

REGIONE LOMBARDIA

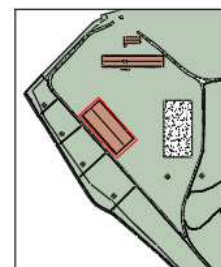
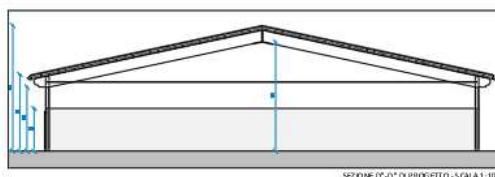
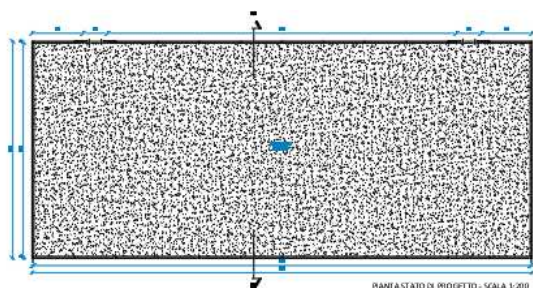
PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI LONATO DEL GARDA



PROGETTO PER L'INVARIANZA IDRAULICA

RELAZIONE



Elaborato

NUOVA SCUDERIA

L.R. 12/2005 – L.R. 04/2016 – R.R. 7/2017 – R.R. 8/2019 – R.R. 3/2025

Richiedente	Az. Agr. Mella Alessandra		
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	06.05.2026
Approvato	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	14.05.2026
File	relazione_invarianza.docx	
Commessa	2026.04.148	

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	1 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

INDICE

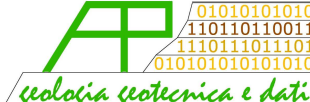
1. Introduzione	3
2. Inquadramento geografico	5
3. Inquadramento idrologico	7
4. Classificazione intervento	11
5. Inquadramento idrogeologico e piezometrico	13
5.1. Distanza da pozzi idropotabili	14
5.2. Prova di permeabilità	15
5.2.1. Interpretazione della Prova di permeabilità	16
6. Calcolo dei deflussi	18
6.1. Calcolo della dispersione del bacino	18
7. Calcolo degli afflussi - metodo delle sole piogge	19
8. Dimensionamento del bacino di laminazione	21
8.1. Calcolo del tempo di svuotamento	21
9. Verifica bacino	22
10. Dimensionamento impianto di raccolta acque	23
11. Manutenzione	25

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:

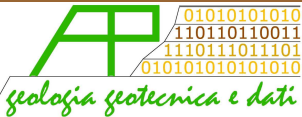
- gestione coordinata del reticolo idrico minore, di competenza comunale, e dei reticoli principale e consortile
- rispetto dell'invarianza idraulica, dell'invarianza idrogeologica e del drenaggio urbano sostenibile
- attività di polizia idraulica nel demanio idrico fluviale
- manutenzione continuata 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 contenente i metodi e i criteri 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	3 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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 (e successive modifiche). Ulteriori modifiche sono state introdotte dal Regolamento Regionale 03/2025.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	4 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area d'imposta della struttura in progetto è localizzata nel settore meridionale dell'abitato comunale di Lonato del Garda, lungo il margine S di Via Civetta, così come rappresentato in Figura 1. La nuova struttura insisterà sul Foglio 76, Mappale 95 dell'NCTR del Comune di Lonato del Garda. Per il dettaglio completo su tutte le specifiche di progetto si rimanda agli elaborati grafici redatti dallo Studio Piano Zero.



Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova scuderia, per una superficie totale d'intervento di circa 2100 m². Il calcolo delle superfici permeabili, semipermeabili ed impermeabili è stato ricavato dalle indicazioni contenute negli elaborati di progetto. Le superfici impermeabili, riferibili alla porzione occupata dal nuovo campo coperto, sono risultate pari a 2100 m². La distribuzione dell'indice di permeabilità è riportato in Figura 2, dove in rosso sono indicate le nuove superfici impermeabili.

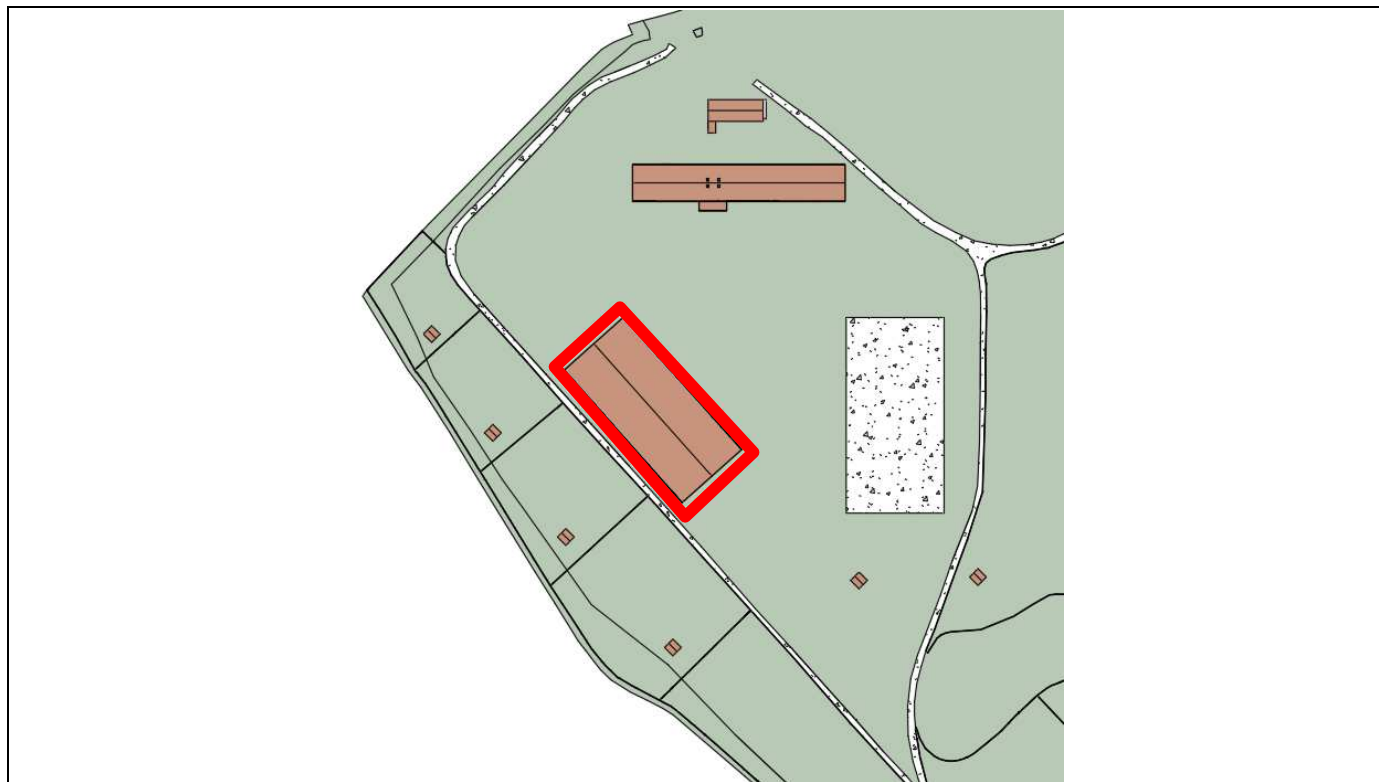


Figura 2 – Distribuzione dell'indice di permeabilità (rosso = impermeabile)

