

SIG.RA MONTOLI ALESSANDRA  
SIG.RA MONTOLI CRISTINA

NUOVE OPERE DI URBANIZZAZIONE  
COMUNE DI CANEGRATE - VIA VESUVIO

**PROGETTO DI INVARIANZA  
IDRAULICA E IDROLOGICA**

ai sensi del R.R. n°7 del 23 Novembre 2017 e R.R. n°8 del 19 Aprile 2019

Data: 03/10/19

Firma

## SOMMARIO

|                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. PREMESSA.....                                                                                                                                  | 2  |
| 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CRITICITA'.....                                                                                                     | 3  |
| 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....                                                                                                                   | 4  |
| 4. CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE LOCALI.....                                                                                                          | 6  |
| 5. MODALITA' ESECUTIVE DI INDAGINE E DETERMINAZIONE DELLA<br>PERMEABILITA' DEI TERRENI.....                                                       | 8  |
| 5.1 Scavi esplorativi.....                                                                                                                        | 8  |
| 5.2 Prove di permeabilità.....                                                                                                                    | 11 |
| 6. PROPOSTA PROGETTUALE PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE.....                                                                               | 12 |
| 7. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI RACCOLTA E DISPERSIONE DELLE<br>ACQUE METEORICHE MEDIANTE POZZI PERDENTI.....                                   | 14 |
| 7.1 Premessa sulle modalità di calcolo – Requisiti minimi.....                                                                                    | 14 |
| 7.2 Procedura di dimensionamento del sistema – Metodo delle sole piogge.....                                                                      | 16 |
| 7.3 Analisi delle superfici scolanti e determinazione del coefficiente di deflusso.....                                                           | 18 |
| 7.4 Determinazione delle altezze di pioggia e valutazione dei parametri pluviometrici<br>per il calcolo delle portate meteoriche di progetto..... | 19 |
| 7.5 Trasformazione afflussi-deflussi per il calcolo delle portate meteoriche di<br>progetto.....                                                  | 22 |
| 7.6 Determinazione del tempo di corrivazione per il bacino.....                                                                                   | 23 |
| 8. ELABORAZIONI ANALITICHE E RISULTATI.....                                                                                                       | 24 |
| 9. INSTALLAZIONI E ACCORGIMENTI COSTRUTTIVI.....                                                                                                  | 27 |
| 10. INTERVENTI DI MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA.....                                                                                     | 28 |
| 11. SINTESI DEI RISULTATI.....                                                                                                                    | 28 |

1

## APPENDICE

STRATIGRAFIE TRINCEE ESPLORATIVE  
PROVE INFILTROMETRICHE  
ASSEVERAZIONE – ALLEGATO E

## 1. PREMESSA

Le Sig.re Montoli Alessandra e Montoli Cristina hanno affidato al sottoscritto l'incarico per la redazione del *progetto di invarianza idraulica e idrologica* a supporto delle nuove opere di urbanizzazione previste in Via Vesuvio in Comune di Canegrate (Mi), che consistono nella realizzazione di nuova strada, marciapiedi e parcheggi in adiacenza a lotto ove sono in progetto nuovi edifici residenziali; l'area in esame risulta individuata catastalmente al mappale 151 - Foglio 10.

Tale progetto affronta le tematiche riguardanti il dimensionamento del sistema di raccolta e dispersione delle acque meteoriche, relativamente alle superfici delle nuove opere di urbanizzazione; viene predisposto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica previsti dalla normativa vigente e viene redatto ai sensi dell'art. 58-bis della L.R. 12/2005, successivamente aggiornato e modificato dall'art. 7 della L.R. 4/2016 (invarianza idraulica, idrologica e drenaggio urbano sostenibile), dal Regolamento Regionale n°7 del 23 novembre 2017 ("*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica*") e dal recente Regolamento Regionale n°8 del 19 aprile 2019, che enuncia le disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica, modificando parzialmente il R.R. n°7.

Riferimento per la presente risulta essere anche il "Manuale sulle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile" redatto dal DiSAA dell'Università degli Studi di Milano con la collaborazione di Cap Holding spa.

Per quanto riguarda la disciplina delle acque meteoriche di prima pioggia, in riferimento al Regolamento Regionale n. 4, del 24 marzo 2006 (Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'Art. 52, comma 1, lettera a) della L.R. 12 dic. 2003, n. 26), si sottolinea che l'attività di cui alla presente relazione non rientra nell'ambito di applicazione di tale disciplina.

Verranno di seguito effettuate le elaborazioni analitiche relative al dimensionamento del sistema di raccolta e smaltimento delle acque bianche meteoriche, valutando la possibilità di dispersione direttamente all'interno del sottosuolo, sopra il livello di massima escursione della falda, considerate anche le favorevoli caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti all'interno dell'areale in esame.

Verrà valutata come soluzione progettuale, pertanto, la possibilità di intervenire tramite pozzi perdenti ad anelli fessurati in c/s.

Scopo del presente lavoro è quello di fornire le indicazioni tecniche e progettuali circa la fattibilità di tale sistema di raccolta e dispersione, previa attenta valutazione delle caratteristiche idrogeologiche locali e stima degli apporti meteorici di punta.

L'intervento proposto garantisce il drenaggio e lo smaltimento diretto nel sottosuolo delle acque meteoriche di pertinenza del nuovo campo sportivo, in riferimento ai contenuti del R.R. n°7 del 2017 e R.R. n°8 del 2019, di cui in premessa.

Nello specifico la relazione verrà così articolata:

1. inquadramento territoriale;
2. definizione delle condizioni geologiche ed idrogeologiche locali con descrizione della litostratigrafia del sito;
3. determinazione della permeabilità dei terreni superficiali;
4. considerazioni in merito alla fattibilità del sistema di raccolta e di dispersione delle acque meteoriche;
5. dimensionamento del sistema di invaso e relativa capacità di dispersione.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CRITICITA'

L'area in esame è situata nel settore meridionale del territorio comunale di Canegrate, ai margini di tessuto ad elevato grado di urbanizzazione e in prossimità di zone agricole; si veda la relativa posizione sulla foto aerea di *Fig.1*.

Il sito si presenta con superficie pianeggiante/sub-pianeggiante posta ad una quota media di circa 191 m s.l.m. (quota desunta da C.T.R. in scala 1: 10.000).

Tale intervento si configura tra quelli per i quali risulta necessario predisporre il progetto di invarianza idraulica e idrologica, come evidenziato in *Fig.2* desunta dal RR n°8, trattandosi di realizzazione di nuova “pavimentazione” con caratteristiche di drenaggio inferiore alla situazione preesistente.



Figura 1 - Inquadramento corografico dell'area di intervento (fonte: Google Earth).

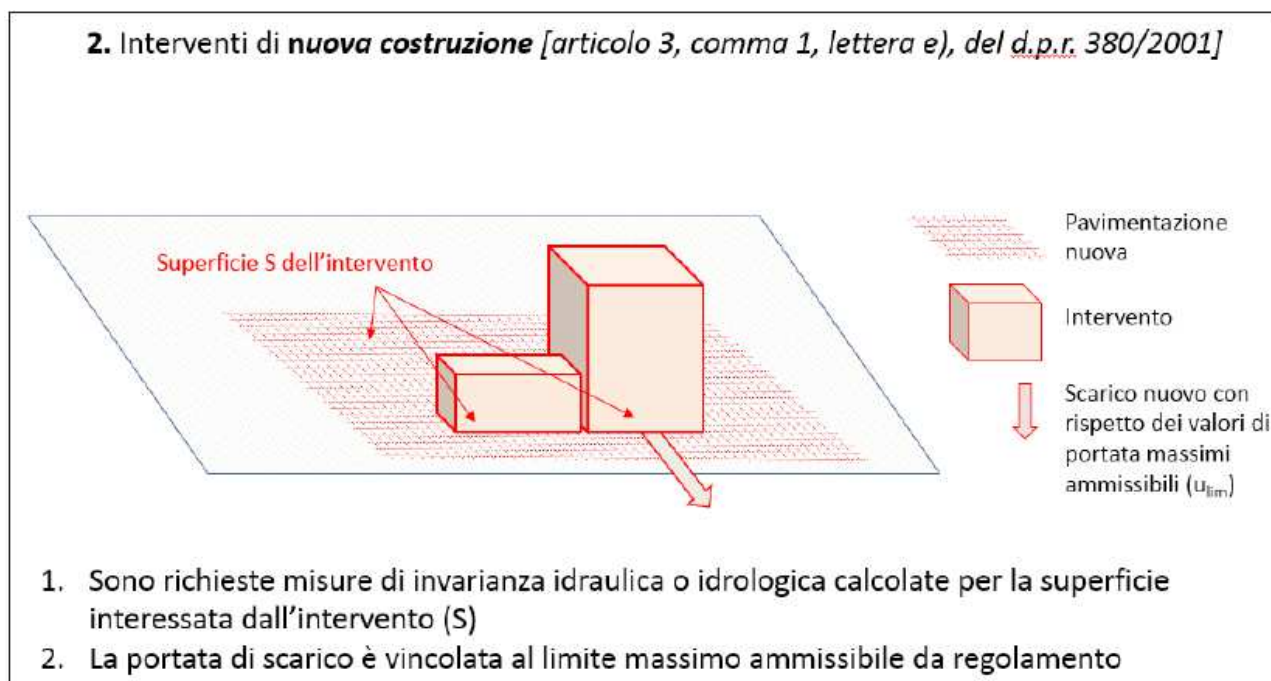


Figura 2 – Esempificazione caso in esame (da R.R. n°8).

4

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale appartiene al cosiddetto “Livello Fondamentale della Pianura”, costituito da depositi pleistocenici ad opera degli scaricatori fluvioglaciali provenienti dai fronti di espansione dei ghiacciai. Questi sono classificati nella letteratura tradizionale come “Diluvium Recente”.

I *depositi wurmiani* (Fluvioglaciale Wurm Auct.), che caratterizzano l'area in esame, costituiscono la quasi totalità del territorio comunale; sono caratterizzati genericamente da ghiaie e sabbie in matrice limosa con locali ciottoli e lenti argillose (rare e comunque in subordine), all'interno dei livelli caratterizzanti il volume significativo del sottosuolo.

Nello specifico dei terreni in esame la litologia caratteristica è rappresentata da ghiaia e sabbia da debolmente limosa a limosa, inglobante rari ciottoli di dimensioni variabili.

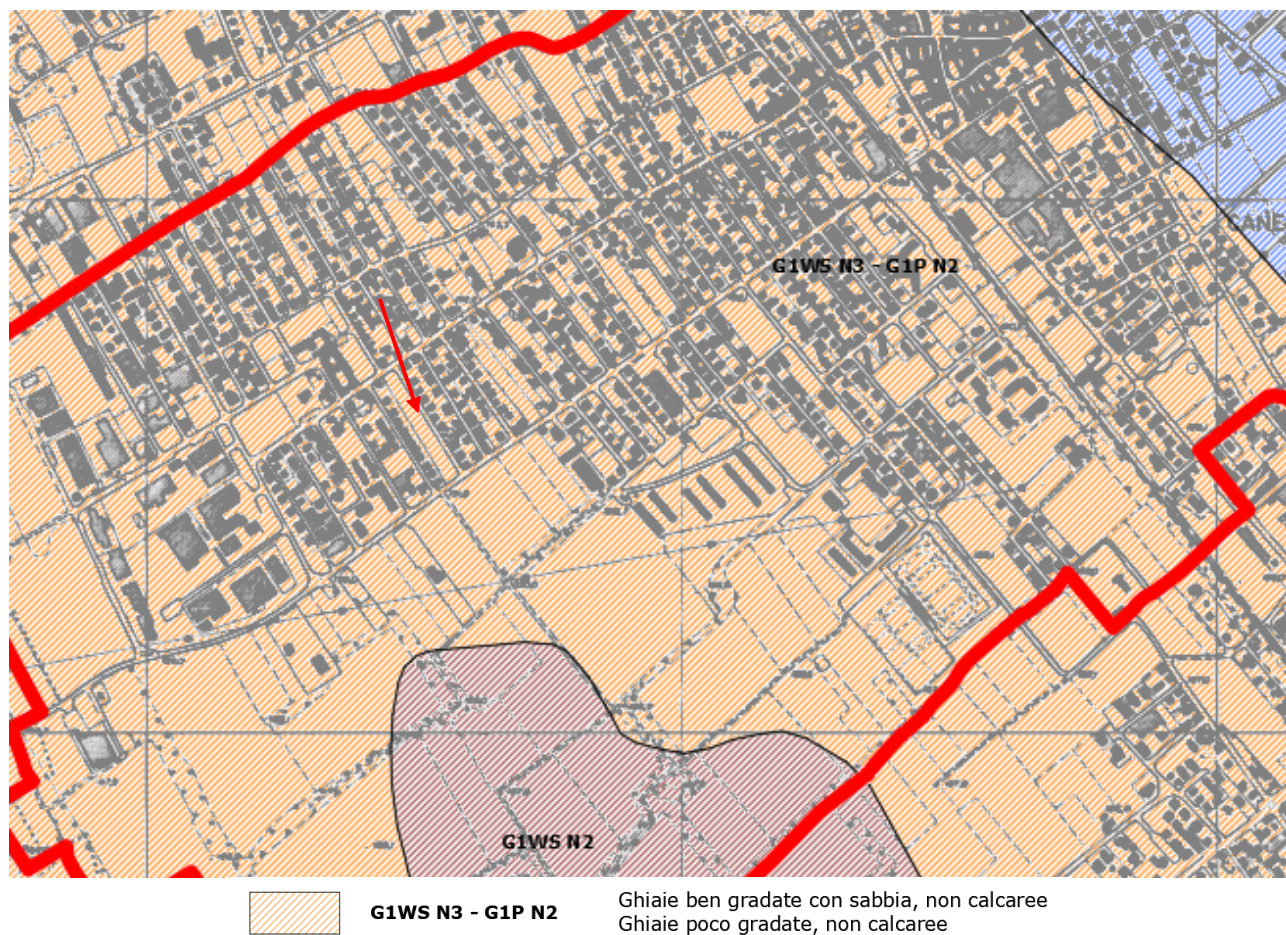
I caratteri sedimentologici specifici sono quelli dei depositi alluvionali: clasti con grado di arrotondamento variabile da sub-arrotondato ad arrotondato e alterazione limitata o assente.

Nelle zone a litologia ghiaiosa prevalente, come il caso in esame, lo spessore del diluvium varia sensibilmente a seconda delle zone specifiche con potenze variabili da 10 metri sino ad oltre 60 m.

Secondo le evidenze degli scavi esplorativi effettuati è da escludere, inoltre, la presenza di terreni di riporto.

In Fig.3 si riporta un estratto modificato della carta di inquadramento geologico contenuta all'interno dello studio geologico, idrogeologico e sismico per il P.G.T.

In Fig.4 si vedano le foto degli scavi esplorativi effettuati nell'ambito dell'indagine idrogeologica sito-specifica, necessaria per le valutazioni contenute nel prosieguo.



5

Figura 3 - Estratto “Tavola 1 – Carta di inquadramento geologico” da studio geologico per il (P.G.T.)



Figura 4 – Evidenze materiale di scavi esplorativi.

## 4. CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE LOCALI

La struttura idrogeologica del sottosuolo viene ricostruita in base all'analisi delle stratigrafie dei pozzi comunali ed alla consultazione dei numerosi studi idrogeologici effettuati sul territorio comunale e nei comuni limitrofi, a livello comunale, provinciale e regionale.

