

REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI BRESCIA



STUDIO D'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

RELAZIONE



Elaborato

AMPLIAMENTO AZIENDA AGRICOLA

L.R. 12/2005 – L.R. 04/2016 – R.R. 7 del 23.11.2017 – R.R. 8 del 19.04.2019

Committente

Az. Agr. Luigi Rossini

Estensore



A. & P. sas

Il presente elaborato è confidenziale e ne è vietata la riproduzione o l'utilizzo da terzi non autorizzati

Informazioni documento

Operazione	Soggetto	Data
Redatto	A & P sas – Dr.ssa Gallo Samanta	06.02.2020
Approvato	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	21.02.2020
File	relazione invarianza.docx	
Commessa	2020.01.039	



Elaborato	Data	Rev.	Pag.
Relazione	Febbraio 2020	0	1 di 34
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

INDICE

1. Introduzione	3
2. Inquadramento geografico	5
3. Inquadramento idrologico	7
4. Classificazione intervento	12
5. Inquadramento idrogeologico e piezometrico.....	15
5.1. Distanza da pozzi idropotabili	19
5.2. Prova di permeabilità	19
5.2.1. Interpretazione della Prova di permeabilità.....	22
6. Calcolo dei deflussi	23
6.1. Calcolo della dispersione del pozzo perdente	23
6.1.1. Descrizione del pozzo perdente	24
7. Calcolo degli afflussi - metodo delle sole piogge.....	25
8. Dimensionamento dei bacini di laminazione	28
8.1. Calcolo del tempo di svuotamento	28
9. Verifica bacino	29
10. Dimensionamento impianto di raccolta acque.....	30
11. Manutenzione	33

1. INTRODUZIONE

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

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

Nel caso in studio, il tema d'interesse riguarda l'invarianza idraulica e idrologica che in sintesi consiste nella limitazione dei deflussi delle acque verso il reticolo idrico in caso di realizzazione di nuovi edifici civili e industriali, di parcheggi e strade e di interventi di riqualificazione. Nello specifico l'articolo di riferimento è il n.7 che introduce il concetto ed apporta modifiche al testo della legge regionale n.12/2005 (Legge per il Governo del Territorio). Al comma 5, l'articolo fa riferimento al Regolamento contenete i metodi e i criteri

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	3 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

per il rispetto dell'invarianza idraulica ed idrogeologica. Il Regolamento è stato pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia il 28 novembre 2017 e quindi pienamente operativo dal 28 maggio 2018. Con la delibera della Giunta Regionale n.IX/128 del 21/05/2018 l'applicazione è stata prorogata di ulteriori 6 mesi per tutti gli interventi ad esclusione delle nuove costruzioni/opere. Questa tematica è infatti dibattuta da diversi anni, ed ha preso forza dopo la direttiva del Parlamento europeo del Consiglio 23 ottobre 2000, n. 2000/60/CE in materia di acque e dal decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 che ne rappresenta l'attuazione. La legge regionale 4/2016 disegna un ulteriore passo nella direzione della riduzione del rischio idraulico. Oltre alla legge sopracitata si è fatto riferimento alla legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 (Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche), alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio), al PTUA 2016.

La recente emanazione della D.G.R. X/1314 del 25/02/2019 recante "DISPOSIZIONI SULL'APPLICAZIONE DEI PRINCIPI DELL'INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA. MODIFICHE AL REGOLAMENTO REGIONALE 23 NOVEMBRE 2017, N. 7 (REGOLAMENTO RECANTE CRITERI E METODI PER IL RISPETTO DEL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA AI SENSI DELL'ARTICOLO 58 BIS DELLA LEGGE REGIONALE 11 MARZO 2005, N. 12" ha proposto l'introduzione di importanti modifiche al Regolamento Regionale n.7, in particolare per quanto concerne la classificazione dei comuni e le eventuali riduzioni dei requisiti minimi nei casi di dispersione sul suolo o nel sottosuolo. La D.G.R. di cui sopra è stata recepita dal Regolamento Regionale 8 approvato dal Consiglio Regionale il 19.04.2019.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	4 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Alelli – GEOLOGO O.G.L. n.900			

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è localizzata nel settore settentrionale dell'abitato comunale di Brescia, lungo il margine ovest di Via Stretta, presso la Cascina Miracampo, così come rappresentato in Figura 1. Le nuove strutture ricadranno sul foglio 2, Mappale 32 dell'NCT del Comune di Brescia. Per il dettaglio completo sulle specifiche del progetto si rimanda agli elaborati redatti dallo Studio L2R.

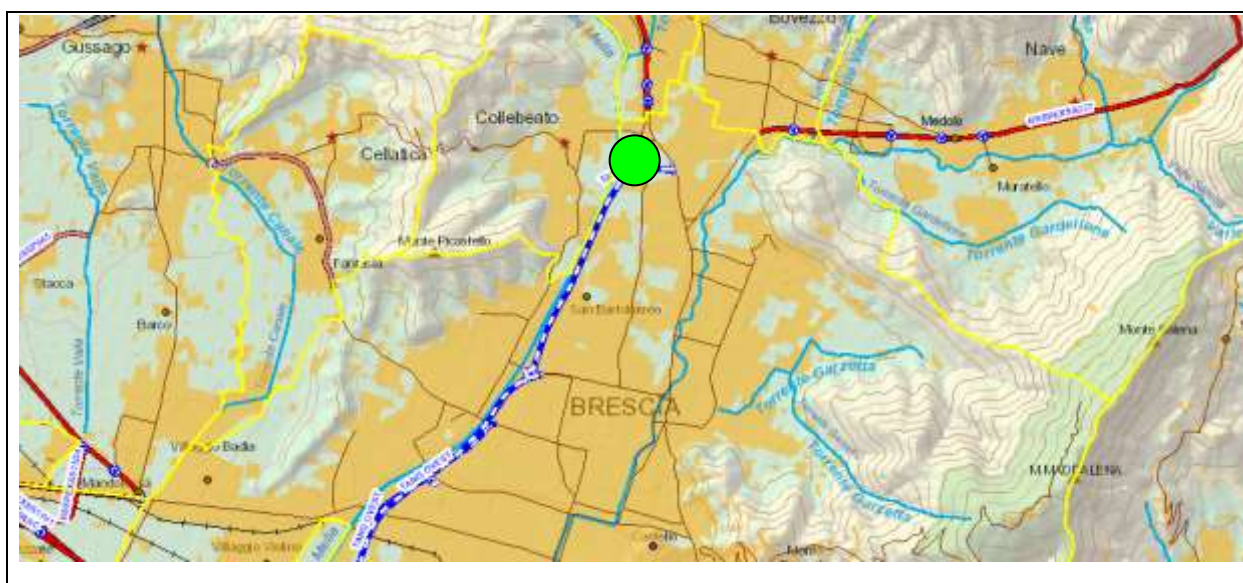


Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

Il progetto prevede l'ampliamento dell'azienda agricola di proprietà del committente. Il calcolo delle superfici permeabili, semipermeabili e impermeabili è stato ricavato dalle indicazioni contenute negli elaborati di progetto, ed in particolare dalla planimetria di progetto. La superficie impermeabile, riferibile alla somma delle superfici che verranno occupate dai nuovi locali, è stata calcolata pari a 1.054 m² (702+115+75+114.6+46.70), mentre la superficie semipermeabile, riferibile alla somma delle superfici di passaggio in ghiaietto rullato e delle superfici occupate dalle opere di laminazione, è stata calcolata pari a 707 m². Le nuove superfici impermeabili sono rappresentate con il retino giallo, mentre le nuove superfici semipermeabili sono rappresentate da retino grigio in Figura 2.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	5 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

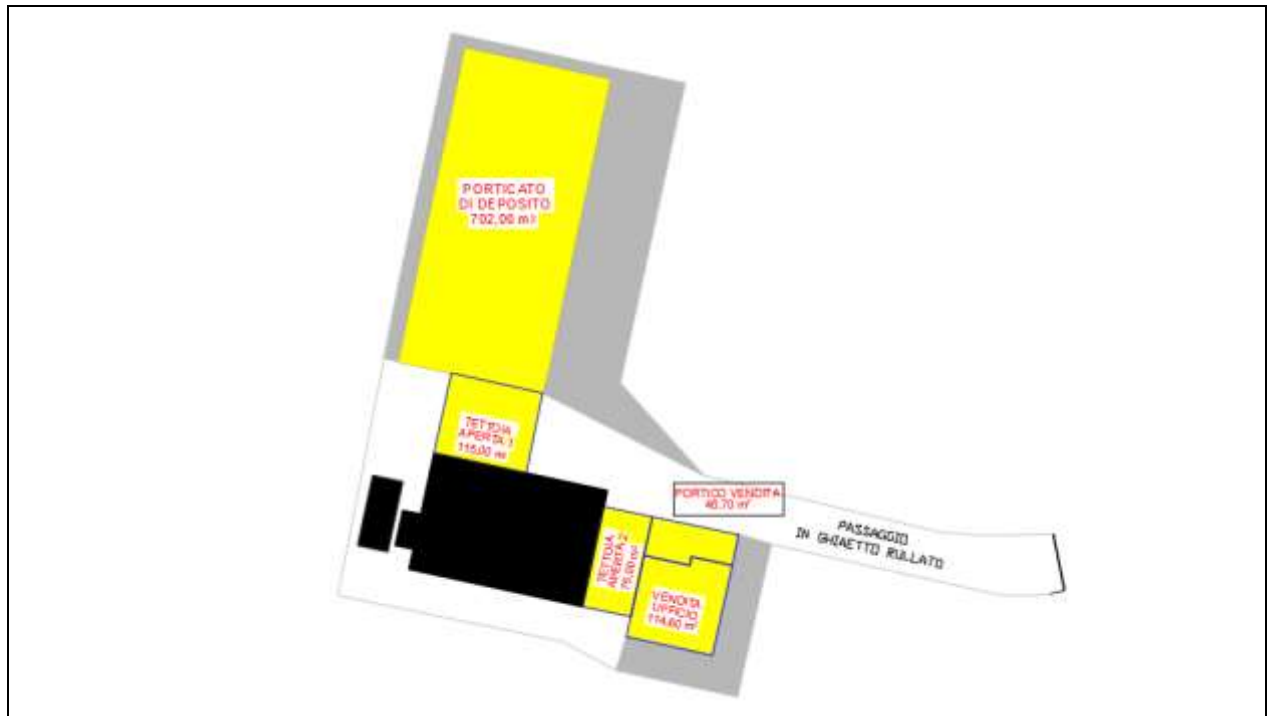


Figura 2 – Planimetria di progetto

3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO

Per qualsiasi valutazione di tipo idrologico è necessario eseguire una quantificazione degli apporti, ovvero delle precipitazioni ritenute significative. Infatti non tutte le precipitazioni concorrono 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 più importanti dati, 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 di varia durata. Elaborando probabilisticamente i valori delle precipitazioni di notevole intensità si ricavano 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 probabilisticamente affinché il valore di una precipitazione o di un'altra grandezza idrologica possa essere uguagliato o superato. Il tempo di ritorno è pertanto un indicatore di rischio e il suo valore è prefissato dal progettista. Le informazioni sulla pluviometria dell'area di interesse, sono riassunte nei parametri "a" ed "n" della curva segnalatrice di possibilità climatica, che relaziona le altezze di pioggia con le durate di pioggia per un dato tempo di ritorno, attraverso la nota formula:

$$h = a t^n$$

dove:

h è l'altezza di pioggia espressa in mm;

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	7 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

t é la durata dell'evento in ore;

a (mm/ora) ed n sono i parametri caratteristici della curva.

