

TITOLO

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI
VIA AEROPORTO BERARDI / VIA PUGLIE, CHIEVO
SCHEDA NORMA N° 404

FASCICOLO

ANALISI GEO-IDROGEOLOGICA

4

TAVOLE

- 4.1.A ANALISI GEO-IDROGEOLOGICA
- 4.1.B PLANIMETRIA DEI PUNTI D'INDAGINE
- 4.1.C SEZIONI GEOLOGICHE
- 4.1.D ANALISI SISMICA

- 4.2 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

GRUPPO DI LAVORO

committenti

Righetti Daria

Righetti Elisabetta

Righetti Lorella

progettista

arch. Filippo Legnaghi

ulteriori figure professionali

ing. Paolo Crescini

geologo Dario Gaspari

AGGIORNAMENTI

data

24.11.2021

revisione

adeguata al parere prot. N.0375673/2021 del 05/11/2021

A.c.M.e. studio

Studio associato di architettura

R. Braggio, G. Castiglioni, F. Legnaghi, M. Zurlo

37129 Verona via S. M. Rocca Maggiore, 22 tel. 045 8030323 e-mail: info@acme-studio.it



TITOLO

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI
VIA AEROPORTO BERARDI / VIA PUGLIE, CHIEVO
SCHEDA NORMA N° 404

FASCICOLO 4 ANALISI GEO-IDROGEOLOGICA

ANALISI GEO-IDROGEOLOGICA 4.1.A

TAVOLE

4.1.A ANALISI GEO-IDROGEOLOGICA

GRUPPO DI LAVORO

committenti

Righetti Daria

Righetti Elisabetta

Righetti Lorella

progettista

arch. Filippo Legnaghi

ulteriori figure professionali

ing. Paolo Crescini

geologo Andrea Sterchele

AGGIORNAMENTI

data

24.11.2021

revisione

adeguata al parere prot. N.0375673/2021 del 05/11/2021

A.c.M.e. studio

Studio associato di architettura

R. Braggio, G. Castiglioni, F. Legnaghi, M. Zurlo

37129 Verona via S. M. Rocca Maggiore, 22 tel. 045 8030323 e-mail: info@acme-studio.it



INDICE

- 1.0 PREMESSA
- 2.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO E
IDROGEOLOGICO DELL'AREA
- 3.0 INDAGINE GEOGNOSTICA E MODELLAZIONE GEOLOGICA
 - 3.1 Trincee esplorative
 - 3.2 Prova di permeabilità in sito
 - 3.3 Modello geologico
- 4.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

ALLEGATI AL TESTO

PLANIMETRIA DEI PUNTI D'INDAGINE (Scala 1:500)

SEZIONI GEOLOGICHE (Scala 1:300)

Verona, 01 Giugno 2021

1.0 PREMESSA

Nell'ambito delle fasi di approvazione del Piano Urbanistico Attuativo denominato "Scheda Norma n. 404" da attuarsi in Via Aeroporto Berardi / Via Puglie nell'abitato della frazione Chievo nel Comune di Verona, è stata eseguita, per conto del committente Ripartenze Srl, un'indagine geognostica i cui esiti sono contenuti nella presente **Relazione geologica**.

Gli interventi in progetto (per i dettagli si rimanda agli elaborati progettuali) sono rappresentati schematicamente:

- dalla predisposizione di un'area, di dimensioni pari a circa 6400 m², destinata ad ospitare alcuni lotti edificabili destinati alla costruzione di edifici residenziali;
- nella realizzazione di una zona sul lato ovest dell'intervento con finalità transito carrabile e pedonale nonché di parcheggio dei veicoli.

Nella presente relazione si procederà quindi ad una valutazione della fattibilità del progetto di P.U.A. sotto il profilo delle tematiche geologiche ed idrogeologiche, procedendo alla ricostruzione mediante indagini geognostiche del **Modello geologico** dell'area ed evidenziando l'eventuale presenza di criticità di tipo geologico e/o idrogeologico.

Nell'ambito dei singoli progetti relativi ai lotti del P.U.A., come peraltro previsto dalle norme vigenti (D.M. 17.01.2018), sarà necessario attuare l'approfondimento delle tematiche riguardanti gli aspetti geotecnici con riferimento a modelli geotecnici sitospecifici.

Il presente studio si è articolato:

- in una raccolta ed analisi degli elementi a tematica geologica e idrogeologica a carattere generale disponibili nella letteratura specifica;
- in un rilievo geologico dell'area d'interesse e delle zone circostanti al fine di accertare l'eventuale presenza di fenomeni destabilizzanti in atto o quiescenti che potrebbero essere amplificati o innescati dall'esecuzione delle opere in programma o comunque condizionarne la fattibilità;
- nella realizzazione di n.5 trincee esplorative a mezzo escavatore e spinte alla profondità massima di 3,00 m dal p.c., in modo da prendere visione della stratigrafia dei primi metri del sottosuolo;
- nella valutazione analitica degli aspetti che caratterizzano l'intervento in progetto in rapporto alla situazione del contesto nel quale si inserisce, secondo quanto previsto dalle norme vigenti;

- la realizzazione di una prova di permeabilità in sito, per valutare l'attitudine alla dispersione dei litotipi sabbioso-ghiaiosi superficiali.

2.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO DELL'AREA

La zona in esame è situata nella porzione occidentale dell'abitato del capoluogo comunale più in dettaglio il sito si trova nella frazione Chievo in corrispondenza di un'area verde collocata tra Via Puglie e Via Aeroporto Berardi a circa 400 m a sud dell'alveo del Fiume Adige (vedi anche "Corografia" riportata in allegato).

La morfologia dei luoghi è pianeggiante, con dislivelli limitati considerando le quote riportate nella C.T.R. nei pressi del sito indagato (**69,50-70,50 m s.l.m.**), trattandosi in passato di un'area di esondazione del Fiume Adige (vedi "Carta Geomorfologica dell'area" riportata in allegato).

In generale la zona in studio viene quindi ricondotta all'azione di trasporto e sedimentazione esercitata dall'Adige in passato e l'evoluzione geomorfologica di questa porzione di pianura è legata alla correlazione tra il Fiume Adige e le variazioni climatiche che si sono succedute durante il Quaternario; in particolare il terrazzo alluvionale su cui si trova l'area è da ricondurre alle fasi più recenti (Würm), vedi anche la "Carta geologica dell'area" riportata in allegato.

Da un punto di vista stratigrafico la struttura del sottosuolo rispecchia nei termini granulometrici la marcata fase ad elevata energia posseduta dall'Adige che ha determinato la formazione della propria ampia conoide; infatti, nel sottosuolo in genere si riscontra la presenza di notevoli quantità in percentuale di ghiaie e sabbie con ciottoli, mentre discontinua, localizzata, superficiale e sicuramente meno significativa si rivela la frazione di litotipi a granulometria fine (limi e argille).

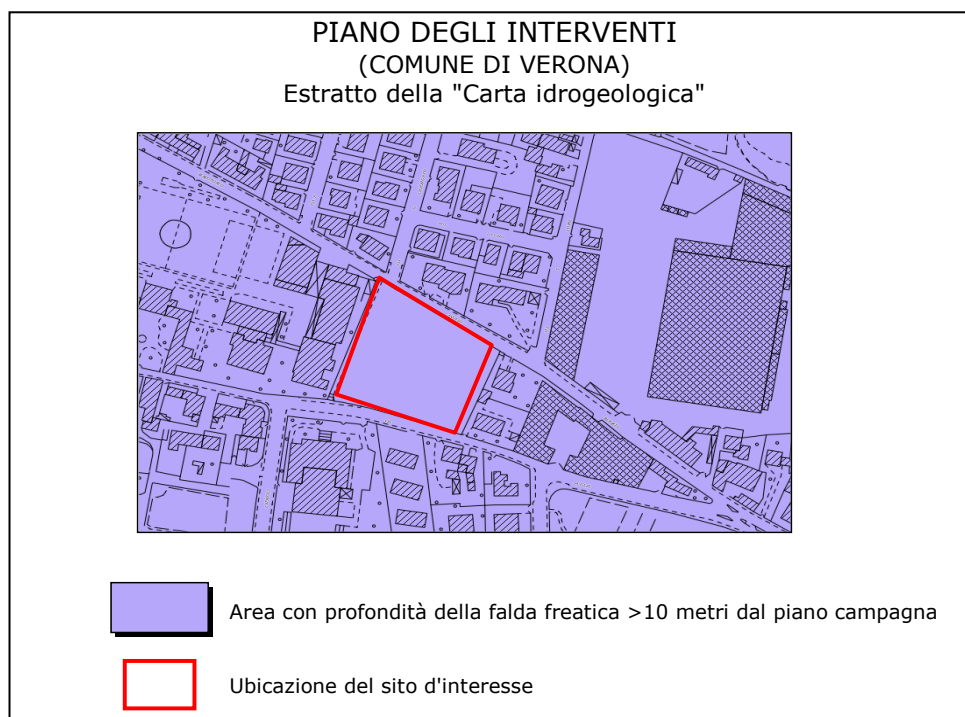
A testimonianza dell'assetto litologico-stratigrafico dell'area si riportano di seguito n.2 stratigrafie profonde acquisite (n.92 e n.110), contenute negli elaborati tematici allegati al Piano degli Interventi del Comune di Verona, realizzate in zone limitrofe all'ambito in esame e nel medesimo contesto geologico; l'ubicazione delle stratigrafie è indicata nella "Corografia" riportata in allegato.

STRATIGRAFIA		N.	92	Litologia
da (m)	0,00	a (m)	18,50	Ghiaia grossa, ciottoli e poca sabbia
da (m)	18,50	a (m)	32,00	Ghiaia, sabbia e ciottoli argillosi
da (m)	32,00	a (m)	53,00	Ghiaia grossa con ciottoli e poca sabbia

STRATIGRAFIA		N.	110	Litologia
da (m)	0,00	a (m)	5,00	Ghiaia con limo e argilla
da (m)	5,00	a (m)	32,00	Ghiaia con sabbia
da (m)	32,00	a (m)	34,00	Ghiaia con argilla
da (m)	34,00	a (m)	49,00	Ghiaia prevalente
da (m)	49,00	a (m)	64,00	Ghiaia e sabba con strati di argilla
da (m)	64,00	a (m)	90,00	Ghiaia e sabba
				Livello falda -25metri da p.c. (Sett.1997)

E' possibile, pertanto, affermare che, nell'ambito della porzione della piana alluvionale in esame, preponderanti risultano essere i litotipi a frazione grossolana e subordinati, se non assenti, i litotipi a grana fine, almeno fino alla profondità di circa 50 metri dal piano campagna.

Sotto il profilo idrogeologico le informazioni a carattere generale indicano la presenza di una falda di tipo freatico (acquifero indifferenziato) posta a circa 15,00-20,00 m di profondità dal piano campagna e da ricondurre essenzialmente alla falda di subalveo del Fiume Adige (vedi anche "Carta idrogeologica" allegata al Piano degli Interventi del Comune di Verona riportata di seguito).



In generale l'andamento della falda nella zona di Verona appare influenzato in parte dalle correnti subalvee delle valli lessinee (Valpantena e Squaranto e in parte Progno di Quinzano e Torrente Avesa) e in parte dalla filtrazione proveniente dalle zone apicali della conoide; le correnti lessinee influenzano la sinistra Adige nella porzione nord dell'area urbana manifestando la tendenza a disporre, nelle fasi di maggior apporto, il deflusso lungo direttrici Nord-Sud.

In destra Adige tale effetto appare molto poco pronunciato: le linee di deflusso mantengono una marcata orientazione da NO a SE con un gradiente idraulico che si può valutare attorno allo 0,80 – 1,0‰, (Vedi “Carta idrogeologica” riportata in allegato al testo).

Il regime della falda è contraddistinto da un'unica fase di piena tardo-estiva, normalmente posta nel mese di settembre con frequenti anticipi in agosto e ritardi in ottobre, e da un'unica fase di magra all'inizio della primavera, normalmente posta nel mese di aprile, con frequenti anticipi nel mese di marzo; tale regime è praticamente identico (con uno sfasamento in ritardo di 2 - 3 mesi) a quello del Fiume Adige.

Sotto il profilo idrogeologico le informazioni a carattere generale indicano, dunque, la presenza di una falda freatica la cui superficie piezometrica nell'ambito del sito indagato si pone *periodicamente* a circa **52,00 m s.l.m.** in fase di morbida (piena), pari ad una profondità di circa **-17,50 m dal p.c.** rispetto alla quota stimata e ricavata dalla Carta Tecnica Regionale, pari a **69,50 m s.l.m.**

Per quanto riguarda la quota massima assoluta del livello della falda, prevista *eccezionalmente* nell'area in esame, la letteratura specifica riporta valori massimi della superficie piezometrica disposti intorno a **56,00 m s.l.m.**, cioè a circa **-13,50 m** dal piano campagna.

E' possibile quindi affermare allo stato delle conoscenze disponibili che:

- nel caso di massimo innalzamento correlato alle periodiche fasi di piena, il livello della falda, si troverà ad almeno **-10,00 m** circa dal piano di fondo scavo di eventuali interventi interrati di profondità pari a circa -3,50 m dal piano campagna attuale;
- pertanto in via preliminare non si ravvisano interazioni tra il livello della falda e gli interventi in progetto.

Per quanto riguarda il deflusso delle acque superficiali il contesto osservato non evidenzia situazioni di scarso drenaggio nel sottosuolo, in virtù della tipologia granulometrica con medio-elevata vocazione alla permeabilità per i litotipi presenti nel sottosuolo.

Con riferimento alle Norme Tecniche Operative (art. 42 – Compatibilità geologica) del Piano degli Interventi del Comune di Verona, l'intervento in progetto si colloca interamente in una zona classificata "Area idonea" (vedi "Estratto del Piano degli Interventi – Carta della Compatibilità Geologica" riportato in allegato).

Con riferimento alle Norme Tecniche Operative (art. 43 – Tutela della Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi) del Piano degli Interventi del Comune di Verona, il sito in esame si colloca nell'ambito dell'Unità A (*Unità delle aree di pianura e di fondovalle*) caratterizzata nel dettaglio da Vulnerabilità intrinseca alta (vedi "Estratto del Piano degli Interventi – Carta della Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi" allegato).

Nel dettaglio del progetto in esame gli interventi in programma che potenzialmente potrebbero interferire con la qualità della falda sono rappresentati dagli scarichi dei reflui domestici e assimilati e dalla dispersione delle acque meteoriche provenienti da piazzali e/o parcheggi. Per quanto riguarda gli scarichi è previsto l'allacciamento alla rete fognaria; mentre in merito alla dispersione delle acque meteoriche sarà attuata una rete di raccolta delle acque provenienti dai parcheggi eventualmente integrata da sistemi di prima pioggia e di smaltimento nel sottosuolo delle acque idoneamente trattate.

3.0 INDAGINE GEOGNOSTICA E MODELLAZIONE GEOLOGICA

Sulla base anche delle caratteristiche dei litotipi presumibilmente presenti nel sottosuolo, si è prescelto come metodo d'indagine:

- la realizzazione di n.5 trincee esplorative spinte sino ad una profondità massima di 3,00 m dal p.c.; l'approfondimento degli scavi è stato impedito dal medio-scarso addensamento delle porzioni superficiali dei litotipi ghiaiosi-sabbiosi.

L'ubicazione delle trincee esplorative è illustrata nella "Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche riportata in allegato.

3.1 Trincee esplorative

Le trincee esplorative sono state eseguite con l'intento di prendere diretta visione della natura litologica dei primi metri di sottosuolo; le stratigrafie delle trincee esplorative e la relativa documentazione fotografica sono riportate in allegato ("Stratigrafie delle trincee esplorative e relativa documentazione fotografica").

La quota massima raggiunta dagli scavi geognostici è pari a -3,00 m dal piano campagna e in tutte le trincee esplorative non è stato riscontrato alcun livello della falda o venute idriche localizzate.

3.2 Prova di permeabilità in sito

Al fine di valutare la vocazione alla dispersione delle acque meteoriche dei primi metri di sottosuolo nell'area ovest dell'insediamento è stata eseguita, in una idonea trincea e alla profondità di circa -2,60 m dal piano campagna, una prova di permeabilità.

La prova di permeabilità (PP1) è stata realizzata con immissione di acqua sul fondo della trincea, previa saturazione del tratto di prova; tale prova interessa il litotipo (*Ghiaie e Sabbie limose con ciottoli*) (vedi l'allegato al testo "*Prova di permeabilità*").