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:

$$h = a t^n$$

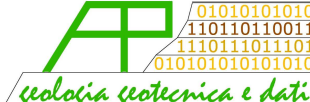
dove:

h è l'altezza di pioggia espressa in mm;

t è 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 è 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	7 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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:

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

dove:

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

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

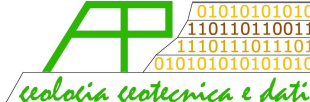
$\alpha = 1.283 / \sigma$: parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti;

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

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

$\sigma = ((\sum x_i^2 / n - 1) - (\sum x_i / n(n - 1)))^{1/2}$: 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 è 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 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).

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	8 di 26
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Lonato del Garda (BS)

Coordinate:

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 26,97

N - Coefficiente di scala 0,2614

GEV - parametro alpha 0,2708

GEV - parametro kappa -0,0472

GEV - parametro epsilon 0,8303

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni) **50**

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/isp.pdf>

http://idro.arpalombardia.it/manual/STR&DA_report.p

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0,93042	1,25121	1,47324	1,69374	1,99051	2,22160	2,45956	1,99050584
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 50 anni
1	25,1	33,7	39,7	45,7	53,7	59,9	66,3	53,6839424
2	30,1	40,4	47,6	54,8	64,3	71,8	79,5	64,347791
3	33,4	45,0	53,0	60,9	71,5	79,8	88,4	71,5424647
4	36,1	48,5	57,1	65,6	77,1	86,1	95,3	77,1299204
5	38,2	51,4	60,5	69,6	81,8	91,3	101,0	81,762688
6	40,1	53,9	63,5	73,0	85,8	95,7	106,0	85,7537535
7	41,7	56,1	66,1	76,0	89,3	99,6	110,3	89,2797631
8	43,2	58,1	68,4	78,7	92,5	103,2	114,2	92,4511088
9	44,6	59,9	70,6	81,1	95,3	106,4	117,8	95,3418103
10	45,8	61,6	72,5	83,4	98,0	109,4	121,1	98,0041354
11	47,0	63,2	74,4	85,5	100,5	112,1	124,2	100,476489
12	48,0	64,6	76,1	87,5	102,8	114,7	127,0	102,787991
13	49,1	66,0	77,7	89,3	105,0	117,1	129,7	104,961298
14	50,0	67,3	79,2	91,1	107,0	119,4	132,2	107,014412
15	50,9	68,5	80,6	92,7	109,0	121,6	134,6	108,961897
16	51,8	69,7	82,0	94,3	110,8	123,7	136,9	110,815718
17	52,6	70,8	83,3	95,8	112,6	125,7	139,1	112,585834
18	53,4	71,8	84,6	97,2	114,3	127,5	141,2	114,280632
19	54,2	72,9	85,8	98,6	115,9	129,4	143,2	115,907248
20	54,9	73,8	86,9	100,0	117,5	131,1	145,2	117,471805
21	55,6	74,8	88,1	101,2	119,0	132,8	147,0	118,979606
22	56,3	75,7	89,1	102,5	120,4	134,4	148,8	120,43527
23	57,0	76,6	90,2	103,7	121,8	136,0	150,6	121,842853
24	57,6	77,4	91,2	104,8	123,2	137,5	152,2	123,205933

Figura 3 - Calcolo della linea segnatrice

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**.

