

Studio di Geologia - Dott. Geol. Luigi Renna - Dott. Geol. Niccolò Crestana  
Viale Michelangelo, 40 – 25015 Desenzano del Garda (BS)  
Cell: 349 2936733 - 347 9428449  
mail: [renna@crestanasrls.com](mailto:renna@crestanasrls.com) - [crestana@crestanasrls.com](mailto:crestana@crestanasrls.com)

---

---

## COMUNE DI POZZOLENGO

PROVINCIA DI BRESCIA  
Regione Lombardia

### PIANO PARTICOLAREGGIATO, AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT-A12a e AT-A12b

---

#### RELAZIONE IDROGEOLOGICA ED IDRAULICA

ai sensi del R.R. n°8 del 19 Aprile 2019 (D.G.R. XI/1516 del 15/04/2019) “Disposizioni sull’applicazione dei principi di **invarianza idraulica ed idrologica**. Modifiche al R. R. 23 novembre 2017, n° 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’art. 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n° 12 “Legge per il governo del territorio”)

---

Committente: *Nuova Pozzolengo S.r.l.*

---

Data:  
*28 Ottobre 2022*

I Tecnici:  
*Dott. Geol. Niccolò Crestana*  
*Ordine dei Geologi della Lombardia n°1691*



*Dott. Geol. Luigi Renna*  
*Ordine dei Geologi della Lombardia n°1667*

---

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
1.1 Riferimenti Normativi.....	3
<b>2. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DEL SITO.....</b>	<b>4</b>
2.1 Inquadramento Geologico.....	4
2.2 Caratteri Idrogeologici locali.....	6
2.3 Rete Idrografica locale.....	7
2.4 Piano di Gestione Rischio Alluvioni.....	8
<b>3. INDAGINI GEOGNOSTICHE - DATI DIRETTI.....</b>	<b>9</b>
3.1 Prove di permeabilità in sito.....	10
<b>4. PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA.....</b>	<b>12</b>
4.1 Localizzazione dell'intervento.....	12
4.2 Individuazione delle superfici impermeabili di progetto.....	14
4.3 Definizione del coefficiente medio ponderale e del requisito minimo richiesto.....	14
4.4 Calcolo del volume di laminazione - Metodo delle sole piogge.....	16
<b>5. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE.....</b>	<b>19</b>
5.1 Sistema di svuotamento e di scarico finale.....	23
<b>6. PIANO DI MANUTENZIONE DEL SISTEMA DI INVARIANZA IDRAULICA.....</b>	<b>24</b>
6.1 Operazioni di manutenzione ordinaria.....	24
6.2 Operazioni di manutenzione straordinaria.....	24
<b>7. CONCLUSIONI.....</b>	<b>25</b>

## 1. PREMESSA

Su incarico conferito dalla *Nuova Pozzolengo S.r.l.* e a seguito dei colloqui intercorsi con l'Arch. *Alessandro Azzali*, è stata redatta una Relazione Tecnica a carattere idrogeologico, relativa la definizione degli interventi atti a garantire il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica, in merito al Piano Particolareggiato, Ambito di Trasformazione AT-A12a e AT-A12b, presso Loc. San Giacomo, nel Comune di Pozzolengo (BS).

Lo studio viene eseguito in ottemperanza a quanto prescritto dal **R.R. n°8 del 19 Aprile 2019** (D.G.R. XI/1516 del 15/04/2019) "*Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al R. R. 23 novembre 2017, n° 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'art. 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n° 12 "Legge per il governo del territorio")*". Il presente elaborato tiene conto inoltre di quanto disposto dalla normativa nazionale (D.Lgs. 3 aprile 2006 n° 152), da quella regionale (R.R. 4 del 24/03/2006) e quanto previsto dalla Provincia di Brescia (*Area ambientale-Servizio Acqua e Suolo*) in materia di rilascio delle autorizzazioni agli scarichi sul suolo e nei primi strati del sottosuolo.

Per la verifica della fattibilità dell'opera di progetto ci si attiene alla D.G.R. 30 Novembre 2011 – n° IX/2616 "*Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*".

Sono stati infine prodotti alcuni allegati cartografici e tecnici a supporto della presente relazione, come di seguito elencati:

- ✓ Stratigrafie scavi esplorativi

### 1.1 Riferimenti Normativi

- R.R. n°8 del 19 Aprile 2019 "*Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al R. R. 23 novembre 2017, n° 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'art. 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n° 12 "Legge per il governo del territorio")*"
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 "*Norme in materia ambientale*" con riferimento alla Parte Terza "*Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche*" - Sezione II "*Tutela delle acque dall'inquinamento*"
- R.R. n°4 del 24 Marzo 2006 "*Disciplina dello smaltimento delle acque meteoriche e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26*"
- D.G.R. 30 Novembre 2011 – n° IX/2616 "*Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n° 12*", approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n° 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n° 8/7374"
- D.G.R. 19 Giugno 2017 – n° X/6738 "*Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po*"
- Associazione Geotecnica Italiana "*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche in sito*" (1977).

## 2. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DEL SITO

Nel presente capitolo viene redatto, sulla base di quanto già affrontato nella Relazione Geologica e Geotecnica eseguita dal sottoscritto per il progetto in oggetto, un inquadramento geologico, idrografico ed idrogeologico mirato e propedeutico alla parametrizzazione tecnica dello studio di invarianza idraulica ed idrologica del progetto.

### 2.1 Inquadramento Geologico

L'area di progetto si colloca immediatamente a Ovest rispetto ai cordoni morenici di Loc. Pirenei e della porzione settentrionale dell'allineamento Monte degli Olivi-Monte Rione-Monte S. Antonio, al di sopra del quale sorge l'abitato storico di Pozzolengo.

Nello specifico il lotto di interesse progettuale si presenta come debolmente inclinato in direzione Est/Nord-Est, con quote comprese tra 115 (confine Est) e 120 m s.l.m. (confine Ovest).

Dal punto di vista geologico il territorio di Pozzolengo si colloca entro il Basso Garda Bresciano, nell'ambito dell'anfiteatro morenico del Garda, caratterizzato da un complesso ambiente deposizionale di origine glaciale formatosi a seguito del verificarsi di fasi glaciali e interglaciali susseguitesi in epoca Quaternaria.

La geologia del territorio in esame è caratterizzata dalla presenza di depositi morenici che costituiscono le cerchie dell'anfiteatro gardesano; inoltre, si riscontrano depositi fluvioglaciali e depositi di natura alluvionale recenti, che caratterizzano le valli intermoreniche. La successione stratigrafica delle unità presenti nel territorio in oggetto è rappresentata prevalentemente da terreni riferibili al Quaternario.

I depositi morenici di cordone formano le cerchie moreniche e rappresentano, i fronti di massima espansione glaciali, in corrispondenza dei quali si aveva l'accumulo caotico dei materiali trasportati dal ghiacciaio. Essi sono rappresentati in prevalenza da materiali eterogenei con uno scheletro grossolano costituito da ghiaie e sabbie in matrice fine limoso argillosa, in percentuale molto variabile. Possono essere presenti depositi più francamente limoso argillosi con presenza subordinata di sabbie e ghiaie. Frequentemente si rinvencono grossi ciottoli e grossi trovanti poligenici. Da un punto di vista pedologico si hanno suoli argilloso limosi che possono localmente risultare ben sviluppati ed assumere spessori fino a valori di qualche metro.

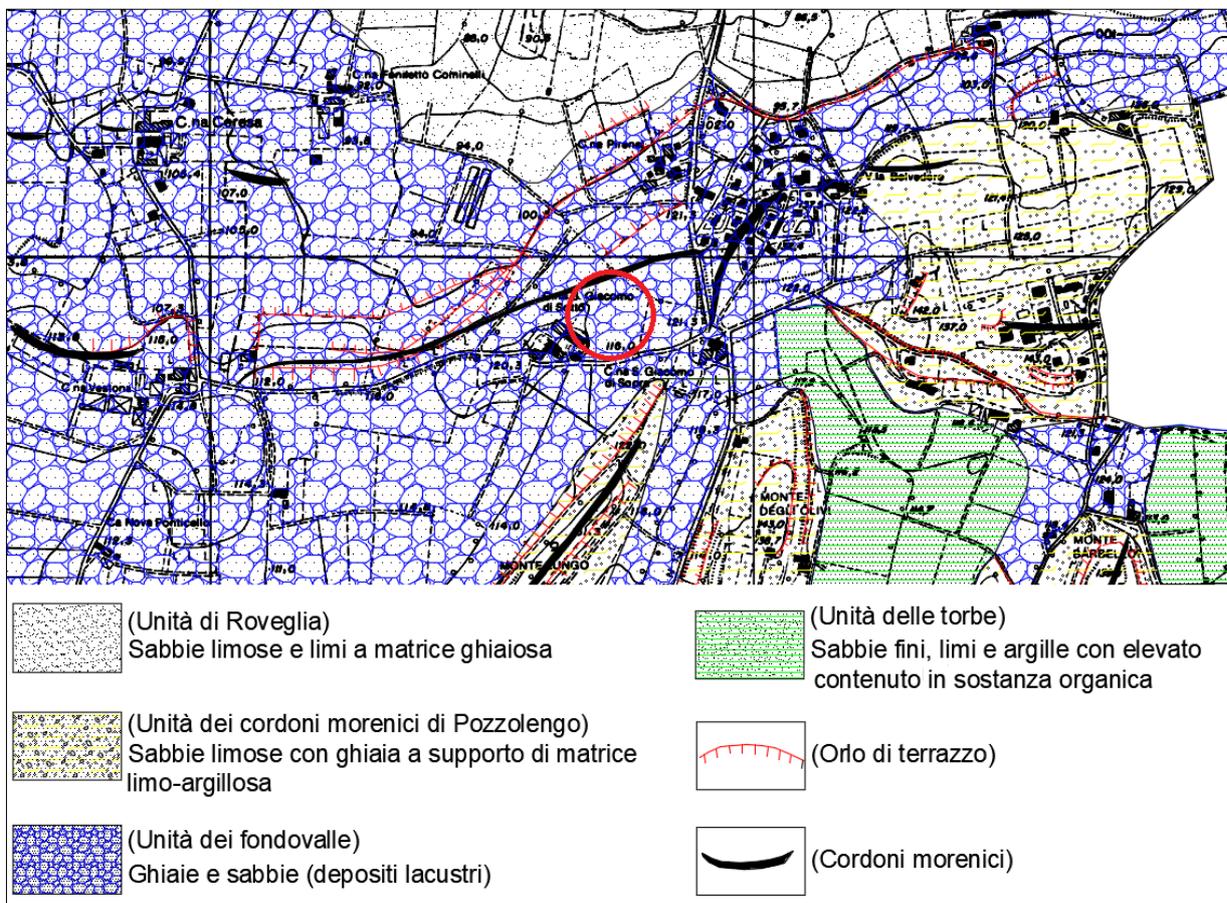
Durante le fasi interglaciali, il ghiacciaio, dopo aver deposto la cerchia morenica costituita dai rilievi di Desenzano d/G, Lonato e Pozzolengo, ha abbandonato la vasta piana ondulata compresa tra questi rilievi ed il lago. Tale superficie subpianeggiante è quindi costituita dalla morena di fondo, formata da depositi limoso-argillosi consistenti, contenenti ciottoli poligenici da arrotondati a subarrotondati. Localmente possono essere presenti depositi argillosi glaciolacustri, legati alla presenza, nella zona di ritiro del ghiacciaio, di laghetti intermorenici, raccolti in avvallamenti prodotti dalla fusione di ghiaccio sepolto e in solchi formati dalle acque di disgelo.

