

Regione Veneto - Provincia di Verona

COMUNE DI VERONA

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
IDENTIFICATO DALLA SCHEDA NORMA N.615
IN COMUNE DI VERONA LOCALITA' PALAZZINA**

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

ai sensi delle D.G.R. n. 1322/2006 e n. 2948/2009

**STUDIO NUCCI
& ASSOCIATI**

GEOLOGIA E INGEGNERIA
DELL'AMBIENTE E DEL
TERRITORIO

Dott. Geol. Enrico Nucci
Dott. Geol. Lorena Benedetti
Dott. Geol. Alberto Cò
Dott. Ing. Alessia Canteri

Via Leida, 4 - 37135 Verona
Tel: 045 952072 – Fax: 045 8646464
info@studionuccieassociati.com
Cod.Fisc. e P.IVA 03628610234
www.studionuccieassociati.com

Dott. Ing. Alessia Canteri

Dott. Geol. Lorena Benedetti

Committente:

SIG. TOMMASO BENETTI

Cod. Rif. SA12105

Data: 25/06/2013

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE	5
4	INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO	7
5	CARATTERISTICHE DEI LUOGHI.....	8
5.1	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLITOLOGICHE	8
5.2	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE, IDROGRAFICHE ED IDRAULICHE.....	11
6	ANALISI PROGRAMMATICA	14
7	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'INTERVENTO.....	15
7.1	ANALISI DELLE TRASFORMAZIONI DELLE SUPERFICI IN TERMINI DI IMPERMEABILIZZAZIONE.....	15
7.2	ANALISI IDROLOGICA	17
7.3	ANALISI DELLA CRITICITÀ IDRAULICA DEL TERRITORIO E STIMA DELLE PORTATE DI DEFLUSSO.....	18
8	PROPOSTA DI MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO	20
	BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	23

ALLEGATI AL TESTO

ALLEGATO 1:	COROGRAFIA IN SCALA 1:5.000
ALLEGATO 2:	PROVE DI PERMEABILITÀ
ALLEGATO 3:	TABULATO DI CALCOLO MISURE COMPENSATIVE

Codice di Rif.: SA12105

Verona, 25 Giugno 2013

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto per la realizzazione di un piano urbanistico attuativo identificato dalla scheda norma n.615 in Località Palazzina all'interno del territorio comunale di Verona, viene redatto il presente studio in conformità a quanto indicato dalla Delibera della Giunta Regionale 13 dicembre 2002 n. 3637 successivamente integrata e aggiornata dalla Delibera Regionale n. 1322 del 10 maggio 2006, poi modificata dalla D.G.R. n. 2948 del 6 ottobre 2009, la quale prevede che *per tutti gli strumenti urbanistici generali e le varianti, generali o parziali o che, comunque, possano recare trasformazioni del territorio tali da modificare il regime idraulico esistente, sia presentata una "Valutazione di compatibilità idraulica"*.

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

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

Le valutazioni idrauliche di seguito riportate sono state ponderate, oltre che sulla base di quanto indicato dalla normativa di riferimento, anche tenendo conto delle indicazioni e prescrizioni a carattere idraulico contenute nel P.A.T. e nel P.I. del Comune di Verona.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

Legge 179 31.07.2002

Disposizioni in materia ambientale.

D.G.R.V. 13.12.2002 n° 3637

Legge 3 Agosto 1998, n°267. Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Indicazioni per la formazione di nuovi strumenti urbanistici.

D.Lgs. 03.04.2006 n° 152 e s.m.i.

Norme in materia ambientale.

D.G.R.V. 10.05.2006 n° 1322

Legge 3 Agosto 1998, n°267. Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Nuove indicazioni per la formazione di nuovi strumenti urbanistici.

Allegato A alla D.G.R.V. 10.05.2006 n° 1322

Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche.

D.G.R.V. 24.07.2007 n° 2267

Piano di Tutela delle Acque. Approvazione delle norme di salvaguardia.

D.G.R.V. 06.10.2009 n° 2948

Legge 3 Agosto 1998, n. 267 - Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica delle delibere n. 1322/2006 e n. 1841/2007, in attuazione della sentenza del Consiglio di Stato n. 304 del 3 aprile 2009.

Allegato A alla D.G.R.V. 06.10.2009 n° 2948

Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche.

D.G.R.V. 05.11.2009 n° 107

Piano di tutela delle acque (P.T.A.). Norme per il governo del territorio.

D.G.R.V. 27/01/2011 n° 80

Norme tecniche di attuazione del Piano di Tutela delle Acque - Linee guida applicative.

D.G.R.V. 15/05/2012 n° 842

Modifica e approvazione del testo integrato delle norme tecniche di attuazione del Piano di Tutela delle Acque.

D.G.R.V. 28/08/2012 n° 1770

Piano di Tutela delle Acque. Precisazioni.

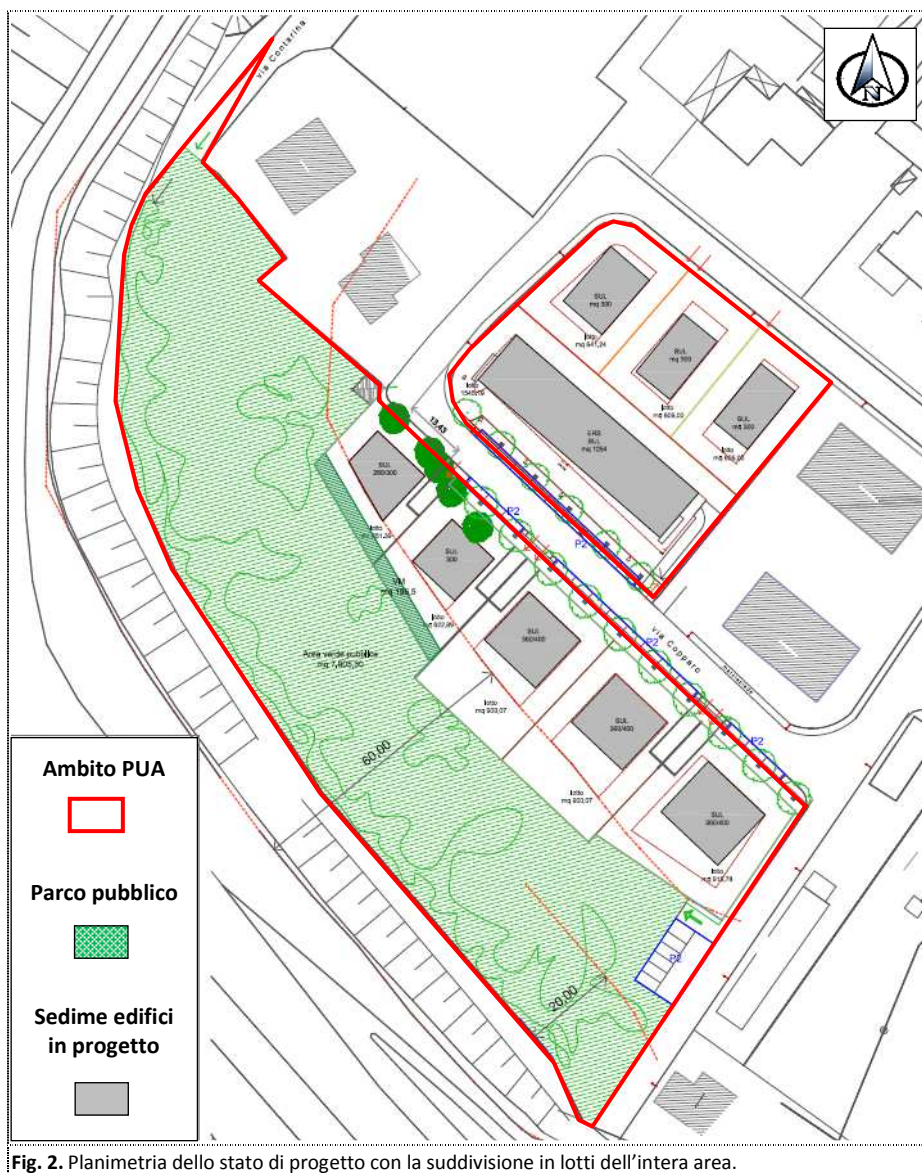
3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE

L'area progettuale si estende su una superficie complessiva di circa 1,6 ettari e comprende due lotti di terreno sub pianeggiante dell'estensione rispettivamente di 0,35 e 1,24 ettari. L'area, individuabile catastalmente al Foglio n. 355 mappali n. 727, 729, 730, 732, 734, 736, 738, 739, 783, 791 del Comune di Verona, risulta separata in due porzioni da via Copparo e copre complessivamente una superficie catastale di 15.979 m². Attualmente l'area risulta verde con una porzione pavimentata nel lotto più piccolo dove in passato era stato realizzato un capannone, ora demolito, con il relativo piazzale di accesso e sosta.



Fig. 1. Panoramica dell'area di intervento con evidenziate le due porzioni.

Il progetto prevede la suddivisione dell'intera area in lotti di intervento nei quali saranno realizzati nuovi fabbricati a destinazione residenziale ed un'ampia area verde lungo i margini sud ed ovest dell'ambito, di quasi 8.000 m² di superficie, da adibire a parco pubblico. L'intervento prevede inoltre limitati interventi su via Copparo per realizzare gli accessi alle proprietà ed alcune aree parcheggio e per implementare la rete di sottoservizi per le nuove utenze.



4 INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO

Il sito di interesse progettuale è ubicato nella zona periferica di Verona a Sud – Est della città, ai margini della zona residenziale del quartiere di Palazzina; più precisamente, l'area è ripartita su due lotti di terreno compresi tra via Copparo (lati Nord ed Est) ed il raccordo tra la Strada Statale 434 "Transpolesana" e la Tangenziale Sud (lati Sud ed Ovest). L'intero sito di progetto, attualmente non edificato (ad eccezione di alcune superfici pavimentate nel lotto più settentrionale), si inserisce in un contesto dalla morfologia sub pianeggiante, ad una quota altimetrica media di riferimento compresa tra 53,0 e 54,0 m s.l.m..

