



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



COMUNE DI VALLELAGHI

**RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA
&
RELAZIONE GEOTECNICA
&
STUDIO DI COMPATIBILITA'**

**PIANO DI LOTTIZZAZIONE P.L.8
SULLE PP.FF. 221/1/2/5/6/7-222/1/2 IN C.C. VEZZANO**

COMMITTENTE: Studio Tecnico Associato Sommadossi

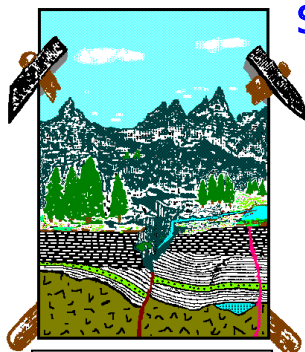
il geologo

il progettista

il committente



Febbraio 2020



1777/20

STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO GEOALP

dott. geol. Franca Bazzanella
dott. geol. Gianfranco Bazzoli
dott. geol. Icilio Vigna

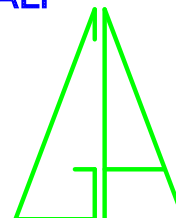
P.IVA 01332500220

Viale Europa, 78 - Loc. San Cristoforo
Pergine Valsugana (TN) - 38057

Tel. 0461-985577 E-mail: geoalp.tn@virgilio.it

E-mail PEC: geoalp@pec-legal.it

Web homepage: <http://www.geoalp.eu>





INDICE

- 1. INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO**
- 2. IL PROGETTO**
- 3. RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA**
 - 3.1. Piano delle indagini geologiche, caratterizzazione e modellazione geologica
 - 3.2. Geomorfologia ed idrografia
 - 3.3. Litologia
 - 3.4. Idrogeologia - Vincolo idrogeologico - Geotermia
 - 3.5. Sismicità e pericolosità sismica di base
 - 3.6. Terre e rocce da scavo - storia d'uso del suolo
 - 3.7. Conclusioni
- 4. RELAZIONE GEOTECNICA**
 - 4.1. Piano delle indagini geotecniche, modello geotecnico - caratteristiche geotecniche dei terreni
 - 4.2. Stabilità degli scavi
 - 4.3. Portanza del terreno
 - 4.4. Drenaggi, impermeabilizzazioni, ripristini
 - 4.5. Smaltimento delle acque meteoriche
 - 4.6. Conclusioni
- 5. STUDIO DI COMPATIBILITA'**

INDICE DEGLI ALLEGATI

ALLEGATO 1 - CERTIFICAZIONE DEL GEOLOGO RELATIVA ALLA TIPOLOGIA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

ALLEGATO 2 - VERBALE DI CAMPIONAMENTO

ALLEGATO 3 - CERTIFICATI ANALITICI DEL LABORATORIO CHIMICO

Lo Studio Geologico Associato GeoAlp ha scelto di utilizzare per le sue relazioni i fonts a risparmio di toner "ecofonts". Ciò può comportare un aspetto più chiaro del carattere nel formato pdf delle relazioni. Lo riteniamo uno sforzo accettabile nell'ottica di un uso consapevole delle risorse.

Ai sensi della L.148/11, del D.P.R. 137/12 e della L. 27/12 si dichiara che lo Studio Geologico Associato GeoAlp è assicurato per i rischi connessi all'esercizio della attività professionale degli associati con polizza Lloyd's A0170538400 (massimale 1.5 mil. euro; scadenza 01/06/2020).



1. INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

I seguenti documenti "Relazione geologica" e "Relazione geotecnica" sono riferiti al progetto **"PIANO DI LOTTIZZAZIONE P.L.8, SULLE PP.FF. 221/1/2/5/6/7-222/1/2 IN C.C. VEZZANO"** commissionato dallo Studio Tecnico Associato Sommadossi, Zampieri e Pedrini di Fraveggio.

Tali documenti fanno riferimento alle NTC 17/01/2018 e alla Circolare 21/01/2019, n° 7 C.S.LL.PP., oltre alle precedenti "Direttive per la redazione delle relazioni geologiche, geotecniche e sismiche ai sensi delle NTC 14/01/2008 e della normativa nazionale e provinciale collegata" degli Ordini Professionali dei Geologi e Ingegneri di Trento e Bolzano dd. 08/11/2010: sia la relazione geologica che la relazione geotecnica fanno riferimento alla fase di progettazione definitiva.

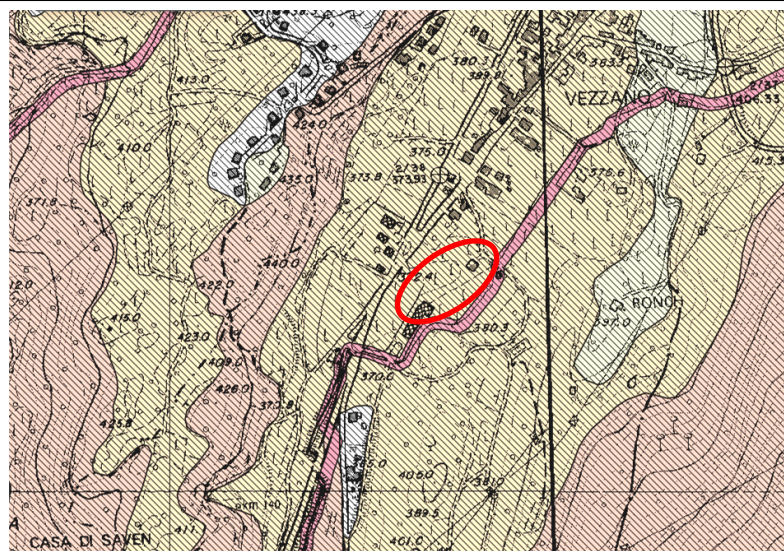
Le figure a seguire presentano l'inquadramento dell'area di interesse:

Strumento urbanistico	Classificazione
Carta di Sintesi Geologica del P.U.P.	Area con penalità gravi o medie; Area ad elevata pericolosità geologica; Area sismica a bassa sismicità (zona sismica 3)
Carta delle Risorse Idriche del P.U.P.	Area senza vincoli
Mappa della Pericolosità Idrogeologica PGUAP	Area a bassa pericolosità geologica; Area ad elevata pericolosità geologica
Mappa del Rischio Idrogeologico PGUAP	Area R2 – rischio idrogeologico medio; Area R1 - rischio idrogeologico moderato; Area R4 - rischio idrogeologico molto elevato
Carta del Vincolo Idrogeologico	Area esterna al vincolo

Per acquisire le informazioni geologiche e geotecniche, in accordo con quanto stabilito dal T.U. NTC-18 D.M. 17/01/18, sono state eseguite indagini geologiche comprendenti il rilevamento di superficie esteso ad un intorno significativo del sito di futura edificazione, l'esecuzione di 4 pozzetti geognostici e di due indagini sismiche HVSR.



Panoramiche dell'area di lottizzazione, riprese da NE e da SW durante l'esecuzione dei pozzetti geognostici



AREE AD ELEVATA PERICOLOSITA' GEOLOGICA, IDROLOGICA E VALANGHIV.

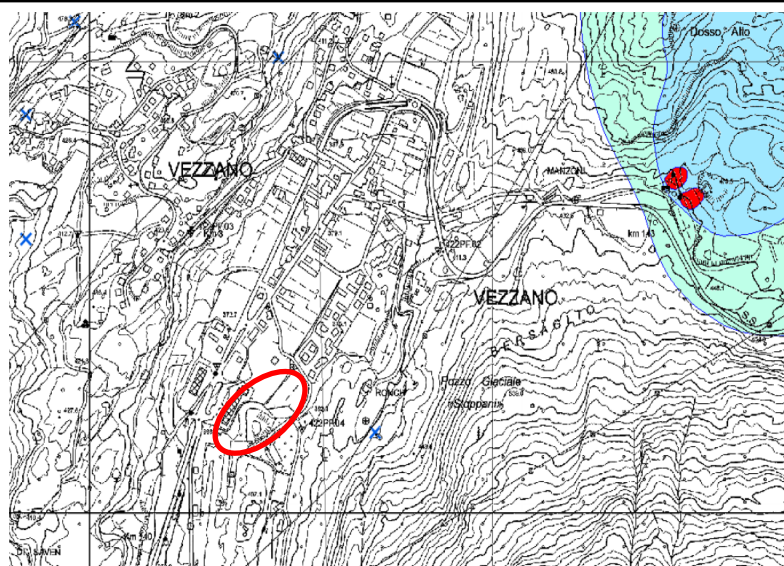
- Area ad elevata pericolosità geologica e idrologica
- Area ad elevata pericolosità valanghiva

AREE DI CONTROLLO GEOLOGICO, IDROLOGICO, VALANGHIVO E SISMICO

- Area critiche recuperabili
- Area con penalità gravi o medie
- Area con penalità leggere
- Area soggette a fenomeni di esondazione
- Area a controllo sismico:
 - a bassa sismicità (zona sismica 3)
 - a sismicità trascurabile (zona sismica 4)

AREE SENZA PENALITA' GEOLOGICHE

- Area senza penalità
- Fiumi e Laghi



Carta delle Risorse Idriche

Altre Sorgenti del catasto



Are di Salvaguardia

Tutela Assoluta

Sorgenti

Sorgenti Minerali

Acque Superficiali

Pozzi

Rispetto Idrogeologico

sorgenti

Acque Superficiali

Pozzi

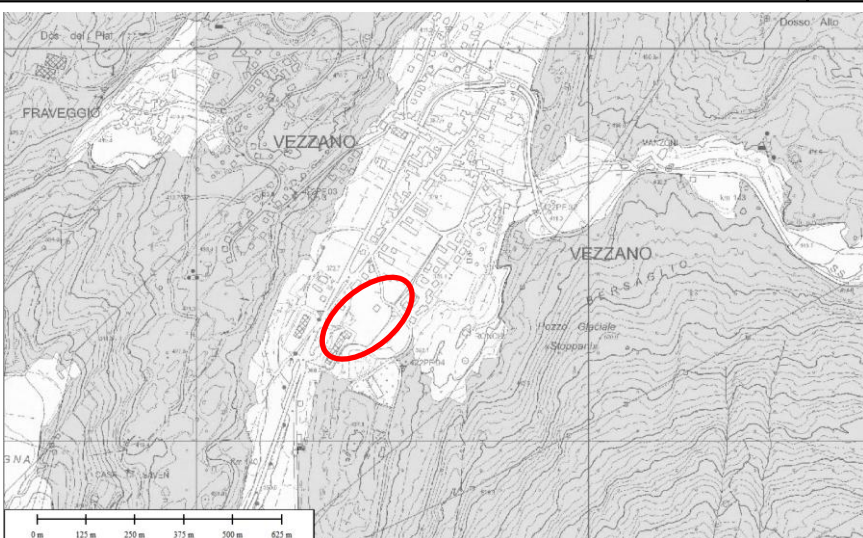
Protezione Idrogeologica

Sorgenti

Acque Superficiali

Pozzi

Pozzi

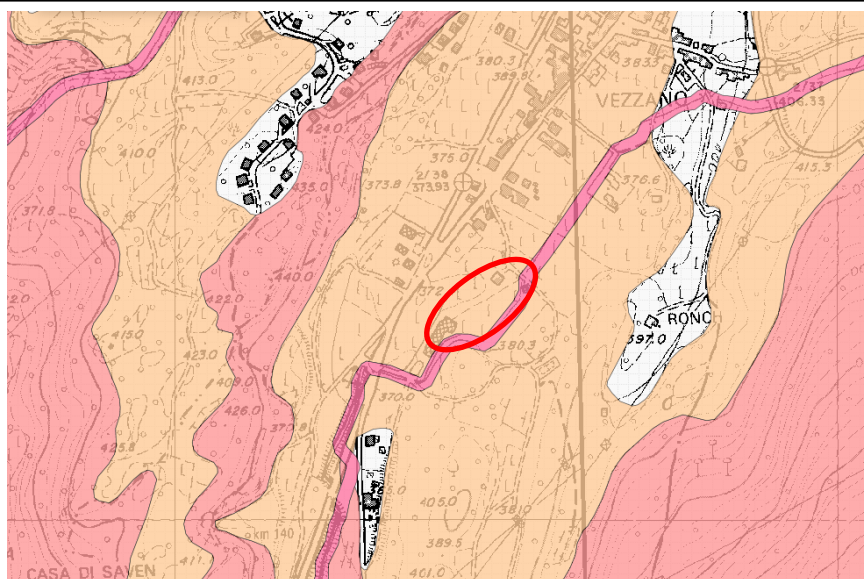


Esterno

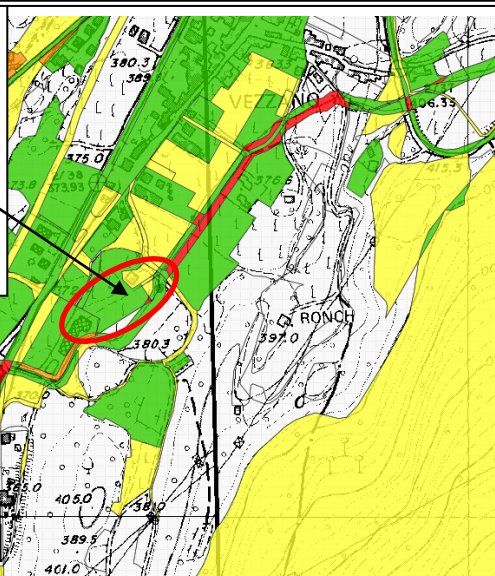
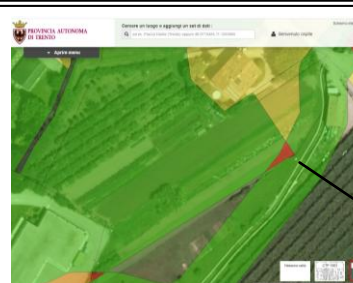


Interno

Inquadramento dell'area: in alto la Carta di Sintesi Geologica del PUP;
al centro la Carta delle Risorse Idriche del PUP;
in basso la Mappa del Vincolo Idrogeologico.



Assetto idrogeologico	
Carta della pericolosità idrogeologica	
	Aree ad elevata pericolosità di esondazione
	Aree a moderata pericolosità di esondazione
	Aree a bassa pericolosità di esondazione
	Aree ad elevata pericolosità geologica
	Aree a moderata pericolosità geologica
	Aree a bassa pericolosità geologica
	Aree ad elevata pericolosità valanghiva
Limiti amministrativi	
	Comuni Amministrativi
	Provincia
Idrografia	
	Alvei
	Laghi



Assetto idrogeologico	
Carta del rischio idrogeologico	
	<u>Moderato (R1)</u>
	<u>Medio (R2)</u>
	<u>Elevato (R3)</u>
	<u>Molto elevato (R4)</u>
Limiti amministrativi	
	Comuni Amministrativi
	Provincia
Idrografia	
	Alvei
	Laghi



Inquadramento dell'area: in alto la Carta della Pericolosità Idrogeologica del PGUAP;
al centro la Mappa del Rischio Idrogeologico del PGUAP;
in basso: andamento geomorfologico su foto satellitare 3D.



In merito alla classificazione del rischio idrogeologico contenuta nel PGUAP (vedasi riquadro di dettaglio nelle figure soprastanti per l'ubicazione dell'area R4) si evidenzia che il progetto di Lottizzazione è già passato all'esame del Servizio Bacini Montani della PAT il quale, in risposta, ha prodotto il seguente documento:

“PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO,

DETERMINAZIONE DEL DIRIGENTE N. 938 DI DATA 09 Dicembre 2019

SERVIZIO BACINI MONTANI Prot. n. S138 - U088

OGGETTO:

L.P. 08.07.1976 n. 18 e s.m.- R.D. 25.07.1904 n. 523 - AUTORIZZAZIONE, agli effetti idraulici e patrimoniali, in deroga alla distanza di legge per progetto di lottizzazione sulle pp. ff. 221/1/2/5/6/7, 222/1/2 in C.C. Vezzano in fascia di rispetto dalla roggia di Padergnone con realizzazione edifici. - RICHIEDENTE: NATURAL LIVING SRL - Pratica n. 40606 - ACCOGLIMENTO CON PRESCRIZIONI

DETERMINA

di AUTORIZZARE, ai soli fini idraulici e patrimoniali, fatti salvi i diritti di terzi, in deroga alla distanza di legge dall'alveo della roggia di Padergnone o di Narano, la società NATURAL LIVING SRL, con sede a ARCO, V. GARBERIE 29, codice fiscale n. 02394840223, all'esecuzione degli interventi nell'ambito della lottizzazione P.L. 8 sulle pp. ff. 221/1/2/5/6/7, 222/1/2 in C.C. Vezzano che prevedono oltre alle sistemazioni esterne, la realizzazione di una palazzina che interessa parzialmente la fascia di rispetto idraulico, fissando le seguenti distanze minime:

- m. 8,00 fra il limite della proprietà demaniale ed il punto più prossimo (sporto del terrazzo) dell'edificio posto più a nord secondo il progetto dd. ottobre 2019 a firma dell'ing. Matteo Sommadossi.

Pag 2 di 5

RIFERIMENTO : 2019-S138-01016
Num. prog. 2 di 5

La validità del presente provvedimento è subordinata all'osservanza delle seguenti prescrizioni di carattere tecnico-operativo:

- 1) in considerazione dello stato dei luoghi nonché delle sezioni di progetto, dalle quali risulta che la quota del piano di lottizzazione risulta più basso rispetto alla quota di testa della muratura arginale, si consiglia di valutare l'opportunità di alzare convenientemente detta quota per evitare possibili fenomeni di ristagno dell'acqua.
- 2) l'inizio dei lavori dovrà essere comunicato, con preavviso di almeno 10 gg., alla Stazione Forestale di Valledaghi con telefono 0461 493794 o fax 0461 493795 predisponendo il picchettamento preventivo dei manufatti che interessano la fascia di rispetto idraulico; inoltre per una corretta esecuzione dei lavori, dovrà essere preavvisato con le stesse modalità il signor Paolo Santoni (cell. 335.7628938);
- 3) i lavori in premessa nel rispetto delle relative prescrizioni tecnico-operative, dovranno essere eseguiti entro il 31.12.2022 salvo proroga o rinnovo da chiedere con istanza motivata entro i termini di scadenza stabiliti o comunque prima dell'inizio dei lavori.
- 4) dovranno essere presentate al Servizio Bacini montani le comunicazioni di inizio e fine

“

Dunque a seguire si valuteranno gli aspetti geologici e geomorfologici del progetto, dando per scontato che, con l'accoglimento delle prescrizioni sopra indicate, sia già definita positivamente la compatibilità dal punto di vista idraulico.

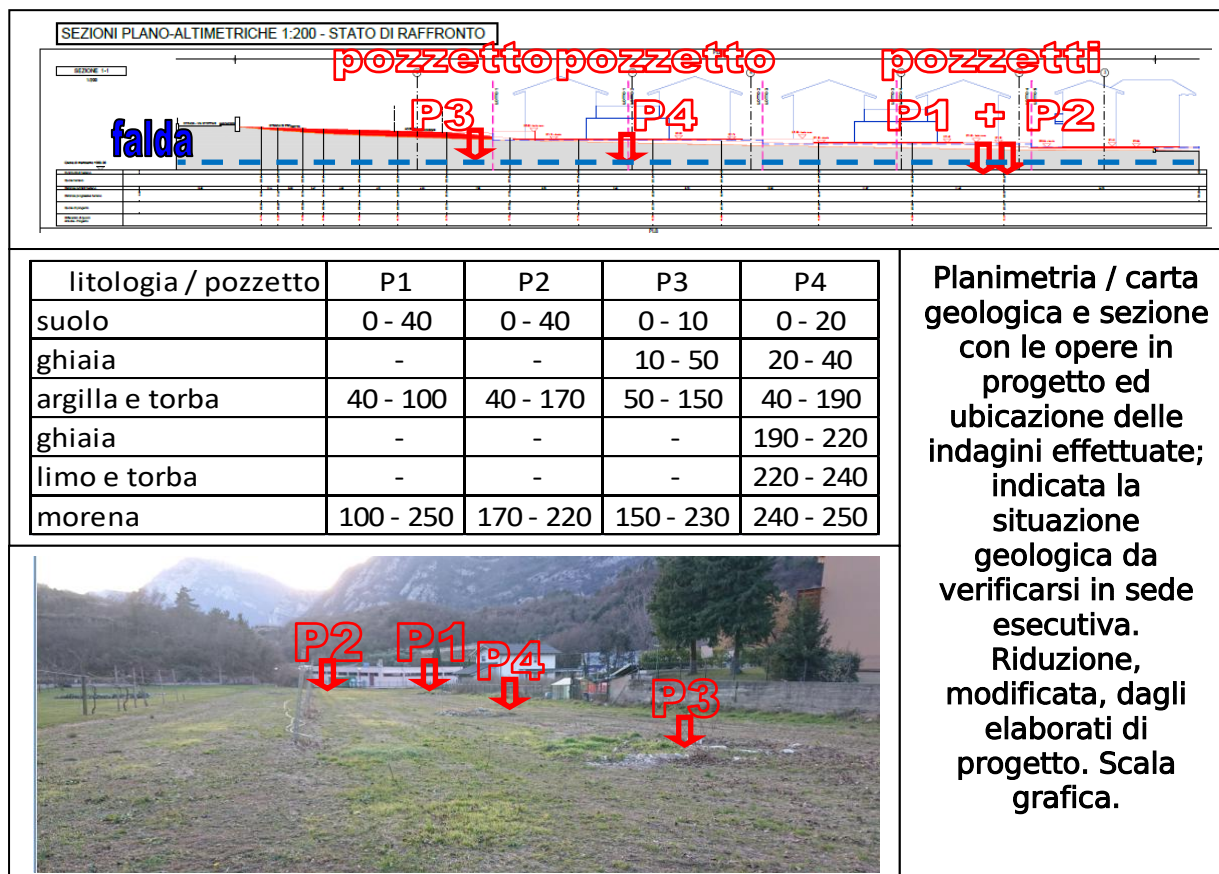
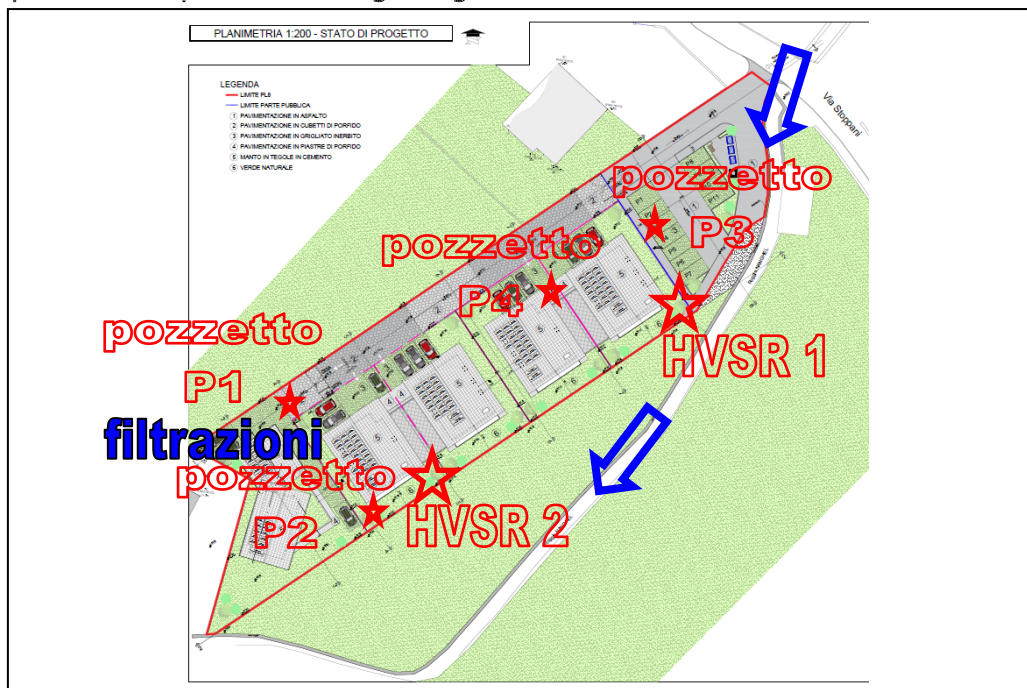


2. IL PROGETTO

Il piano di lottizzazione in esame prevede la predisposizione ed urbanizzazione dell'area ove poi sorgeranno 5 edifici a destinazione residenziale.

