

Oggetto:

**PIANO DI LOTTIZZAZIONE PR01 "TORRICELLA SOTTO"**

**STUDIO PRELIMINARE DELLE OPERE NECESSARIE AL RISPETTO DEI PRINCIPI  
DI INVARIANZA IDROLOGICA ED IDRAULICA  
(R.R. 23 novembre 2017 n. 7 e s.m.i.)**



**STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE**

25123 BRESCIA - Via T. Olivelli, 5

Tel. 030-3771189 e-mail: [info@studiogeologiaambiente.it](mailto:info@studiogeologiaambiente.it)

Data:

aprile 2020

REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI BRESCIA

**COMUNE DI BRESCIA**

**PIANO DI LOTTIZZAZIONE PR01 “TORRICELLA SOTTO”**

**STUDIO PRELIMINARE DELLE OPERE NECESSARIE AL RISPETTO DEI PRINCIPI  
DI INVARIANZA IDROLOGICA ED IDRAULICA  
(R.R. 23 novembre 2017 n. 7 e s.m.i.)**

**INDICE**

1.	PREMESSA .....	3
2.	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO .....	5
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....	7
3.1.	Inquadramento geologico .....	7
3.2.	Inquadramento idrogeologico e idrografico .....	7
4.	INQUADRAMENTO IDROLOGICO .....	10
4.1.	Calcolo delle precipitazioni di progetto .....	10
5.	CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO E MODALITÀ DI CALCOLO .....	13
5.1.	Ambito territoriale dell'intervento .....	13
5.2.	Superficie dell'intervento .....	13
5.3.	Coefficiente di deflusso medio ponderale e superficie scolante impermeabile .....	14
6.	DEFINIZIONE DI PRIMA ISTANZA DEGLI INTERVENTI DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA .....	16
6.1.	Ricostruzione preliminare dell'assetto stratigrafico e idrogeologico del primo sottosuolo ai fini della dispersione .....	18

6.2. Descrizione della soluzione progettuale preliminare di invarianza idraulica .....	19
6.3. Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei recettori .....	22
6.4. Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica .....	24
7. DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DELLE OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA .....	27
7.1. Dimensionamento dei dispositivi di dispersione .....	27
7.1.1. Metodologia di calcolo .....	27
7.1.2. Risultati del calcolo – Lotto A .....	31
7.1.3. Risultati del calcolo – Lotto B .....	32

ALLEGATO - stratigrafie pozzi e sondaggi limitrofi all'area di indagine

## 1. PREMESSA

Il presente studio è stato eseguito a supporto del Piano di Lottizzazione PR01 “Torricella Sotto” in via Torricella a Brescia, ed è finalizzato ad una individuazione preliminare degli interventi necessari al rispetto dei principi di invarianza idraulica ed idrologica così come contenuti nel R.R. 23 Novembre 2017 n. 7 e s.m.i. “*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)*”.

La finalità dello studio è quella di fornire un primo inquadramento degli aspetti legati all’invarianza idraulica ed idrologica, in relazione agli interventi previsti per il piano di lottizzazione in oggetto, evidenziando anche le possibili misure da adottare per il rispetto dei principi di cui sopra.

Gli interventi individuati in via preliminare dovranno comunque essere oggetto di verifica mediante opportuni approfondimenti da eseguirsi nelle successive fasi progettuali, e confluire in uno specifico Progetto di Invarianza Idraulica e Idrologica redatto ai sensi del R.R. 23 Novembre 2017 n. 7 e s.m.i..

Lo studio si basa sulla ricostruzione geologica, stratigrafica ed idrogeologica dell’area di indagine contenuta nella seguente relazione:

- Relazione geologica di fattibilità a supporto del Piano di Lottizzazione PR01 “Torricella Sotto” (Dott. Geol. D. Gasparetti e Dott. Geol. S. Corradini, aprile 2020).

Il presente lavoro è stato così articolato:

- Descrizione dell’intervento in progetto (vedi capitolo 2).
- Inquadramento geologico e idrogeologico dell’area di intervento (vedi capitolo 3)
- Inquadramento idrologico con la definizione delle piogge di progetto (vedi capitolo 4)
- Classificazione dell’intervento e modalità di calcolo (vedi capitolo 5)
- Definizione di prima istanza degli interventi di invarianza idraulica e idrologica (vedi capitolo 6)

- Dimensionamento preliminare delle opere di invarianza idraulica ed idrologica (vedi capitolo 7)

Il quadro normativo che è stato tenuto presente è il seguente:

- 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)”*.
- R.R. 29 giugno 2018, n. 7, entrato in vigore il 4 luglio 2018;
- R.R. 19 aprile 2019, n. 8, entrato in vigore il 25 aprile 2019.

## 2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

L'area di intervento è posta in via Torricella di Sotto a Brescia nella porzione occidentale del territorio comunale, in sponda idrografica destra rispetto al F. Mella.

Il Piano di Lottizzazione in oggetto si colloca in un'area già edificata (vedi Figura 2.1) e prevede la demolizione degli esistenti capannoni artigianali e la realizzazione di due lotti a destinazione residenziale e della viabilità a corredo.



*Figura 2.1 – Edifici esistenti in corrispondenza dell'area di intervento (sett. 2015 – Google Streetview)*

L'estensione complessiva dell'area privata è pari a 3404.55 m<sup>2</sup>, di cui una porzione a cedere (443.66 m<sup>2</sup>) per la realizzazione delle opere di urbanizzazione consistenti nella realizzazione di un marciapiede con filare alberato, pali di illuminazione e nuovi parcheggi paralleli alla sede viaria.

La superficie fondiaria totale risulta quindi pari a 2960.89 m<sup>2</sup> suddivisa come detto in due lotti funzionali che, in base a quanto indicato dai progettisti nella Tavola Normativa – Planimetria e calcolo superfici (vedi Figura 2.2), possono essere a loro volta distinti in differenti superfici in funzione del grado di permeabilità previsto dal progetto (vedi Tabella 2.1).

Si specifica come tali superfici, derivando da una fase progettuale preliminare, sono state calcolate considerando valori percentuali rispetto alla superficie fondiaria, massimi per le

superfici coperte (44% max) e minimi per quanto riguarda le superfici permeabili (40% min) e il verde profondo (24% min).

Le aree semipermeabili sono state calcolate cautelativamente per differenza tra le massime superfici coperte e il minimo verde profondo risultante.

Per le ragioni esposte, nelle successive fasi progettuali le superfici indicate potranno essere soggette a variazioni, legate alle scelte funzionali dei proprietari dei lotti, che non potranno comunque risultare peggiorative, in tema di superfici impermeabili, rispetto a quanto indicato.

Piano di Lottizzazione PR01 "Torricella Sotto"	Superficie fondiaria (m <sup>2</sup> )	Superficie coperta- 44% max (m <sup>2</sup> )	Aree semipermeabili (m <sup>2</sup> )	Verde profondo- 24% min (m <sup>2</sup> )
Lotto A	1039.8	457.51	332.74	249.55
Lotto B	1921.09	845.28	614.75	461.06
<b>TOTALE</b>	<b>2960.89</b>	<b>1302.79</b>	<b>947.49</b>	<b>710.61</b>

