



SISTEMA DI TRASPORTO PUBBLICO DI TIPO FILOVIARIO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ING. DOMENICO MENNA

IL PROGETTISTA
ING. TIZIANO PANATO

VALIDATO
ING. ALESSANDRO ZAGO

APPROVATO
ING. DOMENICO MENNA

ACCORDO QUADRO REALIZZAZIONE DI PARCHEGGI SCAMBIATORI DENOMINATI PARK EST E OVEST A SERVIZIO DELLA FILOVIA DI VERONA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA-ECONOMICA PARCHEGGIO OVEST - LOTTO 1

ELABORATO
01.GEN.RE.04.0

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

DATA EMISSIONE
31 Luglio 2023

SCALA
—

NOME FILE
PARK OVEST.PFTE.01.GEN.RE.04.0

REV. DATA

DESCRIZIONE DELLA MODIFICA

CONSULENZE SPECIALISTICHE - SERVICE DI PROGETTO :

Progettazione stradale



Compatibilità idraulica



Ing. Maurizio Fabbiani

via Camuzzoni, 1 - VERONA
e-mail: info@infratecsrl.it
tel. 045 8101737

Dott. Geol. Alberto Co'

via Camuzzoni, 1 - VERONA
e-mail: infocogeologi@gmail.com

DATA VALIDAZIONE

DATA APPROVAZIONE

ACCORDO QUADRO

REALIZZAZIONE DI PARCHEGGI SCAMBIATORI

DENOMINATI PARK EST E OVEST

A SERVIZIO DELLA FILOVIA DI VERONA

- PARK OVEST -

ELABORATO	VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA D.G.R.V. 2948 DEL 6 OTTOBRE 2009				
COMMITTENTE	AMT 3 S.p.A. – VENETO STRADE S.p.A.				
TECNICO / INCARICATO / I	Geol. Ilaria Mercì  Geol. Alberto Cò   Alberto Cò – Ilaria Mercì Geologi – Tecnici Ambientali infocogeologi@gmail.com via g.camuzzoni, 1 – 37138 verona p.iva 04383630235				
0			Merci	Cò	Cò
REV		Descrizione	elaborato	verificato	approvato
CODICE	GS	1339	NUM. ELABORATO - 01		File: GS1339 – VCI Park Ovest.docx

31/07/23

data



INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	DESCRIZIONE PROGETTO.....	5
4	INQUADRAMENTO DELL'AREA IN ESAME.....	6
4.1	inquadramento geografico e vincolistico.....	6
4.2	inquadramento geologico e geomorfologico.....	9
4.3	inquadramento idrogeologico e idrografico.....	13
5	INDICAZIONI NORMATIVE.....	18
6	ANALISI IDROLOGICA.....	19
7	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'INTERVENTO.....	20
7.1	trasformazioni delle superfici in termini di impermeabilizzazione.....	20
7.2	criticità idrauliche e portate di deflusso.....	21
8	PROPOSTA DI MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO.....	22
9	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	26
	BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO.....	28

ALLEGATI AL TESTO

ALLEGATO 1:	COROGRAFIA IN SCALA 1:5.000
ALLEGATO 2:	TABULATO DI CALCOLO MISURE COMPENSATIVE



Verona, 28 luglio 2023

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto del parcheggio scambiatore denominato "Park Ovest" a servizio della filovia, da realizzarsi all'incrocio tra Via Cà di Cozzi e Viale Caduti del Lavoro in Comune di Verona, viene redatto il presente studio in conformità a quanto indicato dalla Delibera della Giunta Regionale n. 3637 del 13 dicembre 2002 successivamente integrata e aggiornata dalla Delibera Regionale n. 1322 del 10 maggio 2006, poi modificata dalla D.G.R.V. n. 2948 del 6 ottobre 2009, la quale prevede che *per tutti gli strumenti urbanistici generali e le varianti, generali o parziali o che, comunque, possano recare trasformazioni del territorio tali da modificare il regime idraulico esistente, sia presentata una "Valutazione di Compatibilità Idraulica"*.

Scopo di tale elaborato è dimostrare l'ammissibilità degli interventi in progetto in relazione all'assetto idraulico dell'area, verificando le possibili interazioni e interferenze e prospettando soluzioni atte a garantire il corretto regime idraulico.

In tal senso, il presente elaborato, oltre a fornire una descrizione delle caratteristiche attuali dei luoghi interessati dal progetto, valuta le modifiche introdotte dall'intervento progettuale previsto, ne verifica l'ammissibilità e propone delle eventuali misure compensative secondo il principio dell'invarianza idraulica, allo scopo cioè di smaltire le acque meteoriche di dilavamento senza alterare il regime idraulico del territorio coinvolto.



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

LEGGE N. 179 31.07.2002 Disposizioni in materia ambientale.
D.G.R.V. N. 3637 DEL 13.12.2002 Legge 3 Agosto 1998, n. 267. Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Indicazioni per la formazione di nuovi strumenti urbanistici.
D.LGS. N. 152 DEL 03.04.2006 E S.M.I. Norme in materia ambientale.
D.G.R.V. N. 1322 DEL 10.05.2006 Legge 3 Agosto 1998, n°267. Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Nuove indicazioni per la formazione di nuovi strumenti urbanistici.
ALLEGATO A ALLA D.G.R.V. N. 1322 DEL 10.05.2006 Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche.
D.G.R.V. N. 2267 DEL 24.07.2007 Piano di Tutela delle Acque. Approvazione delle norme di salvaguardia.
D.G.R.V. N. 2948 DEL 06.10.2009 Legge 3 Agosto 1998, n. 267 - Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica delle delibere n. 1322/2006 e n. 1841/2007, in attuazione della sentenza del Consiglio di Stato n. 304 del 3 aprile 2009.
ALLEGATO A ALLA D.G.R.V. N. 2948 DEL 06.10.2009 Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche.
D.G.R.V. N. 107 DEL 05.11.2009 Piano di tutela delle acque (P.T.A.). Norme per il governo del territorio.
D.G.R.V. N. 80 DEL 27.01.2011 Norme tecniche di attuazione del Piano di Tutela delle Acque - Linee guida applicative.
D.G.R.V. N. 842 DEL 15.05.2012 Modifica e approvazione del testo integrato delle norme tecniche di attuazione del Piano di Tutela delle Acque.
D.G.R.V. N. 1770 DEL 28.08.2012 Piano di Tutela delle Acque. Precisazioni.
DELIBERA DELL'AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELLE ALPI ORIENTALI 21.12.2021 N. 3 Il ciclo Piani di Gestione Rischio Alluvioni. I aggiornamento – Art. 14, comma 3 Direttiva 2007/60/CE. Adozione dell'aggiornamento del PGRI ai sensi degli artt. 65 e 66 del D. Lgs. 152 del 2006 e corrispondenti misure di salvaguardia.

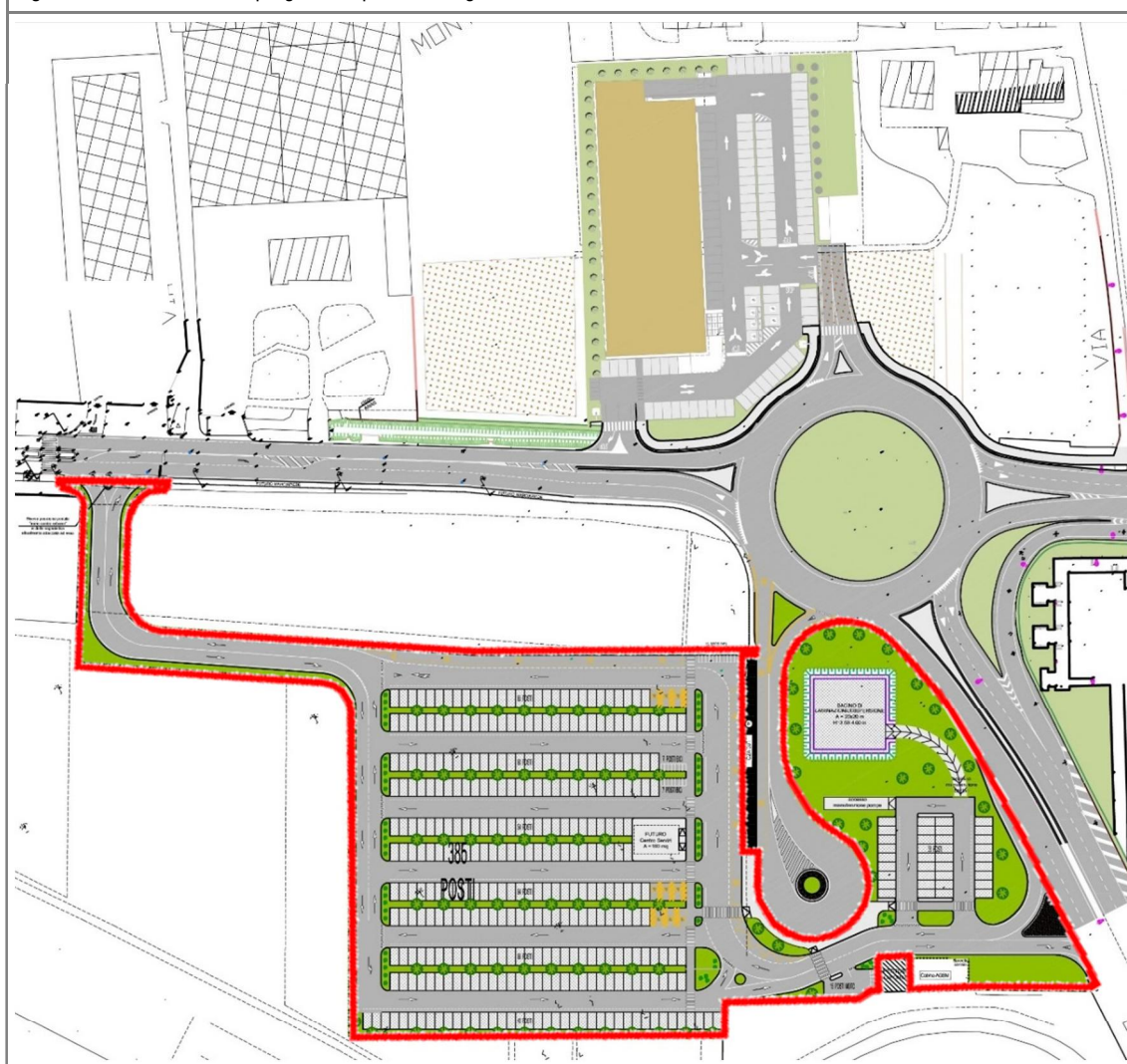


3 DESCRIZIONE PROGETTO

Con riferimento alla documentazione fornita dallo studio di progettazione Infratec srl Consulting Engineering (v. figura seguente), il progetto in esame interesserà un'area prevalentemente agricola di estensione pari a 1,9 ha ca. al fine di realizzare un parcheggio scambiatore in corrispondenza del capolinea Ovest della linea filobus, coordinandosi con altri limitrofi e distinti interventi progettuali (rotatoria LIDL e capolinea filobus). Prendendo ampio spunto dalla *"Relazione generale di progetto"* e considerando le finalità del presente elaborato, l'intervento in esame prevede sostanzialmente la realizzazione di:

- un asse stradale principale a due corsie in entrata/uscita da via Ca' di Cozzi;
- un parcheggio per 385 stalli auto e 8 BUS composta da corsie pavimentate di manovra, stalli auto in grigliato in cls semipermeabile;
- un'area destinata a moto e bici;
- aree a verde;
- bacino di laminazione e pozzi disperdenti per la gestione delle acque meteoriche.

