Studio Tecnico Dott. Geol. Silvia Daleffe
Via Sebenigo, 19/A – Grisignano di Zocco (VI) – Tel. 0444 415195; cell. 348 042140; e-mail: silvia.daleffe@alice.it; pec: silvia.daleffe@epap.sicurezzapostale.it

Regione del Veneto

Provincia di Verona

Comune di Verona

Progetto di Piano Urbanistico Attuativo in Verona, via Colleoni (A.T.O. 10)

Scheda norma repertorio n. 209

Tavola 6A

Valutazione di compatibilità geologica, geomorfologica ed idrogeologica

Dott. Geol. Silvia Daleffe

Ordine dei Geologi della Regione Veneto n. 413

Grisignano di Zocco, 24 Marzo 2015

Indice

1 PREMESSA

2 COROGRAFIA

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.1 GEOMORFOLOGIA

3.2 GEOLOGIA

3.3 IDROGEOLOGIA

3.4 DESCRIZIONE DELL'AREA: LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI, SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA E IDROGEOLOGIA

4 INDAGINI IN SITO

5 INDAGINE STORICA SU EVENTUALI CRITICITÀ DI NATURA ANTROPICA RELATIVE ALL'AREA

6 VALUTAZIONI ED INDICAZIONI DI AUTORITÀ DI BACINO E COMUNE DI VERONA CIRCA L'AREA IN ESAME

7 VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA DELL'INTERVENTO

APPENDICE : MISURA SISMICA HVSR.

Grisignano di Zocco, 24 Marzo 2015

1 Premessa

Nell'ambito delle fasi progettuali relative al Piano Urbanistico Attuativo da realizzarsi in via Colleoni nella località Cà di David del comune di Verona, viene redatto il presente documento di analisi inerente la verifica della compatibilità geologica, geomorfologica ed idrogeologica dell'intervento, ai sensi dell'art. 19 comma 2 lettera d della L.R.V. 11/04. Tale norma infatti prevede che la sicurezza geologica del territorio debba essere così valutata:

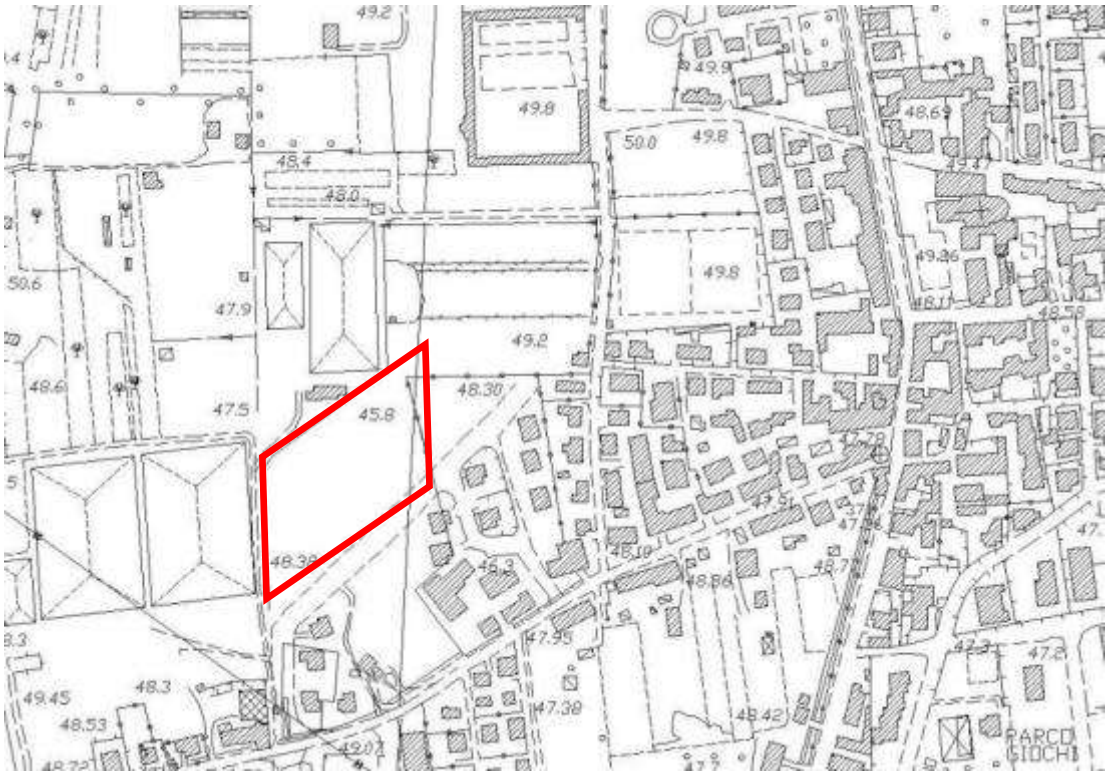
- a livello di pianificazione, mediante una analisi territoriale che è sintetizzata nel PAT e nei documenti del quadro progettuale (in particolare nella "Carta delle fragilità");
- a livello di Piano degli Interventi e di Piano Urbanistico Attuativo, con redazione di una relazione di verifica della compatibilità geologica, geomorfologia e idrogeologica;
- a livello di singolo intervento edificatorio, mediante una analisi puntuale, secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Tutti gli interventi edilizi e infrastrutturali e quelli che comportano comunque movimenti di terra e/o scavi e/o interferenze con la falda acquifera e la cui realizzazione può recare danno o pregiudizio al patrimonio edilizio esistente o alla stabilità e qualità ambientale delle aree limitrofe e del sottosuolo, sono assoggettati a verifica di compatibilità del sito rilevabile dai contenuti del modello geologico e valutabili per un intorno di ampiezza tale da poter interagire con l'intervento proposto: in tale ottica si è sviluppato lo studio del sito interessato dal P.U.A., che si è svolto secondo le fasi di seguito elencate:

- acquisizione dei dati bibliografici e storici relativi all'area indagata;
- rilievo geologico e geomorfologico del sito e dell'intorno;
- esecuzione di indagini dirette (scavi) e geofisiche (HVSR).

2 Corografia

L'area oggetto di intervento è ubicata a margine della zona residenziale di Cà di David, in prossimità ad aree a destinazione agricola e con urbanizzazione diffusa. Le quote si aggirano attorno a 46 - 47 m s.l.m.

