

Provincia di Vicenza

Comune di Pedemonte

COSTRUZIONE
DI UN EDIFICIO DA ADIBIRE
A DEPOSITO MAGAZZINO MATERIALI EDILI
via Brancafora

STUDIO di COMPATIBILITA' IDRAULICA
- D.G.R.V. n. 2948 del 6/10/2009 -

Committente

SIG. CAROTTA SIMONE

- Agosto 2023 -



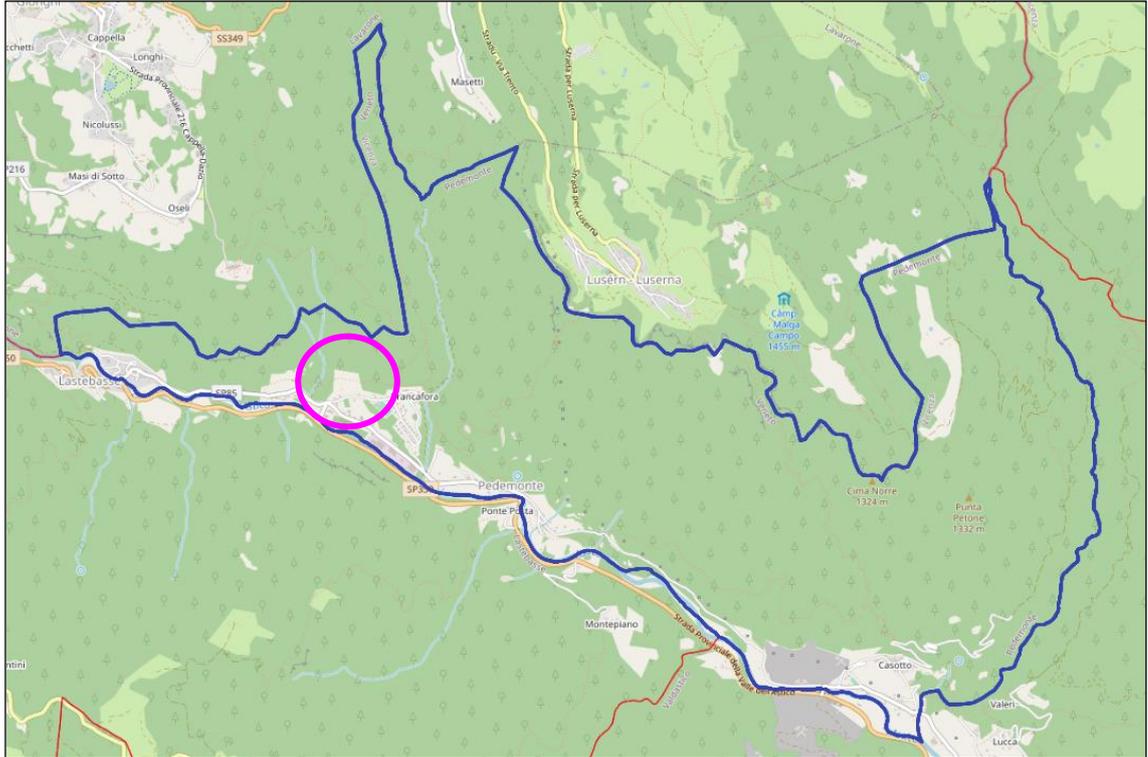
PREMESSA

Il sottoscritto per conto del Sig. Carotta Simone ha redatto il presente studio di compatibilità idraulica relativo al progetto, elaborato dallo Studio di Progettazione dell'Arch. Marco Nicoletti con sede in Santorso, di costruzione di un edificio da adibire a deposito magazzino materiali edili in via Brancafora nel Comune di Pedemonte.

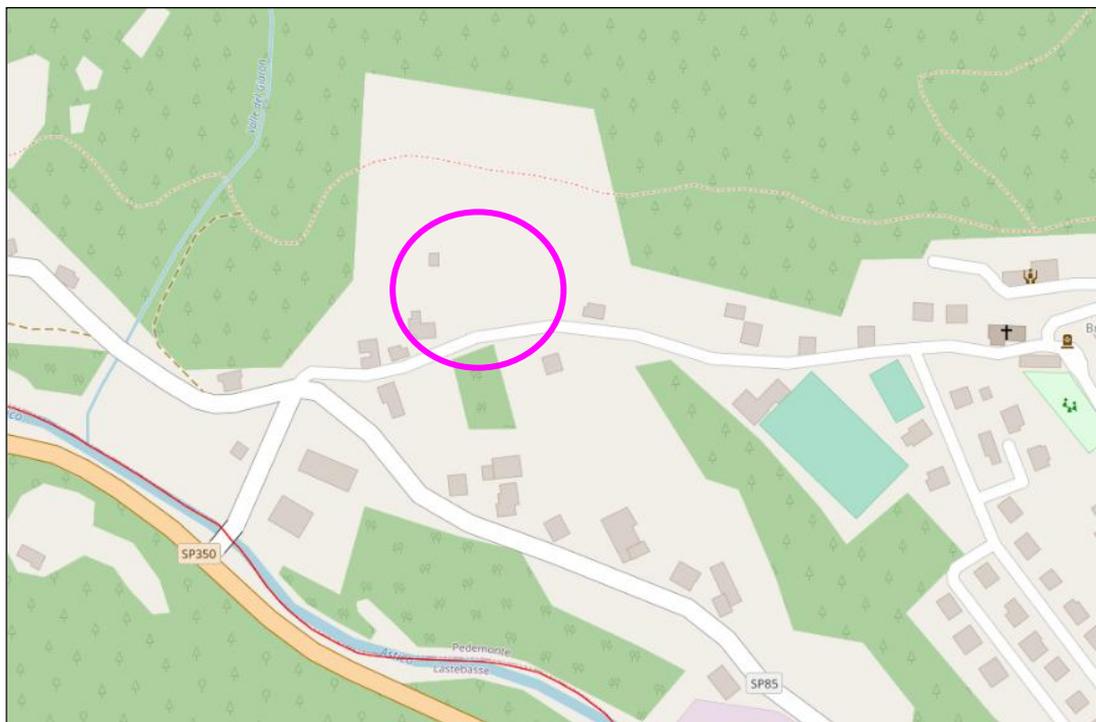
In ottemperanza a quanto disposto dal D.G.R.V. n. 2948 del 06/10/2009, dal D.G.R. N. 1841 del 19.06.2007, del D.G.R. n. 1322 del 10.05.2006 che recepiscono la legge n. 267 del 3/08/1998, dal Piano di Tutela delle Acque e dalle N.T.O. del P.I., il presente studio si articola nel modo seguente:

1. inquadramento cartografico dell'area oggetto dell'intervento,
2. descrizione dell'intervento in progetto,
3. resoconto ed interpretazione delle indagini svolte in sito,
4. modello idrogeologico locale,
5. idrografia
6. fragilità del sito,
7. dimensionamento delle misure compensative,
8. dimensionamento dell'impianto di infiltrazione delle acque meteoriche.

1 - COROGRAFIA



- Territorio comunale -



-OSM -

L'area oggetto di studio si trova lungo via Brancafora, a nord-ovest della sede comunale del Comune di Pedemonte, nella parte sud-occidentale del territorio comunale.

La proprietà è identificata dai mappali n. 581 590/2 597/3 - Comune di Pedemonte.

3 - INDAGINI

Per delineare l'assetto idrogeologico dell'area oggetto dell'intervento descritto nel prossimo capitolo non sono state svolte ulteriori prove in sito ad hoc, ma si è fatto riferimento alle indagini svolte dal sottoscritto nel marzo del 2022 per conto della medesima Committenza a supporto della relazione geologica, geotecnica, idrogeologica e sismica relativa al progetto, elaborato dallo Studio Tecnico del Geom. B. Strazzer, di costruzione di un edificio da adibire a deposito magazzino materiali edili in via Brancafora nel Comune di Pedemonte.

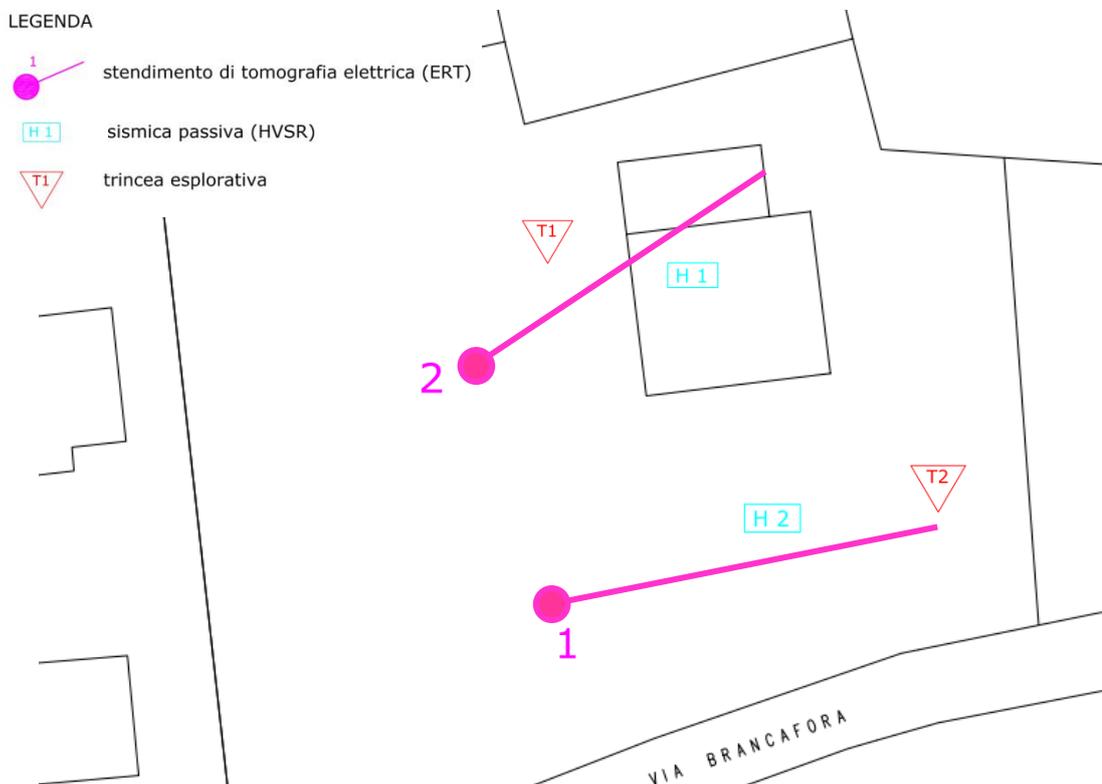
Per completezza del presente scritto si riportano le indagini contenute nella citata relazione.

