

COMUNE DI VERONA

PROVINCIA DI VERONA

AREA GESTIONE DEL TERRITORIO
PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO (PUA)

NEL TERRITORIO COMUNALE DI VERONA - QUARTIERE
"BORGO MILANO" - PER CONTO DELLA DITTA TOMBA SILVANO

PUA N. 7190315 - GALVANI 315

Scheda Norma 315

Istanza del 8 gennaio 2016 - PG. 004177

Fascicolo n. 2016-06.02/000010

Il Proprietario: TOMBA SILVANO

f.to Tomba Silvano

Il Progettista: Ing. CAMPAGNOLA CLAUDIA

f.to Ing. Campagnola Claudia

Arch. BUZZI FILIPPO

f.to Arch. Buzzi Filippo

Tavola: 6A

Data:

Dicembre 2015

**STUDIO DI COMPATIBILITA'
IDRAULICA**

Revisione n°
del

Scala:

Arch. Buzzi Filippo

Via Belvedere, 4/D - 37064 Povegliano Veronese (VR) - Tel: 0457970881

COMUNE DI VERONA

PROVINCIA DI VERONA

***Piano Urbanistico Attuativo
Atto unilaterale d'obbligo prot. n° 210642 del 01/09/2011***

***Territorio Comunale di Verona – Quartiere “Borgo Milano”
per conto della Ditta Tomba Silvano***

SCHEDA NORMA N° 315

Contenuto:

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

(D.G.R.V. N. 2948 del 6 ottobre 2009)

Redatto da:

Ing. Nicola Oliboni



NICOLA OLIBONI
INGEGNERE

Via Luigi Galvani, 10E - 37138 Verona
Cell. 3477736405
e-mail: nicola.oliboni@gmail.com

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	4
3. QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO	5
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE DEL TERRITORIO	7
4.1. MODELLO STRATIGRAFICO LOCALE	9
4.2. CARATTERISTICHE DI PERMEABILITA' DEL SOTTOSUOLO	9
5. ENTI COMPETENTI.....	11
5.1. AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ADIGE	11
5.2. CONSORZIO DI BONIFICA VERONESE	12
6. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	13
7. PARAMETRI IDROLOGICI ED IDRAULICI	15
7.1. PREMESSA	15
7.2. DETERMINAZIONE DELL'AFFLUSSO METEORICO	15
7.2.1. <i>Tempo di ritorno</i>	15
7.2.2. <i>Raccolta ed elaborazione dei dati pluviometrici</i>	15
7.3. DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	16
7.4. STIMA DELLA PORTATA METEORICA NETTA E VOLUME INVASO	17
8. VALUTAZIONE IDRAULICA DELL'AREA D'INTERVENTO	19
8.1. DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	19
8.2. VALUTAZIONE INCREMENTO DI PORTATA	19
8.2.1. <i>Zona B+C</i>	20
8.2.1. <i>Zona A</i>	21
9. PROPOSTA DI MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO	22
9.1. INDICAZIONI DI PIANO PER L'ATTENUAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	22
9.1.1. <i>Zona A</i>	23
9.1.1. <i>Zona B+C</i>	24
9.1. PROPOSTA DI MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO	25
9.1.1. <i>Zona A</i>	25
9.1.2. <i>Zona B+C</i>	25
9.2. VERIFICA DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE	26
9.2.1. <i>Zona A</i>	27
10. CONCLUSIONI	30

ALLEGATO 1:	Corografia – scala 1:5000
ALLEGATO 2:	Foglio di calcolo della portata di infiltrazione dei sistema di pozzi
ALLEGATO 3:	PI del Comune di Verona – Repertorio Normativo - pagine estratte della “Sezione 8: Impatto idraulico manifestazioni di interesse” con riferimento all’area in esame
ALLEGATO FUORI TESTO:	Tavola 9B – Schema delle infrastrutture a rete – Raccolta e smaltimento acque piovane

1. PREMESSA

Il presente “**Studio di compatibilità idraulica**” è stato redatto per conto della ditta Tomba Silvano per il Piano Urbanistico Attuativo nel quartiere di “Borgo Milano” – Scheda norma n° 315 – ubicato tra Via Galvani e Via Archimede a Verona (Allegato 1 – Corografia alla scala 1:5.000).

Lo studio in esame è stato redatto in ottemperanza alla **D.G.R. del Veneto n°3637 del 13/12/2002** “L. 3 agosto 1998, n. 267 - Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici”, le cui modalità operative sono state fissate dalla **D.G.R. del Veneto n° 2948 del 2009** “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”; tale normativa individua i seguenti scopi nell’ambito delle trasformazioni urbanistiche:

“Lo studio idraulico deve verificare l’ammissibilità delle previsioni contenute nello strumento urbanistico considerando le interferenze che queste hanno con i dissesti idraulici presenti o potenziali e le possibili alterazioni del regime idraulico che le nuove destinazioni o trasformazioni d’uso del suolo possono venire a determinare”.

“Nella valutazione devono essere verificate le variazioni della permeabilità e della risposta idrologica dell’area interessata conseguenti alle previste mutate caratteristiche territoriali nonché devono essere individuate idonee misure compensative, come nel caso di zone non a rischio di inquinamento della falda, il reperimento di nuove superfici atte a favorire l’infiltrazione delle acque o la realizzazione di nuovi volumi di invaso, finalizzate a non modificare il grado di permeabilità del suolo e le modalità di risposta del territorio agli eventi meteorici. Deve essere quindi definita la variazione dei contributi specifici delle singole aree prodotte dalle trasformazioni dell’uso del suolo e verificata la capacità della rete drenante di sopportare i nuovi apporti. In particolare, in relazione alle caratteristiche della rete idraulica naturale o artificiale che deve accogliere le acque derivanti dagli afflussi meteorici, dovranno essere stimate le portate massime scaricabili e definiti gli accorgimenti tecnici per evitarne il superamento in caso di eventi estremi”. “Lo studio di compatibilità può altresì prevedere la realizzazione di interventi di mitigazione del rischio, indicandone l’efficacia in termini di riduzione del pericolo”.

In merito alla valutazione di compatibilità idraulica, di seguito si condurranno le seguenti analisi:

- caratterizzazione del territorio interessato dalla modifica urbanistica in esame;
- considerazioni ed analisi dell’attuale assetto idraulico dell’area ed in relazione alle nuove opere;
- determinazione delle tecniche di mitigazione e smaltimento in riferimento alla nuova urbanizzazione e alla modifica del regime idraulico dell’area.

2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla seguente normativa di riferimento:

Delibera della Giunta Regionale del Veneto 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
Delibera della Giunta Regionale del Veneto n°4453 del 29.12.2004	Piano di tutela delle acque
Delibera della Giunta Regionale del Veneto 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
Delibera della Giunta Regionale del Veneto n°1322 del 10.05.2006. Allegato A	Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche
Decreto Legislativo 03.04.2006 n°152	Norme in materia ambientale
Delibera della Giunta Regionale del Veneto n°1841/2007	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. Modifica D.G.R. 1322 del 10 maggio 2006, in attuazione della sentenza del TAR del Veneto n. 1500/07 del 17 maggio 2007".
Delibera della Giunta Regionale del Veneto n°2948 del 06.10.2009	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
Comune di Verona. Piano degli Interventi	REPERTORIO NORMATIVO (Allegato alle N.T.O. art.17 comma 5 lett.c)

3. QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO

La “Valutazione di compatibilità idraulica” viene redatta a supporto di ogni nuovo strumento urbanistico, come previsto dalla Legge 267 del 30/08/1998 “...al fine di consentire una più efficace prevenzione dei dissesti idrogeologici...”, valutando le “... possibili alterazioni del regime idraulico...” che le nuove previsioni urbanistiche possono causare. Per l'ambito oggetto di studio “...dovranno essere analizzate le problematiche di carattere idraulico, individuate le soluzioni di massima nonché fornite le prescrizioni per l'attuazione di queste...”.

Nella relazione in oggetto “...devono essere verificate le variazioni della permeabilità e della risposta idrologica dell'area interessata conseguenti alle previste mutate caratteristiche territoriali nonché devono essere individuate idonee misure compensative [...], il reperimento di nuove superfici atte a favorire l'infiltrazione delle acque o la realizzazione di nuovi volumi di invaso, finalizzate a non modificare il grado di permeabilità del suolo e le modalità di risposta del territorio agli eventi meteorici”.

Si evidenzia, inoltre, “...la possibilità di utilizzare [...] le zone a standard Fc a Parco Urbano (verde pubblico) prive di opere, quali aree di laminazione per le piogge...”.

Circa il recapito delle acque si consiglia di evitare, se possibile, “...la concentrazione degli scarichi delle acque meteoriche, favorendo invece la diffusione sul territorio di punti di recapito con l'obiettivo di ridurre i colmi di piena nei canali recipienti...”, nonché “...si può valutare la possibilità dell'inserimento di dispositivi che incrementino i processi di infiltrazione nel sottosuolo”.

Si indica infine “...la necessità [...] di non fermarsi ad analizzare gli aspetti meramente quantitativi, ma deve verificare anche la compatibilità della qualità delle acque scaricate con l'effettiva funzione del ricettore”.

Si ricorda che gli interventi realizzati in conseguenza dello studio di compatibilità idraulica sono ragguagliabili agli oneri di urbanizzazione primaria.

La Legge 11 dicembre 2000 n°365 (di conversione del D.L. 279/2000), recante le norme riguardanti gli “Interventi urgenti per le aree a rischio idro-geologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore di zone colpite da calamità naturali”, ha introdotto alcune rilevanti novità rispetto all'iter procedurale di adozione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico, in precedenza previsto dalla legislazione del 1998 (D.L. 180/98 convertito con la Legge n°267 del 3 agosto 1998).

Le novità inerenti alle problematiche relative alla compilazione e adozione del suddetto piano sono:

- o Un'attività straordinaria di sorveglianza e ricognizione lungo i corsi d'acqua e le relative pertinenze eseguita dalle Regioni d'intesa con le Province, con il coordinamento dell'Autorità di Bacino.
- o La verifica dei progetti dei piani di stralcio adottati con le situazioni di rischio adottate con l'attività di sorveglianza e ricognizione.
- o La predisposizione e trasmissione ai sindaci interessati di un documento di sintesi che descriva la situazione del rischio idrogeologico del territorio comunale.
- o La convocazione da parte delle Regioni delle conferenze programmatiche, alle quali parteciperanno oltre alle Regioni ed alle Autorità di Bacino, i Sindaci e le Province, con il compito di esprimere un parere sui progetti di piano.

o L'adozione del piano da parte del comitato istituzionale, tenuto conto delle osservazioni pervenute, nonché delle risultanze delle conferenze programmatiche.