L'altezza degli scavi in progetto per la fase di lottizzazione è limitata alla profondità di posa degli elementi di fondazione dei cordoli e muretti; per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati progettuali.

Le figure a seguire riportano la planimetria di progetto e sezione delle opere, sulle quali sono riportati i dati geologici, da verificarsi in sede esecutiva.



Planimetria / carta geologica e sezione con le opere in progetto ed ubicazione delle indagini effettuate; indicata la situazione geologica da verificarsi in sede esecutiva. Riduzione, modificata, dagli elaborati di progetto. Scala grafica.



3. RELAZIONE GEOLOGICA

- Sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito relativa al progetto architettonico definitivo

"Piano di Lottizzazione P8 sulle pp. ff. 221/1-2-5-6-7 e 222/1-2 in C.C. Vezzano", commissionato da Natural Living s.r.l. - Sig.ra Chemelli Liliana allo Studio Tecnico Associato Ingegneri Sommadossi, Zampedri e Pedrini.

Normativa di riferimento

- Circolare 21/01/2019, n° 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle NTC di cui al D.M. 17/01/2018.
- NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI D.M. 17 gennaio 2018 - NTC 2018
- D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120 e s.m. (disciplina terre e rocce da scavo)
- l.p. PAT 4 agosto 2015, n. 15 e s.m. - Legge provinciale per il governo del territorio
- Delibera di G.P. PAT n° 2248 del 05/09/2008 e s.m. - Carta delle Risorse Idriche
- l.p. PAT 27 maggio 2008, n. 5 e s.m. - Piano Urbanistico Provinciale della PAT (PUP)
- l.p. PAT n. 07 del 07/08/2003 e s.m. - Carta di Sintesi Geologica
- C.S.LL.PP. "Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007".
- D.P.R. 15/02/2006 e s.m. - Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche

3.1. Piano delle indagini geologiche, caratterizzazione e modellazione geologica

Il piano di indagine, data la situazione geologica, la tipologia del progetto e gli studi pregressi, è consistito nel rilevamento geologico di superficie, esteso ad un intorno significativo dell'area di intervento, nell'effettuazione di 4 pozzetti geognostici e nell'esecuzione di due indagini geofisiche HVSR, rinviando con esplicita prescrizione alla sede esecutiva la verifica della rispondenza fra le ipotesi contenute nel presente elaborato e la situazione geologica effettiva.

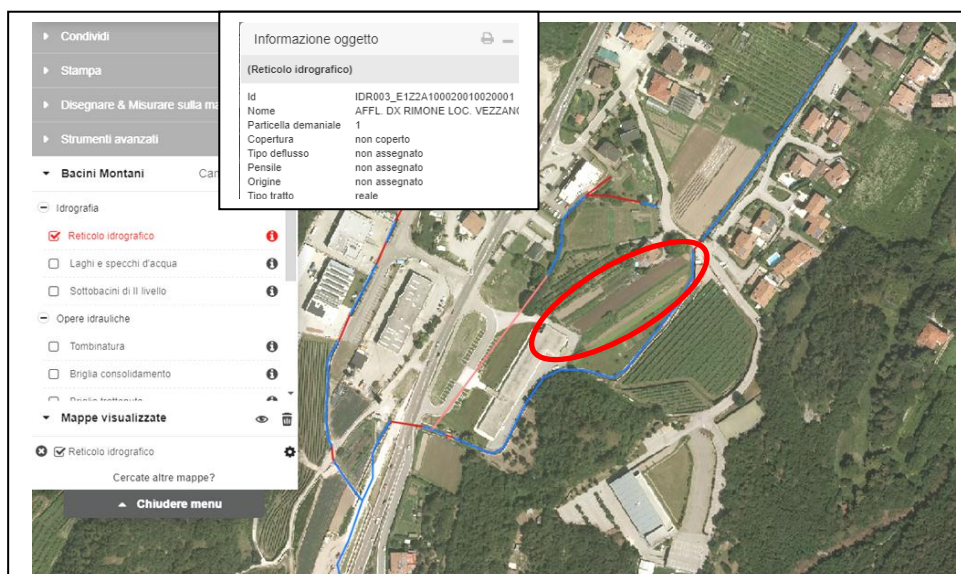
La modellazione geologica è la "ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità del territorio": la circostanza che il sedime è composto da terreno di natura anisotropa (depositi quaternari continentali con diverso grado di addensamento), implica che il livello di conoscenza acquisita con le indagini non preclude l'esistenza di "eventuali incertezze nella ricostruzione geologica che possano risultare significative ai fini dello sviluppo del progetto".

3.2. Geomorfologia ed idrografia

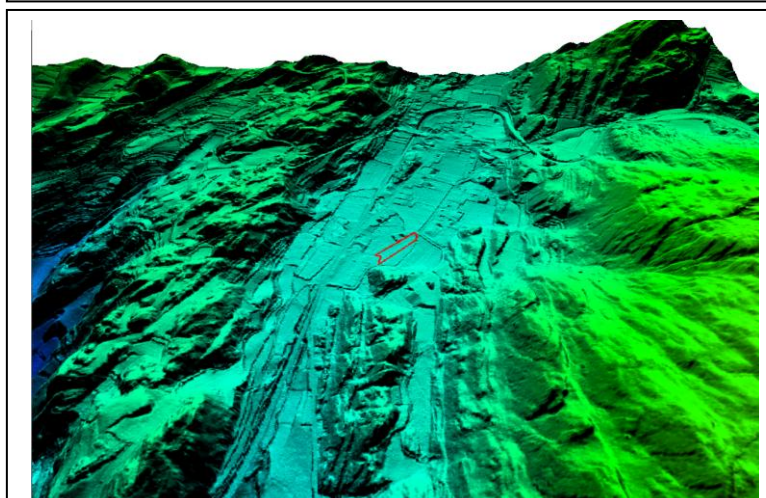
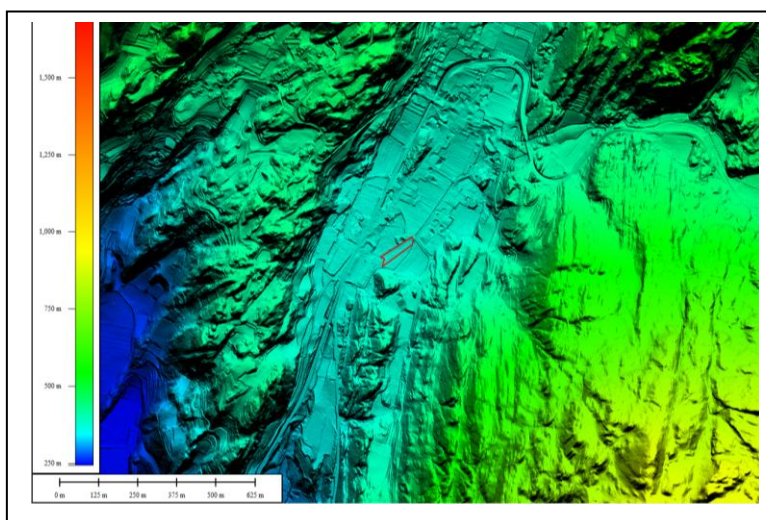
L'area di interesse si trova alla quota di circa 371 m s.l.m., coordinate del punto baricentrico UTM WGS 84 ZONE 32 N (m): X: 654453, Y: 5104289, alla periferia S-SW dell'abitato di Vezzano.

Morfologicamente l'area vasta è caratterizzata da un solco a controllo strutturale, con direzione giudicariense, rimodellato in epoca glaciale.

Il sito è poco inclinato verso NW ed attualmente incolto, delimitato verso E-SE dalla Roggia Nanghel (Canale Rimone - Roggia di Padergnone), che più a valle confluisce nel Lago di S. Massenza. Un altro canale, denominato "affluente dx Rimone loc. Vezzano", solo in parte coperto, corre a N-NW del sito, come osservabile nella figura a seguire.



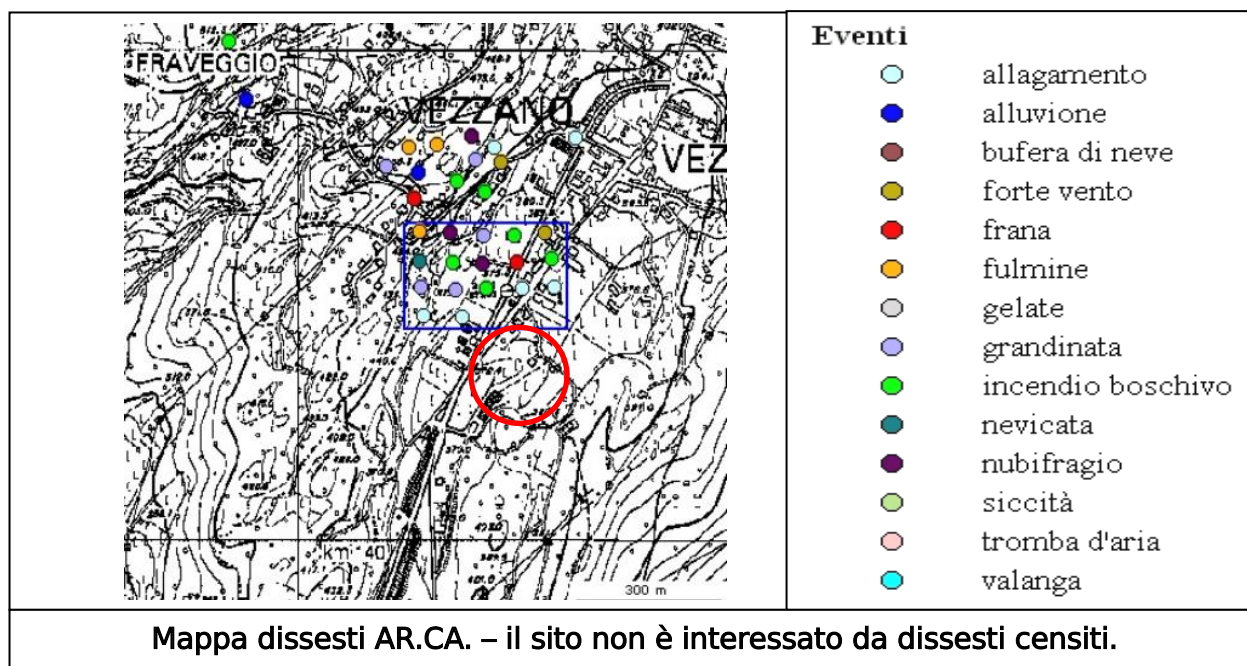
Da Portale Geocartografico Trentino - Bacini Montani - reticolo idrografico (in blu i tratti non coperti, in arancione i tratti con copertura incerta, in rosso i tratti coperti).



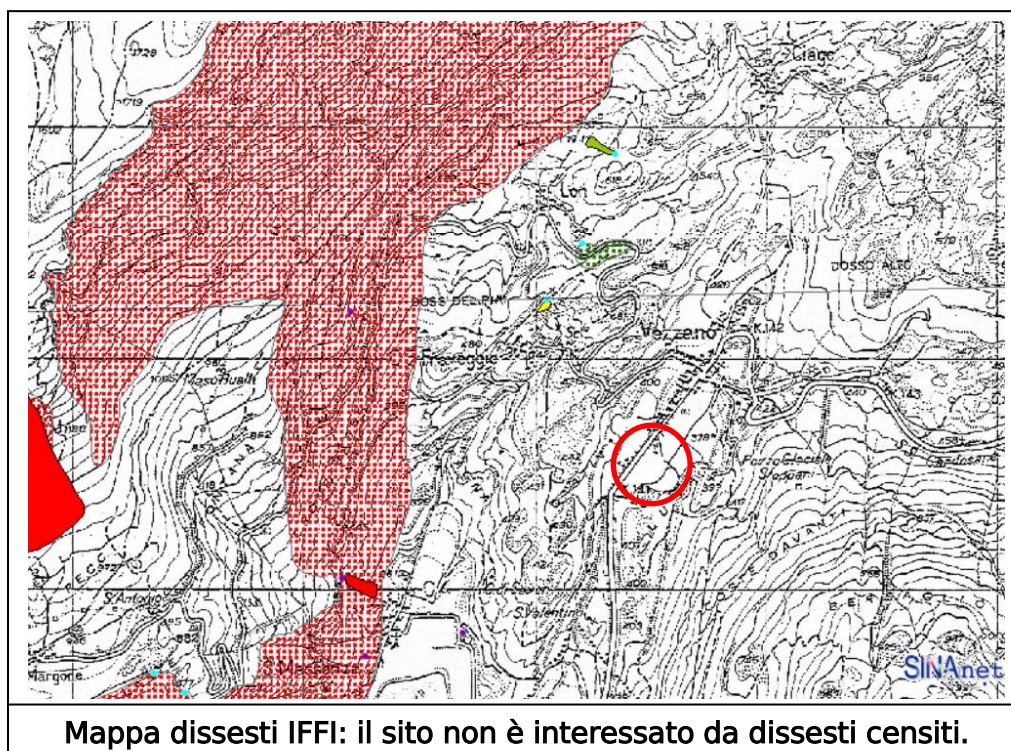
Assetto geomorfologico da rilievo Lidar 3D.



La Mappa dei dissesti AR.CA. (Archivio Calamità) del Servizio Geologico PAT non segnala eventi calamitosi verificatisi nell'area oggetto di studio e nei suoi immediati dintorni.



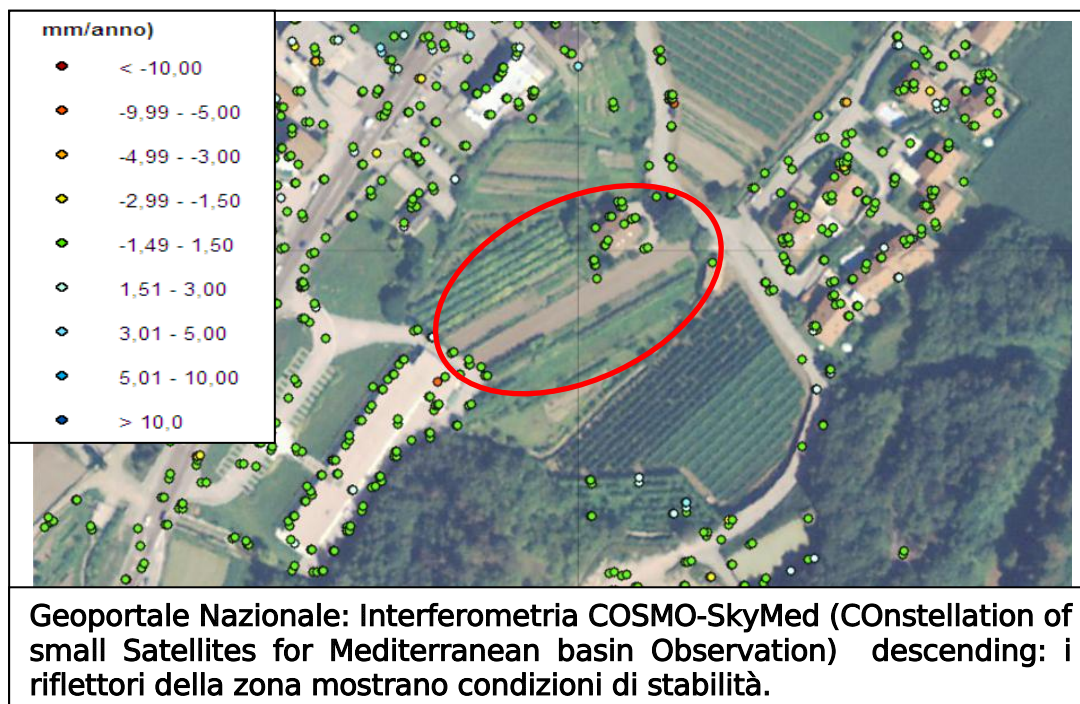
Si riporta la cartografia IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), realizzata dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome: questo data-base mostra ubicazione e tipologia dei fenomeni geomorfologici noti; il sito risulta non coinvolto da fenomeni censiti.



L'esame dell'interferometria satellitare COSMO-SkyMed (Constellation of small Satellites for Mediterranean basin Observation), metodo che verifica i movimenti di



elementi "riflettenti" posti a terra purchè si muovano entro determinati range di velocità, non indica presenza di movimenti gravitativi: i simboli verdi significano sostanziale stabilità dell'elemento riflettente (spigolo edificio, muro, ecc.).



In conclusione, non sono state individuate criticità geomorfologiche che risultino ostative alla realizzazione dell'intervento in progetto.

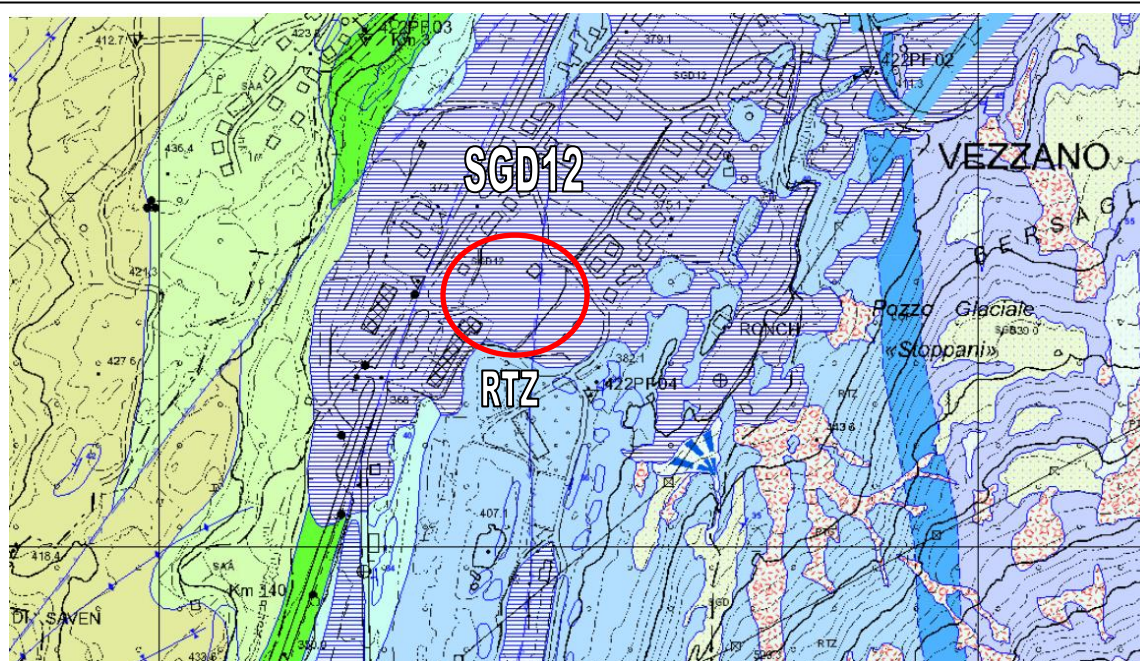
3.3. Litologia

Nell'area in esame la Carta Geologica edita dal Servizio Geologico della PAT indica la presenza di depositi quaternari alluvionali/fluvioglaciali, appartenenti al Sintema del Garda, Subsintema di Lisignago, costituiti da prevalenti ghiaie e sabbie, direttamente indagati mediante pozzetti geognostici.

Per quanto riguarda il substrato roccioso, nei dintorni vi sono affioramenti dei litotipi appartenenti alla Formazione di Rotzo (RTZ), di età giurassica, estesamente affiorante oltre il confine meridionale dell'area: si tratta di calcari micritici grigi con molluschi e foraminiferi, con interstrati di marne scure e giacitura orientata verso W – SW di 20°.



Affioramento del substrato, con strati immergenti a W-SW, sul lato sinistro idrografico del R. Nanchel, presso la parte meridionale del sito oggetto di lottizzazione.



Stralcio della Carta Geologica edita dal Servizio Geologico della PAT. Legenda: SGD12=Sintema del Garda - Subsintema di Lisignago; RTZ=Formazione di Rotzo.

A seguire si descrivono le stratigrafie dei 4 pozzetti geognostici scavati nel sito in data 16/09/2019 ed ubicati come mostrato sulla planimetria al Cap. 2, che hanno raggiunto profondità variabili da 2,20 m a 2,50 m da p.c..

Dall'insieme delle indagini condotte risulta che vi è la presenza, a profondità variabili di 1,50 – 2,40 m, di una morena con matrice argillosa grigio chiaro: l'addensamento di questa morena è variabile in funzione dell'abbondanza delle filtrazioni (particolarmente poco addensata verso S e W).

Questa morena è sepolta sia sotto a materiale alluvionale: presenti sottili lenti di ghiaia (depositi torrentizi) ma, soprattutto e diffusamente, da orizzonti di argilla plastica con intercalazioni anche importanti di torba (ambiente palustre).



POZZETTO GEOGNOSTICO N° 1

Coordinate UTM (WGS 84 - 32 N)

X: 654420.88,

Y: 5104292.30

Z: 370.26 m s.l.m.



Descrizione stratigrafia

Profondità (m)	Litologia
0.0 - 0.4	suolo vegetale bruno, limoso
0.4 - 1.0	argilla biancastra e torba scura molto soffici
1.0 - 2.5	ghiaie e sabbie in matrice limo- sabbiosa biancastra. Addensamento scarso / molto scarso Pareti del pozzetto particolarmente instabili con scavernamenti importanti.