Per curva di possibilità climatica 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, si é eseguita un'elaborazione statistica dei dati pluviometrici della stazione più rappresentativa, attraverso i dati del servizio meteorologico di Arpa. Attraverso l'applicativo dell'Agenzia di protezione dell'Ambiente è possibile definire i diversi parametri idrologici necessari all'elaborazione per tutto il territorio lombardo. Per i dettagli teorici e statistici utilizzati nell'applicativo si rimanda alle note informative del sito idro.arpalombardia.it. L'analisi dei dati è stata effettuata mediante la *prima legge asintotica del massimo valore di Gumbel* con la quale, data una serie di valori sufficientemente grande della variabile idrologica considerata (x), si determina la probabilità di non superamento legata al tempo di ritorno:

$$P(x) = e^{-e^{-y}}$$

dove:

$P(x)$: probabilità di non superamento della variabile idrologica x ;

$y = \alpha(x - N)$: variabile ridotta associata alla variabile idrologica x ;

$\alpha = 1.283 / \sigma$: parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti;

$N = x - 0.450\sigma$: parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti;

$x = \sum_i x_i / n$: media delle osservazioni x_i , in numero pari a n ;

$\sigma = ((\sum_i x_i^2 / n - 1) - (\sum_i x_i / n(n - 1)))^{1/2}$: scarto quadratico medio del campo osservato.

Mediante la relazione $P_{(x)} = (Tr - 1)/Tr$ si lega il tempo di ritorno con la probabilità di non superamento. Tale legge é stata applicata per le piogge della durata di 10, 15, 20, 30, minuti e 1, 3, 6, 12 e 24 ore, ottenendo le rispettive altezze di pioggia massima con tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni, per la stazione pluviografica considerata. Nel campo bilogaritmico la curva segnalatrice di possibilità climatica ha una forma lineare, con coefficiente angolare pari ad " n " ed ordinata corrispondente ad un tempo unitario pari ad " a ".

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	8 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

E' quindi possibile procedere al calcolo di tali curve, per i diversi tempi di ritorno, stimando i parametri "a" ed "n" tramite regressione lineare con il metodo dei minimi quadrati. I risultati delle interpolazioni e le curve segnalatrici di possibilità climatica per la stazione considerata e per i diversi tempi di ritorno sono di seguito riportati (Figura 3).

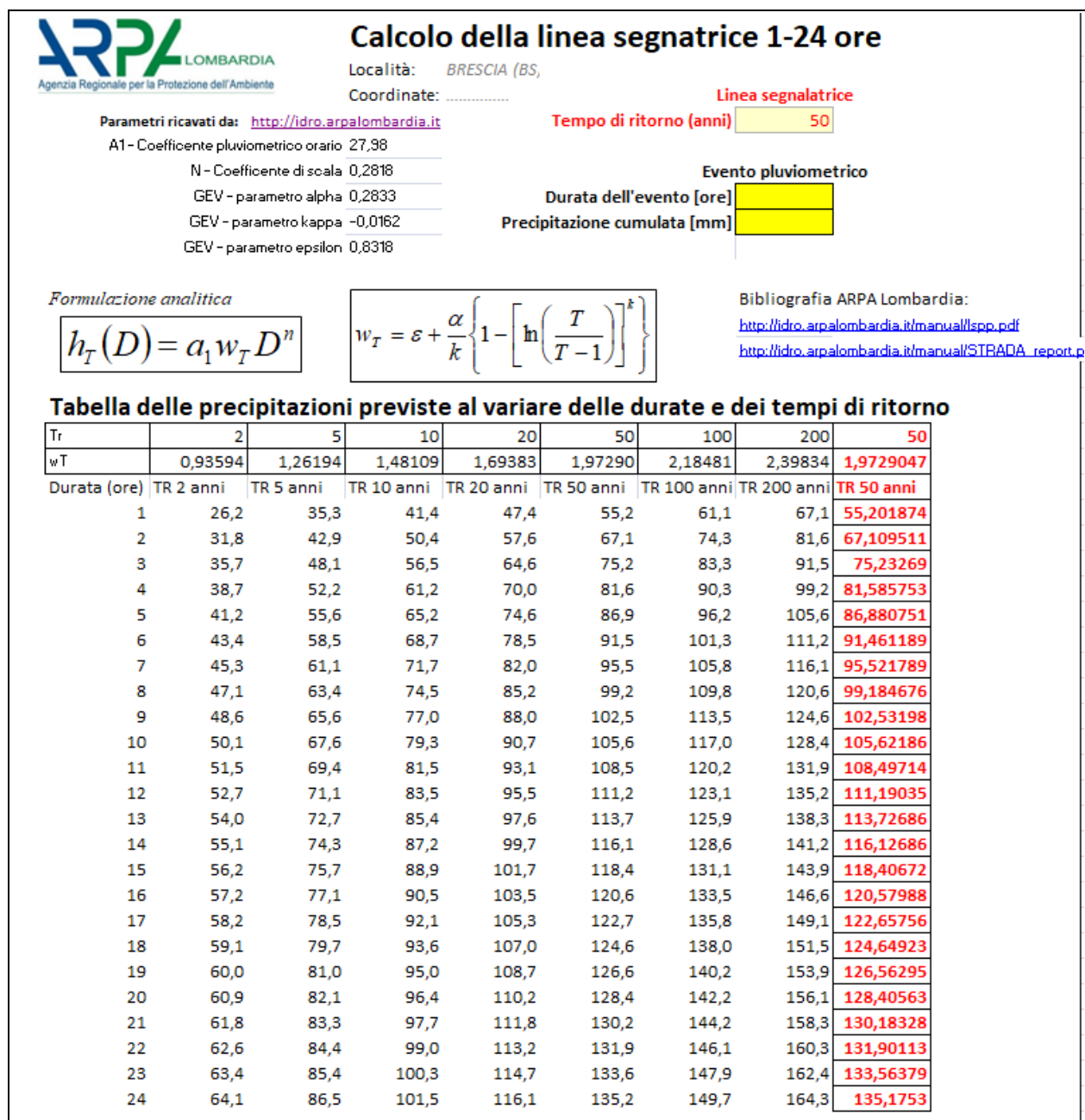


Figura 3 - Calcolo della linea segnalatrice

La rappresentazione delle curve è riportata in Figura 4. Considerate le finalità dello studio, il contesto in cui è inserito l'insediamento, le condizioni al contorno e i disposti normativi l'evento meteorico di riferimento ha **tempo di ritorno di 50 anni**.

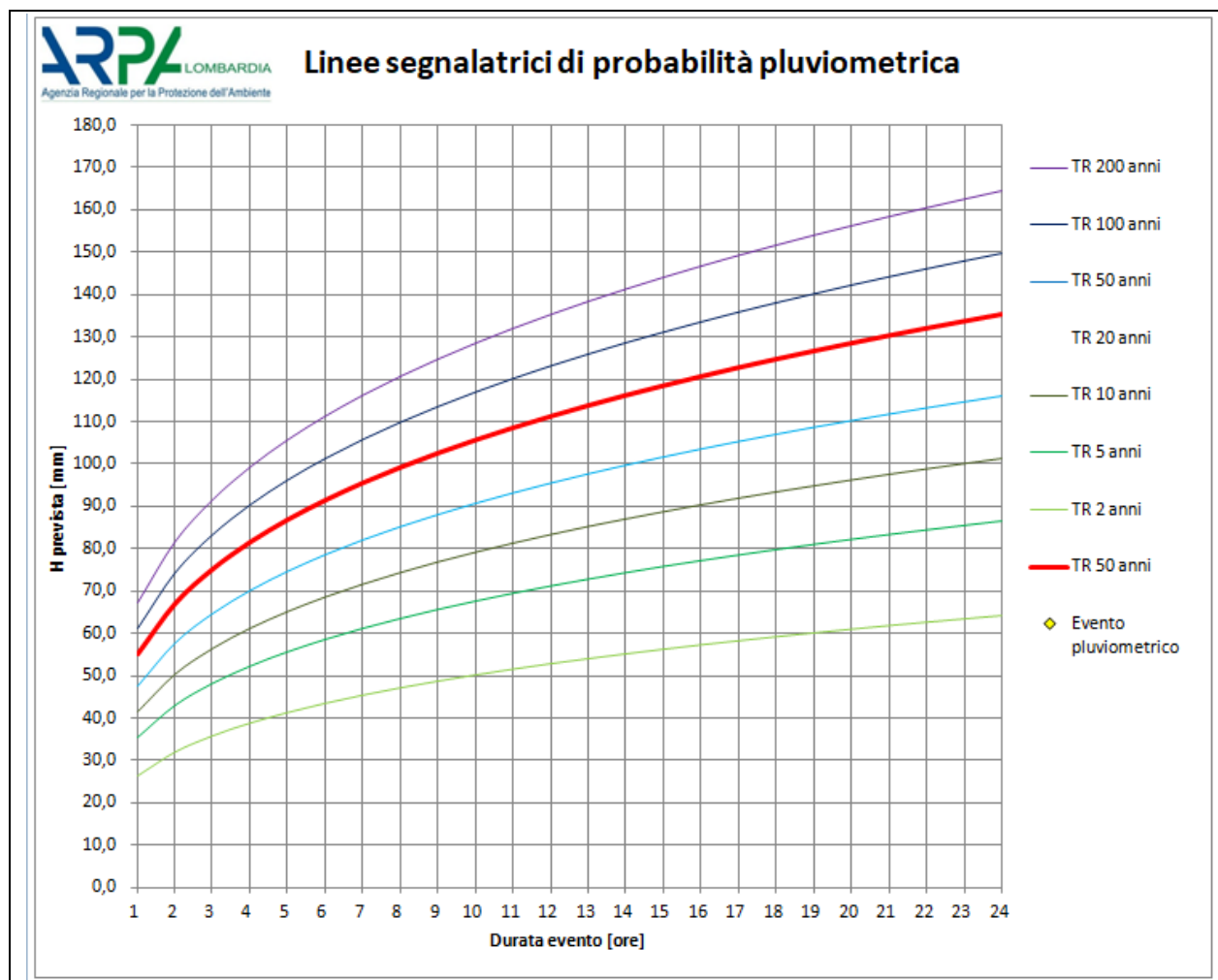


Figura 4 - Rappresentazione della linea segnalatrice

La pioggia di riferimento va poi riferita al bacino in studio, che in questo caso è molto contenuto e corrisponde al nuovo insediamento. Per ottenere i valori di piogge più brevi di un'ora si può ricorrere alle indicazioni riportate nell'allegato G della D.G.R. n. X/6829 che propongono la seguente espressione per il caso in studio:

$$h = 55.2 \times t^{0.5}$$

In Figura 5 è rappresentato l'andamento cumulativo delle precipitazioni calcolato sul lotto in studio.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	10 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

