

ECOGIS

studio geologico associato

Gianluca Nascimbene
Giuseppe Zuffada

Sede legale e Uffici :

Via A. Moro, 5

27028 S. Martino Siccomario (PV)

Tel. 0382/1750334 - Fax 0382/1752557

Email : ecogis@ecogis.it

P.Iva/C.F. 02300900186



REGIONE: Lombardia

PROVINCIA: Pavia

COMUNE: Pavia

LOCALITA': Via Amendola

REALIZZAZIONE DI NUOVI EDIFICI RESIDENZIALI LUNGO VIA AMENDOLA



A CURA DI:

Dott. Geol.

GIANLUCA NASCIMBENE

*Iscritto all'Ordine dei
Geologi della Lombardia*

N° 1076



RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

DATA:
Luglio 2021

COMMITTENTE:

Palladio Immobiliare

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. MISURE D'INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA - METODOLOGIA DI CALCOLO	4
2.1 LOCALIZZAZIONE INTERVENTO	4
2.2 SUPERFICI DELL'INTERVENTO	5
2.3 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE.....	5
2.4 CLASSE D'INTERVENTO	6
3 CURVA DI POSSIBILITÀ CLIMATICA	7
4. RETE METEORICA	7
4.1 DIMENSIONAMENTO STRUTTURE D'INFILTRAZIONE	7
4.2 DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITÀ DEL TERRENO IN SITO	8
4.3 DESCRIZIONE SISTEMA DI SMALTIMENTO.....	12
5 CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'AREA D'INTERVENTO	12
6. RETE DI TRASPORTO (CONDOTTE) - METODOLOGIA DI CALCOLO IDRAULICO	13
6.1 COPERTURE EDIFICI IN PROGETTO ED AREE DI PERTINENZA – PARCHEGGIO E ACCESSI PEDONALI	14
6.2 SETTORE UNO E SETTORE DUE - ABITAZIONI	14
6.3 DETERMINAZIONE DEI DIAMETRI DELLE CONDOTTE SETTORE UNO E SETTORE DUE	15
6.4 SETTORE TRE – PARCHEGGIO E VIALI PEDONALI.....	17
6.5 DETERMINAZIONE DEI DIAMETRI DELLE CONDOTTE – PARCHEGGIO E VIALI PEDONALI	18
6.6 DISOLEATORE	19
6.6.1 FUNZIONAMENTO	19
7 PROCESSO DI LAMINAZIONE NEGLI INVASI	19
7.1 CALCOLO DEL VOLUME D'INVASO PER LA LAMINAZIONE DELLE ACQUE PLUVIALI.....	23
7.2 CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO - REQUISITI MINIMI (ART 12 COMMA 2 R.T. N.08/2019).....	23
7.3 CALCOLO COL METODO DELLE SOLE PIOGGE (ART 11 COMMA 2 LETTERA D)	23
7.3.1 PARAMETRI PER DURATE MINORI DI 1 ORA E SUPERIORI A 1 ORA	24
8. CALCOLO DEL VOLUME – SISTEMA POZZI DISPERDENTE	24
9. DESCRIZIONE SISTEMA DI SMALTIMENTO	27
10. CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO - POZZI	28
11. CONCLUSIONI	29

TAVOLE ED ALLEGATI

TAVOLA 1 – Pozzi di infiltrazione – planimetria - sezione

scala grafica

TAVOLA 1 – Disoleatore – planimetria - sezione

scala grafica

Tabella ARPA LOMBARDIA: calcolo curva segnalatrice

Allegato E

Allegato D

Piano di manutenzione

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra il progetto degli interventi atti a garantire il rispetto del principio d'invarianza idraulica ai sensi del R.R. 7/2017 e del R.R. 8/2019 a supporto del piano attuativo che prevede l'edificazione di n.4 nuove palazzine, comprensive dei vialetti di accesso, ed un parcheggio ad uso pubblico di nuova realizzazione lungo via Amendola, posta nell'estremo settore orientale della città di Pavia.

Lo scopo di questa relazione è quello di descrivere la soluzione progettuale di invarianza idraulica e idrologica e delle corrispondenti opere di raccolta, convogliamento, invaso e scarico costituenti il sistema di drenaggio delle acque meteoriche che graveranno sulle nuove coperture in progetto.

L'evento meteorico di riferimento da assumere a base della progettazione è quello corrispondente a tempo di ritorno 50 anni, secondo quanto indicato all'art.11 del R.R. 7/2017 e del R.R. 8/2019.

Per la definizione del regime delle piogge intense e per i dimensionamenti progettuali che richiedono l'utilizzo delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica, si è fatto riferimento allo studio, terminato nel 2015, "Strategie di Adattamento ai cambiamenti climatici per la gestione dei rischi naturali nel territorio transfrontaliero" (STRADA) di ARPA Lombardia.

La presente relazione è stata svolta ai sensi dei seguenti regolamenti:

- Regolamento Regionale 23 novembre 2017 - n.7 " Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n.12"
- Regolamento regionale 19 aprile 2019 - n. 8 "Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 "Legge per il governo del territorio")"



Fig.1- Inquadramento area intervento

Il progetto prevede la realizzazione di n. 4 nuove unità abitative aventi una lunghezza ognuna di circa 22 m ed una larghezza pari a 12,6 m, comprensive di vialetti di pertinenza e la realizzazione di un parcheggio ad uso pubblico.

In questa relazione sarà anche descritto sommariamente il funzionamento di un sistema di disoleatore che in si rende necessario in quanto le acque piovane, scorrendo su superfici impermeabili di strade o piazzali, possono raccogliere le sostanze inquinanti ivi depositate.

Tale sistema prevede un pozzetto deviatore collegato al disoleatore che deve trattare i primi 5 mm di pioggia, prima di essere dispersi nel sottosuolo.



Fig.2- Nuove coperture in progetto

Nei capitoli successivi saranno analizzate le scelte progettuali ed i criteri di calcolo che hanno determinato la configurazione planimetrica del suddetto sistema di smaltimento delle acque meteoriche.

2. MISURE D'INVARIANZA IDROLOGICA E IDRAULICA - METODOLOGIA DI CALCOLO

2.1 Localizzazione intervento

Il territorio lombardo è stato suddiviso in 3 ambiti in cui sono inseriti i Comuni in base alla criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori; ad ogni Comune è associata una propria criticità; nel nostro caso il comune di Pavia è inserito in classe B - ovvero a media criticità idraulica: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell'allegato B;

Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque, per quei Comuni ricadenti in classe B di cui al comma 3 dell'articolo 7, entro un valore massimo ammissibile (ulim) pari a 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

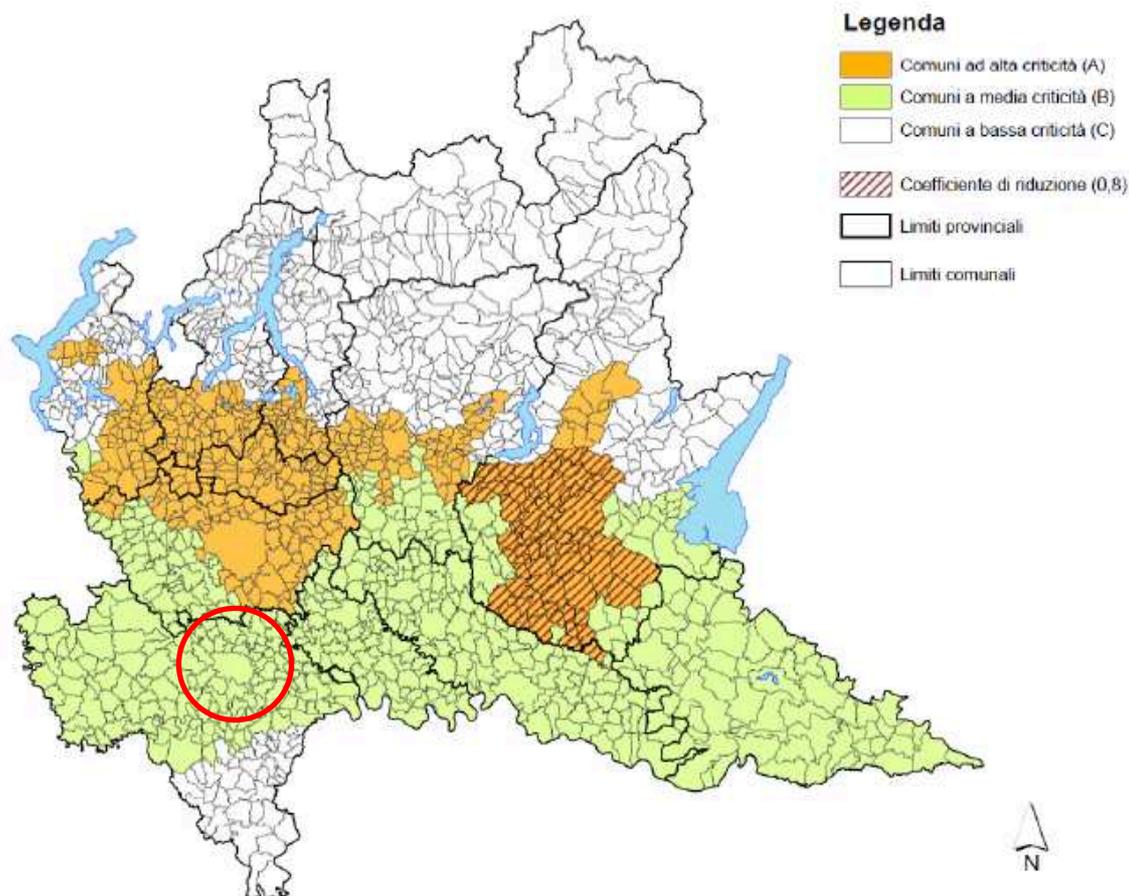


Fig.3: Comune di Pavia – ambito di media criticità idraulica (B)

Tuttavia, secondo l'art. 7 comma 5 del R.R. 8/2019, poiché l'area di intervento ricade in una zona inserita nel PGT comunale come "piano attuativo" previsto nel piano delle regole, si applicano i limiti delle aree A ad alta criticità.

2.2 Superfici dell'intervento

La superficie complessiva impermeabilizzata per quanto riguarda gli edifici con i relativi marciapiedi, i vialetti interni di pertinenza ed il parcheggio, risulta pari a 2600 mq. In particolare ognuna delle 4 abitazioni, comprensive del marciapiede circostante e parti comuni impermeabilizzate, avrà un'estensione di circa 420 mq, mentre i vialetti pedonali di accesso ed il parcheggio occuperanno invece una superficie complessiva pari a 920 mq.

2.3 Coefficiente di deflusso medio ponderale

Il coefficiente di afflusso medio ponderale dell'intera area d'intervento collettata, che sarà impermeabilizzata, vale $\Phi = 1.0$. Attorno ai fabbricati sarà lasciata un'area a verde non collettata, all'interno della quale saranno posizionati dei pozzi disperdenti.