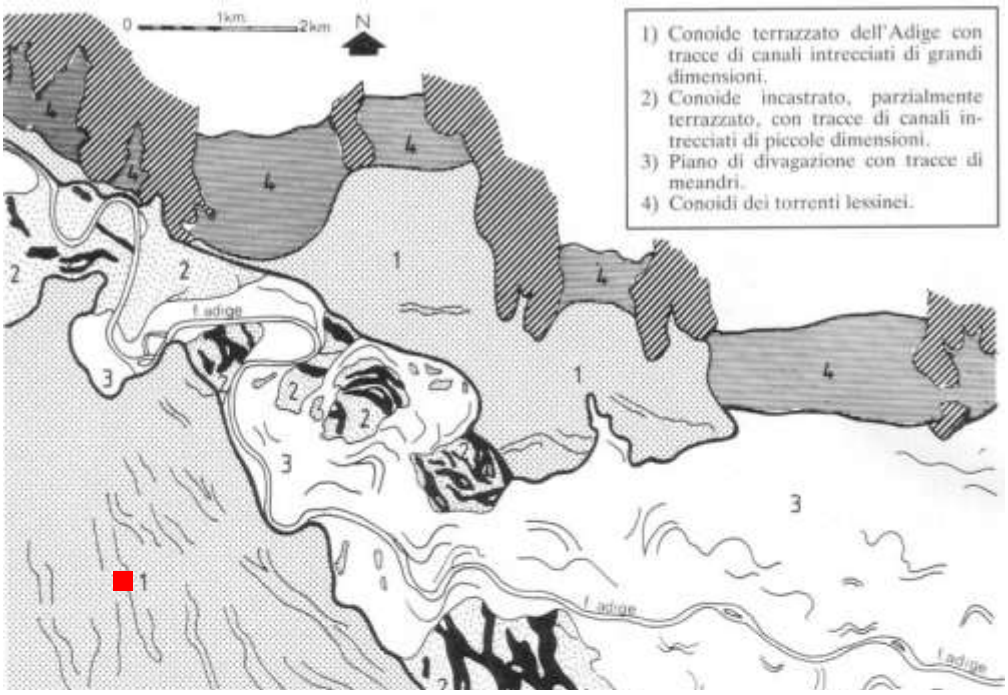


3 Inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico

Di seguito si riportano alcuni cenni di inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico dell'area in esame.

3.1 Geomorfologia

Da un punto di vista morfologico, il territorio in esame appare caratterizzato da morfologie subpianeggianti: l'analisi del microrilievo permette però di individuare la presenza di elementi e strutture tipici della pianura alluvionale (quali terrazzi e scarpate di erosione fluviale, strutture legate a fenomeni di esondazione e di rotta, paleoalvei), che vanno a costituire irregolarità topografiche del piano campagna, quali dossi e depressioni. L'elemento caratterizzante dello stato dei luoghi attuale è costituito dal fiume Adige: con riferimento a quest'ultimo, nel dettaglio il territorio del comune di Verona appartiene a tre unità geomorfologiche: il conoide che ha formato la piana fluvioglaciale atesina, il piano di divagazione dell'Adige inciso nel conoide e gli apporti dei torrenti di provenienza lessinea, come evidenziato dallo stralcio di schizzo geomorfologico della Pianura Veronese (da Sorbini et alii, 1984).



La porzione di territorio oggetto di studio ricade nell'unità definita "conoide terrazzato, con tracce di canali intrecciati di grandi dimensioni". Le morfologie erosivo – deposizionali minori sono state obliterate dalla forte antropizzazione, che ne impedisce il riconoscimento.

A grandi linee, da un punto di vista morfologico spostandosi da Verona verso valle si distinguono due terrazzi: uno in sinistra orografica, in alcuni studi chiamato "settentrionale", e uno in destra, chiamato "meridionale": questi due terrazzi si allontano gradualmente, a formare una sorta di cono con vertice in Verona ed asse di simmetria in direzione di Albaredo d'Adige; il fiume Adige scorre nella bassura delimitata da questi due terrazzi. L'area alta è il grande conoide terrazzato, caratterizzato da tracce di canali intrecciati ("braided") di grandi dimensioni, costruito dall'Adige "fluvioglaciale": secondo Sorbini et alii (1984) la fase finale della costruzione di questo corpo sedimentario è posteriore ai 25.000 anni B.P.

Successivamente, per un cambio del regime idrologico, l'Adige ha assunto, anche nella parte apicale del suo conoide, un percorso a meandri terrazzando il conoide stesso e formando la zona di basso topografico in cui scorre attualmente. Il divagare dell'Adige in quest'area prima del suo arginamento ha determinato la distribuzione della litologia e ha formato numerosi terrazzi aventi modesto dislivello. Tali elementi influenzano attualmente il corso della rete idrografica locale.

Si riporta un estratto della Carta delle Unità Geomorfologiche del Veneto, dove con il colore giallo sono individuati i depositi fluvioglaciali e alluvionali antichi e recenti, cui viene attribuita l'area in esame, con il verde i depositi fluviali della pianura alluvionale recente, con l'azzurro le fasce fluviali depresse e con il blu i depositi mobili degli alvei fluviali attuali. Il puntinato marrone indica la fascia delle risorgive.

Nell'estratto della "Carta Geomorfologica di una porzione di pianura a Sud – Est di Verona" (Sorbini et alii, 1985) sono indicate con il colore arancio le alluvioni prevalentemente ghiaiose della conoide dell'Adige, mentre i tratti rossi definiscono gli orli di terrazzo.

L'assetto geomorfologico è quindi caratterizzato dalla presenza di strutture deposizionali ed erosive fluvioglaciali ed alluvionali, quali terrazzi, dossi, paleoalvei, a cui si sono sovrapposti interventi antropici d'urbanizzazione ed edificazione, oltre che per l'utilizzo agronomico del suolo.

3.2 Geologia

La pianura veronese costituisce un'unità geografica e geologica distinta, caratterizzata soprattutto dalla presenza del fiume Adige, le cui alluvioni hanno costruito un potente materasso ghiaioso e sabbioso che dallo sbocco della valle in pianura si spinge verso Sud per almeno una ventina di chilometri. Nell'alta pianura s'individua un'ampia fascia a direzione N - S, il cui sottosuolo è costituito per oltre un centinaio di metri di spessore esclusivamente da depositi ghiaiosi legati alle grandi conoidi fluvioglaciali dell'Adige. Più a Sud, all'altezza della fascia Bovolone - Isola della Scala, la granulometria complessiva del materasso alluvionale diminuisce: le ghiaie sono sostituite da sabbie ed i depositi fini impermeabili divengono sempre più frequenti e spessi.

La litologia dei terreni costituenti l'area in esame è rappresentata da depositi correlabili alle diverse fasi dell'evoluzione del corso del Fiume Adige e dei suoi affluenti, d'origine alluvionale e fluvioglaciale, costituiti da ghiaie e sabbie poligeniche, con ciottoli, con alterazione a matrice prevalentemente sabbiosa e con sovrapposti depositi rimaneggiati e/o riporti di origine antropica, legati alle opere di urbanizzazione ed edificazione.

