Comune di Belluno

Provincia di Belluno

Variante al Piano Urbanistico Attuativo ai sensi dell'art. 3 comma 3° L.R. 14/2009 e S.M.I. *IN LOC. COL CAVALIER*

LO STATO DI PROGETTO DEL PUA APPROVATO E VIGENTE NELLA PRESENTE VARIANTE DIVENTA LO STATO DI FATTO

I 10 Relazione geologica sismica e analisi ambientali

Belluno, 15 giugno 2020

RELAZIONE GEOLOGICA SISMICA

Variante al Piano Urbanistico Attuativo ai sensi dell'art. 3 comma 3° L.R. 14/2009 e S.M.I. IN LOC. COL CAVALIER

COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA E INDAGINE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

PROVINCIA DI BELLUNO

COMUNE DI BELLUNO

1 PREMESSA **3**

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO **4**

3 CONSIDERAZIONI SUI VINCOLI **6**

3.1 VINCOLI PAI 6

4 PROGETTAZIONE GEOLOGICA **7**

4.1 STRATIGRAFIA 7
4.2 GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA 10

5 FRAGILITA' E COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA – ART.89 DPR.380/2001 ..... **10**

5.1 COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA 10
5.2 CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA STABILITÀ GENERALE 11
5.3 CONSIDERAZIONI SULLO SMALTIMENTO DELLE ACQUE BIANCHE 11

6 ANALISI DI COMPATIBILITA' SISMICA (DGRV 1572/13) **11**

6.1 CONSIDERAZIONI GENERALI 11
6.2 INDAGINI SISMICHE ESEGUITE IN AMBITO DELLO STUDIO 12
6.3 STUDIO DI MICROZONAZIONE DI PRIMO LIVELLO 12
6.4 INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA HVSR 13
6.5 INDAGINE SISMICA DOWN-HOLE 2008 17
6.6 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA 18
6.7 ANALISI DELLE FREQUENZE E DELLA PERICOLOSITA' SISMICA 18
6.7.1 Frequenze *18*
6.7.2 Pericolosità *19*
6.8 ANALISI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA 20

7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI **22**

ALLEGATI

ALL.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
ALL.2 CARTA GEOLOGICA
ALL.3 SCHEMA TRINCEE ESPLORATIVE-SEZIONI GEOLOGICHE

1 PREMESSA

Lo scrivente ha redatto la seguente relazione a supporto del progetto di PUA per la realizzazione di nuovi fabbricati in località Col Cavalier (Bl).

Sono state analizzate tutte le caratteristiche geologiche idrogeologiche e sono state riportate tutte le considerazioni sismiche ai sensi della normativa vigente.

Si riportano delle considerazioni di compatibilità geomorfologica e sismica ai sensi delle leggi urbanistiche in vigore.

In particolare il lavoro è stato svolto ai sensi della O.P.C.M. n.3907 del 13/11/2010, O.P.C.M. n.4007 del 29/02/2012, O.P.C.M. n.52 del 20/02/2013 e secondo gli "*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.0b*" redatti dalla commissione tecnica nazionale per la Microzonazione Sismica. Sono state inoltre rispettate le "*Linee guida per l'esecuzione di studi di microzonazione sismica*", riportate nell'allegato A alla D.G.R.V. n.1572/13 e rispettate le successive D.G.R.V.

Per la compatibilità geomorfologica si rimanda all'art.89 del DPR 380/2001.

La zona era già stata interessata da un'attenta indagine geologica eseguita nel 2012 da parte del sottoscritto. Nell'ambito di quello studio erano state eseguite quattro trincee esplorative variamente distribuite su tutta l'area per l'identificazione della struttura stratigrafia del terreno.

Inoltre si sono utilizzati dati di sondaggi vicini eseguiti per la progettazione della galleria del col Cavalier.

Preso atto che l'area di urbanizzazione, in seguito all'iter amministrativo che si è avviato nel 2012, è stata rivista in quanto il lotto era allora posto in sommità del colle, ed ora va collocato nella zona più meridionale dove sono presenti gli attuali fabbricati destinati a demolizione, considerata inoltre l'impossibilità di eseguire ulteriori indagini in quanto la zona è occupata dai vecchi manufatti, si è deciso di integrare la campagna di indagini con due prove sismiche HVSR descritte di seguito.

Il rilievo di campagna è stato eseguito in parallelo ad una ricerca bibliografica di dettaglio che ha permesso di raccogliere dati sulla natura dei terreni, le caratteristiche idrogeologiche dell'area e le condizioni al contorno del sito di progetto.

In seguito è stato realizzato un lavoro a tavolino con l'elaborazione di tutti i dati precedentemente raccolti in campagna, al fine di valutare la stabilità generale e quella dei terreni soggetti alle opere.

Il presente lavoro è stato redatto in ottemperanza alle nuove norme tecniche sulle costruzioni (DM 17 gennaio 2018) al D.M. L.L. P.P. 11.03.88 .

La nuova normativa urbanistica sta subendo delle importanti evoluzioni: infatti, la L.R. 11/04 sancisce le nuove procedure per la pianificazione del territorio.

In particolare, come espresso dalle norme in materia urbanistica emanate dalla Regione del Veneto e come espresso dalle linee guida per la realizzazione dello studio di compatibilità sismica ai fini urbanistici (DGRV 1572/13), si introducono nuovi concetti

espressi da apposite cartografie che il geologo deve produrre per completare il quadro conoscitivo dell'area studiata.

Verranno quindi riportate delle asseverazioni di compatibilità geomorfologica e di compatibilità sismica.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona di lottizzazione è collocata immediatamente a sud del Col Cavalier, in un'area agricola ma soggetta alla presenza di alcuni vecchi fabbricati variamente distribuiti.

A nord il limite dell'area è definito dalla cresta morfologica del colle, a sud dalla strada comunale che conduce alla frazione di Castion.

Per inquadrare la zona si rimanda all'All. 1 e per un maggiore dettaglio all'All.2.

Si riporta di seguito il confronto legato allo spostamento dell'area di intervento verso sud.