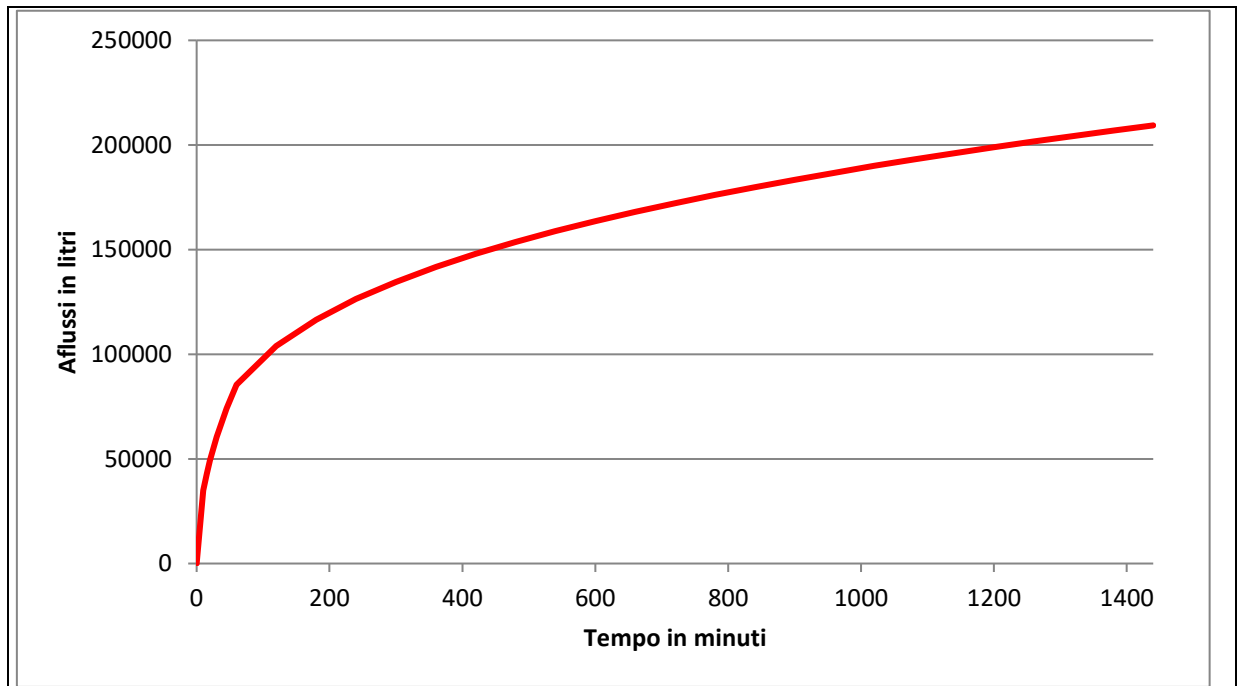


Figura 5 - Andamento degli afflussi sul lotto con tempo di ritorno pari a 50 anni

4. CLASSIFICAZIONE INTERVENTO

Il Regolamento Regionale indica le modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto dell'invarianza idraulica e idrologica attraverso i disposti dell'articolo 9. I parametri da valutare riguardano la superficie dell'intervento, il coefficiente di deflusso medio ponderale e l'ambito territoriale in cui si inserisce l'intervento. In riferimento a quest'ultimo aspetto il territorio regionale è stato suddiviso in tre macro aree in funzione del livello di criticità dei bacini dei corsi d'acqua recettori. Le aree sono le seguenti (Figura 6):

- Aree A - alta criticità idraulica
- Aree B - media criticità idraulica
- Aree C - bassa criticità idraulica

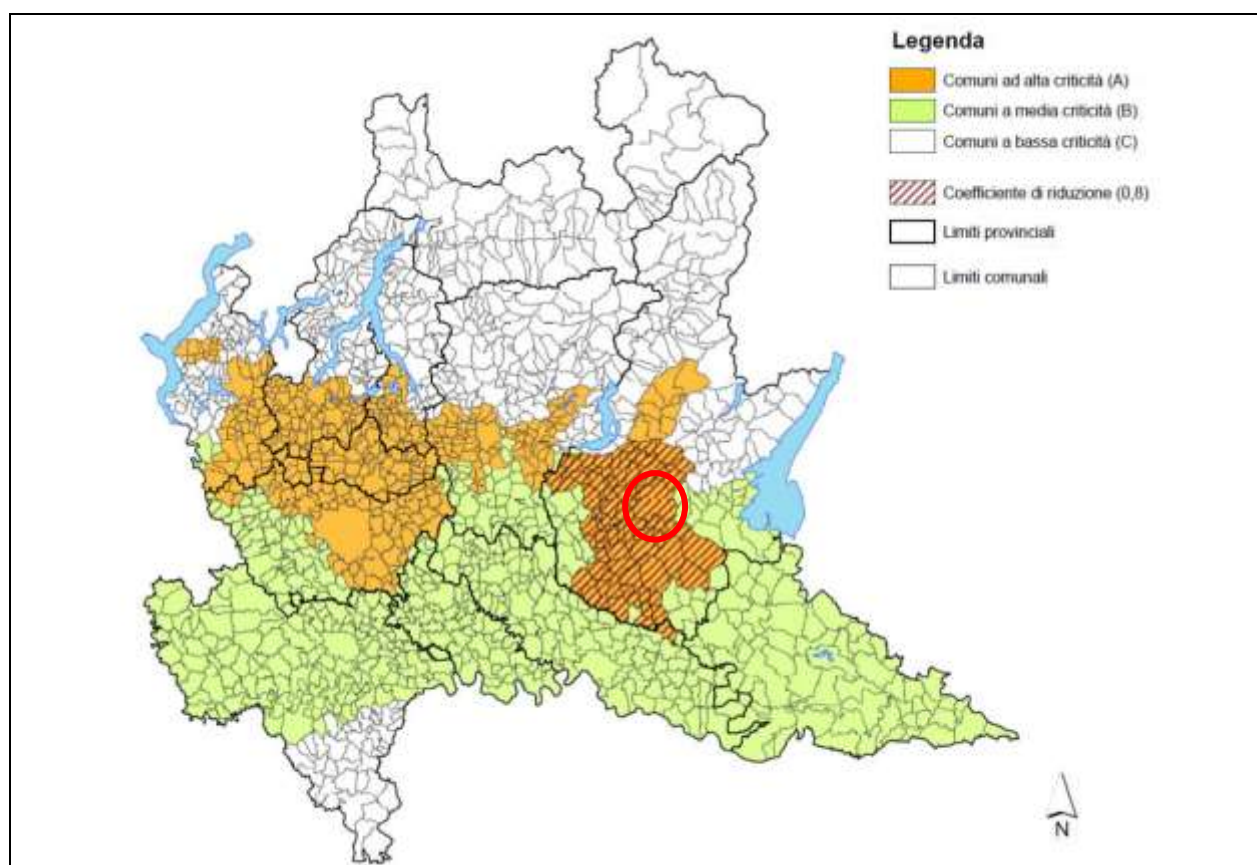


Figura 6 - Classificazione criticità idraulica

Il comune di Brescia ricade nella classe A, ovvero ad alta criticità.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	12 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

Altro parametro che entra nella matrice di classificazione è la superficie di intervento, che risulta pari a 1.761 m², ovvero la superficie complessiva dell'intervento. Infine è stato calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale che rappresenta il risultato dei diversi apporti per tipologia di superficie (impermeabile, semipermeabile, permeabile) che nel caso in studio sono così suddivisi (Il Regolamento Regionale 8 esclude il permeabile dall'applicazione dell'invarianza):

- 1.054 m² superficie impermeabile (x1)
- 707 m² superficie semipermeabile (x0.7)

Il coefficiente di deflusso medio ponderale risultante è pari a 0.879. Le modalità di calcolo da applicare per ogni intervento sono definite nella Tabella 1 dell'art. 9 (Figura 7).

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

Figura 7 – Tabella 1 - RR 08/2019

In generale il regolamento prescrive che nel caso di impermeabilizzazione potenziale qualsiasi, in ambiti territoriali a criticità alta, media o bassa, deve essere adottato il metodo dei requisiti minimi, ferma restando la facoltà del professionista di adottare una procedura di calcolo più dettagliata. Il caso in studio ricade nella classe 2 e quindi la procedura da adottare è quella del metodo delle sole piogge. I sistemi di laminazione devono inoltre rispettare i criteri minimi di dimensionamento così come definiti dall'art.12:

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	13 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

- aree A alta criticità idraulica: 800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile
- aree B media criticità idraulica: 500 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile
- aree C bassa criticità idraulica: 400 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile

Trattandosi di una nuova espansione (SUAP) non si applicano i coefficienti riduttivi previsti dal Regolamento Regionale n.8 pari a 0.8 per il comune in esame.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	14 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E PIEZOMETRICO

L'assetto geologico dell'area è stato determinato durante il Quaternario continentale dagli intensi eventi deposizionali che hanno portato a colmamento il bacino Padano. In particolare, ci si riferisce al Pleistocene e all'Olocene, in cui la nota climatica dominante fu rappresentata da un ripetuto alternarsi di climi caldi e freddi, con una netta tendenza al progressivo raffreddamento, reso evidente con l'avvento delle glaciazioni. La geologia profonda (sedimenti pre-quaternari), le cui strutture non condizionano le forme superficiali, è caratterizzata da un'ampia monoclinale che immerge verso Sud, con pendenza decrescente all'aumentare della profondità. La diminuzione della pendenza della monoclinale è localmente favorita dall'intersezione di sedimenti pliocenici, che risultano aver smussato le irregolarità dovute all'antecedente tettonica alpina. La genesi morfologica di queste superfici è legata alla dinamica fluviale a canali intrecciati (braided) caratterizzata da condizioni di medio-alta energia, con portate variabili, forte alimentazione e prevalente trasporto di fondo. Al mutare delle condizioni climatiche sono venute meno anche le dinamiche geomorfologiche sopradescritte, soppiantate dal rimodellamento legato alle acque incanalate dei corsi d'acqua principali, quali il Mella e il Garza. I depositi di quest'area sono infatti legati alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente fluviale (Alluvioni fluviali antiche a¹ – cfr. Figura 8).