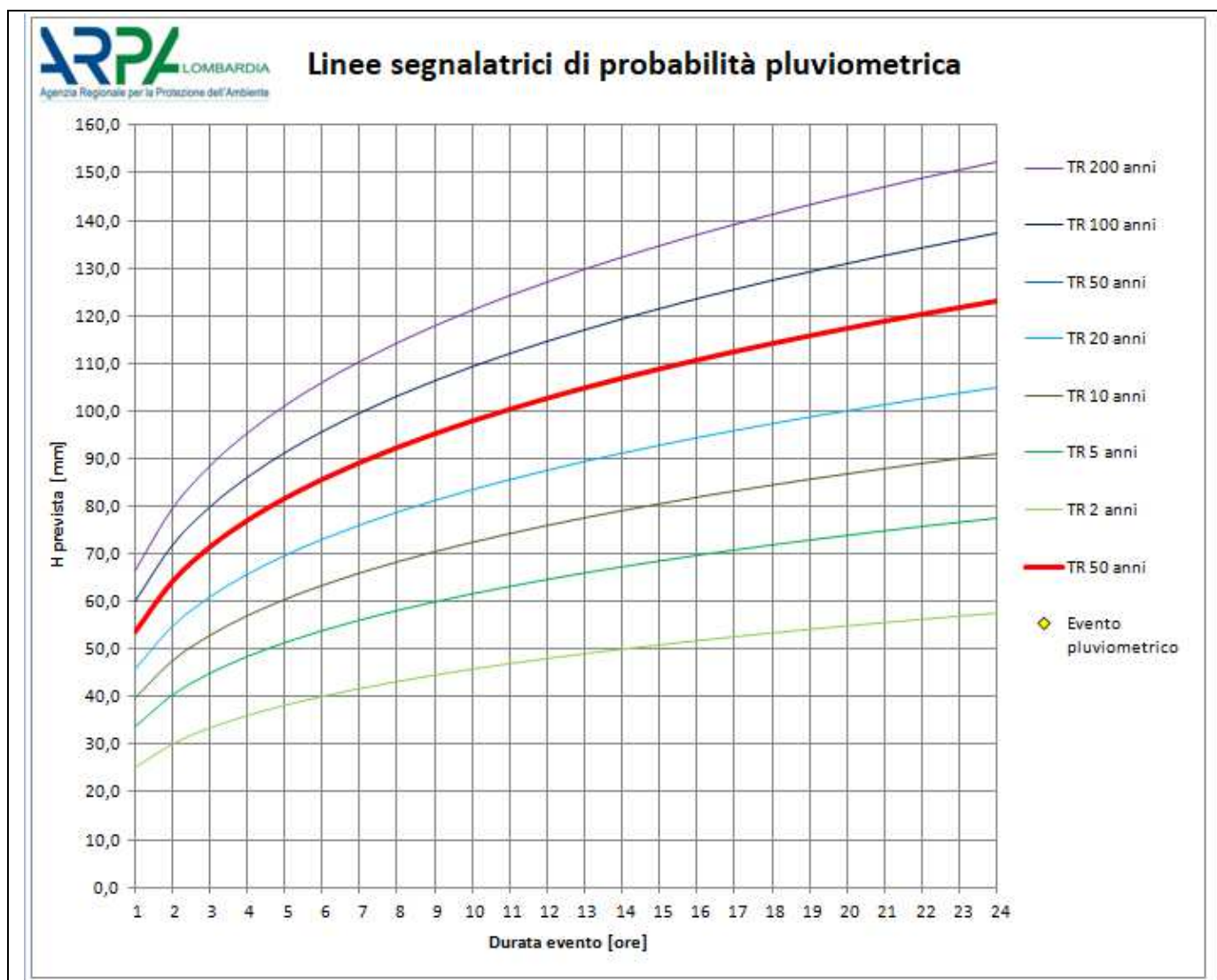


Figura 4 - Rappresentazione della linea segnalatrice

La pioggia di riferimento va poi riferita al bacino in studio, che in questo caso è molto contenuto e corrisponde al nuovo insediamento. In funzione della durata critica della pioggia si dovranno utilizzare le seguenti leggi:

$$n < 1 \text{ ora} \rightarrow h = 53.68 \times t^{0.5}$$

$$n > 1 \text{ ora} \rightarrow h = 53.68 \times t^{0.261}$$

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 5):

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

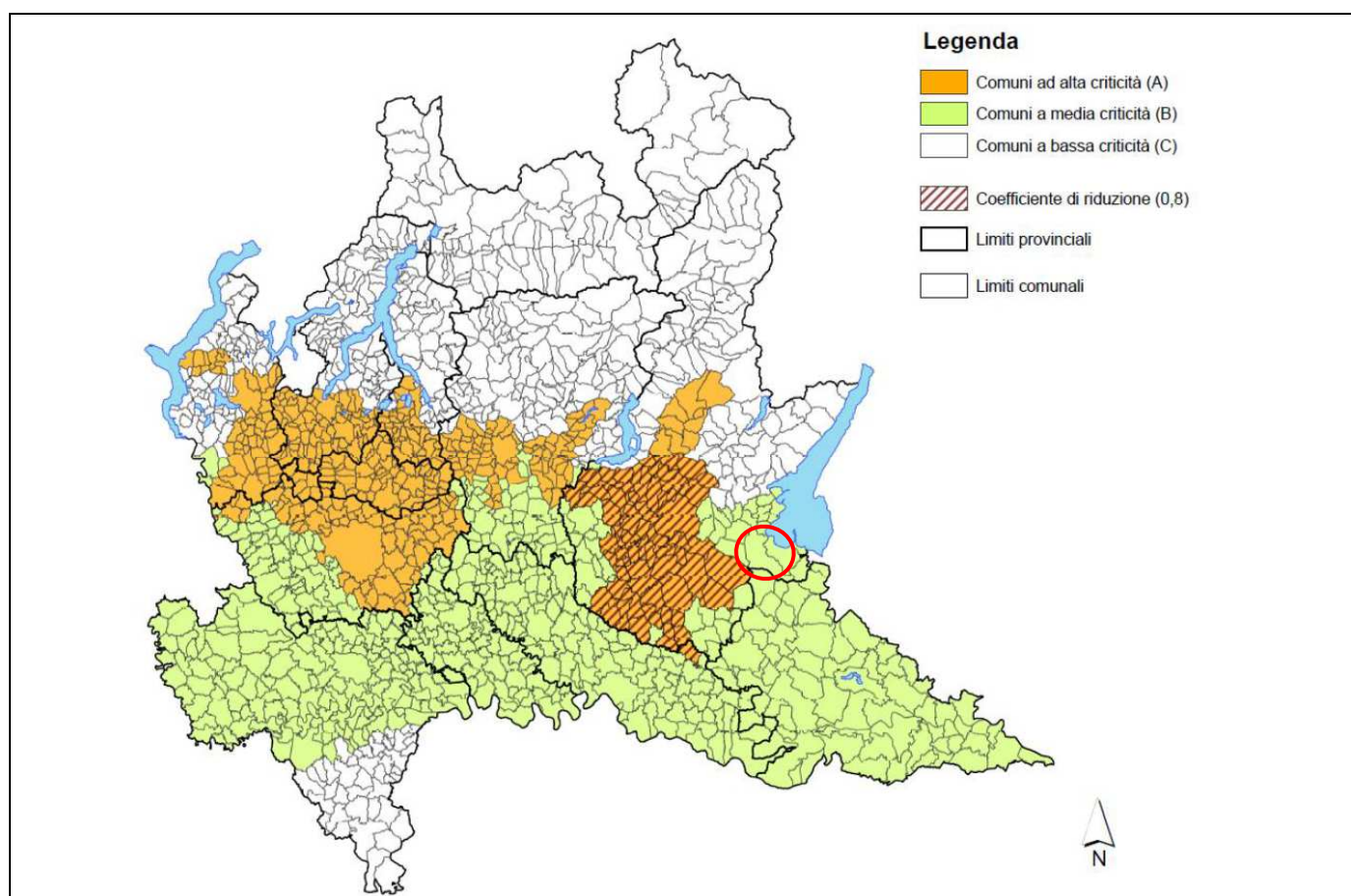
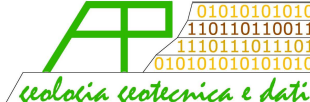


Figura 5 - Classificazione criticità idraulica

Il comune di Lonato del Garda ricade nella classe B, ovvero a media criticità.

Altro parametro che entra nella matrice di classificazione è la superficie di intervento, che risulta pari a 2100 m², ovvero la superficie complessiva a mutata permeabilità. Infine è stato calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale che

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	11 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

rappresenta il risultato dei diversi apporti per tipologia di superficie (impermeabile, semipermeabile, permeabile) che nel caso in studio sono così suddivisi:

2100 m² 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 6).

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 6 – 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.

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. I depositi di quest'area sono legati alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente glaciale e fluvioglaciale riferibili come età al Riss (cfr. Figura 7). La fase fluviale würmiana ha originato l'ultimo esteso colmamento della pianura nel Pleistocene. La successiva fase erosiva, iniziata nell'Olocene, è responsabile della zona ribassata delimitata da scarpate entro cui oggi scorrono i principali fiumi padani.

