

Comune di VERONA

Provincia di VERONA

P.U.A. - PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

ART.19 L.R.11/2004, ART.12 DELLE NTO DEL P.I.

PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO IMMOBILIARE AD USO
RESIDENZIALE SITO IN VIA DOLOMITI, ALL'INTERNO DELLA ATO 6,
SCHEDA NORMA 454,
DI PROPRIETA' DEL SIG. FURIA GEOM. CLAUDIO.

Richiedente: Sig. FURIA geom. CLAUDIO

TAVOLA
6/a

TITOLO:

ANALISI GEOLOGICA
GEOMORFOLOGICA
IDROGEOLOGICA

DATA PRESENTAZIONE PUA:

20/06/14

STATO ESISTENTE

STUDIO NUCCI
& ASSOCIATI

Regione Veneto - Provincia di Verona

COMUNE DI VERONA

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
IDENTIFICATO DALLA SCHEDA NORMA 454
IN VIA DOLOMITI A VERONA**

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA
(AI SENSI DEL D.M. 14/01/2008)**

**STUDIO NUCCI
& ASSOCIATI**

GEOLOGIA E INGEGNERIA
DELL'AMBIENTE E DEL
TERRITORIO

Dott. Geol. Enrico Nucci
Dott. Ing. Alessia Canteri
Dott. Geol. Lorena Benedetti
Dott. Geol. Alberto Cò

Via Leida 4 - 37135 Verona
Tel: 045 952072 - Fax: 0458646464
info@studionuccieassociati.com
Cod.Fisc. e P.IVA 03628610234
www.studionuccieassociati.com

Dott. Geol. Enrico Nucci



Committente:
SIG. FURIA GEOM. CLAUDIO

redatto: DD / corretto: EN / approvato: AC

Cod. Rif. SA14022

Data: 20/06/2014

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE	5
4	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL TERRITORIO	7
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	8
6	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO	14
7	INQUADRAMENTO TETTONICO - STRUTTURALE	18
8	SISMICITÀ DELL'AREA	21
9	ANALISI DEL PIANO DI ASSETTO TERRITORIALE (P.A.T.)	24
10	CAMPAGNA INDAGINI	28
10.1	TRINCEE ESPLORATIVE	29
10.2	PROVA DI PERMEABILITÀ	30
11	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	32
12	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	35
	BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	37

ALLEGATI AL TESTO

ALLEGATO 1:	COROGRAFIA IN SCALA 1:5000
ALLEGATO 2:	PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI
ALLEGATO 3:	TRINCEE ESPLORATIVE
ALLEGATO 4:	PROVA DI PERMEABILITÀ IN POZZETTO
ALLEGATO 5:	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Codice di Rif.: SA14022

Verona, 20 Giugno 2014

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto per la realizzazione del Piano Urbanistico Attuativo identificato dalla scheda norma "ATO 6 repertorio N.454" è stata condotta la presente indagine geologica e geotecnica in ottemperanza al D.M. 14/01/2008, finalizzata:

- ▀ *alla ricostruzione dell'assetto geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'area di interesse progettuale;*
- ▀ *alla caratterizzazione geotecnica dei terreni che costituiscono il primo sottosuolo;*
- ▀ *alla verifica delle caratteristiche di permeabilità dei terreni coinvolti;*
- ▀ *all'individuazione delle possibili problematiche di carattere geologico e geotecnico connesse con l'intervento e delle eventuali conseguenti limitazioni imposte al progetto.*

Lo studio è stato condotto sulla base di informazioni di carattere bibliografico, dell'esperienza maturata dagli scriventi in numerosi lavori svolti nello stesso contesto geologico, nonché alla luce di una mirata campagna indagini sviluppata attraverso l'esecuzione di nr. 03 trincee esplorative e nr. 01 prova di permeabilità in pozzetto.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla seguente Normativa di riferimento ed alle successive raccomandazioni:

CIRC. REGIONE VENETO 30.01.1990 N°2

Osservanza della normativa vigente sull'uso del sottosuolo ai fini edificatori e, in particolare, dell'obbligo, nei casi previsti, della Relazione geologica e della Relazione geotecnica.

ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO 20.03.2003 N°3274 (G.U. 08.05.2003 N°105)

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica.

DELIBERA DEL CONSIGLIO REGIONALE DEL VENETO 03.12.2003 N°67

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20.03.2003 n°3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" – Approvazione della classificazione sismica e direttive per l'applicazione.

ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO 28.04.2006 N°3519

Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.

DELIBERA DELLA GIUNTA REGIONALE DEL VENETO 22.01.2008 N°71

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" – Direttive per l'applicazione. Adozione del provvedimento n°96/CR del 7 agosto 2006.

D.M. 14.01.2008

Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

CIRC. MIN. 02.02.2009 N° 617

Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE VENETO (P.T.A.) D.G.R.V. 05.11.2009 N°107

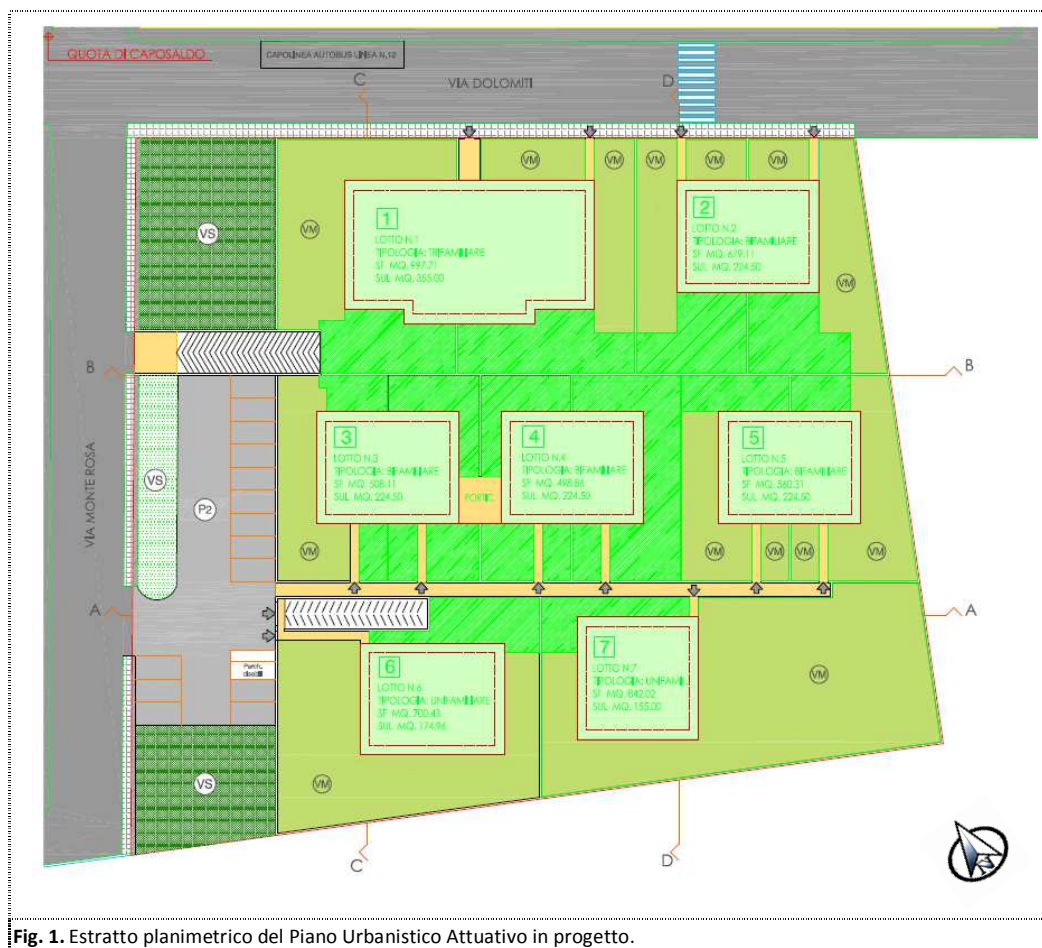
Norme per il governo del territorio.

P.I. COMUNE DI VERONA – N.T.O. - APPROVATO CON D.C.C. N°91 DEL 23.12.2011

3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE

Il progetto in esame prevede la realizzazione di un Piano Urbanistico Attuativo in località San Michele Extra, nella porzione orientale del territorio comunale di Verona, collegato alla Scheda Norma 454 del Piano degli Interventi comunale approvato con Delibera del C.C. n. 91 del 23/12/2011.

Nello specifico, all'interno delle aree di competenza del Piano Urbanistico Attuativo, caratterizzato da una superficie totale di 6.087,35 m², è prevista la realizzazione di un complesso residenziale, costituito da sette fabbricati indipendenti e dalle opere di urbanizzazione primaria correlate (viabilità perimetrale, parcheggi e servizi pubblici e di interesse collettivo).



In particolare, lungo la fascia più occidentale del lotto, a ridosso di Via Monte Rosa, si prevede la realizzazione di un parcheggio e di due aree adibite a verde pubblico. Sulla rimanente porzione del lotto in esame è stata prevista la realizzazione di nr. 01 villetta trifamiliare, nr. 04 villette bifamiliari e nr. 02 villette unifamiliari.

Per ciascun edificio è inoltre prevista la realizzazione di un piano interrato, il cui accesso carrabile sarà garantito da due rampe prospicienti Via Monte Rosa, una delle quali, di dimensioni minori, sarà di pertinenza esclusiva delle villette unifamiliari.

Allo stato attuale, come si evince dalla figura seguente, il piano campagna all'interno del lotto di interesse progettuale si trova in posizione depressa di circa 3 m rispetto alle circostanti superfici urbanizzate, il cui piano campagna è posizionato a una quota di circa 56 m s.l.m..



Fig. 2. Vista della porzione occidentale del lotto di interesse progettuale, in direzione Nord. È possibile notare la differenza di quota fra il piano campagna del sito in esame e le superfici urbanizzate circostanti.

In tal senso, si prevede di attuare un intervento di riempimento, elevando il piano di campagna del lotto di circa 3 m, al fine di uniformarlo al piano strada, anche attraverso l'utilizzo del materiale scavato all'interno del lotto stesso nel corso della realizzazione degli interrati. Si precisa fin d'ora che il materiale impiegato per il riempimento dovrà essere caratterizzato da buone proprietà geotecniche e di permeabilità, al fine di garantire un adeguato drenaggio evitando l'insorgere di fenomeni di ristagno idrico o impaludamento, anche nel corso delle fasi di lavorazione.

Si precisa inoltre che il piano di posa delle opere in progetto risulterà ubicato all'interno dei depositi in giacitura naturale dettagliatamente descritti e parametrizzati dal punto di vista geotecnico nel cap. 11.

4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL TERRITORIO

Il sito di interesse progettuale è ubicato nella zona periferica orientale di Verona, ai margini del quartiere di San Michele Extra. L'area oggetto di intervento, di forma quadrangolare, copre una superficie totale di 6.087,35 m² e sorge in corrispondenza dell'intersezione tra Via Dolomiti (a Nord del lotto di interesse) e via Monte Rosa (a Ovest), circa 200 m a Sud della S.R. 11. Attualmente non edificato, il sito di progetto è caratterizzato da una morfologia pianeggiante e risulta ubicato ad una quota altimetrica di riferimento di 53,0 m s.l.m..

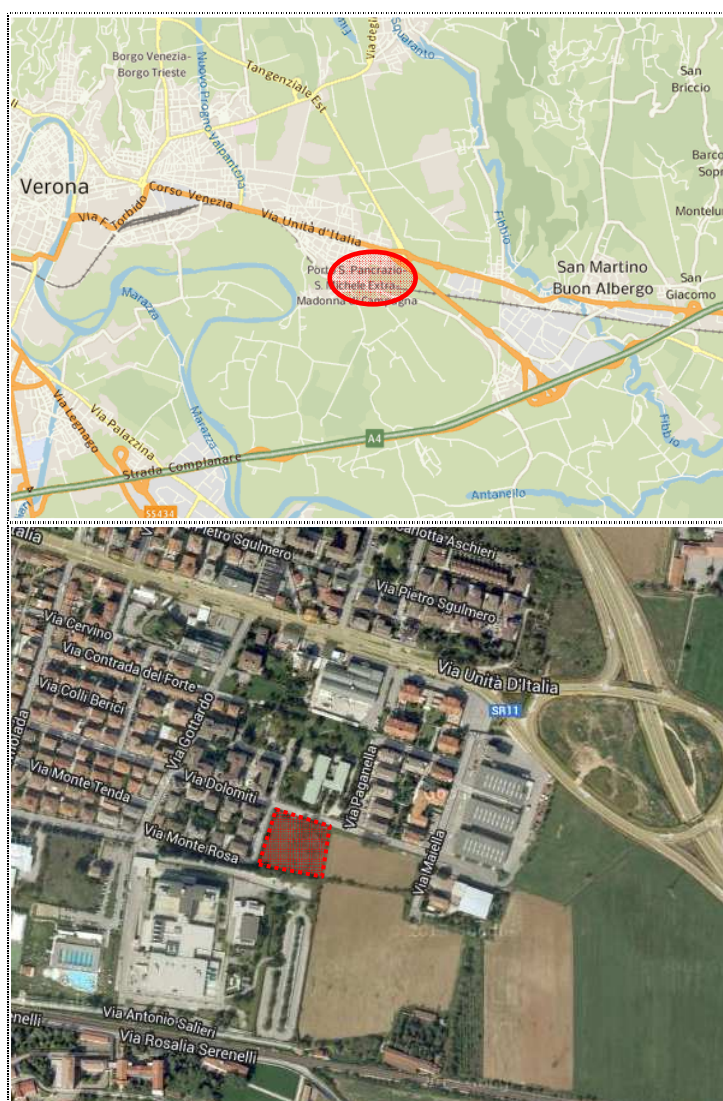


Fig. 3. Inquadramento geografico (in alto) e foto aerea del lotto di studio (sopra).

Per una precisa ubicazione dell'area oggetto di intervento si fa riferimento alla Carta Tecnica Regionale del Veneto in scala 1:5.000, Elemento n° 124131 ("Verona San Michele"), di cui si allega un estratto in calce al presente elaborato (v. ALL. 1).

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista **geologico - geomorfologico** generale, l'intero territorio della Provincia di Verona è schematizzabile nei tre contesti di seguito elencati (v. fig. 4):

- a) SETTORE COLLINARE - MONTUOSO;
- b) ALTA PIANURA (fra il settore montuoso e la linea delle risorgive);
- c) MEDIA E BASSA PIANURA.

