



# COMUNE DI VIGNATE

CITTÀ METROPOLITANA DI MILANO

---

PIANO DI LOTTIZZAZIONE ARTIGIANALE E INDUSTRIALE  
DENOMINATO " EX PE D3 LOTTO B" CONFORME AL PIANO  
DELLE REGOLE DEL P.G.T.

Ai sensi della Legge Regionale n.12 del 2005 e s.m.i.

---

**FINIM S.r.l.**

Via Angelo Inganni, 93 - Milano

---

**Arch. Maurizio Ferrari**

Ordine degli Architetti, Pianificatori e Paesaggisti della Provincia di Milano n.5368

**Architettura e Urbanistica**

Piazza Comunale, 22 - 20090 Pantigliate

arch.maurizioferrari.it@gmail.com

ferrari.5368@oamilano.it

**Ing. Enzo Calcaterra**

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano n.A10503

**STUDIOSPS S.R.L.**

VIA DANTE, 14 - 20090 VIMODRONE (MI)  
TEL. 02 2500872 - FAX 02 2500020  
E-MAIL INFO@STUDIOSPS.IT  
WWW.STUDIOSPS.IT

---

TAV. **Invarianza idraulica**

Scala: -

**Relazione sull'invarianza idraulica**

---

Data

Ottobre 2018

Rev.

TAVOLA

**B\_07**

---

Arch. Maurizio Ferrari  
Firmato Digitalmente

FINIM S.r.l.  
Firmato Digitalmente

Comune di Vignate  
Firmato Digitalmente

---

## INDICE

1 -	Premesse e scelte progettuali.....	2
2 -	Opere previste in progetto.....	3
3 -	Calcolo delle portate di pioggia.....	4
3.1 -	Curva di possibilità pluviometrica.....	4
3.2 -	Ietogrammi di progetto.....	8
3.3 -	Stima delle perdite idrologiche.....	9
4 -	Dimensionamento pozzi perdenti.....	9

## RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

### 1 - Premesse e scelte progettuali

Il presente progetto ha lo scopo di predimensionare le reti per le acque bianche e il relativo sistema di smaltimento nel sottosuolo al servizio del Piano di lottizzazione artigianale e industriale denominato “ex PE D3-LOTTO B” – Comune di Vignate (MI), applicando i principi di invarianza idraulica e idrologica contenuti nel Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017.

I calcoli e le relative opere verranno confermate dal progetto di invarianza nell’ambito della richiesta di permesso di costruire.

La progettazione è stata redatta tenendo conto delle indicazioni contenute:

- Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017;
- nella “*SCHEDA TECNICA FOGNATURE*” del Dipartimento provinciale dell’ARPA di Melegnano, tratta dal D. Lgs. 152/99,
- nella Legge Regionale n.62/85,
- nel Regolamento locale di igiene,
- nel Piano Regionale di Risanamento delle Acque (P.R.R.A.) della Regione Lombardia,
- nel Programma di Tutela e Uso delle Acque (P.T.U.A.)
- nel Regolamento Regionale in data 24/03/2006.

Il Comune di Vignate, in cui è sito l’intervento, ricade all’interno dell’area A ad alta criticità idraulica come riportato nella Allegato C del R.R. n.7/2017 nel bacino idrografico del Molgora.

In accordo con l'art. 5 del R.R. n.7/2017 il controllo e la gestione delle acque pluviali del sito sono effettuati mediante infiltrazione nel suolo.

I dati relativi alle superfici impermeabili e ai coefficienti d'afflusso sono riportati nella seguente tabella:

	PRG	PRG	PRG
	Area [ha]	j	A*fi [ha]
<b>Tetti</b>	1.421	0.80	1.137
<b>Strade e piazzali</b>	0.498	0.60	0.299
<b>Verde</b>	0.421	0.05	0.021
<b>tot</b>	<b>2.340</b>	<b>0.62</b>	<b>1.457</b>

In relazione all'effetto potenziale dell'intervento e alla criticità dell'ambito territoriale (rif. Art. 9 del R.R. n.7/2017), l'intervento ricade nella classe di intervento "3" impermeabilizzazione potenziale alta essendo caratterizzato da:

- superficie pari a 2.34 ha;
- coefficiente deflusso medio ponderale pari a 0.62.

per tale motivo la modalità di calcolo da adottare è la procedura dettagliata.