Fig. 1. Estratto da elaborati progettuali: planimetria generale con indicata *in rosso* l'area d'intervento.

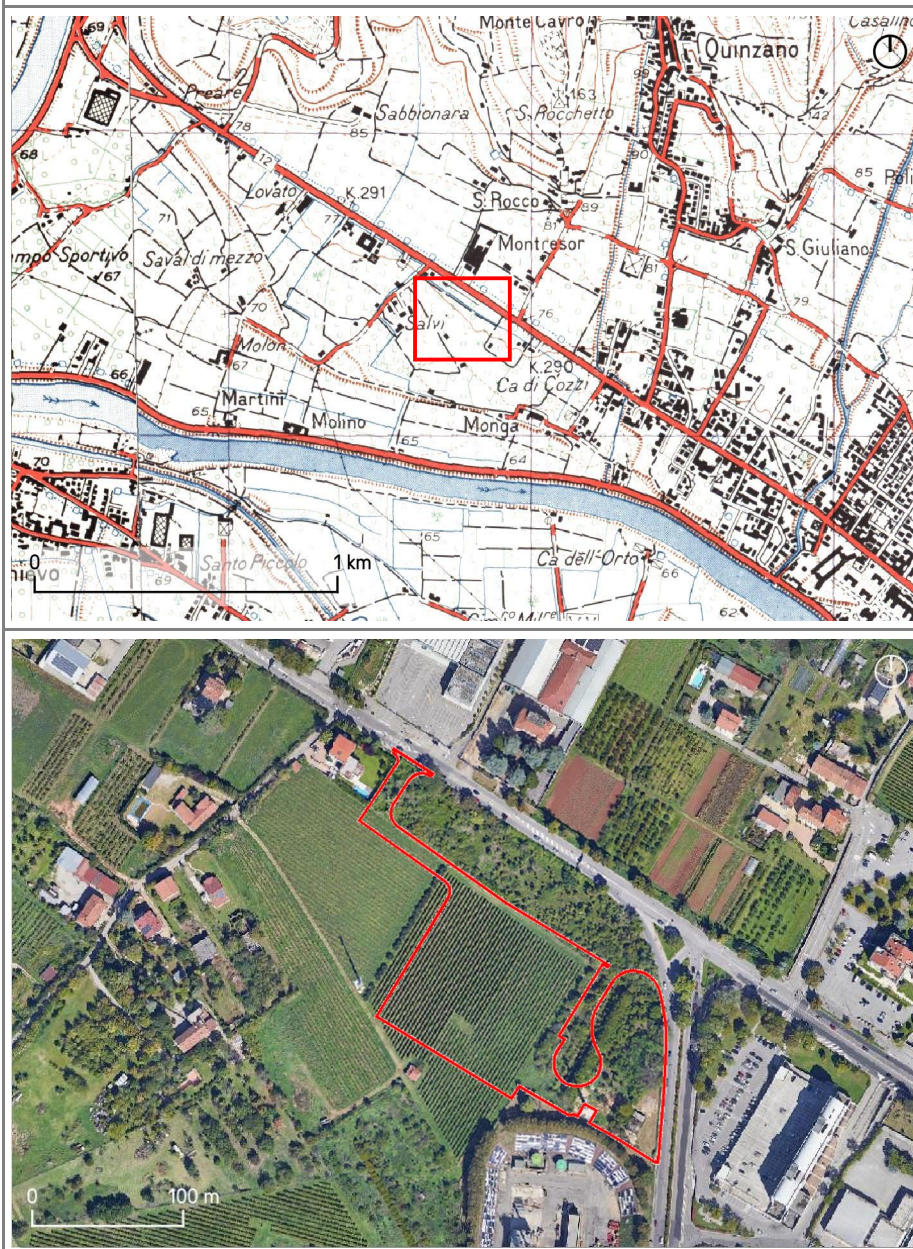


4 INQUADRAMENTO DELL'AREA IN ESAME

4.1 inquadramento geografico e vincolistico

Situata nella porzione centro occidentale del territorio comunale di Verona, l'area d'interesse progettuale si sviluppa in un contesto prevalentemente agricolo e risulta grossomodo delimitata a Nord da Via Cà di Cozzi e da un terreno incolto, a Est dalla S.S. n. 12 – Viale Caduti del Lavoro, a Sud da un impianto di cogenerazione di AGSM e da terreni agricoli ed infine ad Ovest da altri terreni agricoli e parzialmente da una proprietà residenziale.

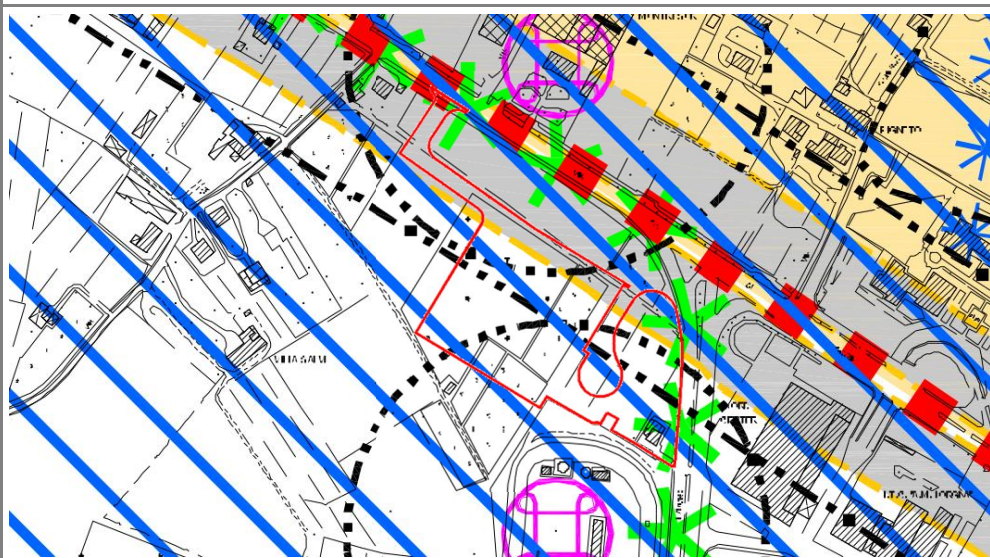
Fig. 2. Inquadramento geografico su base IGM (*sotto*) e foto aerea del lotto in esame (*in basso*).



Per quanto riguarda la cartografia generale di riferimento, il territorio considerato ricade nel Foglio 49 III NO tavoletta “Verona” dell'IGM alla scala 1:25.000 e nell' Elemento n. 123122 (“Quinzano”) della Carta Tecnica Regionale del Veneto in scala 1:5.000 (v. All. 1).

Con specifico riferimento alle tematiche d'interesse, l'analisi del Piano di Assetto del Territorio del Comune di Verona, delle tavole e delle *"norme tecniche di attuazione"* ha evidenziato quanto segue.

Fig. 3. Estratto dalla “Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale”, in rosso l'area in esame.



VINCOLI

- vincolo sismico D.C.R. 67/03 (art. 8) – intero territorio comunale

PIANIFICAZIONE DI LIVELLO SUPERIORE

-  area di ricarica degli acquiferi (art. 32)

Fig. 4. Estratto dalla “*Carta delle Invarianti*”, in rosso l'area in esame.

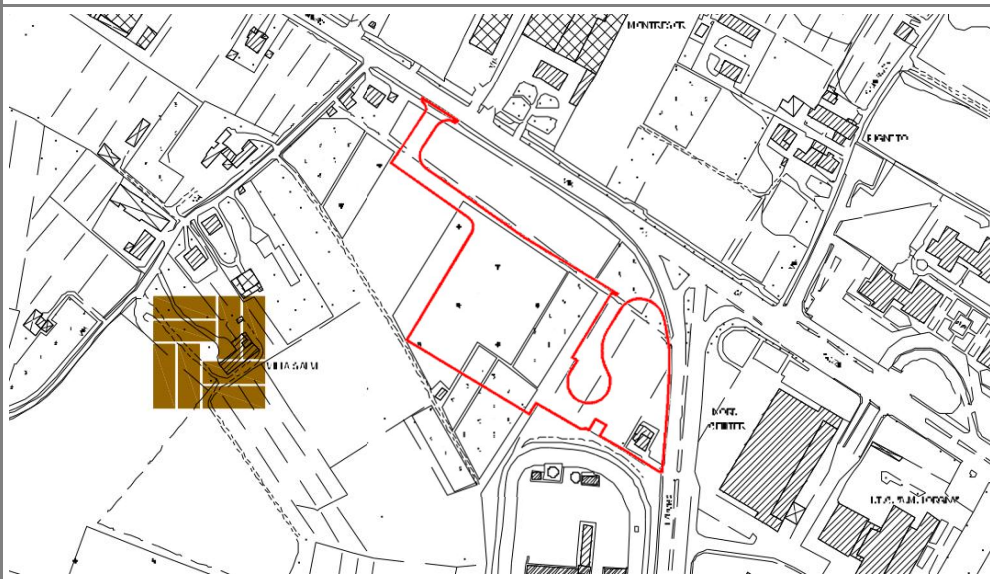
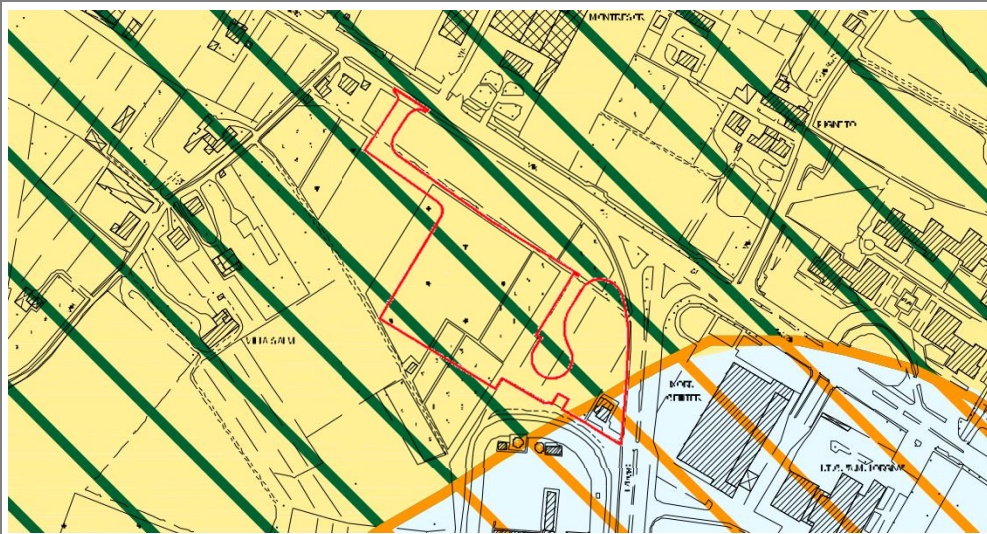




Fig. 5. Estratto dalla "Carta delle Fragilità", in rosso l'area in esame.