Filtrazioni idriche: filtrazioni a 0.4 m, falda a 2 m



POZZETTO GEOGNOSTICO N° 2

Coordinate UTM (WGS 84 - 32 N)

X: 654437.15,

Y: 5104277.79

Z: 370.73 m s.l.m.



Descrizione stratigrafia

Profondità (m)	Litologia
0.0 - 0.4	suolo vegetale bruno, limoso
0.4 - 1.7	argilla grigio-biancastra e torba scura molto soffici
1.7 - 2.2	ghiaie e sabbie in matrice limo-sabbiosa biancastra, mediamente addensata.

Filtrazioni idriche: umidità al passaggio fra torba e morena sottostante



POZZETTO GEOGNOSTICO N° 3

Coordinate UTM (WGS 84 - 32 N)
X: 654480.90,
Y: 5104321.78
Z: 371.77 m s.l.m.



Descrizione stratigrafia

Profondità (m)	Litologia
0.0 - 0.1	suolo vegetale bruno, limoso
0.1 - 0.5	sabbia e ghiaia arrotondata, poligenica, alluvionale sciolta; ciottoli fino a diam. 10 cm
0.5 - 1.5	argilla grigia plastica con poca torba
1.5 - 2.3	ghiaie e sabbie in matrice limo- sabbiosa biancastra. Addensamento medio
Pareti del pozzetto con scavernamenti	
Filtrazioni idriche: falda sostenuta dalla morena a 1.5 m	

**POZZETTO GEOGNOSTICO N° 4**

Coordinate UTM (WGS 84 - 32 N)

X: 654462.82,

Y: 5104315.55

Z: 371.13 m s.l.m.



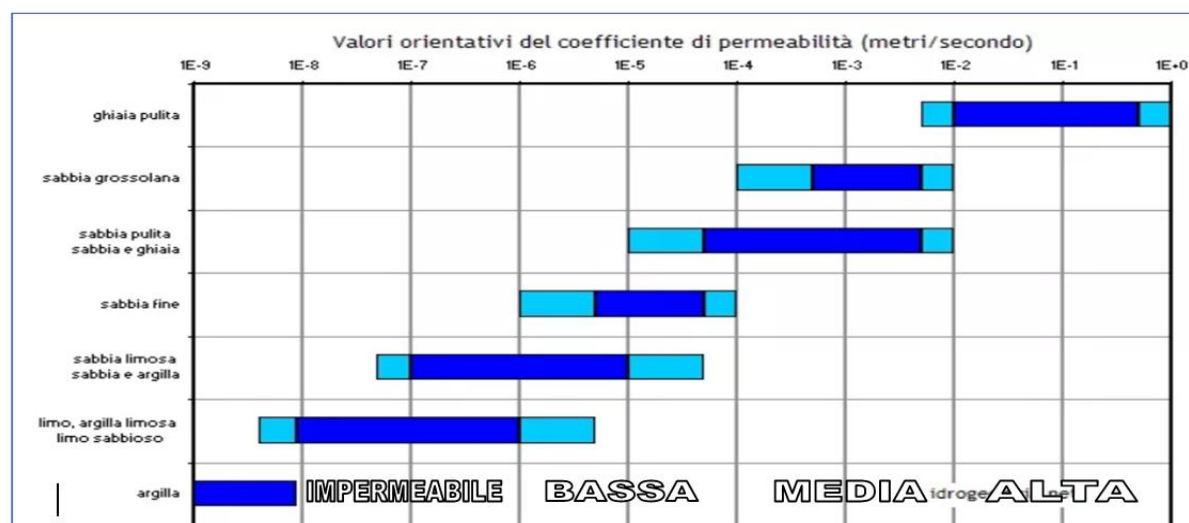
Profondità (m)	Descrizione stratigrafia Litologia
0.0 - 0.2	suolo vegetale bruno, limoso
0.2 - 0.4	sabbia e ghiaia arrotondata, poligenica, alluvionale sciolta; ciottoli fino a diam. 10 cm
0.4 - 1.9	argilla biancastra e torba scura molto soffici
1.9 - 2.2	ghiaie e sabbie in matrice limo- sabbiosa biancastra. Addensamento scarso
2.2 - 2.4	limo e torba scura soffice
2.4 - 2.5	ghiaie e sabbie in matrice limo- sabbiosa biancastra. Addensamento medio
Filtrazioni idriche: falda sostenuta da primo livello morenico a 1.9 m	

3.4. Idrogeologia - vincolo idrogeologico - geotermia

Lo strato vegetale superficiale, anche rimaneggiato e poco addensato, ha matrice sabbioso - limosa, per cui la sua permeabilità è definibile come media. I terreni di copertura sono caratterizzati da una sviluppata porosità; la permeabilità (di tipo primario, o per porosità) assume valori diversi in relazione alla percentuale del materiale fine rispetto a quella del materiale grossolano.

Valori orientativi del coefficiente di permeabilità

La figura 1 riporta i valori tipici del coefficiente di permeabilità orizzontale (k_h) per una serie di terreni sciolti a granulometria decrescente dalle ghiaie alle argille. Per via della natura usualmente stratificata dei terreni, il valore del coefficiente di permeabilità verticale (k_v) è di solito inferiore al valore di k_h . Il rapporto fra k_h e k_v tipicamente oscilla da 2 a 20 ma può arrivare fino a 100 in presenza di terreni molto stratificati [220].



Gli orizzonti ghiaiosi alluvionali sono dotati di elevata permeabilità, mentre sono da considerare impermeabili i livelli argillosi.

I depositi morenici sono caratterizzati da un'abbondante matrice fine e presentano quindi un grado di permeabilità molto basso: possono infatti essere considerati quasi impermeabili, in grado comunque di sostenere una diffusa rete di filtrazioni d'acqua, alimentate anche dalla roggia che delimita il sito ad W-SW.

In occasione dello scavo dei pozzetti geognostici la falda (da intendersi qui non tanto come un livello acquifero ma piuttosto come delle diffuse filtrazioni sostenute da livelli impermeabili sottostanti, è stata misurata a profondità variabili tra 0,5 m e 2,20 m da p.c.; tali filtrazioni idriche sono in grado di determinare uno scadimento delle caratteristiche geotecniche dei materiali, rammollendo i terreni.

Da informazioni raccolte in sito risulta che in periodi particolarmente piovosi la falda può raggiungere il piano campagna nel settore sud-occidentale dell'area in esame, presumibilmente anche a causa della presenza più a Sud del substrato roccioso affiorante che ne ostacola il flusso.

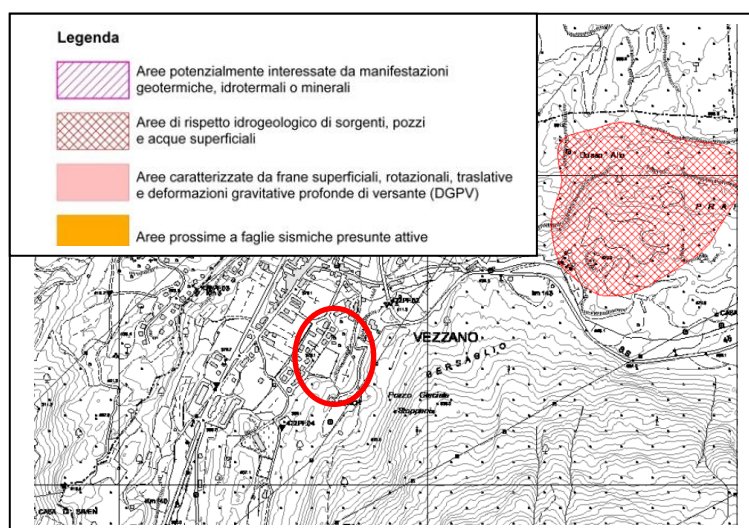
Altro dato, riferito, di grande importanza è che entro al sito – trasversalmente ad esso – esistono dei drenaggi sepolti (in dialetto "cormei") che mantengono drenate le filtrazioni impedendo il ristagno dell'acqua.

Non si conosce la posizione di tali drenaggi ma pare che essi scarichino verso SW cioè verso la zona dove confluiscono le rogge esistenti in zona. Ai fini progettuali è fondamentale che si verifichi l'effettiva presenza e disposizione di tali elementi e che essi siano mantenuti in efficienza. Questo aspetto merita una particolare e specifica verifica in sede di progettazione esecutiva.



Relativamente al **vincolo idrogeologico**, si evidenzia che il sito risulta essere **esterno** alle aree vincolate.

Geotermia - Qualora la Committenza volesse munirsi di impianto geotermico mediante sonde a circuito chiuso, si indica che, in corrispondenza del sito di interesse, non vi sono vincoli ostativi di tipo urbanistico.



Carta limitazioni per l'installazione di sonde a circuito chiuso:
il sito non rientra fra le aree con limitazioni.



Relativamente alla valutazione della predisposizione del sito nei riguardi dell'installazione di un impianto geotermico tramite sonde a circuito chiuso, si può concludere che il sito è posto in un contesto geologico ed idrogeologico a media vocazione.

Infatti le sonde geotermiche funzionano meglio in presenza di litotipi acquiferi, circostanza valida per i primi metri ma non certa per le maggiori profondità.

Si riportano comunque due tabelle, tratte dalla letteratura specifica che riportano dei dati sulle caratteristiche termiche dei terreni utili per il dimensionamento di eventuali sonde geotermiche: si faccia riferimento ai valori relativi a "argille e limi umidi" per i primi 10 m circa e ai valori delle rocce carbonitiche per la restante profondità.

Tabella 1.2. Dati di riferimento delle proprietà termofisiche di terreni e rocce (fonte: Turcotte e Schubert, 2002; L.R. Ingersoll et al., 1954; S. Kavanaugh e K. Rafferty, 1997)

Tipo di terreno/roccia	Conducibilità termica (W/m K)	Calore specifico (J/kg·K)	Densità (kg/m³)	Diffusività termica (m²/giorno)
Ghiaie e sabbie secche	0.3-0.9	800	1890	0.045
Ghiaie e sabbie umide	1.3-1.8	840	2010	0.056
Ghiaie e sabbie sature	1.8-2.4	960	2100	0.078
Argille e limi asciutti	0.2-1.0	840	1440	0.024
Argille e limi umidi	1.2-2.3	1050	2100	0.045
Marne umide (senza Qz)	1.0-1.6	879	2080-2640	0.047-0.056
Marne umide (con Qz)	1.7-3.1	879	2080-2640	0.084-0.11
Arenarie	1.5-4.2	1005	1900-2500	0.065-0.11
Calcari	2.4-3.4	920	1600-2700	0.093-0.13
Dolomiti	3.2-5	879	2700-2850	0.10-0.21
Gneiss	2.1-4.2	920	2600-2850	0.084-0.11
Marmi	2.5-3	920	2670-2750	0.074-0.11
Basalti	1.3-2.9	796	2950	0.065-0.084
Graniti	2.4-3.8	879	2650	0.093-0.13
Gabbri	1.9-4.0	753	2950	0.079-0.14
Dioriti	2.8-3.6	920	2800	0.065-0.093
Granodioriti	2.0-3.5	879	2700	0.074-0.12

Tipo di sottosuolo	Quota specifica di estrazione	
	W/m su 1800 h	W/m su 2400 h
Valori generali*		
Sottosuolo povero e sedimenti secchi ($\lambda < 1.5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)	25	20
Sottosuolo roccioso e sedimenti saturi d'acqua ($1.5 < \lambda < 3 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)	60	50
Roccia consolidata con elevata conducibilità termica ($\lambda > 3 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)	84	70
Tipi di rocce		
Ghiaia e sabbia secche	< 25	< 20
Ghiaia e sabbia sature d'acqua	65 – 80	55 – 65
Ghiaia e sabbia con un notevole flusso di acqua di falda	80 – 100	80 – 100
Argilla	35 – 50	30 – 40
Calcere	55 – 70	45 – 60
Arenaria	65 – 80	55 – 65
Rocce magmatiche silicee (es: granito)	65 – 85	55 – 70
Rocce magmatiche basiche (es: basalto)	40 – 65	35 – 55
Gneiss	70 – 85	60 – 70
* Questi valori possono variare significativamente a seconda della struttura della roccia (fessure, filiazione, alterazione ecc.)		

Valori di letteratura relativi alle caratteristiche termiche dei terreni utilizzati per il dimensionamento delle sonde geotermiche a circuito chiuso.



3.5 Sismicità e pericolosità sismica di base

La PAT ha dato attuazione all'Ordinanza G.U. n° 105 del 08/05/03 (Ordinanza del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003): "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". Allo scopo ha approvato il D.G.P. n° 2813 dd. 23/10/03 (Approvazione Carta di Sintesi Geologica e s.m.) e la D.G.P. n° 2929 dd. 6/11/2003 (attuazione Ordinanza citata e s.m.).

In base a tali delibere PAT, e relativi aggiornamenti, il Comune di **Vallelaghi** è classificato essere in area a **sismicità bassa** (zona sismica **3**).

I terreni sono classificati dalle NTC 2018 in diverse categorie a seconda delle loro caratteristiche di comportamento sismico, influenzate dalla categoria geomorfologico - topografica del sito e dal loro assetto geotecnico – stratigrafico.

INDAGINE HVSR

Per definire il modello sismico del sottosuolo si è fatto riferimento a varie considerazioni, fra cui gli esiti dell'indagine sismica asincrona a stazione singola, in conformità con le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assesment using AMbient Excitations), utilizzando un acquisitore a sismica passiva per lo studio **HVSR** (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) e cioè il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e quella verticale del moto (Nakamura, 1989)¹.

Questa metodologia utilizza, come sorgente, delle energizzazioni non indotte nel sito quanto piuttosto le vibrazioni sia di origine antropica (tipicamente con frequenza > 1 Hz), sia naturali, quali le onde oceaniche (0,05-1 Hz), il vento locale (1.4-5 Hz), i tremori vulcanici (2-10 Hz).

SORGENTI	Gutenberg	Asten - Asten e Henstridge
Onde oceaniche sulle coste	0.05 – 0.1 Hz	0.05 – 1.2 Hz
Perturbazioni meteorologiche a grande scala	0.1 - 0.25 Hz	0.16 – 0.5 Hz
Cicloni oceanici	0.3 – 1 Hz	0.5 – 3 Hz
Condizioni meteorologiche locali	1.4 – 5 Hz	-
Tremori vulcanici	2 – 10 Hz	-
Attività antropica	1-100 Hz	1.4 – 30 Hz

Bard riporta che a frequenze inferiori a 0,5 Hz, le sorgenti di rumore sono naturali (oceanico e condizioni meteorologiche su larga scala), ed il rumore è definito "microsisma", a ≈ 1 Hz, le fonti sono principalmente gli effetti del vento e le condizioni meteorologiche locali. A frequenze superiori a 1 Hz le fonti sono le attività umane e il rumore sismico ambientale è denominato "microtremore". Il principio su cui si basa la tecnica HVSR, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato, inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Ciascuna curva HVSR ottenuta dalle misure di rumore ambientale viene valutata in termini di F0, A0, Fmax e Amax. F0 è la frequenza fondamentale di risonanza, ovvero la frequenza più bassa caratterizzata da un picco che superi tutti i test statistici di significatività, mentre A0 è l'ampiezza della frequenza fondamentale di

¹ Nakamura, Y. (1989) - *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface. Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol. 30, No.1.*



risonanza. L'eventuale frequenza caratteristica di risonanza del sito è indotta da netti contrasti d'impedenza sismica nel sottosuolo (contrasto fra i sismostrati).

L'ampiezza del picco è direttamente proporzionale al contrasto di impedenza. E' un parametro importante per l'edilizia antisismica: strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno sono soggette al pericoloso effetto di "doppia risonanza" che può danneggiare la struttura.

Fmax e Amax b sono, rispettivamente, la frequenza e l'ampiezza del picco più alto, nel caso in cui la frequenza fondamentale non coincida con il picco più alto, come potrebbe verificarsi nel caso di una successione stratigrafica multistrato. La presenza di almeno un massimo significativo nella curva HVSR viene interpretata come un'indicazione di possibili fenomeni di risonanza sismica al sito investigato e, di conseguenza, di possibile amplificazione del locale moto del suolo (siti amplificativi); viceversa, quando le ampiezze dei picchi di risonanza sono basse (valori 2 o 3), esse dimostrano scarse capacità di amplificazione dei suoli.

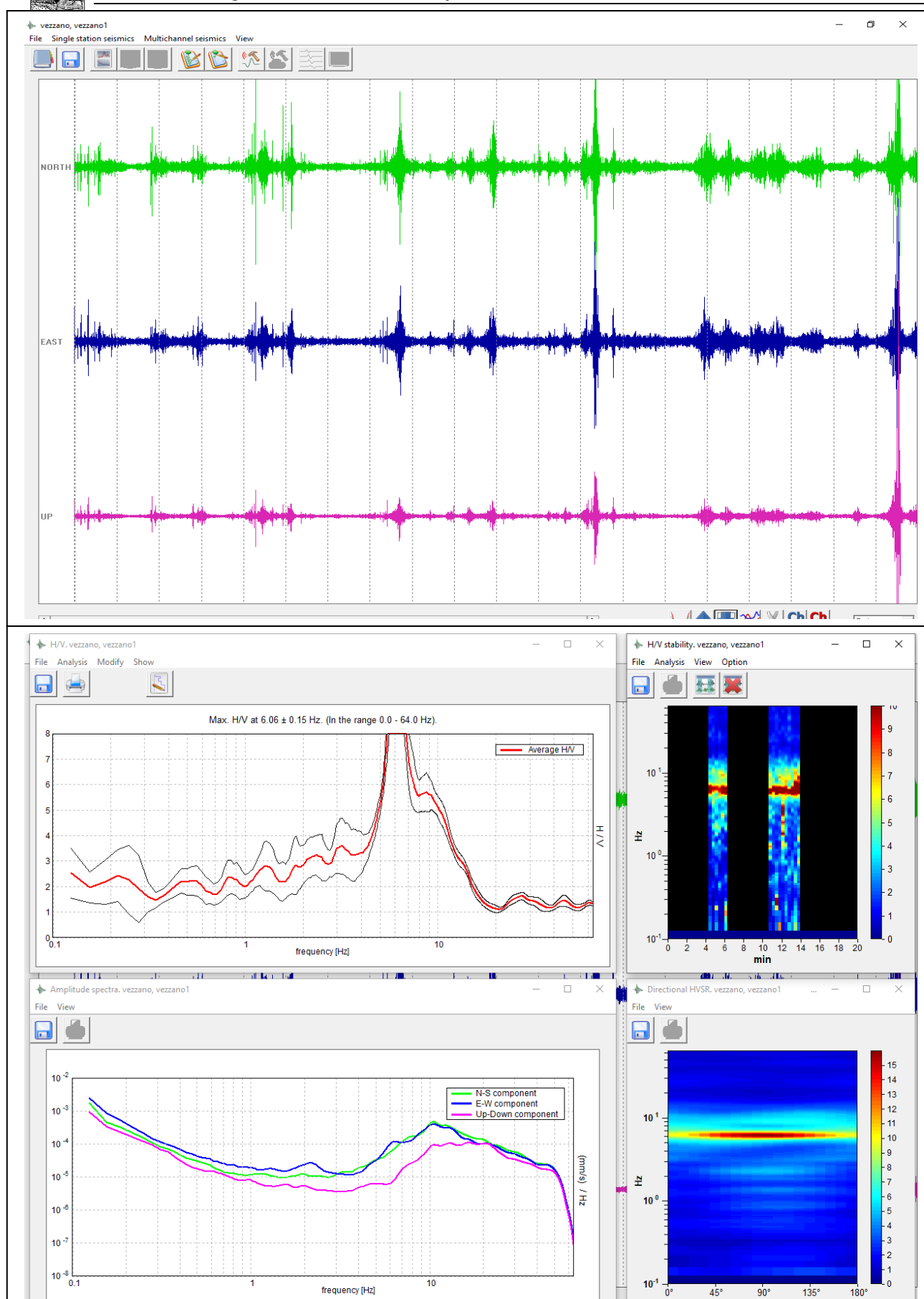
Sono state condotte analisi direzionali e tempo-varianti al fine di evidenziare eventuali caratteristiche del campo di vibrazione, attraverso il codice Grilla.

Disponendo dei dati di profondità di un riflettore noto della stratigrafia (es. tramite prova penetrometrica, sondaggio, etc.) e riconoscibile nella curva H/V, dall'indagine è poi possibile definire la velocità media delle onde di taglio Vs o, viceversa, note le Vs si può ricavare la profondità del contatto.

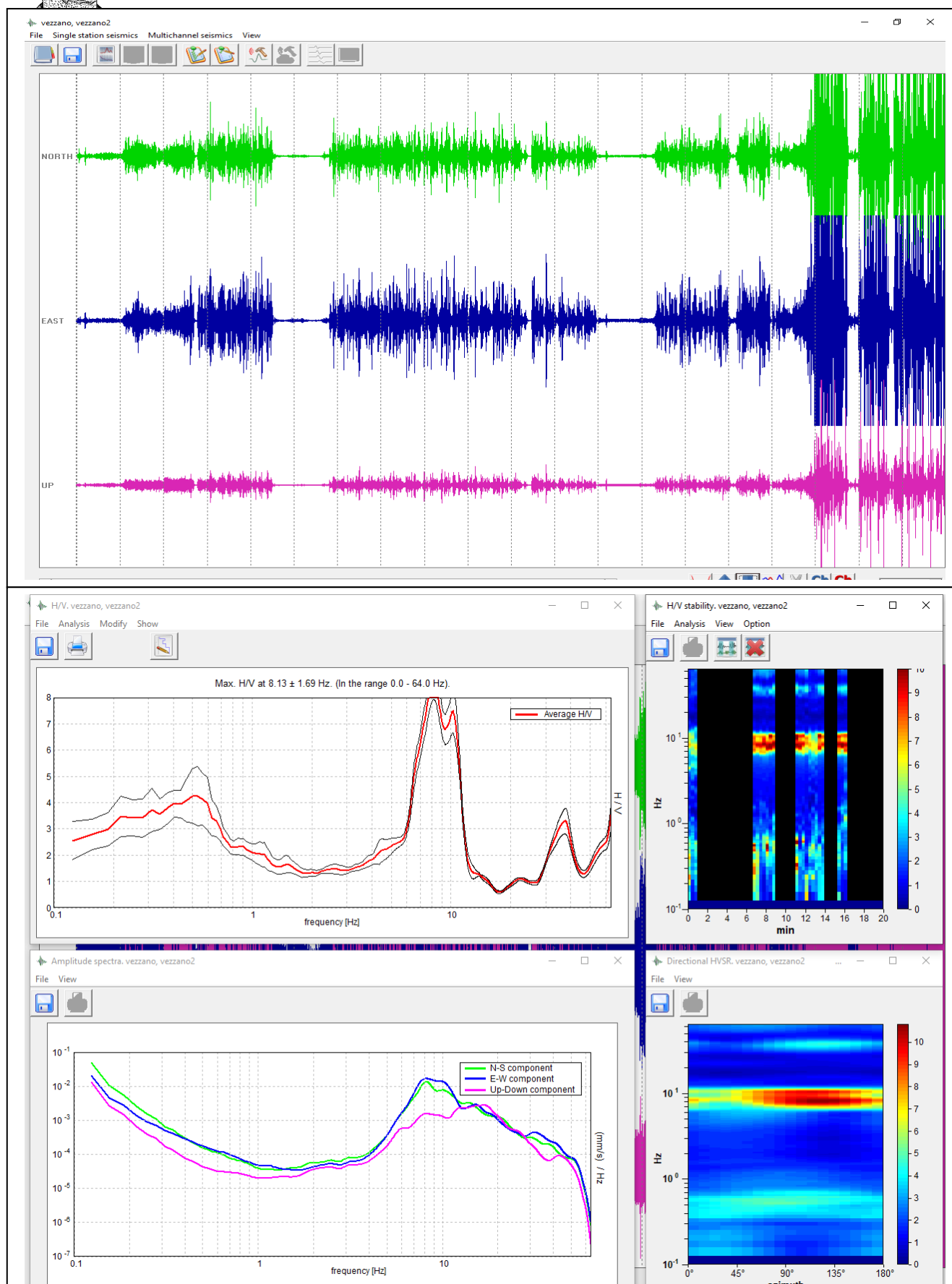
Mediante opportuni metodi di inversione è possibile definire la stima del profilo del terreno in termini delle velocità Vs e Vp: da ciò si ricava la Vs e la relativa categoria del suolo, come richiesto dalle NTC18 17/01/2018.

