

zanardi e gecchele
a r c h i t e t t i

zanardi leonardo architetto via sole delle alpi 16 - 37050 oppeano - vr -
3496459671 - leonardozanardi@virgilio.it - leonardozanardi@pec.it

gecchele gaia architetto via sandro pertini 2 - 37057 san giovanni lupatoto - vr -
3396969402 - gaia.gecchele@gmail.com - gaia.gecchele@pec.it

Comune di Verona

Provincia di Verona

- P.U.A - DEI GROLLI -

Piano Urbanistico Attuativo per
l'urbanizzazione di un'area sita all'interno della
ATO 4 Quartiere Roma in via dei Grolli

SCHEDA NORMA 536

proprietari : Zanardi Leonardo - Rossini Claudia

progettista: arch. Gaia Gecchele

direttore lavori: arch. Gaia Gecchele

committenti: Leonardo Zanardi
Claudia Rossini

tavola

6a

descrizione

VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA'
GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
IDROGEOLOGICA

aggiornamento

14/11/2016

**Regione del
Veneto**

**Provincia di
Verona**

Comune di Verona

P.U.A. dei Grolli

**Piano Urbanistico Attuativo
per l'urbanizzazione di un'area
sita all'interno della A.T.O. 4,
Quartiere Roma in via dei Grolli**

Scheda norma n. 536

Tavola 6A

***Valutazione di compatibilità geologica,
geomorfologica ed idrogeologica***

Proprietà: Zanardi Leonardo, Rossini Claudia

L'Ordine dei Geologi Regione del Veneto



Dott. Geol. Silvia Daleffe

Ordine dei Geologi della Regione Veneto n. 413



Silvia Daleffe

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.

1 Premessa

Nell'ambito delle fasi progettuali relative al Piano Urbanistico Attuativo da realizzarsi in via dei Grolli (Scheda norma n. 536) nel quartiere Roma 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:

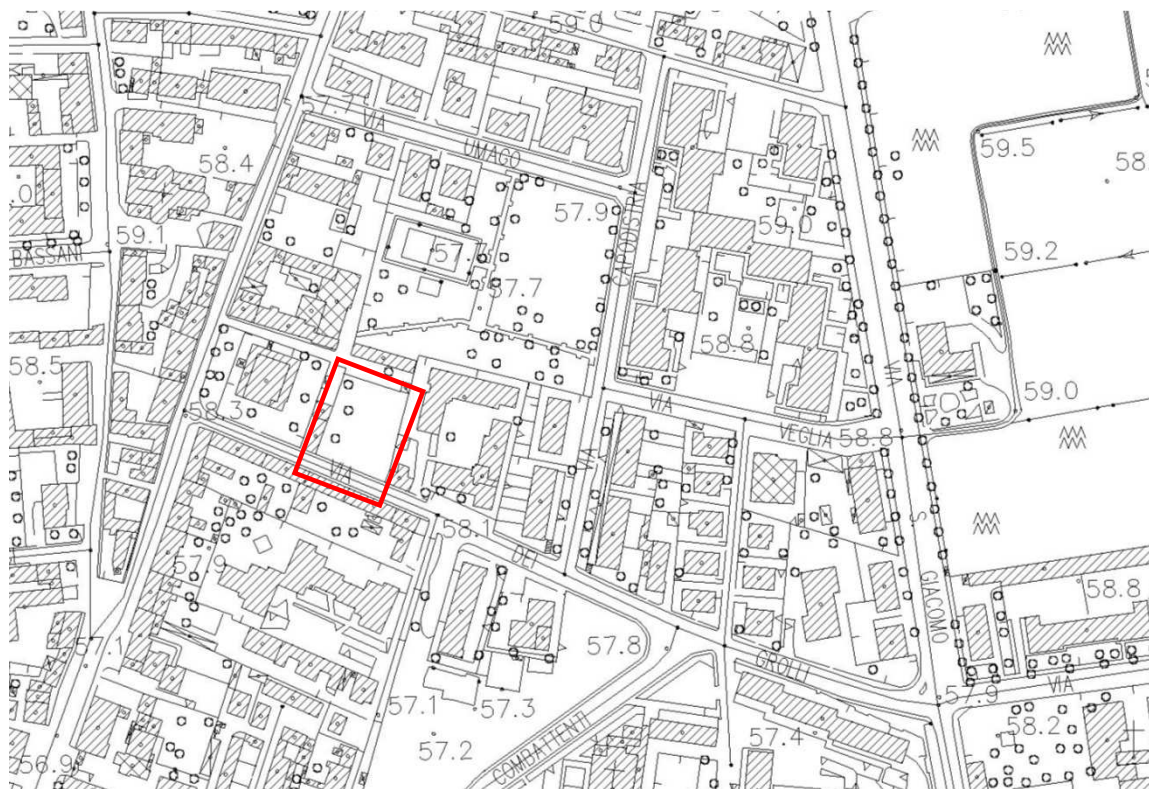
- a livello di pianificazione, mediante una analisi territoriale che è sintetizzata nel P.A.T. e nei documenti del quadro progettuale (in particolare nella "Carta delle fragilità");
- a livello di Piano degli Interventi e di Piano Urbanistico Attuativo, con redazione di una relazione di verifica della 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 od 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:

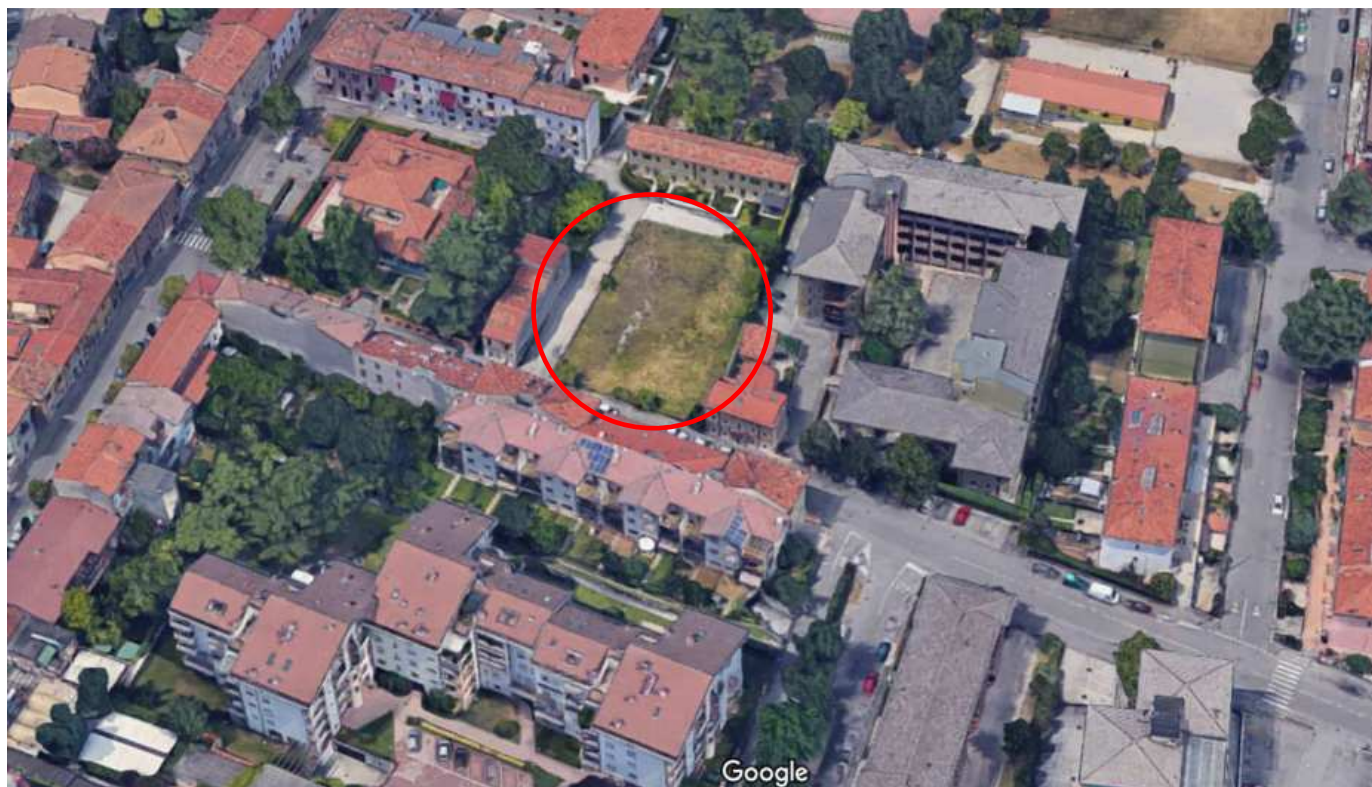
- acquisizione dei dati bibliografici e storici relativi all'area indagata;
- rilievo geologico e geomorfologico del sito e dell'intorno;
- esecuzione di indagini dirette (scavi) e geofisiche (HVSr).

