

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA
geologia – geofisica – geotecnica – idrogeologia
DOTT. MARIA LUISA PICCINATO

COMUNE DI ROVEREDO IN PIANO

Modifica da Zona Agricola E4 in Zona P - AT VARIANTE N° 38 al P.R.G.C.
Modifica da Zona Agricola E5 in Zona H4 VARIANTE N° 39 al P.R.G.C.

RELAZIONE GEOLOGICA



Via Giuseppe Mazzini n° 45 – 33170 PORDENONE
Cell. 348-0851408
web: www.geologiapiccinato.it E-mail: info@geologiapiccinato.it
C.F. PCC MLS 61D41 G994M P.I. 01121520934

PREMESSA

Su incarico del Comune di Roveredo in Piano è stato redatto uno studio geologico per la modifica di una Zona della Variante N. 38 al PRGC e per la modifica di una Zona della Variante N. 39 al PRGC.

Lo scopo è quello di ricostruire i caratteri geomorfologici, litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici e sismici dell'area.

Per l'espletamento dell'incarico si è fatto riferimento a indagini e studi effettuati in corrispondenza e nelle vicinanze dell'area in oggetto e sono state eseguite due prove HVSR per la determinazione della velocità delle onde di taglio.

DESCRIZIONE DELLE VARIANTI

La Variante N° 38 al P.R.G.C. consiste nella trasformazione **da Zona Agricola E4 in Zona P - AT** Servizi tecnologici, protezione civile, eco-piazzola per mq 10.366. (PUNTO 1)

La Variante N° 39 al P.R.G.C. consiste nella trasformazione **da Zona Agricola E5 in Zona H4 -** Zona per strutture ricettive (ristorante) per l'ampliamento dell'edificio esistente destinato ad agriturismo da trasformare in ristorante, con relative pertinenze per mq 12.715 (PUNTO 2)



Immagine Google con indicazione dei due Punti di Variante



Scala 1:25000 con indicazione dei due Punti di Variante

CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE E LITOSTRATIGRAFICHE

Il territorio esaminato si posiziona ad una quota di circa 82,5 m s.l.m. (Punto 1- Variante N° 38) e a 90 m s.l.m. (Punto 2- Variante N° 39) e si inserisce dal punto di vista geomorfologico, nell'**Alta Pianura Pordenonese** che si estende a monte della "linea delle risorgive". La linea delle risorgive per la zona esaminata corre da Polcenigo e procedendo verso est passa per Vigonovo, Fontanafredda, Porcia, Pordenone, Cordenons, Murlis, Arzene fino a Ponte Tagliamento. Tale linea separa l'alta dalla bassa pianura.

L'alta pianura è costituita da un imponente materasso ghiaioso che si è depositato durante il Wurmiano ed il Postglaciale. Durante il Wurmiano (espansione glaciale) i corsi d'acqua che traevano origine dalla fusione dei ghiacciai deponevano gli abbondanti materiali che trasportavano a costituire ampie conoidi di deiezione che con l'andar del tempo si sono saldate tra loro.

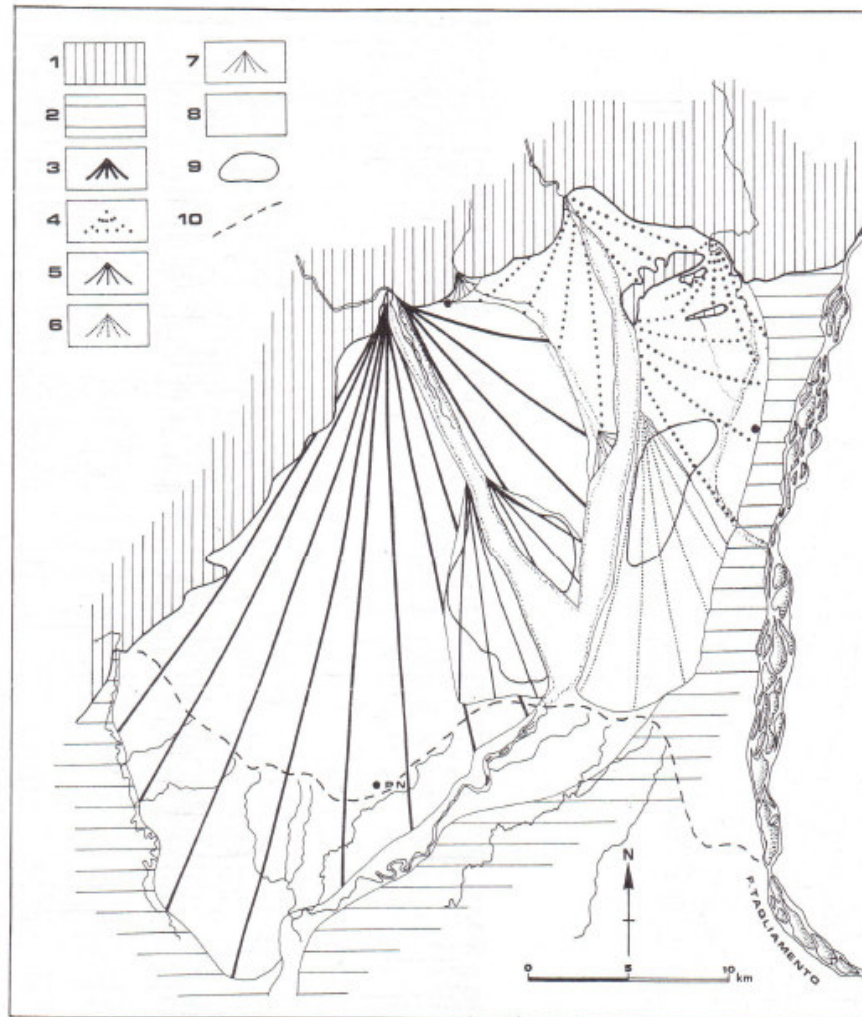
Per logica evoluzione del trasporto lungo la fascia settentrionale dell'alta pianura, immediatamente a ridosso dei rilievi montuosi, il materasso risulta costituito praticamente per l'intero spessore, da materiali ghiaiosi con rare intercalazioni di livelli conglomeratici, derivati dalla parziale cementazione carbonatica delle ghiaie e con rari livelli di limi.

Scendendo verso valle, entro il materasso ghiaioso cominciano a farsi frequenti le intercalazioni argillose, dapprima sotto forma di lenti e via via con livelli sempre più estesi lateralmente.

Scendendo ancora verso valle, lungo la fascia delle risorgive, le intercalazioni diventano non solo più frequenti ma anche di spessore maggiore e di rilevante estensione laterale. Gli orizzonti ghiaiosi sono poveri di ciottoli e le dimensioni dei singoli elementi diminuiscono e la matrice sabbiosa aumenta notevolmente; i materiali ghiaiosi sono tuttavia ancora in prevalenza rispetto quelli argillosi.

Immediatamente a valle delle risorgive il materasso quaternario assume un aspetto nettamente diverso: l'argilla e i materiali argillosi sono in netta prevalenza sui materiali ghiaioso-sabbiosi che diventano sempre più fini. Questa spessa coltre di depositi a granulometria fine sovrasta i livelli ghiaioso-sabbiosi che rappresentano la continuazione dei conoidi alluvionali costruiti dai maggiori fiumi (Cellina-Meduna) aventi la zona apicale nell'Alta Pianura. I sedimenti fini più superficiali sono stati depositati dalle correnti fluviali nelle fasi di ritiro dei ghiacciai.

In figura 1 sono evidenziate le principali strutture alluvionali della pianura pordenonese.



