

5 – MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO (SEZIONI TAV.7a e 7b)

Per quanto concerne il modello geologico dell'area, questo risulta abbastanza semplice ed in parte è stato schematizzato già precedentemente.

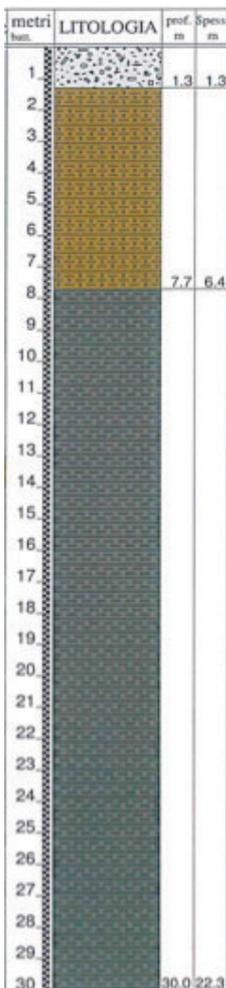
L'area è caratterizzata da un substrato costituito da dei limi e limi argillosi, talora sabbiosi di colore grigiastro in genere ben consolidati; all'interno si possono individuare livelli calcareo-marnosi o sabbioso arenacei. Tali terreni rappresentano sia il substrato geologico che il substrato impermeabile. Al di sopra di questi terreni sono presenti sabbie e sabbie limose di colore dal beige al giallastro moderatamente addensate. Questi terreni, si rinvencono nei sondaggi S1 e S2 (2015) e anche nell'area dell'albergo, ma non sono stati rinvenuti nei sondaggi eseguiti nel corpo di frana. Ciò fa ritenere che tali terreni sono stati precedentemente interessati da fenomeni gravitativi che li hanno dislocati verso il basso. Nella zona della frana, che risulta depressa rispetto alla quota di S1 e S2 (2015), sono presenti materiali di copertura alterati commisti a piroclastiti con spessori di circa 6 metri S4 (2015) e S1 (2018). Spessori di questa entità non si rinvencono negli altri sondaggi.

6 – LITOSTRATIGRAFIA PUNTUALE

Per la litostratigrafia puntuale si fa riferimento a tutte le indagini esistenti e già citate precedentemente. Considerato che è presente un sondaggio geognostico per ogni opera di fondazione di seguito vengono rappresentati le litostratigrafie tipo per le singole opere.

Per i dettagli sulle stratigrafie e sui sondaggi geognostici si rimanda agli elaborati specifici

6.1 – LITOSTRATIGRAFIA SPALLA LATO ARPAISE (Riferimento S1 2015)



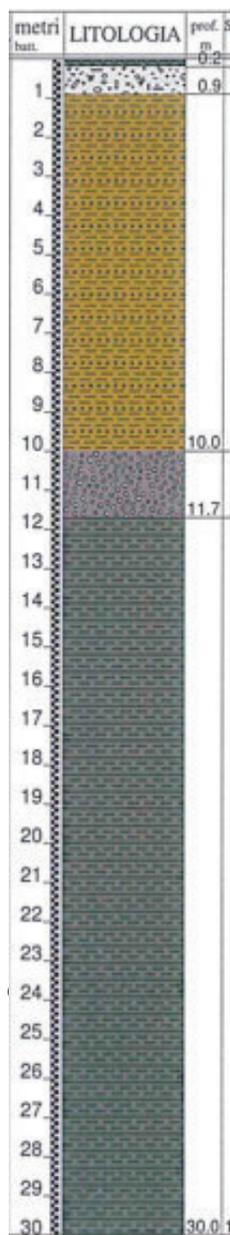
Dal sondaggio emerge che dopo uno spessore di 1,3 metri di profondità, costituito da massicciata stradale, si intercettano alternanze di sabbia e limi di colore begie che, pur se vengono definite sciolte, hanno valori alti di $N_{spt} > 40$. Secondo lo scrivente rappresentano litotipi ancora in posto e non coinvolti dal movimento franoso. Tali litotipi costituiscono anche il blocco su cui è posto l'"albergo". Sono terreni con discrete caratteristiche geomeccaniche ma risultano posti ai margini della nicchia di distacco e quindi in equilibrio precario.

Da 7,7 metri si rinviene il substrato costituito da limi e limi sabbiosi di colore grigio azzurro. Sono buoni terreni di fondazione se inalterati e in posto. Al tetto sono sempre

un poco alterati. I valori delle N_{spt} sono sempre elevati fino al "Rifiuto".

Dal sondaggio non emerge circolazione idrica, ma non si può escludere una circolazione idrica tra lo strato superiore (limi begie) dotato di media permeabilità e quello inferiore (limi grigio-azzurri) poco permeabili.

6.2 – LITOSTRATIGRAFIA SPALLA LATO CIARDIELLI (Riferimento S2 2015)

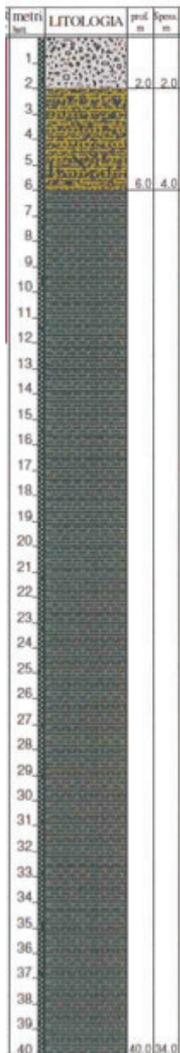


Dal sondaggio emerge che dopo uno spessore di 0,9 metri di profondità, costituito da massicciata stradale, si intercettano un'alternanza di sabbia e limi di colore begie che, pur se vengono definite sciolte, hanno valori alti di $N_{spt} > 28$ e crescenti con la profondità fino a 56. Secondo lo scrivente rappresentano litotipi ancora in posto e non coinvolti dal movimento franoso. Sono terreni con discrete caratteristiche geomeccaniche ma risultano posti ai margini della nicchia di distacco e quindi in equilibrio precario.

A 10,0 metri e fino a 11,7 si rinviene una sabbia medio fine umida di colore grigiastro che potrebbe rappresentare il tetto del substrato che si rinviene subito sotto. Il substrato è un buon terreno di fondazione se inalterato e in posto. Al tetto sono sempre un poco alterati. I valori delle N_{spt} sono sempre elevati fino al "Rifiuto". Dal sondaggio non emerge circolazione idrica vera e propria ma solo una

certa umidità dopo i 7-8 metri e 11,7, ma non si può escludere una circolazione idrica tra lo strato superiore (limi begie) dotato di media permeabilità e quello inferiore (limi grigio-azzurri) poco permeabili.

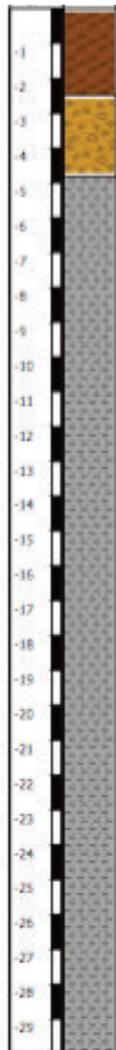
6.3 – LITOSTRATIGRAFIA AREA POZZI DRENANTI (Riferimento S4 2015)



Da questo sondaggio emerge uno spessore di circa 6 metri costituito da materiali di accumulo (siamo al centro della frana in corrispondenza del vecchio tracciato della Provinciale). Questi terreni costituiscono il materiale movimentato da monte e sono poco addensati e sciolti. Sono materiali che risultano scompaginati in cui si sono rotti tutti i legami tra le particelle pertanto sono suscettibili alla ripresa del movimento al variare delle condizioni morfologiche (scalzamento di materiali a valle) ed idrologiche (eccessivo contenuto d'acqua). A 6 metri si rinviene il substrato limo argilloso grigio-azzurro che risulta lo stesso degli altri sondaggi e buon terreno di fondazione. La differenza di permeabilità fra il substrato (poco permeabile) e quello superiore (permeabile) fa sì che si possano instaurare falde sospese locali che possono compromettere la

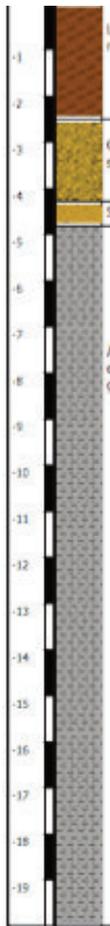
stabilità dei terreni sovrastanti. Pertanto per garantire la stabilità questi terreni vanno rinforzati con delle opere di contenimento che vadano a poggiarsi sul substrato e va eliminato qualsiasi ristagno idrico con un attento drenaggio tra i due strati.