2 Corografia

L'area oggetto di P.U.A, individuata al catasto al foglio 352, mappali 703 e 707 del comune di Verona, è ubicata in loc. Borgo Roma, via dei Grolli, in un ambito residenziale consolidato in cui le quote si aggirano attorno a 58 m s.l.m., come indicato dall'estratto di C.T.R. allegato.



L'immagine in 3D estratta da Google Maps illustra lo stato attuale dei luoghi:

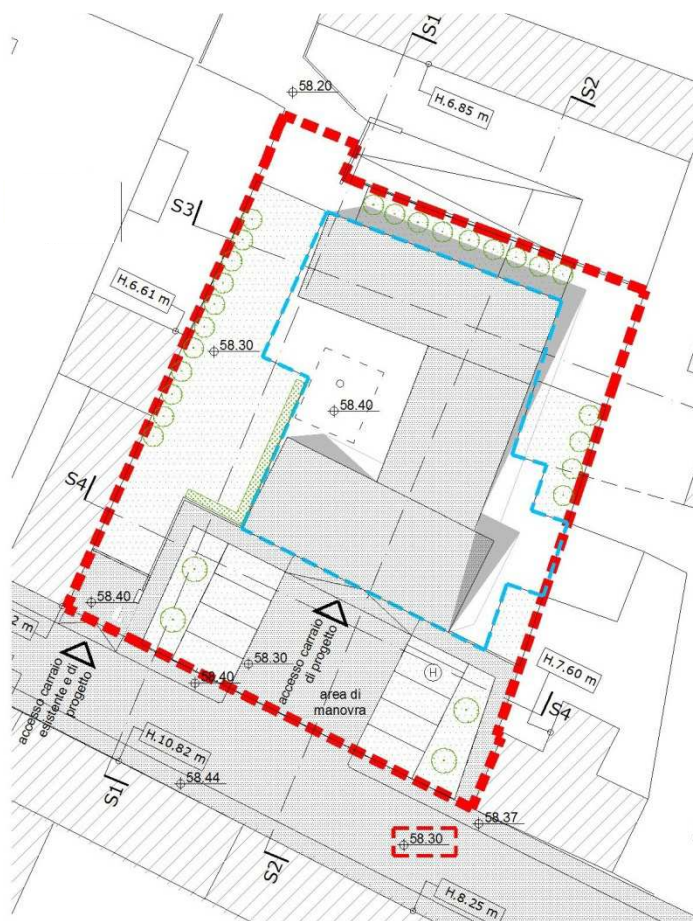


Il P.U.A. dei Grolli si ubica nell'ambito Sud – Est del territorio comunale di Verona ed interessa un lotto libero ricadente in un contesto ambientale urbano; nel dettaglio, interessa una superficie di 1379 mq su cui si prevede la realizzazione di tre fabbricati residenziali con disposizione planimetrica con forma indicativamente ad H, per una superficie coperta, comprese viabilità e marciapiedi, di circa 875 mq. Lungo via dei Grolli saranno realizzate un'area a parcheggi e l'accesso carraio; le zone prossime al confine di proprietà saranno dedicate al verde.

Estratto tavola 7 (non in scala)

Legenda:

- - - - - AMBITO DI INTERVENTO
- VIABILITA' E MARCIAPIEDI ESISTENTI
- VERDE E STERRATO
- ± 58.30 QUOTA DI CAPOSALDO
- QUOTA ALTIMETRICA
- MURO DI CINTA PERIMETRALE
- RECINZIONI PERIMETRALI
- SAGOMA LIMITE EDIFICABILE

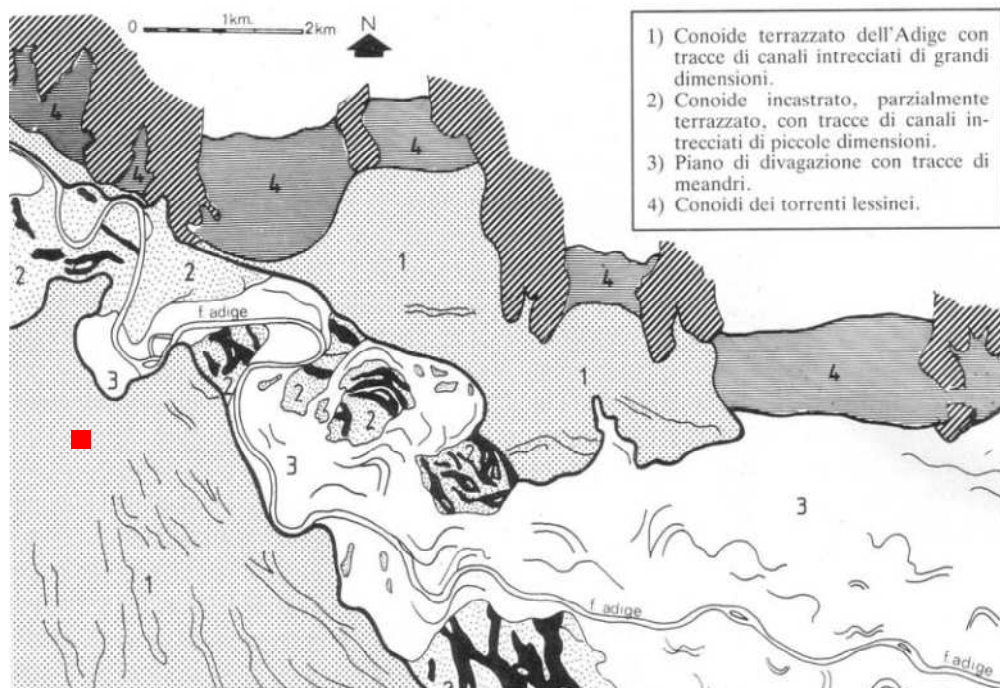


3 Inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico

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

3.1 Geomorfologia

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).