Tipologia di superficie	superfici in progetto (mq)	Coefficiente di afflusso Φ
Aree impermeabili (tetti, coperture, vialetto pedonale, parcheggio	2600	1.0
Coefficiente di afflusso medio ponderale		1.0

2.4 Classe d'intervento

Alla luce dei suddetti fattori, l'intervento in esame ricade in una classe caratterizzata da un'impermeabilizzazione potenziale media, in quanto caratterizzata da un'estensione dell'area impermeabilizzata superiore a 1000 mq ed inferiore a 10.000 mq, indipendentemente dal valore del coefficiente di deflusso medio ponderale. Pertanto le verifiche di invarianza idraulica, poiché come enunciato in precedenza siamo in un caso previsto dall'art. 7 comma 5 del R.R. 8/2019 – Piano Attuativo (viene considerata una criticità idraulica "A"), vanno effettuate utilizzando il "metodo delle sole piogge" ai sensi dell'art. 11.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,03$ ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	

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

Fig.4: Tabella RR n°8/19 art.9

3 CURVA DI POSSIBILITÀ CLIMATICA

Come riportato all'art.11 del R.R. n°07/17 e successivamente dal R.R. n°08/19, i parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per la determinazione delle precipitazioni di progetto da assumere sono quelli riportati da ARPA Lombardia per tutte le località del territorio regionale.

I parametri caratteristici (a, n) delle curve di possibilità pluviometrica (LSPP) per durate della precipitazione 1-24 ore oppure 1-5 giorni necessarie per la determinazione delle precipitazioni di progetto possono essere ricavati dal sito dell' ARPA Lombardia per tutte le località del territorio regionale (pagina web [http://idro.arpalombardia.it/manual/dati link.html](http://idro.arpalombardia.it/manual/dati_link.html)).

Nel caso specifico la curva, caratterizzata da un tempo di ritorno pari a T=50 anni, è la seguente:

$$h = 55 t^{0,29}$$

TEMPI DI RITORNO

Tr = 50 anni: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di laminazione o anche infiltrazione con un adeguato grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

Per le modalità di calcolo si rimanda al tabella ARPA in allegato 1.

4. RETE METEORICA

La configurazione planimetrica della rete di smaltimento in progetto prevede che le acque di dilavamento dalle nuove superfici impermeabilizzate delle abitazioni, del viale di accesso e del nuovo parcheggio (in quest'ultimo caso previo passaggio in un apposito disoleatore) siano conferite a gravità entro una serie di pozzi disperdenti di adeguata capacità posti in prossimità dell'area di intervento.

4.1 DIMENSIONAMENTO STRUTTURE D'INFILTRAZIONE

Il dimensionamento di tutti i sistemi di infiltrazione (fossi, trincee drenanti, pozzi perdenti, etc..) va eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema con la capacità d'infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume immagazzinato nel sistema (equazione di continuità):

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

dove:

Q_p = portata influente (mc/s)

Q_f = portata infiltrata (mc/s)

Δt = intervallo di tempo (ore)

ΔW = variazione del volume invasato (mc)

La capacità d'infiltrazione è stata stimata con la legge di Darcy:

$$Q_f = \psi * J * A$$

dove:

Q_f = portata infiltrata (mc/s)

ψ = permeabilità del terreno (m/s)

J = cadente piezometrica (m/m)

A = superficie netta d'infiltrazione (mq)

I calcoli per il dimensionamento della struttura di infiltrazione sono riportati a partire dal capitolo 5.3.

4.2 DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEL TERRENO IN SITO

Per la determinazione del coefficiente di permeabilità (K) dei terreni è stata eseguita una prova di permeabilità a carico variabile realizzata sul fondo di un trincea (TR1) profonda 1.50 m dall'attuale piano campagna.



Fig.5: Particolare della trincea Tr1 sul cui fondo è stata effettuata la prova di permeabilità



Fig.6: Prova di permeabilità sul fondo della trincea Tr1

In particolare sul fondo della trincea è stata realizzato un pozzetto quadrato di lato= 20 cm e di altezza = 10 cm. Il terreno è stato inizialmente saturato e successivamente, ad intervalli di tempo, è stato misurato l'abbassamento dell'acqua.

Per la prova di permeabilità in pozzetto superficiale a carico variabile (secondo le raccomandazioni A.G.I. 1977), è stata utilizzata la relativa formula:

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



Dove:

h_1 (altezza iniziale del livello dell'acqua: cm)

h_2 (altezza finale del livello dell'acqua: cm)

$t_2 - t_1$ (tempo trascorso per il raggiungimento di h_2 : min.)

h_m (altezza media tra h_1 e h_2 : cm)

b (lato della base del pozzetto: cm)

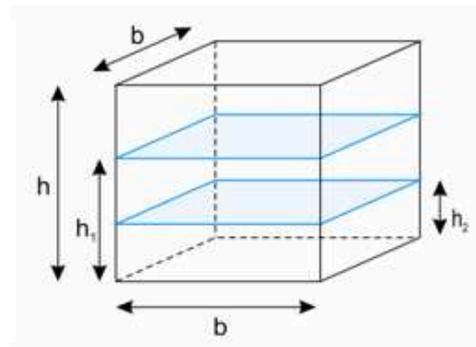
K (coefficiente di permeabilità: cm/sec)

Ciò ha permesso di stimare quanto tempo ha impiegato l'acqua ad abbassarsi dall'altezza iniziale all'inizio della prova all'altezza alla fine della prova. Questo intervallo di tempo associato alle misurazioni iniziali e finali del livello dell'acqua ha permesso di definire il coefficiente di permeabilità K , espresso in m/sec, di seguito riassunto.

Permeabilità in pozzetto a carico variabile - forma quadrata

Dati:

$h_1 = 10.00$ cm
 $h_2 = 0.00$ cm
 $b = 20.0$ cm
 $t_1 = 0.0$ s
 $t_2 = 12.0$ s



Calcolo:

$h_m = 5.0$ cm

$k = 1.28E-01$ cm/s

Pertanto se ne deduce che:

Profondità m da p.c.	Permeabilità (m/s)
1.60 m	$1.28 \cdot 10^{-3}$

Tabella 1 – Permeabilità del terreno eseguite sul fondo della trincea (-1.60 m da p.c.)

In base alle profondità di esecuzione delle prove ed all'effettiva litologia dei terreni all'interno della trincea, si può osservare come i risultati di permeabilità calcolati siano riconducibili ai terreni rilevati in sede di realizzazione delle prove penetrometriche effettuate (essenzialmente sabbie e sabbie con ghiaia).

k (cm/s)	10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
k (m/s)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile					
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte		

Fig. 7 – In rosso il range di valori della prova sul fondo della trincea

Durante l'esecuzione della trincea, spinta fino a 1,5 m di profondità, non è stata intercettata la falda. Tuttavia dalla consultazione del PGT di Pavia e da prove pregresse eseguite poco più a Nord dell'attuale area di studio è possibile affermare come la falda sospesa presente al di sotto di questa porzione di territorio pavese si attesti, in funzione anche delle oscillazioni stagionali della falda, a profondità superiori ai 3 m dall'attuale piano campagna (p.c. 75 m sl.m.). Nell'area sono state eseguite anche tre prove penetrometriche dinamiche che hanno permesso di appurare la presenza d'acqua alla profondità di circa 5,30-5,50 m dal piano campagna, in accordo con quanto indicato dal PGT.

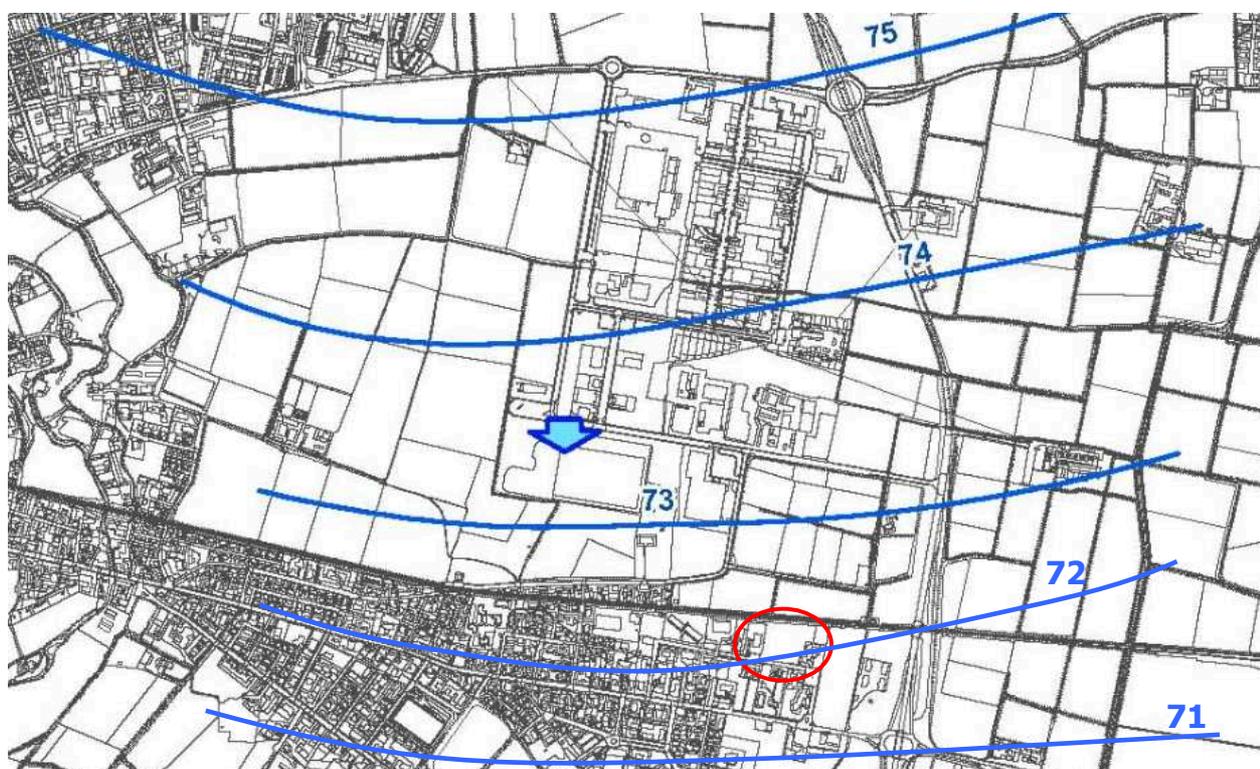


Fig. 8 – Isofreatiche della falda sospesa di Pavia. In rosso l'area di studio

4.3 DESCRIZIONE SISTEMA DI SMALTIMENTO

Come sarà meglio dettagliato in seguito, lo smaltimento delle acque meteoriche delle nuove superfici impermeabilizzate avverrà a gravità tramite condotte pluviali che, tramite una serie di pozzetti, raccoglieranno e smaltiranno le acque piovane verso il sistema di dispersione.

5 CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'AREA D'INTERVENTO

Come accennato in precedenza la superficie impermeabilizzata contribuente e gravante sul sistema di dispersione in progetto ammonta complessivamente a **S=2600 mq** di cui 920 mq provengono dal contributo delle superfici impermeabili del viale di accesso e dal parcheggio e 1680 mq dalle coperture delle abitazioni, dai marciapiedi e dalle parti in comune impermeabilizzate.

