

elaborato

6_b

oggetto

Valutazione di
compatibilità
idraulica

Comune di Verona

IL PROGETTISTA

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

Lottizzazione denominata "Marlin"

Schede Norma n.521 e 528 del P.I.

f.to

Dott. Arch. Antonio Biondani

scala

LA PROPRIETA'

f.to

Sig. Mirco Romani

f.to

Sig.ra Emilia Giacopuzzi

STAFF DI PROGETTAZIONE

collaboratore:
geom. Laura Muner

impianti:
p.i. Stefano Maggiotto

Adeguamento alle
prescrizioni della
conferenza dei servizi
del 10/05/2016

file: 3065_C3_a_A20_01_TAV6cop geolog.dwg

data	destinazione	OdP/FT	Rpt	RPg
16.03.2016	Comune	LM	EN	GC
10.06.2016	Comune			

Sistema di Qualità Architer
certificato UNI EN ISO
9001:2008
dati del controllo interno
validazione e archiviazione
C1_08_rev06app. 15/10/14

ARCHITER srl

Via Gobetti, 9 - 37138 Verona tel. 045 890 39 22 (3 linee r.a.) fax 045 890 42 22 architer@architer.it www.architer.it

N. di iscrizione del registro delle imprese di Verona, Autorità per la Vigilanza sui Lavori Pubblici, Codice Fiscale e Partita IVA 03085680233 INARCASSA SI003257 CCIAA di Verona n° 307754 Capitale sociale: € 10.000,00 I.v. UNICREDIT BANCA ag. B 3084 VR Borgo Milano Codice IBAN IT 72 J 02008 11717 000040729077

Società di ingegneria certificata UNI EN ISO 9001:2008 per il campo di applicazione: Progettazione integrale, direzione lavori e coordinamento della sicurezza per la costruzione e la ristrutturazione e il restauro di: edifici civili ed industriali; opere di urbanizzazione, Sviluppo di piani territoriali ed esecuzione di studi ambientali.



COMUNE DI VERONA
PROVINCIA DI VERONA

Attuazione Ambito di Intervento PUA definito dalle Schede Norma 521 e 528 del P.I.

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO "MARLIN"

ADEGUAMENTO ALLE PRESCRIZIONI DELLA
CONFERENZA DI SERVIZI DEL 10.05.2016

VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA



Sara Pozzerle
ingegnere



Cristiano Tosi
geologo



Verona, giugno 2016

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED INGEGNERIA AMBIENTALE

Via Sabotino 1/B - 37124 VERONA tel. fax: 045 / 830.10.96 n°2 linee a r.a. e-mail: studio@sgta.it

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	SINTESI DELLE CARATTERISTICHE DEI LUOGHI	4
3	ANALISI IDROLOGICA.....	6
3.1	GENERALITÀ	6
3.2	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	7
4	ANALISI IDRAULICA.....	9
4.1	STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PIENA	9
4.2	STIMA DEI VOLUMI SPECIFICI DI INVASO	11
4.3	VERIFICA VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO	12
4.4	VERIFICA VOLUMI CON IL METODO CINEMATICO.....	14
5	DIMENSIONAMENTO MISURE COMPENSATIVE	16
5.1	PREMESSA	16
5.2	CALCOLO IDROGRAMMI DI PIENA.....	16
5.3	CALCOLO VOLUMI D'INVASO	18
5.4	VERIFICA VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO	20
5.5	VERIFICA VOLUMI CON IL METODO CINEMATICO.....	21
6	CONCLUSIONI.....	23

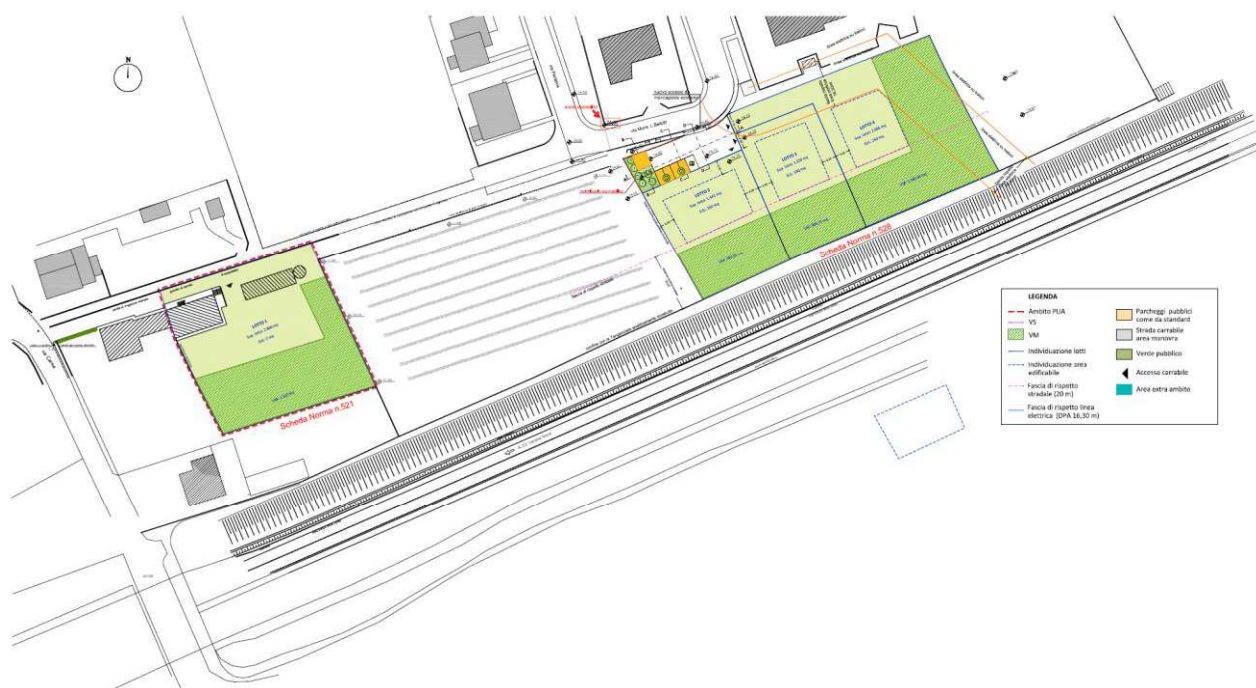
ELENCO ALLEGATI

1. TOPOGRAFIA scala 1:25.000
2. CARTA TECNICA REGIONALE..... scala 1:5.000
3. CARTA IDROGEOLOGICA..... scala 1:30.000
4. DATI PLUVIOMETRICI

1 PREMESSA

Per incarico del Sig. Mirco Romani sono state eseguite indagini idrauliche ed idrogeologiche sui terreni interessati dal Piano Urbanistico Attuativo denominato Marlin, di cui alle Schede Norma 521 e 528 del Piano degli Interventi del Comune di Verona -si vedano **allegati 1 «Topografia scala 1:25.000» e 2 «Carta Tecnica Regionale scala 1:5.000»** -.

Il piano in esame interessa un'area di circa 8.855 m², dei quali 2.948 m² di pertinenza della scheda 521 e 5.907 m² della scheda 528, sulla quale viene trasferita l'intera SUL pari a 900 m² distribuiti su tre lotti.



Stralcio fuori scala Progetto del PUA in esame

Attualmente l'area della scheda norma 528 è incolta.

La presente relazione ottempera a quanto definito, nella scheda norma n°521-528, nelle NTO del vigente P.I. del Comune di Verona, di cui alla Sezione 8 - Impatto Idraulico - del Repertorio Normativo:

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)	
521-528	8862,00	144,92	431,93	si	si	si	si	si

La presente analisi, sulla base di una valutazione degli aspetti morfologici, litologici e territoriali che caratterizzano l'area in progetto, presenta una soluzione della gestione delle acque meteoriche, per il conseguimento della sostanziale invarianza idraulica.

Lo studio ha richiesto:

- ☐ raccolta e consultazione di dati bibliografici e cartografici;
- ☐ esame geologico, geomorfologico, idrogeologico ed idrologico dell'area – da “Relazione Geologica e Geotecnica” datata gennaio 2016.

Il dimensionamento delle opere di mitigazione idraulica riguarderà la sola parte scheda norma 528, poiché l'impermeabilizzazione della scheda norma 521 non verrà alterata.