Si riporta lo stralcio della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio Verona, dove con il colore azzurro e la sigla a^2 sono riportate le alluvioni sabbioso – ghiaiose, terrazzate, antiche (Olocene); con il colore giallo e la sigla fg^R le alluvioni fluvio – glaciali e fluviali da ghiaiose a ciottolose del Riss.

In definitiva, i processi d'alterazione in combinazione con i fenomeni gravitativi, fluvioglaciali ed alluvionali hanno dato origine ai depositi presenti nella zona; la parte superficiale è stata però parzialmente rimaneggiata a seguito di eventi antropici. L'area presenta litologie costituite da ghiaie e sabbie con ciottoli, con occasionali livelli fini.

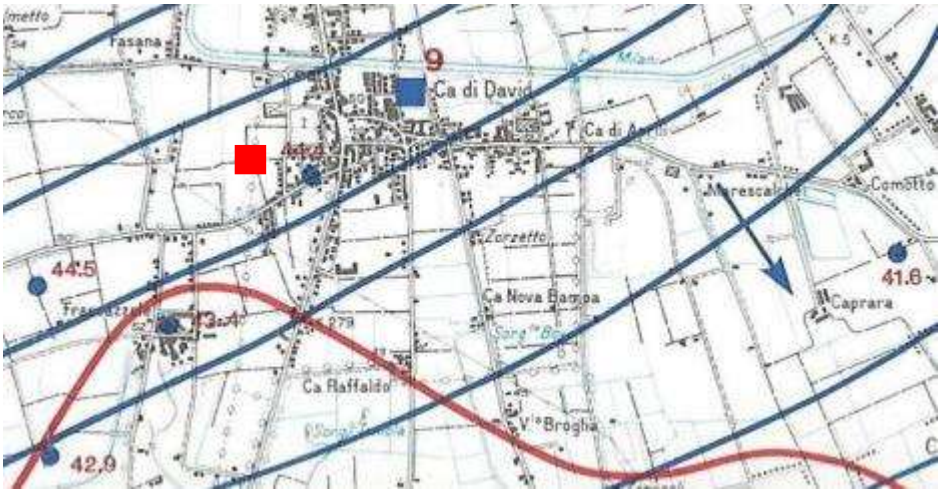
Non esistono evidenze di elementi strutturali e/o tettonici in prossimità dell'area di progetto.

3.3 Idrogeologia

Sotto l'aspetto idrogeologico l'area è costituta da alluvioni ad alta permeabilità ed elevato drenaggio; la falda freatica nella zona in esame è ospitata nel potente materasso alluvionale atesino.

Il sistema idrogeologico è alimentato dai seguenti fattori di ricarica: le falde di subalveo dell'Adige e quelle provenienti dalle valli dei Lessini; l'infiltrazione degli afflussi meteorici diretti e delle acque irrigue. La ricarica continua operata dagli apporti di subalveo dell'Adige a partire dalla zona Bussolengo - Pescantina non solo provvede all'alimentazione del sistema idrogeologico dell'Alta Pianura, ma condiziona anche la direzione di deflusso delle acque sotterranee e il regime della falda: il deflusso avviene indicativamente da NNW verso SSE, con locali variazioni. In conseguenza di questa struttura geologica e delle modalità di alimentazione, la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi è elevata.

Relativamente alla profondità della falda freatica, si riportano di seguito gli studi bibliografici prossimi all'area in esame: nello stralcio della "Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige" di Dal Prà e De Rossi, edito nel 1989, l'ambito di PUA, individuato con il simbolo rosso, è compreso tra le isofreatiche 44 e 45.



Si allega ora un estratto della tavola relativa ai caratteri idrogeologici dell'Alta Pianura veronese, redatta in occasione della Italian DHI Conference svoltasi a Torino nell'Ottobre 2009: con il colore giallo si individua l'acquifero indifferenziato e con il verde il multifalde. In questo caso l'area va riferita alle isofreatiche 43 e 44.

Altre indicazioni circa il livello freatico sono ricavate dalle comunicazioni ad ISPRA ai sensi L. 464/1984 relative a due pozzi, il primo a NW ed il secondo a SE dell'area di progetto (indicata con il contorno rosso), in accordo con l'andamento della falda.

La stratigrafia schematica del pozzo codice 165955, ad uso irriguo, è la seguente:

Profondità da p.c.	Litologia
0.0 – 2.0	Suolo
2.0 – 7.0	Ghiaia grossa
7.0 – 9.0	Argilla
9.0 – 18.0	Ghiaia grossa

Il livello statico nel mese di Febbraio 1993 era posto a 4 m da p.c.

Si riporta ora la stratigrafia schematica del pozzo codice 166226, ad uso domestico:

Profondità da p.c.	Litologia
0.0 – 2.0	Suolo
2.0 – 55.0	Ghiaia e sabbia in matrice limosa

Il livello statico nel mese di Febbraio 1997 era posto a 10 m da p.c.

Si può notare che nel pozzo a monte l'acquifero superficiale risiede nel livello ghiaioso compreso tra le profondità di 2 e 7 m da p.c.; a valle invece la falda è indicata a 10 m da p.c. (anche se probabilmente si indica con questa profondità un livello produttivo), e nella successione stratigrafica non sussistono livelli argillosi.

In conclusione, secondo indicazioni bibliografiche, nell'area in esame la falda freatica si attesta in fase di piena ad una profondità indicativamente compresa tra 2 e 3 m da piano campagna.

L'area si trova a monte della fascia dei fontanili, ed è quindi interessata da un acquifero indifferenziato; procedendo verso Sud, dove inizia la media pianura, le sequenze stratigrafiche non sono più sabbioso – ghiaiose, ma sono riconducibili ad alternanze tra sedimenti fini (limi e argille) e depositi prevalentemente sabbiosi, dando luogo ad intercalazioni tra livelli permeabili ed impermeabili, che originano il sistema multifalde. Il limite superiore della fascia delle risorgive si trova nei pressi dell'abitato di Fracazzole e Cà Raffaldo, a Sud di Cà di David, dove sono presenti le sorgenti denominate Campagna, Vannina, Palazzino e Bova, che danno vita agli omonimi scoli, e Toniola, che origina il fiume Menago.

L'elemento idrologico fondamentale dell'area in esame è il fiume Adige, che scorre a Est del sito interessato dal P.U.A., ad una distanza di circa 6 km. Vi è inoltre una rete di scoli e canali artificiali fra i quali si evidenzia il Canale Milani, facente parte della rete idraulica storica; inoltre, in fregio al lato Ovest dell'ambito di intervento è presente la canalizzazione del Conagro.