Prima dell'emanazione della ricordata Legge n°365/2000, a seguito dell'emanazione del D.L. n°180/89 vennero stabilite un insieme di azioni pianificatorie: un piano straordinario degli interventi più urgenti riguardanti le aree a massima pericolosità ed un piano più completo, chiamato "Piano per l'assetto idrogeologico", dove devono trovare riferimento tutte le aree a rischio del territorio.

Nella predisposizione del progetto di piano di stralcio è stato recepito quanto precedentemente non era stato incluso nel piano straordinario relativamente alle aree a livello di rischio inferiore a quello molto elevato. Per le aree a rischio molto elevato gli approfondimenti effettuati nel frattempo e l'opportunità di omogeneizzare gli aspetti normativi, hanno portato a riclassificarle in termini di pericolosità. Si rammenta che le Norme di attuazione di tale piano sono conformi ai principi generali previsti dal D.P.C.M. 29 settembre 1998 per la salvaguardia degli elementi a rischio.

In particolare, vengono classificati i territori in funzione delle condizioni di pericolosità e rischio nelle seguenti classi:

pericolosità

P1 (pericolosità moderata)
P2 (pericolosità media)
P3 (pericolosità elevata)
P4 (pericolosità molto elevata)

rischio

R1 (rischio moderato)
R2 (rischio medio)
R3 (rischio elevato)
R4 (rischio molto elevato)

Per la determinazione della zonizzazione di pericolosità si rimanda alla Relazione Tecnica allegata al "Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Adige".

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE DEL TERRITORIO

Per l'inquadramento generale dell'area si è fatto riferimento alla relazione geologica redatta per il progetto in esame.

Il progetto urbanistico residenziale in esame si colloca tra Via Galvani e Via Archimede, nel quartiere di Borgo Milano, nell'area identificata catastalmente dal Foglio n°204 Particelle n°162, 433.

L'area, attualmente incolta, si inserisce all'interno di un contesto già urbanizzato e secondo i dati di progetto, occupa una superficie pari a 1940 m² ca. Morfologicamente pianeggiante il lotto si colloca a quota 63÷64 m ca. s.l.m. Per l'ubicazione dell'area si fa riferimento alla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000, elemento n°123161 "Verona Nord - Ovest", di cui si riporta uno stralcio in **Allegato n°1**.



Figura 1 – A sx ortofoto estratta da www.googlemaps.it in cui si evidenzia l'area di intervento; a dx panoramica dei luoghi.

Sotto l'aspetto **geologico** dunque questa zona si pone nell'ambito deposizionale della conoide dell'Adige. Tale conoide è formata per lo più da materiali grossolani, spesso stratificati, con stratificazione da parallela ad incrociata, ed alternati a letti e lenti discontinue di sabbia.

I ciottoli sono costituiti prevalentemente da calcari chiari, dolomie e porfidi atesini; in misura minore sono presenti anche porfiriti, gneiss granitici e granodioritici, gneiss pegmatitici e rocce anfibolitiche.

In tutti i depositi pleistocenici che costituiscono la conoide dell'Adige si nota una notevole variazione di granulometria da monte a valle e dall'asse della conoide alla periferia.

Si passa cioè progressivamente da depositi grossolani prevalentemente ghiaiosi ad alluvioni più minute, sabbiose o sabbioso argillose. Quanto alla continuità verticale di tali depositi, dalle informazioni provenienti da stratigrafie di sondaggi ubicati nelle vicinanze e da dati bibliografici in genere, risulta che, salvo occasionali intercalazioni decimetriche limo sabbiose lentiformi, i depositi ghiaiosi sopra indicati sono rinvenibili sino ad oltre 100 m dal piano campagna.

Dal punto di vista **idrogeologico** il territorio veronese è composto da un unico complesso di tipo freatico, che rappresenta nella sua unitarietà e continuità un serbatoio idrico sotterraneo di grande potenzialità peraltro schematizzabile in tre differenti contesti geomorfologici dalle peculiari caratteristiche di permeabilità:

1. il settore collinare - montuoso
2. l'alta e media pianura compresa fra il settore montuoso e la linea delle risorgive

3. la bassa pianura a valle delle risorgive

Nel caso specifico in oggetto, il sito progettuale ricade all'interno dell'alta pianura veronese. Questa, compresa fra i monti Lessini a Nord, le colline moreniche dell'anfiteatro gardesano ad Ovest e la fascia delle risorgive a Sud, rappresenta una delle più cospicue riserve idriche sotterranee del Veneto.

Tale territorio è quindi sede di un acquifero freatico indifferenziato, con direzione di deflusso approssimativamente NW/SE e molto vulnerabile per l'elevata permeabilità dei depositi che la contengono.

Grazie ad una ricca bibliografia sull'argomento e all'abbondanza nella zona di pozzi, negli anni è stata ampiamente verificata su tutto il territorio il livello medio di una ricchissima falda freatica che varia da oltre 40 m nell'area di massimo spessore delle alluvioni ghiaiose a valori minimi di 1-2 m lungo l'estremo margine meridionale dei conoidi, all'interno della fascia delle risorgive.

Coerentemente con quanto sopra esposto, la porzione di pianura in cui ricade l'area in esame è quindi composta da un unico complesso di tipo freatico alimentato principalmente dalle dispersioni dell'Adige, dalle acque di infiltrazione superficiale provenienti dalle irrigazioni agrarie nonché dalle precipitazioni che ricaricano direttamente il sistema indifferenziato dell'alta pianura veronese.

Si deve inoltre tenere in considerazione il notevole influsso sulla circolazione idrogeologica dovuto alla forte antropizzazione dei luoghi.

Come visibile da uno stralcio della Carta idrogeologica dell'Alta pianura dell'Adige del 1989 (vedi fig. 3), il sito in esame si colloca nei pressi dell'isofreatica 51 m s.l.m.

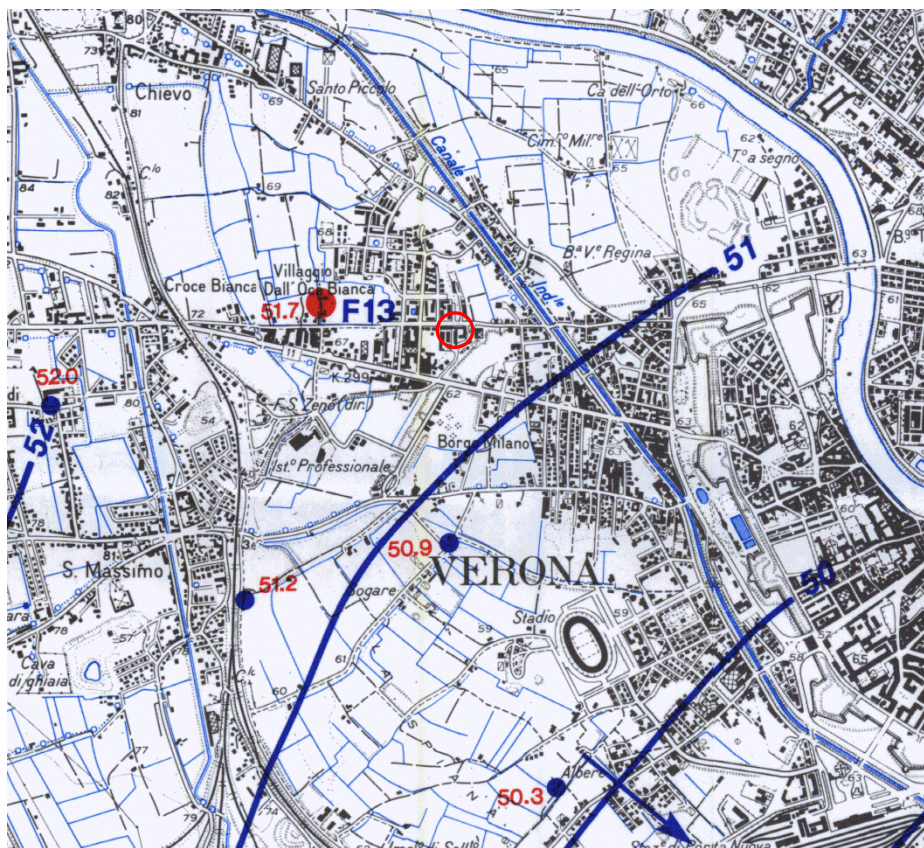


Figura 3 –Stralcio della Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige (A. Dal Prà, P. De Rossi 1989)

Conseguentemente tali valori suggeriscono che in fase di morbida, periodo dell'anno idrologico in cui il livello freatico raggiunge le quote altimetriche maggiori, nel lotto progettuale ubicato ad una quota di 63÷64 m ca s.l.m., la falda si attesta ad una profondità di circa 12÷13 m dal p.c.

Dal punto di vista **idrografico** infine, l'area è posta a circa 1 km ad sud-ovestovest dell'ansa dall'attuale alveo dell'Adige, ed in prossimità ad ovest del canale industriale Camuzzoni.

Infine, il sito non rientra tra le aree di pericolosità individuate dal "Piano Stralcio per la Tutela dal Rischio Idrogeologico" (Bacino dell'Adige - Regione Veneto), adottato con delibera del Comitato Istituzionale n. 1 del 15.02.2005 ed approvato con D.P.C.M. 27.04.2006 e dal successivo "Progetto di 1^ Variante - Aree in dissesto da versante" adottato con delibera del Comitato Istituzionale n. 1 del 19.06.07.

Del resto anche l'analisi della TAV. 3 "Carta delle fragilità" allegata al P.A.T del Comune di Verona indica che i terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame sono considerati "OTTIMI" ai fini edificatori, e non segnala problemi di carattere idrogeologico interessanti la zona in esame.

4.1. Modello stratigrafico locale

La consultazione dei dati bibliografici e cartografici disponibili della zona e dalle numerose indagini geognostiche condotte dallo scrivente in aree limitrofe a quella di intervento e nel medesimo contesto deposizionale fanno ipotizzare la presenza di terreni granulari ghiaiosi e sabbiosi per tutta la successione investigata ad eccezione del primo metro caratterizzato da terreno vegetale ghiaioso in matrice sabbiosa grossolana.

Nella tabella di seguito vengono riportate le valutazioni litologiche eseguite e la caratterizzazione geotecnica qualitativa dei livelli previsti.

Prof. da p.c. (m)	Litologia	Caratteristiche geotecniche
0,00 ÷ 1,00	Terreno vegetale ghiaioso in matrice sabbiosa grossolana.	-
1,00 ÷ 5,00	Ghiaie poligeniche ben arrotondate immerse in matrice sabbiosa grossolana. Locali interdigitazioni di lenti sabbiose.	Buone

Tabella 1 – Stratigrafia schematica dell'area esaminata

4.2. Caratteristiche di permeabilità del sottosuolo

Il coefficiente di permeabilità k , o conducibilità idraulica, rappresenta il parametro che caratterizza un deposito dal punto di vista idrogeologico e può essere qualitativamente espresso come l'attitudine propria di un terreno a lasciarsi attraversare dall'acqua.