La strumentazione utilizzata per l'indagine sismica è costituita da una tripletta di geofoni a 4,5 Hz orientati ortogonalmente fra loro e posizionati parallelamente alle direttrici verticale (Z), N-S (N) ed E-W (E).

Il tempo di acquisizione è stato di 20 minuti con frequenza di 128 Hz.



Indagine HVSR-1: diagramma di acquisizione con i dati sperimentali registrati in direzione verticale (Z), orizzontale N-S (N) e orizzontale E-W (E) e relative elaborazioni.



Indagine HVSR-2: diagramma di acquisizione con i dati sperimentali registrati in direzione verticale (Z), orizzontale N-S (N) e orizzontale E-W (E) e relative elaborazioni.



Nel corso della campagna di prova sono stati registrati alcuni disturbi indotti dal mezzo d'opera operante in sito e per via di attività agricole in atto.

Il modello sismico del terreno, pur se complicato dai disturbi citati, appare coerente con le altre informazioni geologiche.

HVSR 1

Si riconosce un picco ($H/V > 2$) a 6 Hz molto pronunciato, quindi indicativo di un elevato contrasto di impedenza, riferibile al passaggio da copertura a roccia del substrato: sismicamente tale contatto viene ipotizzato essere a 9-11 m di profondità.

Vi è poi un secondo picco attorno a 8,9 Hz corrispondente ad un contatto posto a circa 5-6 m di profondità.

Interessante è, attorno ai 22 Hz, l'inversione di impedenza, a significare che attorno a 1 - 1.5 m vi sono orizzonti più molli sotto ad orizzonti più compatti, come verificato anche nei pozzetti geognostici.

HVSR 2

Si riconosce un picco ($H/V > 2$) a 8 ed uno a 10 Hz, coalescenti e riferibili a quelli a 6 e 8.9 Hz in HVSR 1: il passaggio fra copertura e substrato sismico viene risolto qui attorno a 6 - 8 m di profondità.

Anche qui si osserva un'inversione di velocità fra 12 - 30 Hz, riferibili agli orizzonti plastici posti sotto alle ghiaie superficiali trovati nel pozzetto P3 e pozzetto P4.

L'insieme dei dati HVSR1 e HVSR2 consente di indicare che il basamento roccioso è compatto ed è più profondo nella parte centro meridionale rispetto alla parte settentrionale. La frequenza fondamentale di risonanza attribuibile all'area varia conseguentemente (zona HVSR 1 --> HVSR2) fra 6 e 8 Hz.

Sulla base di tutte le informazioni sopra discusse, si arriva pertanto a definire la seguente categoria topografica e di sottosuolo:

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categoria topografica "T1".

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Classificazione dei terreni secondo NTC 2018.

Categoria sottosuolo "E"



Si ricorda poi che, prima dell'emanazione delle NTC-18, la PAT aveva emanato un regolamento (D.G.P. n. 27 dd. 11/01/2008 "Direttiva per l'applicazione dopo l'1/1/2008 delle NTC") riguardante il grado di protezione progettuale sismica da conferire alle opere e che è messo in relazione alla tipologia e destinazione d'uso di quanto si intende realizzare.

Si riportano degli stralci delle NTC18 che permettono di seguire il processo decisionale che porta alla definizione dei parametri della pericolosità sismica locale.

Per definire i parametri della pericolosità sismica locale, si sono introdotte delle ipotesi relative alla tipologia di opera in progetto; tali indicazioni vengono riportate a titolo esemplificativo, in quanto devono essere verificate e validate da parte del Progettista dell'opera:

2.4. VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

2.4.1. VITA NOMINALE DI PROGETTO

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
1 Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2 Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3 Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Non sono da considerarsi temporanee le costruzioni o parti di esse che possono essere smantellate con l'intento di essere riutilizzate. Per un'opera di nuova realizzazione la cui fase di costruzione sia prevista in sede di progetto di durata pari a P_N , la vita nominale relativa a tale fase di costruzione, ai fini della valutazione delle azioni sismiche, dovrà essere assunta non inferiore a P_N e comunque non inferiore a 5 anni.

Le verifiche sismiche di opere di tipo 1 o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.

Vita
nominale:
valore
minimo =
50 anni.

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

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

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie e extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie d'importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe con nesso al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad [2.4.1]$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

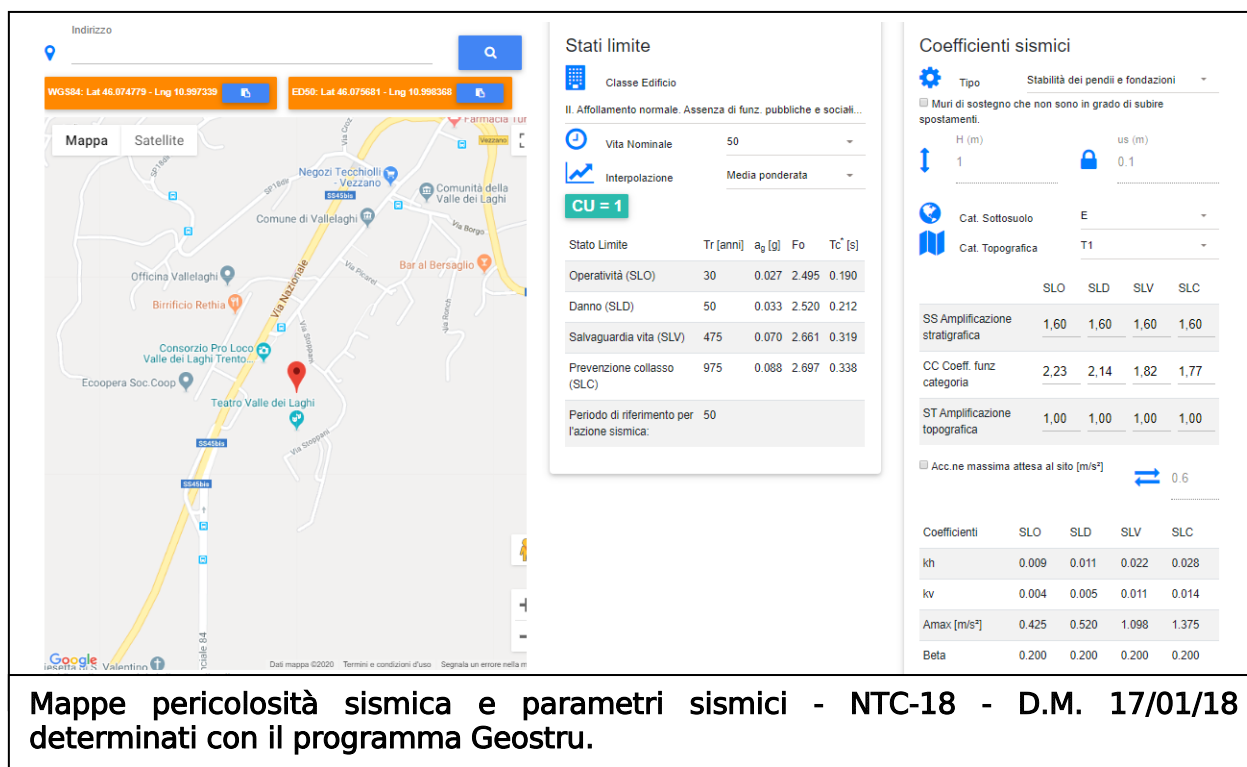
Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di C_U anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

Classe
d'uso:
classe II.

Coeff.
d'uso:
1,0



Con le precedenti ipotesi si ricavano i seguenti parametri di pericolosità:

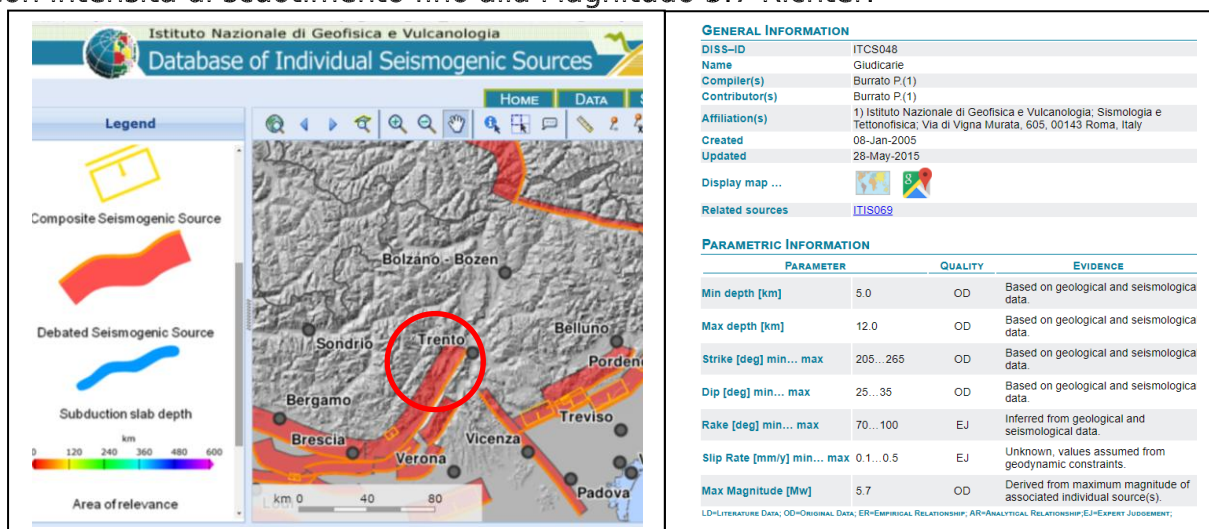


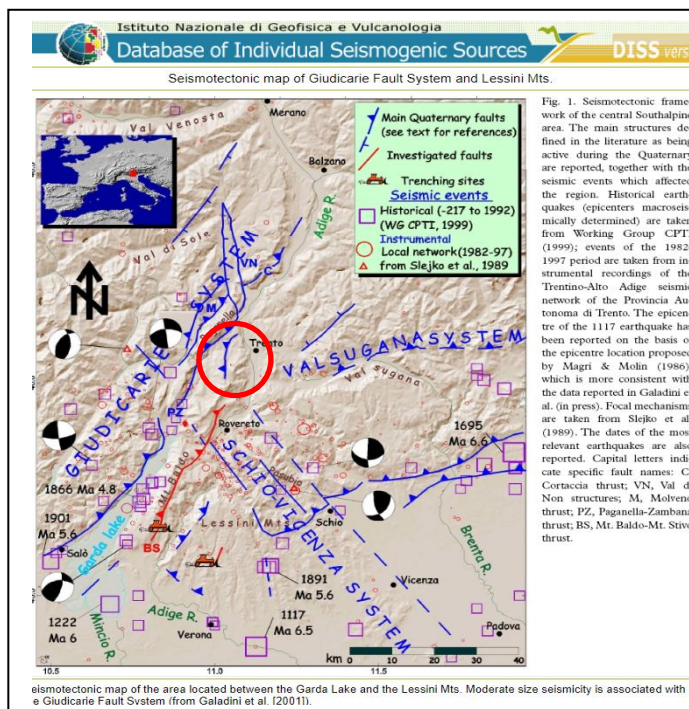
Quale compendio a tali informazioni si riporta un inquadramento cartografico del progetto: "Analysis of the seismic potential in Italy for the evaluation of the seismic hazard" curato dal Dipartimento della Protezione Civile che recepisce i dati editati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia tramite il progetto DISS "Database of Individual Seismogenic Sources".

Questo database contiene informazioni su elementi tettonici in grado di generare terremoti, definiti anche come **faglie attive**: in prossimità del Trentino sono indicati il "Lineamento Insubrico", la "linea Schio Vicenza" e, più vicino, la "faglia delle Giudicarie".

Si tratta di una fascia a scala regionale che rappresenta la cerniera di sutura della zona di scontro fra la placca africana e quella europea: nel dettaglio la linea delle Giudicarie rappresenta una faglia inversa e trascorrente sinistra con rigetto dislocativo trascorrente stimato in circa 30 Km.

Secondo il database citato, tale elemento sismogeno può generare terremoti con intensità di scuotimento fino alla Magnitudo 5.7 Richter.





Il progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources)

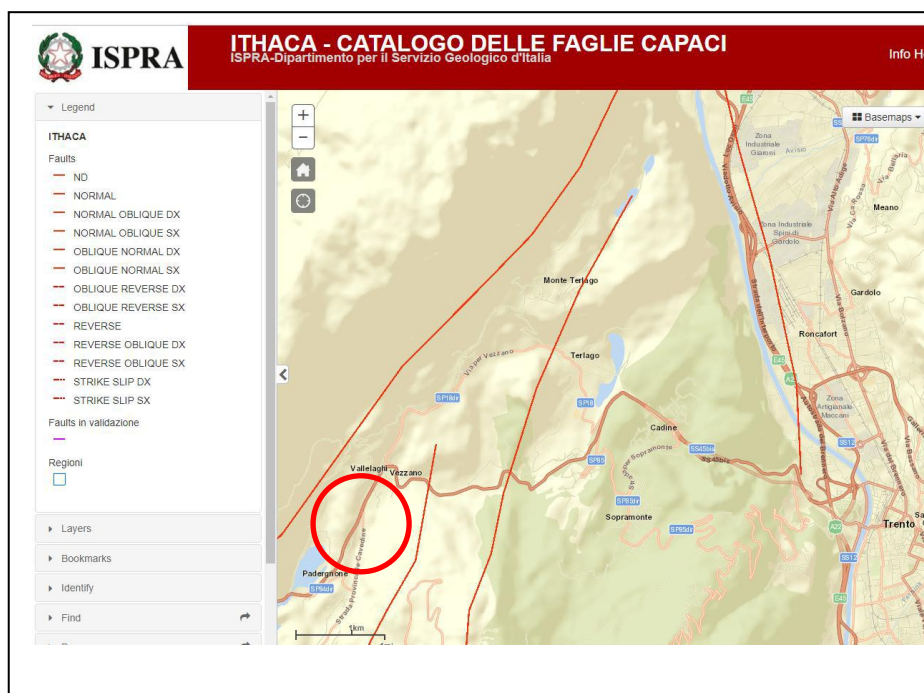
indica che il macroelemento
sismogenico della zona è la
faglia delle Giudicarie, di tipo
transpressivo.

E' una faglia attiva classificata
poter generare sismi di
magnitudo 5.7.

Infine si riporta la mappa della zona estratta dal database Progetto ITHACA (Italy Hazard from Capable faults), del Servizio Geologico d'Italia, ISPRA.

Questo database riguarda le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali: il progetto si occupa in modo particolare delle **faglie capaci**, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie.

Da tale database risultano essere presenti delle faglie capaci (linee rosse nella figura a seguire) poste però non in corrispondenza del sito di interesse, cerchiato in rosso.



Mappa "faglie
capaci" dal Progetto
ITHACA (Italy
Hazard from
Capable faults), dal
portale del Servizio
Geologico d'Italia,
ISPRA.

Nella zona di
interesse non sono
segnalate faglie di
questa categoria.



3.6. Terre e rocce da scavo - storia d'uso del suolo

La storia d'uso del suolo di interesse, a conoscenza dello scrivente, è stata di area **agricola**; non vi sono quindi i presupposti per ritenere che si tratti di un'area con particolari problematiche di tipo ambientale derivanti da azioni antropiche, salvo quanto può derivare da normali attività agricole.

Anche la consultazione on - line **dell'Anagrafe dei Siti oggetto di procedimento di Bonifica** della PAT non ha fatto emergere particolari criticità di tipo ambientale:

Siti oggetto di procedimento di bonifica

Altri siti in anagrafe

 Ex art 77 c.1 T.U.L.P.

 Discariche SOIS bonificate

 Fondo naturale

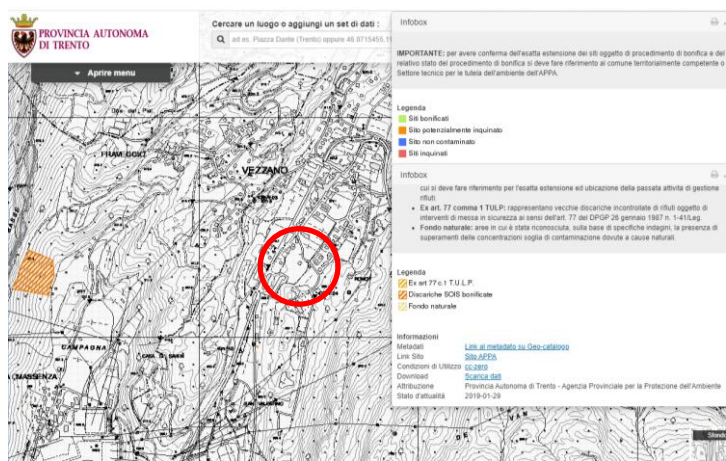
Siti oggetto di procedimento bonifica

 Siti bonificati

 Sito potenzialmente inquinato

 Sito non contaminato

 Siti inquinati



Anagrafe Siti oggetto di procedimento di Bonifica: l'area di interesse è esterna alle aree segnalate.

Per le terre e rocce da scavo il riferimento normativo nazionale è al D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120 entrato in vigore il 22/08/2017. Qualora i materiali di scavo siano destinati a riutilizzo (es. per riempimenti, rimodellazioni, rilevati, impianti), è richiesta la caratterizzazione analitica relativa alla loro composizione allo scopo di valutare la conformità all'effettiva destinazione d'uso.

La composizione dei materiali deve essere conforme alla Tabella 1 dell'Allegato 5 del d.lgs. 3 aprile 2006 n. 152 secondo la seguente classificazione:

- per i suoli ad uso verde pubblico, privato e residenziale si applica la Colonna A;
- per i suoli ad uso commerciale o industriale si applica la Colonna B.

Si allega il previsto modulo di certificazione ambientale relativo alle terre e rocce da scavo naturali come da Delibera 34/2008 dd. 19/06/08, dell'Ordine Geologi Trentino Alto Adige, modificato per adattarlo alle successive variazioni normative: in tale certificazione, si devono includere fra le "terre e rocce con potenziale condizionamento antropico" anche i terreni naturali ma soggiacenti ad aree urbanizzate o sede di attività di superficie, anche agricola.

E' allegato anche il **verbale di campionamento** eseguito per accertare la qualità ambientale del terreno di sbancamento.

Al momento non si conosce ancora la quantità e destinazione del materiale di sterro nè l'esito delle analisi; prima dell'inizio dei lavori si dovrà provvedere alla definizione degli adempimenti in materia ambientale relativi alla qualità del materiale movimentato.



3.7. Conclusioni

Il livello di pericolosità e di rischio associato del sito, allo stato attuale ed in previsione della realizzazione del progetto, fa riferimento alla cartografia di cui al Cap. 1 ed agli esiti dei rilevamenti: dal punto di vista normativo vi è un piccolo spigolo che per la classificazione del rischio del PGUAP risulta a rischio molto elevato R4.

In realtà, vista l'effettiva situazione di campagna, si è chiesto al Servizio Bacini Montani della PAT di valutare se il progetto in esame fosse effettivamente penalizzato da una tale penalità.

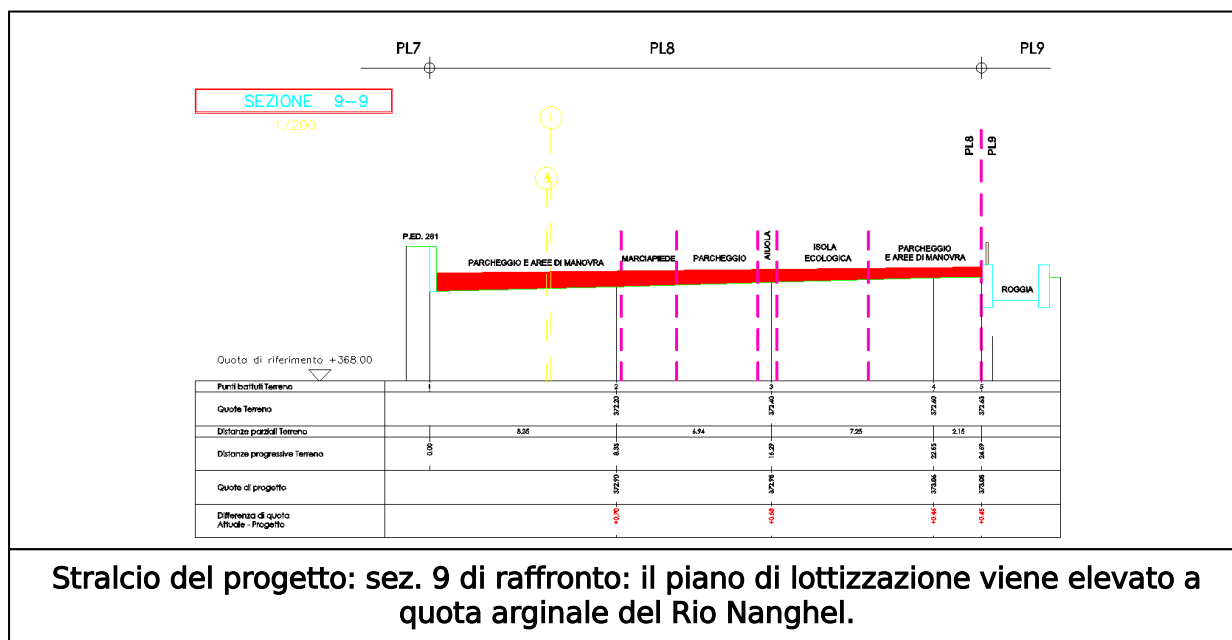
Come riportato al Cap. 1, la situazione idrografica locale è tale per cui il Servizio Bacini Montani ha fissato in deroga, con prescrizioni, a 8 m la distanza minima di realizzazione delle opere edili degli edifici, mentre non vi sono indicazioni relative alla realizzazione del parcheggio, valutando nel contempo di alzare il piano di campagna: queste indicazioni consentono la realizzazione delle opere in progetto, la cui progettazione è coerente con tali vincoli.