PENALITÀ AI FINI EDIFICATORI (art. 37)

terreno ottimo

terreno mediocre

VULNERABILITÀ INTRINSECA DEGLI ACQUIFERI (art. 38)

unità A. vulnerabilità intrinseca alta



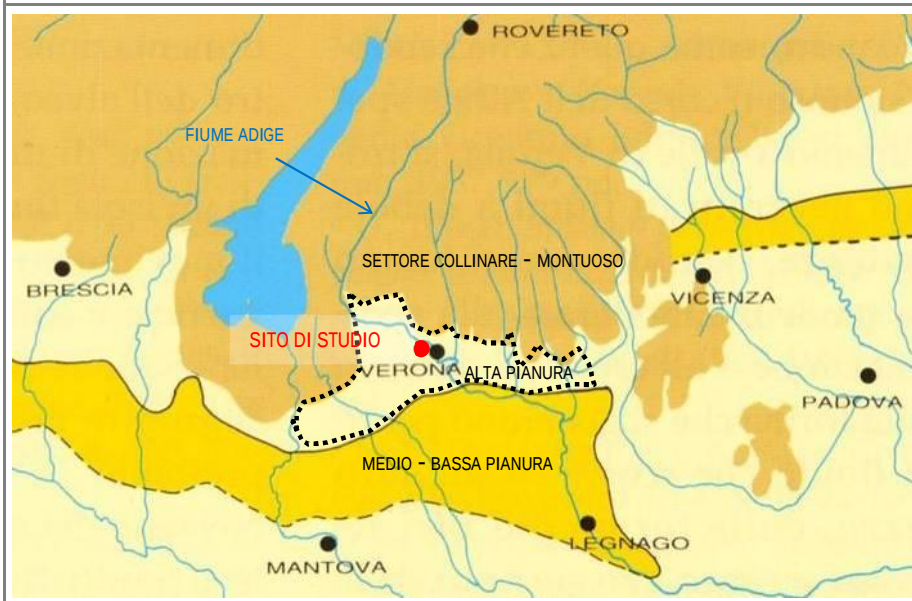
unità B: vulnerabilità intrinseca bassa

TAV.	NORMA / ANALISI
1	<u>Vincolo sismico (art. 8): non rilevante ai fini del presente studio.</u> <u>Area di ricarica degli acquiferi (art. 32):</u> l'appartenenza del sito a tali ambiti comporta la prevenzione nei riguardi della falda freatica, il rispetto di quanto previsto dall'art. 21 del D.Lgs. 152/2006 e dal Piano regionale di Tutela delle Acque (P.T.A.). <i>L'intervento in progetto prevederà adeguati sistemi di gestione delle acque meteoriche e dei reflui.</i>
2	<i>Nel sito in esame non vi sono invarianti di tipo geologico, geomorfologico e idrogeologico, né ambiti territoriali caratterizzati da particolari evidenze ed unicità geologiche.</i>
3	<u>Penalità ai fini edificatori (art. 37):</u> - <u>terreno ottimo:</u> non c'è alcun limite all'edificabilità; - <u>terreno mediocre:</u> l'edificabilità è possibile, ma richiede indagini geognostiche specifiche, verifiche di stabilità ed eventuali interventi di stabilizzazione preventivi. <i>Si rimanda agli specifici elaborati tecnici inerenti alle presenti tematiche presentati a corredo del progetto, nonché alle future fasi progettuali.</i> <u>Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi (art. 38) – unità "A" vulnerabilità intrinseca alta e unità "B" vulnerabilità intrinseca bassa:</u> qualsiasi progetto deve rispettare le previsioni del Piano regionale di Tutela delle Acque (P.T.A.). <i>Si rimanda a quanto precedentemente indicato.</i>

4.2 inquadramento geologico e geomorfologico

Dal punto di vista geologico e geomorfologico generale la porzione di territorio in esame ricade nell'ambito deposizionale dell'Alta Pianura veronese, alle pendici delle propaggini meridionali dei Monti Lessini (v. figura seguente).

Fig. 6. Posizione rispetto a Verona dei tre contesti geomorfologici e geolitologici principali: I) Settore collinare – montuoso, II) Alta Pianura veronese, III) Medio – Bassa Pianura veronese (da Etsch, Adige – Il fiume gli uomini la storia, 1997).

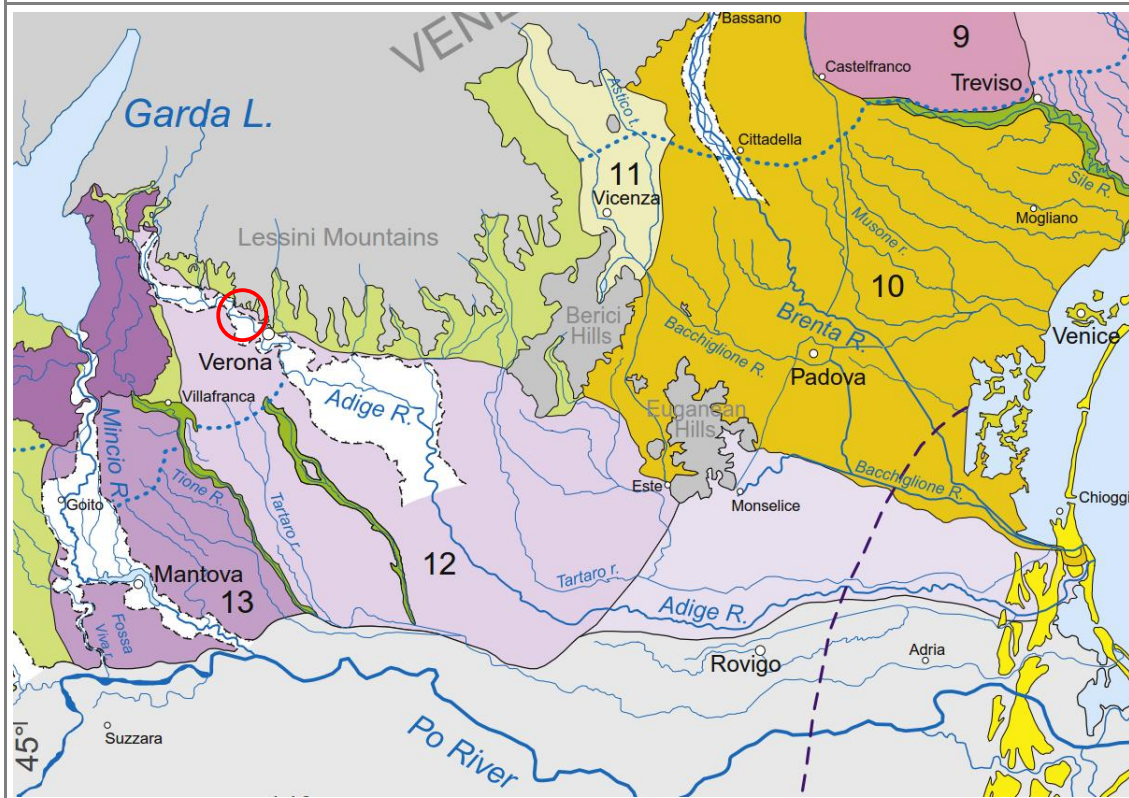


L'evoluzione geomorfologica e geologica della pianura veronese è legata principalmente all'interferenza fra il Fiume Adige, le variazioni climatiche che si sono succedute durante il Quaternario e le conseguenti variazioni di portata del corso d'acqua a carattere fluvio-glaciale. Durante il Quaternario l'alternanza di fasi di espansione e di ritiro glaciale, con le conseguenti variazioni di flusso idrico e di trasporto solido, hanno determinato la formazione del *megafan* (o conoide) dell'Adige, un complesso sistema deposizionale che si estende, con forma a ventaglio, dallo sbocco della Val d'Adige fino a Legnago (v. Fig. 7 alla pagina seguente). Questo sistema ha avuto un'evoluzione complessa a partire da 15.000 anni fa, ossia con l'inizio del ritiro glaciale nell'area alpina: a causa della minor capacità di trasporto solido del fiume, il *megafan* è stato progressivamente inciso nella porzione apicale ed ha continuato a svilupparsi seppur con scarsi apporti sedimentari solamente nella porzione distale.

Il principale agente morfogenetico in corrispondenza della porzione di territorio oggetto di studio è pertanto rappresentato dal Fiume Adige con la sua grande conoide ed il suo piano di divagazione, scavato e terrazzato all'interno della conoide stessa. La maggior parte delle evidenze morfologiche sono quindi riconducibili all'evoluzione dell'idrografia attuale e pregressa (terrazzi, orli di scarpata, etc.), sebbene siano per lo più celate dall'antropizzazione ed urbanizzazione del territorio.

Il sito d'interesse progettuale si colloca nello specifico in sinistra idrografica del fiume Adige, in corrispondenza di un terrazzo fluviale di età rissiana (ambito deposizionale dell'Antica Conoide) compreso tra le pendici dei rilievi collinari lessinei posti poche centinaia di metri a Nord ed il piano di divagazione würmiano, dal quale risulta separato da una scarpata morfologica che, nell'area in esame, raggiunge i 7 m ca. di dislivello.

Fig. 7. Schema estratto da "Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps" (da A. Fontana, P. Mozzi, M. Marchetti, 2014), con indicata in rosso l'ubicazione del sito in esame rispetto al *megafan* dell'Adige (n. 12).



Posto ad una quota altimetrica di riferimento compresa tra 73 m e 76 m ca. s.l.m.m., il lotto s'inserisce in un contesto blandamente degradante verso Sud e Sud Ovest e presenta una morfologia subpianeggiante, ragionevolmente in parte modificata dalle pratiche agricole succedutesi nel tempo.