6.4 – LITOSTRATIGRAFIA AREA PILA CENTRALE (Riferimento S2 2018)



Da questo sondaggio emerge uno spessore di circa 5 metri costituito da materiali di accumulo (siamo al centro della frana poco a monte del fabbricato franato). Questi terreni costituiscono il materiale movimentato da monte e sono poco addensati e sciolti. Sono materiali che risultano scompaginati in cui si sono rotti tutti i legami tra le particelle pertanto sono suscettibili alla ripresa del movimento al variare delle condizioni morfologiche (scalzamento di materiali a valle) ed idrologiche (eccessivo contenuto d'acqua). A 5 metri si rinviene il substrato limo argilloso grigio-azzurro che risulta lo stesso degli altri sondaggi e buon terreno di fondazione.

6.5 – LITOSTRATIGRAFIA AL DI SOTTO AREA “ALBERGO” (Riferimento S1 2018)



Da questo sondaggio emerge uno spessore di circa 2,5 metri costituito da materiali di accumulo. Al di sotto si rinviene un conglomerato eterometrico e poligenico in matrice sabbiosa probabilmente facente parte della formazione che si vede a monte.

Sotto una sabbia giallastra.

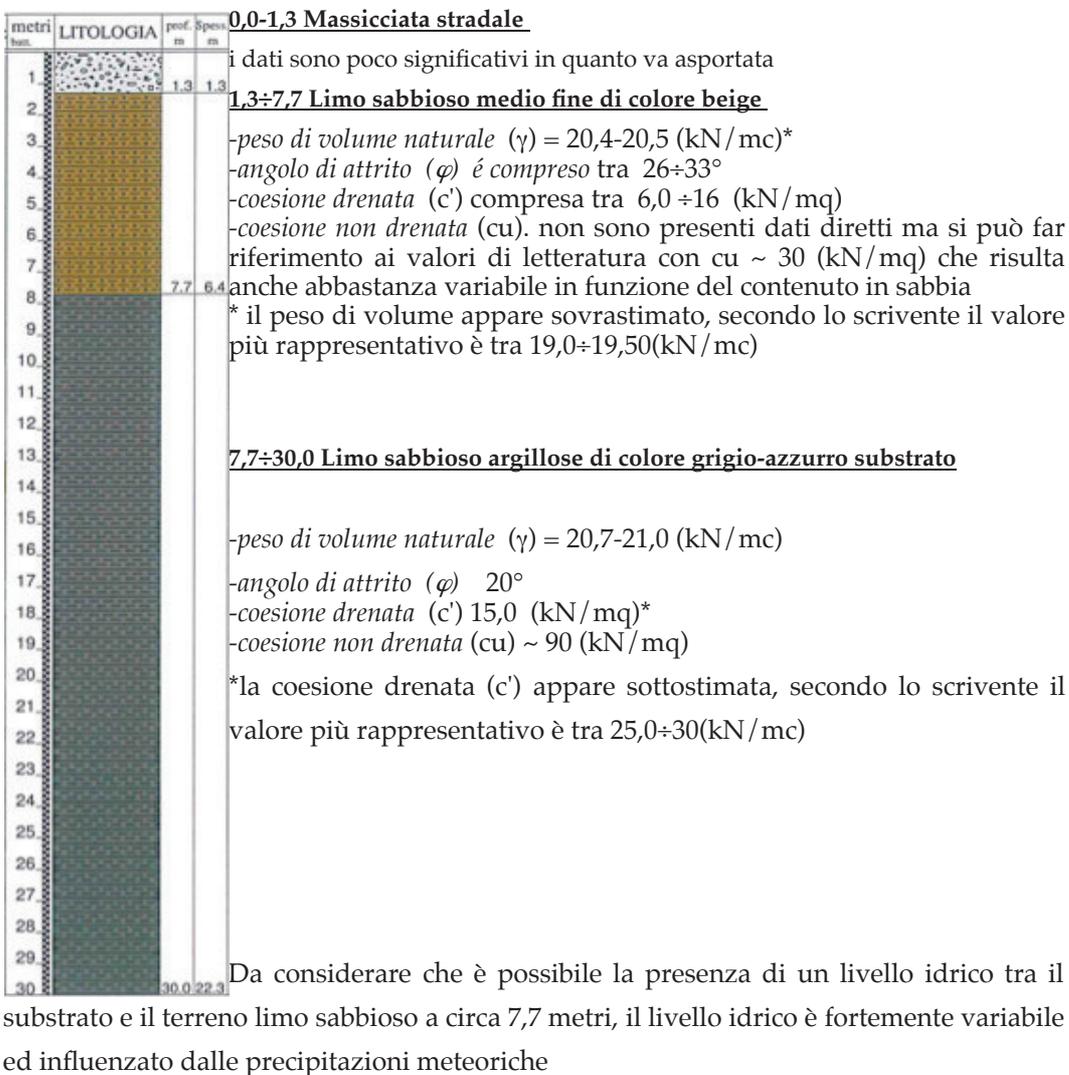
A 5 metri si rinviene il substrato limo argilloso grigio-azzurro che risulta lo stesso degli altri sondaggi e buon terreno di fondazione.

7 – CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE

Per l'individuazione delle caratteristiche geomeccaniche si fa riferimento ai vari campioni prelevati nelle due campagne geognostiche e alle numerose prove Spt in foro nella campagna del 2015. Considerato che trattasi di opere abbastanza puntuali i dati successivamente riportati fanno riferimento ai singoli sondaggi riferiti alle singole opere.

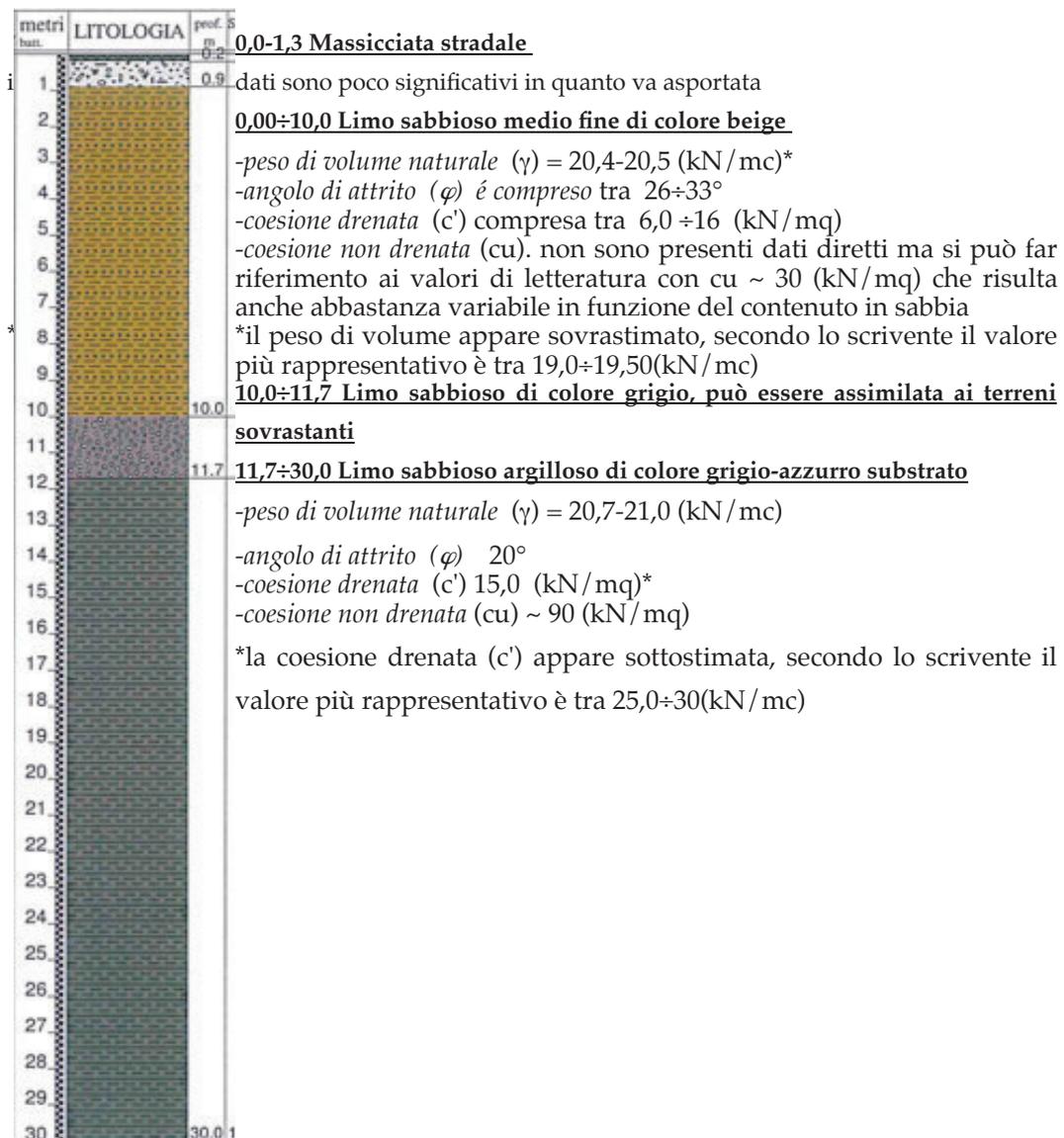
7.1 – SPALLA LATO ARPAISE (Riferimento S1 2015)