3.4 Descrizione dell'area: lineamenti geomorfologici, successione litostratigrafica e idrogeologia

Gli elementi dominanti che determinano i lineamenti geomorfologici della zona in cui si inserisce l'intervento proposto sono da ricondursi ai processi tettonici, gravitativi, fluviali e alluvionali fluvioglaciali, elementi ai quali si è sovrapposto in maniera determinante l'intervento antropico, con la realizzazione di scavi di sbancamento, riporti di materiali, sistemazione e modellazione dei terreni. L'area oggetto dell'intervento rispecchia questa situazione con evidenze prevalentemente degli elementi antropici: i depositi superficiali sono stati rimaneggiati a seguito dell'edificazione nell'intorno, con movimenti terra ed utilizzo di riporti che hanno modificato l'originaria conformazione.

Dal punto di vista geolitologico, l'area in esame è costituita da depositi alluvionali correlabili alle diverse fasi dell'evoluzione del corso del Fiume Adige e dei suoi affluenti, formati da ghiaie e sabbie con ciottoli, in livelli più o meno addensati, e con locali livelli a granulometria più fine.

Sotto l'aspetto idrogeologico l'area indagata non presenta particolari peculiarità in quanto non sono presenti sorgenti o venute d'acqua a carattere perenne, inoltre i terreni superficiali presentano una variazione sia verticale sia orizzontale di permeabilità, generalmente elevata, in funzione delle caratteristiche granulometriche e tessiturali dei depositi. Le fonti bibliografiche indicano il livello freatico a profondità di circa 2 – 3 m da piano campagna; la linea dei fontanili è posta a Sud, ad una distanza di circa 600 m.

Lo smaltimento dei deflussi superficiali risente sia delle pendenze che della tipologia di terreni, costituiti prevalentemente da depositi ad elevata permeabilità, che dell'impermeabilizzazione dovuta all'urbanizzazione. La realizzazione del progetto proposto comporterà una diminuzione nella percentuale di precipitazioni infiltrata: si raccomanda quindi, di ricorrere a misure compensative per mantenere il principio dell'invarianza idraulica, predisponendo sistemi di laminazione opportunamente dimensionati.

Nell'area non vi sono evidenze di elementi strutturali, né di forme di dissesto idrogeologico.

4 Indagini in sito

Per confermare il quadro ottenuto con l'esame dei dati bibliografici, nell'area in esame sono state realizzate sette trincee esplorative. Di seguito si riporta la planimetria del P.U.A (non in scala) estratta dalla tavola 4 con l'ubicazione degli scavi; seguono le stratigrafie.

Le trincee esplorative sono state integrate con un'indagine geofisica HVSR.

Trincea T1

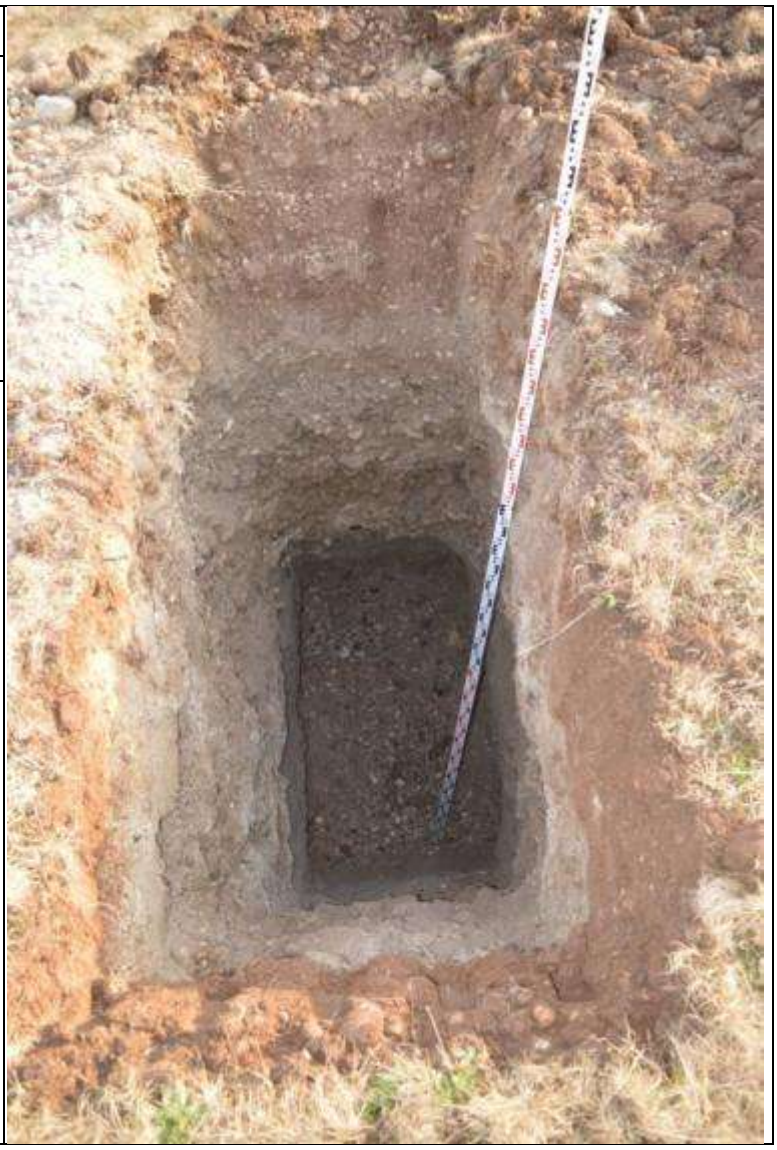
Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	0.10	Terreno vegetale rimaneggiato a tessitura sabbiosa di colore marrone
B	Oltre 3.00	Alternanze pluridecimetriche di livelli con sabbie e subordinate ghiaie e ciottoli, e di livelli con prevalenti ciottoli e subordinata ghiaia, in matrice sabbiosa nocciola. I ciottoli presentano elementi poligenici eterometrici (2-10 cm, occasionalmente 15 cm), arrotondati e localmente con tracce di cementazione. Deposito sciolto. Fianchi di scavo stabili.

Cumulo dei depositi di strato B

La falda freatica non è stata rilevata alle profondità raggiunte dallo scavo.

Trincea T2

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	0.30	Terreno vegetale rimaneggiato a tessitura sabbioso - ghiaiosa di colore marrone
B	Oltre 3.70	Sabbie con ghiaie e ciottoli poligenici eterometrici (2-10 cm, occasionalmente 15 cm), arrotondati e localmente con tracce di cementazione. Lente sabbiosa tra 2.00 e 2.20 m da p.c. Presenti trovanti pluridecimetrici. Deposito sciolto; compatto. Fianchi di scavo stabili.