2 SINTESI DELLE CARATTERISTICHE DEI LUOGHI

L'area interessata dal PUA, da un punto di vista geologico e geomorfologico appartiene all'alta pianura veronese, costituita da conoidi fluvioglaciali e fluviali sovrapposte e terrazzate, depositate dal Fiume Adige, nei periodi interglaciali e postglaciali; essa si presenta pianeggiante con lieve pendenza verso Sud ed è posta ad una quota di circa 75 metri s.l.m.

Ad Est, a circa 300 metri dal sito in esame, parallelamente al rilevato ferroviario, il piano campagna è interrotto da un salto morfologico che costituisce la scarpata di terrazzo che separa il conoide alluvionale dal sottostante piano di divagazione dell'Adige, posto a quote medie di circa 65 metri s.l.m. Il confine tra le due unità geomorfologiche presenta andamento sinuoso, rappresentando antichi percorsi meandriformi del fiume Adige, in successive fasi erosive dei sedimenti alluvionali dallo stesso depositati.

Il sottosuolo è costituito prevalentemente da materiali a granulometria grossolana - ghiaie e sabbie con ciottoli e, talora, blocchi -, con locali intercalazioni conglomeratiche, per uno spessore accertato superiore ai 150 metri. I singoli clasti provengono dall'erosione dei rilievi posti lungo il bacino dell'Adige e sono rappresentati da calcari, porfidi, gneiss e quarziti. Tali litotipi si presentano superiormente alterati per uno spessore di circa 50÷100 cm in paleosuolo a granulometria argillo-sabbiosa di colore rossastro o bruno-rossastro, databile all'interglaciale Riss-Würm.

Il corso d'acqua di maggiore entità è il fiume Adige, che scorre circa 3.0 km a Nord dell'area di intervento.

L'area non è stata interessata da esondazioni o allagamenti e non è a rischio idraulico.

Il P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige non considera a pericolosità o a rischio idraulico l'area in esame.

La consultazione della bozza delle mappe di allagabilità e rischio del Piano di Gestione delle Alluvioni del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, in recepimento alla Direttiva 2007/60 (D. Lgs. 49/2010) confermano la non esondabilità dell'area d'intervento anche per eventi meteorici con tempi di ritorno di 300 anni.

Le condizioni idrogeologiche sono legate alla permeabilità dei litotipi presenti nel sottosuolo, all'assetto stratigrafico ed alla morfologia locale; questi fattori determinano ovviamente anche i caratteri della rete idrografica superficiale ed il deflusso delle acque meteoriche.

Per quel che concerne le caratteristiche idrogeologiche, poiché il sottosuolo è costituito almeno per i primi 100 metri, da depositi sciolti a granulometria prevalentemente grossolana, ci si trova in presenza dell'acquifero freatico indifferenziato degli Autori. Locali e modeste falde sospese possono essere sostenute, in profondità, da livelli conglomeratici, che comunque hanno estensione molto limitata.

I fattori di ricarica principali sono stati individuati nelle dispersioni della falda di subalveo della grande vallata montana dell'Adige, nelle infiltrazioni degli afflussi meteorici diretti, nelle dispersioni delle falde di subalveo delle valli lessinee e dei rilievi morenici e nelle infiltrazioni di acque irrigue.

Il regime della falda è caratterizzato da un'unica fase di piena (tarda estate, inizio autunno) e da un'unica fase di magra (primavera); la direzione di deflusso generale avviene da N.N.O. verso S.S.E. e la profondità media della superficie freatica varia da valori massimi di 40÷50 metri, al limite settentrionale (territorio di Bussolengo e Pescantina) fino a raggiungere i valori minimi di 1÷2 metri al limite meridionale, dove le acque vengono a giorno nei punti più depressi della fascia detta delle "risorgive".

Le oscillazioni freatiche variano da valori massimi di oltre 10 metri al limite settentrionale, fino a valori minimi inferiori ad 1 metro lungo la fascia delle risorgive.

Più in particolare, per quanto riguarda la zona di interesse del presente studio, il livello statico misurato nel periodo di piena (fine agosto - inizio settembre 1986) secondo i rilievi riportati nella carta citata più oltre nell'area in studio risulta ad una quota di circa 51-52 metri s.l.m., cioè a circa 20 metri dal piano campagna. La direzione di deflusso sotterraneo è circa da N.N.O. verso S.S.E. ed il gradiente locale è pari a circa lo 0,3 ‰ - si veda l'**allegato 3 «Carta idrogeologica alla scala 1:30.000»**, tratto da A. Dal Prà e P. De Rossi "Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige" (1989); l'escursione media annua è pari a qualche metro.

3 ANALISI IDROLOGICA

3.1 GENERALITÀ

Per caratterizzare il comportamento idrologico dell'area oggetto d'intervento, con la determinazione della portata, che la rete di drenaggio deve essere in grado di convogliare e smaltire, si utilizzano opportuni metodi di trasformazione afflussi-deflussi, che consentono di associare ad una determinata grandezza idrologica un'assegnata probabilità di accadimento a partire da eventi pluviometrici caratterizzati dalla medesima probabilità.

Lo scopo dell'elaborazione statistica dei dati è la determinazione dei coefficienti **a** (mm/ore) e **n** che compaiono nelle equazioni di possibilità pluviometrica:

$$h = a t^n$$

dove: h = altezza di pioggia in mm

t = tempo in ore

Il concetto di rischio idraulico è quantificato dal tempo di ritorno Tr , definito come l'inverso della frequenza media probabile del verificarsi di un evento maggiore, ossia il periodo di tempo nel quale un certo evento è mediamente uguagliato o superato.

$$Tr = 1 / [1 - P(h \leq H)]$$

L'equazione di possibilità pluviometrica fornisce, per un fissato tempo di pioggia t , il massimo valore di h nel periodo pari al tempo di ritorno Tr e viene utilizzata, nei modelli afflussi-deflussi, per la determinazione della portata afferente all'area interessata.

La ricerca presso gli enti dei dati pluviometrici ha portato all'individuazione della stazione pluviometrica di Verona, la più prossima all'area 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 – si veda **allegato 4 «Dati pluviometrici»**.

3.2 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

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.

La distribuzione cumulata di probabilità è descritta dalla seguente funzione:

$$F(x) = \exp(-\exp(-\frac{x-u}{\alpha}))$$

dove x e u rappresentano rispettivamente i parametri di concentrazione e della tendenza centrale stimati con il metodo dei momenti:

$$\mu_x = mx = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N xi$$

$$\sigma_x = sx = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (xi - mx)^2}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} \cdot sx}{\pi} \quad \text{misura della dispersione attorno al valore medio;}$$

$$u = mx - \lambda \cdot \alpha \quad \text{moda;}$$

con $\lambda = 0,5772$ costante di Eulero.

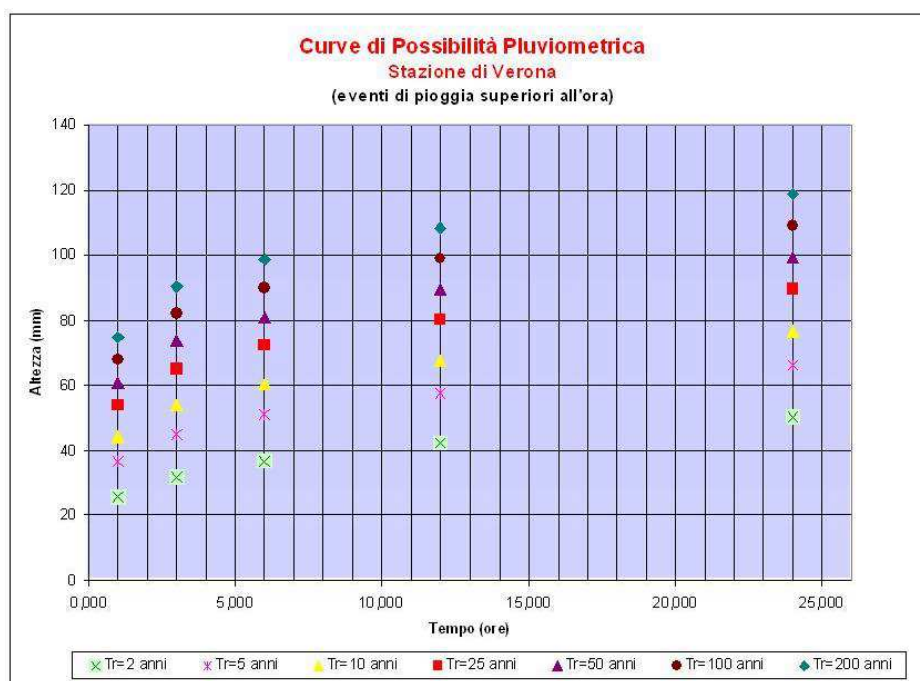
Indicando con $F(x)$ la probabilità di non superamento del valore x , il tempo medio di ritorno è calcolato dalla relazione:

$$Tr = \frac{1}{(1 - F(x))}$$

dove Tr rappresenta quindi il numero medio di anni durante i quali il valore x viene superato una sola volta.