In questo sondaggio è stato prelevato un solo campione indisturbato tra 10,0÷10,5. Le analisi si sono limitate solo a determinare il peso di volume a tale profondità. Mentre sono state effettuate numerose prove SPT. L'analogia con il sondaggio S2 ci permette di utilizzare i campioni con le relative analisi per la caratterizzazione di tale verticale



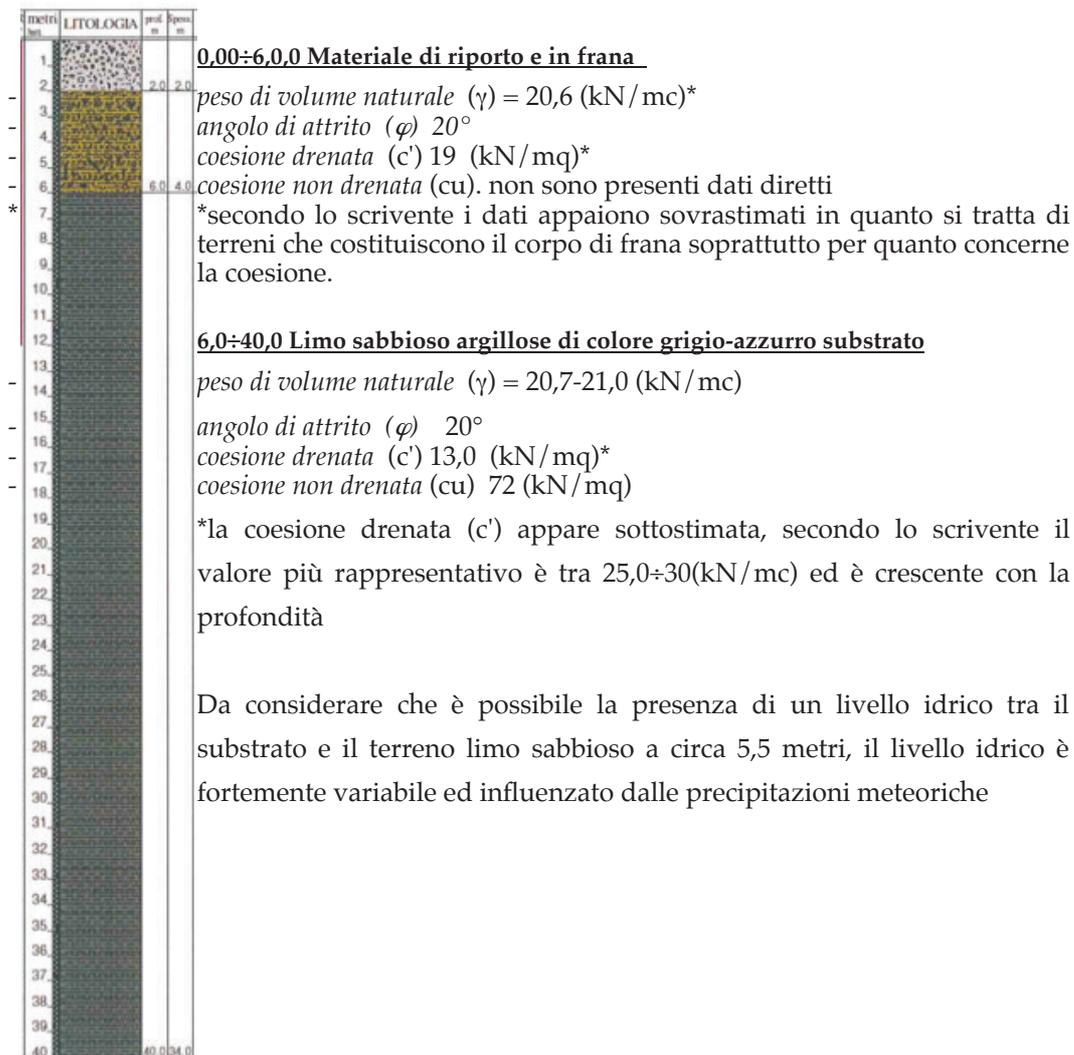
7.2 – SPALLA LATO CIARDIELLI (Riferimento S2 2015)

In questo sondaggio sono stati prelevati tre campioni indisturbati: tra 7,5÷8,0, tra 10,0÷10,5 e tra 14,5÷15,0. Sono state effettuate numerose prove SPT. La stratigrafie è molto simile a S1



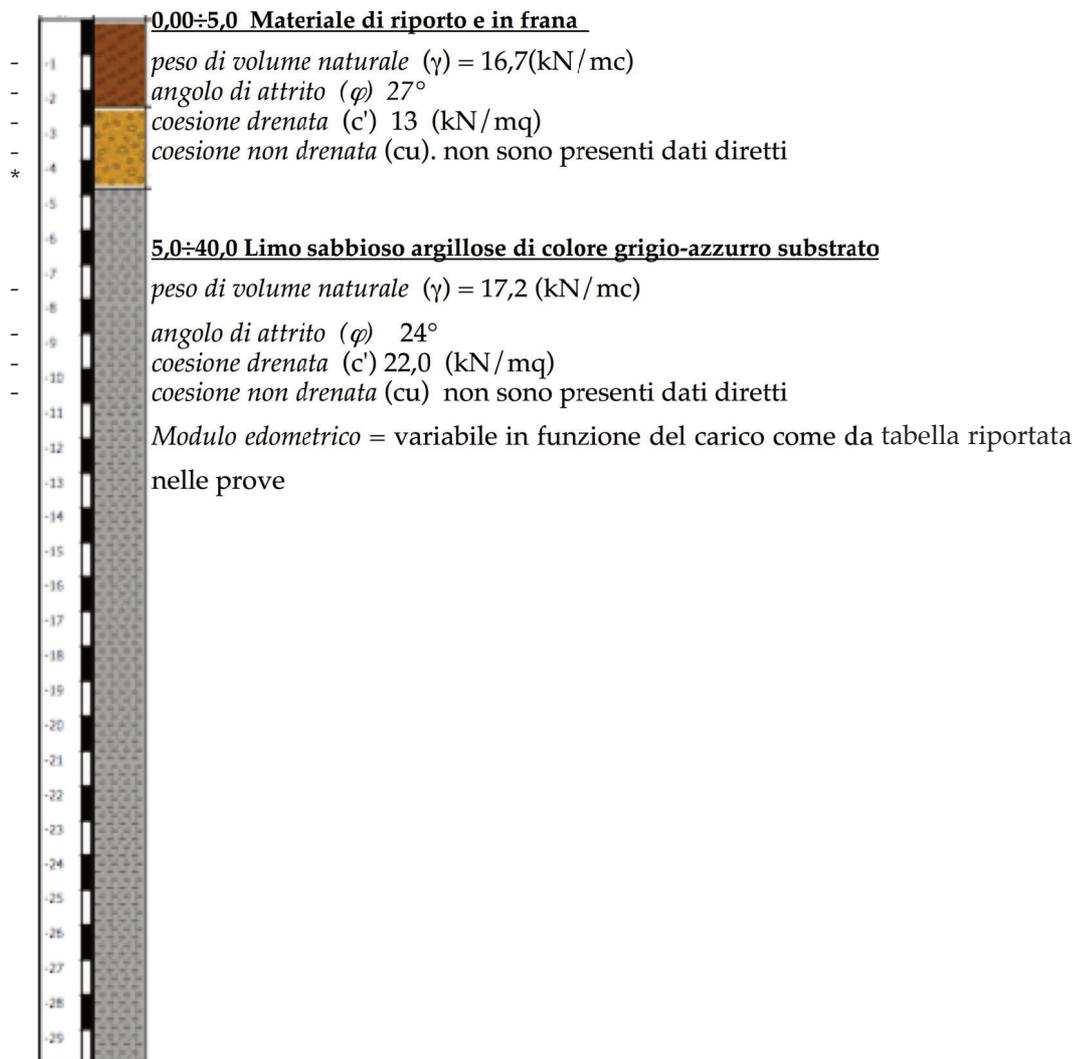
7.3 - AREA POZZI DRENANTI (Riferimento S4 2015)