Tabella 2.1 – Suddivisione dei lotti in superfici a differente permeabilità

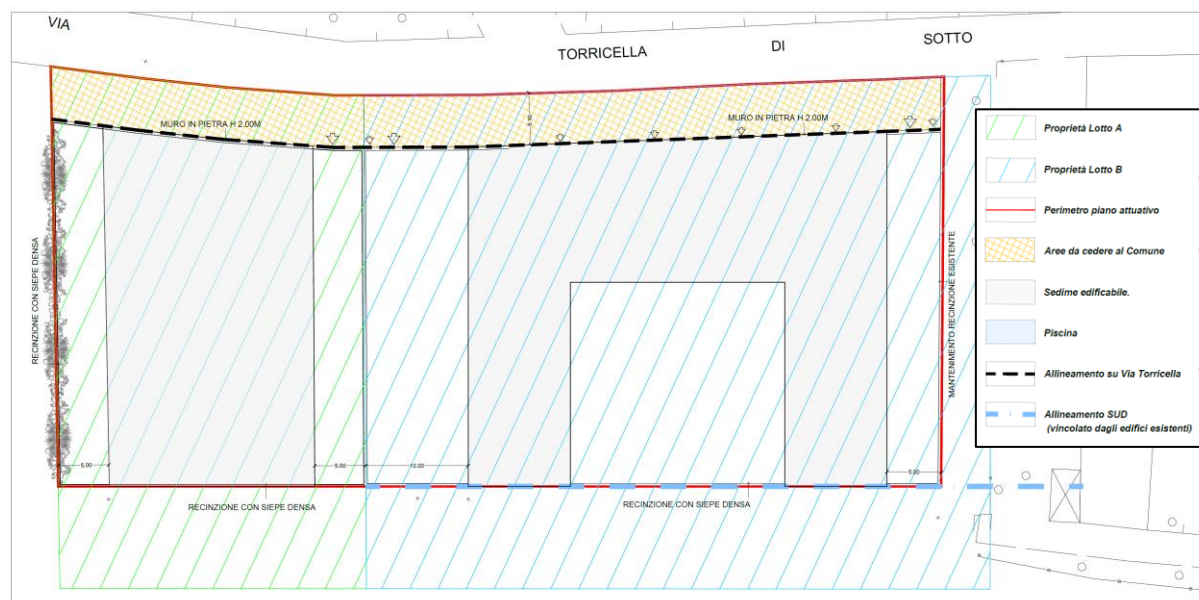


Figura 2.2 – Stralcio Tavola Normativa – Planimetria e calcolo superfici (04/2020 Arch. G. Marrelli) con individuazione dell'area di lottizzazione e la suddivisione nei due lotti funzionali.

### **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

Nel presente capitolo si descrivono sinteticamente le caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito come riportate nello studio geologico comunale.

#### **3.1. Inquadramento geologico**

L'area è localizzata in un settore urbanizzato dove la superficie è pianeggiante.

I depositi presenti in zona sono classificati come alluvioni antiche: terreni ghiaioso sabbiosi e limosi con strato di alterazione superficiale argilloso non più presente nelle zone urbanizzate in quanto sostituito da terreno di riporto.

L'originario strato superficiale potrebbe essere stato parzialmente o integralmente asportato e sostituito o mescolato con materiale di presumibile origine antropica per la formazione della strada, dei piazzali, fondazioni, sottoservizi ecc...

Lo strato naturale limoso argilloso e lo strato superficiale rimaneggiato potrebbero avere in zona complessivamente uno spessore di circa 3 m da p.c. (vedi stratigrafie pozzi e sondaggi in allegato).

Al di sotto si rilevano terreni granulari costituiti da ghiaia e sabbia con limo con rari ciottoli; lo spessore di questa unità è di circa 40 metri. Lenti più francamente limose e argillose possono essere presenti a quote diverse in profondità.

#### **3.2. Inquadramento idrogeologico e idrografico.**

Il piano di lottizzazione prevede la possibilità di realizzare almeno un piano interrato e la dispersione delle acque bianche nel sottosuolo.

I dati bibliografici (revisione PGT 2017) segnalano la falda principale in corrispondenza del sito alla profondità di circa 118/119 m s.l.m. in periodo di alto piezometrico; il piano campagna è a circa 150 m s.l.m.. La falda si trova di conseguenza ad una profondità > di 30 m dal piano di appoggio delle fondazioni dirette in caso di falda alta.

Per quanto riguarda la possibile dispersione nel sottosuolo delle acque bianche si evidenzia che i risultati di alcune prove di permeabilità eseguite in via Chiusure nei pressi dell'area di indagine hanno restituito i seguenti risultati, considerati come puramente indicativi per l'area di indagine.



Prove Lefranc	Prof. in m	Natura del terreno	K (m/s)
S1	4.6	Ghiaia con sabbia deb. ciottolosa	$4 \cdot 10^{-5}$
S2	6.1	Ghiaia con sabbia deb. ciottolosa	$2 \cdot 10^{-5}$

I risultati delle prove in altri siti indicano un valore di permeabilità relativa “medio” che è coerente con le caratteristiche granulometriche del terreno indagato ed è coerente con i dati bibliografici ricavati da prove eseguite in comune di Brescia nella stessa unità litologica.

In sede di redazione del Progetto di Invarianza Idrogeologica e idraulica (R.R. 23 novembre 2017 n.7 e s.m.i.) dovranno essere eseguite delle dettagliate indagini litologiche ed idrogeologiche, al fine di definire il coefficiente di permeabilità delle singole unità litologiche, che sarà utilizzato per eseguire un corretto dimensionamento definitivo dei sistemi disperdenti.

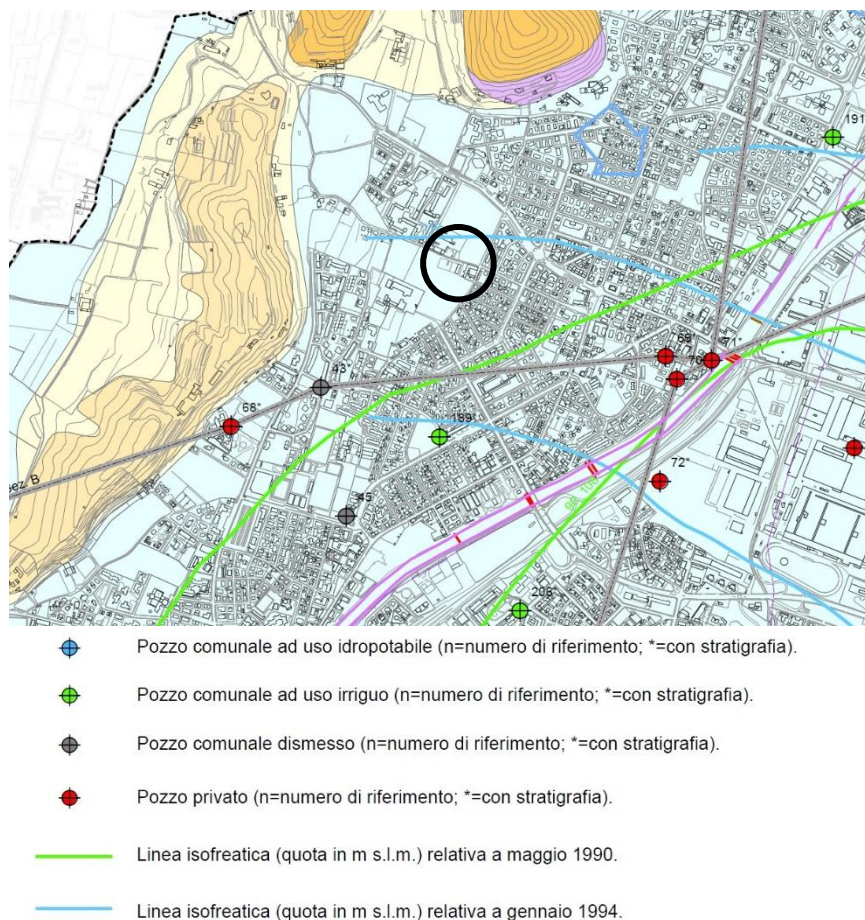
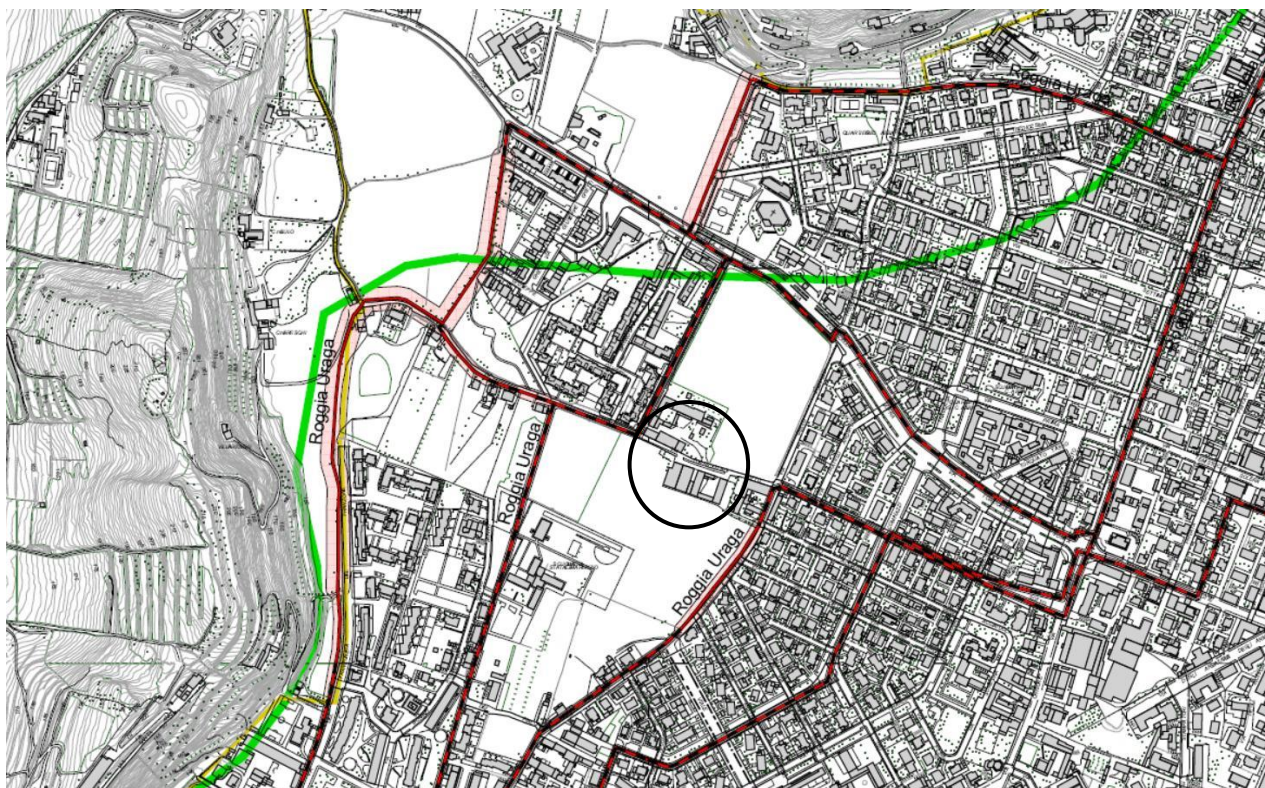