## 2 - Opere previste in progetto

Le opere in progetto prevedono i seguenti interventi:

- condotti per le acque bianche costituiti da tubazioni in PVC/C.A., di diametro variabile corredati da pozzetti di ispezione e campionamento;
- griglie/caditoie di raccolta per una corretta raccolta delle acque meteoriche;
- disoleatori con filtro a coalescenza per le acque meteoriche provenienti dai parcheggi/piazzali che garantiranno un'elevata qualità dell'acqua avviata a dispersione;
- n. 22 pozzi perdenti di profondità pari a H=6.5 m costituiti da anelli prefabbricati di calcestruzzo forati di diametro interno pari a 2 m. Il riempimento degli scavi avverrà con materiale vagliato (ghiaietto) avente porosità intorno a 0.35 previa stesa di uno strato di geotessuto su tutte le superfici interne dello scavo, che eviterà l'intasamento del mezzo filtrante da parte del terreno circostante.

Nella fase successiva di progettazione di invarianza idraulica e idrologica, nell'ambito della richiesta del permesso di costruire, si valuterà la soluzione ottimale tra i seguenti metodi di dispersione nel sottosuolo:

- pozzi perdenti;
- trincee drenanti;

- vasca disperdente interrata.

Le tavole grafiche allegate al presente progetto illustrano la localizzazione e le caratteristiche tecnico-costruttive delle opere previste.

A lavori conclusi, il direttore lavori compilerà il modulo all'allegato D del R.R. n.7/2017 e lo trasmetterà mediante posta elettronica certificata all'indirizzo di posta certificata della Regione [invarianza.idraulica@pec.regione.lombardia.it](mailto:invarianza.idraulica@pec.regione.lombardia.it) come stabilito dall'art. 6 comma 1 lett. e) del suddetto Regolamento.

### 3 - Calcolo delle portate di pioggia

#### 3.1 - Curva di possibilità pluviometrica

Le curve di possibilità pluviometrica (c.p.p.) esprimono la relazione che intercorre tra l'altezza di pioggia e la corrispondente durata, sono state ricavate dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia, tramite il quale è possibile determinare per tutto il territorio regionale i parametri della curva di riferimento per la zona.

La tecnica idrologica abituale fornisce per le curve di possibilità climatica l'espressione di tipo monomio:

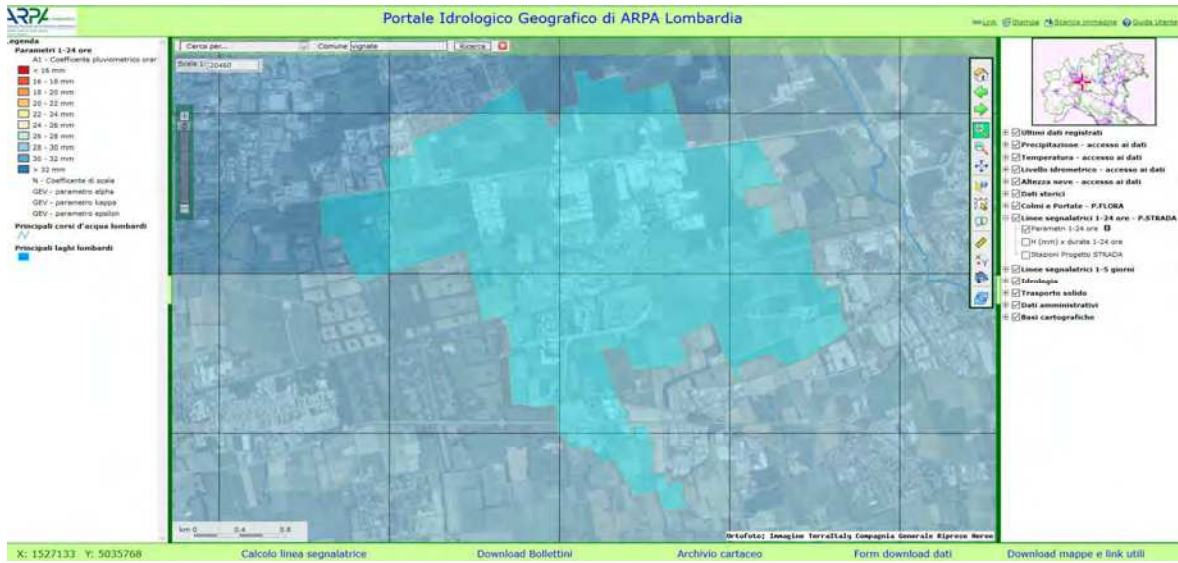
$$h = at^n$$

dove:

h = altezza di pioggia espressa in mm.

t = durata della pioggia espressa in ore

a, n = sono parametri che dipendono dal tempo di ritorno dell'evento T



Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

**PARAMETRI ED EQUAZIONI**

<b>A1 - Coefficiente pluviometrico orario</b>	29.890
<b>N - Coefficiente di scala</b>	0.293
<b>GEV - parametro alpha</b>	0.293
<b>GEV - parametro kappa</b>	-0.037
<b>GEV - parametro epsilon</b>	0.820

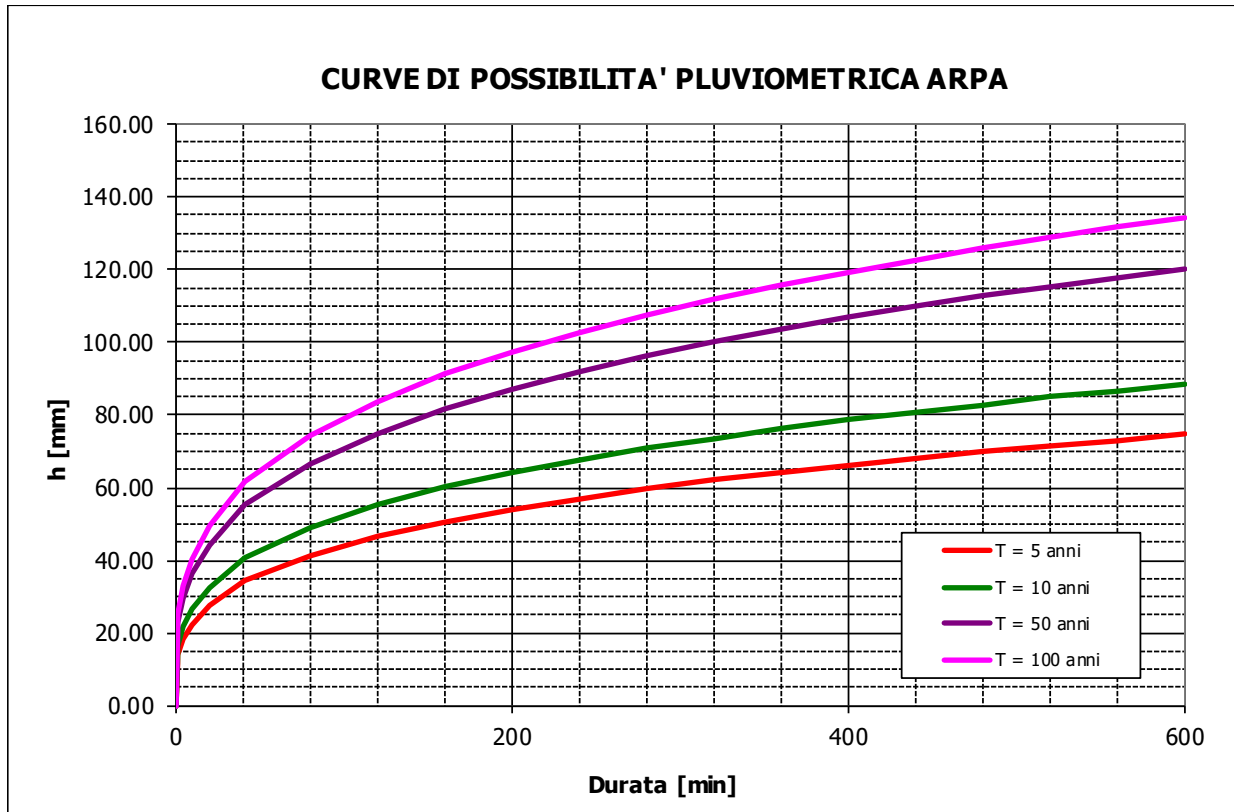
$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

