



COMUNE DI VERONA

PROVINCIA DI VERONA

VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE IN VIA MATOZZE - ai sensi della D.G.R.V. 2948/2009 -

- 1. INTRODUZIONE**
- 2. RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA**
- 3. CONSIDERAZIONI IDRAULICHE GENERALI**
- 4. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLA PORTATA ORARIA**
- 5. STIMA DEL VOLUME DELLE ACQUE PIOVANE DA REGIMARE**
- 6. VALUTAZIONE E INTERVENTI COMPENSATIVI PREVISTI**
- 7. CONCLUSIONI**

1. INTRODUZIONE

Su incarico dell'Arch. Provolo Gabriele e per conto della Ditta Garonzi Luciano Impresa Edile lo scrivente ha esaminato l'area interessata dal progetto per la realizzazione di un nuovo complesso residenziale in via Matozze.

Nell'area in esame è prevista la riqualificazione degli edifici esistenti con demolizione degli stessi, la realizzazione di nuove edifici, delle annesse opere di urbanizzazione e delle zone verdi.

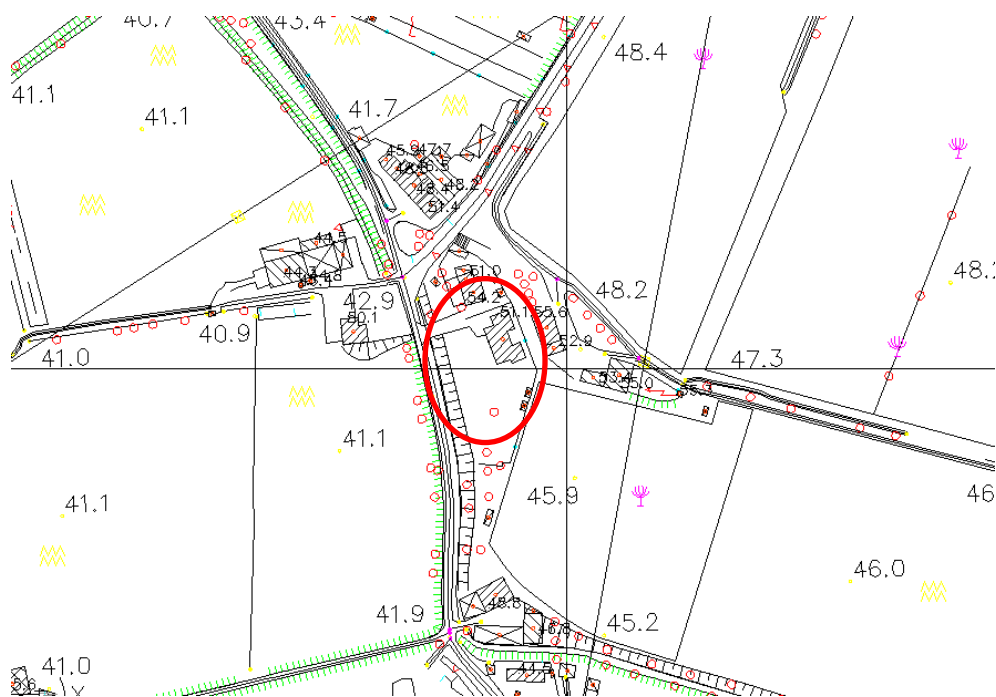
In questa relazione viene sviluppata una valutazione di compatibilità idraulica, attraverso la quale vengono forniti i dati sulle variazioni delle permeabilità del terreno e sulla scorta di questi dati verranno indicate le opere compensative da realizzare per mitigare il più possibile le diverse modalità di apporto delle acque meteoriche sui terreni in seguito alla trasformazione urbanistica dell'area.

Al fine di fornire un'adeguata caratterizzazione geologico-idrogeologica, idrologica e idraulica sono state eseguite le seguenti indagini:

- utilizzo di informazioni bibliografiche sull'area;
- un rilievo geologico di superficie al fine di identificare le litologie affioranti e la morfologia del territorio;
- n. 1 prova infiltrometrica per la determinazione del coefficiente di permeabilità.

**VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE IN VIA MATOZZE
- ai sensi della D.G.R.V. 2948/2009 -**

L'area in esame si trova nella parte centro-orientale del territorio comunale di Verona in via Matozze ad una quota di circa 46 m s.l.m. Per l'ubicazione si fa riferimento alla Carta Tecnica Regionale 123132 elemento "Cà del Bue" scala 1:5000.



Ubicazione dell'area su estratto da ctr 1:5000



Rilievo aerofotogrammetrico (2006); in rosso l'area in esame.

DOTT. GEOL. MATTEO SCALZOTTO
DOMICILIO FISCALE via A. De Gasperi, 2 - 36045 LONIGO (VI)
UFFICIO OPERATIVO: Via Alpone, 7 - 37030 TERROSSA DI RONCA' (VR)
Tel. 3382727007



2. RELAZIONE GEOLOGICA

Geologia: l'area in esame si trova nell'alta pianura veronese, caratterizzata dai depositi alluvionali fluvioglaciali e fluviali del conoide dell'Adige. Tali depositi occupano la parte alta della pianura, compresi tra la zona pedecollinare a N e l'orlo di terrazzo a S, che si prolunga con continuità da Verona fino a Caldiero e che divide tali depositi da quelli del piano di divagazione dell'Adige.

Come si può notare dall'estratto della Carta Geologica tre sono le unità geologiche principali nell'area. Queste unità sono: il conoide dell'Adige (in giallo), il piano di divagazione dell'Adige (in verde) e le alluvioni antiche terrazzate (in azzurro chiaro).

Il lotto in esame è caratterizzato dalla presenza, al di sotto dell'areato superficiale, dai terreni del conoide dell'Adige molto ben caratterizzati in bibliografia, in quanto si tratta dell'area in cui si ubicano le cave di sabbia e ghiaia. Sono composti da sabbie, ghiaie e ciottoli di provenienza atesina. I depositi superficiali del conoide sono alterati per la formazione di un suolo bruno-rossastro avente una potenza superiore ai 50 cm. In essi lo scheletro raggiunge percentuali elevate (30-50%), mentre la matrice ha tessitura franco argillosa.

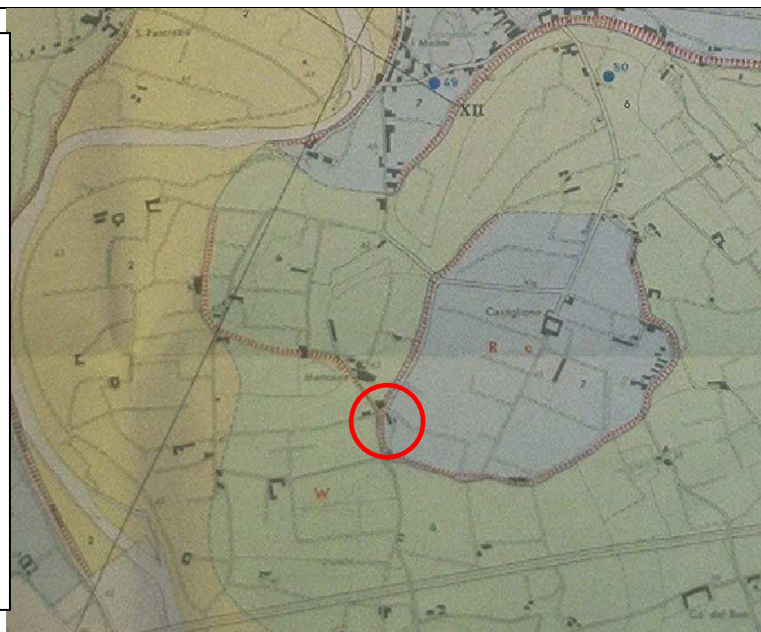
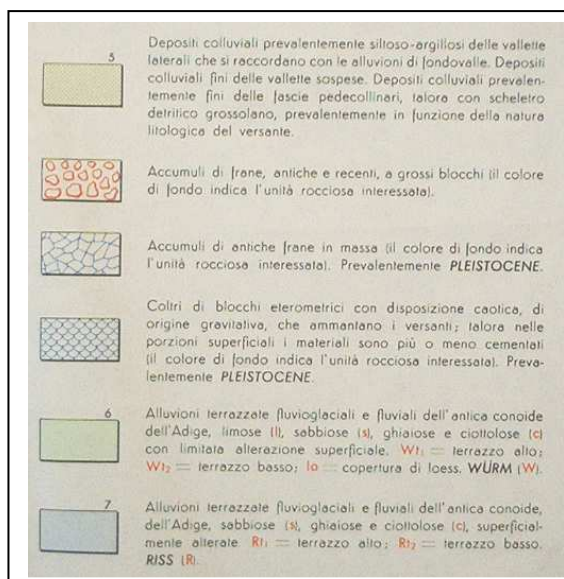


Estratto della carta litologica scala 1:100.000 (Foglio n. 49 "Verona"); in rosso l'area indagata

Si può notare dalla carta geologica di Verona come il lotto in esame si trovi sui terreni ghiaiosi fluvioglaciali terrazzate del conoide dell'Adige ghiaiose e ciottolose, che caratterizzano l'area compresa tra via Matozze e loc. Castiglione, che si trova più elevata topograficamente.