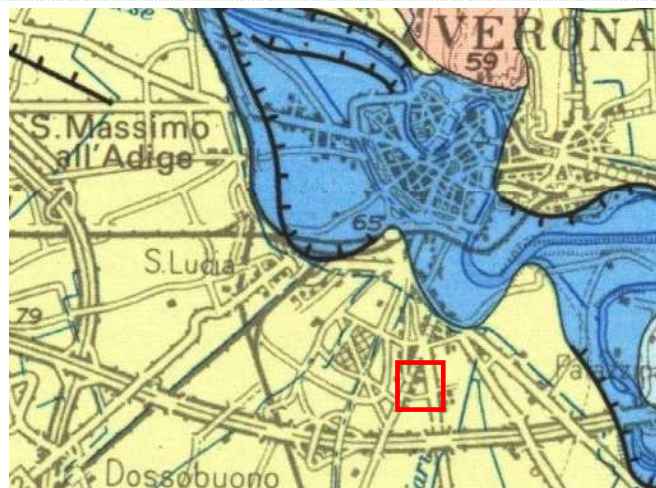


La porzione di territorio oggetto di studio ricade nell'unità definita "conoide terrazzato, con tracce di canali intrecciati di grandi dimensioni". Le morfologie erosivo – deposizionali minori sono state obliterate dalla forte antropizzazione, che ne impedisce il riconoscimento.

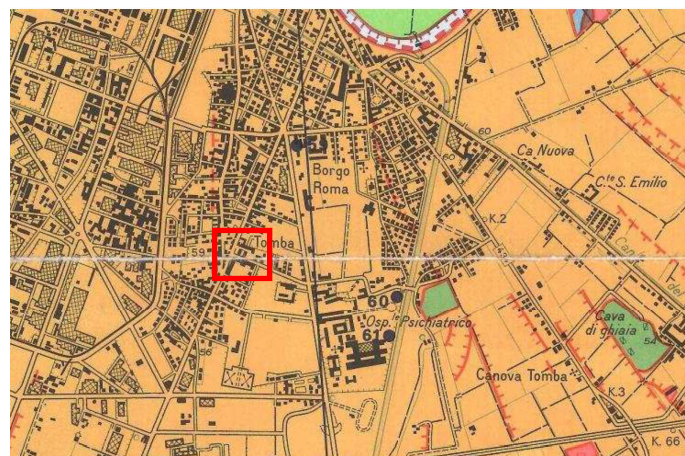
A grandi linee, da un punto di vista morfologico spostandosi da Verona verso valle si distinguono due terrazzi: uno in sinistra orografica, in alcuni studi chiamato "settentrionale", e uno in destra, chiamato "meridionale": questi due terrazzi si allontanano gradualmente, a formare una sorta di cono 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 uno stralcio della Carta delle Unità Geomorfologiche del Veneto, dove con il colore rosato sono indicati i rilievi e altopiani prealpini della piattaforma strutturale carbonatica mesozoica modellati su rocce resistenti a prevalente morfologia glaciale e carsica, con il giallo i depositi fluvioglaciali e alluvionali antichi e recenti, cui viene attribuita l'area in esame, e con il blu i depositi mobili degli alvei fluviali attuali.



Nell'estratto della Carta Geomorfologica di una porzione della pianura a Sud – Est di Verona di Sorbini et alii, 1984, scala 1:25.000, l'area interessata dal P.U.A. viene assegnata alle alluvioni prevalentemente ghiaiose appartenenti al conoide dell'Adige (in arancio); il passaggio tra quest'ultimo ed il piano di divagazione è costituito da un orlo di terrazzo osservabile sul margine settentrionale dell'immagine, dove con il colore verde sono riportate le alluvioni prevalentemente sabbiose; con il verde più scuro sono indicate le cave inattive utilizzate a scopo agricolo.



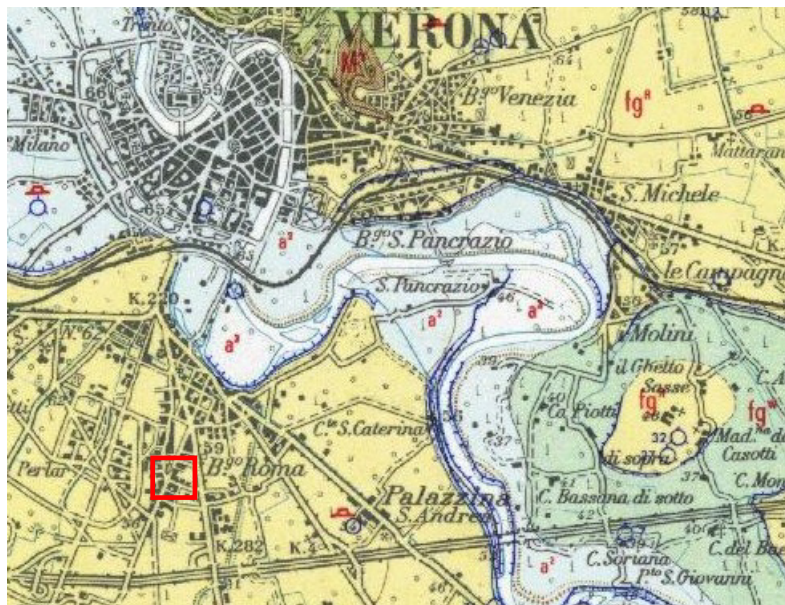
L'assetto geomorfologico è quindi caratterizzato dalla presenza di strutture deposizionali ed erosive fluvioglaciali ed alluvionali, quali terrazzi, dossi, paleoalvei, a cui si sono sovrapposti interventi antropici d'urbanizzazione.

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 si 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 un estratto della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio 49 "Verona", dove con il colore azzurro e la sigla a² sono riportate le alluvioni sabbioso – ghiaiose, terrazzate, antiche (Olocene); con il colore verde acqua e la sigla fg^w le alluvioni fluvio – glaciali e fluviali, prevalentemente sabbiose, würmiane; con il giallo e la sigla fg^R le alluvioni fluvio – glaciali e fluviali da ghiaiose a ciottolose del Riss, indicate nell'area oggetto di P.U.A.



Nello stralcio della Carta Geologica del territorio del comune di Verona (Sorbini et alii, 1977) con il colore azzurro sono definite le alluvioni terrazzate fluvioglaciali e fluviali dell'antica conoide dell'Adige, ghiaiose e ciottolose, rissiane.

Estratto legenda:

- | | |
|---|--|
|  | Alluvioni prevalentemente sabbioso – limose, attuali e recenti, dell'Adige modellate nell'alveo würmiano. Quaternario . |
|  | Alluvioni terrazzate fluvioglaciali e fluviali dell'antica conoide dell'Adige, ghiaiose e ciottolose (c). Würm (W) . |
|  | Alluvioni terrazzate fluvioglaciali e fluviali dell'Antico Conoide dell'Adige, ghiaiose e ciottolose (c). Riss (R) . |
|  | Orlo di terrazzo in depositi fluvioglaciali e fluviali. |
|  | Pozzo per acqua. |



In definitiva, i processi di alterazione in combinazione con i fenomeni gravitativi, fluvioglaciali ed alluvionali hanno dato origine ai depositi presenti nella zona; la parte superficiale è stata però rimaneggiata a seguito di eventi antropici. Al di sotto del livello superficiale rimaneggiato/riportato, i terreni sono costituiti da depositi prevalentemente ghiaiosi e ciottolosi con sabbia, con occasionali livelli fini.