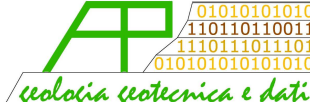


Legenda:

- m^R Depositi morenici Riss
- f_g^R Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali Riss
- P Depositi torbosi

Figura 7 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia foglio Brescia

L'area in studio ricade in corrispondenza di depositi glaciolacustri di depressione intermoreniche appartenenti all'Unità di Solferino. Dal punto di vista litologico questi sono caratterizzati da sabbie a granulometria estesa, localmente associati a frazioni fini argilloso limose presenti in percentuali variabili e/o a ghiaie medie. Dal punto di vista morfologico l'area ricade in corrispondenza della piana intramorenica, alla quota indicativa di circa 105 m.s.m con cadente in direzione SSW. L'idrografia al contorno è rappresentata dalla rete irrigua e scolante. Dal punto di vista idraulico l'area è in sicurezza. Visto l'attuale assetto geoclimatico non sono stati rilevati forme o processi geomorfologici attivi e si esclude l'esondabilità dell'area. La litostratimetria dell'area è stata desunta da studi effettuati nella zona e dalle interpretazioni delle prove penetrometriche effettuate in sito durante la campagna geognostica dell'Aprile 2026. In sito sono state effettuate n. 4 prove penetrometriche di cui n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) rinominate P1 e P4, e n. 2 prove penetrometriche statiche con penetrometro da 20 tonnellate (CPT) rinominate P2 e P3, spinte sino ad una profondità massima di 7.80 m da p.c.. Nel dettaglio le prove hanno rilevato una fitta alternanza di depositi prevalentemente ghiaioso

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	13 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

sabbiosi, localmente associati a frazioni fini argilloso limose presenti in percentuali variabili lungo tutta la verticale indagata. Il supporto è per lo più granulare ma non si esclude che in alcuni punti (come per esempio tra 1.80 e 3.00 m da p.c. in corrispondenza del sito di prova P3) il supporto possa essere prevalentemente di matrice. Durante la campagna geognostica dell'Aprile 2026 la superficie freatica è stata rilevata a circa 2.00 m da p.c. in corrispondenza dei siti di prova P1 e P2, mentre in corrispondenza del sito di prova P3 la falda è stata rilevata a circa 1.50 m da p.c.. Considerata tuttavia l'esiguità delle misurazioni e la mancanza di una serie storica di dati non è possibile fornire un valore attendibile dell'oscillazione della falda freatica.

5.1. Distanza da pozzi idropotabili

Nell'area sono presenti pozzi della rete acquedottistica come rappresentato in Figura 8.

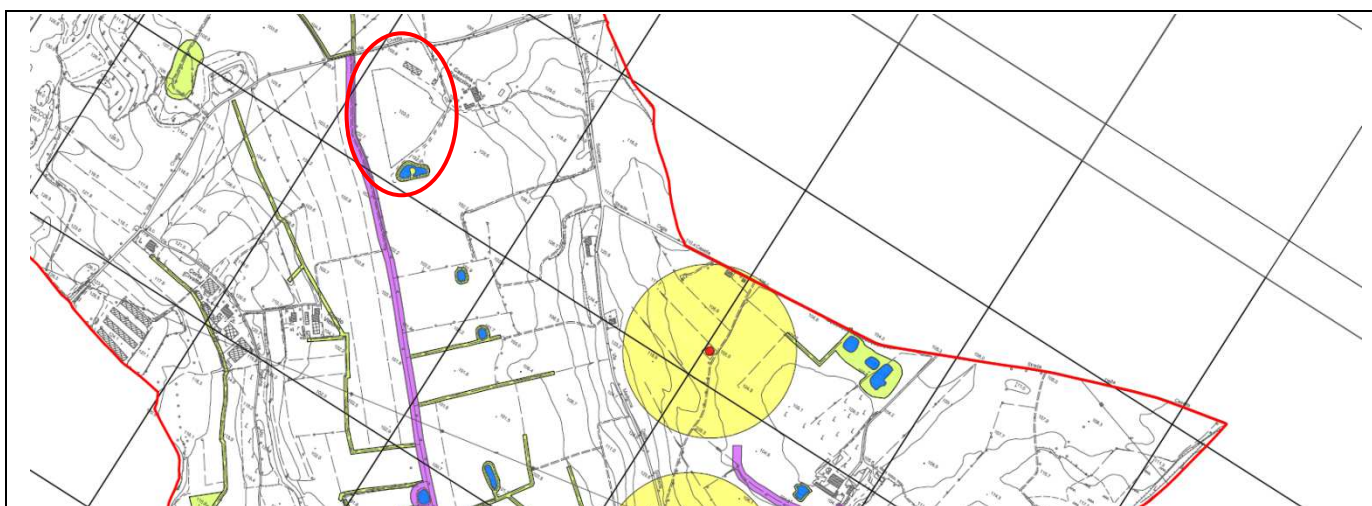
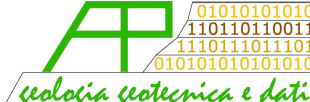


Figura 8 – Stralcio carta dei vincoli (da PGT)

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/sorgenti idropotabili, il più prossimo infatti è localizzato a circa 930 m di distanza in direzione SE, lungo il margine N di Via Madonna della Scoperta.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	14 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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 9):

$$H \geq 7 \cdot h$$

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 sabbioso limosa dei depositi, è stato realizzato un foro, mediante penetrometro, da 50 mm di diametro spinto ad una profondità massima di circa 1.30 metri da p.c.. Vista la profondità non è stato possibile realizzare un pozzetto con pareti libere, ma è stato inserito il tubo per ridurre gli eventuali errori dovuti al franamento delle pareti dello scavo nel corso della prova.