Figura 3.1: stralcio della Carta idrogeologica del PGT vigente

Il lotto si sviluppa in prossimità della Roggia Uruga e precisamente sulla sponda orografica destra; in passato l'acqua della Roggia irrigava attraverso canali artificiali o colatori naturali i terreni agricoli a sud dei capannoni artigianali esistenti.



*Figura 3.2: stralcio della Carta del Reticolo Idrico Minore del Comune di Brescia a cura del Dr. Ing. Giuseppe Rossi*

La roggia potrebbe rappresentare un naturale recapito delle acque bianche in alternativa parziale o totale alla dispersione nel sottosuolo delle acque bianche previa autorizzazione del gestore della Roggia.

Nell'area non sono presenti vincoli di carattere idrogeologico (ad esempio zona di rispetto di pozzi pubblici), vincoli legati alla presenza di fasce di rispetto del RIM, o vincoli sovracomunali legati alla Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA – PAI).

Il lotto rientra, come gran parte del territorio cittadino, nella FASCIA C del PAI del Fiume Mella, che corrisponde alle aree allagabili da una piena catastrofica. La Fascia C non è stata normata all'interno dello strumento urbanistico comunale in quanto rappresenta una situazione irrealistica.

#### **4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO**

Per qualsiasi valutazione di tipo idrologico è necessario eseguire una quantificazione degli apporti, ovvero delle precipitazioni ritenute significative per l'area oggetto di intervento.

Non tutte le precipitazioni concorrono infatti nel calcolo in quanto eventi prolungati e di modesta entità, come la maggior parte dei casi, non sviluppano quantitativi significativi da smaltire. Sono infatti le cosiddette "precipitazioni intense" che forniscono la principale sollecitazione idrometeorologica sul territorio; la loro previsione è un requisito essenziale per valutare il rischio idrologico dal punto di vista strettamente alluvionale.

Per eseguire queste elaborazioni sono indispensabili serie storiche di osservazioni che attualmente sono condotte da diversi enti sul territorio. I dati raccolti devono poi essere elaborati statisticamente e probabilisticamente per potere individuare la distribuzione spaziale e temporale dei valori delle precipitazioni e i probabili valori futuri di notevole intensità.

I dati maggiormente significativi, normalmente raccolti nelle reti pluviometriche dei vari servizi idrologici nazionali, riguardano le precipitazioni giornaliere misurate ogni 24 ore e le registrazioni continue.

Da queste registrazioni continue vengono ricavate le precipitazioni di notevole intensità e varia durata, dall'elaborazione delle quali è possibile ottenere le relazioni che permettono di formulare previsioni sui valori particolarmente intensi, in funzione della durata e per un prefissato tempo di ritorno  $T_R$ .

Va specificato che il tempo di ritorno  $T_R$  è l'intervallo massimo di tempo, in anni, che può trascorrere in via probabilistica affinché il valore di una precipitazione o di un'altra grandezza idrologica possa essere uguagliato o superato e costituisce quindi un indicatore di rischio.

##### **4.1. Calcolo delle precipitazioni di progetto**

La definizione delle piogge di progetto da utilizzare per le valutazioni e i calcoli inerenti al dimensionamento delle opere necessarie al rispetto del principio di invarianza idraulica, è contenuta nel R.R. 23 Novembre 2017 n. 7 e s.m.i. (art. 11, comma 2, lettera b) in cui si prescrive di fare riferimento ai parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica elaborati da ARPA Lombardia e disponibili sul sito [www.idro.arpalombardia.it](http://www.idro.arpalombardia.it).

Le informazioni sulla pluviometria dell’area di interesse sono riassunte nei parametri “a” e “n” della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica, che relaziona le altezze di pioggia con le durate di pioggia per un dato tempo di ritorno, attraverso l’espressione:

$$h = a \cdot t^n$$

dove:

- “h” è l’altezza d’acqua corrispondente ad un evento di durata t (mm)
- “t” è la durata dell’evento (ore)
- “a” (mm/ora) e “n” sono i parametri caratteristici della curva dipendenti dalle caratteristiche meteoriche della zona e dal valore del tempo di ritorno  $T_R$ .

Per curva di possibilità pluviometrica si intende quella curva che rappresenta l’insieme dei punti con la stessa probabilità di non essere superati.

Per la determinazione della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica relativa all’area d’interesse è stata eseguita un’elaborazione statistica dei dati pluviometrici della stazione più rappresentativa attraverso i dati del servizio meteorologico di ARPA. Attraverso l’applicativo fornito dall’Agenzia è infatti possibile definire i diversi parametri idrologici necessari all’elaborazione per tutto il territorio lombardo.

Con riferimento all’area di Brescia, ove si colloca l’area oggetto di intervento, si ottengono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica riportati in seguito (vedi Tabelle 4.1 e 4.2).

<b>Parametri linee segnalatrici di probabilità pluviometrica 1-24 ore</b>				
<b>Tempo di ritorno <math>T_R</math> (anni)</b>	<b>A1</b>	<b><math>W_T</math></b>	<b><math>a = A1 * W_T</math></b>	<b>n</b>
2	28.15	0.935031492	26.321	0.28
5	28.15	1.261804035	35.520	0.28
10	28.15	1.482163953	41.723	0.28
20	28.15	1.696590197	47.759	0.28
50	28.15	1.978650101	55.699	0.28
100	28.15	2.193398855	61.744	0.28
200	28.15	2.410291708	67.850	0.28

*Tabella 4.1:* Parametri relativi alle curve di possibilità pluviometrica per Brescia Via Torricella con piogge di durata compresa tra 1 e 24 ore (Dati ARPA Lombardia).

<b>Parametri linee segnalatrici di probabilità pluviometrica <u>1-5 giorni</u></b>				
<b>Tempo di ritorno <math>T_R</math> (anni)</b>	<b>A1</b>	<b><math>W_T</math></b>	<b><math>a = A1 * W_T</math></b>	<b>n</b>
2	19.69	0.93250608	18.364	0.3424
5	19.69	1.208681	23.803	0.3424
10	19.69	1.402516	27.620	0.3424
20	19.69	1.601169	31.532	0.3424
50	19.69	1.896425	37.346	0.3424
100	19.69	2.1312699	41.971	0.3424
200	19.69	2.387991	47.027	0.3424

Tabella 4.2: Parametri relativi alle curve di possibilità pluviometrica per Brescia Via Torricella con piogge di durata compresa tra 1 e 5 giorni (Dati ARPA Lombardia).