I depositi fluvioglaciali affiorano lungo le depressioni o valli fluvioglaciali e rappresentano l'ambito di deposizione di materiali di tipo glacio-alluvionale con sequenze maggiormente selezionate da un punto di vista idraulico. Sono contraddistinti in superficie da depositi ghiaioso sabbiosi e/o talora da depositi limoso sabbiosi. Tali depositi occupano i settori sub-pianeggianti interposti tra le diverse cerchie moreniche, talora possiedono estensione limitata e andamento meandriforme. In questa porzione del territorio di

Pozzolengo sono rappresentati prevalentemente da terreni ghiaioso-sabbiosi con in subordine frazione limoso-sabbiosa. I depositi fluvioglaciali lungo le aree più depresse sono stati nel tempo rielaborati dai corsi d'acqua olocenici ed attuali.

Quando l'energia del trasporto delle acque di scioglimento glaciale subiva sensibili diminuzioni, si verificava la deposizione di depositi glaciolacustri di depressione intermorenica. Essi sono costituiti generalmente da materiale prevalentemente fine sabbioso e sabbioso-limoso, con in subordine frazione ghiaiosa, con disposizione stratificata o gradata. Nelle aree di basso topografico relativo, sono presenti depositi fini e/o torbosi legati alla presenza di specchi lacustri intermorenici, tuttora presenti o bonificati in tempi relativamente recenti.

Lungo alcuni tratti del reticolo idrico possono essere riscontrati depositi alluvionali olocenici e recenti costituiti da terreni fini limoso-sabbiosi debolmente argillosi. In corrispondenza degli stagni e delle zone dove i corsi d'acqua tendono ad impaludarsi si hanno aree di pertinenza dei depositi torbosi.



**Fig. 1** - Stralcio della "Carta della litologia di superficie" (Tav. 1), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

L'area oggetto d'indagine è inserita nel settore centro-settentrionale del territorio comunale entro un ambito riferibile all'**Unità dei cordoni morenici**, contrariamente a quanto esposto all'interno della "Carta della litologia di superficie" (**Fig. 1**) allegata allo Studio Geologico comunale vigente.

Si segnala inoltre che, tali depositi ghiaioso-sabbiosi con ciottoli in matrice limoso-argillosa, risultano essere ricoperti, nella porzione centro-orientale del lotto progettuale, da orizzonti di natura presumibilmente fluvioglaciale. Questi ultimi depositi sono costituiti da limi-sabbiosi, passanti lateralmente ad argille limose lungo l'estrema fascia orientale dell'area d'interesse, quindi nei settori morfologicamente più depressi.

Quanto riscontrato in sito è confermato all'interno della "Carta di Sintesi della Pericolosità Sismica, Vulnerabilità Idrogeologica e Reticolo Idrico" (Fig. 2) allegata all'aggiornamento dello Studio Geologico comunale in cui i suddetti depositi fluvioglaciali sono stati cartografati nella porzione sud-orientale del lotto d'interesse.

Nell'ambito del complesso modello deposizionale morenico è possibile riscontrare eterogeneità litologiche con variazioni nel contenuto di frazione fine che risultano talora molto accentuate anche in zone contigue. È possibile riscontrare quindi settori con litologia più francamente limoso-argillosa e in questi casi i depositi glaciali assumono tipica colorazione grigia (più argillosa) o color ocra-nocciola (più limosa).

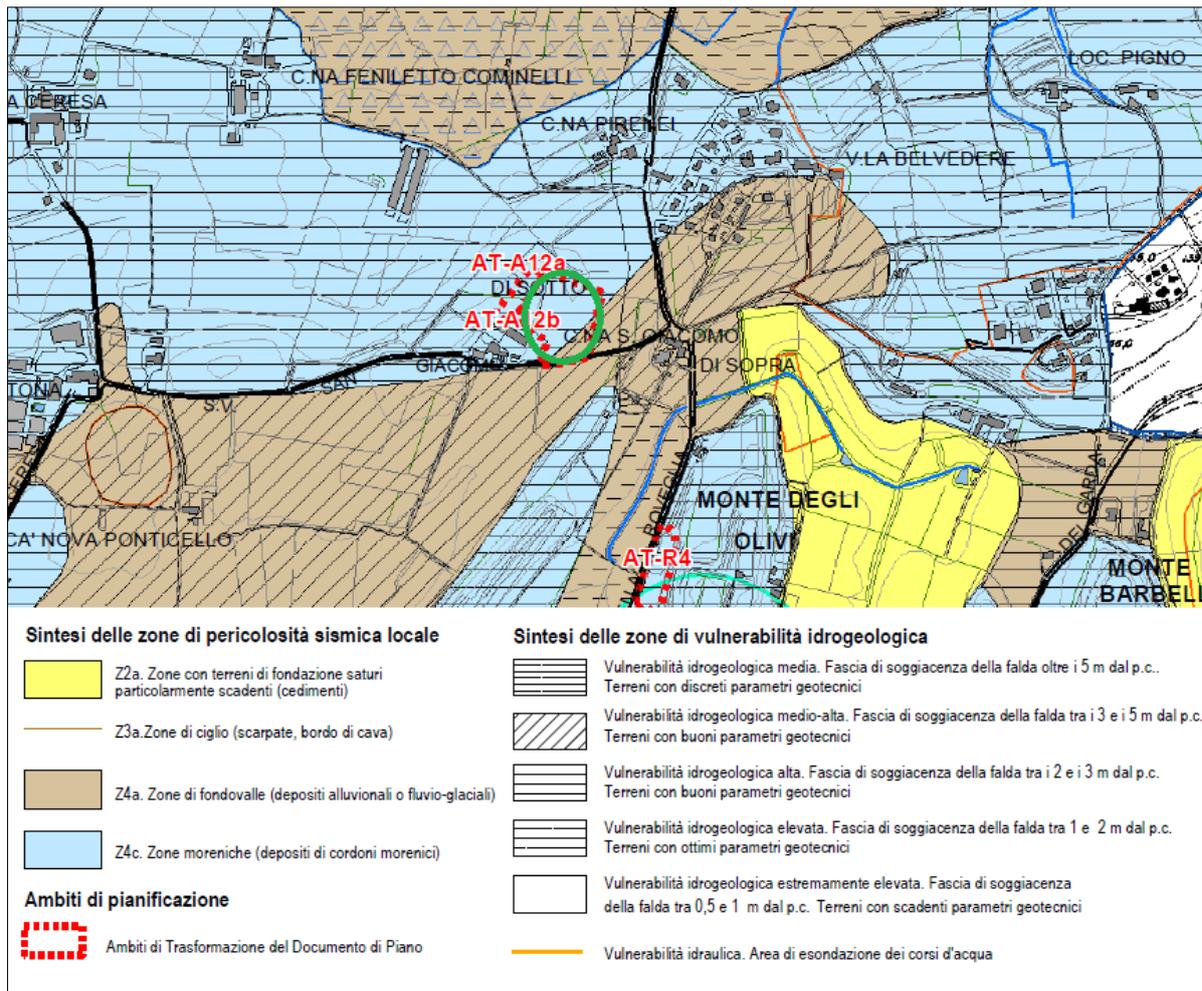
## **2.2 Caratteri Idrogeologici locali**

L'assetto idrogeologico del territorio di Pozzolengo è legato alla circolazione idrica sotterranea che si instaura in funzione della permeabilità delle unità litologiche sopra descritte e ai loro rapporti stratigrafici. Nell'area in esame, il modello idrogeologico di riferimento è caratterizzato da acquiferi superficiali sospesi, discontinui e poco produttivi che circolano all'interno di lenti a granulometria più grossolana, presenti superficialmente nei depositi di origine glaciale.

La falda superficiale, caratteristica dell'area oggetto di indagine, posta a pochi metri di profondità dal piano campagna, è di tipo freatico superficiale, delimitata alla base dai depositi glaciali impermeabili o semimpermeabili, spesso ricchi di frazione argilloso-limosa. Essa è alimentata essenzialmente dall'infiltrazione diretta delle acque meteoriche.

Si segnala che all'interno dell'area di studio, a seguito dell'esecuzione delle indagini geognostiche in sito, sono stati rilevati fenomeni acquiferi a profondità variabili, da circa -2,85 (P6) e -5,6 m (P1) dal p.c. esistente. Si segnala tuttavia che fenomeni di circolazione d'acqua potrebbero in ogni caso comparire anche a profondità inferiori rispetto a quelle rilevate, soprattutto in condizione di elevata alimentazione delle falde superficiali, a causa del susseguirsi di periodi caratterizzati da piovosità intensa e prolungata.

Gli acquiferi più sviluppati e di maggiore produttività nell'area in esame, si individuano a partire da circa -80- /90 m di profondità dal p.c.. In essa circolano le falde profonde confinate o semiconfinate da cui attingono i pozzi produttivi della zona (vedi stratigrafie pozzi in allegato), queste risultano avere un'alimentazione di tipo distale, non direttamente collegata alle precipitazioni meteoriche ma alimentate dai settori delle cerchie moreniche e probabilmente, in piccola parte, dalle acque del Lago. Il grado di Vulnerabilità delle acque sotterranee, così come indicato all'interno della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T. del Comune di Pozzolengo (**Fig. 2**), risulta da alta a medio-alta, in funzione soprattutto della bassa soggiacenza della falda dal piano campagna.



