

# REGIONE LOMBARDIA

## PROVINCIA DI BRESCIA

### COMUNE DI PASSIRANO



## PROGETTO PER L'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA


### RELAZIONE



Elaborato

## SUAP FASTNED IN VARIANTE AL PGT

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

Committente	FASTNED	
Estensore	 A. & P. sas	
Informazioni documento		
Operazione	Soggetto	Data
Redatto	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	15.01.2025
Approvato	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	17.05.2025
File	relazione invarianza.docx	
Commessa	2025.01.013	

## 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 .....	18
5.2. Prova di permeabilità .....	19
5.2.1. Interpretazione della Prova di permeabilità.....	20
6. Calcolo dei deflussi.....	22
6.1. Calcolo della dispersione del pozzo perdente .....	22
6.1.1. Descrizione del pozzo perdente .....	23
7. Calcolo degli afflussi - metodo delle sole piogge.....	24
8. Dimensionamento dei bacini di laminazione .....	27
8.1. Calcolo del tempo di svuotamento .....	27
9. Verifica bacino .....	29
10. Dimensionamento impianto di raccolta acque .....	30
11. Manutenzione .....	32

## 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 per il rispetto

 <div>01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010</div>	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Gennaio 2025	2	3 di 33
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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.

 <div>01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010</div>	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Gennaio 2025	2	4 di 33
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in studio è localizzata nel settore meridionale del territorio comunale di Passirano, a margine di Via Vallosa, così come raffigurato in Figura 1. La nuova struttura insisterà sul Mappale 6105 del Foglio 33 del NCTR del Comune di Passirano. Per il dettaglio completo sulle specifiche del progetto si rimanda agli elaborati redatti dallo studio di progettazione Piano Zero.



**Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio**

Il progetto prevede la realizzazione di una stazione di ricarica per veicoli elettrici. 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. Le superfici impermeabili, riferibili alla porzione occupata dalle nuove strutture e pertinenze pavimentate, sono state calcolate pari a 1970 m<sup>2</sup>. Lo schema della distruzione della permeabilità è riportato in Figura 2.



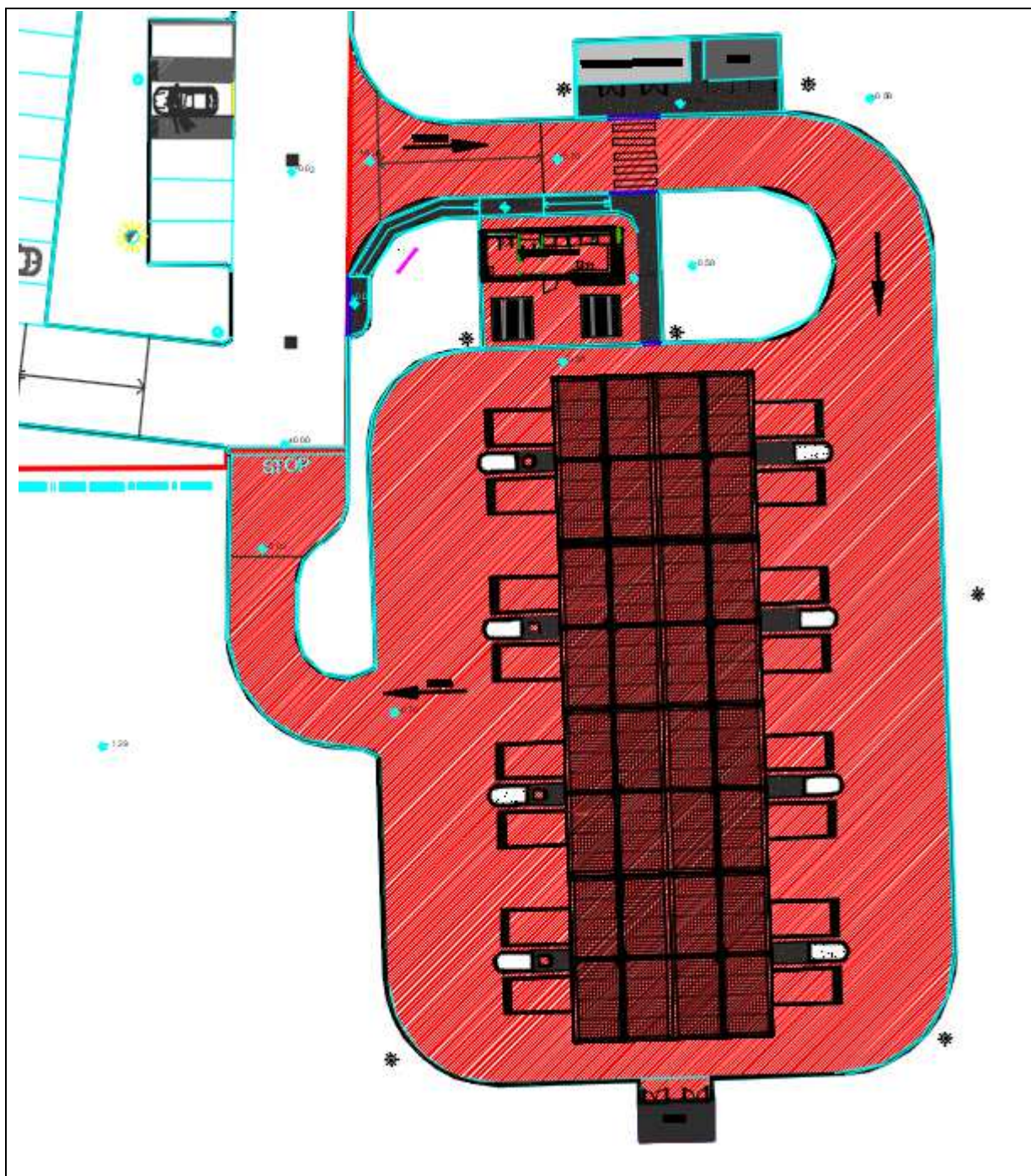


Figura 2 – Calcolo superfici (rosso = nuove superfici impermeabili)

### 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;

 <div>01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010</div>	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Gennaio 2025	2	7 di 33
	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 é 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](http://idro.arpalombardia.it). L'analisi dei dati é 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 " $a$ ". E' quindi

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Gennaio 2025	2	8 di 33
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



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).