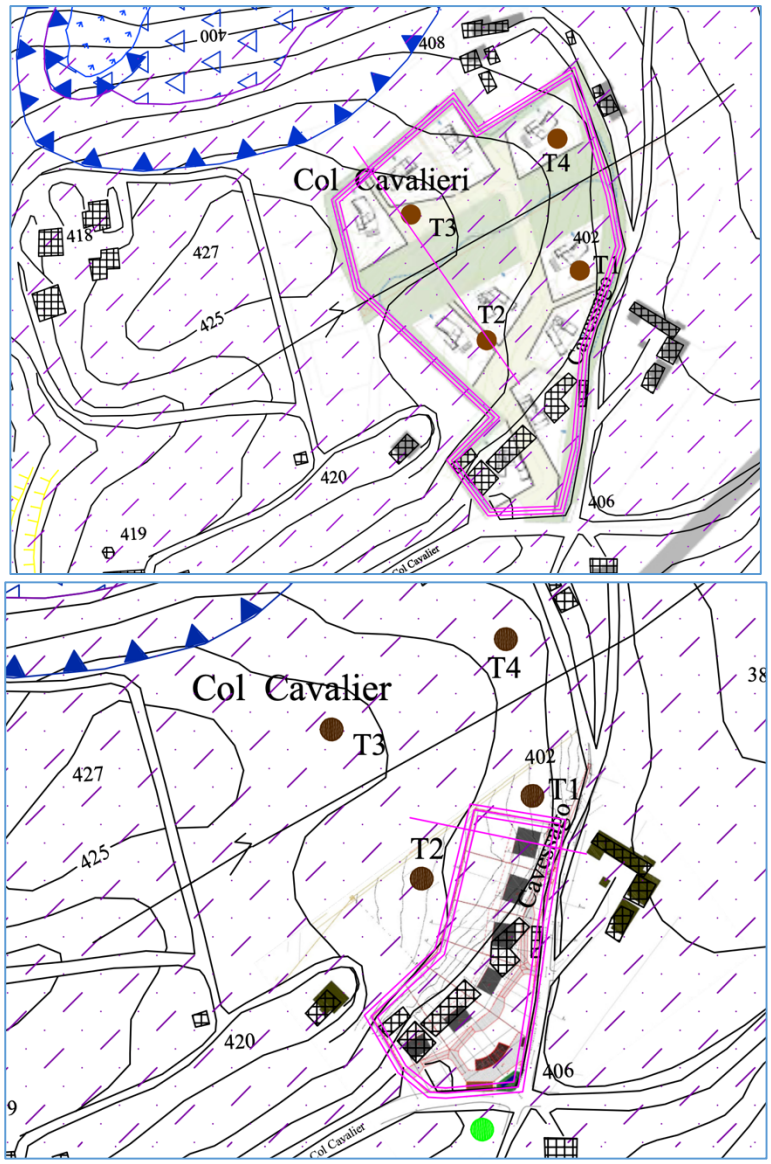


Figura 1 – Confronto dello spostamento dell'area. Anno 2012 sopra e 2020 sotto.

Figura 2 – Zona di progetto durante la prova sismica HV01

Figura 3 – Esecuzione prova sismica HV02

3 CONSIDERAZIONI SUI VINCOLI

3.1 VINCOLI PAI

Nell'anno 2012 è stato adottato dall'Autorità di Bacino del fiume Piave, Bacchiglione, Tagliamento il piano di assetto idrogeologico (PAI) per cui sono entrate in vigore le norme di salvaguardia per le aree a rischio.

La zona di studio ricade nella quasi totalità in un'area P1 ovvero pericolosità moderata.

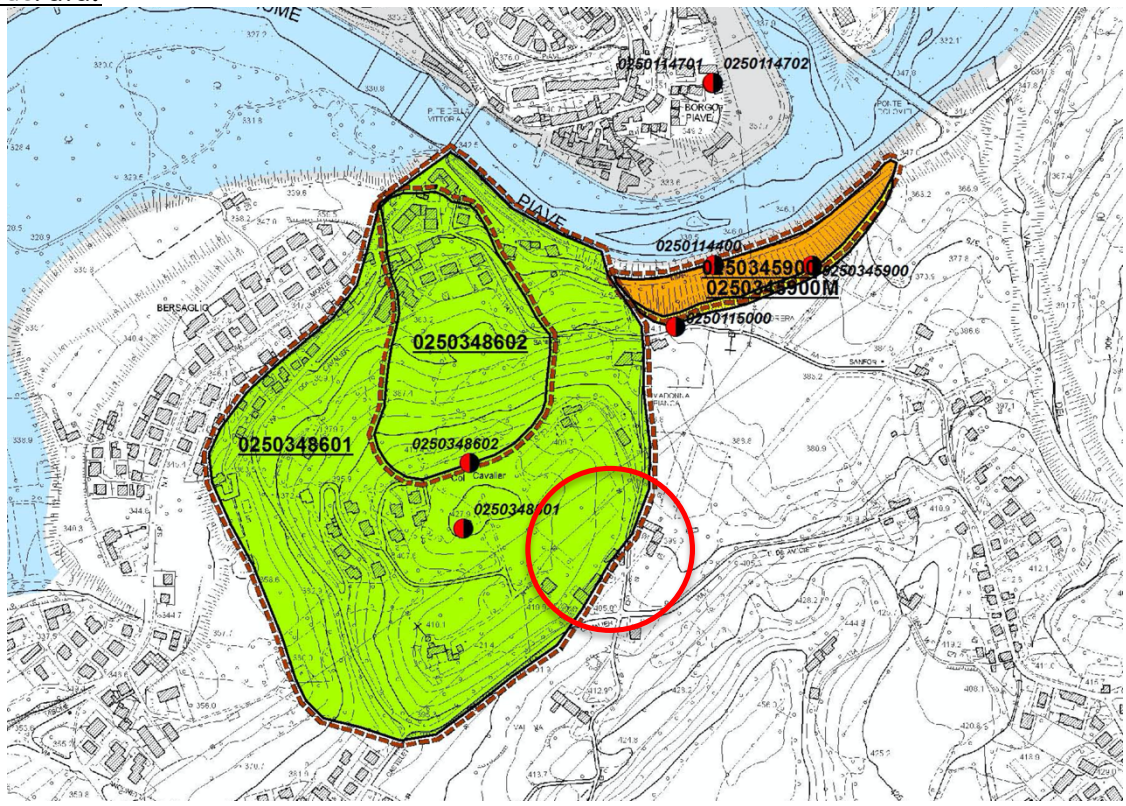


Figura 4 – Perimetrazione PAI – in viola paleofrana e in rosso l'area in esame.

Tale condizione è dettata dalla presenza della storica frana del Col Cavalier il cui ciglio, come si vede in All.2, è parecchio distante dall'area di progetto.

L'analisi geomeccanica del substrato, ed in particolare modo la verifica dei giunti di strato nelle quattro trincee eseguite, ha permesso di dimostrare l'omogeneità strutturale dell'area. Questo prova che il Flysch di Belluno, nel sito indagato, è "in posto", ovvero non ha subito deformazioni e tanto meno dislocazioni a causa della frana collocata a nord.

Tale fatto è dimostrato anche dal piano regolatore vigente, ed in particolare dalla carta delle penalità edificatorie che classifica l'area tra buono e mediocre.

