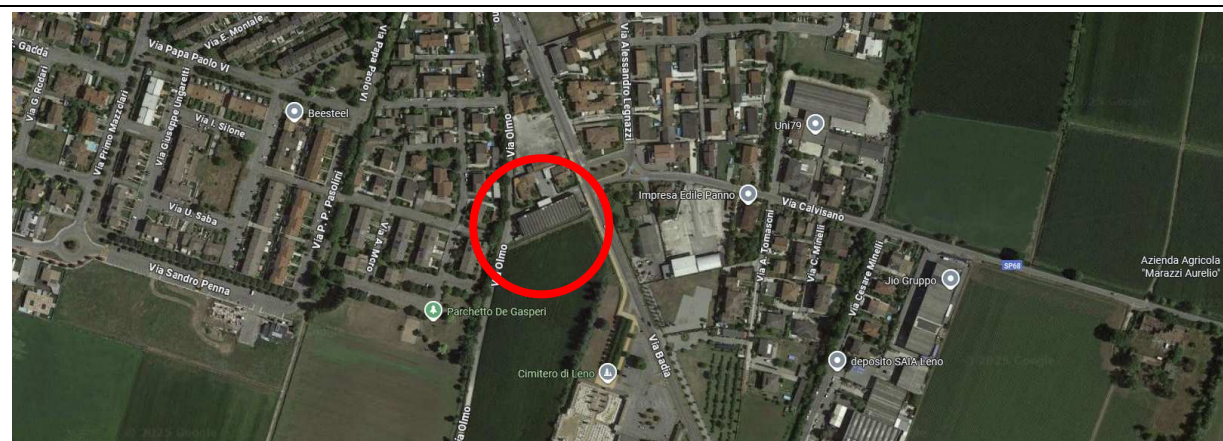


REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI LENO



STUDIO D'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

RELAZIONE

Elaborato

RIATTAMENTO CAPANNONE E FORMAZIONE NUOVO PIAZZALE

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

Committente

Autonoleggio Losio

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. Aletti Corrado	03.11.2025
Approvato	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	06.11.2025
File	relazione invarianza.docx	
Commessa	2025.11.354	

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
6. Calcolo dei deflussi.....	16
6.1. Calcolo della dispersione	16
6.1.1. Descrizione del bacino disperdente.....	16
7. Calcolo degli afflussi - metodo delle sole piogge.....	18
8. Dimensionamento dei bacini di laminazione	20
8.1. Calcolo del tempo di svuotamento	20
9. Verifica bacino	21
10. Dimensionamento impianto di raccolta acque	22
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 contenete i metodi e i criteri per il rispetto

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Novembre 2025	0	3 di 26
	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.

L'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. Ulteriori modifiche sono state apportate dal Regolamento Regionale 3/2025.

 01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Novembre 2025	0	4 di 26
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area d'imposta del nuovo piazzale è localizzato nel settore meridionale dell'abitato comunale di Leno, a margine di Via Badia e Via Olmo, così come rappresentato in Figura 1. Le nuove strutture insisteranno sul Foglio 38, Mappali 3, 105, 104, 110, 103, 112, 65, 111, 64, 16 (parte) 114 (parte), 75 (parte), 113 (parte), 17 (parte) del NCTR del Comune di Leno (BS). Per il dettaglio completo sulle specifiche del progetto si rimanda agli elaborati redatti dal Geom. Bruno Tomasoni.