Il sottosuolo può essere suddiviso in una serie di unità sovrapposte (*Martinis e Mazzarella, 1971*):

### a - Litozona ghiaioso-sabbiosa

Costituisce l'acquifero superficiale sede della falda libera sino a profondità massime di circa 80m ÷ 100m; presenta una buona continuità in senso orizzontale e verticale entro la totalità del territorio comunale. Litologicamente è contraddistinta da terreni prevalentemente ghiaioso-sabbioso-ciottolosi con locali intercalazioni lenticolari di argille limose (prevalenti in superficie) o conglomerato (con spessore più consistente). Entro tale unità la falda oscilla liberamente verso l'alto e il basso, non essendo in pressione e limitata superiormente da livelli argillosi.

L'unità presenta mediamente buoni valori di conducibilità idraulica dei terreni.

### b - Litozona sabbioso-argillosa

Risulta costituita da alternanze di strati a litologia ghiaioso - sabbiosa e strati argilloso - limosi con torba; è presente a partire dal letto della precedente unità sino a profondità variabili mediamente da 160 m ÷ 170m rispetto al p.c.

La falda contenuta entro questi livelli ghiaioso - sabbiosi presenta generalmente buona produttività e risulta protetta dai fenomeni di contaminazione per la presenza di strati continui da poco permeabili a impermeabili che la separano dall'unità descritta precedentemente.

### c -Litozona argillosa

È caratterizzata dalla prevalenza di argille e limi più o meno sabbiosi, presenti a partire dalla base della precedente unità. Costituisce il limite inferiore impermeabile delle successioni sfruttate ai fini idropotabili. L'alimentazione della falda avviene dai settori settentrionali della fascia pedemontana, attraverso il potente strato alluvionale del Livello Fondamentale della Pianura, favorita dalla elevata permeabilità dei depositi e da una piovosità media che risulta superiore rispetto alla zona centrale o meridionale della pianura milanese.

Lo studio "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia", pubblicato nel 2002 dalla Regione Lombardia in collaborazione con Eni-Divisione Agip e del relativo Aggiornamento geologico-stratigrafico (marzo 2005), prevede un modello geologico del sottosuolo della pianura a scala regionale composto da quattro Gruppi Acquiferi sovrapposti (dall'alto verso il basso, A, B, C e D), delimitati alla base dall'interfaccia acqua dolce/acqua salata, come di seguito riportato:

- **Gruppo Acquifero A** (Olocene, Pleistocene Superiore - Pleistocene Medio): costituisce la porzione superiore del cosiddetto Acquifero Tradizionale;
- **Gruppo Acquifero B** (Pleistocene Medio): costituisce la porzione inferiore del cosiddetto Acquifero Tradizionale;
- **Gruppo Acquifero C** (Pleistocene Inferiore): corrisponde alla porzione superiore della suddetta unità sabbioso-argillosa;

- **Gruppo Acquifero D (Pleistocene Inferiore):** corrisponde alla porzione inferiore (Santerniano) della suddetta unità sabbioso-argillosa. Acquiferi con falde confinate che vengono identificati con la denominazione di "Terzo Acquifero" o "Acquiferi Profondi".

Nel territorio comunale, le quote stimate del limite basale (riferite al livello del mare) delle suddette Unità sono le seguenti:

- Unità A: 100-110 m s.l.m.;
- Unità B: 70-80 m s.l.m.;
- Unità C: 30-40 m s.l.m.;
- Unità D: - 150/-200 m s.l.m

In Fig.5 viene riportato uno schema del sottosuolo secondo l'interpretazione di diversi autori.

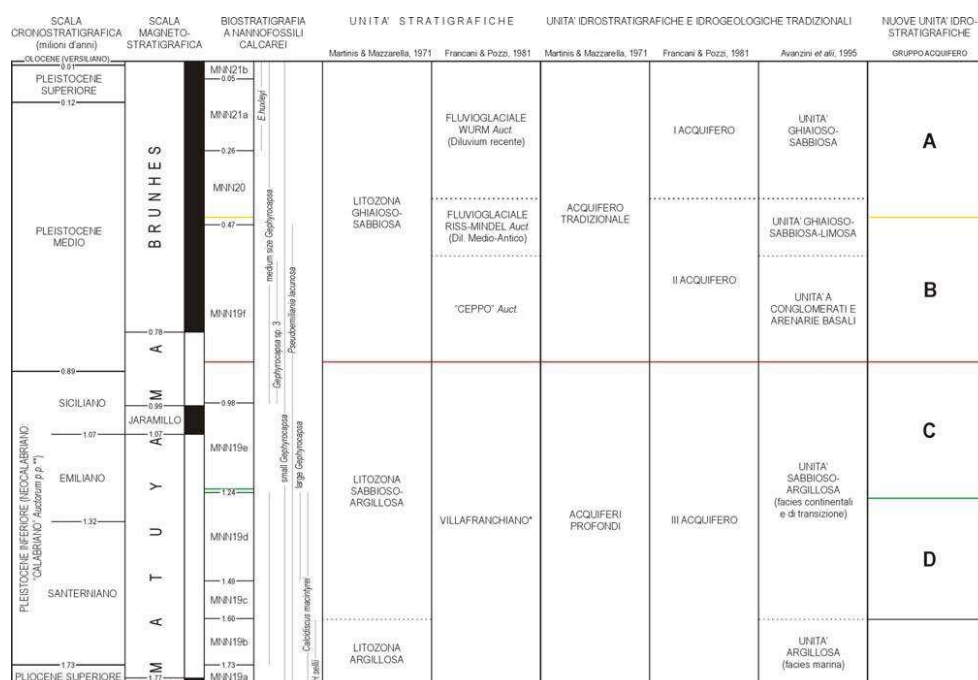


Figura 5 - Schema dei rapporti stratigrafici (da "Geologia degli acquiferi padani" aggiornamento 2005).

In Fig.6 si riporta un estratto della carta di inquadramento idrogeologico contenuta all'interno dello studio geologico, idrogeologico e sismico del P.G.T., da cui si evince che nell'area in esame la quota piezometrica risulta compresa tra 162 e 163 m s.l.m., determinando una soggiacenza della falda pari a circa 30 m dal piano campagna (la quota topografica è circa pari a 191 m s.l.m.).

Il notevole franco esistente tra la superficie topografica e il pelo libero della falda rende possibile la soluzione di dispersione delle acque meteoriche direttamente nel sottosuolo.

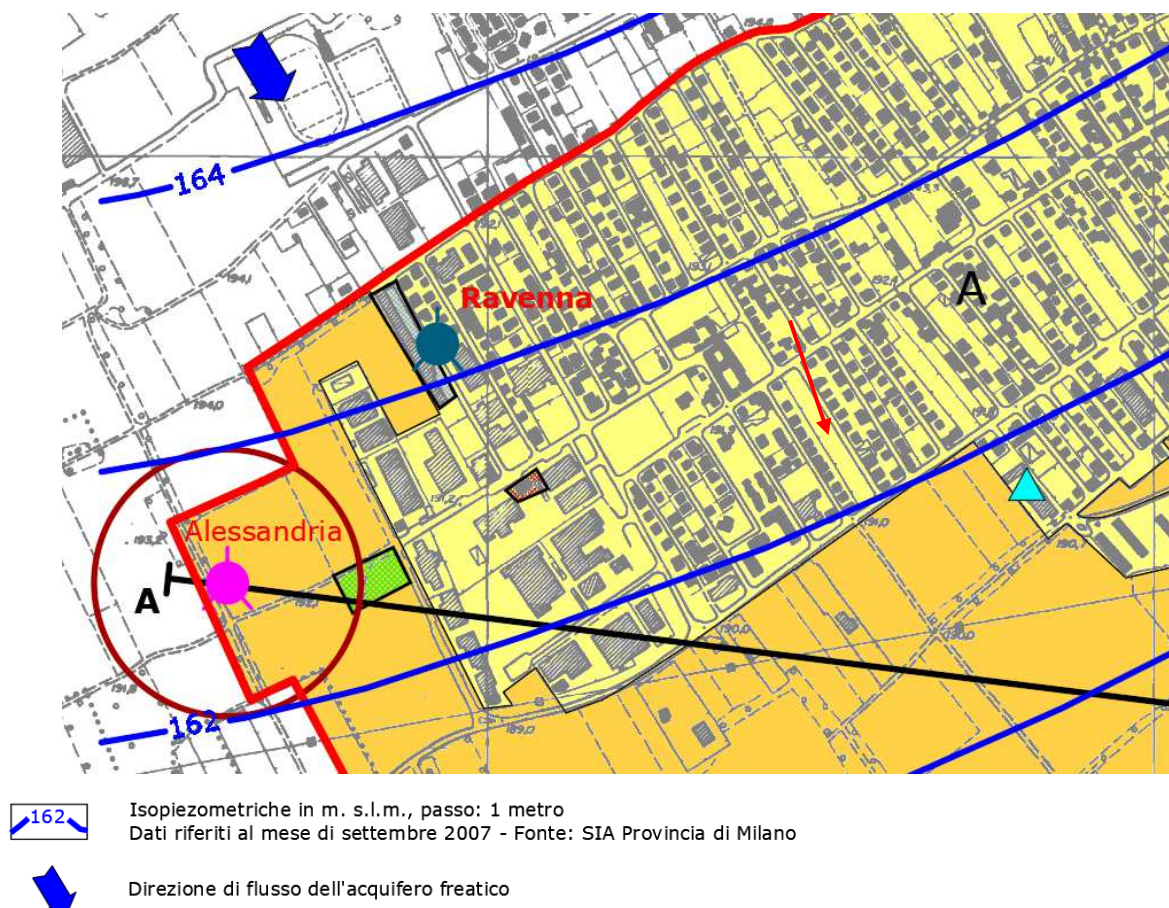


Figura 6 – Carta di inquadramento idrogeologico

## 5. MODALITA' ESECUTIVE DI INDAGINE E DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEI TERRENI

### 5.1 Scavi esplorativi

Considerata la necessità di esaminare la composizione granulometrica dei terreni superficiali e per poter effettuare idonee prove di permeabilità (Cfr. § 5.2), sono stati eseguiti n°3 scavi esplorativi, denominati arbitrariamente Sc1, Sc2 ed Sc3, tramite utilizzo di escavatore a pala meccanica.

Questi sono stati spinti sino ad una profondità pari a -1.5m rispetto al piano campagna, per consentire l'esecuzione di prove di permeabilità propedeutiche alla redazione del *Progetto di Invarianza Idraulica e Idrologica*.

In Fig.7 viene indicata l'ubicazione degli scavi.



Figura 7 – Ubicazione scavi esplorativi.

Gli scavi hanno permesso di valutare in maniera dettagliata la litostratigrafia del suolo e del primo sottosuolo: dal piano campagna, che costituisce la superficie a prato esistente, si rinvenivano alternanze di sabbie ghiaie con limo in superficie e sabbie e ghiaie con ciottoli da debolmente limose a limose in profondità, inferiormente al primo strato di 30 cm di terreno coltivo, come descritto anche nelle stratigrafie in appendice.

In *Fig.8* si osservi il dettaglio delle pareti di scavo nei tre punti indagati; viene confermato la presenza di condizioni omogenee da un punto di vista litologico, con un comportamento geotecnico dei terreni del tipo prevalentemente incoerente con discreta/buona propensione alla dispersione nel sottosuolo.



Figura 8 – Particolare del primo sottosuolo nei tre scavi eseguiti.

## 5.2 Prove di permeabilità

Allo scopo di determinare il valore di permeabilità ( $K$ ) del primo sottosuolo, sono state realizzate n.3 prove di permeabilità mediante infiltrometro a doppio anello, collocato ed infisso sul fondo degli scavi esplorativi eseguiti (si vedano le fasi esecutive nell'apposita sezione fotografica in appendice).

In generale la prova può essere eseguita sia a carico costante che variabile, in funzione della granulometria dei terreni da indagare. Si possono distinguere due modalità di esecuzione:

- ✓ Prova ad umidità naturale: la prova viene condotta senza saturare preventivamente il terreno. In questo modo si ottiene una valutazione della velocità d'infiltrazione e una definizione di quello che è il comportamento del suolo alla prima pioggia.
- ✓ Prova ad umidità modificata: la prova viene condotta saturando preventivamente il terreno. In questo modo si ottiene una velocità d'infiltrazione che si può considerare pari al coefficiente di permeabilità  $K$  (tipologia di prova del caso in esame).

L'infiltrometro utilizzato ha le seguenti caratteristiche tecniche paragonabili allo standard ASTM D 3385-03:

- ✓ Diametro interno: 32cm;
- ✓ Altezza cilindro: 25 cm;
- ✓ Infissione del cilindro: variabile (Cfr. schede tecniche delle prove in appendice).

11

Le prove infiltrometriche sono state eseguite riempiendo d'acqua l'infiltrometro ad anello doppio (sia il cilindro esterno che quello interno) per un'altezza nota, misurando la velocità di abbassamento del livello (prova di permeabilità a carico variabile), successivamente alla saturazione del terreno.

Elaborando i dati acquisiti, utilizzando le formule proposte in bibliografia, è possibile determinare un valore univoco del coefficiente di permeabilità  $k$ ; si vedano a riguardo in appendice i dati delle prove e i valori specifici calcolati.

Le prove eseguite hanno restituito i seguenti valori di conducibilità idraulica:

PROVA 1 –  $K = 8.2 \times 10^{-4}$  m/s

PROVA 2 –  $K = 3.1 \times 10^{-4}$  m/s

PROVA 2 –  $K = 1.0 \times 10^{-4}$  m/s

I valori ottenuti consentono di classificare i terreni di sottofondo come permeabili, con valore medio di riferimento per le elaborazioni analitiche pari a  **$K = 10^{-4}$  m/s**.

In appendice vengono forniti i report delle prove di permeabilità effettuate in sito.

| K (m/s)               |          | 10 <sup>1</sup>       | 1 | 10 <sup>-1</sup> | 10 <sup>-2</sup> | 10 <sup>-3</sup> | 10 <sup>-4</sup>        | 10 <sup>-5</sup>  | 10 <sup>-6</sup> | 10 <sup>-7</sup> | 10 <sup>-8</sup> | 10 <sup>-9</sup> | 10 <sup>-10</sup> | 10 <sup>-11</sup> |  |
|-----------------------|----------|-----------------------|---|------------------|------------------|------------------|-------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|--|
| Granulometria         | omogenea | Ghiaia                |   |                  |                  | Sabbia           |                         | Sabbia molto fine |                  |                  | Silt             |                  | Argilla           |                   |  |
|                       | varia    | Ghiaia grossa e media |   | Ghiaia e sabbia  |                  |                  | Sabbia e argilla e limi |                   |                  |                  |                  |                  |                   |                   |  |
| Gradi di permeabilità |          | Elevata               |   |                  |                  |                  |                         | Bassa             |                  |                  |                  |                  |                   | Nulla             |  |
| Tipi di formazioni    |          | Permeabili            |   |                  |                  |                  |                         | Semi-permeabili   |                  |                  |                  |                  |                   | Imper.            |  |

Tabella 1 - Classificazione dei terreni in base del coefficiente di permeabilità in funzione della granulometria.



Figura 9 – Fasi esecutive prove di permeabilità.