Con l'impiego della formula proposta per tale tipo di prova a carico variabile dalle Norme A.G.I. 1977, è possibile stimare il valore del coefficiente di permeabilità (k):

$$k = \frac{(h_{wf} - h_{wi}) * (1 + 2h_m/b)}{(t_f - t_i) * (27h_m/b + 3)}$$

dove:

k	coefficiente di permeabilità (m/s o cm/s);
h_{wf} , h_{wi}	livello iniziale e finale dell'acqua rispetto al fondo dello scavo (m o cm)
b	lato della trincea – nel nostro caso dell'effettiva superficie d'infiltrazione (m o cm);
h_m	livello medio dell'acqua rispetto al fondo dello scavo (m o cm);
t_f , t_i	tempo finale ed iniziale di misura.

Per il tratto sottoposto ad indagine si ricava il seguente valore del coefficiente di permeabilità k:

- *Ghiaie e Sabbie limose con ciottoli*: **$k = 1,31 \times 10^{-4} \text{ m/s}$** ($k = 1,31 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$)

Si ritiene ragionevole poter attribuire al litotipo *Ghiaie e Sabbie limose con ciottoli* un valore medio del coefficiente di permeabilità pari a:

- *Ghiaie e Sabbie limose con ciottoli*: **$k_m = 1,00 \times 10^{-4} \text{ m/s}$** ($k_m = 1,00 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$)

3.3 Modello geologico

Con riferimento alle “Sezioni geologiche” riportate in allegato fuori testo il quadro geologico-stratigrafico dell'area in esame, che schematicamente si evince dalle indagini acquisite e realizzate, è il seguente a partire dal piano campagna:

- è stata riscontrata la presenza di un litotipo naturale definito *Terreno vegetale argilloso*: granulometricamente si tratta di argille limose di colore bruno con elementi ghiaiosi eterometrici e riconducibile a fenomeni di alterazione superficiale; lo spessore del litotipo è compreso tra 0,20-0,40 m;
- inferiormente è presente un litotipo di natura ghiaioso-sabbiosa (*Ghiaie e sabbie limose con ciottoli*); è un deposito costituito da prevalenti ghiaie poligeniche eterometriche (diametro circa pari 0,50-5,00 cm) con sabbie eterometriche in percentuale variabile e con variabile frazione fine di natura limosa.

Localmente sono presenti ciottoli (diametro = 8-20 cm) e in qualche caso trovanti (diametro > 30 cm).

Gli elementi granulari possiedono discreto grado di arrotondamento mentre l'addensamento del litotipo appare generalmente medio. Lo spessore accertato del deposito ne evidenzia la presenza fino a 3,00 m dal piano campagna. Ulteriori valutazioni su stratigrafie profonde (cfr. Capitolo 2.0) consentono di ritenere certa la presenza dei litotipi ghiaiosi-sabbiosi in continuità almeno fino a circa 30,00-50,00 m di profondità dal piano campagna.

- Sotto il profilo idrogeologico le informazioni a carattere generale indicano la presenza di una falda freatica la cui superficie piezometrica nell'ambito del sito indagato si pone *periodicamente* a circa **52,00 m s.l.m.** in fase di morbida (piena), pari ad una profondità di circa **-17,50 m dal p.c.** rispetto alla quota stimata e ricavata dalla Carta Tecnica Regionale, pari a **69,50 m s.l.m.**

Per quanto riguarda la quota massima assoluta del livello della falda, prevista *eccezionalmente* nell'area in esame, la letteratura specifica riporta valori massimi della superficie piezometrica disposti intorno a **56,00 m s.l.m.**, cioè a circa **-13,50 m** dal piano campagna.

E' possibile quindi affermare allo stato delle conoscenze disponibili che:

- nel caso di massimo innalzamento correlato alle periodiche fasi di piena, il livello della falda, si troverà ad almeno **-10,00 m** circa dal piano di fondo scavo di eventuali interventi interrati di profondità pari a circa -3,50 m dal piano campagna attuale;
- pertanto in via preliminare non si ravvisano interazioni tra la falda e gli interventi in progetto.

4.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base delle informazioni acquisite e ricavate nel corso della campagna d'indagine geognostica effettuata, si possono riassumere le seguenti considerazioni in merito alle tematiche relative all'intervento (P.U.A.) in progetto:

- Con riferimento alle “Sezioni geologiche” riportate in allegato fuori testo il quadro geologico-stratigrafico dell'area in esame, che schematicamente si evince dalle indagini acquisite e realizzate, è il seguente a partire dal piano campagna:

- è stata riscontrata la presenza di un litotipo naturale definito *Terreno vegetale argilloso*: granulometricamente si tratta di argille limose di colore bruno con elementi ghiaiosi eterometrici e riconducibile a fenomeni di alterazione superficiale; lo spessore del litotipo è compreso tra 0,20-0,40 m;
- inferiormente è presente un litotipo di natura ghiaioso-sabbiosa (*Ghiaie e sabbie limose con ciottoli*); è un deposito costituito da prevalenti ghiaie poligeniche eterometriche (diametro circa pari 0,50-5,00 cm) con sabbie eterometriche in percentuale variabile e con variabile frazione fine di natura limosa.

Localmente sono presenti ciottoli (diametro = 8-20 cm) e in qualche caso trovanti (diametro > 30 cm).

Gli elementi granulari possiedono discreto grado di arrotondamento mentre l'addensamento del litotipo appare generalmente medio. Lo spessore accertato del deposito ne evidenzia la presenza fino a 3,00 m dal piano campagna. Ulteriori valutazioni su stratigrafie profonde (cfr. Capitolo 2.0) consentono di ritenere certa la presenza dei litotipi ghiaiosi-sabbiosi in continuità almeno fino a circa 30,00-50,00 m di profondità dal piano campagna.

- Sotto il profilo idrogeologico le informazioni a carattere generale indicano la presenza di una falda freatica la cui superficie piezometrica nell'ambito del sito indagato si pone *periodicamente* a circa **52,00 m s.l.m.** in fase di morbida (piena), pari ad una profondità di circa **-17,50 m dal p.c.** rispetto alla quota stimata e ricavata dalla Carta Tecnica Regionale, pari a **69,50 m s.l.m.**

Per quanto riguarda la quota massima assoluta del livello della falda, prevista *eccezionalmente* nell'area in esame, la letteratura specifica riporta valori massimi della superficie piezometrica disposti intorno a **56,00 m s.l.m.**, cioè a circa **-13,50 m** dal piano campagna.

E' possibile quindi affermare allo stato delle conoscenze disponibili che:

- nel caso di massimo innalzamento correlato alle periodiche fasi di piena, il livello della falda, si troverà ad almeno **-10,00 m** circa dal piano di fondo scavo di eventuali interventi interrati di profondità pari a circa -3,50 m dal piano campagna attuale;
- pertanto in via preliminare non si ravvisano interazioni tra la falda e gli interventi in progetto.

- Per quanto riguarda il deflusso delle acque superficiali e l'eventuale dispersione delle acque meteoriche nell'immediato sottosuolo, il contesto generale osservato non evidenzia potenziali situazioni di drenaggio difficoltoso, in virtù della tipologia granulometrica con media vocazione alla permeabilità valutata per il litotipo *Ghiaie e sabbie limose con ciottoli* che evidenzia un potenziale drenaggio buono in parte limitato dalla presenza della frazione limosa.
- Con riferimento alle Norme Tecniche Operative (art. 42 – Compatibilità geologica) del Piano degli Interventi del Comune di Verona, l'intervento in progetto si colloca interamente in una zona classificata "Area idonea" (vedi "Estratto del Piano degli Interventi – Carta della Compatibilità Geologica" riportato in allegato).

Con riferimento alle Norme Tecniche Operative (art. 43 – Tutela della Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi) del Piano degli Interventi del Comune di Verona, il sito in esame si colloca nell'ambito dell'Unità A (Unità delle aree di pianura e di fondovalle) caratterizzata nel dettaglio da Vulnerabilità intrinseca alta (vedi "Estratto del Piano degli Interventi – Carta della Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi" riportato in allegato).

Nel dettaglio del progetto in esame gli interventi in programma che potenzialmente potrebbero interferire con la qualità della falda sono rappresentati dagli scarichi dei reflui domestici e assimilati e dalla dispersione delle acque meteoriche provenienti da piazzali e/o parcheggi. Per quanto riguarda gli scarichi è previsto l'allacciamento alla rete fognaria; mentre in merito alla dispersione delle acque meteoriche sarà attuata una rete di raccolta delle acque provenienti dai parcheggi eventualmente integrata da sistemi di prima pioggia e di smaltimento nel sottosuolo delle acque idoneamente trattate.

A tale riguardo dall'esame degli interventi previsti e dalla valutazione della profondità della falda non risultano elementi di contrasto con le direttive del piano e pertanto le opere in progetto risultano compatibili con il Piano degli Interventi comunale.

- Nel corso dei rilievi e delle indagini effettuate e/o acquisite non sono state individuate nell'area in esame situazioni di instabilità in atto né latenti che possano rispettivamente venire amplificate od innescate dalla realizzazione delle opere programmate.

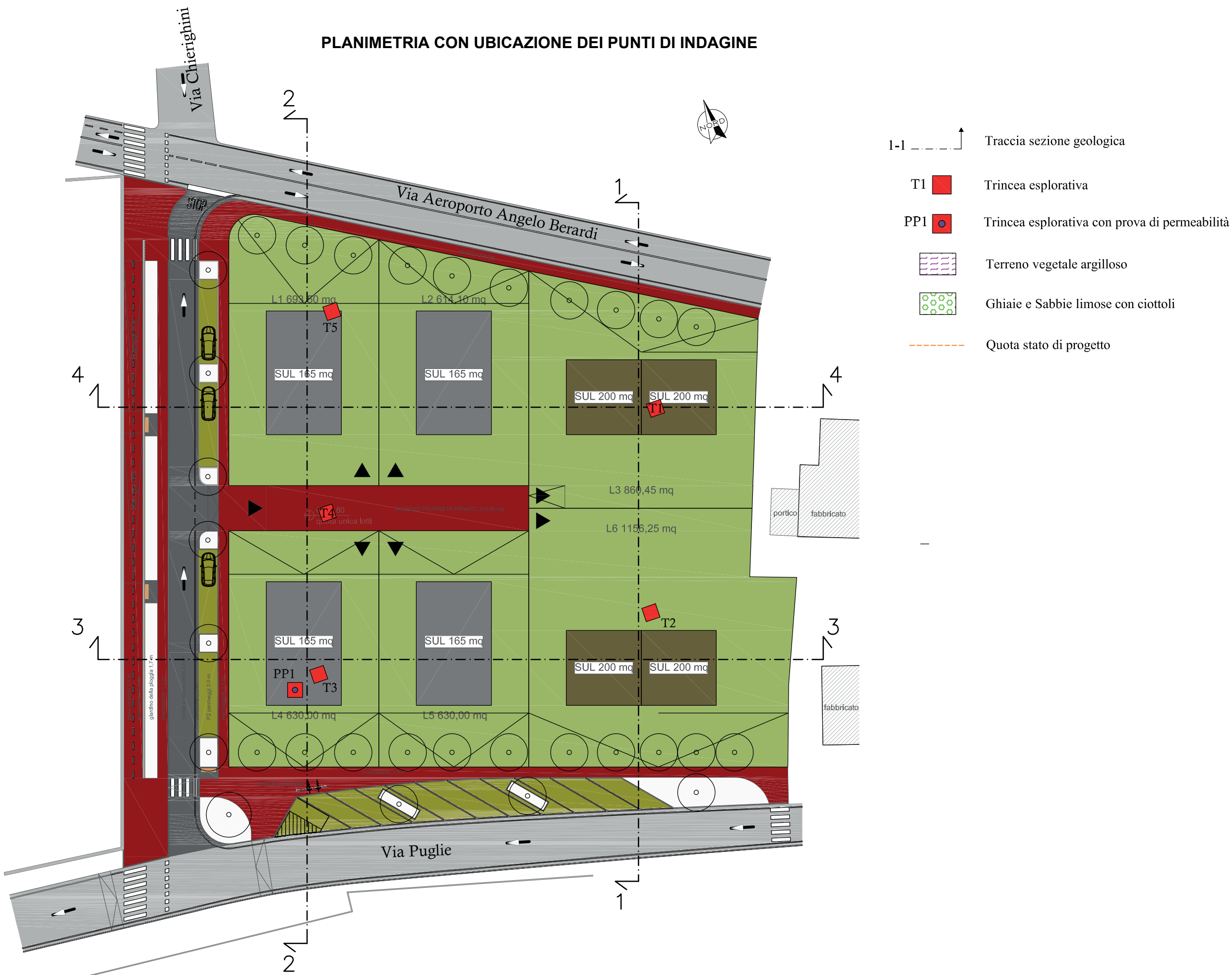
La presente indagine geognostica è stata realizzata in fase di stesura del P.U.A. e costituisce un approccio conoscitivo degli aspetti geologici e idrogeologici del sottosuolo; in fase di progettazione dei singoli edifici dovrà essere redatta un'idonea e completa relazione geotecnica al fine di verificare le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni.

Inoltre, in sede di stesura di ciascun progetto, sarà necessario effettuare un approfondimento delle tematiche relative alla classificazione sismica del sito con riferimento alle opere in progetto, alla determinazione della capacità portante delle fondazioni e ai relativi cedimenti, all'eventuale analisi della geometria delle scarpate di scavo e alla gestione delle acque meteoriche provenienti dagli insediamenti in programma.

Dott. Ing. Paolo Crescini

Dott. Geol. Andrea Sterchele

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE



PUA Sn 404

via aeroporto Berardi / via Puglie - Verona

TAVOLA 4.1.B PLANIMETRIA DEI PUNTI D'INDAGINE

FASCICOLO 4 ANALISI GEO-IDROGEOLOGICA

SCALA 1:500

A.c.M.e. studio

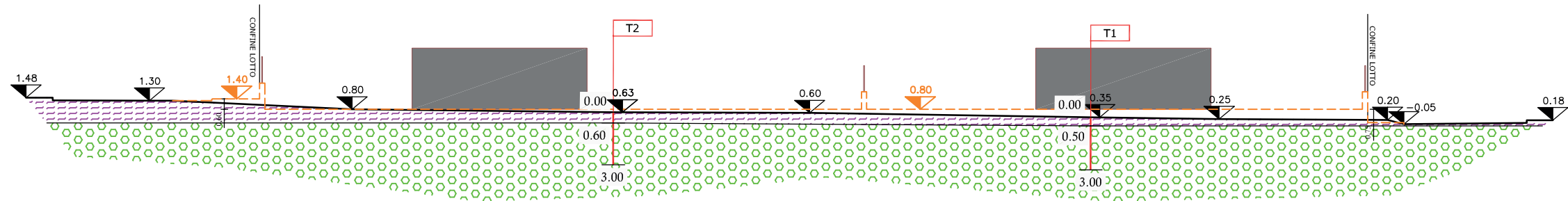
Studio associato di architettura

R. Braggio, G. Castiglioni, F. Legnaghi, M. Zurlo

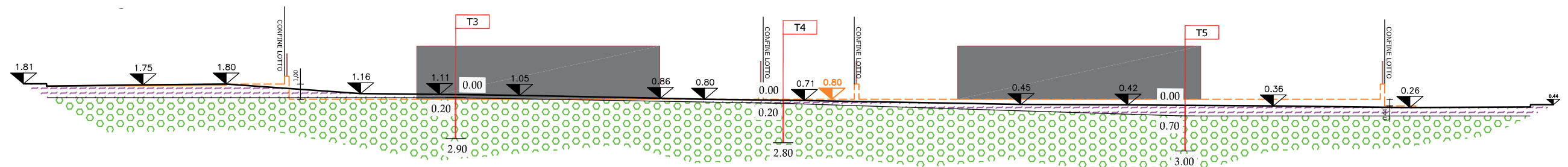
37129 Verona via S. M. Rocca Maggiore, 22 tel. 045 8030323 e-mail: info@acme-studio.it