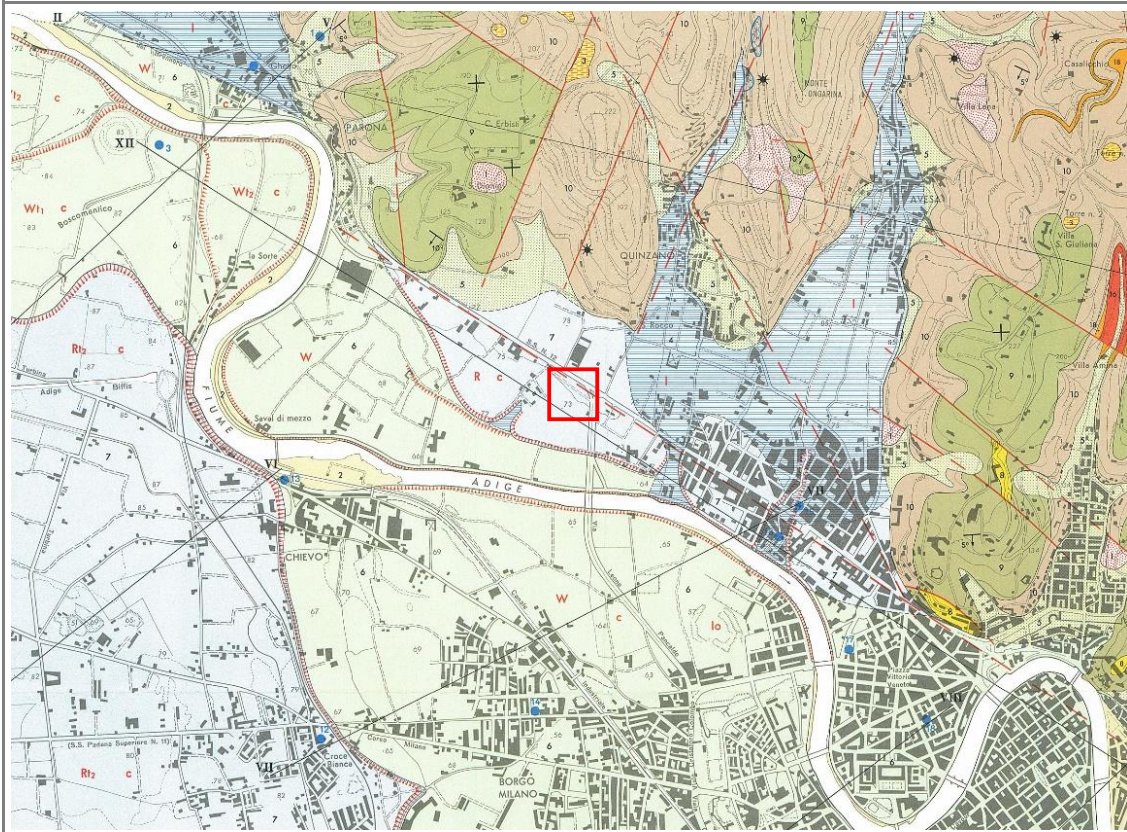
L'assetto litostratigrafico locale rispecchia il percorso evolutivo in precedenza esposto. In generale, in ragione della natura del trasporto fluviale, è venuta a determinarsi una progressiva diminuzione granulometrica dei depositi procedendo dalla parte apicale del *megafan* (Alta Pianura), caratterizzata da granulometrie prevalentemente grossolane (ghiaie ciottolose in matrice sabbiosa), verso la parte più distale dello stesso (Media e Bassa Pianura), caratterizzata viceversa da terreni più fini (da sabbiosi a limosi e argillosi).

Va inoltre sottolineato come la vicinanza con i rilievi collinari abbia favorito l'interferenza tra l'azione deposizionale del fiume Adige, quella dei corsi d'acqua provenienti dalle valli lessinee e dinamiche di versante. Il sottosuolo dell'area di studio è infatti interessato dalla presenza di alcuni livelli limoso – argillosi dotati di una buona continuità laterale intercalati ai depositi grossolani dell'Adige, il più superficiale dei quali si colloca ad una profondità di alcune decine di metri dal piano campagna, mentre superficialmente non è raro riscontrare la presenza di depositi ascrivibili a contributi colluviali derivati dai limitrofi versanti collinari.

Con specifico riferimento al sito di studio ed all'estratto cartografico riportato in Fig. 8 alla pagina seguente, il primo sottosuolo dell'area di futuro intervento risulta costituito da alluvioni terrazzate fluvio-glaciali e fluviali dell'antica conoide dell'Adige, ghiaiose e ciottolose con strato di alterazione superficiale.



Fig. 8. Estratto fuori scala dalla “Carta geologica del territorio del Comune di Verona” scala originaria 1:20.000. In rosso l'area di studio.



DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

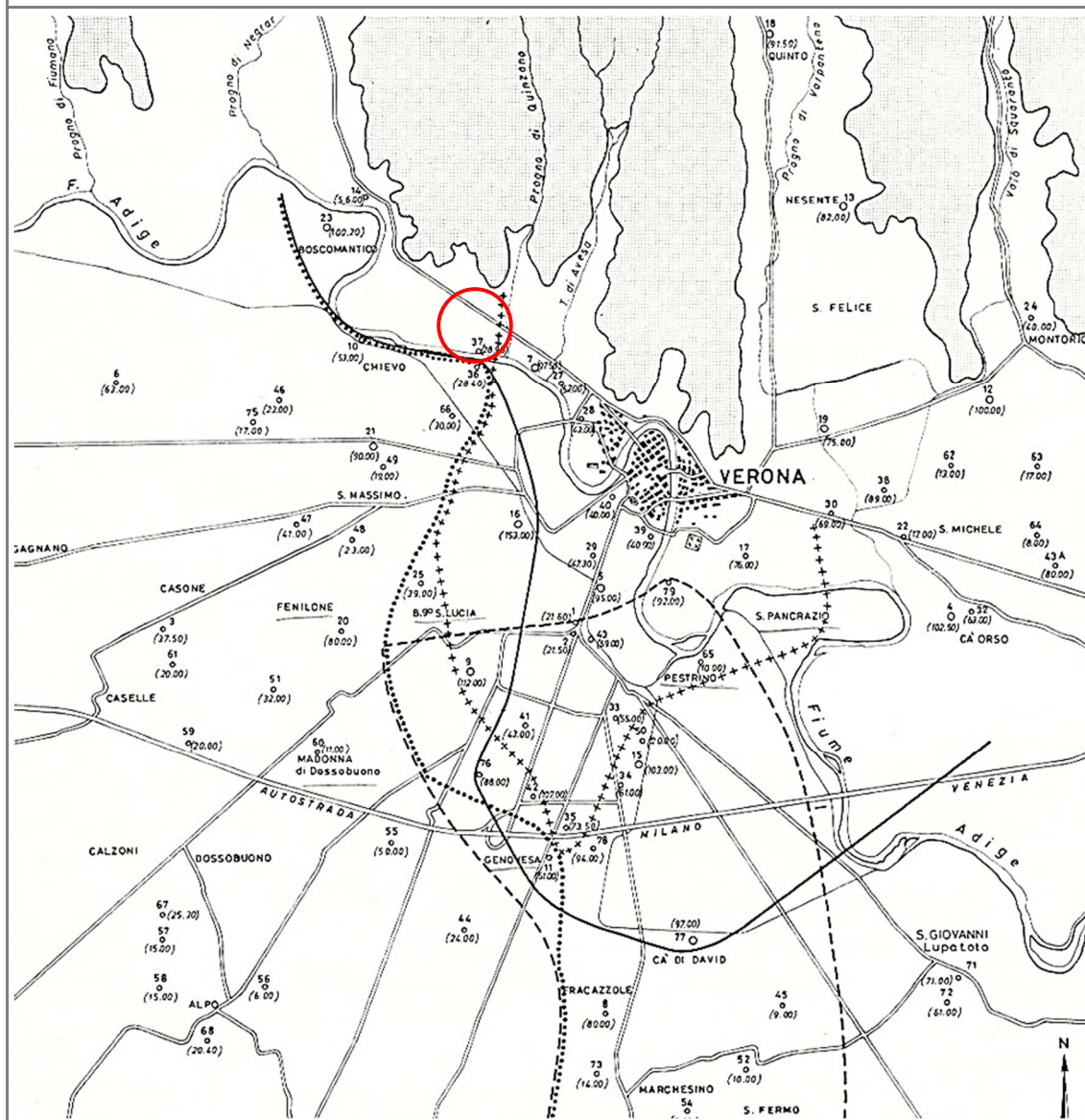
-  2 – Alluvioni prevalentemente sabbioso – limose, attuali e recenti, dell'Adige modellate nell'alveo würmiano
-  4 – Alluvioni di fondovalle prevalentemente: limose (l), ghiaiose e ciottolose (c)
-  5 – Depositi colluviali prevalentemente siltoso - argillosi delle vallette laterali che si raccordano con le alluvioni di fondovalle. Depositi colluviali prevalentemente fini delle vallette sospese. Depositi colluviali prevalentemente fini delle fasce pedecollinari, talora con scheletro detritico grossolano, prevalentemente in funzione della natura litologica del versante.
-  6 – Alluvioni terrazzate fluvioglaciali e fluviali dell'antica conoide dell'Adige, limose (l), sabbiose (s), ghiaiose e ciottolose (c) con limitata alterazione superficiale. Wt1 = terrazzo alto; Wt2 = terrazzo basso; lo = copertura di loess. WÜRM (W)
-  7 – Alluvioni terrazzate fluvioglaciali e fluviali dell'antica conoide dell'Adige, sabbiose (s), ghiaiose e ciottolose (c), superficialmente alterate. Rt1 = terrazzo alto; Rt2 = terrazzo basso. RISS (R)
-  10 – Calcarei nummulitici, calcareniti, calcari ad alghe, coralli e molluschi, di colore bianco - giallastro ben stratificati. Eocene medio - Eocene inferiore p.p.
-  faglie accertate e presunte
-  orlo di terrazzo in depositi fluvioglaciali e fluviali

Per quanto riguarda la ricostruzione dell'assetto stratigrafico in profondità, si è fatto specifico riferimento ai risultati di indagini pregresse, nonché alle stratigrafie di pozzi e sondaggi riportate nelle fonti bibliografiche e cartografiche consultate.



Come anticipato in precedenza e rappresentato nell'estratto cartografico riportato nella figura seguente, i depositi alluvionali prevalentemente grossolani che caratterizzano l'ambito di studio risultano interrotti in profondità dalla presenza di alcuni livelli fini argilloso – limosi dotati di una certa continuità laterale procedendo verso la porzione orientale della città di Verona. Dotato di potenza metrica, il primo di tali orizzonti fini è riscontrabile nell'ambito di studio a partire da una profondità di 15 ÷ 20 metri di profondità da p.c.

Fig. 9. Estratto fuori scala dalla “Carta della distribuzione areale dei livelli argillosi” tratta da “Ricerche idrogeologiche e litostratigrafiche nell’alta pianura alluvionale del Fiume Adige”, A. Dal Prà, R. Antonelli, 1977, con indicata in rosso l’area di studio.



- limite I livello argilloso
- — — limite II livello argilloso
- — — limite III livello argilloso
- + + + limite IV livello argilloso
- 45
O
(9.00)
ubicazione della stratigrafia e profondità raggiunta
- 77
O
(97.00)
area con più stratigrafie ravvicinate
- rilievo montuoso



Alla luce di quanto precedentemente esposto e dei dati d'archivio, è stato possibile ricostruire il seguente modello geologico di riferimento per l'area d'interesse progettuale:

UNITÀ GEOLOGICA	SPESSORE	DESCRIZIONE LITOLOGICA
L	decimetrico ÷ metrico	LIMO CON GHIAIA ARGILLOSO E SABBIOSO di color bruno. Di natura prevalentemente calcarea, i clasti mostrano generalmente dimensioni da centimetriche a decimetriche, medio - basso grado di sfericità e spigoli poco arrotondati. Deposito probabilmente in parte superficialmente rimaneggiato per scopi agrari, tendenzialmente da poco a mediamente addensato.
G	metrico	GHIAIA CON CIOTTOLI SABBIOSO - LIMOSA di color nocciola - marrone. Poligenici, i clasti presentano dimensioni variabili da centimetriche a decimetriche, medio grado di sfericità e spigoli mediamente arrotondati. Deposito in giacitura naturale, dotato di medio grado di addensamento.