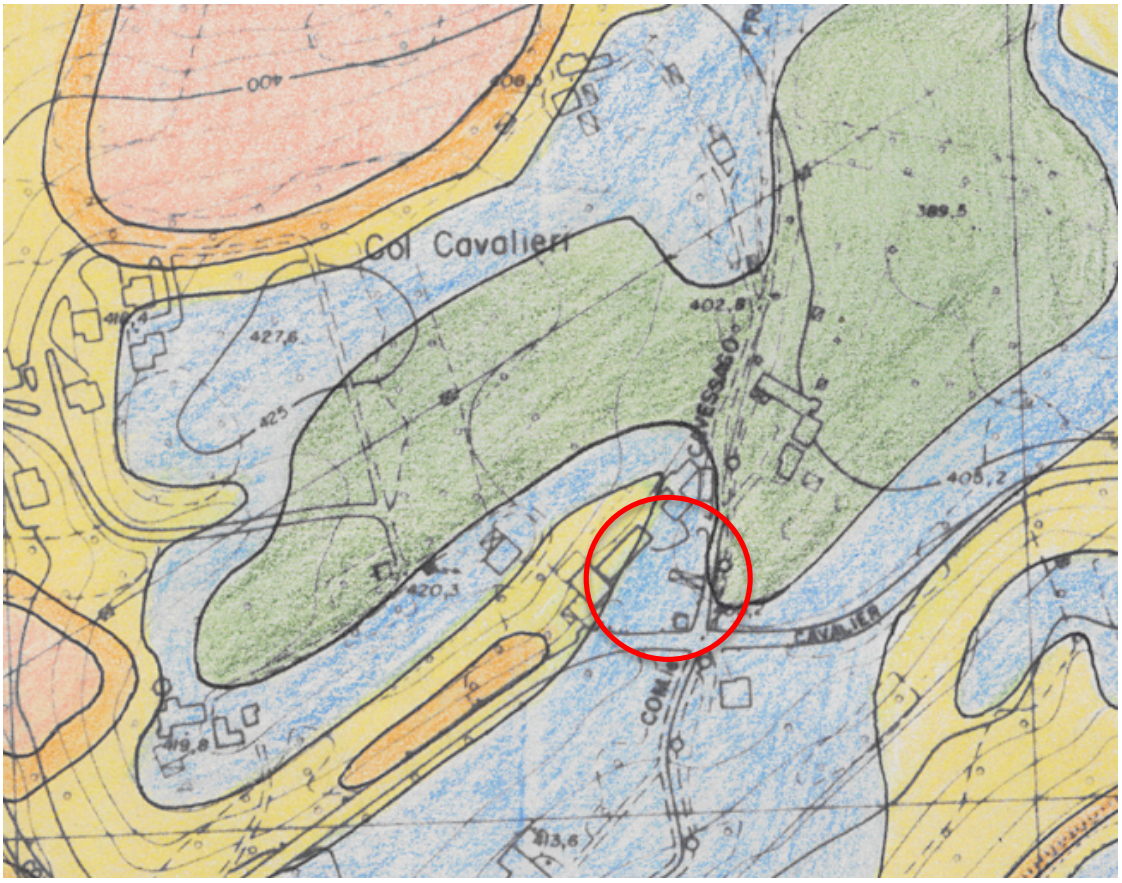


Figura 5 – Estratto Piano Regolatore vigente. Penalità ai fini edificatori. Verde ottimo, azzurro buono, giallo mediocre.

4 PROGETTAZIONE GEOLOGICA

4.1 Stratigrafia

Per avere un'idea delle condizioni stratigrafiche al contorno nel 2012 erano state eseguite 4 trincee esplorative ubicate come indicato nell'allegato 2 alla presente relazione.

Nell'area di progetto affiorano solamente terreni incoerenti costituiti da limi e argille debolmente sabbiosi con rari inclusi ghiaiosi. Si tratta di uno strato con spessori medi di 1m, derivato dall'alterazione del sottostante Flysch di Belluno (Copertura eluviale).

Le sezioni stratigrafiche e le descrizioni dei terreni sono riportate sempre nell'allegato 3.

Il substrato è stato incontrato in tutte e quattro le trincee alla profondità di 1-1,2 m. Si tratta di alternanze marnoso arenacee con spessori molto variabili. Nelle trincee 2-3 la composizione era maggiormente arenacea e compatta, mentre nelle altre due affioravano più livelli marnosi argillitici.

In tutte e quattro le trincee è stato possibile eseguire delle misure strutturali sulla stratificazione. E' emersa un'importante omogeneità, in quanto, tutte e quattro le misure dei piani di strato erano orientate intorno a 320/15°-325/15°.

Questo fatto risulta fondamentale poiché prova che il versante di progetto è stabile e non ha subito deformazioni e rilassamenti in seguito alla frana del Col Cavalier (1886).

La zona di nuova urbanizzazione, come detto in precedenza, è collocata a sud rispetto alla prospettiva del 2012.

La piana di realizzazione del manufatto, vede la presenza di una coltre alluvionale di terrazzo che ha spessore di qualche metro, al contatto del costone roccioso posto verso nord.

Un dato utile sugli spessori dei materiali deriva dal sondaggio S6 realizzato dalla società Veneto Strade Spa nel 2008 nell'ambito della progettazione della galleria del Col Cavalier.

Dall'indagine emergono spessori di 5m circa di coltre detritica generalmente di matrice argillosa limosa, al di sotto della quale affiora il substrato roccioso costituito dal Flysch di Belluno.

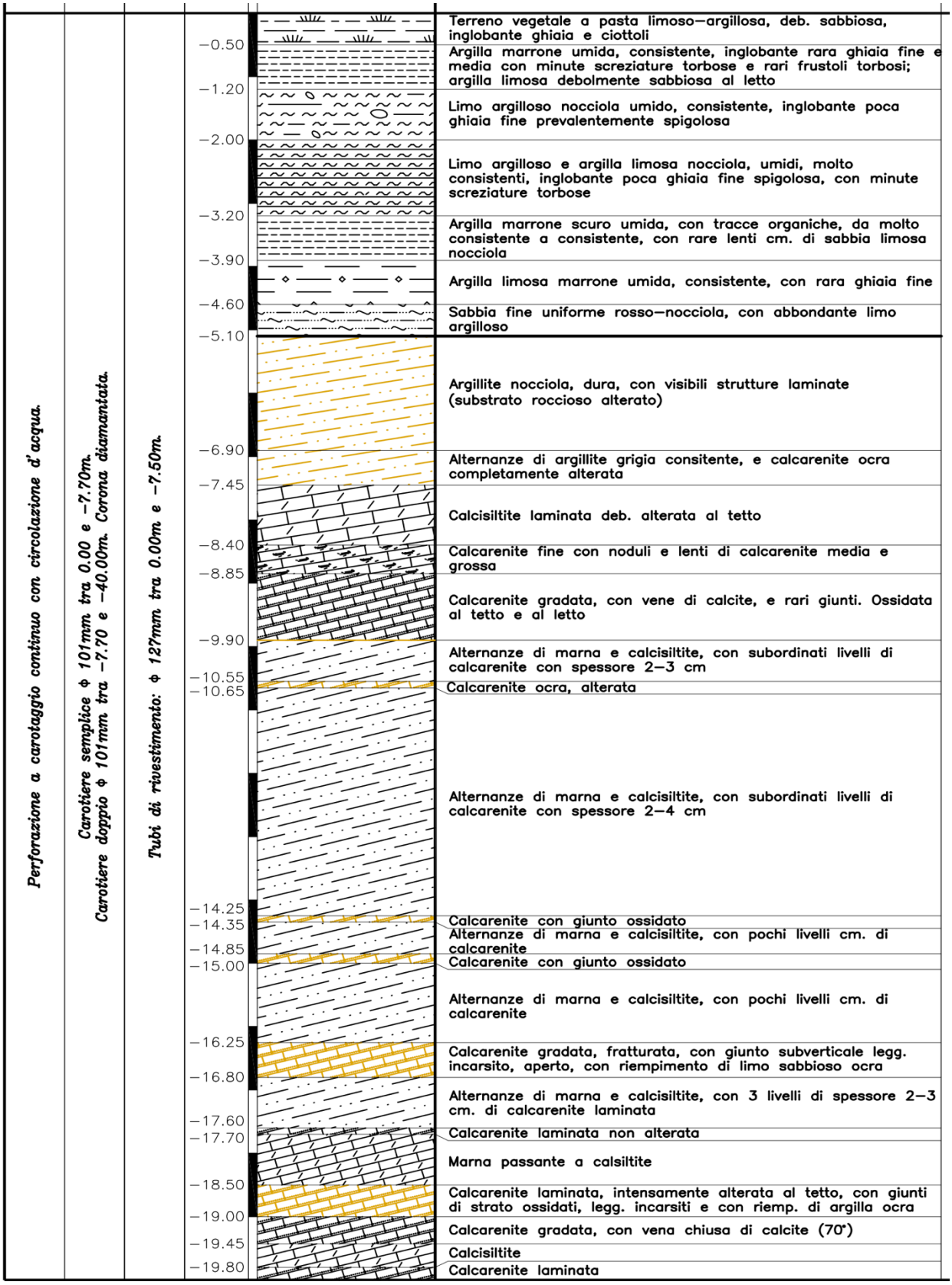


Figura 6 – Sezione stratigrafica sondaggio S6 2008 – Veneto Strade Spa

La sezione geologica in All.4, esplica questa condizione.