**Fig. 2** - Stralcio della “Carta di Sintesi della Pericolosità Sismica, Vulnerabilità Idrogeologica e Reticolo Idrico” (Tav. 13a), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell’area d’interesse.

### 2.3 Rete Idrografica locale

La rete idrografica superficiale nelle aree moreniche, e nei settori limitrofi ad esse, è solitamente poco sviluppata, con presenza di rari impluvi che fungono da vettori per le acque meteoriche di scorrimento superficiale. I corsi d’acqua di maggiore importanza possiedono un andamento irregolare, prendono origine dalla base dei versanti collinari, raccolgono le acque delle aste idriche minori e afferiscono al reticolo idrografico del Fiume Mincio che scorre ad Est del territorio comunale di Pozzolengo.

L’idrografia del territorio è di fatto poco articolata e subordinata interamente alla presenza della Fossa Redone ed ai suoi differenti rami. Si tratta di un corso d’acqua con andamento irregolare, a tratti meandriforme in funzione della scarsa pendenza dell’alveo.

Nella Fossa Redone confluiscono, mediante fossi e corsi d’acqua minori, i deflussi superficiali del territorio comunale, secondo linee di drenaggio poco accentuate.

Nello specifico, il deflusso idrico superficiale entro l’area di indagine ed in quelle limitrofe avviene essenzialmente per spaglio superficiale e tramite i collettori idrici a servizio degli edifici a destinazione residenziale presenti nelle immediate vicinanze dell’area

di progetto. All'interno della proprietà oggetto d'intervento non si segnalano inoltre zone soggette a problematiche di tipo idraulico.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico superficiale, l'area progettuale, come riportato nella "Carta di Sintesi della Pericolosità Sismica, Vulnerabilità Idrogeologica e Reticolo Idrico" (Tav. 13/a), non interferisce con alcun elemento del reticolo idrografico e non rientra all'interno delle fasce di tutela per essi istituite.

## **2.4 Piano di Gestione Rischio Alluvioni**

Il **Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)** è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, in particolare dal D.Lgs. n. 49 del 2010, che dà attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali. Esso deve essere predisposto a livello di distretto idrografico.

Per **alluvione** si intende qualsiasi evento che provoca un allagamento temporaneo di un territorio non abitualmente coperto dall'acqua, purché direttamente imputabile a cause di tipo meteorologico. Per il Distretto Padano, cioè il territorio interessato dalle alluvioni di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, dalla sorgente fino allo sbocco in mare, è stato predisposto il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po (PGRA-Po).

Il PGRA, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016 è definitivamente approvato con D.P.C.M. del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017.

I dati in termini di pericolosità e di rischio da alluvione, in attuazione a quanto disposto dal D.Lgs. 49/2010 e dai successivi indirizzi del Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, come previsti nell'ultimo Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po (Revisione 2022), evidenziano l'assenza di limitazioni derivanti da quanto previsto dalla D.G.R. X/6738 del 19/06/2017 vigente in materia (nessun scenario di pericolosità e rischio).

### 3. INDAGINI GEOGNOSTICHE – DATI DIRETTI

A supporto della presente relazione tecnica, è stato redatto un **modello stratigrafico** medio del sito di progetto, utilizzando dati geologici e geotecnici derivanti dalla Relazione Geologica e Geotecnica redatta dal sottoscritto per il progetto in oggetto, e sulla base delle indagini geognostiche eseguite nell'area di interesse.

L'area oggetto d'interesse ricade in un ambito riferibile a depositi glaciali, costituiti prevalentemente da ghiaie sabbiose con ciottoli in abbondante matrice limoso-argillosa, in alternanza a livelli più francamente argilloso-limosi.

Dall'analisi delle verticali di prova, è stata constatata inizialmente la presenza, di un primo spessore pari a circa -0,3/-3,6 m correlabile ad uno strato vegetale superficiale/rimaneggiato (*Unità S - Strato 1*), da moderatamente addensato ad addensato. Da -0,3/-3,6 m a -4,6/-7,5 m dal p.c. si rinvencono depositi fluvioglaciali costituiti da limi sabbiosi moderatamente addensati, e argille limose nel settore centro-orientale dell'area d'indagine, nel complesso consistenti (*Unità A - Strato 2*). Oltre -4,6/-7,5 m si rinvencono depositi glaciali, costituiti da ghiaie e sabbie con ciottoli in matrice limoso-argillosa, moderatamente addensati (*Unità B - Strato 3*). Le evidenze lito-stratigrafiche delle verticali d'indagine e il grado di permeabilità dei terreni attraversati sono di seguito riassunti:

	Unità geologica	Caratteristiche litologiche	Grado di permeabilità
<b>STRATO 1</b> da 0,0 a -0,3/-3,6 m	Unità S	Terreno vegetale/rimaneggiato prevalentemente ghiaioso-sabbioso con ciottoli	Medio-basso
<b>STRATO 2</b> da -0,3/-3,6 m a -4,6/-7,5 m	Unità A	Depositi fluvioglaciali superficiali costituiti da limi sabbiosi, e argille limose nel settore centro-orientale dell'area d'indagine	Da Medio a Medio-Basso
<b>STRATO 3</b> Oltre -4,6/-7,5 m dal p.c.	Unità B	Depositi glaciali ghiaioso-sabbiosi con ciottoli in matrice limoso-argillosa	Medio

Per la misura del livello di falda, sono stati inseriti tubi piezometrici in PVC, del diametro di ½". Le misure effettuate al termine dell'indagine geognostica, sono state riassunte nella seguente tabella:

Punto di misura	Piezometro microfessurato	Falda (m dal p.c.)
P1 (SCPT)	fino a -8,0 m	-5,60
P2 (SCPT)	fino a -6,0 m	-5,00
P3 (CPT)	fino a -3,4 m	Non rilevata
P4 (SCPT)	fino a -6,0 m	-5,80
P5 (SCPT)	fino a -6,0 m	-4,10
P6 (CPT)	fino a -5,0 m	-2,85
P7 (SCPT)	fino a -3,0 m	Non rilevata

Quanto riscontrato risulta compatibile con l'assetto idrogeologico dell'area, caratterizzato dalla presenza di acquiferi superficiali circolanti in lenti a maggiore permeabilità, sostenuti alla base da strati più francamente limoso-argillosi semi-impermeabili. Si segnala inoltre che fenomeni di umidità/livelli acquiferi, potranno comparire a profondità inferiori di quelle rilevate, soprattutto in condizione di elevata alimentazione delle falde, a causa del susseguirsi di periodi caratterizzati da piovosità intensa e prolungata.

### **3.1 Prove di permeabilità in sito**

Per la definizione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti in sito, è stata eseguita, entro lo scavo esplorativo T1, una specifica **prova di permeabilità a carico variabile**.

#### **Metodologia ed esecuzione della prova**

Le prove di permeabilità sono state eseguite inserendo all'interno dello scavo esplorativo un tubo cieco del diametro di 196 mm e con lunghezza pari a 2,0 m.

Le prove di permeabilità possono essere di due tipologie:

- prove a carico costante, effettuate cioè riempiendo d'acqua il tubo e misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello;
- prove a carico variabile, effettuate misurando la velocità di abbassamento in funzione del tempo.



**Fig. 3 - Esecuzione di prova di permeabilità in sito.**

Le prove, in questo caso di tipo a carico variabile, sono state eseguite nel terreno preventivamente saturato, mediante riempimento del fondo foro, circoscritto dal tubo circolare del diametro di 196 mm, con acqua per quasi l'intera altezza del tubo, con misura della velocità di abbassamento del livello idrico in funzione del tempo.

La stima del coefficiente di permeabilità ( $k$ ), è stata ricavata utilizzando la seguente formula (A.G.I. – 1977):

$$k = \frac{A}{C_L(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

in cui:

$A$  = area di base della tubazione;

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

$t_2-t_1$  = tempi ai quali si misurano  $h_1$  e  $h_2$ ;

$C_L$  = coefficiente di forma dipendente dall'area del foro della tubazione e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto.

### T1

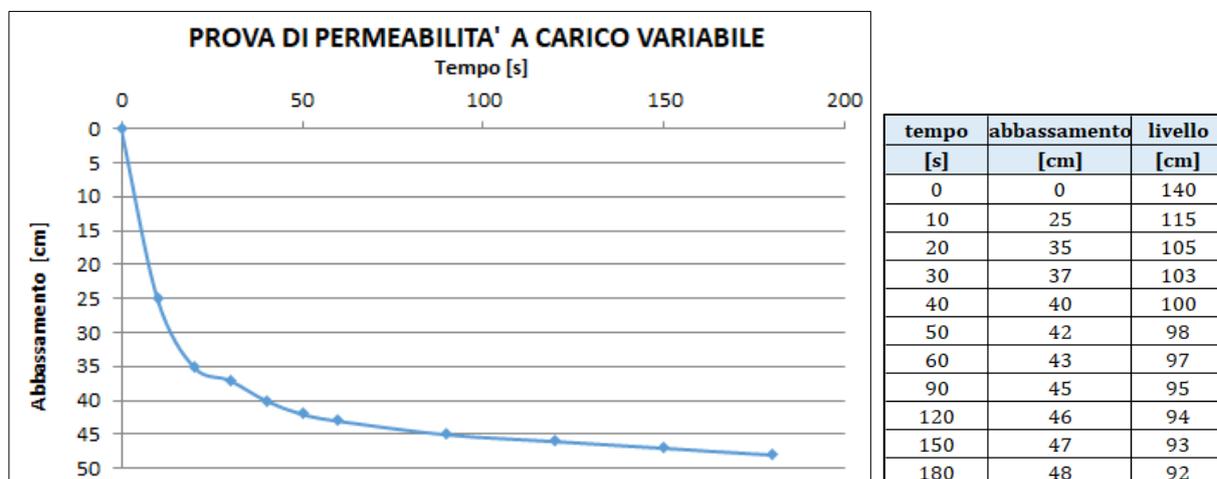


Fig. 4 - Schemi di calcolo del coefficiente di permeabilità.

### Interpretazione dei risultati

In relazione alla formula riportata e ai risultati presentati in **Fig. 4**, si ottiene il seguente coefficiente di permeabilità ( $k$ ) di sito:

SCAVO	PROFONDITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROVA (m da p.c.)	LITOLOGIA	PERMEABILITÀ $K$
<b>T1</b>	Da -2,0	Ghiaia e sabbia in matrice limosa	<b><math>5,71 \times 10^{-5}</math> m/s</b>

Sulla base dei dati raccolti dalle prove in situ, ai depositi superficiali presenti all'interno dell'area d'interesse, costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie in matrice limosa, sono attribuiti valori di permeabilità medi ( $5,71 \times 10^{-5}$  m/s) con discrete capacità di drenaggio.