Per eventi di durata inferiore all'ora, gli allegati tecnici al Regolamento Regionale 7 n. 2017 consigliano di utilizzare le curve relative alle piogge di durata inferiore a 24 ore, utilizzando però un valore di n pari a 0.5. Il fatto che le piogge di durata inferiore a 24 ore siano descritte da curve diverse da quelle relative a piogge di durata superiore al giorno dà ragione del fatto che l'andamento delle piogge affluenti su un bacino presenta un punto di discontinuità proprio in corrispondenza dell'evento di 24 ore.

Ai fini del dimensionamento delle opere di invarianza idraulica il Regolamento prescrive (art. 11, comma 2, lettera a), punto 1) di fare riferimento all'evento cinquantennale.

Il medesimo Regolamento però prescrive anche che il tempo di ritorno centennale debba essere adottato (art. 11, comma 2, lettera a) punto 2) “...per la verifica del grado di sicurezza delle opere come sopra dimensionate. Tale verifica è mirata a valutare che, in presenza di un evento con  $T$  100, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno...”

Risulterà quindi necessario valutare se i volumi in eccesso rispetto all'evento cinquantennale possano essere contenuti direttamente nelle opere di invarianza idraulica previste o se siano disponibili volumi potenzialmente allagabili senza danni in caso di evento con tempo di ritorno centennale. In caso contrario il dimensionamento delle opere dovrà far fronte ad un evento centennale.

## 5. CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO E MODALITÀ DI CALCOLO

Il Regolamento Regionale indica le modalità sia di classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrogeologica, sia di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto dell'invarianza idraulica e idrologica.

I parametri da valutare per tale classificazione riguardano la superficie dell'intervento, il coefficiente di deflusso medio ponderale e l'ambito territoriale in cui si inserisce l'intervento.

### 5.1. Ambito territoriale dell'intervento

In riferimento a quest'ultimo aspetto il territorio regionale è stato suddiviso in tre macroaree in funzione del livello di criticità dei bacini dei corsi d'acqua recettori. Le aree sono le seguenti:

- *“aree A (ad alta criticità idraulica) comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C al Regolamento, ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell'allegato B”;*
- *“aree B (a media criticità idraulica) comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C al Regolamento, non rientranti nelle aree A e ricadenti, anche parzialmente, all'interno dei comprensori di bonifica e irrigazione”;*
- *“aree C (a bassa criticità idraulica) comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e B”.*

Il Comune di Brescia ricade nella classe “aree A – alta criticità idraulica”.

### 5.2. Superficie dell'intervento

Per quanto riguarda la superficie dell'intervento il Regolamento indica come in tale superficie debbano rientrare anche le superfici occupate dagli interventi finalizzati al rispetto dell'invarianza idraulica ed idrologica.

Ai fini della definizione della superficie interessata dall'intervento, lo stesso deve inoltre essere considerato nella sua unitarietà e non può essere frazionato.

Per tale ragione è stata considerata come superficie dell'intervento la superficie fondiaria complessiva dei due lotti pari a 2960.89 m<sup>2</sup> (vedi capitolo 2).

### 5.3. Coefficiente di deflusso medio ponderale e superficie scolante impermeabile

Il coefficiente di deflusso medio ponderale rappresenta il risultato dei diversi apporti per tipologia di superficie (impermeabile, semipermeabile, permeabile) come indicati nella tabella seguente:

<i>Tipologia di superficie</i>	<i>Superficie (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Coefficiente di deflusso <math>\psi_i</math></i>	<i>Superfici scolanti impermeabili (m<sup>2</sup>)</i>
Aree a verde	710.61	0.3	213.18
Aree semipermeabili	947.49	0.7	663.24
Coperture	1302.79	1.0	1302.79

*Tabella 5.1 – Suddivisione area di intervento per tipologie di superfici impermeabili*

Il coefficiente di deflusso medio ponderale  $\psi_{mp}$  sarà dato dalla media pesata dei singoli coefficienti di deflusso rispetto alle superfici interessate e nel caso in esame risulta pari a:

$$\underline{\psi = 0.736}$$

In questa fase progettuale non sono note le quote finali delle aree destinate a verde rispetto al resto delle superfici scolanti, né la loro ubicazione definitiva così come il loro possibile collettamento o l'eventuale interferenza parziale col piano interrato previsto.

Per tale ragione, non sapendo se tali aree possano o meno contribuire al deflusso di piena a causa della saturazione temporanea dello strato più superficiale, sono state interamente contabilizzate nel calcolo delle superfici scolanti utilizzando il coefficiente di deflusso  $\psi_i = 0.3$ .

Nelle successive fasi progettuali tale conteggio dovrà essere soggetto a verifica scorporando quelle porzioni di verde profondo che effettivamente non contribuiscano al deflusso di piena.

In base alla tabella riportata è inoltre possibile calcolare anche la superficie scolante impermeabile interessata dall'intervento che risulta utile sia per la definizione dei valori massimi di portata meteorica scaricabile nei recettori (vedi § 6.3) sia nel calcolo dei volumi minimi di invaso (vedi § 6.4).

Nel caso in esame la superficie scolante impermeabile interessata dall'intervento risulta pari a:

$$S_{si} = 2179.22 \text{ m}^2$$

Sulla base dei parametri indicati è possibile classificare l'intervento in oggetto e definire le modalità di calcolo da applicare all'intervento utilizzando la seguente tabella, tratta dal Regolamento (vedi Tabella 5.2).

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree 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 300mq a ≤1000mq)	≤ 0.4	Requisiti minimi art. 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da 300mq a ≤1000mq)	> 0.4	Metodo di sole piogge (Vedi art. 11 comma 2, lettera d)	Requisiti minimi art. 12 comma 2
		da > 0.1 a ≤ 1 ha (da 1000mq a ≤10000mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da 10000mq a ≤100000mq)	≤ 0.4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da 10000mq a ≤100000mq)	>0.4	Procedura dettagliata (Vedi art. 11 comma 2 lettera d)	
		> 10 ha (>100000mq)	qualsiasi		

Tabella 5.1 – Individuazione Classe dell'intervento e modalità di calcolo

In base a quanto riportato in Tabella 5.1, l'intervento si classifica come ad impermeabilizzazione potenziale media (estensione 2960.89 m<sup>2</sup>) e la modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrogeologica consiste nel metodo di sole piogge (vedi § 7.1).



## **6. DEFINIZIONE DI PRIMA ISTANZA DEGLI INTERVENTI DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA**

Il Regolamento Regionale 23 Novembre 2017 n. 7 e s.m.i. contiene una serie ampia e dettagliata di prescrizioni e indicazioni finalizzate alla definizione degli interventi e al dimensionamento delle opere atte a garantire il rispetto dei principi di invarianza idraulica ed idrologica degli interventi.

Tali principi, riassunti all'Art. 2 comma 1 lettere a) e b) del medesimo Regolamento, fanno riferimento alle seguenti definizioni:

a) invarianza idraulica: *principio in base al quale le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione, di cui all'articolo 58 bis, comma 1, lettera a), della l.r. 12/2005;*

b) invarianza idrologica: *principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione, di cui all'articolo 58 bis, comma 1, lettera b), della l.r. 12/2005;*

Ai sensi della legge 12 del 2005 e s.m.i., Art. 58 bis, sono soggetti al principio di invarianza idraulica ed idrologica gli interventi edilizi definiti dall'articolo 3, comma 1, lettere d), e) ed f) del D.P.R. n. 380/2001 e tutti gli interventi che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione.

Il Regolamento dichiara esplicitamente come il controllo e la gestione delle acque pluviali debba essere effettuato, ove possibile, mediante sistemi che garantiscano l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso e solo nell'impossibilità di tale gestione mediante lo scarico controllato in corso d'acqua o in rete fognaria.

Il Regolamento definisce inoltre una classificazione delle priorità delle modalità di smaltimento delle acque meteoriche. Tale indicazione è contenuta all'art. 5 comma 3, che si riporta per esteso:

*3. Lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine decrescente di priorità:*

a) mediante il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto;

b) mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio (PGT) comunale;

c) scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale, con i limiti di portata di cui all'articolo 8;

d) scarico in fognatura, con i limiti di portata di cui all'articolo 8.

In base a quanto sopra il Regolamento individua come destinazione privilegiata per gli apporti meteorici l'infiltrazione (fatto salvo il riutilizzo che, per una questione di volumi e disponibilità degli accumuli nella maggior parte dei casi non può essere considerato come la destinazione di tutti gli apporti meteorici).