Inserendo il dato di permeabilità dedotto a seguito della prova di permeabilità effettuata in sito, emerge come il primo sottosuolo, riconducibile a terreni sabbiosi è possibile attribuire un valore di permeabilità pari $\psi = 1,28 \times 10^{-3}$ m/s.

Facendo riferimento al Regolamento Regionale n°8/2019, trattandosi di un "Piano Attuativo" l'intervento ricade **classe A**, ovvero in area ad alta criticità idraulica.

Per quanto riguarda il coefficiente di afflusso (che rappresenta, come è noto, il rapporto fra il volume idrico che defluisce dalla sezione di calcolo e il volume idrico affluito al bacino attraverso la precipitazione), nel rispetto dell'art.11 del Regolamento n°7/2017, si è attribuito il seguente valore alle tipologie di superfici considerate ai fini del drenaggio, come calcolato al paragrafo 2.3:

- **$\Phi 1 = 1.0$** (coperture impermeabili collettate)

Il D.lgs 152/06 demanda alle Regioni la regolamentazione dello scarico delle acque di prima pioggia, cioè quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante.

In particolare l'art.10 del Regolamento regionale 29/03/2019 – n. 6 "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'art. 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12/12/03 – n. 26" indica chiaramente i suoi ambiti di applicazione.

E' opportuno specificare che nella presente trattazione, le disposizioni di cui al RR n°8/19 , al fine di perseguire l'invarianza idrologica-idraulica delle trasformazioni d'uso del suolo, sono state applicate al solo dimensionamento dell'organo di laminazione/invaso (Tritorno=50 anni, etc...). Per quanto riguarda i calcoli della rete di trasporto (dimensionamento condotte di scarico Tritorno=5 anni) sono riportate alcune indicazioni di massima assumendo, in questo caso, una percentuale di riempimento delle tubature pari all'80% in relazione all'evento meteorico di progetto.

6. RETE DI TRASPORTO (CONDOTTE) - METODOLOGIA DI CALCOLO IDRAULICO

Per il dimensionamento delle condotte del sistema di scarico è stata adottata la seguente curva di possibilità climatica, caratterizzata da un tempo di ritorno T=5 anni;

	a	n
$h=at^n$	32.6	0,296

Per il calcolo delle portate massime connesse con eventi meteorici intensi è necessario dimensionare un sistema di trattamento delle acque meteoriche, la formula del tempo di corrivazione, corrispondente al tempo di rete, maggiormente utilizzata è quella suggerita nel 1971 dal Civil Engineering Department dell'Università del Maryland, espressa mediante la seguente formula che tiene conto anche dei parametri "a" e "n".

$$t = \left[26,3 \frac{(L / K_s)^{0,6}}{3600^{(1-n)0,4} a^{0,4} i^{0,3}} \right]^{1/(0,6+0,4n)}$$

in cui

t = tempo di corrivazione (s)

L = lunghezza della condotta (m)

K_s = coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler (m^{1/3}/s)

Materiale		K_s (m ^{1/3} /s)
Condotte chiuse	Calcestruzzo	62÷95
	Materiali plastici	70÷95
	Acciaio zincato corrugato	40÷67
Canali	Rivestiti di conglomerati bituminosi	57÷75
	Rivestiti di calcestruzzo	57÷77
	In terra	20÷60

i = pendenza media della superficie scolante (adimensionale).

a in m · ore-n

n adimensionale

6.1 COPERTURE EDIFICI IN PROGETTO ED AREE DI PERTINENZA – PARCHEGGIO E ACCESSI PEDONALI

Ogni abitazione, compresi i marciapiedi circostanti, occuperà una superficie complessiva di circa 352 mq; considerando anche i relativi vialetti di accesso e spazi comuni afferenti ad ogni abitazione, si perviene ad avere una superficie pari a circa 420 mq.

Per comodità di calcolo i 4 edifici in progetto e le relative aree di pertinenza, poiché occupano una superficie coperta sostanzialmente identica, sono stati suddivisi in due settori, settore 1 e settore 2, come riportato dalla seguente immagine (poligono rosso e poligono blu). Il terzo settore (in verde) è invece quello che corrisponde al parcheggio ad alle aree pedonali di accesso (920 mq). Il resto della lottizzazione è a verde non collettato.



Fig. 9 - Suddivisione dell'area in tre settori; in rosso ed in blu i due settori in cui sono state divise le abitazioni e le rispettive aree di pertinenza, in verde l'area occupata dal parcheggio e dai viali pedonali di accesso

6.2 SETTORE UNO E SERTTORE DUE - ABITAZIONI

Entrambi i settori in oggetto occuperanno ognuno una superficie impermeabile pari a 840 mq; considerando cautelativamente la tratta più corta di tubazione che raccoglierà i pluviali di metà settore (che corrisponde alla condizione più gravosa ovvero quella che, a parità di pioggia, vedrà transitare al suo interno il maggiore

volume di acqua; nel nostro caso si riferisce alla tubazione che raccoglierà le acque del lato Nord delle abitazioni del Settore 1) si ottiene un tempo di corrivazione pari a:

L	60 m	<i>TC</i>
Ks	80 m ^{1/3} /s	
a	32.6	271.08 s
n	0.29	
i	0.2%	

Anche in questo caso a tale valor si aggiunge arbitrariamente un valore pari a 300 s (5 minuti). Il tempo di corrivazione totale sarà quindi pari a:

$$TC = 300 + 271.08 \text{ s} = 571.08 \text{ s}$$

Dal tempo di corrivazione così calcolato si ricava, applicando il metodo cinematico, la portata massima alla sezione di chiusura, corrispondente ai pozzetti di raccordo con la seconda dorsale principale Tale valore, applicando la formula di seguito riportata, sarà uguale a:

$$Q_{max} = (\Phi * S * h(TC)) / TC$$

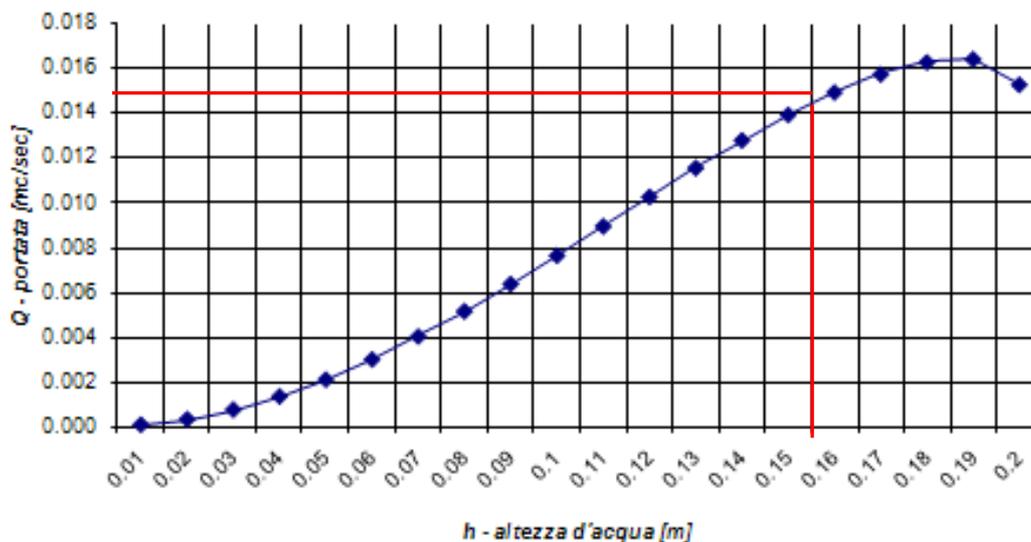
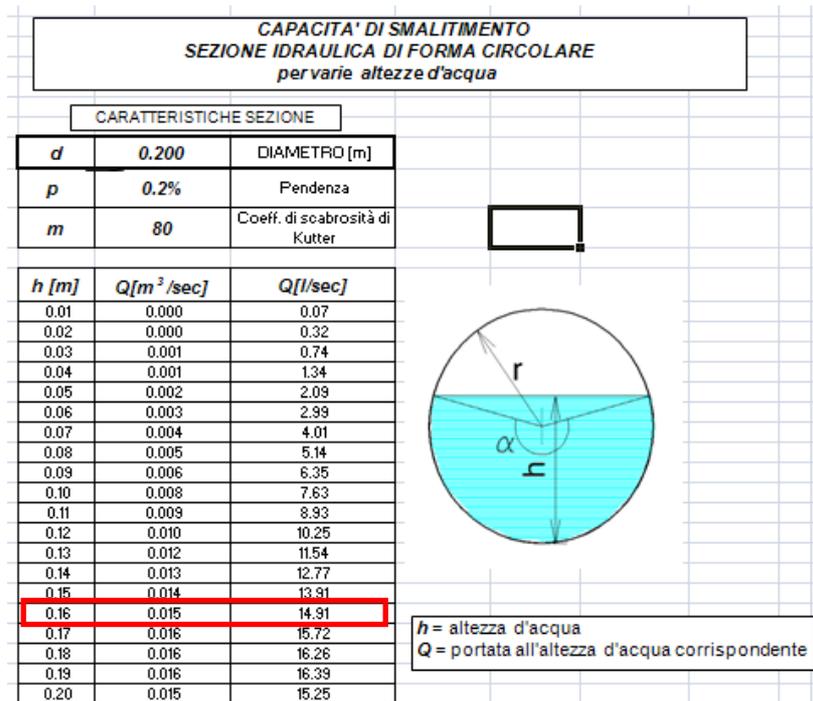
Dove S= superficie metà settore (420 mq)

$$Q_{max} = 13.89 \text{ l/s}$$

Pertanto il tubo che raccoglierà le acque di questa metà porzione del Settore 1 dovrà essere dimensionato per garantire una portata massima di almeno 13.89 l/s.

6.3 DETERMINAZIONE DEI DIAMETRI DELLE CONDOTTE SETTORE UNO E SETTORE DUE

Poiché I calcoli sopra riportati sono stati eseguiti nella condizione più gravosa è possibile constatare come in una tubazione con un diametro di **0,200 m** , e pendenza del 0.2% sia sufficiente a smaltire l'acqua piovana all'interno del sistema di pozzi disperdenti con un riempimento pari all' 80% della tubazione.



Sulla curva è stato evidenziato il punto che corrisponde al 80% di riempimento della tubazione. Come è possibile osservare la portata così trasportata sarà di circa 0.015 mc/s (15 l/s) e pertanto il diametro della tubazione in progetto appare congruo a smaltire la portata massima (13.89 l/s) in occasione di eventi piovosi critici. Pertanto, cautelativamente, si suggerisce di adottare una tubazione di raccolta dei pluviali avente un diametro pari a 0,200 m da adottare in ognuno dei due settori. Tali tubazioni saranno collegate a due distinti pozzetti di raccolta da cui, tramite un'ulteriore tubazione in uscita, l'acqua sarà indirizzata verso il sistema di pozzi disperdenti.