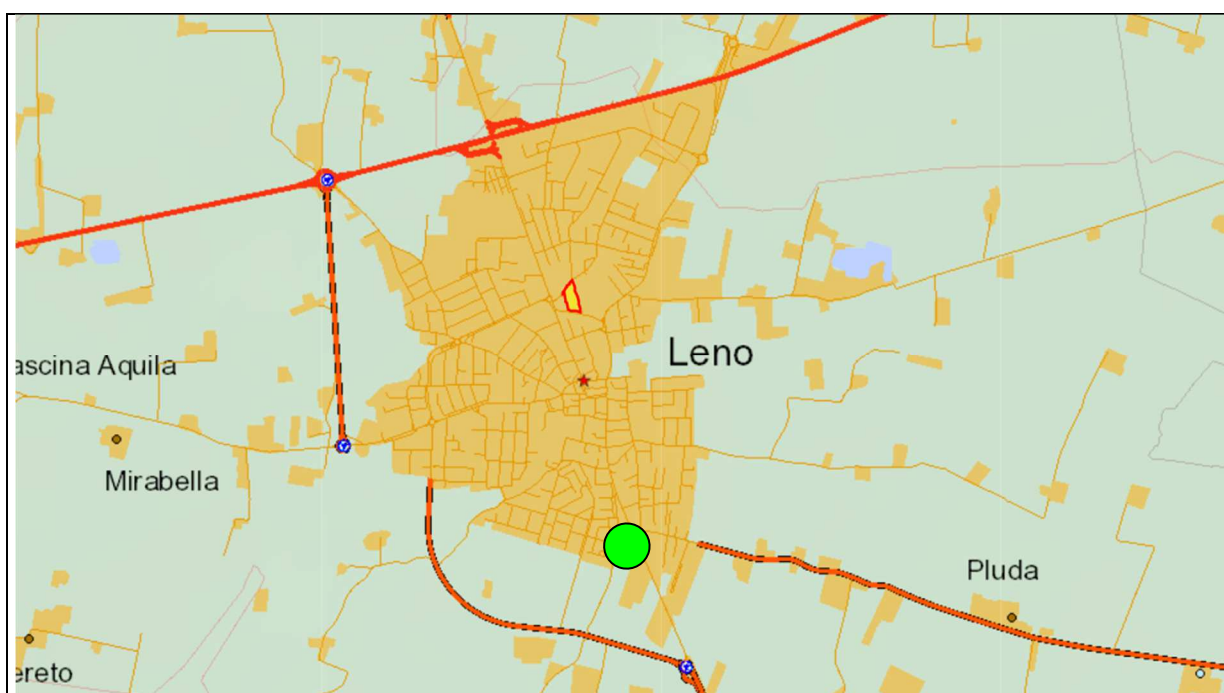


Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo piazzale a servizio della Committenza. 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 interessata dall'intervento è pari a circa 4870 m², quella a modificata permeabilità, nella quale sono comprese le superfici impermeabili riferibili ai piazzali, risulta pari a 4650 m². Circa 220 m² è verde profondo. Le nuove superfici impermeabili sono rappresentate con il retino rosso mentre il verde profondo è rappresentato in verde in Figura 2.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Novembre 2025	0	5 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