Con riferimento alla tabella di cui sopra si sottolineano di seguito le seguenti considerazioni:

- il modello geologico di riferimento risulta costituito da due unità, dotate di buona continuità laterale;
 - il primo sottosuolo in corrispondenza del sito di studio risulta caratterizzato dalla presenza di un orizzonte limo ghiaioso debolmente argilloso e sabbioso dotato, di spessore variabile da decimetrico a metrico (unità "L"), sottostante un deposito costituito da ghiaia con ciottoli sabbioso - limosa di spessore plurimetrico (unità "G");
 - le informazioni a carattere bibliografico e cartografico consultate, unitamente a dati d'archivio, indicano come la continuità verticale dei depositi prevalentemente ghiaiosi sia interrotta da un primo orizzonte di potenza metrica a composizione fine solamente a partire da 15 ÷ 20 metri di profondità da p.c.;
 - dato lo stato attuale dei luoghi non è possibile escludere la presenza in superficie, nella porzione Sud orientale dell'area di intervento, di materiale rimaneggiato/riportato, in ragione dell'esistenza di alcuni manufatti in disuso.
- ® Da un punto di vista geologico e geomorfologico in corrispondenza del sito di studio non sono riscontrabili né evidenze che indichino situazioni di particolare criticità né fenomeni di dissesto in atto, quiescenti o in evoluzione, che possano coinvolgere il sito in esame. Si ritiene che il progetto in esame non comporti modifiche che possano incidere sulla stabilità locale dei luoghi.

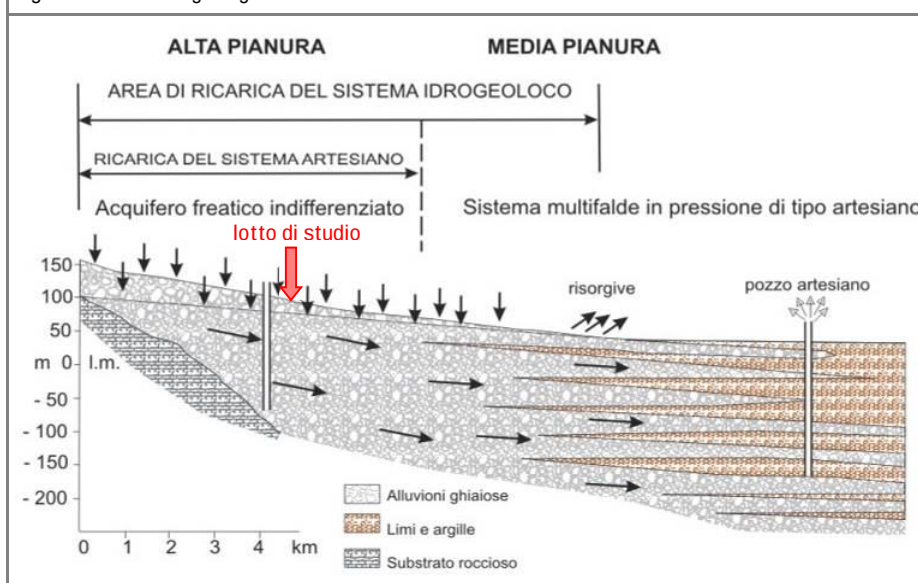
4.3 inquadramento idrogeologico e idrografico

La suddivisione della pianura veronese precedentemente fornita su base litostratigrafica viene riproposta nel seguito da un punto di vista idrogeologico (v. Fig. 10 alla pagina seguente):

- SETTORE COLLINARE. 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.
- ALTA PIANURA. L'Alta pianura è sede di un acquifero freatico indifferenziato con direzione di deflusso circa 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.
- MEDIO - BASSA PIANURA. Ambiente litologicamente caratterizzato da alternanze di orizzonti continui limo – argillosi e strati permeabili, e per questo 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.



Fig. 10. Schema idrogeologico della Pianura Veronese.



Il limite fra l'Alta e la Medio – Bassa Pianura è segnato dal limite superiore della fascia delle risorgive, cioè la zona entro cui la superficie piezometrica intercetta quella topografica con conseguente venuta a giorno della falda freatica. In corrispondenza di tale fascia si origina un fitto sistema idrografico costituito dai fiumi di risorgiva che, nel corso del Quaternario, hanno contribuito alla formazione della struttura sedimentaria della Media e Bassa Pianura.

Il sito di studio ricade come visto in corrispondenza dell'Alta Pianura, dove lo spesso materasso alluvionale costituito da depositi ghiaiosi e sabbiosi rappresenta 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 quest'area, tale complesso viene alimentato principalmente da Nord ad opera dei deflussi sotterranei provenienti dai Lessini, nonché dalle dispersioni subalveo del Fiume Adige e dalle precipitazioni piovose che ricaricano direttamente il sistema indifferenziato dell'Alta Pianura veronese.

Per quanto riguarda l'assetto freaticometrico dell'area in esame si rimanda alla Fig. 11 di cui alla seguente da cui emerge come in corrispondenza del sito di studio (quota altimetrica 73 ÷ 76 m s.l.m.m.) la superficie piezometrica si attesti in periodo di morbida ad una quota compresa tra 51 e 52 m.s.l.m., garantendo quindi un franco decametrico rispetto al piano campagna, confermato dai dati freaticometrici relativi ai pozzi presenti nelle vicinanze del sito di studio.

Per completezza in Fig. 12 alla pagina seguente si riporta un estratto dalla mappa idrogeologica della Pianura (mappa n. 290) consultabile sul portale SIGI del Comune di Verona. Derivante dall'interpolazione di dati acquisiti nel corso di una campagna di rilievo eseguita tra agosto e settembre dell'anno 2017, tale cartografia mette in luce come in corrispondenza dell'area d'interesse la falda freatica si attesti ad una profondità di 50 m ca. s.l.m.m. confermando pertanto la significativa soggiacenza dal piano campagna. È doveroso sottolineare come i dati riportati nella cartografia siano peraltro da ritenersi cautelativi, considerando l'approfondimento subito dalla falda nella regione a causa dell'intensivo e sempre crescente sfruttamento della risorsa idrica per scopi prevalentemente civili. Dalla ricostruzione dell'andamento delle isofreatiche è infine possibile osservare come l'area di studio sia caratterizzata da un generale deflusso sotterraneo con direzione Nord Ovest – Sud Est e gradiente idraulico prossimo ad un valore del 1‰ ca.

Fig. 11. Estratto fuori scala dalla "Carta idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige" (Dal Prà e De Rossi, 1989). I numeri a fianco ai punti blu (pozzi) e delle linee blu (isofreatiche) indicano la quota sul livello del mare della superficie della falda, misurata nel 1986. In rosso l'ubicazione del sito di intervento.

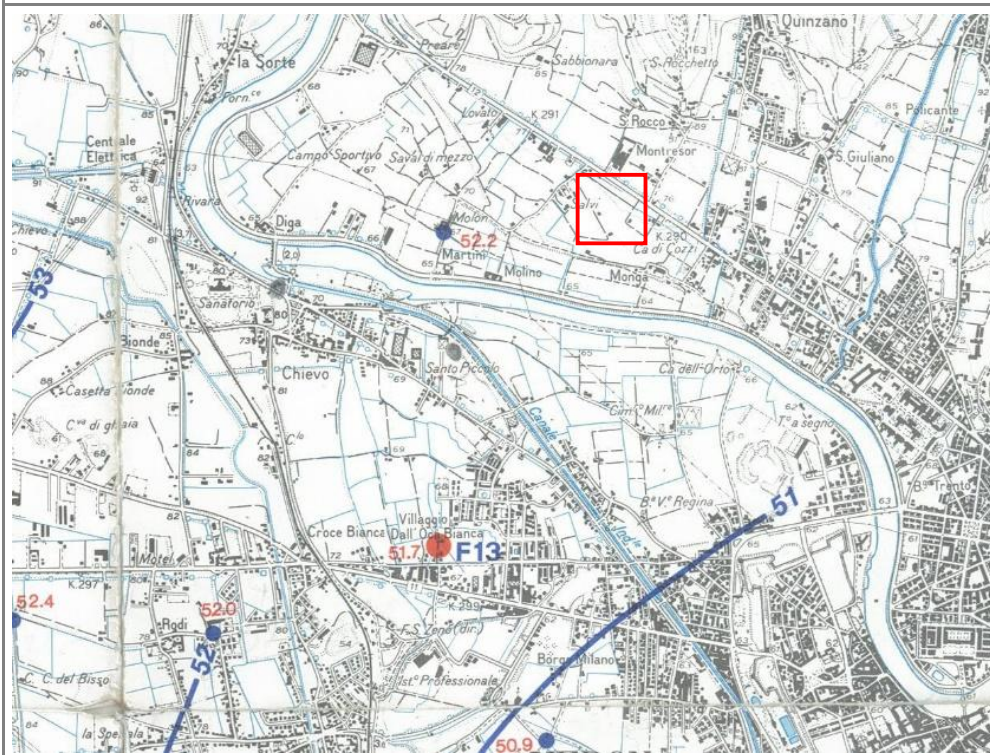
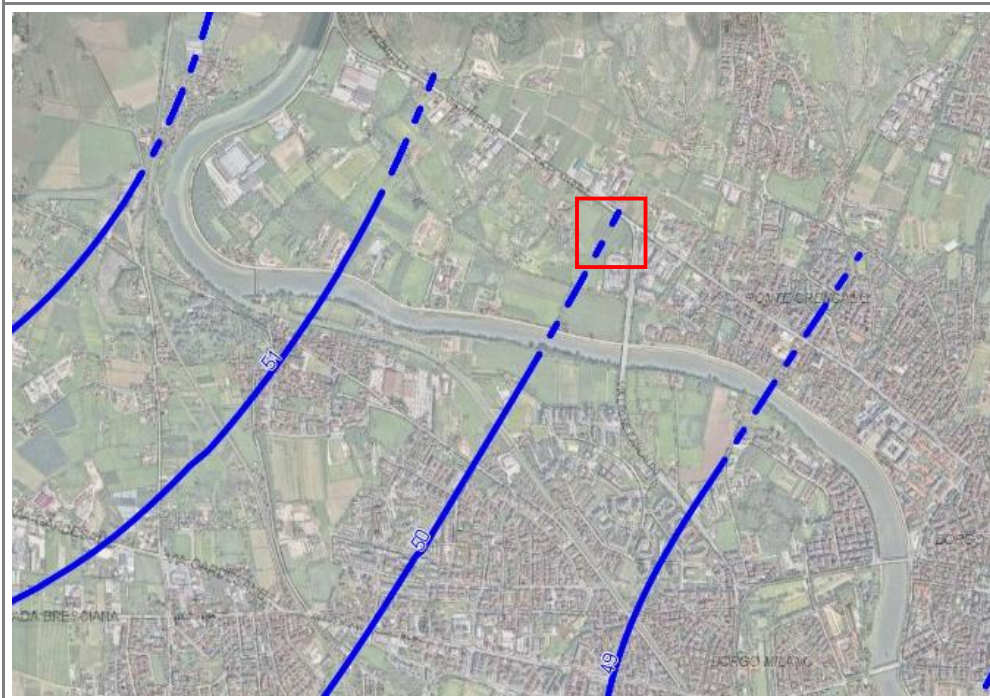


Fig. 12. Estratto da portale SIGI (mappa n. 290) del Comune di Verona rappresentante l'assetto freaticometrico derivante dai dati raccolti nel 2017.