In questo sondaggio sono stati prelevati tre campioni indisturbati: tra 4,5÷5,0, tra 6,0÷6,5 e tra 11,5÷12,0. Sono state effettuate numerose prove SPT. Si possono distinguere due orizzonti litotecnici, uno fino a 6 metri (materiale in frana) e l'altro al di sotto (almeno fino alla quota raggiunta del sondaggio di 40 metri)



7.4 – AREA PILA CENTRALE (Riferimento S2 2018)

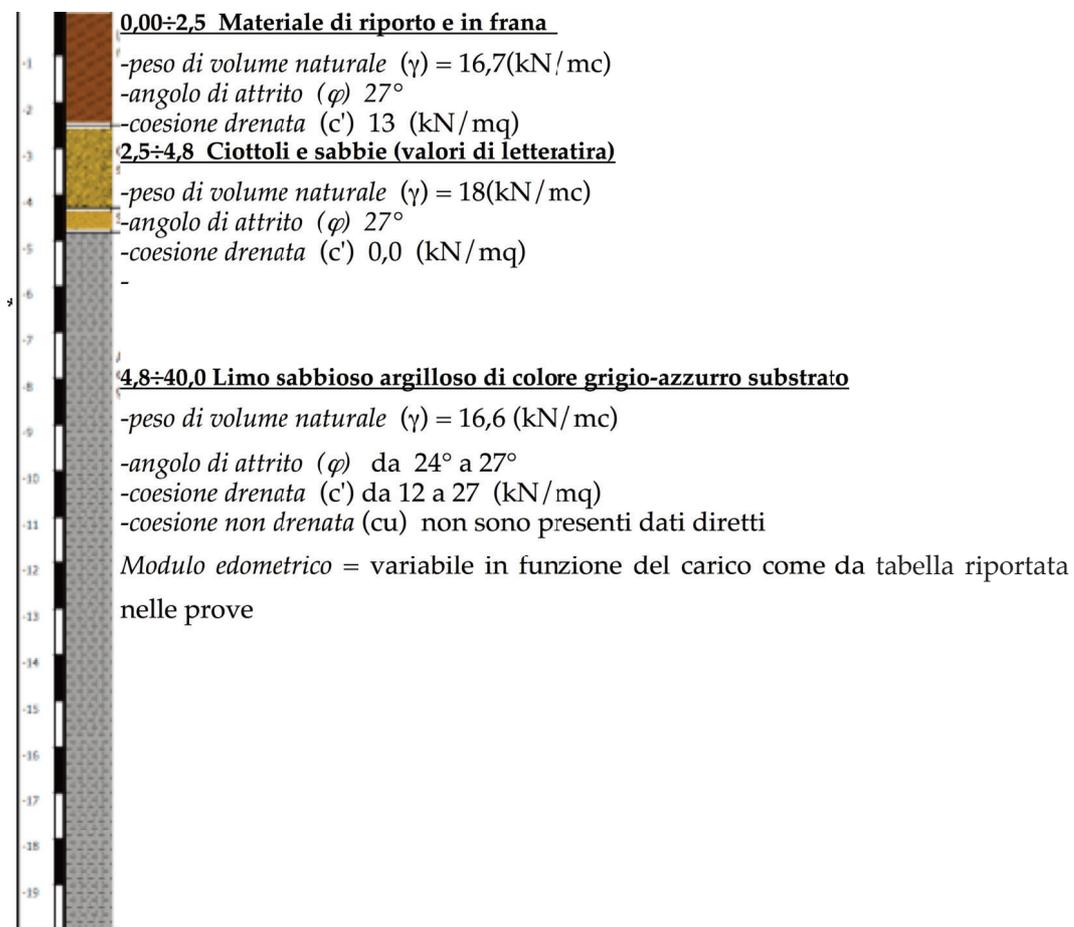
In questo sondaggio sono stati analizzati due campioni, uno a 2,5 metri (nella parte in frana) e l'altro a 16 metri nel substrato.



7.5 – AREA AL DI SOTTO AREA “ALBERGO” (Riferimento S1 2018)

In questo sondaggio sono stati analizzati due campioni, uno a 6,5 metri e l'altro a 15 metri, entrambi nel substrato a diverse quota .

Per i dati nella parte superficiale facciamo riferimento a campioni analoghi prelevati nelle stesse campagne geognostiche



7.6 – CONSIDERAZIONI SULLE PROVE ESEGUITE

Dai dati emersi dalle prove geotecniche emergono alcune discordanze tra le prove eseguite per le due campagne geognostiche.

- Il peso di volume dei terreni del substrato appare sottostimato nella campagna geognostica del 2018, secondo lo scrivente i terreni di substrato hanno in genere un peso di volume di 20 kN/mc)
- Le prove Spt eseguite nella zona in frana nella campagna geognostica del 2015 sembrano sovrastimare gli effettivi parametri geotecnici (salvo che nel corpo di frana non sono inclusi materiali litoidi provenienti da monte di cui però non ci sono annotazione nelle colonne stratigrafiche)
- La coesione drenata nel Sondaggio S4 (2015), eseguito nel corpo di frana, sembra eccessiva e i dati del taglio residuo risultano circa la metà del taglio diretto facendo intendere che tali terreni risultano in posto .

8 – CONSIDERAZIONE SULLA LIQUEFAZIONE

Dagli studi eseguiti è stato possibile accertare quanto segue:

- Non sono noti fenomeni di liquefazione nelle aree aventi caratteristiche similari;
- Nei sondaggi eseguiti è stata riscontrata una forte irregolarità per quanto concerne la presenza di circolazione idrica che comunque risulta essere attestata sopra al substrato che si intercetta a circa 6 metri di profondità. Tali livelli sono abbastanza irregolari e non continui;
- I valori delle Spt in foro sono in genere abbastanza alti.

Le opere di progetto saranno realizzate su fondazioni profonde nei litotipi del substrato, pertanto l'eventuale falda è irrilevante per quanto riguarda eventuali fenomeni di liquefazione nei terreni superficiali. Inoltre sono previsti drenaggi sia superficiali che profondi (pozzi drenati) che dovrebbero allontanare quasi del tutto l'ipotetica circolazione idrica.

Pertanto non ci sono le condizioni per l'instaurazione di fenomeni di liquefazione.

9 - CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO

Per la *valutazione dell'azione sismica* si fa riferimento alle risultanze emerse dalle indagini geognostiche-sismiche dirette ed indirette effettuate nell'area.

