

COMUNE DI VERONA

PROVINCIA DI VERONA

P.U.A. n.55

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI RIQUALIFICAZIONE DI
LOTTO IN LOCALITA' BORGO MILANO (A.T.O. 3) - VIA STURZO -
VIA SCARABELLO

Scheda norma n. 55 - approvata con D.C.C. n.91 del 23.12.2011

IL PROGETTISTA

Arch. Alfonso Bonetti

IL PROPONENTE

Geom. Zanini Gianfranco

Stampato martedì 23 dicembre 2014 08.11

Titolo elaborato

ANALISI DELLA COMPATIBILITA' IDRAULICA

Scala: -

Data: **Dicembre
2014**

Tavola

6b

**Regione del
Veneto**

**Provincia di
Verona**

Comune di Verona

P.U.A. n. 55

**Piano Urbanistico Attuativo
di riqualificazione di un lotto sito
in loc. Borgo Milano (A.T.O. 3),
via Sturzo – via Scarabello**

Scheda norma n. 55 – approvata con D.C.C. 91 del 23.12.2011

Tavola 6B
Valutazione di Compatibilità Idraulica
Relazione

Art. 44 comma 2 e Art. 156 comma 13 Norme Tecniche Operative P.I. Comune di Verona



Dott. Geol. Silvia Daleffe

Ordine dei Geologi della Regione Veneto n. 413



Silvia Daleffe

Grisignano di Zocco, 29 Ottobre 2014

Indice

- 1 PREMESSA
- 2 COROGRAFIA
- 3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO
 - 3.1 DESCRIZIONE DELL'AREA: LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI, SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA E IDROGEOLOGIA
- 4 CAMPAGNA GEOGNOSTICA – METODOLOGIA E RISULTATI
 - 4.1 RILIEVI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO
 - 4.2 INDAGINI DIRETTE
 - 4.3 INDAGINI IN AREE CONTERMINI
 - 4.4 VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITÀ
 - 4.5 RISULTATI E CONSIDERAZIONI SUL MODELLO GEOLOGICO
- 5 INQUADRAMENTO DELL'AREA OGGETTO DI TRASFORMAZIONE
 - 5.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO E DELLO STATO DEI LUOGHI
 - 5.2 DESCRIZIONE DELLE TRASFORMAZIONI DELLE SUPERFICI IN TERMINI DI IMPERMEABILIZZAZIONE
- 6 MISURE COMPENSATIVE
 - 6.1 DEFINIZIONE DEL VOLUME DI INVASO
 - 6.2 PROPOSTA DI MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO
- 7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

1 Premessa

Lo studio di compatibilità idraulica analizza l'alterazione del regime idraulico a seguito di nuove previsioni urbanistiche ed individua idonee misure compensative: la presente relazione viene redatta al fine di fornire la caratterizzazione geologica ed idrogeologica dei terreni presenti in un'area sita tra via Sturzo e via Scarabello nel comune di Verona, oggetto di riqualificazione, per individuare le misure più idonee per mantenere costante il coefficiente udometrico secondo il principio dell'invarianza idraulica: il P.U.A. in esame occupa una superficie di 3805 mq, dei quali 1868 saranno utilizzati per la realizzazione di un'area residenziale costituita da due lotti, ed i restanti per la creazione di aree a verde, percorsi pedonali, viabilità e parcheggi.

Lo scopo fondamentale dello studio di compatibilità idraulica è quello di far sì che le valutazioni urbanistiche tengano conto dell'attitudine dei luoghi ad accogliere le nuove edificazioni, considerando le interferenze che queste hanno con i dissesti idraulici presenti e potenziali, nonché le possibili alterazioni del regime idraulico conseguenti a cambi di destinazione o a trasformazioni di uso del suolo. In sintesi lo studio idraulico deve verificare l'ammissibilità delle previsioni contenute nel progetto in esame, prospettando soluzioni corrette dal punto di vista dell'assetto idraulico del territorio.

L'Art. 44 "Disciplina degli interventi in relazione all'impatto idraulico e al ristagno idrico", punto 2 a) delle Norme Tecniche Operative dei P.I. del Comune di Verona (art. 17 comma 5 lett. c. L.R. 11/2004), approvate con D.C.C. n. 91 del 23.12.2011, recita: "tutti gli strumenti urbanistici attuativi (P.U.A.) e gli interventi assoggettati a comparto urbanistico convenzionato previsti dal PI operativo dovranno contenere, per tutto il territorio interessato, *il progetto delle opere previste dalla valutazione di compatibilità idraulica recepita nel PI*, redatto in conformità con le disposizioni regionali vigenti, con quanto previsto dalle presenti norme operative e dall'allegato repertorio, nonché secondo le specifiche direttive contenute nel prontuario di mitigazione ambientale".

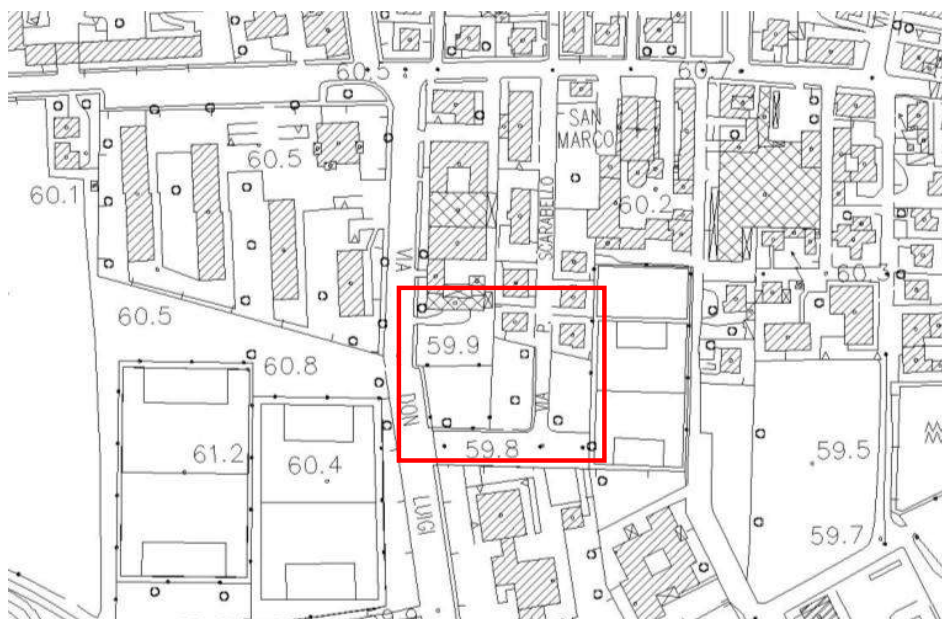
Sulla base di quanto esposto, è stata studiata l'area in esame: a seguito della campagna geognostica condotta, verranno quindi fornite valutazioni circa la compatibilità idraulica dell'intervento proposto, in ottemperanza alle norme vigenti, con particolare riferimento a DGRV n. 3637/2002, DGRV n. 1322/2006, DGRV 1841/07, DGRV 2948/09, alle Norme Tecniche di Attuazione del PAT ed alle Norme Tecniche Operative dei P.I. del comune di Verona; si provvederà a calcolare il volume specifico di invaso da assegnare all'ambito di intervento e a proporre le relative misure compensative.

Le fasi che hanno consentito di produrre il presente documento sono le seguenti:

- Acquisizione dei dati bibliografici e storici relativi all'area indagata;
- Rilievo geologico e geomorfologico del sito e dell'intorno;
- Esecuzione di indagini dirette e prove in sito;
- Elaborazione dei dati bibliografici e dei rilievi.