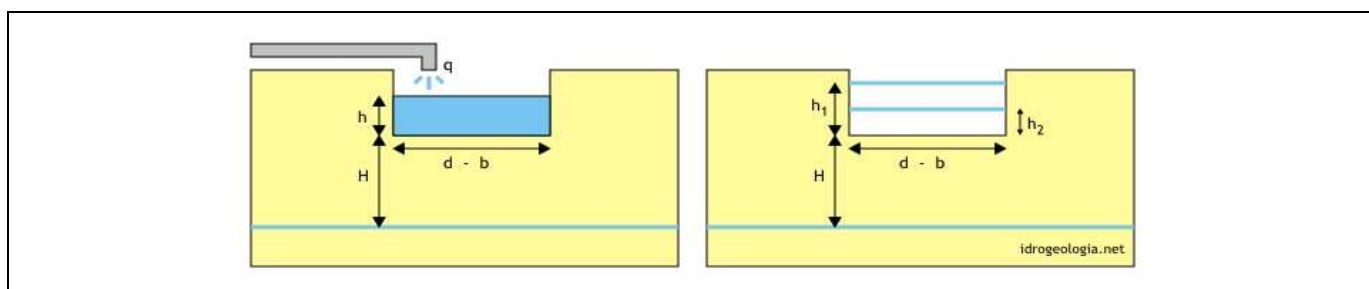
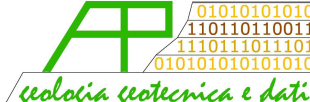


Figura 9 – Schema per prove di permeabilità a carico costante e variabile

Il tubo 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. È stata eseguita n. 1 prova per una durata di 6 minuti. Il grafico dell'abbassamento rilevato in campagna è riportato in Figura 10.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	15 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

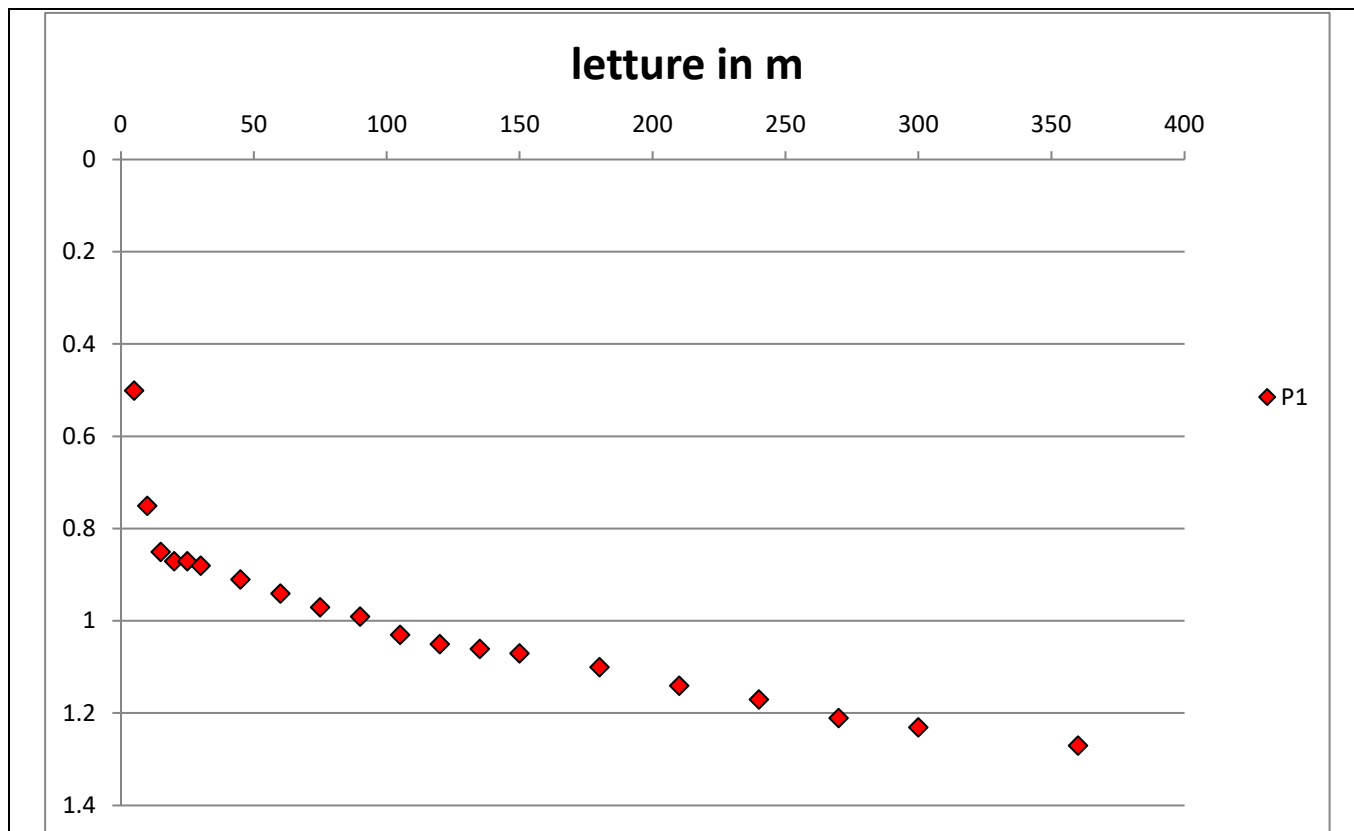


Figura 10 – Andamento abbassamenti

5.2.1. Interpretazione della Prova di permeabilità

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

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

dove:

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

$h_1 - h_2$ = abbassamento;

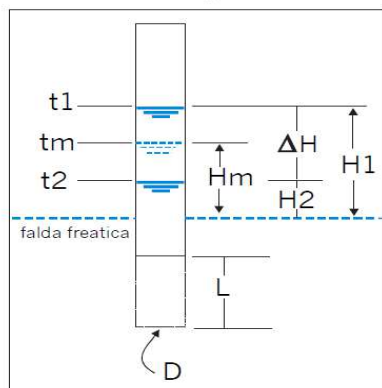
$t_2 - t_1$ = intervallo di tempo;

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 300 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 300 mm:

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	16 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

Schema della prova Lefranc



Per le prove a carico costante la conducibilità idraulica è:

$$K = Q / CH$$

Q = portata a regime (cm³/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:

$$K = AdH / C dt H_m$$

A = area di base della tasca filtrante

dH = H₁ - H₂ = differenza di carico idraulico

dt = t₂ - t₁ = intervallo di tempo corrispondente a dH

H_m = carico idraulico corrispondente al tempo medio (t₁ + t₂) / 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 0.75. La permeabilità calcolata con la formula sopra riportata restituisce il seguente valore:

$$k = 3.2 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$$

6. CALCOLO DEI DEFLUSSI

Per le opere in progetto si prevede lo scarico per infiltrazione nel primo sottosuolo nelle aree verdi di pertinenza della Committente.

6.1. Calcolo della dispersione del bacino

In sito è prevista un'area di laminazione/infiltrazione con estensione di circa 2500 m² corrispondente all'area verde. La permeabilità utilizzata per i calcoli è quella misurata, opportunamente ridotta del 50% a 1.6×10^{-6} m/s al fine di valutare eventuali difformità. La portata di infiltrazione può essere calcolata in prima approssimazione attraverso la relazione di Darcy:

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

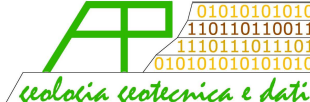
dove

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

J = cadente piezometrica [m/m]

A = superficie netta infiltrante [mq]

Dopo opportune trasformazioni nell'equazione sopra riportata l'incognita diventa la portata (Q), dal momento che tutte le altre variabili sono note. La portata di dispersione sarà pari a 4.00 l/s.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	18 di 26
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 11 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%.