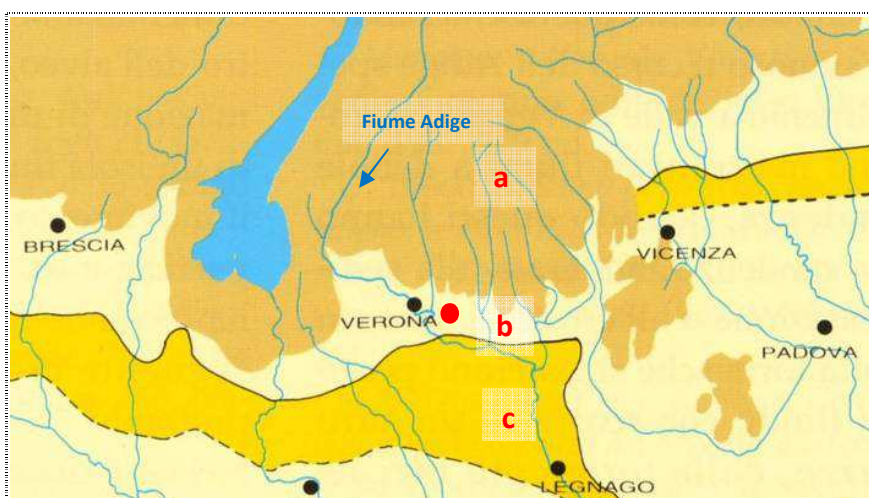


Fig. 4. Contesti geomorfologici e geolitologici del territorio provinciale (da *Etsch Adige – Il fiume gli uomini la storia*, 1997). Il lotto di interesse progettuale (pallino rosso) ricade nel settore "b".

Il sito progettuale si inserisce nell'ambito deposizionale dell'Alta Pianura Veronese (settor "b") posta tra le ultime propaggini lessinee a Nord e la linea delle risorgive a Sud. L'evoluzione geomorfologica e geologica della Pianura Veronese è nel suo complesso legata principalmente all'interferenza fra le variazioni climatiche che si sono succedute durante il Quaternario e le conseguenti variazioni di portata dell'Adige, corso d'acqua a carattere fluvio-glaciale. L'alternanza di fasi di espansione e di ritiro glaciale, con le conseguenti variazioni del flusso idrico e del trasporto solido, hanno determinato la costruzione del conoide dell'Adige che si estende, con forma a ventaglio, dallo sbocco della Val d'Adige fino a Legnago. In tal senso, procedendo dalla parte apicale del conoide verso le sue parti più distali (N→S), si osserva una costante diminuzione della granulometria, in ragione della natura del trasporto di tipo fluviale.

Con specifico riferimento all'estratto cartografico di fig. 5 alla pag. seguente, la porzione di territorio in esame risulta caratterizzata da una morfologia pianeggiante ove gran parte delle evidenze morfologiche sono riconducibili all'evoluzione dell'idrografia attuale e pregressa (terrazzi, orli di scarpata, etc.), benché tali segni risultino spesso celati dalla sempre crescente urbanizzazione del territorio. L'agente morfogenetico principale è rappresentato dal fiume Adige con il suo grande conoide ed il suo piano di divagazione, scavato e terrazzato, all'interno del conoide stesso. L'ambito dell'Antico conoide e quello del Piano di divagazione sono separati da una scarpata morfologica la cui altezza nella porzione di territorio in studio supera i 3 m.

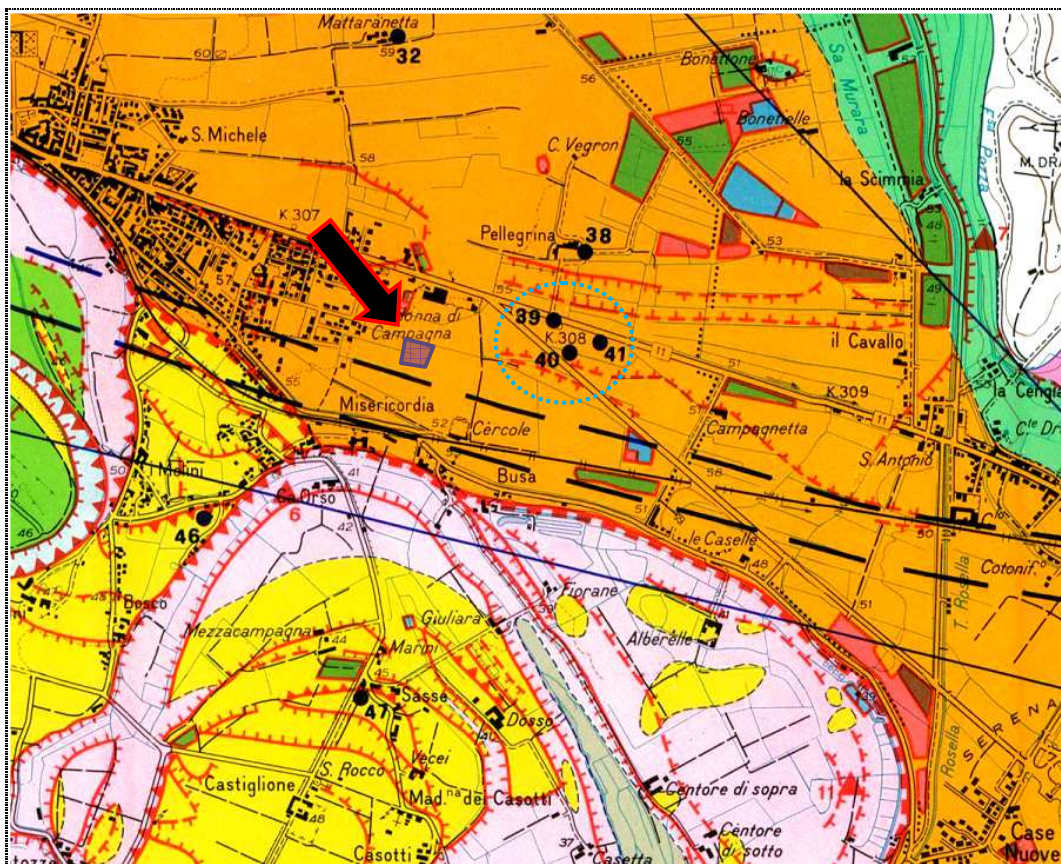


Fig. 5. Estratto dalla "Carta geomorfologica di una porzione della pianura a sud est di Verona" in scala 1:25.000 - Museo Civico di Storia Naturale di Verona (1984). Cerchiati in azzurro i pozzi citati nel testo a pag. 9.

LEGENDA

Piano di divagazione dell'Adige



Alluvioni prevalentemente ghiaiose del piano di divagazione dell'Adige.



Alluvioni prevalentemente limose del piano di divagazione dell'Adige.



Alluvioni prevalentemente sabbiose del piano di divagazione dell'Adige.

Conoide dell'Adige



Alluvioni prevalentemente ghiaiose del conoide dell'Adige.



Orlo di terrazzo tra il conoide e il piano di divagazione dell'Adige: altezza maggiore di 3 m, minore di 3 m, poco evidente.



Orlo di terrazzo e limite di dosso di altezza inferiore a 3 m.



Orlo di terrazzo e limite di dosso poco evidente.



Fascia di deformazione presunta.



Cave.



Ubicazione di stratigrafia.

Sotto l'aspetto **geolitologico**, l'Alta Pianura Veronese, territorio in cui ricade il sito di interesse progettuale, deriva dall'accumulo di grandi quantitativi di materiali granulari (ghiaie, ciottoli, sabbie e limi) la cui successione stratigrafica riflette le variazioni climatiche e, con esse, la capacità di trasporto della rete idrografica. Nel periodo quaternario, infatti, lo scioglimento delle coltri glaciali atesine, dovuto all'incremento di temperatura post-glaciale, potenziò la capacità di trasporto della rete idrografica, permettendo così l'accumulo di ingenti quantità di sedimenti prevalentemente grossolani.

Con riferimento alla fig. 5, l'area oggetto di studio risulta caratterizzata dai depositi grossolani delle *alluvioni prevalentemente ghiaiose del conoide dell'Adige*, rinvenibili sino a parecchie decine di metri di profondità da piano campagna, con occasionali e discontinue lenti argillose. A tal riguardo si riportano di seguito le stratigrafie di repertorio relative ad alcuni pozzi per acqua presenti a breve distanza dal lotto di interesse progettuale (v. fig. 5).

Stratigrafia: **n. 39**

Profondità: 122,0 m da p.c.

PROFONDITÀ (m da p.c.)	LITOLOGIA
0,0 ÷ 14,0	Ghiaia
14,0 ÷ 20,5	Argilla
20,5 ÷ 33,0	Sabbia e ghiaia
33,0 ÷ 35,5	Torba
35,5 ÷ 58,0	Sabbia e ghiaia
58,0 ÷ 61,0	Argilla
61,0 ÷ 63,0	Ghiaia
63,0 ÷ 65,0	Argilla con sabbia
65,0 ÷ 86,5	Ghiaia e sabbia
86,5 ÷ 90,5	Argilla con sabbia
90,5 ÷ 92,0	Sabbia
92,0 ÷ 95,0	Argilla
95,0 ÷ 114,0	Ghiaia e sabbia
114,0 ÷ 122,0	Argilla marnosa

Stratigrafia: **n. 40**

Profondità: 129,0 m da p.c.

PROFONDITÀ (m da p.c.)	LITOLOGIA
0,0 ÷ 12,5	Ghiaia
12,5 ÷ 19,5	Argilla
19,5 ÷ 28,5	Sabbia e ghiaia
28,5 ÷ 31,5	Torba con sabbia
31,5 ÷ 58,5	Sabbia e ghiaia
58,5 ÷ 61,0	Argilla
61,0 ÷ 67,5	Ghiaia e sabbia

- segue -

- continua -

67,5 ÷ 69,5	Argilla
69,5 ÷ 86,5	Ghiaia e sabbia
86,5 ÷ 89,5	Argilla
89,5 ÷ 92,0	Sabbia
92,0 ÷ 95,8	Argilla
95,8 ÷ 114,5	Ghiaia e sabbia
114,5 ÷ 129,0	Argilla con sabbia

Stratigrafia: **n. 41**
Profondità: 148,0 m da p.c.

PROFONDITÀ (m da p.c.)	LITOLOGIA
0,0 ÷ 12,5	Ghiaia
12,5 ÷ 19,6	Argilla
19,6 ÷ 24,5	Ghiaia
24,5 ÷ 26,0	Argilla
26,0 ÷ 31,4	Sabbia
31,4 ÷ 33,0	Argilla
33,0 ÷ 56,7	Ghiaia e sabbia
56,7 ÷ 59,3	Argilla
59,3 ÷ 84,8	Ghiaia
84,8 ÷ 91,5	Argilla
91,5 ÷ 112,0	Ghiaia
112,0 ÷ 127,0	Argilla
127,0 ÷ 129,0	Ghiaia
129,0 ÷ 148,0	Argilla

L'analisi delle stratigrafie ha messo in evidenza, conformemente a quanto riportato in letteratura, la presenza nel sottosuolo di un materasso alluvionale di natura prevalentemente granulare (ghiaia ciottolosa e sabbiosa) e di spessore decametrico.

Tale materasso alluvionale, pur caratterizzato da una sostanziale omogeneità compositiva, presenta un certo grado di stratificazione indotto dalla diversa granulometria dei depositi, dalla presenza di sporadiche lenti sabbiose e di intercalazioni di spessore anche plurimetrico e comportamento coesivo ad interrompere la continuità dei depositi ghiaiosi. Trattasi nello specifico di orizzonti di natura argillosa (localmente torbosa) di spessore metrico, generalmente presenti a partire da una profondità minima da piano campagna di 12 m ca. Le stratigrafie sopra riportate riferiscono nel dettaglio di un orizzonte continuo spesso circa 7 m.

Anticipando brevemente quanto poi verrà approfondito nel successivo paragrafo, va inoltre aggiunto che tali intercalazioni non sembrano in grado di suddividere idraulicamente l'acquifero, che rimane indifferenziato, nonostante alcuni livelli coesivi presentino buona continuità laterale.

Il modello **litostratigrafico** locale è stato ricostruito attraverso l'esecuzione di nr. 03 trincee esplorative distribuite in modo da caratterizzare tutta l'area coinvolta dal Piano Urbanistico Attuativo (v. ALL. 2). Spinte ad una profondità massima di 3,10 da piano campagna hanno permesso di ricostruire puntualmente la successione stratigrafica del primo sottosuolo.

Pur rimandando al Capitolo 5 per un approfondimento sulla campagna indagini eseguita ed all'ALLEGATO 3 per una descrizione dettagliata di quanto rilevato in fase di scavo, va detto che coerentemente con quanto riportato in bibliografia, le indagini hanno confermato la presenza di un primo sottosuolo caratterizzato da sedimenti prevalentemente grossolani con ghiaia ciottolosa in matrice da limosa a sabbiosa con la profondità, presenti in giacitura naturale al di sotto di un primo strato da decimetrico a metrico di terreno vegetale (v. fig. 6).



Fig. 6. Modello stratigrafico "tipo" evidenziato sul fronte di una delle trincee eseguite.

Alla luce delle evidenze litologiche emerse in fase di indagine, è possibile schematizzare il primo sottosuolo locale attraverso il seguente modello litostratigrafico:

UNITÀ	LITOLOGIA
Tv	TERRENO VEGETALE: limo da sabbioso ad argilloso debolmente sabbioso, con rara ghiaia e resti di apparati radicali.
GL	GHIAIA LIMOSA: terreno in giacitura naturale costituito da ghiaia ciottolosa in matrice limosa debolmente sabbiosa di colore da bruno – rossastro a marrone.
Gs	GHIAIA SABBIOSA: terreno in giacitura naturale costituito da ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa di colore grigio – nocciola.

6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO

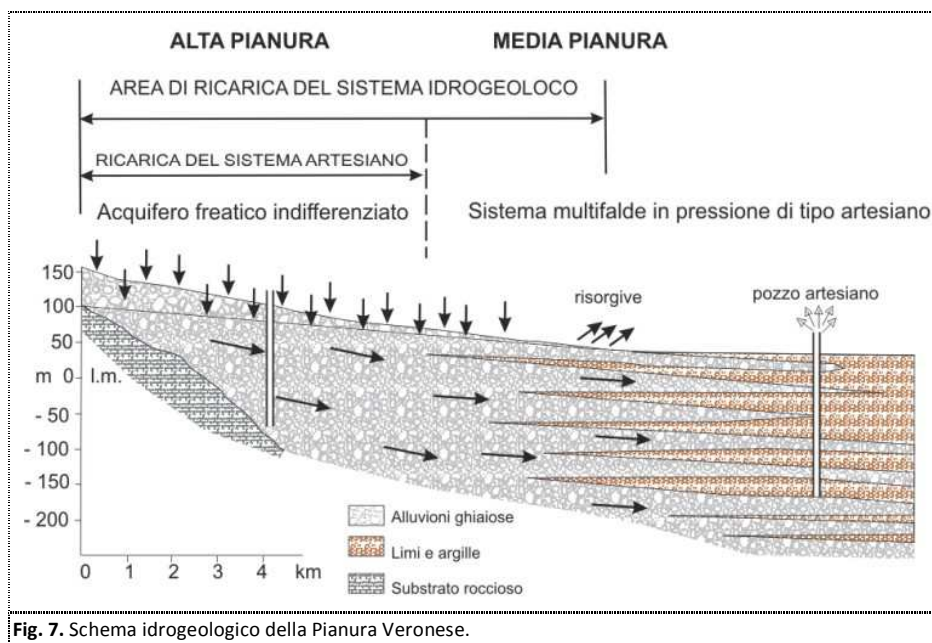


Fig. 7. Schema idrogeologico della Pianura Veronese.