Circa le prescrizioni per tale deroga, nel provvedimento si legge la seguente principale raccomandazione (stralcio):

La validità del presente provvedimento è subordinata all'osservanza delle seguenti prescrizioni di carattere tecnico-operativo:

- 1) in considerazione dello stato dei luoghi nonché delle sezioni di progetto, dalle quali risulta che la quota del piano di lottizzazione risulta più basso rispetto alla quota di testa della muratura arginale, si consiglia di valutare l'opportunità di alzare convenientemente detta quota per evitare possibili fenomeni di ristagno dell'acqua.

Il progetto ha pertanto recepito detta indicazione, come evincibile dalla sez. 9 di raffronto che si riporta a seguire.



Altro aspetto da valutarsi attentamente è l'anisotropia stratigrafica, con presenza di terreni compressibili (torbe e argille plastiche), anche con acqua che, nella zona meridionale, può risalire fino in prossimità al p.c..



In sede esecutiva si dovranno dunque adattare i lavori alla situazione effettiva, con particolar riguardo alla tematica alla possibile presenza di orizzonti fini compressibili, orizzonti in grado anche di sostenere filtrazioni idriche.

In conclusione, tenendo nella dovuta considerazione quanto sopra esposto, risulta che vi è compatibilità fra la situazione geologica riconosciuta e le opere in progetto, fatti salvi i diritti di terzi.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17/01/2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica per cui costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare.

In corso d'opera si deve controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il modello geotecnico ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore".

Richiamando validi concetti espressi dalla precedente normativa (DM 11/03/88), inoltre, si prescrive che "La validità delle ipotesi di progetto dovrà essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate".

San Cristoforo, **febbraio 2020**



Studio Geologico Associato GeoAlp
dott. geol. Icilio Vigna


ALLEGATO 1 - CERTIFICAZIONE DEL GEOLOGO RELATIVA ALLA TIPOLOGIA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Mod. 0#: modificato 02	CERTIFICAZIONE DEL GEOLOGO RELATIVA ALLA TIPOLOGIA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO
---------------------------	--

Il sottoscritto ICILIO VIGNA			nato il 28/11/1959				
a Trento	Prov. TN	CAP	3	8	1	2	2
c/o Studio Geologico Associato Geoalp	Prov. TN	CAP	3	8	0	5	7
via e nr. civico: viale Europa, n° 78 San Cristoforo Pergine Valsugana (TN)							
in qualità di geologo, iscritto all'Albo Ordine Regionale dei Geologi Trentino Alto Adige							
al nr. 71	estensore dello studio geologico rif 1770/20			di data febbraio 2020			
di supporto al progetto: "PIANO DI LOTTIZZAZIONE P.L.8, SULLE PP.FF. 221/1/2/5/6/7-222/1/2 IN C.C. VEZZANO" commissionato dallo Studio Tecnico Associato Sommadossi, Zampieri e Pedrini di Fraveggio.							

che prevede interventi di scavo nel seguente:
Sito di origine

Comune di Vallelaghi	
località Vezzano	
via -	n° -
p.f./p.ed vedi progetto	

DICHIARA

che in base agli studi e alle indagini geologiche e stratigrafiche riportate nella relazione, con individuazione della storia pregressa dell'area e la verifica delle condizioni di naturalità o meno del sito, ivi compresa la valutazione di particolari condizioni di mineralizzazione che possano aver interessato l'area, il materiale interessato dagli scavi è costituito da:

☐ terreni di sicura origine naturale – Tipo 1

Terreni che per le loro caratteristiche geologiche, mineralogiche e di naturalità possono avere qualità ambientali intrinseche entro i limiti della Colonna A per cui, qualora convalidate (*), data la loro natura e le caratteristiche fisiche – granulometriche assimilabili a Voci di Elenco Prezzi di capitolati ufficiali per Lavori Pubblici

rif	Assimilabile a D.11.15.110.10 formazione di rilevati provenienti dagli scavi - Preziario PAT
-----	--

hanno valore; inoltre possiedono caratteristiche tali da non richiedere, fin dall'origine, trattamento o trasformazioni preliminari per garantire che il loro impiego non dia luogo ad emissioni e, più in generale, ad impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli ordinariamente consentiti ed autorizzati per qualunque sito di destinazione. Tali materiali, qualora convalidati in Colonna A, possiedono quindi le caratteristiche per essere considerati "sottoprodotti" ai sensi dell'Art.183 del D.Lgs.152/06 e s. m. e i., che possono rientrare in un "progetto di utilizzo", per:

☐	reinterri, riempimenti, rimodellazione e	☐	processi industriali, in sostituzione dei
--------------------------	--	--------------------------	---



☐	rilevati.	☐	materiali di cava.
☐	in toto (come da progetto)	☐	in toto (come da progetto)
☐	in parte (come da progetto)	☐	in parte (come da progetto)

Analisi chimiche di certificazione come indicato nella relazione geologica(*)

☐	da effettuare	☐	già effettuate con certificazione del rispetto dei limiti della Colonna A
--------------------------	---------------	--------------------------	---

X terreni con potenziale condizionamento antropico – Tipo 2

Materiali che, ai fini di certificarne un possibile utilizzo come sottoprodotto, dovranno essere sottoposti ad analisi chimiche sistematiche, secondo le modalità più idonee ad una corretta caratterizzazione, da definire sulla base:

- della storia pregressa del sito.
- delle tipologie dei materiali interessati
- della loro natura
- della loro distribuzione

X	in toto
☐	in parte secondo allegate planimetrie e sezioni stratigrafiche per l'individuazione delle tipologie e dei volumi interessati

Piano delle indagini e analisi chimiche come da relazione geologica

X	da effettuare	☐	già effettuate
----------	---------------	--------------------------	----------------

☐ giudizio sulla qualità ambientale nel caso di analisi già effettuate, sia per terreni di tipo 1 che di tipo 2

Al momento non si conosce il dettaglio della quantità, qualità e destinazione del materiale di sterro. Questo aspetto dovrà essere risolto prima dell'inizio lavori:

L'esito delle analisi chimiche sul terreno da sbancare indica valori rientranti sotto le soglie di concentrazione indicate in Tabella 1 dell'Allegato 5 del d.lgs. 3 aprile 2006 n. 152. I terreni risultano pertanto riutilizzabili per ogni impiego previsto dalle norme di settore.

Note:

--

Data febbraio 2020	Timbro e firma del geologo
---------------------------	----------------------------



ALLEGATI:

Eventuali certificati di analisi chimiche, qualora già eseguite - vedi relazione n.
Altro:



ALLEGATO 2 - VERBALE DI CAMPIONAMENTO

Scheda/Programma di Campionamento (1/1)

Norma UNI 10802-2004 - Materiale: terreni e rocce - da conservare con allegati in originali di progetto

Progetto: **PIANO DI LOTTIZZAZIONE P.L.8, SULLE PP.FF. 221/1/2/5/6/7-222/1/2 IN C.C. VEZZANO** commissionato dallo Studio Tecnico Associato Sommadossi, Zampieri e Pedrini di Fraveggio.

Data: **16/09/2019**

Committente: **Studio Sommadossi**

Operatore: **geol. Icilio Vigna**

Località: **Vezzano**

Sigla: **Vezzano**

Volume scavi in progetto m3 (a)	n.d.	data e ora del campionamento		16/09/2019 ore 9:30
Scopo del campionamento	X	recupero in loco/cessazione di rifiuto		caratterizzazione D.L.120/17
Obiettivo	X	cessazione di rifiuto per successivo riutilizzo materia prima		smaltimento in discarica
Strategia di campionamento	X	manuale		meccanico
		casuale (1)		sistematico (3)
	X	casuale stratificato (2)		sistematico casuale (4)
				sistematico stratificato (5)
Mappa/schizzo punti di prelievo	X	eseguito (allegare)		da eseguire su punti contrassegnati
Fotografie sito e punti di prelievo	X	eseguito (allegare)		
Giacitura del materiale	X	banco = in situ (scavo geognostico)		carota di sondaggio
		cumulo = accumulo di risulta		altro:
Numero di campioni	1	campione composto da 20 incrementi, ciascuno di 250 gr		Prescritti campioni altra data (v. note)
Vagliatura in campo	X	setaccio 2 cm		no
Quartazione	X	si		no
CAMPIONE VEZZANO				
Peso pre-vagliatura (kg)	5	Peso post-vagliatura (kg)		4.265
Parametri analizzati in campo	X	nessuno		si (allegare modulo) (6)
Strumento utilizzato	X	paletta (A)		auger
Contenitore		sacchetto di polietilene pesante con chiusura (i)	X	bottiglia di vetro a bocca larga con tappo a vite o fermaglio
Modulo di catena di custodia	X	(acquisire fotocopia accettazione laboratorio)		
Modulo di richiesta analisi	X	(acquisire fotocopia accettazione laboratorio)		
Laboratorio Analisi		Dolomiti Energia S.p.A.		
		Dolomiti Energia S.p.A.File (ii)		16P000279-01

a) 1 campione ogni 3000 mc (1 campione in più sopra il multiplo intero) scavati. Aumentare del 20% rispetto al volume in posto.

1) casuale: selezione dei punti di prelievo senza preventiva suddivisione del lotto. Applicabile quando il lotto è ritenuto omogeneo rispetto alla proprietà da esaminare.

2) casuale stratificato: distribuzione casuale in piano, con suddivisione in strati nei quali la caratteristica di interesse viene assunta come omogeneamente distribuita.

3) sistematico: il campione è prelevato a intervalli fissi di spazio, o massa o tempo. In un lotto, questo viene suddiviso in una (o più) griglia, triangolare o quadrata con prelievo di campione ai nodi della griglia.

4) sistematico casuale: gli strati sono a intervalli fissi, la distribuzione xy all'interno degli strati è casuale

5) sistematico stratificato: strati a intervalli fissi, campionati secondo una griglia fissa.

6) predisporre un modulo con identificativi progetto e campione, tipologia dei parametri, misure e unità di misura, identificativi operatore

A) comprende: palette, cucchiai, spatole, cazzuole, tubi tagliati.

i) usare solo in casi eccezionali

ii) dir/nome.file analisi (quando risultato noto)

Note di Campionamento



Progetto: PIANO DI LOTTIZZAZIONE P.L.8, SULLE PP.FF. 221/1/2/5/6/7-222/1/2 IN C.C. VEZZANO commissionato dallo Studio Tecnico Associato Sommadossi, Zampieri e Pedrini di Fraveggio.

Data: 16/09/2019

Committente: Studio Sommadossi

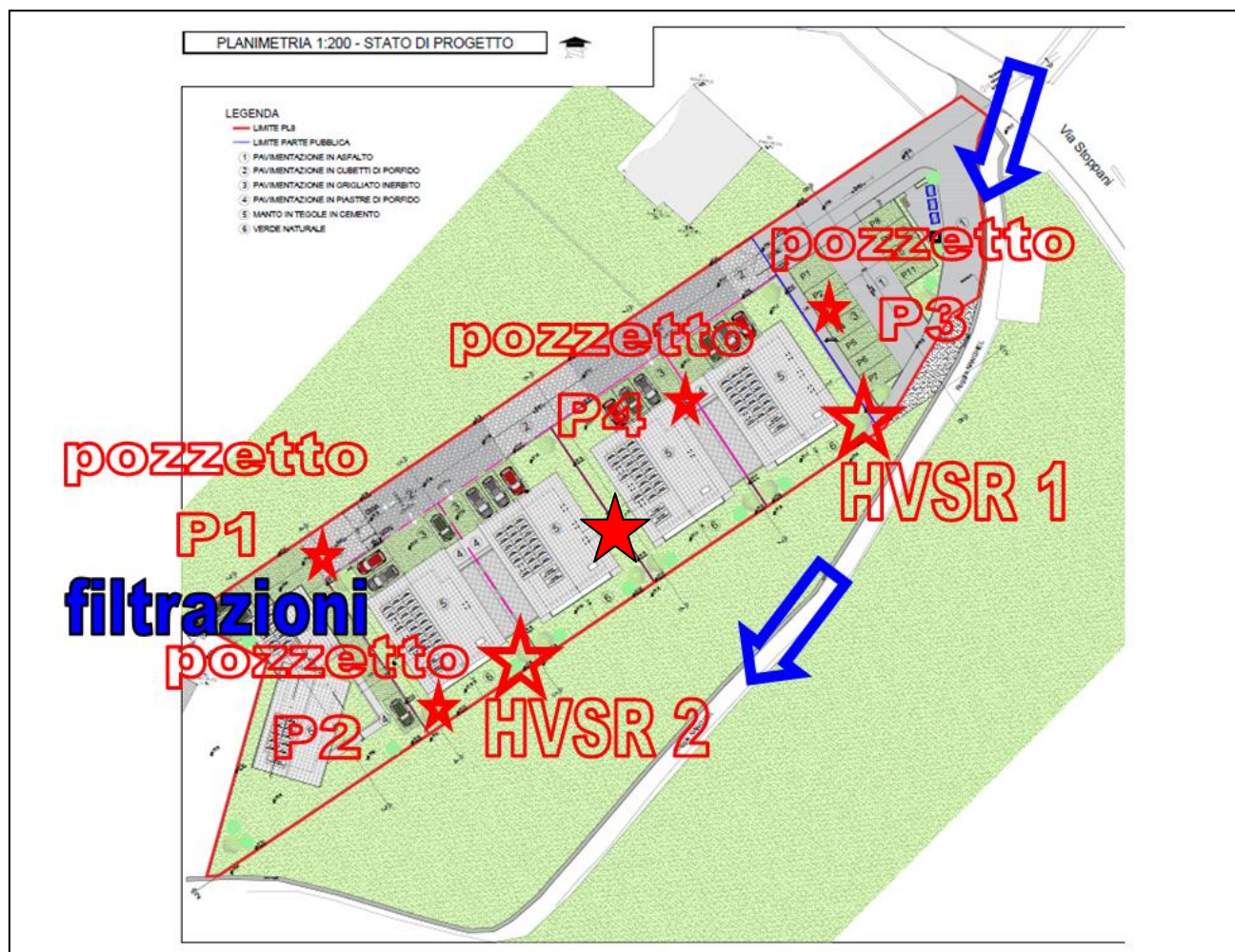
Operatore: geol. Icilio Vigna

Località: Vezzano

Sigla: Vezzano

Elenco dei campioni

Progr.	Codice campione	Identificazione campione laboratorio	litologia
1	VEZZANO	16P000279-01	terreno limoso – argilloso, con torba, umido



Mappa / Schizzo

Ubicazione del/dei punto/i di prelievo del/dei campione/i su planimetria generale di progetto



Progetto: **PIANO DI LOTTIZZAZIONE P.L.8, SULLE PP.FF. 221/1/2/5/6/7-222/1/2 IN C.C. VEZZANO** commissionato dallo Studio Tecnico Associato Sommadossi, Zampieri e Pedrini di Fraveggio.

Data: **16/09/2019**

Committente: **Studio Sommadossi**

Operatore: **geol. Icilio Vigna**

Località: **Vezzano**

Sigla: **Vezzano**

Elenco dell/i campione/i

Progr.	Codice campione	Identificazione campione laboratorio	litologia
1	Vezzano	16P000279-01	terreno limoso – argilloso, con torba, umido



campione composito proveniente da miscela e quartazione del terreno prelevato dagli scavi geognostici

Fotografie sito e punto/i di prelievo



Progetto: **PIANO DI LOTTIZZAZIONE P.L.8, SULLE PP.FF. 221/1/2/5/6/7-222/1/2 IN C.C. VEZZANO** commissionato dallo Studio Tecnico Associato Sommadossi, Zampieri e Pedrini di Fraveggio.

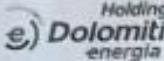
Data: **16/09/2019**

Committente: **Studio Sommadossi**

Operatore: **geol. Icilio Vigna**

Località: **Vezzano**

Sigla: **Vezzano**

 Laboratorio s.r.l. Sede di Trento via Ferrima, 23 - Trento	PROCEDURA OPERATIVA	POLA-C002-M06
	CAMPIONAMENTO DI ACQUE DI SCARICO, FANGHI, TERRENI E RIFIUTI	Rev. 13 Pag. 14/15

Data prelievo: 13/01/2020 Cliente: Studio Tecnico Ambiente Semarloni & Partners Convenzionato ☐ Non convenzionato ☒
 Intestazione fattura: Via Santa W 10 PIAZZA 1700
P.IVA 01814080220

LOCALITA' PRELIEVO:					
IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE	n. Verbale (*)	Numero (a cura dell'accettazione)	Tipologia analitica		
			N. Offerta e n. pacchetto o riferimenti normativi (limiti)	terreni	Campionamento (*)
VEZZANO			BP000225-01	X	

quinta copia della scheda di prelievo

13/01/2020

(*) Solo per il personale del Laboratorio e Azienda Ambientale
☐ Analisi non programmata (solo per convenzionati)
 Firma del Cliente: [Signature]

(a cura dell'accettazione)
 CAMPIONE CONFORME: ☒ NO: ☐ n° campione
 vedi Rapporto di NC n°

PRELEVATO DA: ☒ CLIENTE ☐ LABORATORIO
 Temperatura contenitore di trasporto °C Data logger utilizzato A-.....
 IL PRELEVATORE (firma) [Signature]
 NOTE: MATTEO @ STUDIO SEMARLONI & P.

DATA CONSEGNA CAMPIONE 14/01/20 ORA CONSEGNA 14 S.
 CONSEGNA TO DA: CLIENTE ☒ LABORATORIO ☐
 ACCETTAZIONE (firma) [Signature]

LABORATORIO
 via Ferrima, 23
 38100 TRENTO

A seguire

ALL. 3 - CERTIFICATI ANALITICI DEL LABORATORIO CHIMICO



4. RELAZIONE GEOTECNICA

Sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica

"PIANO DI LOTTIZZAZIONE P.L.8, SULLE PP.FF. 221/1/2/5/6/7-222/1/2 IN C.C. VEZZANO" commissionato dallo Studio Tecnico Associato Sommadossi, Zampieri e Pedrini di Fraveggio.

Normativa di riferimento

- Circolare 21/01/2019, n° 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle NTC di cui al D.M. 17/01/2018.
- NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI D.M. 17 gennaio 2018 - NTC 2018
- D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120 e s.m. (disciplina terre e rocce da scavo)
- l.p. PAT 4 agosto 2015, n. 15 e s.m. - Legge provinciale per il governo del territorio
- Delibera di G.P. PAT n° 2248 del 05/09/2008 e s.m. - Carta delle Risorse Idriche
- l.p. PAT 27 maggio 2008, n. 5 e s.m. - Piano Urbanistico Provinciale della PAT (PUP)
- l.p. PAT n. 07 del 07/08/2003 e s.m. - Carta di Sintesi Geologica
- C.S.LL.PP. "Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007".
- D.P.R. 15/02/2006 e s.m. - Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche
- D.P.G.P. 26 gennaio 1987, n. 1- 41/Legisl e suc. mod. ed agg.: Testo unico provinciale sulla tutela dell'ambiente dagli inquinamenti

4.1. Piano delle indagini geotecniche, modello geotecnico - caratteristiche geotecniche dei terreni

Per la stesura del presente documento si fa esplicito richiamo alla relazione geologica del progetto definitivo, tenendo anche conto della possibilità di modificare i modelli geotecnici in relazione alle misure e ai controlli in corso d'opera.

Al punto 6.2.2 Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica delle NTC-18 si riporta che *"Nel caso di costruzioni od interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su pre esistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali"*.

Le informazioni geotecniche di seguito riportate derivano dalle osservazioni di campagna, da dati bibliografici disponibili per terreni analoghi e dall'esperienza dello scrivente: sono anche state valutate le risultanze di prove geotecniche con pocket penetrometer e vane test eseguite sugli scassi dei pozzetti geognostici.

A seguire sono le considerazioni geotecniche relative alle resistenze offerte dal terreno: tali dati devono, in sede di progettazione esecutiva, essere confrontati con le azioni di progetto per le verifiche di sicurezza e delle prestazioni.

Secondo le NTC-18 – par. 6.2.2. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA *"... Ai fini dell'analisi quantitativa di uno specifico problema, per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti il regime delle pressioni interstiziali e i valori caratteristici dei parametri geotecnici."*

Il modello geotecnico del pendio rispecchia quanto rappresentato nel Cap. 2: vi è una morena di fondo, da mediamente addensata (zona a Ne d E) a poco addensata, zona a SW) ricoperta da depositi alluvionali (anche sottili lenti ghiaiose in e palustri limo argillosi e torbosi).



Filtrazioni idriche sono presenti ai contatti fra i diversi litotipi: è anche stato riferito che la falda idrica nella zona a SW si avvicina al p.c: a seguire si presenta la parametrizzazione geotecnica riferita a tale modello.

Secondo il testo a cura del Gruppo Interregionale Ordine dei Geologi Euro Codice 7, 2012, "UNA METODOLOGIA PER LA SCELTA DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI" l'EC7, al punto 2.4.5.2 2(P), recita: "Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite". Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza. A tal riguardo, l'unica metodologia delineata dall'EC7 per la definizione dei valori caratteristici, è di natura statistica (Nori, 2009).

Sulla base di quanto precedentemente esposto, si è operata un'elaborazione statistica - secondo le metodiche tecniche (percentili) previste dalle norme - dei dati disponibili, ottemperando così alle disposizioni del D.M. 17/01/18.

Si è giunti a delimitare, per i **litotipi di copertura** presenti in corrispondenza delle opere e per le diverse condizioni al contorno - zonazione che tiene conto della variabilità delle profondità, ecc. - i seguenti campi di variabilità e valori medi (m) e caratteristici (k) dei principali parametri geotecnici (criterio di rottura alla Mohr - Coulomb) - Approccio Bayesiano (Cherubini e Orr, 1999): $x_k = x_m * (1 - (CV/2))$ dove x_k = valore caratteristico e CV = coeff. variazione.