## 6. PROPOSTA PROGETTUALE PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

Nel presente paragrafo verranno presentate le proposte progettuali ed i relativi calcoli di dimensionamento per la gestione sostenibile delle acque di pioggia relativamente all'area di indagine, derivanti dalle valutazioni riguardanti l'idrogeologia e la morfologia dell'area di studio, nel rispetto dei vincoli del PGT, dei limiti imposti dal Decreto Legislativo 152/06, della Legge Regionale 26/2003 e relativi Regolamenti Regionali n° 2, 3 e 4 del 24 marzo 2006, del Regolamento Regionale n° 7 del 23 novembre 2017 e del recente Regolamento Regionale n°8 del 19 aprile 2019.

La realizzazione di nuove superfici implica necessariamente l'aumento delle portate meteoriche defluenti nei ricettori (rispetto alla situazione attuale e originaria del sito), modificando il ciclo naturale dell'acqua mediante l'aumento dei volumi di acqua di “run-off”, causato dalla diminuzione dei fenomeni evapotraspirativi, dell'infiltrazione superficiale e profonda e della conseguente ricarica delle falde acquifere.

A tal proposito Regione Lombardia, con la L.R. n°4 del 15 Marzo 2016, ha introdotto i concetti base del deflusso urbano sostenibile, per ridurre i fenomeni di allagamento urbano, contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici recettori e ridurre il degrado qualitativo delle acque.

Al fine di perseguire l'invarianza idraulica e idrologica delle trasformazioni d'uso del suolo e di conseguire, tramite la separazione e la gestione locale delle acque meteoriche a monte dei ricettori, la riduzione quantitativa dei deflussi e la conseguente attenuazione del rischio idraulico, nonché la riduzione dell'impatto inquinante sui corpi idrici ricettori tramite la separazione e la gestione delle acque meteoriche non esposte ad emissioni e scarichi inquinanti, recentemente è stato introdotto il Regolamento Regionale n. 8/2019, che modifica parzialmente il Regolamento Regionale n. 7/2017.

Esso “definisce, in attuazione dell'articolo 58 bis della Legge Regionale 11 marzo 2005 n.12 (Legge per il governo del territorio), criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica e, in particolare, disciplina l'applicazione di tali principi agli interventi di cui all'articolo 58 bis, comma 2, della l.r. 12/2005, con le specificità di cui all'articolo 3, nonché i criteri e i metodi per la disciplina, nei regolamenti edilizi, delle modalità per il conseguimento dell'invarianza idraulica e idrologica, ai sensi dell'articolo 58 bis, comma 4, della l.r. 12/2005”.

13

Si specifica che le acque meteoriche di dilavamento che si generano sull'area di interesse, debbono ritenersi non contaminate; per quanto riguarda infatti la disciplina delle acque meteoriche di prima pioggia, con riferimento al R.R. n. 4 del 24 marzo 2006 (Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'Art. 52, comma 1, lettera a) della L.R. 12 dic. 2003, n. 26), si ribadisce che l'attività di cui alla presente relazione non risulta tra gli ambiti di applicazione della disciplina e non si rende pertanto necessario il trattamento delle acque mediante la realizzazione di vasche di prima pioggia.

La proposta di gestione delle acque meteoriche per l'area di studio prevede la realizzazione di sistemi di accumulo temporaneo e successivo smaltimento delle acque meteoriche, mediante la messa in opera di un sistema costituito da **pozzi perdenti** (Cfr. *Tav.1* in calce alla presente).

Tale scelta risulta compatibile con le condizioni geologiche e idrogeologiche locali, in relazione alle caratteristiche stimate del suolo e del sottosuolo.

Per garantire, pertanto, l'invarianza idraulica rispetto alla condizione originaria del sito (come da indicazioni del RR n°7 e 8), dovrà essere ricavato un volume compensativo derivante dalle elaborazioni di cui al § 7.

Il dimensionamento del sistema di dispersione delle acque meteoriche consiste nel valutare la geometria dei pozzi perdenti, necessaria per invasare (in primis) e, successivamente, per smaltire le acque meteoriche sulla base delle caratteristiche drenanti del terreno e dell'entità degli afflussi.

## 7. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI RACCOLTA E DISPERSIONE DELLE ACQUE METEORICHE MEDIANTE POZZI PERDENTI

### 7.1 Premessa sulle modalità di calcolo – Requisiti minimi

Nel presente paragrafo si descrive la metodologia utilizzata per il dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche, secondo quanto previsto dal R.R. 7/2017 e R.R. 8/2019.

La procedura di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica dipende da una serie di fattori come l'ambito territoriale in cui ricade l'intervento, l'estensione dello stesso e il coefficiente di deflusso medio ponderale.

La tabella proposta in ambito di art.1 del R.R. 8/2019 ("modifiche al R.R. 7/2017"), riportata di seguito, distingue le diverse modalità per il calcolo dei volumi di invaso a seconda delle caratteristiche dell'intervento.

| CLASSE DI INTERVENTO |                                           | SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO                            | COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE | MODALITA' DI CALCOLO                                    |                                     |
|----------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|                      |                                           |                                                                   |                                      | AMBITI TERRITORIALI (art. 7)                            |                                     |
|                      |                                           |                                                                   |                                      | Aree A, B                                               | Aree C                              |
| 0                    | Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi | $\leq 0.03$ ha<br>( $\leq 300$ mq)                                | qualsiasi                            | Requisiti minimi<br>Art. 12 comma 1                     |                                     |
| 1                    | Impermeabilizzazione potenziale bassa     | da $> 0.03$ ha a $\leq 0.1$ ha<br>(da $> 300$ a $\leq 1.000$ mq)  | $\leq 0.4$                           | Requisiti minimi<br>Art. 12 comma 1                     |                                     |
| 2                    | Impermeabilizzazione potenziale media     | da $> 0.03$ ha a $\leq 0.1$ ha<br>(da $> 300$ a $\leq 1.000$ mq)  | $> 0.4$                              | Metodo delle sole piogge<br>(vedi art. 11 e allegato G) | Requisiti minimi<br>Art. 12 comma 1 |
|                      |                                           | da $> 0.1$ ha a $\leq 1$ ha<br>(da $> 1.000$ a $\leq 10.000$ mq)  | qualsiasi                            |                                                         |                                     |
|                      |                                           | da $> 1$ ha a $\leq 10$ ha<br>(da $> 10.000$ a $\leq 100.000$ mq) | $\leq 0.4$                           |                                                         |                                     |
| 3                    | Impermeabilizzazione potenziale alta      | da $> 1$ ha a $\leq 10$ ha<br>(da $> 10.000$ a $\leq 100.000$ mq) | $> 0.4$                              | Procedura dettagliata<br>(vedi art. 11 e allegato G)    |                                     |
|                      |                                           | $> 10$ ha<br>( $> 100.000$ mq)                                    | qualsiasi                            |                                                         |                                     |

14

Figura 10 - Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e modalità di calcolo (art. 1 del Regolamento Regionale n. 8/2019).

Il progetto in esame è classificabile come **impermeabilizzazione potenziale media**, in quanto la superficie interessata dall'intervento è pari a circa 1310 mq, con **superficie scolante impermeabile** pari sempre a 1310 mq circa e **coefficiente di deflusso medio ponderale** pari a 1.

Il Comune di Canegrate si trova nell'ambito territoriale di criticità idraulica **A** (elevata criticità), come indicato in *Fig.11*, pertanto il calcolo dell'invaso verrà svolto tramite il *Metodo delle Sole Piogge*, descritto nel prosieguo (Cfr. art. 11 e allegato G, R.R. 8/2019).

Si sottolinea tuttavia che, qualora il volume ottenuto dalla procedura di calcolo dettagliata risulti inferiore ai requisiti minimi riportati all'art. 12 del RR 7/2017, sarà necessario applicare questi ultimi.

Nel caso di aree "A" ad elevata criticità idraulica, il requisito minimo da soddisfare deve essere pari a 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento; pertanto, per l'area in progetto si dovrà considerare il seguente valore:

$$W_{\min} = 800 \text{ mc} \cdot (1310 \text{ mq}/10000 \text{ mq}) = 104,8 \text{ mc}$$

In riferimento a quanto previsto dall'art 1, comma m, punto 12 del R.R. n°8, qualora si attui il regolamento dell'invarianza mediante la realizzazione di sole strutture di infiltrazione, il requisito minimo di cui all'art.12, comma 2, potrà essere ridotto del 30%, purché i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su specifiche prove di permeabilità, come è avvenuto per il caso in esame.

Pertanto:  $W_{\min} = 104,8 \text{ mc} \times 0.7 = 73,36 \text{ mc}$

Per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica sarà necessario adottare il volume di laminazione maggiore tra quello risultante dalla procedura adottata (Metodo delle Sole Piogge) e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo, come sopra riportato.

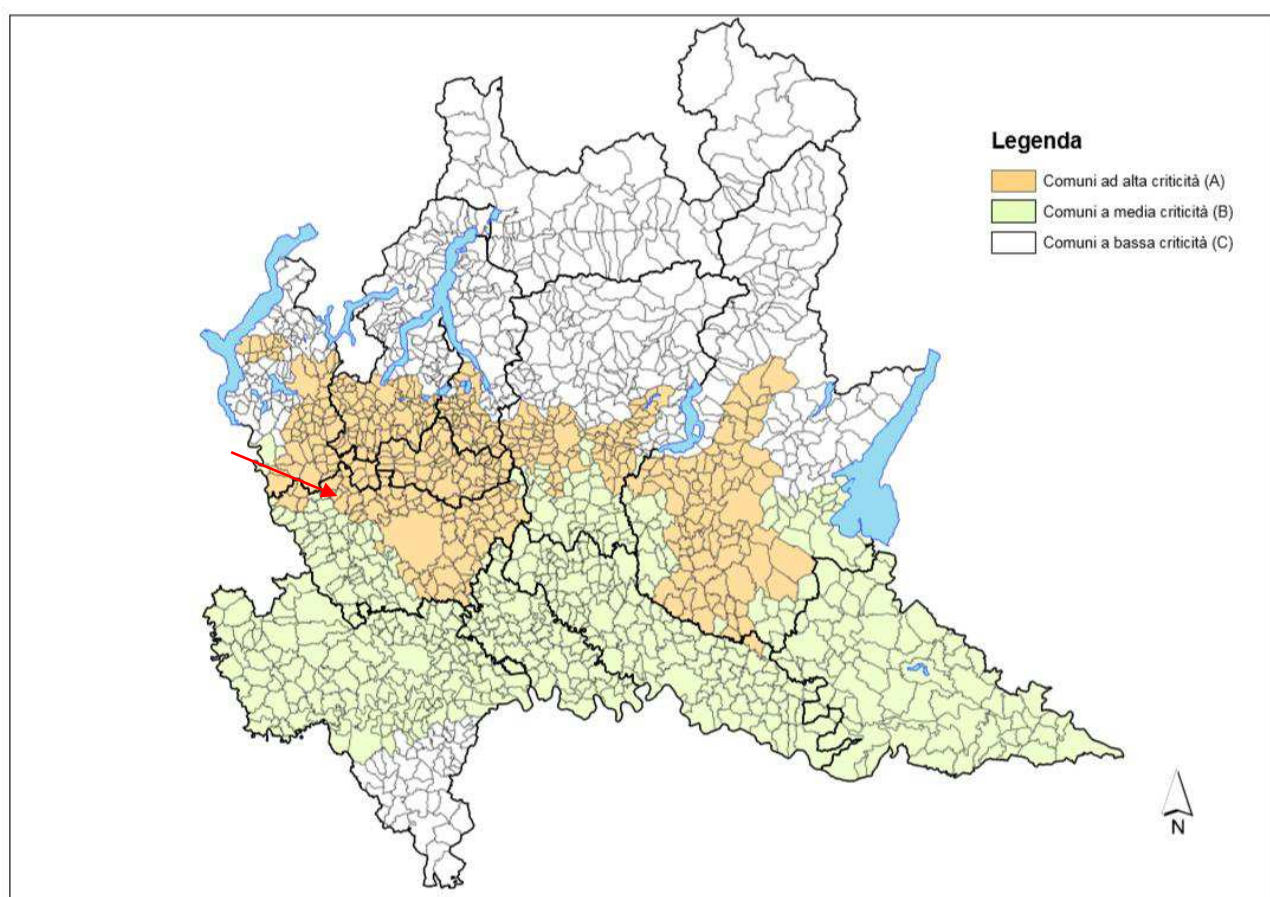


Figura 11 - Carta degli ambiti a diversa criticità idraulica.

## 7.2. Procedura di dimensionamento del sistema – Metodo delle sole piogge

Per il caso in esame, facendo riferimento alla tabella di *Fig.10*, per classe di intervento ad impermeabilizzazione potenziale media e ambito territoriale di criticità A, il dimensionamento dei volumi di laminazione, per l'applicazione dell'invarianza idraulica, verrà effettuato mediante il metodo idraulico denominato delle Sole Piogge.

Tale metodologia di calcolo si basa sulle seguenti ipotesi:

- effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante trascurabile;
- idrogramma netto di pioggia a intensità costante  $i = a \cdot D^{n-1}$ ;
- svuotamento vasca  $Q_u = \text{cost}$  (laminazione ottimale).

Nello specifico, l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa  $Q_e$  nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata  $D$  e portata costante  $Q_e$  pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso  $A$ .

Con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso.

Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

16

$$Q_e = A \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1}$$

e il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = A \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

in cui  $A$  è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso,  $\varphi$  è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo calcolabile con i valori standard esposti nell'articolo 11, comma 2, lettera d) del regolamento (quindi  $S \cdot \phi$  è la superficie scolante impermeabile dell'intervento),  $D$  è la durata di pioggia,  $a = a_1 w_T$  e  $n$  sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica (desunti da ARPA Lombardia come esposto al paragrafo 7.2.2) espressa nella forma:

$$h = a \cdot D^n = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

L'onda uscente  $Q_u$  è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili di cui all'articolo 8 del regolamento.

Nel caso oggetto di studio la portata costante in uscita dall'opera verrà considerata pari alla portata di infiltrazione  $Q_f$  nel terreno delle acque stoccate dal sistema dei pozzi perdenti; tale valore, dipendente dalla permeabilità sito specifica determinata in base ai dati locali, verrà stimata mediante la legge di Darcy:

$$Q_u = Q_f = k \cdot J \cdot A_f$$

dove:

- $Q_f$ : portata d'infiltrazione ( $m^3/s$ );
- $k$ : permeabilità del sottosuolo in  $m/s$ ;
- $J$ : cadente piezometrica ( $m/m$ );
- $A_f$ : superficie netta d'infiltrazione corrispondente all'area perimetrale disperdente dell'opera, variabile in relazione al grado di riempimento della stessa ( $m^2$ ).

La cadente piezometrica  $J$  può essere posta pari a 1 qualora il tirante idrico sulla superficie filtrante sia trascurabile rispetto all'altezza dello strato filtrante e la superficie piezometrica della falda sia convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

Come superficie netta d'infiltrazione  $A_f$  verrà considerata la superficie laterale e di base dei fossi d'infiltrazione considerati.

In tali condizioni applicando uno ietogramma netto di pioggia a intensità costante e ipotizzando evacuazione dell'opera a portata costante pari a  $Q_u = Q_f$ , i volumi entrante ed uscente risultano rispettivamente pari a:

$$W_e = A \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

$$W_u = Q_f \cdot D$$

Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia.