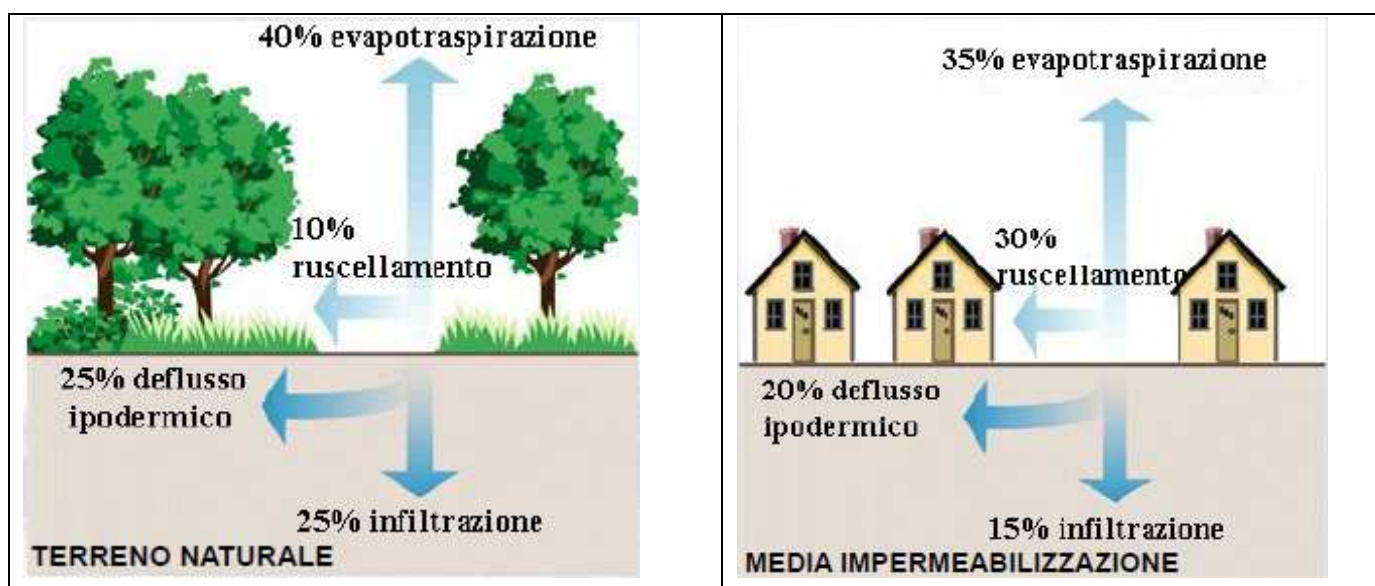


Figura 11 - Percentuali di recapito delle acque meteoriche

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 $W = (W_e - W_u) \times d$

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	19 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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

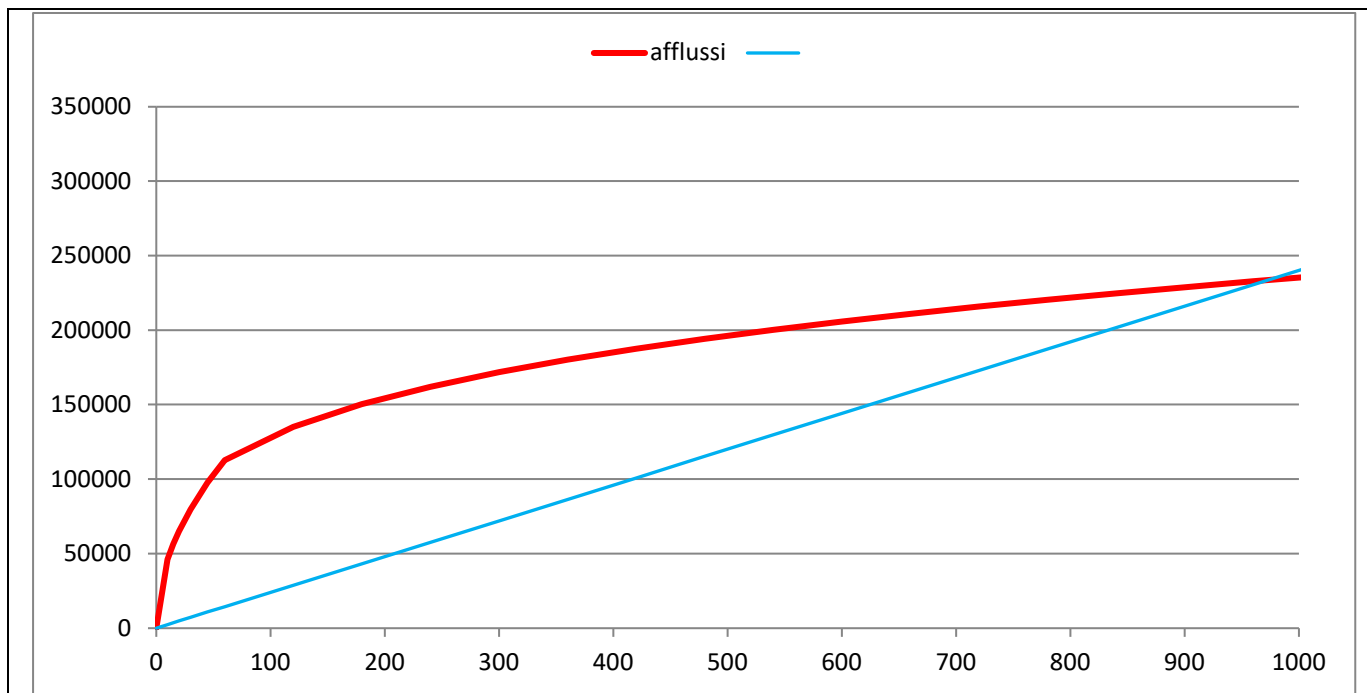


Figura 12 - Curve afflussi deflussi

Si può notare che il volume critico si ha per eventi di durata pari a circa 2.64 ore, dopo di che il sistema disperde/scarica un volume maggiore delle portate in ingresso. Il volume di laminazione necessario risulta pari a circa 107.30 m³ calcolato sulla base della formulazione proposta dal Regolamento Regionale n.8 per il metodo delle sole piogge:

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

8. DIMENSIONAMENTO DEL BACINO DI LAMINAZIONE

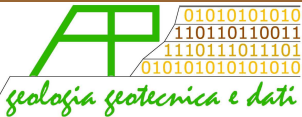
I volumi di laminazione saranno ricavati per la totalità all'interno dell'area verde pertinenziale che sarà ribassata rispetto all'attuale piano campagna di almeno 0.20 m. I volumi sono così quantificati:

- Bacino per un battente utile di 0.20 m, superficie pari a 2500 m² → Volume pari a circa 166.70 m³.