Al fine di valutare la possibilità effettiva di garantire un'efficiente possibilità di dispersione nel suolo o nel sottosuolo il Regolamento prescrive esplicitamente la necessità di analisi conoscitive sulle caratteristiche di permeabilità dei suoli.

A tal fine esso prescrive (art. 11, comma 2, lettera c), punto 3) che tali analisi si basino sulle conoscenze e su quanto previsto dagli strumenti di pianificazione regionali e provinciali di settore, nonché nella componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. comunale.

Tale livello di approfondimento risulta idoneo solo per l'attuale fase di definizione preliminare degli interventi da adottare.

Per tale ragione risulterà necessario effettuare opportuni approfondimenti sia di carattere stratigrafico che idrogeologico mediante indagini sito specifiche in modo da verificare i presupposti assunti in questa sede ed eventualmente modificarli, in senso migliorativo o peggiorativo.

### **6.1. Ricostruzione preliminare dell’assetto stratigrafico e idrogeologico del primo sottosuolo ai fini della dispersione**

Sulla base dell’assetto geologico stratigrafico e idrogeologico riportato nel capitolo 3 la stratigrafia del sottosuolo ai fini del processo di infiltrazione può essere in questa fase semplificata in tre unità:

- Unità 1 da p.c. a circa 1.0 m caratterizzata da terreni rimaneggiati e/o riportati. Ai fini di una possibile infiltrazione nel sottosuolo il contributo di tale unità alla dispersione può cautelativamente essere considerato trascurabile.
- Unità 2 da 1.0 m a circa 3.0 m caratterizzata da una miscela eterogenea di terreni fini limoso argillosi scarsamente idonei alla dispersione dell’acqua per filtrazione nel sottosuolo.
- Unità 3 da 3.0 m a circa 10-15 m costituita da ghiaie e sabbie in matrice limosa. Questa unità è idonea alla dispersione delle acque di filtrazione nel sottosuolo.

Ai fini della definizione preliminare dell’intervento più idoneo per il rispetto dei principi di invarianza idraulica ed idrologica sono stati attribuiti a tali unità i seguenti valori di permeabilità (vedi capitolo 3):

- Unità 1 - da 0 a 1.0 m da p.c. -  $k = 0 \text{ m/s}$
- Unità 2 - da 1.00 a 3.0 m da p.c. -  $k = 1 * 10^{-6} \text{ m/s}$
- Unità 3 - da 3.00 a 15.0 m da p.c. -  $k = 4 * 10^{-5} \text{ m/s}$

I valori di permeabilità indicati sono stati assunti sulla base dei dati bibliografici disponibili (vedi capitolo 3) e adottando un criterio di ragionevolezza, nonché di cautela, in funzione della variabilità dei depositi granulari presenti in sito.

In considerazione dell’importanza che assumono il parametro “permeabilità” e l’assetto stratigrafico del primo sottosuolo nella definizione e nel dimensionamento delle opere per l’invarianza idraulica ed idrologica si ribadisce la necessità di eseguire, in fase di progettazione esecutiva, prove in situ per la loro determinazione puntuale.

## **6.2. Descrizione della soluzione progettuale preliminare di invarianza idraulica**

In base all'assetto stratigrafico ed idrogeologico del primo sottosuolo descritto la soluzione progettuale di invarianza idraulica proposta in via preliminare è:

- smaltimento delle acque meteoriche per infiltrazione negli strati superficiali del sottosuolo mediante l'uso di pozzi perdenti.

Nella definizione delle opere di invarianza si è tenuto conto delle seguenti ipotesi progettuali e condizioni al contorno che dovranno essere oggetto di rivalutazione in fase esecutiva:

1. Le caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti in situ (con capacità da nulle a scarse nello strato compreso fra 0 e 3 metri) impone la realizzazione di manufatti aventi una profondità di 5.0 m rispetto a p.c., così da intercettare gli strati di terreno a permeabilità maggiore.

Questo comporta la necessità di realizzare i pozzi perdenti in una posizione che consenta l'esecuzione degli scavi in profondità garantendo la stabilità delle pareti (quindi con declivio molto ridotto).

2. In considerazione della suddivisione del piano di lottizzazione in due lotti funzionali (vedi Figura 2.2) e dell'opportunità di evitare servitù a carico di uno o più proprietari tra i lotti si è optato per la realizzazione di due campi pozzi distinti (uno a servizio del Lotto A e uno del Lotto B).

Il considerare i due lotti come entità separate, oltre a rispondere ad una logica funzionale è anche a favore di sicurezza in quanto comporta che ciascuno soddisfi in proprio i requisiti sia relativamente ai valori massimi ammissibili di portata scaricabile nei recettori (vedi § 6.3) sia per quanto riguarda il rispetto dei requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica (vedi § 6.4) senza poter sfruttare la ridondanza di uno per compensare l'eventuale deficienza dell'altro.

La realizzazione di due campi pozzi distinti risulta inoltre la soluzione ottimale per quanto riguarda l'efficienza del sistema di dispersione in quanto permette di limitare la sovrapposizione dei coni di influenza dei pozzi stessi aumentandone l'efficienza rispetto alla situazione in cui i pozzi siano tutti concentrati in un unico luogo.

3. Si prevede l'accumulo e lo smaltimento delle acque meteoriche mediante dispositivi di dispersione costituiti da pozzi di diametro pari a 1.5 m circondati da uno strato drenante di 1.0 m per lato.

Per ciascun lotto i pozzi saranno riuniti in file, con ogni manufatto posto ad una distanza di 1.5 m dal limitrofo secondo lo schema seguente:

- Lotto A – 3 manufatti di diametro pari a 1.5 m profondi 5.0 m dal p.c. per un corrispondente ingombro medio del campo pozzi pari a 3.5 x 9.5 m.
- Lotto B – 6 manufatti di diametro pari a 1.5 m profondi 5.0 m dal p.c. per un corrispondente ingombro medio del campo pozzi pari a 3.5 x 18.5 m.

Le aree dei campi pozzi non occupate dai manufatti saranno riempite con ghiaione (di pezzatura compresa tra 50 e 150 mm) così da aumentare il volume invasabile nel campo mediante i vuoti del dreno.

4. La presenza a livello progettuale di un piano interrato impone particolare attenzione nel posizionamento dei dispositivi di dispersione in maniera da evitare il rischio di interferenza tra le pareti degli interrati stessi e le aree di diffusione delle acque infiltrate.

Qualora il progetto esecutivo non consenta di posizionare i due campi pozzi con un margine di sicurezza sufficientemente alto rispetto al piano interrato si dovrà prevedere un'ideale impermeabilizzazione del piano interrato stesso.

In alternativa potrà essere anche valutata l'ipotesi di posizionare i due campi pozzi in corrispondenza del piano interrato stesso. Tale soluzione eviterebbe il problema dell'interferenza, ma potrebbe comportare una serie di difficoltà logistiche legate ad esempio al posizionamento delle camerette di ispezione dei pozzi perdenti, funzionali alla loro manutenzione, e alla realizzazione di un sistema di troppo pieno con recapito ad esempio in corpo idrico superficiale (vedi § 6.3) che tuteli il piano interrato dalla possibilità di allagamento in caso di malfunzionamenti del sistema o di eventi meteorici con tempo di ritorno > 100 anni.

Qualora in fase esecutiva emergesse l'impossibilità di realizzare i campi pozzi con le caratteristiche indicate per l'assenza di spazi idonei si potrà valutare un'eventuale riduzione dei dispositivi stessi (sempre rispettando comunque i requisiti minimi) e la realizzazione di uno scarico in corpo idrico superficiale (vedi § 6.3).

4. Nelle ipotesi di progetto non è stata presa in considerazione la porzione dei lotti in cessione (443.66 m<sup>2</sup> – vedi capitolo 2) a servizio delle aree di urbanizzazione che dovranno essere dotate di un proprio sistema di dispersione opportunamente progettato, la cui manutenzione ricadrà verosimilmente sull’Amministrazione comunale, o di uno scarico in rete.
5. Non si prevede la possibilità di scarico delle acque di troppo pieno da parte dei lotti in oggetto all’interno della rete di urbanizzazione anche per quanto esplicitamente previsto dal regolamento AATO.