In prossimità dell'area non esistono evidenze di elementi strutturali e/o tettonici, anche se è segnalata una fascia di deformazione fra Verona e i Colli Berici che, in modo diverso, trova riscontro in vari Autori. Si tratta di una "fascia di deformazione" (faglia, sistema di faglie, flessura, struttura a graben o sinclinale fagliata?) al passaggio tra i Monti Lessini e l'alta pianura veronese, che separa zone a tendenza evolutiva diversa. Tale disturbo è stato dedotto da: la presenza nel sottosuolo dell'alta pianura veronese di masse calcaree chiaramente tettonizzate; il percorso anomalo del F. Adige tra Domegliara e San Bonifacio e l'allineamento d'acque termalizzate radioattive (Baraldi et alii, 1980; Panizza et alii, 1981; Sighinolfi et alii, 1982).

Secondo Castellarin (1981), si tratta di faglia subverticale trascorrente sinistra a direzione NW - SE che corre pressappoco secondo l'allineamento Verona - Sant'Ambrogio di Valpolicella - Castion Veronese. Tale struttura potrebbe pure corrispondere alla "Flessura sudalpina" che divide la porzione affiorante delle Alpi meridionali dal loro proseguimento al di sotto dei depositi plio - pleistocenici della pianura padana (ENEL, 1981). Inoltre, il disturbo in oggetto ricade in una "fascia sismotettonica" che è caratterizzata da attività neotettonica e da attività sismica concentrata e recente (Panizza et alii, 1981).

Il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) di ISPRA, un database creato per la raccolta e la consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, non indica la presenza in prossimità dell'area di progetto di elementi che hanno generato fagliazione superficiale negli ultimi 20.000 anni e ritenuti perciò potenzialmente in grado di produrre nuove deformazioni in superficie; la linea più prossima si situa circa 4.6 Km a Nord, ed è costituita dalla citata faglia Adige Line, codice 71700, della lunghezza di 35 Km e direzione WNW - ESE, cui si attribuisce una bassa possibilità di riattivazione (l'ultima attività è di età storica, < 3000 anni).

3.3 Idrogeologia

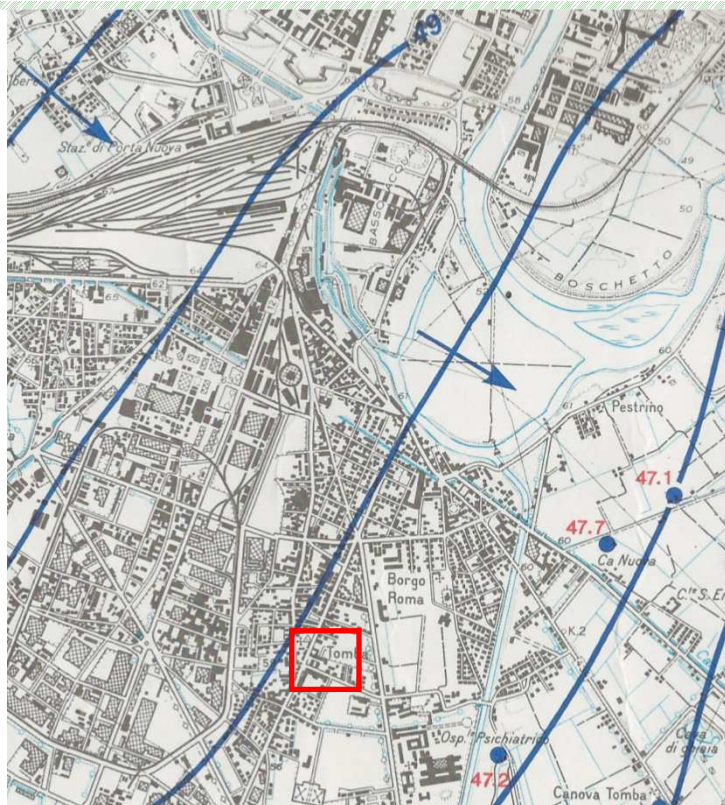
Sotto l'aspetto idrogeologico l'area è costituita da alluvioni ad alta permeabilità ed elevato drenaggio; la falda freatica nella zona in esame è ospitata nel potente materasso alluvionale atesino.

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.

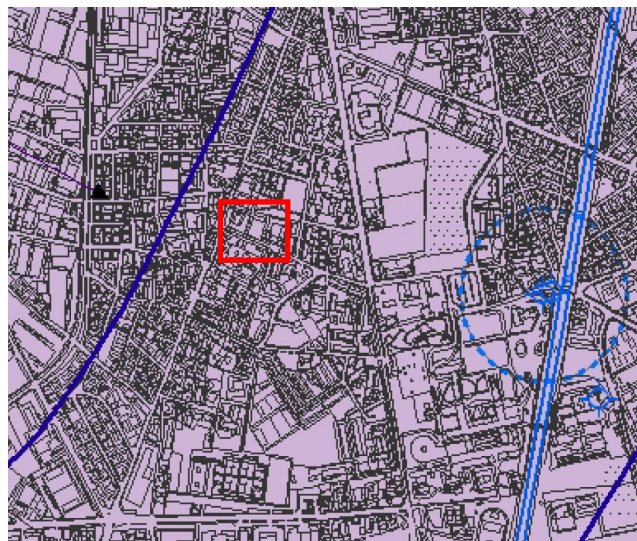
La tavola relativa ai caratteri idrogeologici dell'Alta Pianura veronese, redatta in occasione della Italian DHI Conference svoltasi a Torino nell'Ottobre 2009, indica con il colore fucsia l'acquifero freatico profondo con falde sospese sovrastanti, con il giallo l'acquifero indifferenziato e con il verde il multifalde, in cui viene ricompresa l'area oggetto di P.U.A.



Relativamente alla profondità della falda freatica, nella “Carta idrogeologica dell’alta pianura dell’Adige” di Dal Prà e De Rossi, edita nel 1989, l’area in esame, individuata con il contorno rosso, è prossima all’isofreatica 48 (rilievi 1986). La falda si troverebbe quindi, in periodo di morbida, ad una profondità di circa 10 m dal piano campagna.



Nella Carta idrogeologica del P.A.T. del comune di Verona, l’area è attribuita a zone con profondità di falda maggiore di 10 m; l’isofreatica di riferimento è la 48 m s.l.m.



In conclusione, secondo indicazioni bibliografiche, nell’area in esame la falda freatica si attesta in fase di piena (indicativamente tra Agosto e Novembre) ad una profondità di circa 10 m da p.c., con escursioni stagionali di 2.00 – 3.00 m.

L’elemento idrologico fondamentale dell’area in esame è il fiume Adige, che scorre a Nord - Est per poi dirigersi ad Est del sito interessato dal P.U.A., ad una distanza minima rispettivamente di 1.8 Km circa 2.85 Km. Vi è inoltre una rete di scoli e canali artificiali, fra i quali si evidenzia il Canale Giuliani, facente parte della rete idraulica storica, che dista 740 m in direzione Est.

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, 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, a seguito dei quali le caratteristiche originarie del terreno sono state modificate: l'area in esame rispecchia questa situazione con evidenze prevalentemente degli elementi antropici: i depositi superficiali sono stati rimaneggiati e riportati a seguito dell'edificazione nelle aree circostanti, con movimenti terra ed utilizzo di riporti, che hanno prodotto un livellamento dell'area con il contestuale riempimento di vecchie scoline e fossati ed un innalzamento generalizzato del piano campagna: infatti l'analisi della cartografia storica relativa all'area in esame (Carta Austriaca, 1897) evidenzia che il piano campagna era generalmente ad una quota inferiore di circa 1 m rispetto a quella attuale.

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 sabbie medio – grossolane con ghiaie e ciottoli.

