

E 12

Progetto di Invarianza Idraulica & Idrologica

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

Tipologia di opere

Recupero edifici esistenti con realizzazione edificio ad uso uffici direzionali siti in via Monte Alto

Committente

VEZZOLA S.p.A.

Provincia	Brescia
Comune	Lonato del Garda
Cap	25017
Indirizzo	Via Monte Alto
Codice Catastale	M312
Rif. catastali	Fg. 32 Mapp. 15

Data 15 settembre 2023

Il tecnico Dott. Geol. Stefano Salvi



1. INTRODUZIONE E QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	1
2. MODELLO GEOLOGICO	2
2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	2
2.2. GEOMORFOLOGIA	3
2.3. GEOLOGIA	3
2.4. IDROGRAFIA	5
2.5. IDROGEOLOGIA	6
3. PERMEABILITÀ IN SITO	2
4. INQUADRAMENTO URBANISTICO	4
5. PORTATE MASSIME SCARICABILI	6
5.1. INDIVIDUAZIONE DEGLI AMBITI TERRITORIALI DI APPLICAZIONE (ART. 7).....	6
5.2. VALORI MASSIMI AMMISSIBILI DELLA PORTATA METEORICA SCARICABILE NEI RICETTORI (ART. 8).....	7
5.3. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA E MODALITÀ DI CALCOLO (ART. 9).....	7
6. METODOLOGIE DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI	8
6.1. METODO DEI REQUISITI MINIMI	8
6.2. METODO DELLE SOLE PIOGGE	8
6.3. PORTATA IN USCITA DALL'INVASO	9
6.4. CALCOLO PORTATA INFILTRATA	9
7. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO	10
8. PORTATA MASSIMA SCARICATA	11
9. TEMPO DI SVUOTAMENTO	12
10. DATI DI PROGETTO	13
11. RISULTATI DEI CALCOLI	15
11.1. CARATTERISTICHE GENERALI COMPLESSIVE	15
11.2. DIMENSIONAMENTO VASCA LAMINAZIONE	16
11.3. VERIFICA SISTEMA INVARIANZA	16
11.4. CARATTERISTICHE SETTORE A	17
11.5. CARATTERISTICHE SETTORE B	18
11.6. CARATTERISTICHE SETTORE C	19
12. DIMENSIONAMENTO OPERA	20
12.1. DIAMETRO TUBAZIONI DI COLLETTAMENTO	21
13. VERIFICA BACINO E TEMPO DI SVUOTAMENTO	22
14. MANUTENZIONE	23

PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA & IDROLOGICA

1. INTRODUZIONE E QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

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 integrato deve essere **applicato su tutto il territorio regionale**, 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.

2. MODELLO GEOLOGICO

2.1. Inquadramento geografico

L'area oggetto dello studio si colloca a Sud del centro abitato di Desenzano del Garda, ad una quota di circa **149 m s.l.m.**, in un'area a carattere morfologicamente collinare, avente una debole pendenza verso sud, ed insiste sui **mappali 15 del Foglio 32** del N.C.T.R. del Comune di Desenzano del Garda (BS) in località Monte Alto.

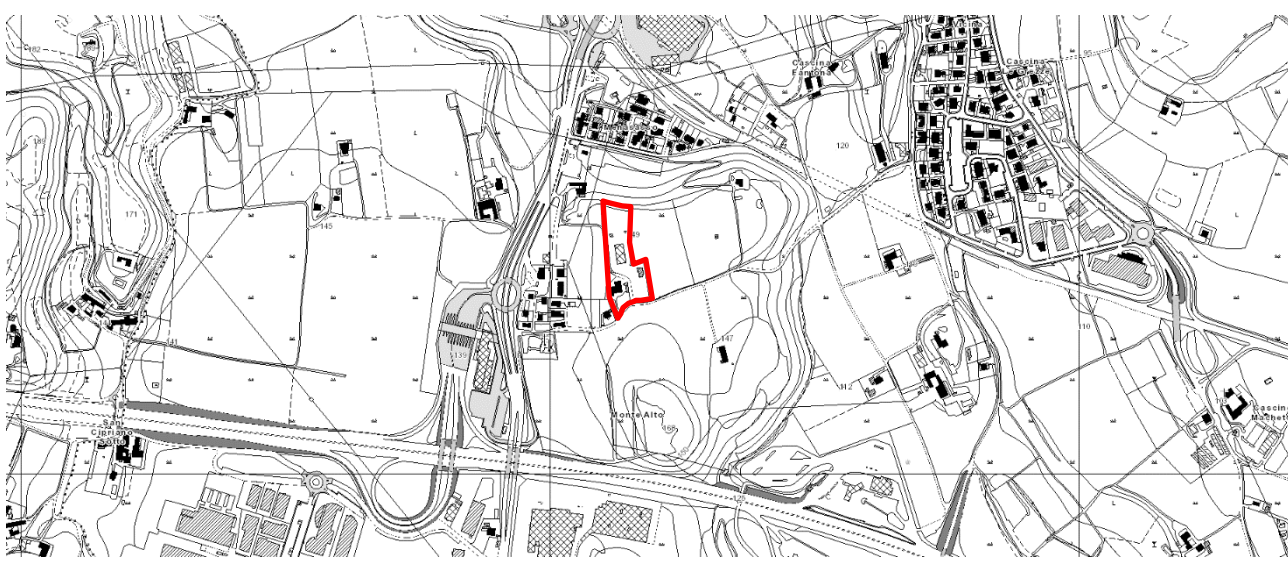
L'area è geograficamente rappresentata nella sezione **D6e3** della Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia (C.T.R. R.L.) alla scala 1:10.000.

Il territorio comunale di Desenzano del Garda occupa una superficie di circa 64 km² e si colloca nel lembo di territorio posto a Sud-Est

STRALCIO IMMAGINE SATELLITARE (Google Earth)



STRALCIO CTR REGIONE LOMBARDIA D6e3 (Geoportale Regione Lombardia)



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.

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.

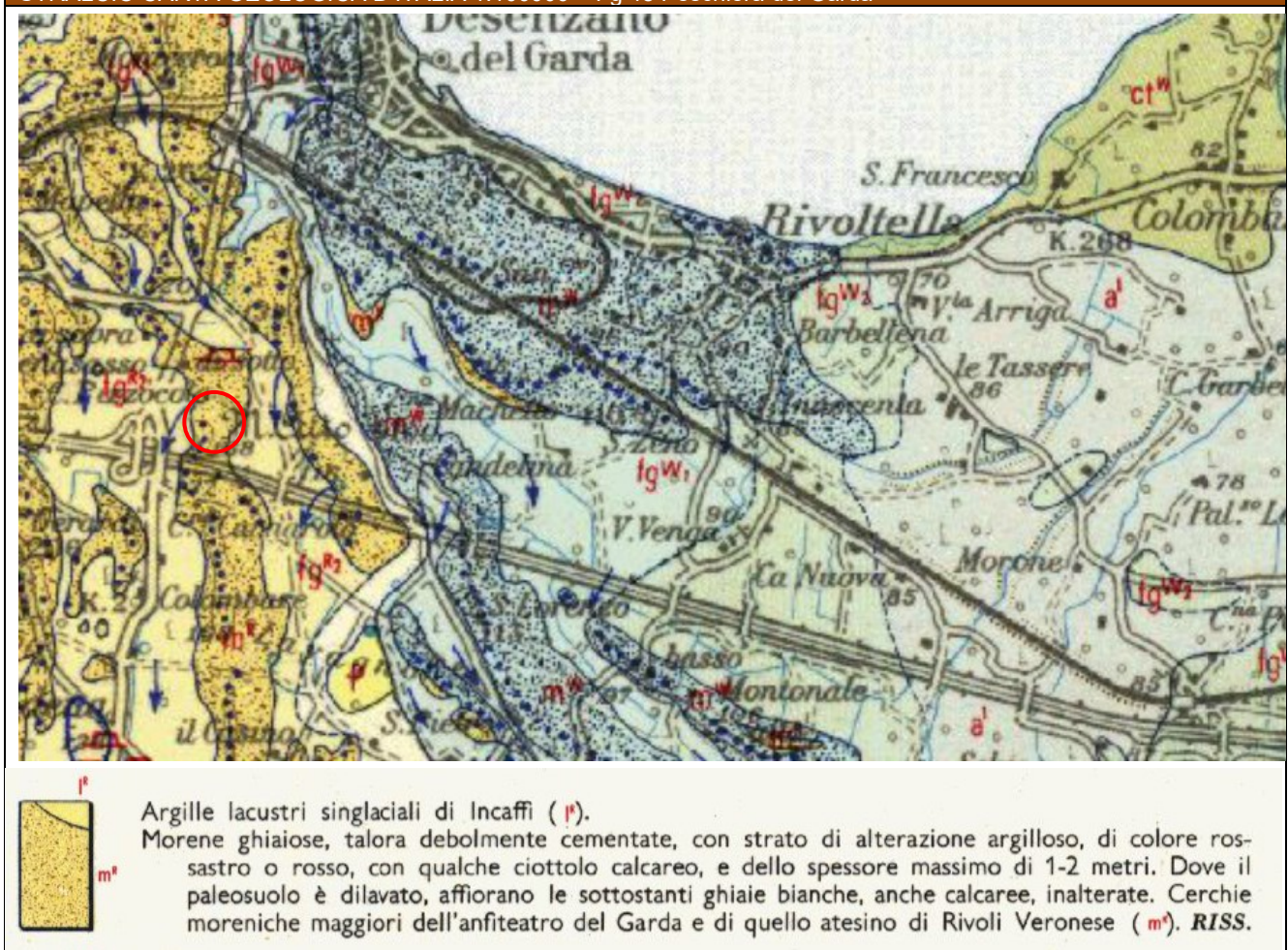
I depositi wurmiani costituiscono i depositi più interni, evidenziando per il Würm una espansione glaciale di portata minore rispetto alla precedente.