Il volume di laminazione è sufficiente a garantire i minimi richiesti pari a 107.30 m³. In via conservativa nel calcolo non è considerata la quota di invaso disponibile nelle tubazioni, nei pozzetti, nelle caditoie.

8.1. Calcolo del tempo di svuotamento

Allo svuotamento del bacino di laminazione e dell'intero sistema di raccolta acque contribuirà esclusivamente la dispersione in sottosuolo con una portata massima di 4 l/s. Il volume massimo di invaso (107.30 m³) potrà essere svuotato in circa 7.45 ore e quindi entro i termini previsti dalla normativa.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	21 di 26
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 afflussi e deflussi e delle differenze positive (Figura 13 – Figura 14). Si nota che il volume di laminazione necessario assomma a circa 124.50 m³, inferiore al massimo invaso previsto nel bacino pari a 166.70 m³. **Il bacino è verificato ai fini del regolamento Regionale.**

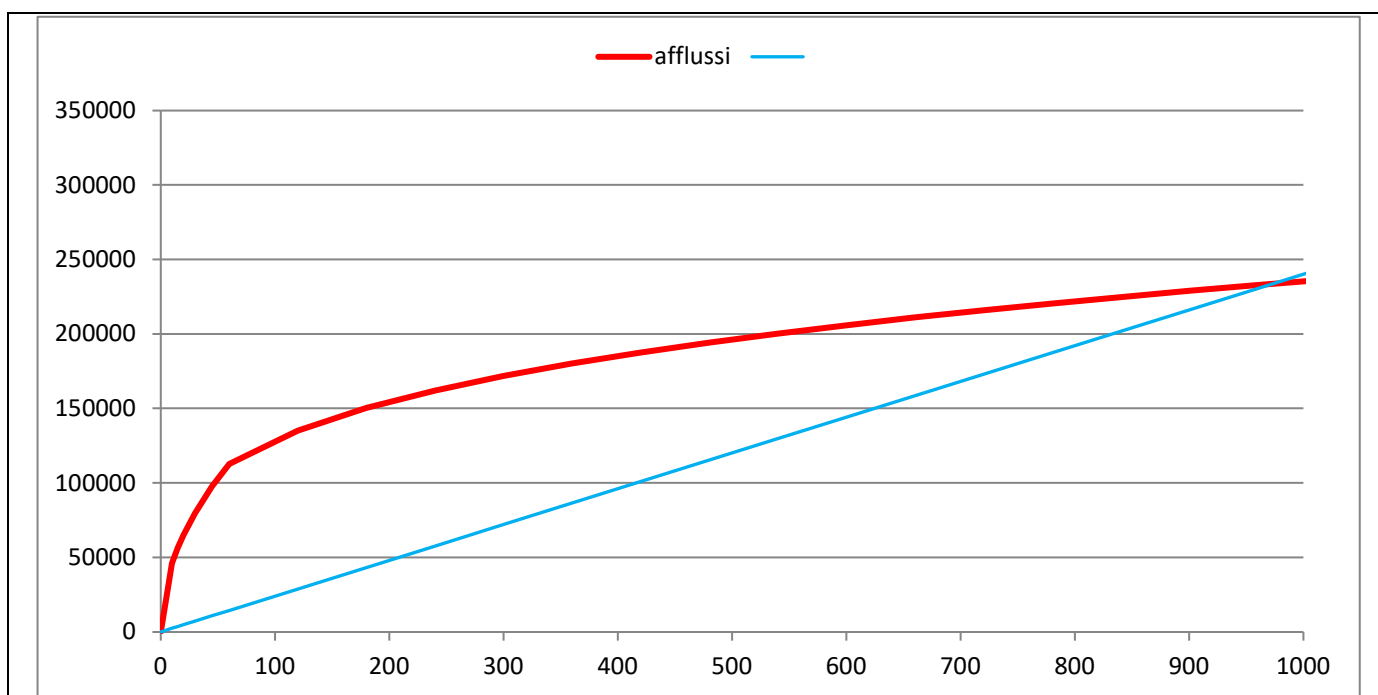


Figura 13 - Andamento afflussi-deflussi con Tr=100 anni

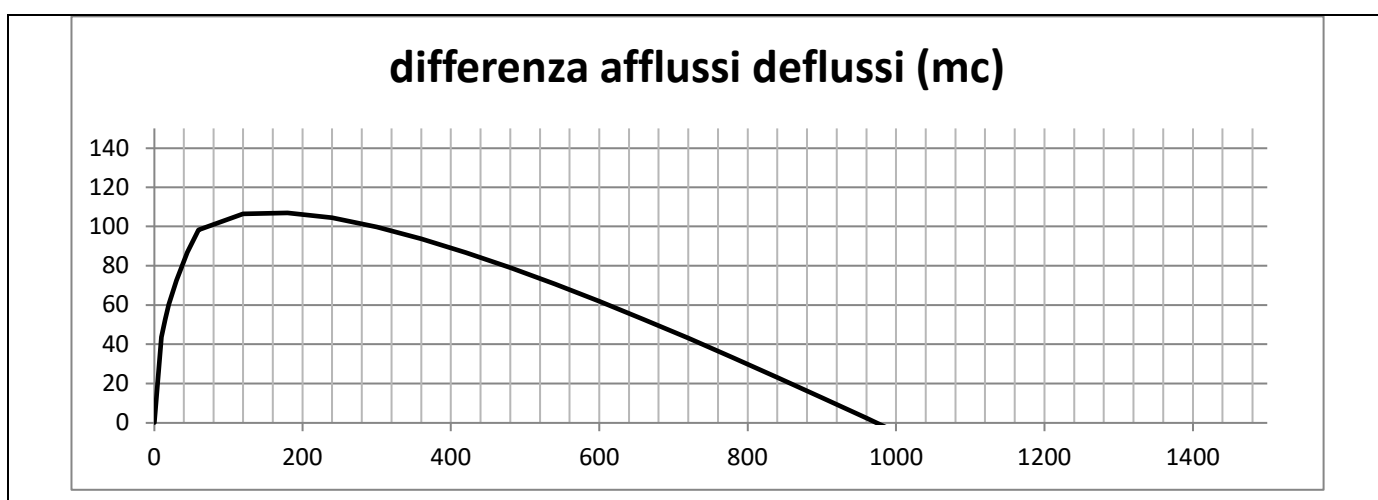
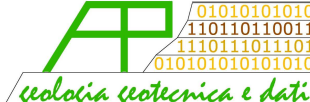