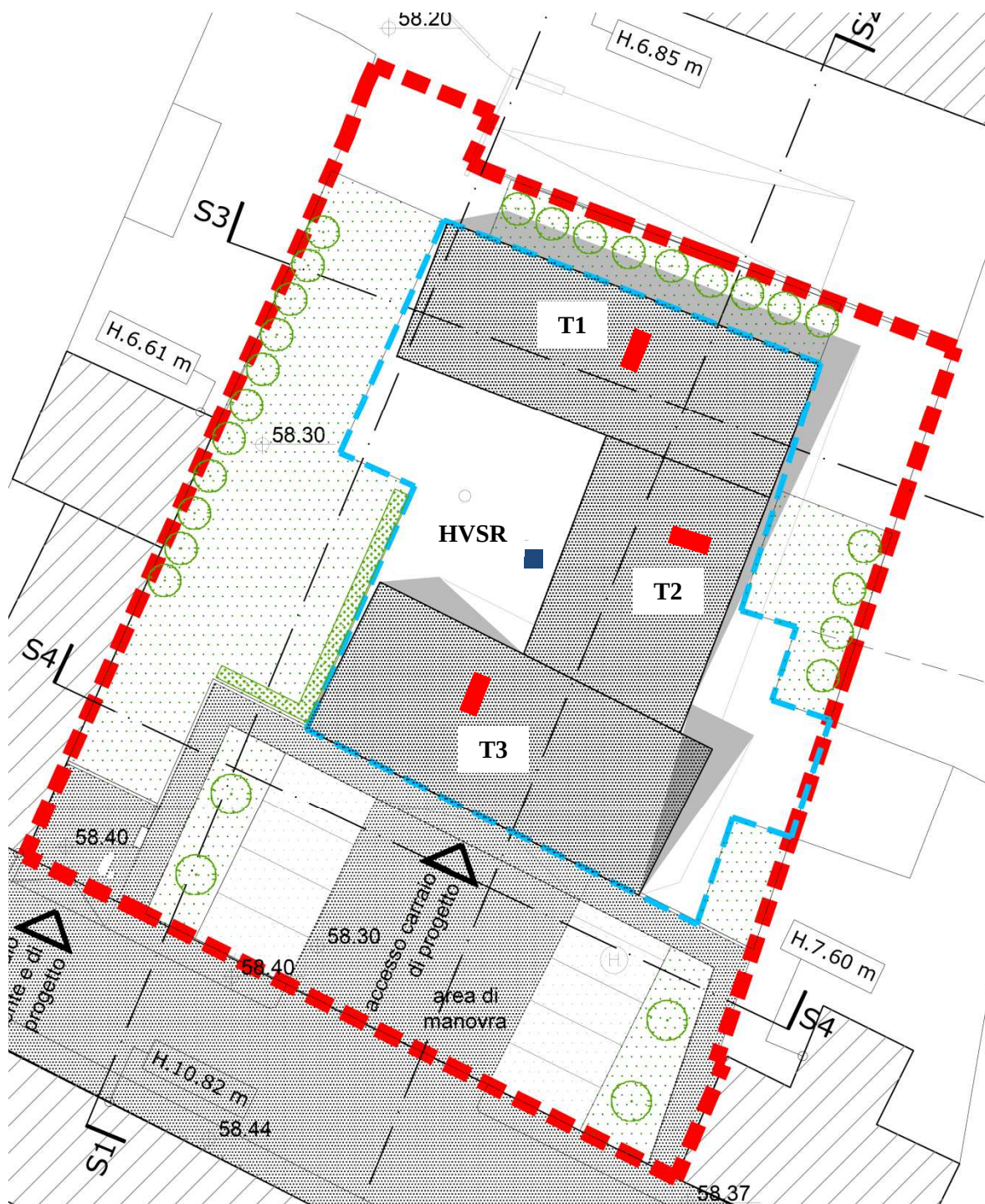
Sotto l'aspetto idrogeologico l'area indagata non presenta particolari peculiarità in quanto non sono presenti sorgenti o venute d'acqua a carattere perenne, inoltre i terreni superficiali presentano una variazione sia verticale sia orizzontale di permeabilità, generalmente molto elevata, in funzione delle caratteristiche granulometriche e tessiturali dei depositi. Nel corso delle indagini non è stato rilevato il livello freatico, posto da fonti bibliografiche a profondità di circa 10 m.

Lo smaltimento dei deflussi superficiali risente sia delle pendenze che della tipologia di terreni, che dell'impermeabilizzazione dovuta all'urbanizzazione: la realizzazione del progetto comporterà una diminuzione della percentuale di precipitazioni infiltrata, pertanto saranno realizzate opere di mitigazione idraulica opportunamente dimensionate, oggetto di apposita relazione, in conformità a quanto previsto dal punto 2 b) dell' Art. 44 – Disciplina degli interventi in relazione all'impatto idraulico ed al ristagno idrico delle Norme Tecniche Operative P.I. del Comune di Verona.

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 tre trincee esplorative, integrate con un'indagine geofisica. Di seguito si riporta la planimetria schematica del P.U.A estratta dalla Tavola 7 (non in scala e modificata) con l'ubicazione degli scavi e della prova HVSR; seguono le stratigrafie.



Trincea T1

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
R	0.80	Terreno di riporto a tessitura sabbiosa debolmente ghiaiosa. Contiene frammenti di laterizi, ceramica, plastica, vetro, cavi elettrici. Deposito sciolto.
V	1.40	Terreno vegetale bruno a tessitura sabbiosa con ciottoli poligenici di dimensioni 2 - 3 cm e subordinata ghiaia
SG	Oltre 2.20	Sabbie medio grossolane e ghiaie con ciottoli poligenici eterometrici con locali tracce di cementazione. Fianchi di scavo stabili.



Cumulo dei depositi di strato R e strato GS



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

Trincea T2

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
R	0.80	Terreno di riporto a tessitura sabbiosa debolmente ghiaiosa, con ciottoli poligenici con concrezioni calcaree. Contiene frammenti di laterizi, ceramica, plastica. Deposito sciolto.
V	1.30	Terreno vegetale bruno a tessitura sabbiosa con scarsi ciottoli poligenici di dimensioni 2- 3 cm e subordinata ghiaia
SG	Oltre 1.90	Sabbie medio grossolane e ghiaie con subordinati ciottoli poligenici eterometrici con locali tracce di cementazione. Fianchi di scavo stabili.



Cumulo dei depositi di strato R e strato GS



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

Trincea T3

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
R	0.60	Terreno di riporto a tessitura sabbiosa debolmente ghiaiosa, con ciottoli poligenici con concrezioni calcaree. Contiene abbondanti frammenti di laterizi, ceramica, plastica. Deposito sciolto.
V	1.20	Terreno vegetale bruno a tessitura sabbiosa con scarsi ciottoli poligenici di dimensioni 2 - 3 cm e subordinata ghiaia
SG	Oltre 2.60	Ghiaie e ciottoli poligenici di dimensioni prevalentemente centimetriche con locali tracce di cementazione in matrice sabbiosa medio grossolana. Fianchi di scavo stabili.