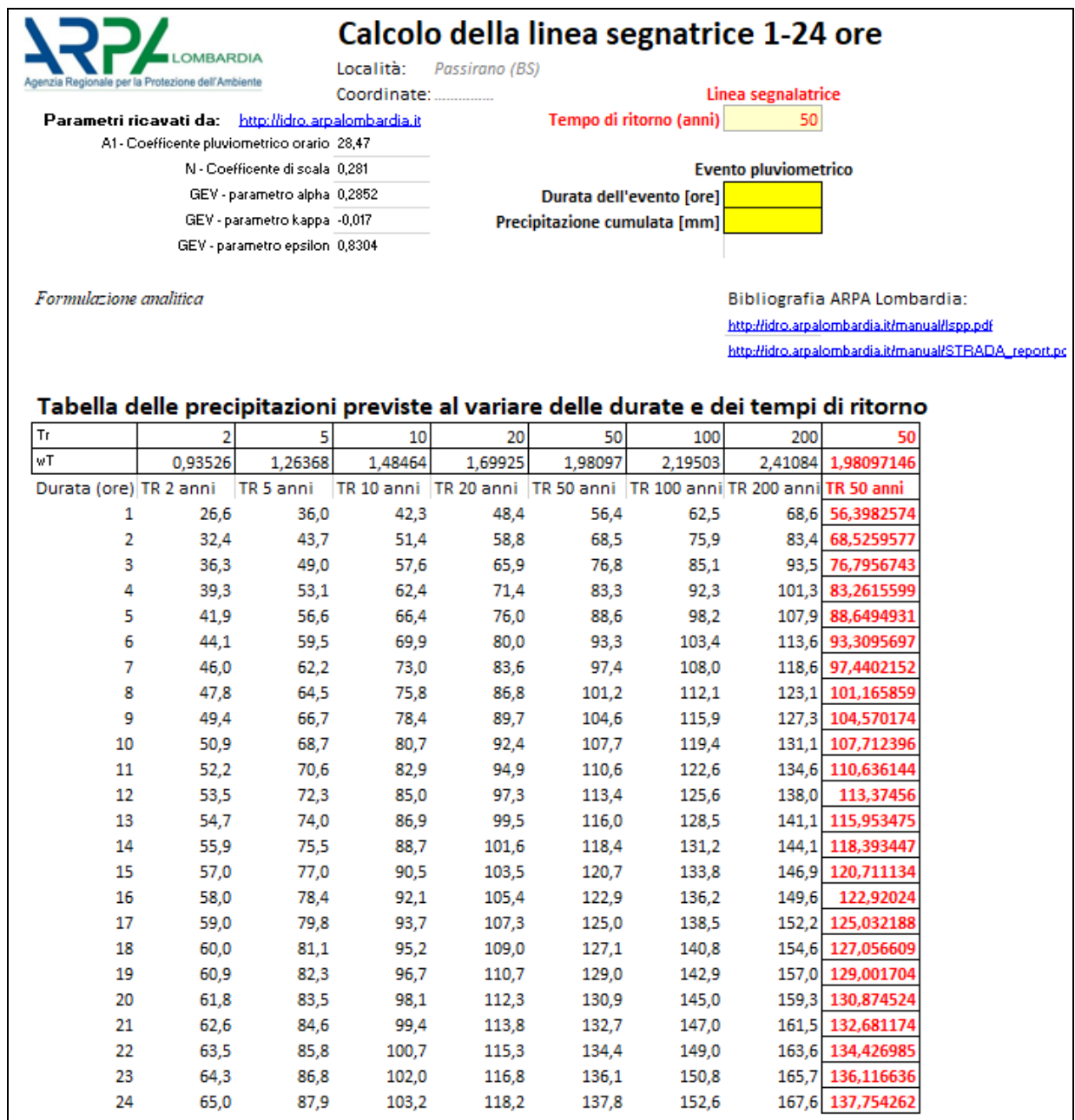
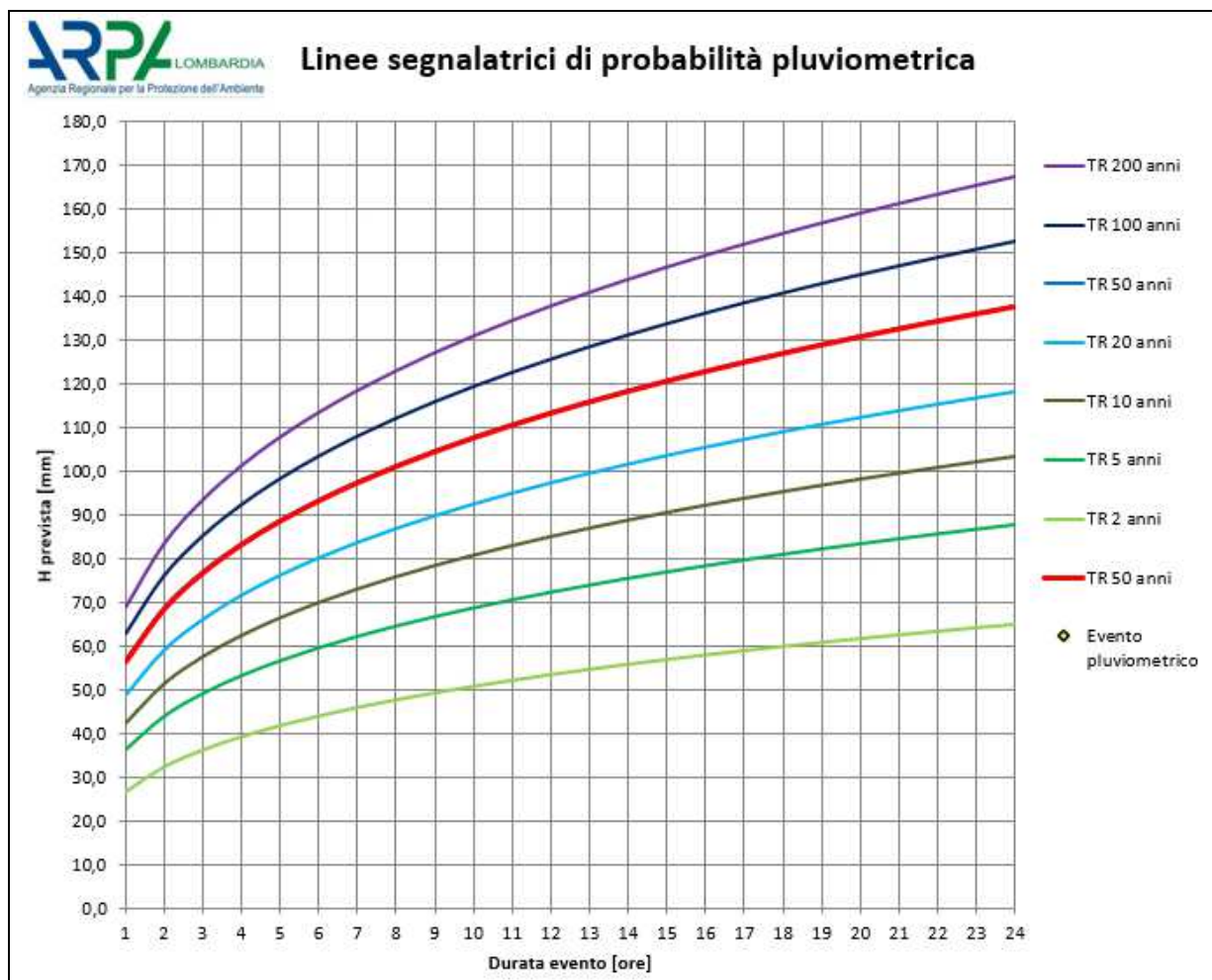


Figura 3 - Calcolo della linea segnalatrice

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:

$$h = 56.40 \times t^{0.5}$$

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

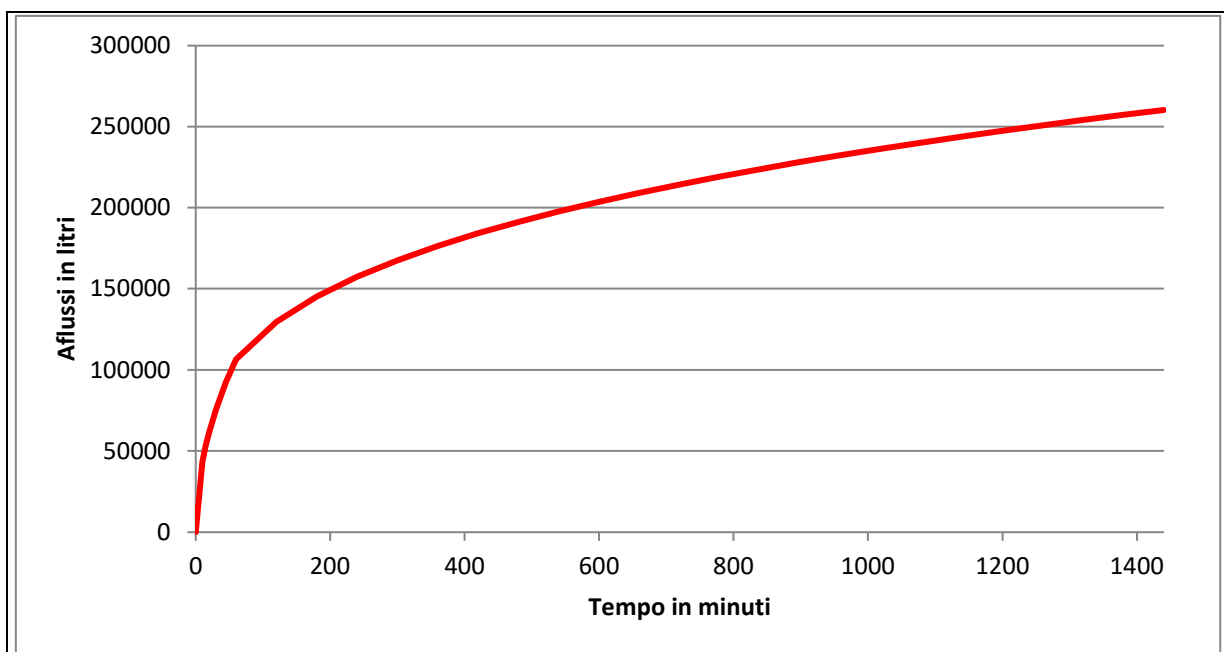


Figura 5 - Andamento degli afflussi sul lotto con tempo di ritorno pari a 50 anni