## 4. PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA

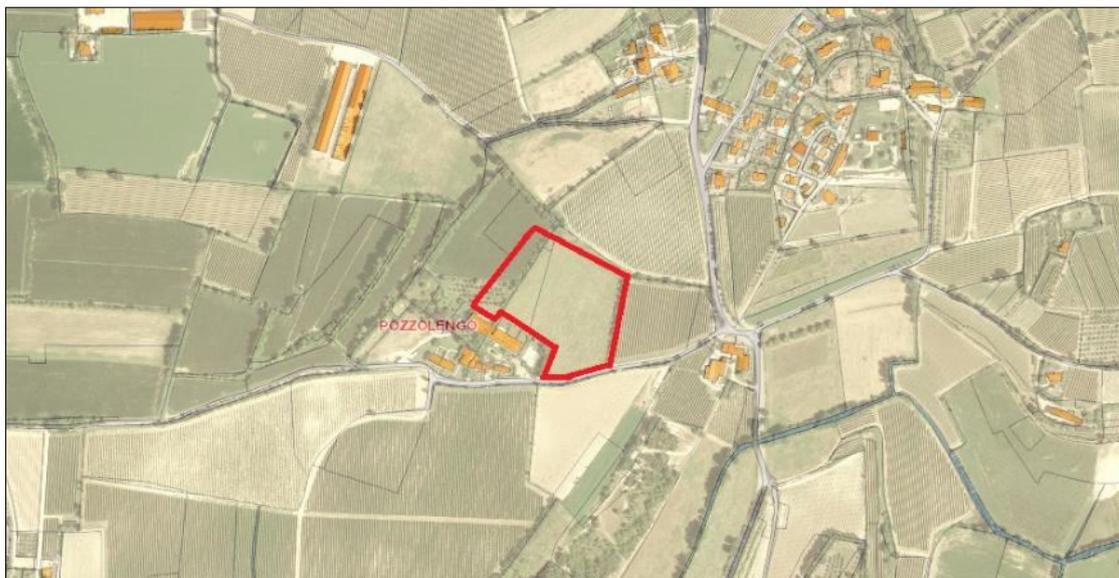
Per l'applicazione di quanto richiesto dalla normativa vigente, la presente relazione definisce le modifiche all'assetto idrologico esistente indotte dalle trasformazioni in progetto, al fine di prevenire e mitigare i fenomeni di esondazione e dissesto idrogeologico, provocati dall'impermeabilizzazione dei suoli garantendo il principio di invarianza idraulica.

Il progetto preliminare di invarianza idraulica a corredo delle opere edificatorie per cui è richiesto il titolo abilitativo è stato articolato nelle seguenti fasi:

1. Localizzazione dell'intervento con definizione delle criticità esistenti
2. Individuazione delle superfici impermeabili di progetto
3. Definizione del coefficiente medio ponderale
4. Verifiche idrologiche locali e stima del bilancio idrologico
5. Definizione della superficie di invaso richiesta
6. Proposte di dispersione delle acque all'interno della proprietà

### 4.1 Localizzazione dell'intervento

L'area di intervento, identificata dai *Mappali n°123, 198 e 254 del Foglio 6*, è ubicata presso Loc. San Giacomo, a circa 1,5 Km in direzione Sud rispetto al tracciato autostradale A4, immediatamente a Nord/Nord-Ovest rispetto al centro abitato storico di Pozzolengo, nella porzione centro-settentrionale dell'omonimo territorio comunale (**Fig. 5**).



**Fig. 5** - Individuazione dell'area oggetto d'interesse su mappa catastale e su immagine da satellite (fonti Viewer Geografico Regione Lombardia).

Il lotto d'interesse, in particolare, è individuato nella CTR RL (*Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia*) alla scala 1:10.000 nella tavola E6a3 e possiede, nel punto mediano, le seguenti coordinate geografiche (Gauss-Boaga): 5030888,28 latitudine N - 1627746,54 longitudine E.

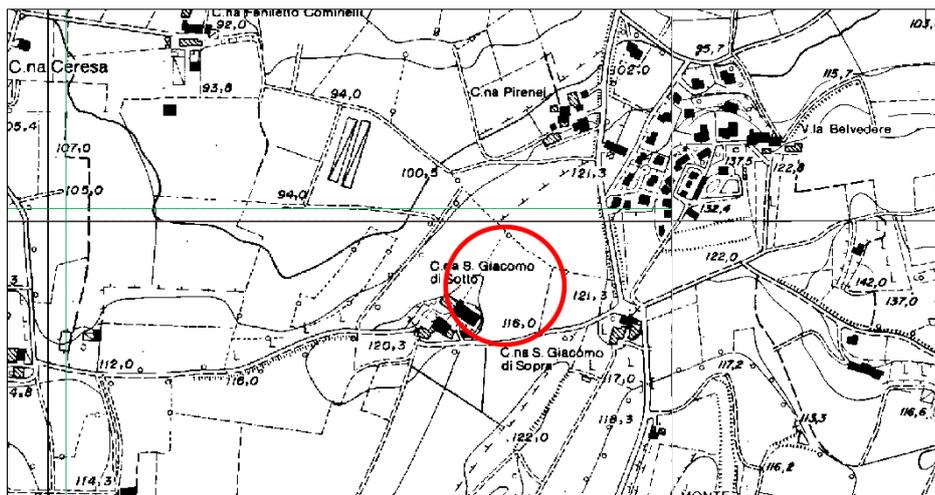


Fig. 6 - Individuazione dell'area di interesse progettuale su aerofotogrammetrico.

Ai sensi della D.G.R. del 20 novembre 2017, n. 7372, e successive modifiche (Aprile 2019), il territorio Lombardo è stato suddiviso in tre ambiti in cui sono inseriti i Comuni, in base alla criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori. Ad ogni Comune è associata una criticità: A -alta criticità, B -media criticità, C -bassa criticità (Fig. 7). Il territorio di Pozzolengo ricadrebbe nella classe di criticità media (criticità B). Tuttavia, gli interventi di progetto rientrano all'interno delle Aree di Trasformazione del PGT comunale (AT-A12a e AT-A12b), pertanto, secondo l'art. 5 comma 7 del regolamento n° 7/2017, si ritiene di assegnare all'area di studio una classe di criticità alta (Area A).

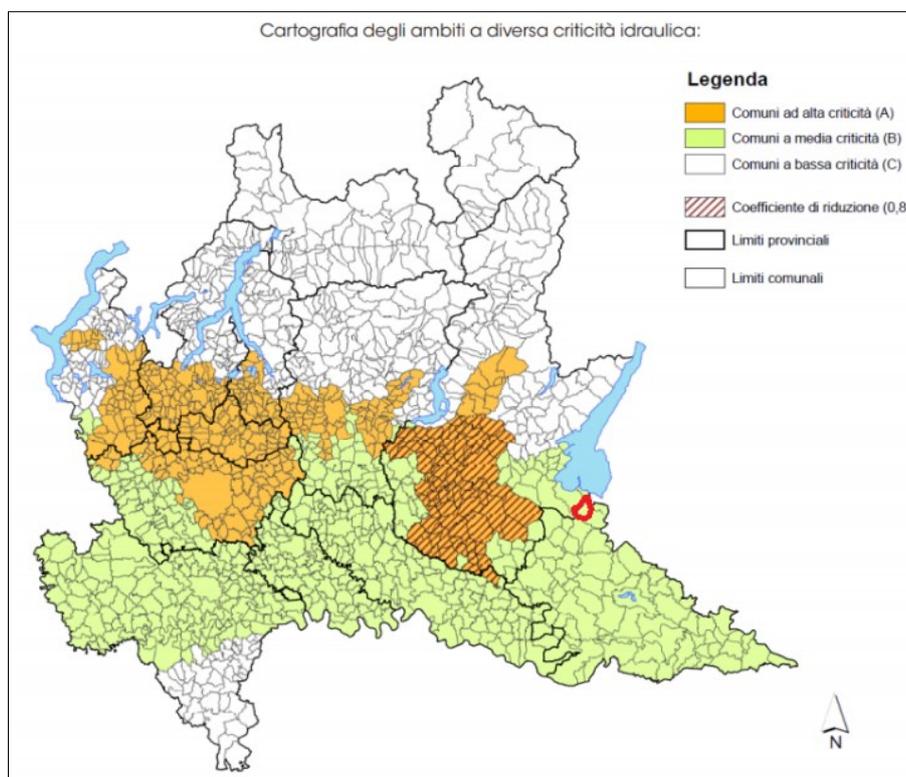


Fig. 7 - Cartografia regionale degli ambiti a diversa criticità idraulica, prevista dalle recenti modifiche (Aprile 2019) nell'Allegato C del Regolamento Regionale, con ubicazione del comune di Pozzolengo.