Cumulo dei depositi di strato B

La falda freatica non è stata rilevata alle profondità raggiunte dallo scavo.

Trincea T3

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	0.10	Terreno vegetale rimaneggiato a tessitura sabbiosa di colore marrone
B	Oltre 4.10	Livello a sabbia prevalente da 0.10 a 0.30 m; seguono ciottoli centimetrici puliti sino a 2.20 m. Quindi, alternanze pluridecimetriche di livelli con sabbie e subordinate ghiaie e ciottoli, e di livelli con prevalenti ciottoli e subordinata ghiaia, in matrice sabbiosa nocciola. I ciottoli presentano elementi poligenici eterometrici (2-10 cm, occasionalmente 15 cm), arrotondati e localmente con tracce di cementazione.

Cumulo dei depositi di strato B

La falda freatica non è stata rilevata alle profondità raggiunte dallo scavo.

Trincea T4

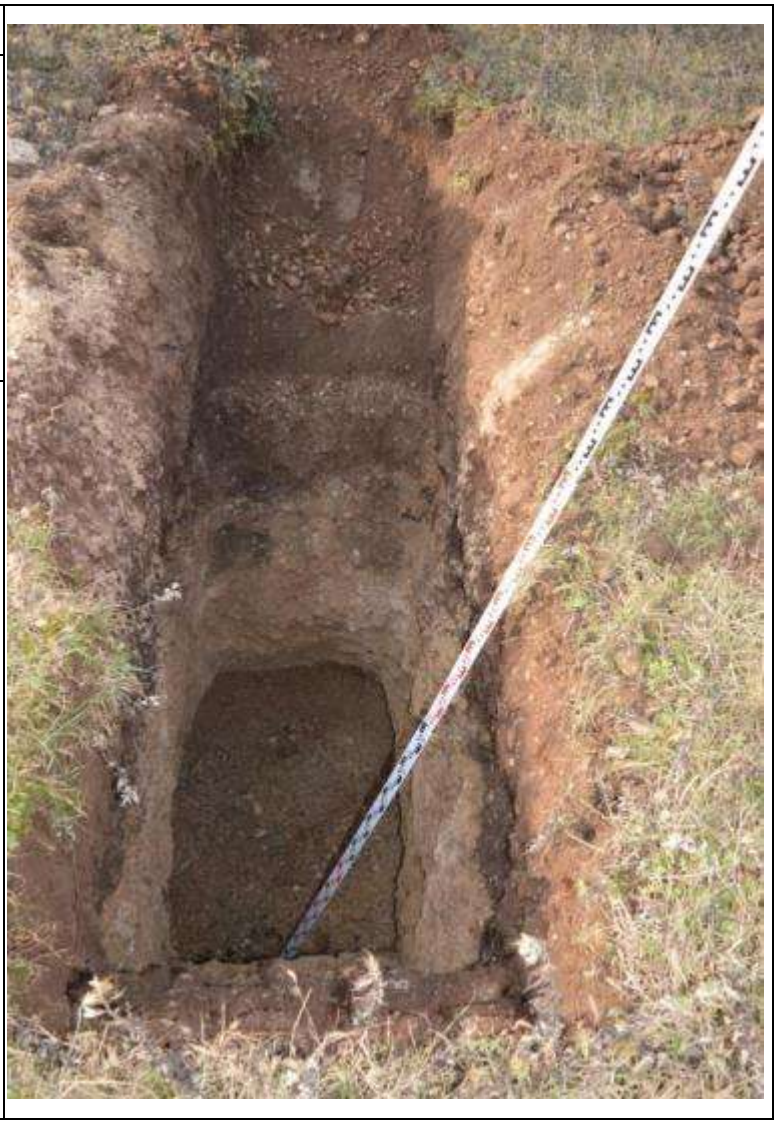
Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	0.80	Terreno vegetale a tessitura sabbiosa di colore marrone
B	Oltre 4.30	Alternanze pluridecimetriche di livelli con sabbie e subordinate ghiaie e ciottoli, e di livelli con ciottoli e subordinata ghiaia in matrice sabbiosa nocciola. I ciottoli presentano elementi poligenici eterometrici (2-10 cm, occasionalmente 30 cm), arrotondati e localmente con tracce di cementazione. Trovanti pluridecimetrici. Deposito sciolto. Fianchi di scavo stabili.

Cumulo dei depositi di strato B

La falda freatica è stata rilevata a 4.20 m da piano campagna.

Trincea T5

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	0.90	Terreno vegetale a tessitura sabbiosa di colore marrone
B	Oltre 3.80	Alternanze pluridecimetriche di livelli con sabbie e subordinate ghiaie e ciottoli, e di livelli con ciottoli e subordinata ghiaia in matrice sabbiosa nocciola. I ciottoli presentano elementi poligenici prevalentemente centimetrici, occasionalmente fino a 10 - 15 cm, arrotondati e localmente con tracce di cementazione. Deposito sciolto. Fianchi di scavo stabili.



Cumulo dei depositi di strato B

La falda freatica è stata rilevata a 3.80 m da piano campagna.

Trincea T6

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	1.00	Terreno vegetale a tessitura sabbiosa di colore marrone
B	Oltre 4.00	Alternanze pluridecimetriche di livelli con sabbie e subordinate ghiaie e ciottoli, e di livelli con ciottoli e subordinata ghiaia, in matrice sabbiosa nocciola. I ciottoli presentano elementi poligenici prevalentemente centimetrici, occasionalmente fino a 10 - 20 cm, arrotondati e localmente con tracce di cementazione. Trovanti pluridecimetrici. Deposito sciolto. Fianchi di scavo stabili.

Cumulo dei depositi di strato B

La falda freatica è stata rilevata a 3.95 m da piano campagna.

Trincea T7

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
A	0.40	Terreno vegetale a tessitura sabbiosa di colore marrone
B	1.00	Sabbie con ghiaie e ciottoli poligenici eterometrici (dimensioni prevalenti da 1 a 10 cm), arrotondati e localmente con tracce di cementazione. Deposito sciolto. Fianchi di scavo stabili.

Prova di permeabilità

E' stata eseguita una prova di permeabilità in pozzetto nel foro della trincea T7: tali prove sono adatte soprattutto per terreni granulari e forniscono una valutazione della permeabilità dei terreni superficiali al di sopra del livello di falda. Vengono eseguite in pozzetti cilindrici o a base quadrata con pareti verticali o inclinate. Si dividono in:

- prove a carico costante, effettuate cioè riempiendo d'acqua il pozzetto e misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello;
- prove a carico variabile, effettuate misurando la velocità di abbassamento in funzione del tempo.