4.2 Geomorfologia ed idrogeologia

Il Col Cavalier è caratterizzato dalla presenza di un imponente accumulo di frana che ha avuto il suo massimo ed ultimo episodio di movimento nel 1886. Il dissesto classificabile come scivolamento rotazionale ha esaurito il suo dinamismo in quanto non ha più dimostrato alcun segno di riattivazione. Le problematiche che si potrebbero generare attualmente sono legate a movimenti superficiali di colata e modesti assestamenti più frequenti lungo le porzioni di confine della frana.

Nell'area di lottizzazione non ci sono assolutamente segni di instabilità e le strutture esistenti nella porzione sud del colle sono prive di segni di rottura e fatturazioni varie a prova di una buona stabilità morfologica. Queste strutture sono infrapposte tra l'area di lottizzazione e la nicchia della vecchia frana.

L'idrogeologia locale non presenta particolari segni in quanto non ci sono zone umide, sorgenti e aree paludose. Visto il contatto tra la copertura eluviale e il sottostante Flysch, possono esserci sicuramente delle circolazioni anche a profondità limitate, e per questo, qualsiasi struttura interrata dovrà essere dotata di opportuni drenaggi.

I terreni hanno una permeabilità stimata da dati di campagna e bibliografici sull'ordine di 10^{-3} cm/sec (dati ricavati da effettive prove di permeabilità eseguite in terreni simili vicini).

5 FRAGILITA' E COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA – ART.89 DPR.380/2001

5.1 Compatibilità Geomorfologica

La fragilità geologica di un luogo è data dalla presenza di situazioni di instabilità, dissesti, problemi di cedimenti per terreni scadenti o per carsismo, possibilità di esondazioni o presenza di concentrazioni di acqua nel terreno.

Per il sito in esame non ci sono particolari elementi geologici che possano condurre ad una situazione di fragilità, se non la distante frana del col Cavalier.

Seguendo le nuove indicazioni sulla definizione delle aree omogenee dal punto di vista geologico, il sito in oggetto può essere classificato come **area idonea a condizione**.

La condizione è dettata in primo luogo dalla possibilità di amplificazioni sismiche locali. Inoltre si dovranno valutare condizioni di stabilità locali per ogni fabbricato visto che siamo collocati al passaggio del complesso collinare e della piana sottostante.

Lo studio delle condizioni strutturali dell'ammasso roccioso incontrato nelle trincee, ha dimostrato omogeneità. Pertanto si escludono situazioni di dissesto in atto e si esclude anche il coinvolgimento della zona in quelle che sono state le dinamiche della frana antica del 1886.

Sono stati censiti anche i fabbricati esistenti, e non si sono riscontrate condizioni di fratturazione, lesione, cedimenti, a prova della buona stabilità morfologica della zona.

Dal punto di vista geomorfologico, idrogeologico, si assevera ai sensi dell'art 89 del DPR380/01, che la variante dei PI risulta compatibile e le opere previste si inseriscono nel naturale contesto senza alterare le condizioni geomorfologiche locali.

5.2 Considerazioni Generali Sulla Stabilità Generale

La stabilità generale del pendio non verrà compromessa dalla realizzazione dei volumi di progetto per i seguenti motivi:

a) la stratificazione, lungo il versante di lavoro, è favorevole in quanto a reggipoggio (N325/15), mentre diventa a franapoggio dalla nicchia storica verso nord;
b) i volumi di progetto in parte interrati richiedono l'asportazione del materiale di scavo, per cui si raggiunge una buona compensazione del carico con sovraccarichi minimi, se non nulli.
c) I volumi nuovi andranno localizzati al posto di quelli storici che verranno demoliti, e quindi in condizione di preconsolidazione del terreno;

Sarà fondamentale, come già ribadito, in fase di progettazione di ogni singolo intervento, eseguire delle indagini e verifiche geologiche puntuali comprensive di analisi di stabilità globale del versante.

5.3 CONSIDERAZIONI SULLO SMALTIMENTO DELLE ACQUE BIANCHE

Considerato che in tutti i punti di indagine si è riscontrata la presenza del substrato roccioso impermeabile mediamente ad una profondità di 1,0 m coperto ad uno strato limoso argilloso poco permeabile, si ritiene che sia assolutamente improbabile qualsiasi assorbimento del terreno delle portate di prima pioggia e di scroscio. Inoltre, la vicinanza all'orlo morfologico della vecchia frana, richiede di non aumentare e concentrare i carichi idrici nel terreno per non incrementare le pressioni neutre del versante.

Per queste considerazioni, sarà necessario trovare delle soluzioni alternative alla dispersione delle acque meteoriche nel terreno.

6 ANALISI DI COMPATIBILITA' SISMICA (DGRV 1572/13)

6.1 Considerazioni generali

La normativa sismica ha subito e sta subendo un'importante evoluzione. Per dare un po' di chiarezza al quadro normativo venutosi a creare, la Regione del Veneto ha deliberato con Del GRV n.71/2008 una serie di considerazioni. Per quanto riguarda la zonizzazione sono ancora valide le direttive impresse dalla deliberazione del Consiglio Regionale n.67/2003 per cui si fa riferimento ai confini comunali per determinare l'area sismica in cui ricade il progetto nonostante l'OPCM 3519/06 abbia definito le zone.

A livello nazionale sono entrate in vigore le nuove norme tecniche sulle costruzioni (DM 17/01/2018).

Ai sensi del OPCM3274/03 il territorio del comune di BELLUNO ricade nella zona sismica 2.

In funzione della mappa della pericolosità riportata dall'OPCM 3519/06 si considera un'accelerazione al suolo rigido compresa 0.225-0.250.

Il punto della griglia di quattro nodi sismici più vicino alla zona di progetto e maggiormente sfavorevole è il 9639.