## 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

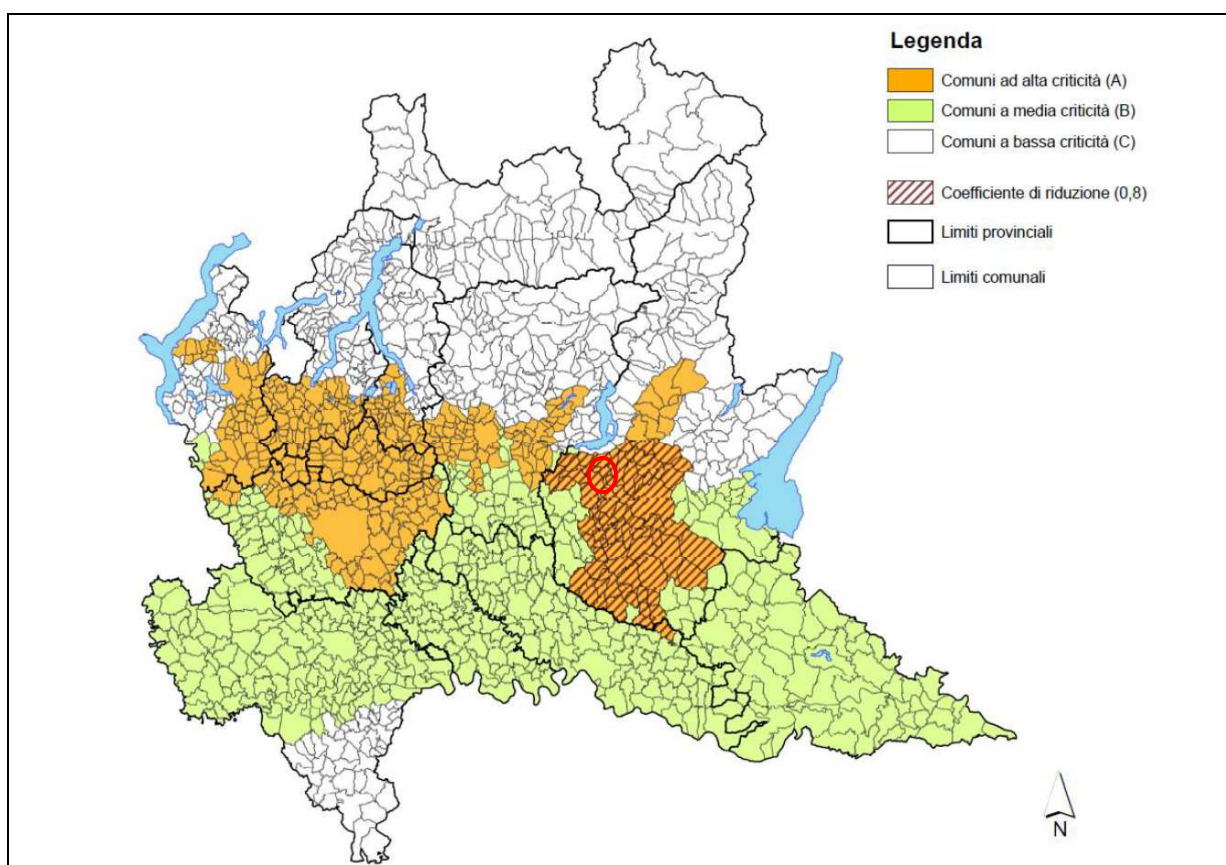


Figura 6 - Classificazione criticità idraulica

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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Gennaio 2025	2	12 di 33
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

Il Regolamento Regionale 8 ha introdotto un coefficiente riduttivo (coefficiente P) per alcuni comuni della classe A, che per il sito in studio vale 0.8. Tuttavia essendo una nuova espansione urbanistica non sono ammissibili riduzioni, anzi a prescindere dalla classe del comune si applicano sempre i parametri della classe A. Altro parametro che entra nella matrice di classificazione è la superficie di intervento, che risulta pari a 1970 m<sup>2</sup>, ovvero la superficie complessiva con mutata permeabilità 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):

1970 m<sup>2</sup> superficie impermeabile (x1)

Il coefficiente di deflusso medio ponderale risultante è pari a 1. 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 media, in ambiti territoriali a criticità alta o media, deve essere adottato il metodo delle sole piogge, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo dettagliata. Nel caso di impermeabilizzazione potenziale alta, in ambiti territoriali a criticità alta o media, deve essere adottata la procedura di calcolo dettagliata. Il caso in studio ricade nella



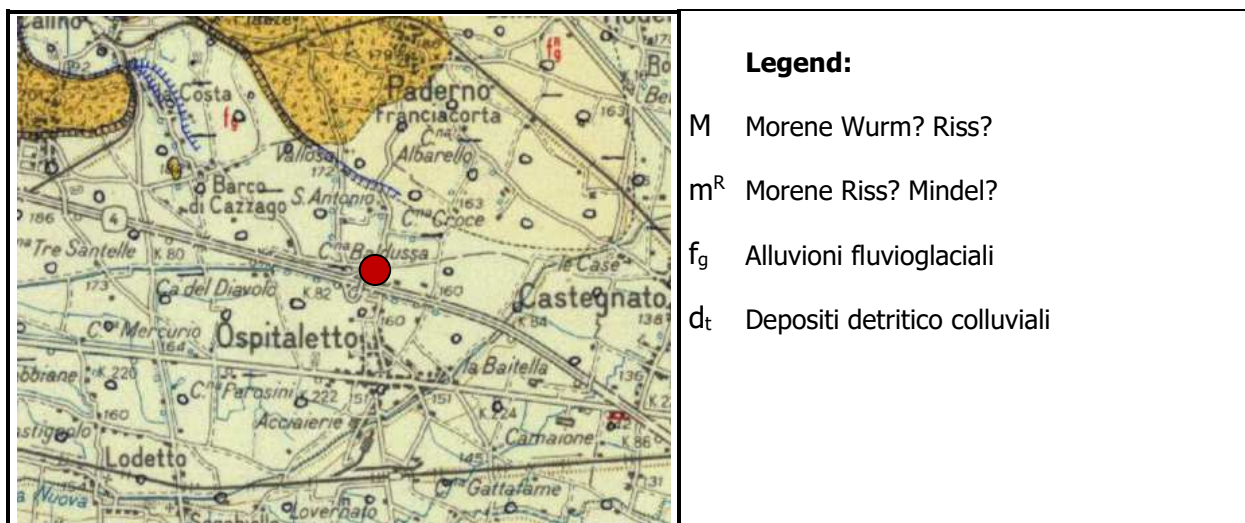
classe 2 e quindi la procedura da adottare è quella del metodo delle sole piogge. I sistemi di laminazione devono inoltre rispettare i criteri minimi di dimensionamento così come definiti dall'art.12:

- aree A alta criticità idraulica: 800 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile
- aree B media criticità idraulica: 500 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile
- aree C bassa criticità idraulica: 400 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile

## 5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E PIEZOMETRICO

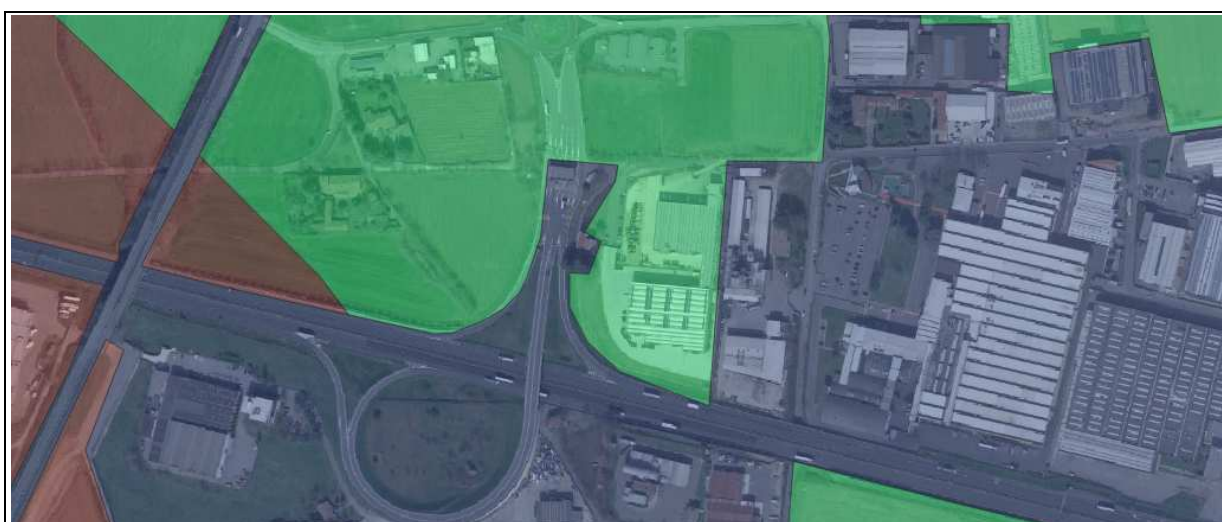
L'assetto geologico dell'area d'intervento è stato determinato durante il Quaternario continentale dagli intensi eventi deposizionali che hanno portato a colmamento il bacino Padano. In particolare, ci si riferisce al Pleistocene e all'Olocene, in cui la nota climatica dominante fu rappresentata da un ripetuto alternarsi di climi caldi e freddi, con una netta tendenza al progressivo raffreddamento, reso evidente con l'avvento delle glaciazioni. Seppure con diversi accenti ed interpretazioni diversi studi, basati sostanzialmente su correlazioni di dati stratigrafici e idrogeologici di pozzo, hanno messo in evidenza il carattere tendenzialmente regressivo della successione sedimentaria plio-pleistocenica Padana: alla base sono presenti depositi torbiditici di mare profondo, ricoperti da un prisma sedimentario progradante. In tale prisma è possibile identificare, con l'ausilio della sismica e dei dati di pozzo, le seguenti facies sedimentarie: scarpata, piattaforma esterna, litorale, deltizia/lagunare e fluviale. Nei profili sismici si riconoscono due direzioni prevalenti di progradazione dei corpi sedimentari: la prima assiale rispetto al bacino Padano, Est vergente, originata dal paleo-delta del Po; la seconda trasversale, Sud-Est vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione alpina. Il riempimento del bacino marino ed il passaggio alla sedimentazione continentale è il risultato di eventi tettonico-sedimentari parossistici, separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale e attività ridotta delle strutture compressive. I depositi di quest'area sono legati dapprima alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente glaciale, e più nel dettaglio all'azione del ghiacciaio sebino che durante il Pleistocene, in fasi successive, ha costruito l'anfiteatro morenico di Iseo e successivamente alle dinamiche fluvioglaciali. Il sito in esame risulta caratterizzato da depositi alluvionali fluvioglaciali appartenenti all'alta pianura (Figura 8). 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.

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione	Gennaio 2025	2	15 di 33
		A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			



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

Dal punto di vista litologico, in corrispondenza del sito in esame, sono prevalenti le ghiaie sabbiose con presenza di matrice limoso argillosa (Figura 9). Dal punto di vista morfologico l'area risulta sub pianeggiante, ed è posta alla quota indicativa di circa 163.00 m.s.m. con cadente topografico in direzione SW. L'idrografia naturale al contorno è rappresentata essenzialmente dalla rete irrigua e scolante. Dal punto di vista idraulico l'area risulta esterna alle fasce fluviali definite dal Piano PAI e risulta esterna alle aree allagabili perimetrate dal PGRA della Regione Lombardia del 2022. Visto l'attuale assetto geoclimatico non sono stati rilevati forme o processi geomorfologici attivi e si esclude l'esondabilità dell'area.



**Figura 9 – Carta della litologia superficiale (verde=ghiaie limose con sabbia)**

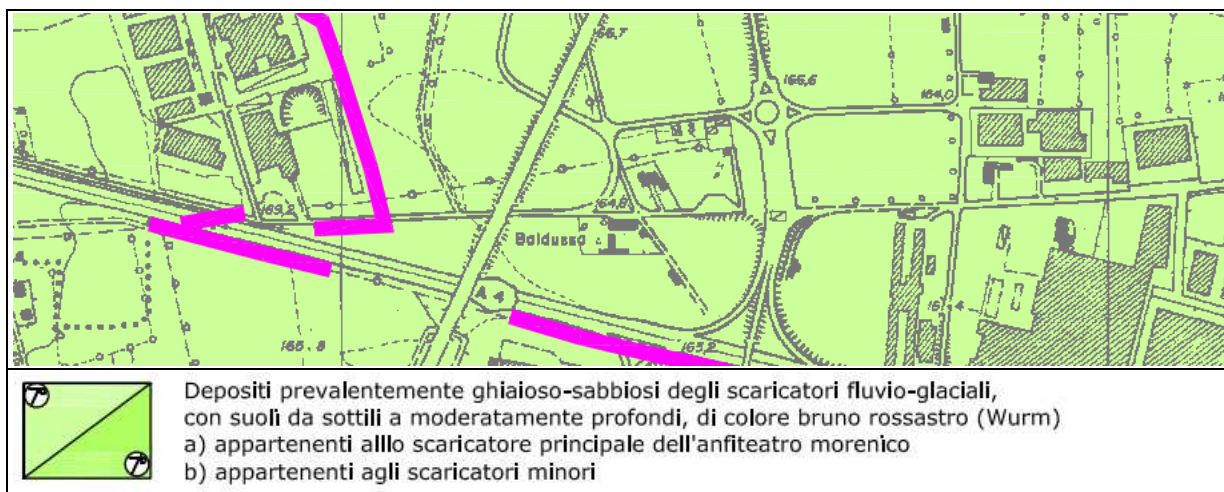


Figura 10 – Carta geologica (da PGT)

La litostratimetria dell'area è stata desunta da studi effettuati nella zona e dalle interpretazioni ed evidenze di prove pregresse eseguite dallo scrivente in corrispondenza del sito. Sulla base dei dati acquisiti l'assetto stratigrafico si configura così come raffigurato in Figura 11, conforme all'ambiente ed all'evoluzione deposizionale a cui è andata soggetta l'area, fortemente condizionata dalla dinamica fluviale e fluvioglaciale. In particolare le prove penetrometriche hanno evidenziato la presenza di depositi ghiaioso sabbiosi fino alla profondità massima indagata di 5.10 m.

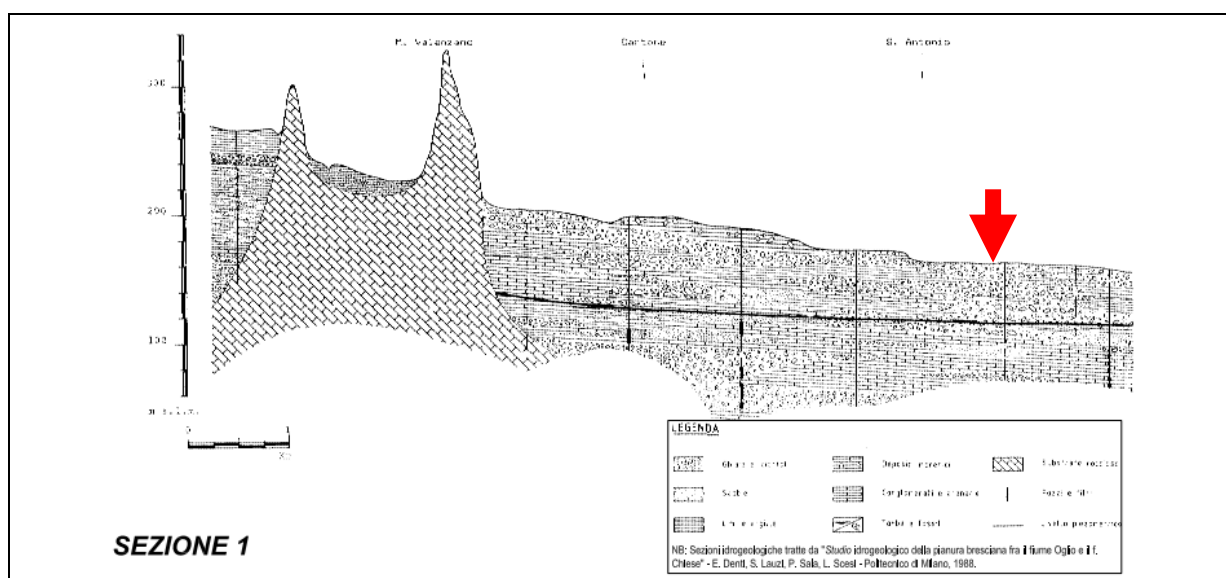


Figura 11 – Sezione stratigrafica NS (da PGT)

Dai dati contenuti nella cartografia idrogeologica a corredo del PGT comunale il sito in

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Gennaio 2025	2	17 di 33
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			



esame si colloca circa in corrispondenza della zona mediana compresa tra l'isopieza 113.80 e 113.60 m.s.m. ad indicare una soggiacenza di circa 60 m (Figura 12).