Distribuzione delle principali strutture alluvionali della pianura pordenonese

- | | |
|---|---|
| 1 = aree montane | 6 = conoide eopostglaciale del T. Meduna |
| 2 = alluvioni dei fiumi Livenza e Tagliamento | 7 = conoide olocenico del T. Colvera |
| 3 = conoide preglaciale del T. Cellina | 8 = alluvioni attuali del T. Cellina Meduna |
| 4 = conoide preglaciale dei T. Meduna e T. Cosa | 9 = aree dei principali magredi |
| 5 = conoide eopostglaciale del T. Cellina | 10 = linea delle risorgive |

Figura 1: "Distribuzione delle principali strutture alluvionali della pianura pordenonese" Tratto da "Magredi e risorgive nel Friuli Occidentale", Associazione Italiana Insegnanti di Geografia, 1997

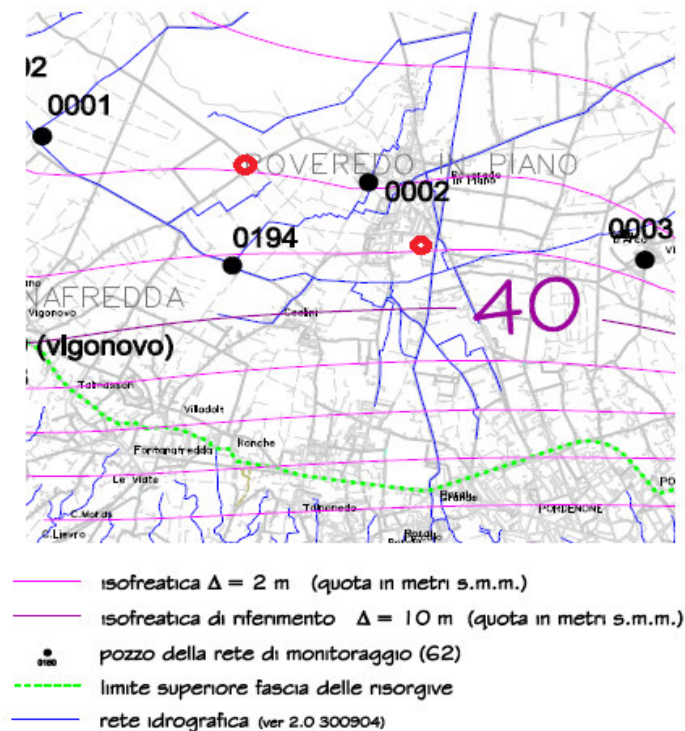
IDROGEOLOGIA ED IDROLOGIA

La costituzione litologica e la struttura stratigrafica del sottosuolo permettono l'esistenza di un sistema idrico multifalde assai variabile da monte a valle in relazione alla diversa distribuzione ed estensione dei livelli acquiferi.

La parte settentrionale e centrale dell'alta pianura dove il materasso ghiaioso si presenta continuo sia in senso verticale che in quello orizzontale, sono caratterizzate da un'unica falda indifferenziata alloggiata entro il materasso ghiaioso. Nella parte meridionale dell'alta pianura, gli orizzonti continui costituiti da argille e limi, che si riscontrano all'interno del deposito ghiaioso, differenziano l'acquifero in falde: una falda freatica e più falde in pressione. Lungo la linea delle risorgive l'orizzonte superficiale delle ghiaie si esaurisce per progressiva rastremazione e viene sostituito da argille e limi per cui la falda freatica viene a giorno attraverso una serie di fontanili. In corrispondenza e a sud della linea delle risorgive il modello idrogeologico è rappresentato da falde sovrapposte alloggiata entro gli strati permeabili separate da livelli impermeabili.

Nell'alta pianura, a ridosso dei rilievi montuosi, la falda freatica si localizza a profondità elevata. Scendendo verso valle la superficie piezometrica si avvicina via via al piano campagna intercettandolo in corrispondenza della linea delle risorgive. Dalla linea delle risorgive si origina una vasta e complessa rete idrografica superficiale che solca con continuità tutto il territorio della bassa pianura pordenonese.

In corrispondenza dei due punti di Variante esaminati la falda freatica si posiziona a – 40 m dal p.c. (Punto 1- Variante N° 38) e a – 45 m da p.c. (Punto 2- Variante N° 39).



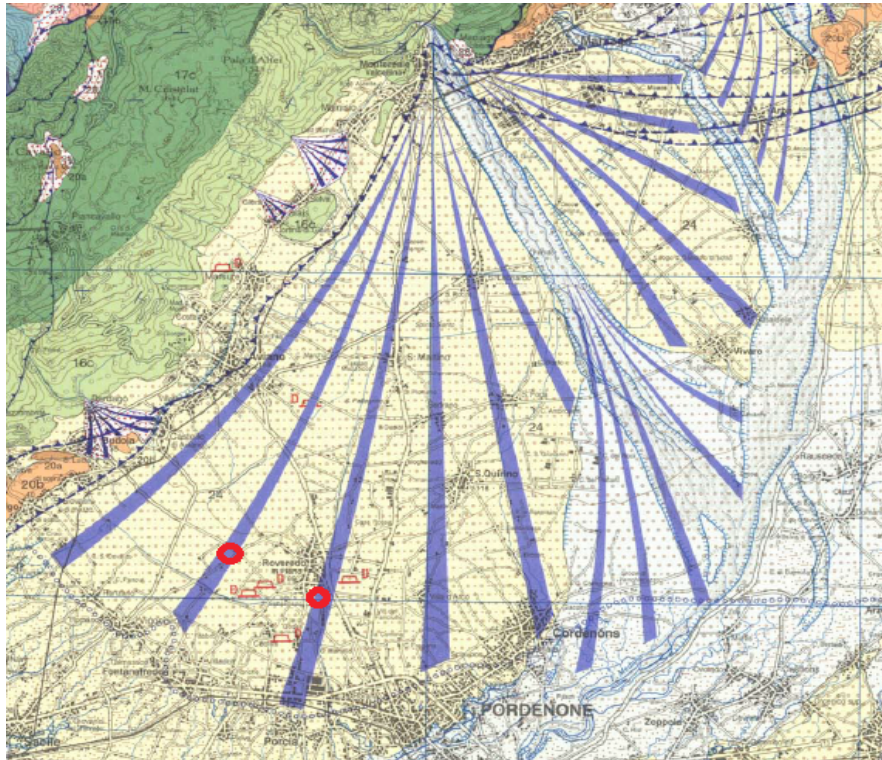
*Figura 2: Carta delle isofreatiche
Massimo impinguamento Novembre -Dicembre 1996
Edita da Regione F.V.G. 2005
Con un pallino rosso sono indicati i due Punti di Variante*

I terreni ghiaiosi che costituiscono il sottosuolo delle aree esaminate a causa del buon grado di permeabilità non permettono l'esistenza di una rete idrografica supeficiale.

Dal punto di vista idraulico i due punti di Variante non sono soggetti ad esondazione.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE

Il territorio esaminato è costituito da un materasso alluvionale ghiaioso-sabbioso.



CARTA GEOLOGICA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

Coperture quaternarie Quaternary covers

- 23 Detriti di falda recenti ed attuali. Recent scree slope deposits. *Olocene - Attuale*
- 24 Sedimenti fluvioglaciali ed alluvionali della pianura. *Pleistocene sup.*
- 25 Sedimenti alluvionali del settore montano, della pianura e litoranei. *Olocene - Attuale*

Successione cenozoica Cenozoic sequence

- 20b **Marna siltosa grigia (Marna di Tarzo, Marna di S. Donà); alternanze di arenite e silti grigi (Arenaria di Vittorio Veneto); conglomerati poligonici ed eterometrici prevalenti, silti ed arenarie (Conglomerato del Montello); depositi molassici epibatiali, deltici e di conoidi alluvionali con episodi lacustri. Grey silty marls; interbedded sandstones and grey siltstones; polygenic and heterometric conglomerates. Molasse deposited in epibatthal, deltaic and alluvial fan environments; with lacustrine episodes. *Miocene medio - sup.***
- 20a **Breccia calcareae e conglomerati (Breccia di Fboris); calcareniti grossolane, silti e arenarie grigie con resti fossili; locali livelli conglomeratici a ciottoli carbonatici; calciferi e metamorfici (Arenaria di Fregians, fm. di Val Tremugna); arenite glauconitiche grossolane verdastre a pettinidi (Marna di Boligo Gruppo di Cavanelle); alternanze di arenite glauconitiche e silti arenacee (Arenaria di S. Gregorio); peliti con resti di molluschi e coralli (Marna di Montfano); arenite glauconitiche e biocalciruti (fm. del M. Baldo); depositi molassici marini di piattaforma e deltici, calcaree breccie, megabreccie and conglomerates; coarse calcarenites, siltstones and grey sandstones with plant remains; locally conglomerates with carbonates, siliceous and metamorphic pebbles coarse, green glauconitic sandstones with pebbles, interbedded glauconitic sandstones and sandy siltstones; shales with mollusks and corals; glauconitic sandstones and biocalcirutiles; marine platform and deltaic Molasse. *Oligocene sup. ? - Miocene medio***
- 19b **Alternanze pelitico-arenacee ben stratificate con calciruti e calcareniti talora in potenti banchi carbonatici (Fysch dal Grivò: a - Megastrato del M. Ioanaz; b - M. di Vernasso; Fysch di Claut); alternanze di arenite (Fysch di Trieste); depositi di bacino, interbedded shales and sandstones with calcirutiles and calcarenites, sometimes in thick carbonate beds (a, b); alternation of sandstones and/or siltstones with calcareous-siliceous marls with quartz and silica clasts; basinal deposits. *Paleocene p.p. - Eocene medio***
- 19a **Calcsiltiti grigio-naraste con banchi di breccia ed arenite nella parte superiore (Membro di Drenchia, Fysch di Ucoas); calcareniti con breccie e calciruti (Fysch di Clodig, Fysch di M. Breia); alternanze arenaceo-pelitiche, con spessi orizzonti di breccia (Fysch dello Iudrio) e peliti rossastre ad arenarie grigie intercalate (Fysch di Cofa); arenario con orizzonti calciclastici (Fysch di Masarole); depositi di bacino. Grey-bluish calcisiltites, with breccia beds and sandstones intercalation towards the top; calcarenites with breccias and mudstones; sandstone-shale alternations, with frequent breccia beds and siltshaly shales with interbedded grey sandstones; sandstones with calcareous classic beds; basinal deposits. *Cretaceo sup. - Paleocene p.p.***