Conseguentemente, il volume di dimensionamento del fosso è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

Il volume invasato sarà dunque:

$$W = W_e - W_u = A \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - Q_f \cdot D$$

Il volume da assegnare è il valore massimo  $W_0$  di questa differenza, che si ottiene per una precipitazione di durata  $D_w$  critica per la vasca. Si sottolinea che l'evento critico di massima sollecitazione non coincide con l'evento critico che genera la portata al colmo di piena per il bacino (tempo di corrivazione del bacino). Il primo infatti massimizza il volume di precipitazione da invasare, data una portata in uscita dal sistema; il secondo massimizza la portata di deflusso.

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, si ricava la durata critica per la vasca e il volume da invasare come segue:

$$\theta_w = \left( \frac{Q_f}{2.78 \cdot A \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{1/(n-1)}$$

$$W_0 = 10 \cdot A \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_f \cdot D_w$$

Per qualunque sistema d'infiltrazione dotato di accumulo infine, occorre verificare che lo svuotamento, dopo la fine dell'evento piovoso, avvenga in un tempo non maggiore di

quello medio stimato fra due eventi successivi (fissato in 48 ore, come previsto dall'art. 11, comma 2, lettera f) del R.R. 7/2017).

### 7.3 Analisi delle superfici scolanti e determinazione del coefficiente di deflusso

Il dimensionamento del sistema di dispersione delle acque meteoriche consiste nel valutare la tipologia di opere e la relativa quantificazione geometrica, necessarie per smaltire le acque meteoriche sulla base delle caratteristiche drenanti del terreno e dell'entità degli afflussi.

Questi ultimi dipendono a loro volta dall'estensione e dalla tipologia delle superfici di progetto, oltrechè dalle precipitazioni critiche locali di riferimento.

Al fine di valutare le perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di piena in arrivo alle opere di dispersione, è possibile procedere tramite una procedura semplificata che permette di valutare i diversi contributi delle superfici coinvolte sulla base dell'estensione e del grado di impermeabilizzazione delle stesse.

Risulta pertanto necessario distinguere le superfici nelle seguenti tre macro-categorie:

- Aree permeabili;
- Aree semi-permeabili;
- Aree impermeabili.

18

Tale distinzione è necessaria per determinare il coefficiente di deflusso medio ponderale ( $\phi$ ) del bacino scolante, che indica la quota parte di acqua piovana che contribuisce effettivamente al deflusso superficiale, ovvero la portata meteorica che non viene smaltita attraverso l'infiltrazione naturale nel terreno o durante il processo di evaporazione.

La Tab.2 seguente fornisce i valori standard del coefficiente di deflusso relativi alle tipologie di superfici sopracitate (come previsto dall'art. 11, comma 6, lettera d del R.R. 7/2017).

| Coefficiente di afflusso | Tipologia di superficie                                        |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 0.3                      | Superfici permeabili (aree verdi o assimilabili)               |
| 0.7                      | Superfici semipermeabili (pavimentazioni drenanti)             |
| 1.0                      | Superfici impermeabili (tetti, parcheggi, strade, piazzali...) |

Tabella 2 - Coefficienti di afflusso per tipologia di superficie da normativa

All'interno dell'area di intervento è prevista la realizzazione di nuova strada, di marciapiedi e parcheggi privati a servizio del futuro insediamento residenziale, aventi superficie totale pari a circa 1310 mq, interamente del tipo impermeabile, con relativo coefficiente di afflusso pari a 1, poiché in misura maggiore compete alla formazione della pioggia netta che sarà smaltita dal sistema di raccolta dedicato.

In Fig.12 viene visualizzata la planimetria di progetto con relativa identificazione della superficie considerata.

In *Tab.3* si riassumono le superfici scolanti coinvolte, le relative metrature e i corrispondenti coefficienti di deflusso.

| Superficie      | Area [m <sup>2</sup> ] | $\phi$     |
|-----------------|------------------------|------------|
| Impermeabile    | 1310                   | 1.0        |
| Semi-permeabile | 0                      | 0.7        |
| Permeabile      | 0                      | 0.3        |
| <b>Totale</b>   | <b>1310</b>            | <b>1.0</b> |

Tabella 3 - Riepilogo delle superfici scolanti considerate per il dimensionamento

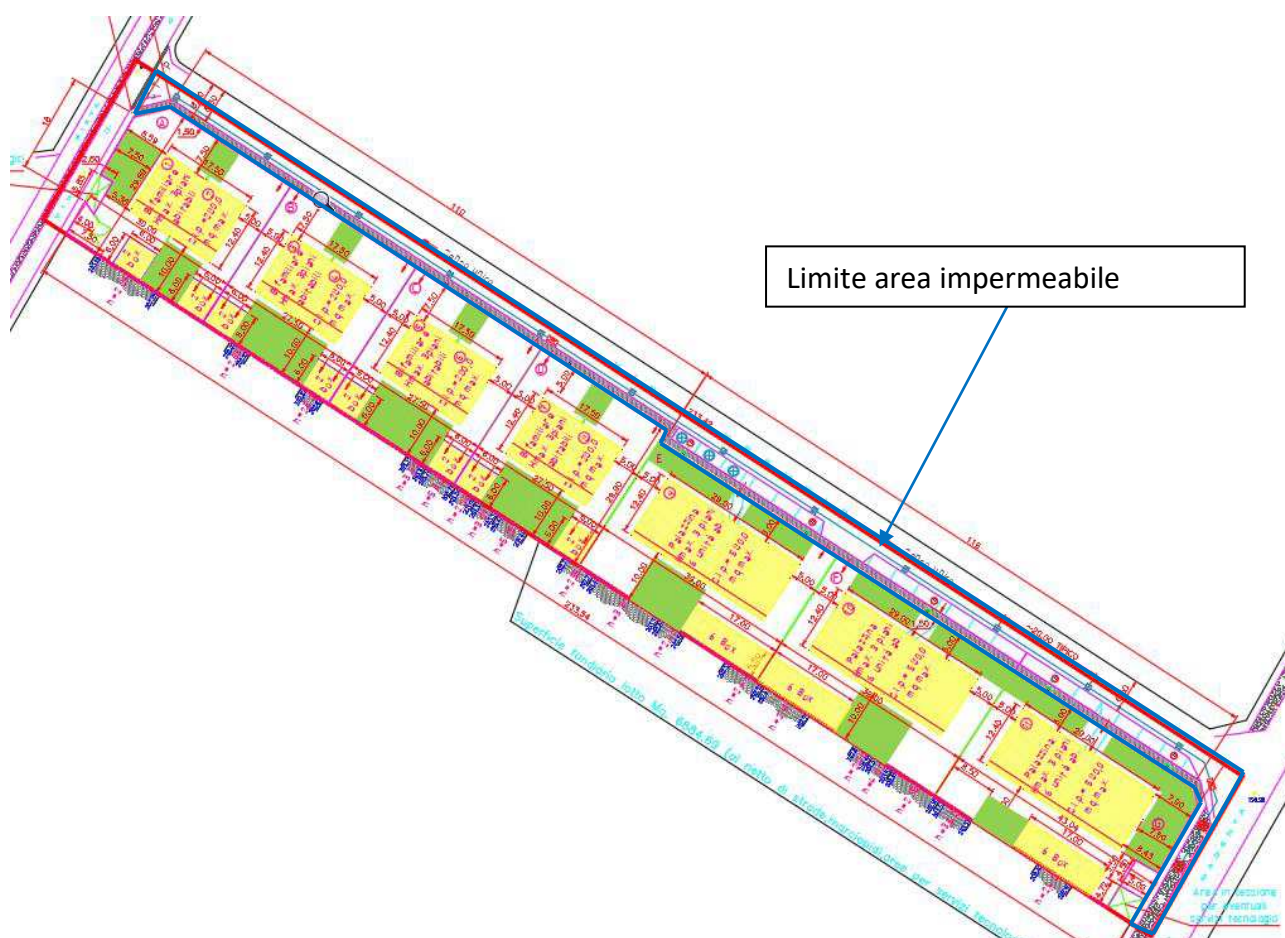


Figura 12 – planimetria superfici scolanti impermeabili (limite blu).

#### 7.4 Determinazione delle altezze di pioggia e valutazione dei parametri pluviometrici per il calcolo delle portate meteoriche di progetto

Al fine di dimensionare un sistema di drenaggio delle acque meteoriche è necessario stimare la quantità di pioggia che insiste sul bacino scolante in occasione delle

precipitazioni di maggiore intensità e quindi il contributo netto che il sistema di opere deve smaltire.

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto si effettua attraverso la determinazione della curva di possibilità pluviometrica, ovvero la relazione statistica che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

Con il termine altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in millimetri, si intende l'altezza di acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) e in assenza di perdite.

Le curve di possibilità pluviometrica possono essere espresse in forma monomia tramite la seguente espressione:

$$h(T_R) = a_1(T_R) \cdot w_T(T_R) \cdot \theta^n(T_R)$$

dove:

- $h(T_R)$ : altezza massima probabile di precipitazione [mm] associata (funzione) ad un tempo di ritorno  $T_R$  (anni), relativa ad un evento meteorico di durata  $\theta$  [ore];
- $a_1(T_R)$ : coefficiente pluviometrico orario, che rappresenta l'altezza media di pioggia caduta in un intervallo di tempo pari a 1 ora;
- $w_T(T_R)$ : coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno  $T_R$ ;
- $n(T_R)$ : esponente di invarianza di scala, che governa l'andamento della curva e l'entità della dipendenza dalla durata della precipitazione.

20

I parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per l'area di indagine sono stati scaricati dal sito di ARPA Lombardia, che li fornisce per ogni località della Regione (<http://idro.arpalombardia.it>).

Il Regolamento Regionale n. 7/2017 prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di ritorno alti, ovvero quelli che determinano un superamento anche considerevole delle capacità di controllo delle strutture fognarie. Conseguentemente, il dimensionamento delle opere di invarianza deve essere effettuato assumendo un tempo di ritorno  $T_R$  pari a 50 anni, per garantire un accettabile grado di sicurezza delle stesse opere.

La curva di possibilità pluviometrica, valida per durate di precipitazione comprese tra 1 e 24 ore, in corrispondenza del tempo di ritorno di 50 anni, per l'area in indagine, è caratterizzata dai parametri indicati in *Tab.4*.

|                                               |              |
|-----------------------------------------------|--------------|
| <i>A1 - Coefficiente pluviometrico orario</i> | <i>31.19</i> |
| N - Coefficiente di scala                     | 0.32359999   |
| GEV - parametro alpha                         | 0.29179999   |
| GEV - parametro kappa                         | -0.0162      |
| GEV - parametro epsilon                       | 0.0162       |
| wT                                            | 2.00174181   |

Tabella 4 - Parametri di calcolo delle LSPP per l'area oggetto di studio (Fonte: ARPA Lombardia)

I parametri sopra riportati si riferiscono a durate comprese tra 1 e 24 ore; per durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di parametri specifici, tutti i parametri

indicati da ARPA tranne il parametro  $n$  per il quale si indica il valore  $n = 0.5$  come suggerito dal Regolamento.

Esprimendo le due curve in forma monomia, risulta:

$$h = 62.43 \times t^{0.500} \quad \text{per } Tr=50 \text{ anni e } \theta < 60 \text{ min}$$

$$h = 62.43 \times t^{0.3235} \quad \text{per } Tr=50 \text{ anni e } \theta \geq 60 \text{ min}$$

Si riporta di seguito il foglio di calcolo con le stime di altezza di pioggia (*Tab.5*) che si abbattano sull'area oggetto dell'indagine per diverse durate (1 ÷ 24 ore) e tempi di ritorno (2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 anni) e le corrispondenti curve di possibilità pluviometrica (*Fig.13*), direttamente elaborate dal sito di ARPA Lombardia (in rosso è evidenziata la curva corrispondente ad un  $T_R$  di 50 anni).

**Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno**

| Tr           | 2         | 5         | 10         | 20         | 50         | 100         | 200         | 50         |
|--------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|
| wT           | 0,93367   | 1,26944   | 1,49517    | 1,71429    | 2,00174    | 2,22001     | 2,43994     | 2,00174181 |
| Durata (ore) | TR 2 anni | TR 5 anni | TR 10 anni | TR 20 anni | TR 50 anni | TR 100 anni | TR 200 anni | TR 50 anni |
| 1            | 29,1      | 39,6      | 46,6       | 53,5       | 62,4       | 69,2        | 76,1        | 62,4343292 |
| 2            | 36,4      | 49,5      | 58,4       | 66,9       | 78,1       | 86,7        | 95,2        | 78,1334055 |
| 3            | 41,6      | 56,5      | 66,5       | 76,3       | 89,1       | 98,8        | 108,6       | 89,0881383 |
| 4            | 45,6      | 62,0      | 73,0       | 83,7       | 97,8       | 108,4       | 119,2       | 97,7800055 |
| 5            | 49,0      | 66,7      | 78,5       | 90,0       | 105,1      | 116,6       | 128,1       | 105,101796 |
| 6            | 52,0      | 70,7      | 83,3       | 95,5       | 111,5      | 123,6       | 135,9       | 111,4893   |
| 7            | 54,7      | 74,3      | 87,5       | 100,4      | 117,2      | 130,0       | 142,8       | 117,191784 |
| 8            | 57,1      | 77,6      | 91,4       | 104,8      | 122,4      | 135,7       | 149,2       | 122,366732 |
| 9            | 59,3      | 80,6      | 95,0       | 108,9      | 127,1      | 141,0       | 154,9       | 127,120712 |
| 10           | 61,3      | 83,4      | 98,2       | 112,6      | 131,5      | 145,9       | 160,3       | 131,529582 |
| 11           | 63,3      | 86,0      | 101,3      | 116,2      | 135,6      | 150,4       | 165,3       | 135,649474 |
| 12           | 65,1      | 88,5      | 104,2      | 119,5      | 139,5      | 154,7       | 170,1       | 139,52322  |
| 13           | 66,8      | 90,8      | 106,9      | 122,6      | 143,2      | 158,8       | 174,5       | 143,184335 |
| 14           | 68,4      | 93,0      | 109,5      | 125,6      | 146,7      | 162,7       | 178,8       | 146,659591 |
| 15           | 70,0      | 95,1      | 112,0      | 128,4      | 150,0      | 166,3       | 182,8       | 149,970752 |
| 16           | 71,4      | 97,1      | 114,4      | 131,1      | 153,1      | 169,8       | 186,7       | 153,135776 |
| 17           | 72,8      | 99,0      | 116,6      | 133,7      | 156,2      | 173,2       | 190,4       | 156,169676 |
| 18           | 74,2      | 100,9     | 118,8      | 136,2      | 159,1      | 176,4       | 193,9       | 159,085142 |
| 19           | 75,5      | 102,7     | 120,9      | 138,6      | 161,9      | 179,5       | 197,3       | 161,893012 |
| 20           | 76,8      | 104,4     | 122,9      | 141,0      | 164,6      | 182,6       | 200,6       | 164,60262  |
| 21           | 78,0      | 106,0     | 124,9      | 143,2      | 167,2      | 185,5       | 203,8       | 167,222072 |
| 22           | 79,2      | 107,7     | 126,8      | 145,4      | 169,8      | 188,3       | 206,9       | 169,758456 |
| 23           | 80,3      | 109,2     | 128,6      | 147,5      | 172,2      | 191,0       | 209,9       | 172,218009 |
| 24           | 81,4      | 110,7     | 130,4      | 149,5      | 174,6      | 193,6       | 212,8       | 174,606254 |

Tabella 5 - Altezze di precipitazione relative a diverse durate e tempi di ritorno calcolate nel sito d'indagine (Fonte: ARPA Lombardia)

