

**REGIONE LOMBARDIA**  
**CITTA' METROPOLITANA DI MILANO**

**COMUNE DI CERNUSCO SUL NAVIGLIO**

PIANO ATTUATIVO

"Campo della modificazione m2\_1

Via Verdi - Via Pasubio Ex Kyocera"

VIA PASUBIO N.8/10 - VIA VERDI N.89/91

**PROGETTO INVARIANZA IDRAULICA**

*R.R. n.7/2017 e s.m.i.*

*Responsabile Tecnico:*

**Dott. Geol. Roberto LUONI**

Via S. Gerolamo Emiliani, 1  
20135 - Milano (MI)



*Collaboratori:*

**Dott. Geol. Luca MORESCHI**



**Dott. Ing. Simone MANDELI**



*Committente:*

**LIVING CERNUSCO S.R.L.**

*Data Emissione/Rev.01*

**Maggio 2021**

# **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

## **INDICE**

	Pag.
<b>1. PREMESSA</b>	<b>1</b>
<b>2. UBICAZIONE SITO</b>	<b>3</b>
<b>3. PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA</b>	<b>5</b>
3.1 SUPERFICI IMPERMEABILI DI PROGETTO	5
3.2 CALCOLO SUPERFICIE IMPERMEABILE EQUIVALENTE E COEFF. DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	6
3.3 VERIFICA DELLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO	6
3.4 APPLICAZIONE R.R. N.4/2006	7
3.5 VALUTAZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI CURVA POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA (ART. 11 COMMA 2 LETTERAA) PUNTO 1 E 2)	7
3.6 PROCESSI DI INFILTRAZIONE	11
3.6.1 STRATIGRAFIA DEL SITO IN ESAME	11
3.6.2 PERMEABILITA' RIPORTATA NEI DOCUMENTI UFFICIALI	12
3.6.3 PROVE DI PERMEABILITÀ IDRAULICA SITO SPECIFICA	13
3.6.4 FATTIBILITÀ DEI PROCESSI DI INFILTRAZIONE AI SENSI DEL R.R. (ART. 11 COMMA 2 LETTERA C - PUNTO 2)	17
3.7 VERIFICA SISTEMA DI LAMINAZIONE-DISPERSIONE	18
3.7.1 PROCESSI DI INFILTRAZIONE	19
3.7.2 LA PROGETTAZIONE-VERIFICA DI STRUTTURE DI INVASO E DISPERSIONE	20
3.8 SISTEMA DI SMALTIMENTO AREA OVEST	22
3.8.1 PRESTAZIONI DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE AREA OVEST – TR: 50ANNI (ART.11 COMMA 2 LETT. A – PUNTO 1)	22
3.8.2 CALCOLO DEL FRANCO DI SICUREZZA PER UN EVENTO CON TEMPO DI RITORNO DI 100 ANNI (ART.11 COMMA 2 LETTERA A - PUNTO 2)	24
3.9 SISTEMA DI SMALTIMENTO AREA EST	26
3.9.1 PRESTAZIONI DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE AREA EST – TR: 50ANNI (ART.11 COMMA 2 LETT. A – PUNTO 1)	26
3.9.2 CALCOLO DEL FRANCO DI SICUREZZA PER UN EVENTO CON	

**LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

	TEMPO DI RITORNO DI 100 ANNI (ART.11 COMMA 2 LETTERA A - PUNTO 2)	28
3.10	VOLUME DI LAMINAZIONE DA REALIZZARE E VERIFICA VOLUME MINIMI AI SENSI DELL'ART. 12 COMMA 2 LETTERAA	30
3.11	DOCUMENTI DI FUTURA EMISSIONE	31

**ALLEGATI**

SCHEMA RETE ACQUE BIANCHE

## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

### **1. PREMESSA**

Il presente Progetto di Invarianza Idraulica viene redatto a supporto del nuovo Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi/via Pasubio, che la società Living Cernusco S.r.l. intende realizzare in comune di Cernusco sul Naviglio (MI).

Nella presente relazione tecnica verranno quindi trattate le tematiche riguardanti la valutazione del sistema di infiltrazione delle acque meteoriche al fine di rispettare quanto prescritto dalla L.R 4/2016.

In particolare, dal progetto preliminare fornito dai progettisti incaricati si evince che il futuro intervento edilizio consisterà nella demolizione delle strutture industriali esistenti, fatta eccezione per l'immobile ubicato nella porzione sud-est dell'ambito (in prossimità di via Verdi), e la successiva realizzazione di due nuove strutture residenziali entrambe dotate di piani interrati non comunicanti tra loro. L'immobile non demolito sarà invece oggetto di riqualificazione senza aumento di volume.

Le strutture previste nel nuovo Piano Attuativo risultano soggette a Progetto di Invarianza idraulica in quanto ricadono nelle casistiche previste dall'Art. 3 comma 2 lettere a/b/d del R.R. n.7/2017 e s.m.i. e s.m.i.

Per una migliore comprensione della relazione ed essendo un intervento da realizzare nel comune di Cernusco sul Naviglio (MI), si premette quanto segue:

- ⇒ Sulla base del progetto fornito dalla committenza, il Piano Attuativo occupa un'area di 11'642.13mq.
- ⇒ Ai sensi dell'Art. 3, comma 7bis, Lett. c) dei 3'105.06mq di aree a verde non sono stati presi in considerazione 1'862.30mq corrispondenti alle aree verdi private, in quanto tali superfici non saranno sovrapposte a nuove solette e saranno prive di sistemi di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche. I restanti 1'242.76mq relativi alle aree verdi pubbliche sono stati considerati nei calcoli d'invarianza.
- ⇒ Il nuovo Piano Attuativo, escludendo le aree a verde non soggette al presente regolamento, sarà caratterizzato da una superficie d'intervento pari a 9'779,83mq e da un coefficiente di deflusso medio ponderale di 0,91.
- ⇒ Ai sensi dell'Art. 9 Tabella 1, il nuovo Piano Attuativo ricade nella classe di intervento: "**Impermeabilizzazione potenziale media**", e la procedura da applicare è quella delle "**sole piogge**" come descritta all'Art. 11 comma 1 e nell'allegato F del R.R.
- ⇒ I calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione sono basati su una prova di permeabilità, allegata al progetto, rispondente ai requisiti riportati nell'Allegato F del R.R.
- ⇒ Il volume dei vuoti del sistema d'infiltrazione, opportunamente ridotto al fine di tener conto della progressiva tendenza all'intasamento, è computabile come parte del volume da realizzare ai sensi dell'Art. 11 comma 2 Lett. e) punto 4bis.
- ⇒ È prevista la realizzazione di sole strutture di infiltrazione e non sono previsti scarichi verso ricettori.

## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

*Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica*

- ⇒ Ai sensi dell'Art. 11 comma 2 lettera e) punto 3 il requisito minimo di cui all'Art. 12 comma 2, è ridotto del 30%.
- ⇒ Inoltre, il presente elaborato tecnico svilupperà tutti i punti previsti dall'Art. 10 e le misure di invarianza idraulica ed idrologica, rispetto alla situazione naturale, in particolare:
  - Lo svuotamento degli invasi avverrà secondo quanto indicato dall'Art. 11 comma 2 lettere e) e f).
  - Il tempo di ritorno per garantire l'invarianza, come previsto dall'Art. 11 comma 2 del R.R. è di 50 anni per il dimensionamento e 100 anni per la verifica dei franchi di sicurezza.

In merito alle prescrizioni alla scala locale si ricorda che:

- ⇒ Il regolamento regionale recante criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica (Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017, recentemente modificato) inserisce la Città di Cernusco sul Naviglio come area ad **Alta Criticità Idraulica** ai sensi dell'Art. 7 (Allegato C),
- ⇒ L'Art. 14 norma le modalità di integrazione tra la pianificazione urbanistica comunale e le previsioni del piano d'ambito, al fine del conseguimento degli obiettivi di invarianza idraulica e idrologica. Al comma 1 del medesimo articolo il regolamento obbliga i comuni ricadenti in area ad alta e media criticità (come la Città di Cernusco sul Naviglio), a redigere **lo studio comunale di gestione del rischio idraulico**.
- ⇒ Al comma 6bis, si esplicita che lo studio comunale di gestione del rischio idraulico deve procedere a: *“l'individuazione delle porzioni del territorio comunale non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo, quali aree caratterizzate da falda sub affiorante, aree con terreni a bassa permeabilità, zone instabili o potenzialmente instabili, zone suscettibili alla formazione, all'ampliamento o al collasso di cavità sotterranee, quali occhi pollini, aree caratterizzate da alta vulnerabilità acquifera, aree con terreni contaminati”*.
- ⇒ Nel successivo comma 7, lettera a), punto 2 viene specificato che lo studio di gestione del rischio idraulico deve contenere l'individuazione dei ricettori idonei alla ricezione delle acque meteoriche.
- ⇒ Il comune di Cernusco sul Naviglio nelle more del procedimento indicato all'art 14 comma 1, con deliberazione di Consiglio Comunale n.11 del 21 maggio 2020 ha approvato, il documento semplificato di invarianza idraulica e idrologica redatto da CAP Holding S.p.A, contenente le indicazioni e limitazioni all'infiltrazione di tutto il territorio comunale.

In assenza dello studio di gestione del rischio idraulico sopra citato l'assenso all'infiltrazione è confermato dal rilascio del permesso di costruire qualora il progetto rispetti le indicazioni contenute nel documento semplificato.

Le acque meteoriche saranno disperse nel sottosuolo con due sistemi drenati separati. Uno costituito da n.24 pozzi drenati posti a ovest del lotto e n.9 pozzi drenati posti a est dell'ambito. I pozzi avranno anche funzione di laminazione.

## LIVING CERNUSCO S.R.L.

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

### 2. UBICAZIONE SITO

L'area di studio è ubicata nel settore settentrionale del comune di Cernusco sul Naviglio (MI), in via Verdi/via Pasubio, e viene individuata dal punto di vista topografico nella Sezione B6d1 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 di cui stralcio viene visualizzato nella successiva Figura 1.

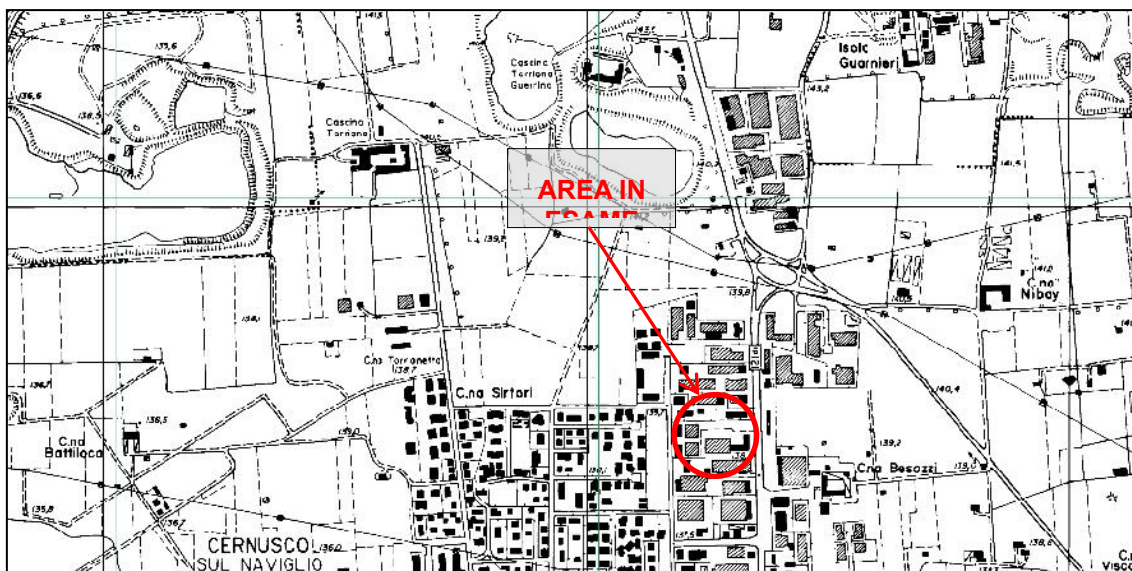


Figura 1: Stralcio C.T.R. B6d1 con individuazione dell'area in esame

La successiva Figura 2 mostra invece una foto aerea tratta da Google Earth, che consente di osservare con maggior dettaglio l'assetto dell'area in esame:



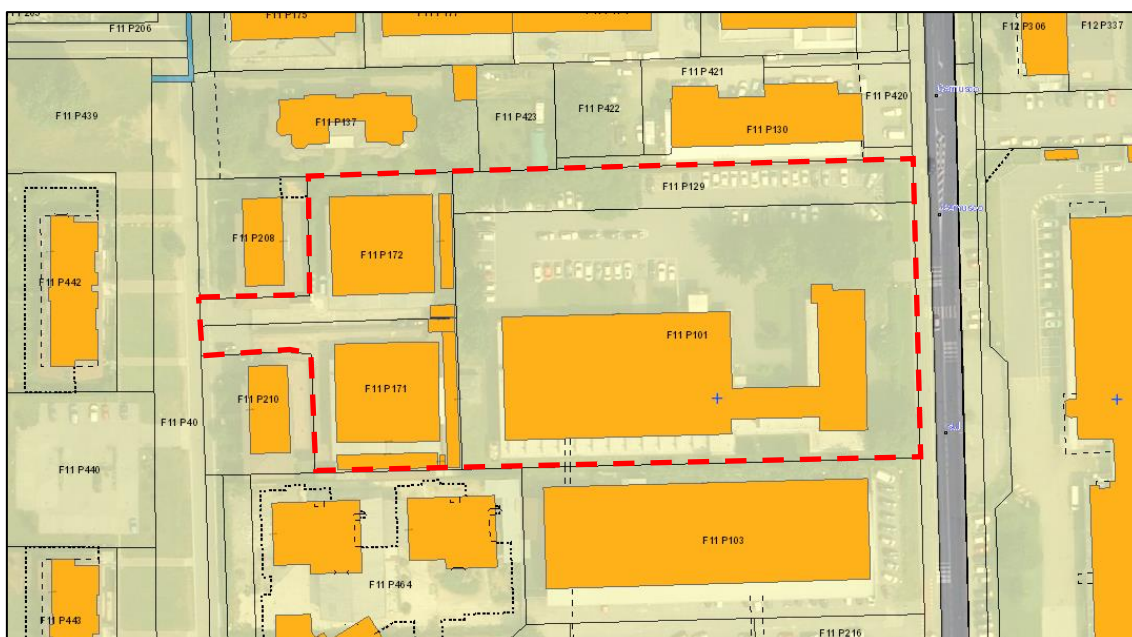
Figura 2: Foto aerea tratta dal Geoportale della Regione Lombardia.

L'inquadramento catastale dell'area interessata dal nuovo progetto è stato rilevato dal Geoportale di Regione Lombardia di cui stralcio viene mostrato nella successiva Figura 3



## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

*Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica*



*Figura 3: Stralcio Catasto – Geoportale Regione Lombardia*

Dall'estratto catastale si evince come l'area oggetto della presente relazione è inquadrata catastalmente:

⇒ Foglio 11 - mappali 101, 129, 171 e 172.

## LIVING CERNUSCO S.R.L.

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

### 3. PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA

#### 3.1 SUPERFICI IMPERMEABILI DI PROGETTO

Come accennato in premessa, la superficie complessiva del Piano Attuativo è pari a 11'642.13mq, ma ai sensi dell'Art. 3 comma 7bis lett. C) non vengono conteggiate le aree verdi private (Vd. Figura 4) in quanto non sono sovrapposte a solette e saranno prive di sistemi di raccolta e convogliamento. Pertanto, l'area interessa dall'intervento è di 9'779,83mq di cui 1'242.76mq di area a verde e 8'537.07mq di area impermeabile (coperture, parcheggi e vialetti).

Ai fini del presente Progetto d'Invarianza Idraulica l'intero ambito in esame è stato così suddiviso:

- ⇒ **AREA OVEST:** ricomprende i due nuovi complessi residenziali compresi i piani interrati, i nuovi posteggi ubicati a ovest del sito e la viabilità d'accesso e le aree verdi pubbliche. L'area complessiva di tale settore è stata calcolata dal progetto a disposizione pari a 8'080.75mq;
- ⇒ **AREA EST:** corrispondente alla restante area e comprende l'immobile oggetto di riqualificazione posto a sud-est e relative pertinenze e il nuovo posteggio ubicato a nord-est dell'ambito. Tale area occupa una superficie complessiva di 3'561.38mq.

La successiva Figura 4 mostra quanto appena descritto:

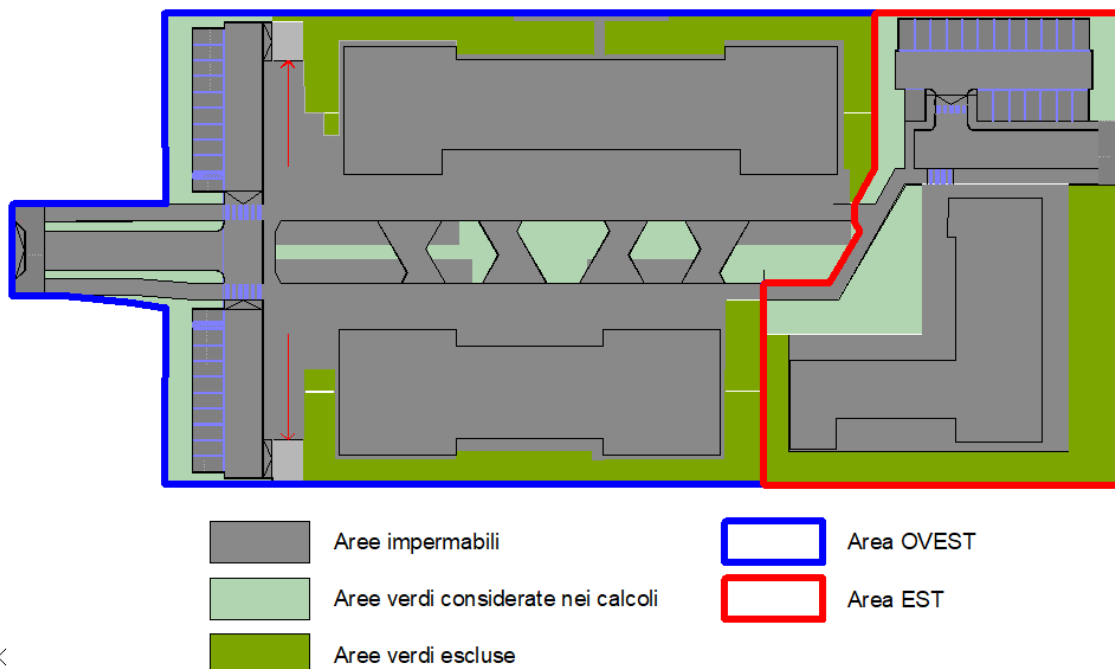


Figura 4: Ripartizioni Aree per Progetto d'Invarianza Idraulica



## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
 Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
 Progetto Invarianza Idraulica

### **3.2 CALCOLO SUPERFICIE IMPERMEABILE EQUIVALENTE E COEFF. DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE**

I coefficienti di deflusso medi ponderali utilizzati per il calcolo del coefficiente di deflusso sono quelli indicati all' Art. 11 della R.R. punto d), di seguito elencati:

- ⇒  $\phi = 1$  per superfici impermeabili (tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili, pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi, ecc.);
- ⇒  $\phi = 0.7$  per superfici semi permeabili (strade, vialetti, parcheggi);
- ⇒  $\phi = 0.3$  per superfici permeabili di qualsiasi tipo (superfici incolte e/o agricole).

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE	Coeff. Deflusso medio ponderale - Art 11 R.R.	AREA [m <sup>2</sup> ]	AREA DEFLUSSO EQUIVALENTE [m <sup>2</sup> ]
AREE A VERDE	0.30	1242.76	372.83
AREE SEMI IMPERMEABILIZZATE	0.70	0.00	0
AREE IMPEMEABILI	1.00	8537.07	8537.07
<b>SUPERFICIE IMPERMEABILE EQUIVALENTE [m<sup>2</sup>]</b>			<b>8910</b>
<b>SUPERFICIE IMPERMEABILE EQUIVALENTE [ha]</b>			<b>0.8910</b>
<b>COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE</b>			<b>0.91</b>

*Tabella 1: Calcolo area equivalente intero ambito - Art. 11 del R.R.*

Per l'area di Verdi il coeff. di deflusso medio ponderale è risultato pari a 0,91.

### **3.3 VERIFICA DELLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO**

Il regolamento regionale inserisce la Città di Cernusco sul Naviglio (MI) come area ad alta criticità idraulica ai sensi dell'Art. 7 (allegato C) ed assegna un coefficiente "P" pari a 1.

Considerando che la Superficie Interessata dall'Intervento è pari a 9'779.83mq e che il coefficiente di deflusso medio ponderale è di 0,91 è possibile stabilire che il Piano Attuativo in progetto ricade ai sensi dell'Art. 9 comma 1 del R.R. nella tipologia di "impermeabilizzazione potenziale media" e pertanto risulta necessario applicare la procedura: "**Metodo delle Sole Piogge**" ai sensi dell'Art. 11, comma 2, lettera d) del regolamento.

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
			Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi $\leq 0,03$ ha ( $\leq 300$ mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa $da > 0,03$ a $\leq 0,1$ ha ( $da > 300$ a $\leq 1.000$ mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media $da > 0,03$ a $\leq 0,1$ ha ( $da > 300$ a $\leq 1.000$ mq) $da > 0,1$ a $\leq 1$ ha ( $da > 1.000$ a $\leq 10.000$ mq) $da > 1$ a $\leq 10$ ha ( $da > 10.000$ a $\leq 100.000$ mq)	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		qualsiasi		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta $da > 1$ a $\leq 10$ ha ( $da > 10.000$ a $\leq 100.000$ mq) $> 10$ ha ( $> 100.000$ mq)	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		qualsiasi		

*Tabella 2: Art. 9 comma 1 R.R. - Tabella degli interventi e modalità di calcolo*

## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

### **3.4 APPLICAZIONE R.R. N.4/2006**

Vista la tipologia di progetto che la Società Living Cernusco S.r.l. intende realizzare presso l'area di via Verdi, è possibile affermare che l'intervento non ricade nel campo di applicazione del R.R. 4/2006 con particolare riferimento all'Art.3 del medesimo regolamento.

### **3.5 VALUTAZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI CURVA POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA (ART. 11 COMMA 2 LETTERA A) PUNTO 1 E 2)**

Come definito all'Art. 11 comma 2 Lett. A) del punto 1 e 2, gli eventi meteorici previsti per l'area in esame, sui quali sono state condotte le verifiche di invarianza idraulica, come previsto dal R.R., sono stati quantificati con l'ausilio della curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) del sito in esame, fornita da Arpa e disponibili sul sito del Portale Idrologico Geografico della Lombardia.

Le C.P.P. sono curve segnalatrici di possibilità pluviometrica. Questo strumento consente di determinare le altezze della pioggia per ogni durata e per diversi tempi di ritorno T (numero di anni in cui mediamente viene superata l'altezza di pioggia alla relativa durata).

Le C.P.P. sono rappresentate dalla seguente funzione:

$$h_T(t) = a w_t t^n$$

dove:

- ⇒ "t" = durata di pioggia;
- ⇒ "h<sub>T(t)</sub>" = altezza di pioggia di durata "t" per il tempo di ritorno T in mm;
- ⇒ "a", "n" = parametri costanti della curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) per il tempo di ritorno "Tr";
- ⇒ "W<sub>t</sub>" è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno t.

Di seguito si riportano i dati relativi alla Curva di possibilità pluviometrica C.P.P. per l'area in esame ricavati dal Portale Idrologico Geografico di Arpa Lombardia relativi ad un tempo di ritorno pari a 50anni.

<b>PARAMETRI CURVA POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA TR 50 ANNI - ARPA LOMBARDIA</b>	
A1	30,47
n	0,2958
GEV alpha	0,2957
GEV kappa	-0,0291
GEV epsilon	0,8201
T <sub>r</sub> (anni)	50
W <sub>t</sub>	2,0420

*Tabella 3: Dati relativi alla C.P.P. con tempo di ritorno 50 anni del sito in esame*

I dati sono stati ricavati dal portale dell'ente ([idro.arpalombardia.it](http://idro.arpalombardia.it)).

**LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

Al fine dell'attuale procedimento, risulta necessario aumentare il dettaglio della Curva di Possibilità Pluviometrica, interpolando i dati per tempi inferiori all'ora.