2 Corografia

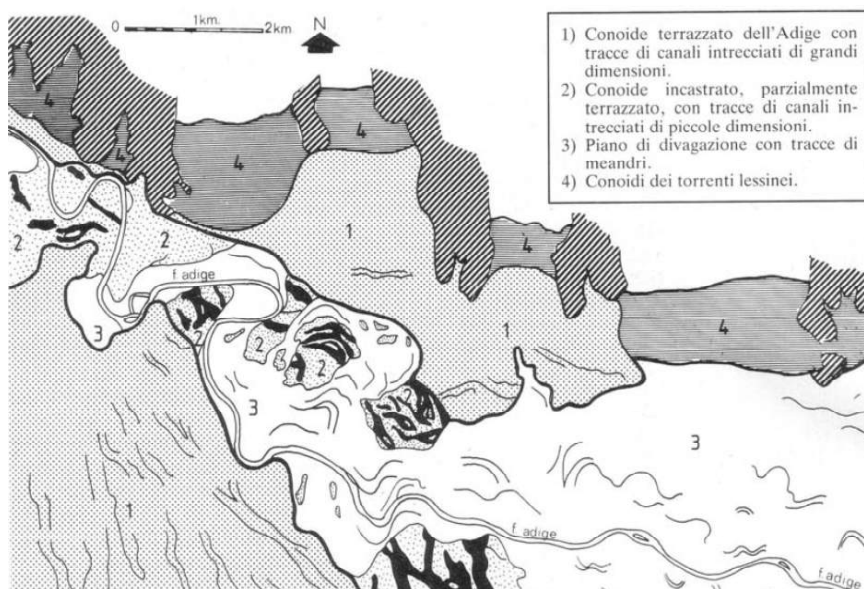
L'appezzamento di terreno oggetto dell'intervento, individuato al catasto al Foglio 251, mappali 123, 44, 394 e 395 del comune di Verona, è ubicato in loc. Borgo Milano, tra via Sturzo e via Scarabello, in un'area residenziale prossima agli impianti sportivi, posta ad una quota assoluta di 59.9 m s.l.m.



3 Inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico

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

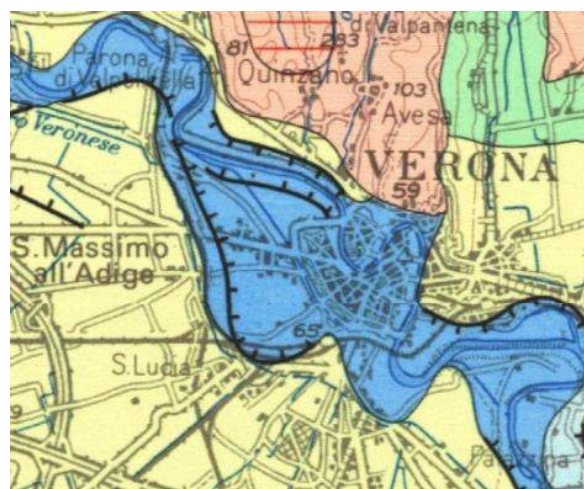
Da un punto di vista geomorfologico il territorio del comune di Verona appartiene a tre unità: il conoide dell'Adige che ha formato la piana fluvio-glaciale atesina, il piano di divagazione dell'Adige incastrato nel conoide e gli apporti dei torrenti di provenienza lessinea, come evidenziato dallo stralcio di schizzo geomorfologico della Pianura Veronese (da Sorbini et alii, 1984)



Dall'analisi della geomorfologia si evince che la porzione di territorio oggetto di studio ricade nell'unità definita "conoide incastrato, parzialmente terrazzato, con tracce di canali intrecciati di piccole dimensioni". Le morfologie erosivo – deposizionali minori sono state obliterate dalla forte antropizzazione, che ne impedisce il riconoscimento.

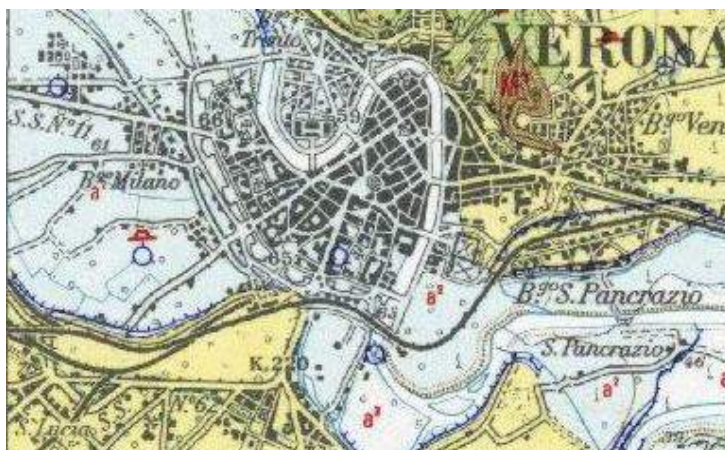
Da un punto di vista morfologico spostandosi da Verona verso valle si distinguono due terrazzi: uno in sinistra orografica, in alcuni studi chiamato "settentrionale", e uno in destra, chiamato "meridionale": questi due terrazzi si allontanano gradualmente, a formare una sorta di cono con vertice in Verona ed asse di simmetria in direzione da Verona verso Albaredo d'Adige; il fiume Adige scorre nella bassura delimitata da questi due terrazzi. L'area alta è il grande conoide terrazzato, caratterizzato da tracce di canali intrecciati ("braided") di grandi dimensioni, costruito dall'Adige "fluvioglaciale": secondo SORBINI et alii (1984) la fase finale della costruzione di questo corpo sedimentario è posteriore ai 25.000 anni B.P. Successivamente, per un cambio del regime idrologico, l'Adige ha assunto, anche nella parte apicale del suo conoide, un percorso a meandri terrazzando il conoide stesso e formando la zona di basso topografico in cui scorre attualmente. Il divagare dell'Adige in quest'area prima del suo arginamento ha determinato la distribuzione della litologia e ha formato numerosi terrazzi aventi modesto dislivello. Tali elementi influenzano attualmente il corso della rete idrografica locale.

Si riporta uno stralcio della Carta delle Unità Geomorfologiche del Veneto, dove sono indicate le unità geomorfologiche principali nell'intorno dell'ambito di indagine: rispettivamente con il colore rosato i rilievi e altopiani prealpini della piattaforma strutturale carbonatica mesozoica modellati su rocce resistenti a prevalente morfologia glaciale e carsica, con il giallo i depositi fluvioglaciali e alluvionali antichi e recenti, con il verde i depositi fluviali della pianura alluvionale recente, e con il blu i depositi mobili degli alvei fluviali attuali, cui appartiene l'area in esame.



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

Di seguito è riportato lo stralcio della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio Verona, dove con il colore azzurro e la sigla a² sono riportate le alluvioni sabbioso – ghiaiose, terrazzate, antiche (Olocene); con il colore giallo e la sigla fg^R le alluvioni fluvio – glaciali e fluviali da ghiaiose a ciottolose del Riss.



Nell'estratto della "Carta Geologica del territorio del comune di Verona" (Sorbini et alii, 1977) sono indicate con il colore azzurro chiaro le alluvioni terrazzate fluvioglaciali e fluviali dell'antica conoide dell'Adige, ghiaiose e ciottolose (Rt₂: terrazzo basso), rissiane, e con il giallo le alluvioni terrazzate fluvioglaciali e fluviali dell'antica conoide dell'Adige, ghiaiose e ciottolose, würmiane, cui si attribuisce l'area di indagine.