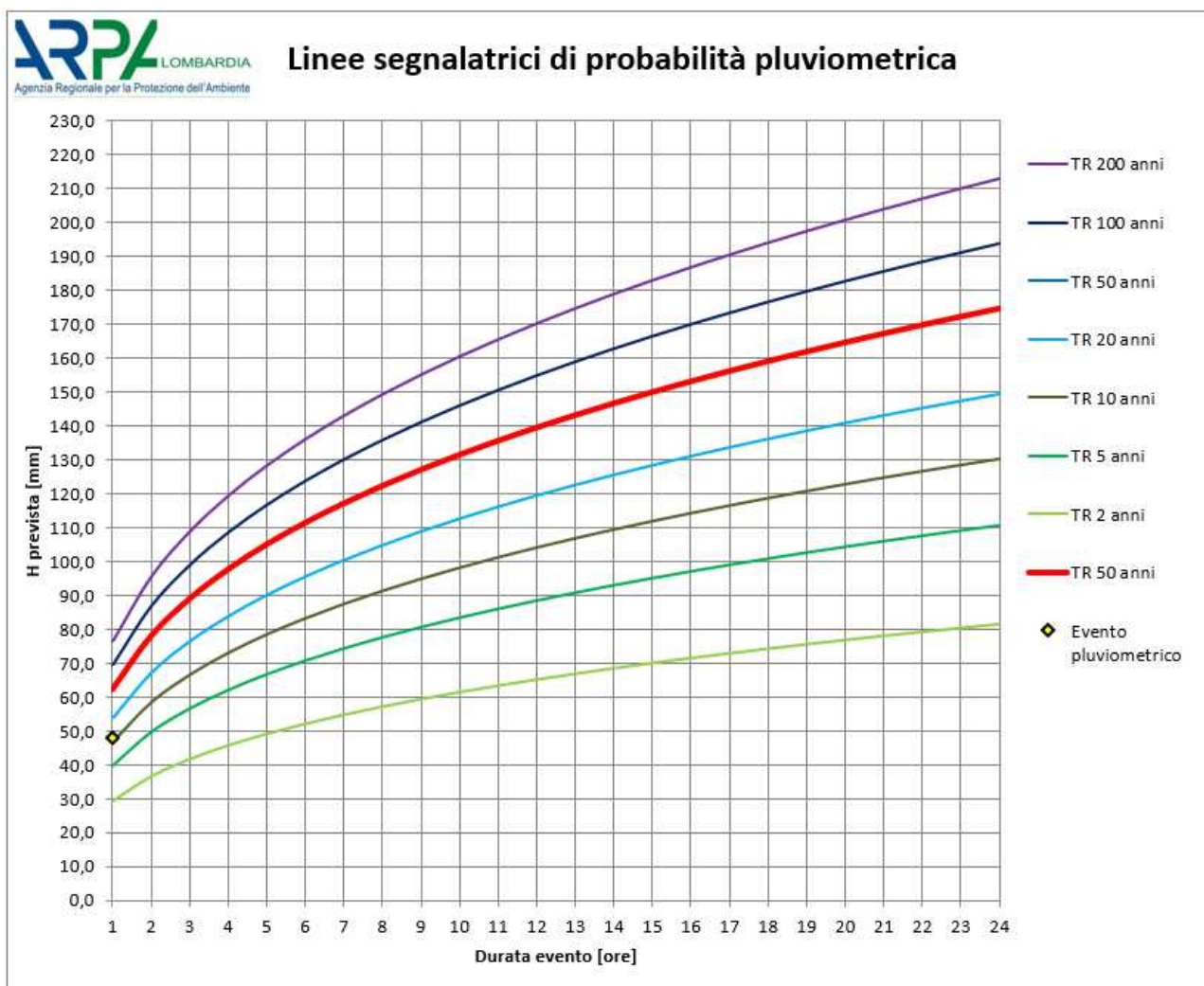


Figura 13 - Grafico delle LSP per il sito di Via Vesuvio in Comune di Canegrate (in rosso la LSP per  $T_R=50$  anni) -  
 Fonte: ARPA Lombardia.

22

## 7.5 Trasformazione afflussi-deflussi per il calcolo delle portate meteoriche di progetto

L'idrogramma di progetto  $Q_p$  gravante sul sistema di raccolta delle acque meteoriche a servizio del lotto oggetto di indagine è stato valutato mediante l'adozione di una procedura di trasformazione afflussi-deflussi, basata sull'applicazione della formula razionale, che definisce la portata critica come:

$$Q_p = A \cdot u = A \cdot 2,78 \cdot \varphi \cdot i(\theta; T_R)$$

dove:

$Q_p$ : portata critica (l/s);  
 $A$ : area del bacino scolante (ha);  
 $u$ : coeff. udometrico (l/s ha);

$T_R$ : tempo di ritorno (anni);  
 $\theta$ : durata dell'evento (ore);  
 $\phi$ : coeff. di afflusso del bacino (-);  
 $i$ : intensità media di pioggia, ragguagliata all'area, funzione della durata dell'evento secondo la relazione:  $i = a \cdot \theta^{-n-1}$  (mm/ora), con  $a$  e  $n$  coefficienti della curva di possibilità pluviometrica.

Per la formulazione della precedente equazione è stato adottato il **metodo della corrivazione**. Secondo tale metodo la forma dell'idrogramma nel tempo varia in relazione ad una grandezza tipica del bacino scolante, denominata tempo di corrivazione dell'area  $T_c$ .

Ciò vale a dire che, a seconda che la durata dell'evento di simulazione sia  $\theta < T_c$  oppure  $\theta > T_c$ , la portata al colmo assume una formulazione matematica differente. Nel paragrafo seguente verrà descritto nel dettaglio il metodo di calcolo di tale grandezza.

## 7.6 Determinazione del tempo di corrivazione per il bacino

Il tempo di corrivazione è definito come somma del tempo necessario al raggiungimento del sistema di accumulo e dispersione da parte dell'acqua meteorica di ruscellamento superficiale (tempo di ingresso in rete)  $T_i$  e del tempo di scorrimento all'interno della rete di collettamento,  $T_r$ :

$$T_c = T_i + T_r \text{ [s]}$$

Dove:

$T_i$  = tempo di ingresso in rete [s]

$T_r$  = tempo di rete [s]

Il tempo di accesso in rete  $T_i$  è in genere di difficile determinazione, in quanto varia con la pendenza dell'area, la natura della stessa e il livello di realizzazione dei drenaggi minori; solitamente il suo valore risulta compreso entro l'intervallo di 5 ÷ 15 minuti.

Nel caso in analisi viene assunto un valore pari a  $T_i = 12$  minuti, sulla base di quanto riportato nella seguente tabella:

| Tipi di bacini                                                                                                 | $T_i$ [minuti] |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e con frequenti caditoie stradali | 5-7            |
| Centri urbani semi intensivi con pendenze modeste e caditoie stradali meno frequenti                           | 7-10           |
| Aree urbane di tipo estensivo con piccole pendenze e caditoie poco frequenti                                   | 10-15          |

Tabella 6 - Tempo di ingresso in rete (da Becciu e Paoletti).

Il tempo di rete  $T_r$  è funzione delle caratteristiche della rete, ovvero dello sviluppo del tracciato delle condotte e della velocità della corrente e può essere stimato come rapporto tra la lunghezza del punto più lontano e la velocità del deflusso in condotta ( $T_r = L/V$ ).

Tale velocità si assume in prima approssimazione a favore di sicurezza pari a  $V = 0.8$  m/s. Ove la lunghezza  $L$  non sia lineare e misurabile, si assume  $L = \sqrt[3]{(1,5 \cdot A)}$ , dove  $A$  è l'area del bacino scolante.

Nel caso in esame, non essendo noto lo sviluppo della rete a priori in quanto in via di progetto, si è assunta quest'ultima formulazione, calcolata per l'intero bacino di circa 1310 mq.

Il tempo di corrivazione del lotto oggetto di studio risulta pertanto pari a circa 11 minuti.

## 8. ELABORAZIONI ANALITICHE E RISULTATI

Il dimensionamento dei pozzi perdenti è stato effettuato assumendo le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica ( $I_{spp}$ ) relative ad un tempo di ritorno  $Tr=50$  anni, con coefficienti  $a= 62.43$  e  $n=0.3236$  per una durata dell'evento meteorico superiore a 60 minuti e  $n=0.5$  per una durata dell'evento meteorico inferiore a 60 minuti.

Sulla base della tipologia delle superfici scolanti si sono considerati i coefficienti di afflusso medi  $\phi$  riportati in *Tab.3* al § 7.3.

Per quanto riguarda il coefficiente di permeabilità del terreno, è stato utilizzato un valore pari di  $K = 10^{-4}$  m/s, considerato cautelativo in base alla tipologia di terreni tipici dell'areale in esame e in base ai valori medi determinati con le specifiche prove di permeabilità effettuate.

I calcoli di dimensionamento delle opere sono stati effettuati assumendo pozzi perdenti aventi diverse geometrie a seconda della zona di realizzazione:

### A) ZONA VIA MAGENTA

diametro  $\phi=2.0$  m

altezza  $H=3.0$  m (da -0.5m a -3.5m rispetto a piano campagna)

dreno esterno (corona circolare) di larghezza  $s = 0.6$  m (porosità pari al 50% per utilizzo di ciottoli grossolani).

### B) ZONA VIA VESUVIO

diametro  $\phi=1.5$  m

altezza  $H=3.5$  m (da -0.5m a -4.0m rispetto a piano campagna)

dreno esterno (corona circolare) di larghezza  $s = 0.5$  m (porosità pari al 50% per utilizzo di ciottoli grossolani).

Di seguito si riassumono i dati in ingresso e i risultati della procedura di dimensionamento.

| Dati di precipitazione                  |                          |
|-----------------------------------------|--------------------------|
| a1                                      | 31.19                    |
| n1                                      | 0.5                      |
| a2                                      | 31.19                    |
| n2                                      | 0.32359                  |
| D limite                                | 60 min                   |
| Superficie intervento                   | 1310 mq                  |
| $\phi$ (coeff deflusso medio ponderale) | 1                        |
| Superficie scolante impermeabile        | 1310 mq                  |
| T corrivazione                          | 11 min                   |
| Dati terreno                            |                          |
| K (permeabilità)                        | $1.0 \times 10^{-4}$ m/s |
| Porosità dreno                          | 0.5                      |

Tabella 7 - Dati in ingresso del dimensionamento del volume di invaso.

| Confronto e scelta volume di invaso        |                      |
|--------------------------------------------|----------------------|
| Volume “metodo sole piogge”                | 70,64 m <sup>3</sup> |
| Volume “minimi requisiti”                  | 104,8 m <sup>3</sup> |
| Volume “minimi requisiti” depurato del 30% | 73,36 m <sup>3</sup> |
| Volume di progetto                         |                      |
|                                            | 73,36 m <sup>3</sup> |

Tabella 8 - Risultati del dimensionamento del volume di invaso.

Il volume di invaso, calcolato con la procedura del “metodo delle sole piogge” e relativo ad una durata critica di circa 60 minuti, è risultato pari a 70,64 m<sup>3</sup>, che risulta minore del volume calcolato con i requisiti minimi, opportunamente ridotto come da RR n°8, pari a 73,36 m<sup>3</sup>.

Pertanto, sarà necessario realizzare una o più opere di laminazione, comunque configurate, che soddisfino il volume di invaso maggiore, quindi per un volume totale di almeno 73,36 m<sup>3</sup>.

Tale dato viene assunto come volume di progetto.

Nel caso in esame è stato ritenuto migliore, da un punto di vista dei rapporti costi/benefici, **un sistema costituito da n°5 pozzi perdenti totali**, aventi le caratteristiche geometriche sintetizzate in precedenza, che consentirà di stoccare e disperdere le acque meteoriche, con capacità utile complessivamente pari a circa 19 m<sup>3</sup>, valore che consente di soddisfare ampiamente il criterio dei requisiti minimi.

| Sistema di invaso e dispersione                   |                            |
|---------------------------------------------------|----------------------------|
| <b>POZZI VIA MAGENTA</b>                          |                            |
| Volume efficace dreno (compreso fondo da 20cm)    | 8.67 m <sup>3</sup>        |
| Volume pozzo                                      | 9.42 m <sup>3</sup>        |
| Volume utile per n°1 pozzo                        | 18.1 m <sup>3</sup>        |
| <b>Volume utile per n°2 pozzi</b>                 | <b>36.2 m<sup>3</sup></b>  |
| <b>POZZI VIA VESUVIO</b>                          |                            |
| Volume efficace dreno (compreso fondo da 20cm)    | 6.48 m <sup>3</sup>        |
| Volume pozzo                                      | 6.18 m <sup>3</sup>        |
| Volume utile per n°1 pozzo                        | 12.66 m <sup>3</sup>       |
| <b>Volume utile per n°3 pozzi</b>                 | <b>37.98 m<sup>3</sup></b> |
| <b>Numero pozzi perdenti necessari</b>            | <b>5</b>                   |
| <b>Volume complessivo sistema pozzi perdenti</b>  | <b>74.18 m<sup>3</sup></b> |
| <b>Volume da soddisfare</b>                       | <b>73.36 m<sup>3</sup></b> |
| <b>VERIFICA INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA</b> | <b>SI</b>                  |

Tabella 9 – volumi invasi.

Il tempo medio di svuotamento del sistema di pozzi perdenti, calcolato come  $t = W/Q_u$  per una portata di infiltrazione in uscita dal sistema a pieno riempimento, **risulta ampiamente inferiore al limite di normativa di 48 ore, pari a circa 5 ore.**

26

Si veda *Tav.7* in Appendice la posizione prevista dei pozzi perdenti.

## 9. INSTALLAZIONI E ACCORGIMENTI COSTRUTTIVI

La capacità portante del pozzo perdente dipende dalla corretta preparazione del piano di posa; in sostituzione della platea di fondo si pone uno strato di sabbia compattata sovrapposta ad un base di pietrame e pietrisco per uno spessore di almeno 20 cm.

Gli anelli forati in calcestruzzo devono essere posizionati l'uno sull'altro partendo dal basso e procedendo verso l'alto senza sigillatura dei giunti.

I pozzi dovranno essere collegati avendo cura di posizionare i tubi ad una quota di almeno -50 cm dal piano finito del terreno, per evitare il congelamento ed evitare schiacciamenti qualora la superficie attorno al pozzo sia del tipo carrabile.

Intorno alla parete forata del pozzo si dovrà predisporre uno strato di pietrisco/ghiaia, sistemato anch'esso ad anello, per uno spessore in senso orizzontale di 50-60 cm (in relazione alla tipologia di pozzi da realizzare nei due settori) e di granulometria crescente procedendo verso le pareti del pozzo, in modo da facilitare il deflusso delle acque ed evitare l'intasamento dei fori disperdenti (Cfr. schema in *Fig.14*).

Il dreno dovrà essere predisposto anche inferiormente al pozzo, per uno spessore pari a 20cm

La posizione prevista dei pozzi garantirà assenza di interazioni sfavorevoli tra di essi, garantendo le migliori condizioni di drenaggio all'interno del sottosuolo.