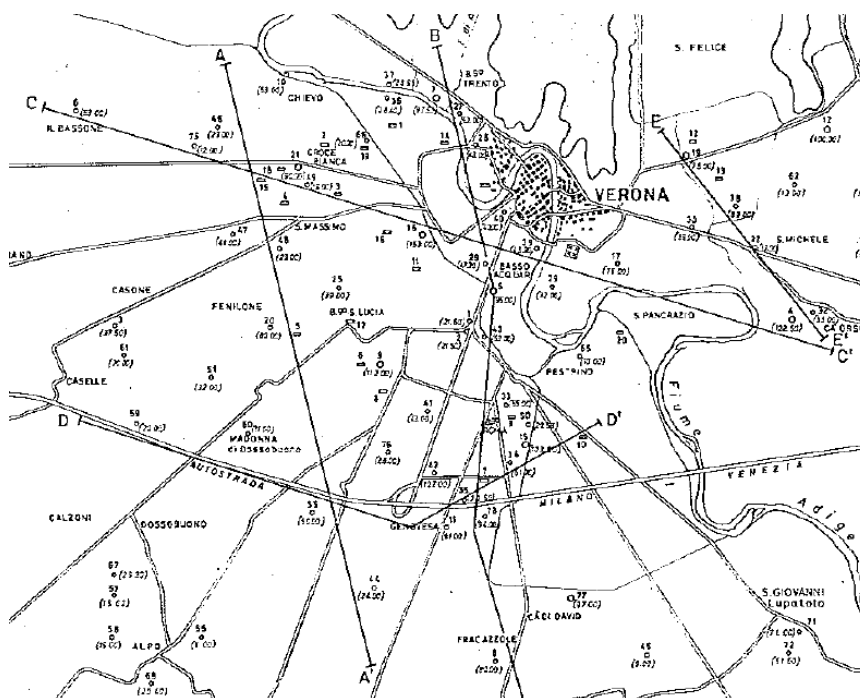


VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE IN VIA MATOZZE
 - ai sensi della D.G.R.V. 2948/2009 -

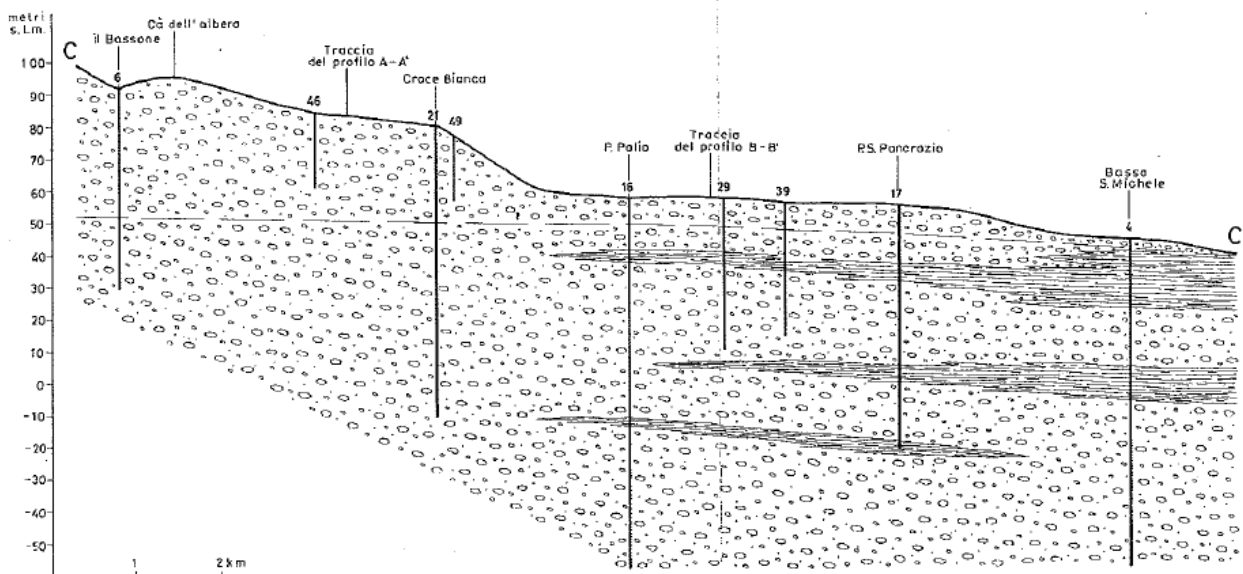


Estratto della carta geologica del Comune di Verona

Dalla sezione sottostante estratta dalla studio "Ricerche idrogeologiche e litostratigrafiche nell'alta pianura alluviale" si può notare come il sottosuolo nella parte nord-orientale dell'alta pianura veronese sia caratterizzato da depositi per lo più ghiaioso-sabbiosi indifferenziati, mentre più ad oriente (area in esame) compaiono livelli limoso-argillosi ben distinguibili a varie profondità e con spessori anche elevati (10-15 m).



DOTT. GEOL. MATTEO SCALZOTTO
 DOMICILIO FISCALE via A. De Gasperi, 2 - 36045 LONIGO (VI)
 UFFICIO OPERATIVO: Via Alpone, 7 - 37030 TERROSSA DI RONCA' (VR)
 Tel. 3382727007



In prossimità del lotto in esame sono state individuate alcune stratigrafie che confermano la sezione stratigrafica sopra riportata. Nell'area di via Matozze si trova pertanto un primo strato superficiale di 7 m, seguito da un livello argilloso di 5,5 m, seguito in profondità dalle alluvioni sabbiose-ghiaiose fino a 42 m di profondità.

n° 62

da p.c. a m 7 ghiaia
da m 7 a m 12,5 argilla
da m 12,5 a m 27 sabbia
da m 27 a m 28 argilla
da m 28 a m 42 sabbia e ghiaia

Stratigrafie in prossimità dell'area in esame in allegato alla carta geomorfologica di Verona sottoriportata;

Geomorfologia: Come si può notare dall'estratto della Carta Geologica nella parte orientale del territorio comunale di Verona sono tre le unità geomorfologiche principali. Queste unità sono: il conoide dell'Adige (in giallo), il piano di divagazione dell'Adige (in verde) e le alluvioni antiche terrazzate (in azzurro chiaro).

Dall'estratto della carta geomorfologica di una porzione della pianura sud-est di Verona (Dott. Sorbini, Accorsi, Bandini, Mazzanti, Forlani, Gandini, Meneghel, Rigoni, Sommaruga, 1984) si nota come l'elemento morfologico principale è la scarpata fluviale alta 8 m, che segna nettamente il passaggio tra il conoide dell'Adige ed il piano di divagazione di quest'ultimo.

L'area in esame si trova nel piano di divagazione dell'Adige, area compresa tra le scarpate principali del conoide dell'Adige, che va allargandosi a ventaglio da Verona verso SE, assumendo un'ampiezza di circa 11 km tra Caldiero e Oppeano. Al suo interno sono distinguibili aree caratterizzate da 3 tipi diversi di morfologia:

DOTT. GEOL. MATTEO SCALZOTTO
DOMICILIO FISCALE via A. De Gasperi, 2 - 36045 LONIGO (VI)
UFFICIO OPERATIVO: Via Alpone, 7 - 37030 TERROSSA DI RONCA' (VR)
Tel. 3382727007



VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE IN VIA MATOZZE
- ai sensi della D.G.R.V. 2948/2009 -

1. Aree a canali intrecciati;
2. Aree a canali meandriformi;
3. Aree palustri bonificate.

L'area ubicata tra Porto San Pancrazio e i Molini fa parte dell'area a canali intrecciati, costituita da zone morfologicamente separate, che generalmente si presentano terrazzate rispetto al piano di divagazione dell'Adige.

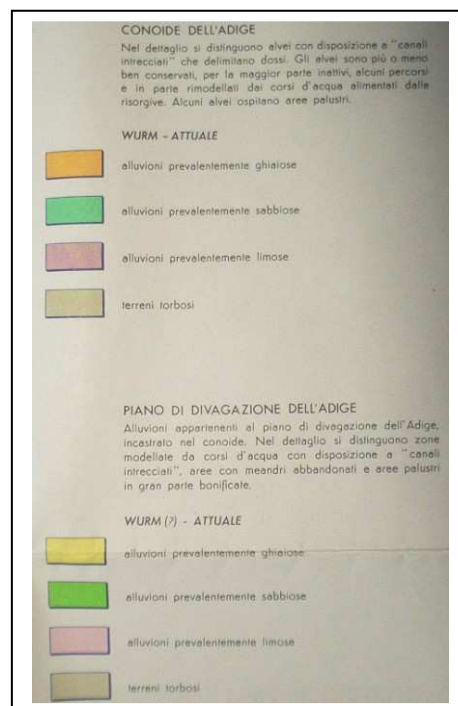
Il lotto in esame si trova su un'area topograficamente più elevata caratterizzata dalla presenza di materiali ghiaiosi più antichi della conoide dell'Adige e dalla presenza di numerose scarpate con altezza variabile tra 1 e 3 m, che individuano antichi canali anastomizzati.

Essendo pianeggiante l'area si presenta stabile dal punto di vista morfologico.

Il sito non rientra nelle aree a pericolosità di frana censite dal PAI dell'Adige.

Vicino al sito in esame sono presenti alcuni punti di sondaggio la cui stratigrafia sarà discussa nella relazione tecnica delle pagine seguenti. Dall'esame della carta geomorfologica di Verona si nota chiaramente il terrazzo alluvionale citato; la colorazione gialla indica la presenza di terreni in prevalenza ghiaiosi.

L'esistenza di numerose tracce di cave testimonia la natura granulare dei terreni anche in profondità.