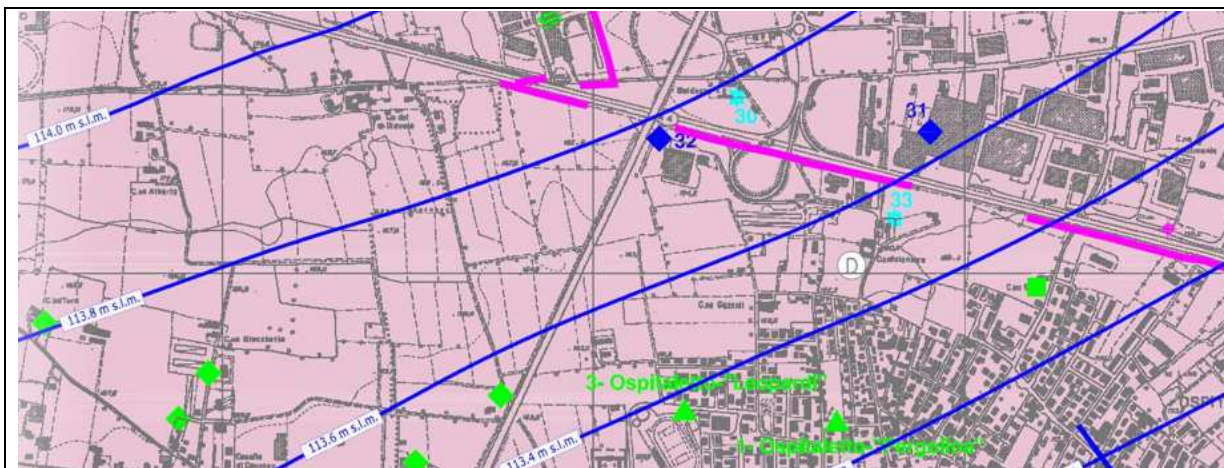


Figura 12 – Stralcio della Carta Idrogeologica del Comune di Passirano

## 5.1. Distanza da pozzi idropotabili

Nelle vicinanze dell'area in esame 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.



Figura 13 – Stralcio carta dei vincoli da PGT

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione	Gennaio 2025	2	18 di 33
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					



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 risulta esterna alla fascia di rispetto dei pozzi idropotabili, infatti non se ne riscontra la presenza in un intorno significativo.

## 5.2. Prova di permeabilità

In sito è stata effettuata n. 1 prova di permeabilità a carico variabile in foro. Le prove in foro/pozzetto consentono di determinare in modo molto semplice la permeabilità di un terreno superficiale al 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 foro o 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. 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, considerata la natura prevalentemente ghiaioso sabbiosa dei depositi, è stato realizzato un foro, mediante penetrometro, da 50 mm di diametro spinto ad una profondità massima di circa 3.00 metri da p.c.. Vista la profondità non è stato possibile realizzare un pozzetto con pareti libere, ma è stato inserito il tubo per di ridurre gli eventuali errori dovuti al franamento delle pareti dello scavo nel corso della prova. Il tubo è stato poi riempito di acqua, avendo cura di effettuare la saturazione

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Gennaio 2025	2	19 di 33
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

dei depositi sottostanti, e in seguito sono stati misurati i tempi di abbassamento del livello all'interno del tubo. La misura è stata eseguita con un sensore di pressione dotato di datalogger della HOBOWARE con precisione pari allo 0.1% su un range di lettura di 13 ft (circa 4.0 metri).

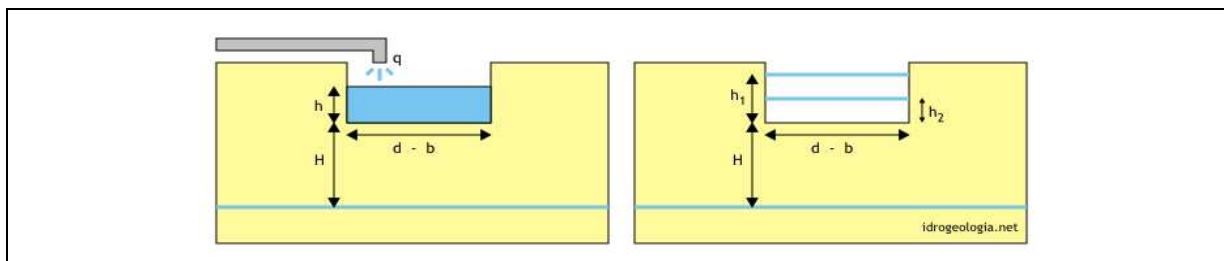


Figura 14 – Schema per prove di permeabilità a carico costante e variabile

La lettura di pressione è di tipo assoluto, comprensiva della pressione atmosferica. Vista la brevità del periodo di misura si ritiene influente la eventuale variazione della pressione atmosferica che comunque viene rilevata a fine ed inizio prova. È stata eseguita n. 1 prova prolungata per una durata di 54 secondi ovvero sino all'esaurimento del battente. Il grafico dell'abbassamento rilevato in campagna è riportato in Figura 15.

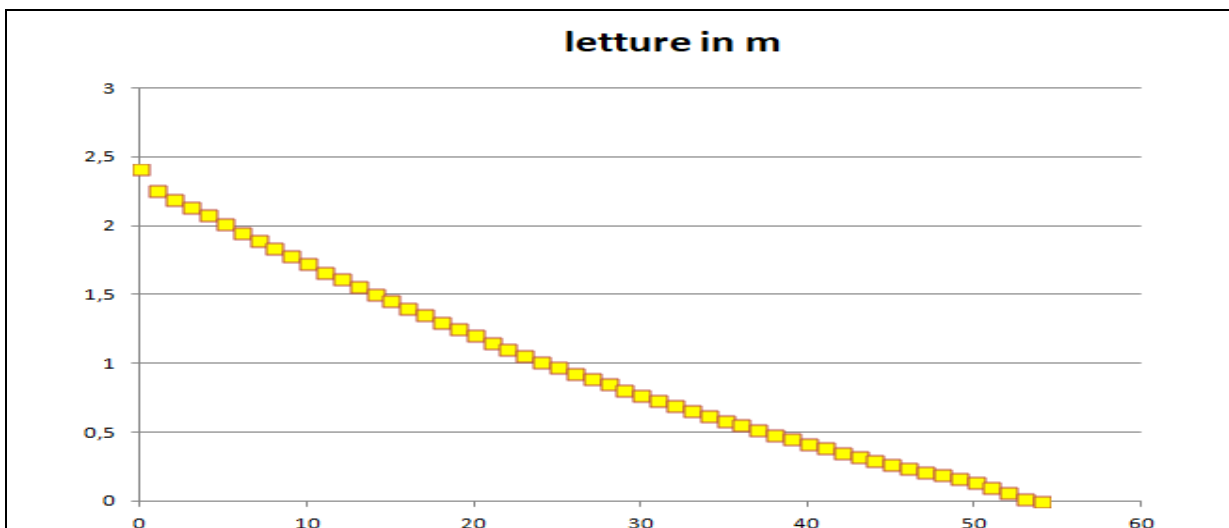


Figura 15 – Andamento abbassamenti

### 5.2.1. Interpretazione della Prova di permeabilità

La formula tipica riportata nelle raccomandazioni AGI per il calcolo della permeabilità  $k$  è la seguente:

	01010101010 110110110011 111011101101 01010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione	Gennaio 2025	2	20 di 33
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

$$k = \frac{d}{32} \cdot \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{h_m}$$

dove:

$h_m$  = altezza media dell'acqua nel pozzetto ( $h_m > d/4$ );

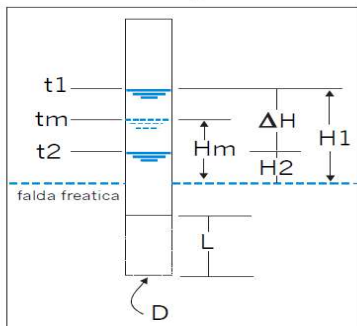
$h_1 - h_2$  = abbassamento;

$t_2 - t_1$  = intervallo di tempo;

$d$  diametro pozzetto.