6.4 SETTORE TRE – PARCHEGGIO E VIALI PEDONALI

In questo caso si è supposta una dorsale principale che raccoglierà le acque del parcheggio e dei viali pedonali tramite una serie di caditoie, convogliandole ad un pozzetto di collegamento da cui in seguito i primi 5 mm di pioggia saranno indirizzati verso un disoleatore (come sarà trattato in seguito). Anche in questo caso, sostituendo tutti i valori noti si ottiene un tempo di corrivazione per la superficie scolante del lato sud del parcheggio (920 mq), pari a:

L	75 m	<i>TC</i>
Ks	80 m ^{1/3} /s	
a	32.6	326.62 s
n	0.29	
i	0.2%	

Anche in questo caso a tale valor si aggiunge arbitrariamente un valore pari a 300 s (5 minuti). Il tempo di corrivazione totale sarà quindi pari a:

$$TC = 300 + 326.62 \text{ s} = 626.62 \text{ s}$$

Dal tempo di corrivazione così calcolato si ricava, applicando il metodo cinematico, la portata massima alla sezione di chiusura, corrispondente ai pozzetti di raccordo con la seconda dorsale principale. Tale valore, applicando la formula di seguito riportata, sarà uguale a:

$$Q_{\max} = (\Phi * S * h(TC)) / TC$$

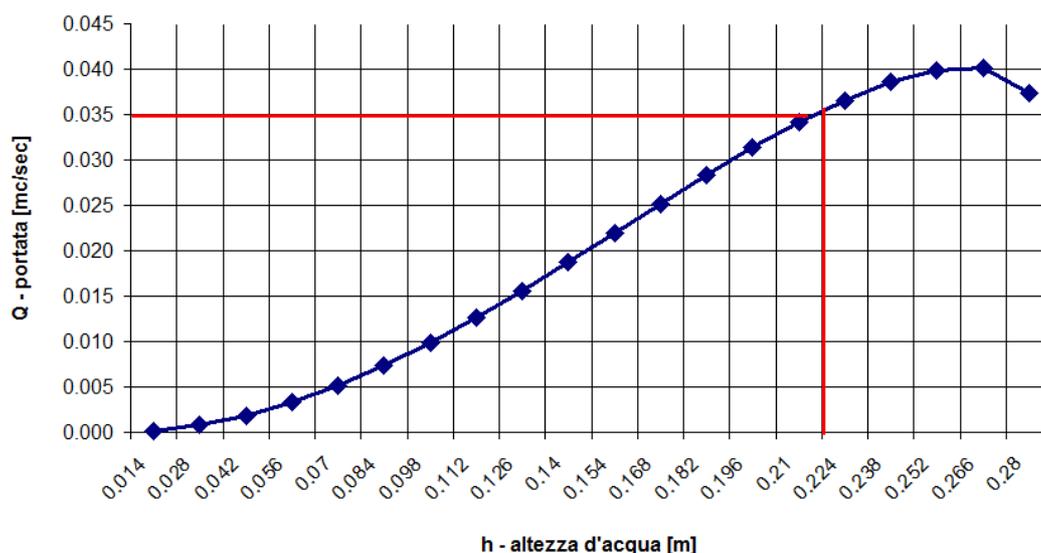
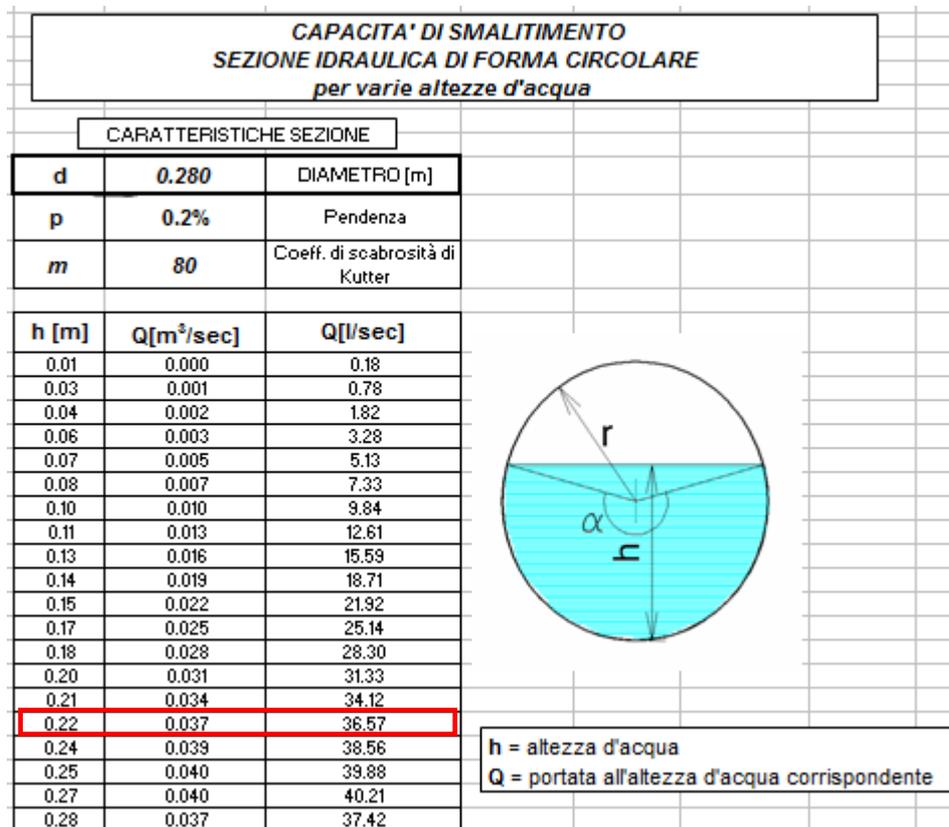
Dove S= superficie parcheggio settore sud (676 mq)

$$Q_{\max} = 28,52 \text{ l/s}$$

Pertanto il tubo che raccoglierà le acque del parcheggio e dei viali pedonali dovrà essere dimensionato per garantire una portata massima di almeno 28,52 l/s.

6.5 DETERMINAZIONE DEI DIAMETRI DELLE CONDOTTE – PARCHEGGIO E VIALI PEDONALI

Svolgendo i calcoli, si perviene a determinare che una tubazione con un diametro di **0,280 m**, e pendenza del 0.2% è sufficiente a smaltire l'acqua piovana verso il pozzetto di raccordo e successivamente, previo passaggio dei primi 5 mm di pioggia in un disoleatore, verso il sistema di pozzi disperdenti.



Sulla curva è stato evidenziato il punto che corrisponde al 80% di riempimento della tubazione. Come è possibile osservare la portata così trasportata sarà di circa 0.035 mc/s (35 l/s) e pertanto il diametro della

tubazione in progetto appare congruo a smaltire la portata massima (28,52 l/s) in occasione di eventi piovosi critici.

6.6 DISOLEATORE

Le acque piovane, scorrendo su superfici impermeabili di strade, depositi o piazzali, possono raccogliere le sostanze inquinanti ivi depositate, scaricandole in fognatura, corsi d'acqua superficiali, suolo o falde acquifere.

Avendo tali caratteristiche, esse necessitano generalmente di un trattamento di separazione di fanghi ed oli, per essere compatibili con le vigenti norme che disciplinano gli scarichi.

6.6.1 FUNZIONAMENTO

Le acque meteoriche (primi 5 mm di acqua di dilavamento-acqua di prima pioggia), confluiranno dapprima all'interno di un pozzetto deviatore da cui saranno convogliate verso il separatore di fanghi e oli coalescenti. L'acqua di seconda pioggia (l'acqua eccedente i primi 5 mm) bypasserà il sistema per convogliare direttamente verso l'impianto disperdente.

All'interno del separatore le gocce di liquido leggero di dimensioni maggiori, sottoposte alla spinta di gravità, risalgono in superficie e creano uno strato galleggiante di spessore crescente. Le microparticelle oleose, invece, a causa delle loro piccole dimensioni, vengono adsorbite dall'inserito a coalescenza, si ingrossano aggregandosi e, raggiunto un dato spessore, salgono in superficie.

L'impianto potrà essere dotato di un dispositivo di sicurezza (galleggiante posto in apposito cilindro in PEHD), che, opportunamente tarato, scende all'aumentare dello strato d'olio separato in superficie. Al raggiungimento della quantità massima possibile di olio separata, il galleggiante chiude lo scarico posto sul fondo del separatore, impedendo il deflusso di liquido leggero con l'effluente.

Si rimanda alla tavola 2 per prendere visione dello schema tecnico di funzionamento del disoleatore.

7 PROCESSO DI LAMINAZIONE NEGLI INVASI

In questo capitolo saranno analizzate le valutazioni e/o i calcoli del processo di laminazione negli invasi dimensionati per lo smaltimento delle acque meteoriche.

La scelta progettuale per ottemperare quanto disposto nel RR n.8/2019 è ricaduta sul conferimento a gravità dell'acqua piovana entro una serie di pozzi disperdenti che saranno realizzati in un'area a verde non collettata corrispondente al giardino delle abitazioni, in quanto la normativa, in assenza di depressioni naturali o invasi naturali, permette lo scarico anche per infiltrazione.

La tecnica dei pozzi superficiali d'infiltrazione (od assorbenti) può essere adoperata sia per interventi a piccola scala (acque provenienti da tetti isolati) sia per quelli a media-grande scala (emissari di fognature pluviali). Da un punto di vista costruttivo, i pozzi d'infiltrazione sono costituiti da un condotto, senza fondo,

che penetra in verticale, sotto la superficie del suolo, in modo da interessare strati particolarmente assorbenti. Sui lati sono previste delle finestrate, in comunicazione con appositi drenaggi, attraverso i quali l'acqua percola, infiltrandosi nel terreno. La Figura 10 riporta la sezione di un tipico pozzo d'infiltrazione.