Figura 14 – Differenze positive con Tr=100 anni

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	22 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

10. DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI RACCOLTA ACQUE

Per il dimensionamento delle opere in questione si è scelto di utilizzare un tempo di ritorno di 10 anni e pertanto l'intensità di pioggia di riferimento assunta alla base dei calcoli è ricavabile dalla curva di possibilità pluviometrica, desunta dal sito dell'ARPA Lombardia, che per $T_r = 10$ anni è caratterizzata dai seguenti parametri:

$$a = 39.70 \text{ mm/hn}$$

$$n = 0,263 \text{ con } t \geq 1 \text{ h}$$

$$n = 0,5 \text{ con } t < 1 \text{ h.}$$

Nel caso in esame è stato utilizzato il parametro n caratterizzante le piogge intense (0,5) in quanto si è stimato un tempo di corruzione pari a circa 10 min. Al fine di determinare la portata critica attesa alla sezione di chiusura della rete meteorica per il tempo di ritorno ipotizzato si è utilizzato un metodo di calcolo semplificato noto come metodo De Martino o degli Ingegneri Tedeschi (rif. UNI-EN 752-4 par. 11.3.2) per cui:

$$Q = \varphi \cdot i \cdot A \cdot \psi$$

essendo:

φ = il coefficiente di deflusso, funzione del tipo di ricoprimento (0.95);

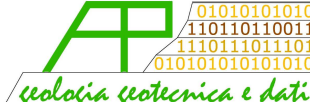
i = l'intensità di pioggia misurata in $l/(s \cdot m^2)$;

A = l'area da drenare misurata in m^2 ;

ψ = il coefficiente di ritardo, posto pari all'unità;

La portata massima attesa ottenuta dall'applicazione della metodologia sopra esposta è di circa 53.90 l/s per la superficie scolante di 2100 m^2 (coeff. udometrico 0.026 l/s m^2). 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 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:

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	23 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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 90, valido per tubazioni di PVC, PE o plastica. Per il collettamento dei pluviali si prevedono n. 2 linee che sottenderanno superfici con estensione paragonabile pari a circa 1050 m² ciascuna, per una portata massima di circa 27 l/s. Utilizzando una tubazione DN250 con pendenza dello 0.2 % si otterrà un riempimento compreso tra il 70 e l'80% e quindi sarà idonea al corretto funzionamento (Figura 15). Lo schema è riportato nella tavola allegata. La stessa tubazione potrà essere utilizzata per le restanti linee.

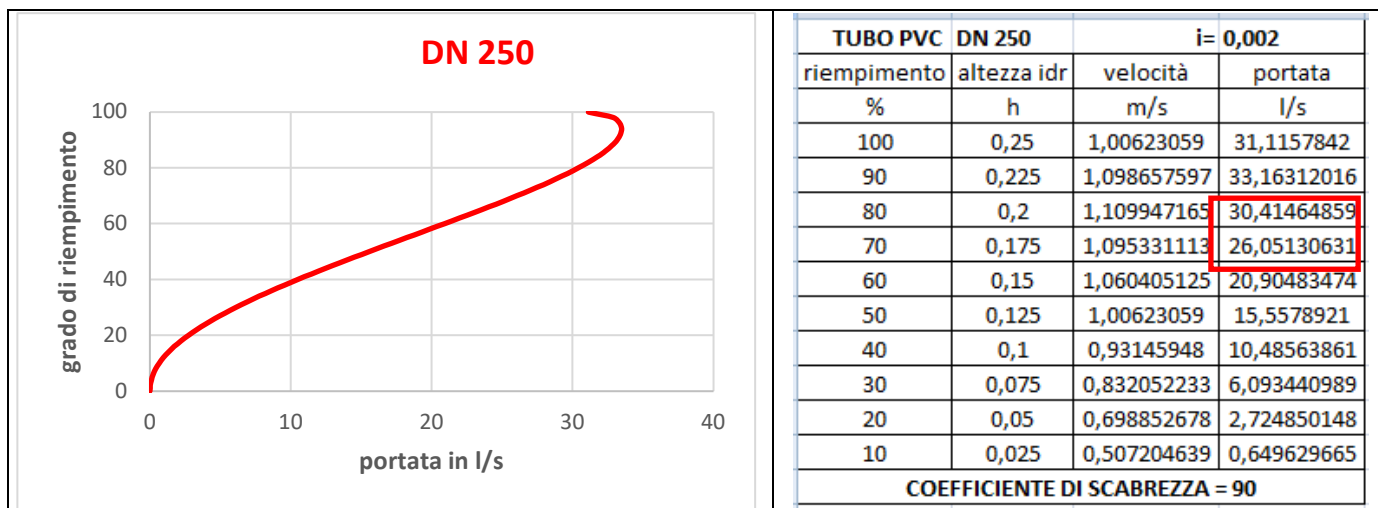


Figura 15 – Scala di deflusso DN250

11. MANUTENZIONE

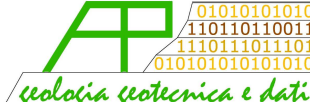
In riferimento all'art.13 del Regolamento Regionale, la manutenzione è fondamentale per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche; serve ad assicurare alle strutture stesse un periodo di vita più lungo, permettendo 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 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.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione invarianza	Maggio 2026	0	25 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

attività	cadenza	Esecutore	Osservazioni
Verifica corretto afflusso alla bacino	Semestrale	Titolare	Verifica visiva
Verifica integrità strutturale sponde bacino	Quinquennale	Personale specializzato	Verifica visiva
Rimozione detriti grossolani bacino	Triennale o su segnalazione	Personale specializzato	

All'interno del bacino dovrà essere mantenuta anche la vegetazione in modo da evitare lo sviluppo di essenze eccessivamente rigogliose e mantenendole sfalciate regolarmente in modo da non compromettere la volumetria del bacino.

La frequenza dei tagli sarà regolata in base alla stagione.

Dr. Geol. Corrado Aletti

(documento firmato digitalmente)

Seniga 14.05.2026

Comune di Lonato del Garda
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

NUOVA SCUDERIA

Committente: Sig. ra Mella Alessandra

Tavola 1 scala 1:2.000

PLANIMETRIA DI
PROGETTO

Legenda:

 bacino di laminazione mq = 2500

 pluviale

 linea DN250

Il Geologo:
Dr. Corrado Aleffi

codice file: bs-lonato-mella	
03	
02	
01	06.05.2026 emissione - Revisione 00
N	data descrizione

