



**Città di LONATO del GARDA**  
Comune della Provincia di Brescia

**CO.ME.CA. S.p.A.**

**SUAP – NUOVO CAPANNONE INDUSTRIALE**

Doc. n.

**D**

**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**



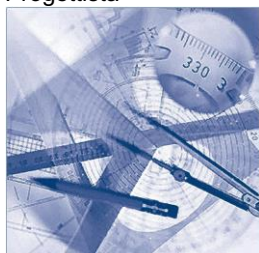
COMMITTENTE



COMECA S.p.A.  
Via Campagna Sopra, 4  
25017 – Lonato del Garda (BS)  
Tel. 03099966  
[www.comecatecnologie.it](http://www.comecatecnologie.it)

N. Prog.	Tipo Doc	N. Tavola	Stato	Scala	Modifiche	Data	Redatto	Verificato	Approvato e Validato
	.doc	/	/	/		6/2021	P. Ventura	S.Brioni	C. Bazzani

Progettista



**STUDIO TECNICO  
BAZZANI CRISTIANO**

Viale Venezia, 44 – 25123 BRESCIA  
tel. 030 3366439 – fax 030 3361431  
[info@studiotecnicobazzani.it](mailto:info@studiotecnicobazzani.it)  
[www.studiotecnicobazzani.it](http://www.studiotecnicobazzani.it)

Timbro e Firma



# Progetto di Invarianza Idraulica & Idrologica

R.R. n. 7 del 23/11/2017 e n. 8 del 19/04/2019

## Progetto

COSTRUZIONE DI UN NUOVO CAPANNONE

## Committente

COMECA TECNOLOGIE S.p.A.

Provincia	Brescia
Comune	Lonato del Garda
Cap	25017
Indirizzo	Via Campagna Sopra n°4
Codice Catastale	M312
Rif. catastali	Fg. 26
	Mapp. 43-500

Data 31 marzo 2022

Il tecnico Dott. Geol. Stefano Salvi



1.	INTRODUZIONE E QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO .....	1
2.	MODELLO GEOLOGICO .....	2
2.1.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO, IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO.....	2
3.	PERMEABILITA' DEL SOTTOSUOLO IN SITO .....	7
4.	INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA .....	10
5.	PORTATE MASSIME SCARICABILI .....	11
5.1.	INDIVIDUAZIONE DEGLI AMBITI TERRITORIALI DI APPLICAZIONE (ART.7).....	11
5.2.	VALORI MASSIMI AMMISSIBILI DELLA PORTATA METEORICA SCARICABILE NEI RICETTORI (ART.8) .....	12
5.3.	CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA E MODALITÀ DI CALCOLO (ART.9).....	12
6.	METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI .....	13
6.1.	REQUISITI MINIMI .....	13
6.2.	METODO DELLE SOLE PIOGGE .....	13
6.3.	CALCOLO PORTATA INFILTRATA.....	15
7.	DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO .....	16
8.	CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA .....	17
9.	TEMPO DI SVUOTAMENTO .....	18
10.	DATI DI PROGETTO .....	19
11.	RISULTATI DEI CALCOLI.....	20
12.	SCHEMA PROGETTUALE DELL'OPERA DI INVARIANZA IDRAULICA .....	23
12.1.	DISTANZA POZZI LAMINAZIONE DAGLI EDIFICI .....	24
12.2.	DIAMETRO TUBAZIONI DI COLLETTAMENTO .....	24
13.	VERIFICA BACINO E TEMPO DI SVUOTAMENTO .....	25
14.	MANUTENZIONE.....	26

## **1. INTRODUZIONE E QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO**

La nuova Legge regionale sulla difesa del suolo, sulla prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e sulla gestione dei corsi d'acqua (l.r. n. 4 del 15 marzo 2016) ha come scopo principale l'attenuazione del livello di rischio idrogeologico al fine della tutela dei cittadini e delle attività economiche, attraverso iniziative capaci di mettere in sicurezza il territorio. La legge specifica e disciplina le attività di competenza di Regione Lombardia riguardanti la difesa del suolo, la gestione dei corsi d'acqua e del demanio idrico nel territorio regionale. Inoltre, stabilisce gli strumenti utili a realizzare tali attività per raggiungere gli obiettivi legati alla difesa del suolo, alla gestione del demanio idrico fluviale e al riassetto idraulico e idrogeologico. I principali temi che la legge affronta sono:

- gestione coordinata del reticolo idrico minore, di competenza comunale, e dei reticoli principale e consortile
- rispetto dell'invarianza idraulica, dell'invarianza idrogeologica e del drenaggio urbano sostenibile
- attività di polizia idraulica nel demanio idrico fluviale
- manutenzione continuata e diffusa del territorio, dei corsi d'acqua, delle opere di difesa del suolo, delle strutture e dei sistemi agroforestali di difesa del suolo
- ripristino delle condizioni di maggiore naturalità dei corsi d'acqua, recupero delle aree di pertinenza idraulica e riqualificazione fluviale
- riordino delle competenze sulla navigazione interna delle acque
- nuove competenze in tema di difesa del suolo per i Consorzi di bonifica e irrigazione.

Nel caso in studio, il tema d'interesse riguarda l'**invarianza idraulica e idrologica** che in sintesi consiste nella limitazione dei deflussi delle acque verso il reticolo idrico in caso di realizzazione di nuovi edifici civili e industriali, di parcheggi e strade e di interventi di riqualificazione al fine di far diminuire il deflusso verso le reti di drenaggio urbano e da queste verso i corsi d'acqua già in condizioni critiche, riducendo così l'effetto degli scarichi urbani sulle portate di piena dei corsi d'acqua stessi. La Regione Lombardia ne ha approvato i criteri e metodi (**regolamento regionale n. 7 del 23 novembre 2017**), come previsto dall'articolo 58 bis della legge regionale n. 12 del 2005 per il governo del territorio.

Il regolamento si occupa della **gestione delle acque meteoriche non contaminate**. A tal fine, il nuovo regolamento regionale detta una nuova disciplina per le **nuove costruzioni** e le **ristrutturazioni** di quelle esistenti, comprese le **infrastrutture stradali**. Il **regolamento regionale n. 7 del 29 giugno 2018** introduce uno specifico comma che definisce un **periodo transitorio di disapplicazione** del regolamento per alcune **fattispecie di interventi**.

Il regolamento integrato deve essere **applicato su tutto il territorio regionale**, tenendo conto del periodo di disapplicazione, in modo diversificato a seconda della **criticità dell'area** in cui si ricade: il territorio regionale è stato infatti **suddiviso in aree a criticità alta, media e bassa**.

Sul Supplemento al BURL 24/04/2019, n. 17 è stato pubblicato il **Regolamento R. Lombardia n. 8 del 2019** recante "Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7.

Il **R.R. Lombardia 19/04/2019, n. 8** modifica il **Regolamento R. Lombardia 23/11/2017, n. 7**, già modificato con il **Regolamento R. Lombardia 29/06/2018, n. 7**, per le seguenti necessità:

- correggere alcuni errori materiali ed aggiornare alcuni allegati (allegati da A ad H);
- recepire le proposte di miglioramento terminologico del testo in alcuni punti, finalizzate a rendere più chiaro ed intellegibile il testo stesso;
- specificare meglio alcune norme in esso contenute, con particolare riferimento alla tipologia edilizia degli interventi rientranti nelle lettere d), e) ed f) dell'**art. 3, comma 1, del D.P.R. n. 380/2001**;
- calibrare meglio i parametri numerici di superficie cui applicare il regolamento relativamente ad alcune tipologie di intervento nonché il parametro di superficie massimo per gli interventi che possono applicare il regolamento in modo semplificato;
- avere a disposizione un più ampio intervallo di tempo per promuovere un'azione informativa e formativa a favore dei tecnici comunali e dei professionisti che dovranno applicarlo.