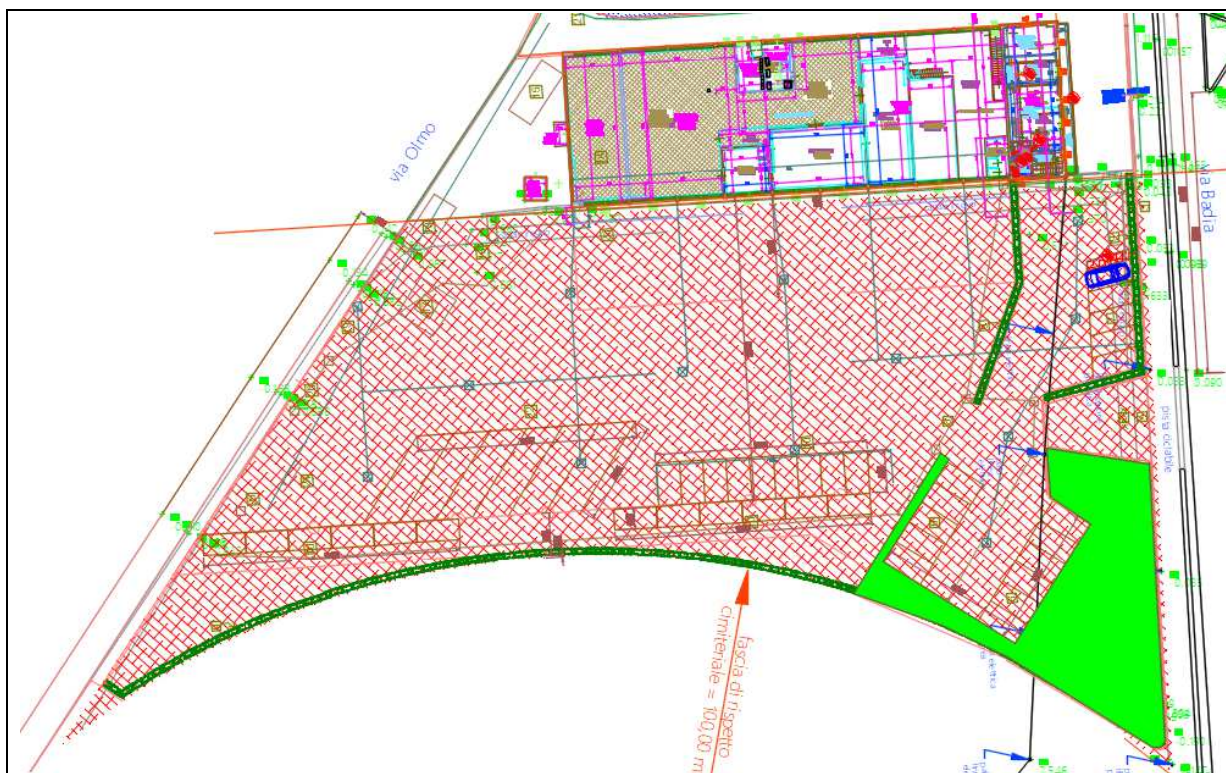


Figura 2 – Planimetria di progetto (superfici impermeabili in rosso permeabili in verde)

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	Novembre 2025	0	7 di 26
	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. 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

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Novembre 2025	0	8 di 26
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).



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

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 27,59

N - Coefficiente di scala 0,2657

GEV - parametro alpha 0,2742

GEV - parametro kappa -0,0465

GEV - parametro epsilon 0,8283

Formulazione analitica

Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore

Località: *Leno (BS)*
Coordinate:

Linea segnalatrice

Tempo di ritorno (anni) 50

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Bibliografia ARPA Lombardia:
<http://idro.arpalombardia.it/manual/spp.pdf>
http://idro.arpalombardia.it/manual/STBADA_report.pdf

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

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0,92966	1,25427	1,47879	1,70165	2,00142	2,23472	2,47483	2,001421
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	25,6	34,6	40,8	46,9	55,2	61,7	68,3	55,21919
2	30,8	41,6	49,1	56,4	66,4	74,1	82,1	66,38558
3	34,3	46,3	54,6	62,9	73,9	82,6	91,4	73,93689
4	37,1	50,0	59,0	67,9	79,8	89,1	98,7	79,81002
5	39,3	53,1	62,6	72,0	84,7	94,6	104,7	84,68498
6	41,3	55,7	65,7	75,6	88,9	99,2	109,9	88,88835
7	43,0	58,0	68,4	78,7	92,6	103,4	114,5	92,60461
8	44,6	60,1	70,9	81,6	95,9	107,1	118,6	95,94914
9	46,0	62,0	73,1	84,2	99,0	110,5	122,4	98,99934
10	47,3	63,8	75,2	86,6	101,8	113,7	125,9	101,80999
11	48,5	65,4	77,2	88,8	104,4	116,6	129,1	104,4211
12	49,6	67,0	79,0	90,9	106,9	119,3	132,1	106,8633
13	50,7	68,4	80,7	92,8	109,2	121,9	135,0	109,1603
14	51,7	69,8	82,3	94,7	111,3	124,3	137,7	111,331
15	52,7	71,1	83,8	96,4	113,4	126,6	140,2	113,3907
16	53,6	72,3	85,2	98,1	115,4	128,8	142,6	115,3519
17	54,5	73,5	86,6	99,7	117,2	130,9	145,0	117,225
18	55,3	74,6	87,9	101,2	119,0	132,9	147,2	119,0189
19	56,1	75,7	89,2	102,7	120,7	134,8	149,3	120,741
20	56,9	76,7	90,4	104,1	122,4	136,7	151,3	122,3978
21	57,6	77,7	91,6	105,4	124,0	138,4	153,3	123,9949
22	58,3	78,7	92,8	106,7	125,5	140,2	155,2	125,537
23	59,0	79,6	93,9	108,0	127,0	141,8	157,1	127,0285
24	59,7	80,5	94,9	109,2	128,5	143,4	158,9	128,4731

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**.