Per quanto riguarda l'aspetto **idrogeologico**, il territorio provinciale può essere schematizzato nei tre distinti settori già citati in precedenza, di cui si riporta una breve descrizione.

- a) **SETTORE COLLINARE – MONTUOSO.** La natura prevalentemente calcarea unitamente all'assetto strutturale ha favorito l'instaurarsi di un ben sviluppato carsismo. In tal senso, i fenomeni carsici e di fratturazione sono talmente numerosi ed importanti che la circolazione idrica superficiale è presente solo in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi;
- b) **ALTA PIANURA.** Tale unità, compresa fra i monti Lessini a Nord, le colline moreniche dell'anfiteatro gardesano ad Ovest e la fascia delle risorgive a Sud, rappresenta una delle più cospicue riserve idriche sotterranee del Veneto. L'Alta Pianura è infatti sede di un acquifero freatico indifferenziato con direzione di deflusso approssimativamente Nord Ovest – Sud Est. L'elevata permeabilità e l'omogeneità del sottosuolo permettono l'infiltrazione delle acque superficiali e fanno di questo territorio "area di ricarica" degli acquiferi. Vi ricade il sito di interesse progettuale.
- c) **MEDIO - BASSA PIANURA.** A partire dal limite inferiore della fascia dei fontanili, prende inizio il tipico ambiente di bassa pianura caratterizzato dall'affioramento di terreni da fini a molto fini. Il sottosuolo, costituito da alternanze di orizzonti continui limo - argillosi e strati permeabili, è caratterizzato dalla sovrapposizione di *acquicludi* e di falde idriche in pressione. In questa porzione di territorio prevalgono pertanto depositi a permeabilità medio bassa, utili come protezione delle acque di qualità profonde.

Fra l'Alta e la Medio - Bassa Pianura, vi è una fascia (detta *"delle risorgive"*) ove il livello della superficie freatica interseca la superficie topografica con conseguente venuta a giorno della falda in una serie di scaturigini, fosse o risorgive di origine naturale.

I depositi ghiaioso - sabbiosi che costituiscono il sottosuolo dell'Alta Pianura e quindi del sito di interesse progettuale, rappresentano un importante acquifero freatico, che ospita una falda di elevata potenzialità la cui tavola d'acqua si trova a profondità variabile dal piano campagna in ragione della topografia dei luoghi e del gradiente della falda stessa; in linea generale la profondità della falda diminuisce da Nord verso la porzione Sud - orientale della città.

In corrispondenza dell'area di studio si individua un generale deflusso sotterraneo locale da Nord verso Sud con gradiente idraulico valutabile in un 3‰ ca.. Con specifico riferimento alla *"Carta idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige"* di cui si riporta un estratto alla fig. seguente, è possibile osservare come il sito di interesse progettuale, ubicato alla quota di 53 m s.l.m., si collochi tra le isofreatiche di quota 43 e 44 m s.l.m..

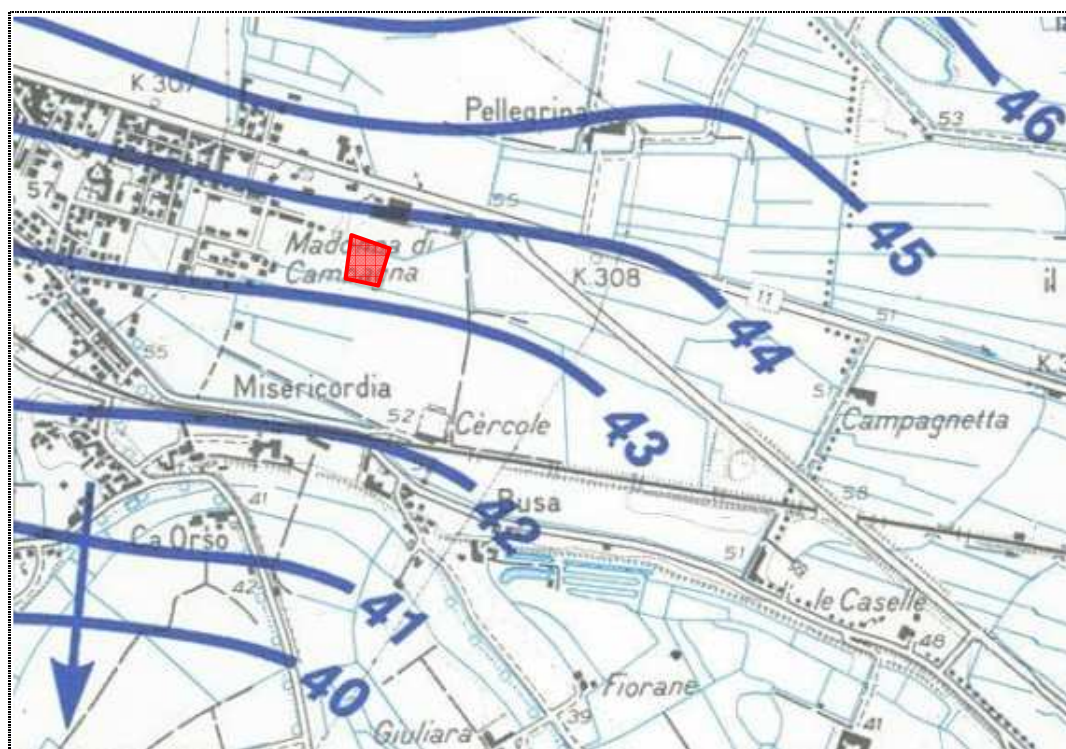


Fig. 8. Estratto dalla *"Carta idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige"* (Dal Prà e De Rossi, 1989). I numeri a fianco delle linee blu (isofreatiche) indicano la quota sul livello del mare della superficie della falda, misurata nel 1986.

Alla luce di ciò, si stima che la falda si attesti, nei periodi di morbida, ad una profondità minima di circa 9 m dal piano di campagna attuale. A tal riguardo, si precisa che all'apertura delle trincee esplorative eseguite (cfr. Cap. 5) non è stata rilevata alcuna venuta d'acqua né dalle pareti né da fondo scavo fino alla profondità massima di scavo pari a 3,10 m da piano campagna.

A conferma dei dati idrogeologici generali raccolti si può fare riferimento anche alle informazioni relative al Campo Pozzi A.G.S.M. "Verona Est" (52 m s.l.m.), ubicato a breve distanza dal confine settentrionale del lotto di intervento (v. fig. 8). I quattro pozzi costituenti la *centrale di Verona Est*, i cui dati costruttivi sono schematicamente riportati nella tabella seguente, forniscono significative indicazioni circa soggiacenza della falda, massima escursione stagionale morbida ÷ magra e regime idrogeologico locale.

POZZO (n°)	PROFONDITÀ (m da p.c.)	N° LIVELLI FENESTRATI	TRATTI FENESTRATI (m da p.c.)	ANNO DI COSTRUZIONE
1	148,00	3	65 ÷ 82 97 ÷ 106 108 ÷ 111	1977
2	91,50	3	45 ÷ 57 61 ÷ 63 67 ÷ 86	1977
3	122,00	3	51 ÷ 58 68 ÷ 86 101 ÷ 113	1982
4	123,00	4	52 ÷ 58 64 ÷ 67 71 ÷ 86 101 ÷ 113	1982

L'analisi delle stratigrafie dei 4 pozzi ha conferma la presenza di un materasso alluvionale di natura prevalentemente granulare e di spessore considerevole; i pozzi più profondi, infatti, non hanno intercettato il substrato roccioso. Alla luce dei dati storici analizzati, il livello freatico massimo in regime di morbida registrato è collocabile ad una quota assoluta di 44.5 m ca. s.l.m., del tutto coerente quindi con quanto riportato nella cartografia ufficiale presa come riferimento (v. fig. 8). L'oscillazione freatica stagionale è infine quantificabile in un valore variabile fra 3 e 4 m ca.

Per caratterizzare da un punto di vista anche idrogeologico i depositi superficiali dell'area di intervento è stata condotta nr. 1 prova a carico variabile in pozzetto, indagando nello specifico l'unità litologica "Gs". Pur rimandando al Capitolo 5 ed all'ALLEGATO 4 per una dettagliata descrizione del test eseguito va detto che i terreni ghiaiosi costituenti il primo sottosuolo risultano dotati di una buona permeabilità con coefficienti di filtrazione "k" nell'ordine di 10^{-3} m/s.

In tal senso, si precisa che non sono stati evidenziati, in passato, fenomeni di allagamento, impaludamento o di ristagno idrico, a conferma delle buone caratteristiche di permeabilità dei materiali presenti.

Dal punto di vista **idrografico**, l'unico corso d'acqua naturale che scorre nelle vicinanze è il Fiume Adige, la cui sponda sinistra si posiziona circa 1,4 km ad Ovest dall'area di intervento, senza determinare influenze di alcun tipo nei confronti del lotto di interesse progettuale.

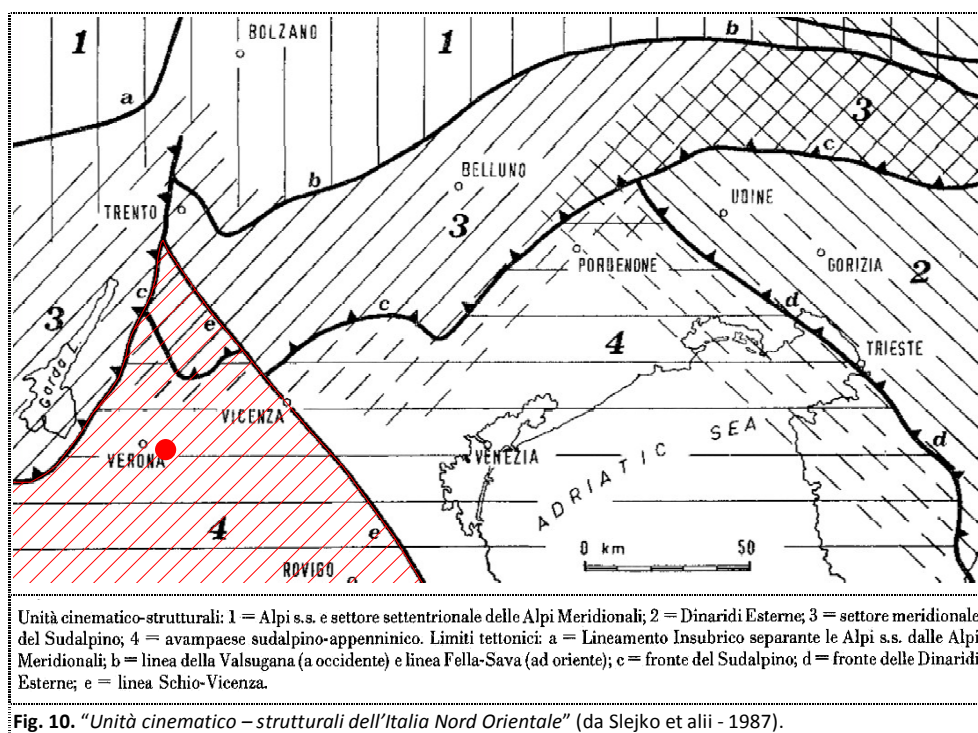
Da un punto di vista **"idrografico - amministrativo"**, il sito oggetto di studio rientra nell'ambito territoriale dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige e dall'analisi della cartografia del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico), non ricade fra le aree a pericolosità idraulica individuate, le quali risultano invece limitate alle porzioni limitrofe alla sponda del Fiume Adige poste più ad Ovest rispetto al sito di interesse progettuale (v. fig. seguente).



7 INQUADRAMENTO TETTONICO - STRUTTURALE

In termini di cinematica, geodinamica ed evoluzione tettonica verificatesi nel Pleistocene medio - Olocene, l'Italia Nord – orientale è suddivisibile in quattro principali unità cinematico – strutturali (v. fig. 10):

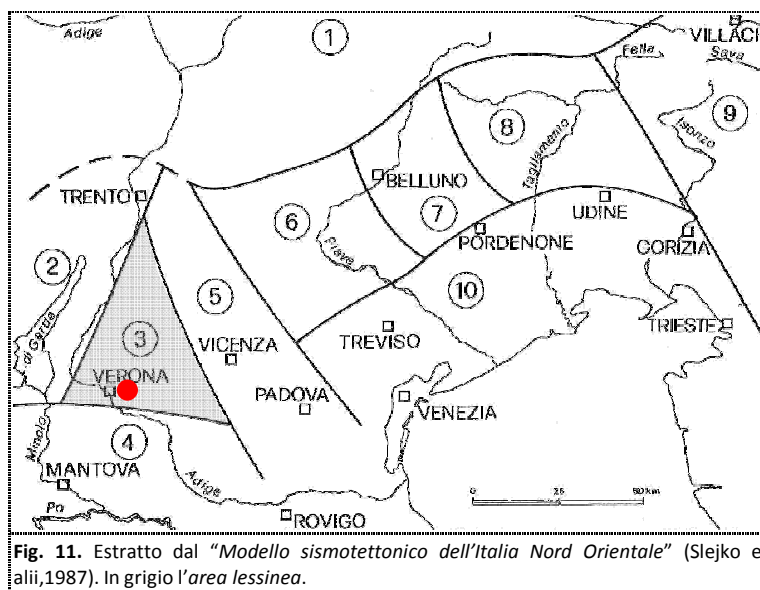
- Alpi e settore settentrionale delle Alpi Meridionali (Unità 1);
- Dinaridi Esterne (Unità 2);
- Settore meridionale del Sudalpino (Unità 3);
- **Avampaese sudalpino – appenninico (Unità 4).**



Il sito d'interesse ricade nell'"Avampaese sudalpino - appenninico", unità che in linea generale presenta una crosta caratterizzata da blande ondulazioni, con alti della Moho sia nel settore lessineo che in quello adriatico. Più precisamente all'interno di tale unità il sito in esame ricade nel settore lessineo, sorta di apofisi padana interposta nel Sudalpino, sovrascorsa ad occidente dai sistemi di embricazione dell'area Garda – Trento, mentre ad Est la linea Schio – Vicenza funge da svincolo trascorrente rispetto alle unità alloctone orientali. In questa unità si raggiungono profondità ipocentrali superiori ai 20 km.

Sempre con riferimento allo stesso intervallo di tempo sopra indicato (Pleistocene medio ÷ Olocene), è possibile suddividere le suddette unità cinematico – strutturali in dieci zone sismotettoniche (v. fig. 11 alla pagina seguente) sulla base di significative analogie in termini di evoluzione geodinamica, geodetica e sismicità.

Fra queste (v. fig. 11), il sito oggetto di studio ricade all'interno dell'area lessinea (Zona 3) che dal punto di vista sismico è relativamente "tranquilla" (cfr. Par. 4.5), collegabile probabilmente alla presenza di strutture sepolte legate all'attività della linea Schio – Vicenza e costituite da un sistema di faglie sub verticali disposte a gradinata, mentre dal punto di vista neotettonico è caratterizzata da un generale sollevamento.