Estratto della carta geomorfologica di Verona; è indicato il sito in esame

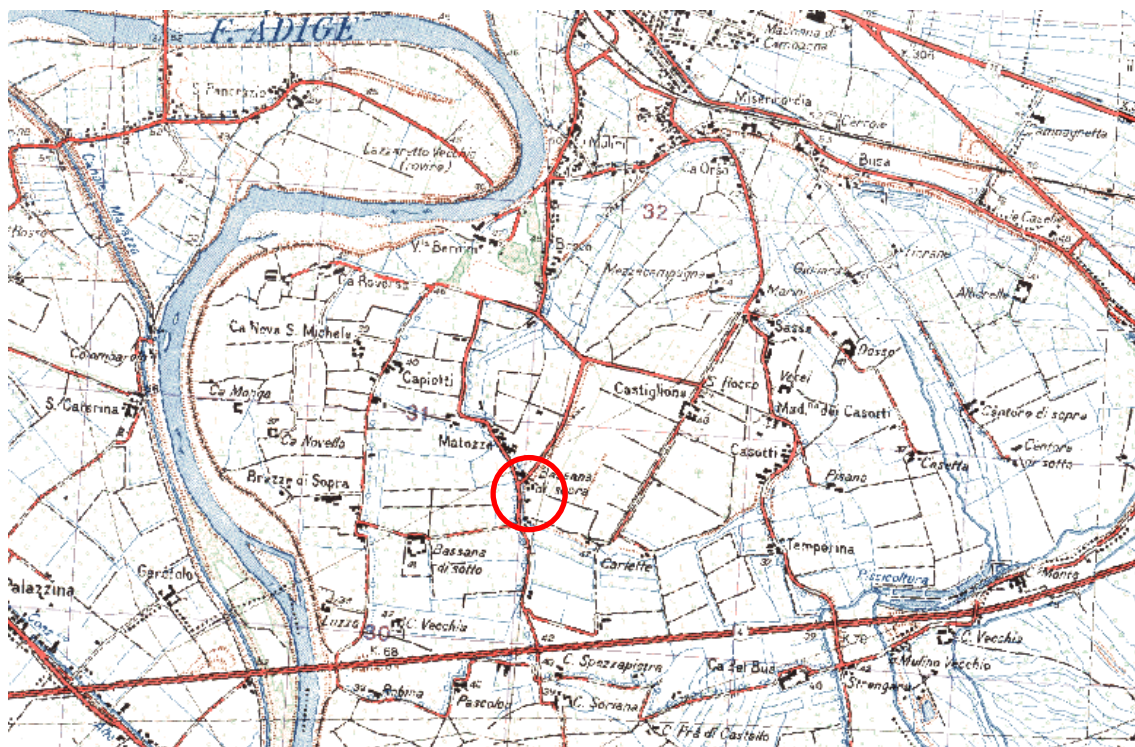
Idrologia: L'area in esame è caratterizzato dalla presenza di una rete di scolo secondaria atta a recepire e smaltire le acque meteoriche provenienti dalle aree insediative e produttive, di competenza del Consorzio Zerpano.

L'elemento idrografico più importante della zona è il Fiume Adige, che dista ad 400 m circa a ovest dall'area in esame.

**VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE IN VIA MATOZZE
- ai sensi della D.G.R.V. 2948/2009 -**

L'area di pianura è segnata oltre che dal corso dell'Adige da un reticolo idrografico legato principalmente alle risorgive. Infatti il terrazzo che separa l'antico conoide dell'Adige dal piano di divagazione di quest'ultimo fa affiorare la falda freatica in quelle tipiche sorgenti di pianura, chiamate risorgive.

Il sito non rientra nelle aree a pericolosità idraulica censite dal PAI dell'Adige.



Estratto della carta IGM con indicazione indicato del sito in esame

Idrogeologia: l'alta pianura veronese è costituita da alluvioni fluvio-glaciali deposte dal F. Adige con spessori accertati che superano i 200 m. Nella parte orientale a formare questo potente accumulo di materiali hanno contribuito i corsi provenienti dalle valli dei Monti Lessini, con apporto di sedimenti limoso-argillosi.

All'interno del materasso alluvionale ghiaioso, dotato di permeabilità molto elevata alloggia una ricchissima falda di tipo freatico, la cui profondità varia da valori massimi di 40-50 (Pescantina, Bussolengo) m a valori minimi di 1-2 m.

Questo sistema idrogeologico è alimentato dai seguenti fattori di ricarica:

1. Falda di subalveo della grande vallata dell'Adige (maggior contributo dell'ordine di una decina di mc/s);
2. Infiltrazione diretta degli afflussi meteorici;
3. Falde di sub-alveo della valli dei Lessini;
4. Infiltrazioni delle acque irrigue.

La ricarica continua operata dalla falda di subalveo dell'Adige non provvede solamente all'alimentazione del sistema idrogeologico dell'Alta Pianura, ma condiziona anche la direzione di deflusso delle acque sotterranee e il regime della falda.

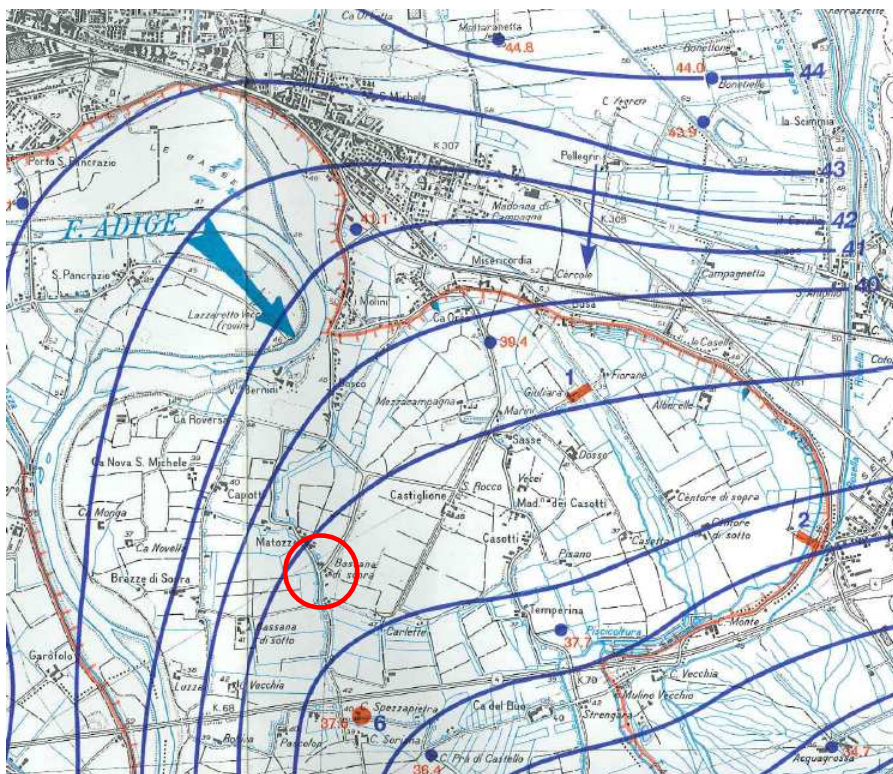
**VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE IN VIA MATOZZE
- ai sensi della D.G.R.V. 2948/2009 -**

La direzione di deflusso della falda si sviluppa complessivamente in direzione NNW-SSE.

Il regime della falda è caratterizzato da un'unica fase di piena tardo-estiva e da un'unica fase di magra all'inizio della primavera.

Le oscillazioni freatiche variano da un massimo di 10 m nel limite settentrionale a valori inferiori a 1 m lungo la fascia delle fontanili.

La situazione idrogeologica dell'area di Molini è caratterizzata da una prima falda di tipo freatico contenuta nelle alluvioni ghiaiose. Dalla "Carta idrogeologica dell'alta pianura veronese orientale" (Dal Prà et al., 1997) come i deflussi generali abbiano andamento NW-SE e che la falda è ad una quota di circa 39 metri s.l.m.m.. Poiché l'area in esame è ad una quota di 46 m s.l.m.m., si deduce che la falda si trova ad una profondità di 7 m circa dal p.c..



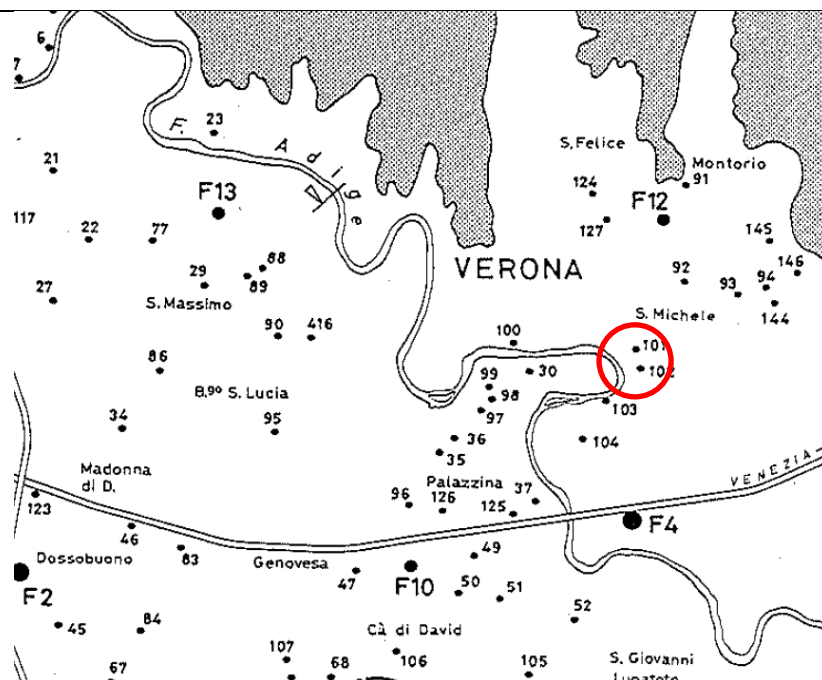
Estratto della "Carta idrogeologica dell'alta pianura veronese orientale" (Dal Prà et al., 1997); in rosso l'area in esame

L'escursione della falda freatica nell'area in esame è dell'ordine di 1 m ed è stato misurato su pozzi limitrofi dell'area in esame (vedi studio "Il Regime delle acque sotterranee nell'alta pianura veronese" redatto da Dal Prà, De Rossi, Furlan, Siliotti, Zangheri, 1991).