Di seguito si riportano i parametri calcolati a seguito dell'elaborazione statistica secondo Gumbel relativi 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 (h [mm], t [min])
5	$h = 36.79 \cdot t^{0.183}$
10	$h = 44.49 \cdot t^{0.171}$
25	$h = 54.24 \cdot t^{0.159}$
50	$h = 61.48 \cdot t^{0.153}$
100	$h = 68.66 \cdot t^{0.148}$
200	$h = 75.83 \cdot t^{0.144}$



Nel campo bilogaritmico la curva ha forma lineare con coefficiente angolare pari ad “n” ed ordinata corrispondente ad un tempo unitario pari ad “a”.

Considerata la modesta estensione del bacino di scolo, e prevedendo pertanto un modesto tempo di corrivazione, la curva è stata discretizzata con una monomia, che caratterizza eventi di durata superiore all'ora, periodo solitamente considerato nella pratica professionale per determinare i volumi di invaso necessari alla laminazione delle portate generate dagli eventi piovosi più gravosi.

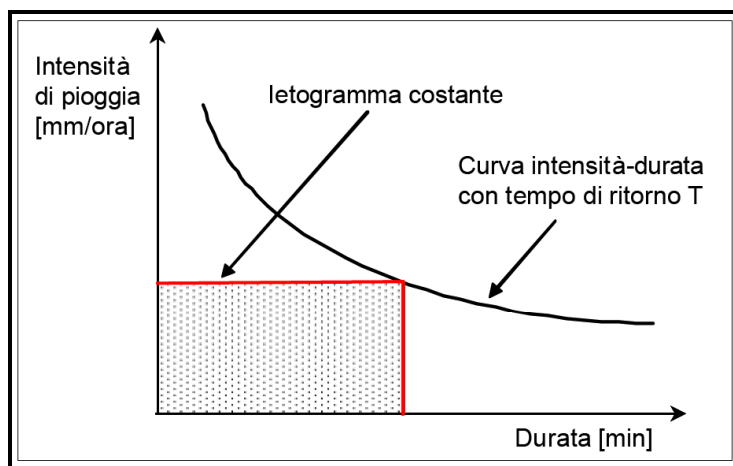
Come prescritto nella D.G.R.V. 2941 del 9 ottobre 2009 “*in relazione all'applicazione del principio dell'invarianza idraulica lo studio dovrà essere corredato di analisi pluviometrica con ricerca delle curve di possibilità climatica per durate di precipitazione corrispondenti al tempo di corrivazione critico per le nuove aree da trasformare. Il tempo di ritorno cui fare riferimento viene definito pari a 50 anni.*”

4 ANALISI IDRAULICA

4.1 STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PIENA

Per la definizione dell'idrogramma di piena ci si è avvalsi di un software applicativo (UrbisPro del Centro Studi Idraulica Urbana) che tramite processi di tipo iterativo consente di stimare la portata confluyente generata da piogge reali o simulate su bacini naturali o urbani. In questo caso l'evento piovoso è stato simulato sinteticamente con l'obiettivo di pervenire ad un corretto dimensionamento dei volumi di invaso necessari alla laminazione delle portate di piena.

La prima fase di quest'analisi ha comportato la definizione di uno ietogramma costante. Questo ietogramma, sicuramente il più diffuso nell'ambito progettuale, è dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica con l'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia costante in tutta la durata. Per la sua definizione è necessario quindi specificare la durata dell'evento. Quest'ultima risulterà funzione delle portate in ingresso al sistema di laminazione, prodotte dall'evento piovoso, e di quelle in uscita, proporzionali alla superficie dell'area da servire. Il metodo adottato per la stima della durata dell'evento piovoso è di tipo iterativo e conduce, caso per caso, a risultati diversi, massimizzando comunque ogni volta i volumi prodotti.



Non tutto il volume affluito durante una precipitazione giunge alle canalizzazioni per essere convogliato verso il recapito finale. I fenomeni idrologici che avvengono sulla superficie del bacino scolante modificano sostanzialmente sia la distribuzione temporale che il volume della pioggia utile ai fini del deflusso nella rete di drenaggio. Se si prescinde dall'evapotraspirazione e dall'intercettazione (del tutto trascurabili in un bacino durante un evento di pioggia particolarmente intenso) i fenomeni idrologici che intervengono sono sostanzialmente legati all'infiltrazione e immagazzinamento di acqua nelle depressioni superficiali esistenti.

Questi processi, in realtà molto complessi, sono normalmente trattati con un approccio di tipo concettuale, basato cioè su equazioni empiriche e non derivanti dalla modellazione rigorosa del fenomeno fisico.

Il valori dei coefficienti di deflusso utilizzati sono quelli indicati nell'Allegato A della D.G.R.V. n.2948 del 6 ottobre 2009 – indicazioni operative per la redazione dei nuovi strumenti urbanistici – proposti nella letteratura di settore e adottati nella normale pratica progettuale, in mancanza di una descrizione dettagliata della copertura del suolo.

Tipologia area	Coefficiente di deflusso
Agricola	0,1
Permeabili (aree verdi)	0,2
Semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato)	0,6
Impermeabili (strade, tetti, marciapiedi)	0,9

L'ultima fase dell'analisi porta alla creazione dell'idrogramma di piena.

Tra i diversi metodi a disposizione, si è scelto il “metodo lineare della corrivazione – metodo razionale –”. Tale metodo schematizza il bacino come un insieme di canali lineari, tale cioè che il tempo di percorrenza del bacino sia un'invariante. È possibile quindi, almeno in via concettuale, tracciare le così dette linee isocorrive che uniscono i punti del bacino ad ugual tempo di corrivazione. Da esse, infine, è possibile costruire la curva aree-tempi che rappresenta in ordinate le aree del bacino comprese tra la sezione di chiusura e la linea isocorriva relativa al generico tempo di corrivazione, rappresentato in ascissa. Quest'ultimo, per una data superficie totale S , si definisce semplicemente tempo di corrivazione del bacino in esame t_c . Dalla curva aree-tempi è possibile dedurre l'IUH – Idrogramma Unitario Istantaneo – che assume la forma:

$$h(t) = \frac{1}{S} \cdot \frac{dS}{dt}$$

dove dS/dt è la derivata dalla curva aree tempi medesima.

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 ingresso, cioè il tempo che impiega la particella d'acqua a giungere alla più vicina canalizzazione scorrendo in superficie,

t_r = è il 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

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.

A questo punto è possibile a partire dai parametri pluviometrici (a, n) di progetto, dal coefficiente di deflusso e dal tempo di corrivazione, ottenere per il tempo di ritorno di 50 anni i volumi necessari alla laminazione delle portate di pioggia.

4.2 STIMA DEI VOLUMI SPECIFICI DI INVASO

Il dimensionamento del bacino di laminazione può essere effettuato a partire dalle curve di possibilità pluviometrica; anche in questo caso si considera un tempo di ritorno pari a 50 anni.

Il volume specifico affluente, V_i , al bacino è:

$$V_i = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n [m^3]$$

Il volume V_u , che s'infiltra nel terreno è:

$$V_u = Q_u \cdot t [m^3]$$

Dato che il volume idrico stoccato nel bacino di laminazione varia durante il ciclo di invaso e svasso, si impone, a favore di sicurezza, che la superficie drenante sia la sola superficie di base.