Nell'area, le litologie poste al di sotto della coltre vegetale sono generalmente dotate di una buona permeabilità: in assenza di indagini dirette, il loro coefficiente k può essere valutato indicativamente sulla base delle tabelle esistenti in letteratura, come quelle riportate di seguito.

Infatti, il sottosuolo dell'area risulta costituito generalmente da litologie di buona permeabilità: tali terreni possono essere inseriti tra quelli aventi un drenaggio "buono", e caratterizzati da un *Grado di permeabilità* da "medio" a "alto" (cfr. fig. 3 e fig. 4).

k cm/sec	10 ⁰	10 ¹	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
drenaggio	buono						povero		praticamente impermeabile			
	ghiaia pulita	sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita				sabbia fina, li- mi organici e inorganici, mi- scele di sabbia, limo e argilla, depositi di ar- gilla stratificati		terreni imper- meabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti at- mosferici				
						terreni impermeabili modificati dagli ef- fetti della vegetazione e del tempo						

Figura 3 – Valori indicativi del coefficiente di permeabilità *k* (Casagrande e Fadum)

grado di permeabilità	valore di <i>k</i> (cm/sec)
alto	superiore a 10 ⁻¹
medio	10 ⁻¹ ÷ 10 ⁻³
basso	10 ⁻³ ÷ 10 ⁻⁵
molto basso	10 ⁻⁵ ÷ 10 ⁻⁷
impermeabile	minore di 10 ⁻⁷

Figura 4 – Classificazione qualitativa del terreno sulla base della permeabilità

Considerando prove di permeabilità effettuate su terreni simile e in relazione alle informazioni ottenibili dalla letteratura esistente si evince come, per le ghiaie con sabbia in esame, le caratteristiche granulometriche, di forma e di addensamento dei granuli permettano di definire quantitativamente il coefficiente di permeabilità e qualitativamente i loro parametri idrogeologici (grado di permeabilità *k* e drenaggio), come descritto nella tabella seguente.

Litologia	<i>k</i> (cm/s)	Grado di permeabilità	Drenaggio
Ghiaia con sabbia	1 x 10 ⁻³	medio	Buono

5. ENTI COMPETENTI

Gli organi istituzionali che regolano e governano la rete fluviale e il reticolo dei canali di scolo del Comune di Fumane sono rispettivamente l'Autorità di Bacino del Fiume Adige e il Consorzio di Bonifica Veronese.

5.1. Autorità di Bacino del Fiume Adige

Il territorio interessato dal progetto appartiene all'**Ambito Veneto dell'Autorità di Bacino Nazionale del Fiume Adige** (cfr. fig. 5).

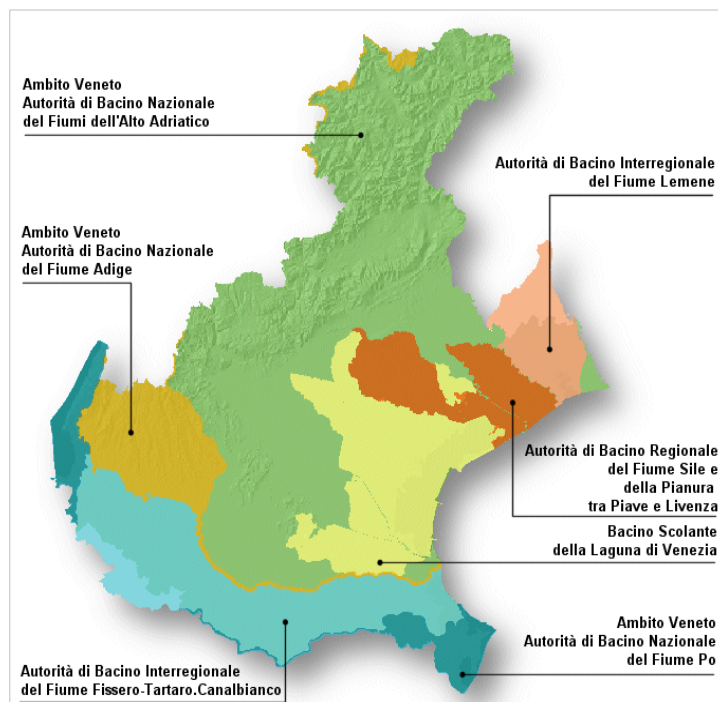


Fig. 5. Autorità di Bacino della Regione Veneto

Dall'analisi delle tavole di pericolosità idraulica e di rischio idraulico del “Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico - Bacino dell'Adige – Regione Veneto” si evince che il Comune di Verona ed in particolare le aree interessate dalle opere in progetto non ricadono nella perimetrazione della pericolosità o del rischio idraulico del P.A.I.

5.2. Consorzio di Bonifica Veronese

L'ente che regola e governa il reticolo dei canali di scolo della porzione del territorio Comunale di Verona interessata dal lotto in esame è il Consorzio di Bonifica Veronese (cfr. fig. 6).



Figura 6: Consorzio di Bonifica Veronese

6. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

I terreni in studio sono ubicati nel territorio comunale di Verona, in quartiere “Borgo Milano”, ad una quota topografica pari a circa 63÷64 m s.l.m (cfr. *Allegato n°1*).

Il progetto in esame prevede la realizzazione di una lottizzazione residenziale che interessa una **superficie di ambito di 1.940 m²**. L'intervento consisterà nella realizzazione di una viabilità di lottizzazione completa di parcheggi, pista ciclabile ed verde pubblico e la realizzazione di un fabbricato ad uso residenziale.

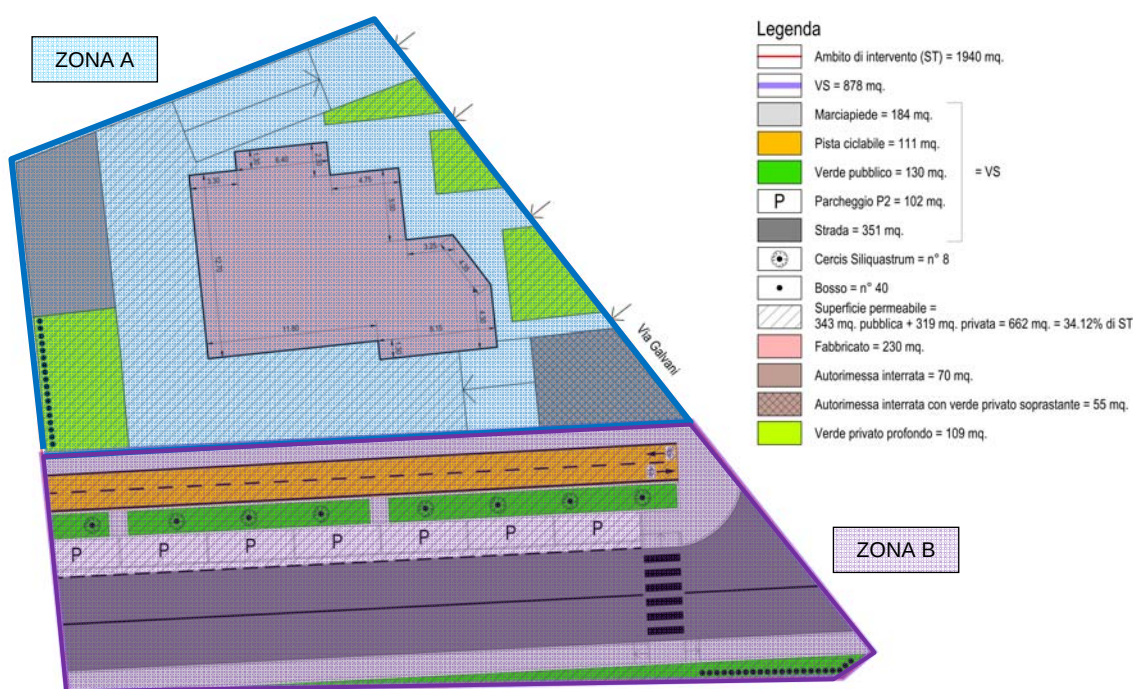


Fig. 7: planimetria generale di progetto della lottizzazione.

Data che parte del lotto è interessato da opere di urbanizzazione primaria come strade, parcheggi e verde pubblico attrezzato che varranno cedute al Comune, si è previsto di suddividere il lotto in 2 zone distinte da considerare ai fini della valutazione del volume di compensazione:

- **ZONA A – aree di urbanizzazione primaria (pubbliche):** comprende le strade e marciapiedi per 351+184=535 mq, l'area di parcheggio P2 per 102 mq, il verde pubblico per 130 mq e la pista ciclabile per 111mq, per complessivi 878 mq
- **ZONA B (lotto privato):** per complessivi che comprende un fabbricato di 230 mq, autorimessa interrata di 70 mq, verde per 55+109=164 mq, camminamenti e rampe e sup. impermeabili per 388 mq, sup. drenanti per 210 mq, per complessivi 1.062 mq

Tale suddivisione del lotto deve essere completata considerando una ulteriore zona in quanto il lottizzante deve completare le opere di urbanizzazione primaria fino a via Archimede, come illustrato in figura 7-bis riportata di seguito.

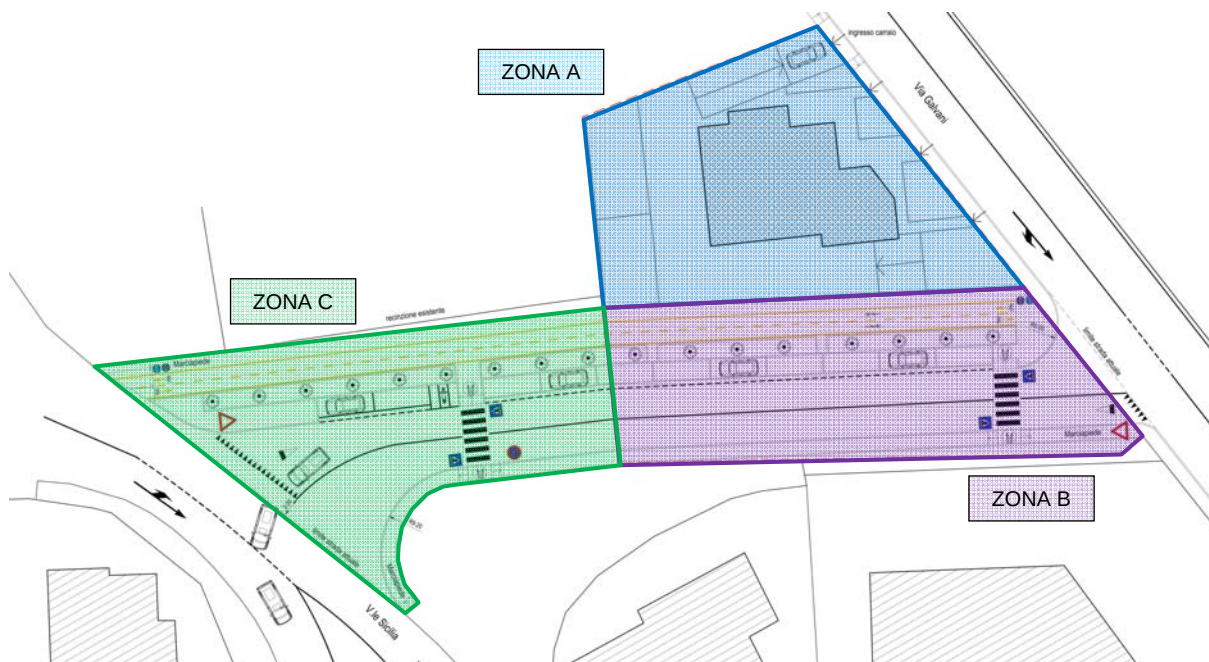


Fig. 7-bis: planimetria generale di progetto della lottizzazione.