Dalla tabella sottostante in cui sono riportate le misurazione della falda freatica superficiale per un certo periodo di tempo, si nota come i pozzi esistenti n. 101 e n. 102 presenti nelle vicinanze dell'area in esame presentano rispettivamente un'escursione annua del livello freatico di 1,22 m e 0,68 m.



VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE IN VIA MATOZZE
 - ai sensi della D.G.R.V. 2948/2009 -



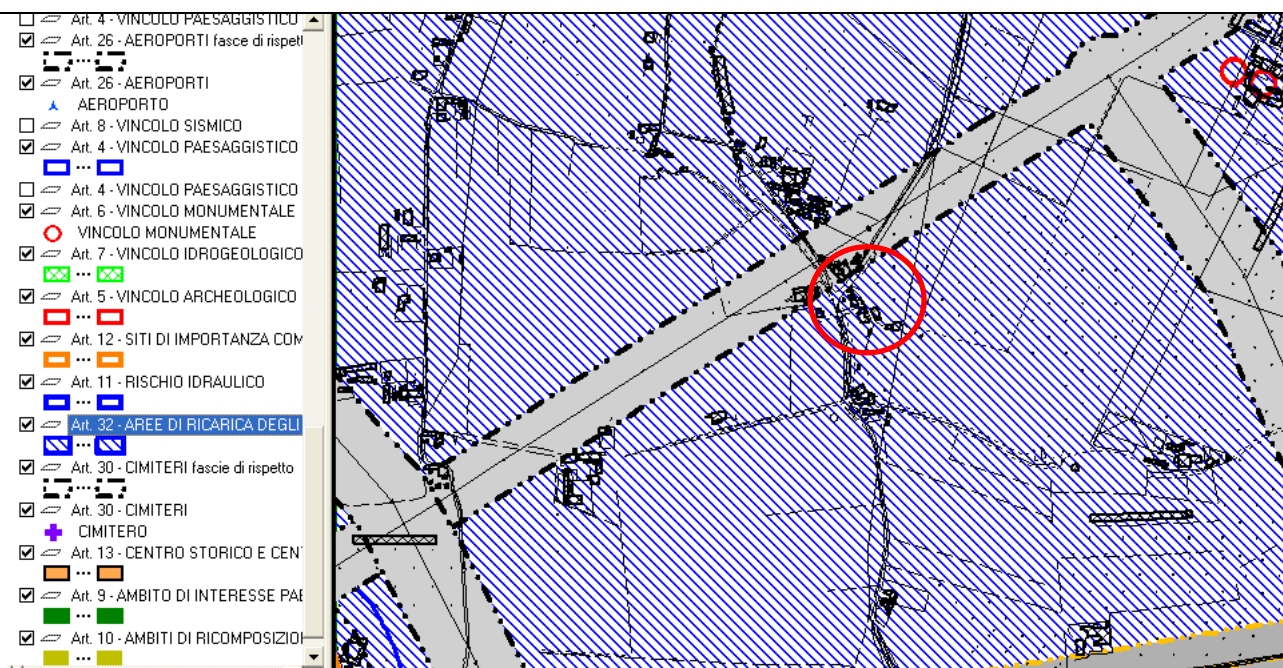
TAB. 6 - (continua)

POZZO N.	PERIODO OSSERV.	N. DELLE MISURE			MAX. ASS.	MIN. ASS.	ESC. ASS.
		tot.	in fase di piena	in fase di magra	m s.l.m.	m s.l.m.	m
99	74-88	1	0	1	44.06	44.06	
91	74-88	8	5	1	52.61	49.62	2.99
124	74-88	2	2	0	49.53	49.22	0.31
127	74-88	4	2	1	50.65	48.10	2.55
145	82-88	2	2	0	47.85	47.52	0.33
146	82-88	2	2	0	48.80	47.57	1.23
93	74-88	6	4	1	47.88	A	>1.20
92	74-88	6	5	1	48.39	46.66	1.73
94	74-88	9	5	2	47.93	A	>1.44
144	82-88	2	2	0	46.39	45.74	0.65
101	74-88	6			43.55	42.33	1.22
102	86-88	4	2	1	41.37	40.69	0.68

Dalla sezione C-C si nota come a profondità maggiori si trovano ricchi acquiferi confinati, che si estendono verso nord, divenendo indifferenziati all'interno delle valli lessinee, dalle quali traggono alimentazione.

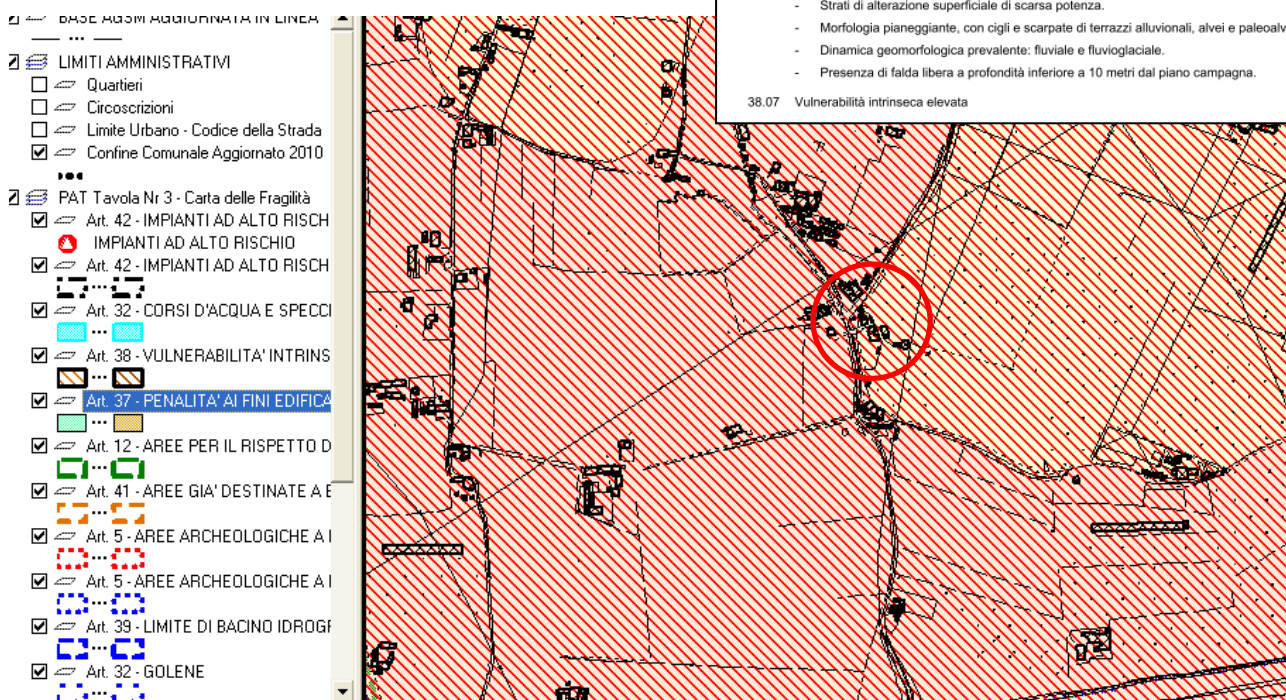
Dalla relazione "Alcune caratteristiche del sottosuolo nella pianura veronese in relazione alla possibilità di smaltimento di acque bianche per dispersione" (Dal Prà, Antonelli 1971), si evince come le alluvioni ghiaiose-sabbiose dell'Adige hanno una permeabilità media dell'ordine di 1×10^{-1} cm/s (1×10^{-3} m/s).

Come si evince dalla carta dei vincoli del PAT di Verona l'area in esame si trova nell'area di ricarica degli acquiferi (art. 32).

**VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE IN VIA MATOZZE**
- ai sensi della D.G.R.V. 2948/2009 -

Estratto della Carta dei vincoli del PAT di Verona; in rosso l'area in esame

Nella carta delle fragilità del PAT l'area in esame è classificata come area con terreno buono ai fini edificatori (art. 37) e come area con vulnerabilità intrinseca elevata unità E (art. 38).



Estratto della Carta delle fragilità del PAT di Verona; in rosso l'area in esame



3. CONSIDERAZIONI IDRAULICHE GENERALI

Nella progettazione di opere idrauliche orientate al controllo delle portate di piena, è prioritariamente indispensabile conoscere la portata massima prevedibile che le solleciterà nel corso della loro vita prevista (in questo caso $T_r = 50$ anni come previsto dalla DGRV 2948/2009).

Per la determinazione dei dati pluviometrici si fa riferimento ai dati forniti dall'Ufficio Rete di Telemisura del Centro Meteorologico di Teolo, relativi alla stazione di Verona.