Per il caso in esame si ottiene la curva C.P.P. con  $Tr=50$  mostrata in Figura 5 e Figura 6, dalla quale si evince come all'occorrenza di un evento meteorologico estremo si possono raggiungere sulle aree impermeabili, nei primi 15 minuti (0,25ore) un battente di pioggia pari a 31,11mm e dopo 24 ore raggiungere 159,29mm.

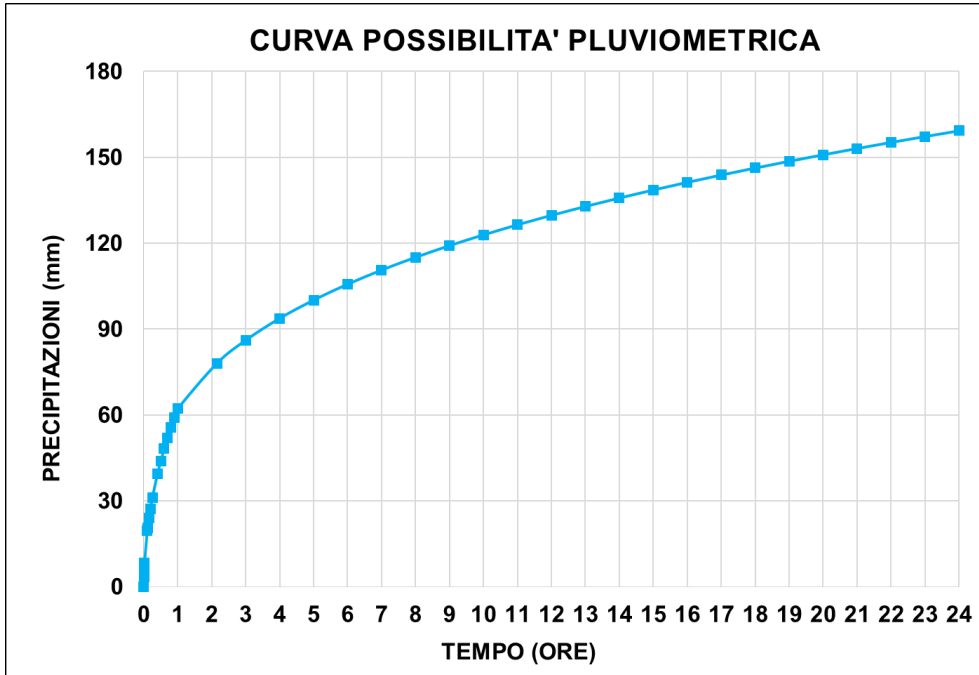


Figura 5: C.P.P. del sito in esame con  $Tr=50$  anni

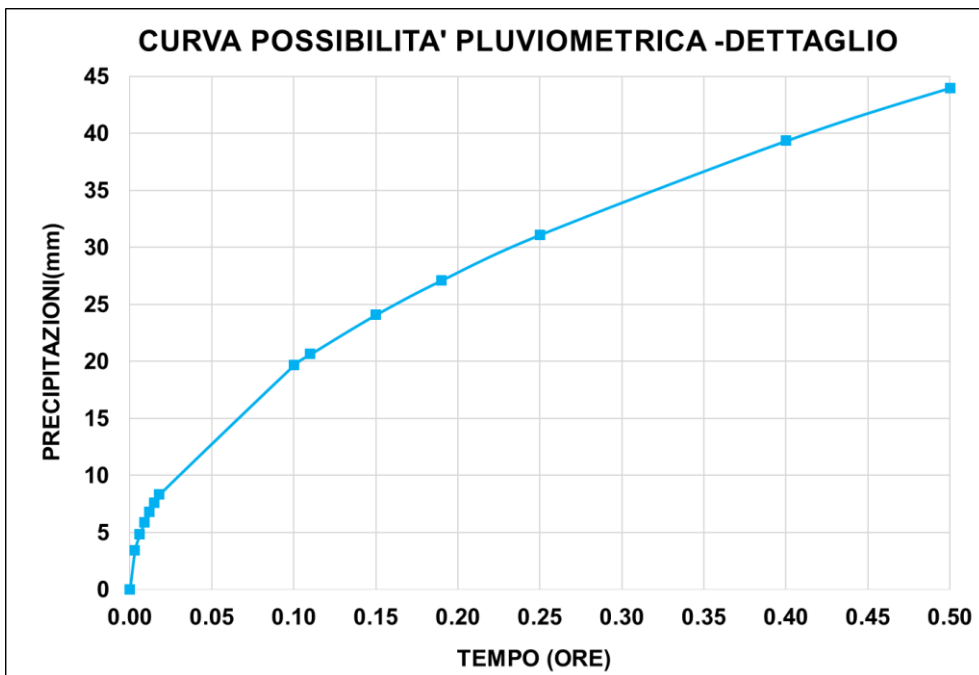


Figura 6: Dettaglio della C.P.P. del sito in esame con  $Tr=50$  anni

## LIVING CERNUSCO S.R.L.

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

Al fine di verificare il grado di sicurezza delle opere è necessario calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica C.P.P. per il sito in esame con un  $T_r=100$ anni. Come per la precedente si è fatto riferimento al Portale Idrologico Geografico di Arpa Lombardia e i dati sono di seguito riportati:

PARAMETRI CURVA POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA TR 100 ANNI - ARPA LOMBARDIA	
A1	30,47
n	0,2958
GEV alpha	0,2957
GEV kappa	-0,0291
GEV epsilon	0,8201
$T_r$	100
$W_t$	2,2756

Tabella 4: Dati relativi alla C.P.P. con tempo di ritorno 100 anni del sito in esame disponibile sul Portale Idrologico Geografico di Arpa Lombardia

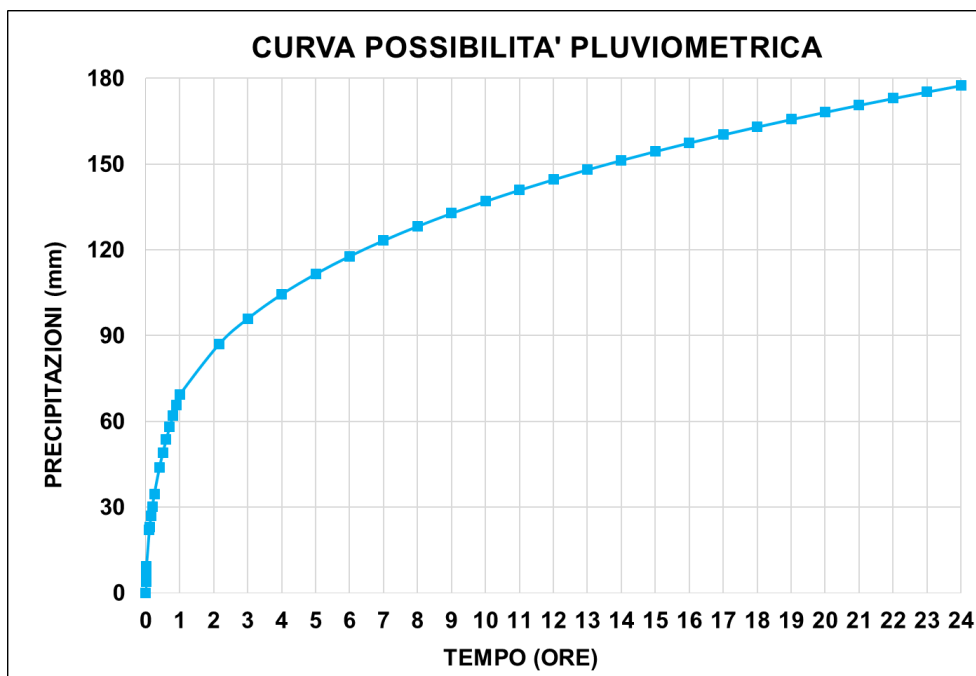


Figura 7: C.P.P. del sito in esame con  $T_r=100$  anni

**LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

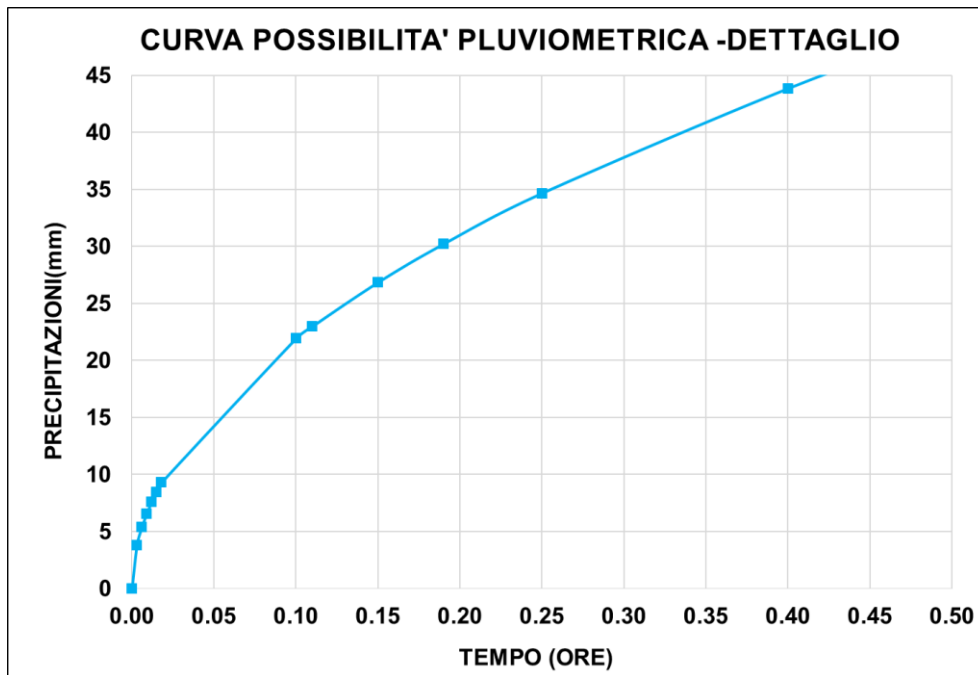


Figura 8 dettaglio della C.P.P. del sito in esame con  $Tr=100$  anni

La C.P.P. con  $Tr = 100$  è mostrata in Figura 7 e in Figura 8, dalle quali si evince che durante tale evento nei primi 15 minuti (0,25ore) sulle aree impermeabili si può raggiungere un battente di pioggia pari a 34,67mm e dopo 24 ore un battente di 177,52 mm.

## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

### **3.6 PROCESSI DI INFILTRAZIONE**

#### **3.6.1 STRATIGRAFIA DEL SITO IN ESAME**

La stratigrafia dell'area in esame è tratta dalla Relazione Geologica redatta dallo scrivente nell'ottobre 2020, e di seguito riportata:

- ⇒ da 0,00 a -0,40m da p.c: coltivo;
- ⇒ da -0,40 a -1,00m da p.c: limi argillosi marroni;
- ⇒ da -1,00 a -1,70m da p.c: limi e rari ciottoli;
- ⇒ da -1,70 a -2,80m da p.c: sabbie debolmente limose;
- ⇒ da -2,80 a -3,50m da p.c: sabbie debolmente limose con ghiaia e ciottoli;
- ⇒ da -3,50 a - 5,00m da p.c: sabbie e ghiaie debolmente limose;
- ⇒ da -5,00 a -6,00m da p.c: sabbie e ghiaie pulite con ciottoli.



*Figura 9: Cassette Sondaggio Stratigrafico.*

Si precisa sin da subito che la presenza di limi ciottolosi rilevati fino a -1,70m da p.c. dovranno essere obbligatoriamente rimossi e sostituiti da ghiaia pulita di cava.



## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

*Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica*

### **3.6.2 PERMEABILITA' RIPORTATA NEI DOCUMENTI UFFICIALI**

Lo studio della componente geologica a supporto del Piano di Governo del Territorio comunale, attribuisce per l'intero territorio comunale una permeabilità media-elevata ( $1,0 \cdot 10^{-3}$  -  $1,0 \cdot 10^{-4}$  m/s) rappresentativa di (sabbie, ghiaie e ciottoli). Nel documento di sintesi viene citato uno studio dell'università degli Studi di Milano del 2011 che sulla base dell'analisi di 1597 stratigrafie ha determinato la conducibilità idraulica della zona vadosa (UCH), suddivisa in 5 classi. L'intervento in oggetto ricade a cavallo della classe 4 e della classe 5 (Tavola T1A del documento di sintesi) come mostrato nella successiva Tabella 5.