3.1 - Tipo di Indagini svolte ed Ubicazione

Per delineare l'assetto geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico dell'area oggetto dell'intervento, oltre ai rilievi di campagna di superficie ed alla consultazione di bibliografia tematica (e.g. quadro conoscitivo del PATI), sono state condotte le seguenti prove in sito:

- n. 2 tomografie elettriche,
- n. 2 registrazioni di rumore sismico ambientale a stazione singola con tromometro ed elaborazione con metodo H.V.S.R..
- n. 2 trincee esplorative con escavatore meccanico.

L'ubicazione delle prove è riportata nell'immagine di seguito allegata.

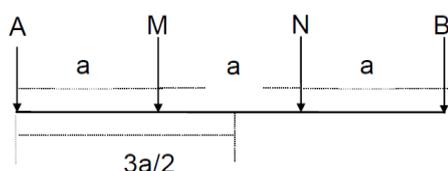


Segue la descrizione del tipo di strumentazioni impiegate, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati ottenuti.

3.2 - Tomografia Elettrica

3.2.1 - Descrizione della Tecnica Adottata

La resistività elettrica è una delle proprietà fisiche che può essere utilizzata per l'esplorazione geofisica del sottosuolo, grazie soprattutto all'ampio spettro di valori che essa può assumere al variare della natura dei corpi investigati. Tra i metodi più conosciuti, il metodo geoelettrico è stato sviluppato allo scopo di rilevare la distribuzione della resistività elettrica nel sottosuolo, elettricamente disomogeneo, iniettando una corrente continua mediante due elettrodi conficcati nel terreno, detti convenzionalmente AB, e misurando contemporaneamente la differenza di potenziale (d.d.p.), associata al campo elettrico generato, tra due elettrodi distinti dai primi, detti convenzionalmente MN (si veda la figura sotto riportata).



Schematizzazione del dispositivo quadripolare tipo WENNER utilizzato per l'acquisizione dei dati di resistività elettrica. AB: elettrodi di corrente; MN: elettrodi di potenziale.

Variando la distanza tra gli elettrodi A e B, o tra M e N, o tra AB e MN, e misurando ogni volta la corrente immessa agli AB e la differenza di potenziale risultante agli MN, si ottiene la resistività detta apparente (in Ωm), secondo la nota formula:

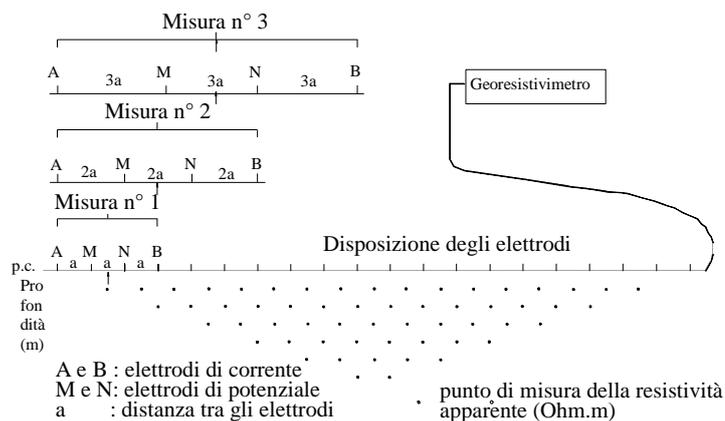
$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \text{ dove } k = \pi \frac{AM * AN}{MN}$$

nella quale k è la costante geometrica del dispositivo quadripolare e dipende soltanto dalle distanze interelettrodeiche. La resistività apparente varia in funzione della posizione reciproca degli elettrodi A, B, M e N, (quadripolo elettrico) poiché di volta in volta parti diverse del terreno vengono investigate dal passaggio della corrente e dalla misura della risposta in termini di d.d.p. Per la loro maggiore convenienza in termini di tempi di esecuzione delle misure, la pratica geofisica ha privilegiato alcune combinazioni dei 4 elettrodi A, B, M e N, come ad esempio quella della figura sottostante, detta quadripolo "Wenner", dove gli elettrodi sono equidistanziati e sullo stesso asse.

A distanza interelettrodeica costante corrisponde una profondità di investigazione all'interno del corpo all'incirca costante, mentre per ottenere un'informazione anche secondo la profondità occorre allargare progressivamente il passo del quadripolo.

La tomografia elettrica rappresenta la tecnica di indagine geoelettrica che permette di acquisire informazioni in simultanea dipendenza della profondità e della distanza orizzontale interelettrodeica, e che quindi consente di ottenere informazioni reali sui valori di resistività sia in senso verticale che laterale (lungo cioè una sezione bidimensionale).

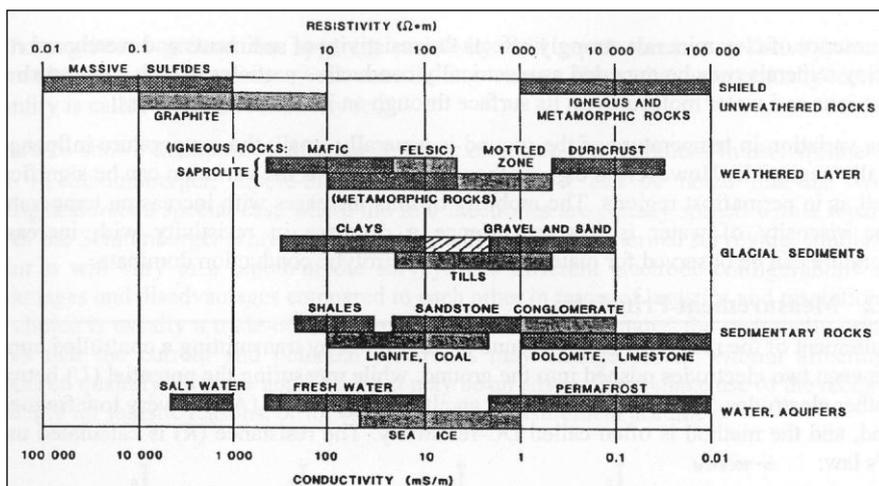
Questa metodologia di misura, che nella pratica geofisica costituisce l'evoluzione attuale della nota prospezione geoelettrica, è stata messa a punto alcuni anni fa, sfruttando i progressi dell'elettronica, sia per un'acquisizione automatica sul campo che per un'interpretazione dei dati in termini bi- e tri-dimensionali. Tale tecnica permette di disporre sul terreno da investigare un numero elevato di elettrodi (32, 64 o più), con distanza reciproca dipendente dalla risoluzione e dalla profondità d'indagine richieste; attraverso gli elettrodi viene alternativamente inviata corrente o misurata la differenza di potenziale, in una sequenza pre-programmata.



Sistema di acquisizione "tomografica" dei dati utilizzando il dispositivo Wenner.

Si ottiene così l'andamento sia verticale che laterale della resistività apparente, che è usato per rappresentare in forma di pseudosezione, ossia come tabella di valori organizzati in un piano di riferimento dove sull'asse orizzontale si riporta un valore corrispondente alla distanza sul terreno tra gli elettrodi più esterni, e sull'asse verticale un'ordinata ricavata dalla complessiva larghezza del quadrupolo (elettrodi di corrente + elettrodi di potenziale). Ad esempio, nel caso del dispositivo Wenner tale parametro è solitamente la semidistanza AB.

Il risultato è quindi una figura bidimensionale nella quale tutti i punti di eguale resistività apparente vengono collegati da una curva detta iso-resistiva. Questo quadro deve essere quindi opportunamente "interpretato" in modo da poter desumere dalle resistività apparenti i valori della resistività reale e la geometria della sua distribuzione. Di seguito si riporta una tabella tratta da manuale d'istruzioni Abem con i valori medi di resistività dei terreni e delle rocce più comuni.



3.2.2 - Descrizione Strumentazione Impiegata

Per le indagini è stato utilizzato un georesistivimetro mod. ABEM Terrameter SAS 1000 (la strumentazione ritratta nella foto a fianco) con compensazione automatica dei potenziali spontanei. Il trasmettitore di corrente opera con correnti da 0.2 a 1000 mA, con un voltaggio massimo di 400 V ed un impulso t di corrente variabile da 0.1 a 4 sec. Il ricevitore, monocanale, ha un'impedenza min. di 10 MΩ, e acquisisce con un *range* massimo di ± 400V. La precisione di $\Delta V/I$ risulta superiore allo 0.5%. I dati sono



stati elaborati e interpretati in termini di profilo di resistività mediante il software SensInv2D prodotto dalla *Geotomographie*.