Tuttavia la formula e le modalità di prova sopra riportate prevedono la realizzazione di uno scavo con pareti permeabili. Nel caso in studio il foro è stato realizzato mediante penetrometro. È stata poi realizzata una tasca di dispersione nel tratto finale del foro di altezza pari a 400 mm riempita con ghiaietto. In questo caso pertanto la dispersione avviene sia lateralmente, nel tratto filtrante della tasca, che dal fondo del foro. Per questo motivo appare più opportuno utilizzare le classiche formule impiegate per le prove in foro di sondaggio (prova Lefranc) con lunghezza della tasca (L) pari a 400 mm:

#### Schema della prova Lefranc



Per le prove a carico costante la conducibilità idraulica è:

$$K = Q / CH$$

$Q$  = portata a regime ( $\text{cm}^3/\text{sec}$ )

$H$  = carico idraulico a regime (cm)

$C$  = coefficiente di forma (cm), in funzione della tasca inferiore di diametro  $D$  e lunghezza  $L$

Per prove a carico idraulico variabile la conducibilità idraulica è:

$$K = AdH / C dt Hm$$

$A$  = area di base della tasca filtrante

$dH = H_1 - H_2$  = differenza di carico idraulico

$dt = t_2 - t_1$  = intervallo di tempo corrispondente a  $dH$

$Hm$  = carico idraulico corrispondente al tempo medio  $(t_1 + t_2) / 2$

$C$  = coefficiente di forma

**Nel caso di foro aperto inferiore:**

$$C = 2.85 D$$

Il coefficiente di forma è stato calcolato mediante gli abachi di riferimento, ed è risultato pari a 0.9. La permeabilità calcolata con la formula sopra riportata restituisce il seguente valore:

$$Pk = 1.0 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$$

## 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 di attività ed il contesto idrogeologico non si ravvisano controindicazioni alla dispersione nel sottosuolo delle acque meteoriche. Le opere di dispersione non intercetteranno la falda.

### 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 in specifico la formula di cui sopra può essere sostituita dalla seguente, elaborata da Stephen e Neuman (1982):

$$Q = k f (D/2) H$$

dove

f = coefficiente ricavato da  $\log f = 0.658 \times \log(H/R) - 0.398 \log(H) + 1.105$

D = diametro pozzo [m]

R = raggio pozzo [m]

H = battente [mq]

Per i calcoli è stato utilizzato il valore di permeabilità misurato, cautelativamente ridotto del 50% e pari a  $5 \times 10^{-5}$  m/s. In sito è prevista la realizzazione di n. 8 pozzi perdenti del diametro di 2.00 metri e profondità utile di 3.00 metri (intesa l'altezza massima di invaso). E' stato considerato uno spessore di rinfiango del pozzo pari a 0.60 metri per una superficie netta infiltrante rispettivamente di 16 m<sup>2</sup>. Vista la disposizione in batteria l'efficienza dei pozzi è stata calcolata al 50%. Nell'equazione sopra riportata l'incognita diventa pertanto la portata (Q), dal

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Gennaio 2025	2	22 di 33
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

momento che tutte le altre variabili sono note. La capacità di dispersione risulta pari a 1.27 l/s per pozzo, pertanto 10.16 l/s totali.

### 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 metri 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 60/80 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 lavato per uno spessore in senso orizzontale di circa 0.60 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. Per il corretto funzionamento non devono accumularsi detriti all'interno del pozzo e i fori di dispersione devono mantenersi liberi. **I pozzi dovranno essere collegati sul fondo da un tubo DN200.**

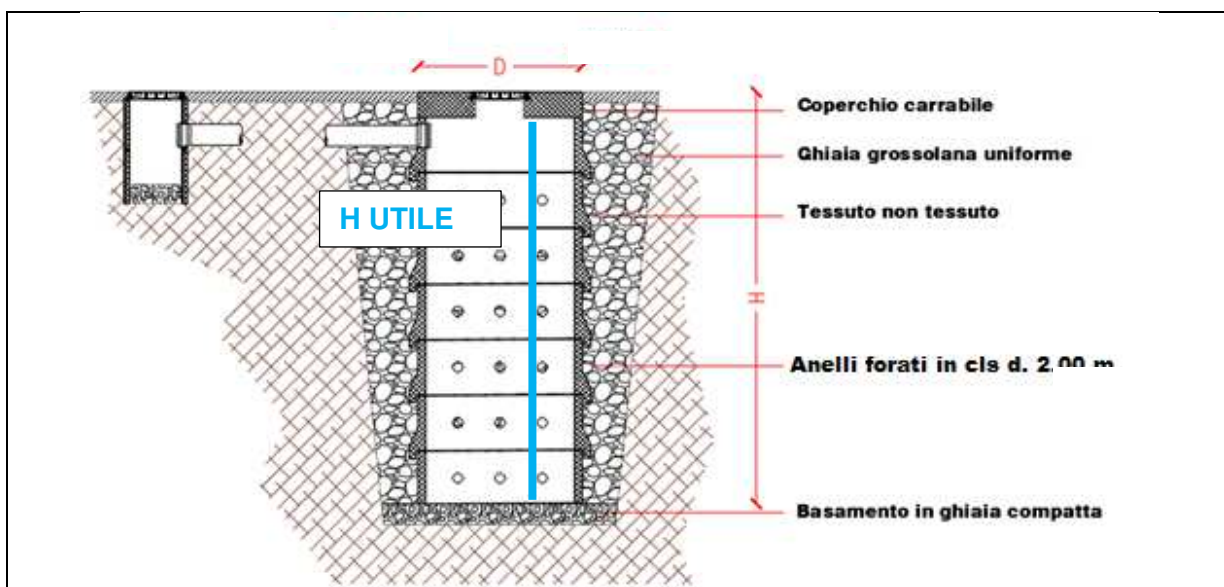


Figura 16 – Schema pozzo perdente e suo funzionamento

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Gennaio 2025	2	23 di 33
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 17 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%.

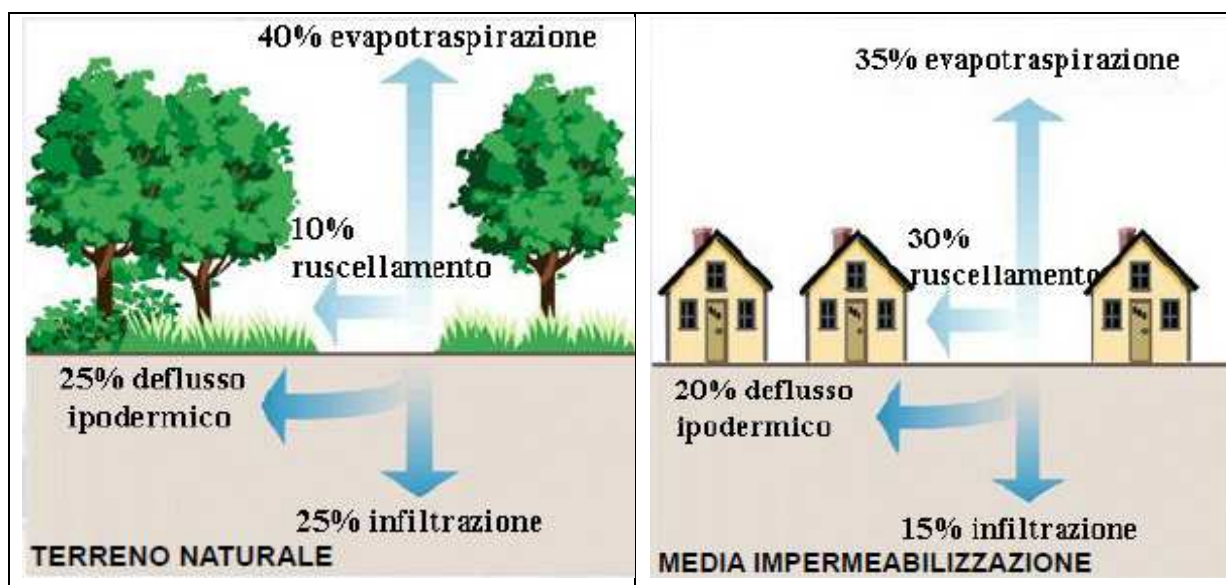


Figura 17 - Percentuali di recapito delle acque meteoriche

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

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 18 (in ordinate sono indicati i litri in ascisse minuti).