<b>T</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>
<b>wT</b>	0.93	1.27	1.51	1.74	2.05	2.29	2.53
<b>aT</b>	27.73	38.00	45.05	51.99	61.25	68.40	75.71

<b>anni</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>a</b>	38.004	45.047	61.248	68.397
<b>n</b>	0.293	0.293	0.293	0.293

Le curve ottenute sono riportate nella seguente figura:



Le curve dell'ARPA si riferiscono a piogge intense con durate superiori all'ora; di conseguenza, in presenza di reti fognarie caratterizzate da un tempo di corrivazione sensibilmente inferiore a un'ora come la rete in oggetto, l'applicazione di queste CPP comporterebbe una sovrastima significativa dell'intensità di pioggia e quindi una sovrastima dei valori di picco e dei volumi di pioggia convogliati in rete.

Partendo quindi dalle curve come calcolate nel paragrafo precedente, come indicato dal Prof C. Ciaponi (Dipartimento di ingegneria Idraulica e Ambientale Università degli Studi di Pavia) in 'Conoscenza ed affidabilità dei sistemi fognari', si prevede di adottare la formulazione di Bell, che considera il fatto che relativamente agli scrosci, il rapporto  $r_d$  tra le altezze  $h_d$  di durata  $d$  molto breve e l'altezza oraria  $h_1$  sono relativamente poco dipendenti dalla località e dal tempo di ritorno.

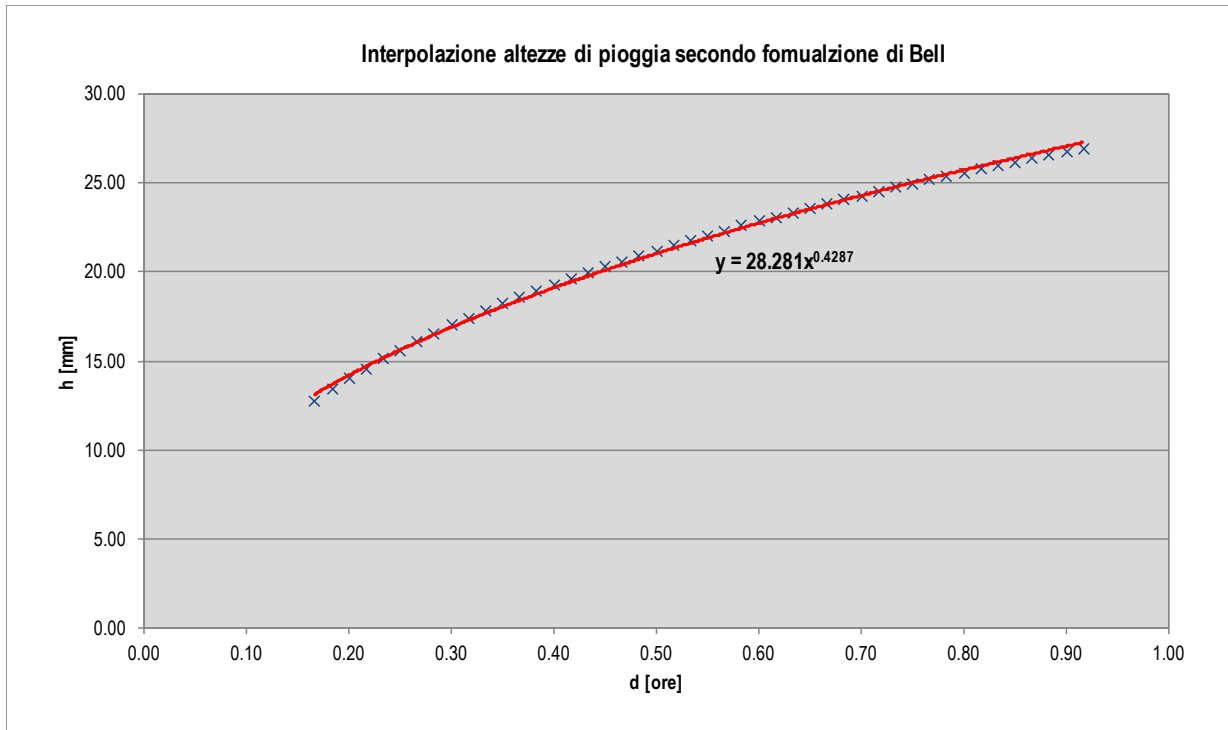
La procedura fornisce l'altezza di precipitazione tramite la seguente formulazione:

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0.54d^{0.25} - 0.5$$

dove  $h_{d,T}$  è l'altezza di pioggia relativa al tempo di ritorno T-esimo di durata  $d$  inferiore all'ora, mentre  $h_{60,T}$  è l'analoga altezza di pioggia associata ad una durata di un'ora.

Per ciascuna durata inferiore all'ora, quindi, si ricava un'altezza di pioggia specifica attraverso la formulazione

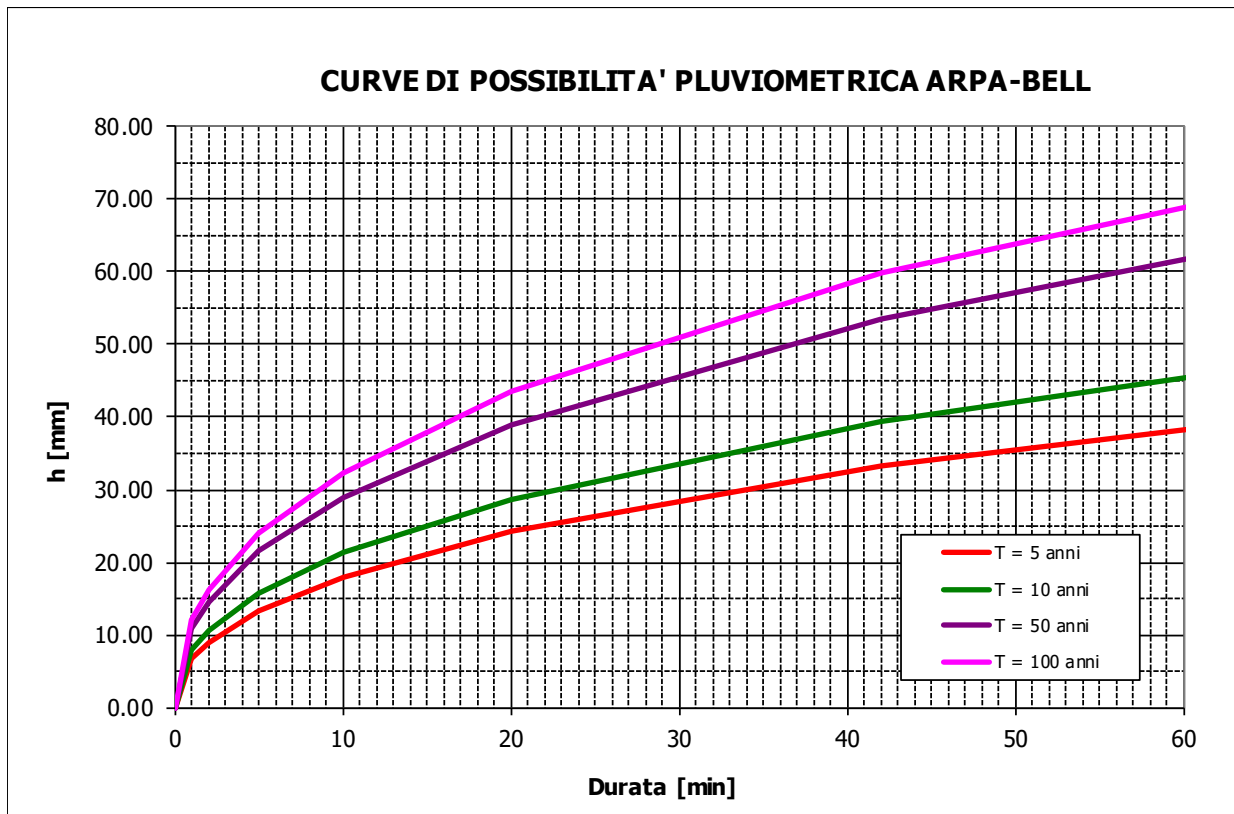
sopra esposta. Per interpolazione in potenza (tipo  $Y = a X^n$ ) delle suddette altezze, si ricavano pertanto i due parametri  $a$  ed  $n$  della curva che rappresenta di fatto la CPP relativa allo scroscio inferiore all'ora di un determinato tempo di ritorno.