La geometria degli stendimenti è la seguente:

- lunghezza: 22.5 m;
- interasse dei picchetti: 1.5 m;
- profondità di indagine: 8 m.



ERT 1



ERT 2

3.2.3 - Risultati Ottenuti

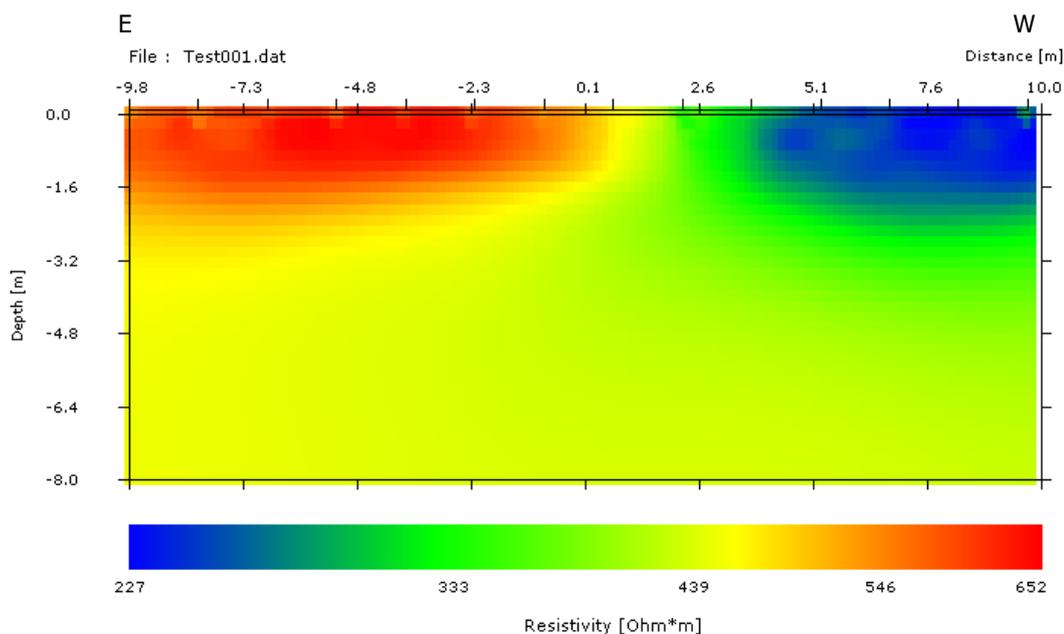
Nei grafici di seguito allegati si riportano le pseudo-sezioni ottenute, ossia i modelli di resistività reale del terreno ricavato dall'inversione dei dati di campagna.

Sull'asse delle ascisse sono state plottate le distanze fra gli elettrodi in metri, su quello delle ordinate la profondità, sempre in metri, all'interno si può osservare la distribuzione della resistività, l'unità di misura è l'Ohm/m.

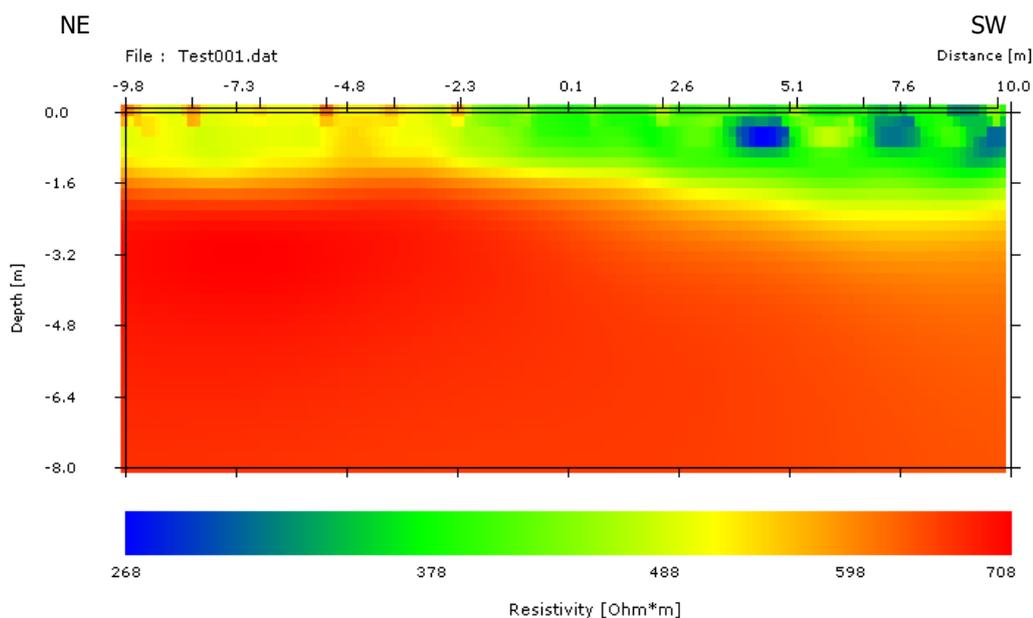
Entrambe i profili sono connotati da resistività elevate che, ad eccezione di un orizzonte superficiale, si mantengono piuttosto costanti con la profondità.

Si tratta in entrambe i casi di valori di conducibilità elettrica compatibili con la presenza di terreni granulari grossolani. La variazione della resistività è attribuibile alla presenza di una matrice fine limosa-argillosa presente in percentuale variabile.

ERT 1



ERT 2



3.3 - Sismica Passiva a Stazione Singola con Elaborazione HVSr

3.3.1 - Tecnica Adottata

La tecnica sismica passiva a Stazione Singola con elaborazione HVSr (tecnica dei rapporti spettrali o H.V.S.R., Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non richiede nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la *frequenza caratteristica di risonanza del sito* che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nel costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la *frequenza fondamentale di risonanza di un edificio*, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito (*free field*) e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;

- la *velocità media delle onde di taglio Vs* calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. Sarà quindi possibile calcolare la Vs,30 e la relativa categoria di sottosuolo come esplicitamente richiesto dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008*;
- la *stratigrafia del sottosuolo* con un *range* di indagine compreso tra 0,5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostante per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

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

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

Possiamo scrivere questo come:

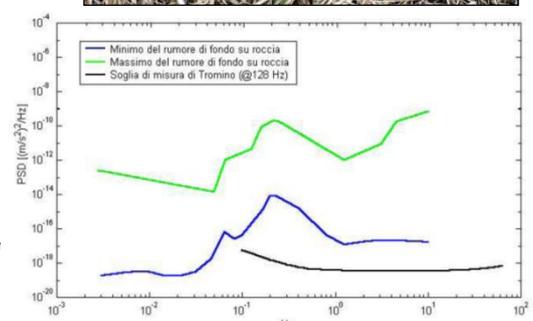
segnale registrazione al sito x = sorgente * effetti di percorso * funzione trasferimento strumento

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche *microtremore* poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi poiché il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione riguardante la sorgente è persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni concernenti il percorso del segnale e, in particolare, relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali del sottosuolo; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

3.3.2 - Strumentazione Impiegata

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale della ditta Moho s.p.a. modello "*Tromino - zero 3g*" che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra - leggeri e ultra - compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno tre terne velocimetriche con i sensori ortogonali tra loro e con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. Nella figura a fianco si riporta la curva di rumore di "*Tromino*" a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (H.V.S.R.) basati sulla simulazione del campo d'onde di



superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981). Operativamente si costruisce un modello teorico H.V.S.R. avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde Vs. Per eseguire la procedura sopra descritta in maniera univoca è necessario conoscere la profondità di un riflettore acustico individuabile nello spettro sismico registrato.

In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano nella tabella allegata a fianco i valori tabulati da Borchardt (1992; 1994) assieme a quelli ottenuti sperimentalmente in diversi ambienti sedimentari da altri autori (Budny, 1984; Ibs von Seht e Wohlenberg, 1999; Delgado et al., 2000 a, b; Parolai et al., 2002; Scherbaum et al., 2003; D'Amico et al., 2004, 2006; Hinzen et al., 2004).

TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate)	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia)	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI - GHIAIOSI (es. ghiaie e suoli con < 20% di ghiaia, sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose)	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere)	100	150	200

3.3.3 - Risultati Ottenuti

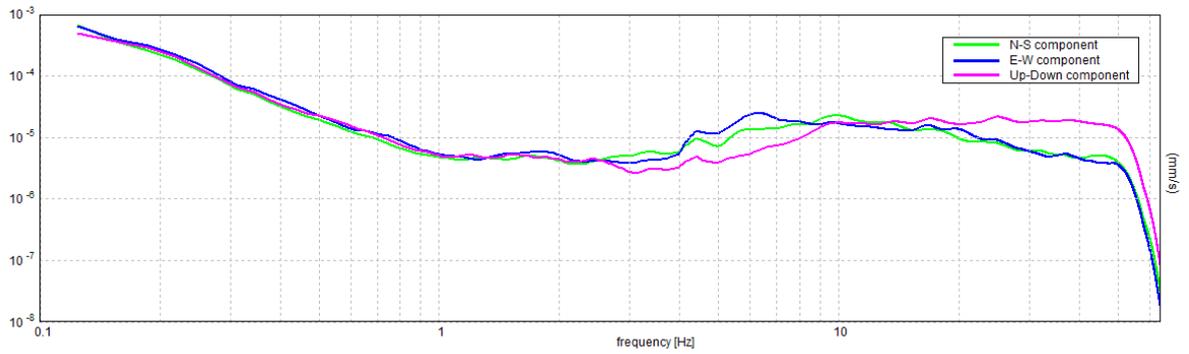
Come descritto nei paragrafi precedenti, lo strumento rileva i contrasti di impedenza generati da terreni/rocce con diversa rigidità.