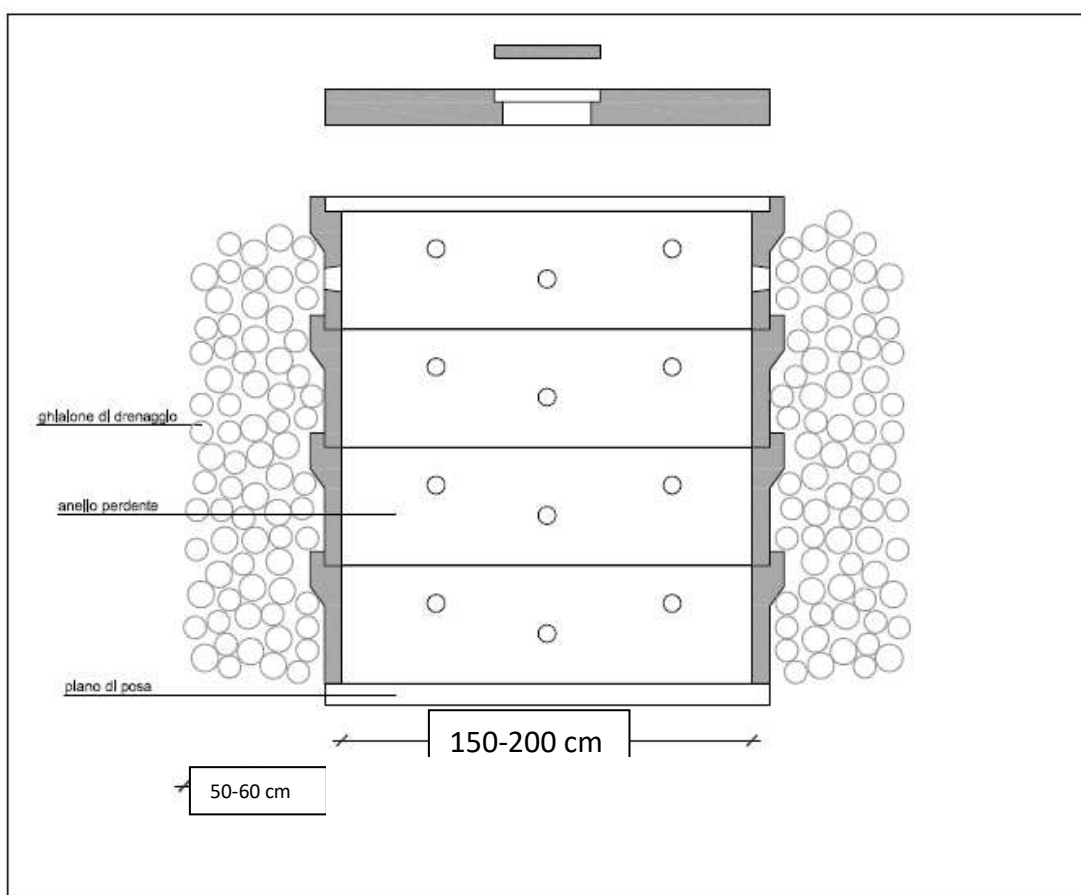


Figura 14 – sezione schematica pozzo perdente.

## 10. INTERVENTI DI MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA

Al fine di mantenere un'elevata efficienza di dispersione delle acque meteoriche, risulta di fondamentale importanza effettuare regolarmente operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria su tutte le componenti delle opere (caditoie, filtri, condotte di allacciamento e pozzi perdenti), al fine di evitare pericolose occlusioni che potrebbero prolungare i tempi di svuotamento degli invasi.

In particolare, dovrà essere verificato con cadenza bimestrale (interventi ordinari):

- il corretto afflusso delle acque meteoriche ai pozzi perdenti;
- l'integrità degli elementi strutturali.

In caso di perdita dell'efficienza della dispersione del/dei pozzo/i, da valutare tramite rilievo dell'abbassamento dei livelli di acqua in concomitanza degli eventi pluviometrici significativi, dovranno essere previste attività straordinarie che, eventualmente potranno prevedere:

- sostituzione degli elementi ammalorati;
- pulizia del fondo tramite attività di spurgo.

28

## 11. SINTESI DEI RISULTATI

In relazione al dimensionamento del sistema disperdente delle acque meteoriche nell'ambito del progetto di nuove opere di urbanizzazione in Via Vesuvio in Comune di Canegrate (Mi), in ottemperanza a quanto previsto dal R.R. n.7 del 23/11/2017 e R.R. n.8 del 19 aprile 2019, è possibile effettuare le seguenti considerazioni conclusive sintetiche:

- nell'area in oggetto, considerati i dati pubblicati all'interno della componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. e in base alle conoscenze idrogeologiche locali, si può affermare che la **falda** si trova a profondità superiori a **30 m rispetto al piano campagna**, escludendo interferenze della stessa con il sistema disperdente delle acque meteoriche in progetto;
- dall'analisi delle cartografie ufficiali del Comune di Canegrate (componente geologica, idrogeologica e sismica per il P.G.T.) e in base alle evidenze dirette degli scavi esplorativi effettuati all'interno dell'areale in esame, è possibile affermare che la litologia prevalente dell'area di indagine risulta del tipo ghiaioso sabbiosa con ciottoli e limo variabili, che garantisce favorevoli condizioni di drenaggio delle acque;
- ai fini del dimensionamento è stato adottato un coefficiente di permeabilità rappresentativo dei terreni indagati in sito pari a  $K = 1.0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$  che permette di definire il terreno come permeabile; il valore è stato determinato con specifiche prove di permeabilità eseguite all'interno del sito in esame (prove infiltrometriche).

- l'attività di cui alla presente relazione non risulta tra gli ambiti di applicazione della disciplina delle acque meteoriche di prima pioggia, in riferimento al R.R. n. 4 del 24/3/2006 (Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'Art. 52, comma 1, lettera a) della L.R. 12 dic. 2003, n. 26);
- Il bacino contribuente delle opere in progetto presenta una superficie complessiva di circa 1310 m<sup>2</sup>, composta esclusivamente da aree permeabili, con **coefficiente di afflusso medio ponderale pari 1.0**. La **superficie scolante impermeabile** risulta pertanto sempre **pari a 1310 m<sup>2</sup>**.
- data l'estensione e il livello di impermeabilizzazione dell'intervento, è stata applicato il metodo delle Sole Piogge per calcolare il volume di invaso relativo all'evento critico di precipitazione, fissato un tempo di ritorno pari a 50 anni;
- il volume calcolato con il suddetto metodo, pari a **70,64 m<sup>3</sup>** è risultato minore di quello calcolato con i Minimi Requisiti, pari a **73,36 m<sup>3</sup>** (già decurtato del 30%, come previsto dal R.R. n°8 in presenza di specifiche prove di permeabilità); quest'ultimo valore viene assunto ai fini del dimensionamento delle opere di laminazione e dispersione;
- al fine di garantire i principi di invarianza idraulica è **stato verificato un sistema disperdente costituito da n°5 pozzi perdenti aventi le seguenti caratteristiche geometriche:**

29

#### **ZONA VIA MAGENTA (n°2 pozzi)**

**diametro  $\phi=2.0$  m**

**altezza H=3.0 m** (da -0.5m a -3.5m rispetto a piano campagna)

**dreno esterno** (corona circolare) di larghezza **s = 0.6 m** (porosità pari al 50% per utilizzo di ciottoli grossolani).

#### **ZONA VIA VESUVIO (n°3 pozzi)**

**diametro  $\phi=1.5$  m**

**altezza H=3.5 m** (da -0.5m a -4.0m rispetto a piano campagna)

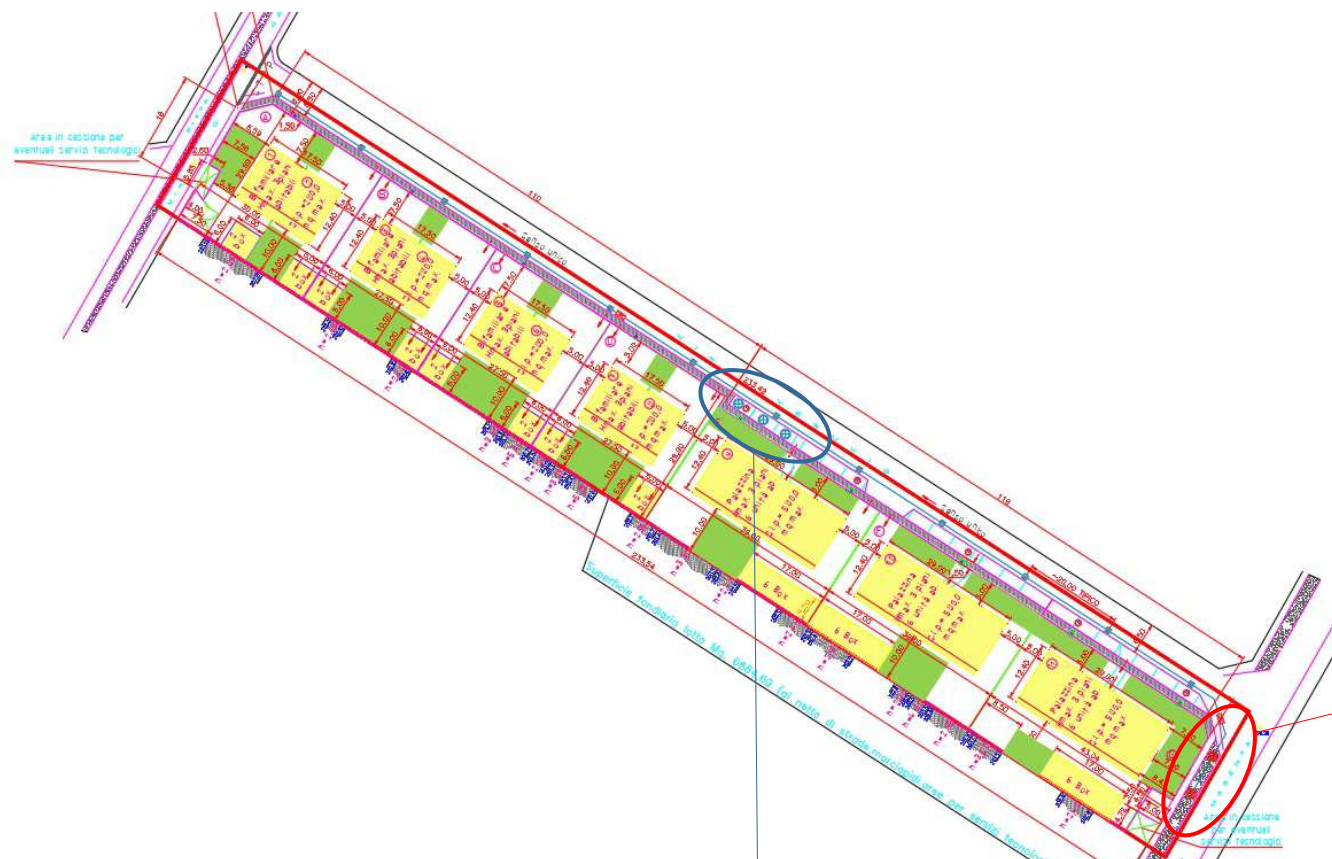
**dreno esterno** (corona circolare) di larghezza **s = 0.5 m** (porosità pari al 50% per utilizzo di ciottoli grossolani).

- Il tempo di svuotamento del sistema risulta essere inferiore alle 48 ore, indicate dalla normativa di riferimento.

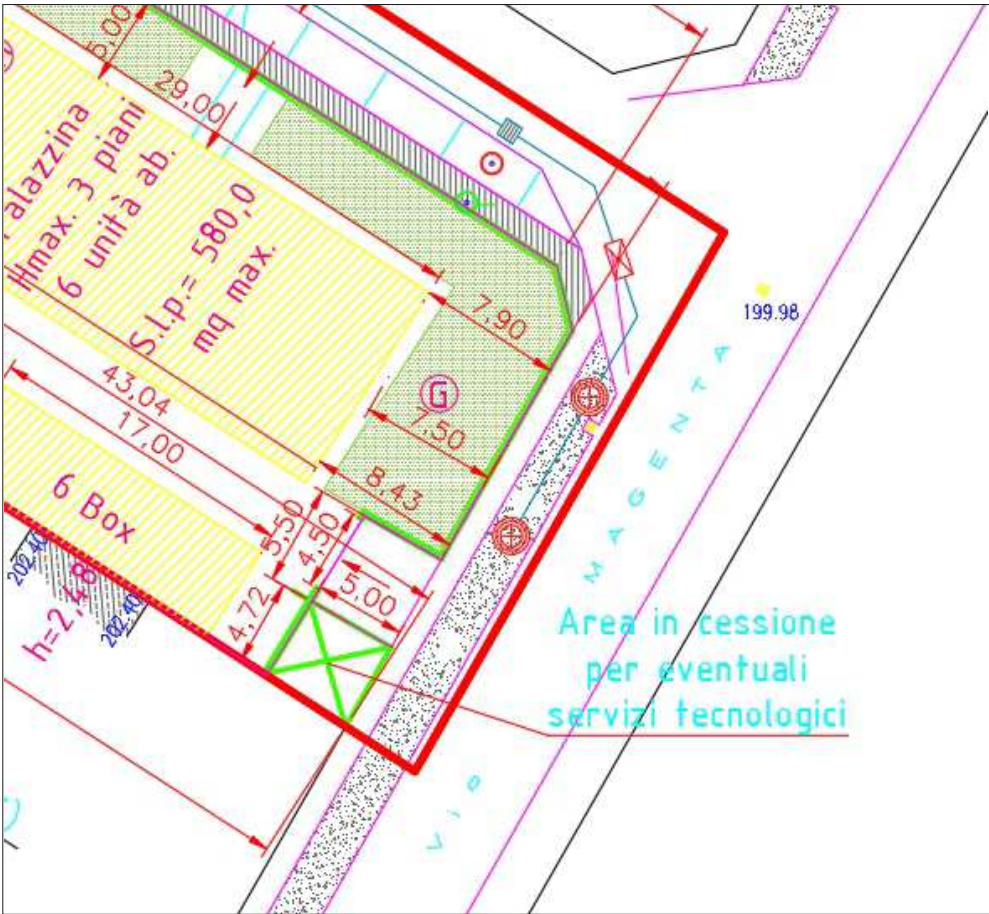
Per quanto riguarda i dimensionamenti di dettaglio delle singole opere e i calcoli effettuati, si rimanda ai relativi paragrafi.

Busto Arsizio, 03/10/2019.