anni	5	10	50	100
a	38.762	45.945	62.469	69.762
n	0.429	0.429	0.429	0.429

Le curve ottenute sono riportate nella seguente figura:





I calcoli di stima delle massime portate di piena e di dimensionamento opere sono stati effettuati considerando i seguenti tempi di ritorno:

- T= 10 anni per il dimensionamento del reticolo di drenaggio;
- T= 50 anni per il dimensionamento dei pozzi perdenti (opera di invarianza idraulica e idrologica);
- T = 100 anni per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere sopra dimensionate.

### 3.2 - Ietogrammi di progetto

La generazione dell'idrogramma di piena su cui effettuare i dimensionamenti delle nuove opere presuppone, nota la curva di possibilità pluviometrica e fissato un tempo di ritorno di progetto, la ricostruzione di uno ietogramma di progetto dalla cui convoluzione con l'idrogramma unitario di piena relativo al bacino scolante in oggetto, di ottenere l'onda di piena col desiderato tempo di ritorno.

Per il dimensionamento delle sezioni dei condotti si è scelto di utilizzare uno ietogramma di tipo "costante" per simulare eventi di lunga durata e bassa intensità; tali eventi sono significativi dal punto di vista dei volumi da invasare e/o disperdere.

In certi casi, pertanto, soprattutto quando i valori di permeabilità sono bassi e quindi si hanno ridotte portate infiltrate, gli eventi di lunga durata possono risultare quelli critici per i sistemi di accumulo e dispersione e pertanto

vanno sempre verificati.

### 3.3 - Stima delle perdite idrologiche

Non tutta la pioggia caduta affluisce alla rete di drenaggio; esistono infatti delle perdite dovute a evapotraspirazione, infiltrazioni ed immagazzinamento dell'acqua nei naturali avvallamenti del terreno.

Per il caso in esame si è utilizzato il classico **metodo percentuale** che determina la pioggia netta da quella lorda applicando un coefficiente di perdita  $\phi$  costante assunto pari a **0,80** per i tetti e le coperture e **0,60** per strade ed i parcheggi e **0,05** per il verde, così come consigliato in letteratura.

## 4 - Dimensionamento pozzi perdenti

Come accennato sopra, per il calcolo dei pozzi perdenti è stato utilizzato uno ietogramma di tipo costante in quanto risulta più adatto a stimare i volumi piovuti con tempo di ritorno  $T=50$  anni come richiesto dal R.R. n.7/2017.