## 2. MODELLO GEOLOGICO

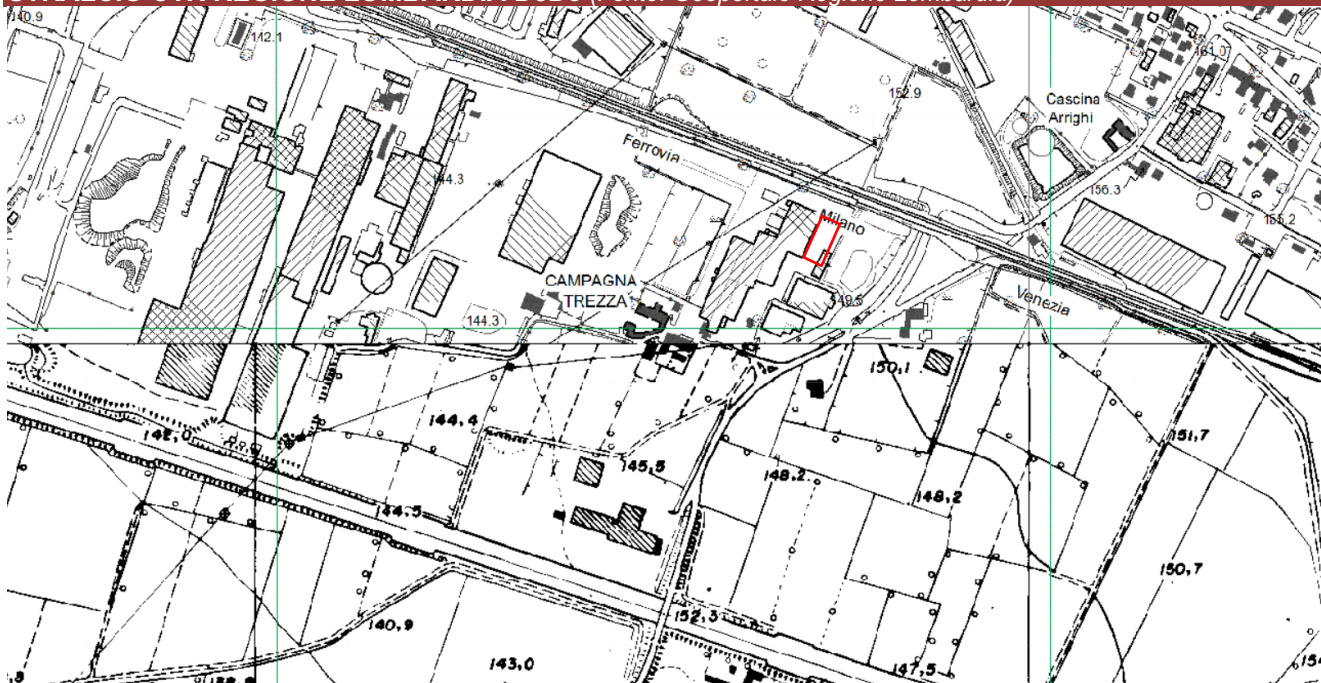
### 2.1. Inquadramento geografico, geomorfologico, geologico, idrografico ed idrogeologico

L'area oggetto dello studio si colloca a Sud - Est del centro storico del Comune di **Lonato del Garda** in un'area pianeggiante di circa **147 m s.l.m.** ed è geograficamente rappresentata nella sezione **D6e2** della Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia (C.T.R. R.L.) alla scala 1:10.000.

**STRALCIO IMMAGINE SATELLITARE** (Fonte: Google Earth)



**STRALCIO CTR REGIONE LOMBARDIA D5D3** (Fonte: Geoportale Regione Lombardia)







La presenza dei maggiori laghi pedealpini a monte dei vari anfiteatri morenici è correlata a quella dei ghiacciai ai quali si deve, in buona parte, l'origine delle conche lacustri.

L'anfiteatro morenico gardesano che borda a meridione del Lago di Garda, la cui topografia caratterizza i comuni del basso bresciano e dell'alto mantovano, è stato costituito da un ghiacciaio che si protendeva verso Sud, sino ad una quindicina di chilometri da Mantova, grazie soprattutto all'ampiezza del bacino alimentatore costituito dall'area delle Alpi Retiche, le cui calotte glaciali confluivano tutte in questo unico enorme canale di scarico, determinando la nascita del maggiore apparato morenico del Paese.

Nell'area gardesana sono conservate cerchie moreniche attribuibili alle glaciazioni del Mindel, Riss e Würm. Dalla Carta Geologica del foglio 48 "Peschiera del Garda" risulta che nell'area in questione sono individuabili **cordoni morenici** datati alle glaciazioni rissiana e wurmiana.

Le morene rissiane risultano in genere ben conservate e costituite da un ammasso caotico di blocchi, ciottoli e ghiaie poco cementati, con uno strato di alterazione argilloso di colore rossastro o rosso-bruno. I depositi wurmiani costituiscono i depositi più interni, evidenziando per il Würm una espansione glaciale di portata minore rispetto alla precedente.

Le cerchie moreniche wurmiane si presentano ghiaiose con uno scarso strato di terreno di alterazione.

#### STRALCIO CARTA GEOLOGICA (fonte: PGT Comune di Lonato del Garda)



#### COPERTURE QUATERNARIE

##### UNITA' DI SOLFERINO (Pleistocene superiore)

- Us1f1 Depositi glaciali
- Us1f2 Depositi glaciolacustri di depressione intermorenica o di fronte glaciale
- Us1f3 Depositi di contatto glaciale
- Us1f4 Depositi fluvio-glaciali delle cerchie interne
- Us1f5 Depositi fluvio-glaciali frontali alle cerchie interne.



La rete idrografica è nel suo insieme poco sviluppata. Essa è rappresentata dal Fiume Chiese, che scorre a qualche km ad Ovest dall'area di studio e da una serie di canali con andamento fortemente irregolare per le ondulazioni del paesaggio collinare morenico e con portate, perlopiù scarse nel corso dell'anno, le quali in concomitanza di eventi meteorici particolarmente intensi possono aumentare considerevolmente.

Nei settori pianeggianti intramorenici si articolano rogge e fossati realizzati a scopo irriguo che trovano alimentazione soprattutto dalle precipitazioni ed in minor parte dalla presenza di piccole emergenze di acque legate alla presenza di falde sospese.

Il regime idrometrico del Fiume Mincio evidenzia due massimi, uno in aprile e l'altro in dicembre ed un periodo particolare di minimo che va da agosto a novembre.

Il corso d'acqua principale presente nel Comune di Lonato del Garda è la Fossa Redone il quale corre nel settore meridionale del territorio comunale seguendo per un tratto il confine con i comuni di Solferino e Cavriana entrando quindi nel territorio di Pozzolengo ed è alimentato, lungo il suo corso, da alcuni scoli minori dislocati a raggiera rispetto al canale principale.

L'unità idrogeologica appartenente all'area in esame possiamo identificarla come l'*Unità delle Colline Moreniche* ed è sostanzialmente occupata dai cordoni morenici e dalle valleciole inframoreniche: essa fa parte del vasto Sistema Morenico Frontale del Garda con il quale sono ipotizzabili interscambi con gli acquiferi più profondi. In questa unità idrogeologica gli acquiferi più superficiali non sono arealmente estesi, trattandosi per lo più di falde sospese e talvolta temporanee. In profondità invece è possibile individuare acquiferi più continui, per i quali è possibile la ricostruzione della piezometria.

Da un punto di vista idrogeologico i depositi morenici sciolti e permeabili permettono una buona penetrazione delle acque di precipitazione e di quelle di corsi d'acqua naturali e artificiali, alimentando le falde. Le falde intercettate dai pozzi della zona sono presenti nei livelli a granulometria grossolana (ghiaia e sabbia) compresi e confinati tra livelli impermeabili costituiti da limi ed argille (quasi tutte le falde produttive sono in pressione, risalendo fino a qualche decina di metri). In quest'area risulta complessa una suddivisione in falde acquifere ben distinte a causa della natura geologica della zona, caratterizzata da materiali trasportati dai ghiacciai e depositati caoticamente e pertanto di complessa correlazione dando origine ad una stratigrafia maldistinta.

In generale gli orizzonti acquiferi sono correlabili, con alcune approssimazioni determinate dai limiti spaziali dell'omogeneità geologica, in tre falde principali, delle quali la più profonda dovrebbe essere alimentata direttamente dalle acque del Lago di Garda avente direzione di deflusso, a scala regionale, NNO/SSE, mentre localmente abbiamo un regime di deflusso delle acque sotterranee in direzione NNE. Lo schema della circolazione idrica sotterranea può essere ricostruito analizzando congiuntamente vari elementi quali come la litologia superficiale e profonda, morfologia degli alvei attuali e piezometria che concorrono a definire l'assetto idrogeologico.