<b>classe</b>	<b>UHC min (m/s)</b>	<b>UHC max (m/s)</b>
<b>c1</b>	1.24E-01	1.53E-03
<b>c2</b>	1.52E-03	1.32E-04
<b>c3</b>	1.31E-04	1.10E-05
<b>c4</b>	1.09E-05	7.75E-07
<b>c5</b>	7.68E-07	3.21E-10

*Tabella 5: Classi di conducibilità idraulica della zona vadosa allegate al documento di sintesi.*

Non avendo modo di accedere allo studio citato e non potendo comprendere nel dettaglio l'attendibilità dei rilievi utilizzati per l'ottenimento della distribuzione di permeabilità cartografata nella Tavola T1A e non essendoci nessun riferimento su quante stratigrafie sono state utilizzate da tale studio per identificare le fasce nel comune di Cernusco sul Naviglio non abbiamo ritenuto utile usare tali valori per il calcolo delle portate di infiltrazione alle opere di drenaggio, ma si è ritenuto opportuno eseguire delle prove di permeabilità sito specifiche.

Non avendo riscontrate particolari limitazioni durante le indagini geologiche riteniamo che sia possibile infiltrare le acque nel sottosuolo.

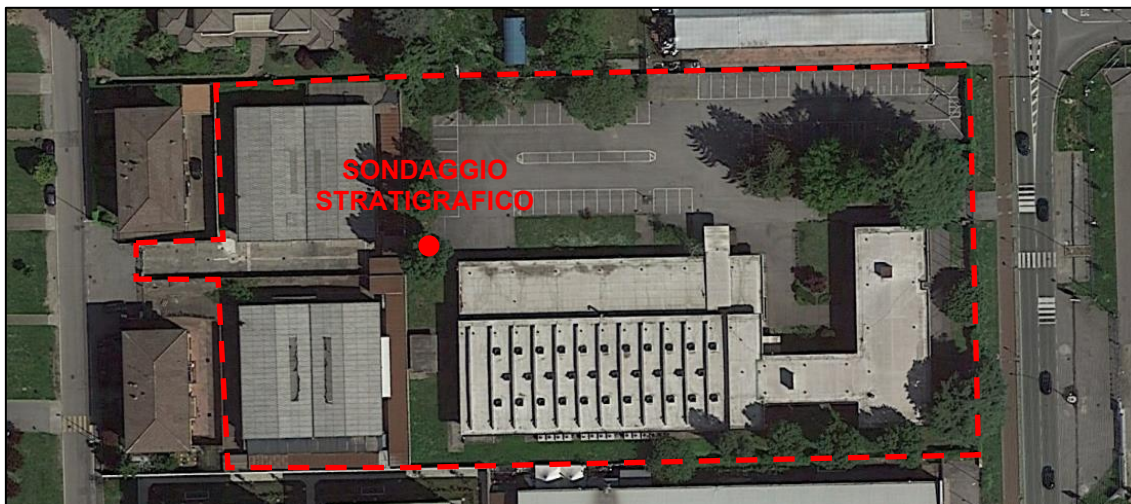
## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

*Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica*

### **3.6.3 PROVE DI PERMEABILITÀ IDRAULICA SITO SPECIFICA**

La permeabilità idraulica sito-specifica è stata valutata mediante l'esecuzione di una prova di permeabilità di tipo Lefranc. Tale prova permette di determinare la permeabilità di terreni al fondo di fori di sondaggio al di sopra o al di sotto del livello della falda eventualmente presente.

La prova condotta è stata eseguita all'interno del foro di sondaggio ubicato come di seguito mostrato:



*Figura 10: Ubicazione Sondaggio stratigrafico – da Relazione Geologica*

La prova è utile a misurare la conducibilità idrica del terreno del tratto di foro prescelto e quindi della direzione del flusso che si instaura durante la prova. Quest'ultima si esegue misurando gli assorbimenti di acqua, facendo filtrare quest'ultima attraverso un tratto di foro predeterminato.

È una prova di permeabilità da eseguirsi in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi, sottofalda o fuori falda, in quest'ultimo caso dopo avere saturato con acqua il terreno.

Nel caso di terreni a conducibilità non elevata si esegue a carico idraulico variabile; a carico idraulico costante nel caso di una elevata conducibilità.

Per l'esecuzione della prova è necessario che le pareti del foro siano rivestite con tubo di rivestimento per tutto il tratto non interessato alla prova.

La norma di riferimento sono le raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche con filtro cilindrico (Associazione Geotecnica Italiana - 1977), Secondo tali raccomandazioni la prova si realizza eseguendo le seguenti operazioni:

- ⇒ Perforazione con carotiere fino alla quota di prova;
- ⇒ Rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, senza l'uso di fluido di circolazione almeno negli ultimi 100 cm di infissione;
- ⇒ Sollevamento della batteria di rivestimento di 50cm, con solo tiro della sonda o comunque senza fluido di circolazione;
- ⇒ Misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro.

## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

*Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica*

Nel caso in esame è stato necessario determinare la permeabilità al di sopra del livello della falda freatica e in terreni mediamente permeabili utilizzando la tecnica a carico variabile.

La prova è stata preceduta da una fase di saturazione, conclusasi quando si è raggiunta, in condizioni di portata immessa costante, la stabilità del livello dell'acqua all'interno del foro. La stabilità si è raggiunta dopo 40 minuti dall'inizio dell'infiltrazione.

Operativamente si è proceduto nel seguente modo:

- ⇒ Si misura con esattezza il livello di falda in condizioni di equilibrio idrostatico, in questo caso raggiunto la saturazione si considera il fondo pozzo;
- ⇒ È stata aggiunta acqua pulita innalzando il livello dell'acqua nel pozzo il più possibile, in questo caso fino alla testa del pozzo. La prova è stata preceduta da una fase di saturazione, conclusasi quando si è raggiunta, in condizioni di portata immessa costante, la stabilità del livello dell'acqua all'interno del foro. La stabilità si è raggiunta dopo 40 minuti dall'inizio dell'infiltrazione;
- ⇒ Una volta sospesa l'immissione dell'acqua si è misurata l'altezza  $h_0$  raggiunta rispetto al livello iniziale (fondo pozzo) e il tempo iniziale  $t_0$ ;
- ⇒ Si sono effettuate le letture del livello d'acqua raggiunto,  $h$ , e dei tempi corrispondenti,  $t$ , a incrementi di  $t$ ;
- ⇒ Le letture sono state effettuate fino a che il livello dell'acqua ha raggiunto la fine della batteria di rivestimento.

Il coefficiente di permeabilità viene calcolato, sempre assumendo valide le ipotesi della legge di Darcy, con la seguente formula:

$$K = \frac{A}{F * (t_n - t_0)} \ln \left( \frac{H_0}{H_t} \right)$$

Dove:

- ⇒  $A$  = area della sezione trasversale del foro (dipendente dal diametro di perforazione);
- ⇒  $F$  = fattore di forma;
- ⇒  $H_0$  = altezza dell'acqua rispetto al livello iniziale (fondo pozzo);
- ⇒  $t$  = tempo.

**LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
 Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
 Progetto Invarianza Idraulica

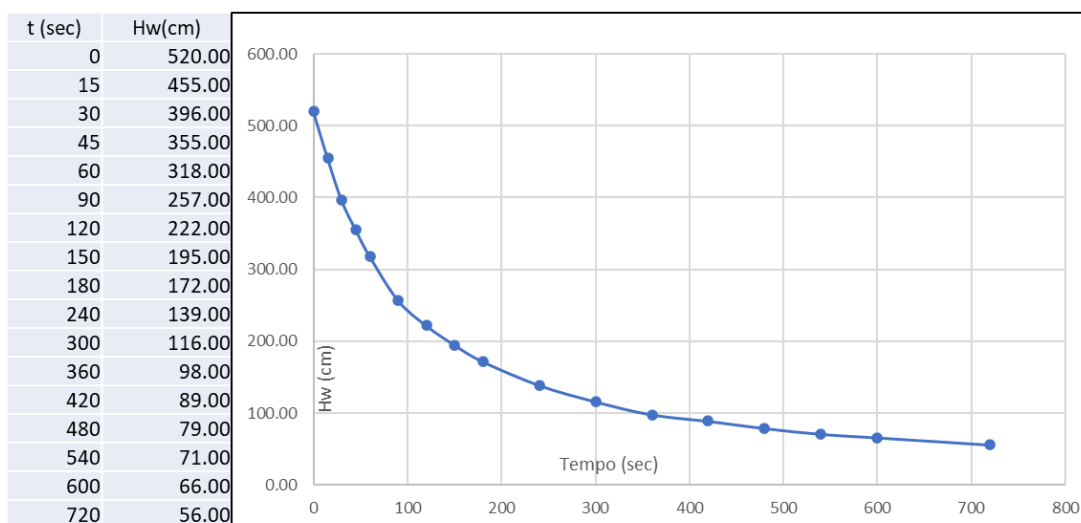


Figura 11: Altezza registrate durante la prova di permeabilità in foro

Per il calcolo del fattore di forma si riporta in calce la geometria della prova:

- ⇒ D=10,1cm;
- ⇒ A=80,12cm<sup>2</sup>;
- ⇒ Lunghezza tasca L=50cm;
- ⇒ Profondità tasca 4,5-5,0m;
- ⇒ Falda assente.

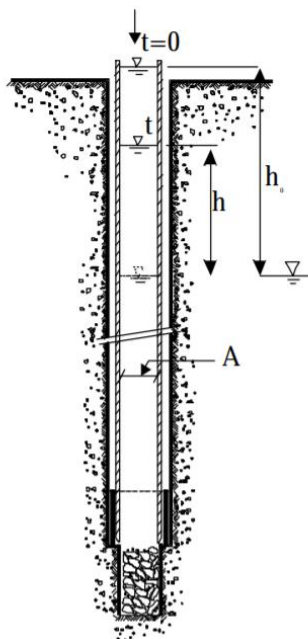


Figura 12: Schema della prova a carico variabile

Con la formula sopra descritta si è potuto calcolare la seguente permeabilità:

$$K = \frac{A}{F * (t_n - t_0)} \ln \left( \frac{H_0}{H_t} \right) = 4,96 * 10^{-5} m/s$$

## LIVING CERNUSCO S.R.L.

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
 Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
 Progetto Invarianza Idraulica

<b>PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO TIPO LEFRANC - CARICO VARIABILE (AGI 1977)</b>			
sondaggio n° 1	data inizio 16/10/2020	data fine: 16/10/2020	
Committente:	comune: Cernusco sul Naviglio (MI)		
località:			
quota: p.c.			
diametro perforazione: 101/riv127 mm	strumentazione utilizzata		Beretta T44

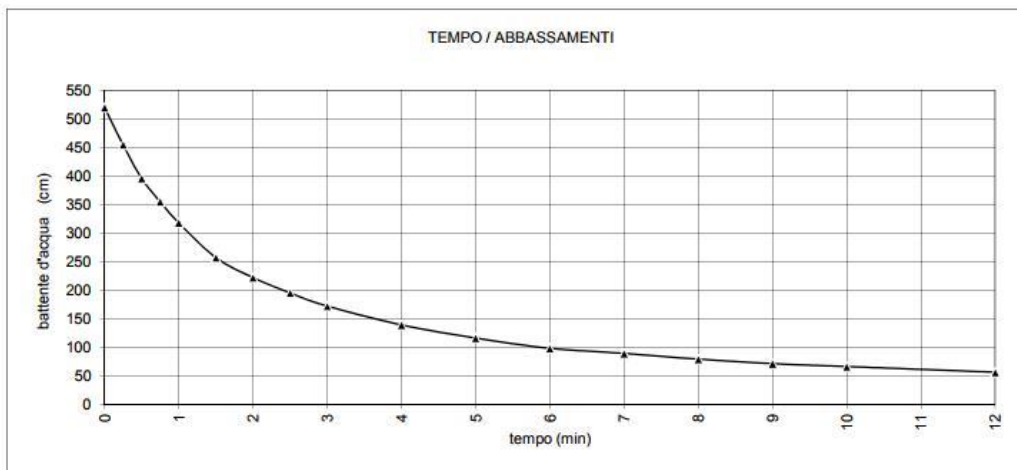
**SONDAGGIO N° 1                      PROVA N° 1**