Successione mesozoica Mesozoic sequence

- 17c **Calcarei bioclastici biancastri, massiccio con abbondanti rudiste, talora con intercalazioni di calcari micritici (Calcari di M. Cavallo, Calcareniti del Molassa, Calcari di Aurisina, fm. dei Calcari del Carso triestino p.p., Calcari di Monte San Michele); depositi di piattaforma aperta: Winites bioclastic limestones, massive, with abundant rudists, sometimes with interbedded micritic limestones; carbonate platform deposits. *Cretaceo sup.***
- 16c **Calcarei stratificati dm-m, biancastri, grigi e nocciola, di aspetto porcellanaceo, con frequenti strutture di emersione, talora con breccie, argille residuali e stromatoliti (Calcari del Callina, Mb. di M. la Costa, Calcari di S. Donà); depositi di piattaforma protetta, Well stratified whitish, greyish and brownish limestones, with karst features, sometimes with presence of breccias, residual clays and stromatolites; protected shallow water platform deposits. *Giurassico sup. - Cretaceo inf.***
- 16a **Calcarei massicci di scogliera ricchi di faune. Talora, alla sommità, tasche bauxitiche (Calcari di Polbenigo, Calcari ad Ellipsactinii); depositi di scogliera. Massive limestones rich in fossils; sometimes, at the top, bauxites in lenses occur; bioconstructed carbonate platform deposits. *Giurassico sup.***

Tessiture del dominio continentale

- Sedimenti ghiaioso-sabbiosi talora con limi subordinati
Sands and gravels, sometimes with silts
- Sedimenti ghiaiosi talora con sabbie e limi subordinati
Gravels, sometimes with sands and silts
- Conoidi alluvionali dei torrenti Callina e Meduna
- Orto di terrazzo Alluvial terrace
a - con scarpata alta più di 20 m
- Faglia inversa
a - Sepolta o presunta
- Cava attiva: □ ghiaie e sabbie;

Figura 3: Carta geologica del Friuli Venezia Giulia alla scala 1:150000 - Edita da Regione F.V.G. Università degli Studi di Trieste e Università degli Studi di Udine (2006) Con un pallino rosso sono indicati i due Punti di Variante

Dal punto di vista tettonico il territorio esaminato si pone strutturalmente all'esterno del margine pedemontano corrispondente in parte al decorso della linea del "Sovrascorrimento Periadriatico" e dai sistemi di faglie più meridionali (Linea Polcenigo-Maniago) Figura 4.

La Linea Polcenigo-Maniago è la più esterna delle Prealpi Friulane e sovrappone i calcari di piattaforma alla scaglia, al flysch eocenico e alle molasse mioceniche.

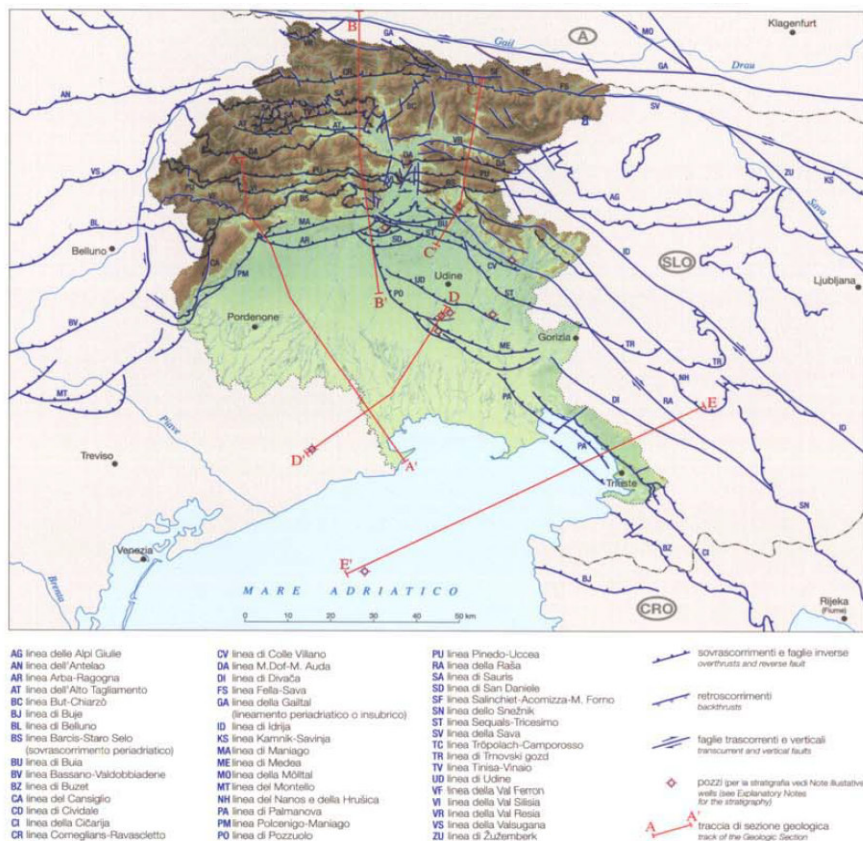


Figura 4 – Inquadramento Strutturale – Tratto dalla Carta geologica del Friuli Venezia Giulia alla scala 1:150000 - Edita da Regione F.V.G. Università degli Studi di Trieste e Università degli Studi di Udine (2006)

CARATTERISTICHE SISMICHE

Il Comune di Roveredo in Piano è stato classificato sismico e rientra nella Zona 2

Lineamenti tettonici e sismici della zona

L'area indagata non risulta essere posta nelle vicinanze di faglie tettoniche riconosciute sismicamente attive in documenti ufficiali pubblicati dalle autorità nazionali competenti.

La più vicina al territorio esaminato è la Faglia Polcenigo-Maniago che dista oltre 4 km.

Tale faglia è indicata come attiva e capace.

Si ricorda che per faglia attiva si intende una faglia che si è rotta negli ultimi 40000 anni. Una faglia attiva è capace se raggiunge la superficie producendo una frattura del terreno.



Figura 5: Ubicazione faglie capaci – Tratto da Ithaca – catalogo delle faglie capaci –Ispra
 L'ubicazione della faglia è indicata con una linea tratteggiata mentre i Punti di Variante sono indicati con un pallino, entrambi di colore rosso

Nella figura sottostante si riporta lo schema dei segmenti ritenuti attivi con la proiezione in superficie del piano di rottura rettangolare con una linea che rappresenta la linea di rottura della superficie stessa.

L'elemento all'interno del rettangolo rappresenta la direzione del vettore di movimento.

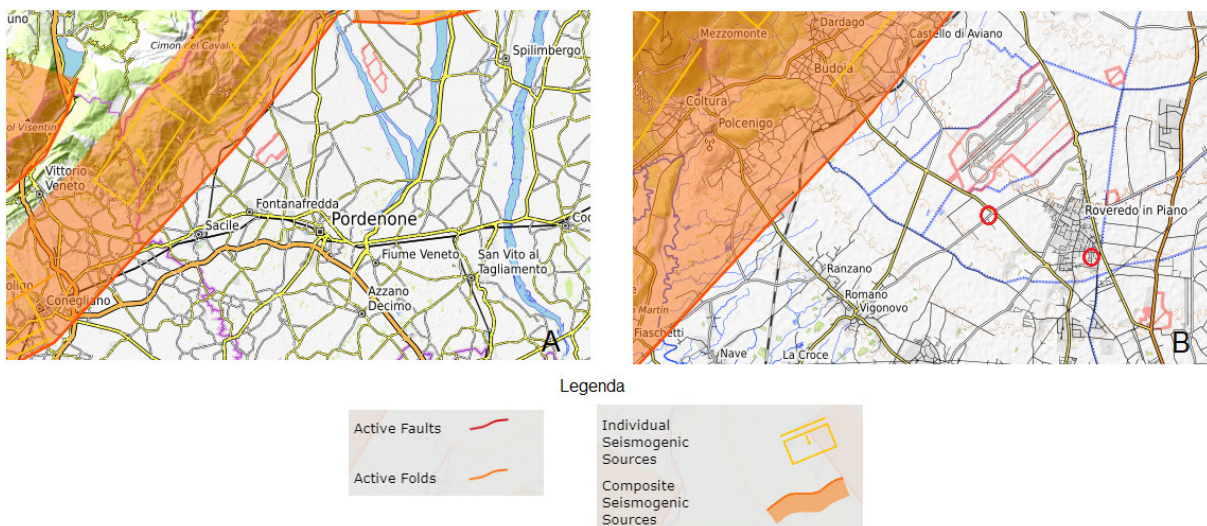


Figura 6: Sorgenti sismogenetiche – Tratto da “Database of Individual Seismogenic Sources” A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas - DISS 3.2.1
 A) inquadramento generale B) particolare dell'area in esame
 L'ubicazione dei Punti di Variante è indicata con un pallino rosso

Per quanto riguarda la pericolosità sismica si può fare riferimento alle mappe elaborate dall'INGV (Mappe interattive di pericolosità sismica) che riportano due parametri dello scuotimento: $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo corrispondente a quella che a livello internazionale viene chiamata PGA) e $Se(T)$ (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T , in accelerazione); L'unità di misura è g , vale a dire l'accelerazione di gravità corrispondente a $9,8 \text{ m/sec}^2$

Viene quantificato lo scuotimento in termini di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La disaggregazione della pericolosità sismica è un'operazione di tipo statistico che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità del sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza ($M - R$) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di Magnitudo M .