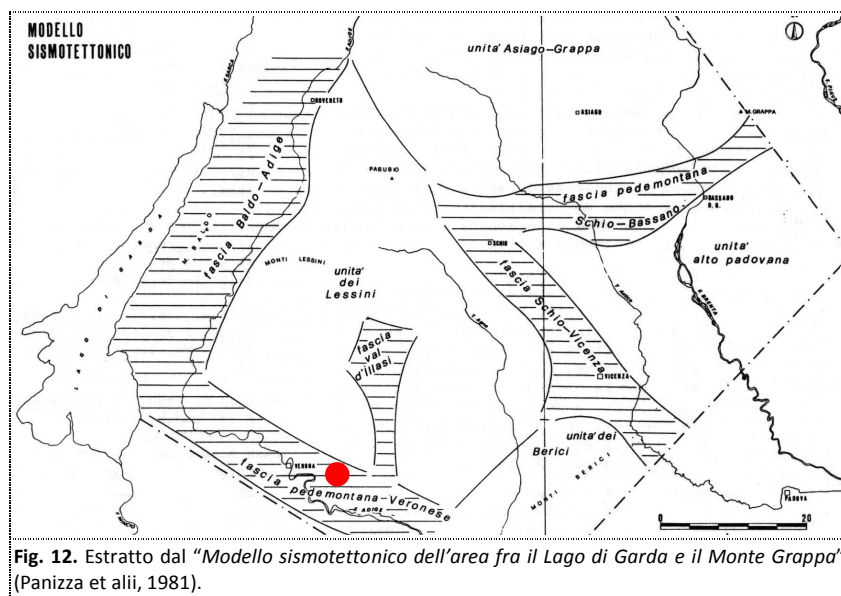


- Area alpina settentrionale (Zona 1);
- Area benacense (Zona 2);
- **Area lessinea (Zona 3);**
- Pianura mantovano veronese (Zona 4);
- Area di svincolo scledense (Zona 5);
- Area feltrina (Zona 6);
- Area bellunese (Zona 7);
- Area carnico – friulana (Zona 8);
- Area dinarica (Zona 9);
- Area veneto – friulana e istriana (Zona 10)

Più in dettaglio, nel *"Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda e il Monte Grappa"* di Panizza et alii (1981), di cui si riporta una figura alla pagina successiva, vengono indicate:

- *Unità strutturali* che mostrano ciascuna una propria omogeneità geologico – strutturale (formazioni geologiche con medesimo significato tettonico) e presentano un'attività neotettonica prevalentemente di tipo areale con sismicità ridotta;
- *Fasce sismo-tettoniche* ove l'attività neotettonica è di tipo lineare con una certa frequenza di attività sismica.

Ciò detto, con specifico riferimento alla figura 12 si evidenzia che l'area in oggetto ricade nella *"Fascia pedemontana veronese"*.



8 SISMICITÀ DELL'AREA

Per delineare la sismicità storica della porzione di territorio in cui ricade il sito di interesse progettuale si è fatto specifico riferimento alle seguenti carte tematiche (v. fig. e 13, 14 e 15):

1. "Carta dei volumi focali dei terremoti dall'anno 238 all'anno 1977" (Panizza et alii).
2. "Catalogo dei Forti Terremoti d'Italia" precedenti all'anno 1997 (I.N.G.V.);
3. "Mappa degli epicentri registrati sul territorio della Provincia di Verona" (da *Italian Seismological Instrumental and Parametric Database* - ISIDE).

Dall'osservazione della carta dei volumi focali dei terremoti fino al 1977 (v. figura 13) si osserva un'evidente concentrazione di attività sismica nella zona del Baldo, di Verona e di Vicenza, con terremoti che raggiunsero anche il IX grado della Scala Mercalli. Va altresì detto che la localizzazione degli eventi più forti risulta approssimata essendo state coinvolte ed interessate aree vastissime e che le informazioni circa l'epicentro e l'intensità dei terremoti antecedenti al periodo delle misure strumentali, risultano ovviamente poco attendibili.

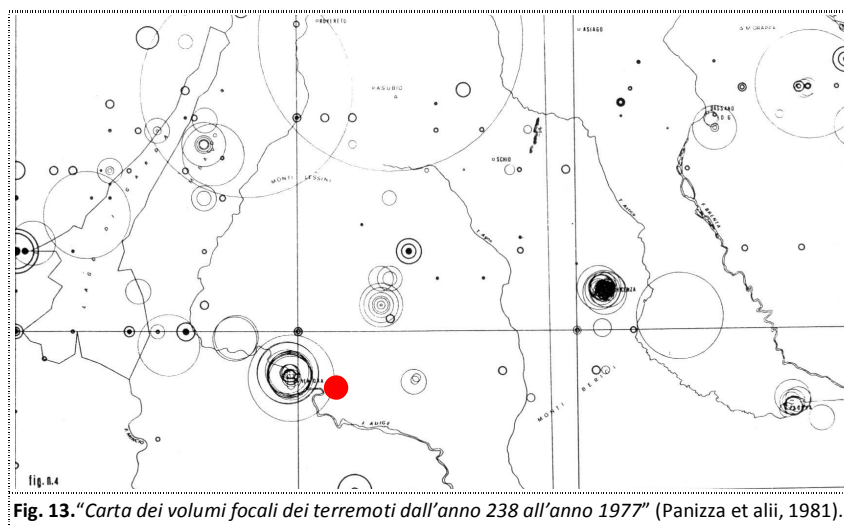


Fig. 13. "Carta dei volumi focali dei terremoti dall'anno 238 all'anno 1977" (Panizza et alii, 1981).

Dal "Catalogo dei Forti Terremoti d'Italia" redatto dall'I.N.G.V. è possibile osservare come fino al 1997 in corrispondenza della zona di Verona si siano registrati eventi con magnitudo compresa tra 4,5 e 5,0 (v. fig. 14 alla pagina seguente).

Per quanto riguarda infine il periodo successivo al 2000, come riportato nella "Mappa degli epicentri registrati sul territorio della Provincia di Verona" in corrispondenza della regione esaminata non sono stati registrati eventi tellurici di magnitudo superiore a 3,0 (v. fig. 15 alla pagina seguente).

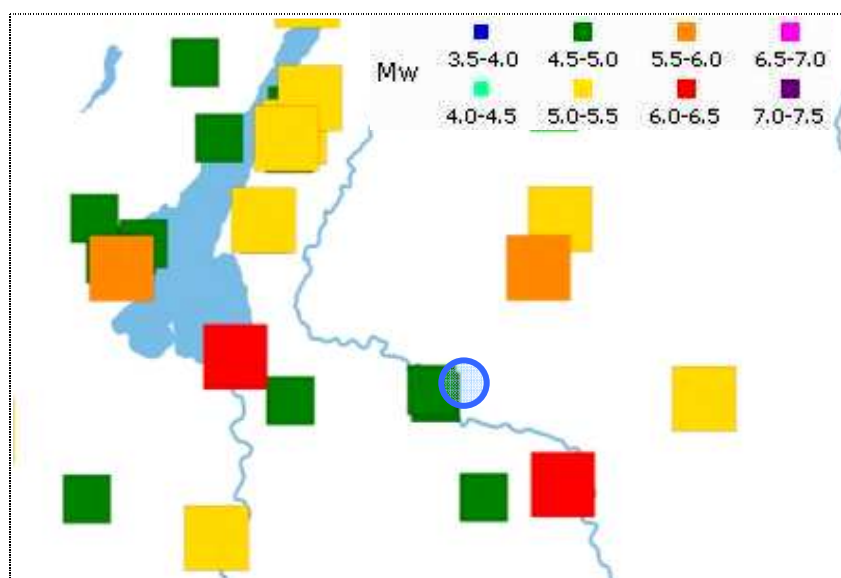


Fig. 14. Ubicazione e magnitudo dei maggiori sismi registrati nella regione esaminata (fonte I.N.G.V.). Evidenziata l'ubicazione del sito oggetto di studio.

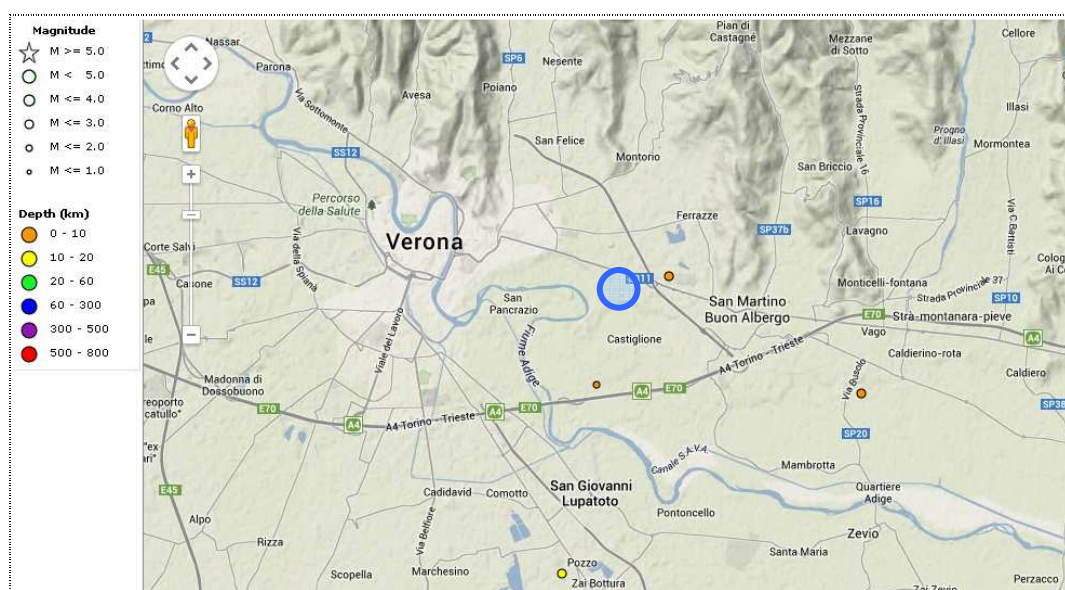


Fig. 15. Ubicazione e magnitudo dei maggiori sismi registrati dal 2000 nella regione esaminata (fonte Italian Seismological Instrumental and Parametric Database - ISIDE). In blu l'ubicazione del sito oggetto di studio.

In fase progettuale “il sisma di progetto” dovrà pertanto tener conto di una magnitudo non inferiore a 5.

Con specifico riferimento alla classificazione sismica definita dall'O.P.C.M. 3274/03, il Comune di Verona rientra in zona 3 (v. fig. 16).

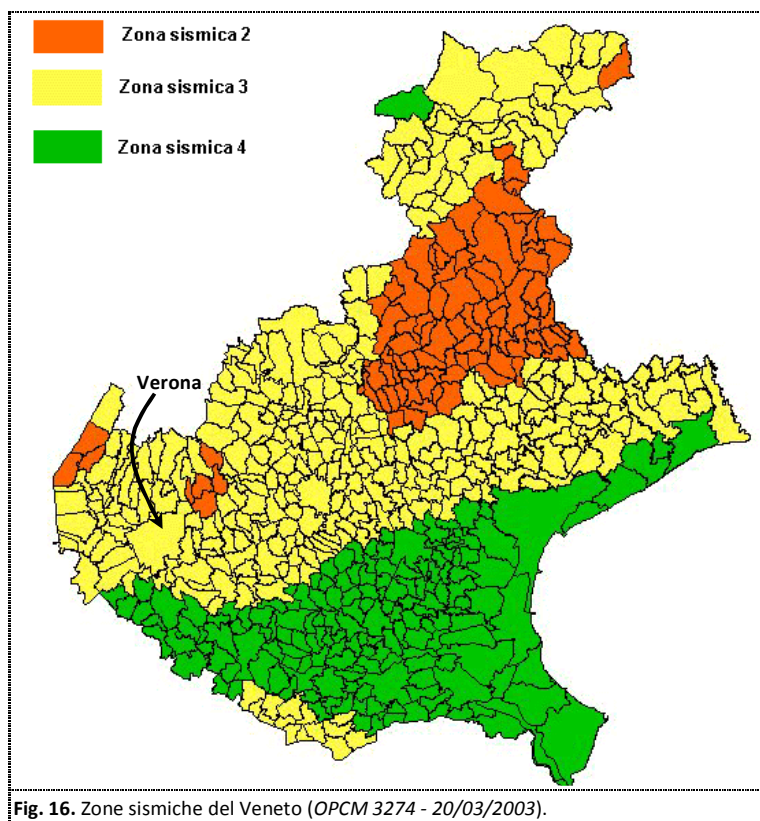


Fig. 16. Zone sismiche del Veneto (OPCM 3274 - 20/03/2003).

Come indicato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 14/01/2008, in caso di evento sismico gli elementi legati alle caratteristiche topografiche e litologico – stratigrafiche del territorio che possono produrre una possibile amplificazione dell'onda sismica sono:

1. *amplificazione stratigrafica* dovuta al contrasto di impedenza acustica tra mezzi geologici diversi;
2. *amplificazione topografica* dovuta alla focalizzazione delle onde sismiche in corrispondenza di creste e scarpate.

Con riferimento a quanto sopra descritto, sulla base delle informazioni bibliografiche raccolte e del rilievo condotto si ritiene che *l'area di interesse progettuale non presenti potenziali criticità di carattere geomorfologico e geologico la cui presenza potrebbe, in caso di terremoto, esaltare gli effetti di un'onda sismica.*

9 ANALISI DEL PIANO DI ASSETTO TERRITORIALE (P.A.T.)

Con riferimento alle tematiche geologiche e idrogeologiche discusse nel presente studio, l'analisi del Piano di Assetto del Territorio del Comune di Verona (approvato con D.C.C. n°15 in data 24 Marzo 2006), ha evidenziato che per quanto riguarda la *"Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale"* (Tav. 1) il sito di studio ricade nei seguenti ambiti (v. fig. 17):

- AREA SOTTOPOSTA A VINCOLO SISMICO (ART. 8);
- FASCIA DI RISPETTO DELLE RISORSE IDROPOTABILI (ART. 23);
- AREA DI RICARICA DEGLI ACQUIFERI (ART. 32).

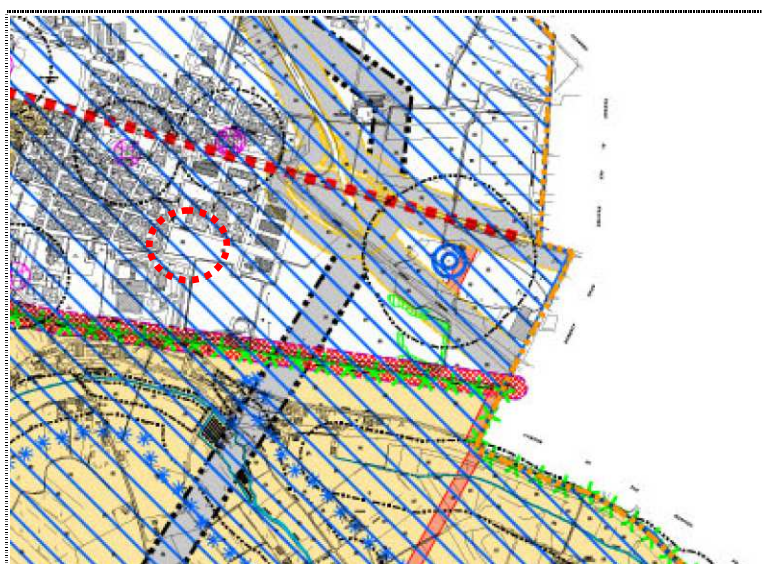


Fig. 17. Estratto dalla *"Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale"* del P.A.T. del Comune di Verona. Il cerchio rosso indica il lotto di interesse progettuale.