### CARATTERISTICHE DEL FORO DI PROVA

TESTA RIVESTIMENTI DA P.C	cm	20
DIAMETRO RIVESTIMENTO	cm	12,7
DIAMETRO TASCA	cm	10,1
AREA TASCA SONDAGGIO	cm <sup>2</sup>	80,12
PROFONDITA' SONDAGGIO	m	5,0
LUNGHEZZA TASCA	cm	50
PROFONDITA' TASCA	da m a m	da 4,5 a 5,0
CARICO IDRAULICO INIZIALE	m	5,2
QUOTA FALDA DA P.C. (liv. statico)	m	assente



TEMPO / ABBASSAMENTI



tempo (minuti)	battente d'acqua (cm)	tempo (minuti)	battente d'acqua (cm)
0,00	520,0	7,00	89,0
0,25	455,0	8,00	79,0
0,50	396,0	9,00	71,0
0,75	355,0	10,00	66,0
1,00	318,0	12,00	56,0
1,50	257,0		
2,00	222,0		
2,50	195,0		
3,00	172,0		
4,00	139,0		
5,00	116,0		
6,00	98,0		

$$K \text{ (cm/sec)} = \frac{A}{C_L \cdot (t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

A = area tasca sondaggio  
 C<sub>L</sub> = coefficiente di forma  
 h<sub>1</sub> (quota liv. H<sub>20</sub> all'istante t<sub>1</sub>)  
 h<sub>2</sub> (quota liv. H<sub>20</sub> all'istante t<sub>2</sub>)

**COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' CALCOLATO**

**K =                      4,96E-03 (cm/sec)**

**N:B:** Il battente d'acqua è riferito al fondo foro o alla superficie freatica se presente all'interno del foro di sondaggio

## LIVING CERNUSCO S.R.L.

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

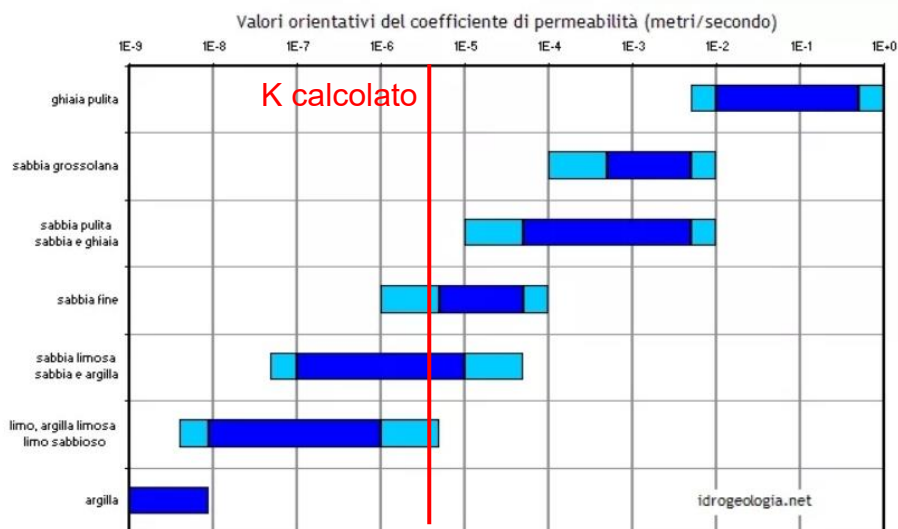


Tabella 6: Valori di permeabilità idraulica indicativi da letteratura – Idrogeologia.net

La permeabilità misurata corrisponde in letteratura ad una sabbia fine o sabbia limosa e argilla.

**Eventuali variazioni di permeabilità lungo la verticale e/o possibili riduzioni della stessa negli anni futuri, sono state tenute in considerazione durante i calcoli d'invarianza applicando un coefficiente correttivo della permeabilità pari a  $k/2$ .**

### 3.6.4 FATTIBILITÀ DEI PROCESSI DI INFILTRAZIONE AI SENSI DEL R.R. (ART. 11 COMMA 2 LETTERA C - PUNTO 2)

Sulla base di quanto esposto nelle sezioni precedenti, si hanno le condizioni per poter infiltrare l'afflusso meteorico nella zona vadosa. **Tale soluzione non trova controindicazioni nella qualità delle acque meteoriche in quanto le acque provengono da tetti e piazzali interni di strutture residenziali.**

Allo stato delle attuali conoscenze, non vi sono controindicazioni geologiche e geotecniche in quanto la zona non è oggetto di occhi pollini e cavità sotterranee che possono essere aggravate dall'infiltrazione delle acque.

Sarà necessario da parte dell'Ingegnere strutturista incaricato esprimere un parere scritto, sulla fattibilità delle opere di infiltrazione e segnalare preventivamente eventuali prescrizioni geotecniche da adottare al fine di evitare futuri cedimenti e/o danni alle strutture esistenti e in progetto.

In merito **allo studio di gestione del rischio idraulico di competenza comunale** ai sensi del R.R., non ancora approvato come indicato in premessa, si rimanda alla amministrazione comunale eventuali limitazioni e/o restrizioni alla possibilità di infiltrare le acque meteoriche, chiedendo eventualmente di indicare i ricettori più idonei così come previsto dal R.R. (reticolo idrografico o fognatura), lo studio di sintesi non contiene in modo esplicito queste limitazioni.

**Si sottolinea che il sistema potrà andare in crisi qualora dovessero sopraggiungere apporti di acque meteorologiche provenienti dall'esterno dell'area di studio.**



### 3.7 VERIFICA SISTEMA DI LAMINAZIONE-DISPERSIONE

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche preso in considerazione è costituito da n.33 pozzi perdenti posizionati in corrispondenza dei futuri posteggi previsti dal Piano Attuativo.

In particolare, i posteggi a ovest dell'area saranno interessati dall'installazione di n.24 pozzi perdenti, i quali riceveranno le acque dalle due nuove strutture residenziali, dai vialetti e dai posteggi stessi, mentre i 9 pozzi perdenti che saranno installati nel posteggio ubicato nord-est del lotto consentiranno di laminare e smaltire le acque meteoriche provenienti dalla struttura oggetto di riqualificazione posta a sud-est del sito, dalle relative pertinenze e dal posteggio stesso.

Le opere sono state opportunamente dimensionate per svolgere contemporaneamente la funzione di vasca di laminazione che opera di drenaggio.

In particolare, i pozzi drenati o comunemente detti perdenti sono costituiti da serie di anelli in calcestruzzo sovrapposti completamente interrati e opportunamente fenestrati al fine di consentire la dispersione laterale delle acque in arrivo dalla rete di drenaggio superficiale.

All'interno degli anelli, i pozzi rimangono completamente vuoti e assumono funzione di vasca di laminazione, mentre all'estradosso degli stessi viene posto del brecciato o spezzato di cava (ghiaia) per favorire l'allontanamento delle acque dagli stessi.

I pozzi dovranno essere progettati e realizzati con il seguente schema. L'aeratore interno al pozzo è obbligatorio per poter sfruttare l'intero volume d'immagazzinamento degli stessi e soddisfare i requisiti del Progetto d'Invarianza Idraulica.

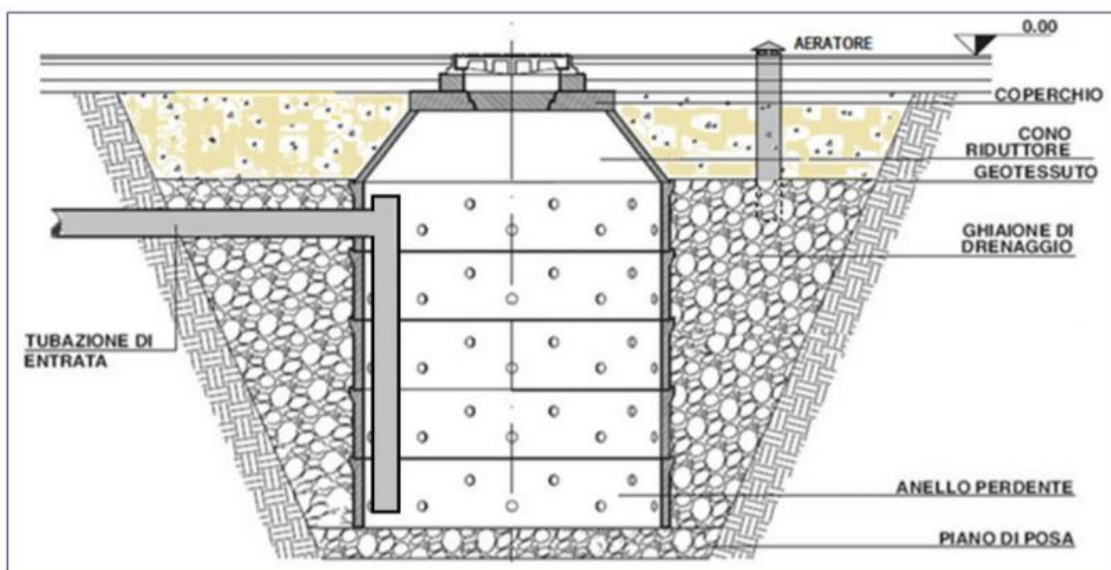


Figura 13: Schema di realizzazione dei pozzi perdenti

## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

### **3.7.1 PROCESSI DI INFILTRAZIONE**

Per il calcolo della porta infiltrata si è considerato il suolo all'esterno e al di sotto del pozzo perdente prossimo alla saturazione. Con questa assunzione è possibile calcolare la porta di infiltrazione con la legge Darcy:

$$Q_f = k_w * J * A_f$$

dove:

- ⇒  $Q_f$  = Portata infiltrata [ $m^3/s$ ];
- ⇒  $k_w$  = conducibilità idraulica [ $m/s$ ];
- ⇒  $J$  = Gradiente piezometrico [ $m/m$ ];
- ⇒  $A_f$  = l'effettiva area drenante del pozzo [ $m^2$ ], assunta come un anello di larghezza  $z/2$  attorno alla base del pozzo: non si considera la base drenante del pozzo, per tenere conto della sua possibile occlusione.

Nel caso dei pozzi perdenti, con le assunzioni proposte da Sieker (1984) il gradiente piezometrico può essere scritto come:

$$J = \frac{L + z}{L + \frac{z}{2}}$$

Dove:

- ⇒  $J$  = gradiente nei pozzi;
- ⇒  $z$  = altezza drenante del pozzo;
- ⇒  $L$  = differenza di potenziale tra il fondo del pozzo e il livello di falda.

In questo caso la legge di Darcy può essere scritta:

$$Q_f = k \left( \frac{L + z}{L + \frac{z}{2}} \right) A_f$$

Avendo applicato il metodo delle sole piogge si è trascurato la dipendenza della portata di infiltrazione in funzione dell'altezza raggiunta dall'acqua nel pozzo perdente.

## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

### **3.7.2 LA PROGETTAZIONE-VERIFICA DI STRUTTURE DI INVASO E DISPERSIONE**

La progettazione-verifica di strutture di invaso e dispersione (S.I.D), delle acque meteoriche si basa sulla applicazione della equazione di continuità alle precipitazioni di forte intensità definite dalle C.P.P:

$$VA(t) = VI(t) + VS(t)$$

dove:

⇒  $VA(t)$  = volume di afflusso meteorico al S.I.D. cumulato al tempo "t";

⇒  $VI(t)$  = volume infiltrato/scaricato dal S.I.D. cumulato al tempo "t";

⇒  $VS(t)$  = volume di stoccaggio nel S.I.D. cumulato al tempo "t".

Come previsto dal regolamento per il dimensionamento si con S.I.D. era un tempo di ritorno di 50 anni e la C.P.P. mostrata in Figura 6.

Per un determinato tempo di ritorno, si può calcolare il volume di accumulo da garantire attraverso la seguente formula:

$$VS(t) = VA(t) - VI(t)$$

Il calcolo del volume di acqua precipitata nell'unità di tempo può essere calcolato anche per le singole aree che l'hanno prodotto:

$$Vs = Va - Vi$$

$$Vs = S * coeff * hT(t) - Vi$$

$$Vs = S * coeff * a * wt - Qf * t$$

Dove:

⇒ S = superficie d'intervento;

⇒ coeff = coefficiente di deflusso medio ponderale di ogni singola zona

⇒ t = durata dell'evento piovoso;

⇒  $hT(t)$  = l'altezza di pioggia di durata "t" per il tempo di ritorno T in mm;

⇒ a, n,  $w_t$  = parametri costanti della C.P.P. per il tempo di ritorno di 50 anni.