Per passare dai valori caratteristici (x_k) ai valori di progetto (x_d) vengono applicati dei fattori di riduzione (fattori di sicurezza parziali): le combinazioni di calcolo da adottarsi relativamente alla progettazione geotecnica secondo le NTC-18 (DM. 17/01/2018) sono:

STABILITA' DEI PENDII	TUTTE LE VERIFICHE			
	DA1			
	A1+M1+R1		A2+M2+R2	

FONDAZIONI SUPERFICIALI	STABILITA' GLOBALE		ALTRE VERIFICHE	
	DA1		DA2	
	A2+M2+R2		A1+M1+R3	

FONDAZIONI SU PALI	STABILITA' GLOBALE		ALTRE VERIFICHE (azioni verticali e trasversali)	
	DA1		DA2	
	A2+M2+R2		A1+M1+R3	

MURI DI SOSTEGNO	STABILITA' GLOBALE		ALTRE VERIFICHE (azioni verticali e trasversali)	
	DA1		DA2	
	A2+M2+R2		A1+M1+R3	

PARATIE	STABILITA' GLOBALE		ALTRE VERIFICHE	
	DA1		DA1	
	A1+M1+R1		A1+M1+R1	A1+M1+R1
			(R1=1.0)	

TIRANTI DI ANCORAGGIO	TUTTE LE VERIFICHE	
	DA2	
	A1+M1+R3	

OPERE IN SOTTERRANEO	TUTTE LE VERIFICHE	
	DA1	
	A1+M1+R1	A2+M2+R2
	(R1=R2=1.0)	

**Verifiche nei confronti degli Stati Limite Ultimi,
esclusi EQU, UPL e HYD**



Ai terreni naturali di copertura che saranno interessati dai lavori di lottizzazione (si consideri che riferendosi all'urbanizzazione, e non all'edificazione non si arriva fino ad intercettare la morena sottostante) osservati negli scavi geognostici eseguiti nel sito si possono attribuire i seguenti parametri geotecnici:

copertura sciolta alluvionale / palustre,	peso di volume γ kN/m³	angolo di attrito interno ϕ gradi °	coesione c kN/m²
valore minimo	18.0	24.0	2.0
valore probabile	18.3	26.5	5.0
valore massimo	18.5	29.0	8.0
valore caratteristico	18.2	26.1	4.5
coeff. Riduzione M2	1	tg Φ 1,25	1.25
valore progetto	18.2	21.4	3.6

copertura sciolta ghiaiosa,	peso di volume γ kN/m³	angolo di attrito interno ϕ gradi °	coesione c kN/m²
valore minimo	18.0	33.0	0.0
valore probabile	18.3	35.5	2.5
valore massimo	18.5	38.0	5.0
valore caratteristico	18.2	35.1	2.1
coeff. Riduzione M2	1	tg Φ 1,25	1.25
valore progetto	18.2	29.3	1.7

copertura sciolta morenica,	peso di volume γ kN/m³	angolo di attrito interno ϕ gradi °	coesione c kN/m²
valore minimo	19.0	30.0	5.0
valore probabile	19.5	32.5	7.5
valore massimo	20.0	35.0	10.0
valore caratteristico	19.4	32.1	7.1
coeff. Riduzione M2	1	tg Φ 1,25	1.25
valore progetto	19.4	26.6	5.7

Questi parametri sono quelli ottenuti come rappresentativi della situazione media: nelle zone in cui siano presenti disuniformità litologiche si potranno determinare variazioni, anche significative, di questi valori, specialmente in relazione al grado di saturazione dei terreni.

Come per le indagini geologiche, anche quelle geotecniche richiedono la prescrizione che, in fase esecutiva, vi sia il controllo e la verifica dell'esattezza della situazione stratigrafica e geotecnica qui descritta che per sua natura intrinseca, date le modalità deposizionali dei terreni, presenta disomogeneità ed anisotropie.

Il modulo di Winkler (definito anche come "costante di sottofondo", "coeff. di reazione del terreno", "modulo di reazione") ha dimensioni di una pressione su una lunghezza (es. Kg/cm³) e indica la forza che, esercitata su una data area, provoca una deformazione di una data entità. E' una grandezza che non può essere direttamente ricondotta ad una proprietà geotecnica specifica di un terreno / roccia,



in quanto entrano in campo altri elementi specifici, quali la tipologia di fondazione, la tensione di carico della stessa e la risultante deformazione indotta.

Bowles (Fondazioni: progetto ed analisi, 1988), arriva a proporre un calcolo del modulo di reazione (in unità SI) come $K_r = 40 * (F_s * q_a)$ cioè moltiplicando per 40 il valore di capacità ammissibile (q_a in kPa), applicando un Fattore di sicurezza, e considerando la capacità ammissibile quale la capacità ultima (q_{ult})/ F_s che induce un cedimento di 25,4 mm (un pollice).

Mammino (I micropali: tecniche di progetto e di verifica, 1994 Alinea Ed. Firenze) dapprima criticamente discute sul significato ed implicazioni del calcolo di dimensionamento basato sull'utilizzo del modulo di Winkler; presenta anche delle tabelle, desunte dalla letteratura, che riportano dei valori del modulo di Winkler direttamente riferite, anche se impropriamente, ai vari litotipi.

Tabella dei moduli di Winkler ricavata come sintesi della corrente letteratura tecnica

- Torba leggera	0,6 ÷ 1,2 Kg/cm ³
- Torba pesante	1,2 ÷ 1,8 Kg/cm ³
- Terra vegetale	1,0 ÷ 1,5 Kg/cm ³
- Depositi recenti (ovvero pozzolane recenti, discariche di materiale litoide, morene male addensate, ecc.)	1,0 ÷ 2,0 Kg/cm ³
- Sabbia fine (come la sabbia di mare profondo (pelite) o quella sedimentata negli impaludamenti)	1,5 ÷ 2,0 Kg/cm ³
- Sabbia poco coerente (con granulometria diffusa e scarso indice dei vuoti)	2,0 ÷ 4,0 Kg/cm ³
- Miscugli eterogenei di sabbie, fasi limose, argille, rappresentate in maniera casuale e in percentuali variabili nell'ambito della stessa formazione; da un punto di vista visivo si tratta di materiali che tendono a flocculare ed a presentarsi localmente come masse plastiche e coerenti, con spiccata tendenza alla instabilità; questi materiali saranno detti terre, classificabili empiricamente come segue:	
- Terra molto umida	2,0 ÷ 3,5 Kg/cm ³
- Terra poco umida	3,0 ÷ 6,0 Kg/cm ³
- Terra secca	5,0 ÷ 10,0 Kg/cm ³
- Argilla con sabbia	8,0 ÷ 10,0 Kg/cm ³
- Argilla plastica, montmorillonitica, rigonfianti in presenza di acqua	10,0 ÷ 12,0 Kg/cm ³
- Sabbia compatta (i valori più alti vanno attribuiti ad arenarie farinose facilmente sfaldabili, già avviate però a divenire arenarie aggregate a struttura litoide per prosecuzione di fenomeni chimico-fisici già in atto)	8,0 ÷ 15,0 Kg/cm ³
- Ghiaia con sabbia (incoerente, granulometricamente composta in modo che non ci siano vuoti visibili a occhio nudo)	10,0 ÷ 15,0 Kg/cm ³
- Ghiaia con sabbia (quasi coerente, già classificabile come conglomerato naturale scarsamente o mediamente cementato, sul tipo delle puddinghe o breccie mioceniche)	15,0 ÷ 25,0 Kg/cm ³
- Ghiaia compatta (a elementi sottili, da mezzo a due centimetri di diametro)	15,0 ÷ 20,0 Kg/cm ³
- Ghiaia compatta (a ciottoli grossi di elevate caratteristiche meccaniche, come misti di fiume ben lavati): per fondazioni poco ampie	20,0 ÷ 25,0 Kg/cm ³
per fondazioni ampie	25,0 ÷ 30,0 Kg/cm ³
- Roccia	30,0 Kg/cm ³ e oltre
- Roccia molto fratturata, epidermica rispetto alla formazione	15,0 ÷ 25,0 Kg/cm ³
- Roccia sana, poco o nulla fratturata, e arenarie compatte	30,0 ÷ 80,0 Kg/cm ³
- Arenarie antiche, metamorfosate, a struttura lamellare (ad esempio: pietra lavagna)	30,0 ÷ 50,0 Kg/cm ³
- Calcari sani non cariati (formazioni dolomitiche, calcari grigi del Lias, etc.)	30,0 ÷ 50,0 Kg/cm ³
- Rocce vulcaniche (porfidi, basalti, graniti) non degradate né argillificate ..	> 50 Kg/cm ³

Tabella dei moduli di Winkler secondo Pozzati

NATURA DEL TERRENO	K (Kg/cm ³)
Torba leggera	0,6 ÷ 1,2
Torba pesante	1,2 ÷ 1,8
Terra vegetale	1,0 ÷ 1,5
Depositi recenti	1,0 ÷ 2,0
Sabbia di mare, fina	1,5 ÷ 2,0
Sabbia poco coerente	2,0 ÷ 4,0
Terra molto umida	2,0 ÷ 3,5
Terra poco umida	3,0 ÷ 6,0
Terra secca	5,0 ÷ 10,0
Argilla con sabbia	8,0 ÷ 10,0
Argilla grassa	10,0 ÷ 12,0
Sabbia compatta	8,0 ÷ 15,0
Ghiaia con sabbia	10,0 ÷ 25,0
Ghiaia compatta	20,0 ÷ 30,0

**Tabelle sul modulo di Winkler
riportate in Mammino.**

Si riporta anche una tabella con dei valori indicativi del modulo elastico di alcuni terreni:



15.5 Valori indicativi del modulo elastico di alcuni terreni

Terreno	E (Kg/cm ²)	
	valore massimo	valore minimo
Argilla molto molle	153	20.4
Argilla molle	255	51
Argilla media	510	153
Argilla dura	1020	510
Argilla sabbiosa	2550	255
Loess	612	153
Sabbia limosa	204	51
Sabbia sciolta	255	102
Sabbia compatta	816	510
Argilloscisto	51000	1530
Limo	204	20.4
Sabbia e ghiaia sciolta	1530	510
Sabbia e ghiaia compatte	2040	1020

**Tabella sui valori
indicativi del modulo
elastico di alcuni terreni.**

4.2. Stabilità degli scavi

Per le opere di urbanizzazione e lottizzazione gli scavi saranno limitati a profondità attorno al metro; per fronti di tale altezza non sono da prevedersi particolari problematiche di stabilità.

La stabilità dei fronti di scavo in terreni sciolti secondo profili sub-verticali è solo apparente; infatti, la coesione di un terreno sciolto, pur risultando a prima vista significativa, è in realtà una caratteristica variabile poiché, a contatto con l'acqua, essa si può annullare, anche improvvisamente provocando franamenti dei fronti di scavo che, da situazioni sub-verticali, passano a situazioni di equilibrio secondo pendenze prossime all'angolo di natural declivio del materiale scavato.

Inoltre si ricorda che nei settori di eventuale sbancamento in prossimità a manufatti, è necessario implementare le prescrizioni di legge vigenti in materia: il D.M. 17/01/18 - NTC-18 prescrive, fra le altre cose: (par. 6.8.6.2.) *"... per gli scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo"*.

Per la determinazione della stabilità delle fondazioni esistenti nei riguardi delle operazioni di scavo andranno acquisite informazioni circa le modalità costruttive (rigidità), la posizione e le dimensioni delle fondazioni dei manufatti adiacenti; è necessario inoltre conoscere con precisione anche la distribuzione, il valore assoluto e quello vettoriale dei momenti e dei carichi permanenti e di esercizio che gravano su di esse, nonché valutare l'intensità e gli effetti delle vibrazioni prodotte durante le operazioni di scavo.

Per quanto riguarda le vibrazioni generate durante i lavori - movimentazione terre, demolizioni, transiti, compattazione dei rilevati - per evitare danni ai manufatti adiacenti si raccomanda di non eccedere i valori critici.

Per l'Italia si fa riferimento alla UNI 9916 del 2004, da cui si riporta un abaco, e successive revisioni: Norma numero: UNI 9614:2017 Titolo: Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.



prospetto D.1

Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni di breve durata sulle costruzioni

Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.c.p.v in mm/s			
		Fondazioni			Piano alto
		Da 1 Hz fino a 10 Hz	Da 10 Hz fino a 50 Hz	Da 50 Hz fino a 100 Hz ¹⁾	Per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	Varia linearmente da 20 ($f=10$ Hz) fino a 40 ($f=50$ Hz)	Varia linearmente da 40 ($f=50$ Hz) fino a 50 ($f=100$ Hz)	40
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	Varia linearmente da 5 ($f=10$ Hz) fino a 15 ($f=50$ Hz)	Varia linearmente da 15 ($f=50$ Hz) fino a 20 ($f=100$ Hz)	15
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	3	Varia linearmente da 3 ($f=10$ Hz) fino a 8 ($f=50$ Hz)	Varia linearmente da 8 ($f=50$ Hz) fino a 10 ($f=100$ Hz)	8

¹⁾ Per frequenze oltre 100 Hz possono essere usati i valori di riferimento per 100 Hz.

Attenzione alla presenza di un terreno superficiale con caratteristiche molto scadenti: questa circostanza potrebbe provocare difficoltà di accesso e di movimentazione dei mezzi d'opera, che potrebbero impantanarsi nel terreno.

E' prevedibile la necessità di operare con scotichi e riporti di materiali grossolani e drenanti per garantire la movimentazione dei mezzi d'opera.

Duranti i lavori di scavo si dovrà anche prestar particolare attenzione alla presenza di drenaggi sepolti, i quali svolgono una funzione fondamentale che non deve assolutamente essere deteriorata.

Anticipando il paragrafo sui drenaggi, si evidenzia la necessità di inclinare leggermente il fondo degli scavi in modo che l'acqua non possa ristagnare ma bensì che possa sgondare verso il perimetro di valle, dove deve essere preliminarmente predisposto (qualora non esistente fino alla profondità necessaria) un drenaggio di scarico in grado di allontanare l'acqua che tenderà a ristagnare sul fondo degli scavi.

A conclusione del capitolo sugli scavi si ricordino alcune considerazioni generali:

- mantenere lo scavo aperto per il solo tempo strettamente necessario alla realizzazione degli elementi in progetto: qualora si dovessero verificare interruzioni delle operazioni o si riscontrassero situazioni anomale (quali la presenza di riporti, presenza di filtrazioni, livelli limosi non addensati, ecc.) si prescrive di mettere in sicurezza i fronti di scavo lasciati aperti tramite adeguate opere provvisorie.

- proteggere i fronti di scavo con teli e reti in modo che le precipitazioni non possano erodere né far scadere i parametri di resistenza del terreno ed anche in modo che eventuali piccoli distacchi non possano coinvolgere il piano di lavoro dei lavoratori ma siano trattieneuti al piede dello sbancamento.

- le filtrazioni idriche e/o ruscellamenti che dovessero provenire anche dalla viabilità verso monte e/o dalle superfici impermeabilizzate esistenti in zona non possano fluire né ristagnare nelle zone di scavo ma siano intercettate e fatte defluire verso apposito sistema drenante e di smaltimento.

- è importante che il reinterro fra nuove opere ed il fronte di scavo sia eseguito compattando il riporto, per limitare al massimo il rilassamento del terreno e conseguenti potenziali dissesti.

- secondo quanto stabilito dalle norme e regole anti infortunistiche, si raccomanda di non sovraccaricare la sommità delle scarpate di scavo, o di provvedere affinché le opere di sostegno, provvisorie o definitive, siano verificate tenendo in considerazione i valori dei carichi trasmessi al terreno compresi quelli transitori e le spinte dell'acqua.



- monitorare il comportamento dei fronti di scavo con particolare attenzione alle zone con presenza di riporti ed in adiacenza a manufatti esistenti: ciò consentirà di adeguare i lavori alle risultanze stratigrafiche via via incontrate.

- rispettare tutte le norme in materia di prevenzione degli incidenti sul lavoro (transennare gli scavi, utilizzare opere di sostegno provvisorie, anche nel caso di scavi a sezione ristretta, ecc.).

- poichè si opererà in ambiente urbanizzato con presenza di immobili nelle proprietà circostanti, **si raccomanda di eseguire, prima dell'inizio dei lavori, uno stato di consistenza strutturale e fotografico della situazione: ciò permetterà di prevedere il comportamento dei manufatti esistenti e valutare se i lavori in progetto sono compatibili con il loro assetto strutturale. Tale stato di consistenza consentirà anche di evitare che eventuali lesioni e/o filtrazioni eventualmente già presenti su tali manufatti siano poi attribuite all'esecuzione del progetto.**

- durante gli scavi e riporti, infine, si raccomanda di monitorare le vibrazioni indotte, al fine di non arrecare danni ai manufatti circostanti ed anche per verificare la stabilità dei fronti di scavo.

Quelle fornite sono indicazioni generali, di supporto geologico, e che non vogliono in alcun modo limitare le scelte progettuali del calcolatore nè quelle operative della Ditta esecutrice.

4.3. Portanza del terreno

Si raccomanda di verificare che le fondazioni stradali e dei parcheggio appoggino su materiale con caratteristiche di resistenza omogenee: l'effettivo stato tensionale del terreno nei diversi punti dell'area di progetto dovrà essere valutato in fase di sbancamento.

Ove si verifichi che il contatto fra i litotipi diversi sia tale che un tratto delle fondazioni risultino appoggiate in terreno resistente ed un altro tratto su terreno sciolto di riporto o limoso compressibile (come nel caso della zona parcheggi), risulterà necessario - al fine di prevenire cedimenti differenziali - approfondire il piano di posa nella zona con copertura scadente fino ad incontrare il terreno migliore. Qualora si ritenesse preferibile limitare gli scavi si dovrà intervenire con opere di bonifica e rinforzo degli strati superficiali.

In questa fase non sono previste costruzioni di edifici ma solo della viabilità, parcheggi, recinzioni, ecc.: pertanto, per tali opere, il punto critico non risiede tanto nella portanza in se, quanto piuttosto nella preparazione del piano di appoggio, che non deve essere soggetto a deformazioni e cedimenti.

Data la complessa situazione stratigrafica, per giungere a questo scopo si dovrà procedere ad una attenta preparazione del sottofondo, scoticando i terreni compressibili superficiali e sostituendoli con riporti di caratteristiche controllate.

Si dovrà predisporre un livello basale in teli incrociati di geotessuto di alta grammatura su cui appoggiare i rilevati di fondazione dei viali e parcheggi.

Lo strato di base, così come quelli superiori, dovranno essere certificati con le usuali prove di carico su piastra, i cui risultati di accettabilità, da definirsi preliminarmente, andranno riferiti alle opportune classi d'uso.

Le verifiche esecutive di sicurezza e delle prestazioni delle opere fondazionali secondo i metodi NTC-18, andranno eseguite in fase esecutiva, una volta disponibili i dati delle combinazioni delle azioni di progetto e l'esatta situazione geotecnica, statica e geometrica delle fondazioni.

A livello di progettazione definitiva non si può pertanto nemmeno definire con precisione il cedimento atteso (dato il progetto in esame ed i terreni presenti si dovranno attentamente contrastare tali fenomeni), calcolo che potrà essere eseguito in sede esecutiva applicando le indicazioni riportate nei paragrafi precedenti.



RIPORTI

Come richiesto dalle norme di settore, per i riporti si dovranno utilizzare dei terreni idonei: si faccia riferimento alla normativa in materia che prevede l'uso di particolari miscele di terreni, descritte ad esempio nella norma UNI EN 11531-1; le tipologie più adatte sono le A1, A2-4, A2-5, A3 e poi a seguire A2-6, A2-7: a seguire si riporta la classificazione citata.

Prima di completare la costruzione su questi rilevati sono da prevedersi le usuali prove di collaudo, quali le prove di carico su piastra, per verificare il raggiungimento delle necessarie resistenze.

Estratto NORMA UNI 11531-1 DEL 2014

Classificazione delle terre

UNI 11531-1: 2014

Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbioso Frazione passante al setaccio 0,063 mm ≤ 35%							Terre limo-argillose Frazione passante al setaccio 0,063 mm > 35%					Torbe e terre organiche palustri
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6	
Frazione passante al setaccio 2 mm 0,4 mm 0,063 mm	≤50 ≤30 ≤15	- ≤50 ≤25	- >50 ≤10	- ≤35	- ≤35	- ≤35	- ≤35	- >35	- >35	- >35	- >35	- >35	
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 mm LL (Limite liquido) IP (Indice di plasticità)	≤6	≤8	N.P.	≤40 ≤10	>40 ≤10	≤40 >10	>40 >10	≤40 ≤10	>40 ≤10	≤40 >10	>40 >10 IP ≤ LL-33	>40 >10 IP > LL-33	
Indice di gruppo	0		0	0	≤4			≤8	≤12	≤16	≤20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane			Sabbia fina	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa			Limi poco compressibili	Limi molto compressibili	Argille poco compressibili	Argille molto compressibili e mediamente plastiche	Argille molto compressibili e molto plastiche	Torbe di recente o remota formazione, debris organici
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono					Da mediocre a scadente							Da scartare
Azione del gelo sulle qualità portanti	Nessuna o lieve			Media			Molto elevata		Media	Elevata	Media		
Ritiro e rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve			Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato		
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa					Scarsa o nulla				
N.P.	= non plastico; = Non necessario per la classificazione												

Gruppo A-1: Il materiale tipico di questo gruppo è una miscela ben distribuita di pietrisco o ghiaia, sabbia grossa e fine, legante non plastico o leggermente plastico;

Sottogruppo A-1-a: include materiali con prevalenza di pietrisco con o senza legante o materiale fine;

Sottogruppo A-1-b: comprende materiali con prevalenza di sabbia grossa con o senza legante.

Gruppo A-3: il materiale tipico di questo gruppo è sabbia fine di spiaggia o di deserto senza argilla e con poco limo non plastico; sono pure compresi depositi fluviali di sabbia fine a gradazione povera e quantità limite di sabbia grossa e ghiaia.

Gruppo A-2: comprende una grande varietà di materiali granulari ai limiti dei due gruppi precedenti e limi-argille dei gruppi seguenti; vi sono inclusi tutti i materiali contenenti 35% o meno del passante al 0,075 mm che non possono essere classificati nei due gruppi precedenti per l'eccesso fine o per la plasticità;

Sottogruppi A-2-4 e A-2-5 includono vari materiali granulari contenenti 35% o meno del passante al 0,075 mm ed una minore porzione di passante al n° 40. Avente le caratteristiche dei gruppi A-4 ed A-5. Vi appartengono le ghiaie e le sabbie grosse con limo o Ip non tollerati nel gruppo A-1 e sabbie fini con limo non plastico non tollerate nel gruppo A-3;

Sottogruppi A-2-6 ed A-2-7: includono materiali simili a quelli dei sottogruppi precedenti con la eccezione che il fine contiene argilla plastica con le caratteristiche del gruppo A-6 od A-7.