Nei settori intramorenici, l'Unità morenica e l'Unità fluvio-glaciale ghiaioso-sabbiosa talora interferiscono originando in tal modo falde locali superficiali di scarsa estensione e produttività. Tali acquiferi sono alimentati esclusivamente dalle precipitazioni meteoriche, hanno una conformazione spaziale concava verso il basso, tipo catino e sono delimitati a letto da depositi morenici di scarsa permeabilità. All'interno dei depositi morenici, in presenza di lenti sabbioso-ghiaiose, possono originarsi piccole falde sospese anch'esse poco produttive con apporti che risentono a breve termine dell'andamento delle precipitazioni.

È invece alle maggiori profondità che si incontrano i sistemi acquiferi multistrato separati tra loro da livelli limoso-argillosi, alla quale si è fatto riferimento poco sopra, i quali non dipendono direttamente dalle precipitazioni di carattere locale e possiedono elevate capacità di immagazzinamento.

In termini di attitudine al deflusso idrico sotterraneo possiamo assegnare all'Unità fluvio-glaciale ghiaioso-sabbiosa una discreta permeabilità ( $k=10^{-2}$ - $10^{-4}$  cm/s), a quella morenica una permeabilità medio bassa in quanto possiede sequenze argillose semi impermeabili che ne ostacolano la filtrazione e strati di conglomerato e ghiaia favorevoli all'immagazzinamento ed infine le unità corrispondenti ai depositi in prevalenza argilloso-torbosi di origine lacustre che sono caratterizzati da una permeabilità praticamente nulla ( $k \geq 10^{-7}$  cm/s).

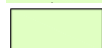
Dalle carte idrogeologiche si evince che la prima falda produttiva (captabile dai pozzi) si trova ad una profondità di circa **60 m dal p.c.**.

Al di sopra di tale profondità possono trovarsi localmente piccole falde sospese, talora temporanee.

Nelle indagini geognostiche **non** è stata evidenziata presenza di acqua.



# STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA (fonte: PGT Comune di Lonato d/G)



Ambito della pianura occidentale di Lonato frontale alle cerchie interne

87

— — — — — Linee isofreatiche (quota della falda superficiale espressa in m s.l.m. indicate in stratigrafia)



# STRATIGRAFIA POZZO LO54 interno dello stabilimento Comeca SPA (fonte: PGT Comune Lonato d/G)

25017 LONATO (BS)

Liv. Statico ml. 62,80

Liv. Dinamico ml. 63,30

Portata lt/secundo 9,00

Profondità	Strat.	Descrizione	Tubi e Filtri
0,00		Ghiaia e grossi ciottoli	Tampone d'argilla
18,00		Ghiaia con poco ceppo noccia e sabbia	-15,00
42,00		Ghiaia con lenti di conglomerato	Tubo in PVC PN10 Dalmine Ø 170 sp.7,6 mm
54,00		Ghiaia con ceppo marrone e grigio	Ghiassetto all'iceo
64,00		Ghiaia e conglomerato con limo	
66,00		Ghiaia	
70,00		Ghiaia	
82,00		Ghiaia e conglomerato	-67,50 -70,00
95,00		Conglomerato con ceppo bianco	-77,50 -80,00
102,00		Ghiaia con lenti di conglomerato e ceppo bianco	-82,50 -85,00 -87,50 -90,00 -95,00 -100,00 -102,00

### 3. PERMEABILITA' DEL SOTTOSUOLO IN SITO

Per la determinazione della permeabilità dei terreni in sito si è proceduto all'esecuzione di una prova Lefranc a carico variabile.

La prova è stata eseguita procedendo all'allestimento della tasca di prova, secondo le seguenti modalità esecutive:

- perforazione con carotiere fino alla base del tratto da misurare;
- rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione;
- inserimento nella colonna di rivestimento di ghiaia ben lavata per 70 cm;
- sollevamento della batteria di rivestimento per 60 cm così da formare la tasca di prova;

L'esecuzione della prova di permeabilità vera e propria è avvenuta secondo le modalità seguenti:

- saturazione del terreno in modo da stabilire un regime di flusso permanente;
- introduzione di acqua nel foro di sondaggio fino alla sommità del rivestimento;
- interruzione dell'immissione di acqua;
- misura nel tempo della diminuzione del livello dalla testa tubo del rivestimento fino al raggiungimento del livello del fondo foro (misura della velocità di abbassamento del livello in funzione del tempo).



La metodologia utilizzata per la valutazione di K fa riferimento alla metodologia consigliata dalla Associazione Geotecnica Italiana (AGI) ed utilizza i seguenti schemi geometrici e relazioni di calcolo:

$$k = \frac{A}{C_L (t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2} \quad [ms^{-1}]$$

dove :

$k$   $[ms^{-1}]$  coefficiente di permeabilità

$A$   $[m^2]$  area di base del foro di sondaggio

$h_1$  e  $h_2$   $[m]$  altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti  $t_1$  e  $t_2$

$t_1$  e  $t_2$   $[s]$  tempi ai quali si misurano  $h_1$  e  $h_2$

$C_L$   $[m]$  coefficiente di forma dipendente dall'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto.

Per il coefficiente  $C_L$  sono suggeriti i seguenti valori :

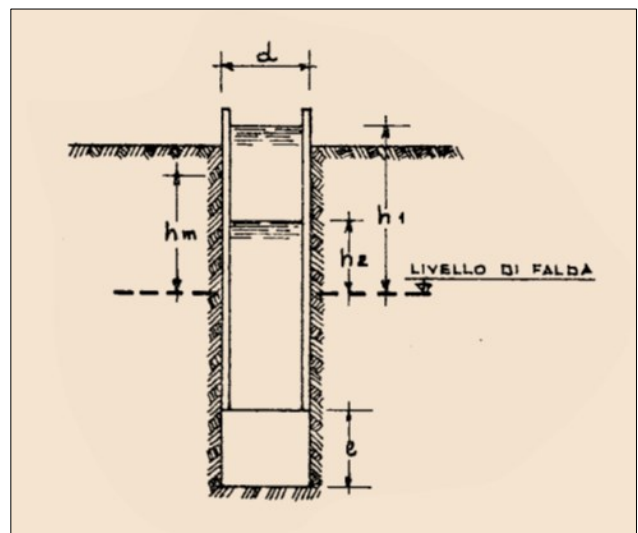
— prova su un tratto di foro (fig. 6.2: a)

$$l \gg d \quad C = l \quad [m]$$

$$l \leq d \quad C = 2 \pi d + l \quad [m]$$

Per le prove a carico costante il coefficiente di permeabilità è dato dalla :

$$k = \frac{q}{C_F h d} \quad [m s^{-1}]$$



Da AGI 1977

Il metodo visualizza un grafico tempi/abbassamenti in cui viene calcolato un valore di K per ogni tratto della curva tra una lettura e la successiva; inoltre 6 viene calcolato un valore medio dal punto della curva ove si ritiene che si sia instaurato un regime di flusso permanente (dopo saturazione dei terreni), fino a fine curva; l'operatore sceglie il punto della curva dal quale si ritiene instaurato un regime permanente.



I depositi presenti nel sito in studio sono caratterizzati da **ghiaie sabbiose mediamente addensate**.

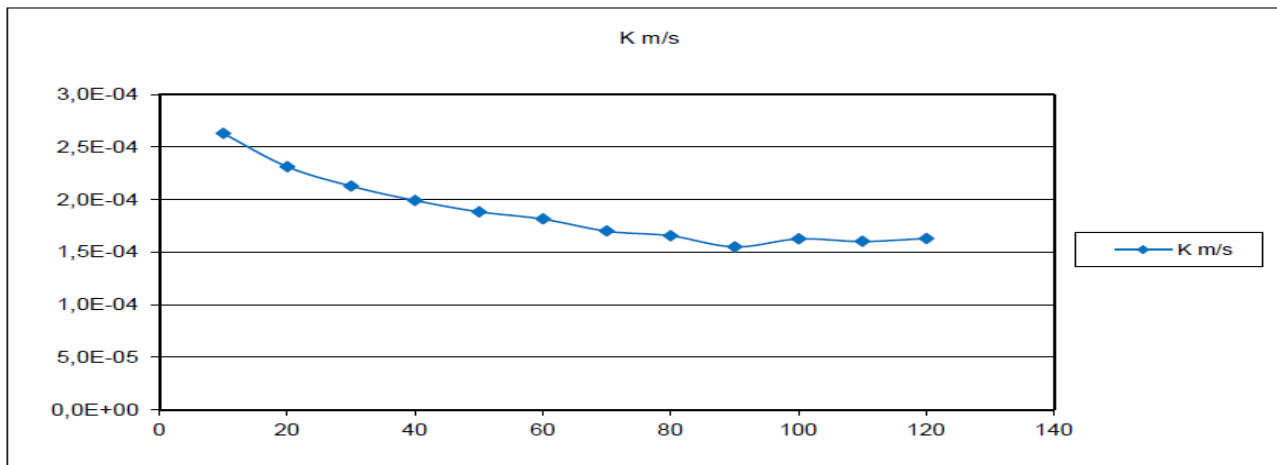
Dalla prova di permeabilità in sito, eseguita alla profondità compresa tra 2.40 ÷ 3.00 è stata stimata una **permeabilità** media pari a **1.90 x 10<sup>-5</sup> m/s**.