Nel caso in esame la prospezione è stata utilizzata, oltre che per stimare il Vs₃₀, anche con finalità stratigrafica, ossia per conoscere lo spessore dei depositi quaternari.

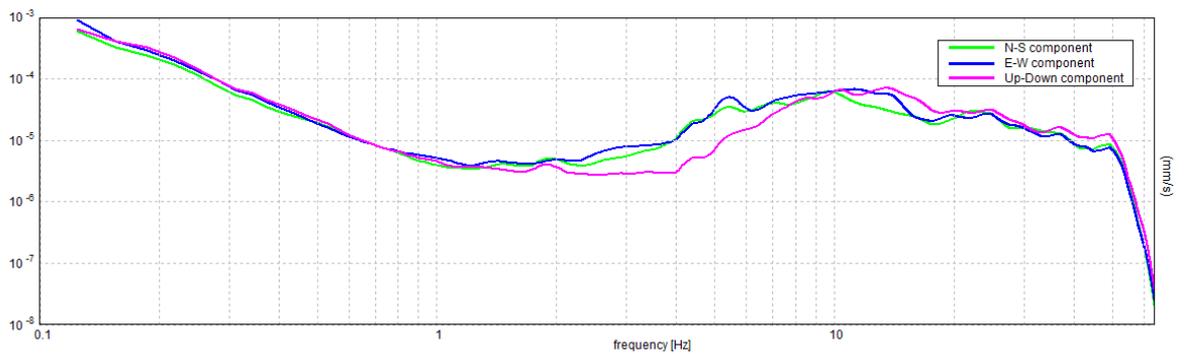
Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si sono potute ricavare le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica. Nel caso specifico si è cercato di correlare i valori di picco dello spettro di risposta HVSR con le frequenze fondamentali di risonanza di sito.

Si allegano, dapprima i grafici nei quali si riporta l'andamento delle tre componenti del moto sismico, quindi quelli relativi alla frequenza - rapporto H/V.

Andamento delle tre componenti del moto sismico



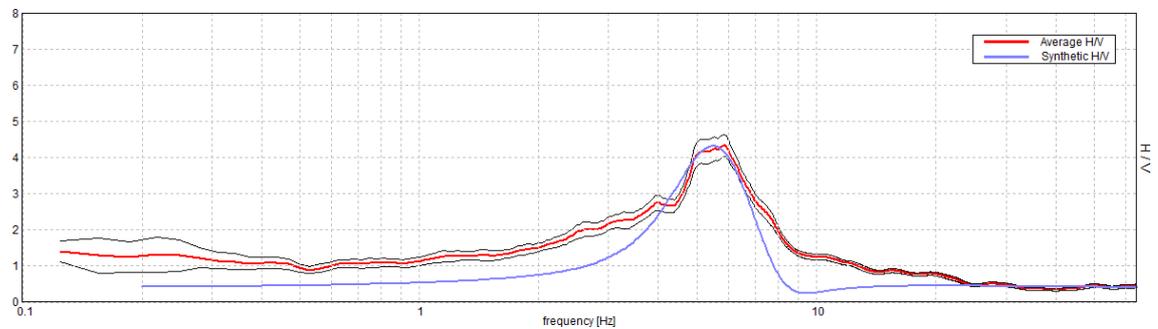
HVSR 1



HVSR 2

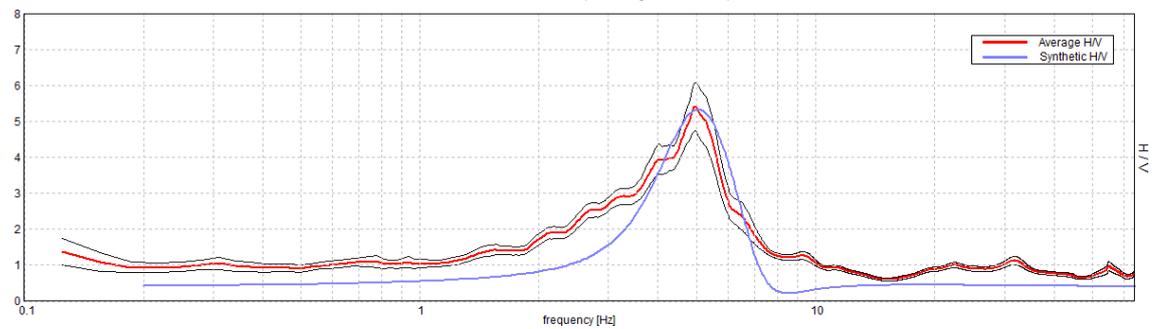
Grafici frequenza - rapporto H/V registrato

Max. H/V at 5.84 ± 1.66 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



HVSR 1

Max. H/V at 4.97 ± 0.65 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



HVSR 2

Entrambe le registrazioni sono caratterizzate dalla presenza di un solo picco presente nell'intervallo di interesse ingegneristico-strutturale, ossia nella finestra frequenziale

compresa tra 0.1 e 50 Hz e generati da discontinuità sismiche presenti nel primo sottosuolo che possono essere utilizzati per stimare il V_{s30} e con finalità stratigrafiche.

Il picco si trova alla frequenza di 5.8 Hz nella n. 1, a 5.0 Hz nella n. 2. Il fattore di amplificazione è nel primo caso pari a 4, a 5 nel secondo.

La loro esistenza indica la presenza di almeno due *sismo-strati* con impedenza diversa nelle prime decine di metri da p.c..

Sapendo che i valori di picco sono proporzionali ai contrasti di rigidità ed utilizzando le informazioni stratigrafiche ottenute dalle prove geognostiche effettuate nell'area indagata, è stato possibile ricavare una stratigrafia sismica del sottosuolo che può essere schematizzata nel modo seguente:

- da p.c. fino a 18÷19 m \approx 370÷385 m/s
- a profondità maggiore di 18÷19 m \approx 800 m/s

Come espressamente richiesto dalla normativa vigente (Norme Tecniche sulle Costruzioni – D.M. 17/01/2018), si è calcolata la velocità media di propagazione delle onde di taglio fino a 30 m dal piano di posa delle fondazioni (V_{s30}) che, nel caso in esame, è posto a non più di -1.0 m da piano campagna. Il valore di V_{s30} ricavato è pari a circa 550 m/s.

6

3.4 - Trincee Esplorative

3.4.1 - Trincea Esplorativa n. 1

La trincea è stata spinta ad una profondità di 1.4 m. Si è potuto accertare la seguente stratigrafia:

- da p.c. fino a -1.4 m: terreni di natura ghiaiosa caratterizzati dalla presenza di abbondanti ciottoli ed una scarsa matrice sabbioso-limosa.



- vista del punto in cui è stata eseguita la trincea esplorativa -



- vista della trincea esplorativa -



- vista dei terreni movimentati dalla trincea esplorativa -

3.4.2 - Trincea Esplorativa n. 2

La trincea è stata spinta ad una profondità di 1.2 m. Si è potuto accertare la seguente stratigrafia:

- da p.c. fino a -1.2 m: terreni di natura ghiaiosa caratterizzati dalla presenza di abbondanti ciottoli ed una scarsa matrice sabbioso-limosa.



- vista del punto in cui è stata eseguita la trincea esplorativa -



- vista della trincea esplorativa -



- vista dei terreni movimentati dalla trincea esplorativa -

4 - MODELLO IDROGEOLOGICO

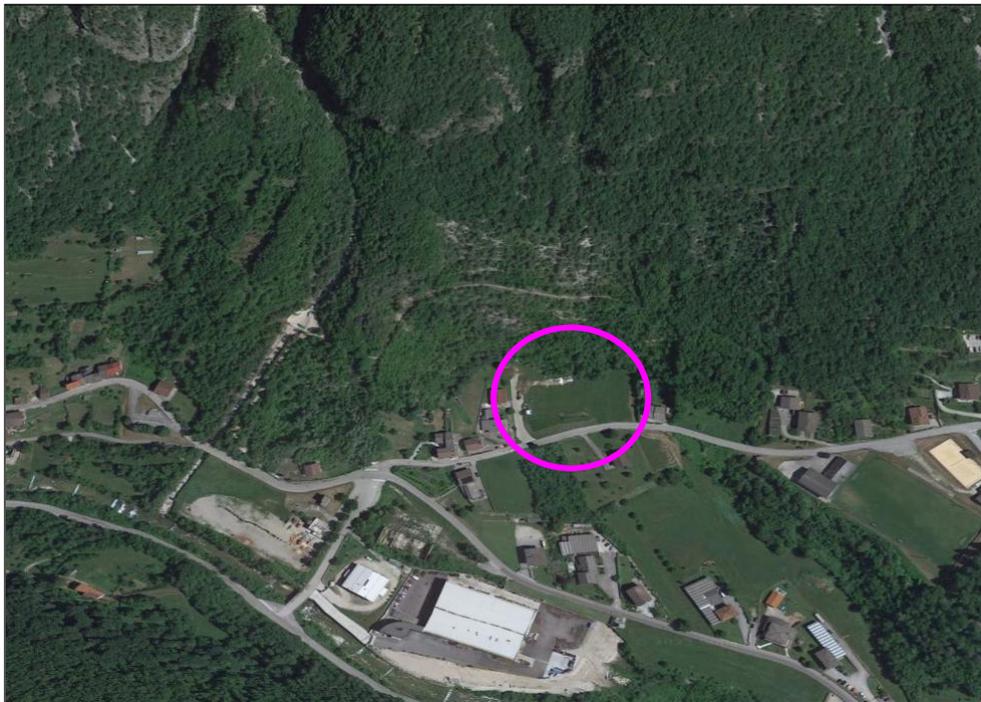
4.1 - Geomorfologia

L'immagine di seguito allegata propone una panoramica del contesto morfologico nella quale è inserita l'area oggetto dell'intervento. Quest'ultima si trova in sinistra idrografica del T. Astico, nella zona di contatto tra il fondovalle ed il pendio.