Gruppo A-4: il materiale tipico è una terra limosa non plastica (o poco) con più del 75% passante il setaccio da 0,075; sono comprese miscele di limo con sabbia e ghiaia che non eccedano il 64%.

Gruppo A-5: si distingue dal precedente in quanto include materiale a carattere diatomaceo o micaceo e che può essere altamente plastico.

Gruppo A-6: il materiale tipico è una terra argillosa plastica con più del 75% di passante al 0,075; sono pure incluse miscele di terra fine argillosa con non più del 64% di sabbia e ghiaia.

Gruppo A-7: il materiale tipico è simile a quello del gruppo precedente con però l'elevato LI caratteristico del gruppo A-5 e può essere elastico;

Sottogruppo A-7-5: include quei materiali con moderato Ip in rapporto ad LI e che possono essere molto elastici e soggetti a forti cambiamenti di volume;

Sottogruppo A-7-6: include quei materiali aventi un alto Ip in rapporto ad LI e soggetti a cambiamenti di volume elevatissimi.

**Classificazione
delle terre
secondo la
norma UNI EN
11531-1.**



Poichè è prevista la sopraelevazione del piano di campagna mediante riporti si dovrà prestar attenzione alla circostanza che tale operazione indurrà costipamenti dei terreni compressibili (specialmente le torbe) presenti nel sito.

Conoscendo le posizioni delle opere si valuti la possibilità di bonificare il terreno asportando tali orizzonti (o almeno la maggior parte di essi) o, in alternativa, di eseguire un pre – carico sull'impronta delle stesse (es. mediante riporto di terreno) in modo di esaurire i cedimenti prima di passare alla fase costruttiva.

Nel caso vanno predisposte delle mire ottiche per monitorare il procedere degli assestamenti in profondità.

Si vuole ora richiamare l'attenzione alla seguente tematica:

In prospettiva del completamento del progetto, riferendosi alle fondazioni degli edifici, si considerino le seguenti osservazioni, che hanno dei potenziali risvolti anche per la progettazione delle opere di mera lottizzazione:

- non è prudente appoggiare gli edifici sopra a livelli compressibili (torbosi) aventi andamento discontinuo e spessori variabili: il rischio di cedimenti differenziali è infatti troppo elevato; nel caso si dovrebbe realizzare una platea rigida da appoggiarsi a profondità sufficiente a superare le disomogenità,
- la soluzione fondazionale consistente nel bonificare (sostituire) il terreno fino alla morena di base non è operazione agevole, sia per la presenza dei terreni compressibili e sia per la presenza di filtrazioni (necessità di pompaggi, opere provvisorie di sostegno (visti anche i fronti cavitanti delle pareti dei pozzetti, ecc.),
- anche se si arrivasse a bonificare e rullare l'impronta di appoggio degli edifici fino alla morena, si avrebbe la formazione di vere e proprie tasche d'acqua contenute nei pori del terreno di riporto grossolano da utilizzarsi nella bonifica, con i conseguenti ovvi potenziali disagi successivi.

Lo scrivente ritiene che l'approccio più sicuro, snello e meno impattante (ed alla fine verosimilmente anche meno costoso) sia quello di prevedere, per gli edifici, l'utilizzo di fondazioni con micropali che scarichino le tensioni di progetto entro al substrato morenico presente in profondità.

Tale soluzione ha numerosi vantaggi:

- è la più sicura strutturalmente, viste le disomogeneità stratigrafiche,
- è la meno invasiva rispetto all'assetto idrogeologico,
- data la posizione non molto profonda della morena (-2.5 / -3 m) non richiede lunghezze di perforazione troppo elevate,
- è quella realizzabile con le tempistiche più contenute e con le minori incertezze e difficoltà.

Per definire la profondità di attestamento dei pali si dovranno aver a disposizione i dati relativi ai carichi di progetto ed anche acquisire informazioni geognostiche e geotecniche estese più in profondità.

Liquefazione

La verifica a liquefazione (NTC-18 Cap. 7.11.3.4) può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

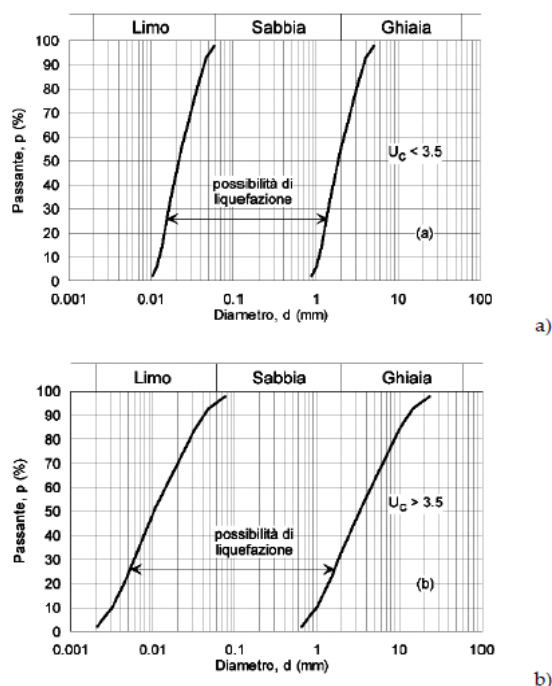


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Stante la situazione geologica per i terreni del sito si ritiene che non sussista la possibilità di fenomeni di liquefazione: tuttavia anche questo aspetto dovrà essere attentamente verificato in sede esecutiva, particolarmente in vista della costruzione degli edifici, mediante le opportune indagini geotecniche / scelte fondazionali.

4.4. Drenaggi, impermeabilizzazioni, ripristini

L'aspetto relativo ad assicurare un articolato ed efficiente sistema dei drenaggi è uno dei punti più importanti per la buona riuscita dei lavori.

I lavori di urbanizzazione e lottizzazione (anche senza considerare gli edifici) interferiranno infatti in modo determinante con l'assetto idrogeologico superficiale del sito e potrebbero determinare, qualora non gestiti con attenzione, la formazione di ristagni e scadimenti delle caratteristiche dei terreni.

Pertanto, in assoluto, la prima operazione da eseguirsi è quella di verificare la presenza e funzionalità di un opera di drenaggio che assicuri lo smaltimento dell'acqua filtrante nel terreno; qualora gli scavi in progetto si spingessero sotto alla profondità dei drenaggi esistenti, si dovrà realizzarne un nuovo sistema di drenaggio, accordandosi con le proprietà confinanti.



Duranti tutti i lavori di scavo si dovrà comunque prestar particolare attenzione alla presenza dei drenaggi sepolti, i quali svolgono una funzione che non deve assolutamente essere deteriorata.

Si evidenzia la necessità di inclinare leggermente il fondo degli scavi in modo che l'acqua non possa ristagnare ma bensì che sia allontanata verso il perimetro di valle, dove deve essere stato preliminarmente predisposto il drenaggio di scarico sopra menzionato.

Si ritiene necessario anche realizzare un articolato sistema di drenaggi interessante tutta l'area: sia lungo tutto il perimetro e sia con traverse di collegamento, in modo che l'acqua filtrante e la falda risaliente non arrivino a bagnare le opere in progetto ma si possano scaricare.

La presenza di opere interrato non deve poi rappresentare un ostacolo al fluire delle filtrazioni, nel qual caso si avrebbe il possibile innalzamento del livello delle filtrazioni, con conseguente potenziale innesco di fenomeni di instabilità e azioni di spinta sulle nuove opere.

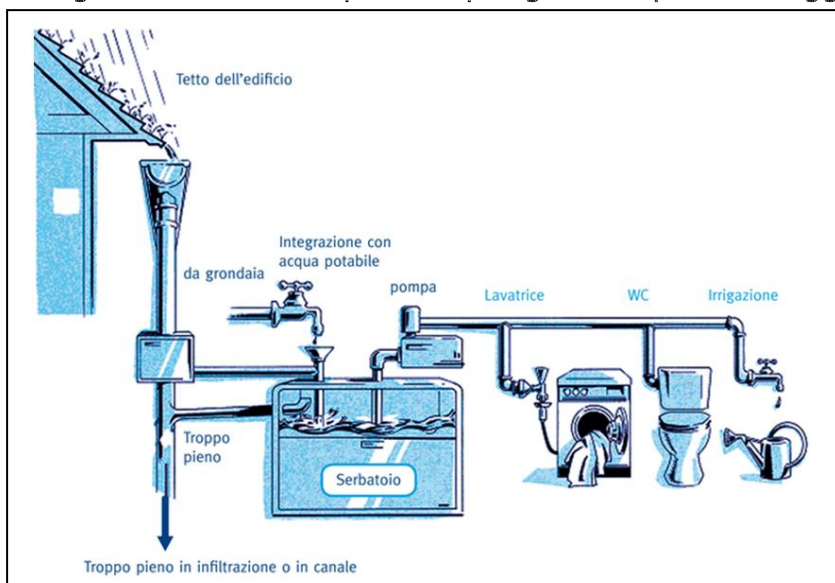
Considerazione valida per tutte le opere interrato è poi quella di prevedere l'impermeabilizzazione delle stesse, per assicurare che non si determinino problemi di umidità, efflorescenze, ecc.

4.5 Smaltimento delle acque meteoriche

Le indicazioni del PGUAP sono di preferire, ove possibile, lo smaltimento diretto in sottosuolo; stante tale situazione, appare comunque particolarmente opportuno adottare tipologie di coperture per le strade e piazzali quanto più permeabili possibile (pavimentazione drenante) e sistemi di accumulo dell'acqua di pioggia (es. vasche per irrigazione del verde privato, per gli sciacquoni, vasche antincendio, ecc.).

Nella zona del sito non vi sono specifici vincoli relativi alla protezione di risorse idriche: pertanto è consentita la dispersione in sottosuolo delle acque meteoriche dei tetti e dei piazzali.

Utili accorgimenti per ridurre l'entità di acqua da smaltire potranno essere sistemi di accumulo dell'acqua di pioggia ed il suo utilizzo in sito: es. vasche per irrigazione del verde privato, per gli sciacquoni, lavaggi, vasche antincendio, ecc.



**Gestione sostenibile delle
acque meteoriche.**

**(Provincia Autonoma
Bolzano).**

Quantità d'acqua da smaltire.: la quantità d'acqua da smaltire in occasione di piogge intense è così valutabile:



$$Q = (S * h) / (T * 3.600)$$

dove:

Q = portata da smaltire (l/sec)

S = superficie impermeabile (m²)

h = altezza di pioggia in (mm) caduta nel tempo T

T = durata della pioggia intensa in (ore).

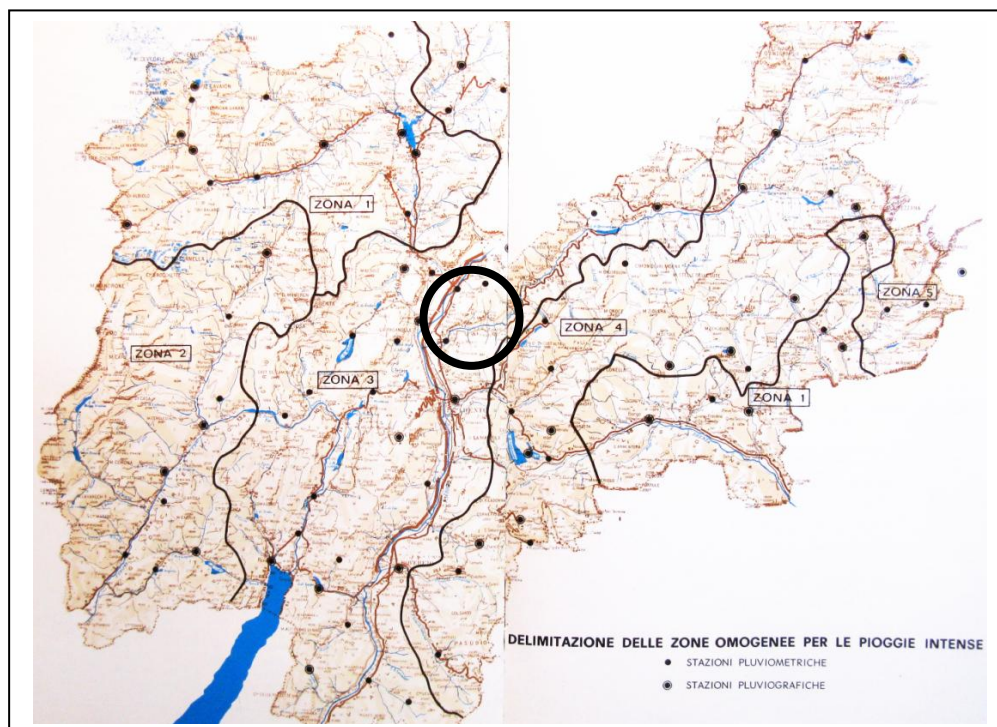
La superficie "S" impermeabile, è data dal prodotto dell'area impermeabilizzata o parzialmente impermeabilizzata (es. tetto, piazzali, ecc.) (S₀) per un coefficiente di deflusso (kd,) tipico per ciascuna tipologia di superficie, applicando i quali si tiene conto della rugosità, dell'imbibizione e di altri fattori che limitano lo scorrimento dell'acqua da tali superfici verso il sistema collettore.

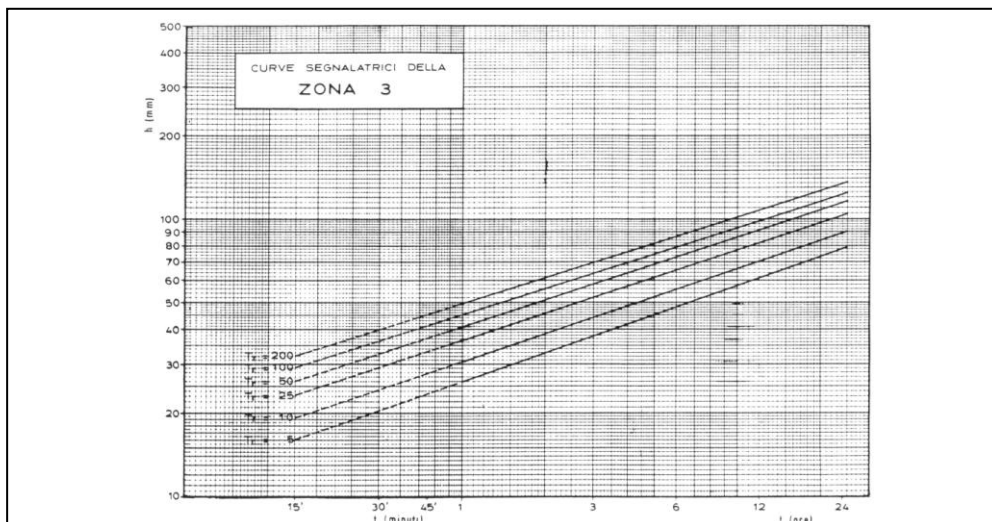
Questo coefficiente, ad esempio, nel caso di tetti può essere assunto kd = 0,9, mentre vale 0,2 per le zone a bosco e così via.

Per quanto riguarda il valore dell'altezza di pioggia "h" da inserire nei calcoli, si conosce, da un'indagine statistica sulle piogge intense nel Trentino effettuata dall'Azienda Speciale di Sistemazione Montana della P.A.T, che la pioggia di massima intensità che cade nella zona di **Vezzano (Zona 3)** nell'unità di tempo ("T"= 1 ora) e con un periodo di ritorno di 100 anni, è pari a h = **45 mm**: tale precipitazione fornisce la portata oraria di pioggia da smaltire di progetto.

Elaborando i dati sperimentali della piovosità, però, è risultato anche che su piccole superfici si verificano brevi scrosci, la cui intensità è superiore alla massima pioggia che può interessare una regione più vasta.

In pratica, riferendosi alla zona di interesse, su singole superfici inferiori ad un ettaro si possono verificare, negli scrosci della durata di 15 minuti, precipitazioni fino a **29 millimetri** d'acqua (ancora considerando tempi di ritorno di 100 anni).





Delimitazione delle zone omogenee per le piogge intense e curve segnalatrici della zona di Vezzano (Zona 3).

Definita l'altezza della precipitazione intensa di riferimento si ha che, nell'intervallo prescelto si ottiene così la portata d'acqua da smaltire e, da questa, si ha che il volume d'acqua V_a , (detto volume di accumulo) prodotto dalla precipitazione di progetto è calcolabile come il prodotto della superficie impermeabile equivalente ("S" in m^2) per l'altezza d'acqua caduta ("hs" in m):

$$V_a = S * h_s (m^3).$$

Per il momento non si conoscono nel dettaglio le ampiezze e le tipologie (e relativi coefficienti di deflusso) delle superfici impermeabilizzate (tetti, piazzali, accessi) tutte variabili che intervengono in modo determinante per il calcolo delle portate e dei volumi dell'acqua da smaltire.

Si presenta quindi un calcolo per la superficie unitaria ($1 m^2$); una volta note le quantità di interesse di ciascuna tipologia di superficie si potrà presentare il dimensionamento riferito all'opera nel suo complesso.

altezza pioggia	durata pioggia								
h (mm)	T (min)	T (ore)							
29	15	0.25	scroscio						
45	60	1	oraria						
125	1440	24	giornaliera						
tipo	S coperta	Coef Def	S equiv	Q scroscio	V scroscio	Q oraria	V orario	Q 24 ore	V 24 ore
	m2		m2	l/sec	m3	l/sec	m3	l/sec	m3
tetto	1.00	0.90	0.90	0.0290	0.026	0.0113	0.041	0.0013	0.113
asfalto e cub. cementati	1.00	0.85	0.85	0.0274	0.025	0.0106	0.038	0.0012	0.106
cubetti o formelle con sabbia	1.00	0.70	0.70	0.0226	0.020	0.0088	0.032	0.0010	0.088
macadam	1.00	0.50	0.50	0.0161	0.015	0.0063	0.023	0.0007	0.063
prati e orti	1.00	0.17	0.17	0.0055	0.005	0.0021	0.0077	0.0002	0.021

Calcolo portata e volume dell'acqua meteorica da smaltire per le varie tipologie di superfici unitarie coperte o parzialmente impermeabilizzate.



Modalità di smaltimento.

La descritta situazione idrogeologica non è molto favorevole alla dispersione in sottosuolo: questo in ragione della bassa permeabilità dei terreni e per la presenza a bassa profondità di filtrazioni idriche, circostanza che pone dei vincoli.

La dispersione nel terreno risulta pertanto possibile, tramite trincee disperdenti, per il settore N del lotto, mentre per il settore S si dovrà trovare una soluzione diversa, quale lo scarico in rete o, dopo laminazione, in corso d'acqua.

Volendo adottare una soluzione unitaria, si preveda di utilizzare, allo scopo, il già esistente sistema drenante, che arriva a recapitare verso la zona di confluenza delle rogge scolanti in zona, o, eventualmente autorizzato, di laminare la portata da disperdersi verso la roggia.

4.6. Conclusioni

La presente relazione geotecnica presenta la discussione delle varie tematiche relative alla realizzazione del progetto: **"PIANO DI LOTTIZZAZIONE P.L.8, SULLE PP.FF. 221/1/2/5/6/7-222/1/2 IN C.C. VEZZANO"** commissionato dallo Studio Tecnico Associato Sommadossi, Zampieri e Pedrini di Fraveggio.

Le principali tematiche geologico - geotecniche riconosciute e relativamente alle quali si sono fornite le necessarie indicazioni per rendere compatibile il progetto, sono:

- stabilità dei fronti di scavo: sebbene le profondità di scavo siano limitate, si sono discusse le condizioni al contorno necessarie per l'esecuzione degli sterri, che prevedono di predisporre preliminarmente un sistema di drenaggio, ed anche di bonificare il terreno e di utilizzare geotessuti,
- portanza delle fondazioni: la complessa situazione geotecnica, con presenza di orizzonti compressibili, potrebbe generare, se non contrastata come indicato, l'insorgere di importanti cedimenti, anche differenziali,
- risulta anche necessario predisporre un articolato sistema di drenaggio, anche perimetrale e con traverse di collegamento,
- acque meteoriche: calcolo della quantità e discussione dell'eventuale possibilità di smaltimento.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17/01/2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni", fa riferimento alla relazione geologica del progetto definitivo e costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare.

La presente relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno riguarda la fase di progetto definitivo e dovrà essere integrata in fase esecutiva con tutte le previste verifiche della sicurezza e delle prestazioni di cui al capitolo 6.2.4. delle NTC 2018."

Richiamando validi concetti espressi anche dalla precedente normativa (DM 11/03/88), inoltre, si prescrive che "La validità delle ipotesi di progetto dovrà essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate".