LEGENDA

- | | |
|--|---|
| | Vincolo paesaggistico "zone boscate" (art. 4) |
| | Vincolo sismico (art. 8) |
| | Strade romane e fasce di rispetto (art. 16) |
| | Metanodotti e fasce di rispetto (art. 21) |
| | Risorse idropotabili e fasce di rispetto (art. 23) |
| | Infrastrutture della mobilità e fasce di rispetto (art. 24) |
| | Ferrovia e fasce di rispetto (art. 25) |
| | Elettrodotti e fasce di rispetto (art. 28) |
| | Aree di ricarica degli acquiferi (art. 32) |

In merito all'appartenenza del sito ad un'area sottoposta a *vincolo sismico* (art. 8), si ricorda come l'intero territorio del Comune di Verona sia classificato come zona sismica 3.

L'area in esame è posta all'interno della *fascia di ricarica degli acquiferi* (art. 32), circostanza che comporta una prevenzione nei riguardi della falda freatica. In riferimento alle opere in progetto e al contesto idrogeologico in cui queste andranno ad inserirsi, tale vincolo non rappresenta tuttavia elemento tale da inibirne l'esecuzione. La realizzazione di sistemi di dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche dovrà rispettare il Piano Regionale di Tutela delle Acque (P.T.A.). Alla luce della profondità minima della falda dal piano campagna (in periodo di morbida superiore a 9 m da p.c.), si può escludere l'interferenza delle opere in progetto con il quadro idrogeologico locale.

Dalla "Carta delle Invarianti" (Tav. 2), emerge che in corrispondenza del sito di interesse progettuale non grava alcun tipo di vincolo legato alla presenza di invarianti di tipo geologico, né ambiti territoriali caratterizzati da particolari evidenze ed unicità geologiche.

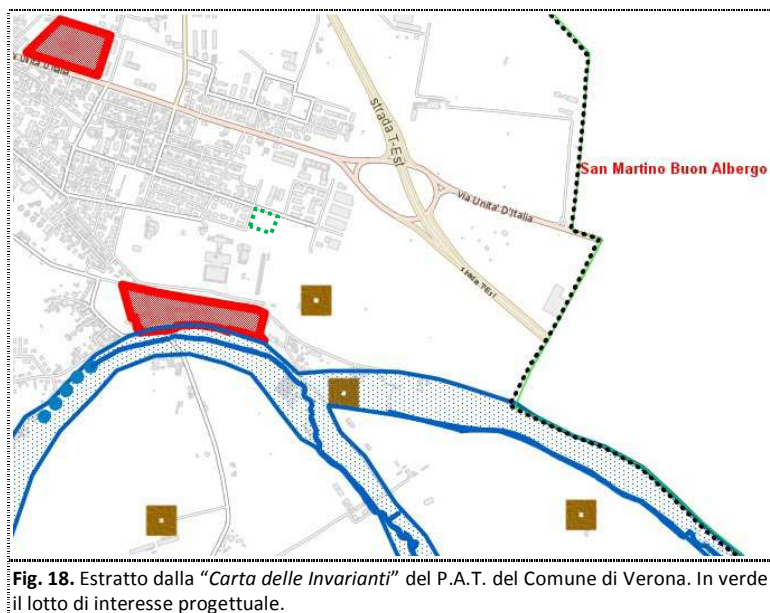


Fig. 18. Estratto dalla "Carta delle Invarianti" del P.A.T. del Comune di Verona. In verde il lotto di interesse progettuale.

LEGENDA

Invarianti di natura architettonica (ART. 36)



Corti rurali - archeologie industriali

Infine dalla “*Carta delle Fragilità*” (Tav. 3), di cui si riporta un estratto in fig. 19, il sito ricade in:

- TERRENO OTTIMO E PESSIMO SECONDO LE PENALITÀ AI FINI EDIFICATORI (ART. 37);
- AREA A VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALTA (UNITÀ “A”) (ART. 38).

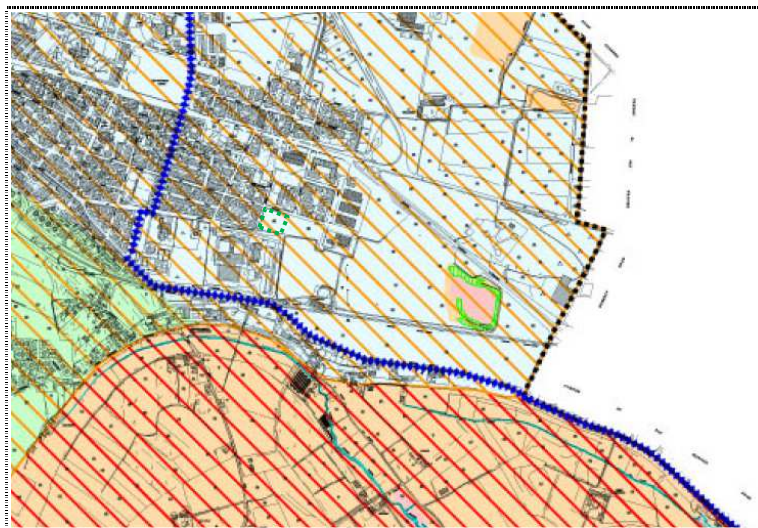


Fig. 19. Estratto dalla “*Carta delle Fragilità*” del P.A.T. del Comune di Verona. In rosso il lotto di interesse progettuale.

LEGENDA

Penalità ai fini edificatori (ART. 37)

-  Terreno ottimo
-  Terreno pessimo

Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi (ART. 38)

-  Unità “A” (vulnerabilità intrinseca alta)

In relazione all’art. 37 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.T., all’interno delle aree caratterizzate da *terreno ottimo* non vi è alcun limite all’edificabilità.

Per quanto riguarda l’appartenenza ad ambiti caratterizzati da *vulnerabilità alta degli acquiferi* (art. 38) è necessario verificare la compatibilità di qualsiasi intervento urbanistico ed edilizio con il grado di vulnerabilità; tutti gli interventi, inoltre, devono rispettare le previsioni del Piano regionale di Tutela delle Acque (P.T.A.) adottato con D.G.R.V. n. 4453 del 29 Dicembre 2004 e successivamente approvato con D.G.R.V. n. 107 del 5 Novembre 2009.

Alla luce del contesto geologico – idrogeologico locale e di quanto previsto da progetto, è possibile affermare che:

- in corrispondenza dell'area di interesse progettuale non vi sono evidenze morfologiche, geologiche e geotecniche che indichino situazioni di particolare criticità;
- in corrispondenza del sito di interesse progettuale non grava alcun tipo di vincolo legato alla presenza di invarianti di tipo geologico, geomorfologico e idrogeologico, né ambiti territoriali caratterizzati da particolari evidenze ed unicità geologiche;
- il progetto oggetto di studio non prevede sistemi di smaltimento su suolo di acque reflue per le quali è previsto l'allaccio alla rete esistente e non si andrà pertanto ad incidere sul chimismo e la qualità delle acque sotterranee;
- nell'ambito del P.U.A. è previsto lo smaltimento delle acque meteoriche attraverso sistemi di dispersione (pozzi perdenti, ecc.) in riferimento ai quali il rischio di contaminazione dei corpi idrici sotterranei dovrà essere considerato nella scelta della tipologia, dell'ubicazione e delle caratteristiche del sistema di dispersione. In particolare, a tutela dell'acquifero, è opportuno che i sistemi di dispersione profonda non superino la profondità di 7,0 m dal p.c..

Per tutto quanto sopra convenuto, si ritiene che nello sviluppo successivo del progetto si debba tener conto delle specifiche condizioni idrografiche, idrogeologiche ed idrochimiche locali e globali dell'area in cui ricade il sito di futura edificazione affinché gli interventi in progetto non vadano ad incidere sulla vulnerabilità degli acquiferi.

In relazione alla fattibilità degli interventi sarà quindi necessario nello sviluppo del progetto tener conto delle limitazioni di carattere geologico e idrogeologico sopra indicate.

10 CAMPAGNA INDAGINI

Al fine di ricostruire il modello geologico e geotecnico locale e di verificare le caratteristiche di permeabilità dei terreni coinvolti è stata eseguita una mirata campagna indagini concretizzatasi attraverso l'esecuzione di:

- nr. 03 trincee esplorative (T1 ÷ T3);
- nr. 01 prova di permeabilità in pozzetto (PP1).

Per la precisa ubicazione delle indagini eseguite si rimanda all'ALLEGATO 2 riportato in calce al presente elaborato ed alla figura seguente.

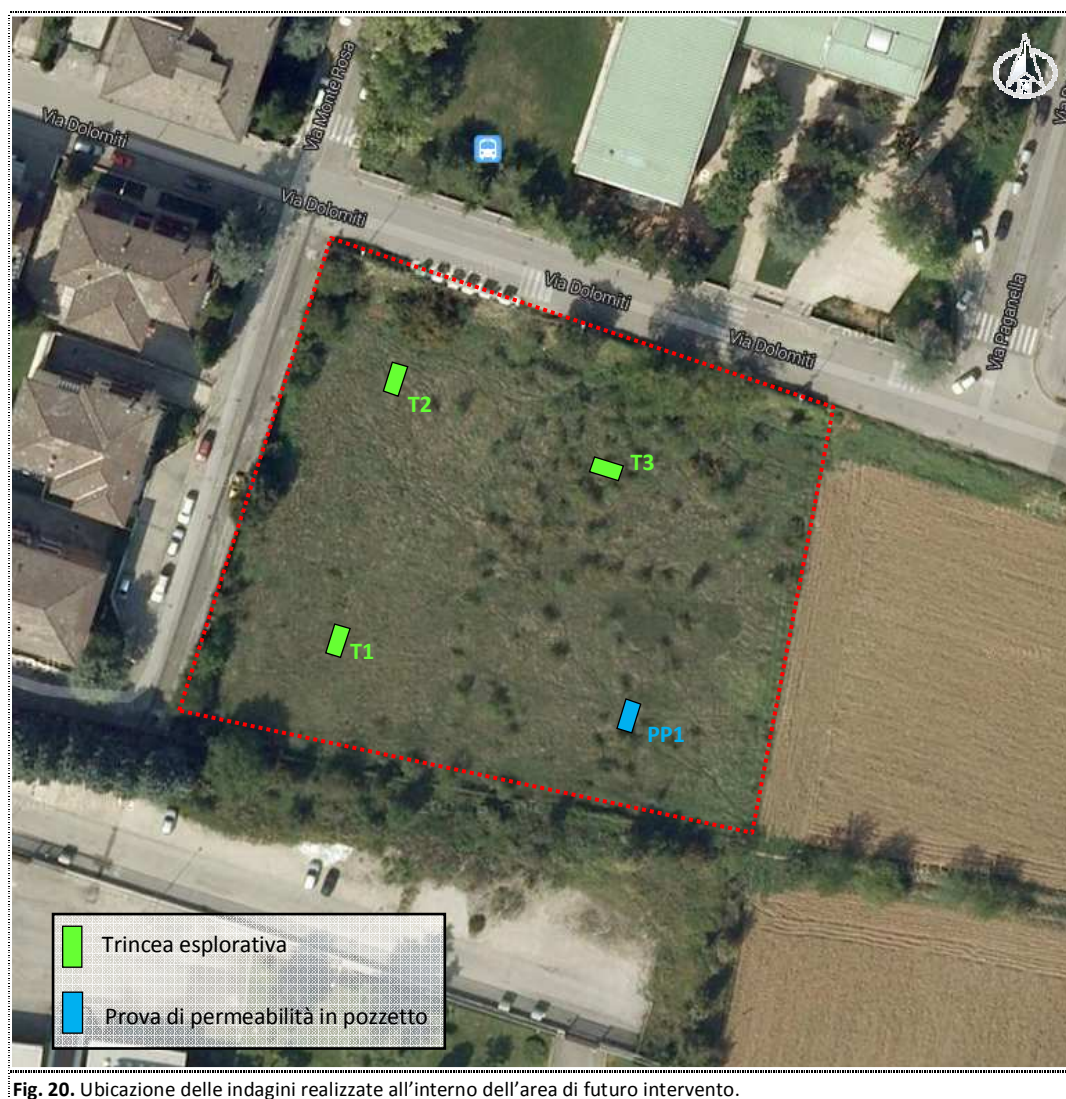


Fig. 20. Ubicazione delle indagini realizzate all'interno dell'area di futuro intervento.

10.1 TRINCEE ESPLORATIVE

Le trincee esplorative, eseguite con escavatore meccanico e spinte alla profondità massima di 3,10 m da piano campagna, hanno permesso di:

- ▀ prendere visione diretta della stratigrafia superficiale dell'area;
- ▀ verificare l'eventuale presenza di materiale di riporto e/o rimaneggiato;
- ▀ fornire una parametrizzazione geotecnica dei materiali rinvenuti;
- ▀ valutare il comportamento degli stessi in funzione della stabilità degli scavi;
- ▀ verificare la presenza della falda o di eventuali venute d'acqua laterali.

Pur rimandando all'ALLEGATO 3 per una dettagliata descrizione con documentazione fotografica ad indicazione dei caratteri peculiari delle trincee eseguite, di seguito verranno proposte alcune tabelle riepilogative di quanto rinvenuto durante la presente fase di indagine. L'osservazione degli scavi eseguiti ha permesso di individuare le seguenti unità litostratigrafiche:

UNITÀ E DESCRIZIONE GEOLITOLOGICA

Terreno vegetale (UNITÀ "Tv"): terreno vegetale di natura limosa e sabbiosa, di colore bruno. Presenza di radici e resti vegetali.

Ghiaia limosa (UNITÀ "Gl"): terreno in giacitura naturale costituito da ghiaia ciottolosa in matrice limosa, debolmente sabbiosa, di colore marrone. Il materiale risulta gradualmente più ghiaioso con la profondità. I ciottoli si presentano poligenici, ben arrotondati e con basso grado di sfericità. Deposito umido, con basso grado di addensamento.

Ghiaia sabbiosa (UNITÀ "Gs"): terreno in giacitura naturale a tessitura grano sostenuta, costituito da ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa di colore grigio – nocciola. I ciottoli si presentano poligenici, eterogranulari, ben arrotondati e con medio - basso grado di sfericità; le dimensioni dei ciottoli variano da 2 a 8 cm, con numerosi trovanti di dimensioni decimetriche ($\varnothing \approx 30$ cm). Deposito asciutto, da mediamente a poco addensato, talora sciolto.