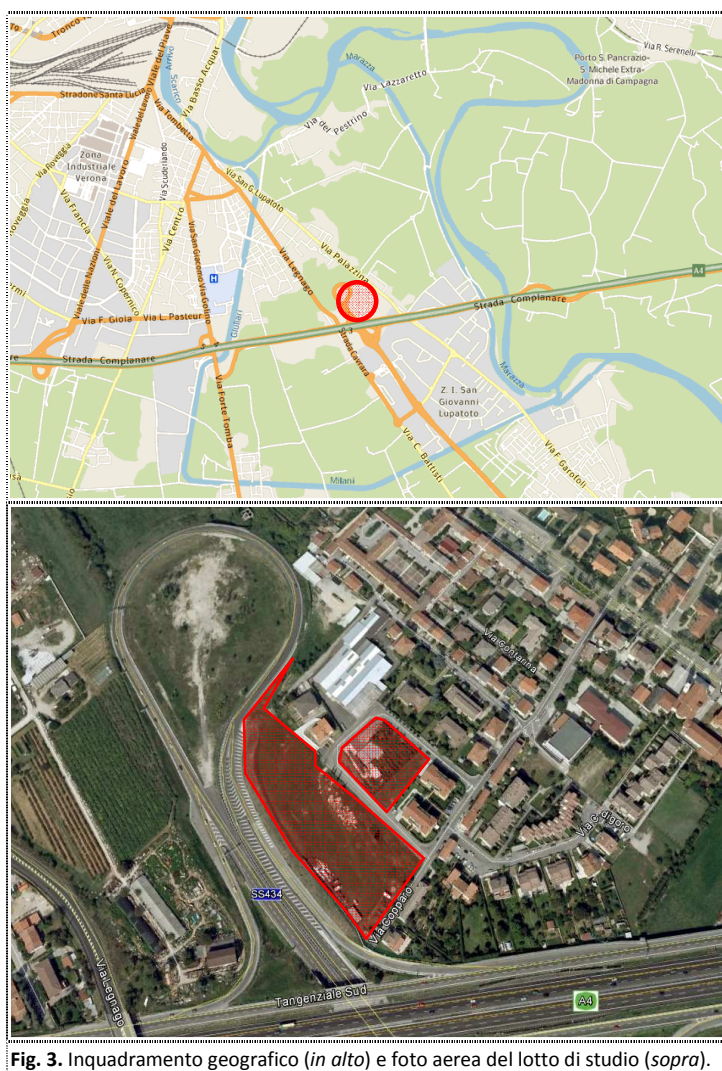


Fig. 3. Inquadramento geografico (in alto) e foto aerea del lotto di studio (sopra).

Per una precisa ubicazione dell'area oggetto di intervento si fa riferimento alla Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000, Elementi n°124133 ("Palazzina") e n°145014 ("San Giovanni Lupatoto"), di cui si allega un estratto in calce al presente elaborato (v. ALLEGATO 1).

5 CARATTERISTICHE DEI LUOGHI

5.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLITOLOGICHE

Con specifico riferimento alla porzione di territorio in esame e all'estratto cartografico di fig. 4 (ricavato dalla "Carta Geologica del territorio del Comune di Verona" in scala 1:20.000), si rileva una morfologia pianeggiante in cui gran parte delle evidenze morfologiche sono riconducibili all'evoluzione dell'idrografia attuale e pregressa (terrazzi, orli di scarpata, etc.), i cui segni risultano tuttavia celati dalla sempre crescente urbanizzazione del territorio. L'agente morfogenetico principale è rappresentato dal fiume Adige con il suo grande conoide ed il suo piano di divagazione, scavato e terrazzato, all'interno del conoide stesso. L'ambito dell'Antico conoide e quello del Piano di divagazione sono separati da una scarpata morfologica che in prossimità dell'area d'indagine raggiunge all'incirca i 10 m di altezza (v. fig. 4).

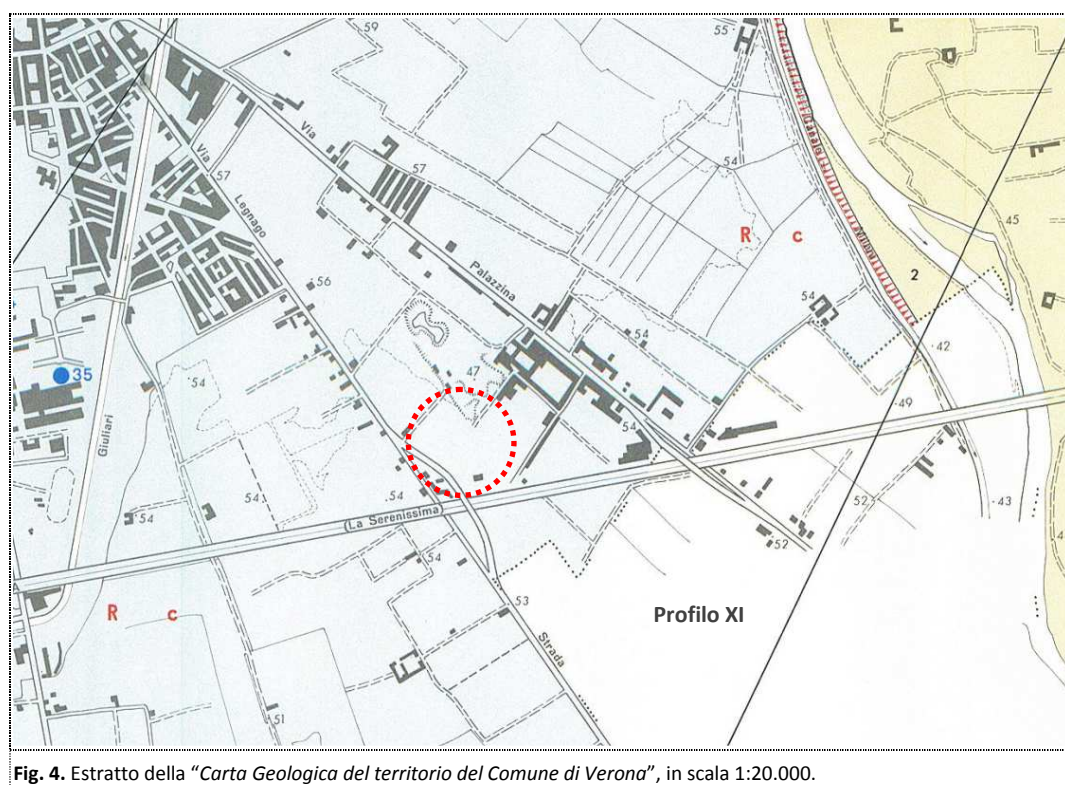
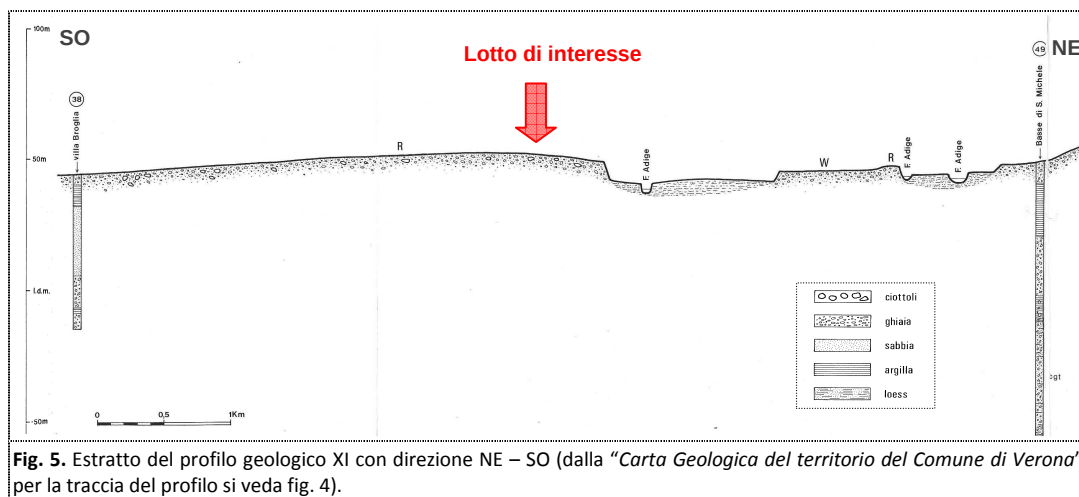


Fig. 4. Estratto della "Carta Geologica del territorio del Comune di Verona", in scala 1:20.000.

LEGENDA

- 2  Alluvioni prevalentemente sabbioso – limose, attuali e recenti, dell'Adige. **QUATERNARIO**
- 7  Alluvioni terrazzate fluvioglaciali e fluviali dell'antico conoide dell'Adige, ghiaiose e ciottolose (c). **Riss (R)**
-  Orlo di terrazzo in depositi fluvioglaciali e fluviali
-  3 Pozzo per acqua
-  I Traccia sezioni geologiche

Con riferimento alla figura precedente, l'area oggetto di studio risulta caratterizzata dai depositi grossolani delle *alluvioni terrazzate fluvioglaciali e fluviali rissiane dell'antico conoide dell'Adige, ghiaiose e ciottolose*, rinvenibili sino a parecchie decine di metri di profondità da piano campagna, con occasionali e discontinue lenti argillose (v. sezione geologica di fig. 5 e stratigrafia riportata nella tabella successiva).