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

Per quanto riguarda la tettonica, nella parte al margine pedemontano è stato individuato un elemento strutturale costituito da una "fascia di deformazione" al passaggio tra i Monti Lessini e l'alta pianura, che separa zone a tendenza evolutiva diversa. Tale disturbo è stato dedotto dalla presenza nel sottosuolo dell'alta pianura veronese di masse calcaree chiaramente tettonizzate, dal percorso anomalo del F. Adige tra Domegliara e San Bonifacio e dall'allineamento d'acque termalizzate radioattive (Baraldi et alii, 1980; Panizza et alii, 1981; Sighinolfi et alii, 1982). Dal confronto con Castellarin (1981), questo elemento corrisponde ad una faglia subverticale trascorrente sinistra a direzione NW - SE che corre pressappoco secondo l'allineamento Verona - Sant'Ambrogio di Valpolicella - Castion Veronese. Tale struttura potrebbe pure corrispondere alla "Flessura sudalpina" che divide la porzione affiorante delle Alpi meridionali dal loro proseguimento al di sotto dei depositi plio - pleistocenici della pianura padana (ENEL, 1981). Inoltre, il disturbo in oggetto ricade in una "fascia sismotettonica" che è caratterizzata da attività neotettonica e da attività sismica concentrata e recente (Panizza et alii, 1981). Tra S. Ambrogio e Verona, sulle foto aeree, l'elemento strutturale è evidenziato da: un lungo orlo di terrazzo rettilineo, due gomiti torrentizi, alcune scarpate, una vallecchia e un rilievo isolato a SE di Domegliara; questi indizi sono marcati ma piuttosto radi. Il tratto ad Est di Verona invece è quasi completamente privo d'evidenze morfologiche ad eccezione del rilievo isolato di Caldiero e di un altro di natura basaltica ubicato nei pressi di San Bonifacio. Tra Parona e Verona, alcune colline appaiono troncate bruscamente in corrispondenza del passaggio della linea.

Sotto l'aspetto idrogeologico l'area è costituita da alluvioni ad alta permeabilità ed elevato drenaggio; la falda freatica nella zona in esame è ospitata nel potente materasso alluvionale atesino, costituito da depositi prevalentemente ghiaioso - ciottolosi. Il sistema idrogeologico è alimentato dai seguenti fattori di ricarica: la falda di subalveo dell'Adige, che si riversa entro le alluvioni ghiaiose della pianura nella zona di Bussolengo - Pescantina; l'infiltrazione degli afflussi meteorici diretti; le falde di subalveo provenienti dalle valli dei Lessini; le infiltrazioni delle acque irrigue.

Relativamente alla profondità della falda freatica, si riportano di seguito gli studi bibliografici prossimi all'area in esame: nello stralcio della "Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige" di Dal Prà e De Rossi, edito nel 1989, l'area in esame, individuata con il contorno rosso, è compresa tra le isofreatiche 50 e 51.



L'elemento idrogeologico fondamentale dell'area in esame è il fiume Adige, che scorre a Nord – Est del sito interessato dal P.U.A., ad una distanza di circa 1.3 km. Vi è inoltre una rete di scoli e canali artificiali, che non interessano però l'intorno dell'area di indagine.

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

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

Sotto l'aspetto idrogeologico l'area indagata non presenta particolari peculiarità in quanto non sono presenti sorgenti o venute d'acqua a carattere perenne, inoltre i terreni superficiali presentano una variazione sia verticale sia orizzontale di permeabilità, generalmente elevata, in funzione delle caratteristiche granulometriche e tessiturali dei depositi. Le fonti bibliografiche indicano il livello freatico a profondità di oltre 9 m da piano campagna.

Lo smaltimento dei deflussi superficiali risente sia delle pendenze che della tipologia di terreni, costituiti prevalentemente da depositi ad elevata permeabilità, che dell'impermeabilizzazione dovuta all'urbanizzazione: la realizzazione del progetto proposto comporterà una diminuzione nella percentuale di precipitazioni infiltrata.

4 Campagna geognostica – metodologia e risultati

Il metodo d'indagine è consistito nel:

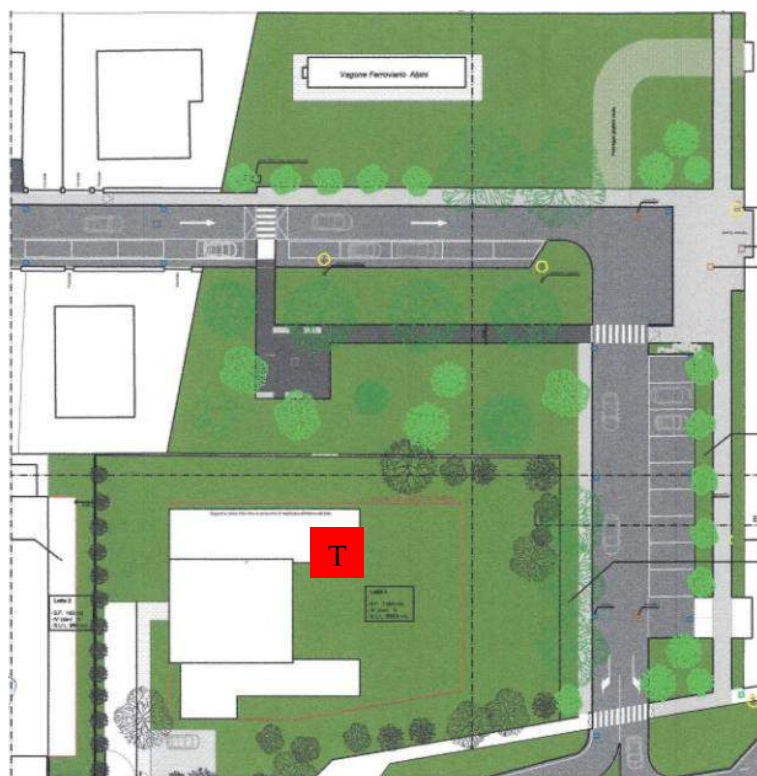
- Rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio dell'area;
- Esecuzione di indagini in sito (scavi);
- Analisi di indagini in aree contermini al sito.

4.1 Rilievi geologici e geomorfologici di dettaglio

I terreni naturali, al di sotto del riporto superficiale, sono costituiti da ghiaie e ciottoli prevalenti, con sabbie.

4.2 Indagini dirette

E' stata realizzata una trincea esplorativa nell'area in esame: la corografia con ubicazione dello scavo è estratta dalla tavola riportante la planimetria del P.U.A (non in scala); segue la stratigrafia.



Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica	
A	0.60	Terreno vegetale rimaneggiato a tessitura sabbiosa di colore bruno rossastro con ciottoli poligenici di 5 – 10 cm e poca ghiaia	
B	Oltre 2.50	Ciottoli poligenici eterometrici (2-10 cm, occasionalmente 15 cm), arrotondati e localmente con tracce di cementazione, e ghiaia, in matrice sabbiosa grigia.	