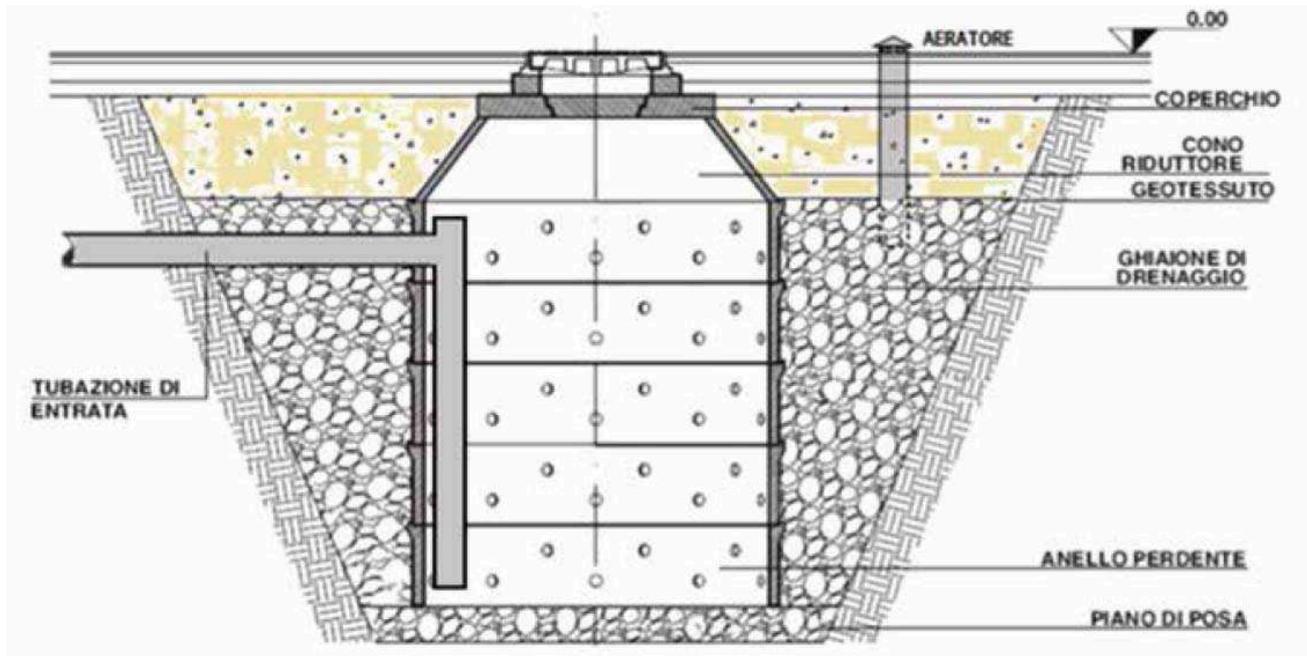


Fig.10: Configurazione tipo di un pozzo superficiale d'infiltrazione e stoccaggio

Sul fondo deve essere posto un strato di ghiaione di drenaggio seguito da uno strato di terreno a granulometria fine, a protezione della falda, in modo che si possano attivare i fenomeni di autodepurazione, tipici della percolazione, in terreno non saturo.

I pozzi assorbenti non necessitano dei sifoni di cacciata ma solo di una tubazione di alimentazione a tenuta, da disporre in terreno ben compattato, e deve entrare nel pozzo per 0,30 m.

Una soluzione classica, per pozzi d'infiltrazione a simmetria assiale, inseriti in un suolo omogeneo, è quella indicata dalla equazione proposta da F. Sieker [1984]:

$$Q_f = \frac{K}{2} \cdot J \cdot A_f = 3.600 \cdot \frac{K}{2} \cdot \left(\frac{L + h_w}{L + \frac{h_w}{2}} \right) \cdot A_f \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Dove:

Q_f è la portata complessivamente infiltrata [m³/h];

$k/2$ è la permeabilità media del terreno insaturo [m/s];

J è la cadente piezometrica [m/m];

L è la distanza tra la base del pozzo e la superficie di falda [m];

A_f è la superficie drenante orizzontale efficace del pozzo, diversa dall'area effettiva della sezione del pozzo A_p , di raggio r [m], calcolabile come una corona circolare di larghezza $hw/2$ dalla quale è escluso l'occludibile fondo [m²];

hw è il livello idrico nel pozzo [m].

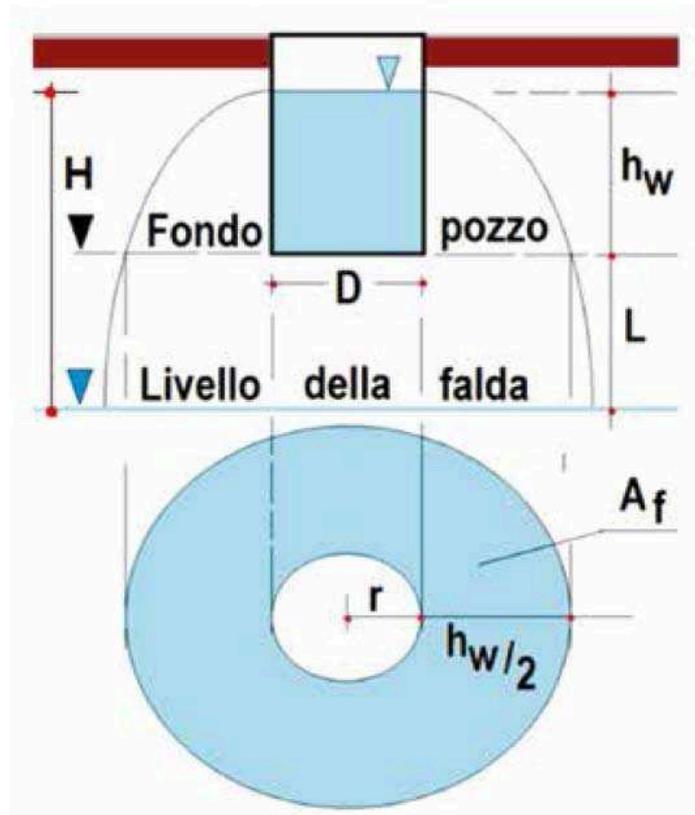


Fig.11: Schema di pozzo d'infiltrazione secondo F. Sieker

Il calcolo dell'area efficace di drenaggio, si ottiene dalla relazione geometrica:

$$A_f = \frac{\pi}{4} \cdot [(D + hw)^2 - D^2] \text{ [m}^2\text{]}$$

Da un punto di vista idraulico, i pozzi di infiltrazione sono dei bacini artificiali cilindrici, realizzati allo scopo di smaltire le portate di piena, entro limiti prefissati, dipendenti dalla conducibilità idraulica del terreno.

Per operare lo smaltimento e la laminazione delle portate, il pozzo d'infiltrazione deve avere una capacità tale da determinare un processo d'invaso temporaneo dell'onda di piena in arrivo ed il suo smaltimento, graduale, nel tempo.

Tale processo, di accumulo e laminazione temporale, è descritto, matematicamente, dalla seguente equazione di continuità:

$$Q_p(t) - Q_f(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

in cui:

Q_p [m³/h] = portata dell'afflusso meteorico al tempo t ;

Q_f [m³/h] = portata d'infiltrazione, nel terreno, al tempo t ;

Il progetto del pozzo di infiltrazione consiste, essenzialmente, nella determinazione della capacità minima che esso deve avere. Questa capacità equivale al volume massimo invasato, che si verifica, come risulta dall'equazione di continuità, quando la portata in smaltimento diventa uguale a quella in entrata.

I fattori che influiscono sull'effetto di laminazione operato dalle opere d'invaso sono il volume massimo, in esso contenibile, la sua geometria e la conducibilità idraulica legata alle caratteristiche del terreno.

Applicando uno istogramma netto di pioggia, ad intensità costante, l'espressione del volume ΔW [m³], invasato nei pozzi, si può scrivere in funzione della durata della pioggia D [h], della portata uscente dall'invaso u_{lim} [m³/h], del coefficiente di afflusso [n.p. ≤ 1], dell'area del bacino scolante S [m²] e dei parametri a [mm/hn] ed n [n.p.] della curva di possibilità pluviometrica.

Il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento di durata generica D (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u$$

Dove:

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

$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D$$

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_w per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume di laminazione W_0 :

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w$$

in cui:

W_0 [m³] = volume invasato nel pozzo

D_w [h] = durata critica

S [m²] = superficie area impermeabile

$Q_{u,lim}$ [l/s] = portata uscente dal pozzo

7.1 CALCOLO DEL VOLUME D'INVASO PER LA LAMINAZIONE DELLE ACQUE PLUVIALI

Secondo il regolamento, il calcolo del volume deve essere riportato per esteso nella relazione del progetto di invarianza idraulica. Per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica sarà utilizzato il volume di laminazione maggiore tra quello risultante dai calcoli (metodo delle sole piogge) e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo.

7.2 CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO - Requisiti minimi (art 12 comma 2 R.T. n.08/2019)

L'area oggetto di intervento, rientrando in un Piano Attuativo, è classificata come area A (alta criticità) di cui al comma 3 dell'articolo 7 per cui il requisito minimi della capienza dell'invaso (art 12 comma 2 del R.R. n.08/2019) è pari a 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile. Ne consegue che il volume minimo di invaso è pari a:

SUPERFICCE IMPERMEABILE E SEMIPERMEABILE		REQUISITO MINIMO INVASO AREA A		COEFFICIENTE MEDIO PONDERALE $\Phi 1$	VOLUME MINIMO DI INVASO CALCOLATO
0.2600 ha	x	800 mc/ha	x	1.0	208 mc

In base però alla revisione dell'attuale legge in materia di invarianza idraulica dell'Aprile 2019 (R.R. n.8/2019), all'art. 11 sono state apportate alcune modifiche tra cui quella dove si dice che "Qualora si attui il presente regolamento mediante la realizzazione di sole strutture di infiltrazione, e quindi non siano previsti scarichi verso ricettori*(come nel nostro caso, avendo intenzione di indirizzare le acque verso un pozzi disperdenti), il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2, è ridotto del 30 per cento, purché i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità..."

Pertanto il volume minimo di laminazione può essere assunto pari a:

VOLUME MINIMO INVASO CALCOLATO		RIDUZIONE DEL 30% (art.12 - comma2 R.R. 8/2019)	VOLUME MINIMO DI INVASO
208 mc	-	62.4 mc	145.6 mc

*Art.2 – comma 1 – lettera "m" R.R. n.7/2017 " ricettore: corpo idrico naturale o artificiale o rete di fognatura, nel quale si immettono le acque meteoriche disciplinate dal presente regolamento;

7.3 CALCOLO COL METODO DELLE SOLE PIOGGE (art 11 comma 2 lettera d)

Il metodo delle sole piogge fornisce una valutazione del volume d'invaso dell'opera di mitigazione sulla base della sola conoscenza della curva di possibilità pluviometrica e della portata massima, ipotizzata costante, che si vuole in uscita dall'opera stessa ($Q_{u,lim}$). Con questo metodo viene trascurata completamente, ad eccezione delle perdite idrologiche, la trasformazione afflussi-deflussi che si realizza nell'area scolante a monte dell'opera.

7.3.1 PARAMETRI PER DURATE MINORI DI 1 ORA E SUPERIORI A 1 ORA

Poiché tali parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori dell'ora, per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore

$$n \text{ (esponente di scala)} = 0,5$$

in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

Pertanto per eventi piovosi inferiori all'ora viene utilizzato il valore di $n=0,5$, mentre per eventi piovosi superiori all'ora si utilizza il valore derivante dal calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore di ARPA, pari a $n=0.29$.

Il valore di "a", coefficiente pluviometrico orario per un tempo di ritorno di 50 anni riferito alla precipitazione con durata pari ad 1 ora, sarà pari a 55.

8. CALCOLO DEL VOLUME – SISTEMA POZZI DISPERDENTE

In base a quanto riportato nei capitoli precedenti si provvede ora, utilizzando le formule e le metodologie descritte, a calcolare il massimo volume di invaso e laminazione di un sistema di pozzi disperdenti.