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

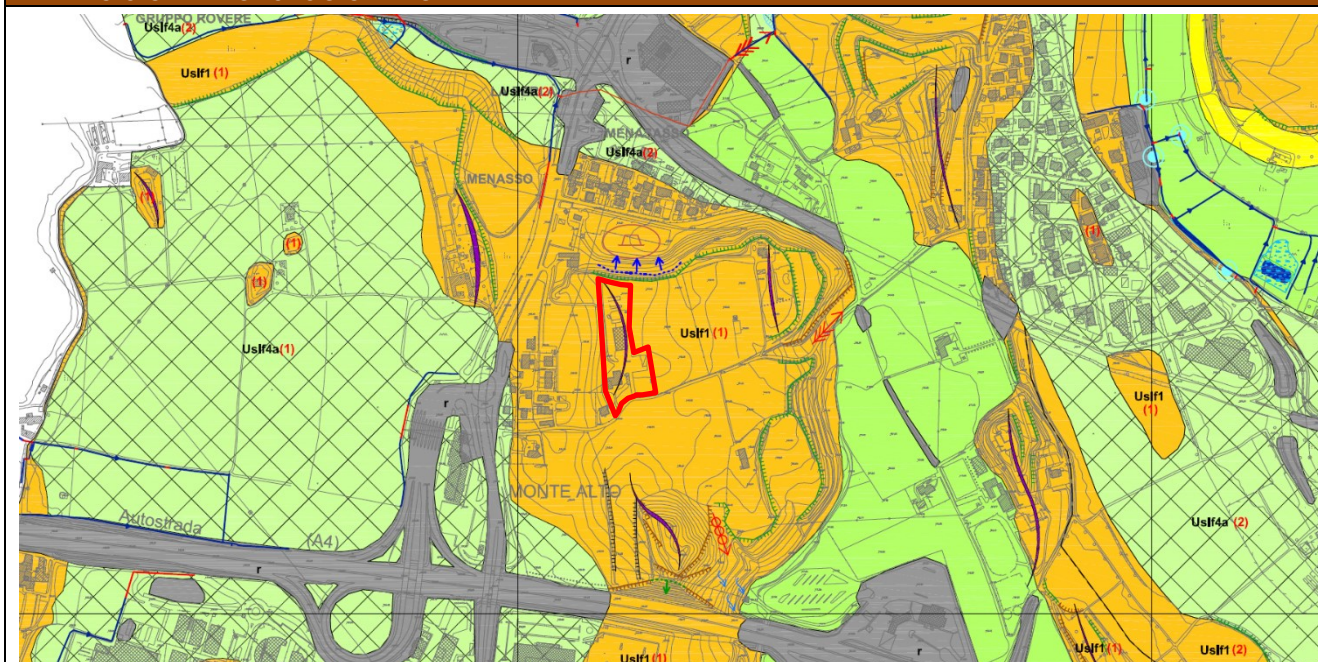
Nel sito oggetto di studio i depositi presenti superficialmente risultano ascrivibili, come cartografato nel Foglio 48 "Peschiera del Garda" della Carta Geologica d'Italia 1:100000 sopra riportata, ai **depositi morenici m^R** riconducibili alle morene ghiaiose, talora debolmente cementate, con strato di alterazione argilloso, di colore rossastro o rosso, con qualche ciottolo calcareo, e dello spessore massimo di 1-2 metri.

Nella Carta geologica allegata al PGT del Comune di Desenzano del Garda, avente una scala di dettaglio maggiore (1:5000), i depositi presenti vengono classificati come depositi glaciali appartenenti all'unità geologica **Us1f1 – Unità di Solferino** (Pleistocene Superiore); sono costituiti da diamicton massivi per lo più a supporto clastico ma talora a supporto di matrice.

STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:100000 – Fg 48 Peschiera del Garda



STRALCIO CARTA GEOLOGICA - PGT



UNITA' DI SOLFERINO (Pleistocene superiore)

Uslf1 Depositi glaciali

Uslf2 Depositi glaciolacustri di depressione intermorenica o di fronte glaciale

Depositi di contatto glaciale

Uslf3a a) Depositi grossolani prevalentemente sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi, ghiaiosi

Uslf3b b) Depositi fini prevalentemente sabbioso limosi, limoso sabbioso, limoso argilloso, argilloso ("morena di fondo")

ELEMENTI DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Terreni con caratteristiche geotecniche:

(1) buone

(2) discrete

(3) mediocri

(4) scadenti

 Cordone morenico

Risultano frequentemente presenti anche grossi trovanti poligenici con dimensioni fino a vari m³. Nell'ambito del complesso modello deposizionale morenico sono previste eterogeneità litologiche con variazioni nel contenuto di frazione fine che risultano talora molto accentuate anche in zone contigue. Così si possono ritrovare settori con litologia più francamente limoso-sabbiosa prevalente sullo scheletro granulare. In questi casi i depositi glaciali assumono tipica colorazione grigia (più argillosa) o color ocra-nocciola (più limosa). Si segnala che il sito oggetto di indagine è ubicato in prossimità di un cordone morenico che si sviluppa in direzione circa N-S.

2.4. Idrografia

La rete **idrografica** del territorio di Desenzano del Garda è nel suo insieme, poco sviluppata e nell'ambito collinare del territorio i corsi d'acqua con carattere permanente sono rappresentati dal Rio Maguzzano e dalla Fossa Redone, la quale rappresenta il corso d'acqua principale e da alcuni corsi d'acqua minori.

Vari elementi idrografici di natura effimera, con alveo indefinito e corrispondenti ad impluvi poco marcati, sono sede occasionale di deflusso idrico superficiale, rientrando quindi nel reticolo idrografico del settore morenico.

2.5. Idrogeologia

L'assetto idrogeologico e le caratteristiche orografiche del territorio determinano la presenza di corsi d'acqua con andamento irregolare che prendono origine da estese zone di affioramento della falda freatica in corrispondenza delle piane intramoreniche (zone umide) o alla base dei versanti morenici (sorgenti).

I tracciati dei corsi d'acqua si sviluppano in gran parte all'interno delle piane fluvioglaciali seguendone l'andamento.

La piana fluvioglaciale occidentale è invece attraversata da una fitta rete artificiale di canali e rogge irrigue. I bacini idrografici risultano di scarsa estensione e poco definiti.

L'unità idrogeologica che interessa l'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.

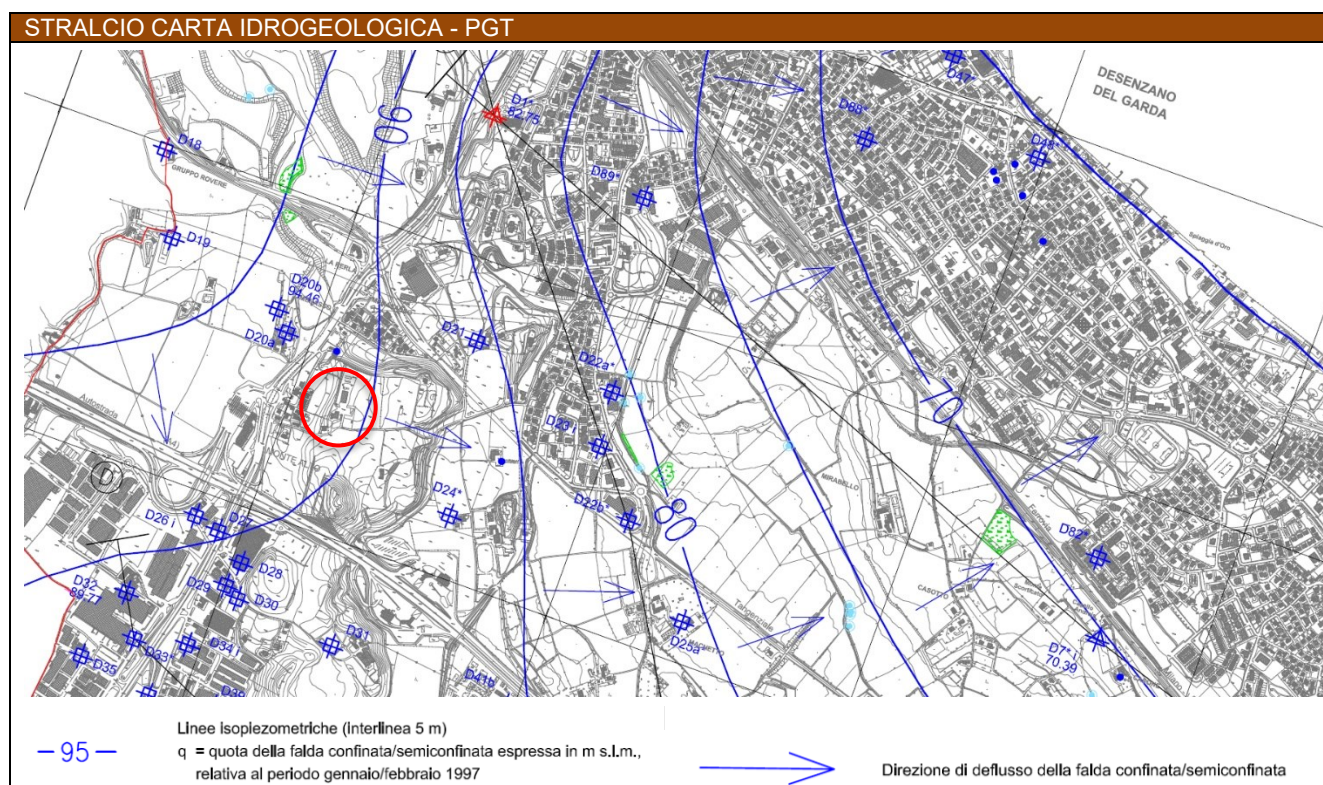
In profondità invece è possibile individuare acquiferi più continui, per i quali è possibile la ricostruzione della piezometria.