Tale possibilità potrà essere presa in esame in sede di progettazione esecutiva dell’intervento solo qualora particolari condizioni di situ costringano a limitare il numero dei pozzi a servizio dei lotti rispetto a quanto necessario e non sia possibile reperire ulteriori volumi di invaso o attivare uno scarico in corpo idrico superficiale;

6. Ai fini dell’invaso delle acque meteoriche eccedenti la capacità di infiltrazione dei dispositivi previsti a progetto si è considerato solo il volume dei pozzi perdenti nonché dello strato drenante previsto intorno ai manufatti.

Si è quindi trascurata la capacità di invaso nella rete (che potrebbe allo scopo essere opportunamente incrementata sovradimensionando le tubazioni sub-orizzontali dirette ai pozzi) nonché la quota-parte delle acque che tende ad accumularsi in superficie in quelli che comunemente vengono definiti “piccoli invasi”: tale accumulo viene usualmente quantificato in 0.004 – 0.006 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> di superfici piane.

7. Si è previsto che, alla fine dell’evento meteorico di dimensionamento, tutta l’acqua meteorica defluita in superficie (dedotta pertanto la porzione infiltrata nelle aree verdi o in quelle semipermeabili e che non genera deflusso) e non dispersa durante l’evento attraverso i pozzi perdenti, sia stoccata all’interno dei pozzi medesimi.

Non si è pertanto prevista la possibilità di un accumulo accessorio delle acque meteoriche in aree verdi opportunamente ribassate rispetto a p.c.

Tale possibilità viene demandata alla fase esecutiva, qualora le esigenze architettoniche di realizzazione dell’intervento obbligassero a ridurre il numero di pozzi perdenti rispetto a quanto previsto nella presente relazione preliminare o qualora le effettive caratteristiche stratigrafiche e/o di permeabilità riscontrate in situ comportassero una minore efficienza dei pozzi rispetto a quanto previsto.

In questo caso la progettazione esecutiva delle opere di invarianza potrebbe utilizzare la porzione agricola, posta in corrispondenza del confine sud del Piano di Lottizzazione, avente una superficie di 1105.01 m<sup>2</sup> così suddivisa tra i due lotti:

- Lotto A – 300.66 m<sup>2</sup>
- Lotto B – 804.35 m<sup>2</sup>

8. Non si è previsto lo scarico di parte delle acque meteoriche afferenti al sistema di raccolta e dispersione in corpo idrico superficiale o in rete fognaria.

Tale possibilità potrà essere presa in esame (vedi § 6.3) in sede di progettazione esecutiva preferibilmente solo come ulteriore sicurezza per il sistema di dispersione e sulla base dei seguenti presupposti:

- dovrà costituire uno scarico di troppo pieno e dovrà attivarsi solo per eventi con tempo di ritorno > 100 anni.
  - dovrà essere preventivamente autorizzato dall'Ente titolare delle competenze in materia di polizia idraulica o di gestione del recapito (Regione, Comune, Consorzio di Bonifica, Consorzio privato, Ente gestore della rete fognaria).
9. In sede di progettazione esecutiva delle opere di invarianza idraulica e delle tubazioni di raccolta dovrà essere previsto, in ottemperanza alle indicazioni del Regolamento in merito alle priorità da adottare per lo smaltimento dei volumi invasati, la predisposizione di un volume a servizio di ciascun lotto per lo stoccaggio temporaneo e il riuso dell'acqua per l'irrigazione delle aree verdi.

### **6.3. Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei recettori**

Nel caso in cui in sede di progettazione esecutiva il dimensionamento delle opere non risultasse sufficiente a garantire l'infiltrazione nel terreno dei volumi necessari e qualora non fosse percorribile la possibilità di laminare una parte dei volumi nell'area agricola (vedi ipotesi di progetto § 6.2) sarà necessario prevedere uno scarico in corpo idrico superficiale.

A tale scopo potrebbe essere utilizzato uno dei rami della Roggia Uruga che scorre nei pressi dell'area di lottizzazione (vedi capitolo 3).

Il Regolamento (art. 8) limita la possibilità di scarico nei recettori fornendo dei valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile (vedi Tabella 6.1) in funzione dell’ambito territoriale dell’intervento (vedi § 5.1).

Ambito Territoriale	Portata massima scaricabile (l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell’intervento)
Aree A	10
Aree B	20
Aree C	20

Tabella 6.1 – Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei recettori

Ricadendo il piano di lottizzazione in oggetto in area A (vedi § 5.1) la portata massima scaricabile risulta pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell’intervento (vedi § 5.3).

Risultando questa pari a 2179.22 m<sup>2</sup> (0.2179216 ha) risulterebbe una portata massima scaricabile pari a:

$$Q_{\max} = 2.2 \text{ l/s}$$

Nell’ottica già descritta di mantenere separata la gestione dei due lotti esistenti per quanto riguarda il tema dell’invarianza è stata rivalutata la portata massima scaricabile calcolando la superficie scolante impermeabile di ciascun lotto secondo quanto riportato nelle tabelle seguenti (vedi anche § 5.3).

Lotto A			
Tipologia della superficie	Superficie (m <sup>2</sup> )	Coefficiente di deflusso $\psi$	Superficie scolante impermeabile (m <sup>2</sup> )
Aree a verde	249.55	0.3	74.87
Aree semipermeabili	332.74	0.7	232.92
Coperture	457.51	1.0	457.51
<b>Superficie scolante impermeabile Lotto A</b>			<b>765.29</b>

Tabella 6.2 - calcolo superficie scolante impermeabile Lotto A



<b>Lotto B</b>			
Tipologia della superficie	Superficie (m <sup>2</sup> )	Coefficiente di deflusso $\psi$	Superficie scolante impermeabile (m <sup>2</sup> )
Aree a verde	461.06	0.3	138.32
Aree semipermeabili	614.75	0.7	430.33
Coperture	845.28	1.0	845.28
<b>Superficie scolante impermeabile Lotto B</b>			<b>1413.92</b>

Tabella 6.3 - calcolo superficie scolante impermeabile Lotto B

In base a quanti sopra riportato le portate massime scaricabili per ciascun lotto risultano pari a:

- $Q_{max} = 0.8$  l/s – LOTTO A
- $Q_{max} = 1.4$  l/s – LOTTO B

Il Regolamento specifica in ogni caso che è facoltà del gestore del recettore (Regione, Comune, Consorzio di Bonifica o privato, Ente Gestore della rete fognaria) imporre limiti allo scarico più restrittivi di quelli sopra indicati qualora sia limitata la capacità idraulica del recettore stesso o ai fini della funzionalità del sistema di raccolta e depurazione delle acque reflue.

#### **6.4. Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica**

Il Regolamento indica come nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenzialmente bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati a impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità (vedi Tabella 5.1) sia necessario soddisfare dei requisiti minimi consistenti nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione dimensionati adottando i valori parametrici del volume minimo di invaso riportati nella Tabella 6.4.

L'intervento in oggetto, come indicato al § 5.3, è classificato invece come ad impermeabilizzazione potenziale media ricadente nell'ambito territoriale ad alta criticità per il quale è previsto, come detto, il calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica col metodo delle sole piogge.

Il Regolamento chiarisce però come il rispetto dei requisiti minimi sia da applicarsi anche ad interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti negli ambiti territoriali ad alta e media criticità qualora il volume risultante dai calcoli fosse minore.

Ambito Territoriale	<u>Volume di laminazione minimo</u> (m <sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento)
Aree A	800*
Aree B	500
Aree C	400

Tabella 6.4 – Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei recettori

\* Nel caso di interventi in ambito territoriale A – ad alta criticità il volume minimo di laminazione per ettaro di superficie scolante impermeabile va moltiplicato per un coefficiente correttivo “P” il cui valore è riportato nell’allegato C al Regolamento. Per il Comune di Brescia il valore del coefficiente “P” è pari a 0.8.

Ricadendo quindi il piano di lottizzazione in oggetto in area A (vedi § 5.1) il volume di laminazione minimo risulta pari a 800 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile dell’intervento moltiplicato per 0.8 (vedi § 5.3).

Risultando questa pari a 2179.22 m<sup>2</sup> risulta il volume minimo di invaso riportato in Tabella 6.5.