Le condizioni necessarie affinché le prove siano significative sono le seguenti:

- il terreno deve essere saturato preventivamente in modo da stabilire un regime di flusso permanente;
- la profondità del pozzetto deve essere pari a circa 1/7 dell'altezza del fondo dal livello di falda;
- il lato di base del pozzetto deve essere almeno 10 - 15 volte il diametro massimo dei granuli del terreno;
- il terreno sia omogeneo, isotropo e con coefficiente di permeabilità K $>10^{-6}$ m/s

Nel caso in esame, si è condotta una prova a carico variabile a profondità di 1.00 m da piano campagna: è stato inserito nel terreno un pozzetto in cls di lato 50, in modo che l'acqua potesse fuoriuscire solo dal fondo e non dalle pareti; il pozzetto è stato riempito d'acqua, e si sono misurati gli abbassamenti del livello nel tempo.

Si è quindi valutata la permeabilità tramite l'espressione: $$k = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \frac{1 + \left(2\frac{h_m}{b}\right)}{\left(27\frac{h_m}{b} + 3\right)}$$

con:
h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto ($h_m > d/4$);
b = lato della base del pozzetto.
t_2-t_1 = intervallo di tempo;
h_2-h_1 = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo t_2-t_1

Il valore di permeabilità ottenuto in sito è: K = 1,2 x 10^{-4} m/s

Le variazioni di spessore del terreno vegetale riscontrate nel corso degli scavi sono da ricondursi a movimenti terra condotti nell'ambito dell'appezzamento, che si presentava lievemente digradante verso Est: pertanto parte dei depositi superficiali sono stati asportati nel settore a Ovest e riportati a Est.

Il modello geologico schematico di riferimento è il seguente:

Strato	Descrizione litologica	Prof. (m da p.c.)	Spessore (m)
A	Terreno vegetale a tessitura sabbiosa di colore marrone	0.10 - 1.00	0.10 - 1.00
B	Alternanze pluridecimetriche di livelli con sabbie e subordinate ghiaie e ciottoli, e di livelli con ciottoli prevalenti e subordinata ghiaia, in matrice sabbiosa nocciola. I ciottoli presentano elementi poligenici da centimetrici a decimetrici, con occasionali trovanti pluridecimetrici, arrotondati e localmente con tracce di cementazione.	Oltre 4.30	N.D.

La falda freatica all'epoca delle indagini è risultata attestarsi a profondità minima di 3.80 m da piano campagna (con riferimento al piano quotato dello stato attuale, risulta compresa a profondità di circa 42.8 – 42.4 m s.l.m). Da prove in sito, la permeabilità è risultata pari a 1.2×10^{-4} m/s, valore corrispondente ad un elevato grado di permeabilità e ad un buon drenaggio.

Nel corso della campagna geognostica è stata condotta una indagine geofisica HVSR a cura di Studiosisma S.r.l. di Monteviale (VI), oggetto di una specifica relazione illustrativa, di cui di seguito si sintetizzano le risultanze, riguardanti la caratterizzazione sismica del sottosuolo e la profondità del bedrock geofisico; la stima delle velocità di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,30}$); le frequenze di vibrazione del terreno tramite una registrazione di rumore sismico ambientale elaborata con la tecnica di Nakamura.

L'indagine è stata condotta nel punto definito dalle seguenti coordinate WGS-84: 45,3814 N; long.10,989869 E (WGS-84). Rimandando alla relazione redatta da Studiosisma per i dettagli, si sono ottenuti dati relativi alla *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 fabbricati aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza".

Nel caso specifico del sito in esame, si è cercato di correlare i valori di picco dello spettro di risposta H.V.S.R. con le frequenze fondamentali di risonanza di sito: la frequenza caratteristica di risonanza di sito registrata, nell'intervallo di normale interesse ingegneristico – strutturale, è risultata di ≈ 1,09 Hz.

Si ritiene importante, vista l'ampiezza dei picchi spettrali registrati, considerare l'intervallo frequenziale di circa 0,85 – 1,6 Hz come *range* di possibili valori di vibrazione del terreno in caso di evento sismico di magnitudo rilevante poiché d'interesse ingegneristico – strutturale. Si dovrà quindi porre estrema attenzione nell'edificare strutture aventi lo stesso periodo di vibrazione del terreno, poiché il rapporto H/V calcolato è tale da ipotizzare un elevato fattore di amplificazione del moto sismico in superficie.

La ricostruzione sismo - stratigrafica di sito ha evidenziato la presenza di un materiale poco addensato fino a circa 1.2 m dal p.c. locale, caratterizzato da una Vs ≈ 140 m/s, mentre per valori di profondità maggiori il grado di rigidità diventa più elevato (Vs ≈ 270 m/s); segue un successivo incremento della velocità di propagazione delle onde S (Vs ≈ 460 m/s) a circa 6 m dal p.c. locale; il *bedrock geofisico* (Vs ≈ 800 m/s), inteso come quel materiale che presenta una Vs ≥ 800 m/s, è stato localizzato ad una profondità di circa 56 m dal p.c. locale. Il *modello sismo – stratigrafico interpretativo* conseguito è quindi il seguente:

H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	140	1,2	0,0 – 1,2
II SISMOSTRATO	270	5,5	1,2 – ≈ 6
III SISMOSTRATO	460	50	≈ 6 – ≈ 56
IV SISMOSTRATO	800	Semisp.	≈ 56 – Semisp.

Dall'indagine sismica effettuata è inoltre possibile calcolare la velocità media di propagazione delle onde di taglio fino a 30 m dal piano di posa delle fondazioni, come espressamente richiesto dalla normativa vigente (D.M. 14/01/2008). A seguire si riportano i valori di $Vs_{,30}$ ipotizzando varie profondità delle fondazioni:

Profondità piano di posa	$Vs_{,30}$
0 m da p.c.	$Vs_{(0-30)}$ ≈ 377 m/s
1 m da p.c.	$Vs_{(1-31)}$ ≈ 402 m/s
2 m da p.c.	$Vs_{(2-32)}$ ≈ 414 m/s
3 m da p.c	$Vs_{(3-33)}$ ≈ 423 m/s

Il sito d'indagine si inserisce pertanto nella Categoria di Sottosuolo denominata B, definita come segue:

B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,\ 30}$ > 50 nei terreni a grana grossa, o $c_{u,\ 30}$ > 250 kPa nei terreni a grana fina).

In Appendice si riportano le risultanze della prova HVSR effettuata.