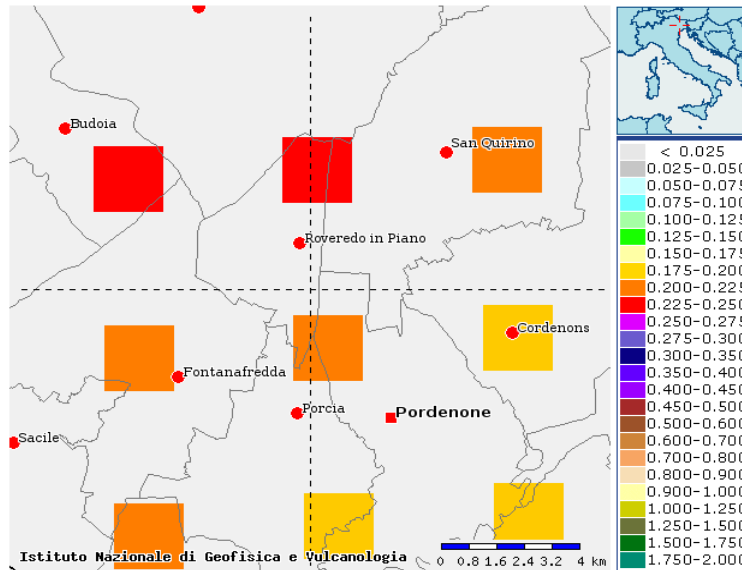


Figura 7: Mappe Interattive di Pericolosità Sismica

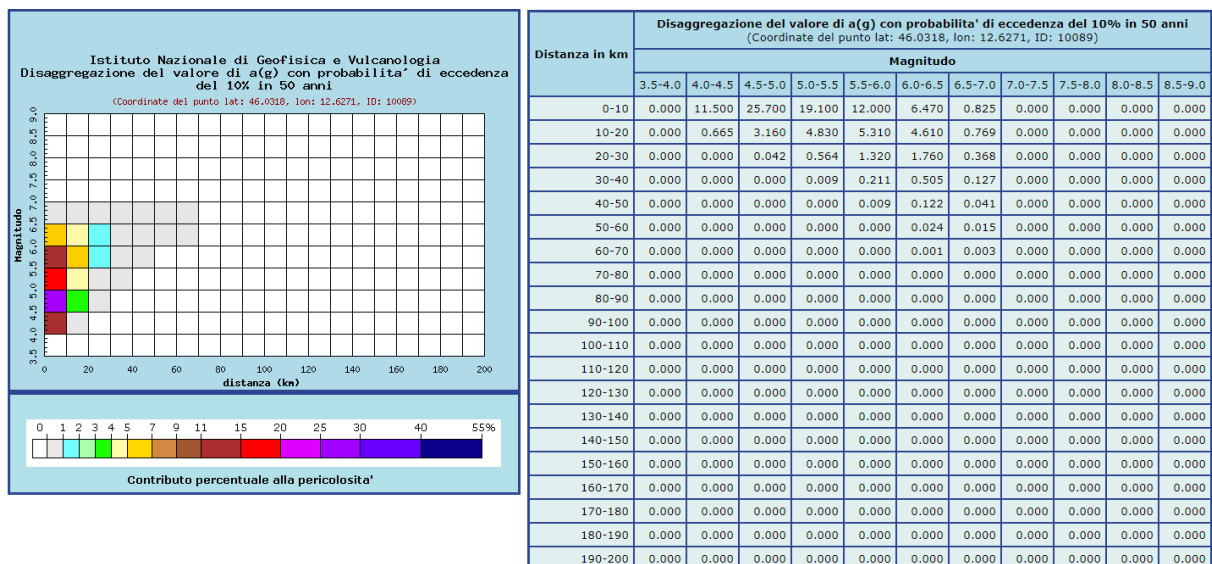


Figura 8: Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Nel caso in esame:

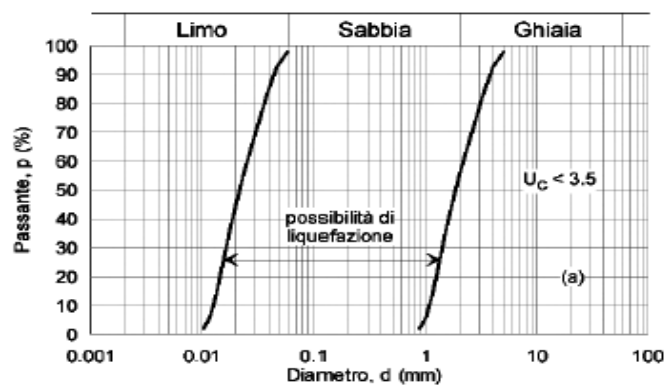
$M = 5.250$

$R = 7.580$

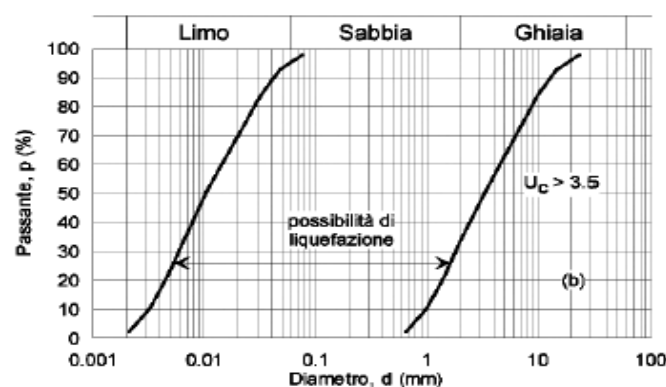
Liquefazione dei terreni

Secondo il paragrafo 7.11.3.4.2. delle NTC 2018 la verifica a liquefazione dei terreni può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
- 2) 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 con prove penetrometriche dinamiche SPT (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata con prove penetrometriche statiche CPT (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa
- 3) Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella sottostante Figura (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$
(b) nel caso di terreni con coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$.



a)



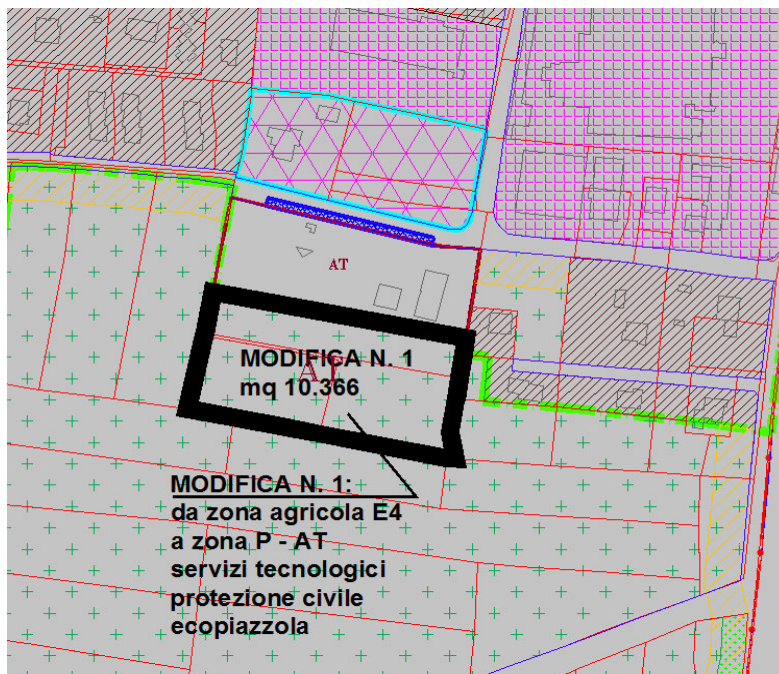
b)

Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

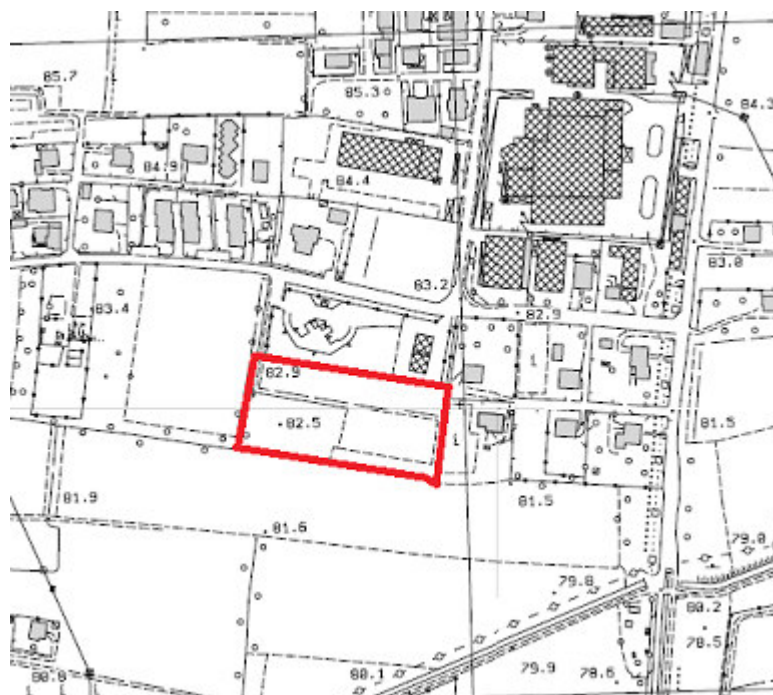
Per i due punti di Variante la verifica alla liquefazione dei terreni può essere omessa perchè viene soddisfatta la condizione descritta al punto 3) in quanto per entrambe le aree di Variante la falda freatica si posiziona a profondità elevata (40 – 45 m di profondità dal p.c.).

PUNTO 1 - VARIANTE N° 38 al P.R.G.C.

Prevede la trasformazione da Zona Agricola E4 a Zona P - AT – servizi tecnologici, protezione civile, eco-piazzola per mq 10.366 come da estratto sotto riportato.



Estratto PRGC con indicazione del Punto di Variante



Estratto CTR FVG 1:5000



Estratto Google con coordinate geografiche

STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI

La stratigrafia è stata desunta sulla base di indagini effettuate nelle vicinanze del Punto di Variante.

Si riportano le indagini esistenti e la loro ubicazione.

COMMITTENTE: COMUNE DI ROVEREDO IN PIANO CANTIERE: ROVEREDO IN PIANO (PN)										
ESECUZIONE DAL 27/09/94 AL 28/09/94 QUOTA INIZIO: P.C. ASSISTENTE: DOTT. O. SCIAN										
OPERATORE : SIG. A. MANTOVANI										
SONDAGGIO N. 4										
PERFORATRICE: ATLAS COPCO A65 ROVEREDO IN PIANO (PN)										
CAMPIONI RIMANEGGIATI										
<input type="checkbox"/> da carotiere semplice <input checked="" type="checkbox"/> da S.P.T.										
CAMPIONI INDISTURBATI										
<input type="checkbox"/> con Shelby Tube <input checked="" type="checkbox"/> con Osterberg										
OSSERVAZIONI:										
QUOTE (m)	STRATI GRAFIA	CAMPIONI	P.P.	TDR	S.P.T.	YANE TEST (Kg/cm²)	DESCRIZIONE	STRATIGRAFICA	STRUMENTAZIONE	OSSERVAZIONI DEL LIVELLO DI FALDA
prof.	t.	n°	(Kg/cm²)	H	N	prof	Max	Res	0 SO 100	DATA
0.00							TERRENO VEGETALE.			
0.50							-0.15 LIMO DEBOLMENTE ARGILLOSO MARRONE CON RARI ELEMENTI DI GHIAIA.			
2							-0.58 GHIAIA MEDIA E FINE CON SABBIA MEDIO-FINE LIMOSA DI COLORE GRIGIO CHIARO.			
4						3.00 1.15 3.30 2.45	Da 4 metri RARI ELEMENTI CIOTTOLOSI.			
6										
8										
10										
12										
14										
15.00							- FINE SONDAGGIO A N. 15.0			

Sondaggio meccanico e ubicazione dello stesso (pallino verde)

L'area, oggetto delle Variante, presenta la seguente stratigrafia:

da 0,0 a - 0,5 m dal p.c.: terreno vegetale (limo sabbioso con ghiaia)

da - 0,5 a - 15,0 m dal p.c.: ghiaia e ghiaia sabbioso-limosa

Le ghiaie si estendono in profondità fino a 50 m di profondità.

I terreni ghiaioso-sabbiosi presentano le seguenti caratteristiche geotecniche:

$\gamma = 1,9 \div 2,1 \text{ t/m}^3$	peso di volume
$\phi = 35^\circ \div 40^\circ$	angolo di attrito interno
$c_u = 0 \text{ t/m}^2$	coesione
$k = 0,02 \text{ cm/s}$	coefficiente di permeabilità

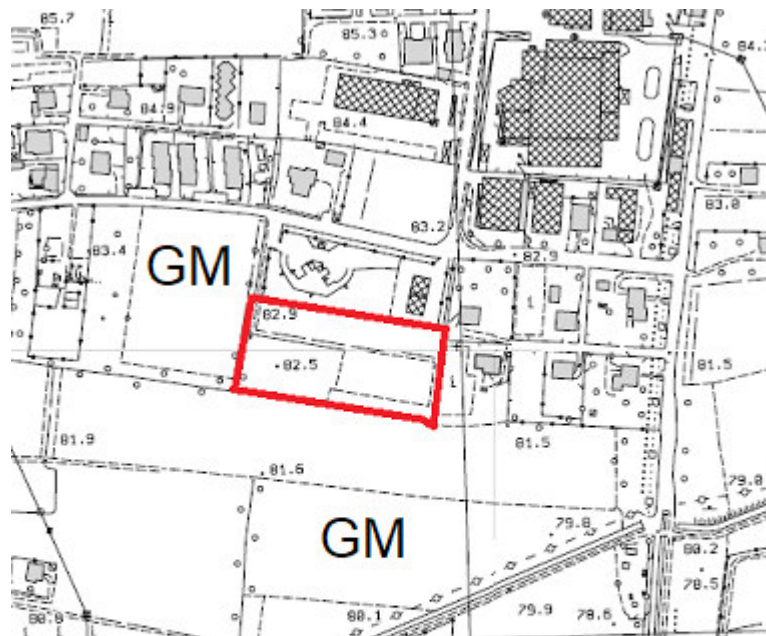
La falda si localizza a profondità elevata (- 40 m dal p.c.).

Le indagini esistenti (pozzi per acqua, sondaggi meccanici, scavi con pala meccanica, indagini sismiche e geoelettriche) e il rilevamento di campagna hanno permesso la stesura della **Carta geologico-tecnica** sotto riportata.

Il sottosuolo del territorio esaminato risulta costituito da ghiaie limose e ghiaie sabbiose.

I clasti sono sub-arrotondati, di dimensioni variabili generalmente comprese tra 1 e 15 cm, di natura prevalentemente carbonatica e sono immersi in una matrice sabbiosa e/o limoso-sabbiosa.

I terreni sono di origine fluvioglaciale depositati nel Quaternario.



Carta geologico-tecnica

GM Ghiaia limosa e ghiaia sabbiosa

CARATTERISTICHE SISMICHE

Categoria di suolo

Per la classificazione del sottosuolo si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s (in m/s) intesa come velocità equivalente (V_{s30}) dei primi 30 m di profondità secondo la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove h_i e V_{si} indicano rispettivamente lo spessore e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità.

Velocità di propagazione delle onde di taglio V_s

La misura di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s è stata effettuata con una prova HVSR

La prova H/V o prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è una tecnica di sismica passiva che si basa sulla misura dei microtremori (vento, onde marine, traffico veicolare, ecc.) che sono sempre presenti nella superficie terrestre. La prova è finalizzata alla determinazione delle caratteristiche del sottosuolo al di sotto del punto di misura. Infatti, dato che le vibrazioni ambientali sono costituite da onde che hanno attraversato porzioni significative del sottosuolo, la struttura del segnale registrato in superficie è potenzialmente in grado di fornire informazioni sul mezzo attraversato dalle onde. La prova permette di individuare situazioni sismostratigrafiche potenzialmente responsabili di fenomeni di risonanza sismica, valutandone qualitativamente l'entità e la determinazione dei periodi di risonanza delle coperture sedimentarie.