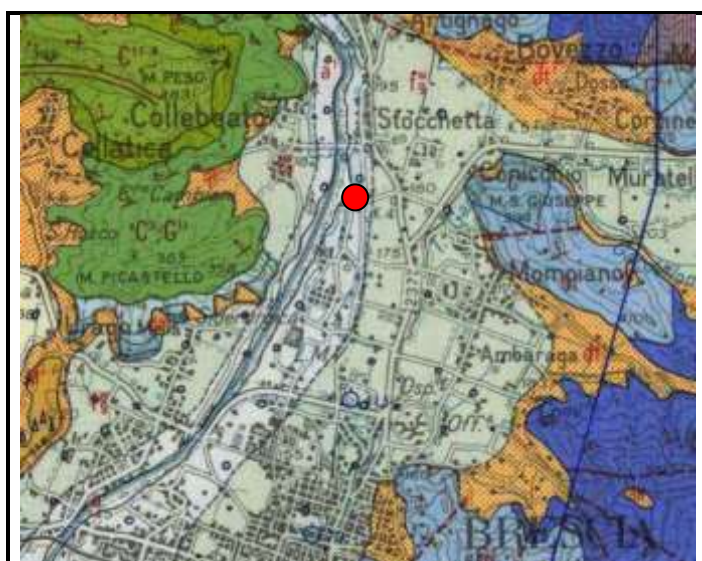


Figura 8 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia foglio Brescia

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	15 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

Dal punto di vista litologico, in superficie, dominano le ghiaie poco gradate e le sabbie (Figura 9).



Figura 9 – Stralcio della Carta litologica della Regione Lombardia (blu = ghiaie e sabbie)

La morfologia attuale è pressoché pianeggiante (Figura 10) ma risulta fortemente influenzata dall'azione antropica che con l'espansione urbanistica ha apportato un diffuso livellamento o comunque ha mascherato o nascosto le antiche forme del paesaggio. L'unica forma visibile, infatti, è costituita dalla piccola scarpata posta subito a sud dell'area in esame. Il sito in studio è posto a quote variabili da un massimo di circa 183.60 m.s.m. in corrispondenza del vertice NE del perimetro a 181.60 m.s.m. in corrispondenza del vertice SW.



Figura 10 – Stralcio della carta geomorfologica (estratto da PGT)

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	16 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

Con riferimento al volume geologico significativo si può affermare che il sito appartiene alla conoide del fiume Mella, struttura che si sviluppa con la classica forma a ventaglio allo sbocco di una valle e profilo trasversale convesso. La conoide è oggi inattiva in seguito alle mutate condizioni climatiche e all'importante opera di regimazione e contenimento del suo canale principale (fiume Mella) svolta negli anni dall'attività antropica. L'idrografia principale è rappresentata dal fiume Mella stesso che scorre a 100 metri Ovest e dal Torrente Garza che scorre a 1.20 chilometri ad Est dell'area. Sono presenti altri canali legati prevalentemente alla rete di scolo a tratti anche parzialmente tombinati (Figura 11).

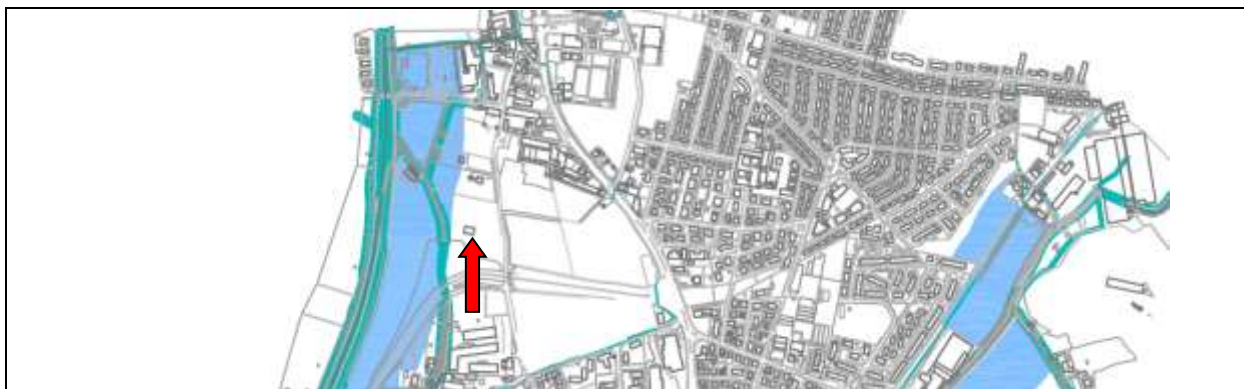


Figura 11 – Stralcio della carta idrologica da PGT

Dal punto di vista idraulico è importante segnalare che l'area risulta interna alle fasce fluviali delimitate dal Piano PAI, e più precisamente ricade all'interno della fascia C, che corrisponde alla fascia di esondazione per piena catastrofica con tempi di ritorno pari a circa 500 anni. L'area in esame risulta essere anche interna alle zone allagabili definite dal PGRA 2015 della Regione Lombardia, e più precisamente ricade all'interno delle zone caratterizzate da rischio di allagamento in seguito ad esondazione del F. Mella con scenario di pericolosità L, ossia scenario raro. La litostratimetria dell'area in esame è stata desunta da studi effettuati nella zona, e dalle risultanze della prova penetrometrica dinamica effettuata in sito. Sulla base di questi dati l'assetto stratigrafico si configura come costituito da un primo strato dello spessore di circa 0.30 m caratterizzato suolo, seguito da depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi che si estendono da 0.30 a 0.90 m da p.c.. Infine, da 0.90 e sino alla massima profondità raggiunta dalla prova di circa 3.30 m da p.c. sono presenti depositi francamente

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	17 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

ghiaiosi grossolani. Confrontando questi dati con la bibliografia (Figura 12) si denota che il rilievo è coerente con la presenza di un livello a ghiaie dominanti continuo per almeno 30 m.

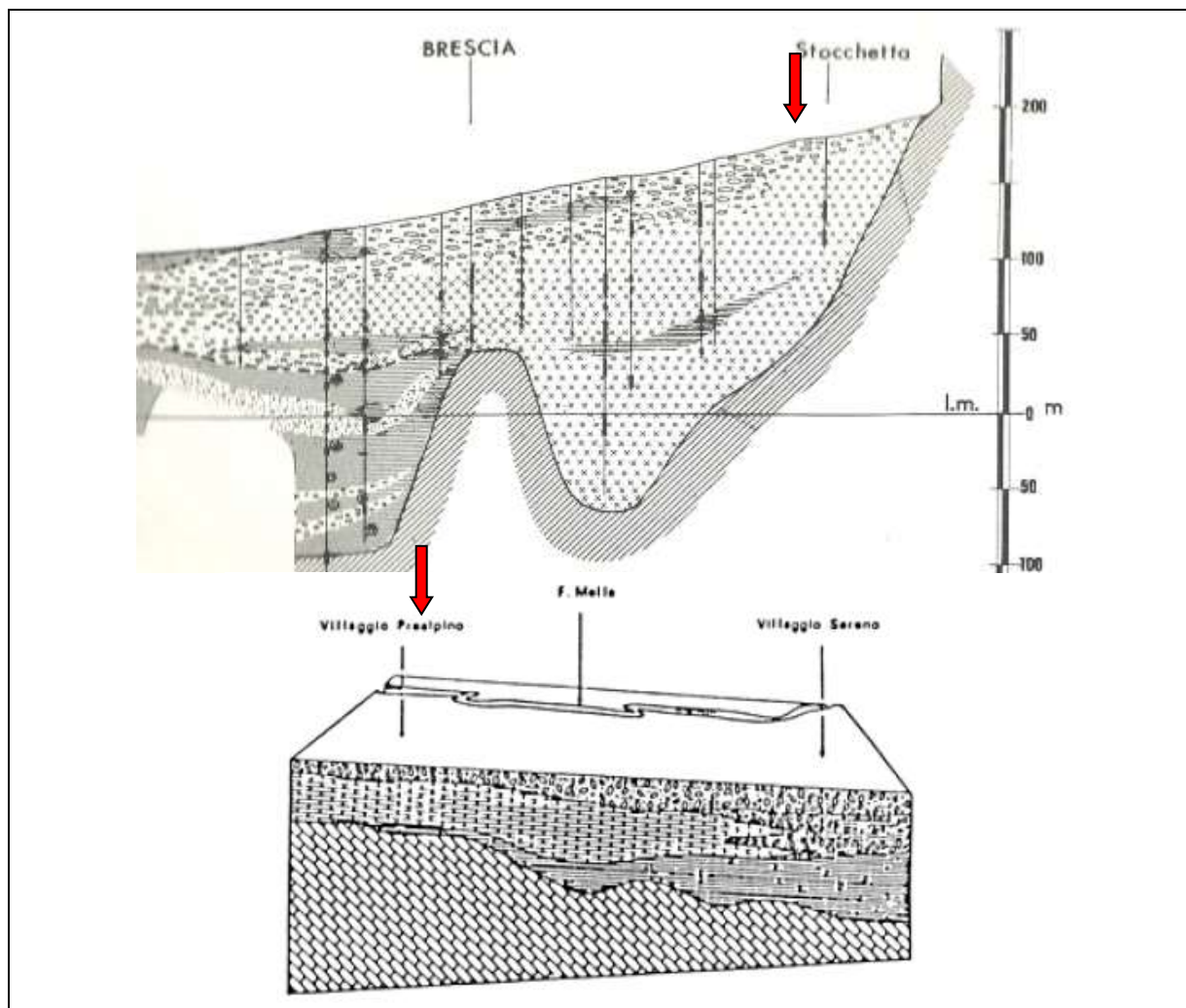


Figura 12 – Sezione N-S dell'area in studio

La composizione petrografica delle ghiaie e delle sabbie è caratterizzata dalla preponderanza delle rocce carbonatiche principalmente calcari ed in subordine dolomie, accompagnati da marne, arenarie, selci, e dalla rilevante presenza di ciottoli granitoidi. Durante le indagini effettuate in sito la superficie freatica non è stata individuata sino alla quota di chiusura del foro di prova, cioè 3.30 m da p.c.. Sulla base dei dati bibliografici reperiti presso la componente geologica a corredo del PGT comunale e dei dati di pozzi per acqua perforati nelle vicinanze è stato possibile ricostruire l'andamento della piezometria in uno

stretto intorno all'area in esame. Il sito in esame si colloca all'altezza circa dell'isopieza 140 ad indicare una soggiacenza della falda freatica di circa 40 m.