Il dimensionamento dei pozzi perdenti è stato effettuato esprimendo la relazione che intercorre tra portata di pioggia affluente ( $Q_p$ ), capacità d'infiltrazione del terreno ed il volume immagazzinato nel sistema drenante, tramite la seguente equazione di continuità che esprime il bilancio delle portate entranti e uscenti per il mezzo filtrante:

$$(Q_p - Q_f)\Delta t = \Delta W$$

con:

$Q_p$  = portata di pioggia influente;

$Q_f$  = portata infiltrata;

$\Delta t$  = intervallo di tempo;

$\Delta W$  = variazione del volume invasato all'interno dei pozzi, nell'intervallo di tempo  $\Delta t$

La **portata d'infiltrazione** si determina utilizzando la legge di Darcy:

$$Q_f = \frac{K}{2} JA_f$$

dove:

- K = permeabilità del terreno assunta pari a  $5.08 \cdot 10^{-5}$  m/s; tale valore deriva dalle prove di permeabilità effettuate in aree del territorio del Comune di Vignate (nella fase successiva di progettazione verranno effettuate delle prove nell'area oggetto di intervento per verificare l'effettiva permeabilità del terreno); per garantire un fattore di sicurezza maggiore va sottolineato, inoltre, che il valore di permeabilità K indicato viene comunque dimezzato nei calcoli, come previsto nella precedente formula, per tenere conto di eventuali condizioni di insaturazione del terreno;
- J = cadente piezometrica dipendente dalla posizione della falda a dall'altezza d'acqua all'interno della trincea drenante secondo l'espressione:

$$J = \frac{Z + h}{Z + \frac{h}{2}}$$

con:

h = altezza dell'acqua all'interno dei pozzi perdenti

Z = spessore dello strato di terreno compreso tra fondo dei pozzi e livello della falda.

La falda è stata considerata ad una profondità di 8 m dal piano campagna secondo il PGT e gli studi effettuati nel territorio di Vignate.

- $A_f$  = superficie netta d'infiltrazione, pari alla superficie della campana d'infiltrazione (vedi figura seguente) che si crea intorno al pozzo:

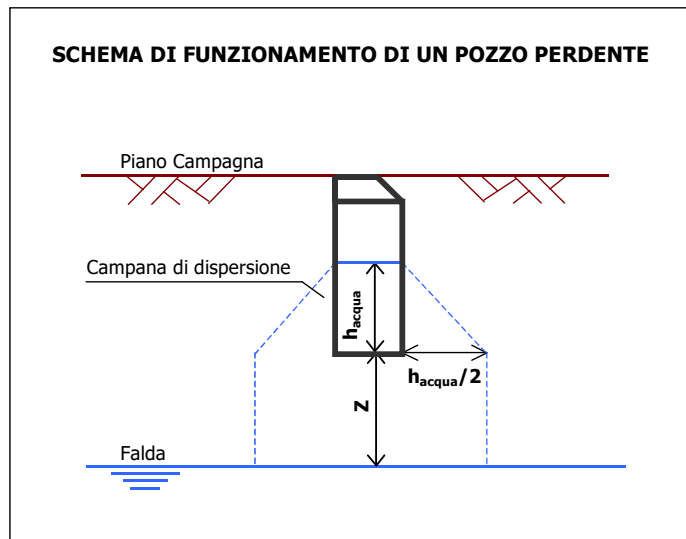
$$A_f = n \left( \pi \left( \frac{D + h_{acqua}}{2} \right)^2 \right)$$

dove:

n = numero di pozzi perdenti

D = diametro dei pozzi perdenti (2 m)

$h_{acqua}$  = altezza dell'acqua all'interno dei pozzi



Fissando un adeguato intervallo temporale è possibile simulare l'evento piovoso critico determinando l'altezza d'acqua massima invasata all'interno dei pozzi e verificando che non crei rigurgiti nella rete di monte.

Variando la durata di pioggia si può determinare la durata dell'evento critico: quello cioè che determina la massima altezza d'acqua all'interno dei pozzi perdenti.