Il metodo consiste nella valutazione dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V). L'esito di questa prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alla frequenza di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

La prova HVSR a stazione singola è stata eseguita con un apparecchio portatile compatto (Sara electronic instruments Srl) costituito da tre sensori elettrodinamici ortogonali (velocimetri).

Per il punto di misura si è acquisita una registrazione della durata di 20 minuti, campionata ad una frequenza di 200 Hz. Il software usato per la elaborazione è il GeoExplorer Hvsr.

Per l'elaborazione dei dati HVSR è stata adottata la procedura proposta nell'ambito del progetto SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations). Preliminarmente alla procedura di analisi dei rapporti spettrali, la traccia sismica registrata è stata verificata eliminando i disturbi transienti e quelle parti di registrazioni non adatte all'analisi. Una volta selezionata la parte di segnale stabile sono state calcolate, per ognuna delle tre componenti del moto, le ampiezze spettrali.

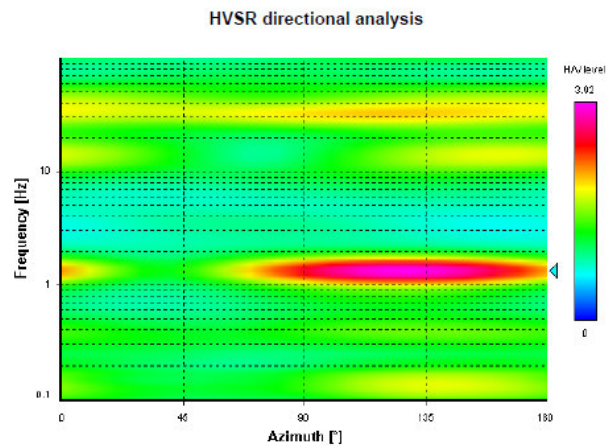
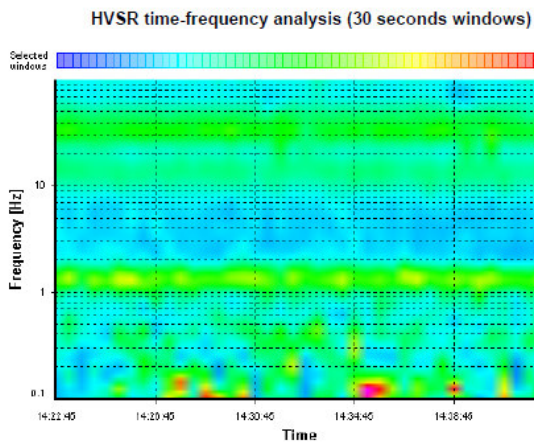
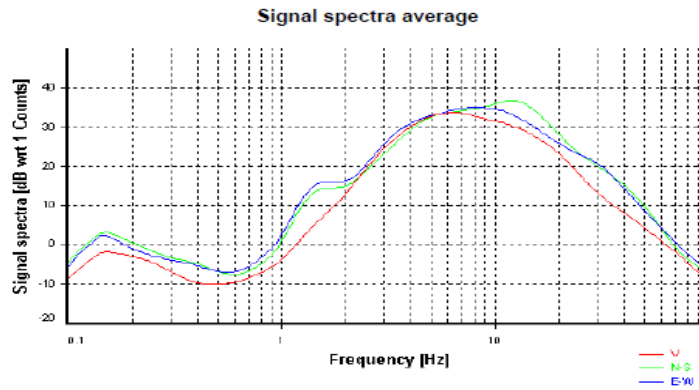
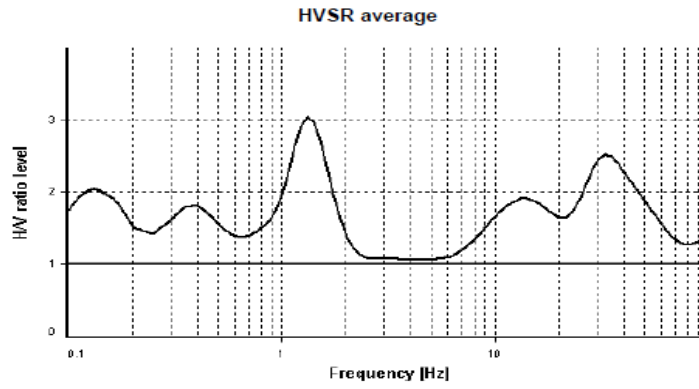
Prova HVSR

Signal and Windowing

Sampling frequency:	200 Hz
Recording start time:	14/01/2020 14:22:45
Recording length:	20 min
Windows count:	60
Average windows length:	20
Signal coverage:	100%

HVSR Analysis

Tapering:	Enabled (bandwidth = 5%)
Smoothing:	Konno-Ohmachi (bandwidth coefficient = 10)
Instrumental correction	Disabled



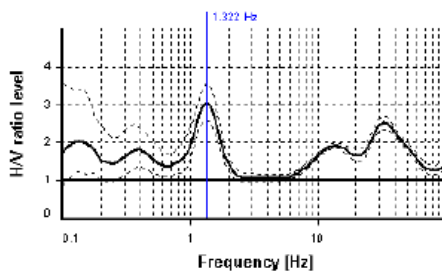
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

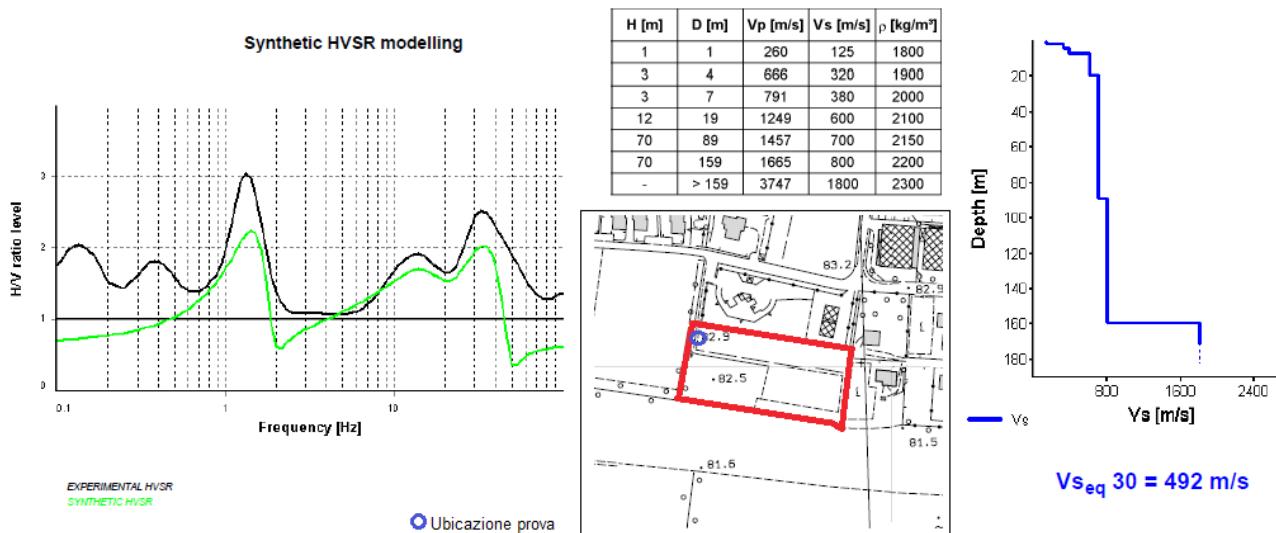
1.322 Hz

A_0 amplitude = 3.046

Average $f_0 = 1.323 \pm 0.083$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	60 valid windows (length > 7.56 s) out of 60	OK
$n_c(f_0) > 200$	1586.33 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 19	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H-V}(f) < A_0/2$	0.81113 Hz	OK
$\exists f' \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H-V}(f') < A_0/2$	2.00923 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.05 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H-V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_r < \varepsilon(f_0)$	0.08301 < 0.13219	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.17503 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		OK



La prova HVSR ha determinato una velocità $V_{s30} = 492 \text{ m/s}$ e pertanto il suolo rientra nella categoria B secondo la seguente classificazione:

Categoria sottosuolo

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

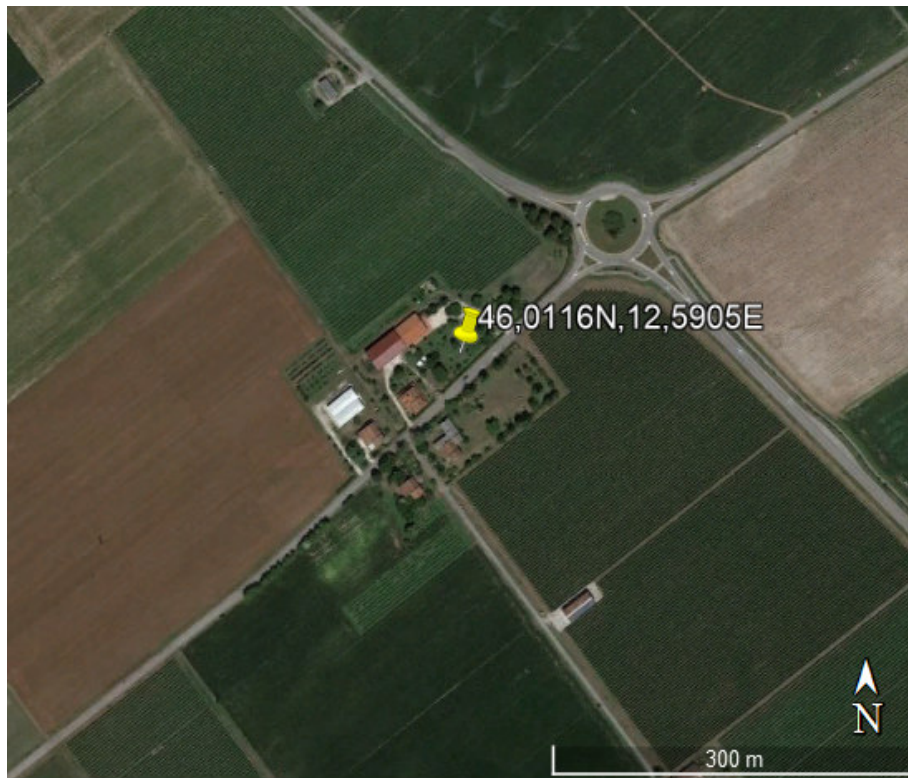
Categoria topografica

Il sito rientra nella categoria T1

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 $i > 30^\circ$

Microzonazione sismica

Nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Mops) redatta nel 2014 (M. Fogato, A. Riccio) l'area esaminata ricade in "**Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**". Si tratta di zone nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico dovute alla situazione litostratigrafica locale. Sono aree caratterizzate da terreni con velocità delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s.

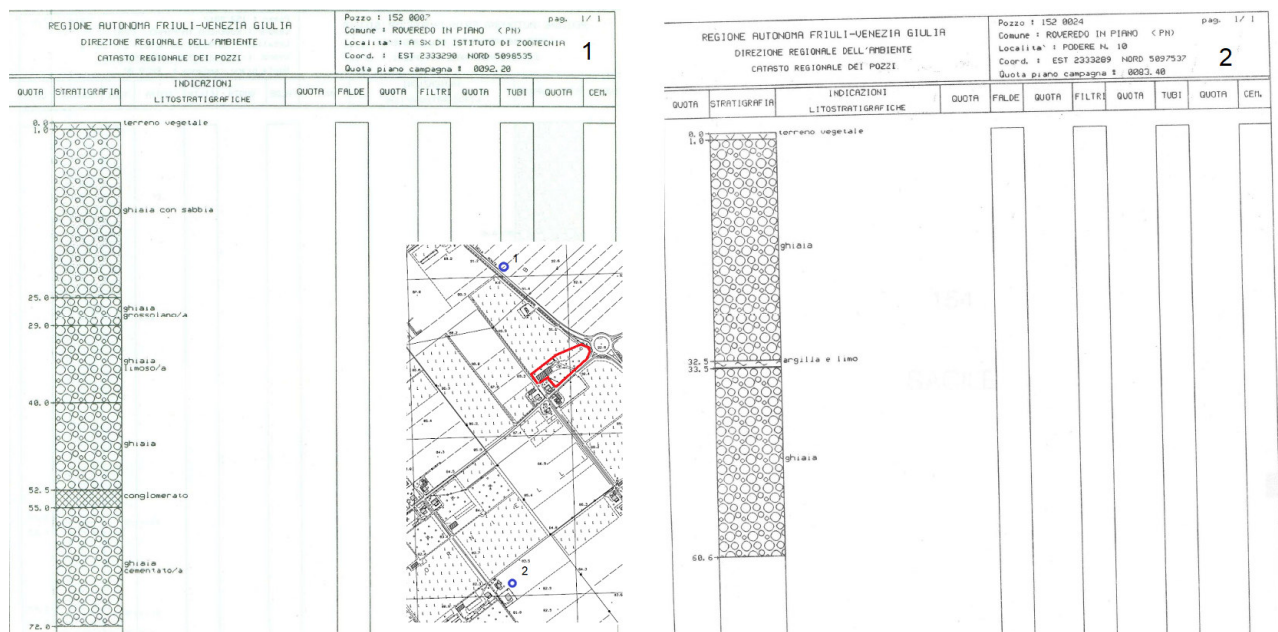


Estratto Google con coordinate geografiche

STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI

La stratigrafia è stata desunta sulla base di indagini effettuate nelle vicinanze del Punto di Variante.

Si riportano le indagini esistenti e la loro ubicazione.



Pozzi e loro ubicazione (pallino blu)

L'area interessata dalla Variante presenta la seguente stratigrafia:

da 0,0 a - 1,0 m dal p.c.: terreno vegetale (limo sabbioso con ghiaia)

da - 1,0 a - 30,0 m dal p.c.: ghiaia sabbiosa

da - 30,0 a - 40,0 m dal p.c.: ghiaia limosa

da - 40,0 a - 50,0 m dal p.c.: ghiaia

I terreni ghiaioso-sabbiosi presentano le seguenti caratteristiche geotecniche:

$Y = 1,9 \div 2,1 \text{ t/m}^3$

peso di volume

$\phi = 35^\circ \div 40^\circ$

angolo di attrito interno

$c_u = 0 \text{ t/m}^2$

coesione

$k = 0,02 \text{ cm/s}$

coefficiente di permeabilità

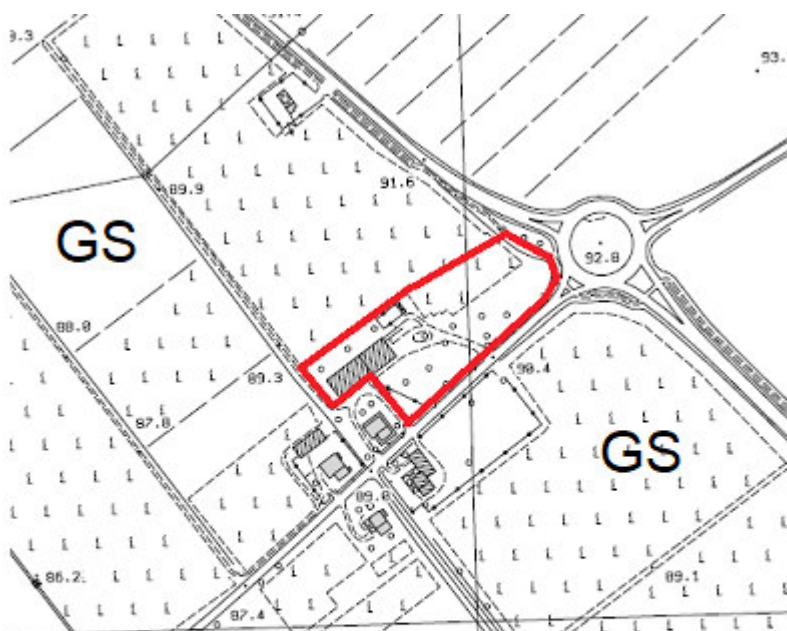
La falda si localizza a profondità elevata (- 45 m dal p.c.).

Le indagini esistenti (pozzi per acqua, sondaggi meccanici, scavi con pala meccanica, indagini sismiche e geoelettriche) e il rilevamento di campagna hanno permesso la stesura della **Carta geologico-tecnica** sotto riportata.

Il sottosuolo del territorio esaminato risulta costituito da ghiaie e ghiaie sabbiose.

I clasti sono sub-arrotondati, di dimensioni variabili generalmente comprese tra 1 e 15 cm, di natura prevalentemente carbonatica e sono immersi in una matrice sabbiosa e/o limoso-sabbiosa.

I terreni sono di origine fluvioglaciale depositati nel Quaternario.



Carta geologico-tecnica

GS Ghiaia e ghiaia sabbiosa

CARATTERISTICHE SISMICHE

Categoria di suolo

Per la classificazione del sottosuolo si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s (in m/s) intesa come velocità equivalente (V_{s30}) dei primi 30 m di profondità secondo la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove h_i e V_{si} indicano rispettivamente lo spessore e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità.