Scendendo ad una scala di maggior dettaglio l'immobile sorgerà su di un'area pressochè pianeggiante.

L'attuale configurazione è dovuta al fatto che l'area in passato è stata interessata da attività estrattiva: si trattava di una cava su detrito dalla quale venivano estratti terreni ghiaiosi.

Secondo quanto accertato il piano campagna originario si trovava a quote maggiori. L'area prativa pianeggiante non esisteva ed il piede della scarpata raggiungeva la strada comunale.



- Immagine satellitare -



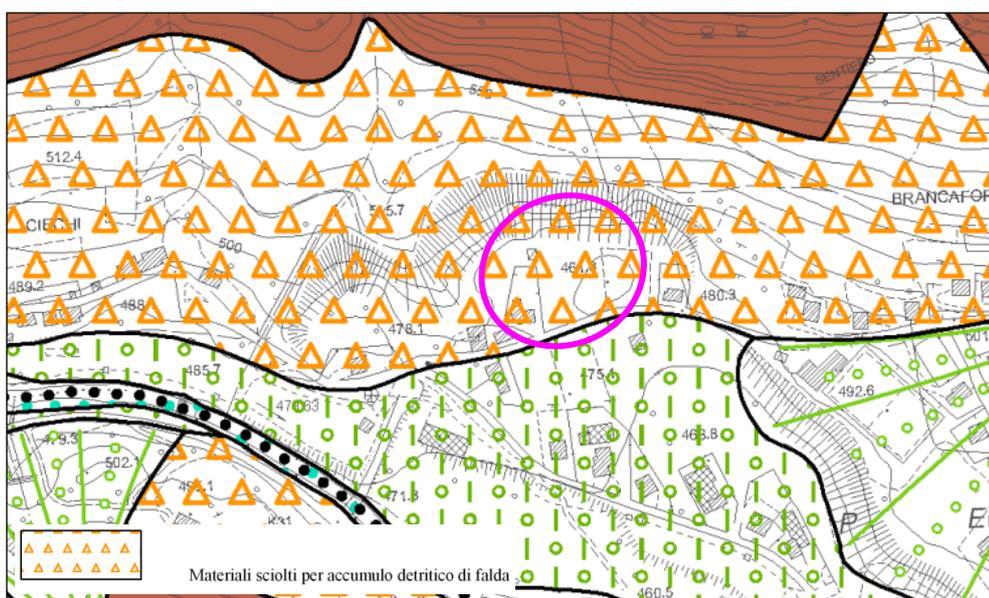
- panoramica da est dell'area oggetto dell'intervento -

4.2 - Geologia

Secondo la carta geolitologica del quadro conoscitivo del PATI il sottosuolo dell'area oggetto di studio è costituito da una spessa coltre di depositi quaternari. Si tratta delle tipiche coltri di detrito di versante che ammantano le pendici inferiori dei fianchi delle vallate prealpine. I depositi che la costituiscono sono composti da ghiaie, con trovanti, abbondanti ciottoli e blocchi in prevalenza di forma appiattita e di natura calcareo-dolomitica. Le ghiaie sono caratterizzate dalla presenza di una matrice intergranulare prevalentemente sabbioso-limosa, talora anche cementata.

Le prospezioni sismiche hanno permesso di accertare che lo spessore della coltre è di circa 18 m.

Il substrato roccioso su cui questi terreni poggiano è costituito dalla *Dolomia Principale*, una formazione lapidea, massiccia e competente, composta da litotipi di natura calcareo-dolomitica.



- Estratto non in scala della Carta Geolitologica del quadro conoscitivo del PATI -

4.3 - Permeabilità dei Terreni

Secondo la bibliografia tematica il coefficiente di permeabilità - k - dei terreni ghiaiosi di fondovalle delle vallate prealpine è compreso fra 10^{-4} m/s e 10^{-2} m/s, a seconda del grado di addensamento del deposito, nonché della sua composizione granulometrica (in particolare della percentuale in contenuto di matrice fine).

Tenuto conto di quanto emerso nelle indagini riportate nel capitolo 2 si ritiene che i terreni sopra descritti siano caratterizzati da una permeabilità elevata: si stimano valori di k pari ad almeno 5×10^{-2} m/s.

Il substrato roccioso sottostante è caratterizzato da una permeabilità secondaria elevata dovuta a fratturazione e carsismo.

Nel complesso è consentita l'infiltrazione in profondità delle precipitazioni atmosferiche.

K (cm/s)		10 ³	10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
K (m/s)		10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
GRANULOMETRIA	Omogenea	Ghiaia			Sabbia	Sabbia molto fine		Silt						
	Varia	Ghiaia grossa e media	Ghiaia e Sabbia			Sabbia e argilla - Limi					Argilla			
GRADO DI PERMEABILITA'		ELEVATA					BASSA					NULLA		
TIPI DI FORMAZIONI		PERMEABILI					SEMI-PERMEABILI					IMPERMEABILI		
DRENAGGIO		BUONO					POVERO			PRATICAM. IMPERM.				

- permeabilità e capacità drenante dei terreni -

4.4 - Acque Sotterranee

Tenuto conto dell'assetto geologico locale - terreni granulari grossolani molto permeabili con spessori significativi su substrato roccioso dotato di una elevata permeabilità secondaria - l'area in esame non è caratterizzata dalla presenza di acque sotterranee, almeno per le profondità di interesse.

4.5 - Valutazioni Idrogeologiche

L'assetto idrogeologico locale - assenza di acque sotterranee a debole profondità e la presenza di terreni permeabili - è tale da consentire l'adozione di sistemi di infiltrazione facilitata nel sottosuolo.

5 - IDROGRAFIA

Il territorio comunale di Pedemonte appartiene al bacino Idrografico Brenta Bacchiglione. Il bacino del Brenta-Bacchiglione risulta dall'unione dei bacini idrografici dei fiumi Brenta, Bacchiglione e Gorzone. Tali fiumi, caratterizzati da un sistema idrografico interdipendente e da interconnessioni multiple, giungono al mare attraverso un'unica foce.

Il fiume Bacchiglione è costituito dall'alveo collettore di un sistema idrografico assai complesso, formato da corsi d'acqua che drenano bacini imbriferi pedemontani, tra cui il Leogra-Timonchio e l'Astico e da rivi perenni originati da risorgive, quale il Tesina. Esso attraversa le province di Vicenza, Padova e Venezia, confluendo in destra idrografica del Brenta presso Chioggia.



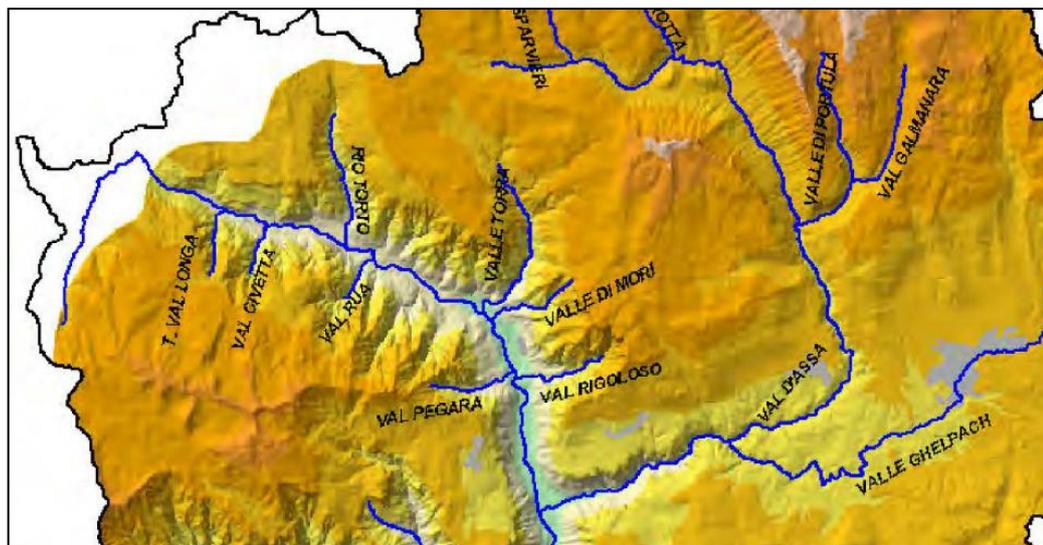
- Bacino idrografico del Brenta-Bacchiglione -

Il corso d'acqua principale che interessa il territorio comunale di Pedemonte è il Torrente Astico.