Profondità foro da p.c.	3,0	m
Profondità rivestimento da p.c.	2,40	m
Sporgenza tubo rivestimento da p.c.	0,6	m
Diametro tasca	0,101	m

<b>L</b>	0,60 (lunghezza tasca)
<b>D</b>	0,101 (diametro tasca)
<b>R</b>	0,0505 (raggio tasca)

A	CL	H1	T1	H2	T2	K
m <sup>2</sup>		m	s	m	s	m/s
0,008008	1,23	3,6	0	2,4	10	2,6E-04
0,008008	1,23	2,4	10	1,68	20	2,3E-04
0,008008	1,23	1,68	20	1,21	30	2,1E-04
0,008008	1,23	1,21	30	0,89	40	2,0E-04
0,008008	1,23	1,15	40	0,86	50	1,9E-04
0,008008	1,23	0,86	50	0,65	60	1,8E-04
0,008008	1,23	0,65	60	0,5	70	1,7E-04
0,008008	1,23	0,51	70	0,395	80	1,7E-04
0,008008	1,23	0,395	80	0,311	90	1,6E-04
0,008008	1,23	0,311	90	0,242	100	1,6E-04
0,008008	1,23	0,242	100	0,189	110	1,6E-04
0,008008	1,23	0,189	110	0,147	120	1,6E-04

**Kmedio 1,9E-04 m/s**



k (m/s)	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>
GRADO DI PERMEABILITÀ	alto			medio		basso		molto basso		impermeabile		
DRENAGGIO	buono					povero			praticamente impermeabile			
TIPO DI TERRENO	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			



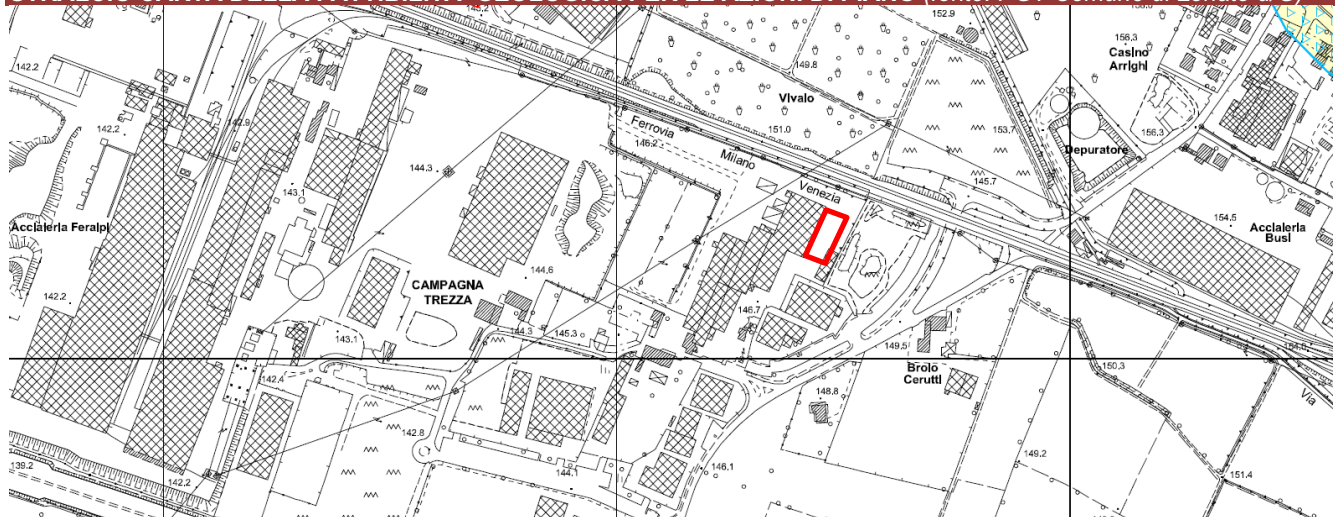


#### 4. INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA

La fase di progettazione preliminare e di valutazione della fattibilità dell'intervento ha previsto l'analisi delle limitazioni d'uso del territorio (vincoli) in particolare modo quelli descritti e presenti nella relazione geologica a corredo del vigente **PGT** comunale e quelli relativi alla normativa sovraordinata (PTCP, Ambientale, Regionale e di Bacino).

Dalla visione della **Carta di Fattibilità Geologica** per le azioni di piano si evince che il sito in esame ricade parzialmente nella classe di **Fattibilità senza particolari limitazioni – Classe 1**.

**STRALCIO CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO** (fonte: PGT Comune di Lonato d/G)



#### CLASSE 1 - FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI

1 - Area prevalentemente pianeggianti o a debole pendenza con caratteristiche geotecniche dei terreni da buone a mediocri

Dalla visione **Carta dei vincoli della componente geologica** si evince che l'area di studio ricade **esternamente** alle aree sottoposte a vincolo.

## 5. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili la normativa prevede il seguente valore:

$$Q_{umax} = u_{lim} \cdot \varphi_m \cdot A$$

$Q_{umax}$  [l/s]: portata massima in uscita dall'invaso

$A$  [ha]: area totale dell'intervento

$\varphi_m$  [-]: coefficiente di afflusso medio ponderale

$u_{lim}$  [l/(s · ha<sub>imp</sub>)]: portata massima scaricabile specifica per unità d'area impermeabile

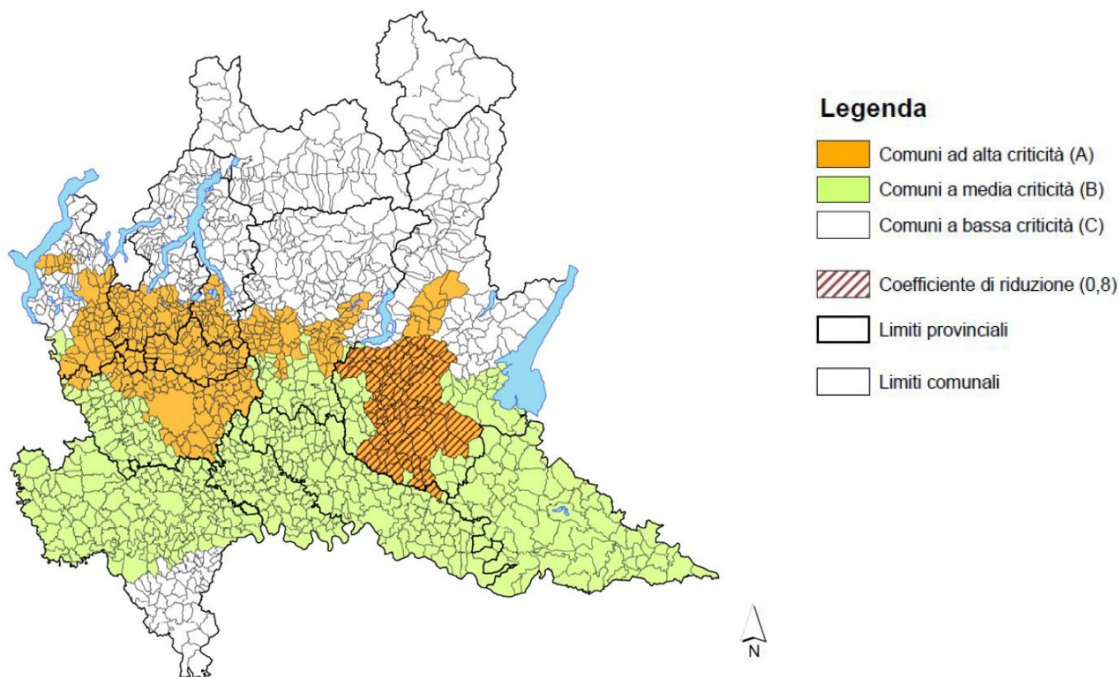
### 5.1. Individuazione degli ambiti territoriali di applicazione (art.7)

I limiti allo scarico devono essere diversificati in funzione delle caratteristiche delle aree di formazione e di possibile scarico delle acque meteoriche, in considerazione dei differenti effetti dell'apporto di nuove acque meteoriche nei sistemi di drenaggio nelle aree urbane o extraurbane, di pianura o di collina, e della dipendenza di tali effetti dalle caratteristiche del ricettore finale, in termini di capacità idraulica dei tratti soggetti ad incremento di portata e dei tratti a valle.