5.1. Distanza da pozzi idropotabili

Nell'area sono presenti pozzi della rete acquedottistica come rappresentato in Figura 13. Il raggio della zona di rispetto del pozzo è pari a 200 metri come indicato nella normativa di riferimento: D.P.R. n° 236 del 24 maggio 1988, recepito dalla Regione Lombardia nella deliberazione di Giunta Regionale n° 6/15137 dell'1 agosto 1996 e richiamato dalle disposizioni contenute nel D.LGS. 152/99 e successive modifiche e integrazioni (D.LGS. 258/00). Nella zona di rispetto (200 metri con criterio geometrico) valgono le prescrizioni contenute nel comma 5 art. 5 del D.LGS. 258/00. L'area in studio è esterna alla fascia di rispetto dei pozzi idropotabili, infatti il più prossimo è localizzato in Comune di Bovezzo, a margine di Via Alessandro Manzoni, a circa 980 m di distanza dal sito in esame.

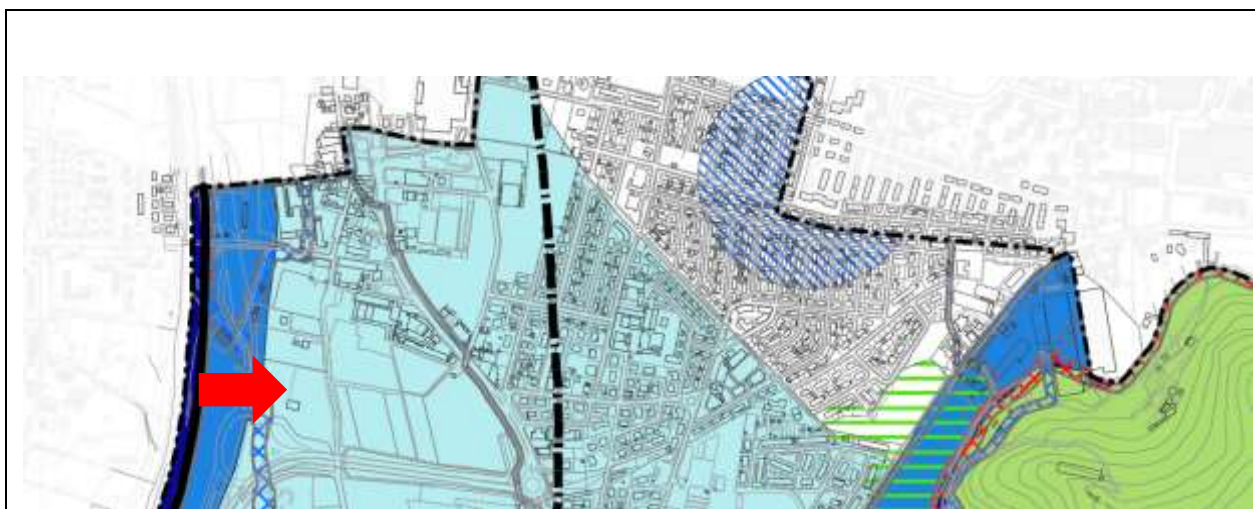


Figura 13 – Stralcio carta dei vincoli da PGT

5.2. Prova di permeabilità

Nell'area in studio è stata eseguita una prova di permeabilità a carico variabile all'interno di un pozzo perdente già esistente. Generalmente le prove vengono effettuate in pozzetto e consentono di determinare in modo molto semplice la permeabilità di un terreno superficiale al

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	19 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

di sopra del livello della falda idrica. Operativamente si realizza uno scavo, lo si riempie d'acqua e si valuta la portata necessaria per mantenere un livello costante (prove a carico costante) o si valuta l'abbassamento dell'acqua all'interno dello scavo (prove a carico variabile). Il pozzetto di prova può essere di forma quadrata o circolare e le dimensioni possono essere scelte basandosi sugli strumenti di scavo disponibili. In linea di principio comunque le dimensioni devono aumentare all'aumentare delle dimensioni dei granuli del terreno. In particolare il lato del quadrato (nel caso di pozzetti a base quadrata) o il diametro del cerchio (per pozzetti circolari) deve essere superiore a 5/10 volte la dimensione della frazione granulometrica significativa.

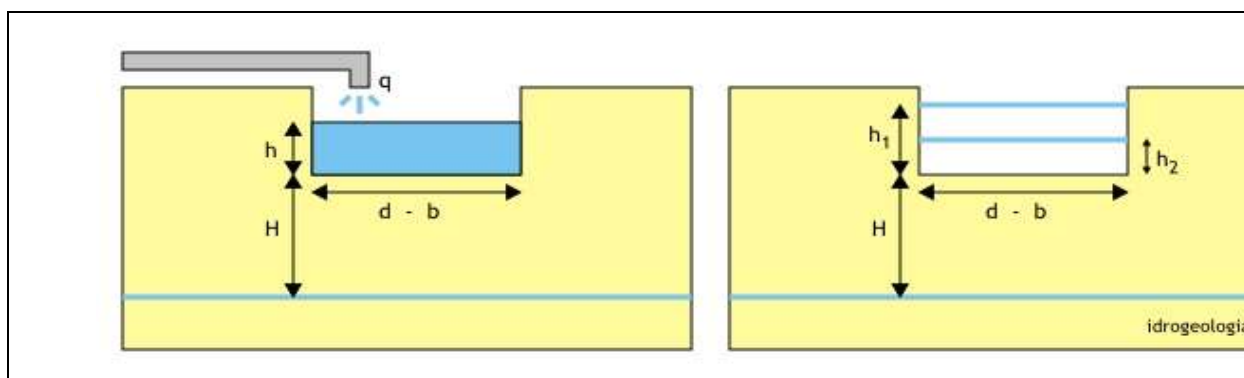


Figura 14 – Schema per prove di permeabilità a carico costante e variabile

La profondità del pozzetto è a discrezione dell'operatore. Occorre comunque evitare di avvicinarsi eccessivamente alla superficie di falda perché, secondo le raccomandazioni AGI, deve risultare (Figura 14):

$$H \geq 7 \cdot h$$

Nella prova a carico variabile si porta il livello dell'acqua alla quota h_1 e poi si misura in quanto tempo l'acqua scende al livello h_2 . Nel caso in esame la prova di permeabilità è stata eseguita all'interno di un pozzo perdente già realizzato per i fabbricati esistenti. Il pozzo possiede un diametro pari a 1.50 m e risulta profondo circa 2.40 m, di cui utile 1.50 m. Il pozzo è stato poi riempito di acqua, avendo cura di effettuare la saturazione dei depositi sottostanti, e in seguito sono stati misurati i tempi di abbassamento del livello all'interno del tubo. La prova è stata prolungata per una durata di 30 minuti (esaurimento del battente).

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	20 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			



Figura 15 – Ubicazione e predisposizione pozzetto di prova

I grafici degli abbassamenti rilevati in campagna sono riportati in Figura 16. L'andamento è coerente con le evidenze di campagna relative alla litologia rilevata negli scavi.

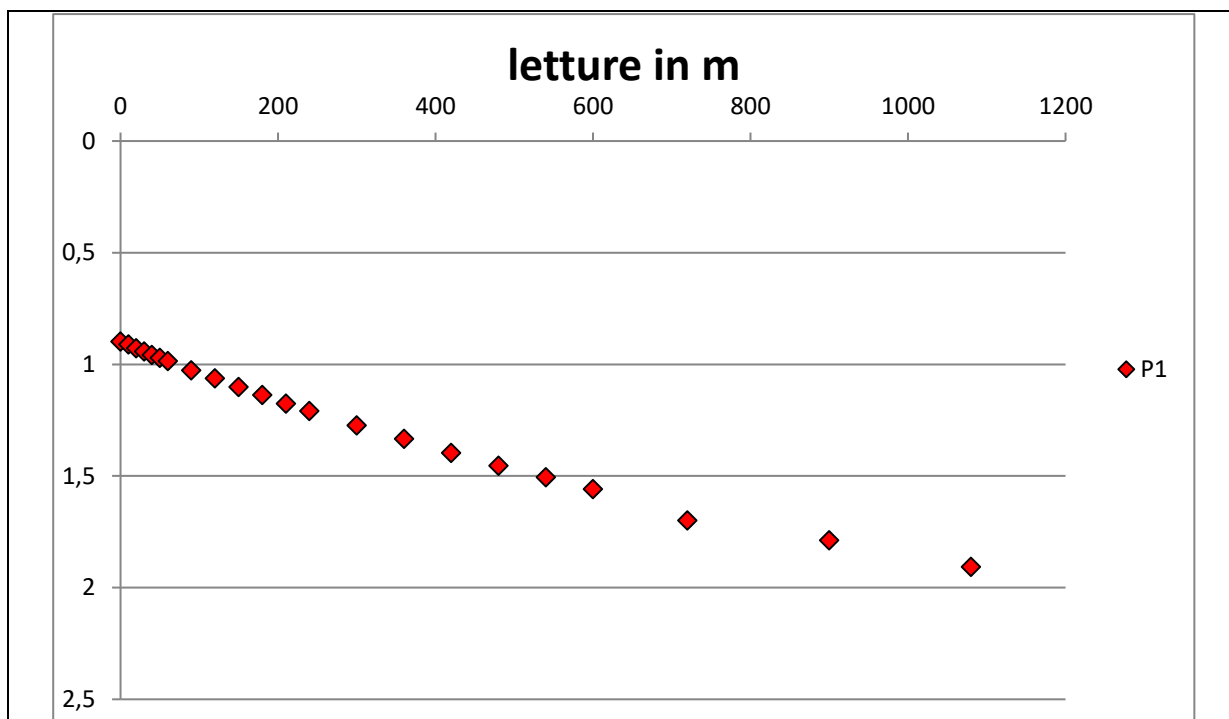


Figura 16 – Andamento abbassamenti (in ascisse il tempo in secondi)

5.2.1. Interpretazione della Prova di permeabilità

Per interpretare le prove di permeabilità è stato innanzi tutto calcolato il volume del pozzo perdente che risulta pari a circa 2,650 m³ (0.75x0.75x3.14x1.5). Il volume è stato poi diviso per la durata della prova (30 minuti) al fine di calcolare la portata media di smaltimento del pozzo. Quest'ultima è risultata pari a 1.47 l/s. Il calcolo della permeabilità è stato effettuato nell'ipotesi di validità della relazione di Darcy:

$$Q_{inf} = k J A$$

dove

k = coefficiente di permeabilità del substrato [mc/s]

J = cadente piezometrica [m/m]

A = superficie netta infiltrante [mq]

Nel caso specifico la formula di cui sopra può essere sostituita dalla seguente:

$$Q = k ((L+h)/(L+h/2)) A_f$$

dove

L = distanza fondo pozzo - falda [m]

h = battente idraulico nel pozzo [m]

A_f = superficie netta infiltrante [mq]

Inserendo il valore di portata e le dimensioni geometriche si ottiene il valore della permeabilità K pari a:

$$k = 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

6. CALCOLO DEI DEFLUSSI

Nel sito in studio si prevede lo scarico attraverso dispersione nel primo sottosuolo mediante pozzi perdenti. Non sono previsti collettamenti alla rete fognaria o al reticolo idrico superficiale. Vista la tipologia d'uso ed il contesto idrogeologico non si ravvisano controindicazioni alla dispersione nel sottosuolo delle acque meteoriche.