- **ZONA C – ulteriori aree di urbanizzazione primaria (pubbliche):** comprende le strade e marciapiedi per 398+61+80+13=552 mq, l'area di parcheggio per 66 mq, verde pubblico per 127 mq e la pista ciclabile per 121 mq, per complessivi 866 mq

Per la determinazione delle misure compensative si considereranno due porzioni distinte:

- **ZONA A** che tiene conto della parte di lotto provata su cui verrà realizzato un fabbricato residenziale.
- **ZONA B+C** che tiene conto complessivamente dell'area interessata dalle opere di urbanizzazione primaria;

Tale suddivisione permetterà in seguito di gestire al meglio le manutenzioni ai singoli sistemi di compensazione idraulica in quanto già divisi tra privati e/o enti pubblici.

7. PARAMETRI IDROLOGICI ED IDRAULICI

7.1. Premessa

Il calcolo della portata di pioggia passa attraverso tre fondamentali stadi processuali: la determinazione dell'afflusso meteorico lordo, la determinazione dell'afflusso meteorico netto e la trasformazione degli afflussi in deflussi.

7.2. Determinazione dell'afflusso meteorico

7.2.1. Tempo di ritorno

Per quanto riguarda l'afflusso meteorico lordo, è utile valutare preliminarmente il tempo di ritorno da utilizzare compatibilmente con la tipologia realizzativa in progetto.

Per l'intervento in oggetto, si assume un **Tempo di ritorno T_r pari a 50 anni**, come indicato dalla DGR 2948/2009.

7.2.2. Raccolta ed elaborazione dei dati pluviometrici

La ricerca presso gli enti dei dati pluviometrici ha portato all'individuazione della stazione pluviometrica di Verona, prossima alla zona in esame e gestita da ARPAV.

Per l'elaborazione dell'indagine idrologica sono stati raccolti i dati pluviometrici delle serie storiche del valore di altezza di precipitazione di durata pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore, fornite dal Centro Meteorologico ARPAV di Teolo.

Stazione di VERONA				
Parametri regolarizzazione dati di precipitazione			legge di GUMBEL	
$-\alpha \cdot (x - \beta)$				
$P(x) = e^{-e}$				

1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore

N: 31	N: 31	N: 31	N: 31	N: 31
Media: 27.110	Media: 33.742	Media: 38.987	Media: 44.781	Media: 52.858
alfa: .100	alfa: .084	alfa: .080	alfa: .075	alfa: .072
beta: 21.713	beta: 27.374	beta: 32.261	beta: 37.611	beta: .419
=====				
Tr = 2	Tr = 2	Tr = 2	Tr = 2	Tr = 2
Xt = 25.40	Xt = 31.72	Xt = 36.85	Xt = 42.50	Xt = 50.50

Parametri curva H = a*T^n : a = 9.086 n = .238 (T = minuti)				

Tr = 5	Tr = 5	Tr = 5	Tr = 5	Tr = 5
Xt = 36.78	Xt = 45.16	Xt = 51.04	Xt = 57.63	Xt = 66.19

Parametri curva H = a*T^n : a = 14.696 n = .208 (T = minuti)				

Tr = 10	Tr = 10	Tr = 10	Tr = 10	Tr = 10
Xt = 44.32	Xt = 54.05	Xt = 60.44	Xt = 67.65	Xt = 76.58

Parametri curva H = a*T^n : a = 18.560 n = .196 (T = minuti)				

Tr = 25	Tr = 25	Tr = 25	Tr = 25	Tr = 25
Xt = 53.85	Xt = 65.29	Xt = 72.31	Xt = 80.30	Xt = 89.72

Parametri curva H = a*T^n : a = 23.545 n = .184 (T = minuti)				

Tr = 50	Tr = 50	Tr = 50	Tr = 50	Tr = 50
Xt = 60.92	Xt = 73.63	Xt = 81.12	Xt = 89.69	Xt = 99.46

Parametri curva H = a*T^n : a = 27.296 n = .177 (T = minuti)				

Tr = 100	Tr = 100	Tr = 100	Tr = 100	Tr = 100
Xt = 67.93	Xt = 81.91	Xt = 89.86	Xt = 99.01	Xt = 109.13

Parametri curva H = a*T^n : a = 31.051 n = .172 (T = minuti)				

Tr = 200	Tr = 200	Tr = 200	Tr = 200	Tr = 200
Xt = 74.92	Xt = 90.16	Xt = 98.57	Xt = 108.30	Xt = 118.76

Parametri curva H = a*T^n : a = 34.817 n = .168 (T = minuti)				

La regolarizzazione statistico-probabilistica, impiegata per il calcolo dei tempi di ritorno, fa riferimento alla distribuzione di Gumbel. Tale legge si basa sull'introduzione di un'ipotesi relativa al tipo di distribuzione dei più grandi valori estraibili da più serie costituite da osservazioni tra loro indipendenti.

Di seguito si riportano e diverse Curve di possibilità pluviometrica riferite ai diversi tempi di ritorno determinate a seguito dell'elaborazione statistica secondo Gumbel relative alle precipitazioni massime annue effettive della durata da 1 a 24 ore per la stazione di misura di Verona.

Verona	
Tempo di ritorno [anni]	Curva di possibilità pluviometrica [h mm, t min]
5	$h=36,79 t^{0,183}$
10	$h=44,49 t^{0,171}$
25	$h=54,24 t^{0,159}$
50	$h=61,48 t^{0,153}$
100	$h=68,66 t^{0,148}$
200	$h=75,83 t^{0,144}$

7.3. Determinazione del coefficiente di deflusso

La portata meteorica lorda $Ql(t)$ che affluisce ad un bacino di superficie S durante un evento con intensità $j(t)$ risulta $Ql(t) = j(t)S$. La portata meteorica netta $Q(t)$ che affluisce alla rete di smaltimento è inferiore perché una parte dell'acqua evapora, viene intercettata o trattenuta dal suolo, riempie piccole cavità e soprattutto penetra per infiltrazione nel terreno. Per quantificare le perdite si utilizza il cosiddetto coefficiente di deflusso ϕ , che varia da 0 a 1: il valore 0 caratterizza idealmente una superficie infinitamente permeabile che non permette il deflusso superficiale, mentre il valore unitario rappresenta la situazione di superficie impermeabile in cui l'infiltrazione è nulla. Di seguito si riportano i coefficienti di deflusso previsti dalla DGR 2948/2009.

Superficie scolante	ϕ
Aree agricole	0,10
Aree verdi	0,20
Superfici semipermeabili (grigliati drenanti, strade in terra battuta e stabilizzato)	0,60
Superfici impermeabili (coperture, viabilità)	0,90

Nel caso in esame, prendendo spunto da quanto riportato in bibliografia, per l'intervento si sono prese in considerazione le due configurazioni, attuale e di progetto, sulla base delle indicazioni fornite dalla Committenza assegnando ad ogni tipo di superficie un idoneo coefficiente di deflusso. Si è proceduto quindi calcolando il coefficiente di deflusso equivalente, ovvero un coefficiente di deflusso calcolato come media ponderata sulle aree:

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i S_i}{S_{tot}}$$

svolgendo i calcoli si ottengono quindi due coefficienti, uno valido per lo stato attuale e uno per lo stato di progetto.

7.4. Stima della portata meteorica netta e volume invaso

Per ridurre la complessità dei calcoli necessari alla definizione dell'intera onda di piena, sono stati sviluppati metodi semplificati, che si basano su ietogrammi di progetto ad intensità costante per la durata τ dell'evento, correlati a coefficienti di deflusso ϕ parimenti costanti durante l'evento di data durata, in modo tale da ottenere portate di afflusso nette costanti nel tempo. Nello specifico si è fatto riferimento al Metodo della Corrivazione (o metodo cinematico lineare) che si basa sulle seguenti assunzioni:

- gocce di pioggia cadute contemporaneamente in punti diversi del bacino impiegano tempi diversi per arrivare sulla sezione di chiusura;
- esiste un tempo di corrivazione t_c caratteristico del bacino che rappresenta il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura.

La formula che ne individua la portata è:

$$Q = \frac{h\phi S}{\tau} = j\phi S$$

che assume valore massimo per un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione, quando cioè tutto il bacino ha contribuito alla formazione della stessa.

Il tempo di corrivazione del bacino è il tempo necessario perché la goccia d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino stesso.

Esso è valutato indipendentemente dalla possibile interferenza nel deflusso della goccia con altre particelle d'acqua. Per bacini artificiali il tempo di corrivazione t_c può, in prima approssimazione, essere valutato come somma di due termini

$$t_c = t_i + t_r$$

dove

t_i tempo di ingressi, 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.

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

Valori dei tempi di ingresso secondo Fair

Per la determinazione del tempo t_r si accetta 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.

Nel presente paragrafo si forniscono i dati necessari a valutare le misure compensative e/o di mitigazione per attenuare il rischio idraulico a seguito della variante urbanistica prevista.

Ogni eventuale urbanizzazione che alteri l'equilibrio idraulico deve essere subordinata alla realizzazione di un volume d'invaso capace di laminare l'incremento di portata indotto dalla trasformazione del territorio, restituendo lentamente la acque piovane raccolte.

Nella modellazione considerata si ipotizza di concentrare i volumi d'acqua da invasare in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino corrispondente all'area in esame.

Il sistema determina, in funzione di una serie di eventi critici considerati (determinando la pioggia in funzione del tempo) e delle portate di deflusso (assunta pari alla portata defluente dall'area nella situazione esistente detta "bonifica"), i seguenti parametri:

- Altezza della precipitazione con $T_r = 50$ anni
- Intensità media della precipitazione
- Portata affluente (Q_a)
- Volume affluente (V_a)
- Volume uscente (V_u)
- Volume di invaso temporaneo ($V_o = V_a - V_u$)

8. VALUTAZIONE IDRAULICA DELL'AREA D'INTERVENTO

L'intervento interessa un'area di 1.940 m² su cui verrà realizzata la lottizzazione residenziale. Come riportato nella D.G.R.V. n°2948/2009, trattandosi di un **intervento su superficie compresa tra 0,1 ha e 1 ha**, la classe di intervento è di modesta impermeabilizzazione potenziale.