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 Media: 27.110 alfa: .100 beta: 21.713	N: 31 Media: 33.742 alfa: .084 beta: 27.374	N: 31 Media: 38.987 alfa: .080 beta: 32.261	N: 31 Media: 44.781 alfa: .075 beta: 37.611	N: 31 Media: 52.858 alfa: .072 beta: .419
$T_r = 2$ $X_t = 25.40$	$T_r = 2$ $X_t = 31.72$	$T_r = 2$ $X_t = 36.85$	$T_r = 2$ $X_t = 42.50$	$T_r = 2$ $X_t = 50.50$
Parametri curva $H = a * T^n$: $a = 9.086$ $n = .238$ (T = minuti)				
$T_r = 5$ $X_t = 36.78$	$T_r = 5$ $X_t = 45.16$	$T_r = 5$ $X_t = 51.04$	$T_r = 5$ $X_t = 57.63$	$T_r = 5$ $X_t = 66.19$
Parametri curva $H = a * T^n$: $a = 14.696$ $n = .208$ (T = minuti)				
$T_r = 10$ $X_t = 44.32$	$T_r = 10$ $X_t = 54.05$	$T_r = 10$ $X_t = 60.44$	$T_r = 10$ $X_t = 67.65$	$T_r = 10$ $X_t = 76.58$
Parametri curva $H = a * T^n$: $a = 18.560$ $n = .196$ (T = minuti)				
$T_r = 25$ $X_t = 53.85$	$T_r = 25$ $X_t = 65.29$	$T_r = 25$ $X_t = 72.31$	$T_r = 25$ $X_t = 80.30$	$T_r = 25$ $X_t = 89.72$
Parametri curva $H = a * T^n$: $a = 23.545$ $n = .184$ (T = minuti)				
$T_r = 50$ $X_t = 60.92$	$T_r = 50$ $X_t = 73.63$	$T_r = 50$ $X_t = 81.12$	$T_r = 50$ $X_t = 89.69$	$T_r = 50$ $X_t = 99.46$
Parametri curva $H = a * T^n$: $a = 27.296$ $n = .177$ (T = minuti)				
$T_r = 100$ $X_t = 67.93$	$T_r = 100$ $X_t = 81.91$	$T_r = 100$ $X_t = 89.86$	$T_r = 100$ $X_t = 99.01$	$T_r = 100$ $X_t = 109.13$
Parametri curva $H = a * T^n$: $a = 31.051$ $n = .172$ (T = minuti)				
$T_r = 200$ $X_t = 74.92$	$T_r = 200$ $X_t = 90.16$	$T_r = 200$ $X_t = 98.57$	$T_r = 200$ $X_t = 108.30$	$T_r = 200$ $X_t = 118.76$
Parametri curva $H = a * T^n$: $a = 34.817$ $n = .168$ (T = minuti)				

Carta delle piogge della durata di 1 ora con $T_r = 50$ anni (equidistanza delle isoiete 10 mm)

Da questi dati è stato estrapolato il valore X_t pari a **60.92 mm**, corrispondente ad un'altezza di pioggia per un intervallo di tempo t pari a 1 ora per un tempo di ritorno di 50 anni.



4. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLA PORTATA ORARIA DELLE ACQUE METEORICHE

Una stima della portata meteorica da smaltire, per superfici di modeste dimensioni, conoscendo l'intensità di precipitazioni J (espressa normalmente in mm/h) per durate dell'ordine dei 5 – 15 minuti dell'evento meteorico, è data dalla seguente formula:

$$Q = \frac{\varphi \cdot S \cdot j}{3600} \quad (\text{l/s})$$

- φ è il coefficiente di deflusso della superficie (il coefficiente di deflusso rappresenta la frazione di acqua meteorica che verrà raccolta dalla rete di smaltimento),
- S è la superficie espressa in metri quadrati (mq),
- J è l'intensità della precipitazione espressa in mm/h. Un valore di indicativo di massima per precipitazioni della durata di 10-15 minuti: $J = 180 - 200$ mm/h.

Nel caso in cui l'area di studio, sia composta da superfici con differenti coefficienti di deflusso, sarà necessario sommare il contributo delle singole sottoaree, mentre il coefficiente di deflusso medio dell'intera area sarà dato da:

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum_i \varphi_i \cdot S_i}{S}$$

Nella seguente tabella, vengono riportati i coefficienti di deflusso tipo, in funzione di differenti tipologie di superfici scolanti:

TIPO DI SUPERFICIE	COEFF. DEFL. φ
Tetti metallici	0,95
Tetti a tegole	0,90
Tetti piani con rivestimento in calcestruzzo	0,70 – 0,80
Tetti piani ricoperti di terra	0,30 – 0,40
Pavimentazioni asfaltate	0,85 – 0,90
Pavimentazioni in pietra	0,80 – 0,85
Massicciata in strade ordinarie	0,40 – 0,80
Strade in terra	0,40 – 0,60
Zone in ghiaia non compressa	0,15 – 0,25
giardini	0 – 0,25
boschi	0,10 – 0,30
Parti centrali di città completamente edificate	0,70 – 0,90
Quartieri con pochi spazi liberi	0,50 – 0,70
Quartieri con fabbricati radi	0,25 – 0,50
Tratti scoperti	0,10 – 0,30
Giardini e cimiteri	0,05 – 0,25
Terreni coltivati	0,20 – 0,60



Il valore dell'intensità della precipitazione J (mm/h), è per definizione il rapporto tra l'altezza di precipitazione h (in mm) e la durata dell'evento meteorico t (in ore). Qualora non direttamente conosciuto, può essere ricavato dai coefficienti di possibilità pluviometrica a ed n . Ovvero:

$$J = \frac{h}{t} = \frac{a \cdot t^n}{t} = a \cdot t^{n-1}$$

Per determinare la massima portata idrica che potrà defluire da un'area, è necessario porre la durata dell'evento meteorico t pari al tempo di corrivazione t_C ovvero:

$$t = t_C \quad J = a \cdot t_C^{n-1}$$

5. STIMA DEL VOLUME DELLE ACQUE PIOVANE DA REGIMARE NELL'AREA

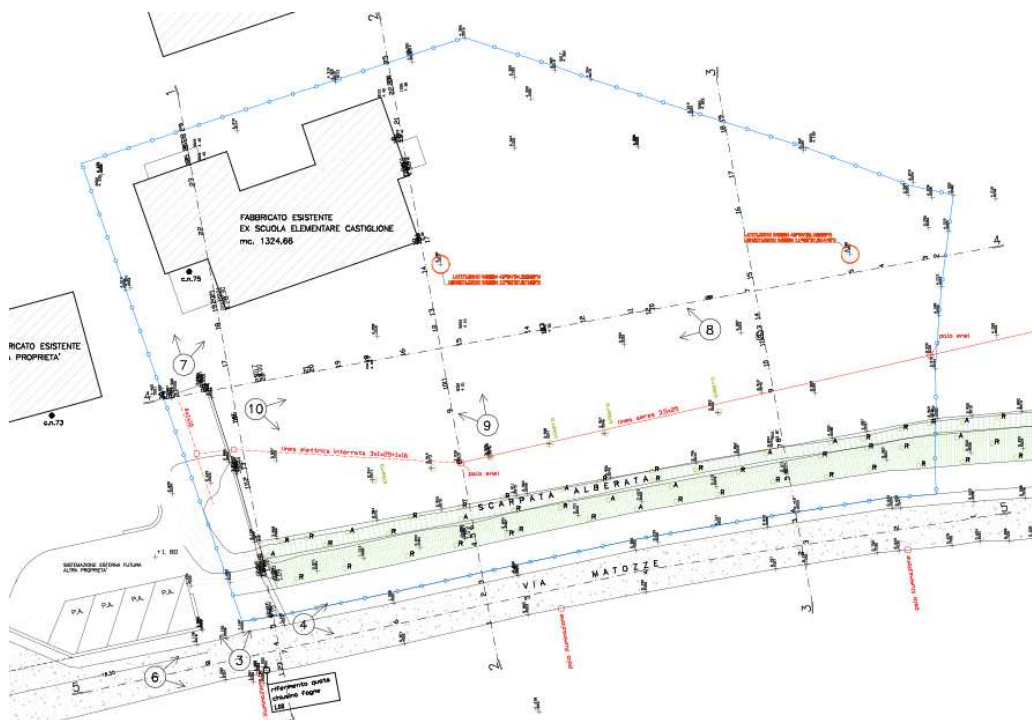
Considerando una precipitazione critica di 60,92 mm/h, viene di seguito calcolato il volume di acque piovane da regimare, che defluirà a seguito della trasformazione in progetto e che dovrà essere regimato.

TIPOLOGIA D'USO	SUPERFICIE	FATTORE RIDUTTIVO	PORTATA IN USCITA
Superficie impermeabile (strade, superfici pavimentate)	1.640 mq	0,9	$Q_v = (0,9) \times (0,06092 \text{ m/h}) \times (1.640 \text{ mq}) = 89,91 \text{ mc/h}$
Superficie verde	1.492 mqa	0,2	$Q_v = (0,2) \times (0,06092 \text{ m/h}) \times (1.492 \text{ mq}) = 20,64 \text{ mc/h}$
Superficie totale	3.132 mq		$Q_{\text{tot}} = 110,55 \text{ mc/h}$