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 essendo pressione risalgono fino a qualche decina di metri).

In quest'area risulta complessa una suddivisione in falde dell'acquifero sfruttate da pozzi, a causa della natura geologica della zona, caratterizzata da materiale trasportato dai ghiacciai e depositati caoticamente.

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. Localmente abbiamo un regime di deflusso delle acque sotterranee in direzione N



3. PERMEABILITÀ IN SITO

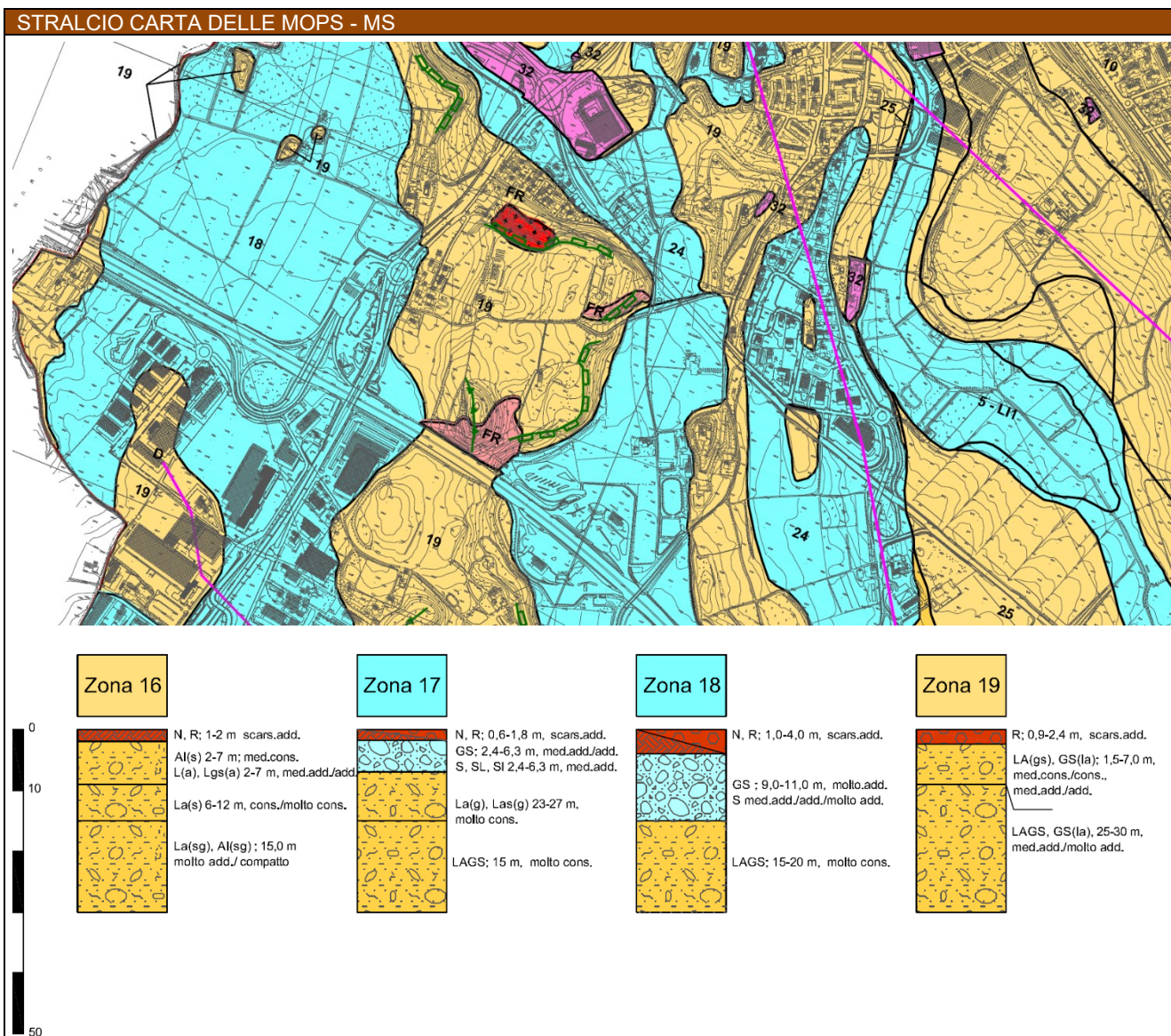
Per la determinazione della permeabilità dei terreni in sito non è stata eseguita una prova di permeabilità ma è stato fatto riferimento a dati bibliografici.

Dalla visione **Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)**, si evince che l'area di studio ricade nella **Zona 19**.

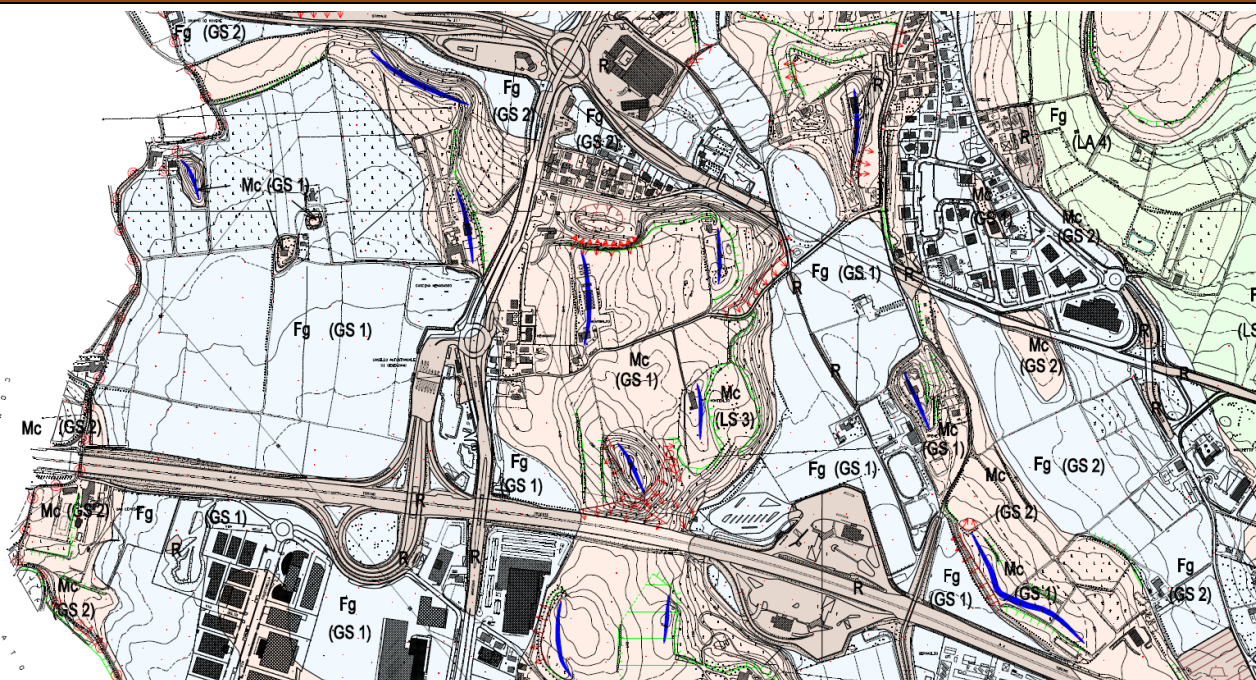
La **Zona 19** è riferibile in generale ai depositi glaciali/morenici di cordone e presenta una marcata variabilità geologico-geotecnica; in particolare, all'ambito più francamente di cordone morenico, sono riferibili la porzione occidentale e meridionale del territorio

comunale, laddove la successione stratigrafica, seppure caratterizzata da una marcata variabilità litologica, evidenzia già a scarsa profondità dal p.c. la presenza di terreni a grado di addensamento/consistenza per lo più elevato.

Dalla visione **Carta litologica e geomorfologica** del PGT, si evince che l'area di studio ricade in un settore con litologia **ghiaioso sabbiosa con scarsa frazione limosa** e considerando quanto riportato nella carta precedente, viene cautelativamente assegnata una **permeabilità media pari a 1×10^{-5} m/s, pertanto con medio basso grado di permeabilità.**



STRALCIO CARTA LITOLOGICA - PGT



Depositi morenici di cordone (ghiaie e sabbie con scarsa frazione limosa)

Mc

PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

G Ghiaie

S Sabbie

L Limi

A Argille

Terreni con caratteristiche geotecniche:

1 buone

2 discrete

3 scadenti

4 molto scadenti



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	10 ⁻¹²
GRADO DI PERMEABILITA'	ALTO			MEDIO		BASSO		MOLTO BASSO		IMPERMEABILE			
DRENAGGIO	BUONO					POVERO			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.			argille omogenee				

4. INQUADRAMENTO URBANISTICO

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).