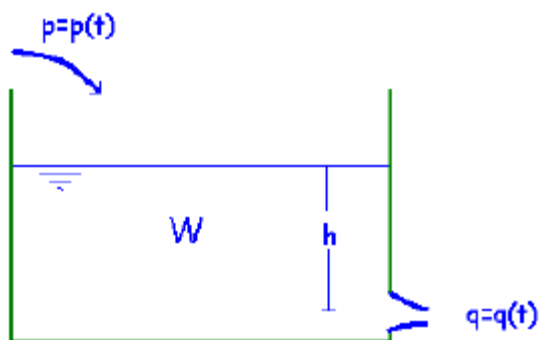
Risulta dunque che il volume specifico invasato, V_{invasato} , nel bacino di laminazione è dato dalla differenza:

$$V_{\text{invasato}} = Vi(t) - Vu(t) [m^3]$$

Come consigliato dalla delibera n°2948/2009, per l'area in esame, di cui sono note le distribuzioni delle superfici d'uso del suolo, si è proceduto alla verifica del volume di laminazione utilizzando anche i metodi dell'invaso e cinematico.

4.3 VERIFICA VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO

Il metodo dell'invaso lineare assimila il comportamento del bacino a quello di un serbatoio nel quale entra la portata p , che rappresenta la precipitazione meteorica che insiste sul bacino, e dal quale esce attraverso una luce la portata q , che rappresenta la portata uscente data dalla differenza tra la p e il volume W proprio del bacino.



Schematizzando un'area di trasformazione urbana come un invaso lineare, si può scrivere l'equazione di continuità della massa nei termini seguenti:

$$\frac{dW(t)}{dt} = P(t) - Q(t) = P(t) + kW(t)$$

essendo $p(t)$ la pioggia netta all'istante t e $q(t)$ la portata uscente, dipendente dal volume invasato $W(t)$.

La portata di picco è calcolata attraverso la formula:

$$Q_c = S \cdot 2.78 \cdot 0.65 \cdot \varphi \cdot a \cdot k^{n-1} [l/s]$$

con: S superficie scolante in ha;
 φ coefficiente di afflusso;
a, n parametri curva di possibilità pluviometrica;
k costante d'invaso in ore.

La costante d'invaso k si determina con la formula URBISPRO dedotta con criteri empirici a seguito di numerosi riscontri in bacini urbani sperimentali:

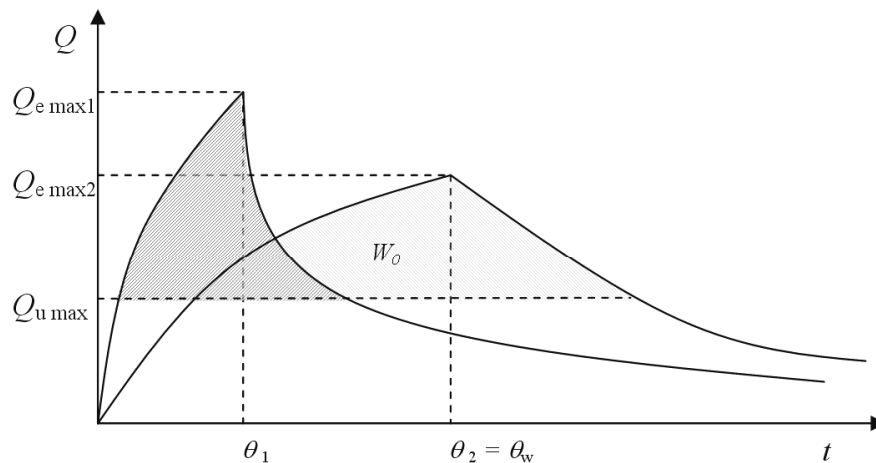
$$k = 0.7 \cdot t_c$$

dove k [ore] è il parametro del modello; t_c [ore] è il tempo di corrivazione del bacino.

Il volume da invasare all'interno dei bacini di laminazione si calcola in modo implicito in funzione delle grandezze adimensionali:

$$F(n, m) = \frac{\theta_w}{k} \quad G(n, m) = \frac{W_0}{k \cdot Q_c}$$

dove k è la costante d'invaso in ore del bacino, θ_w è la durata critica per i bacini (quella cioè che conduce al massimo volume d'invaso W_0), Q_c è la portata critica del bacino a monte.



Assegnato poi il rapporto $m = 1/\eta = Q_c/Q_{u\max}$, le grandezze F e G sono calcolabili con le equazioni:

$$n \cdot F + (1-n) \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1} - 1} \right) - \frac{\frac{D}{m} \cdot F^{2-n}}{1 - e^{-F}} = 0$$

$$G(n,m) = \frac{F^n}{D} - \frac{F^{n-1}}{D} \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1} - 1} \right) - \frac{F}{m} - \frac{1}{m} \cdot \ln \left[\left(\frac{m \cdot F^{n-1}}{D} - 1 \right) \cdot (1 - e^{-F}) \right] = \frac{W_0}{k \cdot Q_c}$$

In particolare, trovato con la prima il valore di F, è immediato calcolare la durata critica $\theta_w = k \cdot F(n, m)$ e il volume da invasare $W_0 = k \cdot Q_c \cdot G(n, m)$. E' da notare che tali risultati sono validi solo nel caso in cui la durata critica θ_w della vasca e la durata critica $\theta_c = C \cdot k$ del bacino rientrino nel medesimo campo di validità del parametro n della curva di possibilità pluviometrica.

4.4 VERIFICA VOLUMI CON IL METODO CINEMATICO

Questo approccio schematizza un processo di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino a monte di tipo cinematico. Le ipotesi semplificate 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).

La portata di picco è calcolata con la formula:

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

con: S superficie scolante in ha;
 φ coefficiente di afflusso;
 a, n parametri curva di possibilità pluviometrica;
 t_c tempo di corrivazione in ore.

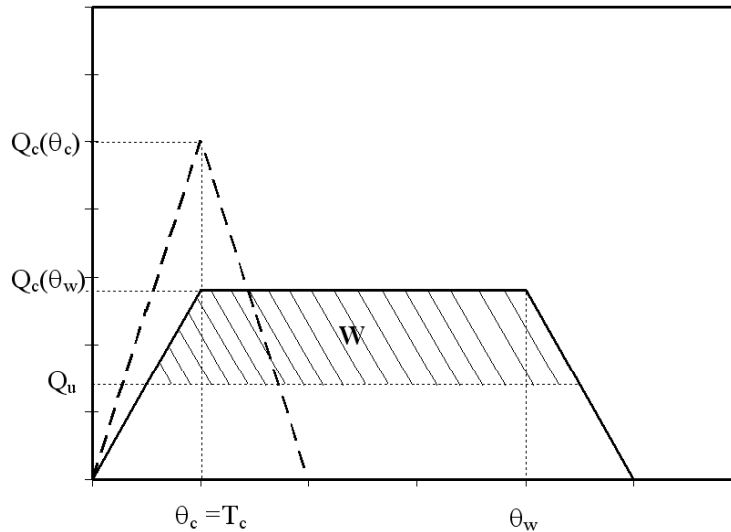
con queste ipotesi si può scrivere l'espressione del volume W invasato nei bacini in funzione della durata della pioggia ϑ , del tempo di corrivazione del bacino t_c , della portata uscente drenata massima dalla vasca Q_u , del coefficiente di afflusso φ , dell'area del bacino S e dei parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica:

$$W = \varphi \cdot S \cdot a \cdot \theta^n + t_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\vartheta^{1-n}}{\varphi \cdot S \cdot a} - Q_u \cdot \vartheta - Q_u \cdot t_c$$

Imponendo la condizione di massimo per il volume W, cioè derivando l'espressione precedente rispetto alla durata θ ed eguagliando a zero si trova:

$$n \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \vartheta_w^{n-1} + (1-n) \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\vartheta_w^{-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - Q_u = 0$$

dalla quale si ricava la durata critica ϑ_w per i bacini di laminazione, che, inserita nella precedente consente di stimare il volume W_0 da invasare.



Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica, ossia: W in m^3 , S in ha, a in mm/ora^{-n} , ϑ in ore, t_c in ore, Q_u in l/s , le equazioni diventano:

$$W = 10 \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \theta^n + 1.295 \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta^{1-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - 3.6 \cdot Q_u \cdot \theta - 3.6 \cdot Q_u \cdot T_c$$

$$2.78 \cdot n \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \theta_w^{n-1} + 0.36 \cdot (1-n) \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta_w^{-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - Q_u = 0$$

5 DIMENSIONAMENTO MISURE COMPENSATIVE

5.1 PREMESSA

Il Piano Urbanistico Attuativo in esame prevede la realizzazione di due interventi distinti:

- ZONA 521: riassetto dell'esistente di circa 2.948 m² con fabbricato esistente
- ZONA 528: lottizzazione residenziale di circa 5.907 m² attualmente incolta

Complessivamente il P.U.A. è di circa 8.855 mq e come riportato nella D.G.R.V. n°2948/2009, trattandosi di un intervento su superficie compresa tra 0.1 ha e 1 ha, il grado di impermeabilizzazione è modesto.

Di seguito dunque vengono illustrate le misure compensative per garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione.

Considerate le caratteristiche dei terreni investigate e la percentuale di impermeabilizzazione prevista dal P.U.A., le misure compensative in progetto consistono nella creazione di un sistema di invaso/dispersione con l'utilizzo di pozzi perdenti, da ubicare necessariamente nella parte più a Nord dell'intervento.

Come riportato in premessa, di seguito si procedere al dimensionamento delle opere di mitigazione per la sola zona "scheda norma 528", nella quale si attueranno le modifiche di impermeabilizzazione, oggetto di P.U.A..

5.2 CALCOLO IDROGRAMMI DI PIENA

Nel corso del processo di approvazione degli interventi urbanistico – edilizi è richiesta, con progressiva definizione, l'individuazione puntuale delle misure compensative.

Per l'area in esame, sono note le superfici a diversa destinazione d'uso del suolo ed è quindi possibile calcolare la portata in uscita allo stato attuale e di progetto noto il coefficiente di deflusso medio dell'area secondo i valori riportati nella D.G.R.V. n°2948/2009.

Per lo stato attuale il coefficiente di deflusso è:

STATO ATTUALE ZONA 528		
TIPOLOGIA	Superficie (m ²)	Coefficiente di deflusso
PERMEABILE (verde)	5.907	0,1
TOTALE	5.907	0,1

Allo stato ante opera, i parametri idraulici assunti per il calcolo dell'idrogramma di piena sono:

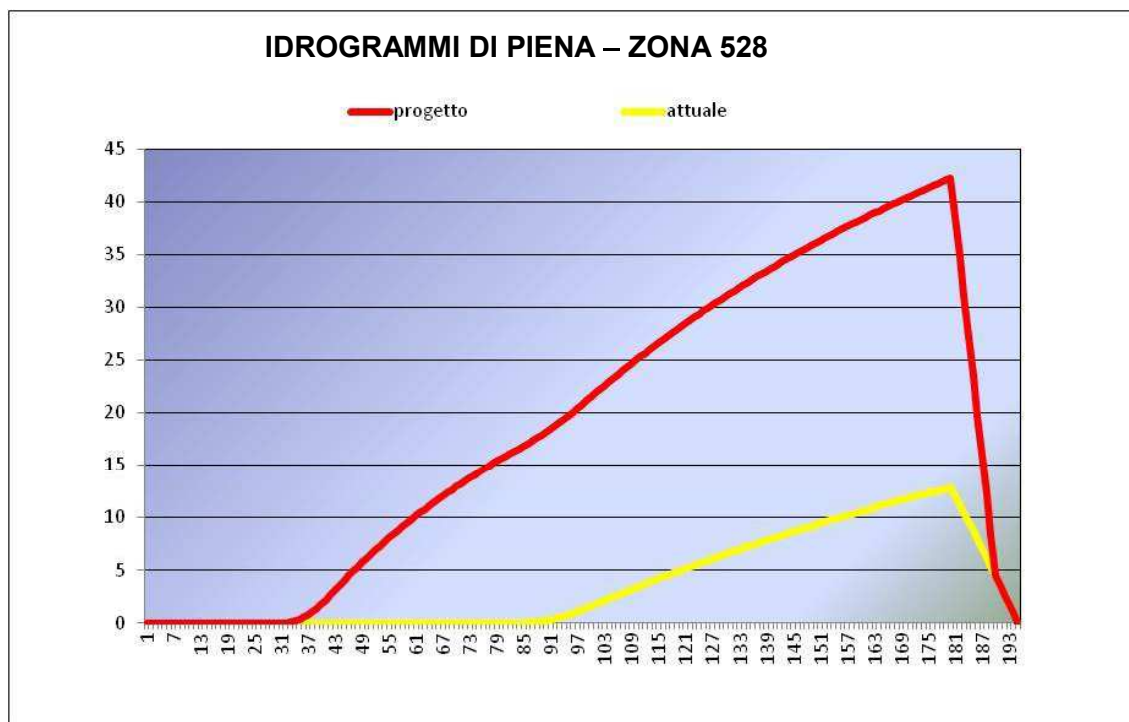
STATO ATTUALE - ZONA 528	
Curva di possibilità pluviometrica	$h = 61,48 \cdot t^{0.153}$
Tempo di corrivazione	15 min
Coefficiente di deflusso	0,1

STATO PROGETTO ZONA 528		
TIPOLOGIA	Superficie (m ²)	Coefficiente di deflusso
PERMEABILE (verde pubblico)	69	0,2
IMPERMEABILE (area di manovra pubblica + 12 mq area di proprietà comunale)	299	0,9
SEMIPERMEABILE (parcheggi pubblici)	100	0,6
TOTALE pubblico	456 + 12 = 468	0,73
PERMEABILE (verde privato)	1.683	0,2
PERMEABILE (VM)	2.649	0,1
IMPERMEABILE (edifici, marciapiedi, strada)	966	0,9
TOTALE privato	5.439	0,27
TOTALE ZONA B	5.907	0,31

i parametri idraulici assunti per il calcolo dell'idrogramma di piena sono:

STATO di PROGETTO - ZONA 528	
Curva di possibilità pluviometrica	$h = 61,48 \cdot t^{0.153}$
Tempo di corrivazione	10 min
Coefficiente di deflusso medio zona B	0,31

Gli idrogrammi di piena per lo stato attuale e di progetto, considerando una stessa durata di pioggia pari a 180 minuti ma diversi tempi di corrivazione e coefficienti di deflusso sono:



Come si può notare allo stato attuale il tempo di corrivazione più elevato fa traslare l'idrogramma nel tempo e il coefficiente di deflusso inferiore fa abbassare il picco della portata che massimizza i volumi.

La portata massima in uscita dallo stato attuale è di 12,7 l/s pari a circa 21 l/s per ettaro di lottizzazione.

In via cautelativa nei calcoli che seguono sarà utilizzato un coefficiente pari a 10 l/s per ettaro di lottizzazione, da scaricare tramite drenaggio.

5.3 CALCOLO VOLUMI D'INVASO

Considerate le buone caratteristiche di permeabilità del terreno e la ridotta superficie su cui insiste il Piano Urbanistico Attuativo, in seguito alla suddivisione delle aree, si prevede di porre in opera pozzi perdenti sia a servizio dell'area pubblica che di quella privata.