Di seguito si riporta la stratigrafia di un pozzo per acqua presente a breve distanza dal lotto di interesse progettuale (per l'ubicazione v. fig. 4).

POZZO PER ACQUA N. 35	PROFONDITÀ (m da p.c.)	LITOLOGIA
	0,0 ÷ 15,0	Ghiaia e ciottoli
	15,0 ÷ 30,0	Ghiaia
	30,0 ÷ 31,0	Argilla
	31,0 ÷ 35,0	Ghiaia
	35,0 ÷ 38,0	Argilla
	38,0 ÷ 61,0	Ghiaia e ciottoli

L'analisi della sezione, correlata con la stratigrafia, ha messo in evidenza conformemente a quanto riportato in letteratura, la presenza nel sottosuolo di un materasso alluvionale di natura prevalentemente granulare (ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa) e di spessore considerevole.

Il modello litostratigrafico di dettaglio del sito di interesse progettuale è stato ricostruito attraverso la realizzazione di una mirata campagna indagini, con esecuzione di nr. 5 trincee esplorative distribuite su tutta l'area che hanno raggiunto la profondità massima di 3,60 m da piano campagna ed hanno permesso di ricostruire puntualmente la successione stratigrafica del primo sottosuolo.

Coerentemente con quanto riportato in bibliografia, le indagini hanno confermato la presenza di un sottosuolo caratterizzato nei primi metri da sedimenti prevalentemente grossolani con ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa e limosa, presenti in giacitura naturale al di sotto di uno strato più superficiale costituito da terreno vegetale e, localmente, da materiale di riporto di spessore inferiore al metro (v. fig. 6).



Fig. 6. Particolare di una delle trincee esplorative eseguite.

Alla luce delle evidenze litologiche emerse in fase di indagine, è possibile schematizzare il primo sottosuolo locale attraverso il seguente modello litostratigrafico:

UNITÀ	LITOLOGIA
Tv	TERRENO VEGETALE: terreno agrario rimaneggiato di natura ghiaiosa con ciottoli in matrice limosa e sabbiosa fine. Presenti radici e resti vegetali.
Rp	TERRENO DI RIPORTO: terreno di natura ghiaiosa con ciottoli in matrice limosa e sabbiosa di colore bruno. Presenti apparati radicali e sparsi laterizi.
G	GHIAIA CIOTTOLOSA IN MATRICE SABBIOSA E LIMOSA: terreno in giacitura naturale costituito da ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa e limosa.

5.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE, IDROGRAFICHE ED IDRAULICHE

I depositi ghiaioso - sabbiosi che costituiscono il sottosuolo dell'Alta Pianura e quindi del sito di interesse progettuale, rappresentano un importante acquifero freatico, che ospita una falda di elevata potenzialità la cui tavola d'acqua si trova a profondità variabile dal piano campagna in ragione della topografia dei luoghi e del gradiente della falda stessa; in linea generale la profondità della falda diminuisce da Nord verso la porzione Sud - orientale della città.

In riferimento alla *"Carta idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige"*, di cui si riporta un estratto in fig. 8, si evince come la falda in periodo di morbida si attesti ad una quota compresa fra 45,0 e 46,0 m s.l.m.; considerando che il sito in oggetto si trova alla quota altimetrica minima di 53,0 m s.l.m., la falda freatica in periodo di morbida risulta essere ad una profondità minima superiore ai 7 m da piano campagna.

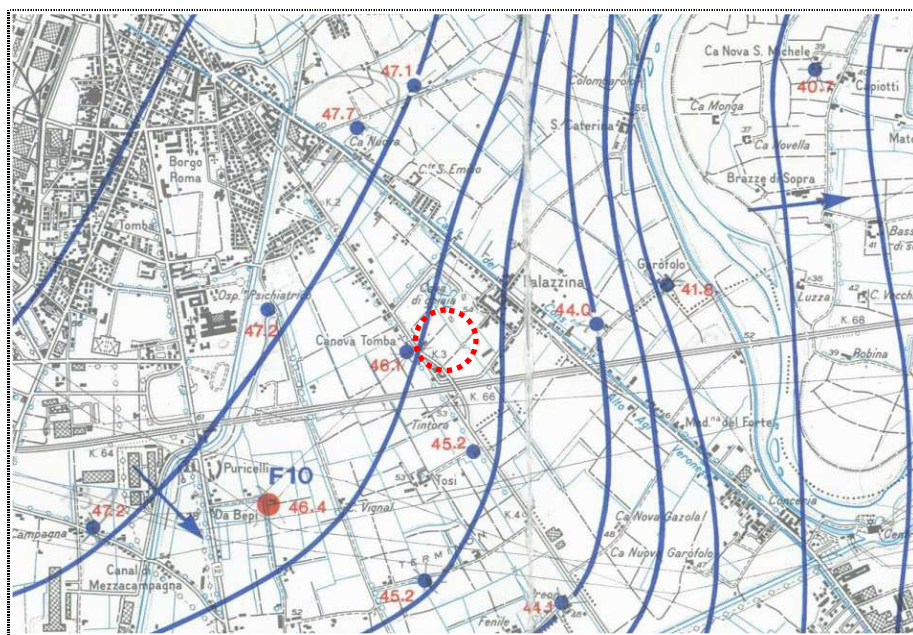


Fig. 7. Estratto dalla *"Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige"* (Dal Prà e De Rossi, 1989). I numeri a fianco dei punti blu (pozzi) e delle linee blu (isofreatiche) indicano la quota sul livello del mare della superficie della falda, misurata nel 1986. In rosso la zona oggetto di intervento.

A conferma di quanto sopra, in riferimento alla *"Carta delle Particolarità idrogeologiche"* del P.T.P. della Provincia di Verona (v. fig. 8 alla pagina seguente), alcuni pozzi freatici e/o sondaggi presenti nelle vicinanze del sito di studio evidenziano la presenza di un livello di falda posto ad una quota variabile tra 8,3 e 10,2 m di profondità da piano campagna.

Nello specifico, all'apertura delle trincee esplorative non è stata rilevata alcuna venuta d'acqua né dalle pareti né da fondo scavo fino alla profondità di 3,60 m da piano campagna (profondità massima raggiunta dagli scavi).

Sempre in relazione a quanto riportato in fig. 8, si osserva che nell'ambito di pianura ove ricade l'area in esame, è presente una permeabilità primaria per porosità generalmente elevata. In tal senso, con riferimento al sito di progetto, la presenza di terreni prevalentemente grossolani costituiti da ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa e limosa dotati di un elevato grado di permeabilità comporta un'elevata vulnerabilità intrinseca degli acquiferi freatici.

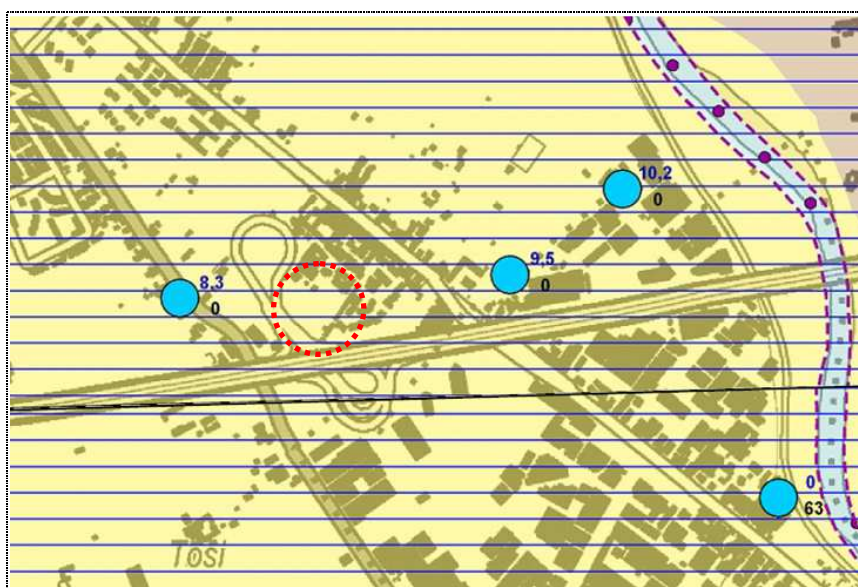


Fig. 8. Estratto dalla "Carta delle Particolarità Idrogeologiche" del P.T.P. della Provincia di Verona.