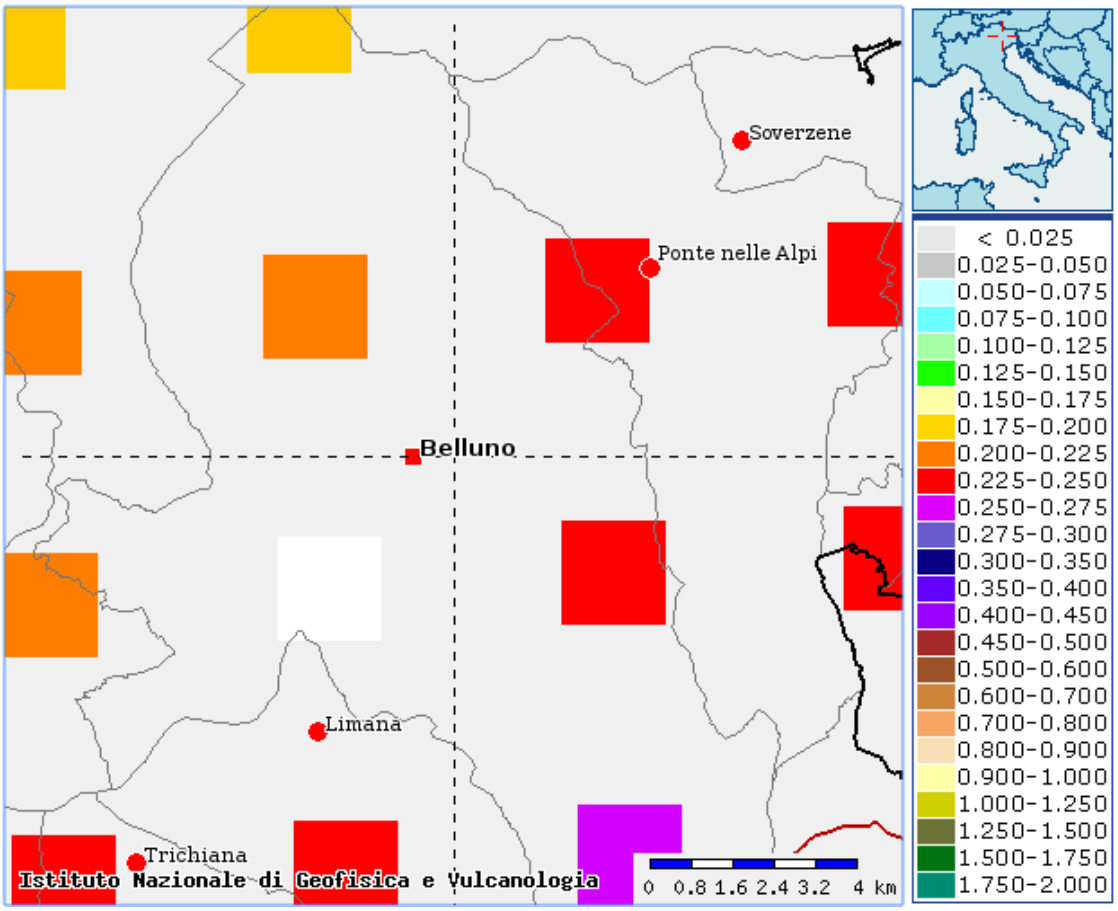


Figura 7 - Mappa sismicità Belluno. In bianco il nodo 9639

6.2 Indagini sismiche eseguite in ambito dello studio

In data 22/03/2020 è stata eseguita un'indagine geofisica così sviluppata:

- n°2 indagini sismica passiva a stazione singola HVSR indicate in All.2. La prima è stata eseguita nel piazzale del vecchio manufatto. La seconda nella zona prativa in adiacenza alle trincee eseguite nel 2012.
- Nell'ambito dello studio di Veneto Strade Spa, per la realizzazione del tunnel del col Cavalier, era stata eseguita una campagna di indagini sismiche in foro "Down hole". Si riportano le risultanze per il sondaggio S6.

Nell'ambito di questo studio, non e' stato possibile eseguire stendimenti sismici tipo masw o rifrazione, in quanto il sito non risulta accessibile per la folta vegetazione che interessa tutta la vecchia proprieta'.

6.3 Studio di microzonazione di primo livello

Il comune di Belluno ha redatto lo studio di microzonazione di primo livello nel 2013.

La zona di studio nella carta delle MOPS, viene classificata come un'area zona 2 definita come substrato Flyschioide sovrastato da coperture alluvionali.

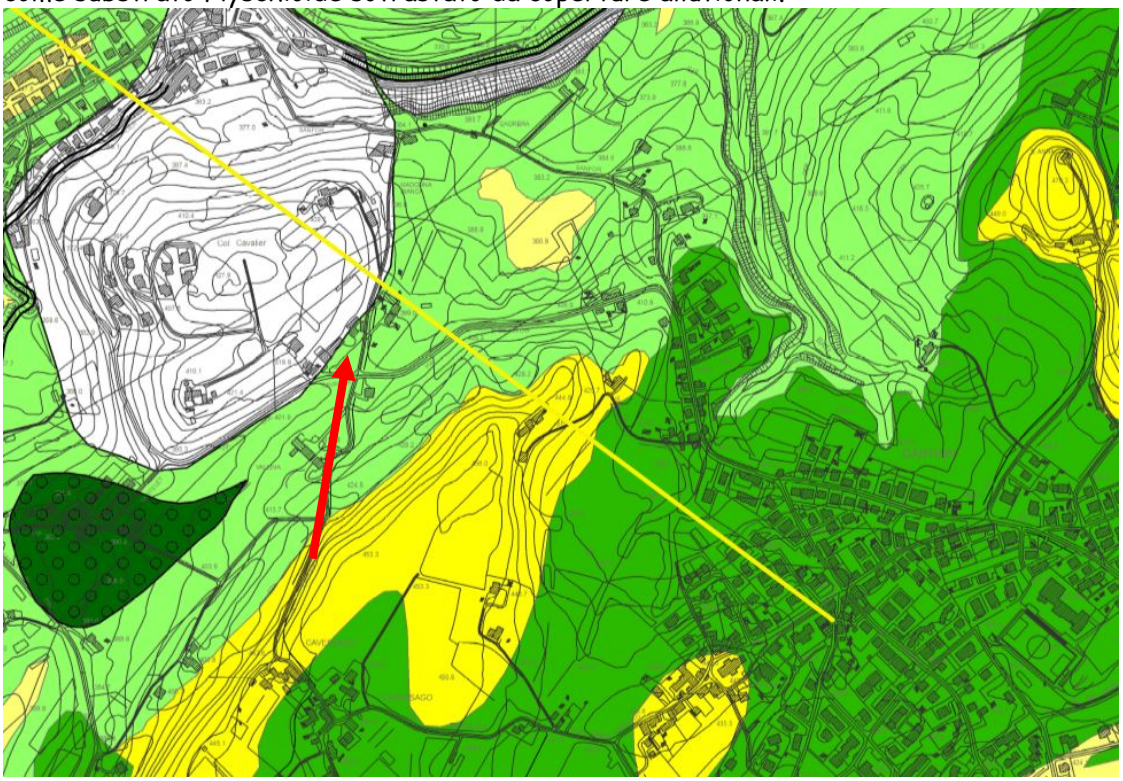


Figura 8 – Estratto carta MOPS studio di primo livello.

6.4 Indagine sismica con metodologia HVSR

E' stata effettuata una coppia di HVSR (vedi fig.2-All.2).

L'indagine consiste nella misurazione, e nella successiva elaborazione, del microtremore ambientale nelle sue tre componenti spaziali (x, y e z opp. E-W, N-S e Up Down) a varie frequenze. Dall'analisi delle componenti spettrali delle tracce registrate è possibile:

- ricavare la frequenza fondamentale (o di risonanza) del sito;
- ottenere un'interpretazione del profilo stratigrafico-sismico ad elevata profondità con stima sullo spessore della copertura (substrato sismico o litologico) e del parametro V_{S30} (velocità media delle onde S – di taglio – nei primi 30 metri di profondità).

L'indagine sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto agisce come sorgente di eccitazione. Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione:

$$f=Vs/4h$$

(formula semplificata) dove Vs è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e h è lo spessore di detto strato. La prova, comunemente nota con il termine H/V o HVSR (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali H e verticale V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989).

Infatti, è proprio dal grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontale e verticale che viene evidenziata la frequenza (o più frequenze se si è in presenza di un profilo stratigrafico multistrato con contrasti di minimo della componente verticale, riscontrabile negli spettri delle singole componenti).

La frequenza fondamentale del sito è da intendersi quella più significativa a bassa frequenza. Eventuali altre frequenze evidenziate (picchi secondari) se vicine alle frequenze di interesse ingegneristico (struttura) possono essere comunque significative.

Le frequenze di risonanza del sottosuolo, costituiscono un parametro fondamentale per i progettisti, i quali devono evitare, o se non è possibile quanto meno tenere in debita considerazione nel dimensionamento delle strutture, i fenomeni di "doppia risonanza" che costituiscono la vera causa delle distruzioni generate da un terremoto.