Il diametro di un pozzo è stato assunto pari a $D = 1,5$ m, la sua altezza utile è stata posta pari a 2,5, mentre il bacino scolante complessivo è stato assunto pari a $A_s = 2600$ [m²] ed un coefficiente di deflusso $\phi = 1.0$ (area impermeabile). Per il sito geografico di detta superficie, si ipotizza dapprima una curva di probabilità pluviometrica, corrispondente ad un tempo di ritorno idrologico $T_r = 50$ anni, avente equazione monomia $h = 55 * t^{0.50}$ (mm), per tempi inferiori all'ora, $h = 55 * t^{0.29}$ (mm), per tempi superiori all'ora, utilizzando una permeabilità media del suolo $k = 1.28 * 10^{-3}$ (m/s).

Ipotizzando 6 pozzi disperdenti e svolgendo tutti i calcoli, per $T_R=50$ anni, si perviene alla seguente tabella riassuntiva:

ore	$W_e mc$	$W_u mc$	$W_o mc$
0	0	0	0.00
0.1	45.22	19.90	25.33
0.11	47.43	21.88	25.54
0.15	55.38	29.84	25.54
0.2	63.95	39.79	24.16
0.3	78.32	59.69	18.64
0.4	90.44	79.58	10.86
0.5	101.12	99.48	1.64

Dati di elebaorzione per n.6 pozzi di infiltrazione con TR=50 anni

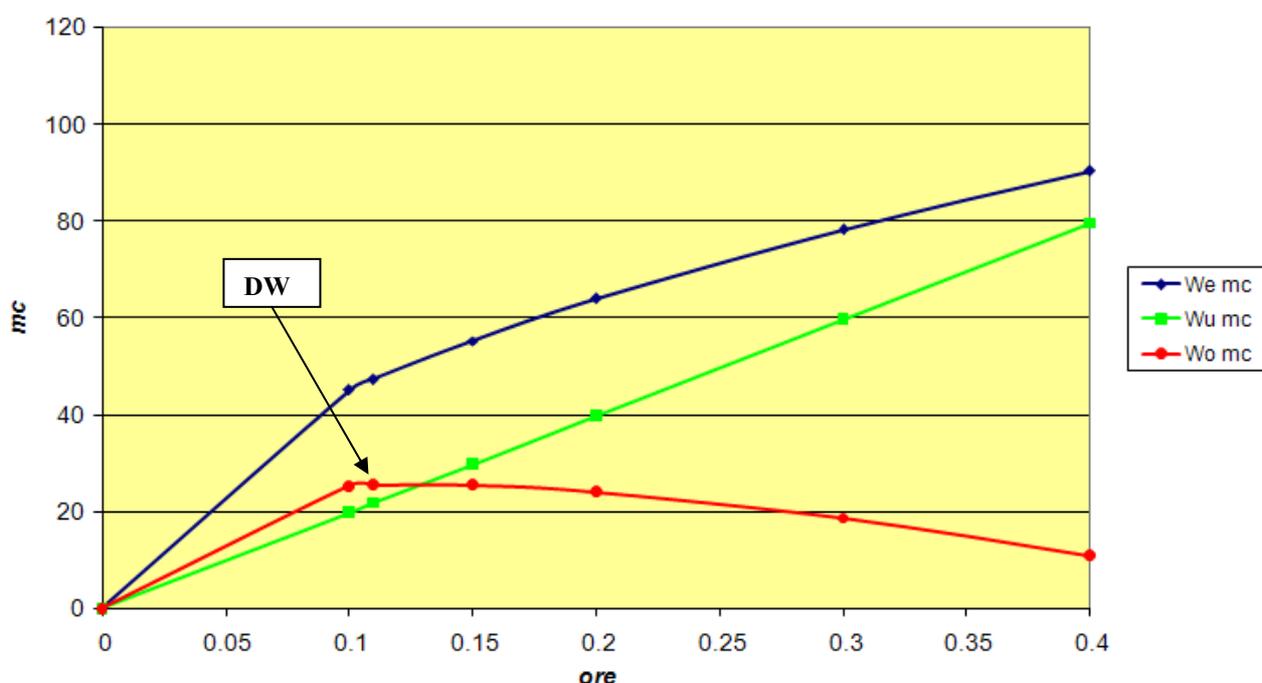


Fig.12: Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico DW e del corrispondente volumecritico W_o di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato

Dall'analisi della precedente modellazione emerge che per un tempo di ritorno di 50 anni il volume massimo di invaso (25.54 mc) sarà raggiunto dopo 0,11 ore (W_o), che equivale al valore della durata della pioggia critica calcolato sull'intervallo 1-24 ore.

I suddetti calcoli sono stati eseguiti considerando n.6 pozzi di infiltrazione, ad anelli prefabbricati in calcestruzzo, del diametro interno di 1,50 m, sfinestrati perimetralmente per un'altezza utile pari a 2,50 m (ogni pozzo è alto 3.0 m). I manufatti dovranno poggiare su uno strato di pietrame (30 mm ÷ 60 mm) e pietrisco (15 mm ÷ 30 mm) spesso 1,10 m ed, analogamente, uno strato di pietrisco sarà sistemato ad anello, esternamente, intorno alla parte di parete con feritoie anch'esso per uno spessore orizzontale di circa

1,20 m; in prossimità delle feritoie e alla base dello strato di pietrisco, il pietrame sarà di dimensioni più grandi del rimanente pietrisco soprastante.

Considerando un'altezza utile pari a 2.5 m, si otterrà una pozzo con un volume interno utile pari a circa 4.41 mc ed un volume drenante, dato dell'anello di ghiaia (dove è stata assunta una porosità del 40%) posto attorno e sotto il pozzo, pari a 20.14 mc. Ciò porterà ad avere complessivamente un volume di accumulo e smaltimento, considerando un pozzo, pari a 24.55 mc.



Fig.13: Scavo ed esempio di posa degli anelli drenanti

In base alle portate entranti ed alle portate uscenti, queste ultime enormemente condizionate dalla elevata permeabilità del terreno, il volume complessivo di accumulo e smaltimento calcolato con il metodo delle sole piogge con TR=50 anni ed utilizzando 6 pozzi, è stato di 25.54 mc

	VOLUME INVASO TR 50 ANNI
VOLUME DI INVASO CALCOLATO CON IL METODO DELLE SOLE PIOGGE	25.54 mc

Il volume di invaso da adottare sarà pertanto quello maggiore tra quello calcolato con il metodo delle sole piogge e quello derivante dai requisiti minimi; pertanto come volume maggiore si dovrà considerare quello calcolato utilizzando il metodo del volume minimo di invaso.

VOLUME MINIMO DI INVASO		VOLUME DI INVASO CALCOLATO CON IL METODO DELLE SOLE PIOGGE (TR 50 ANNI)
145.6 mc*	>	25.54 mc
*dove è stata applicata una riduzione del 30 % a partire da un valore iniziale di 208 mc		

Poiché il volume minimo di invaso da adottare è superiore all'invaso massimo con TR=50 anni, si dovrà tenere in considerazione il valore di 145.6 mc. Pertanto i pozzi disperdenti devono essere in grado di accumulare (e successivamente smaltire per infiltrazione) almeno 145.6 mc di acqua meteorica.

9. DESCRIZIONE SISTEMA DI SMALTIMENTO

Come già accennato in precedenza, per la posa dei pozzi si dovrà considerare uno scavo di altezza pari a 4,1 m a partire dalla quota di esecuzione dei lavori; lo scavo sarà riempito nel primo 1,1 m da ghiaia (porosità 40%) e successivamente saranno posti gli anelli disperdenti per un'altezza utile di 2,5 m. Il primo mezzo metro di pozzo sarà cieco (cono riduttore) e tutto attorno agli anelli andrà posta della ghiaia per formare una corona di 1,2 m attorno al pozzo.

Poiché la falda al di sotto dell'area di indagine si trova mediamente alla profondità di circa 5.5 m dall'attuale piano campagna (ovvero si troverà a -2,5 m dal primo anello calato di ogni pozzo) e supponendo di adottare il pozzo di infiltrazione quale sistema per immagazzinare e successivamente smaltire le acque di pioggia, si prevede, cautelativamente, di utilizzare in totale 6 pozzi disperdenti collegati tra loro, in quanto il volume utile di ogni pozzo (considerando per la sua posa uno scavo quadrato), pari a 24.55 mc x 6 pozzi è uguale a 147.3 mc, che è superiore al volume minimo da considerare.



Fig.12: Esempio di pozzi disperdenti posti in linea

Si può pertanto ipotizzare uno scavo complessivo avente un'altezza ed una larghezza di circa 4 m, disposto a "L" al fine di raggiungere una lunghezza di circa 24 m dove saranno installati i 6 pozzi disperdenti.

10. CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO - POZZI

In funzione della portata uscente dall'invaso di laminazione Q_{lim} , pari in questo caso alla portata di infiltrazione Q_{inf} , il tempo di svuotamento al termine dell'evento a partire dal massimo invaso (W_{lam} con $TR=50$ anni) è dato dalla seguente formula:

$$\tau = \frac{W_{lam}}{Q_{inf}}$$

Dove:

$W_{lam}=145.6$ mc

Q_{lim} = portata di infiltrazione che tiene conto della permeabilità del fondo e delle pareti e dell'area della superficie infiltrante potenziale attorno ai 6 pozzi = 55,26 l/s

$$T = \frac{145.6 \text{ mc}}{55.26 \text{ l/s}} = 0,73 \text{ ore}$$

Avendo dimensionato l' invaso di laminazione in base alle superfici drenate, in funzione del fatto che le acque saranno scaricate in 6 pozzi da cui saranno disperse, il tempo di svuotamento per il massimo invaso (145.6 mc), in funzione dell'alta permeabilità dei terreni, risulta pari a 0.73 h (44 minuti), inferiore al limite imposto di 48 h.

11. CONCLUSIONI

Lo smaltimento delle acque meteoriche che dilavano le superfici impermeabilizzate dell'insediamento in esame è soggetto alle disposizioni contenute nel Regolamento Regionale 07/17 modificato in parte dal R.R. n.08/19 del 19 Aprile 2019.

Al fine di perseguirne l'invarianza idraulica ed idrologica, si prevede di smaltire la totalità delle portate di dilavamento meteorico delle coperture impermeabili (area fabbricati, parcheggio e vialetti di accesso) nei primi strati del sottosuolo utilizzando n.6 pozzi disperdenti per soddisfare un volume utile d'invaso pari ad almeno $V_{\text{minimo}} = 145.6$ mc (valore do invaso secondo i requisiti minimi).

Poiché i sei pozzi, considerando anche la ghiaia posta attorno e sotto di essi con porosità assunta al 40%, hanno un volume complessivo utile superiore al valore di minimo invaso di 145.6 mc (complessivamente infatti possono accumulare e smaltire circa 147.3 mc d'acqua), tale accorgimento progettuale appare congruo, visti anche i tempi di svuotamento inferiori alle 48 ore, a smaltire l'acqua meteorica derivante dalle coperture in progetto.