LEGENDA

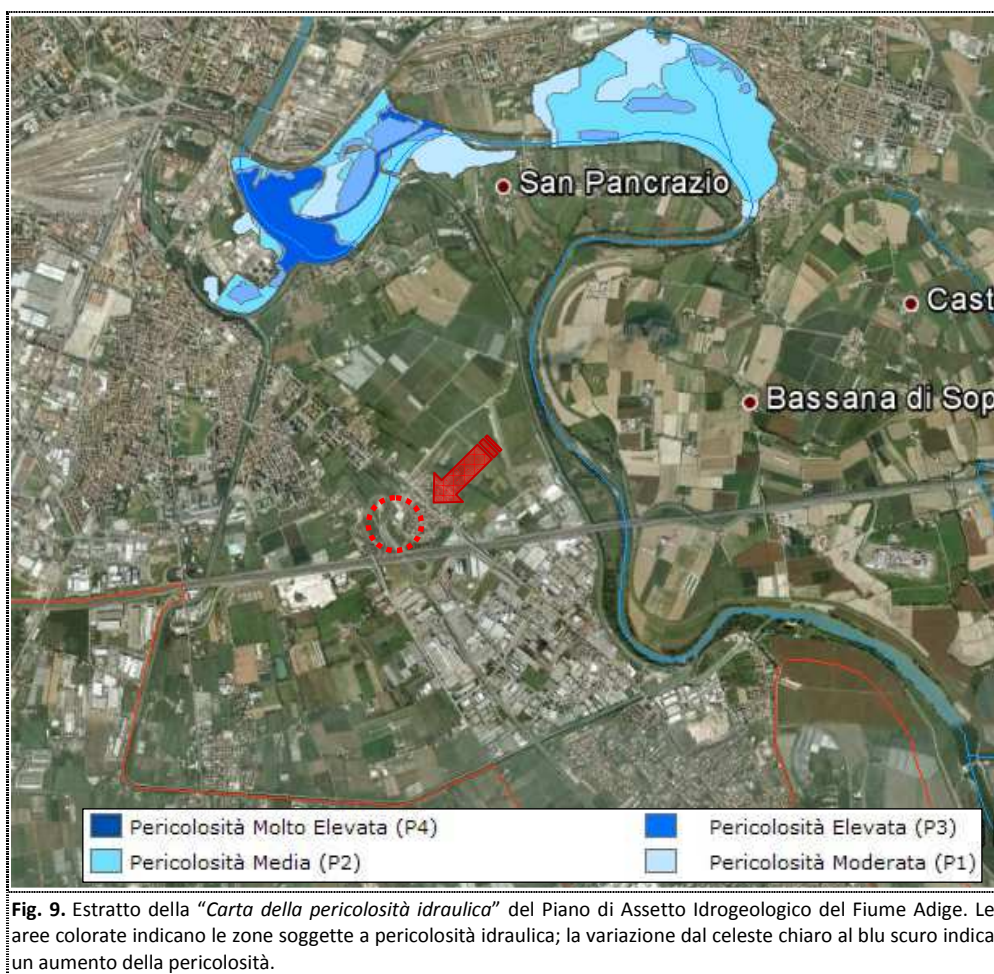
-  Permeabilità generalmente alta per porosità.
-  Permeabilità medio bassa per porosità.
-  Ambiti di pianura ad elevata vulnerabilità idrogeologica.
-  Ambiti fortemente soggetti a pericolo di esondazione.
-  Pozzo freatico principale e/o sondaggio (prof. falda/prof. pozzo sondaggio (m)).

Per caratterizzare dal punto di vista della permeabilità i depositi superficiali dell'area di intervento sono state condotte nr. 2 prove in pozzetto a carico variabile all'interno dell'unità litologica "G". Pur rimandando all'ALLEGATO 2 per una dettagliata descrizione dei test eseguiti va detto che i terreni costituenti il primo sottosuolo risultano dotati di una permeabilità da discreta a buona ($k \approx 10^{-4}$ m/s).

Dal punto di vista idrografico, l'unico corso d'acqua naturale che scorre nelle vicinanze è il Fiume Adige, la cui sponda destra dista circa 1,5 km ad Est dall'area di intervento. Ad una distanza di circa 1 km ad Ovest e ad Est dal sito di interesse progettuale si segnalano rispettivamente il Canale Giuliani – Milani ed il Canale Marazza, orientati in direzione Nord – Sud e quasi completamente regimati fra argini artificiali.

Nelle immediate vicinanze del lotto di interesse progettuale non si segnala la presenza di corsi d'acqua o canali irrigui.

Da un punto di vista "idrografico - amministrativo", il sito oggetto di studio rientra nell'ambito territoriale dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige e dall'analisi della cartografia del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico), non ricade fra le aree a pericolosità idraulica individuate, le quali risultano invece limitate alle porzioni limitrofe alla sponda del Fiume Adige poste più a Nord rispetto al sito di interesse progettuale (v. fig. 9).



Per quanto riguarda la rete fognaria esistente, su via Copparo sono presenti ai lati della sede stradale due linee di caditoie con fondo drenante che raccolgono e disperdono le acque meteoriche defluenti dalla pavimentazione stradale. Tale rete, dimensionata per gestire le sole acque provenienti dalla strada non è in grado di accogliere gli incrementi di deflusso generati dalle modifiche urbanistiche in progetto.

6 ANALISI PROGRAMMATICA

Relativamente agli aspetti di interesse per la valutazione di compatibilità idraulica dell'area, il P.I. del Comune di Verona nel Repertorio Normativo (Allegato alle N.T.O. art.17 comma 5 lettera c), Sezione 8 - Impatto idraulico manifestazioni d'interesse, indica le seguenti misure compensative per il lotto di progetto.

N° rep.	Superficie intervento (m ²)	Volume invaso (m ³)	Volume invaso da PAT (m ³)	INVASO PREVALENTE				ASSEVERAZIONE
				vasca laminazione	sovradimensionamento condotte	bacino di ritenzione	bacino/fosso d'infiltrazione (2)	
615	14000	188,51	682,36	si	si	si	si	

N° rep.	Superficie intervento (m ²)	SMALTIMENTO PREVALENTE			
		accumulo e smaltimento in pozzi disperdenti (2)	immissione in corso d'acqua (1)	accumulo e immissione in trincee drenanti (2)	immissione nella rete acque bianche (1) (3)
615	14000	si	no	si	no

N° rep.	BUONE PRATICHE COSTRUTTIVE				
	vasca prima pioggia	recupero acque piovane	smaltimento con caditoie drenanti (4)	tetti verdi	parking grigliati
615	si	si	si	si	si

- (1) Da richiedere autorizzazione all'Ente Gestore
- (2) Verificare il rischio di contaminazione dei corpi idrici sotterranei
- (3) Da verificare il rischio d'inquinamento dei corpi idrici superficiali
- (4) Solo in zone con elevata permeabilità e alta soggiacenza e verificando il rischio d'inquinamento dei corpi idrici sotterranei

Considerando quindi una superficie d'intervento di 14.000 m², il calcolo del volume di laminazione necessario indicato dal PAT, pari a 487,4 m³/ha di superficie d'intervento (Parere del Genio Civile prot. N°290639 del 11/05/2008), riporta un volume d'invaso di 682,36 m³. In relazione al contesto stratigrafico ed idrogeologico, fra le possibili misure di compensazione sono ammesse tutte le tipologie con prevalente carattere d'invaso (vasca di laminazione, sovradimensionamento delle condotte, bacino di ritenzione e bacino e fosso d'infiltrazione) e fra i sistemi a carattere prevalentemente di dispersione sono ammessi i pozzi perdenti e le trincee drenanti. E' infine sempre auspicabile l'adozione delle buone pratiche costruttive volte a mitigare le modifiche indotte sul regime idraulico dell'area.

7 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'INTERVENTO

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

7.1 ANALISI DELLE TRASFORMAZIONI DELLE SUPERFICI IN TERMINI DI IMPERMEABILIZZAZIONE

Considerando l'intera area interessata dagli interventi di ampliamento e/o trasformazione, le superfici coinvolte subiranno una variazione d'uso secondo quanto schematicamente riassunto nella seguente tabella:

TIPO SUPERFICIE	STATO ATTUALE	STATO DI PROGETTO
Aree verdi	14.879 m ²	9.053 m ²
Aree in ghiaio	-	151 m ²
Percorsi semipermeabili	-	925 m ²
Parcheggi grigliati	-	75 m ²
Accessi, marciapiedi	-	238 m ²
Pavimentazioni impermeabili	1.100 m ²	1.603 m ²
Coperture edifici	-	3.934 m ²
Superficie totale	15.979 m²	15.979 m²

Come descritto al capitolo 3, l'area è suddivisa in due lotti: un lotto di 3.545 m² su via Copparo a destinazione residenziale ed un lotto più a sud di 12.434 m² di superficie suddivisa tra parco pubblico e zona residenziale. Per quanto riguarda la suddivisione delle superfici interne ai lotti residenziali, è stata ipotizzata la realizzazione di pavimentazioni impermeabili su una superficie pari ad un terzo del totale scoperto. Sulla base di quanto considerato, le superfici di progetto si ripartiscono come di seguito riportato:

TIPO SUPERFICIE	LOTTO SUD		LOTTO VIA COPPARO
	PARCO	RESIDENZIALE	RESIDENZIALE
Aree verdi	6.762 m ²	1.502 m ²	789 m ²
Aree in ghiaio	151 m ²	-	-
Percorsi semipermeabili	925 m ²	-	-
Parcheggi grigliati	-	75 m ²	3.122 m ²
Accessi, marciapiedi	39 m ²	52 m ²	147 m ²
Pavimentazioni impermeabili	-	1.208 m ²	395 m ²
Coperture edifici	-	1.720 m ²	2.214 m ²
Superficie totale	7.877 m²	4.557 m²	3.545 m²

In generale si evidenzia quindi una diminuzione del livello di drenaggio con un aumento delle superfici impermeabili, che passano da una percentuale del 7% ca. (stato di fatto) ad un valore del 42% ca. (stato di progetto).

In tal senso, il livello di permeabilità delle superfici viene espresso attraverso il *coefficiente di deflusso* ϕ , indice del volume meteorico efficace ai fini del deflusso. I valori di ϕ vengono convenzionalmente assunti come indicato dall'allegato alla D.G.R. 2948 e come di seguito esposto:

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

Nel presente studio, le superfici (attuali e di progetto) sono state caratterizzate come di seguito esposto:

- SUPERFICI AGRICOLE ($\phi = 0,1$): allo stato attuale e di progetto non risultano superfici agricole;
- SUPERFICI PERMEABILI ($\phi = 0,2$): sono state considerate come permeabili le aree verdi, sia private che pubbliche, sia allo stato attuale che di progetto;
- SUPERFICI SEMIPERMEABILI ($\phi = 0,6$): allo stato di progetto sono stati considerati come semipermeabili gli stalli dei parcheggi in grigliato drenante, i percorsi e le aree in ghiaino dell'area parco;
- SUPERFICI IMPERMEABILI ($\phi = 0,9$): sia per lo stato di progetto che per lo stato attuale sono state considerate come impermeabili le coperture degli edifici, le strade asfaltate, i piazzali e le aree di manovra, i marciapiedi e le aree pedonali.