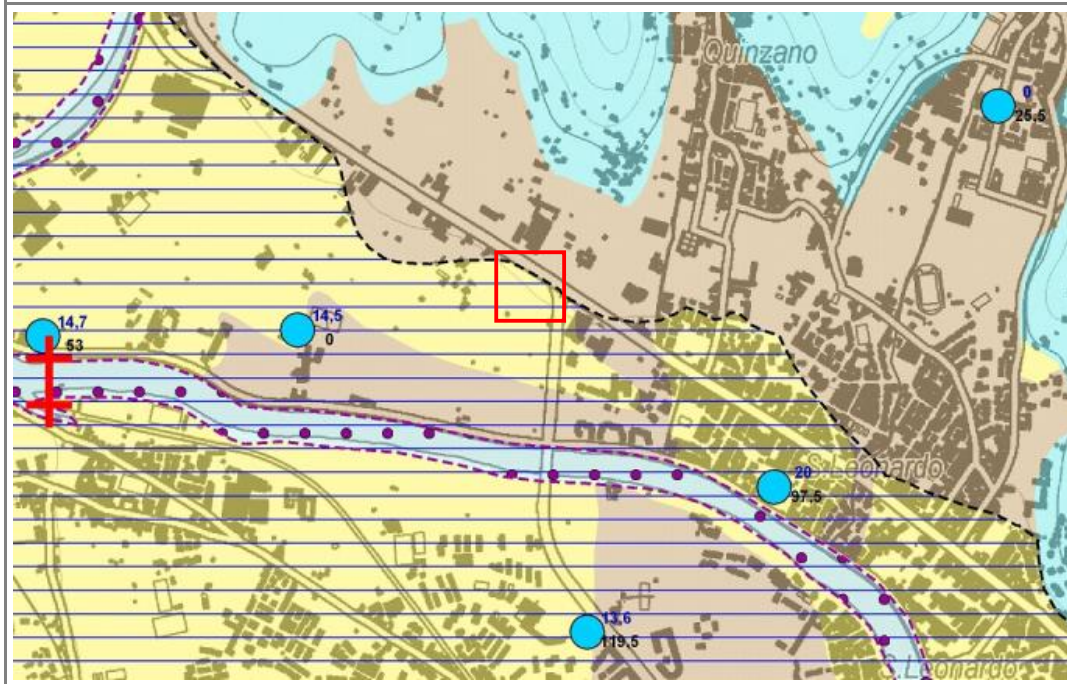


- ® Alla luce dell'assetto idrogeologico sopra ricostruito, si ritiene che l'intervento in esame non interferirà direttamente con la falda freatica né andrà ad influire sulle attuali condizioni del deflusso sotterraneo.



Per quanto concerne la permeabilità del primo sottosuolo si fa riferimento alla “*Carta delle Particolarità Idrogeologiche*” del P.T.P. (v. figura seguente) da cui emerge la presenza di sedimenti con un grado di permeabilità generalmente elevato per porosità, legato pertanto alla buona capacità drenante dei terreni ghiaioso – sabbiosi subaffioranti nell’area di intervento, nonché stimabile nell’ordine di 10^{-4} m/s.

Fig. 13. Estratto dalla “*Carta delle Particolarità Idrogeologiche*” (Tav. “123 SE”) del P.T.P. della Provincia di Verona. In rosso l’ubicazione del sito di studio.



permeabilità generalmente alta per porosità

permeabilità medio - bassa per porosità

terreni caratterizzati da elevata permeabilità per fratturazione e carsismo in rocce prevalentemente calcaree e/o dolomitiche



pozzo freatico principale e/o sondaggio geognostico [profondità falda (m) / profondità pozzo sondaggio (m)]



ambiti di pianura ad elevata vulnerabilità idrogeologica



ambiti fortemente soggetti ad esondazione

Da un punto di vista idrografico (v. Fig. 14 alla pagina seguente), il fiume Adige rappresenta l’elemento di maggior rilevanza e scorre con direzione Ovest - Est ad una distanza di 440 m ca. a Sud rispetto al sito di studio. Si segnala inoltre il progno di Quinzano che, posto ad una distanza minima dal sito di studio di 350 m ca. in direzione Est, confluisce infine nell’Adige risultandone pertanto immissario di sinistra idrografica. Nell’area si riconoscono inoltre elementi idrografici minori a gestione consortile (scoli, fossi, ecc...), funzionali alle pratiche irrigue.

Dal punto di vista amministrativo, il sito di studio rientra infine nell’ambito del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, nel bacino del fiume Adige, e non ricade fra le aree a pericolosità idraulica né fra quelle a dissesto idrogeologico individuate dal Piano di Gestione del Rischio da Alluvioni (P.G.R.A.).



Fig. 14. Estratto da Google Earth con evidenziata la rete idrografica principale (in *blu* ed *azzurro*) e della rete secondaria a gestione consortile (in *giallo*) presente in corrispondenza del sito oggetto di intervento (in *rosso*).



- ® Il sito d'intervento non si inserisce entro vallecicole o zone di concentrazione privilegiata delle acque meteoriche e si pone inoltre all'esterno di aree potenzialmente inondabili. Pur in assenza di riscontri diretti, si ritiene che in corrispondenza del sito di studio il deflusso superficiale delle acque di corrivazione avvenga in modo apparentemente uniforme ed in maniera diffusa senza la formazione di specifiche direzioni di scorrimento, ristagni idrici o difficoltà di drenaggio anche in ragione della granulometria prevalentemente grossolana dei terreni presenti. Detto ciò, il presente studio è finalizzato a quantificare il volume minimo di invaso da garantire per poter assicurare condizioni di invarianza idraulica a seguito delle trasformazioni previste da progetto.



5 INDICAZIONI NORMATIVE

Nel redigere il presente elaborato si è fatto riferimento alla normativa regionale che con la D.G.R.V. n. 2948/2009 (L. 3 agosto 1998, n. 267 - Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica delle delibere n.1322/2006 e n. 1841/2007 in attuazione della sentenza del Consiglio di Stato n. 304 del 3 aprile 2009) ed il relativo Allegato A definisce quattro classi sulla base di soglie dimensionali legate all'estensione superficiale dell'area d'intervento:

CLASSE DI INTERVENTO	DEFINIZIONE
TRASCURABILE IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
MODESTA IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE	intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
SIGNIFICATIVA IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE	intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $imp < 0,3$
MARCATA IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE	intervento su superfici superiori a 10 ha con $imp > 0,3$

Nel valutare gli effetti dell'intervento di trasformazione si fa quindi riferimento a differenti criteri in relazione alla classe d'intervento considerata e caratterizzati da un livello di approfondimento crescente. In particolare, in caso di:

- trascurabile impermeabilizzazione potenziale è sufficiente adottare buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi;
 - modesta impermeabilizzazione oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro $f = 200$ mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro;
 - significativa impermeabilizzazione andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico, così da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione;
 - marcata impermeabilizzazione è richiesta la presentazione di uno studio di dettaglio molto approfondito.
- ® In ragione di quanto sopra, l'area in esame (1,9 ha ca.) ricade nella casistica a significativa impermeabilizzazione potenziale.



6 ANALISI IDROLOGICA

Per la caratterizzazione idrologica dell'area, la normativa prescrive che si faccia riferimento alle curve di possibilità pluviometrica caratteristiche della zona di studio, per diverse durate di precipitazione e per eventi con un determinato tempo di ritorno T_R . I dati pluviometrici che definiscono il legame tra l'altezza di pioggia h e la durata di precipitazione t si esprimono in genere attraverso una curva di possibilità pluviometrica (CPP).

Nel caso specifico è stata considerata una curva a tre parametri secondo la seguente forma:

$$h = \frac{a \times t}{(t + b)^c}$$

dove: h = altezza di pioggia (mm); a , b , c = parametri; t = durata della precipitazione (ore)

Nel caso specifico sono stati considerati i valori massimi delle altezze di pioggia registrate da ARPAV alla stazione di Villafranca di Verona attiva dal 1991 al 2014 ed elaborati al fine di ottenere i seguenti parametri di possibilità pluviometrica per vari tempi di ritorno T_R , come riportato nell'elaborato *"Park Ovest – PFTE – GEN.RE.03.0 – Relazione idrologica idraulica"*.

T_R	a	b	c
2	31,331	0,053	0,764
5	45,349	0,077	0,796
20	63,730	0,096	0,820
50	75,414	0,104	0,830
100	84,216	0,109	0,836
200	92,968	0,113	0,841

Secondo normativa è stato quindi considerato per l'evento critico un tempo di ritorno T_r di 50 anni. La curva di possibilità pluviometrica considerata in queste ipotesi è quindi:

$$h = \frac{75,414 \times t}{(t + 0,104)^{0,830}}$$



7 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'INTERVENTO

La valutazione degli effetti dell'intervento sull'area di progetto riguarda prima di tutto la trasformazione dell'uso del suolo da esso attuata. Nel seguito verranno quindi analizzate le variazioni in termini di impermeabilizzazione delle superfici e di criticità idraulica del territorio. Il modello di calcolo utilizzato per l'analisi afflussi - deflussi idraulici nell'area, ai fini della stima delle portate di piena, è il *metodo razionale*.

7.1 trasformazioni delle superfici in termini di impermeabilizzazione

Al fine di valutare l'eventuale incremento di impermeabilizzazione, è stata innanzitutto schematizzata la variazione d'uso dell'area esaminata sulla base di quanto ipotizzabile dalle tavole di progetto:

TIPOLOGIA	SUP. STATO ATTUALE (m ²)	SUP. STATO DI PROGETTO (m ²)
agricola	11.975	-
permeabile	6.845	6.685
semipermeabile	-	4.735
impermeabile	270	7.670
TOTALE	19.090	19.090

- Ⓔ Rispetto allo stato attuale l'intervento comporterà un incremento potenziale delle superfici impermeabili e semipermeabili che passano da 1 % a 65 % ca.

Il livello di permeabilità delle superfici viene espresso attraverso il *coefficiente di deflusso j*, indice del volume meteorico efficace ai fini del deflusso. I valori di *j* vengono convenzionalmente assunti come indicato dall'allegato A alla D.G.R.V. n. 2948 e come esposto nella tabella seguente.

SUPERFICIE	j
aree agricole	0,10
superfici permeabili (aree verdi)	0,20
superfici semipermeabili (grigliati drenanti, strade in terra battuta, ecc.)	0,60
superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali, ecc.)	0,90

Nel presente studio, con riferimento alla schematizzazione sopra riportata, le superfici (attuali e di progetto) sono state cautelativamente caratterizzate come di seguito esposto:

SUPERFICIE	j	DESCRIZIONE AREA CONSIDERATA
aree agricole	0,10	stato attuale: aree interessate da colture stato di progetto: non sono state considerate aree agricole
sup. permeabili	0,20	stato attuale: aree verdi incolte stato di progetto: aiuole e sistemazioni a verde
sup. semipermeabili	0,60	stato attuale: non sono state considerate aree semipermeabili stato progetto: stalli in grigliato
sup. impermeabili	0,90	stato attuale: modesti manufatti oggetto di futura demolizione presenti nella porzione Sud orientale dell'area d'intervento stato di progetto: viabilità, aree di manovra ed altre superfici destinate a servizi



L'influenza delle singole superfici S_i in funzione della specifica destinazione d'uso viene computata attraverso una media ponderata dei coefficienti di deflusso j_i :

$$j = \frac{\sum j_i S_i}{S_{tot}}$$

- ® Eseguendo i calcoli con i valori sopra specificati si ottengono dei valori del coefficiente di deflusso ponderato pari a 0,1 per quanto riguarda lo stato attuale e 0,6 per lo stato di progetto.