6.1. Calcolo della dispersione del pozzo perdente

La portata di infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione attraverso la relazione di Darcy:

$$Q_{inf} = k J A$$

dove

k = coefficiente di permeabilità del substrato [mc/s]

J = cadente piezometrica [m/m]

A = superficie netta infiltrante [mq]

Nel caso specifico la formula di cui sopra può essere sostituita dalla seguente:

$$Q = k ((L+h)/(L+h/2)) A_f$$

dove

L = distanza fondo pozzo - falda [m]

h = battente idraulico nel pozzo [m]

A_f = superficie netta infiltrante [mq]

In sito è prevista la realizzazione di n. 5 pozzi perdenti del diametro di 2.00 metri e profondità utile di 2.50 metri (intesa l'altezza massima di invaso). Cautelativamente è stato considerato uno spessore di rinfiando del pozzo pari a 0.50 metri per una superficie netta infiltrante di circa 12.76 m². Il valore di permeabilità dei depositi è stato considerato pari a 0.7x10⁻⁵ m/s opportunamente ridotto del 30% in via cautelativa rispetto a quanto misurato. Nell'equazione sopra riportata l'incognita diventa pertanto la portata (Q), dal momento che tutte le altre variabili sono note. La capacità di dispersione totale risulta pari a 15.0 l/s, ossia 3.0 l/s per pozzo.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	23 di 34
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

6.1.1. Descrizione del pozzo perdente

I pozzi saranno costituiti da anelli forati in calcestruzzo armato vibrato realizzato con l'impiego di cemento ad alta resistenza ai solfati delle seguenti dimensioni interne pari a Ø 2.00 per altezza di ogni singolo elemento di 50 cm. Gli "anelli forati" devono essere posizionati l'uno sull'altro: sono composti da un bicchiere ad incastro per favorire la messa in opera. Il pozzetto sarà dotato di una soletta piana di copertura prefabbricata in cls armato. Gli "anelli forati" verranno posati su una base di appoggio in pietrisco 6-12 mm per uno spessore di circa 20 cm. Al fine di proteggere i manufatti da eventuali infiltrazioni solide, che potrebbero ostruire i fori di dispersione delle acque, gli "anelli forati" saranno rinfiancati con uno strato di ghiaione o pietrisco per uno spessore in senso orizzontale di circa 50 cm per parte. Il funzionamento del manufatto prevede che il flusso delle acque meteoriche venga convogliato all'interno dello stesso ed ivi disperso nel suolo. E' indispensabile per la corretta funzionalità che non avvenga accumulo di detriti all'interno del pozzo e che i fori di dispersione si mantengano liberi.

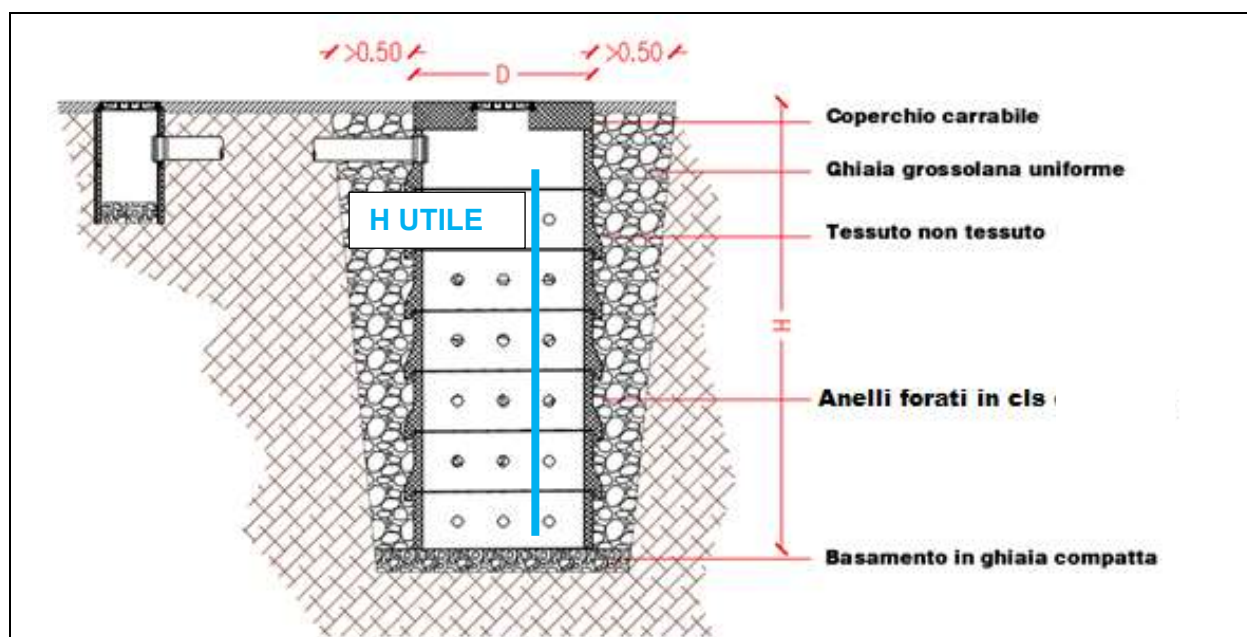


Figura 17 – Schema pozzo perdente e suo funzionamento

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	24 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

7. CALCOLO DEGLI AFFLUSSI - METODO DELLE SOLE PIOGGE

La progressiva impermeabilizzazione delle superfici incide sugli afflussi secondo due elementi fondamentali:

- riduzione della capacità filtrante del terreno con conseguente aumento della portata ai recapiti finali
- riduzione dei tempi di corrivazione

Il primo aspetto è ben rappresentato dall'immagine di Figura 18 dove si può notare che il passaggio ad ambienti via via più impermeabili comporta una riduzione importante dell'infiltrazione ed un incremento del ruscellamento, che convoglia le acque nel reticolo idrico. A livelli maggiori di impermeabilizzazione le dispersioni per infiltrazione diminuiscono ulteriormente sino a valori nell'ordine del 5%.

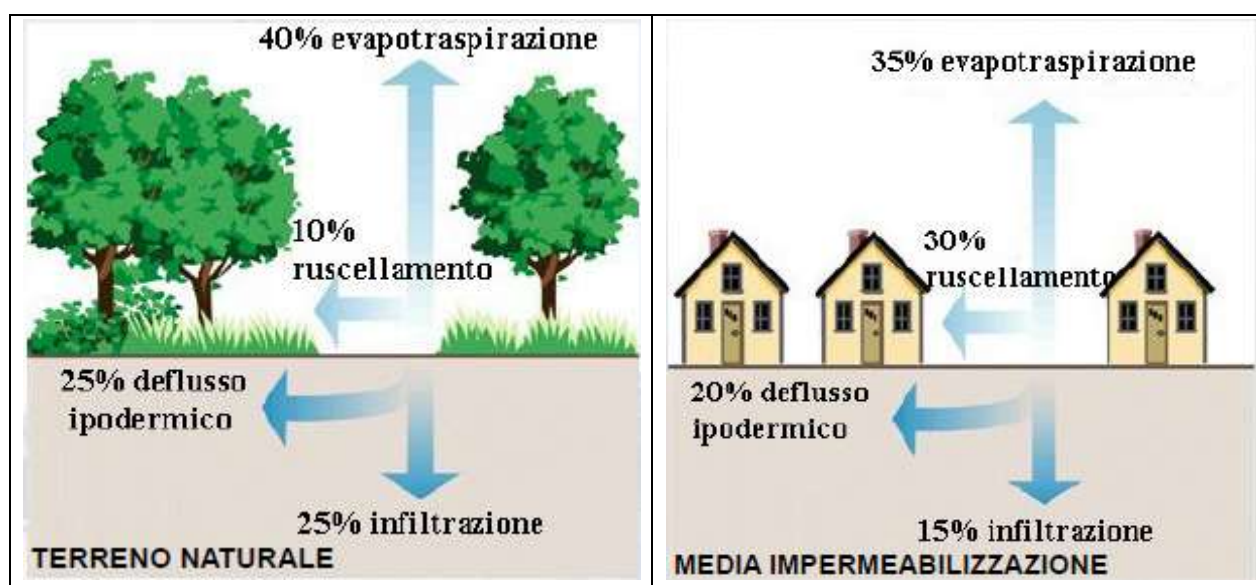


Figura 18 - Percentuali di recapito delle acque meteoriche

La riduzione del tempo di corrivazione determina invece una maggiore velocità delle acque di ruscellamento e quindi colmi di piena più rapidi ed importanti. Il metodo delle sole piogge fornisce una valutazione del volume d'invaso dell'opera di mitigazione sulla base della sola conoscenza della curva di possibilità pluviometrica e della portata massima, ipotizzata costante, che si vuole in uscita dall'opera stessa, nel caso specifico per infiltrazione e deflusso

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	25 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

in fognatura. Con questo metodo viene trascurata completamente, ad eccezione delle perdite idrologiche, la trasformazione afflussi-deflussi che si realizza nell'area scolante a monte dell'opera. Con questa ipotesi semplificativa il volume entrante nell'invaso (W_e) per effetto di una pioggia di durata (d) è pari a $W_e = A_{tot} \times \Phi_{mp} \times a \times d^n$

Il volume in uscita (W_u) dall'invaso sarà invece dato dall'Equazione $W_u = Q \times d$

Il volume invasato (W_d) sarà dato dall'Equazione $W = (W_e - W_u)_d$

Il volume da assegnare all'invaso è il valore massimo di W , che si ottiene per una precipitazione di durata critica (d). La determinazione di d e W può essere ottenuta anche per via grafica valutando la massima distanza che intercorre tra la curva di possibilità pluviometrica depurata dalle perdite idrologiche e quella in uscita dal bacino ipotizzata costante, come illustrato in Figura 19 (in ordinate sono indicati i litri in ascisse minuti).