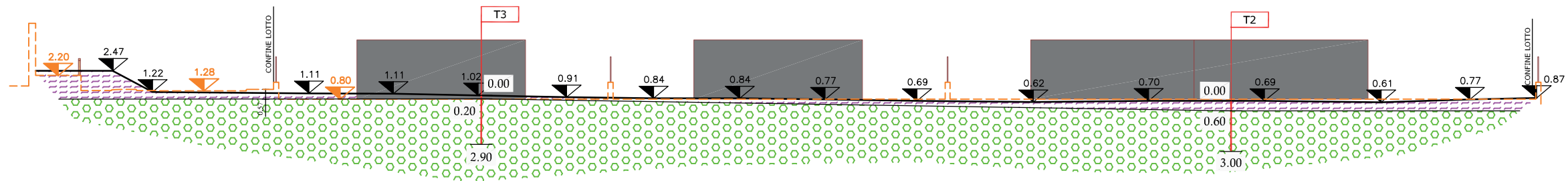
SEZIONE GEOLOGICA 1-1



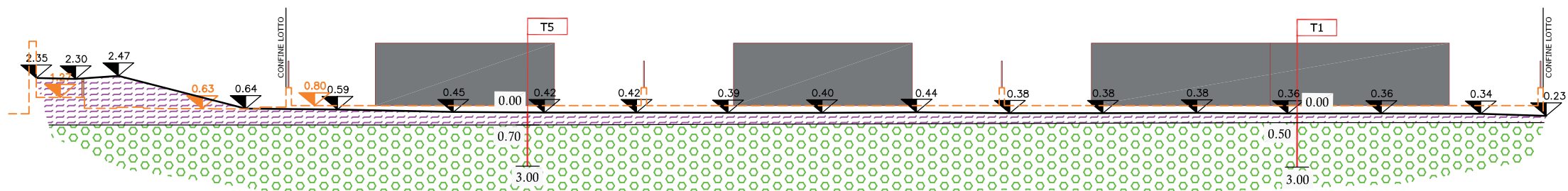
SEZIONE GEOLOGICA 2-2



SEZIONE GEOLOGICA 3-3



SEZIONE GEOLOGICA 4-4



PUA Sn 404

via aeroporto Berardi / via Puglie - Verona

TAVOLA 4.1.C SEZIONI GEOLOGICHE

FASCICOLO 4 ANALISI GEO-IDROGEOLOGICA

SCALA 1:300

A.c.M.e. studio

Studio associato di architettura

R. Braggio, G. Castiglioni, F. Legnagli, M. Zurlo

37129 Verona via S. M. Rocca Maggiore, 22 tel. 045 8030323 e-mail: info@acme-studio.it



TITOLO

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI
VIA AEROPORTO BERARDI / VIA PUGLIE, CHIEVO
SCHEDA NORMA N° 404

FASCICOLO 4 ANALISI GEO-IDROGEOLOGICA

ANALISI GEO-IDROGEOLOGICA 4.1.D

TAVOLE

4.1.D ANALISI SISMICA

GRUPPO DI LAVORO

committenti

Righetti Daria

Righetti Elisabetta

Righetti Lorella

progettista

arch. Filippo Legnaghi

ulteriori figure professionali

ing. Paolo Crescini

geologo Dario Gaspari

AGGIORNAMENTI

data

24.11.2021

revisione

adeguata al parere prot. N.0375673/2021 del 05/11/2021

A.c.M.e. studio

Studio associato di architettura

R. Braggio, G. Castiglioni, F. Legnaghi, M. Zurlo

37129 Verona via S. M. Rocca Maggiore, 22 tel. 045 8030323 e-mail: info@acme-studio.it



INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	3
3	ASSETTO GEOLOGICO STRATIGRAFICO E INDAGINI EFFETTUATE	4
3.1	INDAGINI IN SITO.....	4
4	PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO	5
4.1	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	5
4.1.1	<i>Pericolosità locale</i>	<i>9</i>
4.1.2	<i>Condizione topografica</i>	<i>9</i>
4.1.3	<i>Categoria di sottosuolo</i>	<i>9</i>
4.1.4	<i>Fattori di amplificazione litologica e topografica per il sito di progetto</i>	<i>10</i>
4.2	FREQUENZA CARATTERISTICA DEL TERRENO	11

ALLEGATI:

Allegato 1) Indagini geosismiche

Verona, 22 Novembre 2021

1 INTRODUZIONE

Il presente studio rientra nel progetto per il PUA di Via Aeroporto A. Berardi / Via Puglie, in località Chievo, previsto nel Piano degli interventi con la Scheda Norma N° 404 ed ha lo scopo di effettuare la caratterizzazione sismica del sito di progetto. La presente indagine è stata svolta ad integrazione del Fascicolo 4 Analisi Geo-Idrogeologica e Compatibilità Idraulica a firma dello scrivente e del Dott. Geol. Andrea Sterchele e recepisce le integrazioni emerse nella C.d.S. in particolare sono stati eseguiti gli approfondimenti sismici ex art. 89 DPR 380/2001.

In particolare la presente indagine è stata finalizzata a:

- Valutare la pericolosità sismica del sito;

Si è quindi proceduto mediante:

- raccolta e consultazione dei dati bibliografici e cartografici esistenti;
- consultazione della relazione geologica allegata al progetto;
- esecuzione di una misura dei microtremori sismici con il metodo HVSR;
- esecuzione di due stendimenti sismici ReMi;
- analisi ed elaborazione dei dati raccolti.

Lo studio è stato condotto in conformità con la normativa vigente in materia di:

- **Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 (s.m.i.)**
Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- **Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006**
Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 11/05/2006);
- **Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018** (GU n. 42 del 20-2-2018- Suppl. Ordinario n. 8)
Nuove Norme tecniche per le Costruzioni” (nel seguito NTC-2018);
- **Circolare 21 gennaio 2019, n.7 del Consiglio dei Lavori Pubblici (nel seguito C-NTC)**
Istruzioni per l'applicazione dell “Nuove Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- **D.G.R.V. n. 1572 del 03.09.2013**
Linee guida regionali per la microzonazione sismica (approvate con Circolare dell'01/10/2013).
- **D.G.R.V. n. 1823 del 29.2020**
Approvazione delle Linee guida regionali previste dall'Art. 94bis comm. 2 ultimo capoverso, del DPR 380/01, e proroga del regime transitorio riguardante l'assetto normativo in materia di autorizzazioni in zona sismica di cui alla D.G.R.V. N. 2122/2005.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dal progetto si trova tra Via Aeroporto A. Berardi e Via Puglie, a Verona, ad una quota di 70,0 m s.l.m.

Per l'ubicazione del sito di progetto si fa riferimento alla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, foglio 123123 "Chievo".

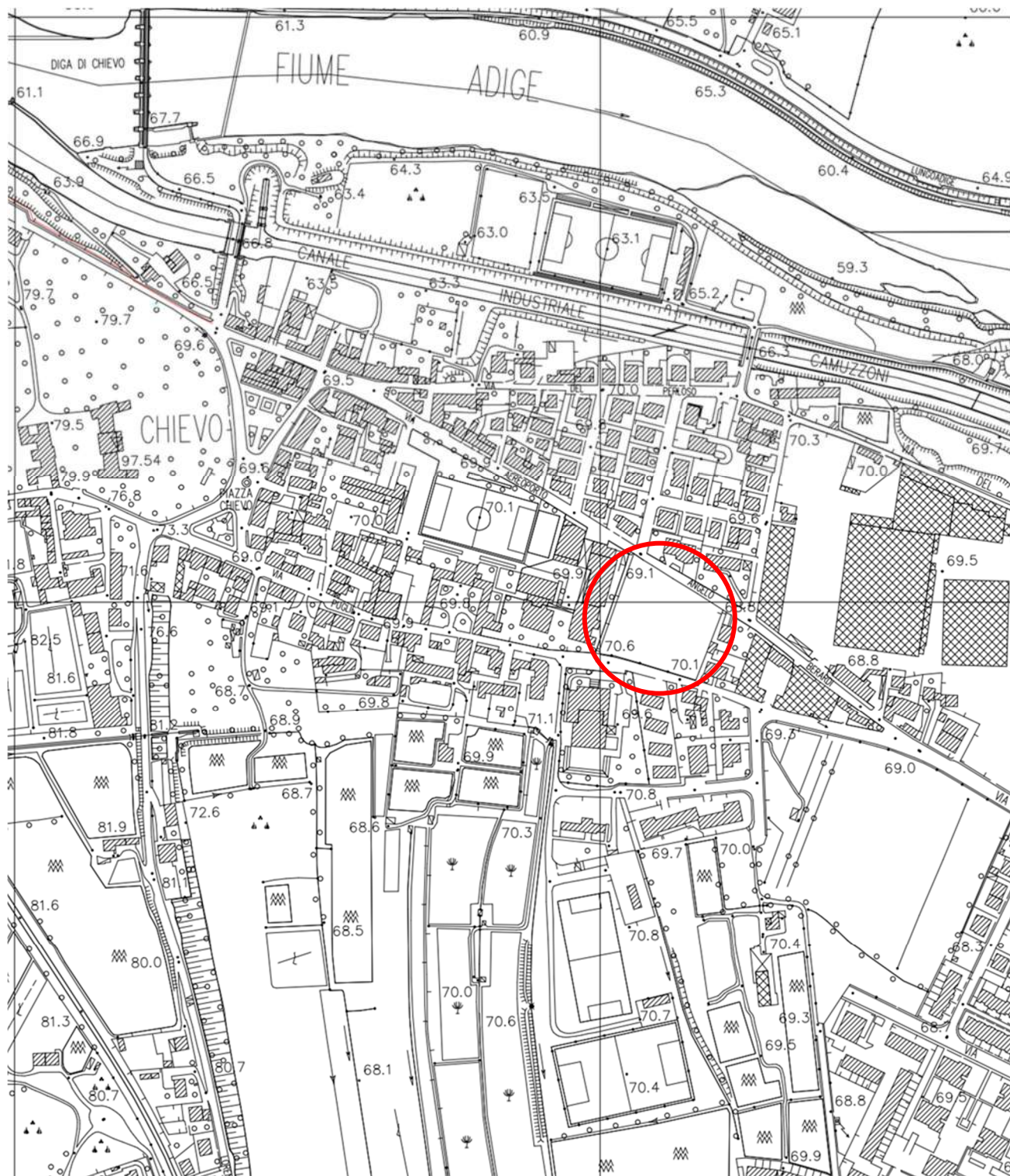


Fig. 1: Corografia, da Carta Tecnica della Regione Veneto, alla scala 1:5.000, con ubicato il sito studiato.

3 ASSETTO GEOLOGICO STRATIGRAFICO E INDAGINI EFFETTUATE

Per gli aspetti geologici dell'area interessata dal PUA si fa riferimento alla relazione geologica allegata al progetto.

Tale studio geologico ha definito un modello stratigrafico, basato su n. 5 trincee esplorative e su due sondaggi profondi, caratterizzato da depositi fluvioglaciali, composti da ghiaie sabbiose con ciottoli, fino ad elevate profondità (>50 m) ed una falda freatica posizionata ad una profondità di 17,5 m.

3.1 Indagini in sito

Per definire un profilo sismico del sottosuolo, finalizzato a valutare la $V_{s,eq}$ (o $V_{s,30}$) e successivamente la pericolosità sismica locale (come richiesto dalle norme – D.M. 17.01.2018), è stata eseguita da parte di una società specializzata (GG Service S.a.s.) un'adeguata campagna di indagini sismiche:

- un'analisi di indagine passiva mediante la tecnica sismica Re. Mi. (Refraction Microtremor) che registra e analizza le onde di superficie per ottenere profili delle onde (V_s);
- un'analisi sismica passiva che, con l'impiego del rumore ambientale (H.V.S.R. – Test di Nakamura) rappresentato da onde di superficie tipo Rayleigh generate per esempio dall'azione del vento sulle strutture, dal traffico e da altre attività antropiche, è finalizzata a definire, se possibile, gli effetti di sito.

Oltre alla Categoria sismica è stata fatta anche una misura dei microtremori a stazione singola (HVSR) finalizzata a valutare la frequenza di vibrazione caratteristica del terreno " f_0 ".

Per l'ubicazione delle indagini sismiche, la strumentazione impiegata e le metodologie utilizzate per l'acquisizione e l'analisi dei dati di campagna si rimanda alla "*Indagine geosismica*" redatta dal Dott. Geol. Tomas Garbari della Ditta GG Service S.a.s. e riportata in allegato.

4 PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

La pericolosità sismica di un territorio è rappresentata dalla frequenza e dalla forza dei terremoti che lo interessano, ovvero dalla sua sismicità.

Schematicamente si specifica una *pericolosità di base* ed una *pericolosità locale*.

La *pericolosità di base* è connessa alle caratteristiche sismologiche di un'area (modello strutturale e tettonico, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti); calcolata per una certa regione ed in un determinato periodo di tempo. La definizione della pericolosità di base si sviluppa su scala regionale, ovvero con la finalità di una classificazione sismica su vasta scala territoriale, e costituisce la base per la definizione del terremoto di riferimento per gli studi di MS.

La *pericolosità locale*, partendo ovviamente da quella *di base*, è legata alle specifiche caratteristiche del sito e precisamente agli aspetti geologici, morfologici e litologici.

In questo capitolo sarà valutata la "Pericolosità sismica di base" e la "Pericolosità sismica locale" del sito di progetto attuando quanto previsto dall'OPCM 3519/2006 e dalle NTC 2018.

4.1 Pericolosità sismica di base

La regione esaminata non è direttamente interessata da strutture sismogenetiche, come si può vedere in figura 2, ed è posizionata tra le strutture più esterne delle Alpi; tali strutture sono le attuali sorgenti sismotettoniche e sono riportate a livello nazionale nell'archivio DISS - 3.2.1.

Le strutture sismogeniche più vicine sono: la struttura "Veronese", a cui viene attribuito l'evento sismico catastrofico veronese del 1117, e la struttura "Solferino" che collega il sistema di spinta Giudicariense, con andamento NE-SW, con i fronti di spinta delle Alpi meridionali, con andamento EO e interrati nella pianura.

Alla struttura Veronese viene attribuita una Magnetudo $M_w = 6.6$, mentre alla struttura "Solferino" una Magnetudo $M_w = 6.0$.

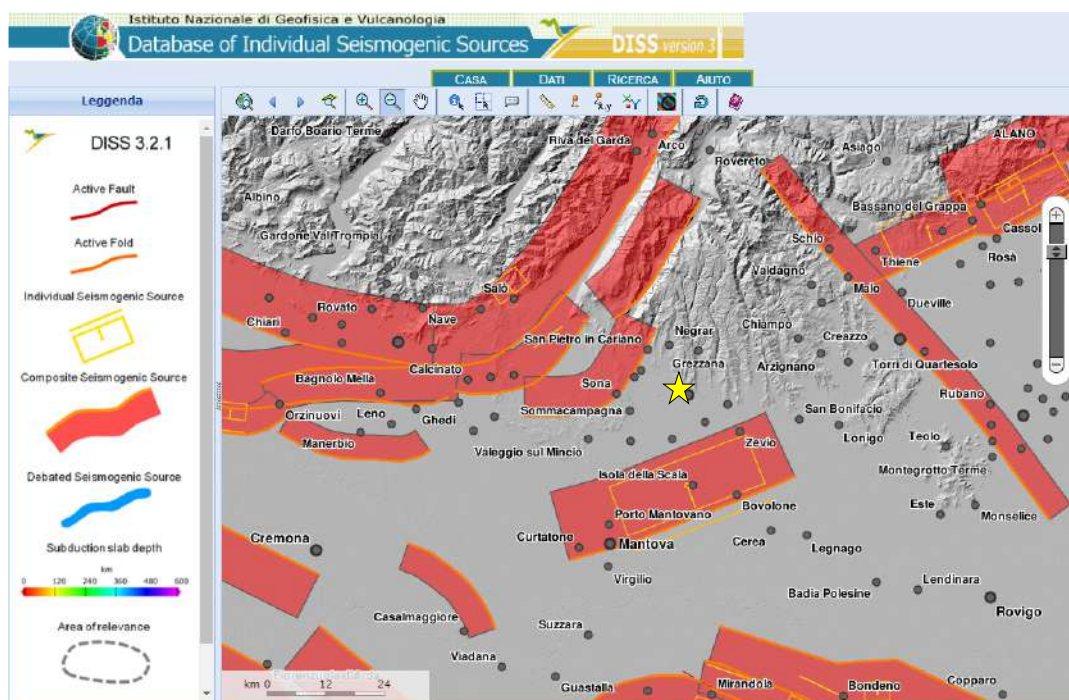


Fig. 2: Sorgenti sismotettoniche; Database of Individual Seismogenic Sources DISS 3.2.1 (fonte INGV: <http://diss.rm.ingv.it/diss>)

Secondo la recente zonazione sismotettonica nazionale (ZS-9) proposta dal Gruppo di Lavoro dell'INGV (Meletti & Valensise, 2004), l'area veronese si pone all'interno della zona sismogenetica 906 (estesa da Bassano a Brescia).