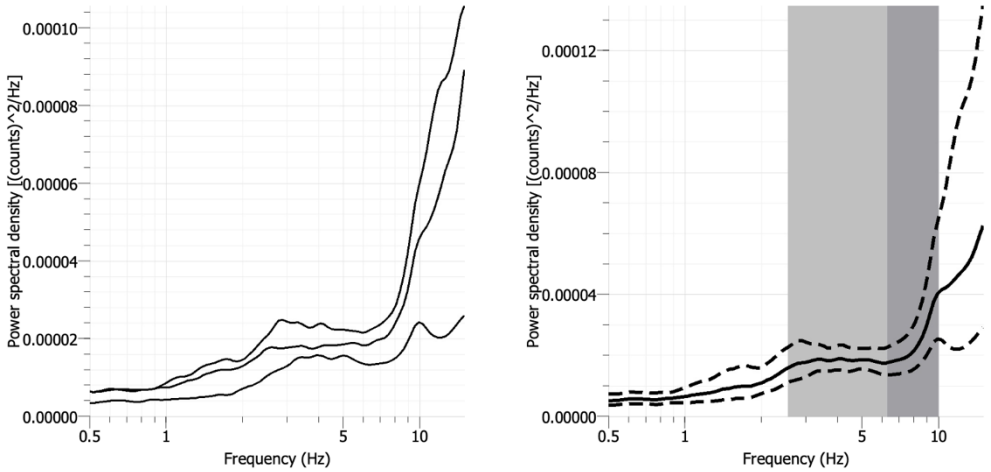


Figura 9 – Estratto frequenze medie indagine HV01

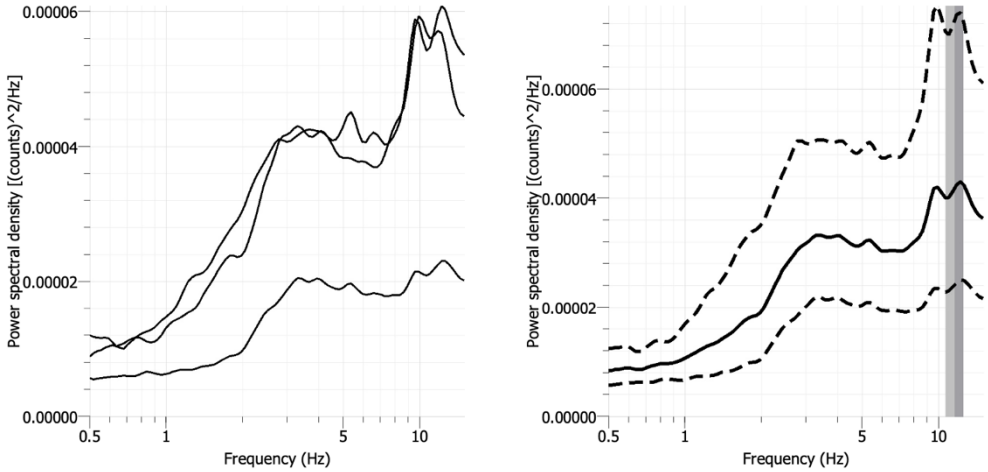


Figura 10 – Estratto frequenze medie indagine HV02

La curva nera continua rappresenta il rapporto H/V medio, mentre le curve nere tratteggiate, dette "curve di confidenza", sono il risultato della moltiplicazione (curva

superiore) e divisione (curva inferiore) dei valori del rapporto H/V medio per la deviazione standard dei valori delle singole curve H/V.

Le curve colorate sono i rapporti H/V delle singole finestre; grazie al colore è possibile associare ogni curva alla corrispondente finestra temporale. Le due bande grigie identificano la frequenza principale, o *f0*, individuata automaticamente dal programma. La *f0* del rapporto medio è esattamente al centro delle due bande, mentre l'area coperta dalle bande è ottenuta aggiungendo e sottraendo alla *f0* del rapporto medio la deviazione standard delle *f0* delle singole curve.

FREQUENZE PROPRIE DEL TERRENO

HVSR01 f_0**= 8-10 Hz.**

HVSR02 f_0**= 12-14 Hz.**

In letteratura esistono delle procedure qualitative, che permettono di estrapolare una rapporto diretto tra le frequenze proprie di risonanza del terreno e gli spessori. Questo permette di dare delle prime indicazioni empiriche sulle categorie del sottosuolo.

Questo tipo di indagine non sostituisce una analisi di dettaglio ma ha il solo scopo (sotto controllo geologico) di fornire indicazioni preliminari sulla struttura del sottosuolo.

In genere si ha:

$$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4\hat{\nu}_1} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$

A parità di velocità media delle onde S, a frequenze di risonanza minori corrispondono spessori maggiori.

dove i valori di Vo, a, si ricavano dai seguenti abachi:

	Terreni coesivi	Sabbie	Terreni Rimaneggiati /conoidi
	Vo=190	Vo=170	Vo=110
	a=0.20	a=0.25	a=0.40
ν	**H**	**H**	**H**
0.5	230	260	334
0.6	183	204	249
0.7	151	167	194
0.8	128	140	157
0.9	111	120	130
1	98	105	110
1.5	59	62	58
2	42	43	37
3	26	25	20
4	18	18	13
5	14	13	10
6	11	11	8
7	9	9	6
8	8	8	5
9	7	7	4
10	6	6	4
15	4	4	2
20	3	3	2

Figura 11 – Abaco di interpretazione sismica.

Le verifiche eseguite e le risultanze della frequenza propria, considerando terreni prevalentemente coesivi e frequenze di 10Hz, portano a stimare spessori di copertura maggiori di **5-6m**. **Questo dato è supportato anche dal sondaggio S6 che ha dimostrato spessori di copertura di 5m**.

Per definire la velocità si utilizza la seguente relazione :

Vmedia=4H x frequenza

per cui la velocità finale stimata da questa approssimazione risulta di Vs30 = 340-380m/sec.

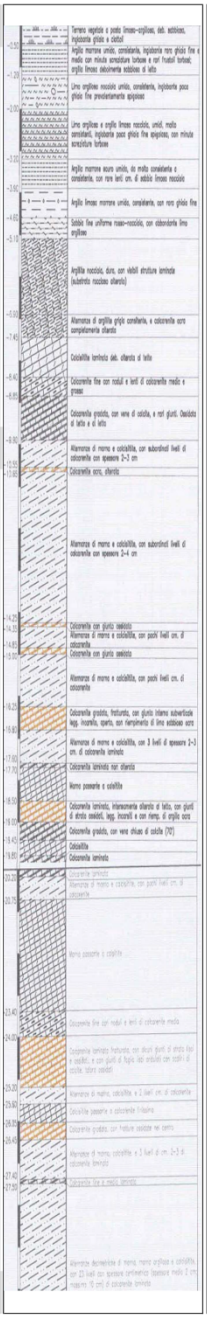
6.5 *Indagine sismica Down-hole 2008*

Si riporta la tabella dell'indagine eseguita nel 2008 in ambito progetto galleria.