In considerazione di quanto disposto al comma 2, il territorio regionale è suddiviso nelle seguenti tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori:

- aree A**, ovvero ad alta criticità idraulica: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell'allegato B;
- aree B**, ovvero a media criticità idraulica: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e ricadenti, anche parzialmente, all'interno dei comprensori di bonifica e Irrigazione;
- aree C**, ovvero a bassa criticità idraulica: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e B.

Nell'allegato vi sono elencati tutti i comuni della Regione Lombardia, con indicata la rispettiva area (A, B o C).



Cartografia della suddivisione dei comuni in base alla criticità idraulica



## 5.2. Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori (art.8)

I valori massimi scaricabili ammissibili definiti dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 per ciascun ambito, sono:

- **Aree A (ALTA CRITICITA'):**  $u_{lim} = 10$  [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- **Aree B (MEDIA CRITICITA'):**  $u_{lim} = 20$  [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- **Aree C (BASSA CRITICITA'):**  $u_{lim} = 20$  [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]

$u_{lim}$  = portata specifica limite ammissibile allo scarico

## 5.3. Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e modalità di calcolo (art.9)

Ai fini dell'individuazione delle diverse modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, gli interventi di cui all'articolo 3 richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono suddivisi nelle classi di cui alla tabella 1, a seconda della superficie interessata dall'intervento, nella quale rientrano anche le superfici occupate dagli interventi finalizzati al rispetto del presente regolamento e del coefficiente di deflusso medio ponderale, calcolato ai sensi dell'articolo 11, comma 2, lettera d), numero 2). Ai fini della definizione della superficie interessata dall'intervento, lo stesso deve essere considerato nella sua unitarietà e non può essere frazionato.

La modalità di calcolo da applicare per ogni intervento, come definita nella tabella 1, dipende dalla classe di intervento indicata nella stessa tabella e dall'ambito territoriale in cui lo stesso ricade, ai sensi dell'articolo 7.

Nel caso di impermeabilizzazione potenziale media, di cui alla tabella 1, in ambiti territoriali a criticità alta o media ai sensi dell'articolo 7, deve essere adottato il metodo delle sole piogge, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo dettagliata. Nel caso di impermeabilizzazione potenziale alta, di cui alla tabella 1, in ambiti territoriali a criticità alta o media ai sensi dell'articolo 7, deve essere adottata la procedura di calcolo dettagliata. Per entrambi i metodi indicati al presente comma si rimanda all'allegato G.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFF. DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITA' DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (ARTICOLO 7)	
				AREA A - B	AREA C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0.03$ ha ( $\leq 300$ mq)	qualsiasi	Requisiti minimi art.12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	Da $> 0.03$ a $\leq 0.1$ ha (da $> 300$ a $\leq 1000$ mq)	$\leq 0.4$	Requisiti minimi art.12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	Da $> 0.03$ a $\leq 0.1$ ha (da $> 300$ a $\leq 1.000$ mq)	$> 0.4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		Da $> 0.1$ a $\leq 1$ ha (da $> 1.000$ a $\leq 10.000$ mq)	qualsiasi		
		Da $> 1$ a $\leq 10$ ha (da $> 10.000$ a $\leq 100.000$ mq)	$\leq 0.4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	Da $> 1$ a $\leq 10$ ha (da $> 10.000$ a $\leq 100.000$ mq)	$> 0.4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		$> 10$ ha ( $> 100000$ mq)	qualsiasi		

Tabella 1 - RR 08/2019

Nella tabella sopra riportata, attualmente vigente, è ancora presente la diversificazione in base al coefficiente di deflusso medio ponderale minore e maggiore di 0.4, valore che a nostro parere dovrebbe essere tolto dato che nella stima della superficie permeabile scolante non viene più computata l'area verde.

## 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATE

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e idrologica, nel sito oggetto dell'intervento, vengono adottati i seguenti metodi di calcolo:

- metodo dei requisiti minimi
- metodo delle sole piogge

Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

Tra i metodi adottati si assumerà quale valore del volume minimo di progetto il maggiore tra i valori calcolati.

### 6.1. Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m<sup>2</sup>, ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo 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. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo.

Nel caso d'interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- Aree A:  $w_{\min} = 800^*$  [m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree B:  $w_{\min} = 500$  [m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree C:  $w_{\min} = 400$  [m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]

\* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Tali volumi sono da adottare anche nel caso d'interventi classificati a impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti negli ambiti territoriali ad alta e media criticità, qualora il volume risultante dai calcoli fosse minore.

Ulteriormente, il progetto prevede di ottemperare ai requisiti di invarianza mediante il solo utilizzo di strutture di infiltrazione, quindi il requisito minimo di cui sopra è ridotto del 30 per cento. I calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione saranno basati su prove di permeabilità, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F di cui al R.R. 7/2017 e s.m.i.

### 6.2. Metodo delle sole piogge

Il metodo delle sole piogge si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi, considerando costante la portata uscente ed andando a massimizzare il volume accumulato.

Nello specifico la portata media entrante viene calcolata come segue:

$$Q_e = 2,78 \cdot a \cdot \varphi_m \cdot D^{n-1} \cdot A$$

$Q_e$  [l/s]: portata media entrante

$\varphi_m$  [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

$A$  [ha]: area totale interessata dall'intervento

$a$  [mm/ora]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$D$  [ore]: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate  $W_e$  [m<sup>3</sup>] è pari a:

$$W_e = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A$$

Il volume uscente  $W_u$  [m<sup>3</sup>], essendo ipotizzata costante la portata uscente pari alla massima  $Q_{umax}$  [l/s], ha la seguente formulazione:

$$W_u = 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Pertanto, il volume invasato ad ogni durata  $D$  [ore] è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Attraverso semplici passaggi matematici, derivando l'equazione sopra, si ottiene il valore della durata critica della precipitazione ( $D_w$ ) ed il conseguente volume critico dell'invaso ( $W_0$ ):

$$D_w = \left( \frac{Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

$D_w$  [ore]: durata critica d'invaso

$Q_{umax}$  [l/s]: portata uscente massima

$W_0$  [m<sup>3</sup>]: volume di laminazione

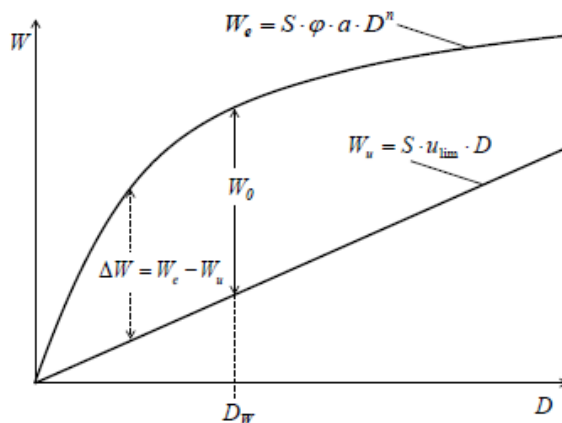
$a$  [mm/ora<sup>n</sup>]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$n$  [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

$A$  [ha]: area totale interessata dall'intervento

$\varphi_m$  [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

La figura seguente mostra graficamente la curva  $W_e(D)$ , concava verso l'asse delle ascisse, in aderenza alla curva di possibilità pluviometrica, e la retta  $W_u(D)$  e indica come la distanza verticale  $\Delta W$  tra tali due curve ammetta una condizione di massimo che individua così l'evento di durata  $D_w$  critica per la laminazione.



Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico  $D_w$  e del corrispondente volume critico  $W_0$  di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato.