7.2 criticità idrauliche e portate di deflusso

Come già descritto in precedenza (cfr. Par. 4.3), nell'area di interesse non si evidenziano specifiche criticità di tipo idraulico a livello territoriale.

In linea generale, la valutazione del livello d'incremento di criticità idraulica del territorio determinato dagli interventi in progetto viene solitamente condotta in base all'analisi afflussi – deflussi prima e dopo la realizzazione delle opere. La differenza dei deflussi antecedenti e conseguenti gli interventi rappresenta l'incremento di portata determinato dagli effetti delle modifiche previste dal progetto.

Il valore della portata massima e l'avvio del processo di esaurimento della piena sono legati al rapporto esistente tra la durata t della precipitazione ed il tempo di corrivazione τ_c . Quest'ultimo fattore (τ_c) equivale al tempo necessario perché la goccia d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino stesso e viene valutato considerando l'assenza di interferenza nel deflusso della goccia con altre particelle d'acqua. Assumendo un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione, tutto il bacino scolante contribuisce alla formazione della portata.

Il tempo di corrivazione, nel caso di piccoli bacini, può essere calcolato attraverso la formula di Ventura:

$$t_c \text{ (ore)} = 0,1272 \sqrt{A_b / i_m}$$

dove: A_b è l'area del bacino in km² i_m è la pendenza media del bacino (considerata pari a 0,005).

Alla luce dell'assetto morfologico dell'area di studio, il tempo di corrivazione allo stato attuale risulta di circa 15 min che, in corrispondenza dell'evento critico, fornisce un'altezza di pioggia di 45 mm ed un'intensità di pioggia i di circa 180 mm/ora. Tali valori sono stati considerati validi anche allo stato di progetto per il quale, ricadente come tipologia nei bacini artificiali, il tempo di corrivazione t_c può essere valutato, in prima approssimazione, come somma di due termini:

$$t_c \text{ (ore)} = t_i + t_r$$

ove:

- t_i tempo di ingresso, cioè il tempo che impiega la particella d'acqua a giungere alla più vicina canalizzazione scorrendo in superficie
- t_r tempo di trasferimento lungo i canali della rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura (normalmente che esso si possa calcolare sulla base della velocità di moto uniforme dell'acqua nelle canalizzazioni – pari a 1 m/s –, ipotizzate piene ma non in pressione)



Per la determinazione dei valori di t_i si può far uso della tabella di Fair del 1966:

DESCRIZIONE DEL BACINO	t_i [min]
centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e frequenti caditoie stradali	< 5
centri commerciali con pendenze modeste e caditoie stradali meno frequenti	10 - 15
aree residenziali estensive con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	20 - 30

Il calcolo della portata defluente viene effettuato attraverso la formula:

$$Q = \frac{i \times A \times j}{360} [m^3 / s]$$

con: i = intensità di pioggia in mm/ora; A = superficie scolante in ha; j = coefficiente di deflusso

A parità di intensità, il contributo idrico dell'area allo stato attuale è pari a 140 l/s mentre a seguito degli interventi progettuali la portata di deflusso è di 553 l/s. L'incremento dell'apporto idrico dovuto alle modifiche previste è quindi pari a 413 l/s e richiede pertanto l'adozione di misure compensative necessarie per non alterare l'attuale equilibrio idraulico.

Il coefficiente udometrico (rapporto fra la portata di deflusso e la superficie espressa in ettari) risulta nel caso attuale pari a circa 73 l/s per ettaro mentre nella configurazione di progetto sale a circa 290 l/s per ettaro, indice di una condizione fortemente urbanizzata.

Per la successiva definizione delle necessarie misure compensative che andranno a mitigare l'incremento di impermeabilizzazione e conseguentemente di portata di deflusso prodotti dall'intervento, sulla base delle indicazioni degli Enti preposti alla tutela idraulica del territorio è stato ipotizzato un valore di coefficiente udometrico pari a 10 l/s per ettaro. Secondo il principio dell'invarianza idraulica, le misure compensative andranno quindi valutate considerando un valore costante del coefficiente udometrico pari a 10 l/s ha.

8 PROPOSTA DI MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

Per rispettare il principio dell'invarianza idraulica, si rendono necessarie idonee misure compensative per l'attenuazione del rischio idraulico. Tali misure, in linea generale, vengono indicate dalla normativa nella predisposizione di volumi di invaso finalizzati a garantire che la portata di deflusso rimanga costante fra lo stato antecedente e quello successivo alla realizzazione delle opere di progetto.

Considerando le trasformazioni urbanistiche previste, per garantire l'invarianza idraulica si propone una valutazione del volume compensativo calcolato sulle effettive caratteristiche idrologiche, di impermeabilizzazione e di geometria del sito oggetto di studio. In tal senso calcolando per il tempo di precipitazione, il valore del volume affluito, il volume scaricato nel corpo recettore e, per differenza tra i due, il volume che è necessario invasare, è possibile determinare il valore necessario alla laminazione dell'evento considerato, ricercando il massimo della curva dei volumi di invaso al variare del tempo di precipitazione. Il valore dell'invaso così ottenuto rappresenta quindi il massimo per l'evento meteorico col periodo di ritorno considerato.



Come già accennato precedentemente, la definizione dei volumi d'acqua da invasare al fine di mitigare l'incremento di impermeabilizzazione prodotto dalla realizzazione dell'intervento in progetto è stata effettuata adottando il metodo razionale che si basa sulle seguenti ipotesi di calcolo:

- piogge con un determinato tempo di ritorno T_R generano portate al picco di identico tempo di ritorno;
- a parità di tempo di ritorno T_R , la portata al colmo maggiore è quella determinata dall'evento di pioggia di durata pari al tempo di corrvazione t_c (che diventa quindi tempo critico);
- la portata al colmo Q determinata da una pioggia di intensità costante e durata t_c è proporzionale al prodotto dell'intensità di pioggia ragguagliata all'area e dell'area del bacino S , attraverso il coefficiente di deflusso j .

Valido per bacini di piccola estensione, tale metodo fornisce pertanto la seguente formula per la determinazione della portata di picco per un assegnato tempo di ritorno:

$$Q = \frac{S \times j \times h}{t} [m^3 / s]$$

con: h altezza di pioggia corrispondente alla durata (ricavata attraverso analisi della curva di possibilità pluviometrica per un tempo di precipitazione pari al tempo di corrvazione considerato);
 S superficie del bacino scolante in ha
 j coefficiente di deflusso
 t tempo di corrvazione

Il volume da invasare viene determinato quindi calcolando il valore massimo della differenza tra il volume in ingresso e quello in uscita:

$$DV = V_i(t) - V_u(t) [m^3]$$

ove: $V_i [m^3] = Q_i \times t = S \times j \times h(t) [m^3]$ $V_u [m^3] = Q_u \times t = S \times u \times t$ (con u = coefficiente udometrico)

Il problema si riconduce quindi al calcolo del massimo di una funzione ovvero, eguagliando a zero la derivata prima di ΔV e risolvendo rispetto a t .

$$t_{Vmax} = \frac{Q_u}{S \times j \times a \times n^{\frac{1}{n}} \times \frac{1}{n}} [ore]$$

ottenendo pertanto il volume massimo da invasare come:

$$V_{max} = S \times j \times a \times \frac{Q_u}{S \times j \times a \times n^{\frac{1}{n}} \times \frac{1}{n}} - Q_u \times \frac{Q_u}{S \times j \times a \times n^{\frac{1}{n}} \times \frac{1}{n}} [m^3]$$

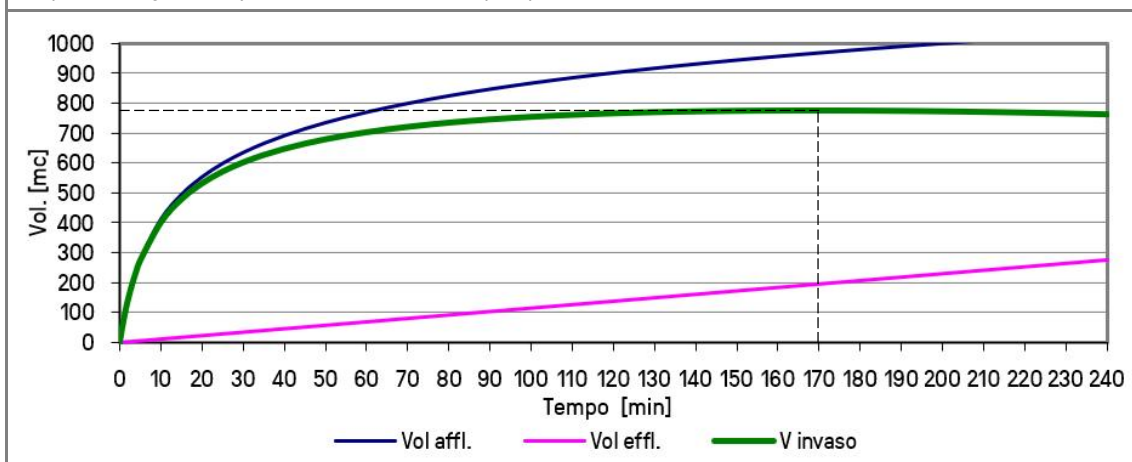
La portata in uscita (Q_u) viene quindi determinata come rapporto dell'estensione della superficie del bacino scolante per il coefficiente u (coefficiente udometrico) che rappresenta un valore di portata specifica da considerarsi quale limite massimo e costante della portata in uscita.



Nel caso specifico, assumendo una portata di scarico (coefficiente udometrico) costante e pari a 10 l/s ha (valore scelto sulla base delle indicazioni dell'Consorzio di Bonifica Veronese), corrispondente ad una portata complessiva per il lotto di circa 19,09 l/s ed adottando la curva pluviometrica indicata in precedenza, dall'analisi dei dati e dei grafici risultanti dall'elaborazione si evince che il volume di invaso minimo necessario risulta pari a 773 m³ (405 m³/ha ca.).

Tale valore corrisponde nello specifico al picco della curva del volume di invaso, raggiunto per un evento meteorico critico di 170 minuti di durata, come visibile nel grafico di seguito illustrato, risultato dal tabulato di calcolo (cfr. All. 2 in calce all'elaborato).

Fig. 15. Sviluppo del volume complessivo in ingresso e in uscita dal sistema e del volume di invaso necessario (differenza tra le due precedenti grandezze) in funzione della durata di precipitazione.



Ciò detto, per completare l'analisi, è stato comunque ritenuto opportuno eseguire una verifica del volume d'invaso minimo indicato dal P.A.T. del Comune di Verona, stimato sulla base di valutazioni standardizzate, pari a 487,4 m³ per ogni ettaro di superficie soggetta ad urbanizzazione o ambito di lottizzazione. Trattandosi nel caso in esame di una superficie complessiva di lottizzazione pari a 1,9 ha ca. (19.090 m²), ne deriva quindi un volume di compensazione minimo pari a 930 m³ ca.