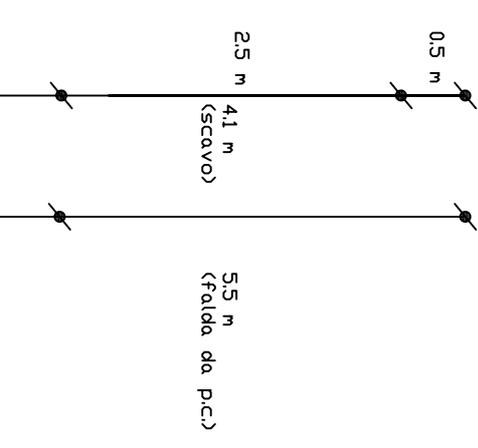
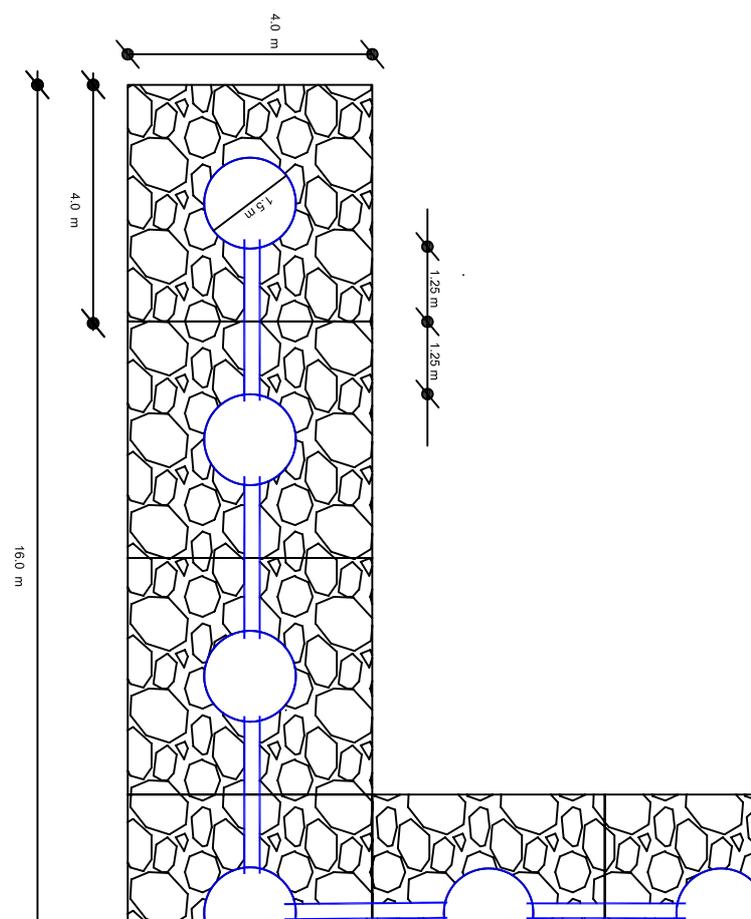
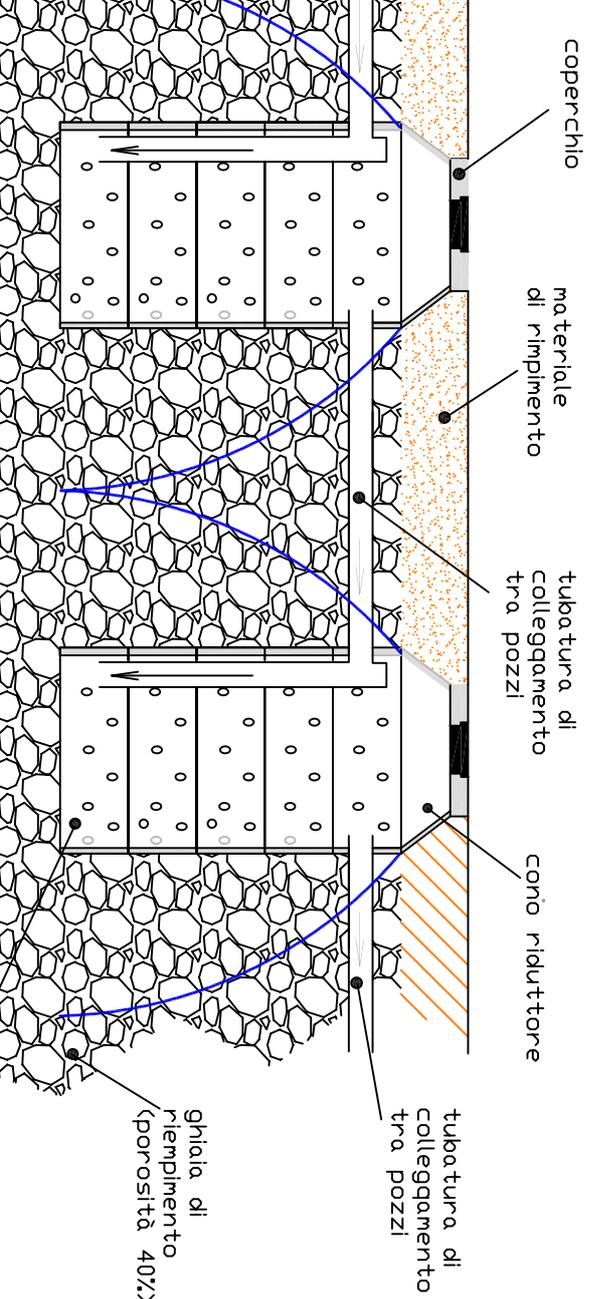
San Martino Siccomario, Giugno 2021

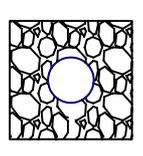
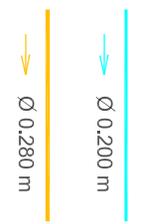
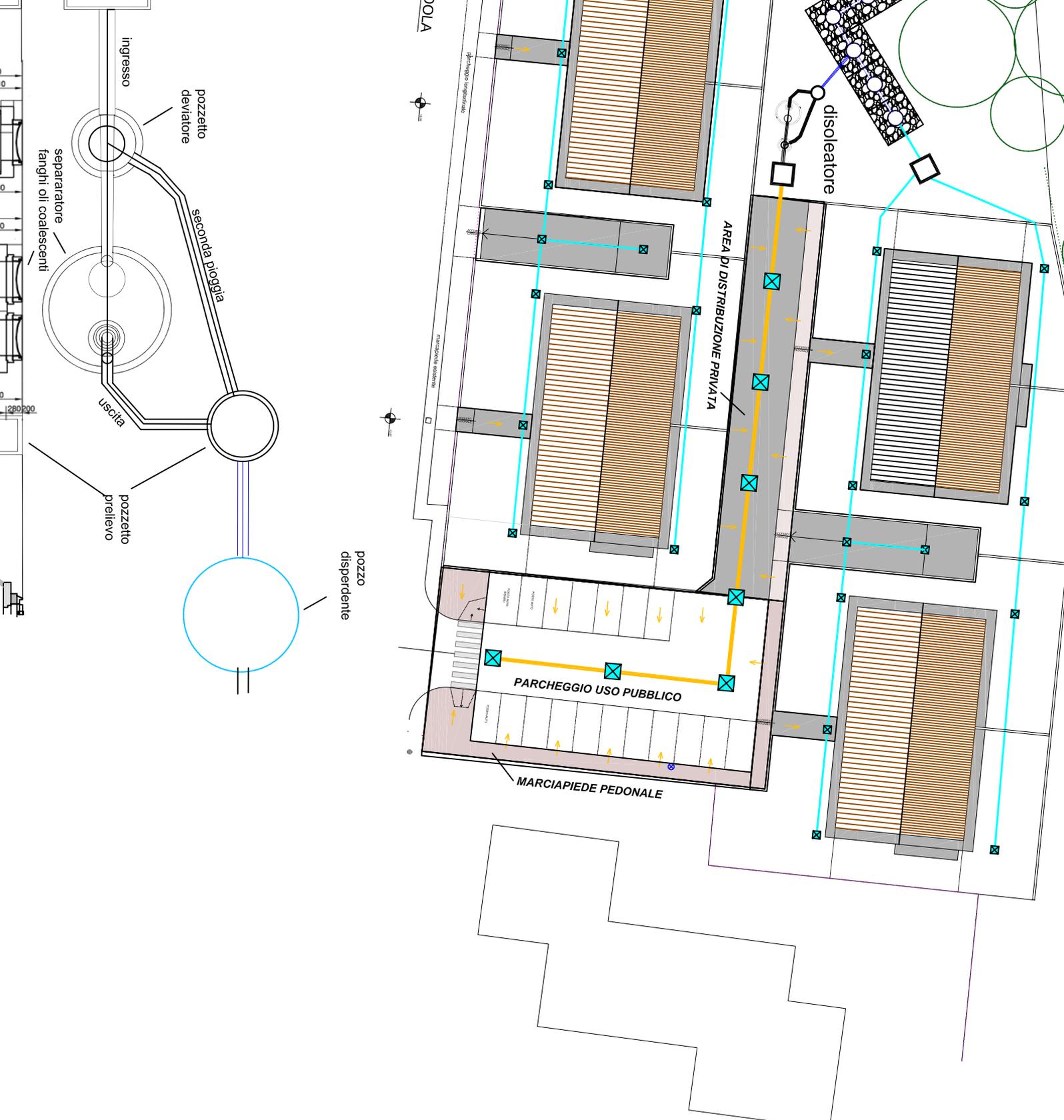
*Dott. Geol. Gianluca Nascimbene
Ordine dei Geologi Lombardia n° 1076
Iscritto all'Ordine dei
Geologi della Lombardia*





SEZIONE POZZI DI INFILTRAZIONE





Rete rac
ed aree

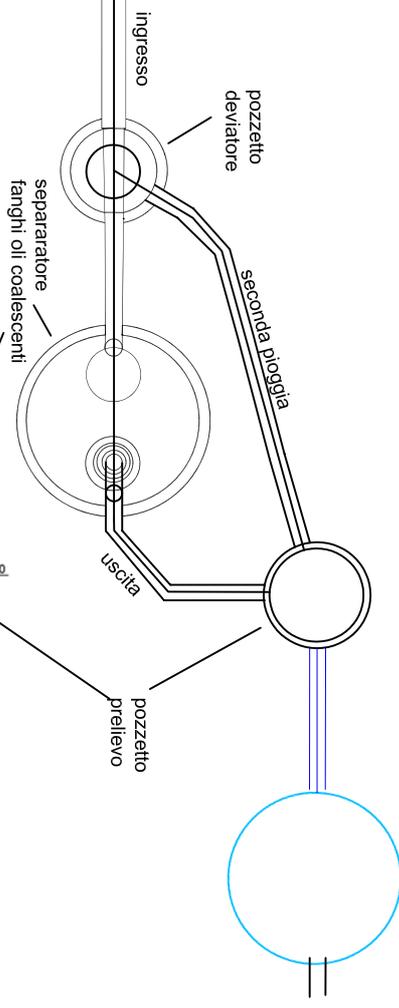
Pozzo di
relativo s
degli ane
della ghi

Collegan

Tombina

Pozzetto

pozzo
disperdente



1280/200

OLA

AREA DI DISTRIBUZIONE PRIVATA

PARCHEGGIO USO PUBBLICO

MARCIAPIEDE PEDONALE

disoleatore

ingresso

pozzetto
deviatore

seconda pioggia

separatore
fanghi oli coalescenti

uscita

pozzetto
prelievo

pavimento in graniglia

manufatto in cemento

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Pavia - via Amendola

Coordinate:

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni)

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 25.809999

N - Coefficiente di scala 0.29620001

GEV - parametro alpha 0.2827

GEV - parametro kappa -0.09

GEV - parametro epsilon 0.80919999

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

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

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

Bibliografia ARPA Lombardia:

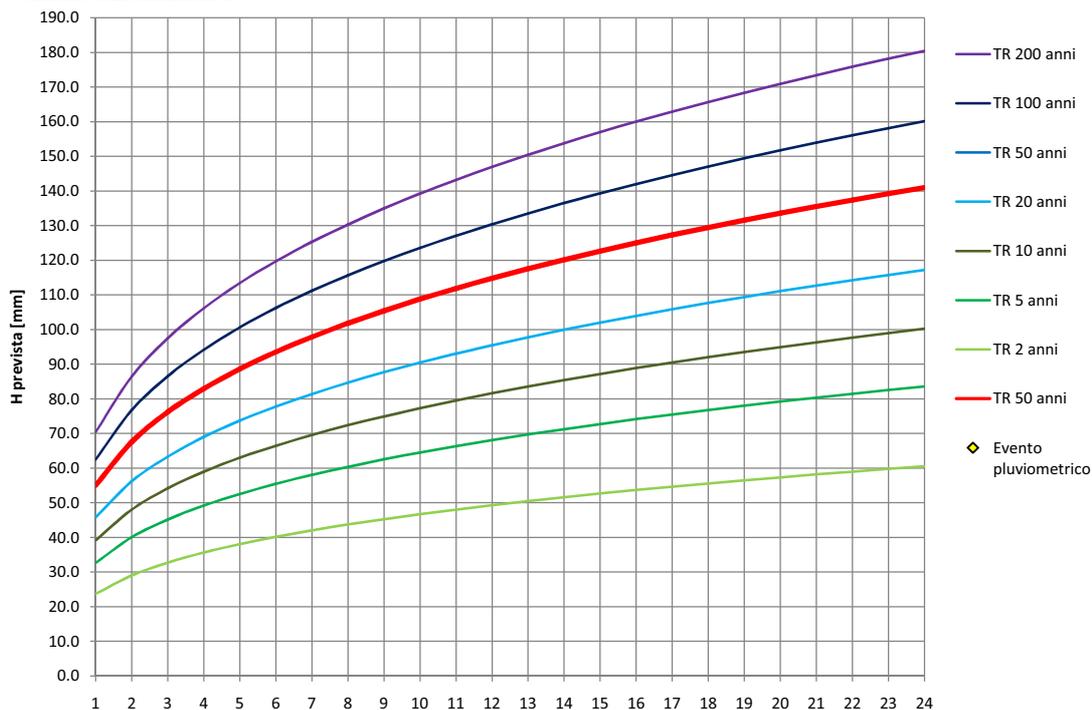
<http://idro.arpalombardia.it/manual/isp.pdf>

http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

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

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0.91454	1.26319	1.51438	1.77181	2.13078	2.42021	2.72724	2.13077599
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	23.6	32.6	39.1	45.7	55.0	62.5	70.4	54.9953262
2	29.0	40.0	48.0	56.2	67.5	76.7	86.4	67.5290857
3	32.7	45.1	54.1	63.3	76.1	86.5	97.5	76.1463521
4	35.6	49.2	58.9	69.0	82.9	94.2	106.1	82.9193631
5	38.0	52.5	63.0	73.7	88.6	100.6	113.4	88.5851051
6	40.1	55.4	66.5	77.7	93.5	106.2	119.7	93.5005554
7	42.0	58.0	69.6	81.4	97.9	111.2	125.3	97.8687024
8	43.7	60.4	72.4	84.7	101.8	115.6	130.3	101.817176
9	45.3	62.5	74.9	87.7	105.4	119.8	134.9	105.431995
10	46.7	64.5	77.3	90.4	108.8	123.5	139.2	108.774174
11	48.0	66.3	79.5	93.0	111.9	127.1	143.2	111.88872
12	49.3	68.1	81.6	95.5	114.8	130.4	146.9	114.809884
13	50.5	69.7	83.6	97.8	117.6	133.5	150.5	117.564395
14	51.6	71.2	85.4	99.9	120.2	136.5	153.8	120.173558
15	52.6	72.7	87.2	102.0	122.7	139.3	157.0	122.654652
16	53.7	74.1	88.9	104.0	125.0	142.0	160.0	125.021911
17	54.6	75.5	90.5	105.8	127.3	144.6	162.9	127.287209
18	55.6	76.7	92.0	107.7	129.5	147.0	165.7	129.460569
19	56.5	78.0	93.5	109.4	131.6	149.4	168.4	131.550533
20	57.3	79.2	94.9	111.1	133.6	151.7	171.0	133.56445
21	58.2	80.3	96.3	112.7	135.5	153.9	173.4	135.508691
22	59.0	81.4	97.6	114.2	137.4	156.1	175.8	137.38882
23	59.7	82.5	98.9	115.8	139.2	158.1	178.2	139.209727
24	60.5	83.6	100.2	117.2	141.0	160.1	180.4	140.975734

Linee segnatrici di probabilità pluviometrica



ALLEGATO D

Modulo per il monitoraggio dell'efficacia delle disposizioni sull'invarianza idraulica e idrologica

Per ogni intervento di cui all'articolo 3 del regolamento, il progettista o il direttore lavori, qualora incaricato, delle opere di invarianza idraulica e idrologica è tenuto a compilare il modulo seguente e a trasmetterlo al seguente indirizzo di posta certificata della Regione: invarianza.idraulica@pec.regione.lombardia.it

Il modulo è firmato digitalmente e va compilato a lavori conclusi, in modo che tenga conto di eventuali varianti in corso d'opera.

Modulo per IL MONITORAGGIO DELL'EFFICACIA DELLE DISPOSIZIONI SULL'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

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

La/Il sottoscritto/a

.....
nata/o a il
residente a

.....
in via

.....
n.

iscritta/ all' Ordine Collegio dei della Provincia di
.....
Regionen.

incaricata/o dal/i signor/i in qualità di

.....
 proprietario, utilizzatore legale rappresentante del

di redigere il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* / di *dirigere i lavori di invarianza idraulica e idrologica* per l'intervento di

.....
sito in Provincia di Comune di

.....
in via/piazza

.....n.
Foglio n. Mappale n. Estensione del mappale (m2)

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 l'intervento ricade nel bacino idrografico del fiume/torrente

che l'intervento è sito nel comune di, che ricade all'interno dell'area:

A: ad alta criticità idraulica

B: a media criticità idraulica

C: a bassa criticità idraulica

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 la superficie interessata dall'intervento è minore o uguale a 300 m² e che si è adottato un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo o in un lago o in nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio (art. 12, comma 1, lettera a)

che il recapito delle acque pluviali è:

un corpo idrico naturale o artificiale:

nome

tratto o sezione di riferimento

una rete di fognatura: nome del Gestore

il suolo / gli strati superficiali del sottosuolo

che le coordinate UTM-WGS84-32 del punto di scarico nel recapito sono:

X

Y

Z (m s.l.m.)

che:

in caso di scarico in reticolo idrico principale:

l'Ente di riferimento per la concessione è:

il codice della concessione è:

in caso di scarico in reticolo idrico minore:

l'Ente di riferimento per la concessione allo scarico è:

il codice della concessione è:

in caso di permesso di allacciamento in fognatura, l'Ente di riferimento è:

in caso di accordo per lo scarico in reticolo privato: il soggetto con cui è stato sottoscritto l'accordo è:

che i dati relativi all'intervento sono:

superficie interessata dall'intervento: m²

superficie scolante impermeabile dell'intervento: m²

portata massima di scarico calcolata per T = 50 anni a monte delle strutture di invarianza idraulica: m³/s

portata massima di scarico per T = 50 anni considerata per il dimensionamento degli interventi (portata in uscita dal sistema verso un recapito): m³/s

volume totale di laminazione necessario: m³

Nel caso venga realizzato l'intervento di invarianza idraulica o idrologica:

che la tipologia della/e opera/e d'invarianza idraulica e idrologica è:

area laminazione e infiltrazione di tipo verde

vasca laminazione impermeabile e/o coperta

trincee

tetto verde

altro (specificare)

che le coordinate UTM-WGS84-32 del baricentro delle opere d'invarianza idraulica e idrologica sono:

X

Y

z (m s.l.m.)

che le dimensioni delle opere d'invarianza, suddivise per tipologia (es: area di laminazione, area destinata al riuso delle acque laminate, ecc.), sono:

Opera 1: tipologia

estensione

volume

altro (specificare)

Opera 2: tipologia

estensione

volume

altro (specificare)

.....

che il tempo massimo di svuotamento delle opere realizzate è: ore

che l'intervento può essere così brevemente descritto:

.....

.....

.....

Nel caso di monetizzazione:

che l'intervento presenta tutte le caratteristiche elencate nell'art. 16, comma 1 del regolamento

che l'importo della monetizzazione è: €

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

.....

(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.

**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

.....GIANLUCA NASCIMBENE.....

nata/o a BRONI..... il ..05/051968.....

residente a ...VALLE SALIMBENE.....

In viaTRENTO.....n.7/B.....

iscritto/ all' [] Ordine [] Collegio dei ...GEOLOGI..... della Provincia di Regione LOMBARDIA.....

..... n.1076..... incaricato dalla Palladio Immobiliare

in qualità di [X] proprietario, [] utilizzatore [] legale rappresentante del

DI REDIGERE IL PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA PER L'INTERVENTO DI

.....COSTRUZIONE DI NUOVI EDIFICI RESIDENZIALI.....

sito in Provincia di ...PAVIA.....

Comune diPAVIA.....

In via.....AMENDOLA.....S.n.c.

Foglio n. Mappale n.

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

X che il comune di PAVIA, 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

X 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 la superficie interessata dall'intervento è minore o uguale a 300 m² e che si è adottato un sistema di scarico sul suolo, purché non pavimentato, o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio (art. 12, comma 1, lettera a)

X 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).....A....., 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

X che l'intervento prevede l'infiltrazione come mezzo per gestire le acque pluviali (in alternativa o in aggiunta all'allontanamento delle acque verso un ricettore), e che la portata massima infiltrata dai sistemi di infiltrazione realizzati è pari a l/s , che equivale ad una portata infiltrata pari a l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

X 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)

X 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

X 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;

X che la portata massima scaricata su suolo dalle opere realizzate è compatibile con le condizioni idrogeologiche locali;

che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione dell'art. 12, comma 1, lettera a) del regolamento;

che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione della monetizzazione (art. 16 del regolamento), e che pertanto è stata redatta la dichiarazione motivata di impossibilità di cui all'art. 6, comma 1, lettera d) del regolamento, ed è stato versato al comune l'importo di €

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.

...SAN MARTINO SICCOMARIO.....

(luogo e data)

Il Dichiarante



Ai sensi dell'articolo 39, 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.