Cumulo dei depositi di strato R e strato GS



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

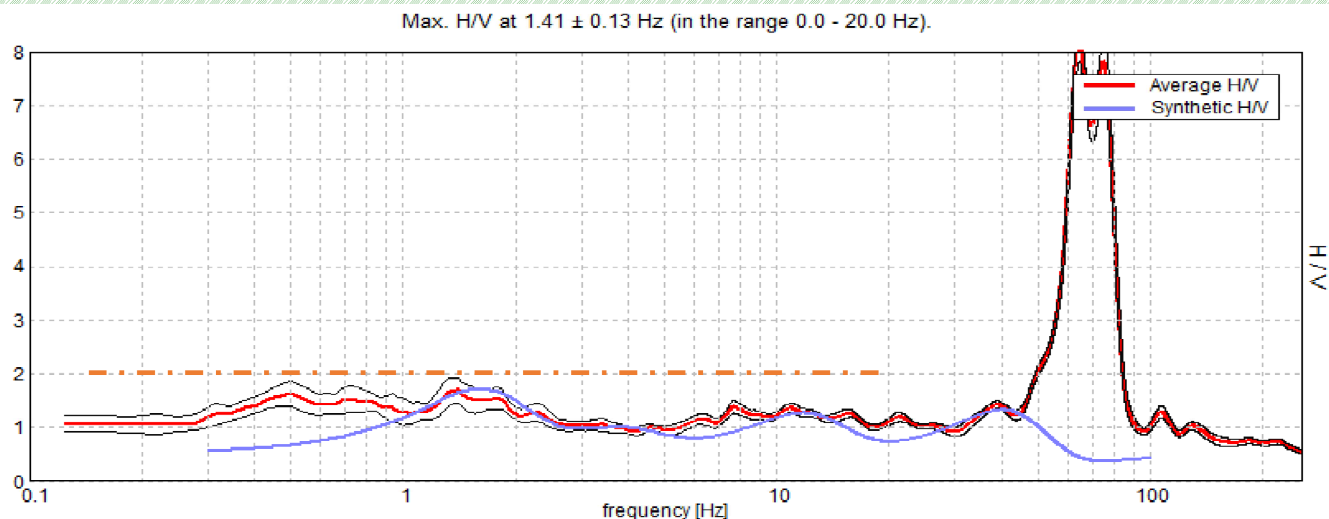
I terreni naturali sono quindi sovrastati da uno spessore di 60 – 80 cm di materiali di riporto, costituiti da depositi a tessitura sabbioso – ghiaiosa con ciottoli (probabilmente derivanti da precedenti lavorazioni in aree contermini) con inclusi frammenti litici, plastica vetro, ed altri elementi di natura antropica; non sono stati rinvenute all'interno degli scavi sostanze pericolose che possano nuocere all'ambiente. Questi depositi potranno essere riutilizzati in sito o conferiti ad altra area autorizzata a seguito dell'esecuzione di un test di cessione effettuato sui materiali granulari ai sensi dell'articolo 9 del decreto del Ministro dell'Ambiente 5 Febbraio 1998, pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale 16 Aprile 1998, n.88, ai fini delle metodiche da utilizzare, per escludere rischi di contaminazione delle acque sotterranee: sono riutilizzabili solo i materiali che sottoposti a test di cessione rispettano i limiti (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) previsti per le acque sotterranee dalla tab. 2, All.5, titolo V della parte IV del D. Lgs. 152/06. In alternativa, i materiali di riporto potranno essere allontanati in qualità di rifiuto.

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 ($V_{s,30}$) e 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: 45,40725 N; long.10,98666 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: interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh ed i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si sono potute ricavare le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica; i valori di picco sono proporzionali ai contrasti di rigidità ed, in considerazione delle stratigrafie delle trincee geognostiche, da un'analisi del segnale sismico acquisito è possibile affermare che il sito in esame non presenta una frequenza predominante di vibrazione in quanto il modello sismo – stratigrafico risulta caratterizzato da un graduale aumento di rigidità con la profondità; solamente ad altissime frequenze (> 20 Hz, circa 1 m di profondità da p.c. locale) la curva risulta contraddistinta da rapporti $H/V > 2$: nel normale range di interesse strutturale (0.1- 20 Hz) tali valori sono tali da ipotizzare una modesta amplificazione del moto sismico in superficie.

Si ricorda che in base al progetto SESAME che fornisce le linee guida per misure sismiche HVSr, il rapporto sotto al quale non si devono considerare le amplificazioni sismiche dovute ad effetti locali è fissato a 2 (linea tratteggiata del grafico riportato alla pagina seguente).



La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo

La ricostruzione sismo - stratigrafica di sito ha evidenziato la presenza di un materiale poco addensato fino a circa 1.0 m dal p.c. locale, caratterizzato da una $V_s \approx 170$ m/s, mentre per valori di profondità maggiori il grado di rigidità diventa più elevato ($V_s \approx 300 - 440$ m/s); segue un successivo incremento della velocità di propagazione delle onde S ($V_s \approx 650$ m/s) a circa 31 m dal p.c. locale; il *bedrock geofisico* ($V_s \approx 900$ m/s), inteso come quel materiale che presenta una $V_s \geq 800$ m/s, è stato localizzato ad una profondità di circa 101 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	170	1,0	0,0 - 1,0
II SISMOSTRATO	300	5,5	1,0 - 6,5
III SISMOSTRATO	440	25	6,5 - ≈ 31
IV SISMOSTRATO	650	70	$\approx 31 - \approx 101$
V SISMOSTRATO	900	Semisp.	$\approx 101 -$ 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 $V_{s,30}$ ipotizzando varie profondità delle fondazioni:

Profondità piano di posa	$V_{s,30}$
1 m da p.c.	$V_{s(1-31)} \approx 405$ m/s
2 m da p.c.	$V_{s(2-32)} \approx 413$ m/s
3 m da p.c.	$V_{s(3-33)} \approx 424$ 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.

Via Sebenigo, 19/A – 36040 Grisignano di Zocco (VI) – tel. 0444415195

In definitiva, sulla base delle indagini condotte, il modello geologico schematico di riferimento è il seguente:

Strato	Descrizione litologica	Prof. (m da p.c.)	Spessore (m)
R	Terreno di riporto a tessitura sabbiosa debolmente ghiaiosa. Contiene frammenti di laterizi, ceramica, plastica, vetro, cavi elettrici. Deposito sciolto.	0.60 – 0.80	0.60 – 0.80
V	Terreno vegetale bruno a tessitura sabbiosa con ciottoli poligenici di dimensioni 2- 3 cm e subordinata ghiaia	1.20 – 1.40	0.50 – 0.60
SG	Sabbie medio grossolane e ghiaie con subordinati ciottoli poligenici eterometrici con locali tracce di cementazione, passanti a ghiaie e ciottoli poligenici di dimensioni prevalentemente centimetriche con locali tracce di cementazione in matrice sabbiosa medio grossolana.	N.D.	N.D.

Dal confronto con l'indagine geofisica si evince che lo strato SG è individuabile sino a 6.5 m da p.c.; seguono terreni granulari a maggiore grado di addensamento.

La falda freatica non è stata riscontrata alle profondità raggiunte dagli scavi, in accordo con i dati bibliografici, che riferiscono di profondità pari a circa 10 m da piano campagna.

La permeabilità dei terreni naturali di strato SG è stata stimata cautelativamente sulla base di dati bibliografici; il valore risulta attestarsi tra 10^{-2} e 10^{-4} m/s, corrispondente ad una buona permeabilità e ad un buon drenaggio.

k (cm/s)	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)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Classi di permeabilità	E E	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile					
Tipi di terreno	Ghiaie pulite	Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie	Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi	Limi argillosi ed argille limose, fanghi argillosi	Argille omogenee e compatte						

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

L'area fa parte dell'ATO n. 4 "Città della trasformazione – Verona Sud", che comprende un'ampia zona quasi interamente urbanizzata, posta a Sud della città di Verona, e delimitata a Nord dal parco ferroviario di Porta Nuova e dall'ansa del fiume Adige in corrispondenza dell'isola del Pestrino, a Ovest dalla linea ferroviaria Verona – Bologna, a Sud dall'Autostrada A4; a Est il limite si pone indicativamente lungo via Palazzina. Come noto, la falda nell'ambito dell'ATO n. 4 è particolarmente esposta al potenziale inquinamento per la presenza della ZAI storica, in parte priva di fognatura, ed in conseguenza dell'elevata permeabilità dei depositi.