I suoi principali tributari sono: la Val Longa, la Val Civetta, la Val Rua, la Val Valpegara che scendono dal versante del massiccio di Campomolon e dall'altopiano di

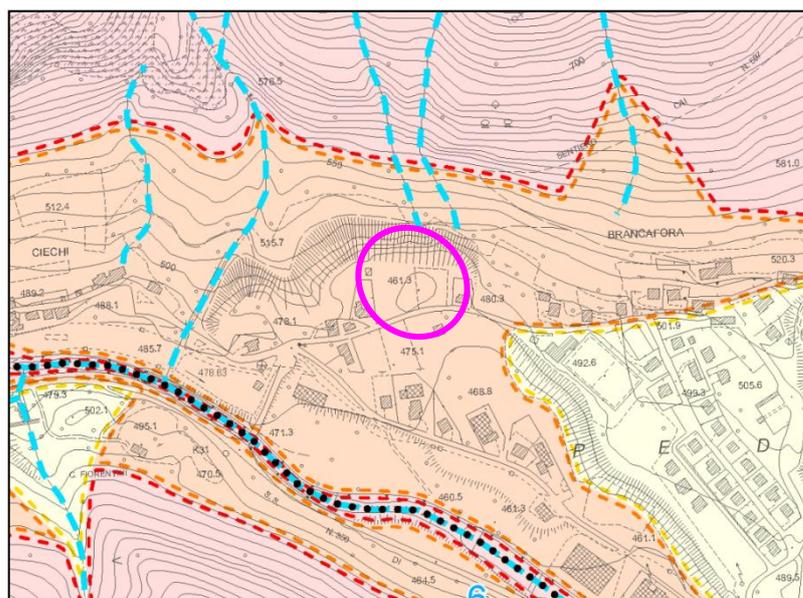
Tonezza. Il Rio Torto che scende dall'Altipiano di Lavarone, la Valle Torra che scende dal Basson di Sopra, Valle dei Mori, Val Rigoloso, Val d'Assa.

Il regime idrologico dei corsi d'acqua dell'Alta Valle dell'Astico è di tipo torrentizio caratterizzato da un deflusso episodico ed in stretta relazione con l'entità e le modalità degli afflussi meteorici. Unica eccezione il torrente Val d'Assa che raccoglie i contributi di un vasto bacino imbrifero che si estende sulla parte occidentale dell'Altipiano dei Sette Comuni.



- Torrente Astico ed i suoi affluenti principali -

La proprietà non confina con alcun corso d'acqua. Come indicato nell'estratto della cartografia di seguito allegata, il corso d'acqua più vicino è il T. Astico, il cui alveo si trova a sud della proprietà ad una distanza di circa 270 m.



- estratto non in scala della Carta Idrogeologica del PATI -

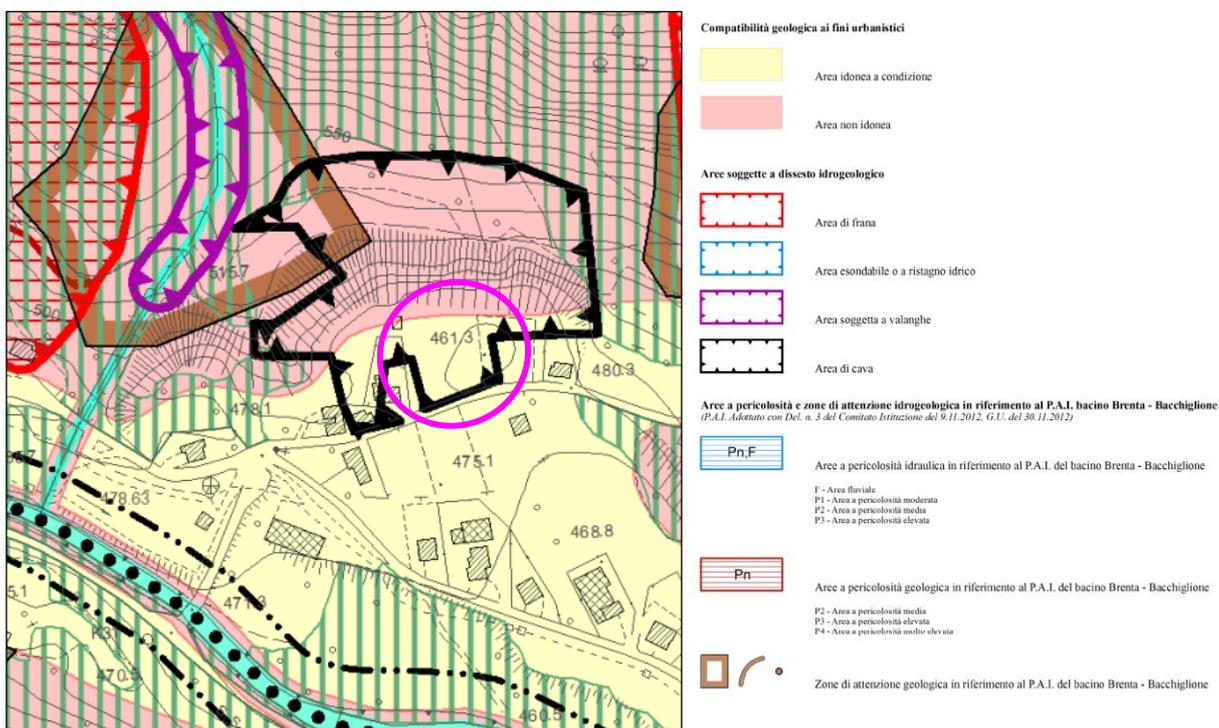
6 - FRAGILITÀ

6.1 – Fattori Geologici Geomorfologici Idrogeologici Idraulici

La Carta delle Fragilità del PATI (di cui si riporta un estratto), indica che il sito oggetto dell'intervento ricade all'interno di un'area *idonea a condizione - area di cava*.

L'area in esame non ricade né all'interno di perimetrazioni con pericolosità geologica, né in zona di attenzione geologica della cartografia del PAI.

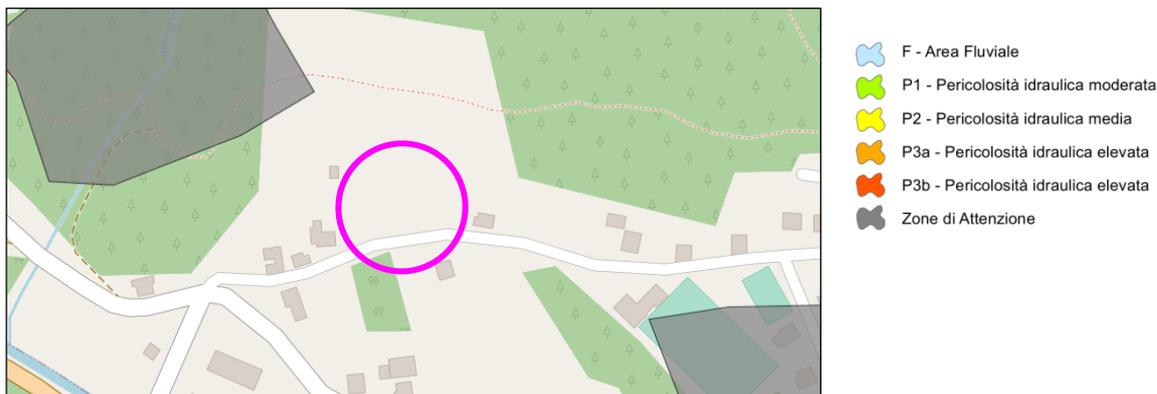
I rilievi di campagna di superficie, in accordo con le fonti cartografiche citate, hanno confermato che l'area oggetto dell'intervento non è minacciata, né soggetta a fenomenologie che possano essere motivo di dissesto.



- Estratto non in scala della Carta delle Fragilità del PATI -

5.2 – Fattori Idraulici

La consultazione della cartografia del PGRA 2021-2027 indica che l'area in esame non ricade né all'interno di zone con pericolosità idraulica, né in zona di attenzione idraulica.



- Estratto non in scala della Carta della Pericolosità idraulica del PGRA 2021-2027 -

6.3 – Considerazioni Conclusive

Il sito oggetto dell'intervento non presenta fragilità significative ai fini della realizzazione dell'intervento in progetto.

Le indagini hanno permesso di accertare che i terreni presenti al di sotto del piano campagna sono originari e non sono stati interessati dai lavori di estrazione.

7 - MISURE COMPENSATIVE

7.1 - Criteri Adottati

La Valutazione di Compatibilità Idraulica del P.I. propone, in accordo il D.G.R.V. n. 2984/09, una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici che consente di definire delle soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate a seconda dell'effetto atteso dall'intervento. La classificazione è riportata nella tabella sottostante.

CLASSE DI INTERVENTO	DEFINIZIONE
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0,1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione comprese fra 0,1 e 1,0 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	-intervento su superfici di estensione comprese fra 1,0 e 10 ha; -interventi su superfici di estensione oltre i 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Poiché l'area interessata dall'intervento in progetto si estende su di una superficie pari a 2.989,59 m², l'intervento ricade all'interno della classe definita a modesta impermeabilizzazione potenziale.

Per tali aree è comunque richiesta la realizzazione di volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle portate dovute all'impermeabilizzazione dell'area.

Tenuto conto del favorevole assetto idrogeologico locale (e.g. terreni con elevata permeabilità ed assenza di acque sotterranee per le profondità di interesse), sarà possibile adottare impianti di infiltrazione facilitata ed infiltrare nel sottosuolo le acque meteoriche.

7.2 - Metodologia Utilizzata per la Determinazione del Volume di Compenso

Il volume di compenso necessario a garantire l'invarianza idraulica è stato calcolato utilizzando il *metodo delle sole piogge*.