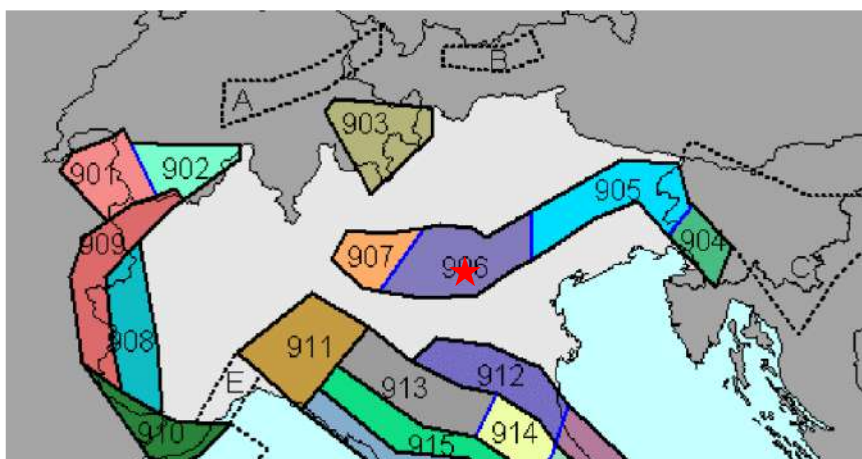


Fig. 3: Zonazione sismogenetica ZS9 dell'Italia (settore nord). La stella rossa indica la zona esaminata

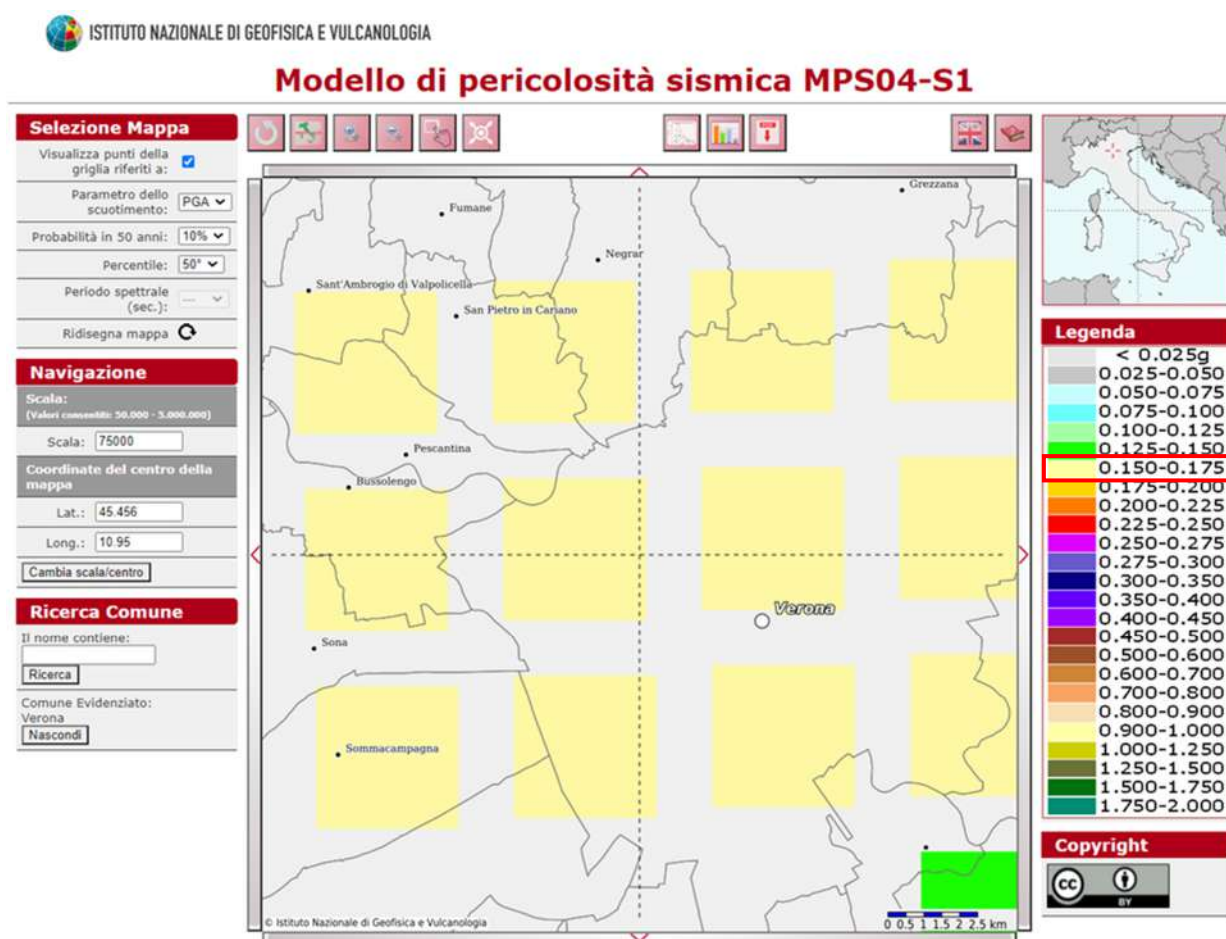
La magnitudo massima prevista per questa zona è la seguente

ZS	Magnitudo massima della zona (M_{W-max})
906	6,60

La zonizzazione sismica ZS-9 ha permesso di definire la pericolosità sismica del territorio nazionale in termini di accelerazione sismica a_g (accelerazione di picco – PGA) su substrato rigido (ovvero con velocità delle onde sismiche di taglio $V_s > 800$ m/s) in relazione al tempo di ritorno ed alla probabilità di superamento in un intervallo di tempo. In particolare il territorio nazionale è stato suddiviso secondo una griglia di $0,05^\circ$ di lato, in 12 fasce di a_g con intervallo di $0,25g$, per un evento con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni. La suddetta macrozonizzazione è stata adottata con OPCM 3519/2006. Alla luce di tale classificazione il sito in esame ed il territorio comunale di Verona ricadono nella fascia con accelerazione su *bed-rock* (valore di base) compreso nella fascia $0,150$ e $0,175g$.

Con l'OPCM 3519/06 il territorio comunale di Verona è passato dalla zona sismica 3 ($0,05 < a_g/g < 0,15$), prevista dall'OPCM 3275/03, alla zona sismica 2 ($0,15 < a_g/g < 0,25$).

La zonizzazione OPCM 3519/2006 supera ed aggiorna la precedente riferita alla OPCM 3274/2003.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coord. Del punto: lat. 45,458, lon. 10,927)

Magnitudo	Distanza	Epsolon
5,02	9,8	0,725

Fig. 4: Pericolosità sismica in termini di a_g (OPCM 3519/2006 - fonte INGV)

Per definire lo spettro elastico in accelerazione oltre ad a_g sono necessari anche i parametri F_0 e T_c^* , dove:

- a_g è l'accelerazione orizzontale massima al sito su suolo di riferimento rigido.
- F_0 è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T_c^* è il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Ad ogni punto del reticolo della zonazione sismica nazionale vengono assegnate le 9 terne di valori: a_g , F_0 , T_c^* per i vari periodi di ritorno (T_R).

La maglia elementare del reticolo di riferimento contenete il sito di intervento è:

1) ID: 12507	Lat: 45,4576	Lon: 10,9270	Distanza: (Km) 1931,945
2) ID: 12508	Lat: 45,4591	Lon: 10,9981	Distanza: (Km) 3621,877
3) ID: 12730	Lat: 45,4092	Lon: 11,0002	Distanza: (Km) 6525,908
4) ID: 12729	Lat: 45,4077	Lon: 10,9291	Distanza: (Km) 5762,971

Per un qualunque punto del territorio nazionale non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto vengono calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

La pericolosità sismica di base del sito di intervento, individuata con un valore di a_g riferito ai suoli rigidi e piani caratterizzati da $V_{S30} > 800$ m/s, è pari a **0,159g** (Fig. 5).



Fig. 5: Pericolosità sismica di base (OPCM 3519/2006 - fonte INGV)

4.1.1 Pericolosità locale

Per valutare l'amplificazione sismica locale del sito di intervento occorre definire le condizioni stratigrafiche e morfologiche del sito stesso.

Le NTC 2018, individuano 2 parametri amplificativi dell'azione sismica, riferiti alla condizione topografica ed al tipo di sottosuolo.

4.1.2 Condizione topografica

Relativamente alle caratteristiche topografiche delle aree in cui si vuole intervenire sono state definite le quattro categorie qui di seguito elencate:

Tabella 1: Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Il terreno interessato dal progetto rientra nella Categoria topografica T1 in quanto caratterizzato da una inclinazione del versante inferiore a 15° . Tale categoria non comporta alcuna amplificazione sismica.

4.1.3 Categoria di sottosuolo

Le NTC 2018 hanno definito differenti categorie di sottosuolo alle quali viene attribuito un differente coefficiente di amplificazione stratigrafica. Tali categorie sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 2: Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

L'individuazione della categoria di sottosuolo a cui appartiene il sito di progetto è stata ottenuta dalla valutazione delle V_{s30} fatta tramite due indagini sismiche tipo ReMi (Allegato 1).

L'elaborazione dei dati ottenuti ha fornito una velocità delle onde di taglio V_{s30} , riferite a piano di campagna:

ReMi 1) $V_{s30} = 515$ m/sec;

ReMi 2) $V_{s30} = 503$ m/sec.

Vista la V_{s30} e il modello geologico stratigrafico del sito è possibile affermare che il sito di intervento appartiene alla Categoria sismica di sottosuolo B.

4.1.4 Fattori di amplificazione litologica e topografica per il sito di progetto

Sulla base del modello geologico - stratigrafico precedentemente descritto, dell'indagine sismica effettuata e delle disposizioni riportate nella normativa sismica (OPCM-3274/2003, modificata con DGP 2813/2003, e la OPCM-3519/2006) e dalle NTC-2018 e s.m.i., la tipologia sismica dei terreni nelle aree considerate risponde ai requisiti qui di seguito riportati.

L'accelerazione orizzontale (a_g), in conformità a quanto appena precisato ed interpolando i quattro punti più vicini della maglia definiti dall'O.P.C.M. 3519/2006, è pari a: **$a_g = 0,159$** .

$$a_{g\max} = S * a_g = S_s * S_T * a_g$$

che avendo: $S_s = 1,20$ $S_T = 1,00$ $a_g = 0,159$

$a_{g\max} = 0,1908g$, e quindi **$A_{\max} = 0,1908 \times 9,80665 \text{ m/s}^2 = 1,871 \text{ m/s}^2$** .

Questo valore corrisponde all'accelerazione massima da adottarsi secondo le NTC-2008, avente una probabilità di superamento del 10% in 50 anni e un tempo di ritorno di 475 anni.

I coefficienti sismici orizzontale e verticale sono dati dalle seguenti equazioni:

$$K_h = \beta_s * \frac{a_{g\max}}{g} = \beta * a_{g\max} \qquad K_v = 0,5 * K_h$$

Dove:

$a_{g\max}$ = accelerazione massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità;

S_s : coefficiente di amplificazione stratigrafica;

S_T : coefficiente di amplificazione topografica;

K_h : coefficiente di accelerazione orizzontale;

K_v : coefficiente di accelerazione verticale;

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.042	2.507	0.235
Danno (SLD)	50	0.056	2.525	0.245
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.159	2.431	0.276
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.205	2.468	0.280
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo B

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,47	1,46	1,42	1,42
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.010	0.013	0.046	0.069
kv	0.005	0.007	0.023	0.035
Amax [m/s ²]	0.491	0.659	1.867	2.417
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

WQ594: Lat 45.498275 - Long 10.902744

ED90: Lat 45.498894 - Long 10.901783

Mappa Satellite

Fig. 6: Parametrizzazione sismica del sito secondo l'interpolazione della zonizzazione dell'OPCM 3519/2008

4.2 Frequenza caratteristica del terreno

In questo paragrafo si richiama l'attenzione sul fatto che lo spettro di risposta possiede un andamento variabile dell'accelerazione al suolo in funzione anche del periodo (o della frequenza)

delle vibrazioni del terreno con accentuazione dell'amplificazione (risonanza) per periodo $T = 4H/V_s$ (con H = spessore della copertura e V_s = velocità delle onde di taglio nella copertura).

Sollecitazioni aggiuntive si avranno quindi qualora il periodo (T) del terreno (o la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno f_0) coincida con il periodo proprio del fabbricato (o frequenza della struttura), determinando in tal caso dannosi effetti di risonanza.

Nel caso specifico nelle conclusioni dell'“Indagine sismica” allegata al testo, cui si rimanda per la trattazione completa dell'argomento, si indica in estrema sintesi che:

- Dall'analisi HVSR *“Il rapporto spettrale che ne è conseguito è caratterizzato da una evidente anomalia in cui il sensore verticale sovrasta praticamente a tutte le frequenze di interesse l'ampiezza degli orizzontali”*;
- *“Molti dei controlli dettati dal protocollo Sesame per la verifica della naturalità del picco falliscono e ciò proprio all'anomalia rintracciata e quindi non è possibile identificare la f_0 di sito”*

Dott. Ing. Paolo Crescini
(Firmato digitalmente)

Dott. Geol. Dario Gaspari
(Firmato digitalmente)

**Caratterizzazione del sottosuolo di
fondazione per la lottizzazione Via Berardi
Via Puglie in Verona
- Indagini geosismiche -**



GG Service sas

via Bellavista, 13/A
38069 Torbole s/G (TN)
P.Iva/C.F./Reg. TN: 01999920224
tel/fax: 0464-664799/506041
info@ggservice@gmail.com

1. INTRODUZIONE

La GG Service s.a.s. ha provveduto a caratterizzare mediante metodi sismici passivi i terreni di fondazione di un lotto edificabile tra via Berardi e via Puglie a Verona.

Sono state eseguite due indagini sismiche in array lineare da 46m (24 sensori interspaziati di 2m) tra loro ortogonali e associate ad un test puntuale HVSR (mediante sensore 3 componenti).

Il terreno si presenta pianeggiante e le acquisizioni sono avvenute con meteo favorevole soleggiato e in assenza di vento.



Ubicazione generale dei siti di indagini





Immagini fotografiche degli array

Per espletare il lavoro sono stati utilizzati 24 sensori verticali da 4,5Hz interfacciati ad un acquisitore a elevata dinamica (Daq Link IV Seismic Source) ed un sensore a media banda (0,5Hz Sara) interfacciato ad acquisitore a bassa rumorosità (Sigma3 a 32bit).

2. CENNI METODOLOGICI

ReMi

La normativa più recente che disciplina le costruzioni, richiede la caratterizzazione del sottosuolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Per ottenere questo dato è previsto il calcolo del parametro V_{s30} o $V_{s\text{equivalente}}$. Detto parametro si calcola attraverso la relazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1, N} h_i / V_i$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Si ricorda che la velocità delle onde di taglio (V_s) è quella che meglio di ogni altro parametro fisico caratterizza i materiali dal punto di vista del loro comportamento meccanico.

Il profilo verticale delle V_s può essere ricavato per inversione monodimensionale o per modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love) (Dorman e Ewing, 1962).

Le onde di Rayleigh (1885) costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione (P-waves) e di taglio verticali (Sv-waves).

Tali onde sono presenti in natura e sono conosciute con il termine di microtremori. Possono venire accuratamente captate ed analizzate nei loro contenuti cromatici ed energetici con un array geometrico lineare simile a quelli utilizzati nella prospezione sismica classica.

In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo e vengono definite pseudo-Rayleigh.

La dispersione è un fenomeno indotto dalla deformazione del treno d'onda che produce una variazione di propagazione di velocità

con la frequenza. Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo, e presentano normalmente più elevate velocità di fase.

Un apposito grafico (spettro di potenza p-f) in cui è diagrammato in ascissa la frequenza f (Hz) ed in ordinata lo slowness, che altro non è che l'inverso della velocità di fase (m/s), consente agevolmente di individuare il trend dispersivo che contraddistingue il sito sottoposto ad indagine.

Dalla curva di dispersione si passa al profilo di velocità verticale mediante modellazione diretta. Viene cioè costruito il modello teorico la cui curva di dispersione calcolata presenta il minor errore rispetto alla curva sperimentale.

Il processo di modellazione diretta soffre delle limitazioni prodotte dal principio dell'equivalenza secondo il quale possono esistere più modelli che soddisfano la medesima curva di dispersione. In questo caso quindi diventa importante avere dei punti di calibrazione per una ricostruzione "litologica" della struttura sismica del sottosuolo. Tuttavia questa limitazione non inficia la correttezza della determinazione dei valori di V_{s30} che rappresentano una relazione tra spessori e velocità dei singoli strati.

Per il trattamento di questo tipo di dati è stato utilizzato il software ReMi® aggiornato alla sua ultima versione V.5 e commercializzato dalla Optim LLC (Reno, Nevada -USA). L'approccio analitico si basa sugli studi condotti da J.Louie presso la Nevada University.

Nakamura o HVSR

La tecnica di indagine adottata a supporto di questo studio è conosciuta come *metodo di Nakamura* (1989), dal nome dello scienziato giapponese che l'ha messa a punto, parte dal presupposto che:

- 1 Il rumore ambientale è generato da riflessioni e rifrazioni di onde di taglio con gli strati superficiali e dalle onde di superficie;
2. Le sorgenti di rumore superficiale non interessano il rumore ambientale alla base di una struttura non consolidata;
3. Gli strati soffici non amplificano la componente verticale del rumore ambientale: questo è composto da onde di superficie tipo Rayleigh generate dall'interazione del vento con le strutture, dal traffico e da altre attività urbane.