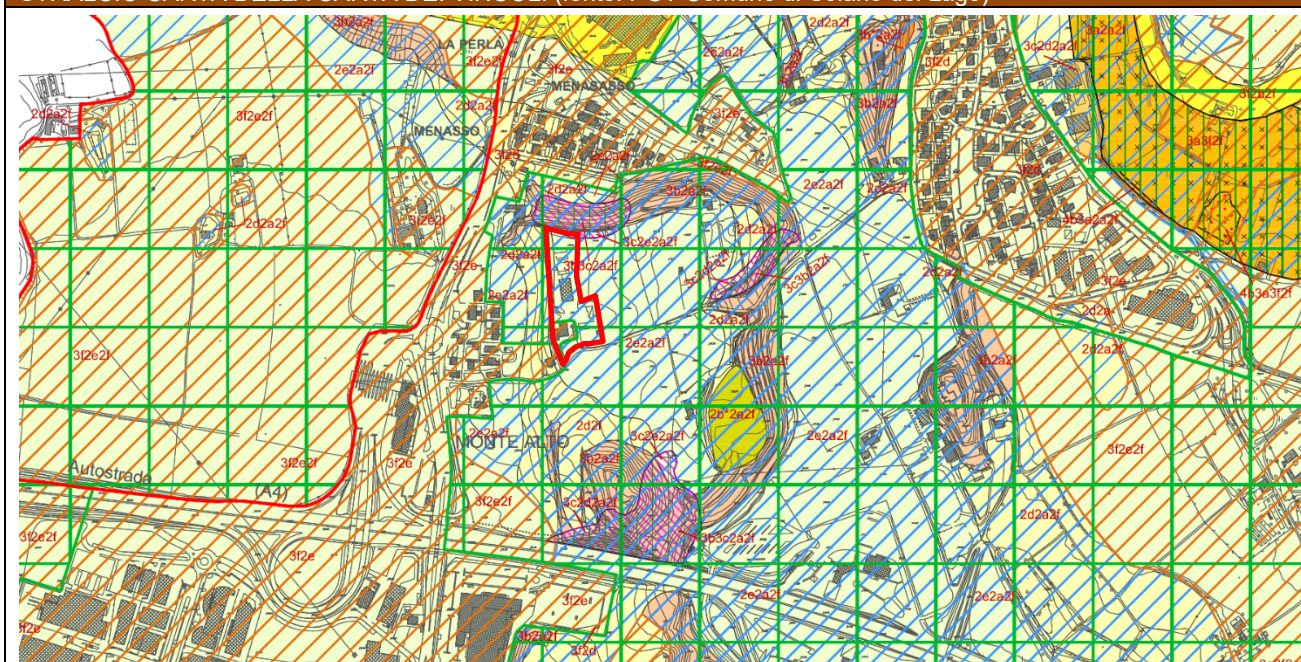
Dalla visione della **Carta di Fattibilità Geologica** per le azioni di piano si evince che il sito in esame ricade parzialmente nella **Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni**. Nello specifico, l'area di studio ricade all'interno delle due sottoclassi 2a e 2f, che indicano rispettivamente le "Aree a media vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda)" e gli "Ambiti di elevato interesse morfologico paesaggistico".

Si segnala, inoltre, che l'area di progetto ricade per larga parte all'interno della sottoclasse 2e e, per una parte più ridotta (settore all'estremo W del sito), all'interno della sottoclasse 2d. Esse indicano rispettivamente le "Aree con terreni a caratteristiche geotecniche da discrete a buone e condizioni pianeggianti o di versanti debolmente acclivi" e le "Aree con terreni a caratteristiche geotecniche da discrete a buone e condizioni di versante mediamente acclivi".

Dalla visione **Carta dei vincoli** della componente geologica del PGT comunale si evince che l'area di studio **non è sottoposta ai vincoli**.

Dalla visione della **Carta del dissesto con legenda uniformata PAI**, si evince che l'area oggetto di studio ricade **esternamente** delle aree interessate da dissesti.

STRALCIO CARTA DELLA CARTA DEI VINCOLI (fonte: PGT Comune di Soiano del Lago)



AREE CON OBBLIGO DI APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA SISMICA NAZIONALE
SCENARI PSL Z4a E Z4c con valori di Fa di sito < Fa di soglia

CLASSE 2 - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI



2a - Area a media vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda)



2e - Aree con terreni a caratteristiche geotecniche da discrete a buone e condizioni pianeggianti o con versanti debolmente acclivi.



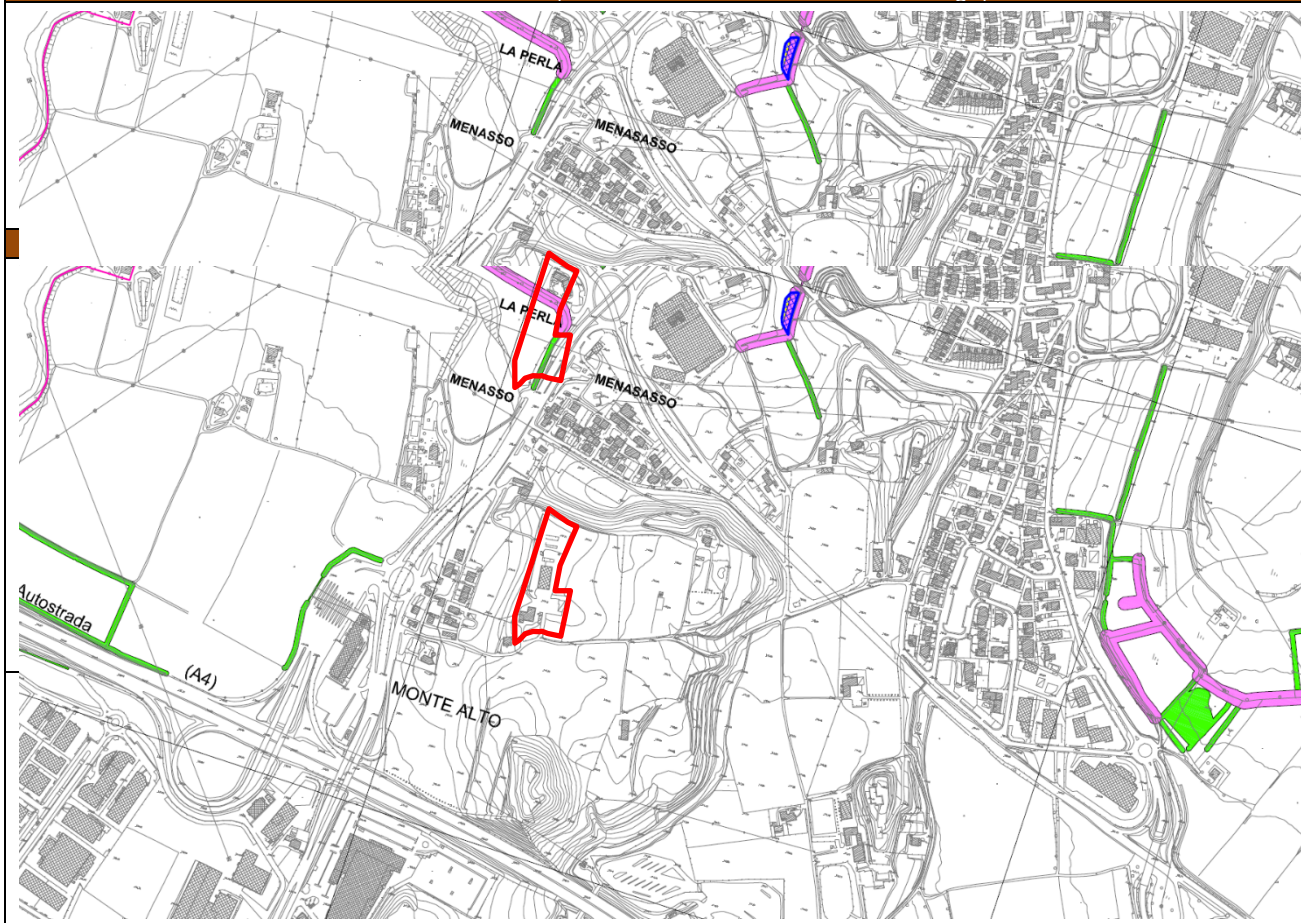
2d - Aree con terreni a caratteristiche geotecniche da discrete a buone e condizioni di versanti mediamente acclivi.



2f - Ambiti di elevato interesse morfologico paesaggistico:

- Ambito dei cordoni morenici maggiormente pronunciati, a morfologia ondulata con ripiani subpianeggianti; alternanza di zone boscate, oliveti, vigneti e prati permanenti;

STRALCIO CARTA DELLA CARTA DEI VINCOLI (fonte: PGT Comune di Soiano del Lago)



Per quanto concerne la **Direttiva Alluvioni 2007/60/CE - Revisione 2022**, dal Geoportale della Regione Lombardia si evince che l'area oggetto di studio ricade **esternamente** delle aree a rischio.