#### 4.2 Individuazione delle superfici impermeabili di progetto

Gli interventi di progetto considerati riguardano la realizzazione di nuovi edifici residenziali e turistico-alberghieri all'interno del Piano Particolareggiato presso Loc. San Giacomo, e nello specifico per le opere progettuali ricadenti all'interno degli Ambiti di Trasformazione AT-A12a e AT-A12b. Per tale motivo, in accordo con i *Tecnici della Committenza*, l'area di interesse e le relative superfici di trasformazione, nonché le opere di smaltimento dei volumi progettuali, sono state suddivise per ciascuno degli ambiti di trasformazione (AT-A12a e AT-A12b). Dallo stralcio planimetrico di progetto (**Fig. 8**), l'intervento prevede, per ciascuno degli ambiti individuati, le seguenti nuove superfici semipermeabili, a cui si associa il corrispondente coefficiente di deflusso:

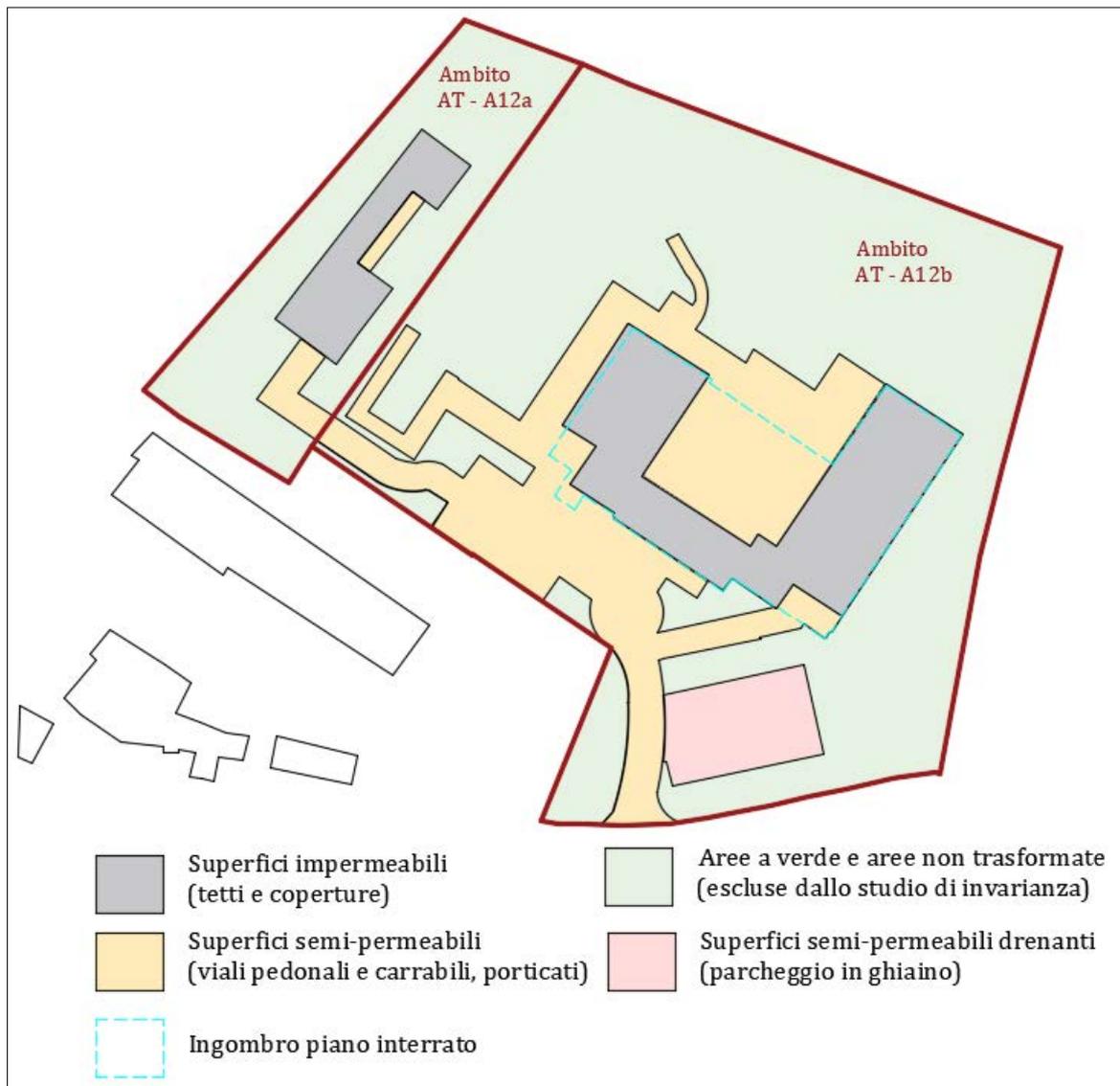
Ambito di Trasformazione	Superficie impermeabile $\Phi=1,0$ (m <sup>2</sup> )	Superficie semi-impermeabile $\Phi=0,7$ (m <sup>2</sup> )	Superficie semi-impermeabile "drenante" $\Phi=0,3$ (m <sup>2</sup> )	Superficie complessiva aree trasformate (m <sup>2</sup> )
AT-A12a	510,7	183,3	--	694,0
AT-A12b	1.635,4	3.372,0	521,9	5.529,3
TOTALE	2.146,1	3.555,3	521,9	6.223,3

Si specifica inoltre che sono state escluse dal progetto di invarianza idraulica le aree a verde, quelle non trasformate al momento della stesura del presente studio e la piscina progettuale.

#### 4.3 Definizione del coefficiente medio ponderale e del requisito minimo richiesto

Per il progetto in esame si dovranno pertanto considerare, per ogni lotto progettuale, le superfici di trasformazione complessive, mostrate in precedenza. Ai sensi della R.R. n°8 del 2019, le verifiche idrauliche ed idrologiche devono essere condotte attraverso diversi approcci progettuali a seconda delle superfici d'intervento e di ambito territoriale in cui ricade l'area in esame (**Fig. 8**). Nello specifico, è stato assunto un coefficiente di deflusso pari a 1,0 per le superfici considerate impermeabili (tetti e coperture), di 0,7 per le superfici semi-permeabili (viali pedonali e carrabili, porticati), 0,3 per le superfici semi-permeabili considerate "drenanti" (parcheggio in ghiaietto) e trascurando la piscina progettuale, le aree a verde e le aree non trasformate al momento della stesura del presente elaborato, perché non rientrano all'interno dello studio di invarianza idraulica. Pertanto, per ciascun lotto progettuale, si calcolano i seguenti **coefficienti di deflusso medio ponderale, e le superfici scolanti impermeabili equivalenti:**

Lotto progettuale	Coefficiente di deflusso medio ponderale $\Phi$ (m <sup>2</sup> )	Superficie complessiva aree trasformate (m <sup>2</sup> )	Superficie scolante impermeabile (m <sup>2</sup> )
AT-A12a	0,92	694,0	639,17
AT-A12b	0,75	5.529,3	4.152,5
TOTALE	--	6.223,3	4.791,7



**Fig. 8** - Planimetria di progetto con individuazione dei lotti d'interesse, delle relative superfici di trasformazione, ovvero impermeabili (grigio), semi-permeabili (arancio) e semi-permeabili drenanti (rosa).

Di conseguenza, utilizzando un valore parametrico 800 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile (Aree A), i volumi minimi di laminazione d'invaso richiesti da normativa, per ogni ambito progettuale, saranno i seguenti:

Lotto progettuale	Volume requisito minimo - W (m <sup>3</sup> )
AT-A12a	W <sub>a</sub> = 51,0
AT-A12b	W <sub>b</sub> = 332,2
TOTALE	W <sub>TOT</sub> = 383,3

Nello specifico caso in esame, il suddetto regolamento prevede l'utilizzo del Metodo delle sole piogge da comparare al requisito minimo (ai sensi dell'art. 11 Comma 2 del R.R. n°8 del 2019).

Tabella 1

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

**Fig. 9 - Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e modalità di calcolo previsti dall'art.9 del R.R. n°8 del 2019.**

#### 4.4 Calcolo del volume di laminazione - Metodo delle sole piogge

Nel caso di "Impermeabilizzazione potenziale media" in ambiti territoriali a criticità alta o media, come quello in cui ricade l'area di progetto, per il calcolo dei volumi idrici da smaltire si deve procedere con il Metodo delle sole piogge.

Tale metodo si basa sulle seguenti assunzioni:

- l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa  $Q_e(t)$  nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata  $D$  e portata  $Q_e$  costanti e pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile;
- lo svuotamento del sistema di laminazione avviene a portata costante ( $Q_u = \text{cost}$ ).

Tramite queste assunzioni si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso.

Considerando che l'area di progetto ricade entro lo scenario ad alta criticità idraulica (Area A), gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e di conseguenza nei calcoli, come previsto dall'art. 8 - comma 1 - lettera b) del R.R. 7/2017 e ss.mm.ii., viene utilizzato un **valore massimo ammissibile** ( $u_{lim}$ ) pari a 10 l/s.

Per la stima dei dati pluviometrici da utilizzare per la soluzione della suddetta formula (parametri  $a$ ,  $n$ ) è stato consultato il portale del sito dell'ARPA Lombardia <http://idro.arpalombardia.it> che fornisce i parametri della curva di possibilità pluviometrica valida per ciascuna delle località della Lombardia, il cui territorio è discretizzato in aree omogenee.

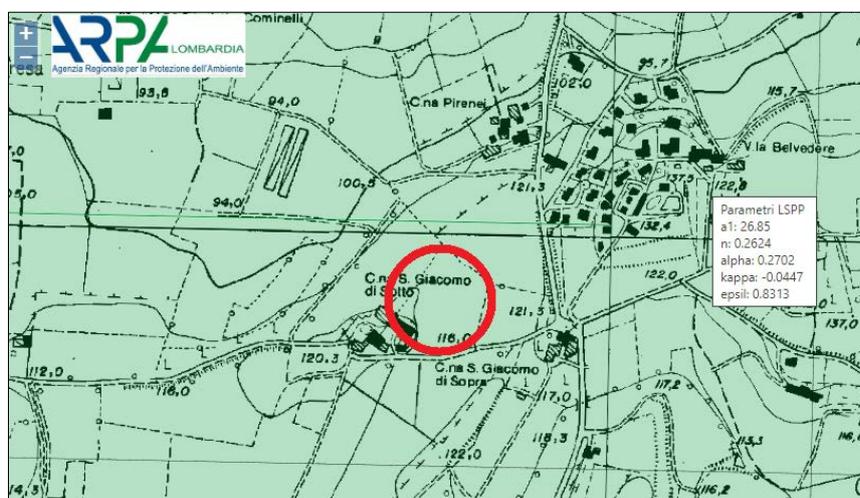


Fig. 10 - Individuazione dell'area pluviometrica omogenea e dei parametri pluviometrici utili forniti dal sito Web ARPA Lombardia.