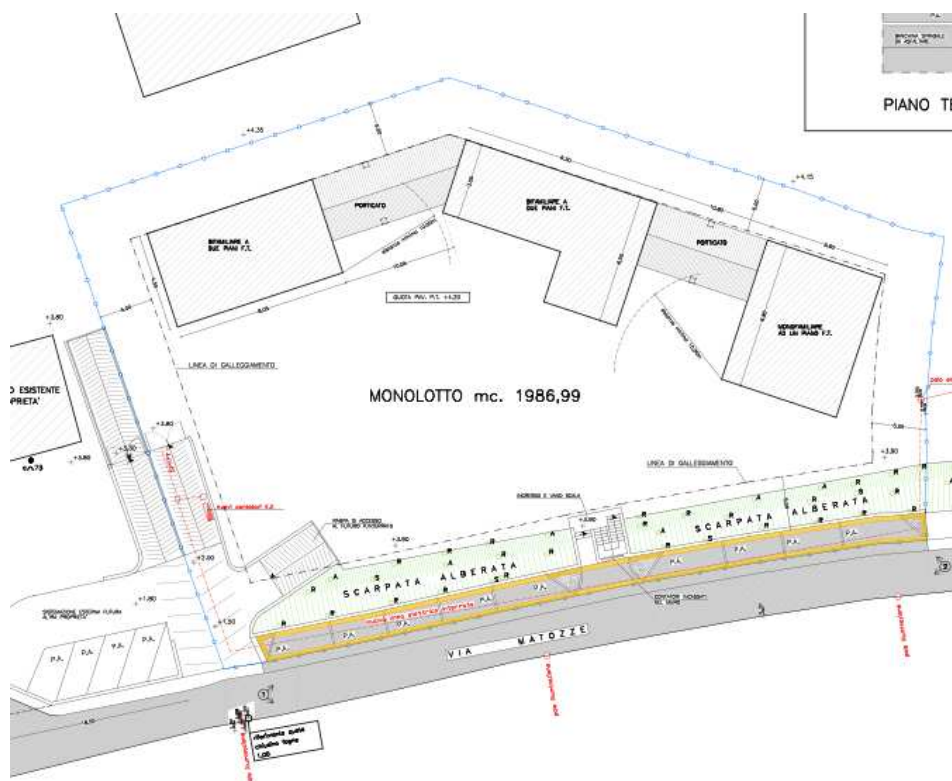
Pertanto il volume di acqua proveniente dalla lottizzazione da regimare e da smaltire all'interno dell'area è di **110,55 mc/h**. Non viene utilizzato il metodo dell'invarianza idraulica, in quanto l'acqua verrà completamente dispersa per infiltrazione nel suolo, considerata la mancanza di un'idrografia superficiale su cui convogliare le acque superficiali.



STATO ATTUALE



STATO DI PROGETTO



DOTT. GEOL. MATTEO SCALZOTTO
DOMICILIO FISCALE via A. De Gasperi, 2 - 36045 LONIGO (VI)
UFFICIO OPERATIVO: Via Alpone, 7 - 37030 TERROSSA DI RONCA' (VR)
Tel. 3382727007



Visto il parere del Consorzio Alta Pianura Veneta sullo Studio di Compatibilità relativamente al Piano d'interventi del Comune di Verona, secondo il quale si prescrive di adottare un valore di 487,4 mc/ha, avremo che il volume da regimare all'interno dell'area sarà di 152,65 mc, considerando la superficie di lottizzazione di 3.132 mq.

6. VALUTAZIONE E INTERVENTI COMPENSATIVI

La D.G.R.V. n 2948/2009 prevede che in terreni ad alta capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10-3 m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza di falda freatica sufficientemente profonda è possibile realizzare sistemi d'infiltrazione facilitata, in cui convogliare i deflussi in eccesso prodotti dall'impermeabilizzazione.

- Calcolo del coefficiente di permeabilità -

Per l'analisi quantitativa del sistema disperdente si è calcolato il valore del coefficiente di permeabilità attraverso una prova infiltrometrica.

La prova è stata realizzata con la tecnica del doppio anello mediante escavazione del terreno superficiale per circa 30-40 cm, inserimento di un tubo da 400 mm e di un tubo di 300 mm coassiale; l'intercapedine tra terreno e tubo esterno è stata sigillata con bentonite per impedire il refluire dell'acqua ed annullare l'effetto della permeabilità orizzontale in modo da ottenere solamente la permeabilità verticale. Il fondo è stato poi cosparso di ghiaino pulito e calibrato in modo da minimizzare i moti turbolenti al momento dell'immissione dell'acqua. Infine è stata versata una certa quantità d'acqua ed è stato misurato l'abbassamento del livello a determinati intervalli di tempo.

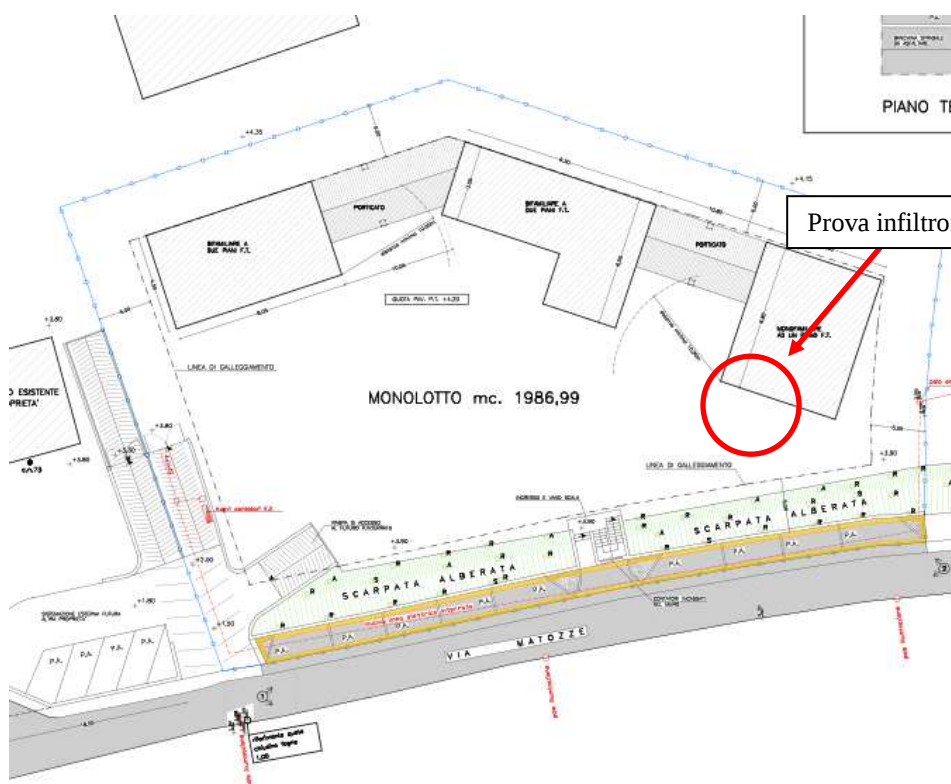
La prova è stata realizzata all'interno dell'area su cui verrà realizzato il monoblocco residenziale.

L'instaurarsi di un equilibrio idraulico ha permesso ottenere, mediante opportune computazioni, un valore del coefficiente di permeabilità in sito che è risultato di $1,12 \times 10^{-4}$ m/s.

Di seguito è riportata la foto dell'esecuzione e l'elaborazione della prova.



Foto prova

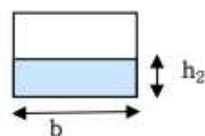
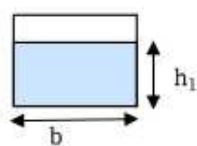


Estratto da planimetria con ubicazione della prova infiltrometrica



Prova di permeabilità in pozzetto superficiale eseguita a carico variabile (A.G.I. 1977)

$$K = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot 1 + \frac{(2h_m/b)}{27} \cdot (h_m/b) + 3$$



	Prova n° 1	Prova n° 2	Prova n° 3	Media
h_1 (altezza iniziale del livello dell'acqua: cm)	20	17	16	
h_2 (altezza finale del livello dell'acqua: cm)	0	0	0	
$t_2 - t_1$ (tempo trascorso per il raggiungimento di h_2 : min.)	2,5	4,2	5,5	
h_m (altezza media tra h_1 e h_2 : cm)	10	8,5	8	
b (lato della base del pozzetto: cm)	30	30	30	
K (coefficiente di permeabilità: cm/sec)	0,01852	0,00992	0,00729	0,01191