In particolare nelle due campagne geognostiche sono state eseguite le seguenti indagini per la caratterizzazione sismica dell'area

CAMPAGNA DEL 2015

Prova down-hole nel sondaggio denominato S2

Il valore della Vs 30 individuato è stato 617 m/s

Dalla relazione del Prof. Simonelli emerge che nella down-hole eseguita è stata individuato un sismostrato sotto i 24 metri in cui risulta un "Vs di oltre 2000 m/s", pertanto secondo questa prova avremmo un substrato sismico a circa 24 metri di profondità.

CAMPAGNA DEL 2018

Sono state eseguite

- n° 1 prova Down-hole nel sondaggio S2 con un Vs30 di 398 m/s
- Masw 1 il cui Vs30 risulta di 394 m/s
- Masw 2 il cui Vs30 risulta di 377 m/s

In tutte le indagini del 2015 non è stato mai intercettato un substrato sismico con Vs > 800m/s

In base alla riclassificazione sismica del territorio della Regione Campania

risulta che il Comune di Arpaiese è stato riclassificato, con delibera della G. R. n. 5447 del 07/11/2002, Zona Sismica di II Categoria con grado di sismicità $S = 9$, con un Coefficiente di Intensità Sismica $C = 0,07$ ed un'Accelerazione Sismica Orizzontale " $A_g = 0,25$ " introdotta dall'O.P.C.M. N.3274/2003.

Da tutte le prove emerge che le velocità mediate delle onde S sono comprese tra 360 e 800 m/s pertanto rientra tra i sottosuoli classificati di Categoria "B" secondo il D.M. del 17.01.2018.

Il progetto prevede la costruzione di una Ponte stradale, ai sensi del D.M. Del 17.01.2018, rientra nella Classe d'Uso III; inoltre, essendo l'opera ubicata su una con acclività $>15^\circ$, va introdotta la categoria topografica T2.

CONSIDERAZIONI SULLE INDAGINI SISMICHE

Secondo lo scrivente la sismica del 2015 risulta sovrastimata (considerando i dati presenti nella consulenza del Prof. Simonelli). Pertanto considerato che nel 2018 sono state effettuate tre sismiche, 1 Down-hole e 2 Masw, e hanno dato risultati comparabili si protende a scartare l'ipotesi di un sismostrato con velocità delle onde S > 800 m/s prima dei 30 metri di profondità.

10 – CONCLUSIONI (TAV.8)

Dagli studi si possono fare le seguenti considerazioni:

SITUAZIONE ATTUALE

- L'area in oggetto, nel dicembre 2010, è stata interessata da un esteso movimento franoso che ha coinvolto un tratto di circa 100 metri della strada provinciale Sp1 e l'abitazione di un privato. Entrambe sono state spostate verso valle di alcune decine di metri.
- Il movimento franoso si è esteso abbastanza velocemente sia verso monte che verso valle coinvolgendo parte del rilevato che era posto a monte della strada.
- Il movimento franoso ha lambito un'altra abitazione, senza interessarla, che è presente proprio ai margini della strada provinciale definita "Albergo".
- Dal 2010 ad oggi non sono stati fatti interventi se non quelli di urgenza finalizzati esclusivamente ad allontanare le acque nei terreni in frana.
- L'abbandono dell'area per circa 10 anni, in cui si è radicata una

fitta vegetazione, non ha permesso di stabilire se in questi anni ci sia stato una ripresa del movimento su tutta l'area o su parte della stessa.

- Dai rilievi fatti recentemente, dopo la pulizia degli arbusti, l'area risulta ancora molto dissestata. Allo stato sono presenti evidenti condizioni di instabilità del versante.
- A monte è presente un'ampia nicchia di distacco semicircolare che ha coinvolto tutta la formazione conglomeratica-sabbiosa le cui pareti sono sub-verticali e verticali con evidenti segni di frattura nell'ammasso. L'area è fortemente instabile con fenomeni di crollo e arretramento del ciglio di scarpata.
- Dalla carta della stabilità (tav.7) si evince la situazione della stabilità allo stato attuale

PROGETTO

- Il progetto prevede la realizzazione di un ponte a due campate con spalle laterali poste sulla strada provinciale, ai margini del fenomeno franoso, e un pila centrale all'incirca nel mezzo della frana.
- La realizzazione di due pozzi drenati a monte della pila che hanno sia la funzione di consolidamento della frana sia quella di captare ed allontanare le acque dalla zona in frana.
- Una paratia di pali per mettere in sicurezza la zona dell'albergo che è ai margini del fenomeno franoso.

SITUAZIONE GEO-IDROLOGICA

- La geologia dell'area è caratterizzata da una formazione di base costituita da limi e limi argillosi e sabbiosi di colore grigiastro che rappresentano il substrato in posto in tutta la zona. Tale formazione ha un'inclinazione simile a quella del pendio e rappresenta il piano di scivolamento della frana. I terreni mobilitati dalla frana sono costituiti da materiali eluvio-colluviali e piroclastici prevalentemente a struttura granulare e sciolti. Lo spessore dei materiali in frana è di circa 6 metri in corrispondenza della pila e dei pozzi drenanti. A monte affiorano i terreni conglomeratici che sono stati coinvolti dal movimento franoso; elementi di tali terreni si rinvengono nel corpo di frana e sono prevalenti nella parte di monte.
- La differenza di permeabilità tra i terreni di base (limi argillosi grigiastri) che sono anche il substrato impermeabile e i materiali in frana crea una circolazione idrica nei primi metri. Si tratta di una circolazione stagionale alimentata direttamente dalle precipitazioni meteoriche; tale circolazione risulta anche molto variabile a causa dell'eterogeneità dei materiali in frana.

- GEOTECNICA

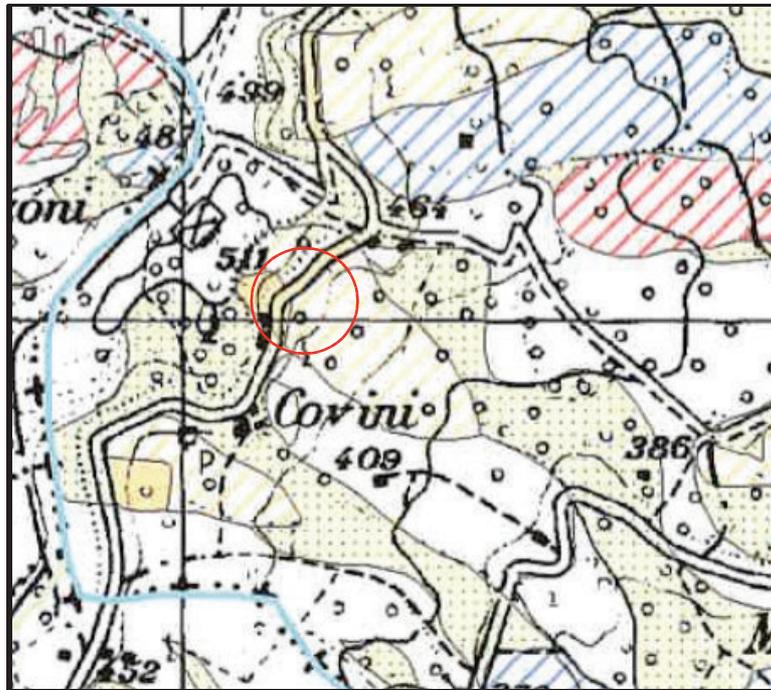
I terreni che garantiscono la stabilità nell'area sono quelli del substrato se non sono alterati. Tali terreni si rinvengono dalla profondità di circa 6 metri di profondità.

- I dati geotecnici suggeriti nei capitoli precedenti provengono da due campagne geognostiche effettuate in tempi diversi e sono stati suddivisi per le singole opere.