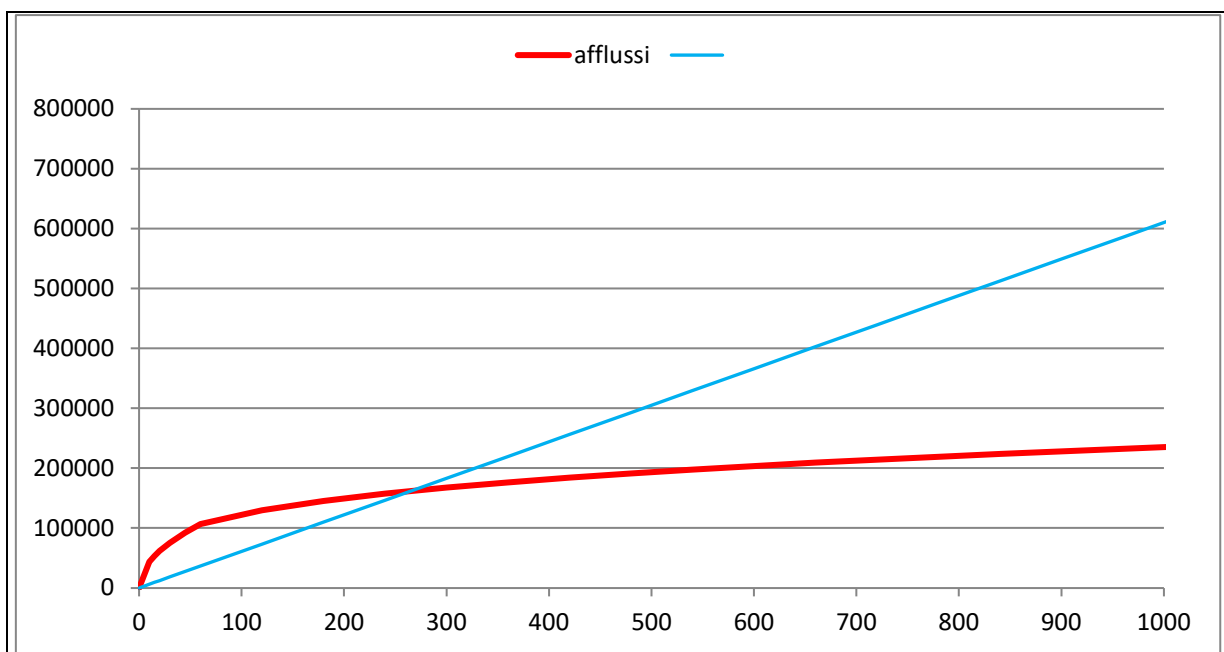


Figura 18 - Curve afflussi deflussi

Si può notare che il volume critico si ha per eventi di durata pari a circa 1 ora, dopo di che il sistema disperde un volume maggiore delle portate in ingresso. I volumi di laminazione assommano a 75 m<sup>3</sup> calcolato sulla base della formulazione proposta dal Regolamento Regionale n.8 per il metodo delle sole piogge:

$$w_0 = 10 \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot u_{lim} \cdot D_w$$

Sulla base dell'art 12 del regolamento Regionale i requisiti minimi delle vasche di laminazione per le aree A devono avere un volume minimo di 800 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile. Nel caso in studio questi volumi sono pari a 1970x1x800/10000 = 157.6 m<sup>3</sup>. Non avendo previsto scarichi in alcun recettore (CIS o fognatura) ed avendo eseguiti indagini sitospecifiche per la stima della permeabilità il valore dei minimi può essere ridotto del 30% pari a 110.32 m<sup>3</sup>. Secondo i disposti normativi dovranno essere presi a riferimento i volumi maggiore tra i minimi e quelli calcolati, quindi 110.32 (110.32 > 75) m<sup>3</sup>.

## 8. DIMENSIONAMENTO DEI BACINI DI LAMINAZIONE

I volumi di laminazione saranno ricavati per la totalità all'interno dei pozzi perdenti e saranno quantificati come di seguito elencato, nell'ipotesi di raggiungere il totale riempimento del sistema:

- n. 8 pozzi perdenti di diametro pari a 2.00 m con riempimento ghiaione senza sabbia di 0.6 m sulla circonferenza e porosità del 30%, battente di 3.00 m per un totale cadauno di 14 m<sup>3</sup>.

Il volume totale è pari a 112 m<sup>3</sup> (14x8) sufficienti a garantire i minimi richiesti dal Regolamento (110.32 m<sup>3</sup>). Il sistema sarà posizionato come indicato nelle tavole allegate. Nel calcolo non è stata considerata in via conservativa la quota immagazzinata nelle caditoie, gronde etc. **Le aree verdi dovranno mantenere una quota leggermente ribassata rispetto alle soglie dell'abitazione ed ai camminamenti laterali.** In questo modo le aree verdi funzioneranno come rain garden (Figura 19). Essendo ribassate potranno raccogliere le acque meteoriche e disperderle poi per infiltrazione diretta.

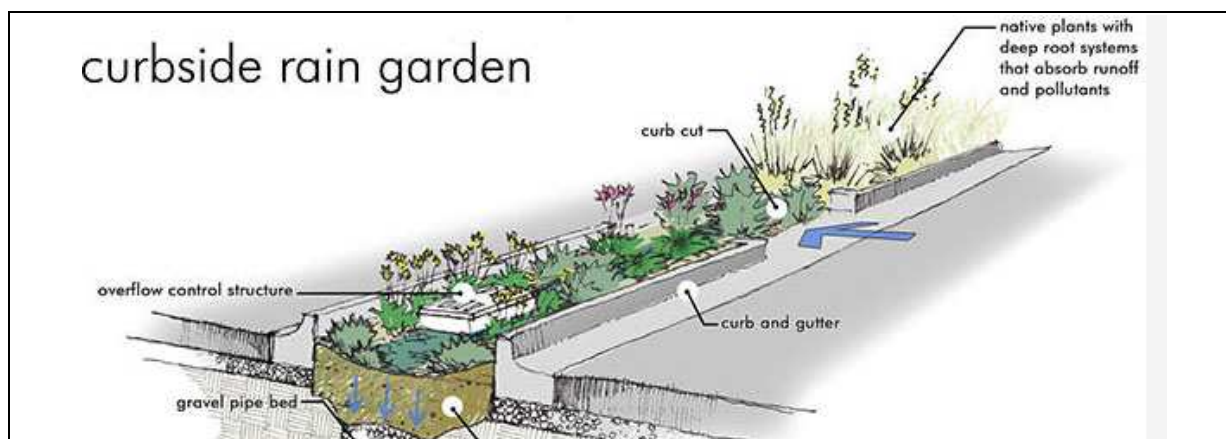


Figura 19 – Schema rain garden

### 8.1. Calcolo del tempo di svuotamento

Allo svuotamento dei bacini di laminazione contribuirà esclusivamente la dispersione nel sottosuolo con una portata massima pari a 10.16 l/s. Il volume massimo di invaso (110.32 m<sup>3</sup>)

potrà essere svuotato in circa 4.5 ore, quindi ampiamente entro i termini previsti dalla normativa (48 ore). Lo scarico avverrà per gravità.