Per le presenti analisi, è stata utilizzata la curva di possibilità pluviometrica con *tempo di ritorno 200 anni* desunta dai valori di precipitazione per la stazione pluviometrica di Posina, come nel seguito meglio descritto.

Le curve di possibilità pluviometrica sono state determinate a partire dalle serie storiche dei dati disponibili della stazione di Posina (in totale 36 anni di misurazioni allegate a fine relazione).

Le curve di possibilità pluviometrica correlano le altezze di pioggia alla durata delle precipitazioni secondo la seguente relazione:

$$h = a t^n$$

dove

h = altezza di pioggia espressa in mm
t = durata dell'evento espressa in ore
a, n = parametri caratteristici della curva.

Per l'analisi statistica dei dati pluviografici della stazione di Posina è stato utilizzato il metodo di Gumbel, procedendo nel seguente modo:

- calcolo dei valori per ciascuna durata t, della media $\mu(h_t)$, dello scarto quadratico medio $\sigma(h_t)$ e dei due parametri α_t e u_t della legge di Gumbel:

N =	36	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		27,88	46,77	74,13	110,40	154,19
$\sigma(h_t)$		9,97	15,96	27,37	42,32	60,61
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0,13	0,08	0,05	0,03	0,02
$u_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$		23,39	39,59	61,82	91,36	126,92

- determinazione delle altezze massime di pioggia regolarizzate:

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	$h_{max} =$	40,88	67,58	109,82	165,59	233,23
30 anni	$h_{max} =$	49,68	81,68	134,01	202,99	286,80
50 anni	$h_{max} =$	53,71	88,12	145,05	220,07	311,25
100 anni	$h_{max} =$	59,13	96,80	159,95	243,10	344,24
200 anni	$h_{max} =$	64,53	105,46	174,79	266,05	377,10

- i dati pluviometrici regolarizzati, relativi alla stazione considerata, sono stati utilizzati per la determinazione delle curve pluviometriche relative ai tempi di ritorno di 10, 30, 50, 100 e 200 anni, utilizzando la formula $h = a \cdot t^n$, ricavando i parametri a ed n utilizzando il metodo di Gumbel:

Tr	CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA $h = a \times t^n$
10 anni	$h = 39,408 t^{0,5629}$
30 anni	$h = 47,708 t^{0,5674}$
50 anni	$h = 51,497 t^{0,5689}$
100 anni	$h = 56,608 t^{0,5707}$
200 anni	$h = 61,701 t^{0,5721}$

Il coefficiente di deflusso medio dell'area prima e dopo la trasformazione si ricava dalla media ponderata delle superfici sopra indicate, adottando per ciascuna i coefficienti riportati nella delibera. La formula da applicare è la seguente:

$$\varphi_{medio} = \frac{\varphi_{sup.imp.} \cdot A_{sup.imp.} + \varphi_{sup.semi-perm.} \cdot A_{sup.semi-perm.}}{A_{totale}}$$

Per la definizione del valore del coefficiente di deflusso si fa riferimento alle indicazioni fornite dalla DGRV n. 2948/09, la quale propone i seguenti valori:

Tipologia area	Coefficiente di deflusso
Agricola	0,1
Superfici permeabili (aree verdi)	0,2
Semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato)	0,6
Superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade)	0,9

- coefficienti di deflusso indicati dalla DGR n°2948 del 6/10/2009 -

Il volume da predisporre per la laminazione del nuovo carico idraulico prodotto dall'intervento in progetto è stato calcolato assumendo una portata massima scaricabile pari a 10 l/s per ettaro.

Analiticamente il volume di compenso è stato determinato utilizzando la seguente formulazione (metodo delle piogge per curve di possibilità pluviometrica a due parametri determinata per eventi con tempo di ritorno di 200 anni), dove il volume invasato nel tempo t (V) è dato dalla differenza dei volumi in ingresso (V_{aff}) e in uscita dal sistema (V_{def}):

$$V = V_{aff} - V_{def} = 10 S \cdot \phi \cdot h(t) - 3,6 u \cdot S \cdot t$$

con:

$$h(t) = a \cdot t^n \quad \text{con i due parametri pluviometrici } \mathbf{a} \text{ e } \mathbf{n}$$

Dove:

S = superficie del bacino da invasare: 0,2989 ha

h = altezza di pioggia critica (in mm)

ϕ = coefficiente di deflusso

a = 61,701 mm/h

n = 0,5721

La durata dell'evento critico (t espresso in ore) che massimizza il volume invasato (W_{max}), è calcolata con la seguente formula:

$$t_0 = \left(\frac{3,6 Q}{10 n S \phi a} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Il volume di invaso necessario per garantire l'invarianza idraulica può essere calcolato con la successiva scrittura analitica:

$$W_{max} = S \cdot \phi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{u,max}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{u,max} \cdot \left(\frac{Q_{u,max}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Applicando la formulazione sopra indicata all'area d'intervento si ottiene il volume di laminazione necessario.

7.3 - Determinazione del Volume di Compenso

Per calcolare l'impatto idraulico dell'intervento di progetto è stato calcolato il volume di laminazione necessario a garantire l'invarianza idraulica dello stato attuale e dello stato di progetto.

7.3.1 - Stato Attuale

L'uso del suolo nello stato attuale è il seguente:

• sup. totale area di proprietà	2.989,59 m ²
• sup. impermeabilizzate (edifici + piazzali impermeabilizzati)	0 m ²
• sup. semi-permeabili (strade di accesso e parcheggi in terra battuta)	0 m ²
• sup. aree verdi	2.989,59 m ²

Ne deriva che il coefficiente di deflusso medio - ϕ - dell'area allo stato di progetto è pari a 0.20.

Applicando la formulazione sopra indicata all'area d'intervento si ottiene quanto segue:

$$W_{\max} = 4 \text{ m}^3$$

Tale valore, rapportato ad una superficie unitaria, corrisponde a circa 15 m³/ha.

7.3.2 - Stato di Progetto

L'uso del suolo ad intervento ultimato sarà il seguente:

• sup. totale area di proprietà	2.989,59 m ²
• sup. impermeabilizzate (edifici + piazzali impermeabilizzati)	994,70 m ²
• sup. semi-permeabili (strade di accesso e parcheggi in terra battuta)	1.116,89 m ²
• sup. aree verdi	878,00 m ²

Ne deriva che il coefficiente di deflusso medio - ϕ - dell'area allo stato di progetto è pari a 0.58.

Applicando la formulazione sopra indicata all'area d'intervento si ottiene quanto segue:

$$W_{\max} = 53 \text{ m}^3$$

Tale valore, rapportato ad una superficie unitaria, corrisponde a circa 175 m³/ha.

7.3.3 - Volume di Compenso da Adottare

Tenuto conto del fatto che l'assetto idrogeologico locale consente di realizzare impianti di infiltrazione facilitata e che nei calcoli riportati nel precedente paragrafo si fa riferimento ad un tempo di ritorno di 200 anni, il valore sopra indicato potrà essere ridotto del 75%.

Il volume di laminazione di cui si dovrà disporre è pari pertanto a 13 m³.

7.4 - Descrizione del Volume di Invaso

Nel caso in esame, tenuto conto del progetto proposto, si propone di ricavare il volume di laminazione utilizzando il volume messo a disposizione dal pozzo disperdente.

Per motivi pratici di realizzazione dei manufatti e, tenuto conto di quanto riportato nel prossimo capitolo, si propone di realizzare pozzi disperdenti con le seguenti dimensioni (si veda lo schema sotto riportato):

- diametro utile disperdente: 3.0 m (elemento in cls forato da 2.0 m + una corona ghiaiosa con uno spessore di 0.5 m);
- altezza totale: 4.5 m

Un pozzo con le dimensioni sopra indicate mette a disposizione un volume di laminazione pari a 20 m³.

Per ottenere il volume di laminazione necessario a garantire l'invarianza idraulica - 184 m³ - è pertanto sufficiente di un solo pozzo disperdente con le dimensioni sopra indicate.

Si riesce a garantire così un volume di 20 m³, maggiore dei 13 richiesti.

8 - IMPIANTO DI INFILTRAZIONE

8.1 - Metodologia Utilizzata per la stima della Portata di Picco

La portata di picco attesa all'impianto di infiltrazione è stata stimata con un tempo di ritorno di 200 anni utilizzando il *metodo cinematico*.

La curva di possibilità pluviometrica considerata è stata determinata a partire dalle serie storiche per la stazione di Posina:

$$h=67.701 t^{0.5721}$$

Il metodo cinematico assume che la portata di picco si forma per una durata di precipitazione pari al *tempo di corrivazione*. Si definisce *tempo di corrivazione*, il tempo necessario alla goccia caduta nel punto "più lontano" del bacino drenato ad arrivare alla sezione di chiusura.

$$Q_p = 0.278 \cdot \frac{\varphi \cdot h_c \cdot A}{t_c}$$

dove:

Q_p	portata di picco	[m ³ /s]
A	superficie del bacino afferente	[km ²]
φ	coefficiente di deflusso medio	
h_c	altezza di pioggia critica	[mm]
t_c	tempo di corrivazione	[h]

8.2 - Stima della Portata di Picco

Inserendo nella formula sopra descritta i dati di seguito riportati:

- Area 2.989,59 m²
- coeff. deflusso 0,58
- tempo di corrivazione assunto 10 min

Si ottiene una portata di picco pari a 64 l/s.