Ceppaloni marzo 2019

il geologo
dott. Umberto Lonardo

PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO - RISCHIO FRANA
CARTA DEGLI SCENARI DI RISCHIO -AUTORITA' DI BACINO LIRI GARIGLIANO VOLTURNO
 (stralcio della carta del territorio del comune di Arpaia -BN)



 Area oggetto dello studio

Stralcio della legenda della carta relativa alle aree interessate

	<p>AREA DI MEDIO - ALTA ATTENZIONE - A3 Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana attiva a massima intensità attesa media o di una frana quiescente della medesima intensità in un'area classificata ad alto grado di sismicità.</p>
	<p>AREA A RISCHIO ELEVATO - R3 Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.</p>

CARTA GEOMORFOLOGICA



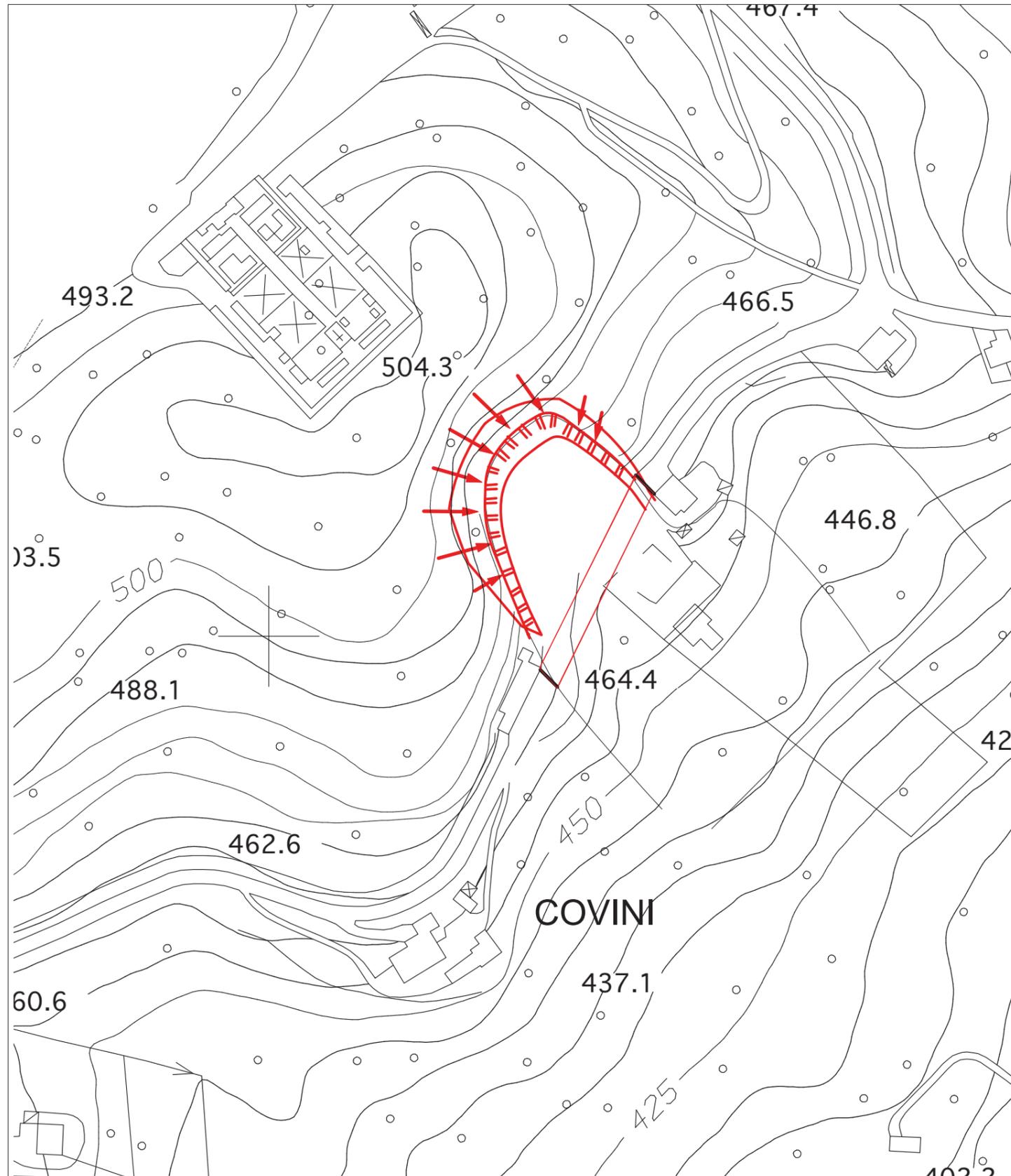
Orlo di scarpata



Superficie di scarpata

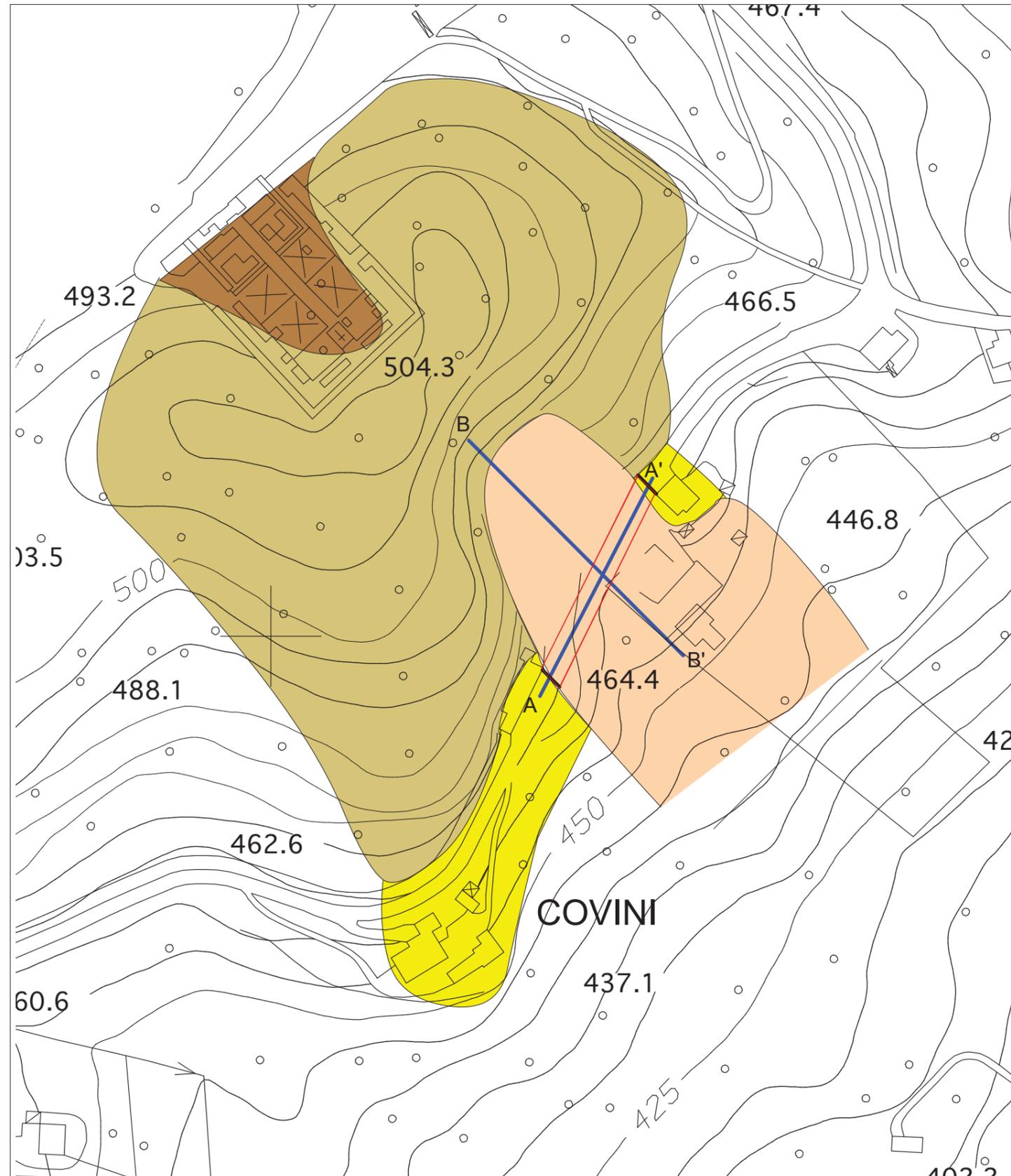


Area in dissesto generalizzato



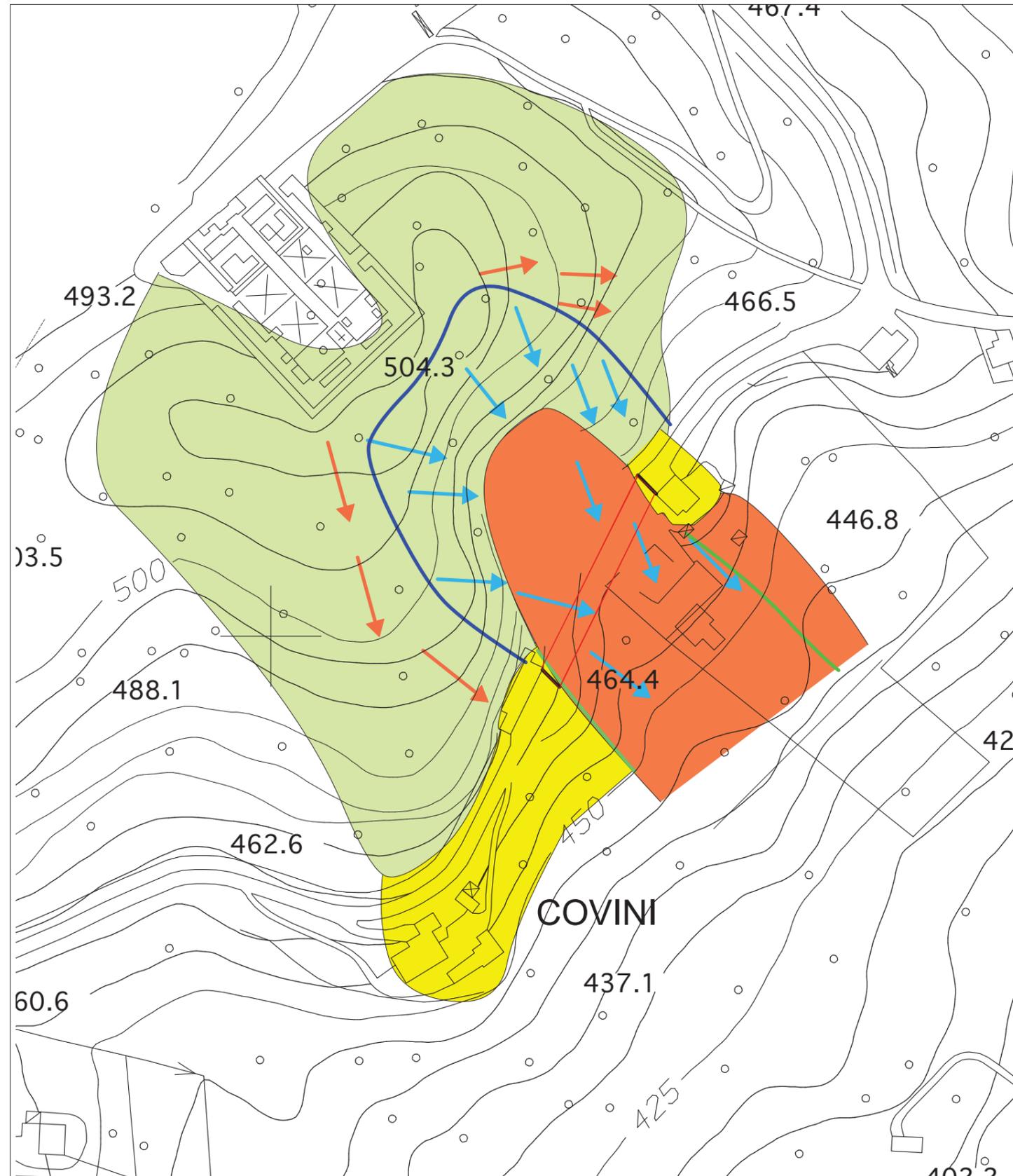
CARTA GEOLOGICA

-  PIROCLASTITI,
terreni affioranti sul lato opposto del versante
-  COPERTURA: Materiali di copertura e in frana
Sono costituiti da depositi eluvio-colluviali commisti a