Velocità di propagazione delle onde di taglio V_s

La misura di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s è stata effettuata con una prova HVSR

La prova H/V o prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è una tecnica di sismica passiva che si basa sulla misura dei microtremori (vento, onde marine, traffico veicolare, ecc.) che sono sempre presenti nella superficie terrestre. La prova è finalizzata alla determinazione delle caratteristiche del sottosuolo al di sotto del punto di misura. Infatti, dato che le vibrazioni ambientali sono costituite da onde che hanno attraversato porzioni significative del sottosuolo, la struttura del segnale registrato in superficie è potenzialmente in grado di fornire informazioni sul mezzo attraversato dalle onde. La prova permette di individuare situazioni sismostratigrafiche potenzialmente responsabili di fenomeni di risonanza sismica, valutandone qualitativamente l'entità e la determinazione dei periodi di risonanza delle coperture sedimentarie.

Il metodo consiste nella valutazione dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V). L'esito di questa prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alla frequenza di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

La prova HVSR a stazione singola è stata eseguita con un apparecchio portatile compatto (Sara electronic instruments Srl) costituito da tre sensori elettrodinamici ortogonali (velocimetri).

Per il punto di misura si è acquisita una registrazione della durata di 20 minuti, campionata ad una frequenza di 200 Hz. Il software usato per la elaborazione è il GeoExplorer Hvsr.

Per l'elaborazione dei dati HVSR è stata adottata la procedura proposta nell'ambito del progetto SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations). Preliminarmente alla procedura di analisi dei rapporti spettrali, la traccia sismica registrata è stata verificata eliminando i disturbi transienti e quelle parti di registrazioni non adatte all'analisi. Una volta selezionata la parte di segnale stabile sono state calcolate, per ognuna delle tre componenti del moto, le ampiezze spettrali.

Prova HVSR

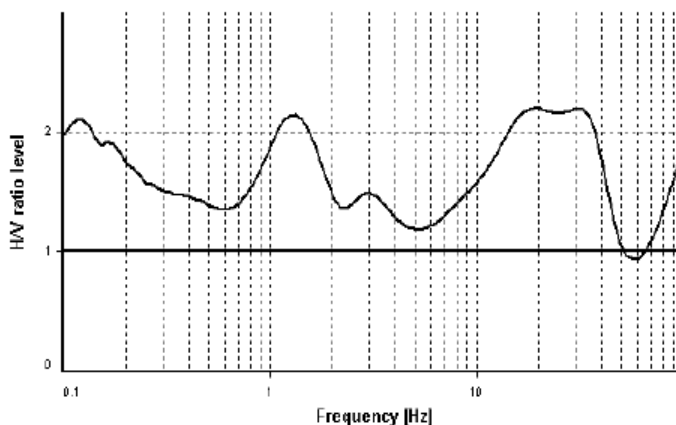
Signal and Windowing

Sampling frequency:	200 Hz
Recording start time:	14/01/2020 15:12:26
Recording length:	20 min
Windows count:	59
Average windows length:	20
Signal coverage:	98.35%

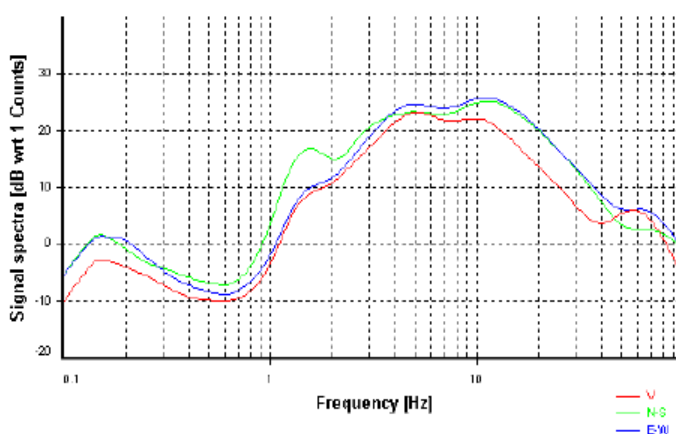
HVSR Analysis

Tapering:	Enabled (bandwidth = 5%)
Smoothing:	Konno-Ohmachi (bandwidth coefficient = 10)
Instrumental correction	Disabled

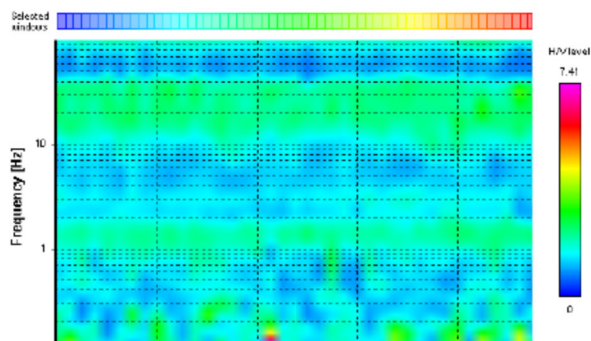
HVSR average



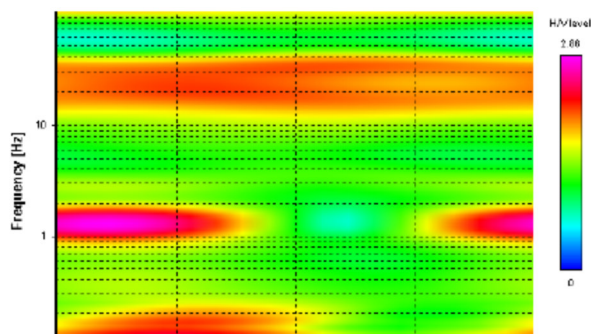
Signal spectra average



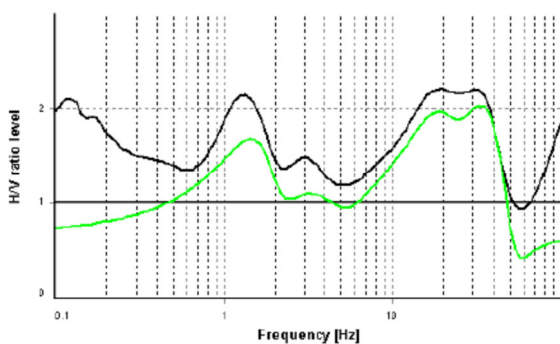
HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



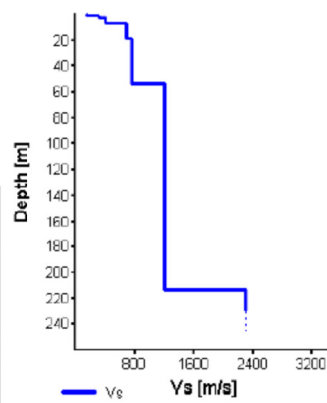
HVSR directional analysis



Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
1	1	302	145	1800
1.4	2.4	645	310	2000
4	6.4	833	400	2100
12	18.4	1416	680	2150
35	53.4	1561	750	2200
160	213.4	2498	1200	2250
-	> 213.4	4163	2300	2300



$V_{Seq} 30 = 550 \text{ m/s}$

Ubicazione prova

La prova HVSR ha determinato una velocità $V_{s30} = 550 \text{ m/s}$ e pertanto il suolo rientra nella categoria B secondo la seguente classificazione:

Categoria sottosuolo

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

Categoria topografica

Il sito rientra nella categoria T1

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 $i > 30^\circ$

Microzonazione sismica

Nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Mops) redatta nel 2014 (M. Fogato, A. Riccio) l'area esaminata ricade all'esterno del territorio oggetto della Microzonazione sismica. Tuttavia, sulla base delle indagini geognostiche pregresse e della prova HVSR effettuata per lo scopo, si ritiene che l'area di Variante ricada nelle **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**". Si tratta di zone nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico dovute alla situazione litostratigrafica locale. Sono aree caratterizzate da terreni con velocità delle onde di taglio $V_s < 800 \text{ m/s}$.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base dei dati ottenuti dall'indagine geologica si fanno le seguenti considerazioni:

- il sottosuolo del punto di VARIANTE N° 38 al P.R.G.C. e del punto di VARIANTE N° 39 al P.R.G.C. è costituito da ghiaie e ghiaie sabbioso-limose;
- la falda si localizza a profondità elevata;
- si escludono fenomeni di liquefazione durante un evento sismico;
- l'area non è soggetta ad esondazione e non è soggetta a pericolosità idraulica.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte si ritiene che le previsioni di Piano (Modifica da Zona Agricola E4 in Zona P - AT - VARIANTE N° 38 al P.R.G.C. e Modifica da Zona Agricola E5 in Zona H4 - VARIANTE N° 39 al P.R.G.C.) siano compatibili con le condizioni geologiche ed idrauliche del territorio ai sensi dell'art. 9 bis, 2 comma della LR 27/1988.

Pordenone 27.01.2020

dott. Maria Luisa Piccinato