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

$$\phi = \sum_i \phi_i S_i / S_{tot}$$

Eseguendo i calcoli con i valori specificati nella precedente tabella si ottengono dei valori del coefficiente di deflusso ponderato pari a 0,25 per quanto riguarda lo stato attuale e 0,48 per lo stato di progetto. Considerando le superfici nel loro insieme, rispetto allo stato attuale l'intervento comporterà una modifica nell'impermeabilizzazione di circa 5.700 m². L'intervento in progetto è classificabile come *intervento a modesta impermeabilizzazione potenziale su superfici comprese fra 0,1 e 1 ha*.

7.2 ANALISI IDROLOGICA

A livello d'inquadramento, analizzando i dati pluviometrici del periodo 1948 ÷ 1996 relativi alla Stazione «Meteo 4» di Verona, posta a quota 85 m s.l.m., come riportati nel PAT comunale (vedi figura seguente), si rileva nella zona una piovosità media annua pari a circa 820 mm con un numero medio di 100 giorni piovosi all'anno. I fenomeni sono più accentuati nel periodo tardo primaverile ed autunnale, con picchi nei mesi di maggio e giugno e in quelli di ottobre e novembre, mentre si rileva la minima piovosità nei mesi di gennaio, febbraio e marzo. I mesi estivi invece sono caratterizzati da andamenti altalenanti e soprattutto negli ultimi anni si può notare una certa continuità di precipitazioni concentrate nel mese di agosto.

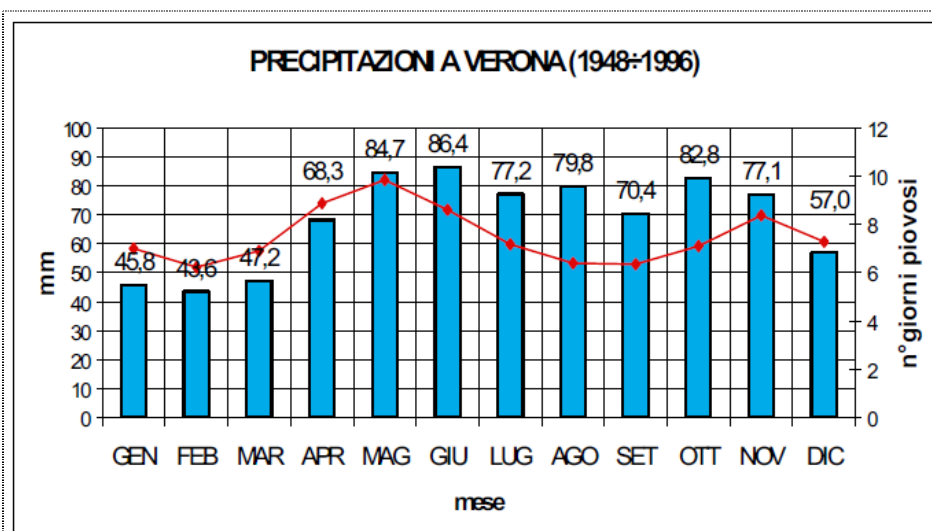


Fig. 10. Andamento delle precipitazioni nel corso dell'anno a Verona per il periodo 1948 ÷ 1996. Gli istogrammi rappresentano i millimetri di pioggia cumulativi mensili mentre in rosso è rappresentato l'andamento del numero medio dei giorni piovosi.

Negli ultimi anni, a partire dal 2009, si sono verificati nella provincia di Verona alcuni eventi meteorici di portata eccezionale che hanno determinato, per una serie di motivazioni contingenti, anche pesanti conseguenze sul territorio. Tali eventi, caratterizzati da tempi di ritorno anche superiori ai 50 anni (dati Arpav), si sono contraddistinti per intensità particolarmente elevate nell'arco delle 24 ore. Tale circostanza andrà considerata nello sviluppo del progetto di eventuali sistemi d'invaso ed in particolare nella valutazione dei tempi di vuotamento, in modo da garantire un adeguato volume di accumulo in rapporto agli eventi critici considerati.

Per la caratterizzazione idrologica di dettaglio dell'area in esame si è fatto riferimento ai dati registrati dalla stazione pluviometrica di Verona, relativi ad eventi piovosi intensi di durata oraria (1, 3, 6, 12 e 24 ore) registrati nel periodo 1928 ÷ 1980 (*dati desunti dagli Annali Idrologici degli uffici Idrografici del Magistrato alle Acque di Venezia*).

I dati sono stati elaborati con il metodo di Gumbel, al fine di definire il legame tra l'altezza di pioggia h e la durata di precipitazione t attraverso una curva di possibilità pluviometrica (CPP) monomia in forma:

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

Il progetto idraulico è stato riferito cautelativamente ad eventi meteorici caratterizzati da un tempo di ritorno pari a 50 anni ($T_r = 50$ anni). L'elaborazione statistica ha fornito la seguente curva di possibilità pluviometrica:

$$h = 51,3 \cdot t^{0,240} \text{ (con } h \text{ in mm e } t \text{ in ore)}$$

7.3 ANALISI DELLA CRITICITÀ IDRAULICA DEL TERRITORIO E STIMA DELLE PORTATE DI DEFLUSSO

La valutazione del livello di incremento di criticità idraulica del territorio determinato dagli interventi in progetto viene solitamente fatta in base all'analisi afflussi – deflussi prima e dopo la realizzazione delle opere. La differenza dei deflussi antecedenti e conseguenti gli interventi rappresenta l'incremento di portata determinato dagli effetti delle modifiche previste dal progetto. Il valore della portata massima e l'avvio del processo di esaurimento della piena sono legati al rapporto esistente tra la durata τ della precipitazione ed il tempo di corrivazione τ_c (tempo impiegato dalla particella idraulicamente più lontana a raggiungere la sezione di chiusura del bacino). Assumendo un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione, tutto il bacino scolante contribuisce alla formazione della portata. Il calcolo quindi della massima portata, partendo da un'analisi della curva di possibilità pluviometrica (CPP) riferita ad una stazione pluviometrica di riferimento, avviene assumendo una durata della precipitazione pari al tempo di corrivazione calcolato.

La curva di possibilità pluviometrica scelta è stata indicata nel precedente paragrafo mentre, per quanto riguarda il tempo di corrivazione, nel caso di piccoli bacini può essere calcolato attraverso la formula di *Ventura*:

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

dove

A_b è l'area del bacino in km^2

i_m è la pendenza media del bacino (considerata pari a 0,005).

Alla luce dell'assetto morfologico dell'area di studio, il tempo di corrivazione secondo la formula considerata risulta di circa 14 minuti. L'evento critico considerato con Tr di 50 anni fornisce per tale durata un'altezza di pioggia di circa 36 mm ed un'intensità di pioggia i di circa 158 mm/ora.

Il calcolo della portata defluente viene effettuato attraverso la formula:

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

con:

i = intensità di pioggia in mm/ora

A = superficie scolante in ha

φ = coefficiente di deflusso

A parità di intensità, il contributo idrico dell'area allo stato attuale è pari a 175 l/s mentre a seguito degli interventi progettuali la portata di deflusso massima è di 337 l/s. *L'incremento dell'apporto idrico dovuto alle modifiche previste è quindi pari a 162 l/s e rende necessarie delle MISURE COMPENSATIVE per non alterare l'attuale equilibrio idraulico.*

Il coefficiente udometrico attuale risulta pari a circa 110 l/s per ettaro mentre nella configurazione di progetto sale a 211 l/s per ettaro, indice di una condizione urbanizzata. Poiché le misure compensative andranno a mitigare l'incremento di impermeabilizzazione e conseguentemente di portata prodotti dall'intervento, la valutazione di tali misure nelle condizioni di progetto è stata svolta ipotizzando in maniera cautelativa che la portata di scarico dell'area nelle condizioni attuali sia inferiore a quanto sopra calcolato e pari a 10 l/s per ettaro (valore confrontabile con la portata di scarico di un terreno agricolo). Secondo il principio dell'invarianza idraulica, le misure compensative andranno quindi valutate considerando un valore costante del coefficiente udometrico pari a 10 l/s ha.

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

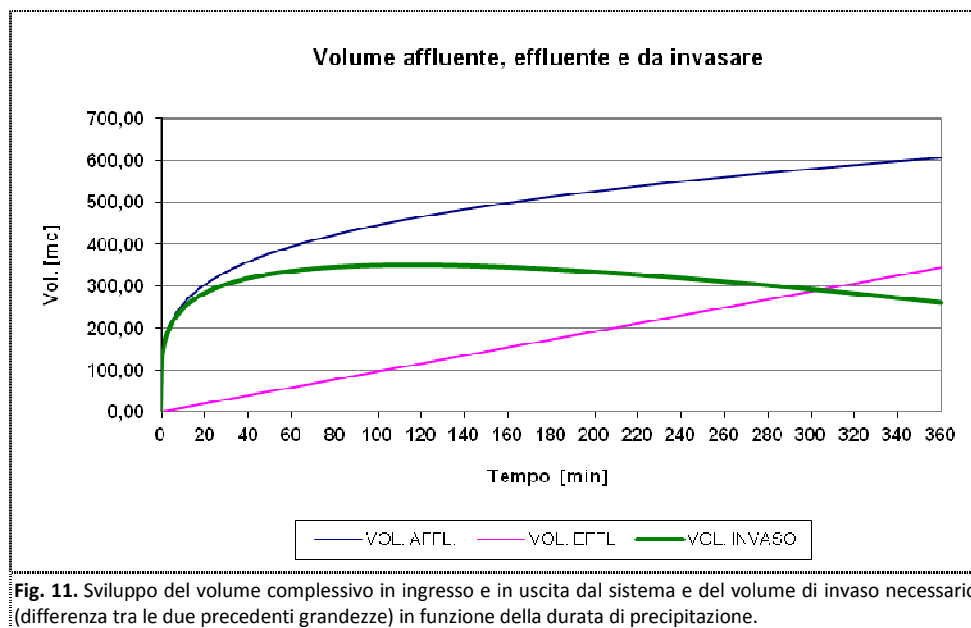
Per rispettare il principio dell'invarianza idraulica, nell'area di intervento si rendono necessarie idonee misure compensative per l'attenuazione del rischio idraulico. Tali misure, in linea generale, vengono indicate dalla normativa nella predisposizione di volumi di invaso che garantiscano che la portata di deflusso rimanga costante.