PARAMETRI INTERGEOFONICI

Prof. m	Tp millisec.	Ts millisec.	Vp Km/sec.	Vs Km/sec.	ν -	γ T/m³	Edin Kg/cm²	Gdin Kg/cm²	Kdin Kg/cm²
0									
1	7.1	25.0	0.35	0.100	0.46	1.55	461	158	1727
2	7.8	25.7	0.35	0.102	0.45	1.55	477	164	1683
3	8.1	28.3	0.35	0.104	0.45	1.55	495	171	1651
4	9.5	30.8	0.46	0.124	0.46	1.63	747	256	3135
5	**10.4**	**35.2**	**0.45**	**0.155**	**0.43**	**1.63**	**1145**	**399**	**2878**
6	11.6	37.0	0.72	0.263	0.42	1.78	3572	1255	7734
7	12.0	38.9	0.74	0.303	0.40	1.79	4694	1676	7843
8	12.5	39.4	1.17	0.400	0.43	1.95	9131	3184	22996
9	13.3	41.4	1.46	0.577	0.41	2.04	19460	6912	35159
10	**13.6**	**42.9**	**1.62**	**0.568**	**0.43**	**2.08**	**19514**	**6826**	**46081**
11	14.0	44.3	1.78	0.554	0.45	2.11	19140	6616	59631
12	14.5	45.4	1.89	0.597	0.44	2.14	22430	7765	67063
13	14.7	46.5	1.95	0.759	0.41	2.15	35611	12626	66080
14	15.1	47.6	1.97	0.812	0.40	2.16	40494	14486	65952
15	**15.6**	**48.4**	**1.89**	**0.867**	**0.37**	**2.14**	**44749**	**16379**	**55667**
16	15.9	49.8	2.09	0.962	0.37	2.18	56184	20566	69837
17	16.7	50.3	2.07	0.881	0.39	2.18	47861	17219	72377
18	17.4	51.1	1.95	0.899	0.36	2.15	48351	17717	59479
19	18.2	52.0	1.85	0.911	0.34	2.13	48246	18012	50023
20	**18.8**	**53.5**	**1.87**	**0.886**	**0.36**	**2.13**	**46289**	**17077**	**53304**
21	19.2	54.4	1.86	0.833	0.37	2.13	41410	15072	54647
22	19.7	56.0	1.92	0.885	0.37	2.15	46785	17129	58036
23	20.2	56.6	1.93	0.940	0.34	2.15	51990	19339	55604
24	20.7	57.1	1.97	0.989	0.33	2.15	57234	21503	56394
25	**21.3**	**57.7**	**2.05**	**0.996**	**0.35**	**2.17**	**59058**	**21943**	**63798**
26	21.9	58.2	2.11	1.017	0.35	2.18	62062	23021	68039
27	22.4	58.8	2.19	1.050	0.35	2.20	66841	24726	75085
28	22.9	59.3	2.48	1.278	0.32	2.25	98939	37493	91329
29	23.5	59.9	2.39	1.199	0.33	2.24	87364	32778	87007
30	**24.1**	**60.5**	**2.39**	**1.192**	**0.34**	**2.24**	**86491**	**32393**	**87369**

STRATIGRAFIA SINTETICA



PARAMETRI INTERVALLARI

metri	Vp Km/sec.	Vs Km/sec.	ν	γ T/m³	Edin Kg/cm²	Gdin Kg/cm²	Kdin Kg/cm²
0							
1							
2	0.39	0.12	0.45	1.58	665	230	2215
3							
4							
5							
6							
7	1.02	0.39	0.42	1.89	9214	3257	18433
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14	1.90	0.78	0.40	2.14	38258	13821	61219
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21	1.88	0.87	0.36	2.14	44828	16426	55329
22							
23							
24							
25	2.05	1.00	0.34	2.17	59437	22106	63784
26							
27							
28							
29	2.42	1.22	0.33	2.24	90931	34221	88568
30							

Legenda dei parametri dinamici

Tp	Tempi onde di compressione	millisecondi	**γ**	Peso di volume	T/m³
Ts	Tempi onde di taglio	millisecondi	**Edin**	Modulo di Elasticità dinamico	Kg/cm²
Vp	Velocità onde di compressione	Km/sec	**Gdin**	Modulo di Taglio dinamico	Kg/cm²
Vs	Velocità onde di taglio	Km/sec	**Kdin**	Modulo di Compressibilità dinamico	Kg/cm²
ν	Coefficiente di Poisson	-			

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI (D.M. 14.9.2005)

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Vs_{30} = **377** m/sec

G_0 = **2787** Kg/cm²

CATEGORIA SUOLO = **B**

Figura 12 – Estratto risultanza Down-hole S06- Progetto galleria 2008

Dall'indagine è emersa una Vs30 = 377 m/sec concorde con i valori stimati dalle HV.

6.6 Definizione della categoria stratigrafica e topografica

I risultati delle analisi eseguite portano a differenziare le categorie del suolo ai sensi delle NTC, in quanto a monte della collina affiora il substrato roccioso e a valle, lungo la piana del piazzale, sono presenti terreni incoerenti di spessori di 5-6m.

Risulta pertanto che:

a) i futuri fabbricati della lottizzazione che ricadranno nella piana prossima all'incrocio stradale , vista la presenza di una copertura detritica con spessori di 4-6m, saranno caratterizzati da terreni di categoria E. La categoria topografica risulta T1.

b) i futuri fabbricati della lottizzazione che ricadranno in adiacenza al promontorio collinare, dove di fatto affiora il Flysch, al di sotto della sottile coltre detritica eluviale, saranno caratterizzati da terreni di categoria B. La categoria topografica risulta T2.

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA - NTC - DM 17 GENNAIO 2018							
SISMICITA' LOCALE E CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO							
Provincia	Belluno	Comune	Belluno		Località	Col Cavalier	
Coordinate Y			Coordinate Y				
Sismcità OPCM 3274/03		2	ID punto + vicino e + sfavorevole				9639
CALCOLO DEL TEMPO DI RIFERIMENTO			VALORI MASSIMI DI ACCELERAZIONE AL SUOLO				
Periodo di riferimento	anni	50			Ag	Fo	Tc*
Vita nominale	anni	50	Tempo rit	50	0,845	2,45	0,25
Coefficiente d'uso	-	1		T1	T2	T3	T4
Probabilità di superament	num	0,63	SUOLO A	2,07025	2,4843	2,4843	2,89835
Tempo di ritorno	anni	50,28905	SUOLO B	2,4843	2,98116	2,98116	3,47802
Descr. Topograf	Zona con pendenze blande ma orli morfologici vicini		SUOLO C	3,105375	3,72645	3,72645	4,347525
			SUOLO D	3,72645	4,47174	4,47174	5,21703
Classe Topografica	T2		SUOLO E	3,3124	3,97488	3,97488	4,63736
Descr. Stratigraf Descr. prove	Differenziazione dalla zona collinare a quella pianeggiante sede dell'attuale piazzale. Nel primo caso Categoria T2-B e nel secondo caso categoria T1-E.					Classe suolo	B
Coeff. Sism. Oriz Kh primo caso		0,085176	Coeff. Di riduzione Bs		0,28		
Coeff. Sism. Oriz Kh secondo cas		0,09464	Coeff. Di riduzione Bs		0,28		

Figura 13 – Caratterizzazione geotecnica sismica del sito.

6.7 Analisi delle frequenze e della pericolosita' sismica

Come ribadito in precedenza, la totale inaccessibilità dei luoghi non ha permesso di eseguire delle indagini sismiche in linea quali MASW e tomografie.

Si sono comunque utilizzati i dati derivati in particolare modo dalla prova HVSR, down-hole.

6.7.1 Frequenze

Si riportano di seguito delle considerazioni sulle frequenze e sulla pericolosità sismica. Vengono indicati i due valori ricavati dai grafici di picco H/V delle indagini HVRS.