Tale valore risulta superiore a quello calcolato in precedenza in virtù di un livello di impermeabilizzazione inferiore rispetto allo *standard* medio considerato nel P.A.T., che in tal senso fornisce nel caso specifico delle indicazioni sensibilmente cautelative circa le misure compensative necessarie.

Nella tabella seguente si riportano pertanto i volumi minimi da garantire, distinguendo destinazioni e tipologie di superficie.

TIPOLOGIA	VOLUME MINIMO DI INVASO (m ³)
sup. permeabile	326
sup. semipermeabile	230
sup. impermeabile	374
TOTALE	930



Considerando che deflusso ed infiltrazione delle acque meteoriche in corrispondenza delle aree a verde avvengano in modo naturale, senza la necessità di realizzare ulteriori misure compensative se non un modesto ribassamento tale da garantire quote topografiche inferiori rispetto a quelle circostanti, il volume di invaso minimo da garantire risulta pari a 605 m³ ca.

- ® La proposta progettuale prevede in tal senso la realizzazione di un bacino disperdente ad impronta quadrata (20 m x 20 m) con volume utile pari a 600 m³ e n. 02 pozzi disperdenti con capacità di invaso pari a 20 ÷ 24 m³ ca. cadauno. Complessivamente, risulta pertanto garantito il volume minimo di invaso richiesto.

Si ritiene infine opportuno evidenziare come la normativa consenta *“in caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10⁻³ m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate”* di *“realizzare sistemi di infiltrazione facilitata in cui convogliare i deflussi in eccesso prodotti dall'impermeabilizzazione. Questi sistemi, che fungono da dispositivi di reimmissione in falda, possono essere realizzati, a titolo esemplificativo, sotto forma di vasche o condotte disperdenti posizionati negli strati superficiali del sottosuolo in cui sia consentito l'accumulo di un battente idraulico che favorisca l'infiltrazione e la dispersione nel terreno. I parametri assunti alla base del dimensionamento dovranno essere desunti da prove sperimentali. Tuttavia le misure compensative andranno di norma individuate in volumi di invaso per la laminazione di almeno il 50% degli aumenti di portata.”*

In ragione di quanto sopra, va da sé che il volume minimo d'invaso risulti garantito anche qualora nel corso dei successivi approfondimenti geognostici venisse verificato un grado di permeabilità dei terreni maggiore di 10⁻³ m/s, tale da consentire il dimezzamento del volume minimo di invaso richiesto.



9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

- Il progetto in esame interesserà un'area prevalentemente agricola di estensione pari a 1,9 ha ca. al fine di realizzare un parcheggio scambiatore in corrispondenza del capolinea Ovest della linea filobus, coordinandosi con altri limitrofi e distinti interventi progettuali (rotatoria LIDL e capolinea filobus).
- Da un punto di vista geologico e geomorfologico in corrispondenza del sito di studio non sono riscontrabili né evidenze che indichino situazioni di particolare criticità né fenomeni di dissesto in atto, quiescenti o in evoluzione, che possano coinvolgere il sito in esame. Si ritiene che il progetto in esame non comporti modifiche che possano incidere sulla stabilità locale dei luoghi.
- Il modello geologico di riferimento risulta rappresentato da un orizzonte di limo con ghiaia argilloso - sabbioso dotato di spessore variabile da decimetrico a metrico (unità "L"), sottostante un deposito costituito da ghiaia con ciottoli sabbioso - limosa di spessore plurimetrico (unità "G"). Nell'area di studio la continuità verticale dei depositi costituenti l'unità "G" risulta interrotta dalla presenza di orizzonti a composizione fine e di potenza metrica, il più superficiale dei quali s'intercetta ad una profondità di 15 ÷ 20 metri da p.c. Dato lo stato attuale dei luoghi non è inoltre possibile escludere la presenza in superficie, nella porzione Sud orientale dell'area di intervento, di materiale rimaneggiato/riportato, in ragione dell'esistenza di alcuni manufatti in disuso.
- Alla luce dell'assetto idrogeologico ricostruito, si ritiene che l'intervento in esame non interferirà direttamente con la falda freatica né andrà ad influire sulle attuali condizioni del deflusso sotterraneo.
- Il sito d'intervento non si inserisce entro vallecicole o zone di concentrazione privilegiata delle acque meteoriche e si pone inoltre all'esterno di aree potenzialmente inondabili. Pur in assenza di riscontri diretti, si ritiene che in corrispondenza del sito di studio il deflusso superficiale delle acque di corrivazione avvenga in modo apparentemente uniforme ed in maniera diffusa senza la formazione di specifiche direzioni di scorrimento, ristagni idrici o difficoltà di drenaggio anche in ragione della granulometria prevalentemente grossolana dei terreni presenti. Detto ciò, il presente studio è finalizzato a quantificare il volume minimo di invaso da garantire per poter assicurare condizioni di invarianza idraulica a seguito delle trasformazioni previste da progetto.
- Date le caratteristiche della trasformazione territoriale in progetto e la curva di possibilità pluviometria assunta come caratteristica per la zona di studio, il volume minimo di invaso da garantire per l'area in esame risulta pari a 773 m³ ca.
- Ciò detto, per completare l'analisi, è stato comunque ritenuto opportuno eseguire una verifica del volume d'invaso minimo indicato dal P.A.T. del Comune di Verona, stimato sulla base di valutazioni standardizzate, pari a 487,4 m³ per ogni ettaro di superficie soggetta ad urbanizzazione o ambito di lottizzazione. Trattandosi nel caso in esame di una superficie complessiva di lottizzazione pari a 1,9 ha ca. (19.090 m²), ne deriva quindi un volume di compensazione minimo pari a 930 m³ ca.
- Considerando che deflusso ed infiltrazione delle acque meteoriche in corrispondenza delle aree a verde avvengano in modo naturale, senza la necessità di realizzare ulteriori misure compensative se non un modesto ribassamento tale da garantire quote topografiche inferiori rispetto a quelle circostanti, il volume di invaso minimo da garantire risulta pari a 605 m³ ca.
- La proposta progettuale prevede in tal senso la realizzazione di un bacino disperdente ad impronta quadrata (20 m x 20 m) con volume utile pari a 600 m³ e n. 02 pozzi disperdenti con capacità di invaso pari a 20 ÷ 24 m³ ca. cadauno. Risulta pertanto garantito il volume minimo di invaso richiesto.
- Fermo restando quanto detto ai punti precedenti, si rimanda in ogni caso alle successive fasi di progettazione per la definizione ed il corretto dimensionamento del sistema di gestione delle acque meteoriche.

- continua -



- segue -

- Si ricorda infine come sarà necessario adottare un adeguato trattamento delle acque derivanti da parcheggi e piazzali nel rispetto delle previsioni del Piano di Tutela delle Acque.

Verona, 31 luglio 2023

Geol. Ilaria Mercì

Geol. Alberto Cò





BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

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 del Territorio (P.A.T.) e Piano degli Interventi (P.I.)
DAL PRÀ A., DE ROSSI P. Carta idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige (1989)
DE ZANCHE V., SORBINI L. Carta geologica del territorio del Comune di Verona (1977)
DISTRETTO IDROGRAFICO DELLE ALPI ORIENTALI Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.)
FONTANA A., MOZZI P., MARCHETTI M. Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps (2014)
PROVINCIA DI VERONA Piano Territoriale Provinciale (P.T.P.)
REGIONE VENETO Piano di Tutela delle Acque (P.T.A.)



ALLEGATO 1

COROGRAFIA IN SCALA 1:5.000





ALLEGATO 2

TABULATO DI CALCOLO MISURE COMPENSATIVE

CALCOLO VOLUME DI INVASO

Definizione curva pluviometrica

a = 75,414
b = 0,104
c = 0,830

Calcolo coeff. deflusso medio

Sup. agricola	Sup. a =	0	[mq]	φ
Sup. permeabile	Sup. p =	6.685	[mq]	0,1
Sup. semipermeabile	Sup. sp =	4.735	[mq]	0,2
Sup. impermeabile	Sup. im =	7.670	[mq]	0,6
				0,9

Coeff. di deflusso medio

φ = 0,6

TOT. Superficie di calcolo

Sup = 19.090 [mq]

Calcolo volume di invaso

Portata scarico vasca

Q out = 19,09 [l/sec]

Coefficiente udometrico

u = 10,00 [l/s ha]

Volume da invasare

V inv = 773,4 [mc]

Volume specifico

V spec = 405,1 [mc/ha]

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	VUOTO
1	3,86	47,54	42,75	0,57	42,18
1	7,27	89,59	80,57	1,15	79,42
2	10,32	127,14	114,34	1,72	112,62
2	13,06	160,94	144,73	2,29	142,44
3	17,81	219,51	197,41	3,44	193,97
4	21,81	268,76	241,69	4,58	237,11
5	25,23	310,95	279,63	5,73	273,90
10	37,19	458,21	412,06	11,45	400,60
15	44,64	550,05	494,65	17,18	477,47
20	49,94	461,53	553,40	22,91	530,49
25	54,01	399,33	598,52	28,64	569,88
30	57,30	353,03	634,95	34,36	600,59
35	60,05	317,12	665,42	40,09	625,34
40	62,41	288,39	691,58	45,82	645,76
45	64,48	264,83	714,47	51,54	662,92
50	66,31	245,13	734,81	57,27	677,54
55	67,97	228,40	753,13	63,00	690,13
60	69,47	214,00	769,78	68,72	701,06
65	70,85	201,46	785,05	74,45	710,60
70	72,12	190,43	799,16	80,18	718,98
75	73,30	180,65	812,26	85,91	726,36
80	74,41	171,91	824,51	91,63	732,88
85	75,45	164,05	836,01	97,36	738,65
90	76,42	156,95	846,84	103,09	743,76
95	77,35	150,49	857,09	108,81	748,28
100	78,23	144,58	866,81	114,54	752,27
105	79,06	139,17	876,07	120,27	755,80
110	79,86	134,18	884,90	125,99	758,90
115	80,62	129,57	893,34	131,72	761,62
120	81,35	125,30	901,43	137,45	763,98
125	82,05	121,32	909,20	143,18	766,03
130	82,72	117,62	916,68	148,90	767,77
135	83,37	114,15	923,88	154,63	769,25
140	84,00	110,90	930,83	160,36	770,47
145	84,61	107,85	937,54	166,08	771,46
150	85,19	104,98	944,04	171,81	772,23
155	85,76	102,27	950,33	177,54	772,79
160	86,31	99,71	956,43	183,26	773,17
165	86,85	97,29	962,36	188,99	773,37
170	87,37	94,99	968,12	194,72	773,40
175	87,87	92,81	973,72	200,45	773,27
180	88,36	90,74	979,17	206,17	773,00
185	88,84	88,76	984,48	211,90	772,58
190	89,31	86,88	989,66	217,63	772,03
195	89,77	85,09	994,71	223,35	771,36

200	90,21	83,37	999,64	229,08	770,56
205	90,65	81,73	1004,47	234,81	769,66
210	91,07	80,16	1009,18	240,53	768,64
215	91,49	78,65	1013,79	246,26	767,53
220	91,90	77,21	1018,30	251,99	766,31
225	92,29	75,82	1022,72	257,72	765,00
230	92,69	74,48	1027,05	263,44	763,60
235	93,07	73,20	1031,29	269,17	762,12
240	93,44	71,96	1035,45	274,90	760,55