Poichè esiste il volume di laminazione, che assorbe il 25% della portata prevista, la portata di picco attesa viene ridotta del 25%. Si ottiene pertanto una portata da infiltrare di 48 l/s.

8.3 - Individuazione del tipo impianto di infiltrazione da adottare

L'assetto idrogeologico esistente (assenza di acque sotterranee e permeabilità elevata), rende possibile l'adozione di sistemi di dispersione per infiltrazione delle acque meteoriche.

Nel caso in esame, tenuto conto dell'assetto plano-altimetrico locale e delle caratteristiche dell'intervento in progetto, si è optato per l'infiltrazione attraverso pozzi disperdenti.

8.4 - Dimensionamento Impianto di Infiltrazione

Secondo la normativa tedesca ITWH, la portata di infiltrazione di un pozzo disperdente, utilizzando anelli in cemento prefabbricati del tipo sotto schematizzato, è la seguente:

$$Q_{TOT} = Q_f + Q_l$$

Dove:

$$Q_f \text{ (portata di dispersione del fondo)} = \pi D^2/4 k/2$$

e

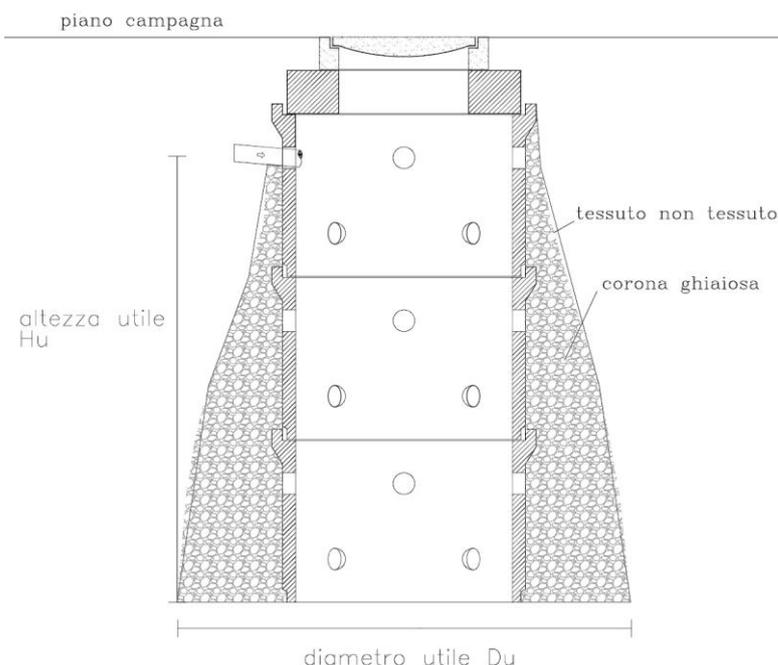
$$Q_l \text{ (portata di dispersione laterale)} = \pi D H k/4$$

Dove:

K: coeff. di permeabilità

D: diametro utile disperdente, ossia il diametro esterno dell'anello perdente (compreso la corona ghiaiosa);

H: altezza utile disperdente, ossia l'altezza del tratto di pozzo che insiste su terreni permeabili.



- schema tipo di pozzo disperdente -

Per definire la capacità disperdente di un pozzo è necessario conoscere anche l'assetto stratigrafico locale, in particolare il coefficiente di permeabilità, infine, l'assetto idrogeologico, ossia l'eventuale presenza di acque sotterranee e le fluttuazioni nel tempo del livello statico della falda.

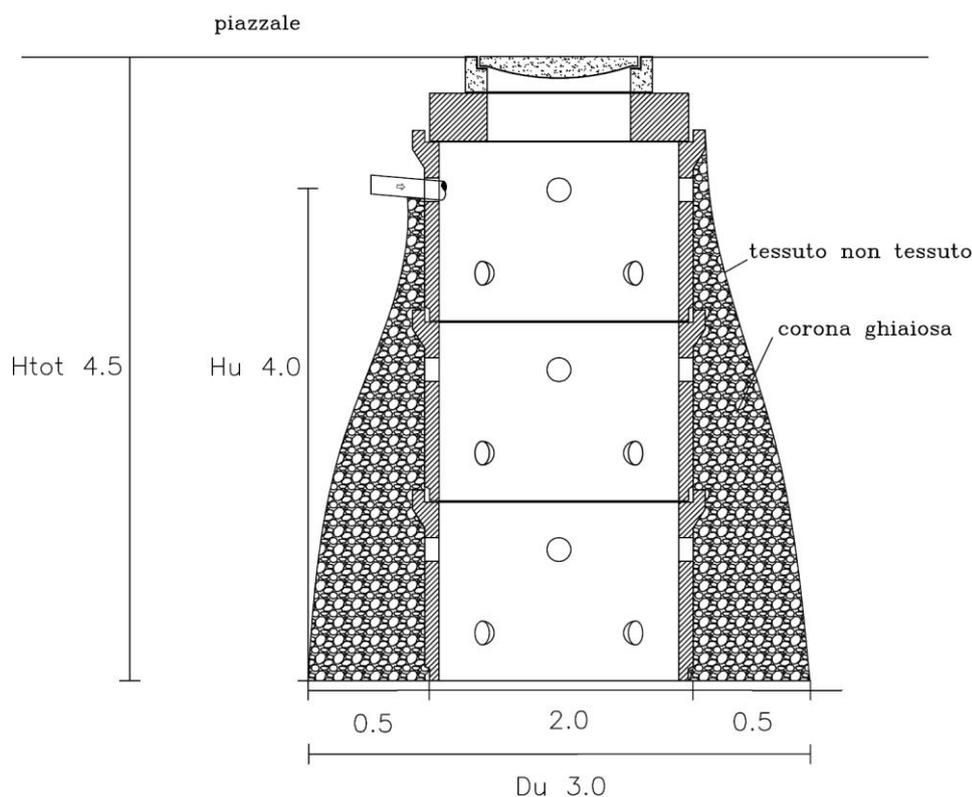
Nel caso in esame i dati di progetto assunti sono i seguenti:

- **Stratigrafia** l'assetto stratigrafico locale è stato descritto nel paragrafo 4.2: il sottosuolo è costituito da terreni granulari grossolani di natura ghiaiosa per parecchie decine di metri da piano campagna.
- **Coeff. di permeabilità k** il coefficiente di permeabilità - k - medio dei terreni presenti è pari a 5×10^{-3} m/s.

- Assetto idrogeologico come descritto nel paragrafo 4.3, il materasso alluvionale non è saturato da acque sotterranee per una profondità di parecchie decine di metri dal piano campagna.

Per motivi pratici di realizzazione dei manufatti, si propone di realizzare pozzi disperdenti con le seguenti dimensioni (si veda anche lo schema sotto riportato):

- diametro utile disperdente: 3.0 m (elemento in cls forato da 2.0 m + una corona ghiaiosa con uno spessore di 0.5 m);
- altezza utile disperdente: 4.0 m.



schema del pozzo disperdente - dimensioni in m

Inserendo nelle formule sopra riportate le dimensioni del pozzo disperdente sopra descritto ed i dati indicati nel precedente paragrafo, si ottiene una portata di infiltrazione totale ($Q_f + Q_l$) pari a 48 l/s.

Poichè la portata da infiltrare prodotta dalla realizzazione dell'intervento in progetto è pari a 48 l/s, sarà sufficiente disporre di un solo pozzo disperdente.

Schio, li 01/08/2023

Bertolin Andrea – *geologo*

- serie storiche dei dati disponibili della stazione di Posina -

Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1955	27,6	32,0	46,0	75,8	92,2
1956	22,2	38,2	48,0	83,6	116,4
1957	31,8	50,0	79,2	133,8	200,8
1958	26,0	66,4	92,6	157,0	227,6
1959	32,2	47,6	65,6	92,0	165,2
1960	61,2	96,8	112,0	140,8	194,4
1961	24,0	44,0	82,8	129,6	184,4
1962	21,2	32,0	47,6	78,4	123,6
1963	18,8	38,0	50,8	78,0	135,6
1964	20,2	32,4	58,8	75,8	110,2
1965	44,8	75,6	150,4	202,8	299,6
1966	16,8	20,6	27,0	39,4	44,6
1967	35,8	63,2	78,8	84,4	137,2
1968	25,6	58,4	108,8	143,6	164,0
1969	25,6	32,8	42,4	56,0	91,2
1970	23,6	52,8	80,0	91,2	107,6
1971	6,6	16,0	26,0	40,6	61,6
1972	20,0	34,0	66,0	91,0	100,0
1973	27,0	56,0	87,0	133,0	227,0
1974	21,0	40,0	66,6	125,0	165,0
1975	34,2	64,0	97,0	154,2	208,0
1976	37,0	45,0	72,0	124,0	176,0
1977	36,6	46,0	60,0	88,0	129,0
1978	15,0	26,0	40,0	70,0	117,0
1979	22,0	44,0	68,2	75,2	91,0
1980	28,0	49,0	55,8	75,0	99,2
1981	30,0	46,8	80,0	144,0	210,0
1982	45,0	55,0	108,8	137,0	168,2
1983	31,0	35,0	59,6	76,4	108,8
1984	19,8	42,0	88,0	111,0	156,0
1985	22,0	55,8	95,0	171,0	221,0
1986	40,0	57,0	93,0	145,0	185,4
1987	33,6	67,2	130,0	207,4	306,4
1993	29,4	37,2	70,0	127,0	139,6
1994	26,6	51,4	83,0	154,6	200,4
1995	21,4	35,4	52,0	62,8	86,8