Dai dati disponibili, la zona interessata dal P.U.A. non è stata oggetto in passato di attività di cava per il prelievo di sabbia e ghiaia, 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 16A – 1024 (estratto)



Volo 1987 Centri Urbani, fotogramma 87CU_verona07_219 (estratto)



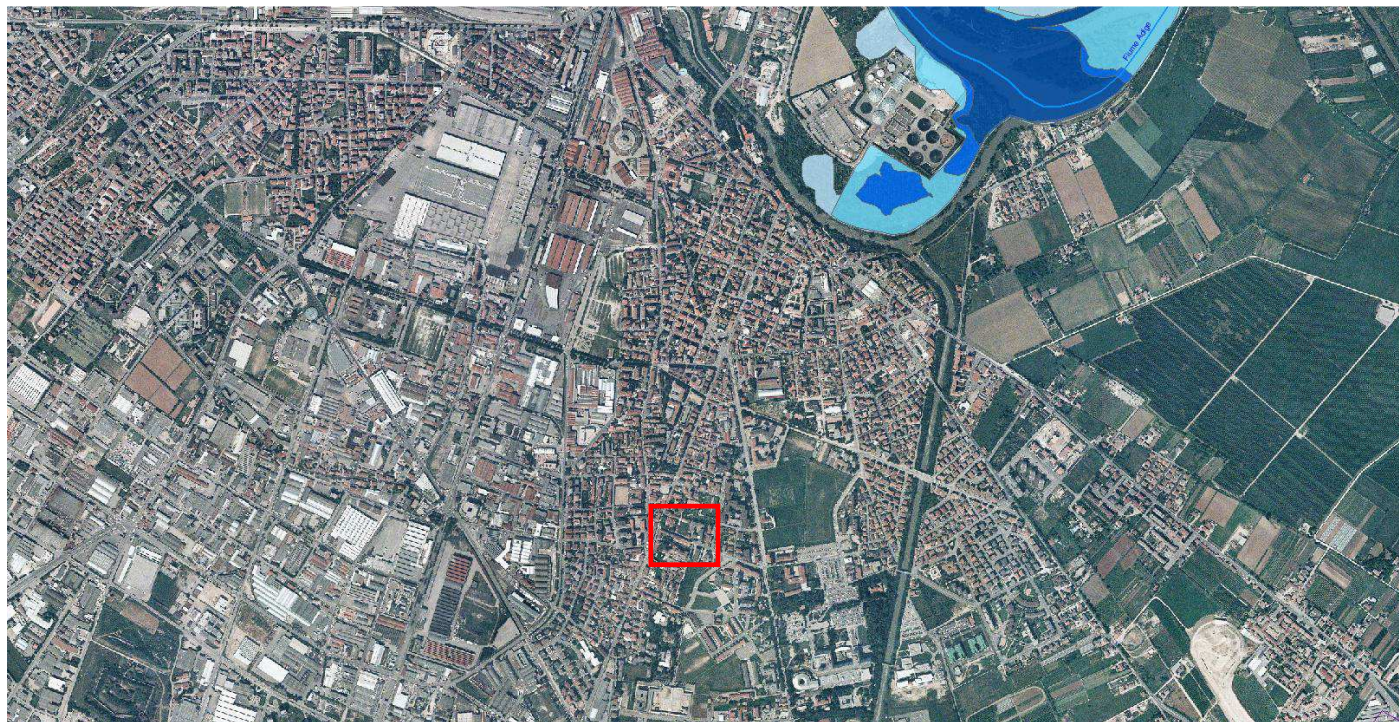
Volo 1997 Veronanord, fotogramma 14_322 (estratto)

Come si può osservare, l’area di progetto non è stata interessata da attività particolari negli ultimi decenni, passando da area di passaggio a terreno incolto.

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 per potenze consistenti, di discariche o di pregresse attività di cava).

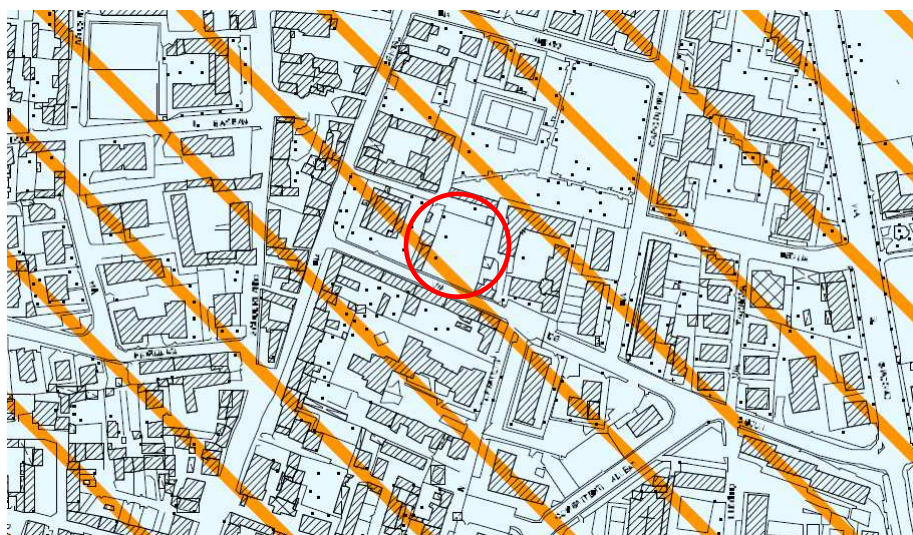
L'area interessata dal P.U.A. ricade nel bacino dell'Adige: secondo quanto riportato nel Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, non sussistono pericolosità di natura idraulica nell'immediato intorno.



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 P.A.T. 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. La Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale, quadro 3, attribuisce l'ambito di P.U.A. all'area di ricarica degli acquiferi.

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.



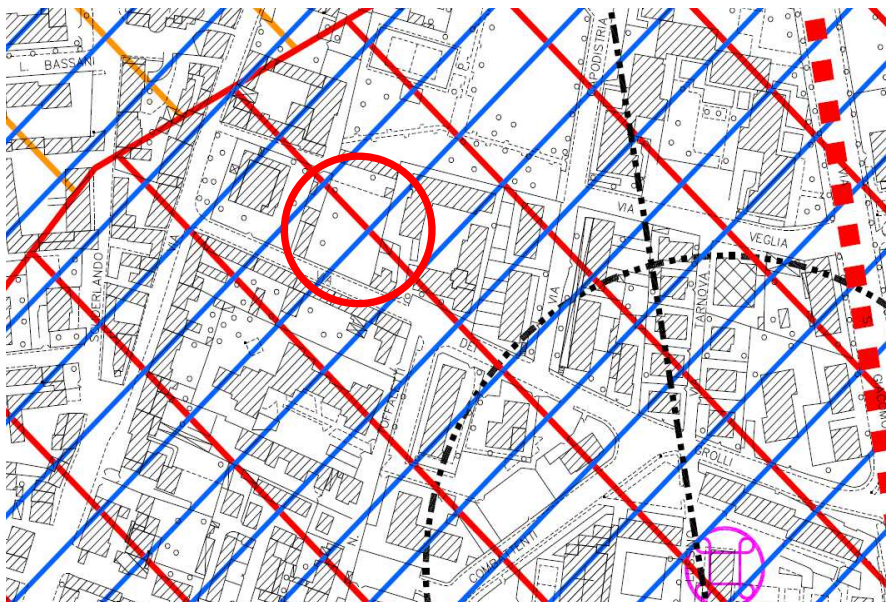
Per quanto riguarda la *Penalità ai fini edificatori (art. 37)*, il sito ricade nel settore dei terreni classificati ottimi nei quali non c'è alcun limite all'edificabilità.