In considerazione delle caratteristiche geotecniche e di permeabilità del sottosuolo nell'area oggetto di studio, è possibile, anche secondo quanto indicato dal P.I. (vedi capitolo 6), prevedere la realizzazione di sistemi di infiltrazione facilitata quali pozzi o trincee disperdenti. Alla luce del coefficiente di permeabilità ottenuto in sito, si sottolinea comunque che tali sistemi andranno considerati come misure compensative solo ai fini del volume d'invaso garantito mentre la capacità d'infiltrazione sarà da considerare come ulteriore integrazione rispetto alle mitigazioni valutate in termini d'invaso.

Grazie all'ampia superficie verde che caratterizza il lotto d'intervento per oltre la metà della superficie complessiva, il calcolo del coefficiente di deflusso ponderato ha fornito un valore di progetto tutto sommato contenuto, pari a 0,48. In virtù di tale condizione, si ritiene di poter rivalutare ragionevolmente il volume d'invaso di 682,36 m³ indicato nel P.I. sulla base di valutazioni standardizzate adeguandolo alle reali trasformazioni urbanistiche previste per l'area di progetto. Si propone quindi nel seguito una valutazione del volume compensativo fatta sulle effettive caratteristiche idrologiche, di impermeabilizzazione e di geometria del sito.

Calcolando per il tempo di precipitazione, il valore del volume affluito, il volume scaricato nella rete di scolo ricettrice e, per differenza tra i due, il volume che è necessario invasare, è possibile determinare il valore necessario alla laminazione dell'evento considerato, ricercando il massimo della curva dei volumi di invaso al variare del tempo di precipitazione. Il valore dell'invaso così ottenuto rappresenta quindi il massimo per l'evento meteorico col periodo di ritorno considerato.

Nel caso specifico, assumendo costante una portata di scarico pari a 10 l/s ha, corrispondente ad una portata complessiva di circa 16 l/s, e adottando la curva pluviometrica indicata in precedenza, dall'analisi dei dati e dei grafici risultanti dall'elaborazione si evince che il volume di invaso minimo necessario risulta pari a 351,43 m³. Tale valore corrisponde infatti al picco della curva del volume di invaso, raggiunto per un evento meteorico critico di 115 minuti di durata (quasi 2 ore), come risulta dal grafico di seguito illustrato e dal tabulato di calcolo in allegato al testo (v. ALLEGATO 3), al quale si rimanda per un maggiore dettaglio.



Alla luce delle considerazioni esposte, del risultato del calcolo e delle semplificazioni imposte nella valutazione, si ritiene che un **volume d'invaso minimo di 360 m³** sia adeguato a garantire l'invarianza idraulica dell'area con un contributo specifico pari a 520 m³/ha di superficie effettivamente oggetto di trasformazione e pari a 225 m³/ha se rapportato all'intera superficie del lotto d'intervento (che rimane verde per oltre la metà).

Le scelte progettuali sono orientate verso una gestione autonoma del sistema "acque meteoriche" da parte dei lotti residenziali mentre per le aree pubbliche (piazze, parcheggi, piste, ecc.) si prevede la realizzazione di un bacino di laminazione nella zona del parco. In relazione ai contributi specifici sopra indicati, i volumi d'invaso minimi da garantire da parte di ciascun lotto rispetto al totale sopra riportato sono di seguito indicati:

AREA	SUPERFICIE IMP.	VOLUME MIN. INVASO
Lotto n.1	401 m ²	21 m ³
Lotto n.2	428 m ²	22 m ³
Lotto n.3	428 m ²	22 m ³
Lotto n.4 - ERS	1352 m ²	70 m ³
Lotto n.5	384 m ²	20 m ³
Lotto n.6	408 m ²	21 m ³
Lotto n.7	540 m ²	28 m ³
Lotto n.8	540 m ²	28 m ³
Lotto n.9	573 m ²	30 m ³
Aree pubbliche	1872 m ²	98 m ³
TOTALE	6926 m²(*)	360 m³

(*) Superficie totale (15979 m²) meno aree verdi (9053 m²).

Per quanto riguarda i lotti residenziali, potranno essere adottate tutte le possibili misure di compensazione ammesse nel Repertorio Normativo del P.I. (Allegato alle N.T.O. art.17 comma 5 lettera c), Sezione 8 - Impatto idraulico manifestazioni d'interesse (vedi capitolo 6) e quindi vasche di laminazione, sovradimensionamento delle condotte, bacini di ritenzione e bacini e fossi d'infiltrazione, pozzi perdenti e trincee drenanti, purché venga garantito il volume minimo d'invaso indicato in tabella.

Per quanto riguarda il bacino di laminazione a servizio delle aree pubbliche, verrà realizzato in modo da garantire un adeguato inserimento nel contesto ambientale generale modellando gli argini e favorendo l'inerbimento e la piantumazione. Lo svuotamento avverrà per naturale filtrazione nel terreno dotato di buona permeabilità. In corrispondenza dell'immissione nel bacino delle tubazioni di scarico provenienti dalle linee di collettori delle aree pubbliche, andranno evitati eventuali problemi di erosione con adeguati sistemi di rivestimento della scarpata. Dovrà inoltre essere prevista una regolare manutenzione del bacino con sfalcio e rimozione di eventuali arbusti e ramaglie che potrebbero ridurre il volume d'invaso o causare difficoltà di deflusso con conseguenti ristagni.

Dott. Geol. Lorena Benedetti

Dott. Ing. Alessia Canteri

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

La stesura del presente documento è stata eseguita facendo riferimento ai seguenti testi e documenti:

AA.VV.

Compatibilità idraulica – corso di aggiornamento - Atti – Ordine dei Geologi del Veneto (30/03/2012)

Autorità di Bacino del Fiume Adige

Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico. Bacino dell'Adige. Regione Veneto (2005)

G. Becciu – A. Paoletti

Fondamenti di costruzioni idrauliche - UTET (2011)

G. Castany

Idrogeologia. Principi e metodi – Dario Flaccovio Editore (1985)

Comune di Verona

Piano di Assetto del Territorio (P.A.T. 2006)

Comune di Verona

Piano degli Interventi (P.I. 2011)

Centro Sperimentale Valanghe e Difesa Idrologica della Regione Veneto

Studio delle piogge intense nel territorio montano della Regione Veneto (1986)

C. Cestelli Guidi

Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni 2 – Hoepli (1991)

P. Colombo – F. Coleselli

Elementi di Geotecnica – Zanichelli (1996)

L. Da Deppo – C. Datei – P. Salandin

Sistemazione dei corsi d'acqua – Libreria Cortina Padova (2000)

R. Lancellotta

Geotecnica – Zanichelli (1987)

Provincia di Verona

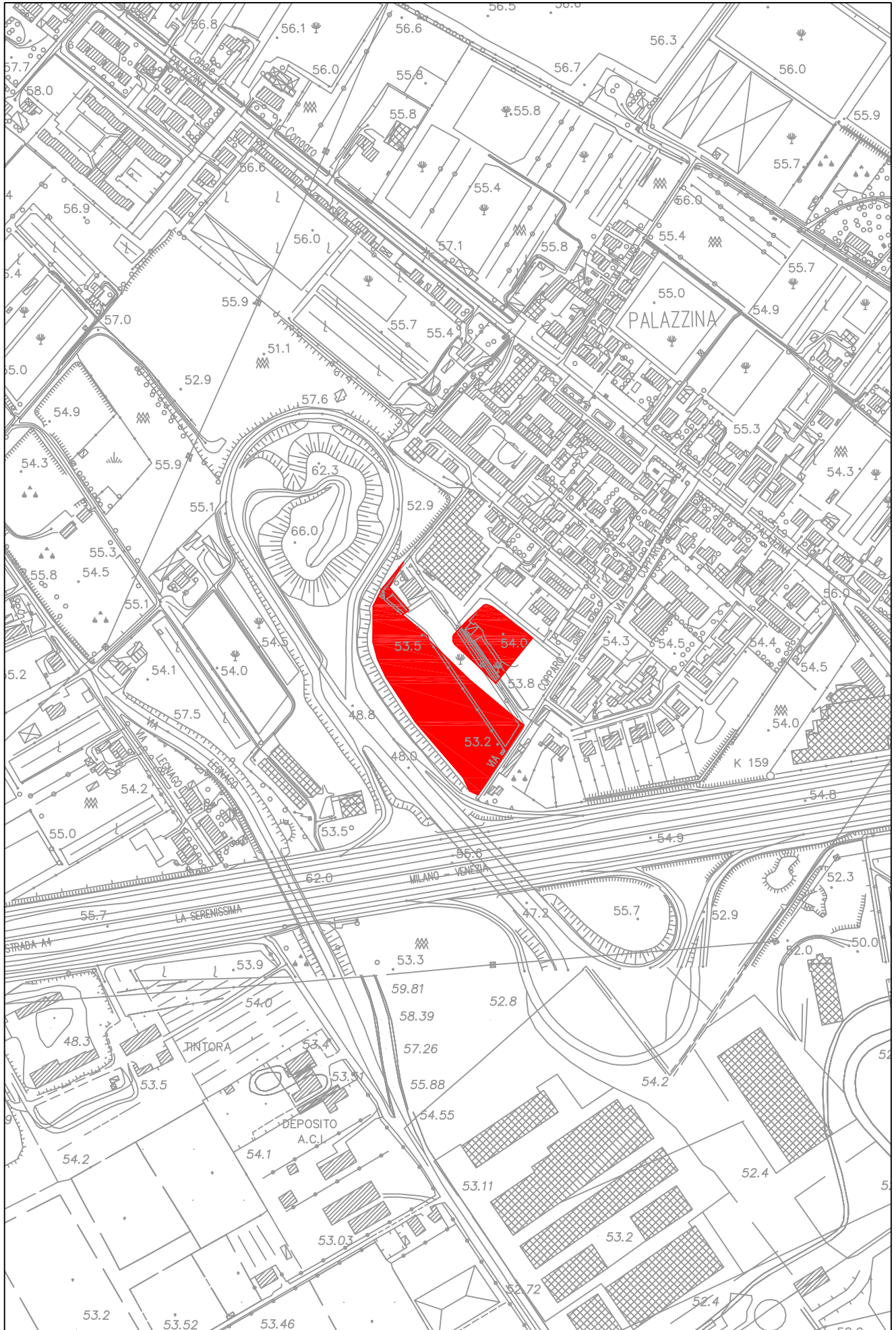
Piano Territoriale Provinciale (2003)