Le curve che descrivono l'altezza delle precipitazioni ( $h$ ) in funzione della loro durata ( $t$ ) prendono il nome di *Curve Segnalatrici di Possibilità climatica o Pluviometrica* (LSPP). L'equazione che collega queste due variabili, ha la seguente formula:

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

in cui:

$a_1$  = altezza di precipitazione con  $t=1$  e tempo di ritorno  $T=1$  anno,

$w_T$  = fattore di frequenza in funzione del tempo di ritorno  $T$  scelto (50 anni) calcolato mediante foglio di calcolo elettronico fornito da Arpa-Lombardia mediante la formula:

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

$n$  = fattore di scala in funzione della durata dell'evento meteorico (1-24 ore)

La curva di possibilità pluviometrica, valida per il sito di progetto, per il tempo di ritorno 50 anni e caratterizzata dai seguenti coefficienti:  $a_1 = 26,85$  mm/h  $n = 0,2624$  (n) per durante D 1-24 ore e  $w_T = 1,99$ , indica un'**altezza critica delle precipitazioni (h) pari a 86,70 (mm/h)**. Secondo quanto previsto dal metodo delle sole piogge si procede all'individuazione del **volume critico  $W_0$  di laminazione** ovvero quello che massimizza il volume invasato, questo, all'istante  $t$ , è dato dalla differenza fra il volume idrico entrante e quello uscente e può essere descritto dalla seguente relazione:

$$W_0 = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{lim} \cdot D$$

in cui:

$S$  = superficie totale scolante di progetto,

$\varphi$  = coefficiente di deflusso medio ponderale,

$a$  = altezza di pioggia in funzione della durata dell'evento (h),

$u_{lim}$  = valore massimo ammissibile da normativa da rapportare a  $S$ ,

$D$  = durata della pioggia (24h)

Secondo quanto previsto dal metodo di calcolo, per ogni ambito progettuale individuato, si ottengono, i seguenti **volumi critici  $W_0$  di laminazione**:

Lotto progettuale	Volume critico di laminazione Metodo Sole Piogge - $W_0$ (m <sup>3</sup> )
AT-A12a	$W_{0-a} = 40,8$
AT-A12b	$W_{0-b} = 265,5$
TOTALE	$W_{TOT} = 306,3$

In conclusione, risulta che i volumi critici di laminazione calcolati sono minori dei volumi derivanti dal parametro normativo di requisito minimo (R.R. n°8/2019) per aree ad alta criticità:

$$W_{0-a} = 40,8 \text{ m}^3 < W_a = 51,1 \text{ m}^3$$

$$W_{0-b} = 265,5 \text{ m}^3 < W_b = 332,2 \text{ m}^3$$

$$W_{TOT} = 306,3 \text{ m}^3 < W_{TOT} = 383,3 \text{ m}^3$$

Di conseguenza la progettazione del sistema di laminazione dovrà prevedere l'utilizzo dei seguenti volumi critici - **Volumi minimi di laminazione da considerare in progetto e da smaltire entro 48 ore**:

$$W_a = 51,1 \text{ m}^3$$

$$W_b = 332,2 \text{ m}^3$$

$$W_{TOT} = 383,3 \text{ m}^3$$

## 5. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE

Le acque di dilavamento meteoriche potranno essere recapitate nei punti di adduzione della Rete Idrica esistente, la quale scorre lungo la sede stradale di Loc. San Giacomo, in adiacenza al confine meridionale dei lotti di interesse progettuale.

Pertanto, si prevede di realizzare per le opere progettuali previste all'interno degli ambiti di interesse (AT-A12a e AT-A12b), a discrezione dei tecnici progettisti, un sistema di raccolta caratterizzato da aree verdi ribassate, a tenuta, una per ciascun lotto, con tubazione di scarico da collettare verso la suddetta Rete idrica, con autorizzazione allo scarico da richiedere all'Amministrazione Comunale e/o all'Ente Gestore.

In questo capitolo si indicano le caratteristiche progettuali per la realizzazione dell'impianto di smaltimento e si rimanda per la sua progettazione esecutiva alle specifiche scelte del *Progettista* o della *Ditta esecutrice*. La scelta del sistema di laminazione viene fatta in funzione delle condizioni litologiche, morfologiche ed idrogeologiche del sito in esame e delle specifiche esigenze progettuali.

Come già anticipato precedentemente (vedi Capitolo 3), a seguito dei rilievi e dalle indagini in sito eseguite, si ipotizza che l'intero lotto di progetto sia caratterizzato da depositi glaciali, costituiti da ghiaie sabbiose con ciottoli in abbondante matrice limoso-argillosa.

Inoltre, si può desumere la presenza di corpi idrici discontinui, a scarsa profondità dal p.c. (-2,85 m), contenuti entro i suddetti depositi superficiali.

I volumi delle acque piovane, scaturiti dallo scorrimento superficiale sulle aree impermeabili (tetti e coperture) e semi-permeabili (strade e viali interni, porticati e parcheggi) considerate, sono stati determinati mediante lo studio di invarianza idraulica svolto nel precedente capitolo.

Si prescrive pertanto la realizzazione di un totale di n°2 aree verdi ribassate, una per ciascuno degli ambiti considerati (AT-A12a e AT-A12b), le quali dovranno essere realizzate mediante procedure non potenzialmente idroinquinanti, e adoperando idonei materiali e tecniche costruttive per l'isolamento delle strutture di fondazione e delle strutture in elevazione verso il piano campagna.

In conclusione, i volumi delle acque piovane, scaturiti dallo scorrimento superficiale delle aree trasformate progettuali, sono stati determinati mediante lo studio di invarianza idraulica svolto nel precedente capitolo e risultano pari a:

*Volume delle acque piovane da smaltire in 48 ore*

$$W_a = 51,1 \text{ m}^3$$

$$W_b = 332,2 \text{ m}^3$$

$$W_{TOT} = 383,3 \text{ m}^3$$

### **Dimensionamento del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche**

La capacità di smaltimento del sistema di dispersione non sarà quindi funzione dell'estensione delle superfici drenanti (interfaccia terreno-dreno e superficie laterale) o dei valori del coefficiente di permeabilità (k) del terreno, ma sarà legata al volume immagazzinabile dalle aree verdi ribassate (a tenuta) prescritte e al sistema di collettamento delle acque derivanti dalle superfici impermeabili/semipermeabili, e delle strutture alla rete di adduzione finale, precedentemente descritte.

Nel dimensionamento del sistema di laminazione è stato tenuto conto della capacità di immagazzinamento delle suddette opere di laminazione e del Volume delle acque piovane da smaltire secondo quanto calcolato mediante le procedure proposte dal R.R. n°8 del 19 Aprile 2019 (D.G.R. XI/1516 del 15/04/2019) "Disposizioni sull'applicazione dei principi di **invarianza idraulica ed idrologica**. Modifiche al R. R. 23 novembre 2017, n° 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'art. 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n° 12 "Legge per il governo del territorio").

In ogni caso, il sistema di raccolta e stoccaggio temporaneo delle acque meteoriche dovrà essere dotato di adeguati pozzetti di ispezione, muniti di filtri in grado di garantire nel tempo la funzionalità del sistema di collettamento accessorio, verso la suddetta Rete Idrica individuata.

Si specifica che il sistema di laminazione dovrà essere dotato di un idoneo sistema di drenaggio interno e/o pertinenziale, eventualmente agevolato dalla realizzazione di opportune pendenze obbligate delle opere stesse, atte a convogliare adeguatamente le acque meteoriche, provenienti dall'impianto di raccolta, alla bocca di scarico finale.

Sulla base del volume ottenuto per le opere di laminazione (aree verdi a tenuta), per ciascuno dei lotti considerati, si ottengono le seguenti portate allo scarico massime consentite dalla normativa vigente e i relativi tempi minimi di svuotamento delle stesse:

<b>Lotto progettuale</b>	<b>Portata limite allo scarico (l/s)</b>	<b>Tempo di svuotamento invaso (ore)</b>
AT-A12a	0,64	22,2
AT-A12b	4,15	
TOTALE	4,79	

La portata calcolata risulta essere la massima ammissibile per i settori ricadenti in *area A*, considerando il valore massimo di 10 l/s per ettaro di superficie scolante, moltiplicando per il coefficiente di deflusso ponderale medio, di ogni ambito individuato.

Inoltre, considerando il volume minimo da laminare e la prescrizione da parte del Regolamento Regionale, di avere lo stesso a disposizione entro 48 ore dall'evento piovoso critico, è possibile applicare alle vasche di laminazione, le seguenti portate allo scarico "minime", tali per cui, entro 48 ore dall'evento di pioggia critico, il sistema di laminazione risulta completamente svuotato:

Lotto progettuale	Portata allo scarico "minima" per garantire svuotamento invasi entro 48 ore (l/s)
AT-A12a	0,30
AT-A12b	1,92
TOTALE	2,22

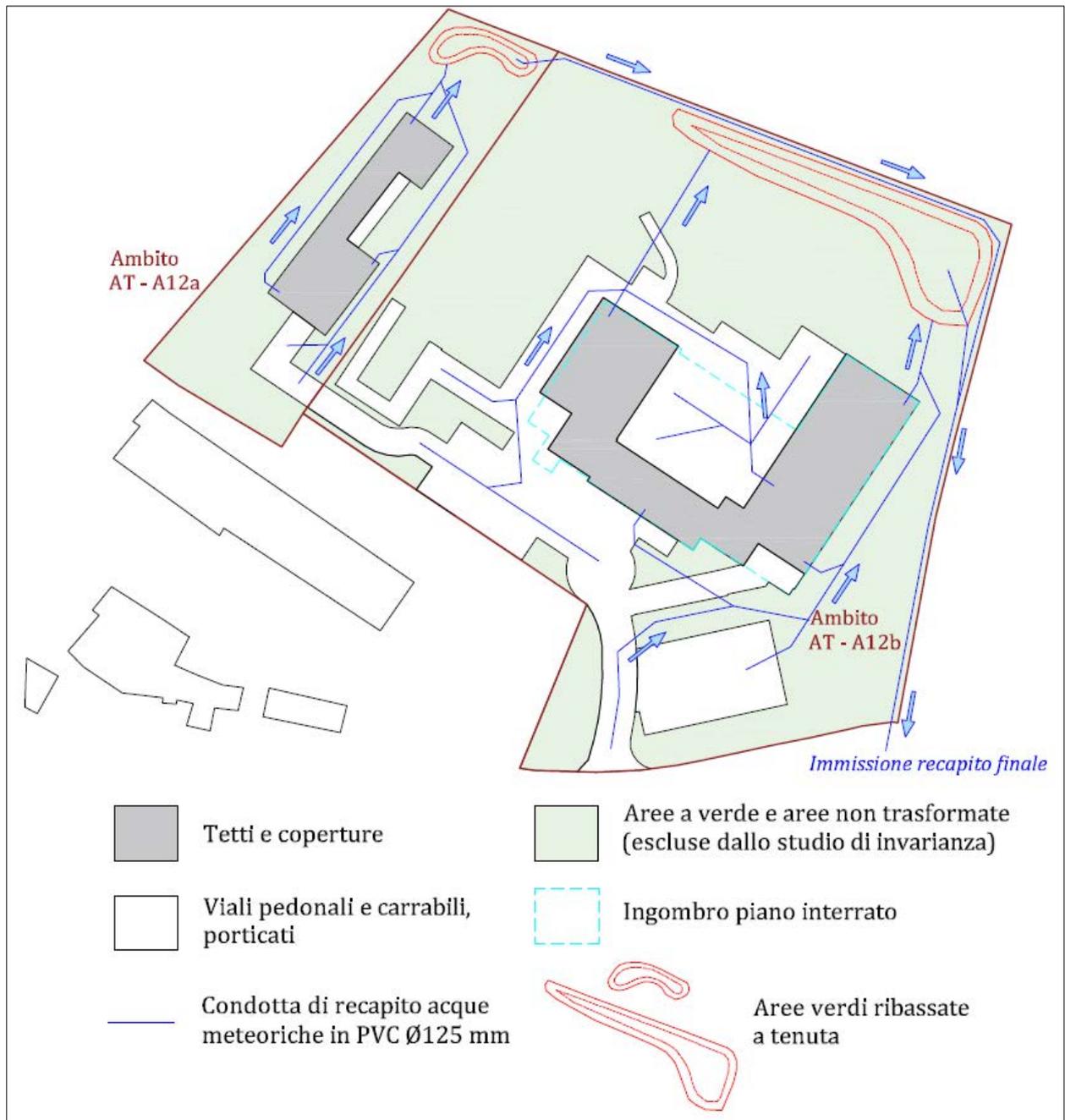
Lo scarico delle acque coltate verso la Rete esistente precedentemente descritta, dovrà essere autorizzato dall'Ente Gestore della suddetta rete idrica e/o dall'Amministrazione Comunale.