materiali piroclastici. Per lo più sono sciolti e alterati. Lo
spessore è di circa 6 metri.
-  SABBIA E CIOTTOLI: sono i litotipi che costituiscono i
rilievi posti a monte. Sabbia e ciottoli eterometrici e
poligenici a diverso grado di cementazione
-  Sabbia e sabbia limosa arenacea di colore giallo-begie a
tratti discretamente cementata
-  A/A' Traccia sezione geologica
-  Ponte di progetto



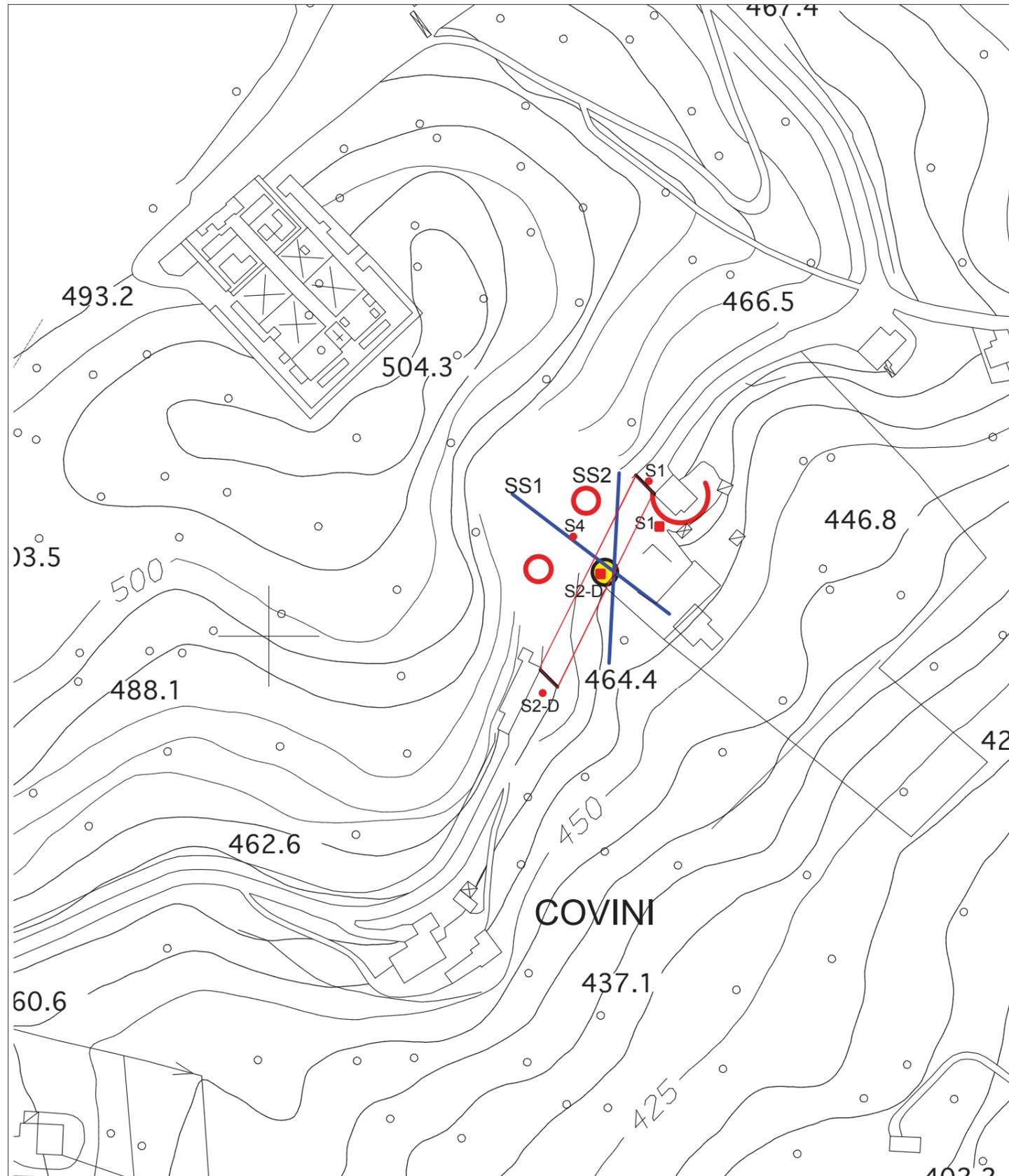
CARTA IDROGEOLOGICA

-  TERRENI MEDIAMENTE PERMEABILI, permeabilità primaria per porosità, in alcuni punti anche secondria per fratturazione(sabbia e conglomerati)
-  TERRENI MEDIAMENTE PERMEABILI, permeabilità primaria per porosità (sabbia e sabbie arenacee)
-  TERRENI PERMEABILI, terreni in frana sciolti o molto sciolti, presenza di livelli meno permeabili a causa dell'argillificazione e dell'alterazione
-  Spartiacque tra la zona in frana e le zone esterne
-  Linee di flusso idrico nella zona in frana o convergenti nella zona in frana
-  Linee di flusso fuori della zona in frana
-  Andamento degli impluvi dopo il movimento franoso