Di seguito si riporta un'immagine del cumulo, che bene illustra la natura dei depositi presenti:



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

4.3 Indagini in aree contermini

Si fa particolare riferimento:

- a quanto riportato nella relazione geologica e geotecnica redatta dalla scrivente in data 4 Novembre 2011 per il progetto per il recupero funzionale del complesso parrocchiale di S. Maria Immacolata, ubicato in via S. Marco, a circa 50 m a NE dall'area oggetto di PUA: il modello geologico fa riferimento a scavi condotti all'interno di fabbricati esistenti, ed è riassunto di seguito:

Strato	Descrizione litologica	Prof. (m da p.c.)	Spessore (m)
A	Terreno riportato e/o rimaneggiato per realizzare sottofondi e pavimentazioni costituito da ghiaia e ciottoli, frammenti di laterizi in matrice sabbiosa e livello di getto in cls dello spessore di 2 cm	0.40	0.40
B	Deposito alluvionale fluvioglaciale costituito da ghiaie e sabbie con subordinati ciottoli poligenici di dimensioni prevalenti 5 – 8 cm	Oltre 1.30	N.D.

- alla Relazione geologica e ambientale redatta nel febbraio 2010 dal Dott. Geol. Roberto Zorzin nell'ambito della realizzazione di una "Warm up areas" per il campionato del mondo 2010 di pallavolo maschile, con esecuzione di n. 6 trincee esplorative di profondità max 2.50 m da p.c.: in quest'area sono stati rinvenuti sia sedimenti loessici (limo sabbioso con argilla), comunque quantitativamente subordinati, sia depositi a granulometria ghiaioso - ciottolosa in matrice sabbiosa in giacitura naturale e non (riporto) in genere da poco a mediamente addensati.



Anche nell'intorno i terreni sono quindi prevalentemente granulari; nell'area a Sud localmente sono state rinvenute lenti di depositi più fini.

4.4 Valutazione della permeabilità

La permeabilità (o conducibilità idraulica) è l'attitudine di un deposito a lasciarsi attraversare dall'acqua per effetto di un gradiente idraulico ed esprime la resistenza che il mezzo oppone al deflusso dell'acqua che lo attraversa. Essa viene misurata con il coefficiente di permeabilità (K) e rappresenta il volume di acqua in metri cubi che attraversa con moto laminare nell'unità di tempo (1 secondo) un'unità di sezione (1 m²) ortogonale alla direzione di deflusso, sotto l'effetto di un gradiente idraulico unitario ed alla temperatura di 20° C. Il coefficiente K dipende prevalentemente dalle caratteristiche del terreno (composizione granulometrica, forma dei grani, stato di addensamento), ed il suo valore viene espresso generalmente in m/s o in cm/s.

Per valutare la permeabilità dei terreni, si fa riferimento alla prova in pozzetto a carico variabile eseguita nella trincea T1 a fondo foro: la prova (A.G.I. 1977) fornisce una valutazione della permeabilità dei terreni al di sopra del livello di falda, ed è consistita nel riempire d'acqua il pozzetto e quindi misurare gli abbassamenti del livello del pelo libero nel tempo. Il coefficiente di permeabilità K viene calcolato con la seguente relazione:

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

con

h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto;

b = lato della base del pozzetto

$t_2 - t_1$ = intervallo di tempo;

$h_2 - h_1$ = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo $t_2 - t_1$.

Nel caso in esame si è ottenuto il seguente valore di permeabilità:

$$K = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

corrispondente ad un buon drenaggio (Castany, 1985).

4.5 Risultati e considerazioni sul modello geologico

La successione litostratigrafica locale è rappresentata nel seguente schema:

Strato	Descrizione litologica	Prof. (m da p.c.)	Spessore (m)
A	Terreno vegetale rimaneggiato a tessitura sabbiosa di colore bruno rossastro con ciottoli poligenici di 5 – 10 cm e poca ghiaia	0.60	0.60
B	Ciottoli poligenici eterometrici (2-10 cm, occasionalmente 15 cm), arrotondati e localmente con tracce di cementazione, e ghiaia, in matrice sabbiosa grigia.	Oltre 2.50	N.D.

L'intervento si svolgerà su di un terreno pianeggiante in un'area urbanizzata; si ricorda che nel corso delle indagini geognostiche la falda non è stata rinvenuta alle profondità investigate, in quanto da dati bibliografici si attesta a oltre 9 m da piano campagna; la circolazione superficiale delle acque meteoriche e di dilavamento avviene attualmente seguendo le pendenze e prevalentemente le opere antropiche (riporti, viabilità esistente, edifici ed aree impermeabilizzate). Relativamente ai caratteri geostrutturali, nell'area non si presentano evidenze significative anche per il mascheramento degli elementi antropici.

La permeabilità dei terreni di strato B è pari a 0.05 cm/s.

5 Inquadramento dell'area oggetto di trasformazione

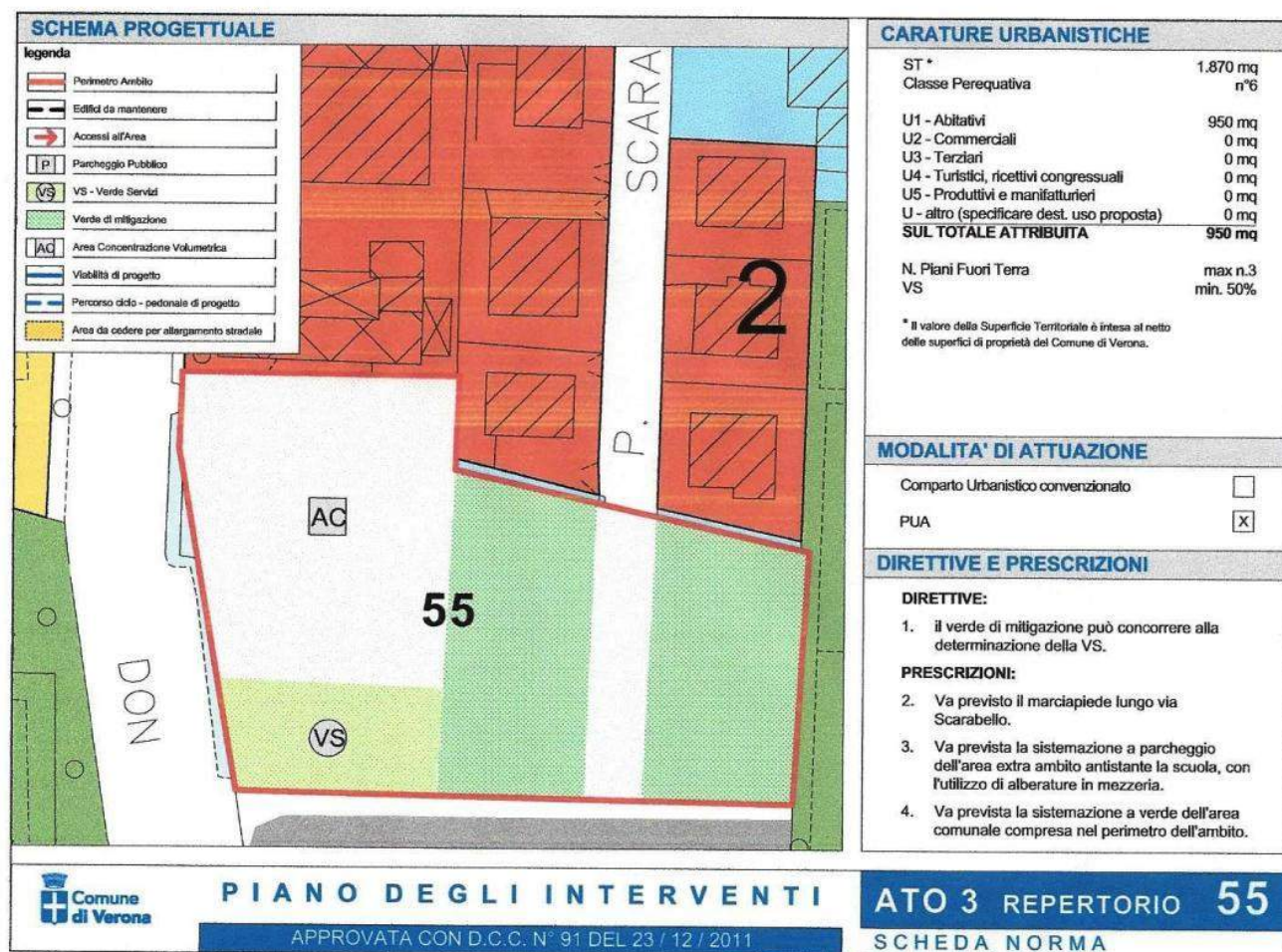
Ricordando che la compatibilità idraulica nella Regione Veneto è così normata:

- DGVR 3637/2002: indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici;
- DGRV 1322/2006: nuove indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici. Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico;
- DGRV 1841/2007: nuove indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici. Allegato A – Valutazione della compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche (aggiornamento Giugno 2007);
- DGRV 2948/2009: nuove indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici. Allegato A – Valutazione della compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche,

si fa presente quanto segue.

5.1 Descrizione delle opere in progetto e dello stato dei luoghi

Il P.U.A. interessa una superficie catastale di 3805 mq, su cui sono previsti due lotti a destinazione residenziale, rispettivamente per 1685 mq (lotto 1) e per 183 mq (lotto 2); attualmente l'area è in parte incolta e a verde, e in parte ospita un vagone ferroviario a guisa di baita alpina; comprende la viabilità esistente di una parte di via Scarabello che attraversa il PUA stesso ed una porzione di fabbricato sul lato NW dell'ambito.



Di seguito si riporta uno stralcio dell'elaborato 3 "Tavola delle Fragilità", quadro 3, del P.A.T. del Comune di Verona (adottato con D.G.R.V. 4148 in data 18 Dicembre 2007), con individuata l'area in esame.

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



Si evince che:

Penalità ai fini edificatori (art. 37)

L'area ricade nel settore dei terreni classificati ottimi nei quali non c'è alcun limite all'edificabilità.

Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi (art. 38)

L'area ricade nel settore classificato come unità A, definito dalle seguenti caratteristiche:

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

Vulnerabilità intrinseca: alta

Nella Tavola 1.0.3. "Carta dei vincoli e della pianificazione territoriale" dei P.I., approvata con D.C.C. n. 91 del 23.12.2011, l'area è compresa in art. 39 – invarianti di natura idrogeologica ed idraulica – fascia di ricarica degli acquiferi; in art. 43 – tutela della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi – in unità A, vulnerabilità intrinseca alta (come sopra); è esterna alla fascia di rispetto di art. 51 risorse idropotabili.

Riassumendo, nell'area in esame:

- i terreni, con eccezione del livello superficiale, sono costituiti da ciottoli e ghiaie con sabbie;
- la falda è a 9 m da p.c.; la vulnerabilità degli acquiferi è elevata;
- non vi sono aree contigue a rischio idraulico tutelate dal PAI, né dalle cartografie a livello comunale;
- non vi sono aree a deflusso difficoltoso; non vi sono stati allagamenti in tempi recenti;
- non vi è una rete idraulica ricettrice in prossimità;
- nell'ambito di intervento da dati storici non risultano cave o discariche.

5.2 Descrizione delle trasformazioni delle superfici in termini di impermeabilizzazione

Il PUA interessa una superficie di 3805 mq su cui verranno ricavati due lotti residenziali: questi ultimi sono stati stralciati dal presente studio, infatti **l'analisi idraulica di seguito riportata riguarderà le sole opere di urbanizzazione / aree comuni, mentre per i lotti residenziali (di cui allo stato attuale non si conosce la precisa distribuzione delle superfici permeabili, semipermeabili ed impermeabili), si confermano le prescrizioni della Valutazione di Compatibilità Idraulica del P.I. del Comune di Verona; nella progettazione degli stessi si dovrà fare riferimento alle indicazioni del Repertorio Normativo Sezione 8, con smaltimento prevalente per accumulo ed adozione di buone pratiche costruttive, quali recupero acque piovane, tetti verdi, parcheggi grigliati.**

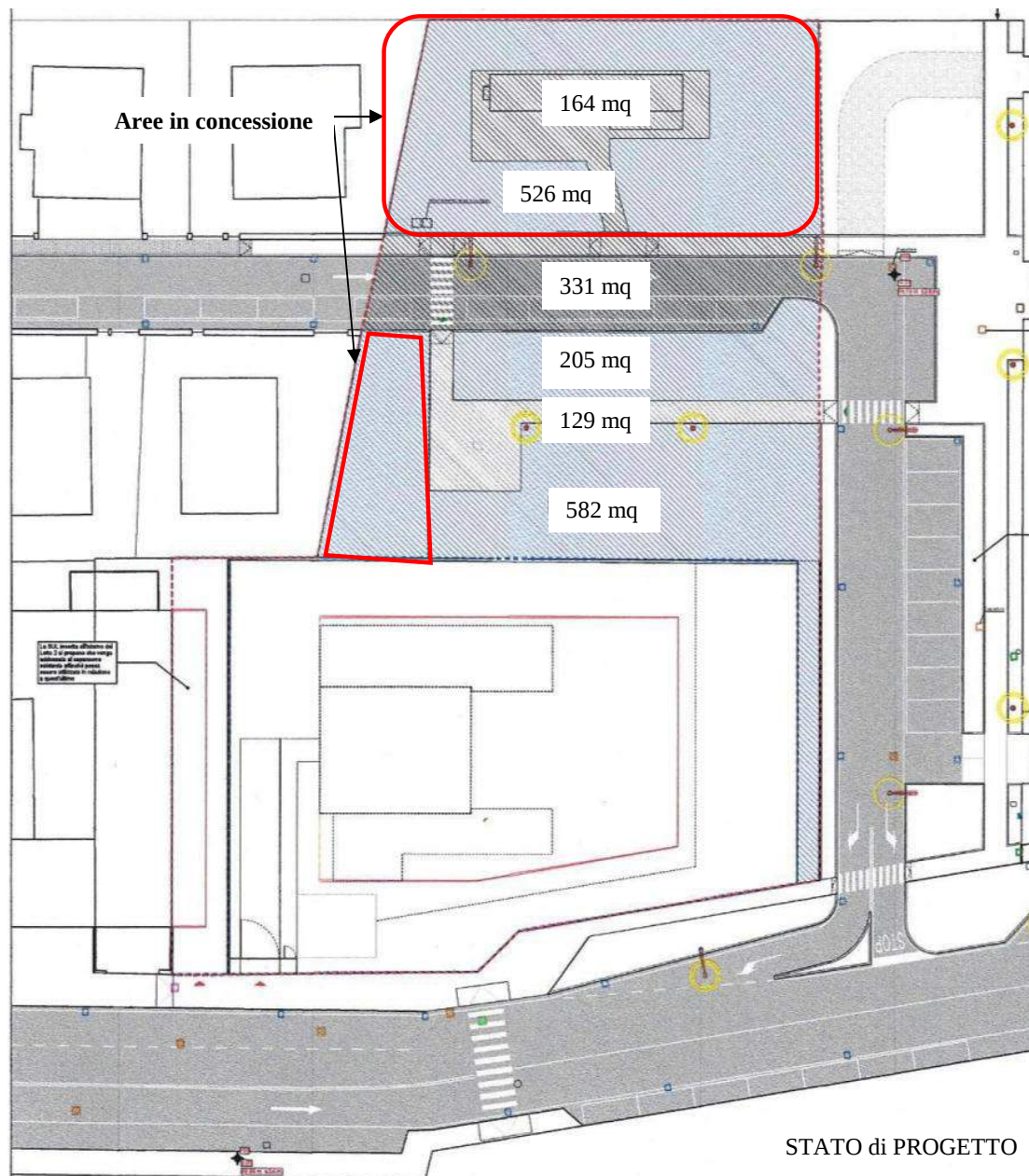
La superficie di riferimento, evidenziata dai retini nell'immagine riportata alla pagina seguente, diventa quindi 1937 mq; lo stato attuale prevede aree a verde per 1441 mq ed aree impermeabilizzate per 496 mq, mentre con il progetto le aree a verde saranno ridotte a 1313 mq, le aree impermeabili passeranno a 624 mq (comprensivi di 129 mq di calcestre).