La durata  $T_{cr50}$  (tempo critico) che massimizza il volume invasato si ottiene derivando l'espressione precedente, ottenendo così:

$$T_{cr50} = \left( \frac{Qf}{S * coeff * a * n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Il Volume di laminazione si calcola:

$$Vs = S * coeff * a * T_{cr}^n - Q_{dreni} * T_{cr}$$

Il tempo di vuotamento del volume di laminazione, dovrà obbligatoriamente essere inferiore alle 48 ore previste dal R.R.

Il tempo di svuotamento " $T_{sv}$ " è dato dalla seguente formula:

$$T_{sv} = \frac{Vs}{Qf} < 48ore$$

## LIVING CERNUSCO S.R.L.

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

dove:

- ⇒  $V_s$  è il volume di stoccaggio nel S.I.D;
- ⇒  $Q_f$  è la portata infiltrante del sistema drenante.

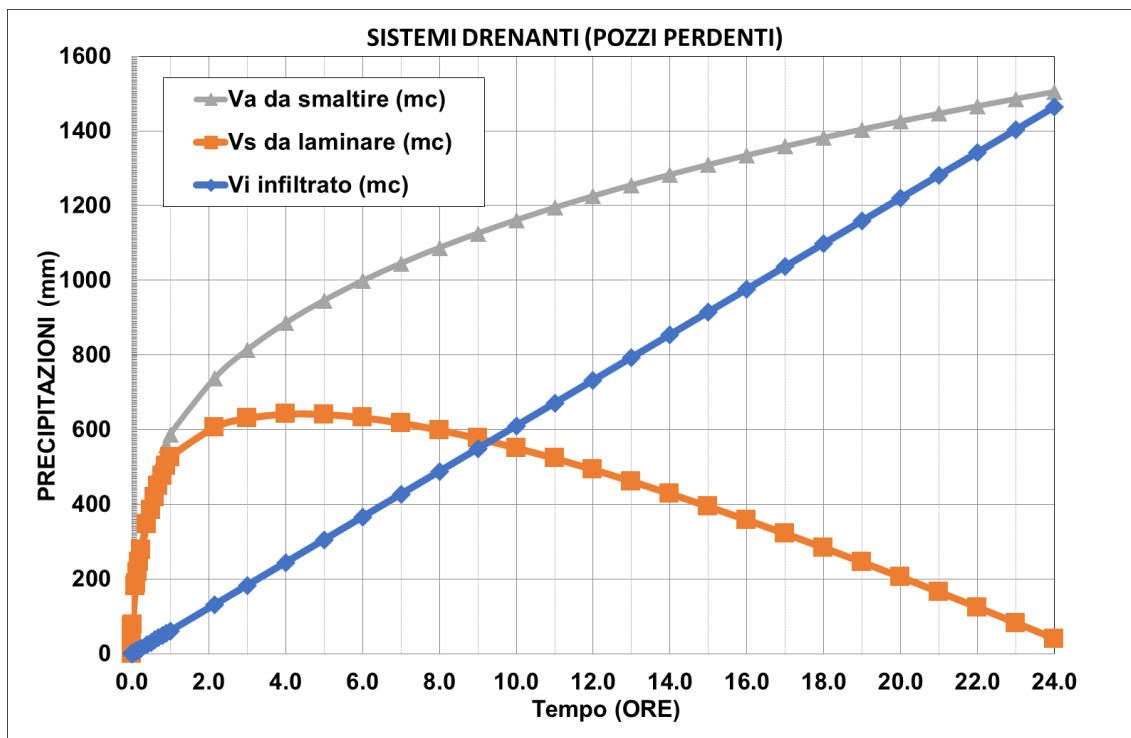


Figura 14: Esempio di analisi dei volumi  $V_a$ ,  $V_s$  e  $V_i$  relative alle superfici. La curva arancione mostra i volumi in accumulo in vasca di laminazione ipotetica in funzione della C.P.P. con  $Tr = 50$ anni

## LIVING CERNUSCO S.R.L.

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

### 3.8 SISTEMA DI SMALTIMENTO AREA OVEST

L'Area Ovest, come descritto nel paragrafo 3.1 e mostrato in Figura 4, presenta una superficie complessiva di 8'080.75mq così suddivisi:

- ⇒ 747.22mq: riconducibili ad aree verdi di progetto considerate nei calcoli;
- ⇒ 1'130.41mq: riconducibili ad aree verdi di progetto escluse ai dell'Art. 7bis - Lett. C del R.R.;
- ⇒ 0.00mq: aree semi impermeabili;
- ⇒ 6'203.12mq: aree impermeabili corrispondenti alle coperture, ai piani interrati, vialetti e posteggi ubicati a ovest del sito.

I coefficienti di deflusso medi ponderali utilizzati per il calcolo del coefficiente di deflusso sono quelli indicati all' Art. 11 della R.R. punto d), di seguito elencati:

- ⇒  $\phi = 1$  per superfici impermeabili (tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili, pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi, ecc.);
- ⇒  $\phi = 0.7$  per superfici semi permeabili (strade, vialetti, parcheggi);
- ⇒  $\phi = 0.3$  per superfici permeabili di qualsiasi tipo (superfici incolte e/o agricole).

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE	Coeff. Deflusso medio ponderale - Art 11 R.R.	AREA [m <sup>2</sup> ]	AREA DEFLUSSO EQUIVALENTE [m <sup>2</sup> ]
AREE A VERDE	0.30	747.22	224.17
AREE SEMI IMPERMEABILIZZATE	0.70	0.00	0
AREE IMPERMEABILI	1.00	6203.12	6203.12
SUPERFICIE IMPERMEABILE EQUIVALENTE [m <sup>2</sup> ]			6427
SUPERFICIE IMPERMEABILE EQUIVALENTE [ha]			0.6427
COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE			0.92

Tabella 7: Calcolo area equivalente "Area Ovest"- Art. 11 del R.R.

#### 3.8.1 PRESTAZIONI DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE AREA OVEST – TR: 50ANNI (ART.11 COMMA 2 LETT. A – PUNTO 1)

Il sistema di smaltimento previsto per gestire le acque meteoriche decadenti sull'Area ovest dell'ambito in esame è costituito da n.24 pozzi perdenti progettati per drenare e laminare le aree richiamate al paragrafo precedente.

In particolare, le opere previste dovranno avere le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- ⇒ Diametro pozzo interno: 2.3m;
- ⇒ Profondità totale: 4.0m di cui drenante: 3.5m;
- ⇒ Larghezza corona di ghiaia: 0.5m;
- ⇒ Porosità materiale corona di ghiaia: 0.35.

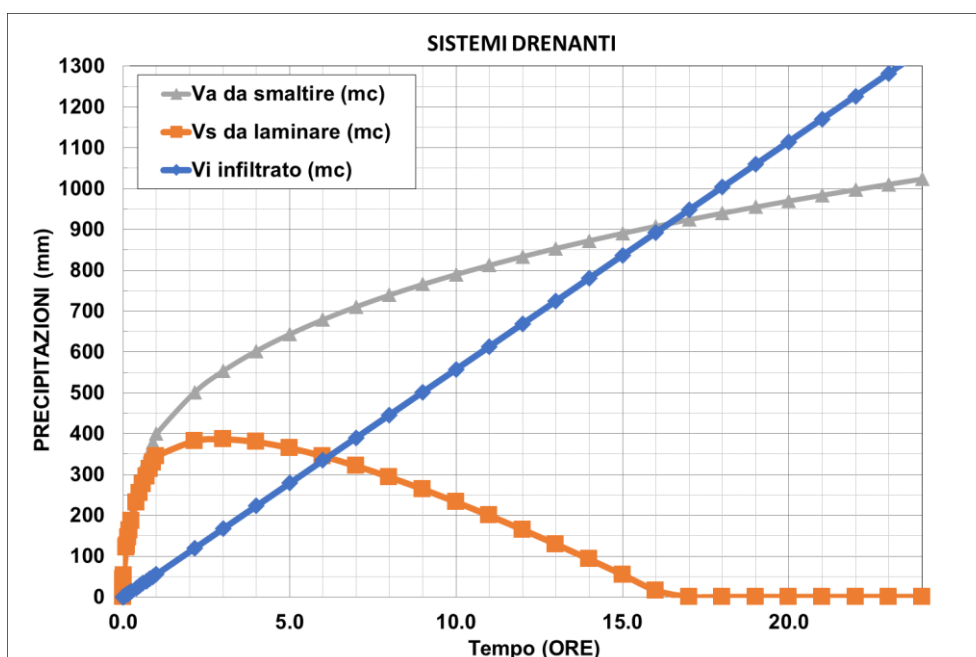
**È necessario in fase d'installazione dei pozzi sostituire con ghiaia pulita il limo ciottoloso presente fino ad una profondità di circa -1,70m da p.c.**

## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
 Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
 Progetto Invarianza Idraulica

Applicando la teoria sintetizzata nei precedenti paragrafi è stato possibile dimensionare le opere di drenaggio ai sensi del R.R. vigente, i cui dati sono riportati nella successiva Tabella 8:

<b>PARAMETRI DI CALCOLO - POZZI PERDENTI</b>	
Diametro Pozzo [m]	<b>2.30</b>
Altezza Pozzo [m]	<b>4.00</b>
Porzione di pozzo cieca per arrivo tubi [m]	<b>0.50</b>
Profondità falda [m da p.c. futuro]	<b>12.60</b>
Distanza base pozzo-falda [m]	<b>8.60</b>
Altezza pozzo drenante [m]	<b>3.50</b>
Conducibilità idraulica - K [m/s]	<b>4.96E-05</b>
Conducibilità Idraulica utilizzata - K/2 [m/s]	<b>2.48E-05</b>
Raggio pozzo - R [m]	<b>1.15</b>
Area filtrante anello - Af [mq]	<b>22.25</b>
Portata infiltrata - Q <sub>f</sub> [mc/s]	<b>0.00065</b>
<b>Portata infiltrata pozzo - Q<sub>f</sub> [l/s]</b>	<b>0.65</b>
<b>Calcolo Volume Corona Ghiaiosa Pozzo</b>	
Larghezza Corona Pozzo [m]	0.50
Area Corona Singolo Pozzo - Ghiaia [mq]	4.40
Volume di laminazione corona singolo pozzo [mc]	5.39
Porosità materiale corona singolo pozzo	0.35
<b>Volume Singola Corona ghiaia [mc]</b>	<b>5.39</b>
<b>Volume utile singolo Pozzo [mc]</b>	<b>14.53</b>
<b>Volume utile batteria Pozzi + Corona esterna [mc]</b>	<b>478.07</b>
<b>n. Pozzi Perdenti</b>	<b>24</b>
<b>Volume da Laminare [mc]</b>	<b>386.21</b>
<b>Svuotamento pozzi [ore]</b>	<b>9</b>
<b>Tempo critico evento meteorico</b>	<b>2.91</b>



*Tabella 8: Dimensionamento sistema drenaggio Area Ovest*

Il sistema così progettato sarà in grado di drenare una portata complessiva "Q<sub>f</sub> totale" di 15.49l/s pari a 0.65l/s per pozzo, grazie ad una superficie infiltrante complessiva di 534.00mq (22.25mq/pozzo).



## LIVING CERNUSCO S.R.L.

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

Considerando un evento meteorico con Tempo di Ritorno pari a 50anni è stato quindi possibile calcolare il volume di laminazione ( $V_s$ ) il quale è risultato pari a 386.21mc.

Tale volume di laminazione risulta disponibile all'interno del sistema di dispersione progettato (pozzi + corona di ghiaia esterna), il quale dispone di una capacità d'immagazzinamento pari a 478.07mc.

Il tempo critico dell'evento è di 2.91 ore e il tempo di svuotamento del sistema è stato stimato in circa 9 ore, quindi inferiore alle 48 ore previste all'Art. 11 c. 2 Lett. f. punto 2.

### 3.8.2 CALCOLO DEL FRANCO DI SICUREZZA PER UN EVENTO CON TEMPO DI RITORNO DI 100 ANNI (ART. 11 COMMA 2 LETTERA A - PUNTO 2)

Come richiesto dalla Regolamento Regionale, tutti i sistemi di drenaggio devono essere caratterizzati da un franco di sicurezza calcolato applicando un evento con tempo di ritorno di cento anni.