UBICAZIONI INDAGINI E OPERE

- S1 Sondaggi geognostici anno 2015
- S2-D Sondaggio geognostico anno 2015 attrezzato con Down-hole
- S1 Sondaggi geognostici anno 2018
- S2-D Sondaggio geognostico anno 2018 attrezzato con Down-hole
- SS1 Sismica del tipo Masw
- ▭ Ponte da realizzare
- Ubicazione pila centrale
- Ubicazione pozzi drenanti
- ⤿ Ubicazione paratia



SEZIONE A-A' TAV 7a

- COPERTURA: Materiali di copertura e in frana**
 Sono costituiti da depositi eluvio-colluviali commisti a materiali piroclastici. Per lo più sono sciolti e alterati. Lo spessore è di circa 6 metri.

- Sabbia e sabbia limosa arenacea di colore giallo-begie a tratti discretamente cementata**

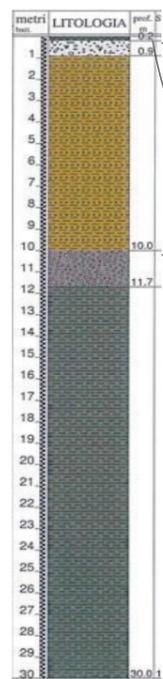
- Limi e limi argillosi di colore grigiastro (non affioranti)**

A

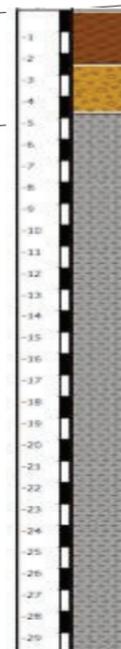
SEZIONE GEOLOGICA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI

A'

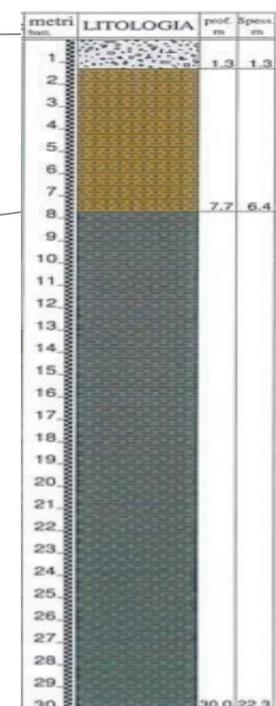
Lato Ciardielli
S2 2015
460 mt slm



S2 2018



Lato Arpaise
463 mt slm
S1 2015



B

SEZIONE B-B'

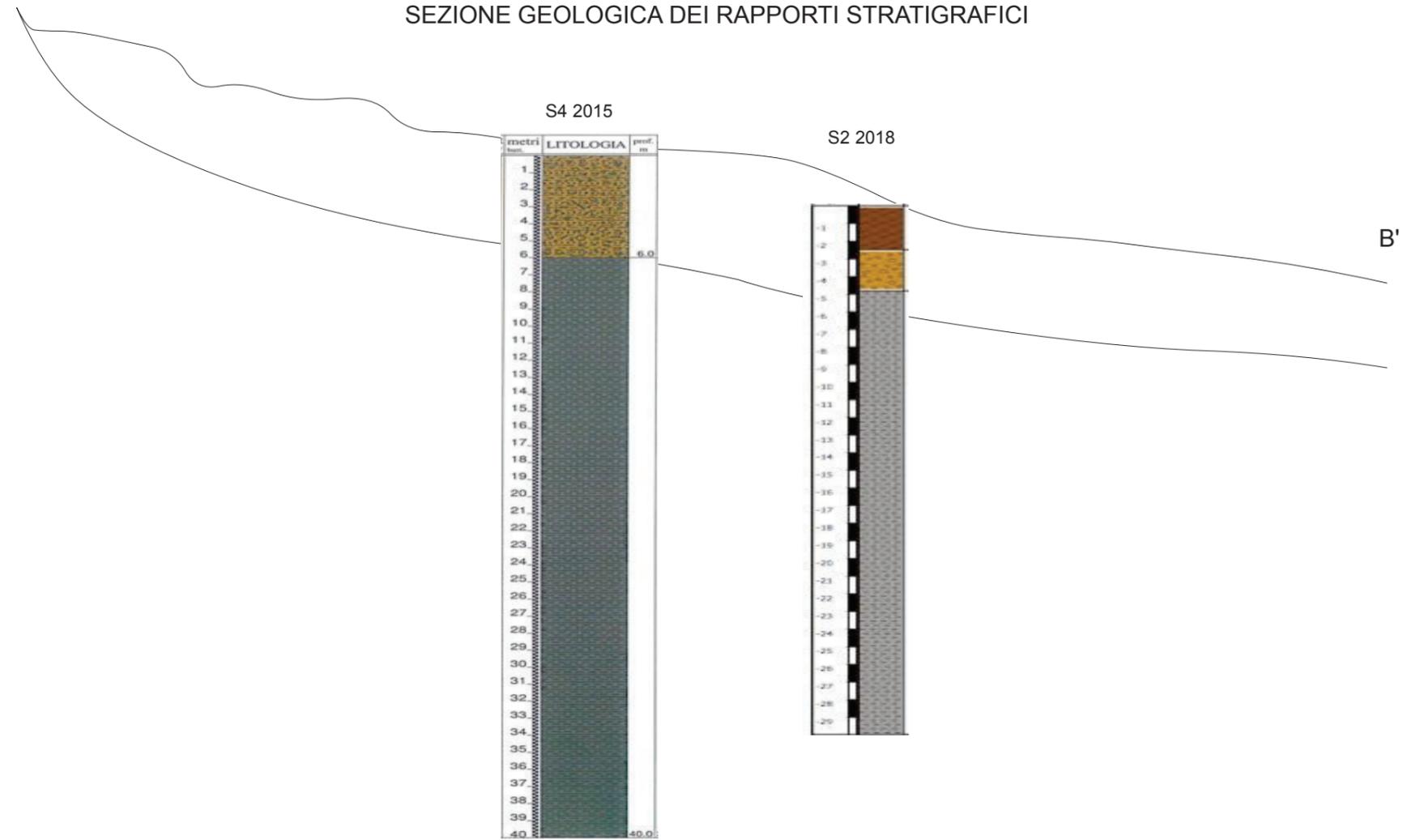
 COPERTURA: Materiali di copertura e in frana
Sono costituiti da depositi eluvio-colluviali commisti a materiali piroclastici. Per lo più sono sciolti e alterati. Lo spessore è di circa 6 metri.

 Sabbia e Ciottoli

 Limi e limi argillosi di colore grigiastro (non affioranti)

Ipotesi di contatto stratigrafico

SEZIONE GEOLOGICA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI



CARTA DELLA STABILITA'

-  AREA ALLO STATO STABILE, la stabilità di tale area può essere messa in crisi da fenomeni di arretramento della scarpata
-  AREA A MEDIA STABILITA', Sono posizionate sui terreni sabbiosi su cui sono presenti i vari fabbricati, la stabilità può essere messa in crisi se non vengono protette dall'evoluzione del movimento franoso
-  AREA AD INCERTA STABILITA', sono quelle aree avente le stesse caratteristiche dei terreni in frana, al di sotto della strada provinciale ma che non hanno manifestato alcun segno di dissesto
-  AREE INSTABILI, aree a monte della nicchia di distacco suscettibili di fenomeni di crollo
-  AREA IN FRANA, aree interessate dal movimento franoso
-  NICCHIA DI DISTACCO, posta a monte della frana