5 Indagine storica su eventuali criticità di natura antropica relative all'area

L'area fa parte dell'ATO n. 10 "Ambito rurale di pianura", che comprende l'ampia zona di pianura a Sud dell'Autostrada A4 fino al limite amministrativo con i comuni di Villafranca, Castel D'Azzano, Buttapietra e San Giovanni Lupatoto. Pur mantenendo caratteristiche prevalentemente legate ad un ambito agricolo, basato sulla coltura del seminativo e del frutteto, nella porzione di territorio interessato dall'ATO negli anni vi è stato un disordinato sviluppo industriale ed insediativo che ha prodotto un paesaggio misto. Lo sviluppo edilizio e l'attività di cava (vi sono nell'intorno quattro cave abbandonate e due attive) hanno portato ad interventi sul territorio che hanno comportato le variazioni più significative rispetto allo stato pregresso; a queste vanno ad aggiungersi gli elementi zootecnici, in un ambito tra l'altro caratterizzato da elevata vulnerabilità idrogeologica.

Dai dati disponibili, la zona interessata dal PUA non è stata oggetto in passato di attività di cava, né risulta interessata dalla presenza di fabbricati. Per valutare eventuali ulteriori criticità, l'indagine storica si è svolta con maggiore dettaglio a partire dal 1981, con l'analisi delle foto aeree fornite dal Laboratorio di Cartografia e GIS dell'Università IUAV di Venezia e dalla Regione del Veneto. Si riportano di seguito gli stralci di alcuni fotogrammi (fonte: "Regione del Veneto - L.R. n. 28/76 Formazione della Carta Tecnica Regionale") relativi all'area in esame per valutare l'evoluzione della porzione di territorio in esame ed eventuali interferenze di carattere antropico:

Volo Reven 1981, fotogramma 17A – 813 (estratto)

Volo Reven 1990, fotogramma 15A – 16 (estratto)

Volo Reven 1997 Verona Sud fotogramma 01 _ 1 _ 20 (estratto)

Volo Reven 2004 Verona Sud fotogramma 02 _ 46 (estratto)

Come si può osservare, l'area di progetto non è stata interessata da attività particolari negli ultimi decenni, risultando utilizzata agronomicamente o incolta.

6 Valutazioni ed indicazioni di Autorità di Bacino e comune di Verona circa l'area in esame

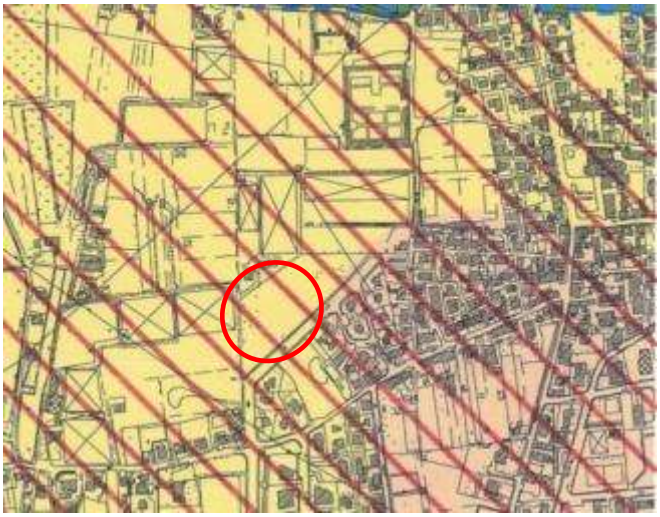
Dai rilevamenti condotti e dall'esame dei dati bibliografici non sussistono criticità e/o penalizzazioni di carattere geologico, geotecnico ed idrogeologico per la realizzazione dell'intervento proposto; dalle analisi storiche, non sono state evidenziate problematiche particolari (es. presenza di riporti, di discariche o di pregresse attività di cava).

L'area interessata dal PUA ricade nel bacino del Fissero, Tartaro e Canalbianco, ma il bacino dell'Adige presenta il limite di valle a circa 400 m dall'area di progetto: secondo quanto riportato nei rispettivi Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, non sussistono pericolosità di natura idraulica nell'intorno.

La carta delle Fragilità del PTCP della provincia di Verona indica come unica criticità dell'area, per quanto riguarda gli aspetti geologici ed idrogeologici, la presenza della fascia di ricarica degli acquiferi.

A livello comunale, gli studi del PAT sono finalizzati ad appurare che le trasformazioni urbanistiche del territorio non contribuiscano ad aggravare le condizioni di rischio e/o pericolosità geologica ed idraulica relative allo stato attuale.

Si riporta uno stralcio dell'elaborato 3 "Tavola delle Fragilità" del P.A.T. del comune di Verona (approvato con DGRV n. 4148 del 18.12.2007), quadro 3, con individuata l'area in esame.



Per quanto riguarda la *Penalità ai fini edificatori (art. 37) :* il sito ricade nel settore dei terreni classificati mediocri nei quali l'edificabilità è possibile, ma richiede indagini geognostiche specifiche, verifiche di stabilità ed eventuali interventi di stabilizzazione preventivi.

Per la *vulnerabilità intrinseca degli acquiferi (art. 38):* l'area è compresa nel settore classificato come unità E, definito dalle seguenti caratteristiche:

- Aree caratterizzate dalla presenza di alluvioni fluviali e fluvioglaciali a composizione prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, ad elevata permeabilità primaria.
- Strati di alterazione superficiale di scarsa potenza.
- Morfologia pianeggiante, con cigli e scarpate di terrazzi alluvionali, alvei e paleoalvei.
- Dinamica geomorfologica prevalente: fluviale e fluvioglaciale.
- Presenza di falda libera a profondità inferiore a 10 metri dal piano campagna.

Vulnerabilità intrinseca: elevata

Nella Tavola 1.0.5. "Carta dei vincoli e della pianificazione territoriale" dei P.I., approvata con D.C.C. n. 91 del 23.12.2011, per gli aspetti geologici ed idrogeologici l'area è compresa in art. 39 – invarianti di natura idrogeologica ed idraulica – fascia di ricarica degli acquiferi, ed in art. 43 – tutela della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi – unità E, vulnerabilità intrinseca alta (come visto da documenti PAT); è attraversata da un metanodotto.