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

φ_m [-]: coefficiente di afflusso medio ponderale

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

5.1. Individuazione degli ambiti territoriali di applicazione (Art. 7)

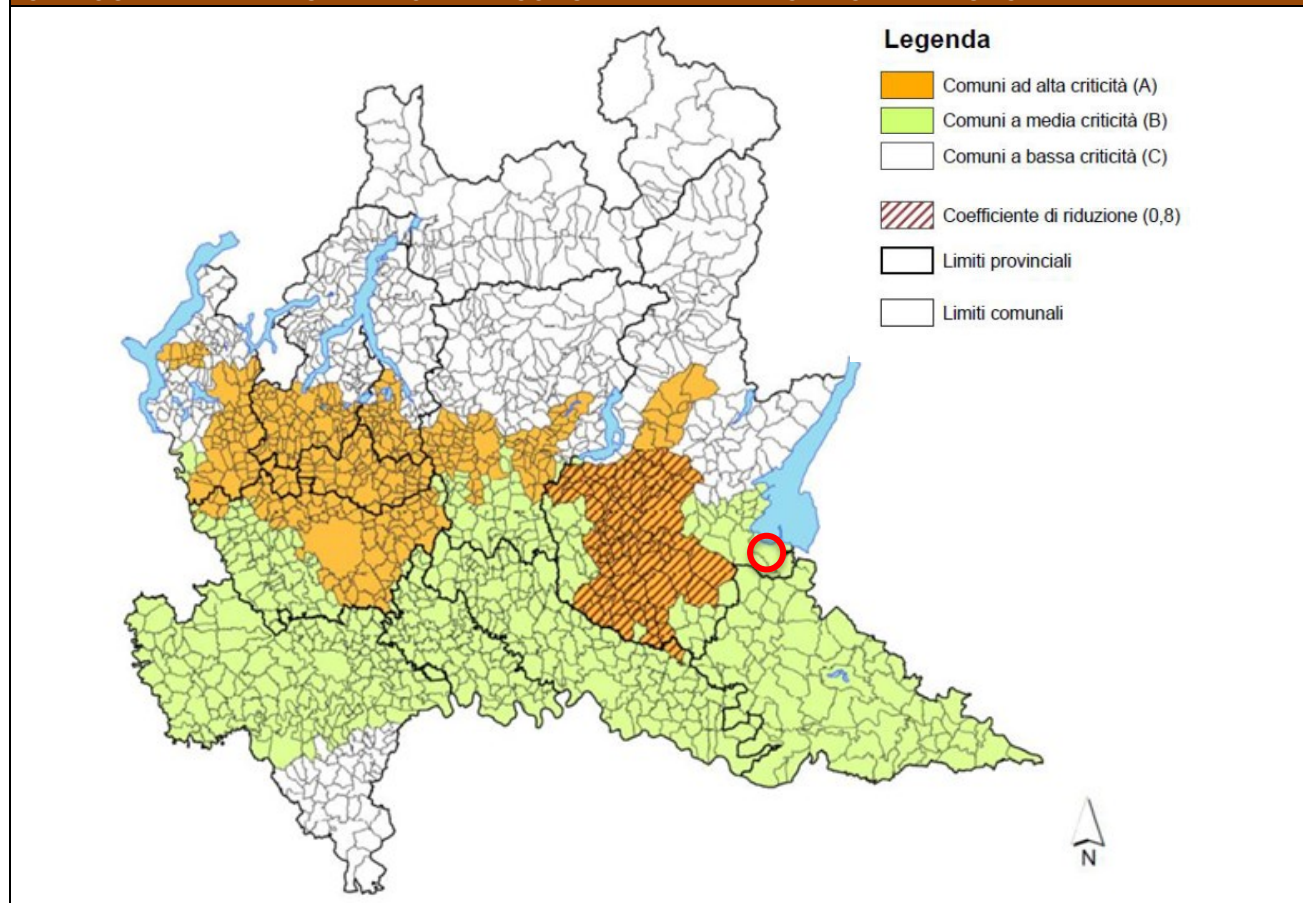
I limiti allo scarico devono essere diversificati in funzione delle caratteristiche delle aree di formazione e di possibile scarico delle acque meteoriche, in considerazione dei differenti effetti dell'apporto di nuove acque meteoriche nei sistemi di drenaggio nelle aree urbane o extraurbane, di pianura 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 ha
Aree B	MEDIA CRITICITA'	U _{lim}	20	l/s per ha
Aree C	BASSA CRITICITA'	U _{lim}	20	l/s per ha

U_{lim} = portata specifica limite ammissibile allo scarico
has = superficie impermeabile scolante x ettaro

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

ella 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.

Nella tabella sotto 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.

RR 08/2019					
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	≤ 0.03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi art.12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	Da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da > 300 a ≤ 1000 mq)	≤ 0.4	Requisiti minimi art.12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	Da > 0.03 a ≤ 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)	≤ 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 (> 100000 mq)	qualsiasi		

6. METODOLOGIE DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

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. Metodo dei requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m², 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	ALTA CRITICITA'	W _{min}	800*	m ³ per ha
Aree B	MEDIA CRITICITA'	W _{min}	500	m ³ per ha
Aree C	BASSA CRITICITA'	W _{min}	400	m ³ per ha

* 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
 φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale
 A [ha]: area totale interessata dall'intervento
 a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia
 D [ore]: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate W_e [m³] è pari a:

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

Il volume uscente W_u [m³], 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 [m³]: volume di laminazione

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

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

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

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. Portata in uscita dall'invaso

Trattandosi di un sistema di scarico a portata costante si adotta la seguente legge di efflusso.

$$Q_u = cost$$

6.4. Calcolo portata infiltrata

La portata infiltrata viene calcolata adottando cautelativamente la formula di **Darcy**, piuttosto che la legge di infiltrazione per i pozzi (Sieker 1984).

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

Q_{inf} [m³/s]: portata infiltrata

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

i [m/m]: gradiente idraulico

A_f [m²]: 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/oraⁿ]: 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]

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

ε , α , 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. PORTATA MASSIMA SCARICATA

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 %**, 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.

In questo caso non è stato utilizzato in quanto il volume di laminazione derivante dal metodo dei requisiti minimi risulta inferiore di quello risultante dal metodo delle sole piogge.

In questo contesto, pur essendo il parametro che definirebbe il limite di scarico Q_u 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), visto che:

- tutto il volume di laminazione verrà disperso nel sottosuolo mediante **pozzi perdenti**;
- **non** sono state eseguite prove di permeabilità dettagliate;
- il sottosuolo è caratterizzato da ghiaie sabbiose debolmente limose alla quale è stata assegnata una permeabilità pari a **$k=1 \cdot 10^{-5}$ m/s**;
- la presenza della falda freatica si rileva ad oltre 50 m da p.c.;
- viene considerata una di superficie impermeabile scolante pari a **4370 mq**;
- risulta una portata **scaricabile** pari a **2.56 l/s**;
- **ne deriva** che la **portata massima scaricabile** sarà pari a **5.85 l/s * ha** (2.56 l/s / 0.4370 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 scaricata

Il tempo di svuotamento T_{sv} viene calcolato mediante la simulazione dinamica dell'invaso, come tempo intercorrente tra il termine dell'evento meteorico ed il tempo di completo svuotamento dell'invaso.

10. DATI DI PROGETTO

L'intervento contempla un intervento di comprendenti nuove strade, parcheggi e coperture come indicato nella tabella che segue:

TIPOLOGIA	DESCRIZ.	PERM.	mq
NUOVO EDIFICIO	COPERTURA	IMPERMEABILE	1220
STRADA	i.idro DRAIN	DRENANTE	2070
STRADA PARCHEGGIO	i.idro DRAIN	DRENANTE	860
PARCHEGGI	ERBA BLOCK	DRENANTE	760
MARCIAPIEDE	GRES	IMPERMEABILE	245
MARCIAPIEDE	i.idro DRAIN	DRENANTE	460

Per tale tipologia di intervento, secondo il Regolamento Regionale, sono richieste misure di invarianza idraulica.

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.

Il progetto prevede la realizzazione di batterie di pozzi perdenti.

Al presente elaborato vengono allegate le schede tecniche dei prodotti utilizzati.

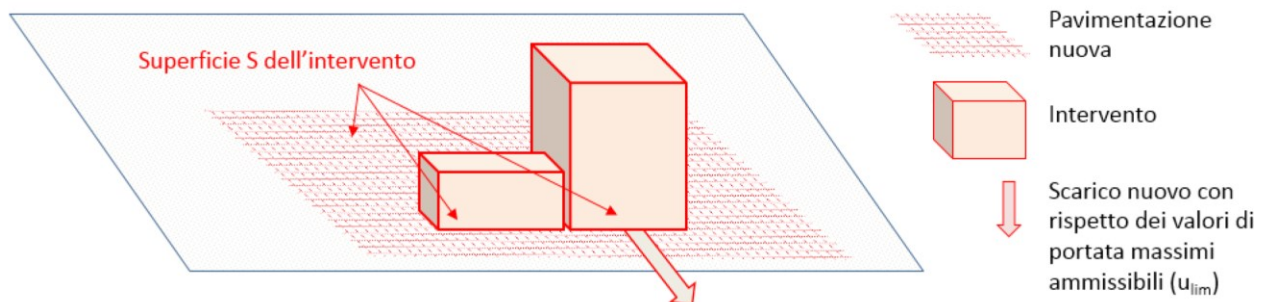
Il progetto viene distinto in n.3 settori suddivisi come nello schema che segue per i quali è stato identificato il numero di pozzi necessari per lo smaltimento delle acque meteoriche.