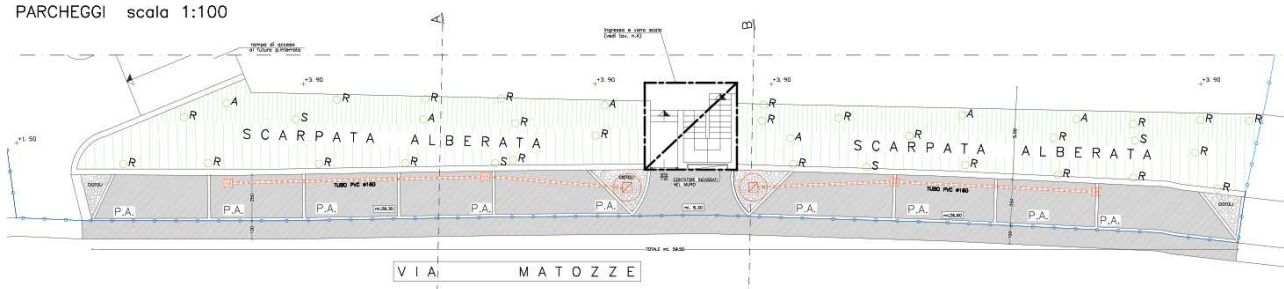
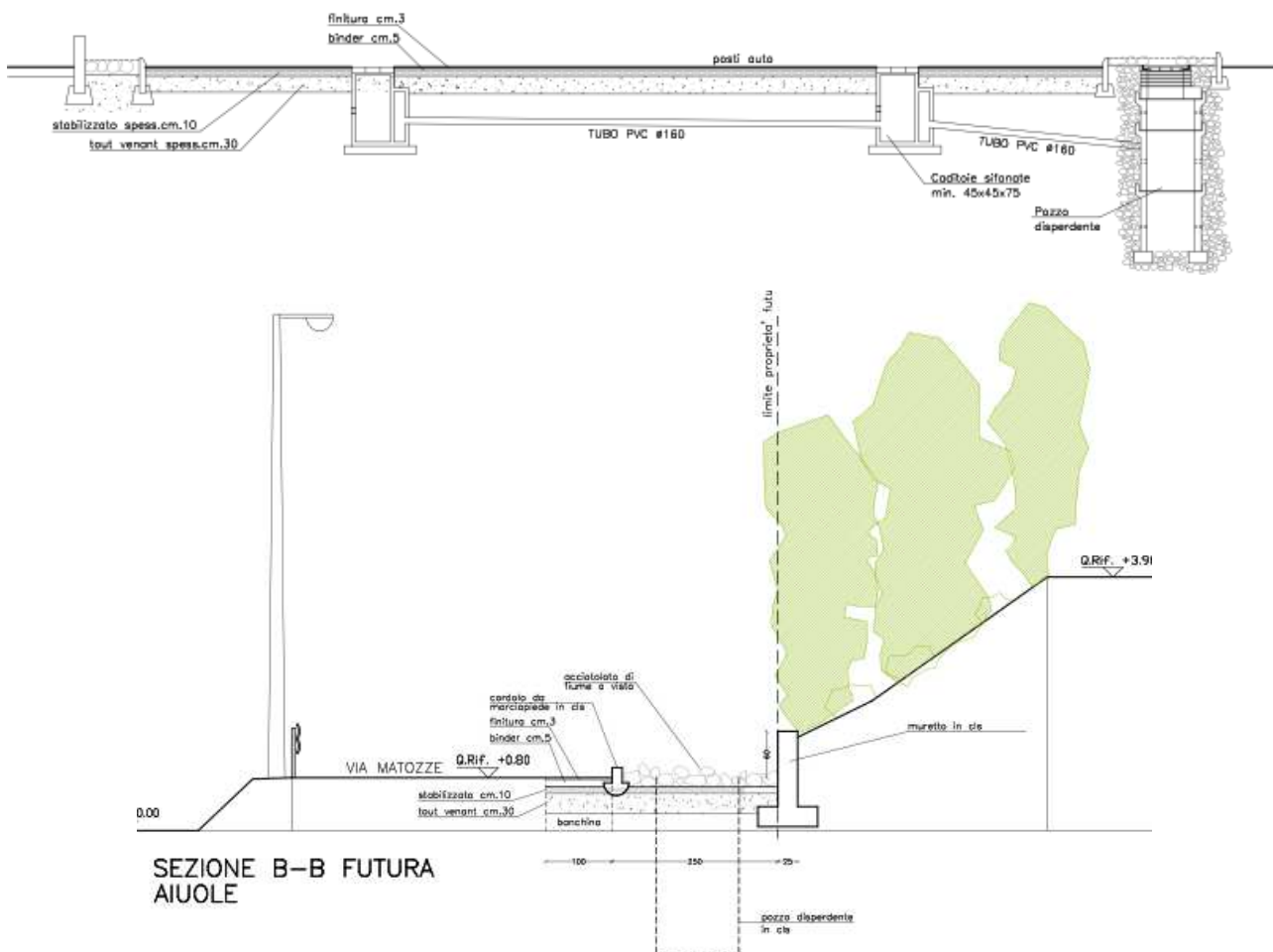
Dalle prove risulta pertanto che i terreni in esame hanno una permeabilità di $1,12 \times 10^{-4}$ m/s, valore che non permetterebbe, secondo la D.G.R.V. n 2948/2009, un sistema di infiltrazione facilitata. Tuttavia considerata la mancanza di un'idrografia superficiale su cui poter scaricare le acque della lottizzazione, si è costretti a smaltire nel suolo l'acqua proveniente dall'area di lottizzazione tramite 2 diversi sistemi di accumulo/smaltimento così costituiti:

SISTEMA 1 (STRADE E PARCHEGGI)

Le acque che ricadono sulla strada, sui parcheggi e sulla scarpata alberata (circa 400 mq) verranno smaltite dal sistema costituito da una trincea drenante lunga 50 m con sezione 0,6 m x 0,5 m (vedi particolare tav. 05 opere di urbanizzazione) e n. 2 pozzi perdenti diametro (1,5 m e spessore 2 m).

**VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE IN VIA MATOZZE
- ai sensi della D.G.R.V. 2948/2009 -**

PARCHEGGI scala 1:100

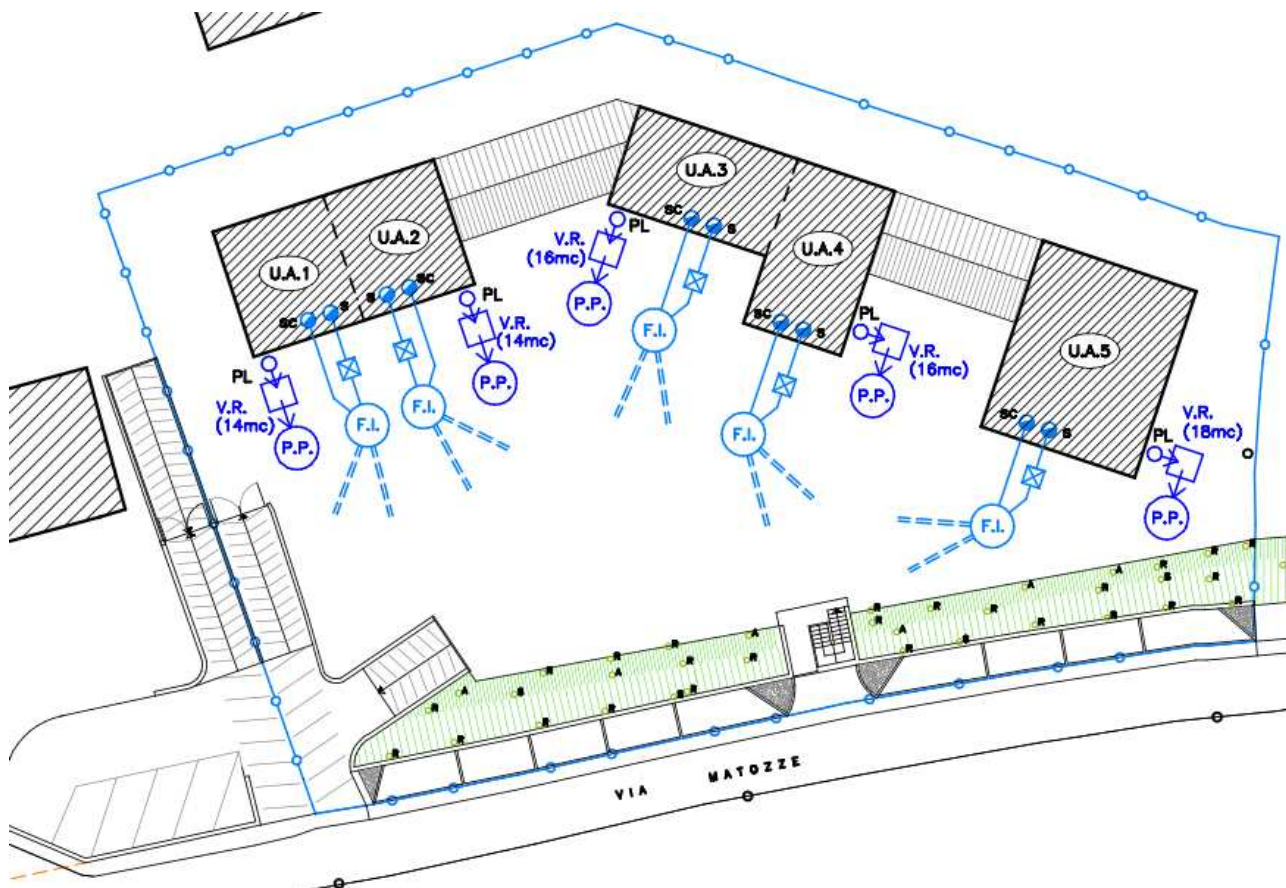
**SEZIONE LONGITUDINALE PRESE E SMALTIMENTO ACQUE
METEORICHE DEI PARCHEGGI**

DOTT. GEOL. MATTEO SCALZOTTO
DOMICILIO FISCALE via A. De Gasperi, 2 - 36045 LONIGO (VI)
UFFICIO OPERATIVO: Via Alpone, 7 - 37030 TERROSSA DI RONCA' (VR)
Tel. 3382727007



SISTEMA 2 (AREA LOTTIZZATA MONOBLOCCO)

L'area urbanizzata sarà costituita da n. 5 sistemi di accumulo/dispersione costituiti ognuno da una vasca di accumulo con capacità d'invaso variabile tra 14 mc e 18 mc e da un pozzo perdente di diametro 1,5 m e profondità 3 m (vedi schema sottostante).



Estratto da planimetria con indicazione dei sistemi di accumulo/disperdente da realizzare

- Dimensionamento dei sistemi drenanti da realizzare -

Sulla base del valore del coefficiente di permeabilità medio della zona calcolato durante le indagini ($1,12 \times 10^{-4}$ m/s) si è eseguito il dimensionamento dei 2 sistemi da realizzare.

Il quantitativo di acqua smaltita dal sistema con la trincea drenante e con i pozzi perdenti è stata calcolata con il Software "Pozzi Perdenti" version 2.0.0.0. fornito da Ensox., che utilizza la "TEORIA DEL MOTO DI FILTRAZIONE".

TEORIA DEL MOTO DI FILTRAZIONE

In idraulica, il termine filtrazione rappresenta normalmente il complesso dei fenomeni di moto attraverso un mezzo permeabile, come quello ad esempio formato dai grani di terreno sciolto naturale sia esso sabbioso o ghiaioso. Tale caratteristica morfologica del



materiale, fa sì che il fluido si muova all'interno di una fitta rete irregolare di canali, di dimensioni minute, tale sì che il moto risulterà molto rallentato (elevate resistenze riscontrate), pertanto sarà normalmente molto lento.