Nel dettaglio, *allo stato attuale* le aree impermeabili sono costituite dal vagone ferroviario gruppo ANA con relativa pavimentazione circostante di accesso (165 mq); dalla sede stradale di via Scarabello (331 mq). Le aree rimanenti sono a verde.

Lo stato di progetto prevede lievi modifiche all'area vagone ferroviario, impermeabile per 164 mq; via Scarabello sarà dotata di parcheggi nel tratto di viabilità compreso nell'ambito PUA (331 mq). L'area verde compresa tra i lotti e via Scarabello sarà dotata di una pavimentazione in calcestre (considerata impermeabile) per una superficie di 129 mq, che la suddividerà in due settori.

Si fa presente che il PUA comprende una superficie di proprietà comunale, che, pur essendo compresa nelle aree considerate per la definizione dei volumi di invaso, non potrà essere utilizzata per ubicare misure compensative (area in concessione gruppo ANA sez. Borgo Milano). Un'altra area non è suscettibile di trasformazioni, essendo anch'essa in concessione.

Per le ubicazioni di tali aree si faccia riferimento allo schema riportato di seguito.



*Analizzato lo stato dei luoghi e le previsioni progettuali, dato il grado di impermeabilizzazione del lotto, in conformità a quanto previsto dall' Art. 44 - Disciplina degli interventi in relazione all'impatto idraulico ed al ristagno idrico - delle Norme Tecniche Operative P.I. del Comune di Verona, punto 2 a, effettuata la valutazione delle modifiche al regime idraulico del territorio interessato all'intervento (con riferimento alle caratteristiche litologiche, soggiacenza della falda, vulnerabilità degli acquiferi, contiguità con aree a rischio idraulico tutelate dal PAI, di deflusso difficoltoso, contiguità con corsi d'acqua temporanei e permanenti classificati e non, impatto sulle reti di smaltimento delle acque meteoriche eventualmente esistenti o in realizzazione, ecc.) **si procede al dimensionamento delle misure di compatibilità idraulica, secondo le specifiche direttive contenute nel "Prontuario di mitigazione ambientale".***

6 Misure compensative

La finalità principale dello studio di compatibilità idraulica è il conseguimento della sostanziale invarianza idraulica mediante la realizzazione di opere di laminazione delle portate: si passa di seguito a valutare le misure compensative per l'alterazione del regime idraulico, che si ricorda riguardano le sole opere di urbanizzazione / aree comuni, ricordando che:

- dal punto di vista idraulico la situazione più critica è quella che produce un aumento di impermeabilizzazione passando le superfici da zona agricola (coefficiente di deflusso 0.1) a zona completamente impermeabile (0.9);
- nello studio integrativo circa la Valutazione di Compatibilità Idraulica condotto per il P.A.T. del comune di Verona, a firma Dott. Geol. Romano Rizzotto e Ing. Attilio Castellani ai sensi DGRV 1322/2006 il volume compensativo da assegnare ai bacini di invaso è stato definito in 487,4 mc/ettaro, indifferentemente dal tipo di destinazione urbanistica; questo valore è stato ripreso nella Valutazione di Compatibilità del Piano degli Interventi del Comune di Verona;
- i bacini di invaso possono essere scaricati mediante recapito in falda o su rete idrica ricettrice, in relazione alle caratteristiche della specifica zona.

Facendo riferimento alla classificazione proposta in Allegato A della D.G.R.V. n. 2948 del 06/10/2009, l'intervento di progetto rientra nella classe di intervento definita di "modesta impermeabilizzazione potenziale" (MIP), in quanto interessa superfici tra 0.1 ed 1 ha: in tale caso la norma indica che, 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 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro.

Per la valutazione di compatibilità idraulica nell'ambito di intervento, si fa presente che:

- Per la determinazione dei volumi di invaso si sono considerate le curve di possibilità pluviometrica indicate nel PAT e riprese nei PI per un tempo di ritorno di 50 anni per la stazione di misura di Verona:

Coefficienti della curva di possibilità pluviometrica		
Tr (anni)	a (mm h ⁿ)	n
50	61,48	0,153

- a fronte di una trasformazione del suolo, il deflusso nello stato di progetto deve essere uguale al valore presente nello stato attuale; per il dimensionamento delle opere compensative si è considerato uno scarico massimo delle acque meteoriche pari a 5 l/s ha, da smaltire per infiltrazione.

Come accennato in precedenza, il volume specifico di invaso in sede di PAT è stato calcolato a 487,40 mc/ha, pertanto il volume da invasare nel caso in esame risulta:

Volume da invasare in accordo a PAT e P.I.

$$V_{\text{totale}} \text{ da invasare} = 487.4 \text{ m}^3/\text{ha} \times 0.1937 \text{ ha} = 94.4 \text{ m}^3$$

Questa metodologia si basa sulla sola estensione delle superfici in gioco: altri metodi calcolano i volumi specifici di invaso sulla base di coefficienti di deflusso, convenzionalmente assunti come segue (DGRV 2948/2009):

- Superfici coperte (tetti): 0.9
- Aree a verde: 0.2
- Aree con pavimentazione semipermeabile: 0.6
- Strade e marciapiedi impermeabili: 0.9

Il coefficiente di deflusso viene calcolato con l'espressione $\phi' = \sum \phi_i S_i / S$

Le superfici *allo stato attuale*, riferite alla superficie di 1937 mq sono così distribuite:

Aree impermeabili	496 mq
Aree a verde	1441 mq

Equivalenti ad un coefficiente di deflusso:

$$\phi' \text{ attuale} = 0.38$$

Le superfici *allo stato di progetto* valgono:

Aree impermeabili	624 mq
Aree a verde	1313 mq

Equivalenti ad un coefficiente di deflusso:

$$\phi' \text{ progetto} = 0.43$$

Tempo di corrivazione t_c

Il tempo di corrivazione è definito come il tempo impiegato da una goccia d'acqua che cade in quel punto per raggiungere la sezione di chiusura del bacino. In via semplificata, questo tempo viene considerato una costante dipendente solo dal punto e non dalle condizioni di moto che possono variare da un evento di pioggia all'altro (particolarmente in base alle caratteristiche del suolo e dell'evento di pioggia).