La realizzazione di **n°2 aree verdi ribassate a tenuta**, una per ciascuno degli ambiti considerati, ubicate come indicato nella planimetria di progetto delle opere di smaltimento delle acque di scorrimento superficiale (**Fig. 11**), risulta quindi conforme allo studio di invarianza idraulica redatto.

Vengono di seguito riassunte, le caratteristiche geometriche delle opere di laminazione:

Ambito di Trasformazione	Base maggiore (m <sup>2</sup> )	Base minore (m <sup>2</sup> )	Profondità (m)	Capienza area verde ribassata (m <sup>3</sup> )	Volume d'acqua progettuale (m <sup>3</sup> )
AT-A12a	120,0	53,3	0,6	51,9	51,1
AT-A12b	750,0	363,0		334,2	332,2

(Si segnala che, qualora in fase esecutiva vengano effettuate delle scelte progettuali e/o realizzative differenti dalle suddette caratteristiche geometriche (profondità, forma, superficie in pianta ecc.), le opere di smaltimento dovranno comunque garantire l'immagazzinamento dei volumi di laminazione totali calcolati per ciascuno degli ambiti di trasformazione individuati; si dovrà pertanto procedere con la revisione dei calcoli dei volumi da laminare sulla base delle suddette modifiche geometriche.



**Fig. 11** - Individuazione degli ambiti progettuali, con le relative aree verdi ribassate e rete di collettamento, conforme allo studio di invarianza idraulica.

## **5.1 Sistema di svuotamento e di scarico finale**

Al fine di garantire un corretto smaltimento dei volumi d'acqua progettuali, utilizzando le portate di scarico precedentemente dimensionate, si prescrive la realizzazione di un sistema di scarico finale delle acque a gravità, attraverso tubazioni con bocche di scarico a luce libera di diametro inferiore rispetto a quello della tubazione d'ingresso (VLL). In alternativa al precedente, lo scarico finale può avvenire attraverso tubazioni con bocca di scarico a luce variabile tramite l'ausilio di valvole regolatrici di portata con comando a galleggiante o bocche a vortice idraulico a ciclone, a centrifuga verticale o orizzontale (VLV).

Se tale scelta verrà pervenuta nelle successive fasi di lavoro, le opere di laminazione dovranno essere predisposte di manicotti in PVC a tenuta idraulica inseriti sulle pareti delle opere per innesto tubazioni ingresso e scarico (VLL) e/o da valvole regolatrici di portata in acciaio INOX AISI 304/316 dotate di marcatura CE (VLV).

Qualora nelle successive fasi di lavoro, le precedenti scelte non risultassero realizzabili, per ragioni derivanti dai rapporti e caratteristiche geometriche e/o topografiche tra le opere di laminazione progettuali e il corpo ricettore finale, si prescrive in alternativa l'installazione di una elettropompa sommergibile ad innesco per acque superficiali all'interno delle stesse opere, che possa comunque garantire una portata di esercizio di almeno 0,30 l/s per l'ambito AT-A12a e di 1,92 l/s per l'ambito AT-A12b, per un totale complessivo di 2,22 l/s.

Secondo tali portate, infatti, si garantisce lo smaltimento dei volumi d'invaso entro le 48 ore (vedi paragrafi precedenti). Non dovranno invece essere superiori, per non eccedere la portata massima allo scarico concessa dalla normativa a 0,64 l/s per l'ambito AT-A12a e 4,15 l/s per l'ambito AT-A12b, per un totale complessivo di 4,79 l/s.

Tale elettropompa potrà essere eventualmente costituita da un sistema anti-intasamento e di auto pulizia per la gestione dei solidi e saranno comandate e controllate da quadri elettrici dotati di sistemi elettronici ad inverter, in grado di variare le prestazioni idrauliche delle pompe e garantire allo scarico la portata di progetto (VLP).

## **6. PIANO DI MANUTENZIONE DEL SISTEMA DI INVARIANZA IDRAULICA**

La corretta individuazione di un piano di manutenzione, dei sistemi di invarianza progettati all'interno del presente elaborato, è di fondamentale importanza per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche.

Serve inoltre 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.

Le operazioni di manutenzione di seguito elencate, sono da intendersi per tutte le opere di invarianza idraulica progettate all'interno del presente studio, e potranno essere eseguite da operai generici, ad esclusione delle azioni dirette agli eventuali sistemi meccanici e ai relativi componenti (pompa e sistemi di scarico), le quali dovranno essere effettuate da tecnici esperti e/o direttamente dalla ditta esecutrice.

### **6.1 Operazioni di manutenzione ordinaria**

Ovvero gli interventi da svolgersi ogni 6 mesi:

- Pulizia rifiuti e rimozione detriti sia all'interno degli invasi che nelle tubazioni accessorie;
- Eliminazione fenomeni di intasamento/scorrimento;
- Ispezione e controllo dell'efficienza e manutenzione di eventuali componenti meccaniche (pompa, sistemi di scarico, filtri, tubazioni ecc.).

### **6.2 Operazioni di manutenzione straordinaria**

Sono quegli interventi da eseguire al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente ad eventi meteorici eccezionali e/o prolungati, o di altra natura (terremoti, sversamenti abusivi, incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture di invarianza idraulica.

In tal caso saranno da eseguire le suddette operazioni già elencate come manutenzione ordinaria, in aggiunta a quelle periodiche prescritte.

## 7. CONCLUSIONI

Ai sensi del R.R. n°8 del 19 Aprile 2019 è stata redatta la presente relazione tecnica per il rispetto dei principi di **invarianza idraulica ed idrologica**, in merito al Piano Particolareggiato, Ambito di Trasformazione AT-A12a e AT-12b, presso Loc. San Giacomo, nel Comune di Pozzolengo (BS).

Gli interventi di progetto considerati riguardano la realizzazione di nuovi edifici residenziali e turistico-alberghieri all'interno del Piano Particolareggiato presso Loc. San Giacomo, e nello specifico per le opere progettuali ricadenti all'interno degli Ambiti di Trasformazione AT-A12a e AT-A12b.

Pertanto, in accordo con i *Tecnici della Committenza*, l'area di interesse e le relative superfici di trasformazione, nonché le opere di smaltimento dei volumi progettuali, sono state suddivise per ciascuno dei lotti considerati.

Il lotto oggetto d'intervento consta di una superficie di trasformazione totale (incluso entrambi gli ambiti di trasformazione) di 6.223,3 m<sup>2</sup>, composta da aree impermeabili (tetti e coperture; 2.146,1 m<sup>2</sup>), semi-permeabili (viali pedonali e carrabili e porticati; 3.555,3 m<sup>2</sup>) e semi-permeabili "drenanti" (parcheggio in ghiaietto; 521,9 m<sup>3</sup>).

Sono state trascurate le superfici a verde e quelle non trasformate al momento della stesura del presente studio e la piscina progettuale.

Il comune di Pozzolengo ricade nelle aree B – a media criticità idraulica; tuttavia, dato che gli interventi di progetto rientrano all'interno delle Aree di Trasformazione del PGT comunale, è stata assegnata all'area di studio una *classe di criticità alta* (Area A).

Per l'individuazione dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrogeologica è stato utilizzato il "*metodo delle sole piogge*", come previsto in Tabella 1 del suddetto R.R. n° 8 del 2019.

L'applicazione di tale metodo ha condotto al calcolo dei volumi di laminazione pari a 40,8 m<sup>3</sup> per l'ambito AT-A12a e 265,5 m<sup>3</sup> per l'ambito AT-A12b. Tali volumi sono risultati essere minori di quelli minimi previsti dall'art. 12 del R.R. per ciascun lotto progettuale, rispettivamente pari a 51,1,0 m<sup>3</sup> e 332,2 m<sup>3</sup>. Pertanto, la progettazione del sistema di laminazione ha previsto l'utilizzo di questi ultimi volumi critici.

Per il rispetto dei principi di invarianza idraulica ed idrologica, si è optato per la realizzazione di *n°2 aree verdi ribassate a tenuta*, una per ciascuno degli ambiti di trasformazione (AT-A12a e AT-A12b) le cui dimensioni ed ubicazioni proposte sono riportate nella tabella presente nei capitoli precedenti (cap. 5).

Il dimensionamento dei sistemi di laminazione/dispersione, così come proposti nel presente elaborato, risultano sufficienti a gestire completamente il volume di invaso che si genera durante l'evento critico calcolato con tempo di ritorno *Tr* di 50 anni, garantendo lo svuotamento degli invasi entro 48 ore dall'evento di pioggia critico, previste dal regolamento regionale.

Sulla base dei volumi ottenuti per le opere di laminazione (aree verdi ribassate a tenuta), si ottiene una portata allo scarico massima consentita dalla normativa vigente pari a 0,64 l/s per l'ambito AT-A12a e pari a 4,15 l/s per l'ambito AT-A12b, per un totale complessivo di 4,79 l/s, ed un relativo tempo minimo di svuotamento pari a 22,2 h.

Tuttavia, avendo a disposizione 48 ore dall'evento piovoso critico per lo svuotamento dei sistemi di laminazione, è possibile applicare una portata "minima" allo scarico,

rispettivamente per ogni ambito di trasformazione, pari a circa 0,30 e 1,92 l/s, per un totale complessivo di 2,22 l/s.