8.1. Determinazione del coefficiente di deflusso

In riferimento ai coefficienti di deflusso previsti dalla DGR 2948/2009, per il calcolo del coefficiente di deflusso è stato preso in considerazione il lotto di intervento pari a ca. **1.940 m²** distribuita in funzione del tipo di superficie in base alle previsioni urbanistiche. All'area del lotto va considerata in aggiunta l'area di completamento delle opere di urbanizzazione primaria (**AREA C**) pari a ca. **866 m²**.

Nella tabella seguente vengono riportate le differenti area per ogni tipo di superficie con il conseguente calcolo del coefficiente di deflusso.

Stato attuale:

DESCRIZIONE	zona B+C		zona A	
	S (m ²)	φ	S (m ²)	φ
Terreno incolto	1.744,00	0,10	1.062,00	0,10
TOT	1.744,00	0,10	1.062,00	0,10

Stato di progetto:

DESCRIZIONE	zona B+C		zona A	
	S (m ²)	φ	S (m ²)	φ
Verde pubblico	257,00	0,20	-	0,20
Verde giardini	-	0,20	164,00	0,20
Pavimentazioni drenanti	400,00	0,60	155,00	0,60
Strade, marciapiedi, camminamenti	1.087,00	0,90	443,00	0,90
Coperture fabbricati	-,00	0,90	300,00	0,90
TOT	1.744,00	0,73	1.062,00	0,67

Il valore del coefficiente di deflusso relativo allo stato di progetto, maggiore di quello relativo allo stato attuale, indica che la superficie impermeabile è aumentata rispetto a quella relativa alla configurazione in essere.

8.2. Valutazione incremento di portata

Per il calcolo della portata di piena si è utilizzato il Metodo Razionale la cui formula è la seguente:

$$Q = 0,2778 \cdot \phi \cdot \frac{h}{t_c} \cdot A$$

dove:

Q: portata di colmo [m³/s]

φ: coefficiente di deflusso [-]

h: intensità di pioggia [mm]

t_c : tempo di corrivazione [h]

A: superficie del bacino [km²]

8.2.1. Zona B+C

DATI PER VALUTAZIONE INCREMENTO DI PORTATA

Dati dell'area in esame

Stot = 1.744 m²

superficie totale lotto

tc = 10,00 min

tempo di corrivazione

tipo di terreno:

ghiaia

k = 1,00E-03 cm/s

permeabilità (da bibliografia)

= 1,00E-05 m/s

Dati pluviometrici

tc = 10,00 min

tempo di corrivazione

= 0,17 ore

a = 61,48

n = 0,153

h = 46,7 mm

altezza di precipitazione (con t=tc)

VALUTAZIONE DEFLUSSI

Attuale (bonifica)

tipo di superficie		area [m²]	
verde incolto	100%	1.744	0,10
		1.744	0,10

Q1 = 13,59

l/s

Futura (urbanizzazione)

tipo di superficie		area [m²]	
area verde	15%	257	0,20
giardini	0%	-	0,20
parcheggio drenante	23%	400	0,60
strade e marciapiedi	62%	1.087	0,90
copertura	0%	-	0,90
		1.744	0,73

Q2 = 98,91

l/s

Incremento portata

Q (Q2-Q1) = 85,33

l/s

Dal confronto dei valori di deflusso si è valutato un **incremento di portata pari a Q=85,33 l/s**. Per quanto esplicitato sopra, si dichiara che, in occasione di eventi meteorici, la trasformazione dell'uso del suolo si traduce in un importante aumento del contributo specifico apportato dalla singola area all'intero sistema idrologico, per cui è necessaria l'identificazione di idonee tecniche di mitigazione, come quelle di seguito evidenziate, al fine di non alterare l'attuale regime idraulico dei luoghi.

8.2.1. Zona A

DATI PER VALUTAZIONE INCREMENTO DI PORTATA		VALUTAZIONE DEFLUSSI	
Dati dell'area in esame		Attuale (bonifica)	
Stot =	1.062 m ² superficie totale lotto	tipo di superficie	area [m²]
tc =	15,00 min tempo di corrivazione	verde incolto 100%	1.062
			0,10
			1.062 0,10
			Q1 = 5,87 l/s
tipo di terreno:	ghiaia	Futura (urbanizzazione)	
k =	1,00E-03 cm/s permeabilità (da bibliografia)	tipo di superficie	area [m²]
	1,00E-05 m/s	area verde 0%	-
		giardini 15%	164
		superfici drenanti 15%	155
		aree pavimentate 42%	443
		copertura 28%	300
			1.062 0,75
			Q2 = 43,90 l/s
Dati pluviometrici		Incremento portata	
tc =	15,00 min tempo di corrivazione	EQ (Q2 - Q1) = 38,04 l/s	
	0,25 ore		
a =	61,48		
n =	0,153		
h =	49,7 mm altezza di precipitazione (con t=tc)		

Dal confronto dei valori di deflusso si è valutato un **incremento di portata pari a Q=38,04 l/s**. Per quanto esplicitato sopra, si dichiara che, in occasione di eventi meteorici, la trasformazione dell'uso del suolo si traduce in un apprezzabile aumento del contributo specifico apportato dalla singola area all'intero sistema idrologico, per cui è necessaria l'identificazione di idonee tecniche di mitigazione, come quelle di seguito evidenziate, al fine di non alterare l'attuale regime idraulico dei luoghi.

9. PROPOSTA DI MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

9.1. *Indicazioni di piano per l'attenuazione del rischio idraulico*

Nel presente paragrafo si forniscono i dati necessari a valutare le misure compensative e/o di mitigazione per attenuare il rischio idraulico a seguito della variante urbanistica prevista.

Ogni eventuale urbanizzazione che alteri l'equilibrio idraulico deve essere subordinata alla realizzazione di un volume d'invaso capace di laminare l'incremento di portata indotto dalla trasformazione del territorio, restituendo lentamente la acque piovane raccolte.

Nella modellazione considerata si ipotizza di concentrare i volumi d'acqua da invasare in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino corrispondente all'area in esame.

Il sistema determina, in funzione di una serie di eventi critici considerati (determinando la pioggia in funzione del tempo) e delle portate di deflusso (assunta pari alla portata defluente dall'area nella situazione esistente detta "bonifica"), i seguenti parametri:

Il sistema determina, in funzione di una serie di eventi critici considerati (scansione temporale ponderata tra le piogge di varia durata) e della portata di deflusso (limitata teoricamente al valore costante di **10 l/s per ettaro** come indicato dallo "Studio di compatibilità idraulica del P.A.T."), quanto segue:

- Altezza della precipitazione con $T_r = 50$ anni
- Intensità media della precipitazione
- Portata affluente (Q_a)
- Volume affluente (V_a)
- Volume uscente (V_u)
- Volume di invaso temporaneo ($V_o = V_a - V_u$)

Di seguito è stata indicata la sintesi del calcolo dei volumi d'invaso che utilizzano un tempo di ritorno di 50 anni.

9.1.1. Zona A

DIMENSIONAMENTO VOLUME DI INVASO

metodo cinematico (Alfonsi & Orsi 1987)

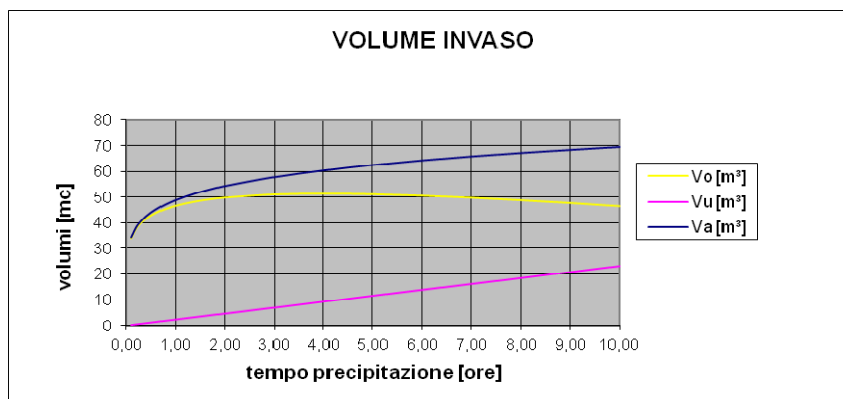
tempo di corrivazione	tc [ore] =	15,00
superficie soggetta a variante	S [ha] =	0,1062
coeff. di deflusso	ϕ =	0,75
portata uscente	Qu [l/s] =	0,64

tempo precip.	linea segnalatrice possibilità climatica		altezza precip.	intensità media	portata affluente	volume affluente	volume uscente	volume invaso
tp [ore]	a	n	h [mm]	j [mm/ora]	Qa [l/s]	Va [m³]	Vu [m³]	Vo [m³]
0,10	61,480	0,153	43,2	432,2	95,4	34,345	0,230	34,115
0,20	61,480	0,153	48,1	240,3	53,0	38,187	0,461	37,727
0,30	61,480	0,153	51,1	170,5	37,6	40,631	0,691	39,940
0,40	61,480	0,153	53,4	133,6	29,5	42,460	0,922	41,538
0,50	61,480	0,153	55,3	110,6	24,4	43,934	1,152	42,782
0,60	61,480	0,153	56,9	94,8	20,9	45,177	1,382	43,795
0,70	61,480	0,153	58,2	83,2	18,4	46,255	1,613	44,643
0,80	61,480	0,153	59,4	74,3	16,4	47,210	1,843	45,367
0,90	61,480	0,153	60,5	67,2	14,8	48,069	2,074	45,995
1,00	61,480	0,153	61,5	61,5	13,6	48,850	2,304	46,546
1,20	61,480	0,153	63,2	52,7	11,6	50,232	2,765	47,467
1,40	61,480	0,153	64,7	46,2	10,2	51,430	3,226	48,205
1,60	61,480	0,153	66,1	41,3	9,1	52,492	3,686	48,806
1,80	61,480	0,153	67,3	37,4	8,2	53,446	4,147	49,299
2,00	61,480	0,153	68,4	34,2	7,5	54,315	4,608	49,707
3,00	61,480	0,153	72,7	24,2	5,4	57,791	6,912	50,879
4,00	61,480	0,153	76,0	19,0	4,2	60,392	9,216	51,176
5,00	61,480	0,153	78,6	15,7	3,5	62,489	11,520	50,969
6,00	61,480	0,153	80,9	13,5	3,0	64,257	13,824	50,433
7,00	61,480	0,153	82,8	11,8	2,6	65,790	16,128	49,662
8,00	61,480	0,153	84,5	10,6	2,3	67,148	18,432	48,716
9,00	61,480	0,153	86,0	9,6	2,1	68,369	20,736	47,633
10,00	61,480	0,153	87,4	8,7	1,9	69,480	23,040	46,440

VOLUME INVASO DI PROGETTO [m³] = **51,176**

Il volume che risulterà necessario invasare sarà quindi pari a ca. **51 mc**, aumentando del 10% per cautela si ottiene ai fini di calcolo un volume pari a **56 mc**. Ne deriva che il volume d'invaso per ettaro d'intervento è pari a circa **527 mc/ha**.