## 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 Figura 21). Si nota che il volume di laminazione necessario assomma a circa 86 m<sup>3</sup>, inferiore al massimo invaso previsto (112 m<sup>3</sup>). **I bacini sono verificati ai fini del regolamento Regionale.**

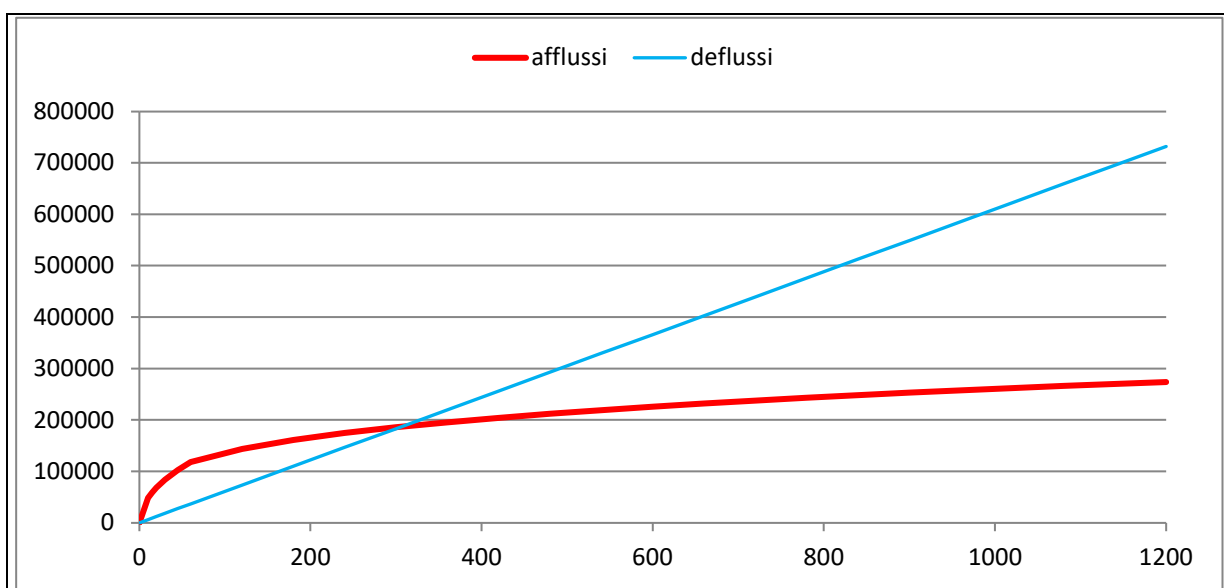


Figura 20 - Andamento afflussi-deflussi con Tr=100 anni

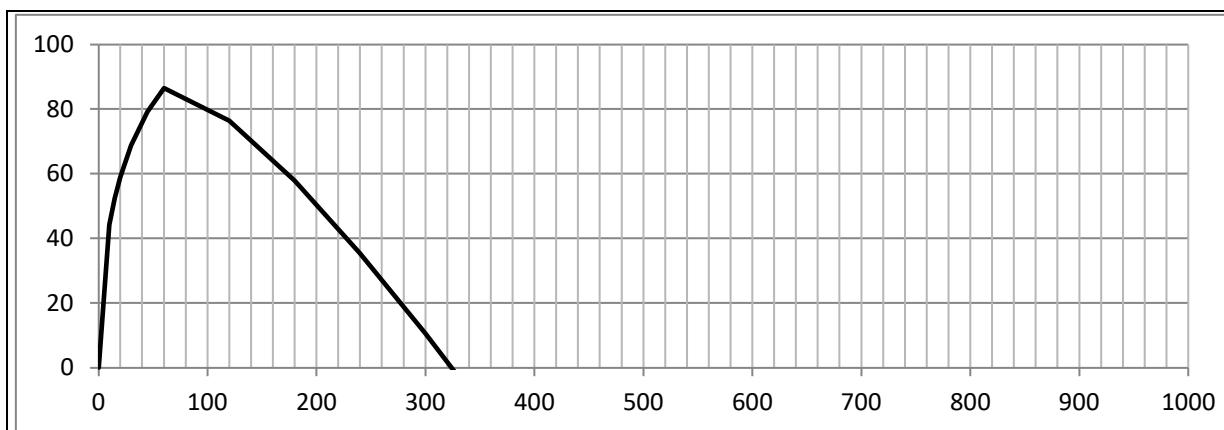


Figura 21 – Differenze positive Tr=100 anni

## 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 una gronda ed una condotta 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:

$$h_{dt}/h_{60t} = 0.56 \times d^{0.25} - 0.5$$

Utilizzando l'altezza di pioggia riferita a 10 minuti si ottiene il seguente valore di portata massima in uscita dall'intero bacino:  **$Q = 72 \text{ l/s}$  (tempo di ritorno 50 anni)**. L'altezza di pioggia attesa in 10 minuti è stata calcolata pari a 23.02 mm. Il dimensionamento delle tubazioni a pelo libero è 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Gennaio 2025	2	30 di 33
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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 (m<sup>2</sup>)

P= perimetro bagnato (m)

i= pendenza del fondo del canale

$\chi$ = 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<sub>s</sub> rappresenta il parametro di scabrezza di Gauckler-Strickler. Si ottiene pertanto:

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

Per il coefficiente di scabrezza c si è utilizzato il valore di 120, valido per tubazioni in PVC, PE o plastica in genere. Per il collettamento delle aree si prevedono due linee circa equivalenti. La tubazione DN250 (pendenza almeno del 0.4%) è verificata per la portata sopra calcolata con riempimento di circa il 60 e pertanto idonea al corretto funzionamento. La scala di deflusso è riportata in Figura 22.

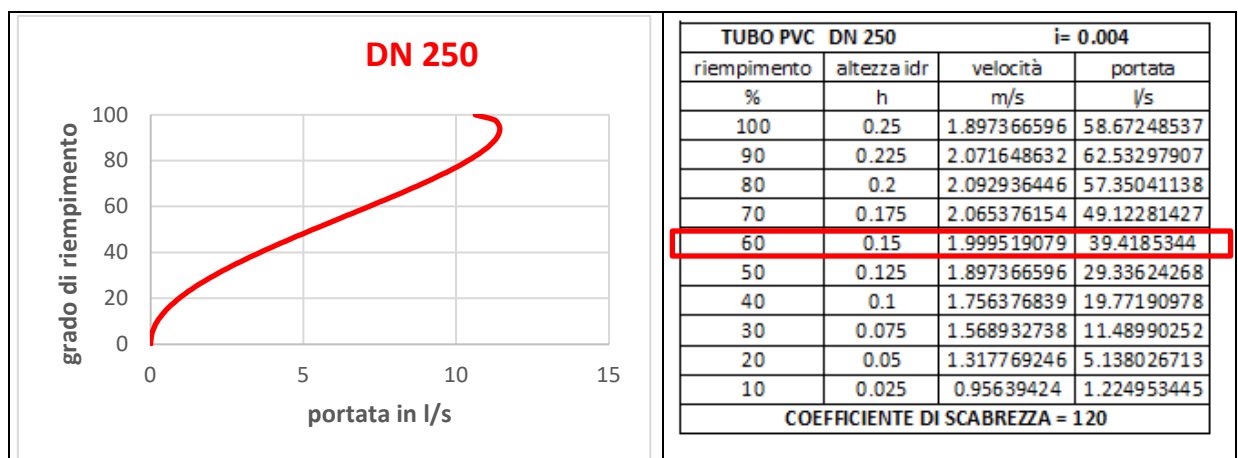


Figura 22 – Scala di deflusso DN250

## 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 quanto

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione	Gennaio 2025	2	32 di 33
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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 17.05.2025



## Comune di Passirano

**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

**SUAP FASTNED IN  
VARIANTE AL PGT**

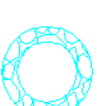
**Committee:** FASTNED

**Tavola 1**

**scala 1:250**

# PLANIMETRIA DI PROGETTO

Legenda:



Le linee e il posizionamento dei pozzi e delle caditoie è solo indicativo e verrà dettagliato dal Progettista in fase esecutiva

**Il Geologo:**  
**Dr. Corrado Aleotti**

03		
02		
01	20.01.2025	emissione - Revisione 00
N	data	descrizione