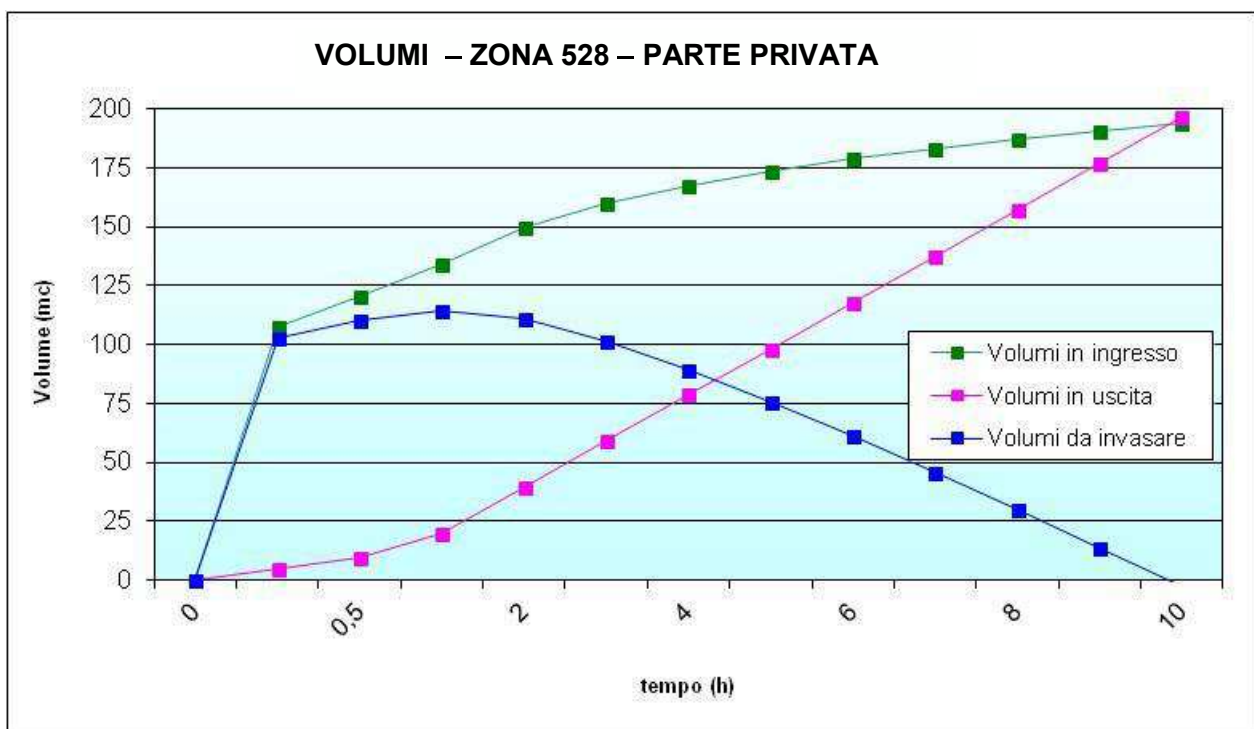
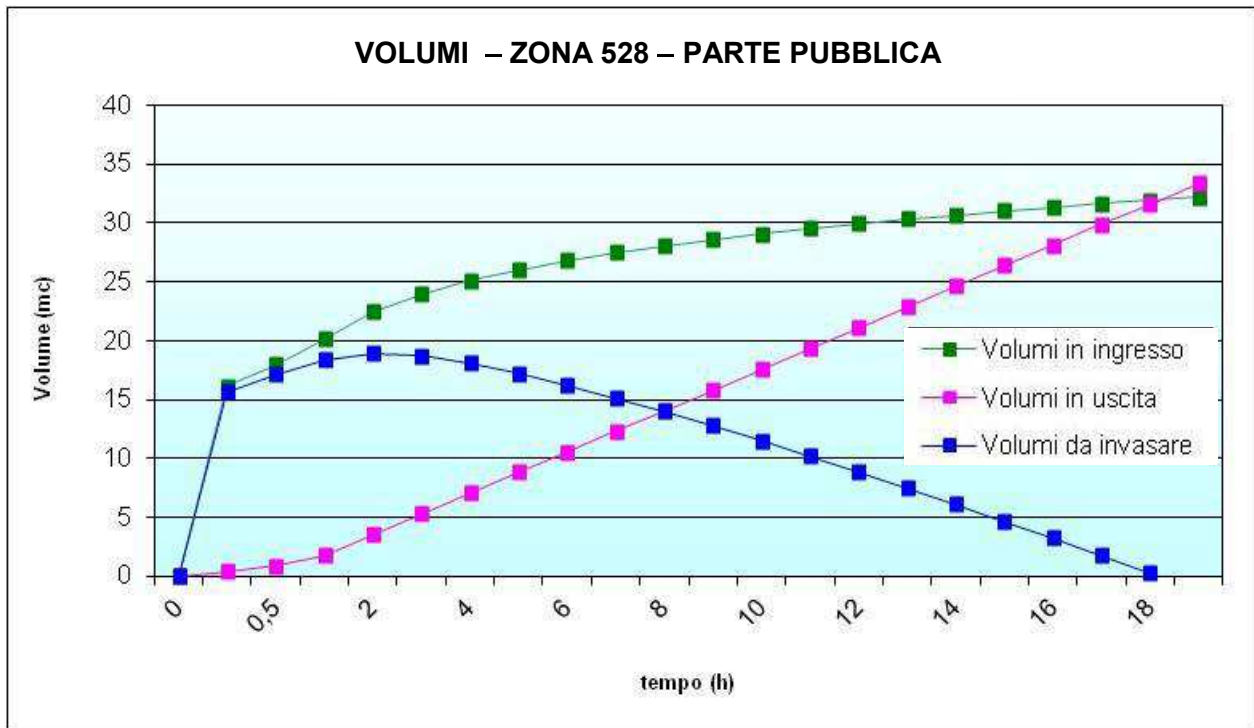
Come richiesto dall'Amministrazione comunale le due aree saranno separatamente gestite.

La capacità d'infiltrazione di una struttura disperdente dipende, oltre che dalla permeabilità del suolo, dalla superficie permeabile utilizzata. Per contenere tale superficie è necessario

prevedere un accumulo che trattiene temporaneamente il volume in arrivo per poi rilasciarlo gradualmente per infiltrazione.

Risulta dunque che il volume specifico da immagazzinare, $V_{\text{immagazzinato}}$, nella vasca di laminazione è dato dalla differenza:

$$V_{\text{immagazzinato}} = V_i(t) - V_u(t) [m^3]$$



Il massimo valore della differenza tra V_i e V_u è pari a **19 m³**, per l'area pubblica, e **115 m³**, per il quella privata, che se rapportato alle singole superfici di trasformazioni determinano volumi specifici pari a circa **406 m³/ha per l'area pubblica e a 212 m³/ha per l'area privata**.

5.4 VERIFICA VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO

La portata di picco è calcolata attraverso la formula:

$$Q_c = S \cdot 2.78 \cdot 0.65 \cdot \varphi \cdot a \cdot k^{n-1} [l/s]$$

con: S superficie scolante in ha;

φ coefficiente di afflusso;

a, n parametri curva di possibilità pluviometrica;

k costante d'invaso in ore.

La costante d'invaso k si determina con la formula URBISPRO dedotta con criteri empirici a seguito di numerosi riscontri in bacini urbani sperimentali è pari a $k = 0.7 \cdot t_c$ dove k [ore] è il parametro del modello; t_c [ore] è il tempo di corrivazione del bacino.

La portata massima è dunque pari a:

$$Q_c = 22 \text{ l/s per l'area pubblica}$$

$$Q_c = 147 \text{ l/s per l'area privata}$$

Il volume da invasare all'interno della vasca di laminazione si calcola in modo implicito in funzione delle grandezze adimensionali:

$$F(n, m) = \frac{\theta_w}{k} \quad G(n, m) = \frac{W_0}{k \cdot Q_c}$$

dove k è la costante d'invaso del bacino, θ_w è la durata critica per i bacini (quella cioè che conduce al massimo volume d'invaso W_0), Q_c è la portata critica del bacino a monte.

Assegnato poi il rapporto $m = 1/\eta = Q_c/Q_{umax}$, le grandezze F e G sono calcolabili con le equazioni:

$$n \cdot F + (1-n) \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1} - 1} \right) - \frac{\frac{D}{m} \cdot F^{2-n}}{1 - e^{-F}} = 0$$

$$G(n,m) = \frac{F^n}{D} - \frac{F^{n-1}}{D} \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1} - 1} \right) - \frac{F}{m} - \frac{1}{m} \cdot \ln \left[\left(\frac{m \cdot F^{n-1}}{D} - 1 \right) \cdot (1 - e^{-F}) \right] = \frac{W_0}{k \cdot Q_c}$$

In particolare, trovato con la prima il valore di F, è immediato calcolare la durata critica $\theta_w = k \cdot F(n,m)$ e il volume da invasare $W_0 = k \cdot Q_c \cdot G(n,m)$. E' da notare che tali risultati sono validi solo nel caso in cui la durata critica θ_w della vasca e la durata critica $\theta_c = C \cdot k$ del bacino rientrino nel medesimo campo di validità del parametro n della curva di possibilità pluviometrica.

Nel caso in esame, ricordando che la portata in uscita è pari a 10 l/s ettaro, si calcola il volume d'invaso pari a **18,40 m³** per l'area pubblica, e pari a **108 m³** per l'area privata che se rapportati alle superfici oggetto di trasformazione determinano un volume specifico pari a circa **393 m³/ha** per l'area pubblica e pari a circa **198 m³/ha** per l'area a parco urbano.