Si osservi che il parametro  $n$  (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti dovrà essere congruente con la durata  $D_w$ , tenendo conto che il valore di  $n$  è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore.



Adottando valori di  $n$  valevoli per durate superiori ad un'ora si deve ottenere un valore di durata  $D_w$  superiore all'ora. Se così non fosse, si deve adottare un valore di  $n$ , valevole per durate inferiori ad un'ora e calcolare la conseguente durata.

Qualora il risultato ottenuto in questa seconda ipotesi, fosse superiore ad un'ora significa che ci si trova nel punto in cui cambiano i valori di  $n$ , ovvero un'ora, e si adotta tale valore.

### 6.3. Calcolo portata infiltrata

La portata infiltrata viene calcolata adottando la formula di Darcy.

$$Q_{inf} = K_{calc} \cdot i \cdot A_f$$

$Q_{inf}$  [ $m^3/s$ ]: portata infiltrata

$K_{calc}$  [ $m/s$ ]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

$i$  [ $m/m$ ]: gradiente idraulico

$A_f$  [ $m^2$ ]: superficie d'infiltrazione di calcolo

Nel calcolo del processo di infiltrazione vengono adottati valori cautelativi dei coefficienti di permeabilità del terreno idonei a rappresentare le reali condizioni di permeabilità a lungo termine.

## 7. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento  $a_1$  ed  $n$  della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno  $TR$  dell'evento critico, ricalcola il parametro  $a$  per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

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

$h$  [mm]: altezza di pioggia

$a_1$  [mm/ora<sup>n</sup>]: coefficiente pluviometrico orario

$D$  [ore]: durata di pioggia

$n$  [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

$w_T$  [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno  $TR$  [anni]

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

$\varepsilon, \alpha, k$  [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro  $n$  che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a  $n = 0,5$ .

Per quanto attiene i parametri caratteristici delle linee segnalatrici di pioggia si possono estrarre per il territorio regionale dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia: <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>

In alternativa a tali precipitazioni di progetto, possono essere assunti valori diversi solo nel caso si disponga di dati ufficiali più specifici per la località oggetto dell'intervento, dichiarandone l'origine e la validità.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

**$TR = 50$  [anni]:** tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

**$TR = 100$  [anni]:** tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

## 8. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate nei ricettori.

L'articolo 11, comma e punto 3 del Regolamento Regionale recita:

*“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'articolo 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'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, 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'articolo 12, comma 2, senza pertanto applicare la procedura di calcolo delle sole piogge o dettagliata”*

L'articolo 2, comma m del Regolamento Regionale recita:

*“ricettore: corpo idrico naturale o artificiale o rete di fognatura, nel quale si immettono le acque meteoriche disciplinate dal presente regolamento”.*

Quindi, in questo contesto, pur essendo il parametro che definirebbe il limite di scarico Qu uguale a 20 l/s per ettaro impermeabile (valore fissato dal Regolamento per le aree di criticità B), ma riferito alla realizzazione di vasche di accumulo, nel caso oggetto di studio visto che:

- tutto il volume di laminazione verrà disperso nel sottosuolo;
- sono state eseguite prove di permeabilità dettagliate;
- la presenza della falda freatica si rileva a circa 60 m da p.c.;
- il sottosuolo è caratterizzato da ghiaie mediamente permeabili aventi una permeabilità  $k=1.90 \cdot 10^{-4}$  m/s;
- considerata una portata **scaricabile** pari a **19 l/s**, risultante dal metodo di calcolo adottato;
- è stata considerata una di superficie impermeabile scolante pari a **3525 mq**,

ne deriva che la **portata massima scaricabile** sarà pari a **53.90 l/(s \* ha)**.



## 9. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento  $T_{sv}$  [s] viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf} + Q_u}$$

$W$  [ $m^3$ ]: volume invasato massimo

$Q_{inf}$  [ $m^3/s$ ]: portata infiltrata

$Q_u$  [ $m^3/s$ ]: portata scaricata

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durante il periodo di svuotamento.

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile.

Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato.

Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore.

Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

Il tempo di svuotamento  $T_{sv}$  viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf}}$$

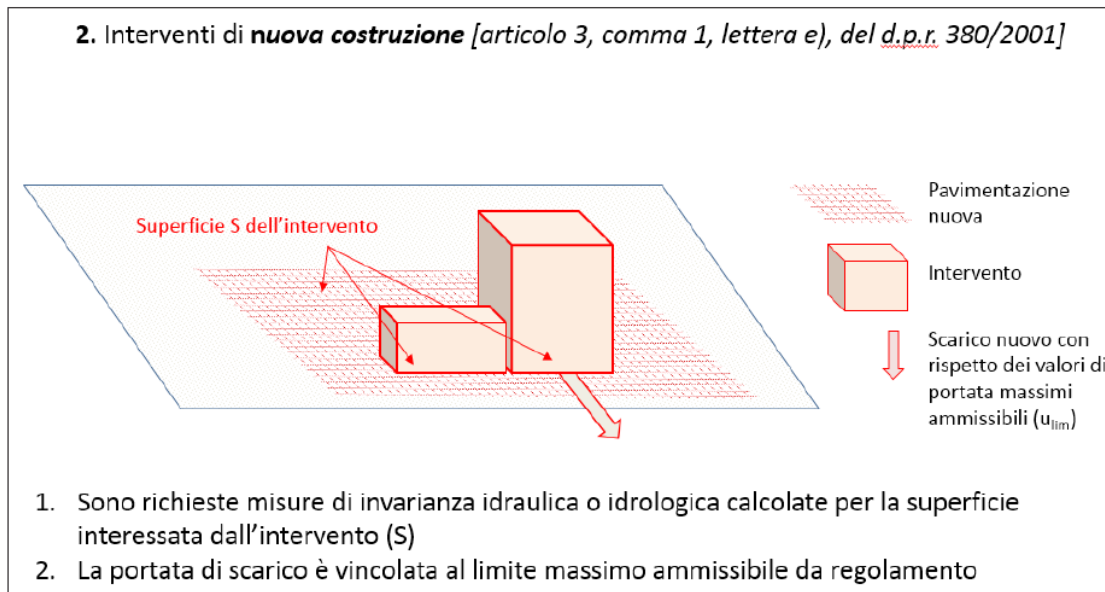
$W$  [ $m^3$ ]: volume invasato massimo

$Q_{inf}$  [ $m^3/s$ ]: portata infiltrata

## 10. DATI DI PROGETTO

L'intervento contempla un intervento di **nuova costruzione** con una superficie complessiva impermeabile di **3525 m<sup>2</sup>** la quale sorgerà sul sedime di un piazzale parzialmente asfaltato, quindi essendo una nuova costruzione sono richieste misure di invarianza idraulica per la superficie interessata dall'intervento.

La tipologia di intervento ricade nel caso sotto riportato estratto dagli "schemi esemplificativi degli interventi ai quali applicare o meno le misure di invarianza idraulica e idrologica" riportati nel R.R. 19/04/2019 – n.8.



Estratto da Regolamento regionale 19 aprile 2019 - n. 8

Superfici nuova costruzione			
SUPERFICIE COPERTA NUOVO CAPANNONE	impermeabile	1525	m <sup>2</sup>
PIAZZALE ASFALTATO	impermeabile	2000	m <sup>2</sup>



## 11. RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

### CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Lonato del Garda Provincia Brescia  
 Livello di criticità Area B - criticità media

#### Metodi di calcolo adottati

Requisiti minimi  
 Metodo delle sole piogge

#### Portata massima scaricabile

Portata massima scaricabile 53,90 l/(s\*ha<sub>imp</sub>)

Deriva dalla portata massima scaricabile derivante dalla portata massima infiltrata (**19 l/s**) per la superficie espressa in ha (**0.3525**).