Ne deriva che il volume d'invaso per ettaro d'intervento è pari a circa **489 mc/ha**.



9.1.1. Zona B+C

DIMENSIONAMENTO VOLUME DI INVASO

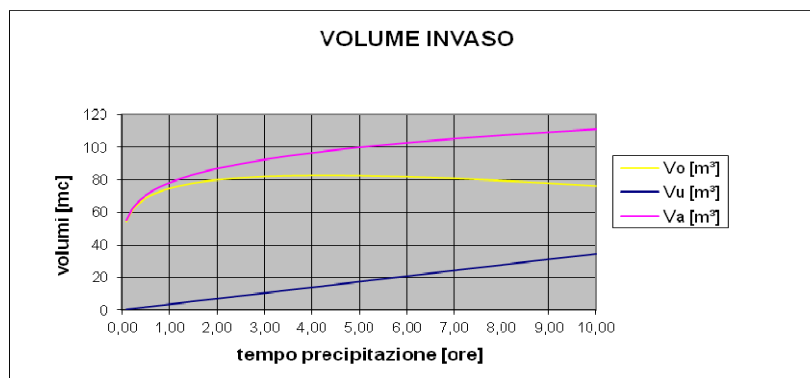
metodo cinematico (Alfonsi & Orsi 1987)

tempo di corrivazione	tc [ore] =	10,00
superficie soggetta a variante	S [ha] =	0,1744
coeff. di deflusso	ϕ =	0,73
portata uscente	Qu [l/s] =	0,97

tempo precip.	linea segnalatrice possibilità climatica		altezza precip.	intensità media	portata affluente	volume affluente	volume uscente	volume invaso
tp [ore]	a	n	h [mm]	j [mm/ora]	Qa [l/s]	Va [m³]	Vu [m³]	Vo [m³]
0,10	61,480	0,153	43,2	432,2	152,5	54,887	0,349	54,538
0,20	61,480	0,153	48,1	240,3	84,8	61,028	0,698	60,329
0,30	61,480	0,153	51,1	170,5	60,1	64,934	1,048	63,886
0,40	61,480	0,153	53,4	133,6	47,1	67,855	1,397	66,459
0,50	61,480	0,153	55,3	110,6	39,0	70,212	1,746	68,466
0,60	61,480	0,153	56,9	94,8	33,4	72,198	2,095	70,103
0,70	61,480	0,153	58,2	83,2	29,3	73,921	2,444	71,477
0,80	61,480	0,153	59,4	74,3	26,2	75,447	2,794	72,653
0,90	61,480	0,153	60,5	67,2	23,7	76,819	3,143	73,676
1,00	61,480	0,153	61,5	61,5	21,7	78,067	3,492	74,575
1,20	61,480	0,153	63,2	52,7	18,6	80,276	4,190	76,085
1,40	61,480	0,153	64,7	46,2	16,3	82,192	4,889	77,303
1,60	61,480	0,153	66,1	41,3	14,6	83,888	5,587	78,301
1,80	61,480	0,153	67,3	37,4	13,2	85,413	6,286	79,128
2,00	61,480	0,153	68,4	34,2	12,1	86,802	6,984	79,818
3,00	61,480	0,153	72,7	24,2	8,6	92,357	10,476	81,881
4,00	61,480	0,153	76,0	19,0	6,7	96,513	13,968	82,545
5,00	61,480	0,153	78,6	15,7	5,5	99,865	17,460	82,405
6,00	61,480	0,153	80,9	13,5	4,8	102,690	20,952	81,738
7,00	61,480	0,153	82,8	11,8	4,2	105,140	24,444	80,696
8,00	61,480	0,153	84,5	10,6	3,7	107,311	27,936	79,375
9,00	61,480	0,153	86,0	9,6	3,4	109,262	31,428	77,834
10,00	61,480	0,153	87,4	8,7	3,1	111,038	34,920	76,118

VOLUME INVASO DI PROGETTO [m³] = **82,545**

Il volume che risulterà necessario invasare sarà quindi pari a ca. **83 mc**, aumentando del 10% per cautela si ottiene ai fini di calcolo un volume pari a **92 mc**. Ne deriva che il volume d'invaso per ettaro d'intervento è pari a circa **527 mc/ha**.



9.1. Proposta di misure compensative e/o di mitigazione del rischio

La definizione del volume di laminazione complessivo è oggetto della relazione di valutazione di compatibilità idraulica del P.U.A., e si attesta su un valore di almeno 56 m³ per la parte di lotto interessato dalla realizzazione di un fabbricato residenziale (zona B), a cui deve essere sommato un volume di 92 m³ per l'ulteriore area interessata dalle opere di urbanizzazione primaria, sulla base volume auspicato dal Consorzio di Bonifica Veronese pari a 500 m³ per ettaro. Sotto l'aspetto progettuale si è scelto di dotare ogni linea di raccolta di una serie di pozzi perdenti collegati tra loro con tubi drenanti dimensionati in maniera tale da riuscire a gestire autonomamente i volumi di precipitazione generati da eventi con tempo di ritorno di 50 anni.

9.1.1. Zona A

Nel caso specifico della linea di raccolta della zona A, che è interessata la zona residenziale posizionata nella porzione a nord-est del lotto, per determinare la capacità filtrante del sistema ipotizzato sono stati considerati nr 4 pozzi drenanti di diametro pari a 2,00 m ed altezza utile filtrante di 4,00 m. La profondità massima di tali elementi si colloca alla quota di ca. 53 m s.l.m. garantendo rispetto alla quota della falda (48 m s.l.m.) un franco di ca. 5,0 m.

Alla luce della permeabilità dei terreni in sito (valore assunto di permeabilità pari a 1×10^{-5} m/s), un pozzo così realizzato consente una portata di infiltrazione pari a 0,16 l/s ed un volume di invaso di 12,57 m³. Considerando l'intero sistema costituito da nr 4 pozzi perdenti la portata di infiltrazione è pari a 0,64 l/s; tale valore è stato considerato per il dimensionamento del volume di invaso.

9.1.2. Zona B+C

Nel caso specifico della linea di raccolta della zona B+C, che è interessata dalle opere di urbanizzazione, per determinare la capacità filtrante del sistema ipotizzato sono stati considerati nr 6 pozzi drenanti di diametro pari a 2,00 m ed altezza utile filtrante di 4,00 m. La profondità massima di tali elementi si colloca alla quota di ca. 53 m s.l.m. garantendo rispetto alla quota della falda (48 m s.l.m.) un franco di ca. 5,0 m.

Alla luce della permeabilità dei terreni in sito (valore assunto di permeabilità pari a 1×10^{-5} m/s), un pozzo così realizzato consente una portata di infiltrazione pari a 0,16 l/s ed un volume di invaso di 12,57 m³. Considerando l'intero sistema costituito da nr 6 pozzi perdenti la portata di infiltrazione è pari a 0,97 l/s; tale valore è stato considerato per il dimensionamento del volume di invaso.

9.2. Verifica degli interventi di mitigazione

In ragione di quanto finora esposto, risulta necessario operare con interventi di mitigazione idraulica aventi lo scopo di non aumentare la quantità di volume di acqua meteorica scaricata nei locali corpi ricettori. Le opere di mitigazione previste sono state pensate, inoltre, considerando l'ubicazione dell'area in esame ed in particolare tenendo conto che parte della lottizzazione interessata dalle opere di urbanizzazione primaria (strade, parcheggi, verde attrezzato, ecc.) verranno cedute al comune.

Alla luce di quanto sopra esposto, poiché le caratteristiche dello stesso lo consentono (matrice ciottolosa/ghiaiosa con mancanza di frazione fine/limosa e con un valore di permeabilità $k > 10^{-5}$ m/s), come sistema di mitigazione idraulica si è deciso di utilizzare sia pozzi perdenti abbinati ad una tubazione drenante, inoltre per la zona interessata dalle strade e parcheggi si sono individuate alcune aree da deprimere rispetto al resto della lottizzazione in modo da ottenere dei possibili bacini di laminazione (cfr. fig. 7).

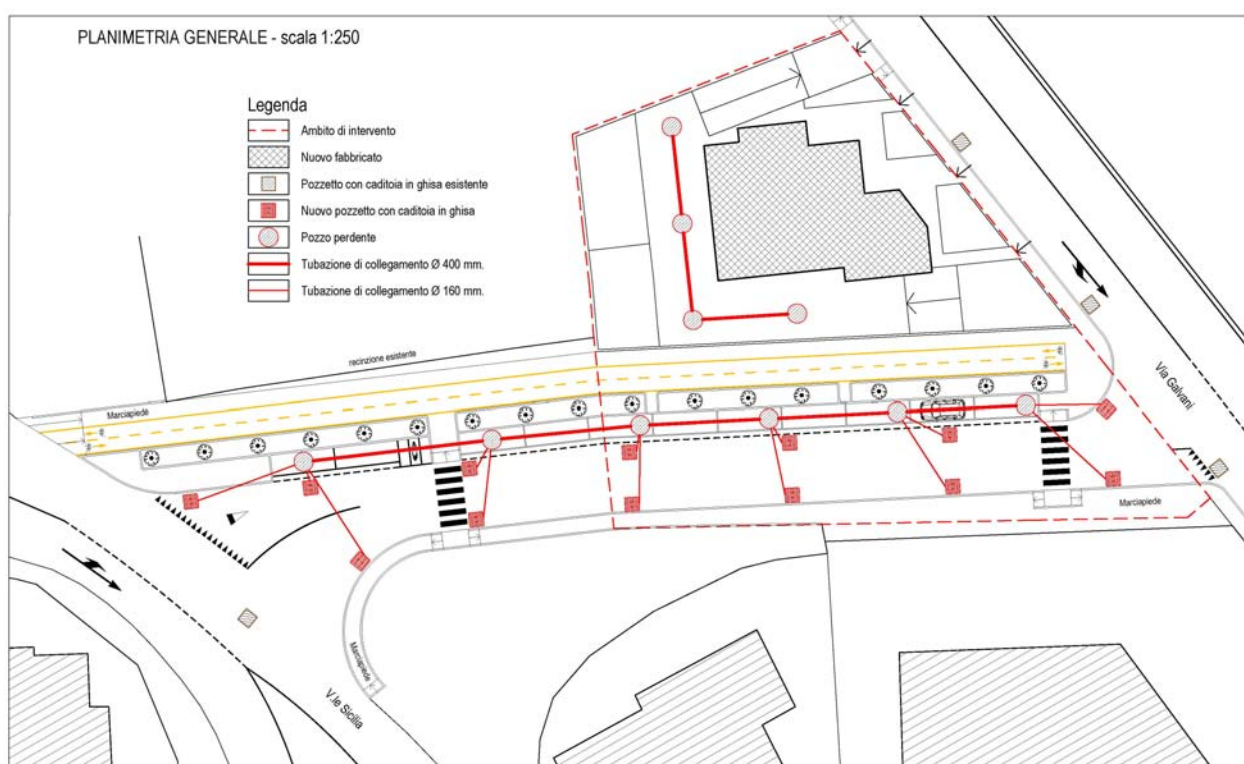


Fig. 7: estratto della planimetria generale della lottizzazione con ubicazione dei sistemi di mitigazione idraulica.