Per il caso in esame i calcoli effettuati sono mostrati nella successiva Tabella 9:

PARAMETRI DI CALCOLO - POZZI PERDENTI	
Diametro Pozzo [m]	2.30
Altezza Pozzo [m]	4.00
Porzione di pozzo cieca per arrivo tubi [m]	0.50
Profondità falda [m da p.c. futuro]	12.60
Distanza base pozzo-falda [m]	8.60
Altezza pozzo drenante [m]	3.50
Conducibilità idraulica - K [m/s]	4.96E-05
Conducibilità Idraulica utilizzata - K/2 [m/s]	2.48E-05
Raggio pozzo - R [m]	1.15
Area filtrante anello - Af [mq]	22.25
Portata infiltrata - Q <sub>f</sub> [mc/s]	0.00065
<b>Portata infiltrata pozzo - Q<sub>f</sub> [l/s]</b>	<b>0.65</b>
<b>Calcolo Volume Corona Ghiaiosa Pozzo</b>	
Larghezza Corona Pozzo [m]	0.50
Area Corona Singolo Pozzo - Ghiaia [mq]	4.40
Volume di laminazione corona singolo pozzo [mc]	5.39
Porosità materiale corona singolo pozzo	0.35
<b>Volume Singola Corona ghiaia [mc]</b>	<b>5.39</b>
<b>Volume utile singolo Pozzo [mc]</b>	<b>14.53</b>
<b>Volume utile batteria Pozzi + Corona esterna [mc]</b>	<b>478.07</b>
<b>n. Pozzi Perdenti</b>	<b>24</b>
<b>Volume da Laminare [mc]</b>	<b>449.54</b>
<b>Svuotamento pozzi [ore]</b>	<b>9</b>
<b>Tempo critico evento meteorico</b>	<b>3.39</b>

Tabella 9: Parametri usati per la verifica del franco di sicurezza con  $T_r:100$

Considerando un evento meteorico con Tempo di Ritorno pari a 100 anni e una portata d'infiltrazione complessiva dei pozzi di 15,49l/s è stato possibile calcolare il volume aggiuntivo necessario per garantire il grado di sicurezza delle opere come prescritto da R.R. vigente, che è risultato pari a: 63.33mc:

$$V_{s(T_r100)} - V_{s(T_r50)} = V_{s(\text{grado di sicurezza})} = 449.54\text{mc} - 386.21\text{mc} = 63.33\text{mc}$$

## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

*Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica*

Tale volume di laminazione risulta disponibile all'interno del sistema di dispersione progettato (pozzi + corona di ghiaia esterna), il quale è in grado di ricevere complessivamente 478.07mc d'acqua rispetto ai 449.54mc necessari.

**Sono in questo modo garantiti i volumi del franco di sicurezza per un tempo di ritorno di 100anni.**

Il tempo critico dell'evento è di 3.39 ore e il tempo di svuotamento del sistema è risultato essere pari a 9 ore, quindi inferiore alle 48 ore previste dal R.R.

Ai sensi dell'Art. 11 c. 2 lett. f) p.to 2 e 3, si precisa che il sistema progettato sarà in grado di ricevere più eventi meteorici di pari intensità nelle 48 ore.

Nell'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento dell'invaso, è plausibile ipotizzare la formazione di un piccolo battente d'acqua in superficie, il quale non può arrecare nessun danno a strutture e/o cose vista la distanza dalle strutture in progetto e considerato il modesto tirante idrico.

L'eventuale battente d'acqua, stimato nell'ordine di pochissimi centimetri, sarà contenuto da cordoli di altezza 15cm che saranno installati perimetralmente a tutti e due i posteggi a ovest. L'accesso agli stessi e ai box interrati sarà garantito da rampe in CLS sagomate opportunamente.

Le strutture di infiltrazione sono ubicate ad una distanza superiore a 3m da tutte le strutture di fondazione in progetto.

## LIVING CERNUSCO S.R.L.

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

### 3.9 SISTEMA DI SMALTIMENTO AREA EST

L'Area Est, come descritto nel paragrafo 3.1 e mostrato in Figura 4, presenta una superficie complessiva di 3'561.38mq così suddivisi:

- ⇒ 495.54mq: riconducibili ad aree verdi di progetto considerate nei calcoli;
- ⇒ 731.89mq: riconducibili ad aree verdi di progetto escluse ai dell'Art. 7bis - Lett. C del R.R (corrispondenti ai giardini privati e una porzione di area incolta su via Verdi);
- ⇒ 0.00mq: aree semi impermeabili;
- ⇒ 2'333.95mq: aree impermeabili corrispondenti alle coperture dell'immobile oggetto di riqualificazione, al vialetto d'accesso da via Verdi e il posteggio ubicato a nord-est del sito.

I coefficienti di deflusso medi ponderali utilizzati per il calcolo del coefficiente di deflusso sono quelli indicati all' Art. 11 della R.R. punto d), di seguito elencati:

- ⇒  $\phi = 1$  per superfici impermeabili (tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili, pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi, ecc.);
- ⇒  $\phi = 0.7$  per superfici semi permeabili (strade, vialetti, parcheggi);
- ⇒  $\phi = 0.3$  per superfici permeabili di qualsiasi tipo (superfici incolte e/o agricole).

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE	Coeff. Deflusso medio ponderale - Art 11 R.R.	AREA [m <sup>2</sup> ]	AREA DEFLUSSO EQUIVALENTE [m <sup>2</sup> ]
AREE A VERDE	0.30	495.54	148.66
AREE SEMI IMPERMEABILIZZATE	0.70	0.00	0
AREE IMPERMEABILI	1.00	2333.95	2333.95
SUPERFICIE IMPERMEABILE EQUIVALENTE [m <sup>2</sup> ]			2483
SUPERFICIE IMPERMEABILE EQUIVALENTE [ha]			0.2483
COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE			0.88

Tabella 10: Calcolo area equivalente "Area Est"- Art. 11 del R.R.

#### 3.9.1 PRESTAZIONI DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE AREA EST – TR: 50ANNI (ART.11 COMMA 2 LETT. A – PUNTO 1)

Il sistema di smaltimento previsto per gestire le acque meteoriche decadenti sull'Area est dell'ambito in esame è costituito da n.9 pozzi perdenti progettati per drenare e laminare le aree richiamate al paragrafo precedente.

In particolare, le opere previste dovranno avere le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- ⇒ Diametro pozzo interno: 2.3m;
- ⇒ Profondità totale: 4.0m di cui drenante: 3.5m;
- ⇒ Larghezza corona di ghiaia: 0.5m;
- ⇒ Porosità materiale corona di ghiaia: 0.35.

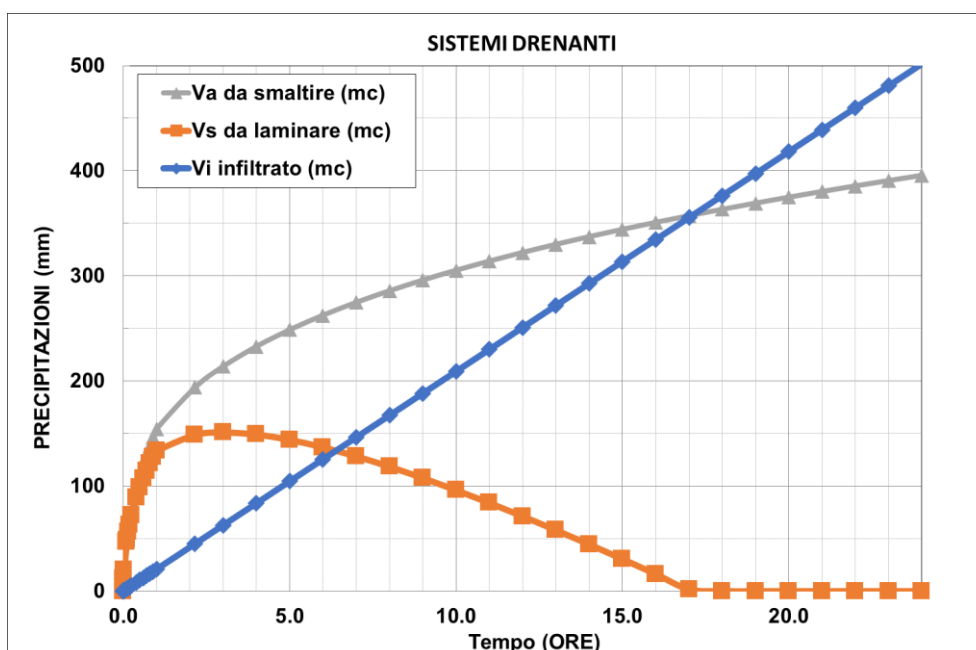
**È necessario in fase d'installazione dei pozzi sostituire con ghiaia pulita il limo ciottoloso presente fino ad una profondità di circa -1,70m da p.c.**

## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
 Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
 Progetto Invarianza Idraulica

Applicando la teoria sintetizzata nei precedenti paragrafi è stato possibile dimensionare le opere di drenaggio ai sensi del R.R. vigente, i cui dati sono riportati nella successiva Tabella 11:

<b>PARAMETRI DI CALCOLO - POZZI PERDENTI</b>	
Diametro Pozzo [m]	<b>2.30</b>
Altezza Pozzo [m]	<b>4.00</b>
Porzione di pozzo cieca per arrivo tubi [m]	<b>0.50</b>
Profondità falda [m da p.c. futuro]	<b>12.60</b>
Distanza base pozzo-falda [m]	<b>8.60</b>
Altezza pozzo drenante [m]	<b>3.50</b>
Conducibilità idraulica - K [m/s]	<b>4.96E-05</b>
Conducibilità Idraulica utilizzata - K/2 [m/s]	<b>2.48E-05</b>
Raggio pozzo - R [m]	<b>1.15</b>
Area filtrante anello - Af [mq]	<b>22.25</b>
Portata infiltrata - Q <sub>f</sub> [mc/s]	<b>0.00065</b>
<b>Portata infiltrata pozzo - Q<sub>f</sub> [l/s]</b>	<b>0.65</b>
<b>Calcolo Volume Corona Ghiaiosa Pozzo</b>	
Larghezza Corona Pozzo [m]	0.50
Area Corona Singolo Pozzo - Ghiaia [mq]	4.40
Volume di laminazione corona singolo pozzo [mc]	5.39
Porosità materiale corona singolo pozzo	0.35
<b>Volume Singola Corona ghiaia [mc]</b>	<b>5.39</b>
<b>Volume utile singolo Pozzo [mc]</b>	<b>14.53</b>
<b>Volume utile batteria Pozzi + Corona esterna [mc]</b>	<b>179.27</b>
<b>n. Pozzi Perdenti</b>	<b>9</b>
<b>Volume da Laminare [mc]</b>	<b>151.06</b>
<b>Svuotamento pozzi [ore]</b>	<b>9</b>
<b>Tempo critico evento meteorico</b>	<b>3.04</b>



*Tabella 11: Dimensionamento sistema drenaggio Area Est*

Il sistema così progettato sarà in grado di drenare una portata complessiva di “Q<sub>f</sub> totale” di 5.81l/s grazie ad una superficie infiltrante pari a 200.25mq.

## LIVING CERNUSCO S.R.L.

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

Considerando un evento meteorico con Tempo di Ritorno pari a 50 anni e una portata d'infiltrazione complessiva dei pozzi perdenti di 5.81l/s (funzione della permeabilità) è stato possibile calcolare il volume da laminare ( $V_s$ ), il quale è risultato pari a 151.06mc.

Tale volume di laminazione risulta disponibile all'interno del sistema di dispersione progettato (pozzi + corona di ghiaia esterna), il quale dispone di una capacità d'immagazzinamento pari a 179.27mc.

Il tempo critico dell'evento è 3.04 ore e il tempo di svuotamento del sistema è risultato essere pari a 9 ore, quindi inferiore alle 48 ore previste dal R.R.