5.5 VERIFICA VOLUMI CON IL METODO CINEMATICO

La portata di picco è calcolata con la formula:

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

con: S superficie scolante in ha;

φ coefficiente di afflusso;

a, n parametri curva di possibilità pluviometrica;

t_c tempo di corrivazione in ore.

La portata massima è dunque pari a:

$Q_c = 25$ l/s per l'area pubblica

$Q_c = 167$ l/s per l'area privata

Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica, ossia: W in m³, S in ha, a in mm/ora⁻ⁿ, θ in ore, t_c in ore, Q_u in l/s, le equazioni diventano:

$$W = 10 \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \theta^n + 1.295 \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta^{1-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - 3.6 \cdot Q_u \cdot \theta - 3.6 \cdot Q_u \cdot T_c$$

$$2.78 \cdot n \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \theta^{n-1} + 0.36 \cdot (1-n) \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta^{-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - Q_u = 0$$

Il volume da invasare è pari a $W_{0, cinematico} = 16,61 \text{ m}^3$ per l'area pubblica e $W_{0, cinematico} = 85 \text{ m}^3$ per l'area privata che se se rapportati alle superfici oggetto di trasformazione determinano un volume specifico pari a circa **354 m³/ha** per l'area pubblica e di circa **156 m³/ha** per l'area privata.

Riassumendo per i vari metodi si ha:

ZONA 528 - AREA PUBBLICA			
Metodo razionale	Metodo dell'invaso	Metodo cinematico	Valore Piano degli Interventi
406 m ³ /ha	393 m ³ /ha	354 m ³ /ha	487,70 m³/ha
ZONA 528 - AREA PRIVATA			
212 m³/ha	198 m ³ /ha	156 m ³ /ha	487,70 m ³ /ha

Considera la scarsa impermeabilizzazione dell'area privata, dovuta alla fascia di rispetto stradale, non si ritiene opportuno utilizzare il valore del Piano degli Interventi, mentre per l'area pubblica si utilizza il valore più cautelativo del Piano degli Interventi.

POZZI PERDENTI ZONA 528 - area pubblica	
VOLUME da invasare	22,82 m³
Raggio	0,75 m
Altezza vaso	7 m
Numero pozzi	2
PORTATA DRENATA massima	0,4 l/s
VOLUME INVASO POZZI	24,72 m ³

POZZI PERDENTI ZONA 528 - area privata	
VOLUME da invasare	115 m³
Raggio	0,75 m
Altezza vaso	7 m
Numero pozzi	10
PORTATA DRENATA massima	5,46 l/s
VOLUME INVASO POZZI	123,63 m ³

Gli anelli drenanti dovranno essere dimensionati in base alla portata drenata massima e alla permeabilità del terreno in esame. **Si rimanda alle allegate tavole grafiche di progetto per l'esatta ubicazione dei sistemi disperdenti.**

6 CONCLUSIONI

Lo studio eseguito secondo le indicazioni operative per la “Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici” contenute nella D.G.R.V. n°2948 del 6 ottobre 2009, ha rilevato che:

- il substrato dell'area in esame è costituito da ghiaie e sabbie alluvionali;
- la permeabilità degli strati costituenti il sottosuolo è medio-alta;
- la falda si trova ad oltre 10 metri dall'attuale piano campagna;
- i coefficienti di deflusso da utilizzare nelle considerazioni tecniche sono quelli previsti dalla D.G.R.V. n°2948 del 6 ottobre 2009.

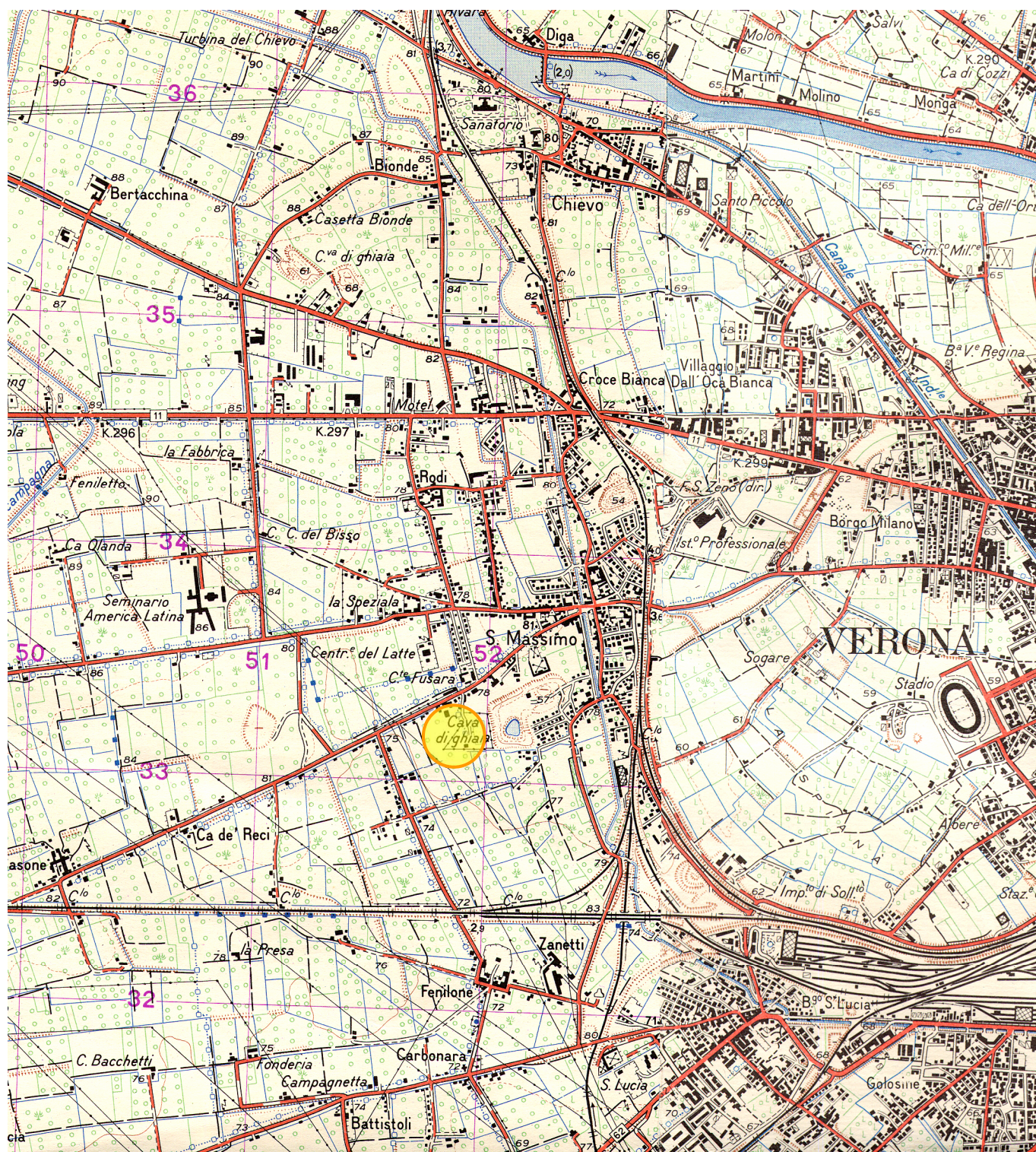
Per quanto riguarda le misure compensative in funzione delle prevedibili variazioni della permeabilità e della risposta idrologica dell'area d'intervento, nella relazione è stato illustrato il dimensionamento di pozzi perdenti suddivisi in area privata e area pubblica.

Si rimanda alle allegate tavole grafiche di progetto per l'esatta ubicazione dei sistemi disperdenti.

Inoltre qualora venissero adottati altri sistemi di infiltrazione facilitata (trincee disperdenti, bacini depressi disperdenti, pozzi con altre dimensioni) si dovrà sempre far riferimento ai valori di volume specifico di invaso indicati nella presente relazione.