Il valore della frequenza è infatti funzione della profondità del bedrock: i risultati che si possono ottenere da questa tecnica rivelano principalmente la frequenza caratteristica di risonanza del sito. Essa rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nel realizzare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, al fine di evitare effetti di "doppia risonanza", estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori. La forma di un'onda registrata in un sito da uno strumento dipende:

1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s,
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
3. dalla risposta dello strumento.

Dalle indagini eseguite è emerso che si ha un valore di frequenza pari a 8 Hz nella zona del piazzale pianeggiante, e 12-14 Hz nella zona a monte collinare.

6.7.2 Pericolosità

Secondo le direttive della Regione del Veneto (DGRV 1572/13), è stata elaborata l'analisi delle pericolosità sismiche locali, che permette di identificare le aree in funzione dei possibili effetti locali.

L'approccio si intende indispensabile per la scelta successiva del grado di approfondimento di secondo e terzo livello, così come indicato dalla tabella della fig.2 del DGRV 1572/13.

L'area di studio è inserita in un contesto morfologico particolare, ovvero nel centro di una forcella in cui i due promontori a nord e sud formano una struttura a **valle larga** (C=0,12 < 0,25).

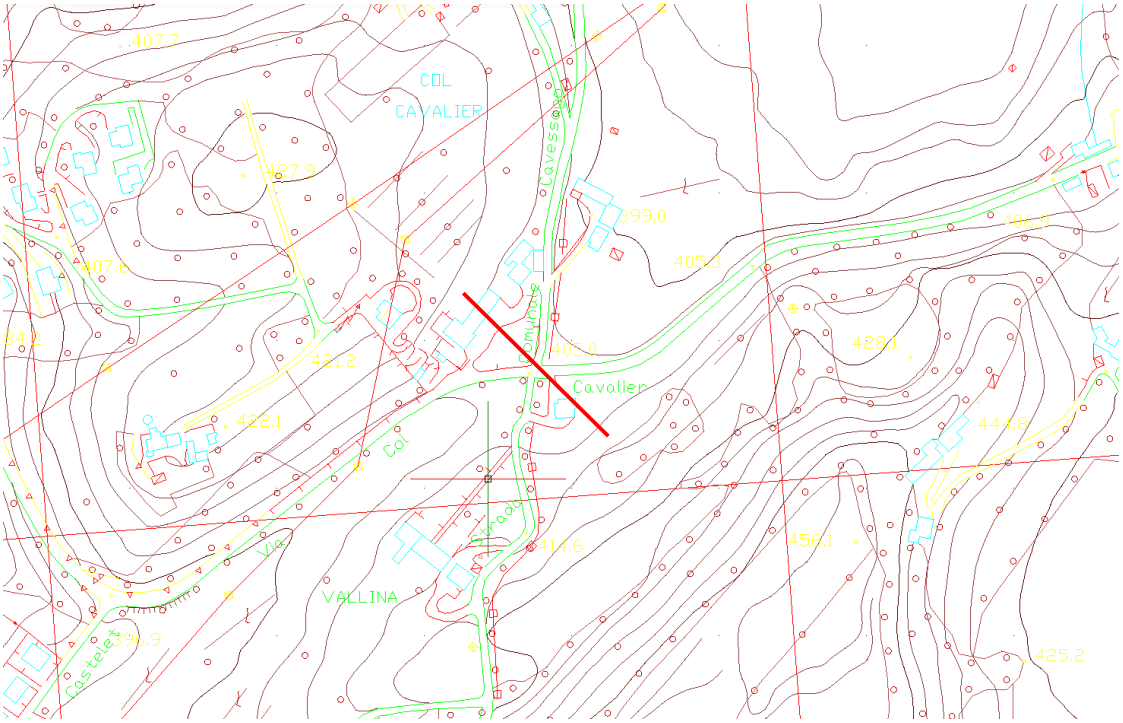


Figura 14 – Valle larga . In rosso la linea l=100m sulla quale è stato calcolato il fattore C=h/l. h è lo spessore della copertura definito dal sondaggio S6 pari a 5m. C=0,12

Alla luce di questa analisi siamo in un contesto si può definire la zona come **Condizione P4a**. Si tratta di materiale alluvionale di fondovalle con forma ampia senza la possibilità di amplificazioni per valle stretta.

Per discriminare la necessità o meno di eseguire l'analisi di terzo livello, deve essere esclusa questa condizione:

$$\frac{h}{l} > \frac{0,65}{\sqrt{Cv - 1}}$$

dove :

- h è lo spessore della coltre di copertura ;
- l la sua semiampiezza ;
- Cv rappresenta il rapporto tra la velocità Vs del substrato e la velocità Vs dei terreni di copertura.

Nel caso in esame h=5m, l 100m, Cv definito dalla down-hole = (0,8/0,12)= 6,66. Si evince che h/l=0,06 e il secondo fattore = 0,3. Vengono quindi verificate le possibili amplificazioni stratigrafiche e non morfologiche, escludendo la necessità di ricorrere al terzo livello.

6.8 Analisi della microzonazione sismica

Lo scopo finale dello studio di microzonazione di secondo livello, una volta verificato che per le aree di studio non siano necessarie verifiche di terzo livello, è quello di stilare l'analisi della microzonazione.

Tale cartografia costituisce il documento fondamentale all'interno del quale si ricaveranno i valori numerici oggettivi di amplificazione derivate dalle analisi geofisiche

condotte. In particolare si ricaveranno nei punti di indagine i valori Fa ed Fv dovuti ad effetti litologici.

Si sono utilizzati gli abachi contenuti nella pubblicazione di indirizzi di microzonazione sismica della protezione civile.

La grandezza **Fa** esprime il valore del **fattore di amplificazione** in termini di accelerazione sismica (valore di ancoraggio dello spettro di risposta elastico).

LA DGRV 1572/13 indica che il territorio comunale debba essere mappato secondo 3 casistiche:

aree "stabili", nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico posto a profondità inferiore a 3 metri con morfologia piatta o semipianeggiante);

aree "stabili suscettibili di amplificazioni sismiche", nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;

aree "suscettibili di instabilità", nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). Le principali cause di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive, cedimenti differenziali.

Nelle zone di studio, come si vedrà di seguito, saranno contemplate solamente aree stabili suscettibili di amplificazione sismica. Non ci sono scarpate morfologiche e non saranno presenti fattori di amplificazione topografica.

Il fattore di amplificazione, applicando gli abachi dettati dalla regione assumendo:

1 – Vs nei primi 5m pari a 120m/sec

2 – Spessore di 5m

3- Ag = 0,26

Si ricava per il sito omogeneo dal punto di vista della risposta sismica:

Fa=2,21

Fv= 1,12

7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Dalle analisi geologiche, sismiche eseguite in questa fase di piano urbanistico attuativo e dalle considerazioni fatte, si conclude che l'area rispetta la compatibilità geologica, geomorfologia e sismica dettata dalla normativa.

Le verifiche di carattere geotecnico, legate alle strutture, saranno da effettuare puntualmente caso per caso, in termine di definizione delle fondazioni, di analisi di stabilità globale del pendio e di possibilità o meno di cedimenti.

Si raccomanda:

- di seguire tutte le prescrizioni indicate nei capitoli di questa relazione;
- di progettare le strutture direttamente poggianti sul substrato roccioso che si trova ad una profondità molto limitata;
- di verificare direttamente in fase esecutiva di ogni singolo futuro intervento, a scavi aperti, le caratteristiche geotecniche adottate per il terreno al fine di adeguare eventualmente, il dimensionamento delle strutture stesse. Quanto detto è previsto anche dalla nuova normativa sismica che indica il metodo "osservazionale" in fase esecutiva.

Belluno, marzo 2020

ALLEGATI