Dott. Geol. Luca Luoni



POZZI PERDENTI - VIA VESUVIO  
 $\phi=1.5\text{m}$   
 $H=3.5\text{m}$   
 $s=50\text{ cm}$



POZZI PERDENTI - VIA MAGENTA  
 $\phi=2.0\text{m}$   
 $H=3.0\text{m}$   
 $s=60\text{ cm}$

|                                                                                                               |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Committente<br>MONTOLI CRISTINA<br>MONTOLI ALESSANDRA                                                         |                      |
| Progetto<br>OPERE DI URBANIZZAZIONE<br>COMUNE DI CANEGRATE - VIA VESUVIO<br>INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA |                      |
| PLANIMETRIA DI PROGETTO<br>UBICAZIONE POZZI PERDENTI                                                          | Tavola<br><b>1</b>   |
| Scala<br>1:400                                                                                                | Data<br>OTTOBRE 2019 |

# **STRATIGRAFIA TRINCEE ESPLORATIVE**

|                                  |           |                                                        |  |                                 |          |                          |       |                                    |  |
|----------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------|--|---------------------------------|----------|--------------------------|-------|------------------------------------|--|
| Committente<br>Sig.re Montoli    |           | Profondità raggiunta<br>1,50 m                         |  | Quota Ass. P.C.<br>191 m s.l.m. |          | Certificato n°           |       | Pagina                             |  |
| Operatore<br>Impresa Colombo Srl |           | Indagine<br>Invarianza Idraulica e Idrologica per OOUU |  | Note1                           |          |                          |       | Inizio/Fine Esecuzione<br>05/07/19 |  |
| Responsabile<br>dott. Luca Luoni |           | Sondaggio<br>Sc1                                       |  | Tipo Carotaggio<br>SCAVO        |          | Tipo Sonda<br>ESCAVATORE |       | Coordinate X Y                     |  |
| Profondità                       | Litologia | Descrizione                                            |  |                                 | Spessore | Campioni                 | Cass. | Falda                              |  |

|   |                                                                                   |                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|--|--|--|--|--|--|
| 1 |  | Terreno coltiv.                                                                            | 0.00 |  |  |  |  |  |  |
|   |                                                                                   | Sabbie ghiaie con ciottoli da debolmente limose a limose. Colore da marrone scuro a bruno. | 0.30 |  |  |  |  |  |  |
|   |  |                                                                                            | 1.20 |  |  |  |  |  |  |
|   |                                                                                   |                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |
| 2 |                                                                                   |                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |
| 3 |                                                                                   |                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |
| 4 |                                                                                   |                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |

|                                  |           |                                                        |  |                                 |          |                          |       |                                    |  |
|----------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------|--|---------------------------------|----------|--------------------------|-------|------------------------------------|--|
| Committente<br>Sig.re Montoli    |           | Profondità raggiunta<br>1,50 m                         |  | Quota Ass. P.C.<br>191 m s.l.m. |          | Certificato n°           |       | Pagina                             |  |
| Operatore<br>Impresa Colombo Srl |           | Indagine<br>Invarianza Idraulica e Idrologica per OOUU |  | Note1                           |          |                          |       | Inizio/Fine Esecuzione<br>05/07/19 |  |
| Responsabile<br>dott. Luca Luoni |           | Sondaggio<br>Sc2                                       |  | Tipo Carotaggio<br>SCAVO        |          | Tipo Sonda<br>ESCAVATORE |       | Coordinate X Y                     |  |
| Profondità                       | Litologia | Descrizione                                            |  |                                 | Spessore | Campioni                 | Cass. | Falda                              |  |

|   |                                                                                   |                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|--|--|--|--|--|--|
| 1 |  | Terreno coltiv.                                                                            | 0.00 |  |  |  |  |  |  |
|   |                                                                                   | Sabbie ghiaie con ciottoli da debolmente limose a limose. Colore da marrone scuro a bruno. | 0.30 |  |  |  |  |  |  |
|   |  |                                                                                            | 1.20 |  |  |  |  |  |  |
|   |                                                                                   |                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |
| 2 |                                                                                   |                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |
| 3 |                                                                                   |                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |
| 4 |                                                                                   |                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |

|                                  |           |                                                        |  |                                 |          |                          |       |                                    |  |
|----------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------|--|---------------------------------|----------|--------------------------|-------|------------------------------------|--|
| Committente<br>Sig.re Montoli    |           | Profondità raggiunta<br>1,50 m                         |  | Quota Ass. P.C.<br>191 m s.l.m. |          | Certificato n°           |       | Pagina                             |  |
| Operatore<br>Impresa Colombo Srl |           | Indagine<br>Invarianza Idraulica e Idrologica per OOUU |  | Note1                           |          |                          |       | Inizio/Fine Esecuzione<br>05/07/19 |  |
| Responsabile<br>dott. Luca Luoni |           | Sondaggio<br>Sc3                                       |  | Tipo Carotaggio<br>SCAVO        |          | Tipo Sonda<br>ESCAVATORE |       | Coordinate X Y                     |  |
| Profondità                       | Litologia | Descrizione                                            |  |                                 | Spessore | Campioni                 | Cass. | Falda                              |  |

|   |                                                                                   |                                                                                     |      |  |  |  |  |  |  |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|--|--|--|--|--|--|
| 1 |  | Terreno coltiv.                                                                     | 0.00 |  |  |  |  |  |  |
|   |                                                                                   | Sabbie e ghiaie con ciottoli debolmente limose.<br>Colore da marrone scuro a bruno. | 0.30 |  |  |  |  |  |  |
|   |  |                                                                                     | 1.20 |  |  |  |  |  |  |
|   |                                                                                   |                                                                                     |      |  |  |  |  |  |  |
| 2 |                                                                                   |                                                                                     |      |  |  |  |  |  |  |
| 3 |                                                                                   |                                                                                     |      |  |  |  |  |  |  |
| 4 |                                                                                   |                                                                                     |      |  |  |  |  |  |  |

# PROVE INFILTROMETRICHE



## PROVE INFILTROMETRICHE

|              |                            |
|--------------|----------------------------|
| Committente: | Sig.re Montoli             |
| Descrizione: | Opere di urbanizzazione    |
| Località:    | Canegrate (Mi) Via Vesuvio |
| Data:        | 05/07/2019                 |

Caratteristiche Tecniche-Strumentali: **Infiltrometro doppio anello**

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| Diametro ( $\Phi$ interno) | 32 cm |
| Diametro ( $\Phi$ esterno) | 56 cm |
| Profondità                 | 25 cm |

**PROVA 1**

| Prova 1: Dati terreno                |           |                                |                   |
|--------------------------------------|-----------|--------------------------------|-------------------|
| Profondità da piano campagna: 150 cm |           | Profondità di infissione: 5 cm |                   |
| N. lettura                           | Tempo (s) | Livello acqua (cm)             | Abbassamento (cm) |
| 1                                    | 0         | 14,5                           | 0                 |
| 2                                    | 30        | 9                              | 5,5               |
| 3                                    | 60        | 6                              | 3                 |
| 4                                    | 90        | 5                              | 1                 |
| 5                                    | 120       | 3                              | 2                 |

| Prova 1: Elaborazione                |                     |                    |                         |                      |                                |                        |                         |                     |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|
| Profondità da piano campagna: 150 cm |                     |                    |                         |                      | Profondità di infissione: 5 cm |                        |                         |                     |
| N. lettura                           | Tempo effettivo (s) | Livello acqua (cm) | Abbassamento acqua (cm) | Intervallo tempo (s) | Velocità di infiltrazione      | Livello idrico su P.C. | Gradiente idraulico (i) | Permeabilità (cm/s) |
| 1                                    | 0                   | 14,5               | 0                       | -                    | -                              | -                      | -                       | -                   |
| 2                                    | 30                  | 9                  | 5,5                     | 30                   | 0,183333333                    | 4                      | 1,80                    | 0,1019              |
| 3                                    | 60                  | 6                  | 3                       | 30                   | 0,1                            | 1                      | 1,20                    | 0,0833              |
| 4                                    | 90                  | 5                  | 1                       | 30                   | 0,033333333                    | 0                      | 1,00                    | 0,0333              |
| 5                                    | 120                 | 3                  | 2                       | 30                   | 0,066666667                    | -2                     | 0,60                    | 0,1111              |

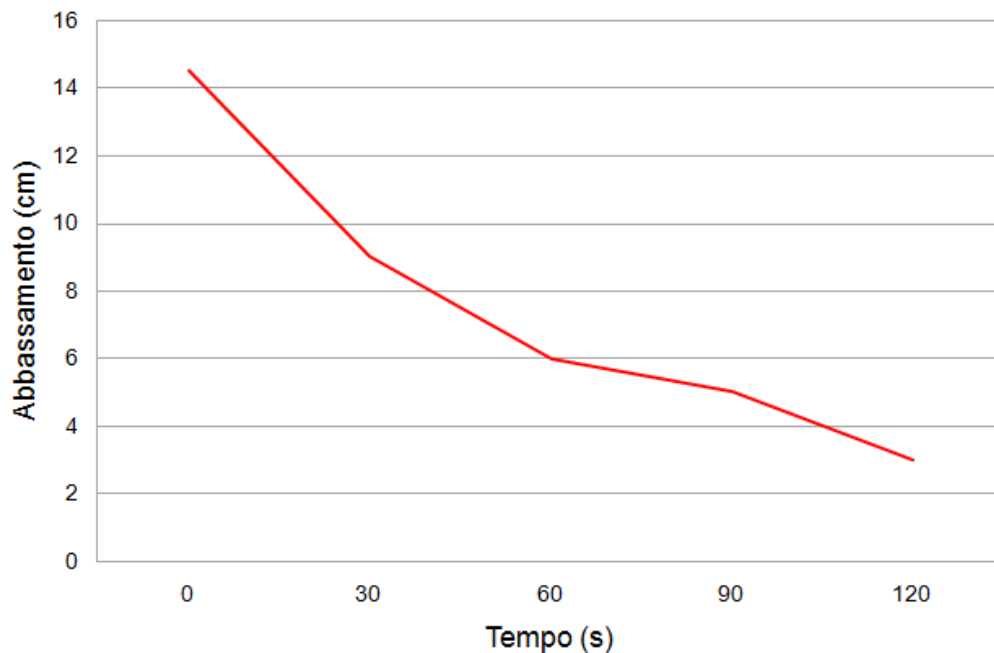
***Prova infiltrometrica***

Figura 1 - Grafico abbassamento acqua per la prova 1.

Note:

Permeabilità media (cm/s): **0,0824**Permeabilità media (m/s): **0,000824**

| K (m/s)               |          | 10 <sup>1</sup>       | 1 | 10 <sup>-1</sup> | 10 <sup>-2</sup> | 10 <sup>-3</sup> | 10 <sup>-4</sup>        | 10 <sup>-5</sup>  | 10 <sup>-6</sup> | 10 <sup>-7</sup> | 10 <sup>-8</sup> | 10 <sup>-9</sup> | 10 <sup>-10</sup> | 10 <sup>-11</sup> |  |
|-----------------------|----------|-----------------------|---|------------------|------------------|------------------|-------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|--|
| Granulometria         | omogenea | Ghiaia                |   |                  |                  | Sabbia           |                         | Sabbia molto fine |                  |                  | Silt             |                  | Argilla           |                   |  |
|                       | varia    | Ghiaia grossa e media |   | Ghiaia e sabbia  |                  |                  | Sabbia e argilla e limi |                   |                  |                  |                  |                  |                   |                   |  |
| Gradi di permeabilità |          | Elevata               |   |                  |                  |                  |                         | Bassa             |                  |                  |                  |                  |                   | Nulla             |  |
| Tipi di formazioni    |          | Permeabili            |   |                  |                  |                  |                         | Semi-permeabili   |                  |                  |                  |                  |                   | Imper.            |  |

## PROVA 2

| Prova 2: Dati terreno                       |           |                                         |                   |
|---------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------|-------------------|
| Profondità da piano campagna: <b>150 cm</b> |           | Profondità di infissione: <b>4.3 cm</b> |                   |
| N. lettura                                  | Tempo (s) | Livello acqua (cm)                      | Abbassamento (cm) |
| 1                                           | 0         | 14                                      | 0                 |
| 2                                           | 20        | 12                                      | 2                 |
| 3                                           | 30        | 11,2                                    | 0,8               |
| 4                                           | 40        | 11                                      | 0,2               |
| 5                                           | 50        | 10,2                                    | 0,8               |
| 6                                           | 60        | 9,7                                     | 0,5               |
| 7                                           | 75        | 8,5                                     | 1,2               |
| 8                                           | 105       | 7,8                                     | 0,7               |
| 9                                           | 120       | 7,3                                     | 0,5               |
| 10                                          | 135       | 5,7                                     | 1,6               |

| Prova 2: Elaborazione                       |                     |                    |                         |                      |                                         |                        |                         |                     |
|---------------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|
| Profondità da piano campagna: <b>150 cm</b> |                     |                    |                         |                      | Profondità di infissione: <b>4.3 cm</b> |                        |                         |                     |
| N. lettura                                  | Tempo effettivo (s) | Livello acqua (cm) | Abbassamento acqua (cm) | Intervallo tempo (s) | Velocità di infiltrazione               | Livello idrico su P.C. | Gradiente idraulico (i) | Permeabilità (cm/s) |
| 1                                           | 0                   | 14                 | 0                       | -                    | -                                       | -                      | -                       | -                   |
| 2                                           | 20                  | 12                 | 2                       | 20                   | 0,1                                     | 7,7                    | 2,79                    | 0,0358              |
| 3                                           | 30                  | 11,2               | 0,8                     | 10                   | 0,08                                    | 6,9                    | 2,60                    | 0,0307              |
| 4                                           | 40                  | 11                 | 0,2                     | 10                   | 0,02                                    | 6,7                    | 2,56                    | 0,0078              |
| 5                                           | 50                  | 10,2               | 0,8                     | 10                   | 0,08                                    | 5,9                    | 2,37                    | 0,0337              |
| 6                                           | 60                  | 9,7                | 0,5                     | 10                   | 0,05                                    | 5,4                    | 2,26                    | 0,0222              |
| 7                                           | 75                  | 8,5                | 1,2                     | 15                   | 0,08                                    | 4,2                    | 1,98                    | 0,0405              |
| 8                                           | 105                 | 7,8                | 0,7                     | 30                   | 0,02333333                              | 3,5                    | 1,81                    | 0,0129              |
| 9                                           | 120                 | 7,3                | 0,5                     | 15                   | 0,03333333                              | 3                      | 1,70                    | 0,0196              |
| 10                                          | 135                 | 5,7                | 1,6                     | 15                   | 0,106666667                             | 1,4                    | 1,33                    | 0,0805              |

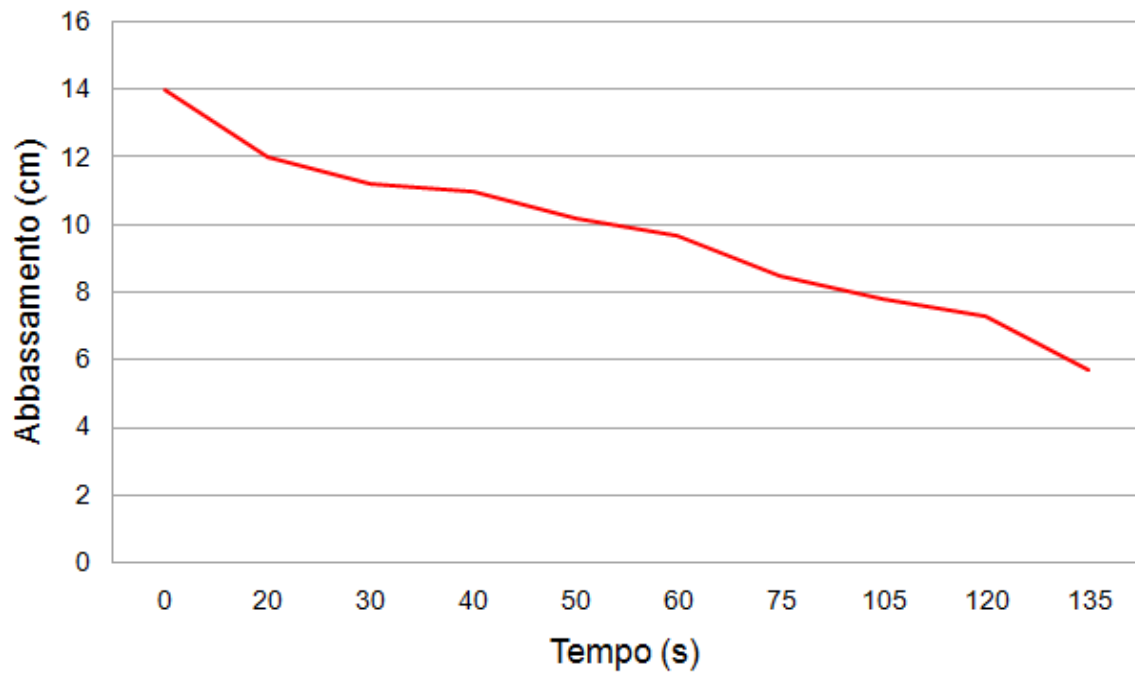
**Prova infiltrometrica**

Figura 2 - Grafico abbassamento acqua per la prova 2.