Le ipotesi che si fanno sul tempo di corrivazione sono le seguenti:

- ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende unicamente dalla posizione del punto in cui essa è caduta;
- la velocità della singola goccia non è influenzata dalla presenza di altre gocce, cioè ognuna di esse scorre indipendentemente dalle altre; in realtà la velocità dell'acqua dipende, oltre che dalle caratteristiche della superficie bagnata anche dal tirante idrico: ne consegue che in uno stesso bacino si possono avere valori diversi dei tempi di corrivazione sia in dipendenza delle caratteristiche del suolo sia anche durante la stessa precipitazione in funzione della durata e dell'intensità dell'evento.
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante alla sezione di chiusura.

Per bacini urbani il tempo di corrivazione (t_c) può essere stimato, in prima approssimazione, come somma di una componente di accesso alla rete (t_a) che rappresenta il tempo impiegato dalla particella d'acqua per giungere alla più vicina canalizzazione della rete scorrendo in superficie, e dal tempo di rete (t_r) necessario a transitare attraverso i canali della rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura:

$$T_c = t_a + t_r$$

Il valore t_a varia da 5 -15 minuti con il diminuire della pendenza superficiale. La velocità in rete, che per evitare problemi di deposito ed erosione deve essere compresa tra 0,5 e 4 m/s, è responsabile invece del tempo di rete t_r .

Per il caso in esame t_a è stato assunto pari a 5 minuti; per t_r si è considerato $v = 1$ m/s e $l = 65$ m, per cui:

$$T_c = 365 \text{ s} = 0.10 \text{ h}$$

Coefficiente udometrico per portata allo scarico

Il parametro di riferimento che descrive la risposta idrologica di un terreno in termini di trasformazione degli afflussi (piogge) in deflussi (portate) è detto “coefficiente udometrico”. La trasformazione d'uso del suolo introdotta dalle nuove urbanizzazioni implica l'aumento del coefficiente udometrico u , con il conseguente aumento della portata scaricata nei corpi idrici ricettori: per mantenere inalterato il contributo specifico dell'area d'intervento, risulta necessario formare volumi d'invaso che consentano di ridurre le portate in uscita durante gli eventi di meteorici. Il calcolo dei volumi d'invaso necessari si effettua considerando costante il valore della portata in uscita ($Q_u = u \cdot S$) dal bacino, posto pari a quello che si stima essere prodotto dalle superfici scolanti, prima che ne venga modificata la destinazione d'uso.

L'elevata permeabilità del terreno e l'elevata profondità della falda nell'area d'intervento, l'assenza di una rete di acque bianche e la lontananza da corpi recettori superficiali, consigliano di smaltire nel suolo i nuovi carichi idraulici prodotti dalle nuove urbanizzazioni. Nei calcoli dei volumi da invasare si è considerata una capacità d'infiltrazione minima di 5 l/s per ettaro .

Calcolo con il metodo dell'invaso

Il metodo cinematico per il dimensionamento degli invasi fa riferimento a quanto proposto da Alfonsi e Orsi (1987), con un approccio che schematizza un processo di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino a monte di tipo cinematico. Le ipotesi di semplificazione adottate sono le seguenti:

- ietogramma netto di pioggia a intensità costante (ietogramma rettangolare);
- curva aree tempi lineare;
- svuotamento della vasca a portata costante pari a Q_u , (laminazione ottimale).

Sotto queste ipotesi si può scrivere l'espressione del volume W invasato nella vasca in funzione della durata della pioggia θ , del tempo di corrivazione del bacino T_c , della portata uscente massima dalla vasca Q_u , del coefficiente di afflusso ϕ , dell'area del bacino A e dei parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica. Per il drenaggio urbano si assume il coefficiente di deflusso costante e pari a quello di un ora di precipitazione; per durate di pioggia inferiore all'ora si usa il valore $4/3 n$.

I volumi di accumulo sono stati stimati utilizzando la formula di Alfonsi - Orsi:

$$W = 10 * \varphi * S * a * g^n + 1.295 * t_c * Q_u^2 * \frac{Q^{1-n}}{\varphi * S * a} - 3.6 * Q_u * g - 3.6 * Q_u * t_c = 0$$

dove:

W volume della vasca [m³]

S superficie del bacino [ha]

Tc tempo di corrvazione [h]

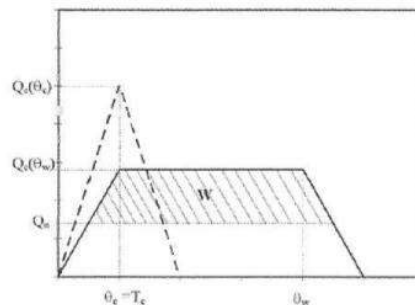
Qu portata in uscita [l/s]

a, n parametri della curva di possibilità climatica

In questo caso la durata di precipitazione da considerare è quella critica per l'accumulo di progetto; tale durata θ_w si determina risolvendo la seguente equazione:

$$2.75 * n * \varphi * S * a * g_w^{n-1} + 0.36 * (n-1) * t_c * Q_u^2 * \frac{g_w^{-n}}{\varphi * S * a} - Q_u = 0$$

L'evento critico che determina il dimensionamento del volume di invaso può essere così schematizzato:



Per il caso in esame:

$$Q_c = S \cdot 2.78 \cdot \varphi \cdot a \cdot t_c^{n-1} = 100.09 \text{ l/s}$$

$$\eta = Q_u / Q_c = 0.01$$

Da cui si ricava:

$$W = 46.7 \text{ mc}$$

Corrispondente a 241 mc/ha.

Calcolo con il metodo razionale

La determinazione delle portate scolanti avverrà applicando il metodo delle piogge per le curve di possibilità pluviometrica a due parametri (a, n) di equazione con riferimento ad un tempo di ritorno pari a 50 anni:

$$h = a \cdot t^n$$

Il volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata t si può esprimere tramite la seguente relazione:

$$V_e = S \times \phi \times h(t) = S \times \phi \times a \times t^n$$

dove ϕ è il coefficiente di deflusso e S è la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso. Il volume in uscita dal sistema nello stesso intervallo t di tempo sarà invece:

$$V_u = Q_u \times t = S \times u \times t$$

dove Q_u e u sono rispettivamente la portata e il coefficiente idrometrico imposti allo scarico.

Il volume invasato al tempo t sarà allora dato dalla differenza dei volumi in ingresso e in uscita dal sistema:

$$V = V_e - V_u$$

La determinazione del volume di laminazione nel caso specifico è fornita di seguito, con l'indicazione del volume da invasare.

$$t_{\max} = (Q_u / S \phi a n)^{1/n-1} = 2.6 \text{ h}$$

$$h = a t^n = 71.16 \text{ mm}$$

$$V_{\text{minimo invaso}} = \phi S h - Q_u t = 36.2 \text{ mc}$$

Corrispondente ad un valore di 187 mc/ha (si ricorda che come Q_u è stato posto il valore di 5 l/s ha).

6.1 Definizione del volume di invaso

In definitiva, i calcoli hanno prodotto i seguenti valori dei volumi di invaso:

	m ³ /ha	Area in esame
PAT	487.4 m ³ /ha	94.4 mc
Metodo cinematico	241 mc/ha	46.7 mc
Metodo razionale	187 mc/ha	36.2 mc

I valori da adottare sono quelli più cautelativi, quindi per il caso in esame:

$$V_{\text{invaso}} = 94,4 \text{ mc}$$

Con riferimento al *Repertorio Normativo dei P.I.* (Allegato alle N.T.O. art. 17 comma 5 lett. c) approvato con D.C.C. n. 91 del 23.12.2011, Sezione 8 – Impatto idraulico manifestazioni di interesse (aggiornato con D.G.C. n. 238 del 31.07.2013), elenco manifestazioni d'interesse prioritarie secondo bando – ATO 3, il PUA in oggetto è così classificato:

Nr. Rep.	Superficie intervento (mq)	Volume invaso metodo invaso (mc)	Volume invaso da PAT (mc)	Invaso prevalente				Asseverazione
				vasca laminazione	sovradimensionamento delle condotte	bacino di ritenzione	bacino e fosso di infiltrazione	
55	1870	30,25	91,14	sì	sì	sì	sì	

I valori di invaso sono coerenti con quelli calcolati, che anzi risultano leggermente cautelativi; il Repertorio indica come forme di smaltimento accumulo e smaltimento tramite pozzi disperdenti e trincee drenanti.