### 3.9.2 CALCOLO DEL FRANCO DI SICUREZZA PER UN EVENTO CON TEMPO DI RITORNO DI 100 ANNI (ART. 11 COMMA 2 LETTERA A - PUNTO 2)

Come richiesto dalla Regolamento Regionale, tutti i sistemi di drenaggio devono essere caratterizzati da un franco di sicurezza calcolato applicando un evento con tempo di ritorno di cento anni. Per il caso in esame i calcoli effettuati sono mostrati nella successiva Tabella 12:

PARAMETRI DI CALCOLO - POZZI PERDENTI	
Diametro Pozzo [m]	2.30
Altezza Pozzo [m]	4.00
Porzione di pozzo cieca per arrivo tubi [m]	0.50
Profondità falda [m da p.c. futuro]	12.60
Distanza base pozzo-falda [m]	8.60
Altezza pozzo drenante [m]	3.50
Conducibilità idraulica - K [m/s]	4.96E-05
Conducibilità Idraulica utilizzata - K/2 [m/s]	2.48E-05
Raggio pozzo - R [m]	1.15
Area filtrante anello - Af [mq]	22.25
Portata infiltrata - Q <sub>f</sub> [mc/s]	0.00065
<b>Portata infiltrata pozzo - Q<sub>f</sub> [l/s]</b>	<b>0.65</b>
<b>Calcolo Volume Corona Ghiaiosa Pozzo</b>	
Larghezza Corona Pozzo [m]	0.50
Area Corona Singolo Pozzo - Ghiaia [mq]	4.40
Volume di laminazione corona singolo pozzo [mc]	5.39
Porosità materiale corona singolo pozzo	0.35
<b>Volume Singola Corona ghiaia [mc]</b>	<b>5.39</b>
<b>Volume utile singolo Pozzo [mc]</b>	<b>14.53</b>
<b>Volume utile batteria Pozzi + Corona esterna [mc]</b>	<b>179.27</b>
<b>n. Pozzi Perdenti</b>	<b>9</b>
<b>Volume da Laminare [mc]</b>	<b>175.78</b>
<b>Svuotamento pozzi [ore]</b>	<b>9</b>
<b>Tempo critico evento meteorico</b>	<b>3.54</b>

Tabella 12: Parametri usati per la verifica del franco di sicurezza con Tr:100

Considerando un evento meteorico con Tempo di Ritorno pari a 100 anni e una portata d'infiltrazione complessiva dei pozzi perdenti pari a 5,81l/s è stato possibile calcolare il volume aggiuntivo necessario per garantire il grado di sicurezza delle opere come prescritto da R.R. vigente, che è risultato pari a 24.72mc:

$$V_{s(Tr100)} - V_{s(Tr50)} = V_{s(\text{grado di sicurezza})}$$
$$175.78\text{mc} - 151.06\text{mc} = 24.72\text{mc}$$

## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

*Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica*

Tale volume di laminazione risulta disponibile all'interno del sistema di dispersione progettato (pozzi + corona di ghiaia esterna), il quale è in grado di ricevere complessivamente 179.27mc d'acqua rispetto ai 175.78mc necessari.

**Sono in questo modo garantiti i volumi del franco di sicurezza per un tempo di ritorno di 100anni.**

Il tempo critico dell'evento è di 3.54 ore e il tempo di svuotamento del sistema è risultato essere pari a 9 ore, quindi inferiore alle 48 ore previste dal R.R.

Ai sensi dell'Art. 11 c. 2 lett. f) p.to 2 e 3, si precisa che il sistema progettato sarà in grado di ricevere più eventi meteorici di pari intensità nelle 48 ore.

Nell'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento dell'invaso, è plausibile ipotizzare la formazione di un piccolo battente d'acqua in superficie, il quale non può arrecare nessun danno a strutture e/o cose vista la distanza dalle strutture in progetto e considerato il modesto tirante idrico.

L'eventuale battente d'acqua, stimato nell'ordine di pochissimi centimetri, sarà contenuto da cordoli di altezza 15cm che saranno installati perimetralmente al posteggio ubicato a nord-est, il cui accesso sarà garantito da rampe in CLS sagomate opportunamente.

Le strutture di infiltrazione sono ubicate ad una distanza superiore a 3m da tutte le strutture di fondazione in progetto.



## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica

### **3.10 VOLUME DI LAMINAZIONE DA REALIZZARE E VERIFICA VOLUME MINIMI AI SENSI DELL'ART. 12 COMMA 2 LETTERA A**

Ai sensi dell'Art. 11 comma 2 lettera e) punto 3) il volume di laminazione da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica è il maggiore tra quello risultante dai calcoli e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all'Art. 12 comma 2.

Qualora si attui il presente regolamento mediante la realizzazione di sole strutture di infiltrazione, e quindi non siano previsti scarichi verso ricettori, il requisito minimo di cui all'Art. 12 comma 2, è ridotto del 30 per cento, purché i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F.

Tale riduzione non si applica nel caso in cui si adotti il requisito minimo di cui all'Art. 12 comma 2, senza pertanto applicare la procedura di calcolo delle sole piogge o dettagliata.

Il volume minimo per l'area interessata dal presente Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi/via Pasubio è così calcolato:

*Superficie Impermeabile Equivalente x Volume R.R. x Coeff. Allegato C*

**AREA OVEST:**  $0.6427ha \times 800 \times 1 = 514.16mc$

**AREA EST:**  $0.2483 \times 800 \times 1 = 198.61mc$

Avendo progettato esclusivamente opere di infiltrazione (batterie pozzi perdenti) e senza aver previsto scarichi verso ricettori esterni è possibile applicare del 30% del volume minimo ai sensi dell'Art. 11 comma 2 lettera e) punto 3):

**AREA OVEST:**  $514.16mc \times 0.70 = 359.93mc$

**AREA EST:**  $198.61mc \times 0.70 = 139.03mc$

Il confronto tra il volume minimo ridotto previsto dal R.R. ed i volumi di laminazione valutati mediante l'applicazione del metodo delle sole piogge e considerando la permeabilità sito-specifica descritta in precedenza e mostrato nella successiva Tabella 13:

<b>TIPOLOGIA DI VOLUME CALCOLATO</b>	<b>AREA OVEST</b>	<b>AREA EST</b>
<b>Volume Minimo Ridotto – 30% [mc] (Art. 11 comma 2 Lett. e P.to 3)</b>	359.93	139.03
<b>Volume da Laminare (Vs) – TR 50 anni [mc]</b>	449.54	151.09

*Tabella 13: Riepilogo Volumi calcolati*

In conclusione, l'applicazione del metodo della Sole Piogge, ha permesso valutare per **l'area Ovest** un volume di laminazione superiore al volume minimo ridotto, pertanto il dimensionamento delle opere d'infiltrazione/laminazione ha fatto riferimento al volume ottenuto dalla procedura applicata, poiché:

**$V_{\text{min. ridotto}}: 359.93mc < V_{\text{calc.}}: 449.54mc$**

## **LIVING CERNUSCO S.R.L.**

*Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica*

Il sistema così dimensionato sarà in grado di ricevere anche un evento meteorico con Tr di 100 anni senza andare in crisi. I cordoli perimetrali di altezza pari a 15cm forniranno un fattore sicurezza aggiuntivo, necessario vista l'estensione areale del Piano Attuativo.

Come per l'Area Ovest, il metodo della Sole Piogge, ha permesso stimare per **l'area Est** un volume di laminazione superiore al volume minimo ridotto, pertanto il dimensionamento ha fatto riferimento anche in questo caso al volume ottenuto dalla procedura applicata, poiché:

$$V_{\text{min. ridotto}}: 139.03\text{mc} < V_{\text{calc.}}: 151.09\text{mc}$$

Il sistema così dimensionato sarà in grado di contenere anche un evento meteorico con Tr di 100 anni senza andare in crisi. I cordoli perimetrali (H: 15cm) forniranno un fattore sicurezza aggiuntivo, necessario vista l'estensione areale del Piano Attuativo.

### **3.11 DOCUMENTI DI FUTURA EMISSIONE**

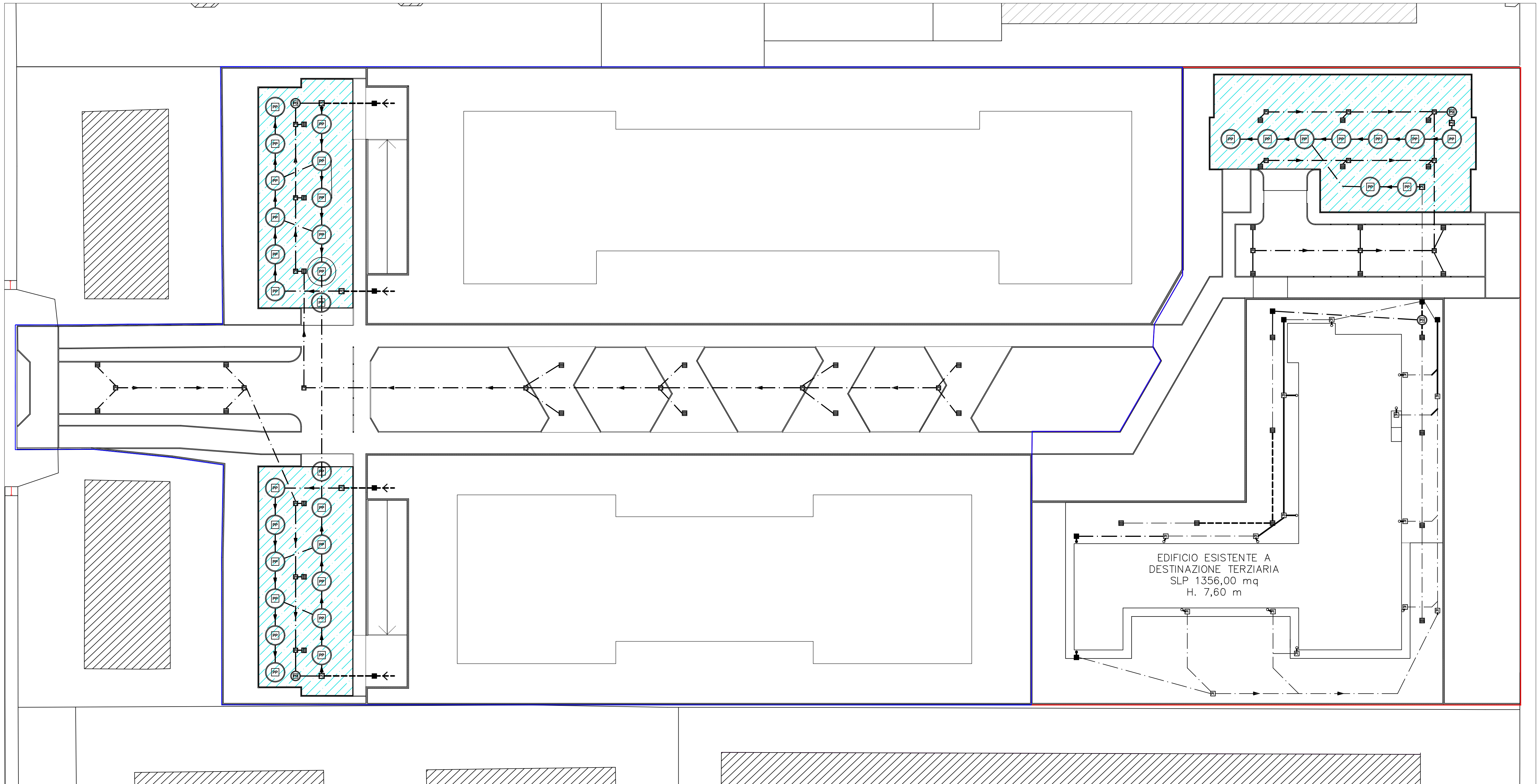
Una volta definito il Progetto finale del Piano Attuativo saranno riverificate le superfici interessate dall'intervento e si provvederà ad emettere i seguenti documenti a completamento del Progetto d'Invarianza come previsto dall'Art. 10 del R.R.:

- ⇒ Verifica idraulica delle reti in progetto;
- ⇒ Allegato Tecnico con planimetria definitiva delle opere in progetto (posizione pozzi e reti);
- ⇒ Piano di Manutenzione;
- ⇒ Allegato E del R.R.

**LIVING CERNUSCO S.R.L.**

*Piano Attuativo CdM m2\_1 via Verdi / via Pasubio - Cernusco s/N (MI)  
Progetto Invarianza Idraulica*

**SCHEMA RETE ACQUE BIANCHE**



LEGENDA

- AREA OVEST
- AREA EST

LEGENDA RETI TECNOLOGICHE IN PROGETTO OPERE DI URBANIZZAZIONE

- RETE DI RACCOLTA ACQUE BIANCHE
- INVASO D'ACCUMULO H. 0,15 m
- PP POZZO PERDENTE  
diam. 2,30 m - h. 4,00 m