Superficie scolante impermeabile (ha)	0.2179216
Classe A (m <sup>3</sup> /ha)	800
Coefficiente riduttivo "P"	0.8
Volume minimo invaso (m <sup>3</sup> )	<b>139.47</b>

Tabella 6.5 – Volume minimo di invaso per l'intero piano di lottizzazione

Sempre nel criterio di mantenere separata la gestione dei due lotti esistenti per quanto riguarda il tema dell’invarianza è stato rivalutato il volume minimo di invaso, così come fatto per la portata massima scaricabile, utilizzando la superficie scolante impermeabile di ciascun lotto secondo quanto riportato nelle tabelle del paragrafo precedente (vedi § 6.3).

In base a quanto sopra si ottengono i volumi minimi di invaso per ciascun lotto riportati nelle tabelle seguenti.

<b>LOTTO A</b>	
Superficie scolante impermeabile (ha)	0.0765293
Classe A (m <sup>3</sup> /ha)	800
Coefficiente riduttivo "P"	0.8
Volume minimo invaso (m <sup>3</sup> )	<b>48.98</b>

*Tabella 6.6 – Volume minimo di invaso per il Lotto A*

<b>LOTTO B</b>	
Superficie scolante impermeabile (ha)	0.1413923
Classe A (m <sup>3</sup> /ha)	800
Coefficiente riduttivo "P"	0.8
Volume minimo invaso (m <sup>3</sup> )	<b>90.49</b>

*Tabella 6.7 – Volume minimo di invaso per il Lotto B*

Il volume di laminazione da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica ed idrologica di ciascun lotto sarà il maggiore tra quello risultante dai calcoli (vedi capitolo 7) e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo (vedi Tabelle 6.6 e 6.7).

Nel caso in cui la soluzione di invarianza adottata in fase esecutiva preveda l'infiltrazione delle acque nel suolo e sottosuolo senza utilizzare scarichi verso recettori è ammessa una riduzione del 30% dei valori minimi nel caso in cui i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità, da allegare al progetto.

## **7. DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DELLE OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA**

All'interno dei paragrafi seguenti sono riportati i calcoli del dimensionamento delle opere previste all'interno del presente studio preliminare.

Gli interventi individuati dovranno comunque essere oggetto di verifica mediante opportuni approfondimenti, da eseguirsi nelle successive fasi progettuali, e confluire in uno specifico Progetto di Invarianza Idraulica e Idrologica redatto ai sensi del R.R. 23 Novembre 2017 n. 7 e s.m.i..

### **7.1. Dimensionamento dei dispositivi di dispersione**

#### **7.1.1. Metodologia di calcolo**

Il dimensionamento preliminare dei manufatti di dispersione viene svolto nel caso specifico mediante il metodo di “sole piogge” (vedi Tabella 5.1), ovvero senza considerare l'evento meteorico e i relativi fenomeni di afflusso nei dispositivi e di infiltrazione nel loro sviluppo temporale, ma solo nel loro complesso, in termini di volumi complessivi affluiti e infiltrati.

I dispositivi di dispersione (pozzi perdenti) sono pertanto dimensionati in base ad una semplice equazione di continuità, valutata per eventi meteorici di differente durata t:

$$V_a(t) = V_e(t) - V_i(t)$$

dove:

- $V_a(t)$  è il volume d'acqua da accumulare all'interno del pozzo perdente al termine dell'evento di durata pari a t;
- $V_e(t)$  è il volume di acqua meteorica affluente al pozzo perdente al termine dell'evento di durata pari a t;
- $V_i(t)$  è il volume di acqua infiltrato nel terreno al termine dell'evento di durata pari a t a partire dall'inizio della pioggia.

Il secondo membro dell'equazione sopra scritta presenta un massimo in funzione di t: il dimensionamento del pozzo si ottiene semplicemente individuando tale massimo, calcolando la relazione sopra scritta per differenti durate di pioggia, comprese tra 0 e 48 ore:

$$V_a = \max_t [V_e(t) - V_i(t)]$$

Il volume d'acqua complessivamente affluente all'interno del pozzo per un evento di durata "t" viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$V_c(t) = \psi \cdot A \cdot h(t) = \psi \cdot A \cdot a \cdot t^n$$

dove:

- $\psi$  il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino, dato pertanto dalla seguente:

$$\psi = \frac{\sum_i \psi_i \cdot A_i}{\sum_i A_i}$$

essendo  $A_i$  e  $\psi_i$  rispettivamente l'estensione e il coefficiente di deflusso di ciascuna tipologia di aree permeabili presenti sul lotto (vedi § 5.3).

- "h" è l'altezza d'acqua corrispondente ad un evento di durata t
- "t" è la durata dell'evento
- "a" e "n" sono i parametri caratteristici della curva dipendenti dalle caratteristiche meteoriche della zona e dal valore del tempo di ritorno  $T_R$ . (vedi § 4.1).

Il volume infiltrato per un evento di durata "t" nel terreno attraverso le pareti della struttura di accumulo è dato dalla relazione seguente:

$$V_i(t) = k_t \cdot S_d \cdot t$$

dove:

- $k_t$  è il coefficiente di permeabilità del terreno;
- $S_d$  è la superficie disperdente.

La superficie disperdente di ogni campo pozzi, ipotizzando che i manufatti di dispersione siano contenuti all'interno di un volume di forma rettangolare in pianta di materiale drenante di dimensioni A x B è data dalla seguente espressione:

$$S_d = 2 \cdot (A + B) \cdot H = 2 \cdot \{ [2 \cdot b + n \cdot D + (n - 1) \cdot i] + [D + 2 \cdot b] \} \cdot H$$

dove:

- A è la lunghezza complessiva dello strato drenante;
- B è la larghezza complessiva dello strato drenante;
- n è il numero di pozzi perdenti;
- b è l'ampiezza dello strato di separazione fra l'estradosso del campo pozzi e il limite esterno dello strato drenante, in questo caso il dato è incognito;
- D è il diametro netto dei pozzi perdenti;
- i è l'interasse tra i pozzi perdenti;
- H è l'altezza dello strato drenante, data dalla differenza tra l'altezza complessiva da p.c. del pozzo e la profondità dello strato da p.c. stesso.

Nella valutazione della superficie di infiltrazione viene considerata solo la superficie laterale dello strato drenante, trascurando a favore di sicurezza l'infiltrazione attraverso il fondo dello stesso e quindi il fondo del pozzo: tale superficie tende infatti a perdere rapidamente la propria capacità per effetto dell'accumulo di particelle fini (limi e argille) che tendono ad impermeabilizzarla.

Nella valutazione della superficie disperdente è stato inoltre considerato un coefficiente correttivo pari al 50%, per tener conto del fatto che, nel tempo, le capacità di infiltrazione del pozzo tendano progressivamente a degradarsi, essenzialmente per il progressivo intasamento dei vuoti nel dreno circostante i manufatti.

Nel calcolo del volume invasabile si sono del tutto trascurate le potenzialità di invaso date dalla rete e dagli accumuli in superficie, vale a dire i potenziali accumuli all'interno dei condotti di raccolta delle acque bianche: si è dunque ipotizzato, a favore di sicurezza, che il volume di pioggia netto affluito in rete possa essere disperso attraverso i pozzi perdenti oppure debba essere stoccato a fine evento all'interno dei pozzi stessi.

Il volume invasabile nei pozzi è dato dalla seguente espressione:

$$V_{a,pozzi} = \pi \cdot D^2 / 4 \cdot H + 0.25 \cdot V_c$$

in cui la prima parte ( $\pi D^2/4 H$ ) è il volume invasabile all'interno del pozzo vero e proprio di diametro  $D$  e profondità  $H$ , mentre il secondo membro rappresenta il volume d'acqua accumulabile all'interno degli interstizi del rinterro in ghiaia, essendo  $V_c$  il volume di tale rinterro (al netto del volume del pozzo in cls) e 0.25 la porosità minima del materiale di rinterro.

Il volume del materiale di riempimento (al netto dal volume occupato dai pozzi perdenti), ipotizzando che i pozzi perdenti siano contenuti all'interno di un volume a forma di parallelepipedo di dimensioni  $A \times B \times H$ , è dato dalla seguente espressione:

$$V_c = (A \cdot B - n \cdot \pi \cdot D^2 / 4) \cdot H = [(2 \cdot b + n \cdot D + (n - 1) \cdot i) \cdot (D + 2 \cdot b) - n \cdot \pi \cdot D^2 / 4] \cdot H$$

dove:

- $A$  è la lunghezza complessiva dello strato drenante;
- $B$  è la larghezza complessiva dello strato drenante;
- $n$  il numero di pozzi perdenti;
- $b$  è l'ampiezza dello strato di separazione fra l'estradosso del campo pozzi e il limite esterno dello strato drenante;
- $D$  il diametro netto dei pozzi perdenti;
- $i$  è l'interasse tra i pozzi perdenti;
- $H$  è l'altezza dello strato drenante.