6.2 Proposta di misure compensative e/o di mitigazione del rischio

La realizzazione del progetto comporterà un aumento di impermeabilizzazione del sito rispetto allo stato attuale. Si passa quindi di seguito a proporre le misure compensative per l'alterazione del regime idraulico. Nel "Prontuario per la mitigazione ambientale" – Allegato n. 2 Componente idraulica dei P.I. del comune di Verona, approvato con D.C.C. n. 91 del 23.12.2011, gli interventi di compensazione sono distinti in tre categorie:

- realizzazione di un volume di invaso prevalente (tipologie: accumulo in vasca laminazione, sovradimensionamento delle condotte, bacini e fossi di infiltrazione, bacino di ritenzione);
- realizzazione di un sistema di smaltimento prevalente delle acque nel sottosuolo (tipologie: immissioni in pozzi disperdenti; immissione in corso d'acqua, dopo laminazione in un volume di invaso; trincee drenanti; immissione nella rete delle acque bianche);
- adottare buone pratiche costruttive (pratiche mitigative): vasca di prima pioggia, recupero acque piovane, realizzazione di tetti verdi, realizzazione di parcheggi grigliati.

Si ricorda che la permeabilità dei terreni di strato B è risultata pari a 0.05 cm/s; la falda si situa ad almeno 9 m da p.c.

I settori disponibili per ospitare misure di mitigazione si limitano alle due aree verdi poste a Ovest di via Scarabello, separate dalla pavimentazione in calcestruzzo. In considerazione delle caratteristiche geologiche e di permeabilità del sottosuolo e della profondità del livello di falda nell'area oggetto di studio, i sistemi di infiltrazione facilitata quali pozzi o trincee disperdenti, essendo il coefficiente di permeabilità inferiore a di 10^{-3} m/s, non possono essere presi in considerazione, se non come semplici volumi di invaso.

Si propone quindi la realizzazione di un sistema di laminazione: l'invaso sarà ottenuto tramite depressioni nell'area verde di forma irregolare, in modo da inserirsi gradevolmente nel contesto: si ricorda infatti che, pur riguardando il presente studio le sole opere di urbanizzazione, vi sono aree oggetto di concessione in cui non è possibile inserire misure di mitigazione, per cui le superfici disponibili sono limitate. Facendo riferimento alla Tavola 9 c "planimetria acque meteoriche" a firma Arch. Alfonso Bonetti, il volume necessario di $V = 94.4$ mc sarà ottenuto deprimendo di 10 cm rispetto all'intorno la superficie di 109 mq compresa tra via Scarabello e la pavimentazione in calcestruzzo; un secondo invaso sarà ottenuto tra la pavimentazione in calcestruzzo ed il lotto 1, per una superficie di 195 mq ed una profondità massima di 50 cm. Con le misure così proposte si ottiene:

$$V_{\text{invaso}} = 95.95 \text{ mc} > 94.4 \text{ mc invaso teorico}$$

Data la permeabilità dei terreni, l'invaso così costituito consentirà l'infiltrazione e la reimmissione in falda delle acque meteoriche e di scorrimento; drennerà inoltre le acque di una porzione di via Scarabello, che saranno conferite tramite una tubazione di diametro indicativo 100 mm all'invaso più profondo (l'immissione sarà protetta e mascherata da ciottoli).

Le misure indicate sono coerenti con quanto indicato dal Repertorio Normativo dei P.I. (Allegato alle N.T.O. art. 17 comma 5 lett. c) approvato con D.C.C. n. 91 del 23.12.2011, Sezione 8 – Impatto idraulico manifestazioni di interesse (aggiornato con D.G.C. n. 238 del 31.07.2013), che per il PUA in esame indicava come forme di smaltimento l'adozione di misure di accumulo e smaltimento tramite pozzi disperdenti e/o trincee drenanti.

7 Considerazioni conclusive

La presente valutazione di compatibilità idraulica è relativa alle parti pubbliche comprese nell'ambito del P.U.A. di riqualificazione di un lotto sito in loc. Borgo Milano, tra via Sturzo e via Scarabello: in conformità a quanto in precedenza esposto, a quanto previsto dalle norme vigenti, con particolare riferimento alla DGRV n. 3637/2002 ed alla DGRV n. 1322/2006, a quanto indicato da PAT e PI del comune di Verona, si riassumono le caratteristiche e la situazione dell'area indagata:

- A seguito delle indagini condotte, la stratigrafia dei terreni risulta la seguente:

Strato	Descrizione litologica	Prof. (m da p.c.)	Spessore (m)
A	Terreno vegetale rimaneggiato a tessitura sabbiosa di colore bruno rossastro con ciottoli poligenici di 5 – 10 cm e poca ghiaia	0.60	0.60
B	Ciottoli poligenici eterometrici (2-10 cm, occasionalmente 15 cm), arrotondati e localmente con tracce di cementazione, e ghiaia, in matrice sabbiosa grigia.	Oltre 2.50	N.D.

- nel corso delle indagini in sito non è stato rilevato alcun livello freatico, anche se non si possono escludere occasionali venute d'acqua lungo gli strati più permeabili in occasione di eventi meteorici intensi; l'acquifero, da indagini in aree contermini e dati bibliografici, è posto a profondità di 9 m da piano campagna;
- il valore di permeabilità nei terreni di strato B è risultato pari a 0.05 cm/s;
- non vi è una rete idraulica ricettrice in prossimità dell'area di intervento, né è possibile l'immissione in una rete di acque bianche: lo smaltimento delle acque meteoriche dovrà pertanto avvenire in sito;
- il presente studio non comprende i due lotti che saranno in futuro oggetto di interventi di edilizia residenziale, in quanto al momento non è nota con precisione al loro interno la distribuzione delle superfici a diversa permeabilità: queste aree dovranno essere dotate di proprie misure di mitigazione idraulica, da realizzarsi previo un apposito studio in sede di progetto edilizio, in accordo alle prescrizioni della Valutazione di Compatibilità Idraulica del P.I. del Comune di Verona, come da indicazioni del Repertorio Normativo Sezione 8;
- per ridurre il carico idraulico derivante dall'impermeabilizzazione conseguente alla realizzazione delle opere di urbanizzazione del PUA in oggetto, si propone di smaltire le acque provenienti dalle aree pavimentate ed impermeabilizzate conferendole in due invasi delimitati dalla pavimentazione in calcestruzzo, per una capacità totale di 96.0 mc, a fronte dei 94.4 mc teorici richiesti;
- in riferimento inoltre alla vulnerabilità dell'acquifero, le opere previste non interferiranno con il regime delle acque sotterranee;
- i percorsi pedonali dovranno essere pavimentati utilizzando accorgimenti tecnici che favoriscano l'infiltrazione nel terreno.



Dott. Geol. Silvia Daleffe

Silvia Daleffe