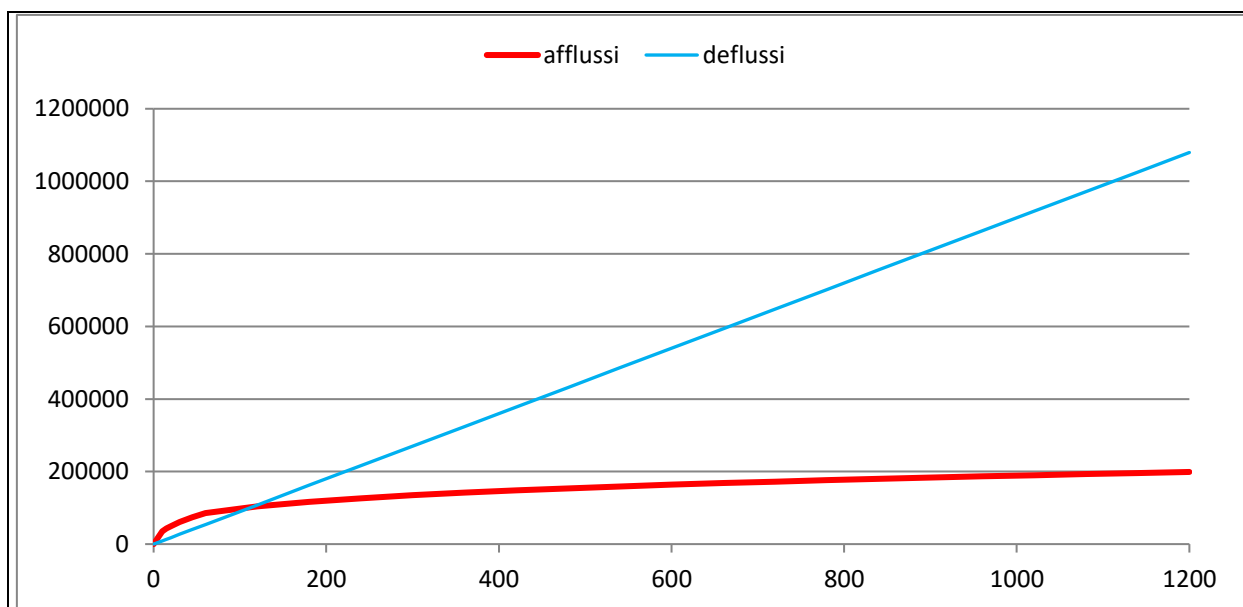


Figura 19 - Curve afflussi deflussi

Si può notare che il volume critico si ha per eventi di durata pari a circa 0.3 ore, dopo di che il sistema disperde/scarica un volume maggiore delle portate in ingresso. Il volume di laminazione necessario risulta pari a circa 44.75 m³ calcolato sulla base della formulazione proposta dal Regolamento Regionale n.8 per il metodo delle sole piogge:

$$w_0 = 10 \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w'' - 3.6 \cdot u_{\text{lim}} \cdot D_w$$

Sulla base dell'art 12 del regolamento Regionale i requisiti minimi delle vasche di laminazione per le aree A devono avere un volume di 800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile. Nel caso in studio questo volume è pari a 1761x0.879x800/10000 = 123.91 m³. Le acque saranno interamente infiltrate nel sottosuolo, la cui permeabilità è stata misurata con apposita indagine. Per questi motivi è prevista una riduzione del 30% dei volumi minimi di invaso che passeranno da 123.91 m³ a 86.74 m³. Secondo i disposti normativi dovrà essere preso a riferimento il maggiore tra volume calcolato e volume minimo, quindi, in questo caso 86.74 m³ (86.74>44.75).

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	27 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

8. DIMENSIONAMENTO DEI BACINI DI LAMINAZIONE

I volumi di laminazione saranno ricavati per la totalità all'interno dei pozzi perdenti e della massicciata delle aree di passaggio. In sostanza le coperture dei nuovi fabbricati saranno collettate ed indirizzate ad una batteria di pozzi perdenti, mentre le aree inghiaiate non avranno sistemi di raccolta e le acque saranno assorbite e disperse direttamente dalla massicciata stessa. Nel dettaglio i volumi sono stati quantificati come di seguito elencato, nell'ipotesi di raggiungere il totale riempimento del sistema:

- n. 5 pozzi perdenti di diametro pari a 2.00 m, con riempimento di ghiaione di 50 cm sulla circonferenza e porosità del 30%, battente di 2.50 m per un totale di circa 56.00 m³
- n. 1 bacino di laminazione ricavato all'interno della zona di passaggio (707 m²) in ghiaia rullata per uno spessore non inferiore ai 0.30 metri. Ipotizzando in via cautelativa una porosità non inferiore al 20% si ottiene un bacino utile pari a $707 \times 0.3 \times 0.2 = 42.42$ m³.

Il volume totale è dato dalla somma del volume immagazzinato nei pozzi perdenti (56 m³) e nel bacino della massicciata (42.42 m³) ed è pari a 98.42 m³, sufficiente a garantire i minimi richiesti dal Regolamento (86.74). Nel calcolo non è stata considerata in via conservativa la quota immagazzinata nelle caditoie, gronde, tubazioni etc. Lo schema planimetrico dell'impianto è riportato nelle tavole allegate.

8.1. Calcolo del tempo di svuotamento

Allo svuotamento del bacino di laminazione contribuirà esclusivamente la dispersione nel sottosuolo con una portata massima di 15 l/s per quanto riguarda i pozzi perdenti. Il volume massimo di invaso (56.00 m³) potrà essere svuotato in circa 1.0 ore e quindi ampiamente entro i termini previsti dalla normativa. Lo smaltimento delle acque avverrà per gravità. Anche lo svuotamento della massicciata avverrà con tempistiche compatibili con il Regolamento Regionale.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	28 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

9. VERIFICA BACINO

L'art. 11 del Regolamento Regionale prevede la verifica dei franchi di sicurezza delle opere realizzate con un tempo di ritorno pari a 100 anni. Al fine di verificare la rispondenza alla normativa vigente è stata valutata la curva delle differenze positive tra afflussi e deflussi (Figura 20) e il dettaglio delle differenze positive è stato calcolato con la formula riportata nel regolamento. Si nota che il volume di laminazione necessario assomma a circa 61.10 m^3 , minore del massimo invaso previsto (98.42 m^3). **Il bacino è verificato ai fini del regolamento Regionale.**

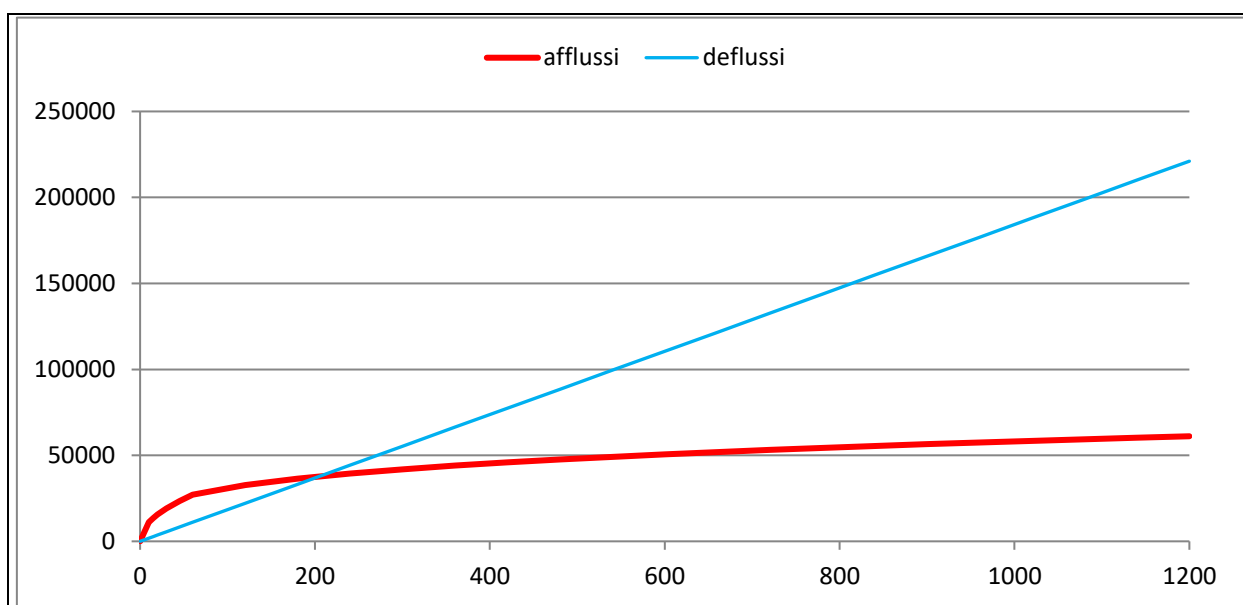


Figura 20 - Andamento afflussi-deflussi con $Tr=100$ anni

10. DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI RACCOLTA ACQUE

La planimetria degli scarichi e dei sistemi di raccolta è riportata nel seguente elaborato cartografico:

Tavola 1 - Planimetria di progetto

Il sistema di raccolta acque è molto semplice e prevede la messa in opera di gronde e pluviali per raggiungere i bacini di laminazione. Come è noto la durata della pioggia di riferimento corrisponde al tempo di corrivazione, che in caso di bacini urbani generalmente è molto ridotto. Il tempo di corrivazione si definisce come il tempo necessario alla particella d'acqua di percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura dove viene eseguito il calcolo della portata seguendo il percorso idraulicamente più lungo. Nei sistemi di drenaggio urbano il tempo di corrivazione T_c viene generalmente definito come la somma di due contributi: il tempo di ingresso in rete T_i e il tempo di percorrenza della rete T_r : $T_c = T_i + T_r$

Il tempo di ingresso in rete è il tempo che la particella d'acqua piovuta in un generico punto impiega per entrare nel sistema di drenaggio mentre il tempo di rete indica l'intervallo di tempo che la particella ormai entrata in rete impiega per raggiungere la sezione di chiusura, sulla base della velocità che la particella si suppone avere all'interno dell'impluvio. Per il progetto in questione, vista la dimensione modesta dell'edificio può essere convenzionalmente preso un tempo di corrivazione pari a 10 minuti. Per ottenere l'altezza di pioggia di un evento intenso di 10 minuti con tempo di ritorno di 50 anni si può ricorrere alla formula di Bell rappresentata dalla seguente espressione:

$$h_{dt}/h_{60t} = 0.54 \times d^{0.25} - 0.5$$

Utilizzando l'altezza di pioggia riferita a 10 minuti si ottiene il seguente valore di portata massima in uscita dall'intero bacino impermeabile (solo coperture): **$Q = 39.6$ l/s (tempo di ritorno 50 anni). Per la quota raccolta dalla superficie semipermeabile non si calcola la portata in quanto gli afflussi saranno assorbiti dalla stessa.** L'altezza di pioggia attesa in 10 minuti è stata calcolata pari a 22.54 mm. Il dimensionamento delle tubazioni a pelo libero è

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	30 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

stato eseguito facendo riferimento alla scala di deflusso di moto uniforme per le correnti a pelo libero.