Il **volume invasato** nell'intervallo di tempo viene calcolato in funzione della variazione di altezza d'acqua all'interno dei pozzi:

$$\Delta W = n\pi \left[ \frac{D^2}{4} + p \left( \frac{(D + 2s)^2}{4} - \frac{D^2}{4} \right) \right] \Delta h$$

con:

$n$  = numero di pozzi perdenti

$D$  = diametro del pozzo perdente (2 m)

$s$  = spessore dello stato di ghiaione intorno al pozzo (considerato pari a 0.5 m)

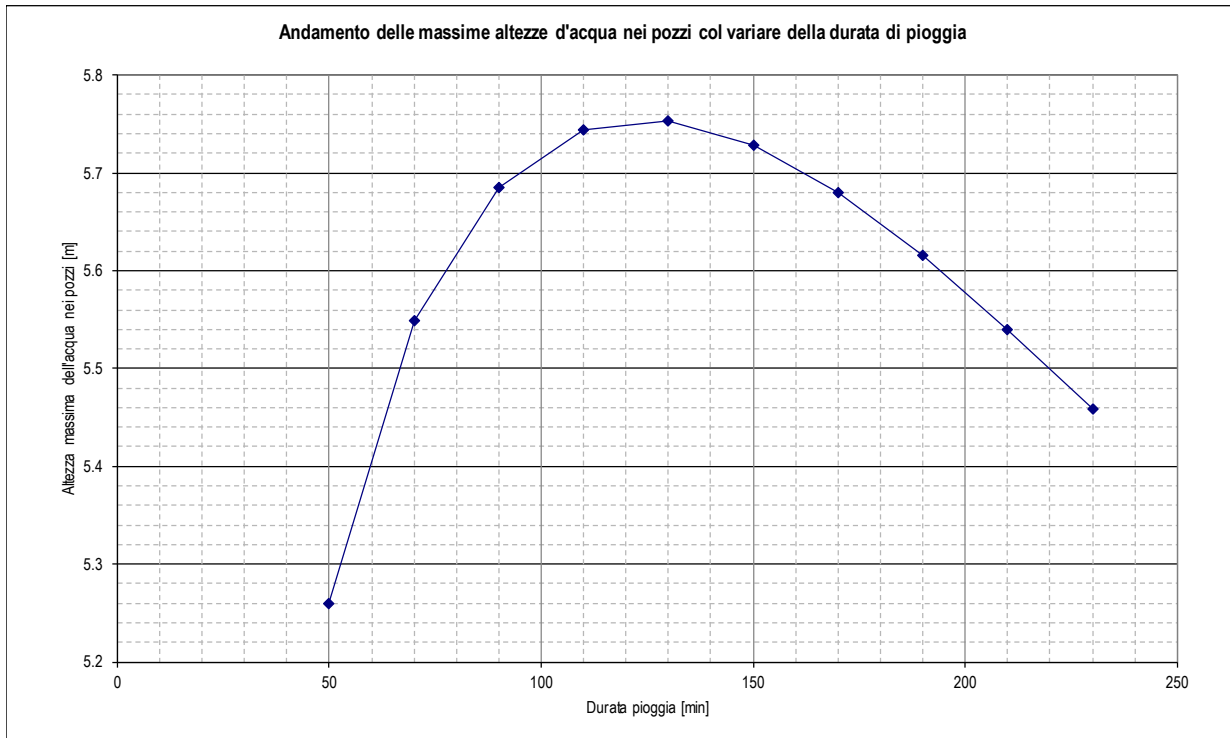
$p$  = porosità dello spessore dello stato di ghiaione (assunto pari a 0.35)

$\Delta h$  = variazione del livello dell'acqua all'interno dei pozzi nell'intervallo di tempo

I pozzi avranno le seguenti caratteristiche:

NUMERO	DIAMETRO INTERNO	DIAMETRO ESTERNO'	PROFONDITA'
	[m]	[m]	[m]
22	2	3	6.5

Nel seguente grafico è riportata la massima altezza dei pozzi con il variare della durata critica.



Il livello massimo dell'acqua all'interno dei pozzi si attesta a quota 5.75 con un franco di sicurezza di 0.75 m dal piano campagna.