|                                          |                                           |
|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Note:                                    |                                           |
| Permeabilità media (cm/s): <b>0,0315</b> | Permeabilità media (m/s): <b>0,000315</b> |

| K (m/s)               |          | 10 <sup>1</sup>       | 1 | 10 <sup>-1</sup> | 10 <sup>-2</sup> | 10 <sup>-3</sup> | 10 <sup>-4</sup>        | 10 <sup>-5</sup>  | 10 <sup>-6</sup> | 10 <sup>-7</sup> | 10 <sup>-8</sup> | 10 <sup>-9</sup> | 10 <sup>-10</sup> | 10 <sup>-11</sup> |  |
|-----------------------|----------|-----------------------|---|------------------|------------------|------------------|-------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|--|
| Granulometria         | omogenea | Ghiaia                |   |                  |                  | Sabbia           |                         | Sabbia molto fine |                  |                  | Silt             |                  | Argilla           |                   |  |
|                       | varia    | Ghiaia grossa e media |   | Ghiaia e sabbia  |                  |                  | Sabbia e argilla e limi |                   |                  |                  |                  |                  |                   |                   |  |
| Gradi di permeabilità |          | Elevata               |   |                  |                  |                  |                         | Bassa             |                  |                  |                  |                  |                   | Nulla             |  |
| Tipi di formazioni    |          | Permeabili            |   |                  |                  |                  |                         | Semi-permeabili   |                  |                  |                  |                  |                   | Imper.            |  |

**PROVA 3**

| Prova 3: Dati terreno                |           |                                |                   |
|--------------------------------------|-----------|--------------------------------|-------------------|
| Profondità da piano campagna: 150 cm |           | Profondità di infissione: 6 cm |                   |
| N. lettura                           | Tempo (s) | Livello acqua (cm)             | Abbassamento (cm) |
| 1                                    | 0         | 15                             | 0                 |
| 2                                    | 15        | 14,5                           | 0,5               |
| 3                                    | 30        | 14,5                           | 0                 |
| 4                                    | 60        | 14,3                           | 0,2               |
| 5                                    | 75        | 14                             | 0,3               |
| 6                                    | 90        | 13                             | 1                 |
| 7                                    | 105       | 12,8                           | 0,2               |
| 8                                    | 120       | 12,7                           | 0,1               |
| 9                                    | 180       | 11,8                           | 0,9               |
| 10                                   | 240       | 11,2                           | 0,6               |
| 11                                   | 300       | 10,5                           | 0,7               |
| 12                                   | 480       | 7,8                            | 2,7               |
| 13                                   | 600       | 6                              | 1,8               |
| 14                                   | 780       | 4,5                            | 1,5               |
| 15                                   | 900       | 3,2                            | 1,3               |

| Prova 3: Elaborazione                |                     |                    |                         |                      |                                |                        |                         |                     |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|
| Profondità da piano campagna: 150 cm |                     |                    |                         |                      | Profondità di infissione: 6 cm |                        |                         |                     |
| N. lettura                           | Tempo effettivo (s) | Livello acqua (cm) | Abbassamento acqua (cm) | Intervallo tempo (s) | Velocità di infiltrazione      | Livello idrico su P.C. | Gradiente idraulico (i) | Permeabilità (cm/s) |
| 1                                    | 0                   | 15                 | 0                       |                      |                                |                        |                         |                     |
| 2                                    | 15                  | 14,5               | 0,5                     | 15                   | 0,0333333                      | 8,5                    | 2,42                    | 0,0138              |
| 3                                    | 30                  | 14,5               | 0                       | 15                   | 0                              | 8,5                    | 2,42                    | 0,0000              |
| 4                                    | 60                  | 14,3               | 0,2                     | 30                   | 0,0066667                      | 8,3                    | 2,38                    | 0,0028              |
| 5                                    | 75                  | 14                 | 0,3                     | 15                   | 0,02                           | 8                      | 2,33                    | 0,0086              |
| 6                                    | 90                  | 13                 | 1                       | 15                   | 0,0666667                      | 7                      | 2,17                    | 0,0308              |
| 7                                    | 105                 | 12,8               | 0,2                     | 15                   | 0,0133333                      | 6,8                    | 2,13                    | 0,0063              |
| 8                                    | 120                 | 12,7               | 0,1                     | 15                   | 0,0066667                      | 6,7                    | 2,12                    | 0,0031              |
| 9                                    | 180                 | 11,8               | 0,9                     | 60                   | 0,015                          | 5,8                    | 1,97                    | 0,0076              |
| 10                                   | 240                 | 11,2               | 0,6                     | 60                   | 0,01                           | 5,2                    | 1,87                    | 0,0054              |
| 11                                   | 300                 | 10,5               | 0,7                     | 60                   | 0,0116667                      | 4,5                    | 1,75                    | 0,0067              |
| 12                                   | 480                 | 7,8                | 2,7                     | 180                  | 0,015                          | 1,8                    | 1,30                    | 0,0115              |
| 13                                   | 600                 | 6                  | 1,8                     | 120                  | 0,015                          | 0                      | 1,00                    | 0,0150              |
| 14                                   | 780                 | 4,5                | 1,5                     | 180                  | 0,0083333                      | -1,5                   | 0,75                    | 0,0111              |
| 15                                   | 900                 | 3,2                | 1,3                     | 120                  | 0,0108333                      | -2,8                   | 0,53                    | 0,0203              |

**Prova infiltrometrica**

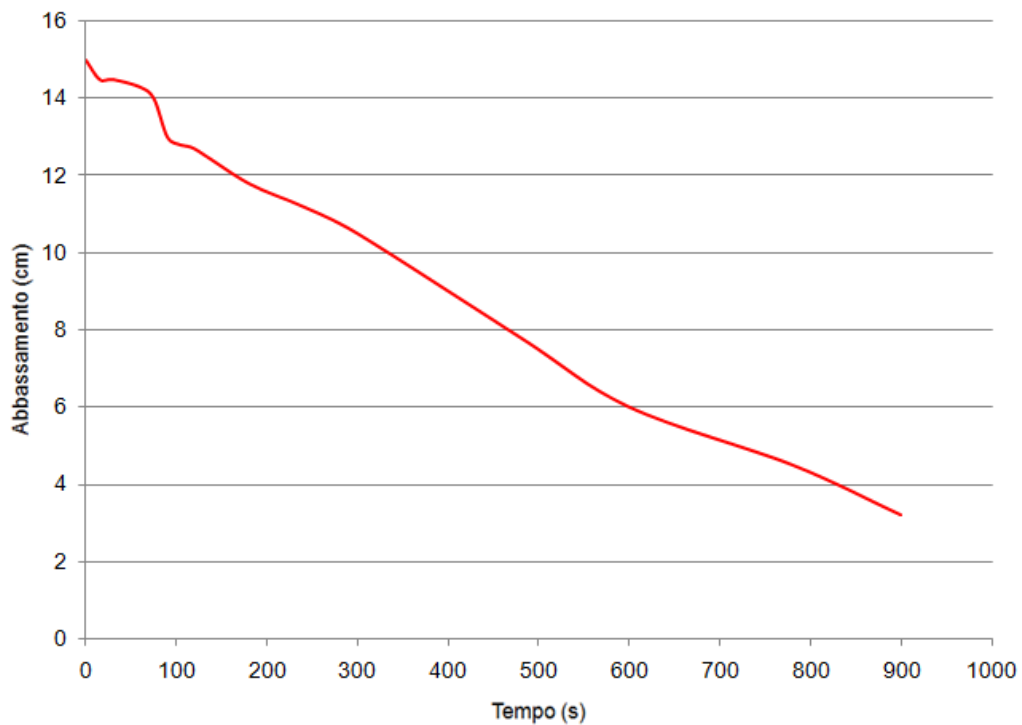


Figura 3 - Grafico abbassamento acqua per la prova 3.

|                                          |                                           |
|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Note:                                    |                                           |
| Permeabilità media (cm/s): <b>0,0102</b> | Permeabilità media (m/s): <b>0,000102</b> |

| K (m/s)               |          | 10 <sup>1</sup>       | 1 | 10 <sup>-1</sup> <sub>1</sub> | 10 <sup>-2</sup> <sub>2</sub> | 10 <sup>-3</sup> <sub>3</sub> | 10 <sup>-4</sup> <sub>4</sub> | 10 <sup>-5</sup> <sub>5</sub> | 10 <sup>-6</sup> <sub>6</sub> | 10 <sup>-7</sup> <sub>7</sub> | 10 <sup>-8</sup> <sub>8</sub> | 10 <sup>-9</sup> | 10 <sup>-10</sup> <sub>10</sub> | 10 <sup>-11</sup> |  |
|-----------------------|----------|-----------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------------|-------------------|--|
| Granulometria         | omogenea | Ghiaia                |   |                               |                               | Sabbia                        |                               | Sabbia molto fine             |                               |                               | Silt                          |                  | Argilla                         |                   |  |
|                       | varia    | Ghiaia grossa e media |   | Ghiaia e sabbia               |                               |                               | Sabbia e argilla e limi       |                               |                               |                               |                               |                  |                                 |                   |  |
| Gradi di permeabilità |          | Elevata               |   |                               |                               |                               |                               | Bassa                         |                               |                               |                               |                  |                                 | Nulla             |  |
| Tipi di formazioni    |          | Permeabili            |   |                               |                               |                               |                               | Semi-permeabili               |                               |                               |                               |                  |                                 | Imper.            |  |

## **ASSEVERAZIONE – ALLEGATO E**

**Allegato E - Asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento**

**DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'  
(Articolo 47 D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445)**

La/Il sottoscritta/o ..... LUONI LUCA .....  
nata/o a ..... LEGNANO ..... il ..... 06/09/1970 .....  
residente a ..... BUSTO ARSIZIO .....  
in via ..... RICORDANZA ..... n. 1 .....  
iscritta/ all' [X] Ordine [ ] Collegio dei ..... GEOLOGI ..... della Provincia di .....  
Regione LOMBARDIA ..... n. 1052 .....  
incaricata/o dal/i signor/i ..... MONTOLI CRISTINA E MONTOLI ALESSANDRA ..... in qualità di  
[X] proprietario, [ ] utilizzatore [ ] legale rappresentante del .....  
di redigere il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* per l'intervento di ..... OPERE DI URBANIZZAZIONE .....  
.....  
sito in Provincia di ..... MILANO ..... Comune di ..... CANEGRATE .....  
in via/piazza ..... VESUVIO ..... n. ....  
Foglio n. .... 10 ..... Mappale n. .... 151 .....

**In qualità di tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici**

**Consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'articolo 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (articolo 75 D.P.R. 445/2000);**

**DICHIARA**

☐ che il comune di ..... CANEGRATE ....., in cui è sito l'intervento, ricade all'interno dell'area:

- ☒ A: ad alta criticità idraulica  
☐ B: a media criticità idraulica  
☐ C: a bassa criticità idraulica

oppure

☐ che l'intervento ricade in un'area inserita nel PGT comunale come ambito di trasformazione e/o come piano attuativo previsto nel piano delle regole e pertanto di applicano i limiti delle aree A ad alta criticità

- ☐ che per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica è stata considerato la portata massima ammissibile per l'area (A/B/C/ambito di trasformazione/piano attuativo)....., pari a:
- ☐ 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
  - ☐ 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
  - ☐ ..... l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, derivante da limite imposto dall'Ente gestore del ricettore .....
- ☒ che, in relazione all'effetto potenziale dell'intervento e alla criticità dell'ambito territoriale (rif. articolo 9 del regolamento), l'intervento ricade nella classe di intervento:
- ☐ Classe "0"
  - ☐ Classe "1" Impermeabilizzazione potenziale bassa
  - ☒ Classe "2" Impermeabilizzazione potenziale media
  - ☐ Classe "3" Impermeabilizzazione potenziale alta
- ☐ che l'intervento ricade nelle tipologie di applicazione dei requisiti minimi di cui:
- ☐ all'articolo 12, comma 1 del regolamento
  - ☐ all'articolo 12, comma 2 del regolamento
- ☒ di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* con i contenuti di cui:
- ☒ all'articolo 10, comma 1 del regolamento (casi in cui non si applicano i requisiti minimi)
  - ☐ all'articolo 10, comma 2 e comma 3, lettera a) del regolamento (casi in cui si applicano i requisiti minimi)
- ☐ di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* conformemente ai contenuti del regolamento, con particolare riferimento alle metodologie di calcolo di cui all'articolo 11 del regolamento;

#### **ASSEVERA**

- ☒ che il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* previsto dal regolamento (articoli 6 e 10 del regolamento) è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto disposto dal piano di governo del territorio, dal regolamento edilizio e dal regolamento;
- ☐ che le opere di invarianza idraulica e idrologica progettate garantiscono il rispetto della portata massima ammissibile nel ricettore prevista per l'area in cui ricade il Comune ove è ubicato l'intervento.

**Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'articolo 13 del Dlgs 196 del 30 giugno 2003, che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.**

BUSTO ARSIZIO, 04/10/19..  
(luogo e data)

Il Dichiarante



Ai sensi dell'articolo 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, così come modificato dall'articolo 47 del d. lgs. 235 del 2010, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta e presentata unitamente a copia fotostatica non autenticata di un documento di identità del sottoscrittore. La copia fotostatica del documento è inserita nel fascicolo. La copia dell'istanza sottoscritta dall'interessato e la copia del documento di identità possono essere inviate per via telematica. La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (articolo 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'articolo 37 D.P.R. 445/2000.

— • —

Cognome **LUONI**  
Nome **LUCA**  
nato il **06-09-1970**  
(atto n. **1133**... Pl. .... SA. **1970**....)  
a **LEGNANO (MI)** (.....)  
Cittadinanza **Italiana**  
Residenza **OLGIATE OLONA (VA)**  
Via... **ARCIVESCOVO OSCAR ARNULFO ROMERO 19**.....  
Stato civile.....  
Professione **GEOLOGO**  
CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI  
Statura **182**  
Capelli **Castani**  
Occhi **Castani**  
Segni particolari.....



Firma del titolare..... *Luca Luoni*

OLGIATE OLONA..... li..... **04-08-2011**

**CARTA D'IDENTITÀ**  
**EURO**  
**5,16**

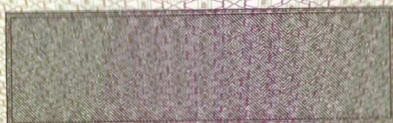
**SEGRETERIA**  
**EURO**  
**0,26**  
**OLGIATE OLONA**

**IL SINDACO**  
**IL FUNZIONARIO INCARICATO**  
*(Marchiorato Luigi Bianca)*  
*(Marchiorato Luigi)*

Scadenza : 03-08-2021



AS 8409690



IPZS SpA - OFFICINA C.V. - ROMA

REPUBBLICA ITALIANA



COMUNE DI  
OLGIATE OLONA

CARTA D'IDENTITÀ

N° AS 8409690

DI  
LUONI LUCA