Analizzando le singole zone in cui è stata suddivisa la lottizzazione di seguito si descrivono i relativi sistemi di mitigazione idraulica previsti.

9.2.1. Zona A

La zona A è interessata dalla parte del lotto privato ed ha una estensione di 1.062 mq.

Per la zona in esame il volume di compensazione calcolato è di **56 m³**. Come ipotesi progettuale, considerando l'area che sarà oggetto dell'intervento morfologicamente pianeggiante, come volume di compensazione si prevede un sistema di pozzi perdenti, preposte allo smaltimento nel suolo delle acque meteoriche raccolte nell'area d'intervento, collegati tra loro con una tubazione Ø400 mm posta all'interno di trincee drenanti. Nella tabella che segue viene riportato il calcolo del volume di compensazione.

Nella tabella che segue viene riportato il calcolo del volume di compensazione.

CALCOLO CONTRIBUTO VOLUME DI COMPENSAZIONE DEI DIFFERENTI SISTEMI PREVISTI	
POZZI PERDENTI	
nr pozzi	4
diametro pozzi	2 m
profondità	4,5 m
volume massimo invasato all'interno delle tubazioni	56,55 m³
TUBAZIONI	
diametro tubazioni	0,4 m
sviluppo minimo delle tubazioni	22 m
volume massimo invasato all'interno delle tubazioni	2,76 m³
TOTALE VOLUME DI COMPENSAZIONE	59,31 m³

Il volume di compensazione individuato è pari a **59,31m³**, pari ad un volume d'invaso per ettaro d'intervento è pari a circa **558 mc/ha**, valore superiore ai 500 m³/ha suggerito dal consorzio di bonifica.

Le acque meteoriche raccolte dalle superfici impermeabili conseguenti alla realizzazione delle opere di progetto potranno essere smaltite mediante infiltrazione visto che le caratteristiche dei terreni lo consentono (matrice ciottolosa/ghiaiosa con mancanza di frazione fine/limosa e con un valore di permeabilità $k > 10^{-5}$ m/s).

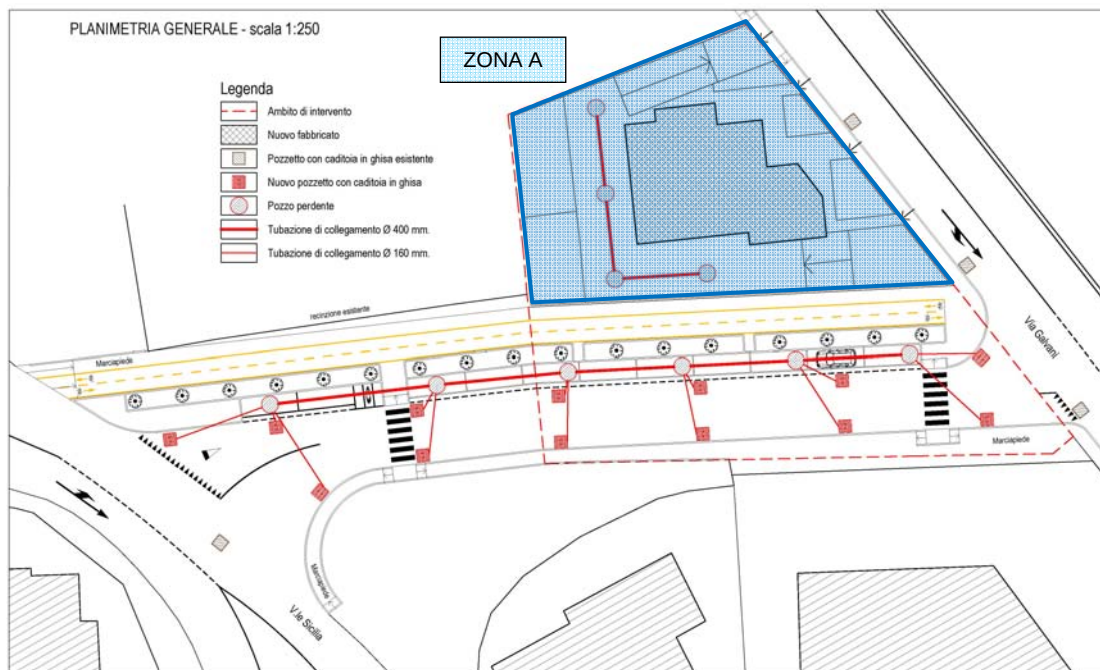


Fig. 8: planimetria generale della lottizzazione con evidenziata la zona A

9.2.2. Zona B+C

La zona B+C interessa le aree interessate dalla urbanizzazione primaria che verranno poi cedute al comune: comprende le strade e marciapiedi per 1.087 mq, l'area di parcheggio per 400 mq, il verde pubblico per 257 mq per complessivi 1.744m.

Per la zona in esame il volume di compensazione calcolato è di **92 m³**. Come ipotesi progettuale, considerando che l'area oggetto dell'intervento è morfologicamente pianeggiante, come volume di compensazione si prevede un sistema di pozzi perdenti, preposti allo smaltimento nel suolo delle acque meteoriche raccolte nell'area d'intervento, collegati tra loro con una tubazione Ø400 mm posta all'interno di trincee drenanti. Nella tabella che segue viene riportato il calcolo del volume di compensazione.

Nella tabella che segue viene riportato il calcolo del volume di compensazione.

CALCOLO CONTRIBUTO VOLUME DI COMPENSAZIONE DEI DIFFERENTI SISTEMI PREVISTI	
POZZI PERDENTI	
nr pozzi	6
diametro pozzi	2 m
profondità	4,5 m
volume massimo invasato all'interno delle tubazioni	84,82 m³
TUBAZIONI	
diametro tubazioni	0,4 m
sviluppo minimo delle tubazioni	70 m
volume massimo invasato all'interno delle tubazioni	8,80 m³
TOTALE VOLUME DI COMPENSAZIONE	93,62 m³

Il volume di compensazione individuato è pari a **93,62 m³**, pari ad un volume d'invaso per ettaro d'intervento è pari a circa **535 mc/ha**, valore superiore ai 500 m³/ha suggerito dal consorzio di bonifica.

Le acque meteoriche raccolte dalle superfici impermeabili conseguenti alla realizzazione delle opere di progetto potranno essere smaltite mediante infiltrazione visto che le caratteristiche dei terreni lo consentono (matrice ciottolosa/gliaiosa con mancanza di frazione fine/limosa e con un valore di permeabilità $k > 10^{-5}$ m/s).

Nella figura seguente viene riportato lo schema con l'ubicazione dei sistemi di accumulo per la mitigazione idraulica.

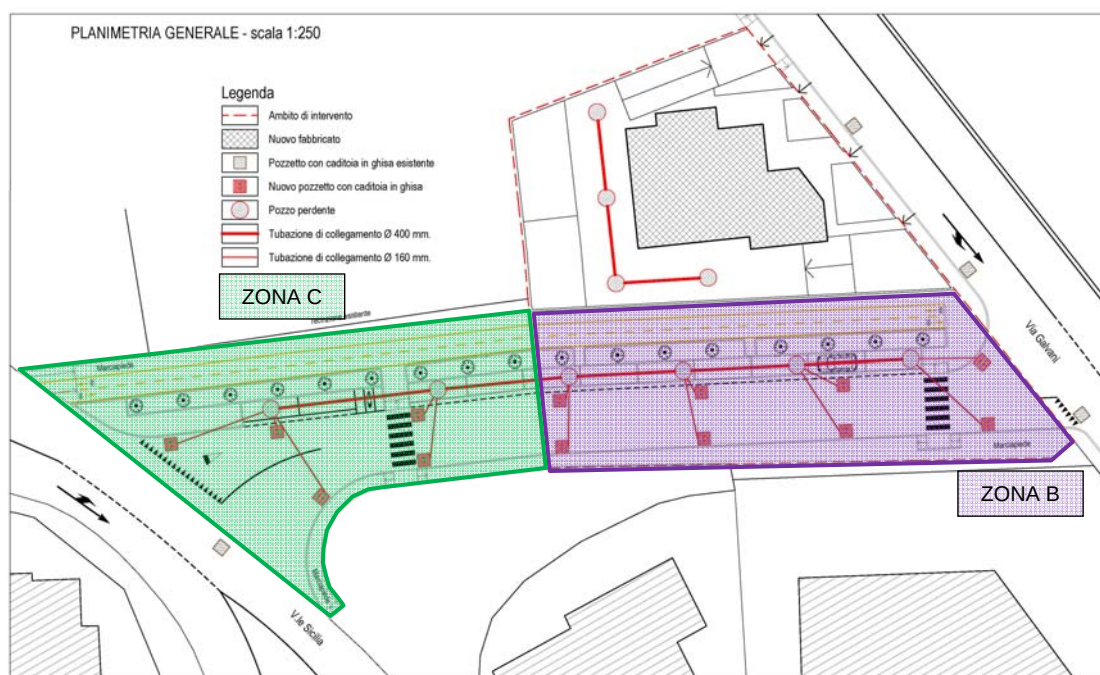


Fig. 9 planimetria generale della lottizzazione con evidenziata la zona B+C.

10. CONCLUSIONI

Alla luce di quanto sopra esposto, poiché le caratteristiche del terreno presente nel sottosuolo lo consentono (matrice ciottolosa/ghiaiosa con mancanza di frazione fine/limosa e con un valore di permeabilità $k > 10^{-5}$ m/s), le acque meteoriche raccolte dalle superfici impermeabili conseguenti alla realizzazione delle opere di progetto potranno essere smaltite mediante infiltrazione con la realizzazione di pozzi perdenti e posa di tubazioni drenanti.