#### Definizione aree

Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$
COPERTURE + PIAZZALI	Area impermeabile	3525,0	1,00

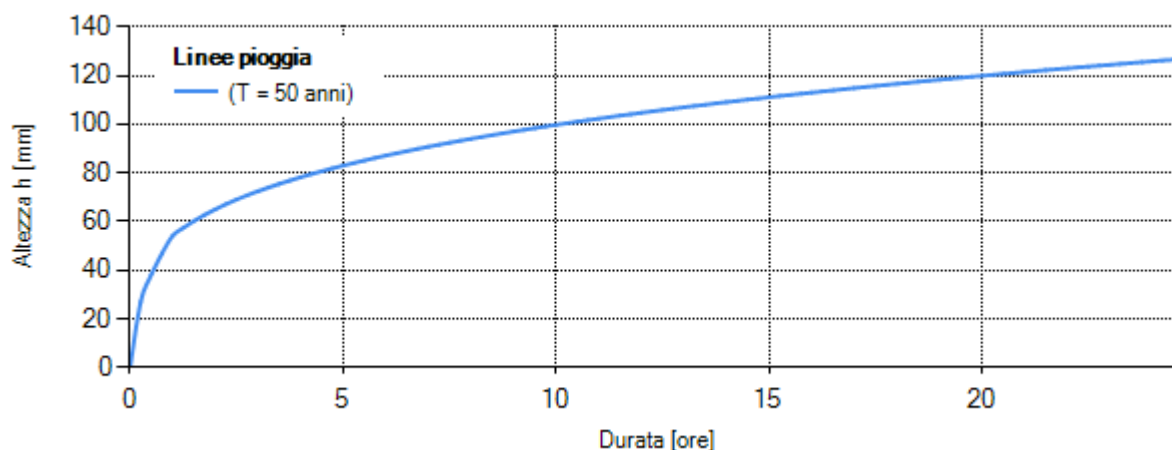
Sup. totale intervento	3525,0 m <sup>2</sup>	Coeff. afflusso medio ponderale $\phi_m$	1,0000
Sup. impermeabile scolante	3525,0 m <sup>2</sup>		

#### Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

Coefficiente pluviometrico orario	a <sub>1</sub>	27,26	mm/h <sup>n</sup>
Coefficiente di scala	n	0,2653	-
GEV - Parametro alfa	$\alpha$	0,2735	-
GEV - Parametro kappa	k	-0,0405	-
GEV - Parametro epsilon	$\epsilon$	0,8306	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n <sub>1</sub>	0,5000	-

Nota: A ciascuno dei Comuni della Lombardia sono assegnati cinque parametri per la definizione della pioggia di progetto presi, come indicato dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml>). Tali valori corrispondono ai parametri 1-24 ore delle Linee segnalatrici (Progetto Strada).

#### Linee pioggia - Grafico



Scelta tempo di ritorno			
Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica			
Tempo di ritorno adottato		50	anni
Coefficiente probabilistico	$W_T$	1,987	-
Parametro pioggia	$a$	54,158	mm/h <sup>n</sup>

Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.  
 **$T = 50$  [anni]:** tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.  
 **$T = 100$  [anni]:** tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

## DIMENSIONAMENTO SISTEMA INVARIANZA

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	$W_0$	350,00	m <sup>3</sup> /ha <sub>imp</sub>
Volume invaso minimo	$W_0$	123,38	m <sup>3</sup>

Nota: **Requisito minimo ridotto del 30% in quanto si adottano sole strutture d'infiltrazione e non si prevedono scarichi in corpi idrici ricettori.**

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	$D_w$	1,00	ore
Volume invaso minimo	$W_0$	122,51	m <sup>3</sup>

$$D_w = \left( \frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

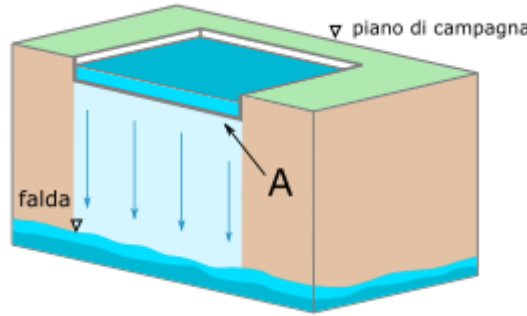
$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

## VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	$A_{inv}$	100,00	m <sup>2</sup>

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	2,50	≥	1,23	m	Positiva
Volume utile invaso	W	130,9	≥	123,38	m <sup>3</sup>	Positiva
Tempo di svuotamento	$T_{sv}$	1,8	≤	48,0	ore	Positiva



Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento		Infiltrazione a portata costante	
<div></div>			
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	19,00	l/s
Coeff. permeabilità di calcolo	$K_{calc}$	19,00	m/s * 10 <sup>-5</sup>
Gradiente idraulico	$i$	1,00	m/m
Area di infiltrazione	$A_f$	100,00	m <sup>2</sup>

Da quanto sopra il sistema prevedrà una distribuzione delle opere di filtrazione (pozzi disperdenti) il cui numero, diametro e profondità, è stato stimato in base alla legge di infiltrazione a portata costante e non dalla relazione di Sieker, 1984 piuttosto che di Newman (vedi paragrafi precedenti), quindi considerando in maniera cautelativa esclusivamente l'area di filtrazione risultante dagli scavi eseguiti per la realizzazione della batteria di pozzi e non la capacità di infiltrazione di ogni singolo pozzo.

## 12. SCHEMA PROGETTUALE DELL'OPERA DI INVARIANZA IDRAULICA

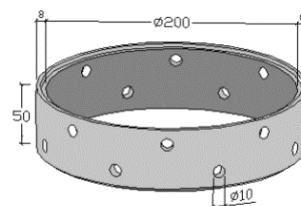
1. Nel sito in studio si prevede lo **scarico nel sottosuolo**, in quanto la permeabilità risulta discreta e la soggiacenza della **falda freatica** si riscontra ad una profondità di circa **60 m**.
2. Il dimensionamento di pozzi filtranti consiste nella determinazione del volume minimo che devono possedere per essere in grado di smaltire le acque meteoriche.
3. Il pozzo deve quindi consentire l'infiltrazione in profondità delle acque defluenti in superficie e permettere l'invaso dell'afflusso in eccesso fino all'esaurimento dell'evento piovoso.

Da quanto sopra il sistema prevedrà una distribuzione delle opere di filtrazione (pozzi disperdenti) il cui numero, diametro e profondità, è stato stimato in base alla legge di infiltrazione a portata costante e non dalla relazione di Sieker, 1984 piuttosto che di Newman (vedi paragrafi precedenti), quindi considerando in maniera cautelativa esclusivamente l'area di filtrazione risultante dagli scavi eseguiti per la realizzazione della batteria di pozzi e non la capacità di infiltrazione di ogni singolo pozzo.

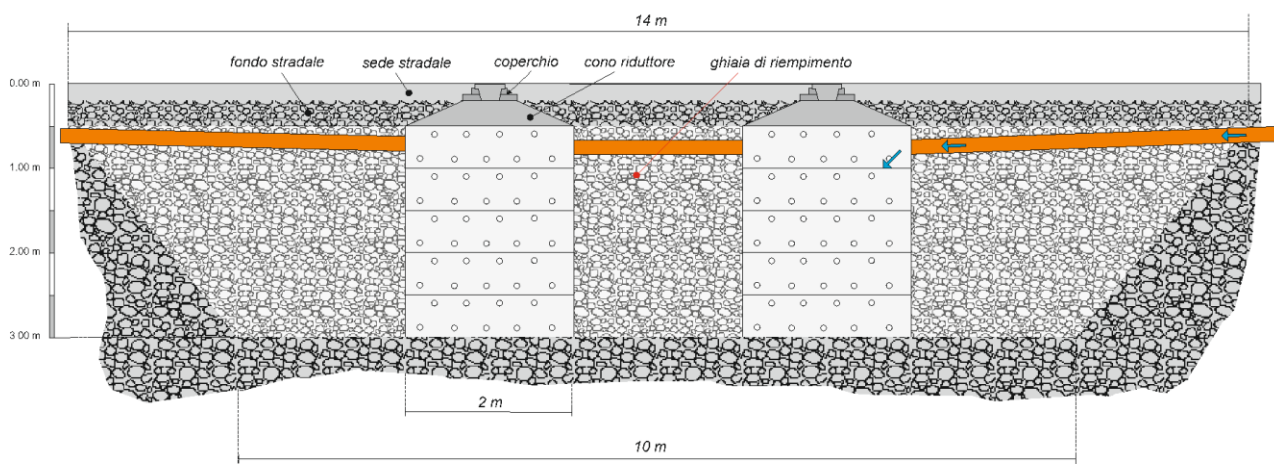
Pertanto una volta stabilito il volume di laminazione, rispettando la superficie di filtrazione considerata, si andrà a calcolare il volume di laminazione, dato dalla somma dei volumi dei pozzi e quello efficace risultante dal riempimento dello scavo con ghiaia ben selezionata (si considera il 30 % di porosità efficace della ghiaia).