Nella tabella seguente è possibile osservare, per ciascuna delle trincee eseguite, la profondità massima raggiunta in fase di scavo e, per le unità litologiche individuate, i limiti superiore e inferiore. Le profondità sono riferite al piano campagna attuale del lotto di pianificazione, ubicato alla quota di 53,0 m s.l.m. come evidenziato dalla Carta Tecnica Regionale della Regione Veneto.

TRINCEA	QUOTA P.C. (*) (m s.l.m.)	PROFONDITÀ MAX (m da p.c.)	UNITÀ "Tv" (m da p.c.)	UNITÀ "Gl" (m da p.c.)	UNITÀ "Gs" (m da p.c.)
T1	53,0	3,00	0,00 ÷ 0,50	0,50 ÷ 1,00	1,00 ÷ 3,00
T2	53,0	3,00	0,00 ÷ 0,50	0,50 ÷ 1,10	1,10 ÷ 3,00
T3	53,0	3,10	0,00 ÷ 0,60	0,50 ÷ 1,50	1,50 ÷ 3,10

(*): quota da C.T.R. della Regione Veneto

È inoltre possibile evidenziare che:

- l'assetto litostratigrafico locale del primo sottosuolo è caratterizzato da continuità laterale;
- in tutti gli scavi effettuati è stata osservata la presenza superficiale di terreno vegetale e agrario (UNITÀ "TV") di spessore variabile tra 50 cm e 60 cm;
- al di sotto dell'unità rimaneggiata "TV" il sottosuolo, in giacitura naturale, è costituito da depositi prevalentemente granulari di natura ghiaiosa e ciottolosa in matrice limosa, talora argillosa (UNITÀ "GL") e sabbiosa (UNITÀ "GS") fino alla massima profondità indagata;
- le pareti delle trincee effettuate tendono a formare leggeri scavarnamenti "a cucchiara" solamente nella porzione più profonda dello scavo, in corrispondenza dell'UNITÀ "GS", dotata di medio – basso grado di addensamento, talora sciolta.
- non sono state rilevate venute d'acqua né dalle pareti né da fondo scavo fino alla massima profondità raggiunta.

10.2 PROVA DI PERMEABILITÀ

Con la finalità di verificare le caratteristiche di permeabilità dei terreni costituenti il primo sottosuolo, durante la campagna indagini è stata effettuata una prova di permeabilità in pozzetto (v. ALL. 4), appositamente preparato secondo quanto indicato dalle Norme A.G.I. (*"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"*). Tale tipologia di prova fornisce una valutazione della permeabilità dei terreni superficiali al di sopra del livello di falda. Le prove di permeabilità in pozzetto si possono eseguire a carico costante oppure a carico variabile.

Nel caso specifico, la prova di permeabilità, a carico variabile, è stata effettuata all'interno dell'unità litologica "Gs", costituita da ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa; per la precisa ubicazione della prova si rimanda all'ALLEGATO 2 riportato in calce al presente elaborato. Dopo aver scavato un pozzetto a base regolare e pareti sub verticali ed aver preventivamente saturato i terreni, si è provveduto a riempire parzialmente d'acqua il pozzetto misurando la velocità di svuotamento del livello d'acqua.

Nella tabella alla pagina seguente vengono schematizzati i dati stratigrafici e geometrici del pozzetto specificatamente predisposto per l'esecuzione della prova di permeabilità:

PROVA	QUOTA P.C. (m s.l.m.)	PROFONDITÀ (m da p.c.)	UNITÀ	LITOLOGIA	DIMENSIONI POZZETTO (m) (L x A x H)
PP1	53,0	1,80	Gs	GHIAIA E CIOTTOLI IN MATRICE SABBIOSA	1,20 x 0,70 x 0,70

Il coefficiente di permeabilità k (m/s) è stato calcolato applicando la formula suggerita dall'A.G.I. relativamente a pozzetti a base quadrata, utilizzando come valore "b", il lato della sezione quadrata equivalente a quella di scavo:

$$k = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1 + \left(\frac{2h_m}{b}\right)}{\frac{27h_m}{b} + 3}$$

h_m = altezza media dell'acqua nella trincea ($h_m > \frac{1}{4} b$) (m)
 b = lato della base del pozzetto a base quadrata (m)
 $t_2 - t_1$ = intervallo di tempo (s)
 $h_2 - h_1$ = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo $t_2 - t_1$

Il coefficiente k dipende prevalentemente dalle caratteristiche del terreno (composizione granulometrica, forma dei grani, stato di addensamento) ed il suo valore viene espresso generalmente in m/s.

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}
GRADO DI PERMEABILITÀ	alto			medio		basso		molto basso		impermeabile		
DRENAGGIO	buono					povero			praticamente impermeabile			
TIPO DI TERRENO	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo												

Fig. 21. Classi di permeabilità dei terreni.

Fig. 21. Classi di permeabilità dei terreni.

I materiali che costituiscono il sottosuolo dell'intera area sono caratterizzati da un valore di permeabilità di $1,04 \times 10^{-3}$ m/s e quindi da una buona capacità drenante. Va debitamente sottolineato che le differenze composizionali del terreno, seppur minime, comportano una lieve variazione nei valori di permeabilità e drenaggio.

Per una dettagliata descrizione della prova di permeabilità eseguita e dei relativi calcoli numerici si rimanda all'ALLEGATO 4 in calce al presente elaborato.

11 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Alla luce di quanto emerso dalla campagna geognostica, il primo sottosuolo dell'area di interesse progettuale risulta costituito da depositi prevalentemente granulari di natura ghiaiosa e ciottolosa in matrice limosa e debolmente argillosa (UNITÀ "GL") e sabbiosa (UNITÀ "Gs") fino alla massima profondità indagata. Per la parametrizzazione geotecnica dei depositi appartenenti a queste due unità, con particolare riferimento alla valutazione dell'angolo d'attrito ϕ' , sono stati eseguiti 2 metodi distinti:

- *metodo osservazionale proposto da Sanglerat;*
- *metodo clisimetrico.*

Il *metodo osservazionale proposto da Sanglerat*, utilizzabile per i depositi ghiaiosi e ciottolosi, consente una stima del valore dell'angolo di attrito (ϕ') sulla base di alcuni aspetti quali:

- *grado di addensamento;*
- *forma e rugosità dei grani;*
- *dimensione dei grani;*
- *granulometria.*

che concorrono nella definizione della seguente formula:

$$\phi' = 36^\circ + \phi'_1 + \phi'_2 + \phi'_3 + \phi'_4$$

dove :

VALORI DELL'ANGOLO DI ATTRITO INTERNO DI MATERIALI GRANULARI			
Compattezza	ϕ'_1	molle	- 6°
		media	0
		serrata	+ 6°
Forma e rugosità dei grani	ϕ'_2	spigolosa	+ 1°
		media	0
		arrotondata	- 3°
Groschezza dei grani	ϕ'_3	assai arrotondata	- 5°
		sabbia	0
		ghiaia fine	+ 1°
Granulometria	ϕ'_4	ghiaia grossa	+ 2°
		uniforme	- 3°
		media	0
		estesa	+ 3°

Il valore che si è ottenuto complessivamente per le due unità è il seguente:

$$\phi' = 36^\circ - 0 - 3 + 2 + 0 = 35^\circ$$

Al fine di valutare ulteriormente le caratteristiche meccaniche dei materiali riscontrati, si è proceduto alla misurazione dell'angolo di attrito interno (φ') mediante il *metodo clisimetrico*. Esso consiste nel valutare l'inclinazione di cumuli di materiale granulare, opportunamente predisposti, attraverso uno strumento denominato clisimetro. Il metodo si basa sul principio che, quando la coesione è assente, un pendio risulta stabile solo se la sua inclinazione è uguale od inferiore all'angolo di attrito interno del materiale che lo costituisce. In realtà il valore di φ' misurato corrisponde a quello minimo tra quelli possibili (assimilabile all'angolo di attrito residuo), poiché il materiale, tolto dalle sue condizioni naturali, risulta sempre disturbato e non mostra, di conseguenza, le stesse caratteristiche meccaniche che aveva *in situ*. La misurazione dell'angolo di attrito interno mediante metodo clisimetrico non è stata condotta per il deposito ghiaioso in matrice limosa – argillosa dell'UNITÀ "GL", in quanto la presenza di una non trascurabile presenza di frazione fine avrebbe condotto ad una sovrastima del valore di resistenza del materiale.

Ciò premesso, analizzati i dati misurati in occasione della realizzazione degli scavi esplorativi e viste le analoghe caratteristiche litologiche in tutti gli scavi, si possono rappresentare statisticamente i valori dell'angolo di attrito per l'unità litologica "Gs" come riprodotto nella tabella seguente.

$\varphi_{cumulo} (^{\circ})$	n. misurazioni
32	2
33	1
34	5
35	3
36	2

La determinazione dell'angolo di attrito residuo, effettuata quindi mediante analisi statistica, ha permesso di risalire ai seguenti valori rappresentativi:

UNITÀ	$\varphi' (^{\circ})$
Gs	34 ÷ 36

Alla luce di quanto sopra esposto, dei dati raccolti nella presente campagna geognostica in fase di realizzazione delle trincee esplorative e sulla base dell'esperienza maturata dagli scriventi in lavori svolti in aree limitrofe e con materiali dotati di analoghe caratteristiche geotecniche, è possibile caratterizzare i depositi da un punto di vista geotecnico fornendo i *range* di valori, comunque cautelativi, riportati nella tabella alla pagina seguente.

LITOLOGIA	UNITÀ	γ_{nat} (kN/m^3)	φ' (°)	c' (kPa)
TERRENO VEGETALE	Tv	18,0	-	-
GHIAIA LIMOSA	GL	19,0 ÷ 19,5	30 ÷ 32	0 ÷ 10
GHIAIA E CIOTTOLI IN MATRICE SABBIOSA	Gs	19,0 ÷ 19,5	32 ÷ 36	0 ÷ 5

Alla luce di quanto fin qua riportato, è possibile evidenziare che:

- nel complesso i depositi rinvenuti mostrano un comportamento di tipo granulare data la netta prevalenza di terreni grossolani di natura ghiaiosa;
- per lo scarso interesse ai fini progettuali, lo stato di rimaneggiamento e l'eterogeneità composizionale, l'UNITÀ "Tv" non è stata parametrizzata;
- le UNITÀ "GL" e "Gs" sono entrambe caratterizzate da buone caratteristiche geotecniche in termini di resistenza al taglio e limitata deformabilità;
- nel corso degli scavi eseguiti non è stata riscontrata la presenza di venute d'acqua fino alla massima profondità indagata di 3,10 m da piano campagna. Alla luce del quadro idrogeologico ricostruito, la falda in periodo di morbida è collocabile ad una profondità minima di 9 m da p.c.;
- il livello di drenaggio dei terreni superficiali risulta buono con valori di coefficiente di permeabilità nell'ordine di 10^{-3} m/s.

Pur rimanendo valide le considerazioni effettuate, alla luce del carattere puntuale delle indagini condotte sarà comunque necessario, in corso d'opera, verificare la correttezza delle considerazioni e delle assunzioni riportate nel presente elaborato.

12 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Alla luce di quanto riportato nelle pagine precedenti si possono esporre le seguenti considerazioni riassuntive e conclusive:

Il rilievo dei luoghi e le indagini condotte non hanno evidenziato alcun elemento di criticità, in atto o quiescente, di natura geomorfologica, geologica o idrogeologica.

Le indagini eseguite hanno permesso di ricostruire l'assetto litostratigrafico del primo sottosuolo così schematizzabile: terreno vegetale superficiale di natura limo sabbiosa con ghiaia e ciottoli (UNITÀ "TV") di spessore inferiore al metro, sottende depositi in giacitura naturale costituiti da ghiaia e ciottoli in matrice inizialmente limosa (UNITÀ "GL") e progressivamente più sabbiosa (UNITÀ "GS") con la profondità.

Alla luce delle informazioni bibliografiche raccolte e di quanto osservato nel corso della campagna indagini, si ritiene che la falda freatica in periodo di morbida si attesti ad una profondità minima di 9 m dal piano campagna, tale da non interferire con le opere in progetto.

Con specifico riferimento al P.A.T. del Comune di Verona, in particolare in relazione all'art. 38 riferito ad ambiti caratterizzati da vulnerabilità alta degli acquiferi, si ritiene che nello sviluppo successivo del progetto si debba tener conto delle specifiche condizioni idrografiche, idrogeologiche ed idrochimiche locali e globali dell'area in cui ricade il sito di futura edificazione affinché gli interventi in progetto non vadano ad incidere sulla vulnerabilità degli acquiferi. In particolare, a tutela dell'acquifero, è opportuno che i sistemi di dispersione profonda non superino la profondità di 7,0 m dal p.c..

Nel corso del sopralluogo effettuato non sono emerse situazioni caratterizzate da difficoltà di drenaggio superficiale e soggette a ristagno idrico. Il livello di drenaggio del terreno naturale (UNITÀ "GS"), ricavato dalle prove di permeabilità, risulta buono con valori del coefficiente di permeabilità nell'ordine di 10^{-3} m/s.

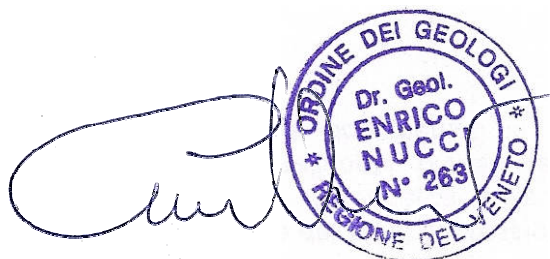
Alla luce delle caratteristiche geotecniche dei terreni che costituiscono il primo sottosuolo, nella realizzazione degli interventi in progetto si ritiene opportuno operare innanzitutto con l'asportazione del terreno vegetale superficiale, in modo da raggiungere l'unità litologica "GL". I materiali costituenti tale deposito risultano idonei a costituire il sedime di fondazione delle opere previste.

Per quanto riguarda l'intervento di riempimento, previsto al fine di rialzare il piano di campagna del lotto uniformandolo al piano strada, si raccomanda l'utilizzo di materiali caratterizzati da idonee caratteristiche geotecniche e di permeabilità, al fine di evitare il verificarsi di eventuali fenomeni di impaludamento o di ristagno superficiale.

Fatto salvo quanto considerato, a norma del D.M. 14/01/2008 non si ravvisano impedimenti o limitazioni di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico alla fattibilità degli interventi in progetto.

Verona, 20 Giugno 2014

Dott. Geol. Enrico Nucci



A handwritten signature in blue ink is written over a circular purple stamp. The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOLOGI", "Dr. Geol. ENRICO NUCCI", and "N° 263". The outer ring of the stamp also includes "REGIONE DEL VENETO".