San Cristoforo, **febbraio 2020**



Studio Geologico Associato GeoAlp
dott. geol. Icilio Vigna

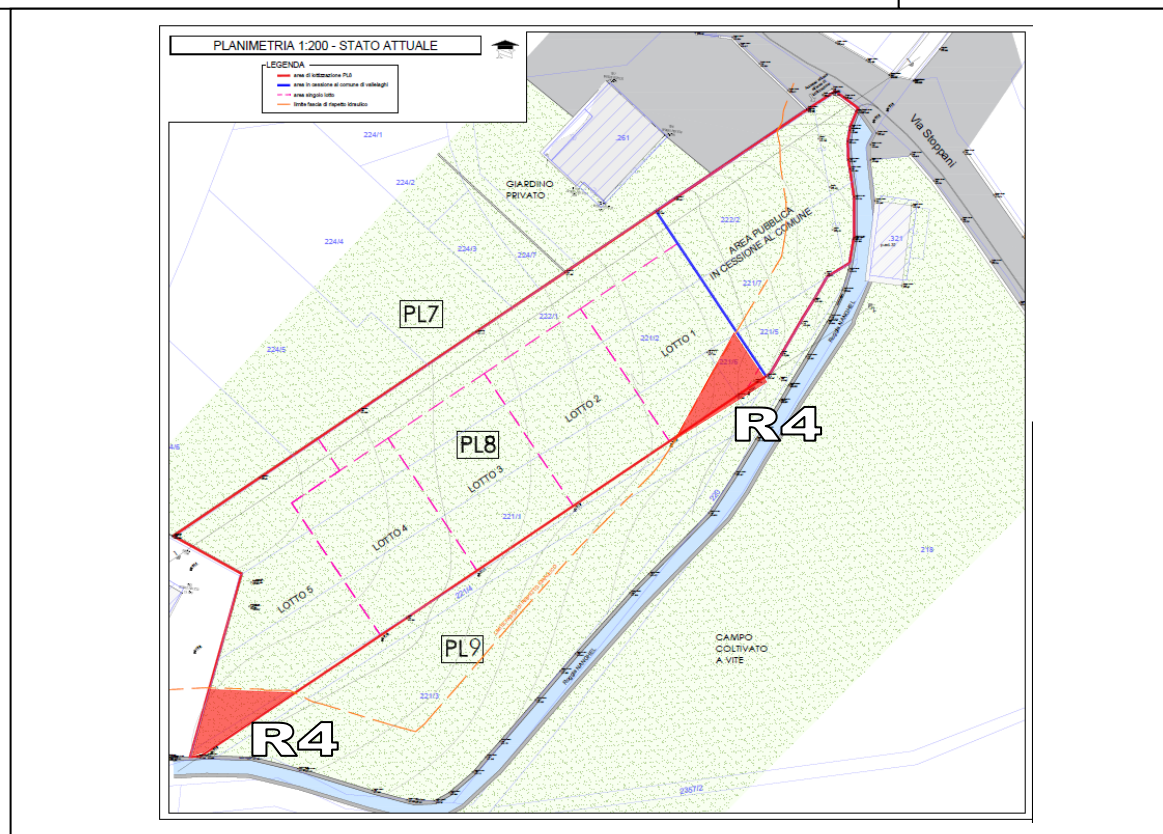
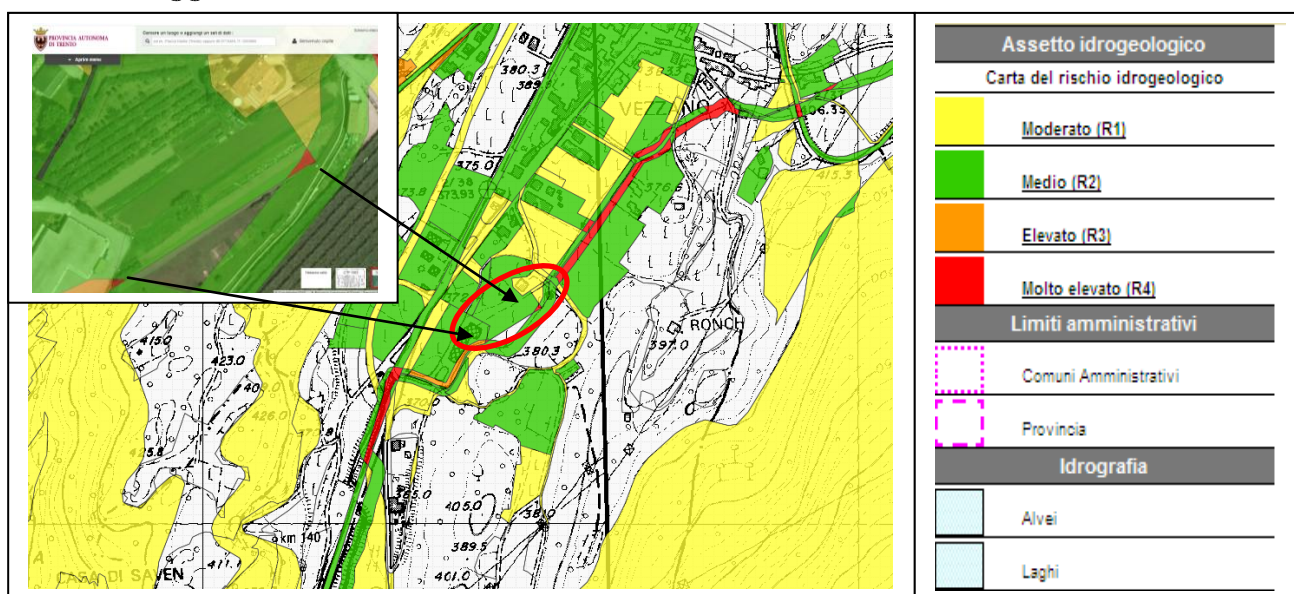


5. STUDIO DI COMPATIBILITA'

Il presente studio di compatibilità si riferisce al Progetto: "PIANO DI LOTTIZZAZIONE P.L.8, SULLE PP.FF. 221/1/2/5/6/7-222/1/2 IN C.C. VEZZANO" commissionato dallo Studio Tecnico Associato Sommadossi, Zampieri e Pedrini di Fraveggio.

I contenuti del presente studio di compatibilità sono sviluppati in maniera commisurata alla natura e all'importanza dell'intervento da effettuare, che risulta al momento dedicato alla realizzazione delle sole opere di urbanizzazione.

La redazione dello studio di compatibilità si rende necessaria a seguito all'appartenenza, sulla cartografia del rischio idrogeologico del PGUAP, di due porzioni di terreno alla categoria P4 rischio molto elevato: la porzione meridionale non sarà oggetto di lavori di lottizzazione



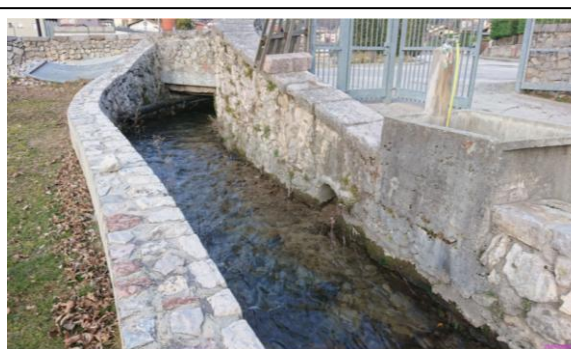
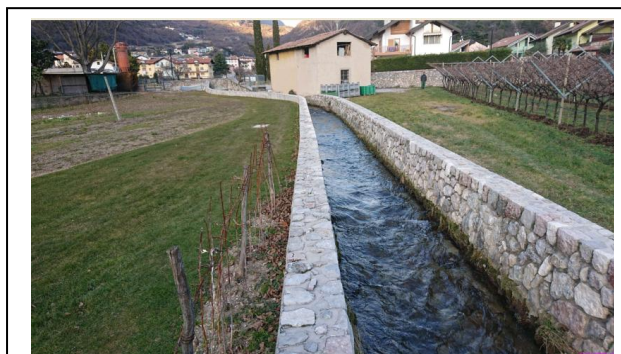


- Individuazione del tipo di fenomeno:

Il fenomeno è relativo alle possibili dinamiche esondative derivanti dalla roggia Nanghel, che perimetra il bordo E dell'area. Dato l'assetto geomorfologico e la posizione del sito rispetto alla roggia, che a monte presenta dei tratti tombati, la dinamica temuta non è tanto quella di colata detritica quanto appunto di esondazione idrica a fianco dell'argine in muratura, che attualmente, in corrispondenza del sito, sporge dal terreno per circa 0,5 – 0.6 m.



la roggia a monte del sito



la roggia a lato del sito



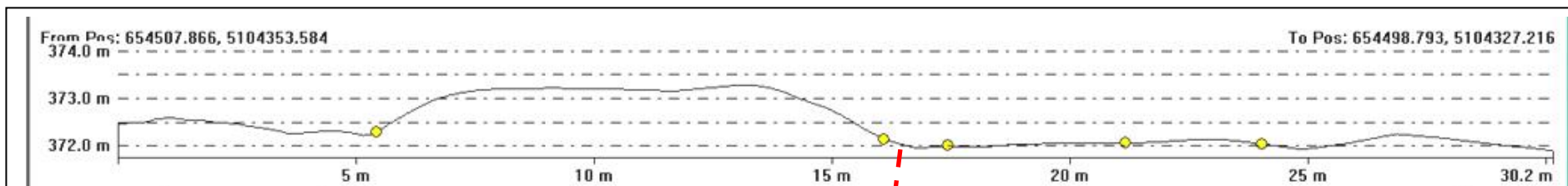
la zona del parcheggio, a lato della roggia



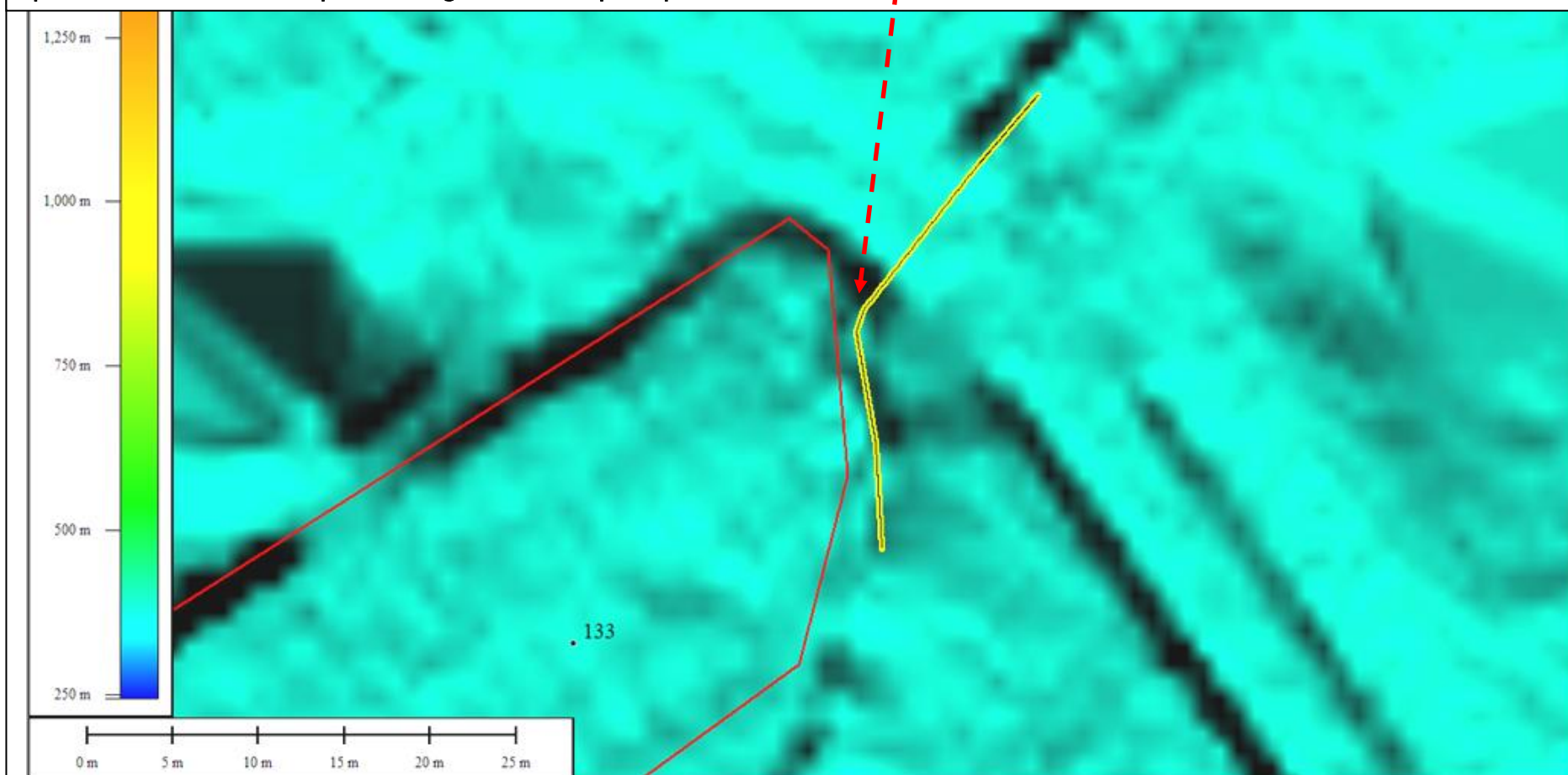
- Analisi della pericolosità:

Stante la morfologia locale, la pericolosità riguarda l'esondazione per superamento dell'argine occidentale della roggia: la posizione ove questo potrebbe accadere, nella zona del sito, è quella ove la roggia passa tombata sotto alla strada comunale, punto che costituisce di fatto ad un'interferenza idraulica, a monte del sito, come visibile nelle foto precedenti.

Qui inoltre la roggia presenta, verso monte, minor pendenza rispetto al tratto dell'attraversamento, ove esiste un breve risalto di quota: questo conferma come il tratto più critico sia a monte dell'attraversamento.



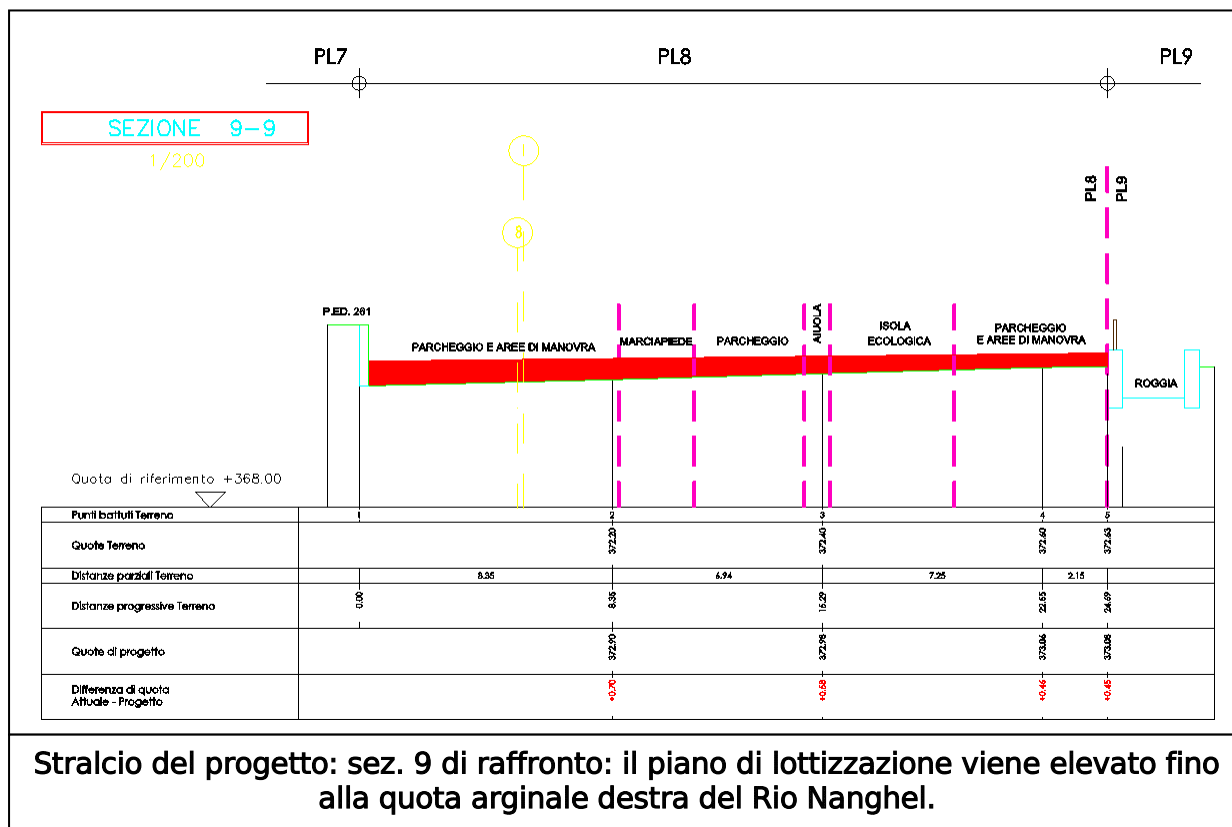
Profilo della Roggia di Nanchel con indicato il punto di attraversamento a monte della lottizzazione: qui vi è un breve risalto di quota, come visibile nel profilo longitudinale sopra riportato.





Non è possibile prevedere nel dettaglio, date le interferenze idrauliche (ponti e tombature) presenti a monte, il tirante di esondazione da attendersi: si può comunque prevedere, sulla base della morfologia e pendenza d'alveo, che esso sarebbe dell'ordine di qualche decimetro, mentre verso il sito di lottizzazione (che ha quota maggiore, come di seguito descritto) si ritiene che sarebbe decimetrico.

Si tenga infatti presente, come si vede nella sezione tipo a seguire, che il piano di lottizzazione è stato innalzato (+0.4 m in sez. 9) fino circa alla quota d'argine e quindi più alto rispetto alla campagna circostante posta in destra idrografica a monte dell'attraversamento.



L'acqua di esondazione non tenderebbe a riversarsi pertanto verso le opere in progetto, protette dalla loro maggior elevazione ma piuttosto verso la campagna a fianco ed attraverso la strada comunale.

- Massimi effetti prevedibili:

I massimi effetti prevedibili sono costituiti, nel caso di esondazione a monte del ponte, dall'arrivo di acqua con tirante decimetrico: ciò potrebbe causare limitati disagi e ristagni, magari coinvolgenti le reti tecnologiche, ma non veri e propri danni strutturali.

- Definizione della vulnerabilità di quanto si intende realizzare:

Le opere di lottizzazione in progetto, strade interne, parcheggio, etc, sarebbero impattate molto limitatamente dall'attesa esondazione. Esprimendo in percentuale la vulnerabilità (art. 19 PGUAP) dei nuovi elementi nei confronti di tale scenario, finora, è bene ricordare, mai registrato, si può assegnare - in via puramente valutativa - un valore del 5%, cioè definibile come una vulnerabilità lieve.

**- Definizione delle opere di messa in sicurezza:**

Non sono previste opere di messa in sicurezza specifica del sito: viceversa l'innalzamento del piano di campagna fino circa alla quota arginale è un intervento progettualmente già previsto e che comunque comporterà, di fatto, la riduzione della pericolosità idrogeologica per l'area del sito di interesse.

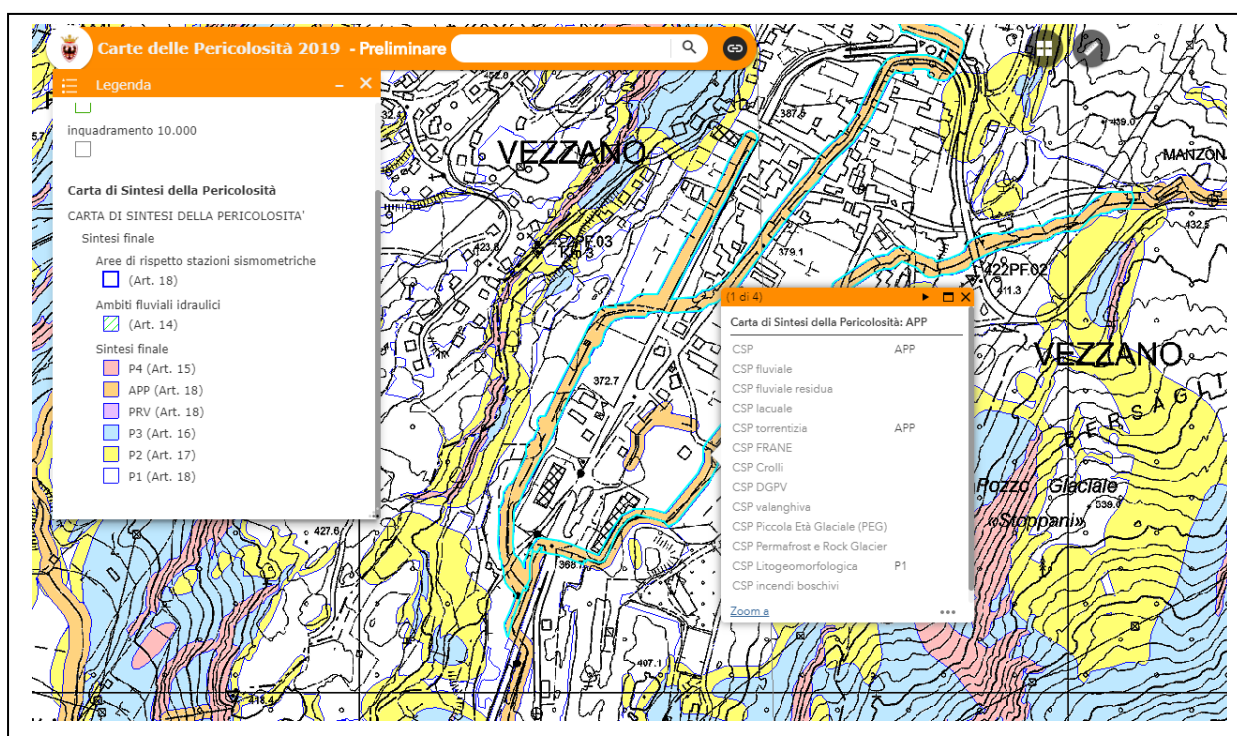
Infatti, per interferire con il sito innalzato di quota, un evento alluvionale deve aver maggior magnitudine e quindi aver un maggior tempo di ritorno e quindi avrà una minor probabilità di accadimento.

- Cronoprogramma opere:

Non essendo in programma opere specifiche di messa in sicurezza, non è applicabile la definizione di un cronoprogramma delle stesse. E' la realizzazione del progetto a costituire, all'atto esecutivo, l'opera di difesa, quindi contemporanea alla fase realizzativa.

- Conclusioni:

Come riferito nella relazione geologica, un'area ridotta del sito è classificata ad elevato rischio idrogeologico: R4 nel PGUAP; il ritaglio ora classificato a elevata pericolosità diventerà un'area APP, da approfondire, nella Carta di Sintesi delle Pericolosità a venire relativamente al tematismo torrentizio (e P1 litogeomorfologica).



Questa classificazione deriva dalla circostanza che parte del sito potenzialmente coinvolta nell'ipotetica espansione di una piena alluvionale per esondazione della Roggia di Nanghel.

Relativamente ai lavori in progetto, non solo di lottizzazione, ma anche di successiva costruzione degli edifici, il Servizio Bacini Montani ha già espresso un parere favorevole, in deroga ma con prescrizioni, per l'avvicinamento del progetto all'alveo della roggia, quindi fino ad entro la zona R4: in allegato si riporta integralmente tale documento.



Circa le prescrizioni per tale deroga, nel provvedimento si legge la seguente principale raccomandazione (stralcio):

La validità del presente provvedimento è subordinata all'osservanza delle seguenti prescrizioni di carattere tecnico-operativo:

- 1) in considerazione dello stato dei luoghi nonché delle sezioni di progetto, dalle quali risulta che la quota del piano di lottizzazione risulta più basso rispetto alla quota di testa della muratura arginale, si consiglia di valutare l'opportunità di alzare convenientemente detta quota per evitare possibili fenomeni di ristagno dell'acqua.

Il progetto ha recepito detta prescrizione / indicazione, come evincibile dalla sez. 9 di raffronto precedentemente riportata.

Sulla base delle osservazioni eseguite e descritte nel presente elaborato, oltre che in base anche al parere espresso già ricordato, la conclusione dello studio in ordine alla compatibilità dell'intervento è favorevole alla realizzazione di quanto in progetto.

Dopo l'esecuzione delle opere, che comporteranno l'innalzamento del piano di campagna e quindi la riduzione della pericolosità e del rischio, si ottiene di garantire l'incolumità delle persone: la riduzione della pericolosità comporta che il rischio dell'area interessata dai lavori di innalzamento, intervento che funge da mitigazione della pericolosità, sia da considerarsi non superiore a "Medio R2".

San Cristoforo, **febbraio 2020**

Studio Geologico Associato GeoAlp
dott. geol. Icilio Vigna