Le funzioni di trasferimento **SE** e **AS** che sono rispettivamente l'effetto intrinseco di sito e l'effetto della singola onda Rayleigh possono essere definite come:

$$SE = H_s/H_b \quad AS = V_s/V_b$$

Dove **H** e **V** sono gli spettri per le componenti orizzontali e verticali delle registrazioni di rumore ambientale alla superficie (s) o al top del basamento rigido. Gli effetti di sito, che non comprendono il contributo della sorgente, sono definiti da **SM** come:

$$S_M = S_e / A_s \Leftrightarrow S_M = H_s V_b / V_s H_b$$

Nakamura e Theodulidis *et al.* (1996) hanno dimostrato che gli spettri delle componenti verticali (Vb) e orizzontali (Hb) sono equivalenti al top del basamento rigido:

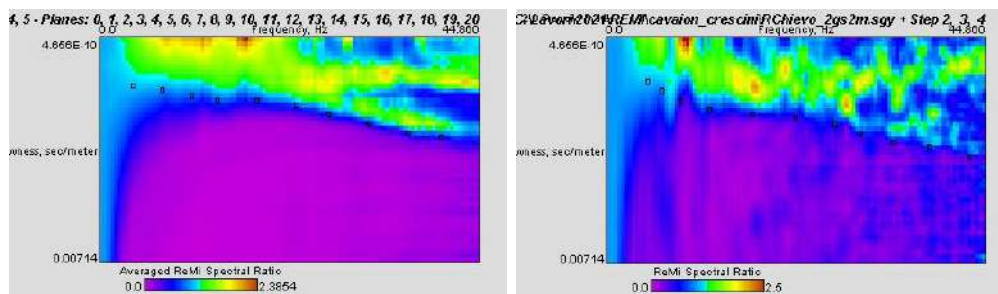
$$\text{Se } H_b / V_b = 1 \text{ allora } S_M = H_s / V_s$$

Alla fine quindi, gli effetti di sito **S_M** (ampiezza del rapporto spettrale) possono essere espressi come *rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali del rumore ambientale alla superficie del suolo*.

In conclusione questa affermazione implica che **una stima della risposta del terreno in un determinato sito può essere ottenuta con un singolo sismometro a tre componenti**. Esperienze di campagna hanno dimostrato che registrazioni di una quindicina di minuti per sito sono sufficienti per fornire risultati stabili nei differenti contesti urbani.

3. SINTESI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

Le prove sismiche lineari ReMi sono tra loro ortogonali ed il loro esito indica che il sito risponde in maniera monodimensionale: I due spettri sono tra loro molto simili con una definizione più precisa per lo stendimento nord sud (R01) rispetto a quello Est west (R02).



Spettro p-f ReMi 01 e ReMi02

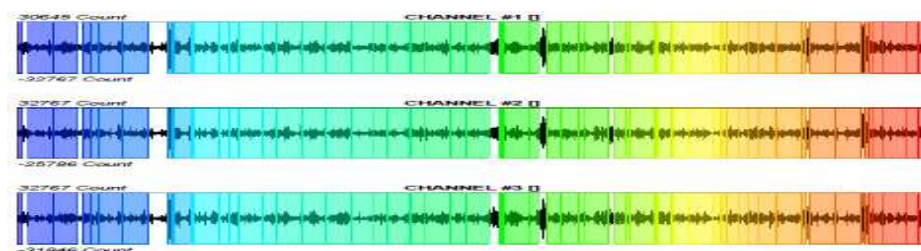
Le curve di dispersione appaiono monotone non decrescenti con un leggero appiattimento tra 28 e 15Hz.

I modelli Vs sono riportati in allegato e prevedono al di sotto di una sottile copertura di 2,5-3,5m un deposito sedimentario molto addensato (sequenze ghiaiose di elevata energia). Le velocità Vs si elevano da ~300m/s a circa 550m/s e, dopo una leggera inversione tra 13 e 26m, le velocità crescono ulteriormente (Vs~650m/s).

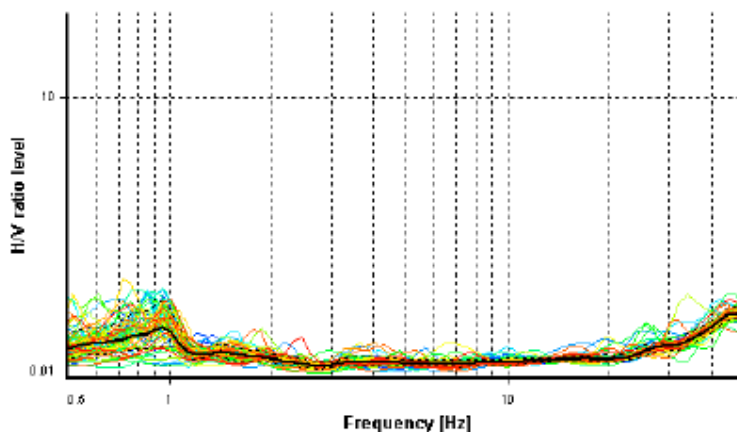
La **categoria** del sottosuolo di fondazione, dal momento che i valori di V_{s30} sono >360m/s, per incastri fondazionali tra 0m e 3m, è quindi la **B**.

Il test HVSR è ubicato nel centro occidentale del lotto ed ha previsto la registrazione di 36 minuti di rumore sismico di fondo.

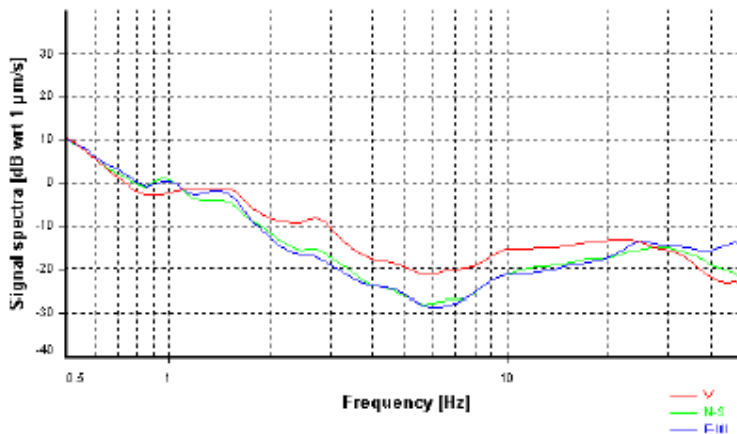
Il rapporto spettrale HV è il risultato della analisi compiuta su 65 finestre a lunghezza variabile (2-60sec). La curva ostenta il tipico andamento dei terreni rigidi in cui i contrasti si presentano deboli. Questo comportamento è in realtà dovuto alla componente verticale che supera gli orizzontali per un ampio range (2-25Hz) e deprime quindi il rapporto HV sotto l'unità. Risulta così difficile interpretare l'esito della prova e volendo ricercare una f_0 non si può che evidenziare solo quella legata alla prima interfaccia superficiale a 2,5-3,5m. Essa supera i 45Hz e quindi perde qualsiasi interesse ingegneristico-progettuale.



Segnale temporale e selezione delle finestre di analisi



Rapporto spettrale



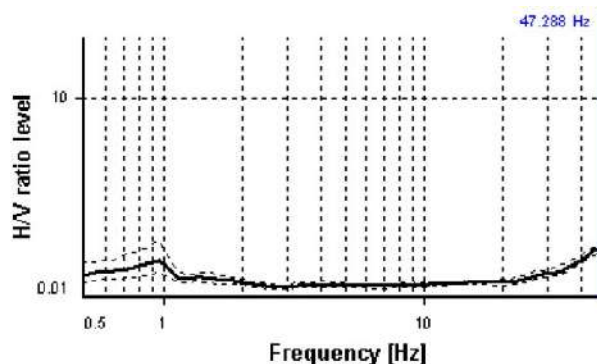
Singole componenti

Selected f_0 frequency

47.288 Hz

A_0 amplitude = 2.297

Average $f_0 = 46.700 \pm 2.264$



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	65 valid windows (length > 0.21 s) out of 65	OK
$n_c(f_0) > 200$	92663.13 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 14	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	30.26742 Hz	OK
$\exists f^* \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.3 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.26439 < 2.36439	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.10068 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

In estrema sintesi quindi il terreno investigato rientra in cat. B e non è stato possibile isolare la frequenza fondamentale di sito.

Verona, 17.11.2021

GG Service s.a.s.

di
Garbari Tomas &C.



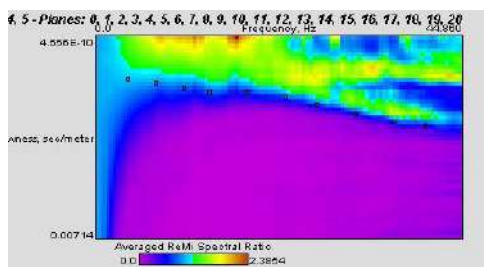

Lottizzazione Via Berardi Via Puglie ReMi01

Vs Refraction Microtremor

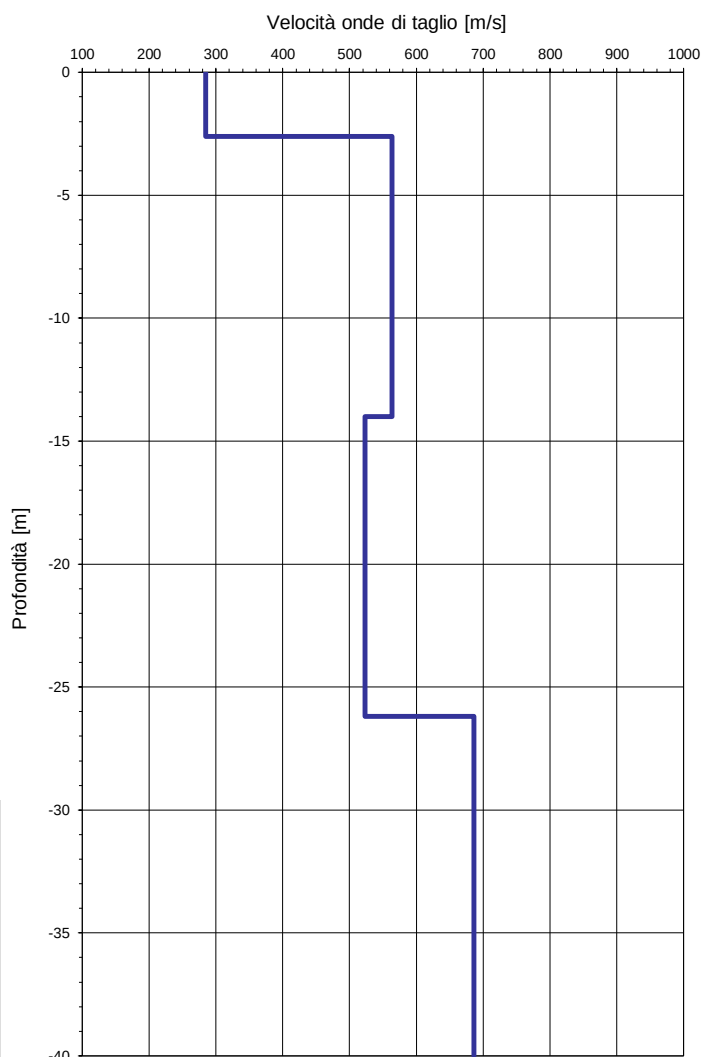
Profondità piano di
fondazione;
Vs30;
Categoria sottosuolo di
fondazione

0m	515	B
1m	534	B
2m	555	B
3m	569	B

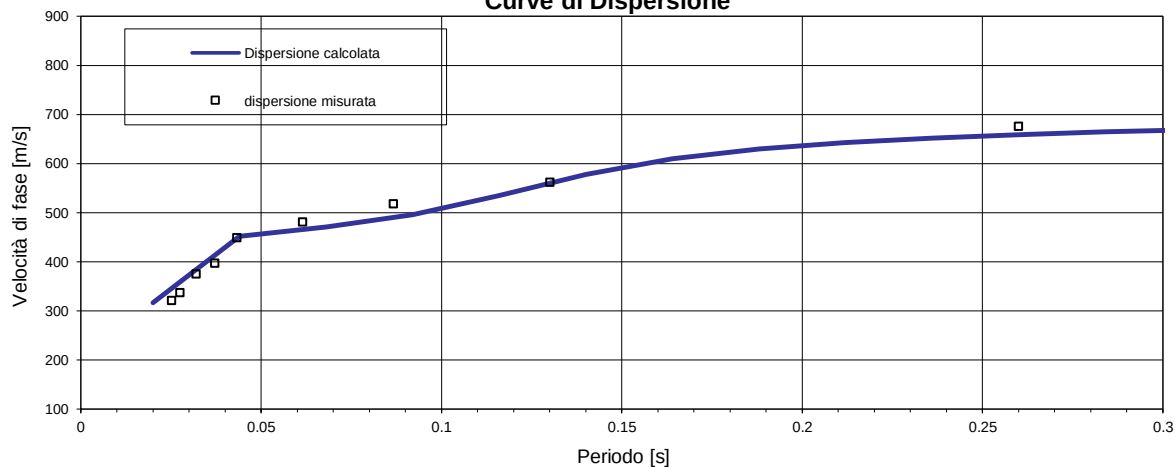
Spettro di potenza p-f



Profilo verticale (Vs)



Curve di Dispersione



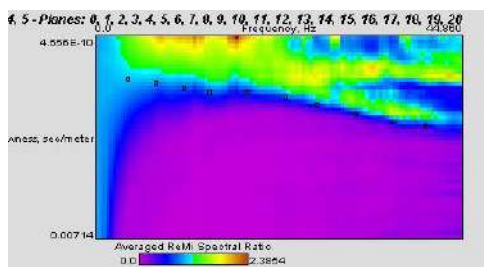
Lottizzazione Via Berardi Via Puglie ReMi02

Vs Refraction Microtremor

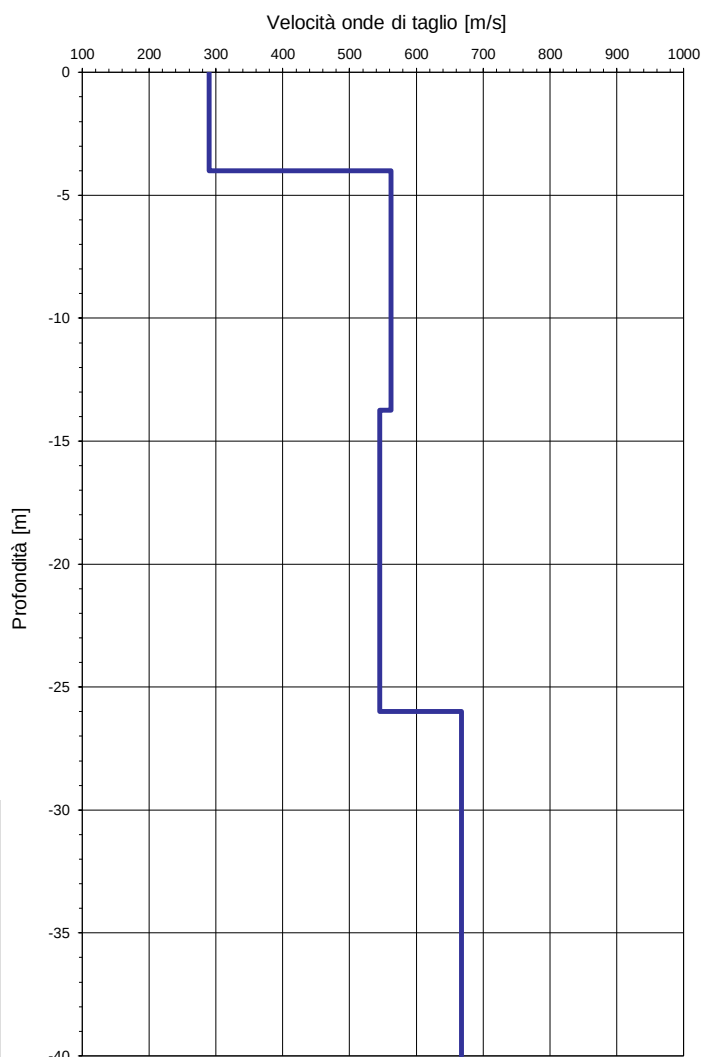
Profondità piano di
fondazione;
Vs30;
Categoria sottosuolo di
fondazione