Sostanzialmente la suddivisione è stata così eseguita:

- Raccoglie le acque di parte della strada parte Nord drenante;
- Raccoglie le acque dell'edificio, dei marciapiedi in gres e del marciapiede del vialetto drenante;
- Raccoglie le acque della parte Sud della strada drenante, della strada dei parcheggi drenante e dei parcheggi drenanti realizzati in erba block.

TIPOLOGIA DI INTERVENTO

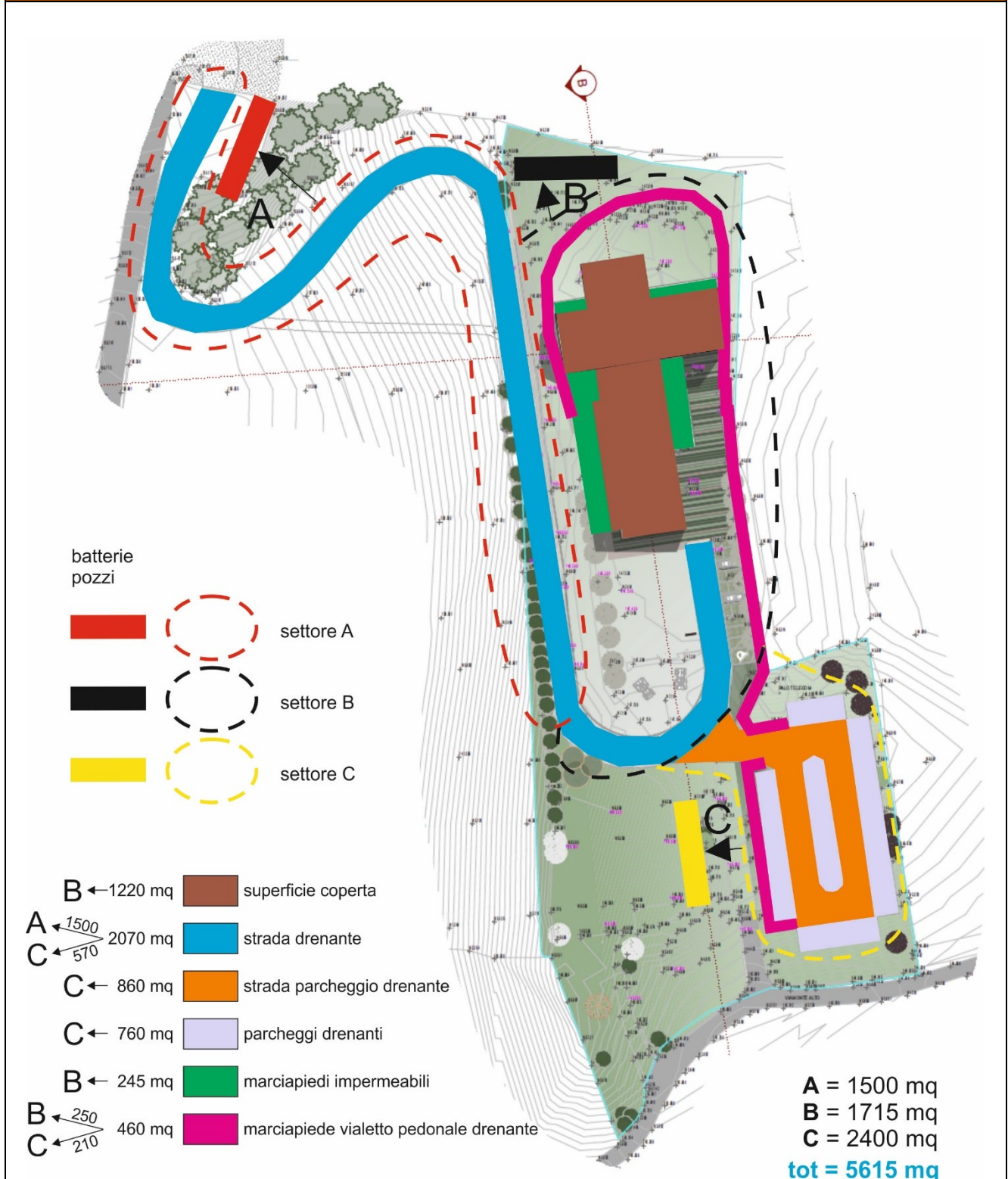
2. Interventi di **nuova costruzione** [articolo 3, comma 1, lettera e), del d.p.r. 380/2001]



- Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)
- La portata di scarico è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

Da Regolamento regionale 19 aprile 2019 - n. 8 Supplemento n. 17 - Mercoledì 24 aprile 2019

SCHEMA DELLE AREE IMPERMEABILIZZATE E DRENANTI DI NUOVA REALIZZAZIONE - SETTORI



11. RISULTATI DEI CALCOLI

11.1. Caratteristiche generali complessive

Comune di Desenzano del Garda Provincia Brescia
 Livello di criticità Area B - criticità media
 Classe dell'intervento 2 - Impermeabilizzazione potenziale media

Metodi di calcolo adottati

Requisiti minimi
 Metodo delle sole piogge

Portata massima scaricabile

Portata massima scaricata x ettaro **5.85** l/(s*ha_{imp}) (2.56 l/s / 0.4370 ha)

Definizione aree

Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
SUPERFICI COPERTE	Area impermeabile	1220.0	1.00
MARCIAPIEDI IN GRES	Area impermeabile	245.0	1.00
SUEPRFICI DRENANTI (strade + parcheggi)	Area semi-impermeabile	4150.0	0.70

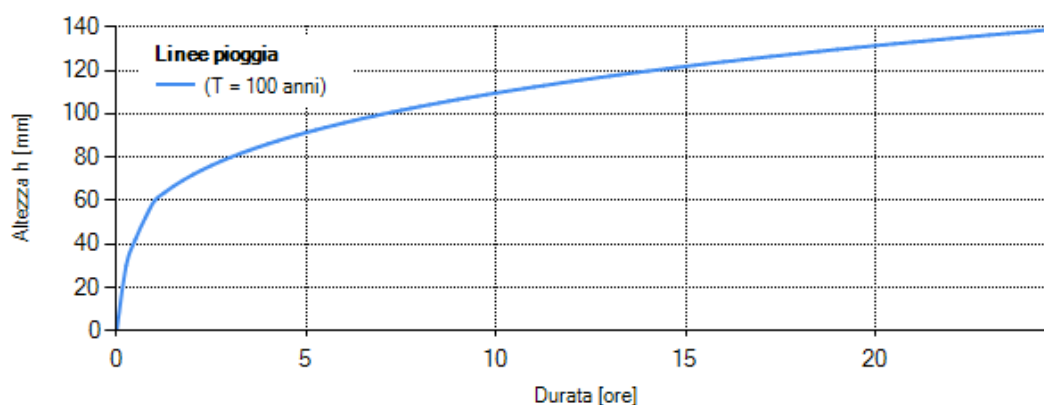
Sup. totale intervento	5615 m ²	Coeff. afflusso medio ponderale ϕ_m	0,7783
Sup. impermeabile scolante	4370 m ²		

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

Coefficiente pluviometrico orario	a_1	27.00	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	0.2617	-
GEV - Parametro alfa	α	0.2717	-
GEV - Parametro kappa	k	-0.0459	-
GEV - Parametro epsilon	ϵ	0.8301	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n_1	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	1.991	-
Parametro pioggia	a	53.760	mm/h ⁿ
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.			

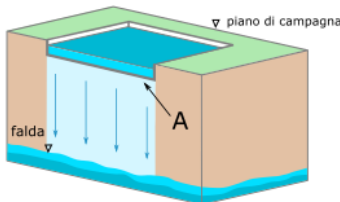
11.2. Dimensionamento vasca laminazione

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	W_0	500,00	m ³ /ha _{imp}
Volume invaso minimo	W_0	218,50	m ³
Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_w	14,28	ore
Volume invaso minimo	W_0	(valore da utilizzare) 339,90	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

11.3. Verifica sistema invarianza

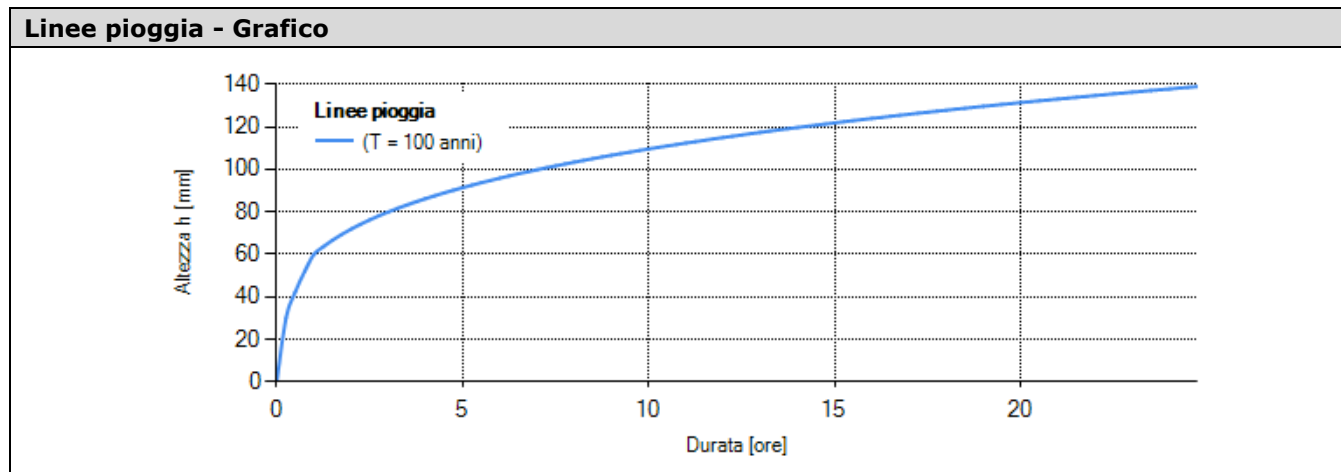
Dimensioni invaso				
Superficie pianta invaso	A_{inv}	256	m ²	16 pozzi totali