Si può quindi ritenere corretto il dimensionamento del volume delle opere di mitigazione, pur rimandando ad eventuali future modifiche, che saranno idoneamente comunicate alle autorità competenti. Per quanto riguarda gli accorgimenti costruttivi, si rimanda a quanto indicato nel Capitolo 5 del presente studio idrogeologico.

Si specifica che il sistema di laminazione dovrà essere dotato di un idoneo sistema di drenaggio interno e/o pertinenziale, eventualmente agevolato dalla realizzazione di opportune pendenze obbligate dell'opera stessa, atte a convogliare adeguatamente le acque di prima pioggia, provenienti dall'impianto di raccolta, alla bocca di scarico finale.

Quest'ultimo è rappresentato dalla Rete Idrica esistente, la quale scorre lungo la sede stradale di Loc. San Giacomo, in adiacenza al confine meridionale dei lotti di interesse progettuale.

Pertanto, lo scarico delle acque meteoriche progettuali all'interno di tale corso d'acqua individuato, potrà essere autorizzato su presentazione di apposita richiesta all'*Ente Competente o all'Amministrazione Comunale*.

Si segnala che, qualora in fase esecutiva vengano effettuate delle scelte progettuali e/o realizzative differenti dalle suddette caratteristiche geometriche delle opere di laminazione, o nel quantitativo di superfici impermeabili, i sistemi di smaltimento dovranno comunque garantire l'immagazzinamento dei volumi di laminazione totali; si dovrà pertanto procedere con la revisione dei calcoli dei volumi da laminare sulla base delle eventuali modifiche.

Sulla base del quadro normativo fornito e delle caratteristiche idrologiche e idrauliche dell'area in oggetto, gli interventi di realizzazione degli edifici residenziali e turistico-alberghieri e delle relative opere accessorie, degli Ambiti di Trasformazione AT-A12a e AT-A12b, integrati con le suddette strutture di laminazione, se eseguite secondo le indicazioni e le prescrizioni riportate nel presente studio, risultano compatibili con il principio di invarianza idraulica, senza aggravio sulla rete di smaltimento esistente o del reticolo idrografico del territorio in cui ricade l'area in esame.

Desenzano del Garda, 28 Ottobre 2022

Dott. Geol. Niccolò Crestana





**CRESTANA S.r.l.s.**  
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI  
Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)  
Cell: 347 9428449 - 349 2936733  
mail: info@crestanasrls.com  
web: www.crestanasrls.com  
P.IVA e C.F. 03632850982

Località: Loc. San Giacomo - Pozzolengo (BS)

DATA 07/07/2022

Committente: Nuova Pozzolengo S.r.l.

SCAVO T1

Tecnico: Dott. Geol. N. Crestana

QUOTA INIZIO p.c.

Escavatore: JCB 3CX

Profondità m da p.c.	Stratigrafia	Campioni profondità da p.c.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	VOC	Profondità m da p.c.	Prova di permeabilità a carico variabile
0,00			Sabbia con ghiaia limosa, asciutta, di colore marrone chiaro.			
0,80			Ghiaia e sabbia limosa, asciutta, di colore da beige a marrone chiaro.			
2,00			Descrizione eseguita utilizzando il criterio granulometrico per le terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione con percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene preceduta dal termine "con" se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50%, dal suffisso "...oso" se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso "debolmente ...oso" se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10%.		2,00	$K=5,71 \cdot 10^{-5}$ m/s



**CRESTANA S.r.l.s.**  
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI  
Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)  
Cell: 347 9428449 - 349 2936733  
mail: info@crestanasrls.com  
web: www.crestanasrls.com  
P.IVA e C.F. 03632850982

Località: Loc. San Giacomo - Pozzolengo (BS)

DATA 07/07/2022

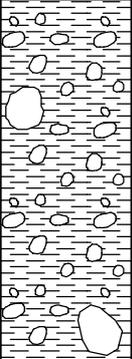
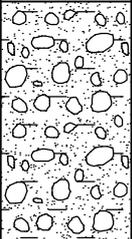
Committente: Nuova Pozzolengo S.r.l.

SCAVO T2

Tecnico: Dott. Geol. N. Crestana

QUOTA INIZIO p.c.

Escavatore: JCB 3CX

Profondità m da p.c.	Stratigrafia	Campioni profondità da p.c.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	VOC	Profondità m da p.c.	Prova di permeabilità a carico variabile
0,00			Limo ghiaioso con ciottoli, asciutto di colore marrone chiaro.			
1,20			Ghiaia e sabbia limosa, asciutta, di colore da beige a marrone chiaro.			
2,00			Descrizione eseguita utilizzando il criterio granulometrico per le terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione con percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene preceduta dal termine "con" se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50%, dal suffisso "...oso" se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso "debolmente ...oso" se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10%.			



**CRESTANA S.r.l.s.**  
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI  
Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)  
Cell: 347 9428449 - 349 2936733  
mail: info@crestanasrls.com  
web: www.crestanasrls.com  
P.IVA e C.F. 03632850982

Località: Loc. San Giacomo - Pozzolengo (BS)

DATA 07/07/2022

Committente: Nuova Pozzolengo S.r.l.

SCAVO T3

Tecnico: Dott. Geol. N. Crestana

QUOTA INIZIO p.c.

Escavatore: JCB 3CX

Profondità m da p.c.	Stratigrafia	Campioni profondità da p.c.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	VOC	Profondità m da p.c.	Prova di permeabilità a carico variabile
0,00			Limo sabbioso, asciutto di colore marrone chiaro.			
0,60			Limo sabbioso con ghiaia, asciutto, di colore marrone.			
1,80			Argilla limosa con ciottoli, asciutta, di colore grigio scuro.			
2,50			Descrizione eseguita utilizzando il criterio granulometrico per le terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione con percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene preceduta dal termine "con" se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50%, dal suffisso "...oso" se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso "debolmente ...oso" se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10%.			

**ASSEVERAZIONE DEL PROFESSIONISTA IN MERITO ALLA CONFORMITÀ DEL PROGETTO AI CONTENUTI DEL REGOLAMENTO**

**DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL' ATTO DI NOTORIETA'**  
(Articolo 47 d.p.r. 28 dicembre 2000, n. 445)

La/Il sottoscritto/a Dott. Geol. Niccolò Crestana  
nata/o a Desenzano del Garda il 08/12/1990  
residente a Lonato del Garda  
in via Panizze n. 9  
iscritta/ all'  Ordine [ ] Collegio dei Geologi della Provincia di .....  
Regione Lombardia n. 1691  
incaricata/o dal/i signor/i Nuova Pozzolengo S.r.l. in qualità di  
[ ] proprietario, [ ] utilizzatore [ ] legale rappresentante del .....  
di redigere il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* per l'intervento di .....  
Piano Particolareggiato, Ambito di Trasformazione AT-A12a e AT-A12b  
sito in Provincia di Brescia Comune di Pozzolengo  
in via/piazza Loc. San Giacomo n. ....  
Foglio n. 6 Mappale n. 123, 198, 254

In qualità di tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici

Consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'articolo 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (articolo 75 D.P.R. 445/2000);

**DICHIARA**

- che il comune di Pozzolengo....., in cui è sito l'intervento, ricade all'interno dell'area:
  - A: ad alta criticità idraulica
  - B: a media criticità idraulica
  - C: a bassa criticità idraulica
- oppure
- che l'intervento ricade in un'area inserita nel PGT comunale come ambito di trasformazione e/o come piano attuativo previsto nel piano delle regole e pertanto di applicano i limiti delle aree A ad alta criticità
- che la superficie interessata dall'intervento è minore o uguale a 300 m<sup>2</sup> e che si è adottato un sistema di scarico sul suolo, purché non pavimentato, o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio (art. 12, comma 1, lettera a)
- che per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica è stata considerato la portata massima ammissibile per l'area (A/B/C/ambito di trasformazione/piano attuativo). Ambito di Trasformazione....., pari a:
  - 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
  - 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
  - ..... l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, derivante da limite imposto dall'Ente gestore del ricettore .....
- che l'intervento prevede l'infiltrazione come mezzo per gestire le acque pluviali (in alternativa o in aggiunta all'allontanamento delle acque verso un ricettore), e che la portata massima infiltrata dai sistemi di infiltrazione realizzati è pari a l/s ..... , che equivale ad una portata infiltrata pari a ..... l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
- che, in relazione all'effetto potenziale dell'intervento e alla criticità dell'ambito territoriale (rif. articolo 9 del regolamento), l'intervento ricade nella classe di intervento:
  - Classe «0»
  - Classe «1» Impermeabilizzazione potenziale bassa
  - Classe «2» Impermeabilizzazione potenziale media
  - Classe «3» Impermeabilizzazione potenziale alta
- che l'intervento ricade nelle tipologie di applicazione dei requisiti minimi di cui:
  - all'articolo 12, comma 1 del regolamento
  - all'articolo 12, comma 2 del regolamento
- di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* con i contenuti di cui:
  - all'articolo 10, comma 1 del regolamento (casi in cui non si applicano i requisiti minimi)
  - all'articolo 10, comma 2 e comma 3, lettera a) del regolamento (casi in cui si applicano i requisiti minimi)
- di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* conformemente ai contenuti del regolamento, con particolare riferimento alle metodologie di calcolo di cui all'articolo 11 del regolamento;

**ASSEVERA**

- che il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* previsto dal regolamento (articoli 6 e 10 del regolamento) è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto disposto dal piano di governo del territorio, dal regolamento edilizio e dal regolamento;
- che le opere di invarianza idraulica e idrologica progettate garantiscono il rispetto della portata massima ammissibile nel ricettore prevista per l'area in cui ricade il Comune ove è ubicato l'intervento;
  - che la portata massima scaricata su suolo dalle opere realizzate è compatibile con le condizioni idrogeologiche locali;
  - che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione dell'art. 12, comma 1, lettera a) del regolamento;
  - che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione della monetizzazione (art. 16 del regolamento), e che pertanto è stata redatta la dichiarazione motivata di impossibilità di cui all'art. 6, comma 1, lettera d) del regolamento, ed è stato versato al comune l'importo di € .....

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'articolo 13 del Dlgs 196 del 30 giugno 2003, che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Desenzano d/G, 28/10/2022.....

(luogo e data)

Il Dichiarante  
Dott. Geol. Niccolò Crestana