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

- 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 maggiore di 10 metri dal piano campagna.

Vulnerabilità intrinseca: alta

Nella Tavola 1.0.4. "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 elevata (diversamente dai documenti del P.A.T., dove, come visto, l'attribuzione era all'unità A).



L'unità E presenta le 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

Quindi la differenza tra le due unità A ed E è dovuta alla profondità della falda, che si attesta comunque intorno ai 10 metri da piano campagna, ed alla vulnerabilità, elevata in unità E, in conseguenza della minore potenza di depositi sovrastanti l'acquifero.

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

Sulla base delle indicazioni bibliografiche e delle indagini condotte per determinare l'idoneità della proposta di P.U.A. in esame si conclude che:

- Nell'area interessata dal P.U.A. dei Grolli *non sussistono criticità di natura geologica*: al di sotto di un livello di riporto potente 60 – 80 cm (non idoneo per l'appoggio delle fondazioni), i terreni sono costituiti da depositi alluvionali sabbioso – ghiaiosi con ciottoli, dalle buone caratteristiche geotecniche: quindi l'unica accortezza risiede nell'ubicare la quota di imposta delle nuove strutture sui terreni naturali e nel gestire la movimentazione dei materiali di riporto in accordo con le norme vigenti; 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. Non sussistono evidenze di dissesti potenziali o in atto.
- 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 e non sussistono condizioni di attenzione idraulica*; la falda si attesta alla profondità di circa 10 m da piano campagna, quindi non sussistono problematiche di interferenza con eventuali locali interrati; la permeabilità dei depositi è alta: per questo motivo, la vulnerabilità dell'acquifero sottostante può essere definita elevata. 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 ovviare al quale 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.

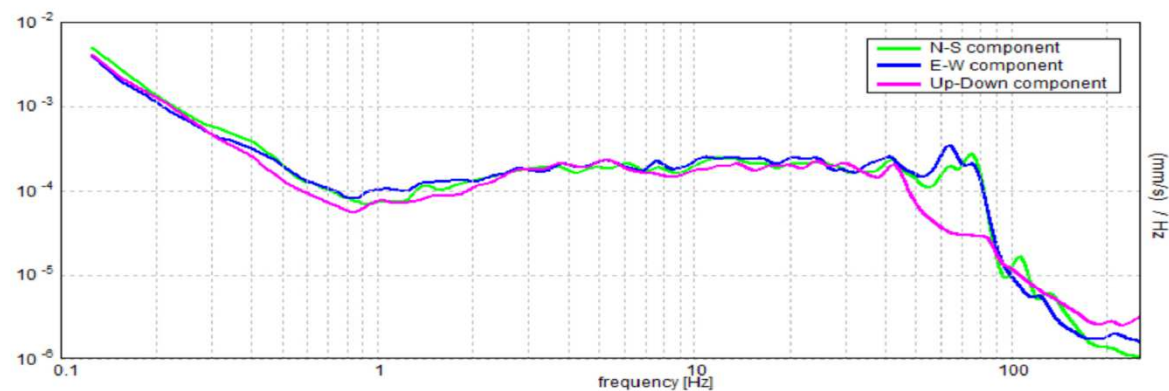
Dott. Geol. Silvia Daleffe



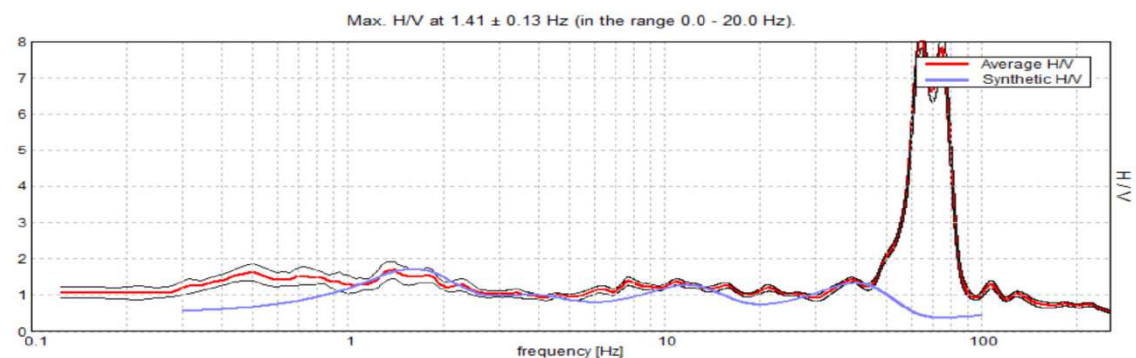
Silvia Daleffe

Appendice

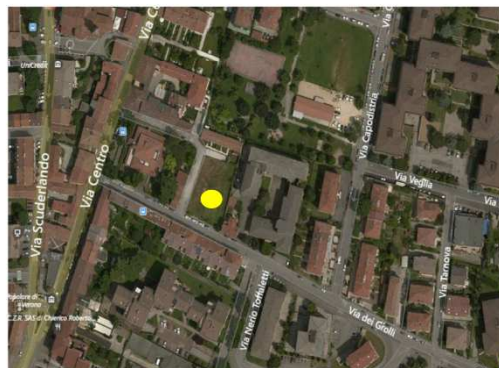
Misura sismica H.V.S.R.



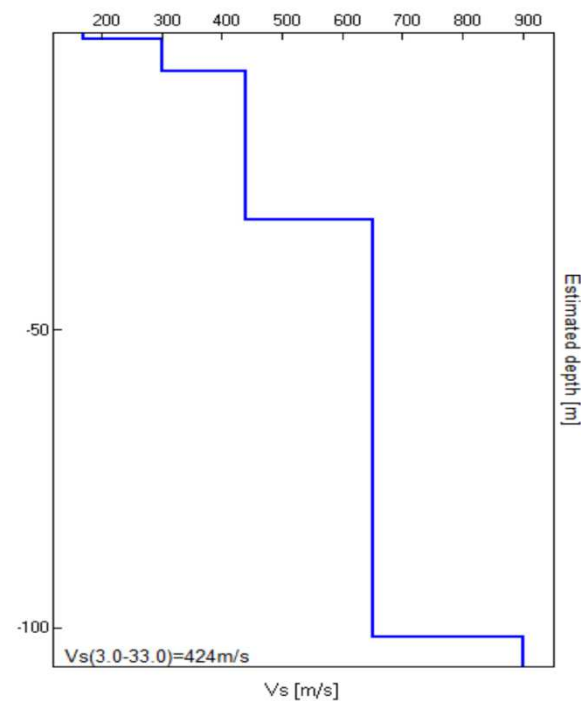
Andamento delle tre componenti del moto sismico



Spettro sismico a curva sintetica da misura a stazione singola (H.V.S.R.)



Categoria B di sottosuolo



Profilo verticale onde S (Vs)

INDAGINE GEOFISICA

Ubi.: Via dei Grolli, Comune di Verona (VR)

Lat. 45.40725°N Long. 10.98666°E (WGS-84)

Committente: Dr.ssa Geol. Silvia Daleffe

**Indagine sismica
H.V.S.R.**

Ott. 2016

StudioSisma srl