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Volume utile invaso	W	366,40	≥	339,90	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	36,90	≤	48,0	ore	Positiva
Tipologia di svuotamento	Infiltrazione a portata costante					

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento		Infiltrazione a portata costante	
			
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	2.56	l/s
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	1.00	m/s * 10 ⁻⁵
Gradiente idraulico	i	1.00	m/s

11.4. Caratteristiche Settore A

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
STRADE (drenanti)	Area semi-impermeabile	1500.0	0.70
Sup. totale intervento	1500 m ²	Coeff. afflusso medio ponderale ϕ_m	0,70
Sup. impermeabile scolante	1050 m ²		



Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	W_0	500,00	m ³ /ha _{imp}
Volume invaso minimo	W_0	52,50	m ³
Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_w	18,31	ore
Volume invaso minimo	W_0	(valore da utilizzare) 80,50	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \phi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad W_0 = 10 \cdot \phi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

Dimensioni invaso				
Superficie pianta invaso	A_{inv}	64	m ²	4 pozzi

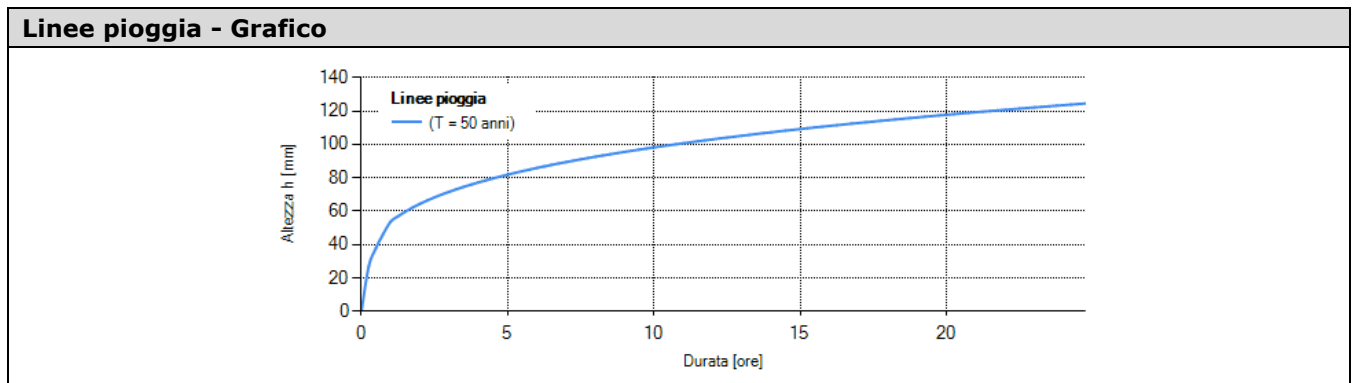
Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Volume utile invaso	W	91,60	$\geq$	80,50	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	34,90	$\leq$	48,0	ore	Positiva
Tipologia di svuotamento	Infiltrazione a portata costante					

Sistema di scarico			
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	0,64	l/s
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	1.00	m/s * 10 ⁻⁵
Gradiente idraulico	i	1.00	m/s

11.5. Caratteristiche Settore B

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
SUPERFICI COPERTE	Area impermeabile	1220.0	1.00
MARCIAPIEDI IN GRES	Area impermeabile	245.0	1.00
SUPERFICI DRENANTI (strade + parcheggi)	Area semi-impermeabile	250.0	0.70

Sup. totale intervento	1715 m ²	Coeff. afflusso medio ponderale ϕ_m	0,9563
Sup. impermeabile scolante	1640 m ²		



Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	W_0	500,00	m ³ /ha _{imp}
Volume invaso minimo	W_0	82	m ³
Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_w	2,72	ore
Volume invaso minimo	W_0	(valore da utilizzare) 127,60	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \phi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad W_0 = 10 \cdot \phi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

Dimensioni invaso				
Superficie pianta invaso	A_{inv}	96	m ²	6 pozzi

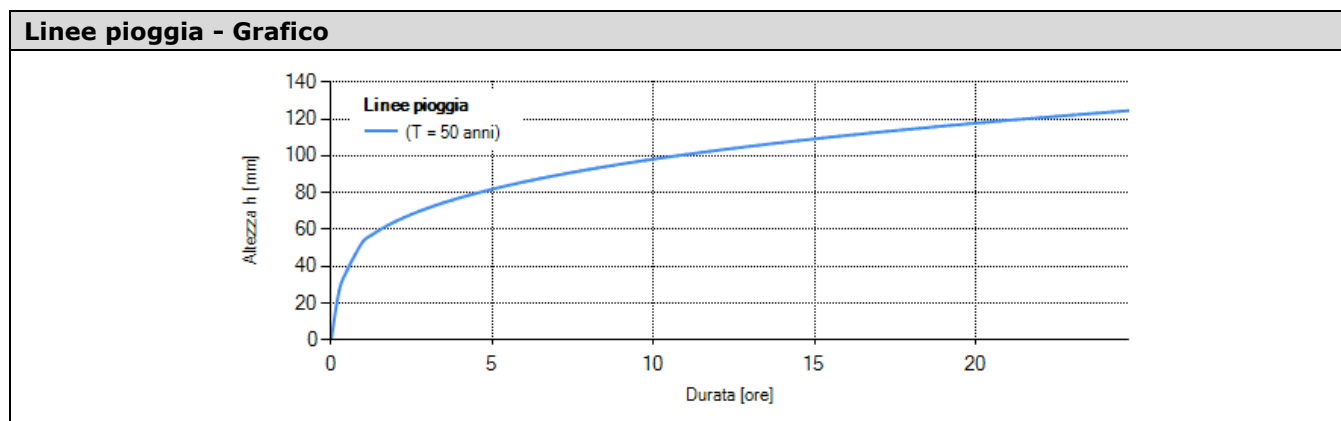
Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Volume utile invaso	W	137,40	$\geq$	127,60	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	36,90	$\leq$	48,0	ore	Positiva
Tipologia di svuotamento	Infiltrazione a portata costante					

Sistema di scarico			
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	0.96	l/s
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	1.00	m/s * 10 ⁻⁵
Gradiente idraulico	i	1.00	m/s

11.6. Caratteristiche Settore C

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
SUEPRFICI DRENANTI (strade + parcheggi)	Area semi-impermeabile	2400.0	0.70

Sup. totale intervento	2400 m ²	Coeff. afflusso medio ponderale ϕ_m	0,70
Sup. impermeabile scolante	1680 m ²		



Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	W_0	500,00	m ³ /ha _{imp}
Volume invaso minimo	W_0	84	m ³
Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_w	13,10	ore
Volume invaso minimo	W_0	(valore da utilizzare) 131,80	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \phi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad W_0 = 10 \cdot \phi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

Dimensioni invaso				
Superficie pianta invaso	A_{inv}	96	m ²	6 pozzi

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Volume utile invaso	W	137,40	$\geq$	131,80	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	38,10	$\leq$	48,0	ore	Positiva
Tipologia di svuotamento	Infiltrazione a portata costante					

Sistema di scarico			
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	0.96	l/s
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	1.00	m/s * 10 ⁻⁵
Gradiente idraulico	i	1.00	m/s

12. DIMENSIONAMENTO OPERA

Da quanto sopra il sistema prevedrà un'opera di laminazione costituita a seconda dei settori:

- A.** N. 1 batteria di **N. 4 pozzi** perdenti aventi ciascuno diametro 2 m e profondità 3 m;
- B.** N. 1 batteria di **N. 6 pozzi** perdenti aventi ciascuno diametro 2 m e profondità 3 m;
- C.** N. 1 batteria di **N. 6 pozzi** perdenti aventi ciascuno diametro 2 m e profondità 3 m;

Troveranno alloggiamento in uno scavo con misure alla base (area filtrante) lungo **20 m** e largo **4 m**;

Il volume di laminazione dell'opera è dato dalla somma del volume dei pozzi filtranti e quello efficace risultante dal riempimento dello scavo con ghiaia selezionata (si considera il **30 % di porosità efficace** della ghiaia).

Il dimensionamento di pozzi filtranti consiste nella determinazione del volume minimo che essi devono possedere per essere in grado di smaltire le acque meteoriche.

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.

Trascurando l'evaporazione, poco significativa durante la precipitazione meteorica, la relazione alla base del dimensionamento dei pozzi è la seguente:

$$(a) (Q_p - Q_f) \Delta t = \Delta W \text{ in cui:}$$

$Q_p(\text{mc/h})$ = portata dell'afflusso meteorico al tempo t ;
 $Q_f(\text{mc/h})$ = portata che s'infiltra nel terreno al tempo t ;
 $\Delta t(\text{h})$ = passo di calcolo temporale;
 $\Delta W(\text{mc})$ = volume invasato nel pozzo.