Tale ipotesi di lavoro è sufficientemente attendibile in quanto, per tratti omogenei di condotta, si ha uniformità di portata smaltita, diametro, pendenza del fondo, scabrezza, sempreché, come accade nel caso presente, le condizioni al contorno di valle non siano tali da generare significativi rigurgiti e la portata in ingresso da monte non determini la saturazione dell'imbocco. La formula di moto uniforme impiegata è quella di Chézy: $V = \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$

dove:

V= velocità media (m/s)

R = A/P= raggio idraulico (m)

A= area bagnata, ovvero l'area della sezione trasversale della corrente (m²)

P= perimetro bagnato (m)

i= pendenza del fondo del canale

χ = coefficiente di scabrezza

il coefficiente di scabrezza è stato valutato secondo la formula di Gauckler-Strickler ovvero: $\chi = K_s R^{1/6}$

dove K_s rappresenta il parametro di scabrezza di Gauckler-Strickler. Si ottiene pertanto:

$$Q = c * A * R^{2/3} * i^{1/2}$$

Per il coefficiente di scabrezza c della tubazione in PVC si è utilizzato il valore di 120, valido per tubazioni di PVC, PE o plastica. Per il collettamento dei pluviali si prevedono n. 3 linee di adduzione: 2 nella porzione Nord e 1 nella porzione Sud. La linea più sollecitata raccoglie una superficie di 467 m² ovvero metà del nuovo deposito, e l'intera tettoia 1. Per questa linea la portata massima è pari a 17.5 l/s. Utilizzando una tubazione DN200 mm, con pendenza pari allo 0.2%, sarà verificata la portata con riempimento compreso tra il 70% e l'80% (Figura 21). Questa dimensione può essere estesa a tutte le linee principali di collettamento dei pozzi perdenti.

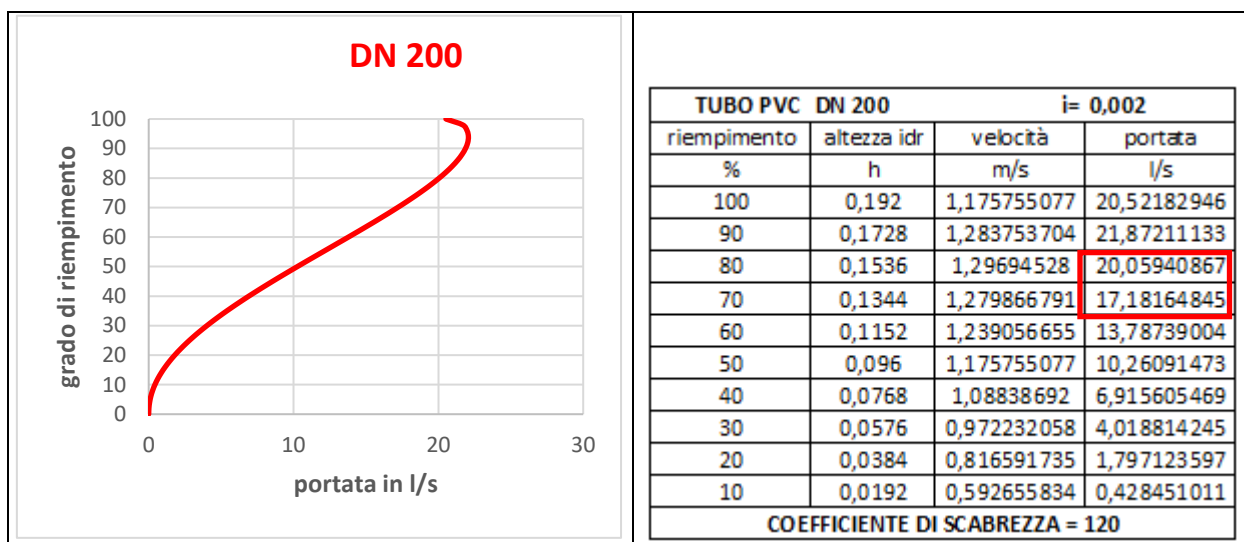


Figura 21 – Scala di deflusso DN200

11. MANUTENZIONE

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

A seconda delle tipologie di elementi di drenaggio si presentano ovviamente livelli differenti di complessità nella manutenzione. La prima e più semplice distinzione riguarda sicuramente gli **interventi ordinari**, da svolgersi periodicamente seguendo un calendario prestabilito, dagli **interventi straordinari**, necessari al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente ad eventi meteorici o di altra natura (per esempio terremoti, sversamenti abusivi, incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture. Si possono inoltre distinguere, per alcune tipologie di soluzioni quali le aree di ritenzione vegetate e le fitodepurazioni, gli **interventi di supporto** necessari all'attecchimento delle essenze vegetate nelle primissime fasi della vita degli impianti, non più necessari quando gli invasi avranno raggiunto la fase in esercizio con il completo equilibrio delle componenti ecologiche presenti.

Per quanto riguarda gli interventi che prevedono la rimozione dei sedimenti occorrerà prevedere adeguate operazioni di pulizia *ad-hoc* in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche del sedimento e alla sua potenzialità inquinante. Rispetto a quanto descritto, risulta evidente che a seconda del livello e complessità degli interventi di manutenzione gli stessi potranno essere svolti da personale con formazione adeguata. Tutto ciò dovrà essere realizzato seguendo un programma di manutenzione periodico strutturato secondo un piano nel quale siano individuate le diverse attività da svolgere e i relativi soggetti incaricati. Per

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2020	0	33 di 34
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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

- Verifica del corretto afflusso delle acque
- Verifica dell'integrità degli elementi strutturali
- Pulizia scorrimento
- Piccola manutenzione edile

Di seguito è riportata la matrice del piano di manutenzione.

attività	cadenza	Esecutore	Osservazioni
Verifica corretto afflusso al pozzo perdente	Semestrale	Titolare	Verifica visiva
Verifica integrità strutturale pozzo perdente	Quinquennale	Titolare	Verifica visiva
Verifica integrità strutturale pozzetti	Quinquennale	Titolare	Verifica visiva
Rimozione detriti grossolani dai pozzetti	Annuale o su segnalazione	Titolare	
Rimozione detriti grossolani da pozzo perd.	Annuale o su segnalazione	Titolare	
Rimozione detriti fini e pulizia pozzo perdente	Triennale o su segnalazione	Personale specializzato	
Sostituzione elementi ammalorati	Su segnalazione	Personale specializzato	

Dr. Geol. Corrado Aletti

(documento firmato digitalmente)

Seniga 21.02.2020



Comune di Brescia

Provincia di Brescia

Regolamento Regionale n.4 del 27.11.2017 - RL n.4 del
15.03.2016

PROGETTO PER L'INVARIANZA
IDRAULICA E IDROLOGICA

AMPLIAMENTO AZIENDA AGRICOLA

Committente: Az. Agr. Luigi Rossini

Tavola 1

scala 1:500

**PLANIMETRIA DI
PROGETTO**

Legenda:



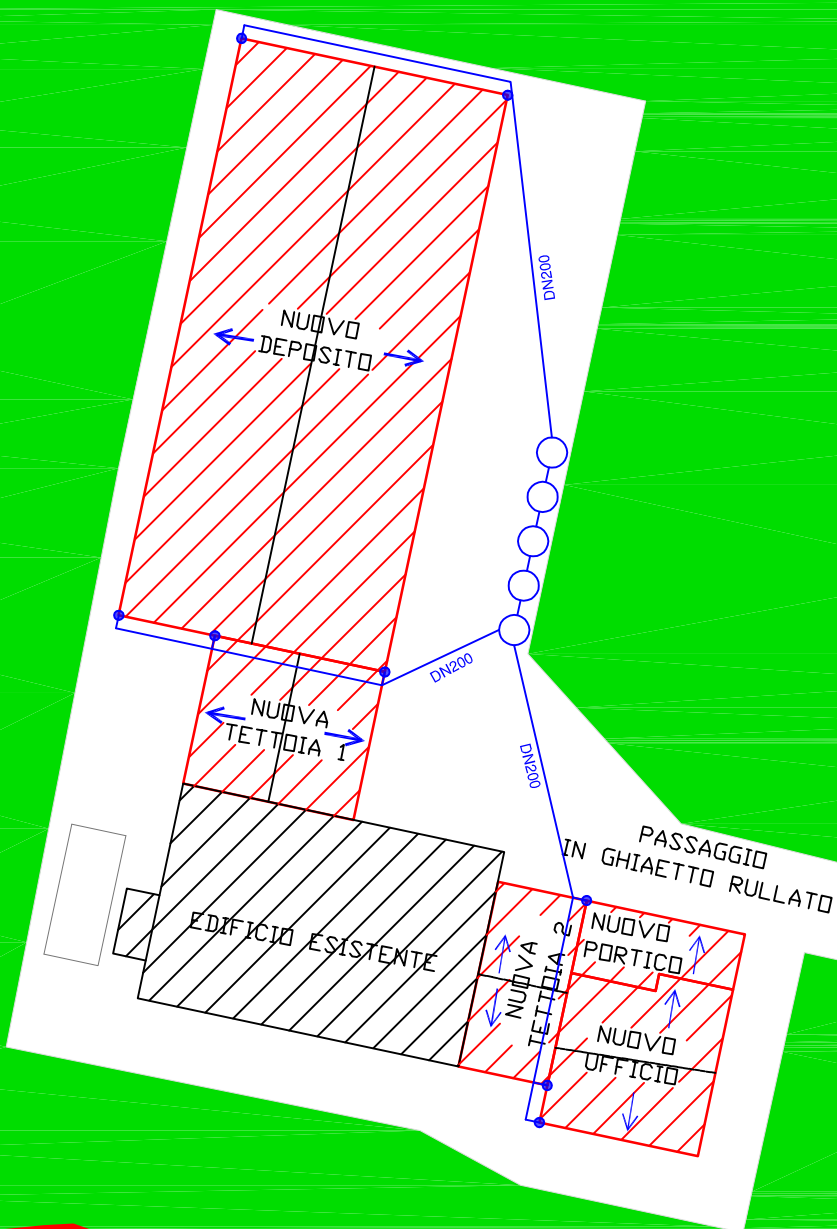
pozzo perdente d.2.00 metri



linea acque bianche DN200



pluviale con pozzetto piede muro



Il Geologo:
Dr. Corrado Alelli

codice file: bs-rossini_inv

03		
02		
01	21/02/2020	emissione - Revisione 00
N	data	descrizione