Coerentemente con le indicazioni del Regolamento Regionale, nel dimensionamento dei pozzi non è stato computato il volume infiltrato durante l'evento meteorico.

4. L'infiltrazione nel terreno viene considerata, infatti, solo relativamente al processo di svuotamento delle opere filtranti. Per la realizzazione dei pozzi perdenti possono essere usati anelli prefabbricati componibili realizzati in calcestruzzo armato vibrato e dotati di fori conici passanti sulle pareti perimetrali, impiegati per disperdere nel terreno le acque. Gli elementi sono solitamente muniti di incastro a bicchiere per facilitarne la messa in opera. A chiusura dei pozzi perdenti sono disponibili coperchi pedonali e carrabili, muniti di fori di ispezione.



Descrizione sistema adottato	Area filtrazione m <sup>2</sup> (base scavo)	Volume pozzi m <sup>3</sup>	Volume scavi m <sup>3</sup>	Volume efficace m <sup>3</sup> pozzi + riempimento con ghiaia (30 % porosità efficace) <b>VOLUME DI LAMINAZIONE</b>
Batteria da 4 pozzi	100	31,40	363	<b>130,9</b>



### UBICAZIONE INVASO DI LAMINAZIONE



■ BATTERIA DI POZZI (INVASO LAMINAZIONE)
 ■ NUOVO CAPANNONE
 ■ NUOVI PIAZZALI ASFALTATI

### 12.1. Distanza pozzi laminazione dagli edifici

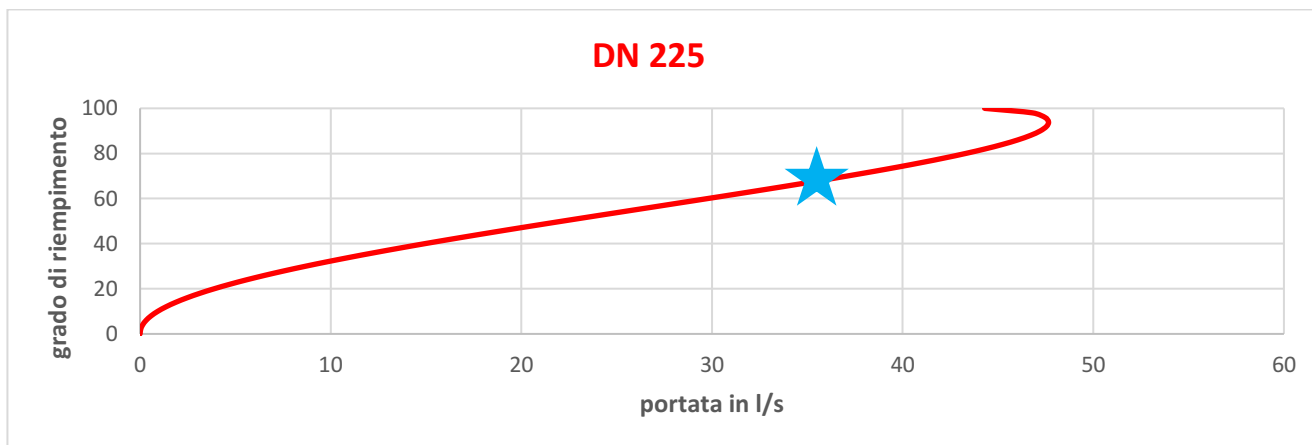
La batteria di pozzi sarà posizionata a distanza adeguata (almeno **3 metri**) dalle fondamenta degli edifici.

### 12.2. Diametro tubazioni di collettamento

Considerando **3525 mq** di impermeabilizzazione dopo 10 minuti di evento meteorico corrispondono, secondo l'idrogramma Arpa Lombardia a **24.1393 mm** di pioggia per una portata massima di **141.8 l/s**, quindi considerando **4 tubi** di collettamento, uno per ciascun pozzo, ogni tubo dovrà essere in grado di smaltire una portata di **35.5 l/s**, quindi dovranno rispettare le caratteristiche minime di:

- Tubi in PVC diametro **225 mm**;
- pendenza non inferiore allo **4‰**.

Con questo diametro e pendenza il grado di riempimento delle condotte sarà inferiore al 70%.



### 13. VERIFICA BACINO E TEMPO DI SVUOTAMENTO

L'art. 11 del Regolamento Regionale prevede la verifica dei franchi di sicurezza delle opere realizzate con un tempo di ritorno pari a **100 anni**.

Scelta tempo di ritorno			
Verifica dei franchi di sicurezza delle opere			
Tempo di ritorno adottato		100	anni
Coefficiente probabilistico	$w_T$	2,214	-
Parametro pioggia	$a$	60,342	mm/h <sup>n</sup>
<p><i>Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.</i></p> <p><i><math>T = 50</math> [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.</i></p> <p><i><b><math>T = 100</math> [anni]</b>: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.</i></p>			

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	$D_w$	1,00	ore
Volume invaso minimo	$W_0$	144,31	m <sup>3</sup>
$D_w = \left( \frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

Il volume di laminazione di progetto risulta pari a **130.90 m<sup>3</sup>**, quindi i 13.4 m<sup>3</sup> eccedenti, saranno in parte contenuti nelle tubazioni di collettamento, in parte nei coni riduttori dei pozzi ed in parte riversati nel piazzale per un battente d'acqua massimo pari a 6 mm.

Infine, considerata che il tempo di svuotamento del sistema pozzi risulta pari a **1.80 ore**, si ritiene che il **bacino sia verificato** in quanto il tempo di svuotamento dell'invaso risulta ampiamente inferiore alle 48 ore come richiesto dal Regolamento Regionale.



#### 14. MANUTENZIONE

In riferimento all'art.13 del Regolamento Regionale, la **manutenzione** è fondamentale per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche; serve ad assicurare alle strutture stesse un periodo di vita più lungo, permettendo di intervenire periodicamente nell'individuazione di eventuali malfunzionamenti che, se trascurati, ne potrebbero pregiudicare irrimediabilmente le funzioni. Si ricorda che i costi di gestione e manutenzione, sia ordinaria che straordinaria, ricadono interamente ed esclusivamente sul proprietario dell'opera. A seconda delle tipologie di elementi di drenaggio si presentano ovviamente livelli differenti di complessità nella manutenzione.

La prima e più semplice distinzione riguarda sicuramente gli **interventi ordinari**, da svolgersi periodicamente seguendo un calendario prestabilito, dagli **interventi straordinari**, necessari al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente ad eventi meteorici o di altra natura (per esempio terremoti, sversamenti abusivi, incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture.

Si possono inoltre distinguere, per alcune tipologie di soluzioni quali le aree di ritenzione vegetate e le fitodepurazioni, gli interventi di supporto necessari all'attecchimento delle essenze vegetate nelle primissime fasi della vita degli impianti, non più necessari quando gli invasi avranno raggiunto la fase in esercizio con il completo equilibrio delle componenti ecologiche presenti.

Per quanto riguarda gli interventi che prevedono la rimozione dei sedimenti occorrerà prevedere adeguate operazioni di pulizia *ad-hoc* in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche del sedimento e alla sua potenzialità inquinante.

Rispetto a quanto descritto, risulta evidente che a seconda del livello e complessità degli interventi di manutenzione gli stessi potranno essere svolti da personale con formazione adeguata.

Tutto ciò dovrà essere realizzato seguendo un programma di manutenzione periodico strutturato secondo un piano nel quale siano individuate le diverse attività da svolgere e i relativi soggetti incaricati.

Sarebbe auspicabile prevedere anche l'inserimento di pretrattamenti per l'intercettazione di sedimenti ed oli che possono ostruire la struttura.

È opportuno inserire nelle grondaie dei filtri al fine di intrappolare particelle, foglie ed altri detriti. Esistono anche in commercio dei piccoli manufatti che si inseriscono nelle grondaie e consentono il transito dell'acqua e l'espulsione delle foglie.

Per quanto concerne il progetto specifico le attività di verifica e controllo possono essere riassunte nei seguenti punti:

- Verifica del corretto afflusso delle acque;
- Verifica dell'integrità degli elementi strutturali;
- Verifica della pulizia interna dei pozzi;
- Pulizia scorrimento;
- Piccola manutenzione edile.

Moniga del Garda (BS), 31/03/2021

IL TECNICO  
DOTT. GEOL. STEFANO SALVI