Verona, giugno 2016

ALLEGATO 1



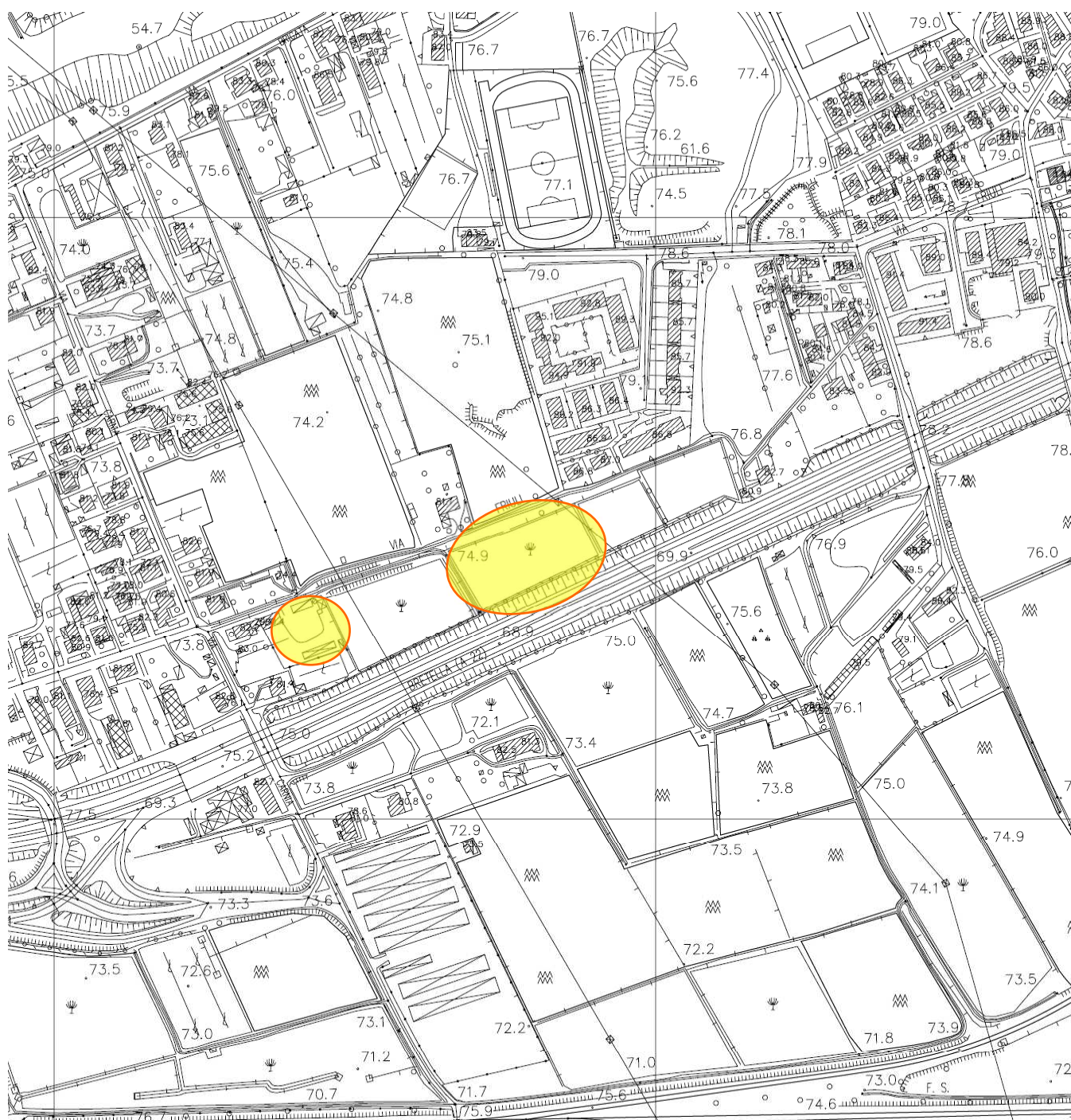
(stralcio delle Tavolette F°48 II N.E. «Pescantina» e F°49 III N.O. «Verona»)

TOPOGRAFIA scala 1:25.000



ubicazione dell'area di intervento

ALLEGATO 2



(stralcio dell'elemento n°123164 «San Massimo»)

CARTA TECNICA REGIONALE

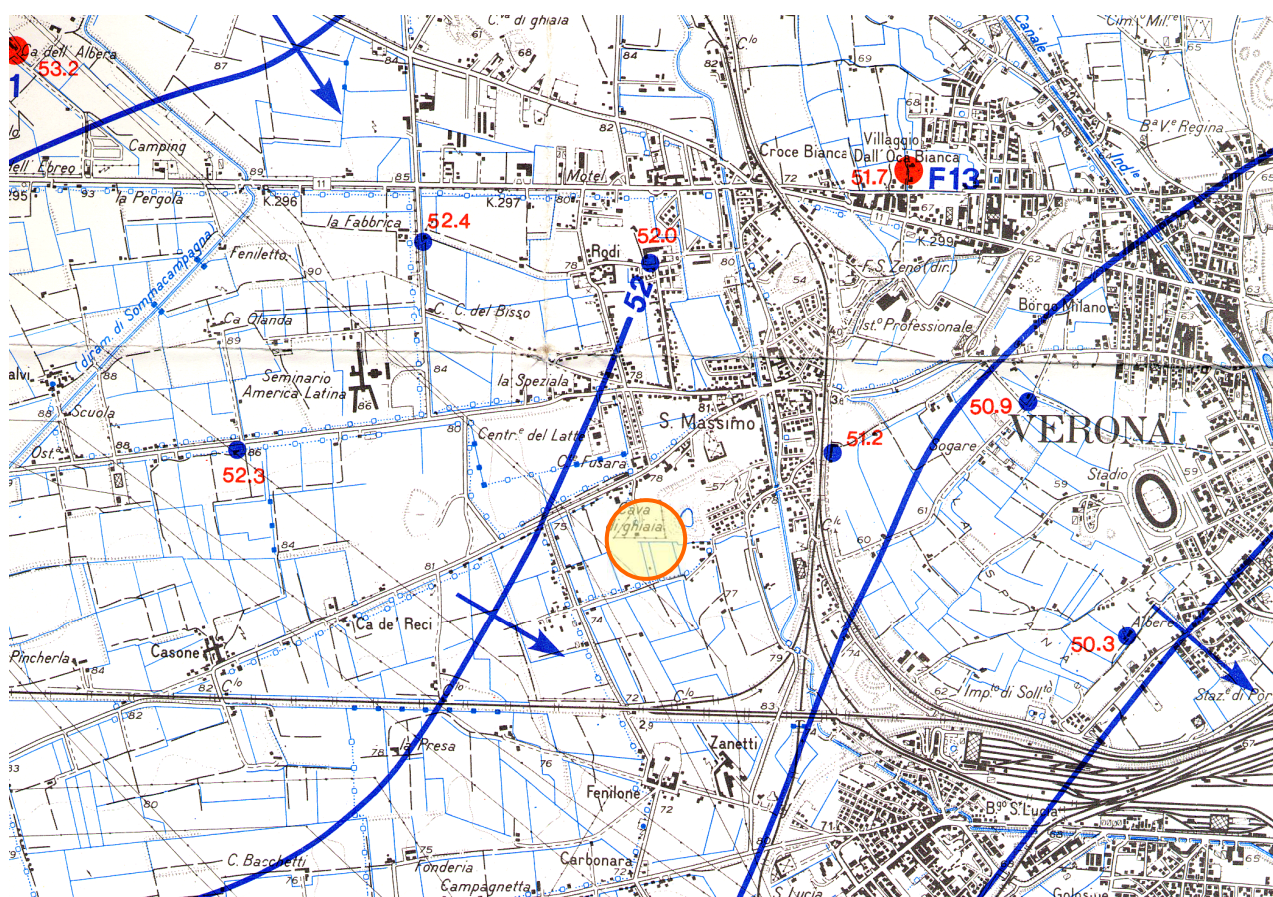
scala 1:5.000



ubicazione dell'area in esame

LEGENDA

- **49.5** Pozzo con quota freatica
- **F3** Pozzo in osservazione periodica
- **53** Isofreatica con quota s.l.m.
- ➔ Direzione del deflusso sotterraneo
- ubicazione dell'area in esame



(tratto da Dal Prà e De Rossi "Carta Idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige", 1989)

CARTA IDROGEOLOGICA scala 1:30.000

ALLEGATO 5

Stazione di VERONA

Parametri regolarizzazione dati di precipitazione

legge di GUMBEL

$$P(x) = e^{-e^{-\alpha * (x - \beta)}}$$

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: 45.419
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)				

DATI PLUVIOMETRICI