Regione Veneto – Progetto Tecnam

Pianificazione e gestione del rischio idrogeologico-Studio di compatibilità idraulica (2003)

ALLEGATO 1

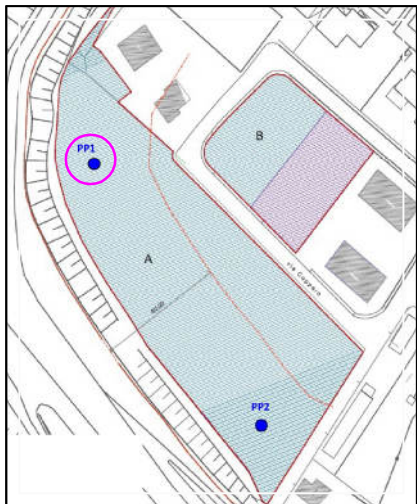
COROGRAFIA IN SCALA 1:5.000



ALLEGATO 2

PROVE DI PERMEABILITA'

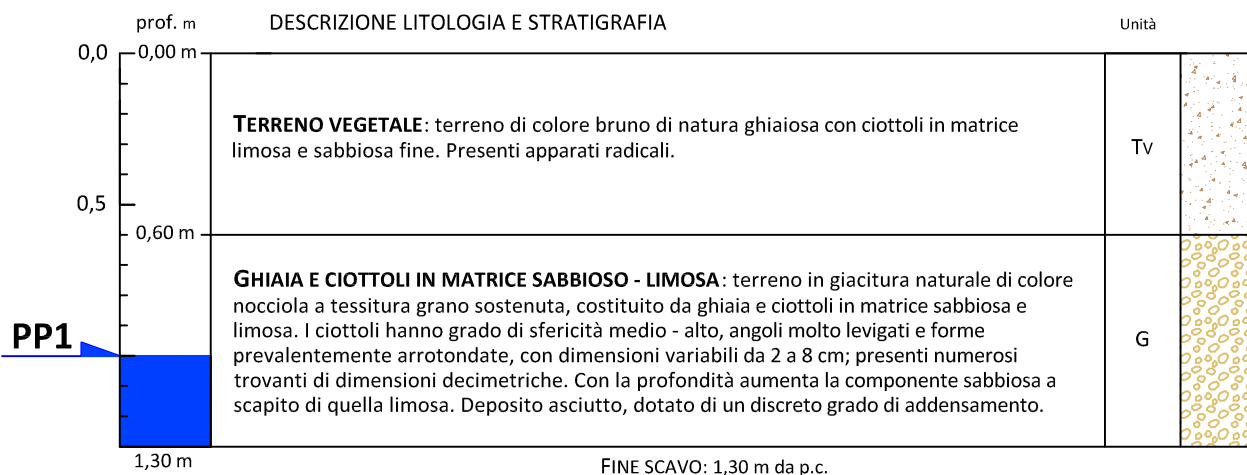
UBICAZIONE PP1



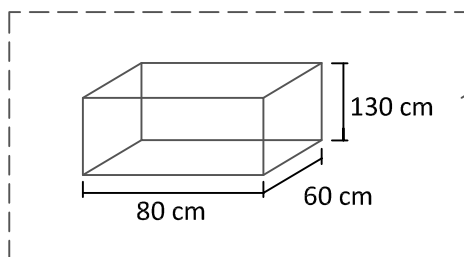
POSTAZIONE DELLA PROVA PP1



PARETE DI SCAVO DELLA PROVA PP1



PROVA DI PERMEABILITA' PP1 IN POZZETTO A CARICO VARIABILE



STATO INIZIALE: $t = 0h, 0', 00''$

livello acqua = 30,0 cm

STATO FINALE: $\Delta t = 0h, 2', 30''$

Abbassamento livello acqua = - 30,0 cm

FASE DI RIEMPIMENTO DEL POZZETTO DI PROVA



CUMULO RIFERIBILE ALL'UNITA' "G"



PERMEABILITA' UNITA' "G"

$k = 3,24 \text{ E-4 m/sec}$

Prova di permeabilità in pozzetto superficiale

Metodo con carico variabile

CANTIERE:	P.U.A. Palazzina N. 615 (Verona)
DATA:	04/06/2013

Profondità (cm)	130
Lato maggiore L (cm)	80
Lato minore A (cm)	60

POZZETTO PP1

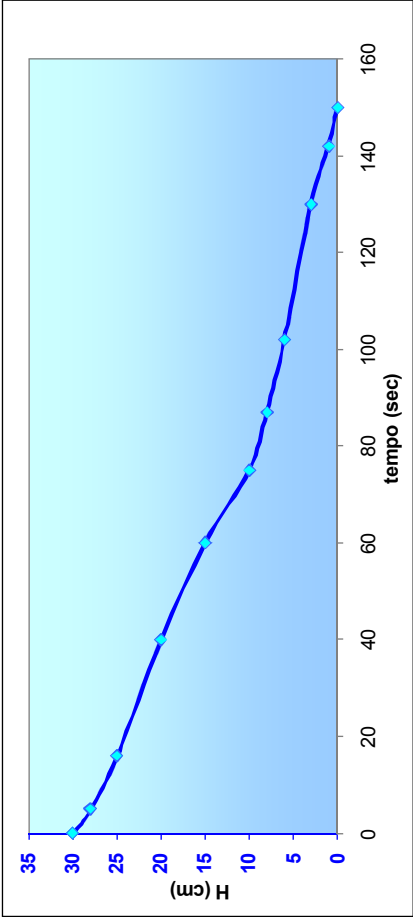
Natura del terreno : UNITA' G - Ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa e limosa

Hm(cm) =	15	h1 (cm) =	30
b (cm) =	69	h2 (cm) =	0,0

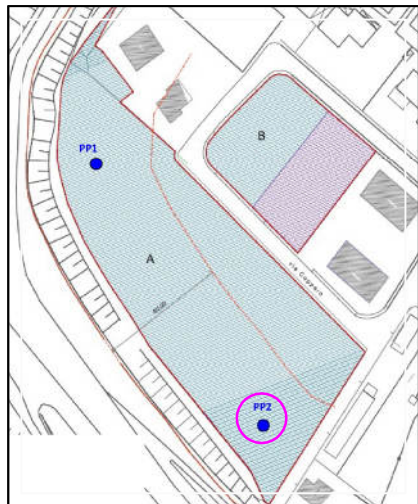
Δt (sec) = 150

Calcolo coefficiente di permeabilità			
K (m/sec)=	$\frac{\Delta H}{(t_2 - t_1)}$	$\cdot \frac{1+(2Hm/b)}{(27Hm/b)+3}$	=
			3,24E-04

H (cm)	t (sec)	H/Hm	ΔH (cm)
30,0	0	2,00	0,0
28,0	5	1,87	2,0
25,0	16	1,67	3,0
20,0	40	1,33	5,0
15,0	60	1,00	5,0
10,0	75	0,67	5,0
8,0	87	0,53	2,0
6,0	102	0,40	2,0
3,0	130	0,20	3,0
1,0	142	0,07	2,0
0,0	150	0,00	1,0