0m	503	B
1m	520	B
2m	539	B
3m	558	B

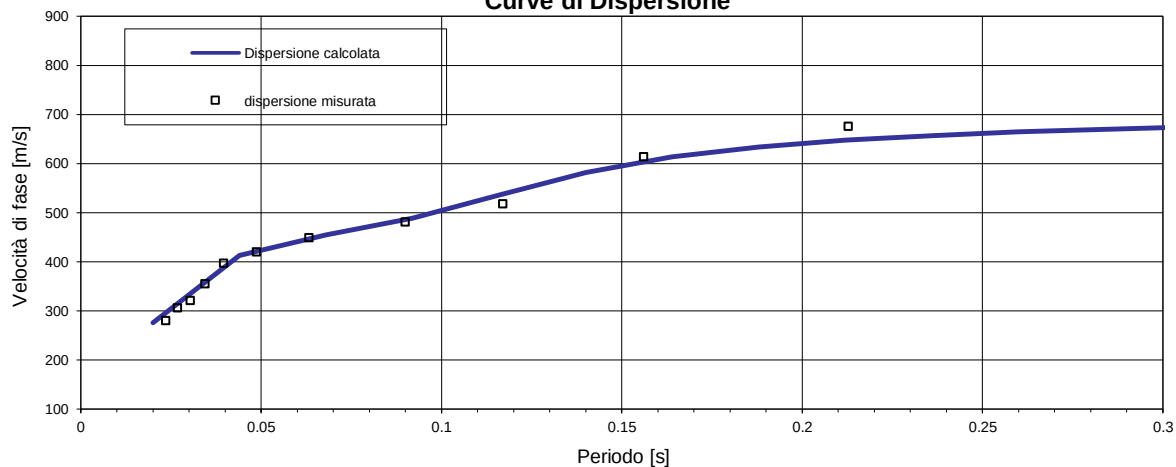
Spettro di potenza p-f



Profilo verticale (Vs)



Curve di Dispersione



TITOLO

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI
VIA AEROPORTO BERARDI / VIA PUGLIE, CHIEVO
SCHEDA NORMA N° 404

FASCICOLO 4 ANALISI GEO-IDROGEOLOGICA

COMPATIBILITÀ IDRAULICA

4.2

TAVOLE

4.2 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

GRUPPO DI LAVORO

committenti

Righetti Daria

Righetti Elisabetta

Righetti Lorella

progettista

arch. Filippo Legnaghi

ulteriori figure professionali

ing. Paolo Crescini

AGGIORNAMENTI

data

24.11.2021

revisione

adeguata al parere prot. N.0375673/2021 del 05/11/2021

A.c.M.e. studio

Studio associato di architettura

R. Braggio, G. Castiglioni, F. Legnaghi, M. Zurlo

37129 Verona via S. M. Rocca Maggiore, 22 tel. 045 8030323 e-mail: info@acme-studio.it



INDICE

INDICE	1
1. Premessa.....	2
2. Dimensionamento delle trincee drenanti.....	2
3. Modalità di esecuzione della trincea drenante	11

ALLEGATI AL TESTO:

- Schema di smaltimento delle acque meteoriche
- Sezione trincea drenante

Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona

Tel. 045-8104077

web: www.ingegnosrl.it **e-mail:** nuoviorizzonti@ingegnosrl.it

Verona, 03 settembre 2021

1. Premessa

La presente relazione integra la ns. precedente redatta dallo scrivente in data 01 giugno 2021 e recepisce le prescrizioni indicate dal Consorzio di Bonifica Veronese con nota del 03 agosto 2021 prot. n. 1-9542, in particolare di estendere la verifica di compatibilità idraulica dell'intervento urbanistico PUA n. 719_404 denominato "Via Aeroporto Berardi - Via Puglie" sito in loc. Chievo nel Comune di Verona, ai lotti residenziali privati.

Nella presente relazione integrativa di compatibilità idraulica sono trattati gli aspetti progettuali e la verifica idraulica della rete di smaltimento delle acque meteoriche dei singoli lotti residenziali privati.

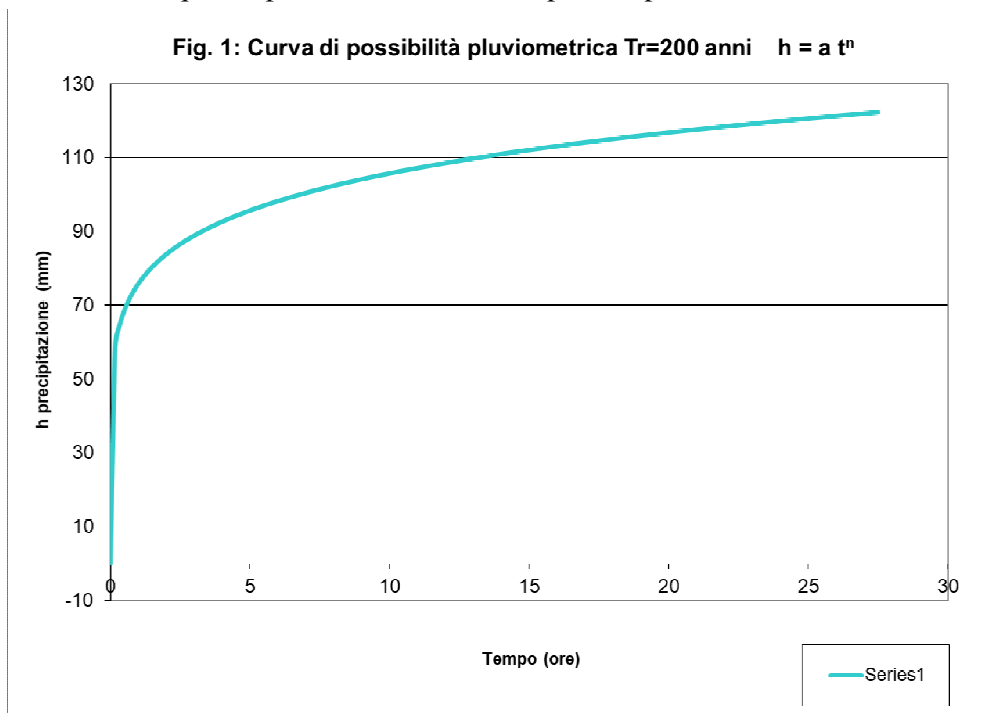
Per quanto riguarda la determinazione del coefficiente di permeabilità e la descrizione teorica del metodo di calcolo utilizzato per il dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche si rimanda alla relazione del 01 giugno 2021 sopra citata.

2. Dimensionamento delle trincee drenanti

I parametri utilizzati per il dimensionamento sono quindi pari a:

$$a = 75,83 \quad n = 0,144$$

La relativa curva di possibilità pluviometrica, rimasta invariata rispetto alla precedente relazione che qui si riporta nuovamente solo per completezza d'informazione, è la seguente:



Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona

Tel. 045-8104077

web: www.ingegnorsrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnorsrl.it

Sulla base degli elaborati grafici forniti dal Progettista si riprendono le varie tipologie di pavimentazione previste per le sistemazioni esterne con i relativi coefficienti di deflusso.

Il coefficiente di deflusso Ψ utilizzato nel dimensionamento, per le varie tipologie di pavimentazione delle sistemazioni esterne, è stato quindi fissato pari a:

- 0,9 per le aree totalmente impermeabili (edifici);
- 0,5 per le aree destinate a marciapiedi realizzate con cemento drenante;
- 0,2 per le aree verdi private.

Si sono considerate le superfici non contemplate nella precedente relazione e riportate nello “Schema di smaltimento delle acque meteoriche – Integrazione Settembre 2021” allegato al testo della presente relazione.

In particolare si è considerata la superficie della strada di accesso ai singoli lotti edificabili realizzata con pavimentazione drenante e quella dei singoli lotti, suddividendo per ciascuno di essi la superficie impermeabile occupata dall’edificio (SUL) da quella che è la rimanente area verde. Si è deciso di utilizzare ai fini del calcolo idraulico la SUL come superficie impermeabile, in quanto è la massima prevedibile per ciascun lotto e quindi la situazione più critica ai fini idraulici, rimandando ad una verifica puntuale durante la stesura del progetto architettonico dopo l’approvazione del PUA.

Le singole trincee drenanti dovranno essere in grado di accumulare e successivamente smaltire gli eventi meteorici particolarmente intensi, soprattutto nei primi minuti ove l’intensità di pioggia è maggiore (vedi Fig. 1 – Curva di possibilità pluviometrica).

Le superfici considerate ed i rispettivi coefficienti di deflusso sono stati così ripartiti:

N°	Terreno	Superficie [mq]	Coefficiente di deflusso ϕ	Sup * ϕ	Sup tot area [mq]	ϕ deflusso medio
1	Lotto 1 - area impermeabile (SUL)	165	0,9	149	694	0,37
2	Lotto 1 - area verde	528,50	0,2	106		
3	Lotto 2 - area impermeabile (SUL)	165	0,9	149	614	0,39
4	Lotto 2 - area verde	449,10	0,2	90		
5	Lotto 3 - area impermeabile (SUL)	400	0,9	360	860	0,53
6	Lotto 3 - area verde	460,45	0,2	92		
7	Lotto 4 - area impermeabile (SUL)	165	0,9	149	630	0,38
8	Lotto 4 - area verde	465	0,2	93		
9	Lotto 5 - area impermeabile (SUL)	165	0,9	149	630	0,38
10	Lotto 5 - area verde	465	0,2	93		
11	Lotto 6 - area impermeabile (SUL)	400	0,9	360	1156	0,44
12	Lotto 6 - area verde	756,25	0,2	151		
13	Strada privata di accesso (Cemento drenante)	210	0,5	105	210	0,50

Trincea drenante lotto 1 (Dimensioni 13*2 m; H = 1,30 m):

Dati di progetto:

Superficie trincea drenante = $13 * 2 = 26 \text{ mq}$

Volume trincea = $26 \text{ mq} \times 1,30 \text{ m (h)} = 33,80 \text{ mc}$

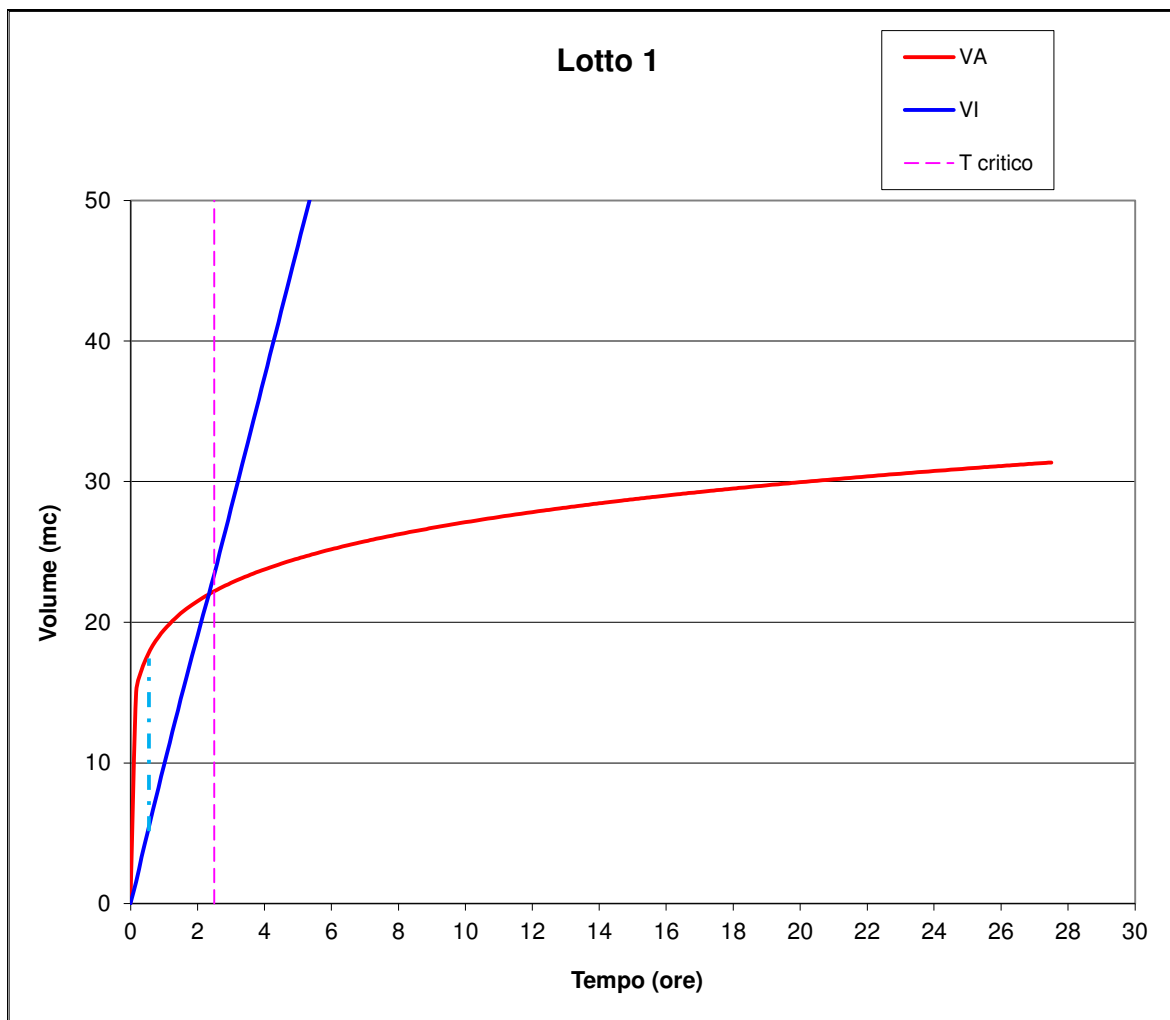
Volume tubo collettore = trascurato a favore di sicurezza

Porosità materiale drenante $n = 0,40$

Permeabilità di progetto del terreno $k = 1 * 10^{-4} \text{ m/s}$

Pertanto il volume massimo di acqua stoccabile all'interno della trincea è pari a:

$V_{\text{acqua}} = 33,80 \times 0,40 = 13,52 \text{ mc}$



Dall'analisi del grafico risulta che dopo 10 minuti di pioggia si ottiene il volume $V'_s(t)$ massimo di acqua da stoccare pari a 13,47 mc (linea azzurra tratteggiata) inferiore rispetto al volume a disposizione nella trincea drenante che risulta pari a $V_{\text{acqua}} = 13,52 \text{ mc}$ e il tempo critico necessario per smaltire tale volume all'interno della trincea drenante è pari a 2,5 ore (linea rosa tratteggiata).

Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona

Tel. 045-8104077

web: www.ingegnorsrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnorsrl.it

Trincea drenante lotto 2 (Dimensioni 13*2 m; H = 1,30 m):

Dati di progetto:

Superficie trincea drenante = $13 * 2 = 26 \text{ mq}$

Volume trincea = $26 \text{ mq} \times 1,30 \text{ m (h)} = 33,80 \text{ mc}$

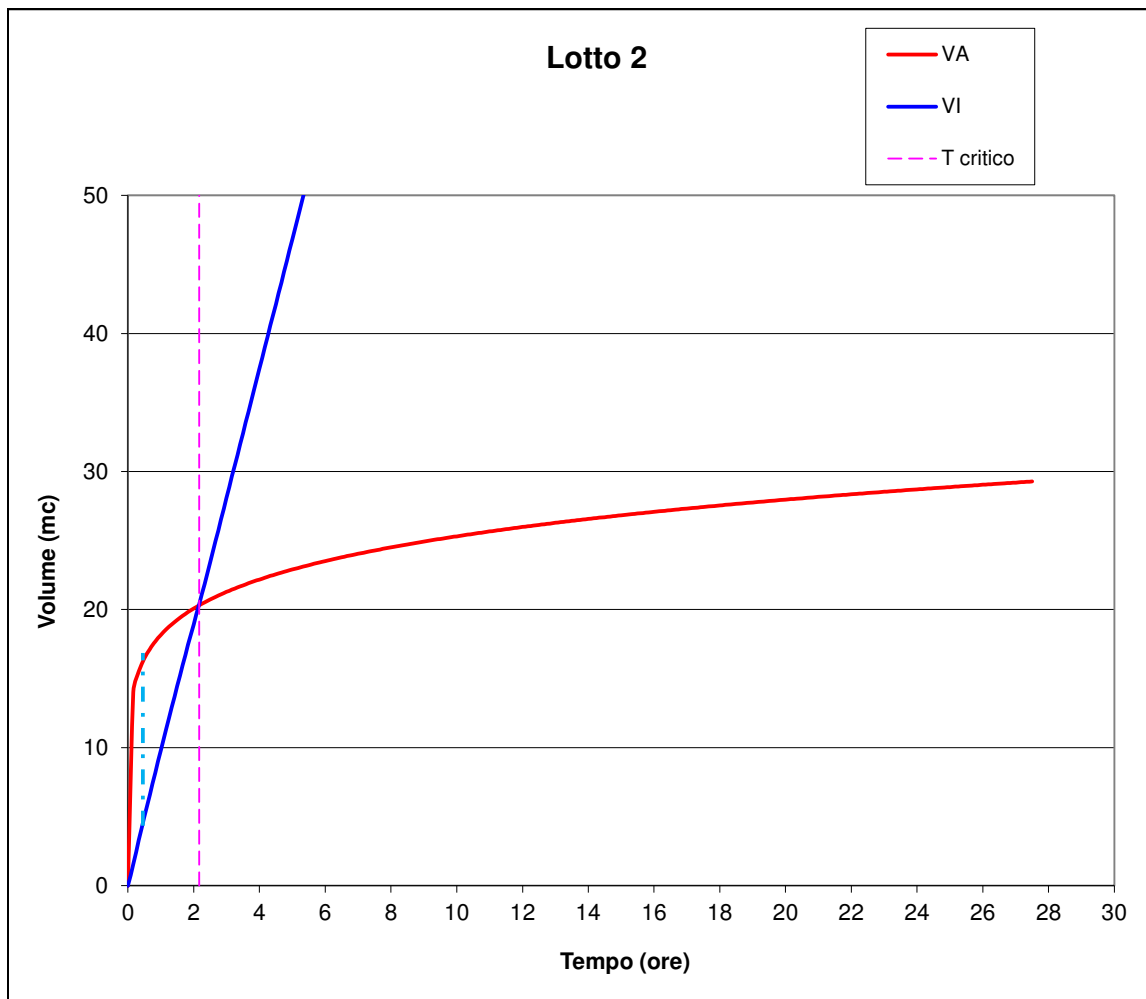
Volume tubo collettore = trascurato a favore di sicurezza

Porosità materiale drenante $n = 0,40$

Permeabilità di progetto del terreno $k = 1 * 10^{-4} \text{ m/s}$

Pertanto il volume massimo di acqua stoccabile all'interno della trincea è pari a:

$V_{\text{acqua}} = 33,80 \times 0,40 = 13,52 \text{ mc}$



Dall'analisi del grafico risulta che dopo 10 minuti di pioggia si ottiene il volume $V'_s(t)$ massimo di acqua da stoccare pari a 12,47 mc (linea azzurra tratteggiata) inferiore rispetto al volume a disposizione nella trincea drenante che risulta pari a $V_{\text{acqua}} = 13,52 \text{ mc}$ e il tempo critico necessario per smaltire tale volume all'interno della trincea drenante è pari a 2 ore e 10' (linea rosa tratteggiata).

Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona

Tel. 045-8104077

web: www.ingegnorsrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnorsrl.it

Trincea drenante lotto 3 (Dimensioni 24*2 m; H = 1,30 m):

Dati di progetto:

Superficie trincea drenante = $24 * 2 = 48$ mq

Volume trincea = 48 mq x $1,30$ m (h) = $62,40$ mc

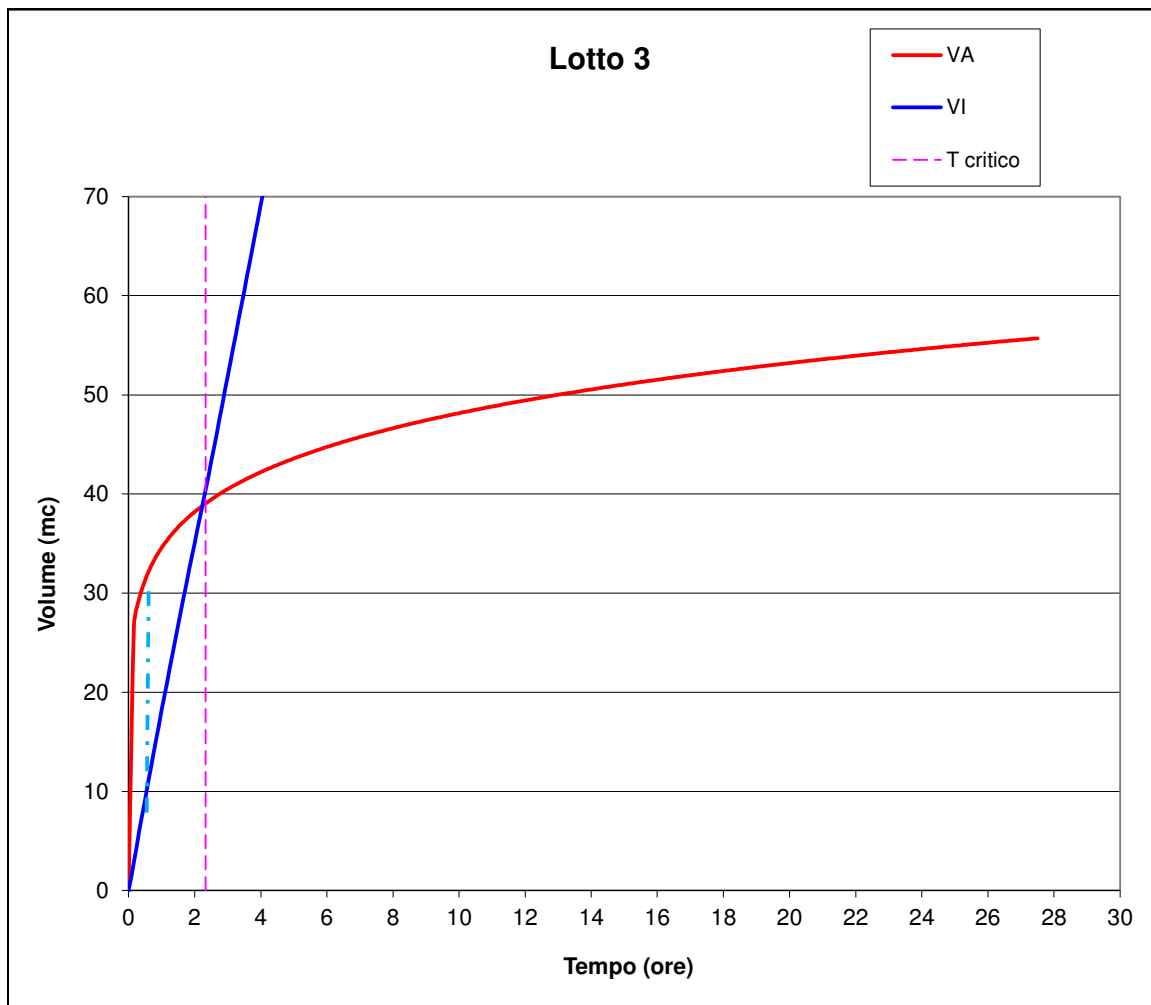
Volume tubo collettore = trascurato a favore di sicurezza

Porosità materiale drenante $n = 0,40$

Permeabilità di progetto del terreno $k = 1 * 10^{-4}$ m/s

Pertanto il volume massimo di acqua stoccabile all'interno della trincea è pari a:

$V_{\text{acqua}} = 62,40 * 0,40 = 24,96$ mc



Dall'analisi del grafico risulta che dopo 10 minuti di pioggia si ottiene il volume $V'_s(t)$ massimo di acqua da stoccare pari a 23,82 mc (linea azzurra tratteggiata) inferiore rispetto al volume a disposizione nella trincea drenante che risulta pari a $V_{\text{acqua}} = 24,96$ mc e il tempo critico necessario per smaltire tale volume all'interno della trincea drenante è pari a 2 ore e 20' (linea rosa tratteggiata).

Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona

Tel. 045-8104077

web: www.ingegnorsrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnorsrl.it

Trincea drenante lotto 4 (Dimensioni 13*2 m; H = 1,30 m):

Dati di progetto:

Superficie trincea drenante = $13 * 2 = 26 \text{ mq}$

Volume trincea = $26 \text{ mq} \times 1,30 \text{ m (h)} = 33,80 \text{ mc}$

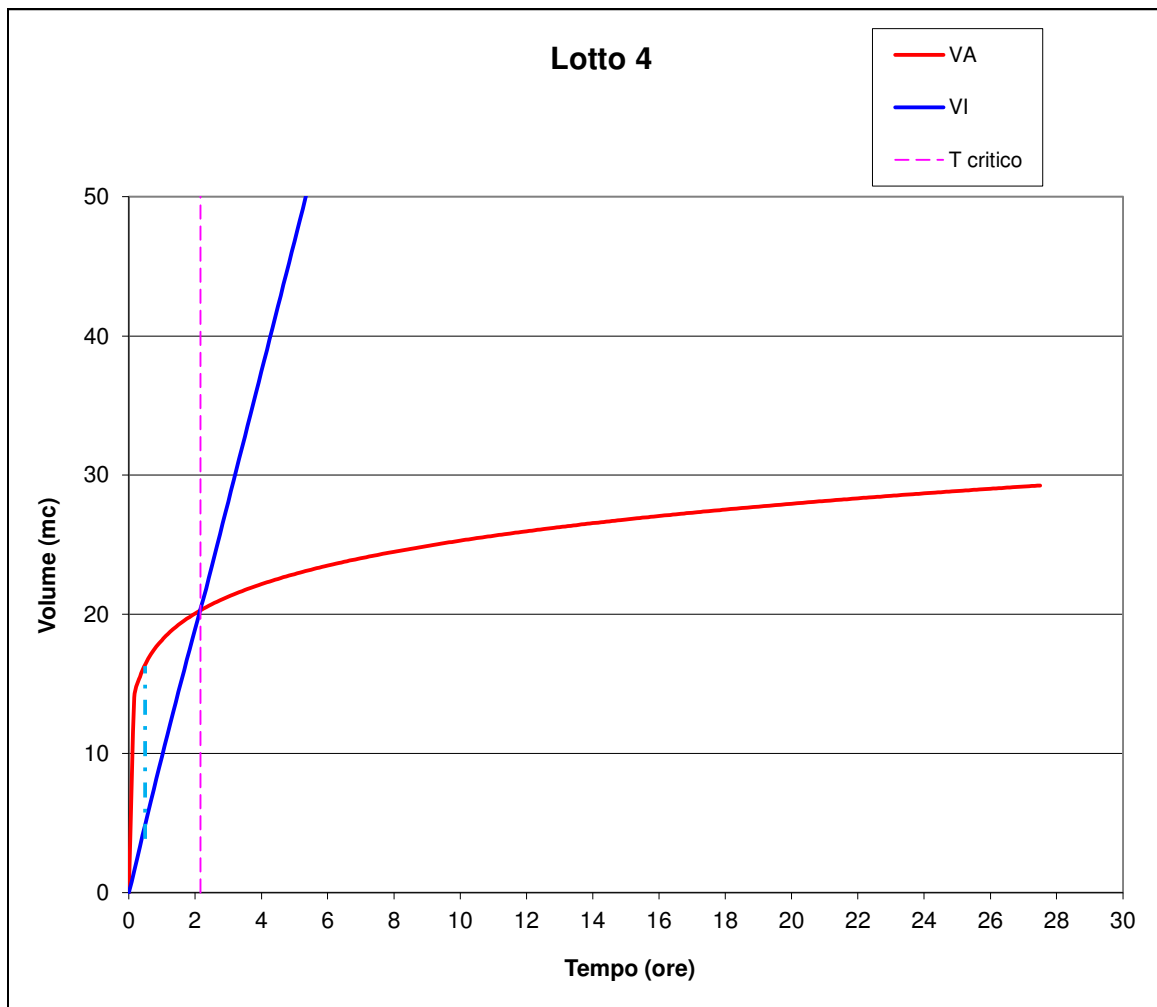
Volume tubo collettore = trascurato a favore di sicurezza

Porosità materiale drenante $n = 0,40$

Permeabilità di progetto del terreno $k = 1 * 10^{-4} \text{ m/s}$

Pertanto il volume massimo di acqua stoccabile all'interno della trincea è pari a:

$V_{\text{acqua}} = 33,80 \times 0,40 = 13,52 \text{ mc}$



Dall'analisi del grafico risulta che dopo 10 minuti di pioggia si ottiene il volume $V'_s(t)$ massimo di acqua da stoccare pari a 12,47 mc (linea azzurra tratteggiata) inferiore rispetto al volume a disposizione nella trincea drenante che risulta pari a $V_{\text{acqua}} = 13,52 \text{ mc}$ e il tempo critico necessario per smaltire tale volume all'interno della trincea drenante è pari a 2 ore e 10' (linea rosa tratteggiata).

Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona

Tel. 045-8104077

web: www.ingegnorsrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnorsrl.it

Trincea drenante lotto 5 (Dimensioni 13*2 m; H = 1,30 m):

Dati di progetto:

Superficie trincea drenante = $13 * 2 = 26 \text{ mq}$

Volume trincea = $26 \text{ mq} \times 1,30 \text{ m (h)} = 33,80 \text{ mc}$

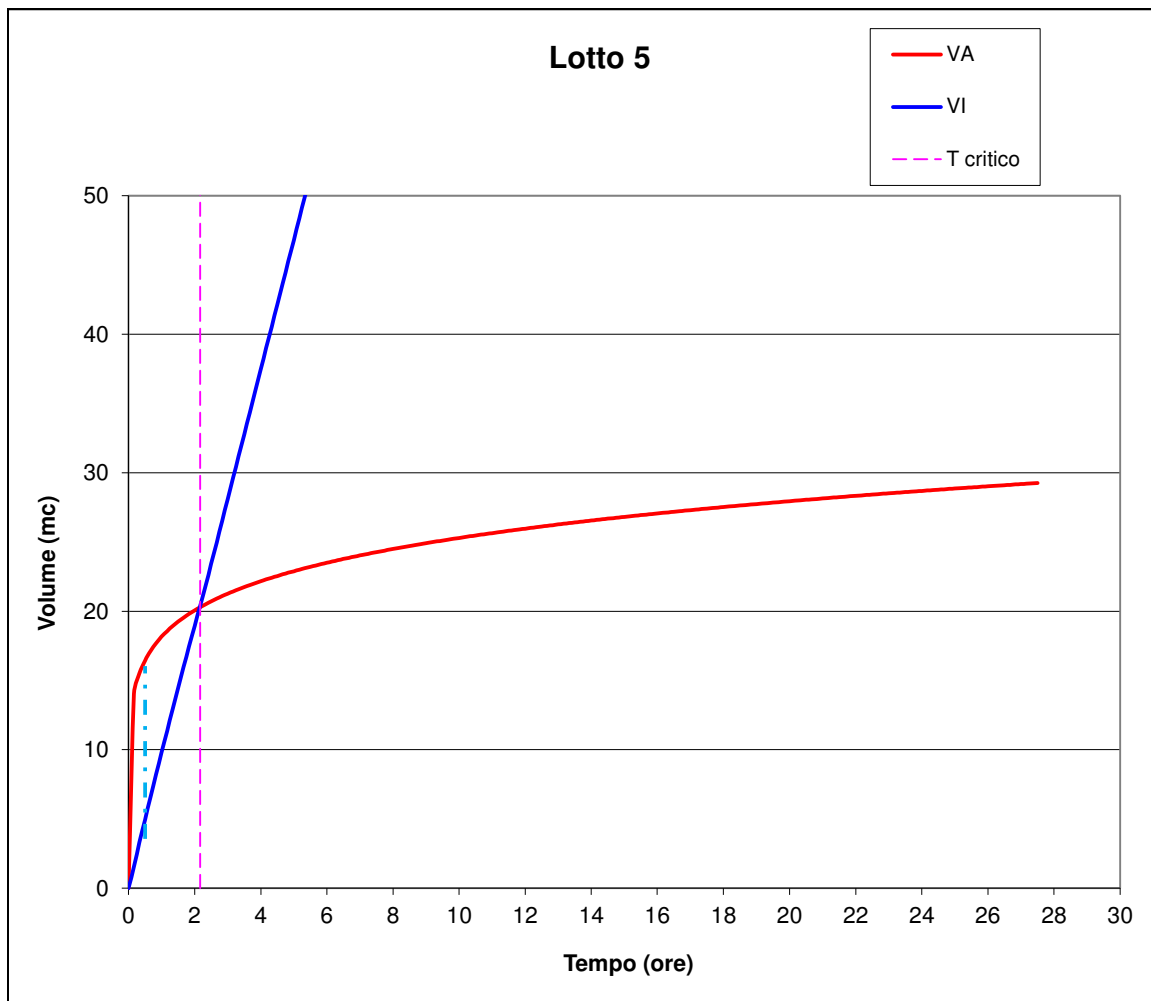
Volume tubo collettore = trascurato a favore di sicurezza

Porosità materiale drenante $n = 0,40$

Permeabilità di progetto del terreno $k = 1 * 10^{-4} \text{ m/s}$

Pertanto il volume massimo di acqua stoccabile all'interno della trincea è pari a:

$V_{\text{acqua}} = 33,80 \times 0,40 = 13,52 \text{ mc}$



Dall'analisi del grafico risulta che dopo 10 minuti di pioggia si ottiene il volume $V'_s(t)$ massimo di acqua da stoccare pari a 12,47 mc (linea azzurra tratteggiata) inferiore rispetto al volume a disposizione nella trincea drenante che risulta pari a $V_{\text{acqua}} = 13,52 \text{ mc}$ e il tempo critico necessario per smaltire tale volume all'interno della trincea drenante è pari a 2 ore e 10' (linea rosa tratteggiata).

Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona

Tel. 045-8104077

web: www.ingegnorsrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnorsrl.it

Trincea drenante lotto 6 (Dimensioni 26*2 m; H = 1,30 m):

Dati di progetto:

Superficie trincea drenante = $26 * 2 = 52 \text{ mq}$

Volume trincea = $52 \text{ mq} \times 1,30 \text{ m (h)} = 67,60 \text{ mc}$

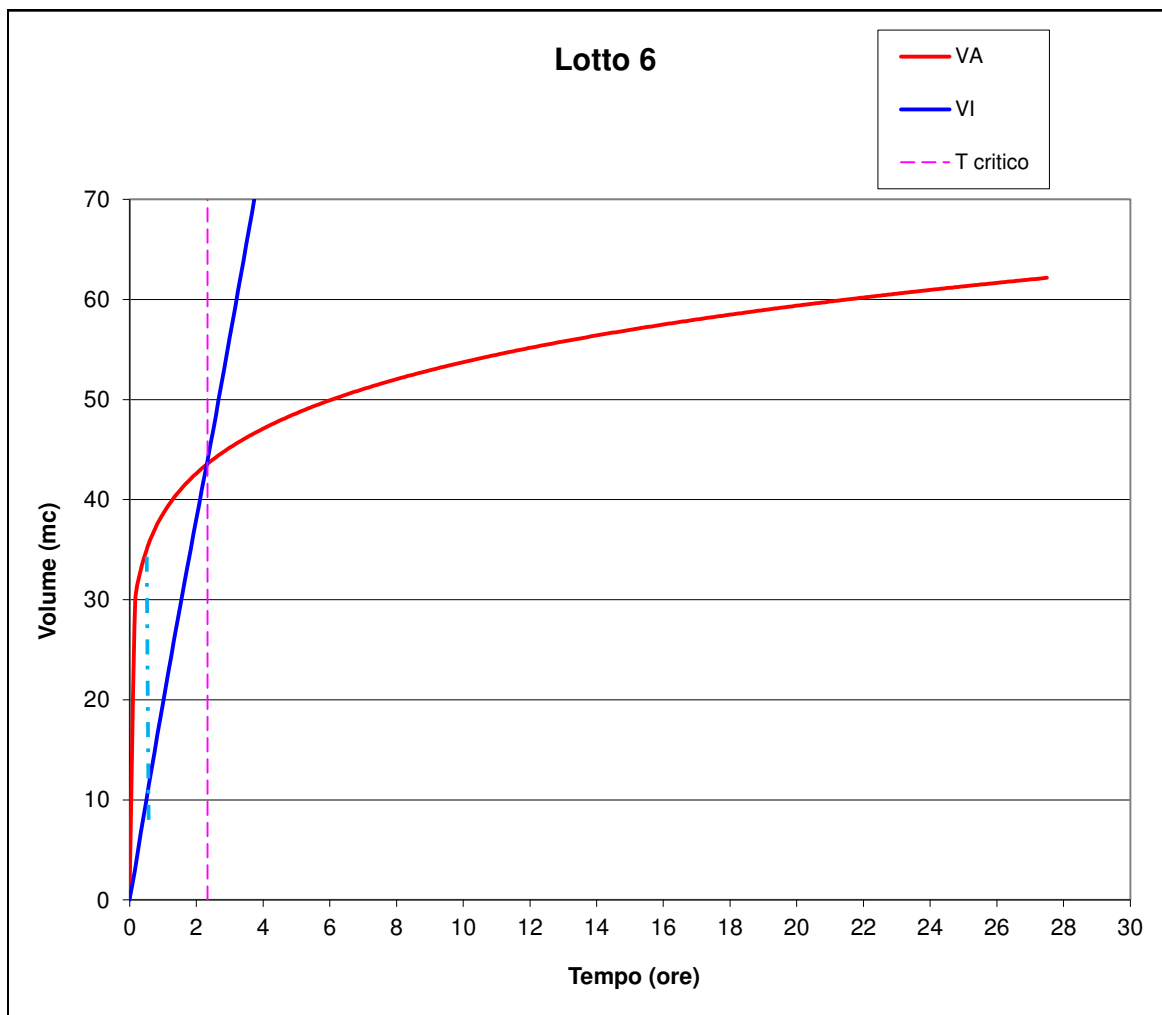
Volume tubo collettore = trascurato a favore di sicurezza

Porosità materiale drenante $n = 0,40$

Permeabilità di progetto del terreno $k = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

Pertanto il volume massimo di acqua stoccabile all'interno della trincea è pari a:

$V_{\text{acqua}} = 67,60 \times 0,40 = 27,04 \text{ mc}$



Dall'analisi del grafico risulta che dopo 10 minuti di pioggia si ottiene il volume $V'_s(t)$ massimo di acqua da stoccare pari a 26,68 mc (linea azzurra tratteggiata) inferiore rispetto al volume a disposizione nella trincea drenante che risulta pari a $V_{\text{acqua}} = 27,04 \text{ mc}$ e il tempo critico necessario per smaltire tale volume all'interno della trincea drenante è pari a 2 ore e 20' (linea rosa tratteggiata).

Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona

Tel. 045-8104077

web: www.ingegnorsrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnorsrl.it

Trincea drenante strada privata di accesso**(Dimensioni 7*1,8 m; H = 1,30 m):**

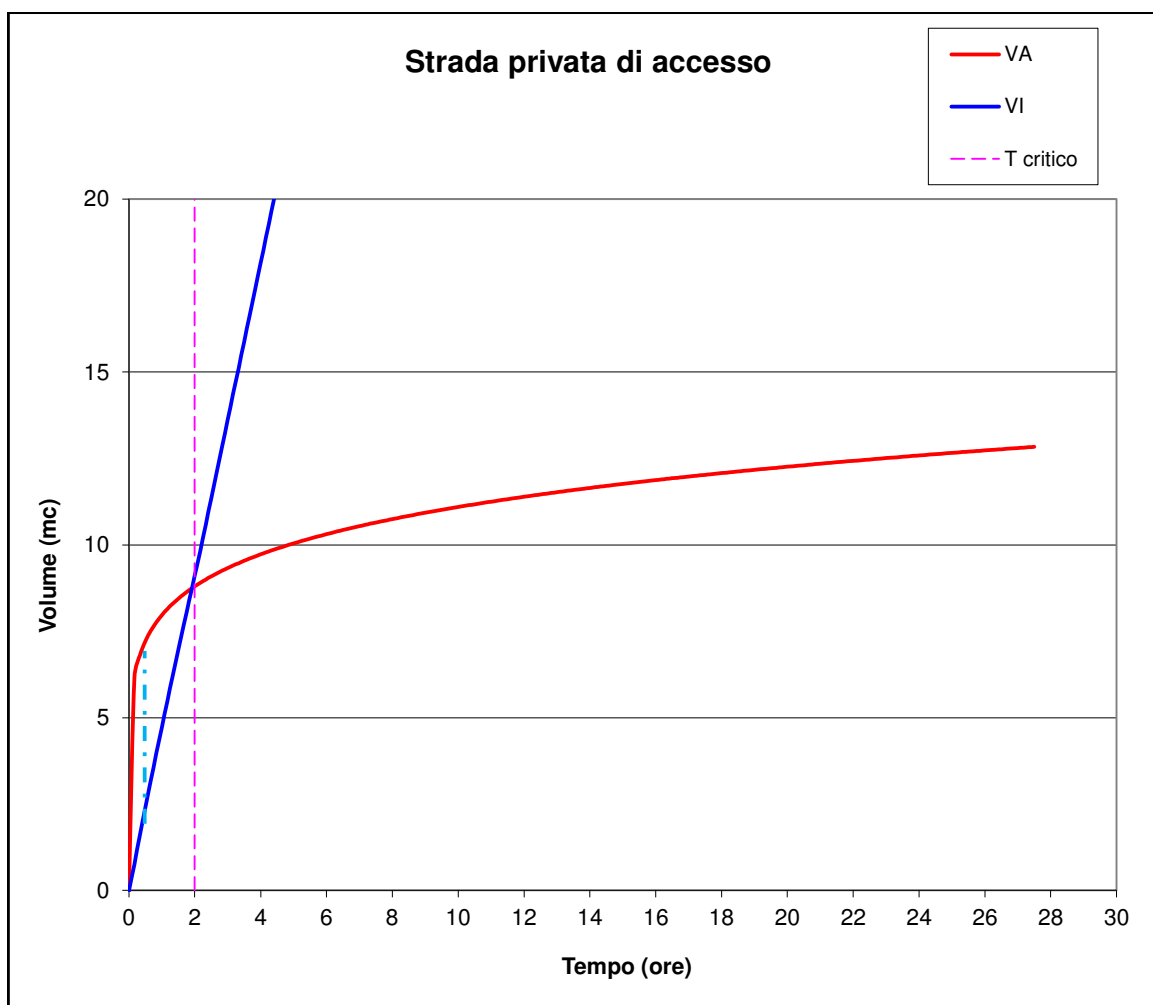
Dati di progetto:

Superficie trincea drenante = $7 * 1,8 = 12,6$ mqVolume trincea = $12,6$ mq x $1,30$ m (h) = $16,38$ mc

Volume tubo collettore = trascurato a favore di sicurezza

Porosità materiale drenante $n = 0,40$ Permeabilità di progetto del terreno $k = 1 * 10^{-4}$ m/s

Pertanto il volume massimo di acqua stoccabile all'interno della trincea è pari a:

 $V_{\text{acqua}} = 16,38 * 0,40 = 6,55$ mc

Dall'analisi del grafico risulta che dopo 10 minuti di pioggia si ottiene il volume $V'_s(t)$ massimo di acqua da stoccare pari a $5,40$ mc (linea azzurra tratteggiata) inferiore rispetto al volume a disposizione nella trincea drenante che risulta pari a $V_{\text{acqua}} = 6,55$ mc e il tempo critico necessario per smaltire tale volume all'interno della trincea drenante è pari a 2 ore (linea rosa tratteggiata).

Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona

Tel. 045-8104077

web: www.ingegnorsrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnorsrl.it

3. Modalità di esecuzione della trincea drenante

Considerata la discreta permeabilità del materiale *Deposito fluvioglaciale costituito da ghiaie e sabbie* presente in sito al di sotto delle trincee drenanti e la conseguente rapidità di vuotamento delle stesse evidenziata nei grafici sopra riportati, si ritiene che tale materiale sia idoneo per un adeguato smaltimento nel sottosuolo senza intervenire con ulteriori opere compensative.

Tuttavia si consiglia la stesura di un geotessile a ricoprimento delle aree individuate come “Trincea drenante” nello schema allegato alla presente; trattasi di un intervento migliorativo in quanto consente di mantenere efficiente la dispersione dell’acqua all’interno del materiale naturale drenante che non viene quindi contaminato dalla frazione fine.

Nell’elaborato grafico è riportata un’ipotesi per il convogliamento delle acque meteoriche e della trincea drenante, con l’ubicazione di pozzetti di ispezione e di raccolta.

In particolare sono elencate di seguito le fasi di realizzazione e le caratteristiche dei materiali utilizzati per la trincea drenante:

- Scavo a sezione obbligata fino alla quota prestabilita, secondo le dimensioni di progetto adottate in fase costruttiva, con sagomatura provvisoria delle pareti laterali di scavo con pendenze non superiori a 60° circa, previo accertamento in sito durante i lavori della natura e consistenza del terreno;
- Stesura di geotessile drenante con funzione di ripartire i carichi verticali (peso proprio del terreno di riempimento) e impedire al sottostante terreno naturale di intasare nel tempo i vuoti del materiale granulare utilizzato per la trincea;
- Realizzazione di un filtro naturale sul fondo della trincea mediante stesura di uno strato di circa 15 cm di sabbia uniforme;
- Formazione della trincea drenante mediante stesura e costipamento, se necessario per strati successivi, di materiale naturale permeabile reperito in sito, in grado di garantire una porosità pari a $n = 40\%$;
- Stesura di geotessile drenante a chiusura della trincea, con le dovute sovrapposizioni, e successivo riempimento con materiale idoneo, proveniente dallo scavo o secondo le indicazioni impartite dal D.L.

Dott. Ing. Paolo Crescini



Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona

Tel. 045-8104077

web: www.ingegnosrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnosrl.it

ALLEGATI

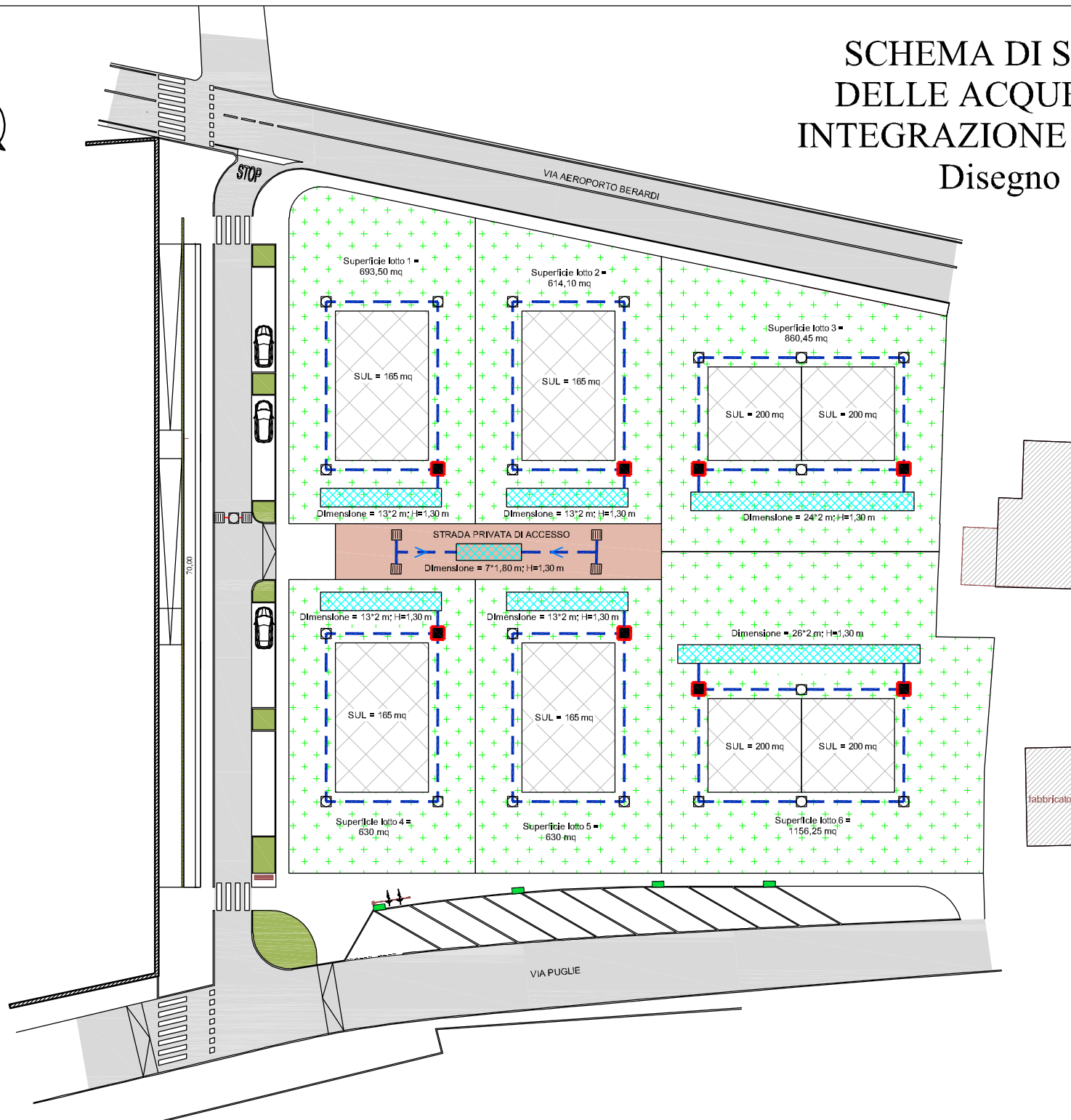
Allegato N.1 Schema di smaltimento delle acque meteoriche

Allegato N.2 Sezione trincea drenante

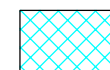


SCHEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE INTEGRAZIONE SETTEMBRE 2021

Disegno fuori scala



RETE IN PROGETTO



Trincea drenante



Rete di raccolta acque meteoriche



Pozzetto di ispezione



Pozzetto di raccolta
acque meteoriche

SEZIONE TRINCEA DRENANTE

Disegno fuori scala