Per ogni punto del liquido, sarà possibile rappresentare il livello dell'energia (della piezometrica) dalla seguente relazione:

$$h^* = h + \frac{P}{\gamma}$$

che sarà costante lungo la verticale causa la lentezza del moto.

Se il liquido è in quiete, la quota dell'energia sarà la stessa per ogni punto occupato dal fluido, in caso di moto, sarà necessario la presenza di un gradiente piezometrico nella direzione del moto, per compensare le perdite di energia dovute alle dissipazioni viscosi.

Non essendo possibile lo studio del moto attraverso il singolo filetto idraulico, sarà necessario una soluzione globale del moto, considerando contemporaneamente sia lo spazio sede del moto sia quello occupato dalla particelle di terreno, considerando il tutto come un continuo. Si potrà pertanto definire la velocità media del fluido attraverso il materiale poroso dalla seguente relazione

$$V = \frac{Q}{A}$$

Nella quale Q è la portata che attraversa una determinata sezione di materiale di area A.

La legge base, formulata da H. Darcy nel 1856 lega la velocità media del fluido alla pendenza della piezometrica (i) secondo la seguente relazione:

$$V = K \cdot i$$

nella quale il coefficiente K, dipende dal materiale e prende il nome di coefficiente di permeabilità.

Per i moti di filtrazione, in un sistema di riferimento cartesiano è possibile esprimere le componenti della velocità come:

$$V_x = -k \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \quad V_y = -k \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \quad V_z = -k \cdot \frac{\partial h}{\partial z}$$

che associata all'equazione di continuità, è possibile riscrivere come:

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0$$

che soddisfa l'equazione di Laplace:

$$\frac{\partial^2 h^*}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h^*}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h^*}{\partial z^2} = \nabla^2 h = 0$$

La soluzione dell'equazione, per i vari casi in esame, con le relative condizioni al contorno, e relative semplificazioni, hanno permesso di proporre una soluzione attendibile per il singolo problema calcolata dal programma di calcolo.

RISOLUZIONE DI CASI PARTICOLARI

Nel caso di **pozzi perdenti in falda profonda** il calcolo della portata (soluzione del moto di filtrazione), viene ottenuto dalla risoluzione dell'equazione differenziale del moto in coordinate cilindriche (r, y), ovvero dalle seguenti equazioni:



$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \frac{\partial \phi}{\partial r} \right) = 0 \quad \text{e} \quad \phi = kh = C_1 \ln r + C_2$$

le ipotesi al contorno sono: $h=0$ per $r=r_0$ ed $h=H$ per $r=RI$ (dove r_0 è il raggio del pozzo e RI il raggio di influenza. Il raggio di influenza RI , può essere definito, considerando che a livello della quota del fondo del pozzo le velocità di filtrazione sono praticamente verticale, ovvero che $-V_y = -K$

Similmente, nel caso di **pozzi perdenti con falda relativamente alta**, la soluzioni del moto di filtrazione, è ottenuta imponendo le seguenti condizioni al contorno:

$$h=0 \text{ per } r=r_0 \text{ ed } h=H_0-H_1 \text{ per } r=RI$$

Nel caso di **trincee drenanti di forma trapezia o rettangolare** è necessario risolvere il moto bidimensionale di filtrazione che si riconduce all'equazione:

$$\frac{q}{K \cdot H} = \frac{b}{H} + C$$

nella quale C rappresenta il contributo alla formazione della portata dovuta all'infiltrazione dalle sponde della trincea.

SISTEMA 1 (STRADE E PARCHEGGI).

Considerando che in tale sistema confluiscono le acque ricadenti sulle aree a strade e parcheggi e sulla scarpata alberata (superficie totale di 400 mq) il volume d'acqua da invasare/disperdere è di 19,49 mc.

Il sistema disperdente è costituito da n. 2 pozzi perdenti (diametro 1,5 m, profondità 2 m) che smaltiscono 5,43 mc/h ciascuno.

Portata Tubazione		Distanza Dreni		Trincea Per Controllo Falda	
P. Perdente Falda Profonda	P. Perdente Falda	Trincee Drenanti Rettangolari	Trincee Drenanti Trapezie	Portata da Smaltire	
Coefficiente di permeabilità del terreno K (m/s)		Diametro del pozzo (m)		H1 (m)	Zo (m)
0,000112		1,5		1	2
					Raggio del pozzo (m)
					0,75

	H (m)	Ho	Q (l/s)	V (m3)
►	2		4	0,53
*				

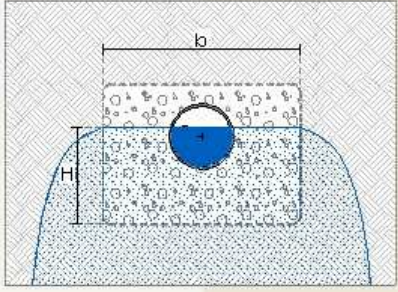
H=tirante idrico nel pozzo perdente (m)
Q=portata del pozzo perdente (l/s)

Calcola



Inoltre la trincea drenante è in grado di smaltire 8,96 l/s pari a 32,26 mc/h.

Portata Tubazione		Distanza Dreni		Trincea Per Controllo Falda	
P. Perdente Falda Profonda	P. Perdente Falda	Trincee Drenanti Rettangolari		Trincee Drenanti Trapezie	Portata da Smaltire
Coefficiente di permeabilità del terreno K (m/s)		Larghezza della trincea drenante b (m)		Altezza trincea drenante H (m)	
0,000112 ?		0,6		0,5	
Q portata smaltita per metro di trincea (l/s/m)		L lunghezza complessivo trincea drenante (m)		Qtot portata totale smaltita dalla trincea (l/s)	
0,18		50		8,96	



La quantità di acqua stipata e smaltita nel sistema 1 è di 43,12 mc/h, mentre l'acqua da invasare/disperdere è di 19,49 mc, per cui si ritiene che il sistema in esame sia sufficiente a smaltire le acque meteoriche ricadenti sul sistema 1.

SISTEMA 2 (MONOBLOCCO):

Considerando che in tale sistema confluiscono le acque ricadenti sul monoblocco (superficie totale di 2.732 mq) il volume d'acqua da invasare/disperdere è di 133,16 mc.

Il sistema 2 è costituito da n 5 vasche di accumulo con volume totale pari a 78 mc (50% dell'acqua da invasare) e da n. 5 pozzi perdenti diametro 1,5 profondità 3 m che smaltiscono 11,20 mc/h ciascuno per un totale di 56 mc.



VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE IN VIA MATOZZE
- ai sensi della D.G.R.V. 2948/2009 -

Portata Tubazione		Distanza Dreni		Trincea Per Controllo Falda	
P. Perdente Falda Profonda	P. Perdente Falda	Trincee Drenanti Rettangolari	Trincee Drenanti Trapezie	Portata da Smaltire	

Coefficiente di permeabilità del terreno K (m/s):
 Diametro del pozzo (m):
 H1 (m):
 Zo (m):
 Raggio del pozzo (m):

	H (m)	Ho	Q (l/s)	V (m3)
▶	3		8	1,64
*				

H=tirante idrico nel pozzo perdente (m)
 Q=portata del pozzo perdente (l/s)

Calcola

La quantità di acqua stipata nel sistema 1 è di 134 mc/h mentre l'acqua da invasare/disperdere è di 133,16 mc, per cui si ritiene che il sistema in esame sia sufficiente a smaltire le acque meteoriche ricadenti sul sistema 2.

Per l'analisi quantitativa del sistema di accumulo - drenante i principali dati emersi sono:

Profondità livello falda rispetto piano di progetto	7 m
Altezza pioggia critica	0,06092 m/h
Volume d'acqua da regimare proveniente dalla lottizzazione	152,65 mc
Volume d'acqua vasche di accumulo	78 mc
Volume d'acqua smaltita per infiltrazione sistema 1	43,12 mc
Volume d'acqua smaltita per infiltrazione sistema 2	56,00 mc
Volume totale d'acqua accumulato e smaltito	177,12 mc



7. CONCLUSIONI

Esaminate le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, idrauliche dell'area in progetto si può affermare che:

1. Il progetto in esame non ricade in aree a pericolosità idraulica individuate dal PAI del bacino dell'Adige;
2. Il progetto risulta ammissibile idraulicamente tale da non determinare l'aumento del rischio dell'area, a condizione che siano realizzate le misure compensative per il volume calcolato da regimare, così come indicato nella relazione;
3. I terreni in esame hanno un valore di permeabilità di $1,12 \cdot 10^{-4}$ m/s, valore che non permetterebbe un sistema di infiltrazione facilitata. Tuttavia considerata la mancanza di un'idrografia superficiale su cui poter scaricare le acque della lottizzazione, l'acqua proveniente dall'area di lottizzazione verrà smaltita tramite 2 sistemi di accumulo/dispersione come indicato nella relazione;
4. Il sistema prevede la realizzazione di n. 5 invasi di accumulo per un totale di 78 mc che risulta essere più del 50% del volume da insavare, così come previsto dalla D.G.R.V. n 2948/2009;
5. Dalle indagini bibliografiche si è constatata la presenza della falda alla profondità di 7 m dal p.c.; i pozzi perdenti realizzati nel monoblocco avranno un franco dalla falda di 4, mentre quelli posti sulla strada avranno un franco di 1 m dalla falda;
6. Per la realizzazione del sistema d'infiltrazione non vi saranno problematiche connesse all'acclività del terreno o a potenziali di scivolamento visto che l'area si trova nella parte pianeggiante del fondovalle.

Relazione e indagini svolte nel mese di Novembre 2012

Dott. Geol. Scalzotto Matteo