Il termine ΔW , ovviamente, tenderà a crescere fino a raggiungere un valore massimo in corrispondenza dell'esaurirsi dell'evento piovoso. Fissato un passo temporale di calcolo Δt , il termine Q_p viene essere posto costante e la grandezza Q_f viene fornita dalla relazione (Sieker, 1984):

$$(b) Q_f = (k/2) [(L + h) / (L + 0,5h)] A_f \text{ dove:}$$

$L(\text{m})$ = profondità della falda misurata dal fondo del pozzo;
 $h(\text{m})$ = altezza della colonna d'acqua nel pozzo;
 $k(\text{m/s})$ = permeabilità del terreno saturo;
 $A_f(\text{mq})$ = superficie drenante = $\Delta (0,5d + 0,5h)^2 - \Delta d^2/4$
 $D(\text{m})$ = diametro del pozzo

Infine il termine ΔW si ricava con la relazione:

$$(c) \Delta W = A_p h \text{ in cui:}$$

$A_p(\text{mq})$ = area della sezione del pozzo = $\Delta d^2/4$

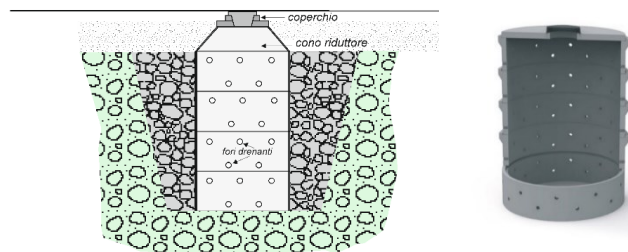
Essendo l'incognita h presente nei due membri dell'equazione, la (a) va risolta con un procedimento a passi. In pratica si pone inizialmente $h=0$, cioè $Q_f=0$, e, in corrispondenza del primo passo temporale di calcolo, si risolve la (a). Il primo valore di h si ottiene quindi con la relazione:

$$h = \Delta W_1 / A_p$$

Utilizzando il valore di h ricavato, si calcola Q_f e la s'introduce nella (c). Il nuovo valore di h , per il tempo $2\Delta t$, si ottiene risolvendo nuovamente la (a):

$$\Delta W_2 = \Delta W_1 + (Q_p - Q_f) \Delta t$$

Il procedimento deve essere ripetuto fino ad un tempo almeno uguale alla durata dell'evento meteorico, tempo in cui h assume il suo massimo valore.



Per la realizzazione dei pozzi perdenti saranno 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.

Realizzati gli scavi e posizionati i pozzi, l'intercapedine risultante dovrà essere riempita con ghiaia drenante (corona drenante) il cui volume dei vuoti, considerando una **porosità specifica di 0.30** per la ghiaia ben selezionata con pezzatura di 8 ÷ 10 cm entrerà a far parte della stima del volume di accumulo per la laminazione.

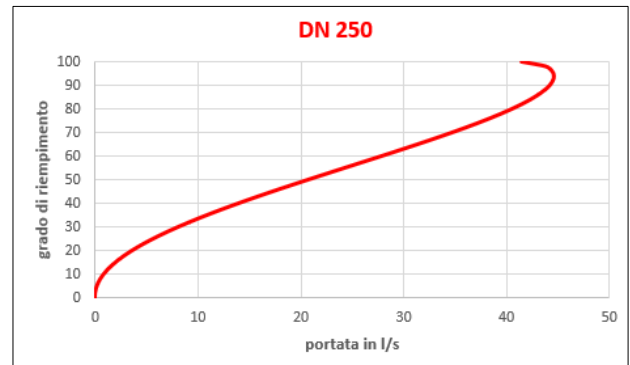
Qualora i pozzi fossero carrabili si consiglia la realizzazione di una fondazione per impedire l'eventuale rottura del terreno e l'insorgere di cedimenti sul piano stradale.

12.1. Diametro tubazioni di collettamento

Considerando **4370 mq** di superficie impermeabile scolante, dopo **10 minuti** di evento meteorico corrisponderanno, secondo l'idrogramma Arpa Lombardia, a **24.14 mm** di pioggia per una portata massima di **176 l/s**, quindi considerando un totale n.**6 tubazioni** di collettamento, ognuna dovrà essere in grado di smaltire una portata di circa **30 l/s**, quindi dovrà rispettare le caratteristiche minime di:

- Tubo in PVC diametro **250 mm**;
- Pendenza non inferiore allo **0.2 %**.

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



DIMENSIONAMENTO OPERA SETTORE A						
n. pozzi	Diam. (m)	Prof. (m)	Volume pozzi m ³	Area base scavo m ²	volume efficace riempimento scavo dopo inserimento pozzi (30 % porosità) m ³	Volume pozzi + volume efficace riempimento scavo VOLUME DI LAMINAZIONE m ³
4	2.00	3.00	37.70	64	53.90	91,60

DIMENSIONAMENTO OPERA SETTORE B						
n. pozzi	Diam. (m)	Prof. (m)	Volume pozzi m ³	Area base scavo m ²	volume efficace riempimento scavo dopo inserimento pozzi (30 % porosità) m ³	Volume pozzi + volume efficace riempimento scavo VOLUME DI LAMINAZIONE m ³
6	2.00	3.00	56,50	96	80.90	137,40

DIMENSIONAMENTO OPERA SETTORE C						
n. pozzi	Diam. (m)	Prof. (m)	Volume pozzi m ³	Area base scavo m ²	volume efficace riempimento scavo dopo inserimento pozzi (30 % porosità) m ³	Volume pozzi + volume efficace riempimento scavo VOLUME DI LAMINAZIONE m ³
6	2.00	3.00	56,50	96	80.90	137,40

DIMENSIONAMENTO TOTALE						
n. pozzi	Diam. (m)	Prof. (m)	Volume pozzi m ³	Area base scavo m ²	volume efficace riempimento scavo dopo inserimento pozzi (30 % porosità) m ³	Volume pozzi + volume efficace riempimento scavo VOLUME DI LAMINAZIONE m ³
16	2.00	3.00	150.70	256	215,70	366,40

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**.

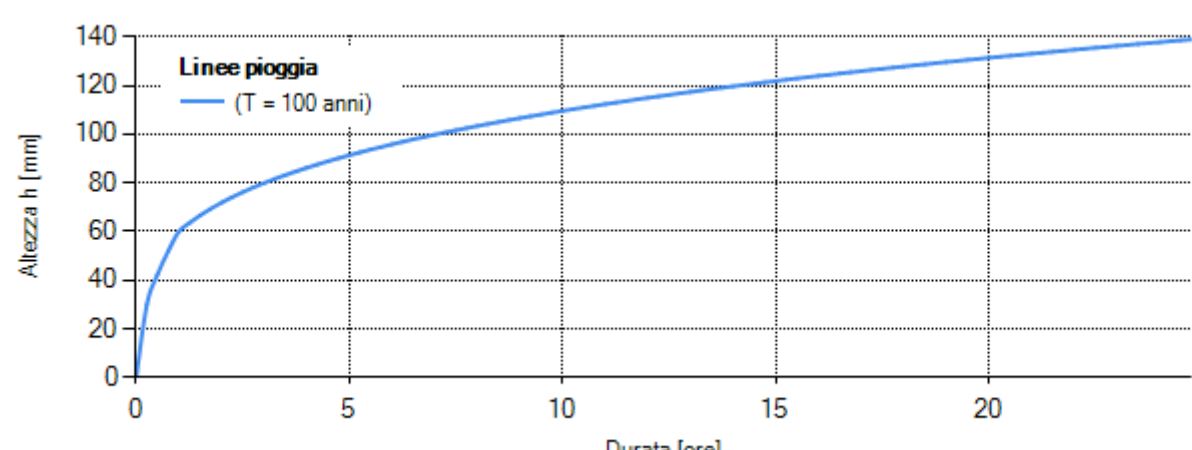
L'invaso di laminazione di progetto avrà un volume pari a **366.40 m³**, pertanto i circa 30 m³ eccedenti saranno spagliati nelle aree verdi all'interno della proprietà.

Infine, considerata che il tempo di svuotamento del sistema risulta pari a circa **3 ore**, si ritiene che il **bacino è verificato** in quanto il tempo di svuotamento dell'invaso risulta ampiamente inferiore alle 48 ore come richiesto dal Regolamento Regionale.

Scelta tempo di ritorno			
Verifica dei franchi di sicurezza delle opere			
Tempo di ritorno adottato		100	anni
Coefficiente probabilistico	w_T	2,22	-
Parametro pioggia	a	59.986	mm/h ⁿ

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.

Metodo sole piogge			
Durata critica	D_W	15,18	ore
Volume invasore minimo (requisiti minimi)	W_0	218,50	m ³
Volume invasore minimo (sole piogge)	W_0	394,26	m ³



The graph shows the relationship between rainfall depth (Altezze h in mm) and duration (Durata in ore) for a 100-year return period. The curve starts at the origin (0,0) and increases, reaching approximately 140 mm at 20 hours. The y-axis ranges from 0 to 140 mm in increments of 20, and the x-axis ranges from 0 to 20 hours in increments of 5.

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

individuare 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;
- Pulizia scorrimento;
- Piccola manutenzione edile.

Moniga del Garda (BS), 15.09.2023

IL TECNICO