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

La stesura del presente documento è stata eseguita facendo riferimento ai seguenti testi e documenti:

ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA

Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica (2005)

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ADIGE

Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA IN SCALA 1:100.000

Foglio n°49 "Verona"

COMUNE DI VERONA

Piano di Assetto Territoriale (P.A.T.)

COMUNE DI VERONA

Piano degli Interventi (P.I.)

DE ZANCHE V., SORBINI L., SPAGNA V.

"Carta geologica del territorio del Comune di Verona" in scala 1:20.000 (1977)

FRANCAVILLA F.

Elementi di Idrogeologia

LANCELOTTO R.

Geotecnica – Zanichelli (1987)

PANIZZA M. ET ALII.

Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda e il Monte Grappa (1981)

PROVINCIA DI VERONA

Piano Territoriale Provinciale (P.T.P.)

REGIONE VENETO

Piano regionale di Tutela delle Acque (P.T.A.)

SLEJKO D. ET ALII

Modello Sismotettonico dell'Italia Nord Orientale – Trieste (1987)

SORBINI L. ET ALII

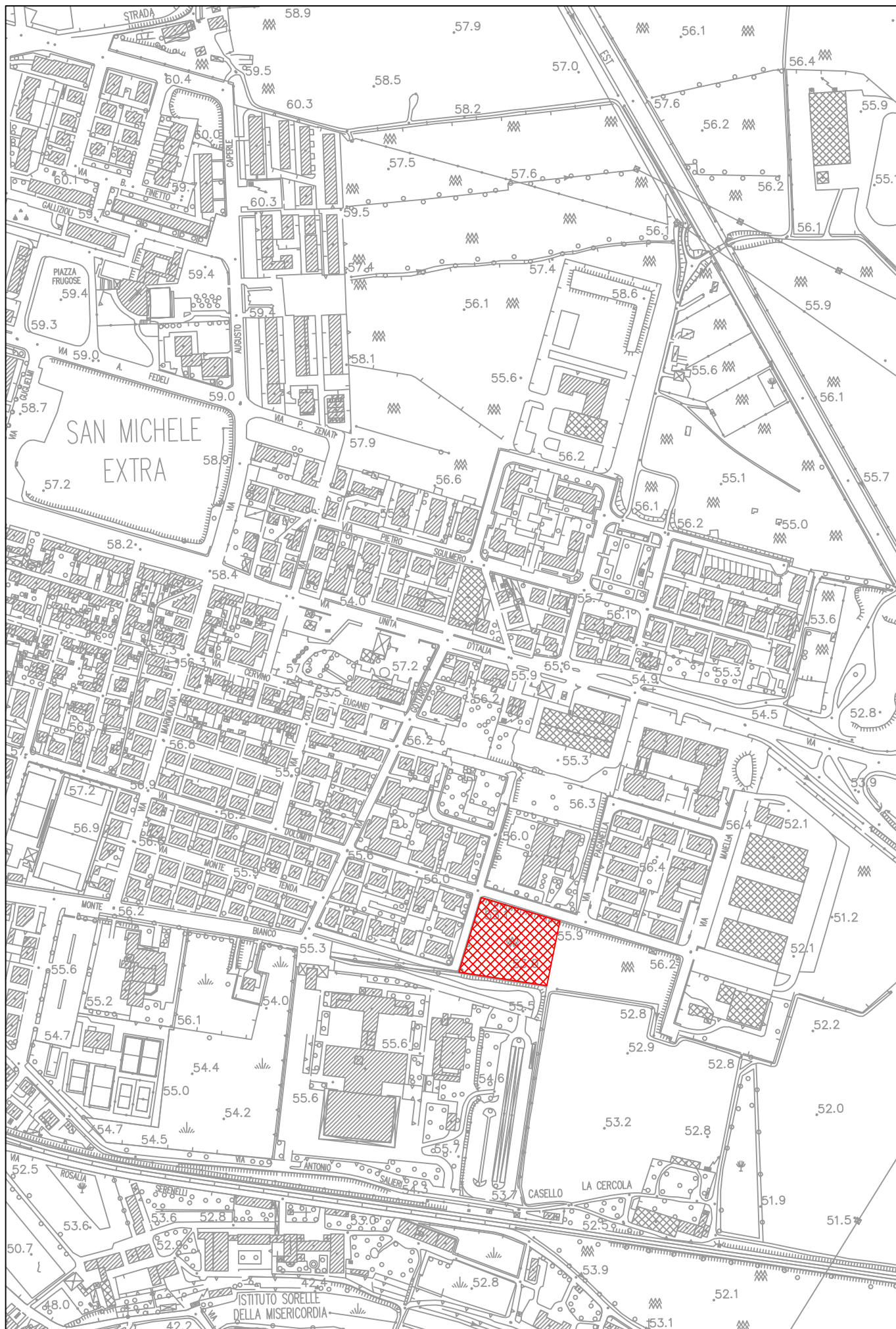
"Carta geomorfologica di una porzione di pianura a Sud Est di Verona" in scala 1:25.000 (1984)

TANZINI M.

L'indagine geotecnica – Dario Flaccovio Editore (2002)

ALLEGATO 1

COROGRAFIA IN SCALA 1:5.000

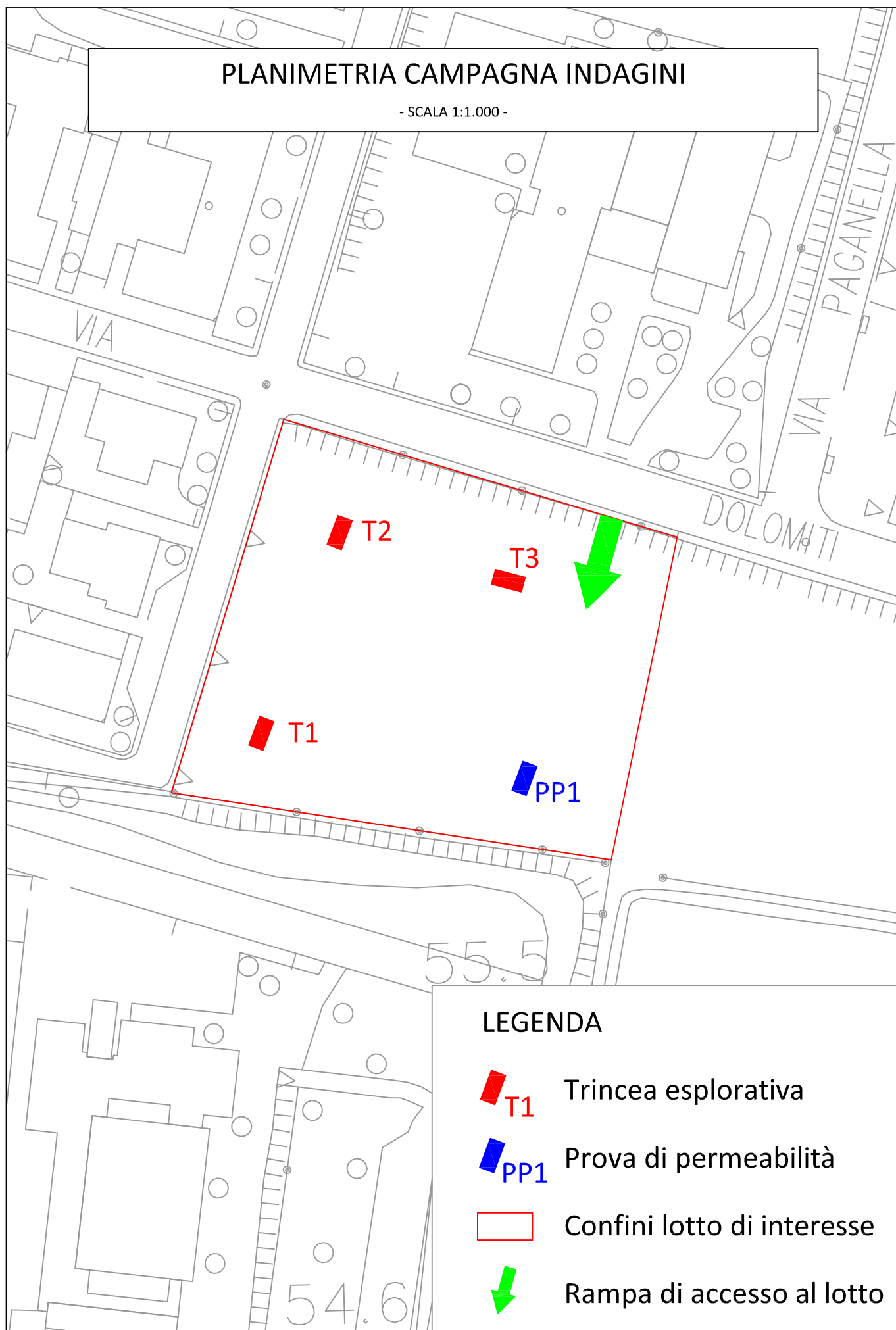


ALLEGATO 2

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI

PLANIMETRIA CAMPAGNA INDAGINI

- SCALA 1:1.000 -



LEGENDA

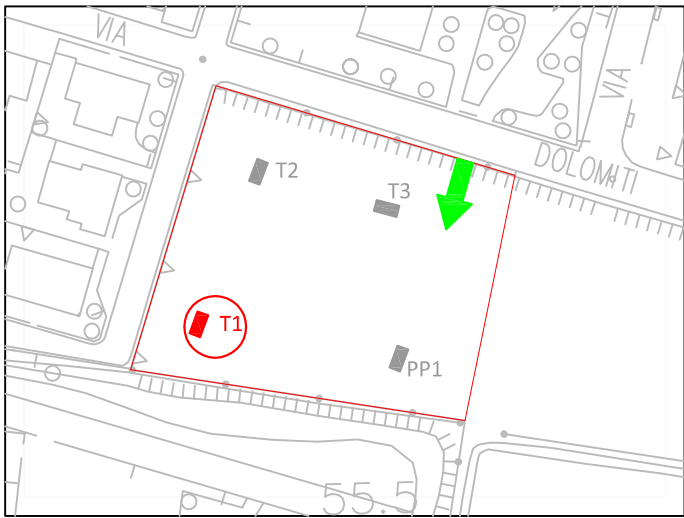
-  T1 Trincea esplorativa
-  PP1 Prova di permeabilità
-  Confini lotto di interesse
-  Rampa di accesso al lotto

ALLEGATO 3

TRINCEE ESPLORATIVE

Richiedente: I&B2 Immobiliare srl
Cantiere: Via Dolomiti
Data: 18/03/2014

Trincea: T1
Profondità: 3.00 m
Falda: -



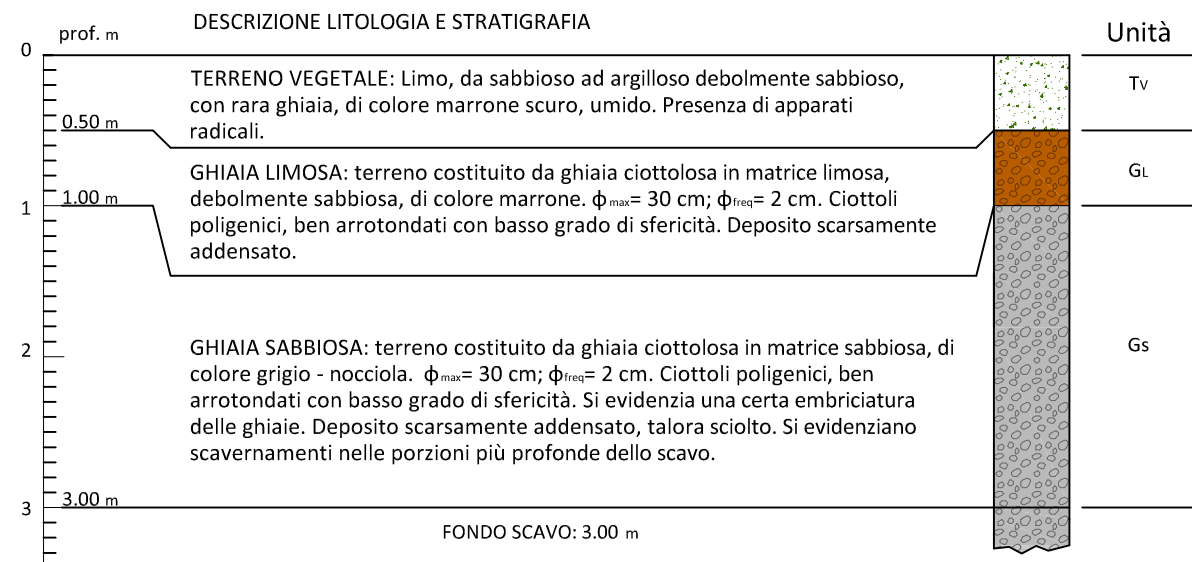
Ubicazione trincea "T1"

Cumulo di materiale riferibile all'unità "Tv".



Postazione trincea "T1"

Materiale in giacitura naturale riferibile all'unità "GL".



Note:

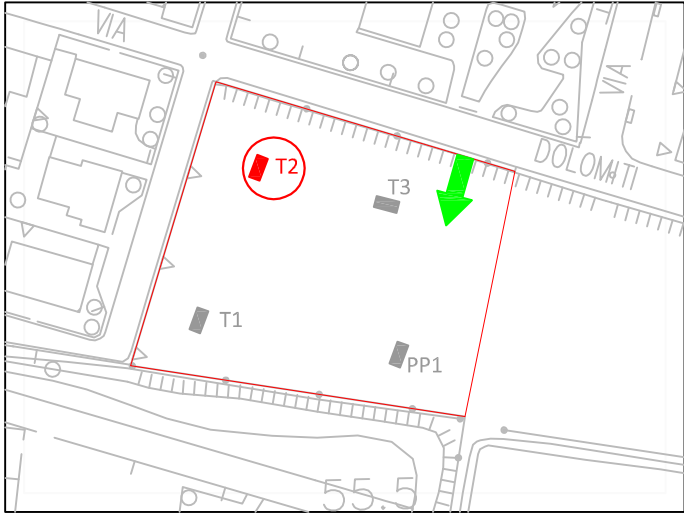
- Prelievo campione per analisi chimiche
- Profondità falda: assente.



Cumulo di materiale riferibile all'unità "Gs".