Affinché non si abbia tracimazione dal pozzo, la somma del volume invasabile nel dispositivo disperdente  $V_a$  e del volume infiltrato  $V_i(t)$  deve essere maggiore o uguale a quello affluente  $V_e(t)$ , ovvero:

$$V_a \geq \max_t [V_e(t) - V_i(t)]$$

Il tempo di svuotamento del campo pozzi viene calcolato, per ogni evento considerato, dal confronto tra il volume invasato e la portata istantanea infiltrata.

Poiché tale confronto conduce a una stima dei tempi di svuotamento dei dispositivi di infiltrazione per difetto, in quanto la portata istantanea infiltrata è funzione del tirante idrico presente nel pozzo e il valore di calcolo del metodo di sole piogge fa riferimento al pozzo

completamente pieno, si è introdotto un coefficiente correttivo arbitrario pari al 50%, ipotizzando perciò che, a evento concluso, il campo pozzi possa, durante il periodo di svuotamento, essere mediamente considerato pieno a metà.

Il tempo di svuotamento pertanto viene valutato per ogni evento considerato come:

$$T_{\text{svuot}}(t) = \frac{[V_e(t) - V_i(t)]}{0.50 \cdot k_t \cdot S_d}$$

con:

$$T_{\text{svuot}}_{\text{max}} \geq \max_t \frac{[V_e(t) - V_i(t)]}{0.50 \cdot k_t \cdot S_d}$$

Il Regolamento, per tener conto di possibili eventi meteorici ravvicinati, impone come il tempo di svuotamento dei volumi calcolati non debba superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità di invaso quanto prima possibile.

### 7.1.2. Risultati del calcolo – Lotto A

All'interno del presente paragrafo si riporta il risultato del dimensionamento preliminare dei dispositivi di dispersione relativi al Lotto A e del calcolo utilizzato per tale dimensionamento.

Tipologia	Pozzi disperdenti circondati da strato drenante
Materiale	anelli prefabbricati in c.a.
Altezza anelli	0.5 m
Diametro interno manufatto	1.5 m
Larghezza strato drenante	1.0 m
Interasse tra i pozzi	1.5 m
Profondità minima della parte drenante da p.c.	0.5 m
Profondità del piano di posa rispetto al p.c.	5.0 m
<b>Numero dei manufatti nel campo pozzi</b>	<b>3</b>
<i>Lunghezza campo pozzi</i>	<i>9.5 m</i>
<i>Larghezza campo pozzi</i>	<i>3.5 m</i>

Tabella 7.1 – Risultati dimensionamento campo pozzi - Lotto A



In base a quanto indicato il sistema di dispersione minimo necessario per lo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dal lotto A risulta costituito da 3 pozzi perdenti.

Nella tabella seguente si riassume il calcolo che ha portato al dimensionamento preliminare sopra indicato.

<b>Lotto A</b>			
Tempo di ritorno dell'evento meteorico	$T_R$ (anni)	50	100
Durata critica dell'evento (ore)	t (ore)	4	6
Volume affluente al tempo t	$V_e(t)$ (m <sup>3</sup> )	62.84	78.04
Volume infiltrato al tempo t	$V_i(t)$ (m <sup>3</sup> )	15.35	23.03
<b>Volume massimo da invasare</b>	<b><math>V_a</math> (m<sup>3</sup>)</b>	<b>47.49</b>	<b>55.01</b>
<i>Tempo massimo di svuotamento</i>	<i>ore</i>	24.75	28.67
<b>Volume massimo invasabile nel campo pozzi (3 pozzi perdenti)</b>	<b><math>V_{a,pozzi}</math> (m<sup>3</sup>)</b>	<b>55.29</b>	
<b>Requisito minimo invaso</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>48.98</b>	

Tabella 7.2 – Risultati calcolo volumi - Lotto A

In base ai risultati del dimensionamento preliminare del campo pozzi afferente al Lotto A è possibile concludere che:

- il volume massimo invasabile soddisfa i massimi volumi da invasare sia per eventi meteorici con tempo di ritorno di 50 anni che di 100 anni;
- il tempo di svuotamento dei volumi calcolati è inferiore al tempo massimo di 48 ore imposto dal Regolamento;
- il volume invasabile nel campo pozzi è superiore al requisito minimo di invaso richiesto dal Regolamento (vedi § 6.4 e Tabella 6.6);

### 7.1.3. Risultati del calcolo – Lotto B

All'interno del presente paragrafo si riporta il risultato del dimensionamento preliminare dei dispositivi di dispersione relativi al Lotto B e del calcolo utilizzato per tale dimensionamento.

In base a quanto indicato il sistema di dispersione minimo necessario per lo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dal lotto A risulta costituito da 6 pozzi perdenti.

Tipologia	Pozzi disperdenti circondati da strato drenante
Materiale	anelli prefabbricati in c.a.
Altezza anelli	0.5 m
Diametro interno manufatto	1.5 m
Larghezza strato drenante	1.0 m
Interasse tra i pozzi	1.5 m
Profondità minima della parte drenante da p.c.	0.5 m
Profondità del piano di posa rispetto al p.c.	5.0 m
<b>Numero dei manufatti nel campo pozzi</b>	<b>6</b>
<i>Lunghezza campo pozzi</i>	<i>18.5 m</i>
<i>Larghezza campo pozzi</i>	<i>3.5 m</i>

Tabella 7.1 – Risultati dimensionamento campo pozzi - Lotto A

Nella tabella seguente si riassume il calcolo che ha portato al dimensionamento preliminare sopra indicato.

<b>Lotto B</b>			
Tempo di ritorno dell'evento meteorico	$T_R$ (anni)	50	100
Durata critica dell'evento (ore)	t (ore)	6	6
Volume affluente al tempo t	$V_e(t)$ (m <sup>3</sup> )	130.07	144.18
Volume infiltrato al tempo t	$V_i(t)$ (m <sup>3</sup> )	38.97	38.97
<b>Volume massimo da invasare</b>	<b><math>V_a</math> (m<sup>3</sup>)</b>	<b>91.10</b>	<b>105.21</b>
<i>Tempo massimo di svuotamento</i>	<i>ore</i>	<i>28.05</i>	<i>32.40</i>
<b>Volume massimo invasabile nel campo pozzi (6 pozzi perdenti)</b>	<b><math>V_{a,pozzi}</math> (m<sup>3</sup>)</b>	<b>108.61</b>	
<b>Requisito minimo invaso</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>90.49</b>	

In base ai risultati del dimensionamento preliminare del campo pozzi afferente al Lotto B è possibile concludere che:

- il volume massimo invasabile soddisfa i massimi volumi da invasare sia per eventi meteorici con tempo di ritorno di 50 anni che di 100 anni;
- il tempo di svuotamento dei volumi calcolati è inferiore al tempo massimo di 48 ore imposto dal Regolamento;
- il volume invasabile nel campo pozzi è superiore al requisito minimo di invaso richiesto dal Regolamento (vedi § 6.4 e Tabella 6.7);

Si ricorda come la finalità dello studio sia quella di fornire un primo inquadramento degli aspetti legati all'invarianza idraulica e idrologica in relazione agli interventi previsti per il piano di lottizzazione in oggetto, evidenziando anche le possibili misure da adottare per il rispetto dei principi di cui sopra.

Gli interventi individuati in via preliminare dovranno comunque essere oggetto di verifica mediante opportuni approfondimenti da eseguirsi nelle successive fasi progettuali, e confluire in uno specifico Progetto di Invarianza Idraulica e Idrologica redatto ai sensi del R.R. 23 Novembre 2017 n. 7 e s.m.i..

In considerazione dell'importanza che assumono il parametro "permeabilità" e l'assetto stratigrafico del primo sottosuolo nella definizione e nel dimensionamento delle opere per l'invarianza idraulica ed idrologica si ribadisce la necessità di eseguire, in fase di progettazione esecutiva, prove in situ per la loro determinazione puntuale.

Brescia, aprile 2020

Dr. Geol. Samuele Corradini



Dott. Geol. Davide Gasparetti