7 Verifica della compatibilità geologica, geomorfologica ed idrogeologica dell'intervento

Sulla base delle indicazioni bibliografiche e delle indagini condotte si conclude che:

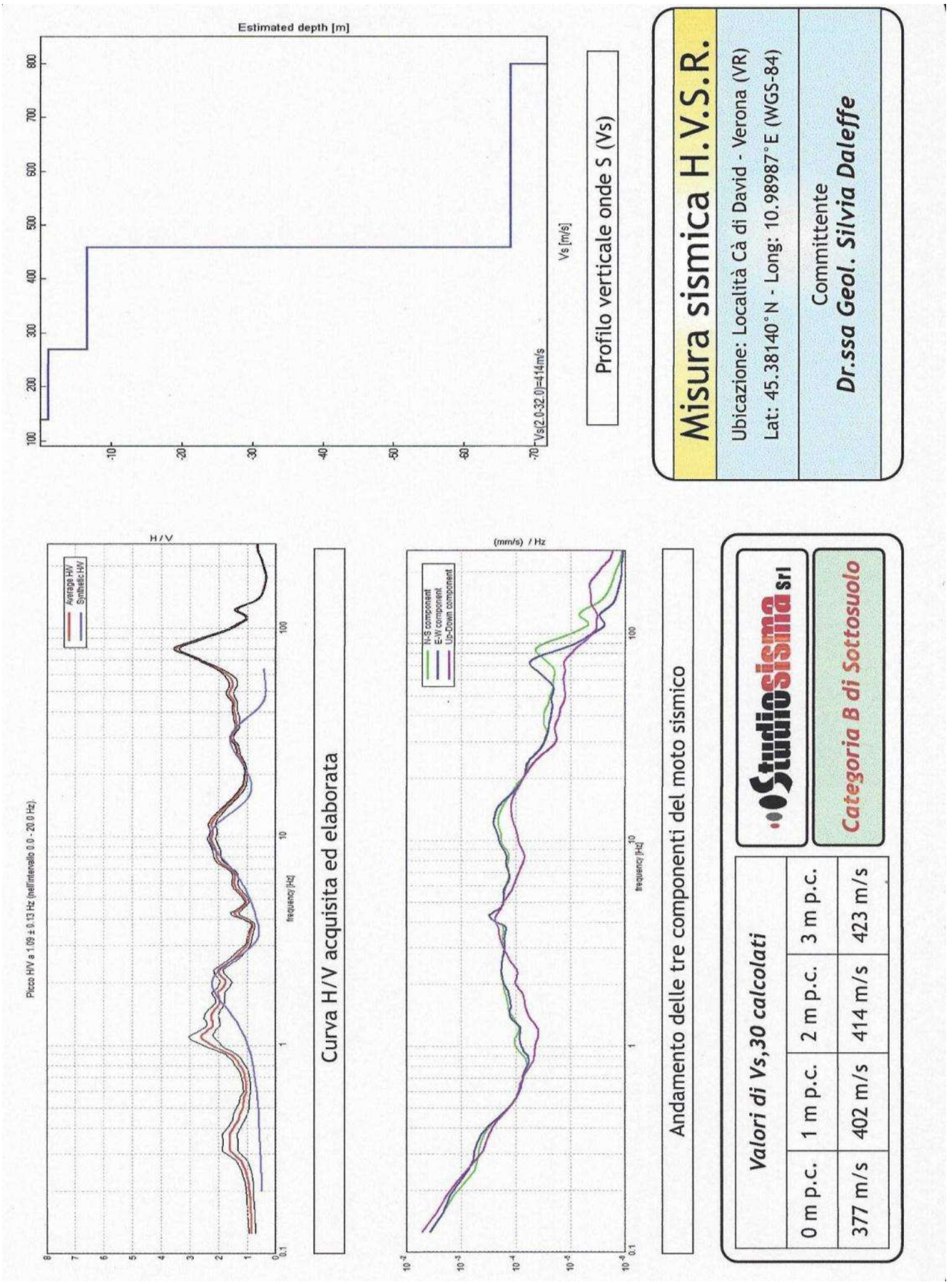
- Nell'area interessata dal PUA *non sussistono criticità di natura geologica*: i terreni sono costituiti da depositi alluvionali sabbioso – ghiaiosi con ciottoli, dalle buone caratteristiche geotecniche; non sussistono evidenze di dissesti potenziali o in atto; dal punto di vista geofisico, sulla base dei valori di Vs misurati, con riferimento al paragrafo 3.2.2 delle NTC "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", si tratta di suoli di categoria B.
- L'ambito è subpianeggiante; l'area si può definire *geomorfologicamente compatibile ai fini edificatori* vista la topografia e l'assenza di discontinuità morfologiche che possano indurre fenomeni di amplificazione.
- Nell'ambito *non vi sono pericolosità di natura idraulica*; la falda all'epoca delle indagini è risultata attestarsi alla profondità minima di 3.80 m da piano campagna, e quindi in fase di progettazione dei fabbricati, per quanto si preveda un innalzamento rispetto al piano campagna attuale, dovrà tenersi in debita considerazione la possibile interferenza con eventuali locali interrati, per cui si dovranno prendere le opportune misure; da prove in sito, la permeabilità è risultata pari a 1.2×10^{-4} m/s, valore corrispondente ad un elevato grado di permeabilità e ad un buon drenaggio. Si ricorda che è stata predisposta una specifica valutazione di compatibilità idraulica per analizzare le modifiche del regime idraulico provocate dalle nuove previsioni urbanistiche e per individuare idonee misure compensative per ridurre il rischio, con riferimento alle indicazioni del Repertorio Normativo Sezione 8 (Allegato alle N.T.O. art.17 comma 5 lett.c).

Quindi, per quanto riguarda la compatibilità geologica, geomorfologica ed idrogeologica dell'intervento, ai sensi dell'art. 19 comma 2 lettera "d" della Legge Regionale 11/04, *si può affermare che non sussistono criticità di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico per l'edificazione nell'area in esame. Unico fattore penalizzante risiede nella vulnerabilità dell'acquifero, stante l'elevata permeabilità dei depositi*, per cui saranno sufficienti, particolarmente in fase esecutiva, attenzione ed accortezza agli interventi che potrebbero causare infiltrazioni in falda. Si ricorda che l'edificabilità rimane comunque vincolata a quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 «Norme tecniche per le costruzioni», per cui per la realizzazione delle opere sarà necessario predisporre una relazione geologica, geotecnica e sismica.

Dott. Geol. Silvia Daleffe

ORDINE DEI GEOLOGI * REGIONE DEL VENETO * Dr. Geol. SILVIA DALEFFE N° 413

Appendice
Misura sismica H.V.S.R.


Estimated depth [m]
Vs [m/s]
Vs(2.0-32.0)=414m/s
Profilo verticale onde S (Vs)
Misura sismica H.V.S.R.
Ubicazione: Località Cà di David - Verona (VR)
Lat: 45.38140° N - Long: 10.98987° E (WGS-84)
Committente
Dr.ssa Geol. Silvia Daleffe
H / V
Average H/V
Synthetic H/V
Picco H/V a 1.09 ± 0.13 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz)
frequency [Hz]
Curva H/V acquisita ed elaborata
(mm/s) / Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component
frequency [Hz]
Andamento delle tre componenti del moto sismico
Valori di Vs,30 calcolati
0 m p.c.
1 m p.c.
2 m p.c.
3 m p.c.
377 m/s
402 m/s
414 m/s
423 m/s
StudioSisma srl
Categoria B di Sottosuolo