Richiedente: I&B2 Immobiliare srl
Cantiere: Via Dolomiti
Data: 18/03/2014

Trincea: T2
Profondità: 3.00 m
Falda: -



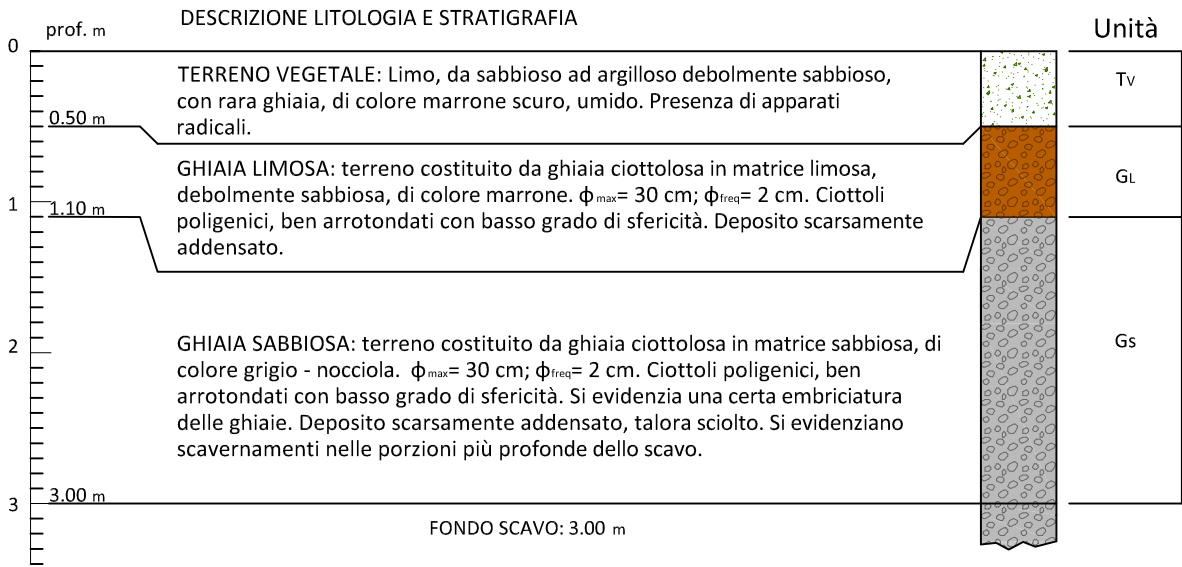
Ubicazione trincea "T2"

Cumulo di materiale riferibile all'unità "Tv".

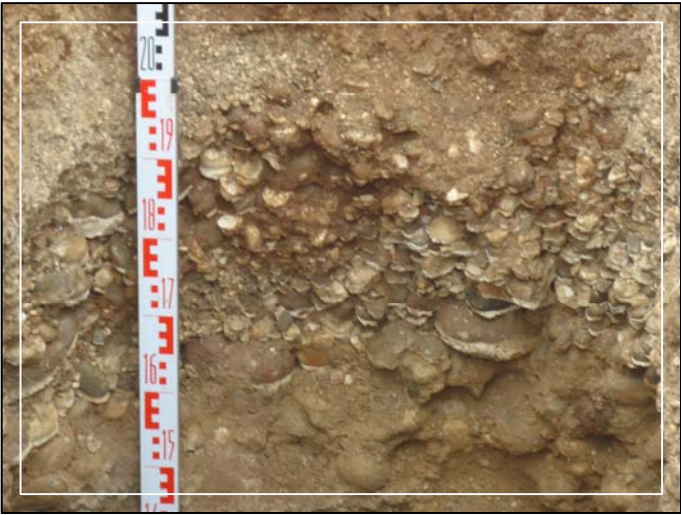


Postazione trincea "T2"

Cumulo di materiale riferibile all'unità "Gs".



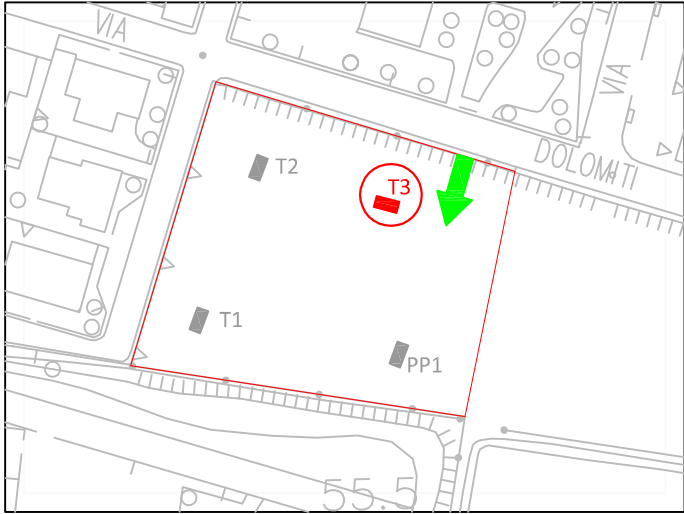
Note:
- Profondità falda: assente.



Concrezioni calcaree alla base dei clasti in un livello ghiaioso presente nell'unità "Gs".

Richiedente: I&B2 Immobiliare srl
Cantiere: Via Dolomiti
Data: 18/03/2014

Trincea: T3
Profondità: 3.10 m
Falda: -



Ubicazione trincea "T3"



Postazione trincea "T3"



Cumulo di materiale riferibile all'unità "Tv".



Cumulo di materiale riferibile all'unità "GL".



Cumulo di materiale riferibile all'unità "Gs".

DESCRIZIONE LITOLOGIA E STRATIGRAFIA		Unità
0 prof. m	TERRENO VEGETALE: Limo, da sabbioso ad argilloso debolmente sabbioso, con rara ghiaia, di colore marrone scuro, umido. Presenza di apparati radicali.	Tv
0.60 m		
1	GHIAIA LIMOSA: terreno costituito da ghiaia ciottolosa in matrice limosa, debolmente sabbiosa e argillosa, di colore marrone. $\phi_{max}= 30\text{ cm}$; $\phi_{freq}= 2\text{ cm}$. Materiale progressivamente più ghiaioso con la profondità. Ciottoli poligenici, ben arrotondati con basso grado di sfericità. Deposito scarsamente addensato.	GL
1.50 m		
2	GHIAIA SABBIOSA: terreno costituito da ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa, di colore grigio - nocciola. $\phi_{max}= 30\text{ cm}$; $\phi_{freq}= 2\text{ cm}$. Ciottoli poligenici, ben arrotondati con basso grado di sfericità. Si evidenzia una certa embriciatura delle ghiaie. Deposito scarsamente addensato, talora sciolto. Si evidenziano scavarnamenti nelle porzioni più profonde dello scavo.	Gs
3		
3.10 m	FONDO SCAVO: 3.10 m	

Note:

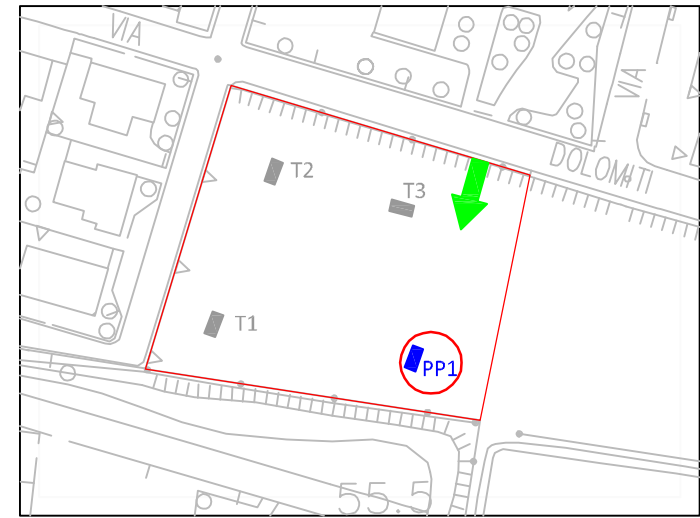
- Prelievo campione per analisi chimiche
- Profondità falda: assente.

ALLEGATO 4

PROVA DI PERMEABILITÀ IN POZZETTO

Richiedente: I&B2 Immobiliare srl
Cantiere: Via Dolomiti
Data: 18/03/2014

Pozzetto: PP1
Profondità: 1.80 m
Falda: -

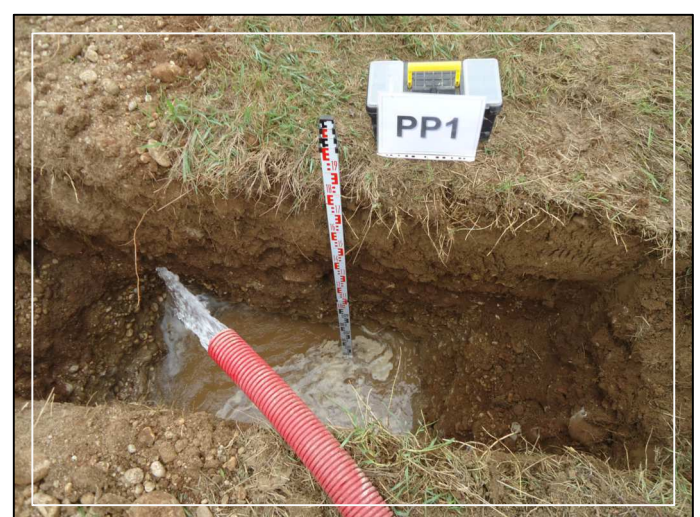


Ubicazione pozzetto "PP1"

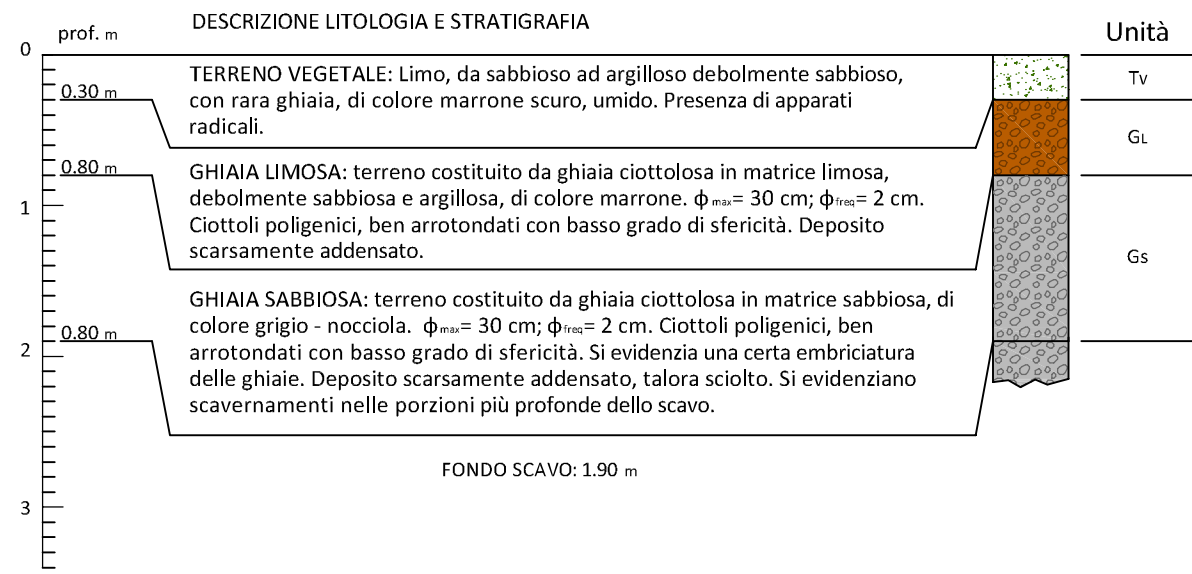
Cumulo di materiale riferibile all'unità "G s".



Postazione pozzetto "PP1"



Saturazione del pozzetto di prova.



Note:

- Profondità falda: assente.
- valore di permeabilità individuato: 1.04×10^{-3}

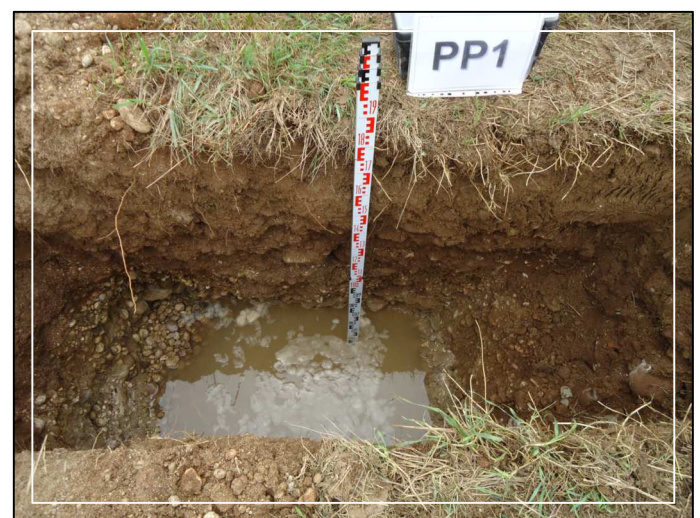


Immagine del pozzetto nel corso della prova di permeabilità.

Prova di permeabilità in pozzetto superficiale

Metodo con carico variabile

CANTIERE: Via Dolomiti (San Michele Extra - Verona)
DATA: 18/03/2014

Profondità H (cm) 70
 Lato maggiore L (cm) 120
 Lato minore A (cm) 70

POZZETTO PP1

Natura del terreno : UNITA' Gs - Ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa
Profondità scavo : 1,80 m da p.c.

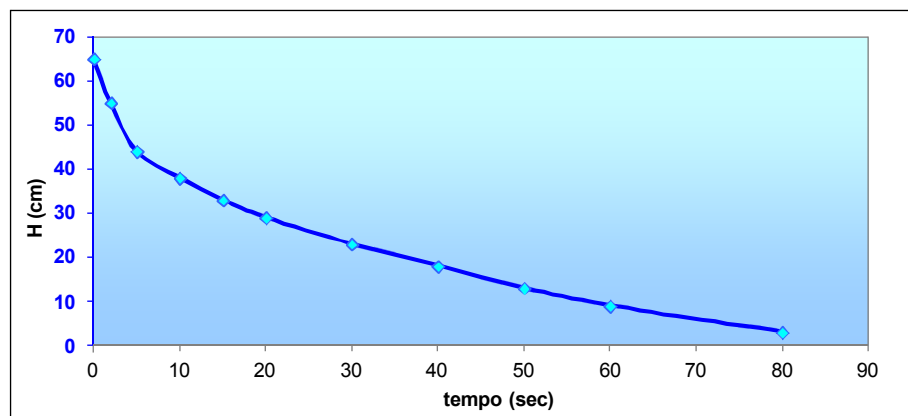
Hm(cm) = 34 h1 (cm) = 65
 b (cm) = 92 h2 (cm) = 3

Δt (sec) = 80

Calcolo coefficiente di permeabilità

$$K \text{ (m/sec)} = \frac{\Delta H}{(t_2 - t_1)} \cdot \frac{1 + (2Hm/b)}{(27Hm/b) + 3} = 1,04E-03$$

H (cm)	t (sec)	H/Hm	ΔH (cm)
65,0	0	1,91	0,0
55,0	2	1,62	10,0
44,0	5	1,29	11,0
38,0	10	1,12	6,0
33,0	15	0,97	5,0
29,0	20	0,85	4,0
23,0	30	0,68	6,0
18,0	40	0,53	5,0
13,0	50	0,38	5,0
9,0	60	0,26	4,0
3,0	80	0,09	6,0



ALLEGATO 5

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1. Panoramica del lotto di interesse progettuale – vista da Nord – Est.



Foto 2. Panoramica della porzione orientale lotto di interesse progettuale, con la rampa di accesso al lotto – vista da Nord.



Foto 3. Panoramica della porzione occidentale lotto di interesse progettuale – vista da Nord.



Foto 4. Panoramica del lotto di interesse progettuale – vista da Nord - Ovest.