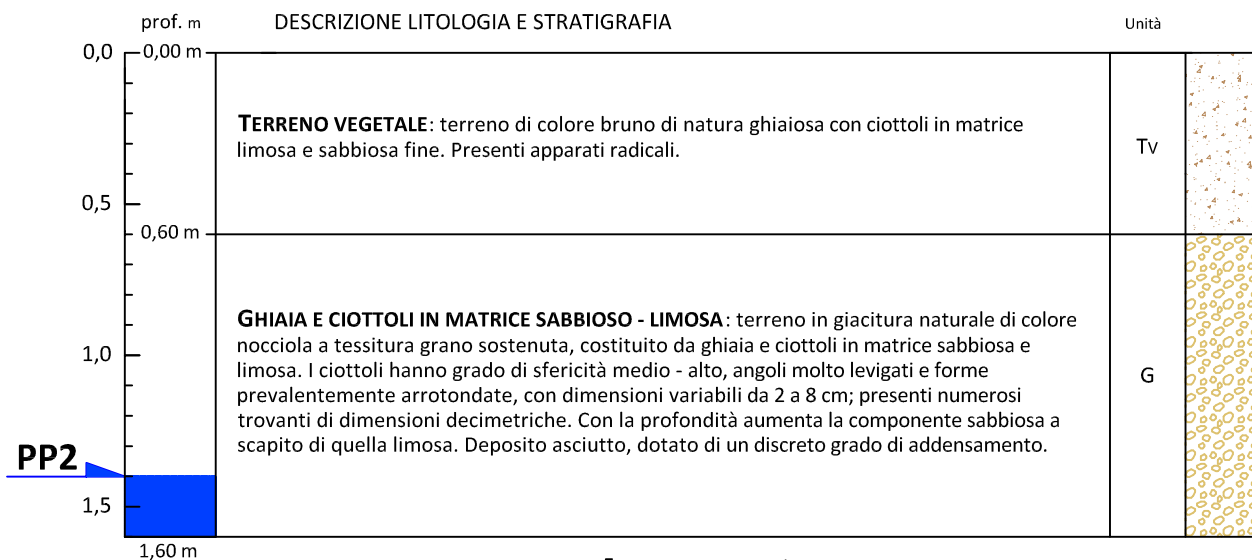
UBICAZIONE PP2



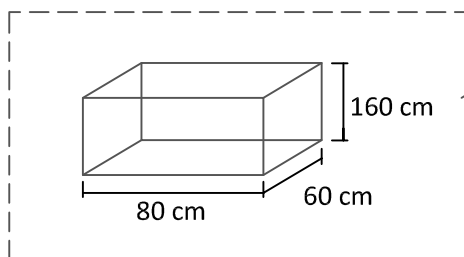
POSTAZIONE DELLA PROVA PP2



PARETE DI SCAVO DELLA PROVA PP2



PROVA DI PERMEABILITA' PP1 IN POZZETTO A CARICO VARIABILE



STATO INIZIALE: $t = 0h, 0', 00''$

livello acqua = 17,0 cm

STATO FINALE: $\Delta t = 0h, 1', 30''$

Abbassamento livello acqua = - 17,0 cm

FASE DI ABBASSAMENTO DEL LIVELLO DELL'ACQUA



CUMULO RIFERIBILE ALL'UNITA' "G"



PERMEABILITA' UNITA' "G"

$k = 3,73 \text{ E-4 m/sec}$

Prova di permeabilità in pozzetto superficiale

Metodo con carico variabile

CANTIERE:	P.U.A. Palazzina N. 615 (Verona)
DATA:	04/06/2013

Profondità (cm)	160
Lato maggiore L (cm)	80
Lato minore A (cm)	60

POZZETTO PP2

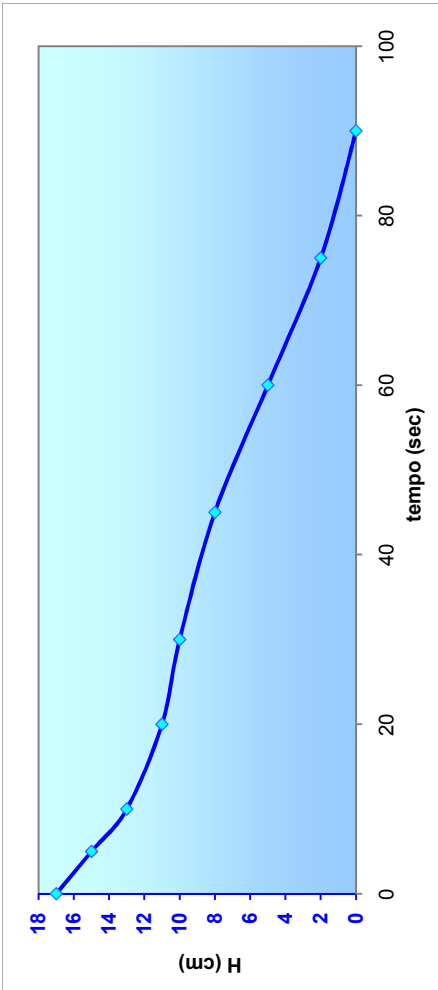
Natura del terreno : UNITA' G - Ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa e limosa

Hm(cm) =	9	h1 (cm) =	17,0
b (cm) =	69	h2 (cm) =	0,0

H (cm)	t (sec)	H/Hm	ΔH (cm)
17,0	0	1	0,0
15,0	5	1,76	2,0
13,0	10	1,53	2,0
11,0	20	1,29	2,0
10,0	30	1,18	1,0
8,0	45	0,94	2,0
5,0	60	0,59	3,0
2,0	75	0,24	3,0
0,0	90	0,00	2,0

Δt (sec) = 90

Calcolo coefficiente di permeabilità			
K (m/sec)=	$\frac{\Delta H}{(t_2 - t_1)}$	$\cdot \frac{1+(2Hm/b)}{(27Hm/b)+3}$	=
			3,73E-04



ALLEGATO 3

TABULATO DI CALCOLO MISURE COMPENSATIVE

CALCOLO VOLUME DI INVASO

Definizione curva pluviometrica

a = 51,30
n = 0,240

Calcolo coeff. deflusso medio

Sup. agricola	Sup. a = 0,00	[mq]	φ 0,1
Sup. permeabile	Sup. p = 9053,00	[mq]	0,2
Sup. semipermeabile	Sup. sp = 1151,00	[mq]	0,6
Sup. impermeabile	Sup. im = 5775,00	[mq]	0,9
Coeff. di deflusso medio	φ = 0,48		
TOT. Superficie di calcolo	Sup = 15979,00	[mq]	

Calcolo volume di invaso

Portata scarico vasca Q out = 15,98 [l/sec]
u = 10,00 [l/s ha]

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	VUOTO
1	16,26	153,04	125,18	0,48	124,70
1	19,20	180,74	147,84	0,96	146,88
2	21,17	199,21	162,94	1,44	161,51
2	22,68	213,45	174,59	1,92	172,68
3	25,00	235,26	192,44	2,88	189,56
4	26,78	252,08	206,19	3,83	202,36
5	28,26	265,95	217,54	4,79	212,74
10	33,37	314,08	256,91	9,59	247,32
15	36,78	314,88	283,17	14,38	268,78
20	39,41	253,04	303,41	19,17	284,23
25	41,58	213,57	320,10	23,97	296,13
30	43,44	185,94	334,42	28,76	305,65
35	45,08	165,38	347,02	33,56	313,46
40	46,54	149,42	358,32	38,35	319,97
45	47,88	136,63	368,60	43,14	325,45
50	49,10	126,11	378,03	47,94	330,10
55	50,24	117,30	386,78	52,73	334,05
60	51,30	109,79	394,94	57,52	337,42
65	52,30	103,31	402,60	62,32	340,29
70	53,23	97,66	409,83	67,11	342,72
75	54,12	92,67	416,67	71,91	344,77
80	54,97	88,23	423,18	76,70	346,48
85	55,77	84,26	429,38	81,49	347,88
90	56,54	80,68	435,31	86,29	349,02
95	57,28	77,43	440,99	91,08	349,91
100	57,99	74,47	446,46	95,87	350,58
105	58,67	71,76	451,71	100,67	351,05
110	59,33	69,27	456,79	105,46	351,32
115	59,97	66,96	461,69	110,26	351,43
120	60,58	64,83	466,43	115,05	351,38
125	61,18	62,85	471,02	119,84	351,17
130	61,76	61,01	475,47	124,64	350,84
135	62,32	59,28	479,80	129,43	350,37
140	62,87	57,67	484,00	134,22	349,78
145	63,40	56,15	488,10	139,02	349,08
150	63,92	54,72	492,09	143,81	348,27
155	64,42	53,37	495,97	148,60	347,37
160	64,92	52,10	499,77	153,40	346,37
165	65,40	50,90	503,47	158,19	345,28
170	65,87	49,75	507,09	162,99	344,11

175	66,33	48,67	510,63	167,78	342,85
180	66,78	47,64	514,10	172,57	341,52
185	67,22	46,66	517,49	177,37	340,12
190	67,65	45,72	520,81	182,16	338,65
195	68,07	44,83	524,07	186,95	337,11
200	68,49	43,97	527,26	191,75	335,51
205	68,89	43,16	530,39	196,54	333,85
210	69,29	42,37	533,47	201,34	332,14
215	69,69	41,62	536,49	206,13	330,36
220	70,07	40,90	539,46	210,92	328,54
225	70,45	40,21	542,38	215,72	326,66
230	70,82	39,54	545,25	220,51	324,74
235	71,19	38,90	548,07	225,30	322,76
240	71,55	38,28	550,84	230,10	320,75
245	71,91	37,69	553,58	234,89	318,69
250	72,25	37,11	556,27	239,69	316,58
255	72,60	36,56	558,92	244,48	314,44
260	72,94	36,02	561,53	249,27	312,26
265	73,27	35,51	564,10	254,07	310,04
270	73,60	35,01	566,64	258,86	307,78
275	73,93	34,52	569,14	263,65	305,49
280	74,25	34,05	571,61	268,45	303,16
285	74,56	33,60	574,04	273,24	300,80
290	74,87	33,16	576,44	278,03	298,41
295	75,18	32,73	578,81	282,83	295,98
300	75,49	32,31	581,15	287,62	293,53
305	75,79	31,91	583,46	292,42	291,04
310	76,08	31,52	585,74	297,21	288,53
315	76,38	31,14	587,99	302,00	285,99
320	76,66	30,77	590,22	306,80	283,42
325	76,95	30,40	592,42	311,59	280,83
330	77,23	30,05	594,60	316,38	278,21
335	77,51	29,71	596,75	321,18	275,57
340	77,79	29,38	598,87	325,97	272,90
345	78,06	29,06	600,97	330,77	270,21
350	78,33	28,74	603,05	335,56	267,49
355	78,60	28,43	605,11	340,35	264,76
360	78,86	28,13	607,14	345,15	262,00

Volume da invasare =

351,43