Riassumendo quanto esposto nel presente studio risulta che l'intervento in progetto comporta un peggioramento dal punto di vista dell'impatto idraulico rispetto alla situazione attuale. In tal senso, al fine di utilizzare al meglio le superfici di progetto senza perturbare l'attuale assetto idraulico ed idrogeologico, è stata proposta la seguente misura mitigatoria suddivisa per le tre zone di analisi:

- ZONA A: realizzazione di nr 4 pozzi perdenti di diametro pari a 2,0 m e profondità pari a 4,5 metri collegati tra loro con una tubazione drenante Ø400 mm ed avente una lunghezza di 22 m. Tale sistema garantisce un volume pari a 59,31 m³ e permettere una capacità di infiltrazione attraverso i pozzi pari a 0,64 l/s.
- ZONA B+C: realizzazione di un volume di laminazione con la realizzazione di nr 6 pozzi perdenti di diametro pari a 2,0 m e profondità pari a 4,5 metri collegati tra loro con una tubazione drenante Ø4000 mm ed avente una lunghezza di 70 m. Tale sistema garantisce un volume pari a 93,62 m³ e permettere una capacità di infiltrazione attraverso i pozzi pari a 0,97 l/s.

La profondità dei pozzi è superiore rispetto al piano di fondazione della parte interrata, in modo da non andare ad interferire con essa ed evitare possibili futuri fenomeni di infiltrazione attraverso le pareti.

Si consiglia la realizzazione dei pozzi perdenti e la posa delle tubazioni drenanti in corrispondenza delle aree a verde NON pensili; sarà cura del progettista architettonico la scelta del loro definitivo posizionamento.

ALLEGATO 1:

Corografia
scala 1:5000

COROGRAFIA - Scala 1:5.000
(CTR elementi n° 123161 "Verona nord-ovest")

The map displays a detailed urban layout of Verona, including streets, buildings, and green spaces. A red circle highlights a specific point labeled 63.9, which is located near the intersection of Via Archimede and Via Milano. The map also shows various other points of interest, such as the Giardino Pubblico and the P.zza Martiri d'Italia.

(CTR elementi n° 123161 "Verona nord-ovest")

ALLEGATO 2:

Foglio di calcolo della portata
di infiltrazione dei sistema di pozzi

CALCOLO PORTATA INFILTRAZIONE - ZONA A

DIMENSIONAMENTO POZZO PERDENTE

Sieker 1984

Diametro anello perdente	D =	2,00	m
coefficiente di permeabilità	k =	1,00E-03	cm/s
		1,00E-05	m/s
altezza pozzo	Hp =	4,50	m
altezza totale anelli perdenti	H =	4,00	m
profondità falda (da fondo pozzo)	Z =	5,00	m
numero pozzi	n =	4	
raggio pozzo	r =	1,00	m
raggio efficace	R =	3,00	m
area affettiva	Aeff =	25,13	mq

PORTATA DI FILTRAZIONE

Portata di filtrazione	Qi =	0,65	l/s
Volume sistema pozzi	V =	56,55	mc

CALCOLO PORTATA INFILTRAZIONE - ZONA B+C

DIMENSIONAMENTO POZZO PERDENTE

Sieker 1984

Diametro anello perdente	D =	2,00	m
coefficiente di permeabilità	k =	1,00E-03	cm/s
		1,00E-05	m/s
altezza pozzo	Hp =	4,50	m
altezza totale anelli perdenti	H =	4,00	m
profondità falda (da fondo pozzo)	Z =	5,00	m
numero pozzi	n =	6	
raggio pozzo	r =	1,00	m
raggio efficace	R =	3,00	m
area affettiva	Aeff =	25,13	mq

PORTATA DI FILTRAZIONE

Portata di filtrazione	Qi =	0,97	l/s
Volume sistema pozzi	V =	84,82	mc

ALLEGATO 3:

PI del Comune di Verona – Repertorio Normativo -
pagine estratte della “Sezione 8: Impatto idraulico
manifestazioni di interesse” con riferimento all’area
in esame

ELENCO MANIFESTAZIONI D'INTERESSE PRIORITARIE 2° bando - ATO 3

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 d'infiltrazione (2)		
31(*)	1405,00	7,43	68,48	si	si	si	si	SI	
32	1390,00	18,72	67,75	si	si	si	si		
34	5900,00	90,92	287,57	si	si	si	si		
36	447,00	3,47	21,79	si	si	si	si		
40	4220,00	83,46	205,68	si	si	si	si		
55	1870,00	30,25	91,14	si	si	si	si		
67	7300,00	47,03	355,80	si	si	si	si		
77	7933,00	-	-	-	-	-	-	SI	
98	11957,00	410,69	582,78	si	si	si	si		
114	2250,00	12,18	109,67	si	si	si	si		
148	1338,00	16,88	65,21	si	si	si	si		
153	3659,00	-	-	-	-	-	-	SI	
178	7050,00	55,58	343,62	si	si	si	si		
179	2335,00	31,44	113,81	si	si	si	si		
181	5445,00	107,69	265,39	si	si	si	si		
183	2100,00	28,28	102,35	si	si	si	si		
186	2845,00	50,99	138,67	si	si	si	si		
192	5600,00	110,76	272,94	si	si	si	si		
198	20950,00	165,17	1021,10	si	si	si	si		
201	4100,00	-	-	-	-	-	-	SI	
215	4636,00	29,47	225,96	si	si	si	si		
218	4276,00	62,58	208,41	si	si	si	si		
219	2860,00	37,1	139,40	si	si	si	si		
221(*)	14096,00	255,64	687,04	si	si	si	si		
226	2017,00	39,89	98,31	si	si	si	si		
229	4991,00	44,1	243,26	si	si	si	si		
236(**)	51773,00	622,33	2523,42	si	si	si	si		
241(***)	3600,00	-	-	-	-	-	-	SI	
242	5488,00	108,54	267,49	si	si	si	si		
244	59600,00	-	-	-	-	-	-	SI	
245	1578,00	19,91	76,91	si	si	si	si		
246	48627,00	1850,59	2370,08	si	si	si	si		
248	2140,00	17,03	104,30	si	si	si	si		
260	3208,73	-	-	-	-	-	-	SI	
263	6879,00	330,68	335,28	si	si	si	si		
272	2090,00	33,44	101,87	si	si	si	si		
291	27756,00	548,97	1352,83	si	si	si	si		
294	11540,00	218,43	562,46	si	si	si	si		
296	1495,00	8,19	72,87	si	si	si	si		
298	2467,00	118,59	120,24	si	si	si	si		
315	1925,00	22,65	93,82	si	si	si	si		
326	3570,00	-	-	-	-	-	-	SI	
339	8566,00	-	-	-	-	-	-	SI	

(*) Pronuncia di decadenza D.G.C. nr 238 del 31.07.2013

(**) Pronuncia di decadenza D.G.C. nr 291 del 24.09.2015

(***) Pronuncia di decadenza D.G.C. nr 308 del 13.10.2015

ELENCO MANIFESTAZIONI D'INTERESSE PRIORITARIE 2° bando - ATO 3

Nr. Rep.	Superficie intervento	SMALTIMENTO PREVALENTE			
		accumulo	immissione	accumulo	immissione
31(*)	1405,00	si	si	si	no
32	1390,00	si	no	si	no
34	5900,00	si	no	si	no
36	447,00	si	no	si	no
40	4220,00	si	no	si	no
55	1870,00	si	no	si	no
67	7300,00	si	no	si	no
77	7933,00	-	-	-	-
98	5000,00	si	no	si	no
114	2250,00	si	no	si	no
148	1338,00	si	no	si	no
153	3659,00	-	-	-	-
178	7050,00	si	no	si	si
179	2335,00	si	no	si	si
181	5445,00	si	no	si	si
183	2100,00	si	no	si	no
186	2845,00	si	no	si	si
192	5600,00	si	no	si	si
198	20950,00	si	no	si	no
201	4100,00	-	-	-	-
215	4636,00	si	si	si	si
218	4276,00	si	no	si	no
219	2860,00	si	no	si	no
221(*)	14096,00	si	no	si	no
226	2017,00	si	no	si	no
229	4991,00	si	no	si	si
236(**)	51773,00	si	no	si	no
241(***)	3600,00	-	-	-	-
242	5488,00	si	no	si	no
244	59600,00	-	-	-	-
245	1578,00	si	no	si	no
246	48627,00	si	si	si	no
248	2140,00	si	no	si	no
260	3208,73	-	-	-	-
263	6879,00	si	no	si	si
272	2090,00	si	no	si	si
291	27756,00	si	si	si	no
294	11540,00	si	si	si	si
296	1495,00	si	no	si	no
298	2467,00	si	no	si	no
315	1925,00	si	si	si	si
326	3570,00	-	-	-	-
339	8566,00	-	-	-	-
362	4000,00	si	no	si	no
363	5370,00	si	no	si	no
382	118270,00	si	si	si	no

(*) Pronuncia di decadenza D.G.C. nr 238 del 31.07.2013
 (**) Pronuncia di decadenza D.G.C. nr 291 del 24.09.2015
 (***) Pronuncia di decadenza D.G.C. nr 308 del 13.10.2015

ELENCO MANIFESTAZIONI D'INTERESSE PRIORITARIE 2° bando - ATO 3

Nr. Rep.	BUONE PRATICHE COSTRUTTIVE				
	vasca prima pioggia	recupero acque piovane	smaltimen to con caditoie drenanti (4)	tetti verdi	parcheggi grigliati
31(*)	si	si	si	si	si
32	si	si	si	si	si
34	si	si	si	si	si
36	si	si	si	si	si
40	si	si	si	si	si
55	si	si	si	si	si
67	si	si	si	si	si
77	si	si	si	si	si
98	si	si	si	si	si
114	si	si	si	si	si
148	si	si	si	si	si
153	si	si	si	si	si
178	si	si	si	si	si
179	si	si	si	si	si
181	si	si	si	si	si
183	si	si	si	si	si
186	si	si	si	si	si
192	si	si	si	si	si
198	si	si	si	si	si
201	si	si	si	si	si
215	si	si	si	si	si
218	si	si	si	si	si
219	si	si	si	si	si
221(*)	si	si	si	si	si
226	si	si	si	si	si
229	si	si	si	si	si
236(**)	si	si	si	si	si
241(***)	si	si	si	si	si
242	si	si	si	si	si
244	si	si	si	si	si
245	si	si	si	si	si
246	si	si	si	si	si
248	si	si	si	si	si
260	si	si	si	si	si
263	si	si	si	si	si
272	si	si	si	si	si
291	si	si	si	si	si
294	si	si	si	si	si
296	si	si	si	si	si
298	si	si	si	si	si
315	si	si	si	si	si
326	si	si	si	si	si
339	si	si	si	si	si
362	si	si	si	si	si
363	si	si	si	si	si
382	si	si	si	si	si
385(***)	si	si	si	si	si

(*) Pronuncia di decadenza D.G.C. nr 238 del 31.07.2013
 (**) Pronuncia di decadenza D.G.C. nr 291 del 24.09.2015
 (***) Pronuncia di decadenza D.G.C. nr 308 del 13.10.2015