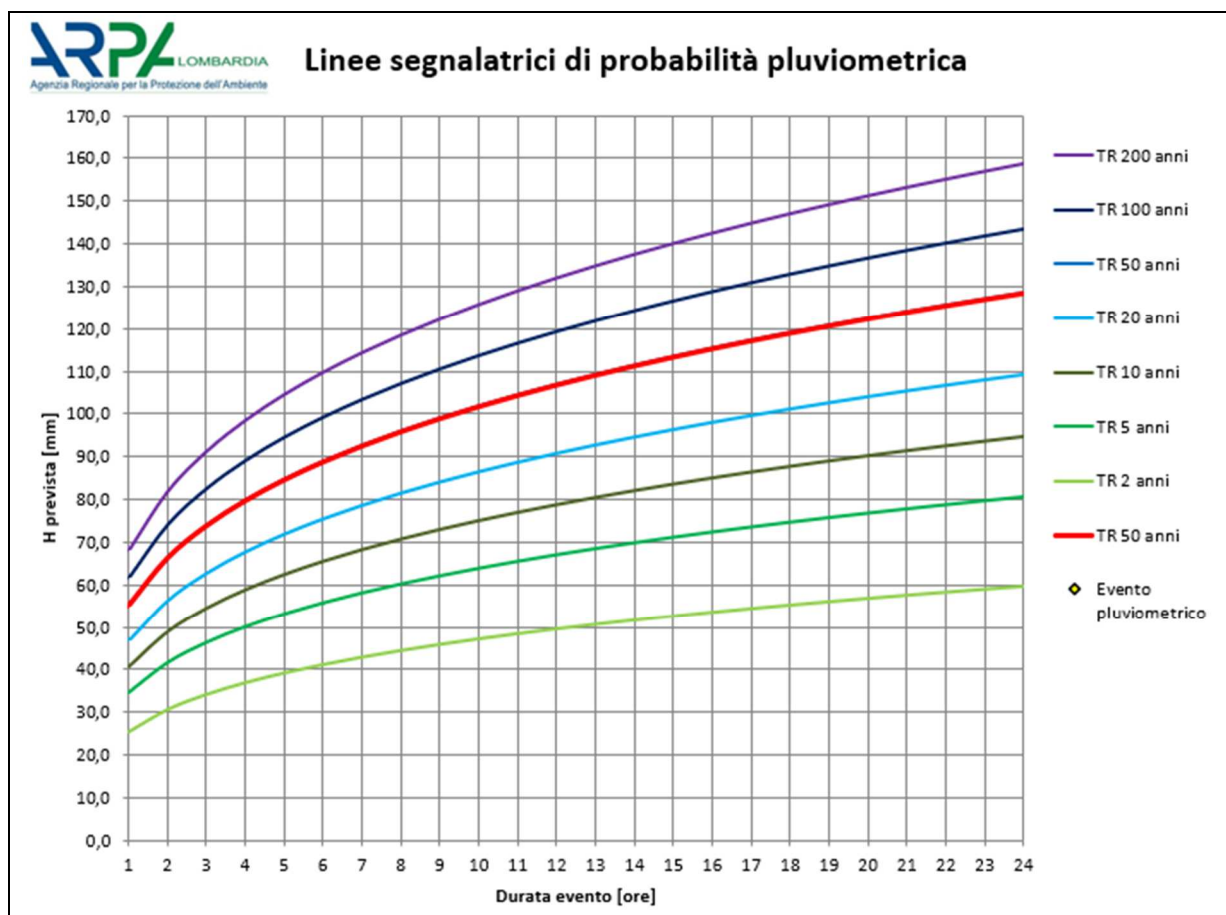


Figura 4 - Rappresentazione della linea segnalatrice

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:

$$h = 55.22 \times t^{0.5}$$

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

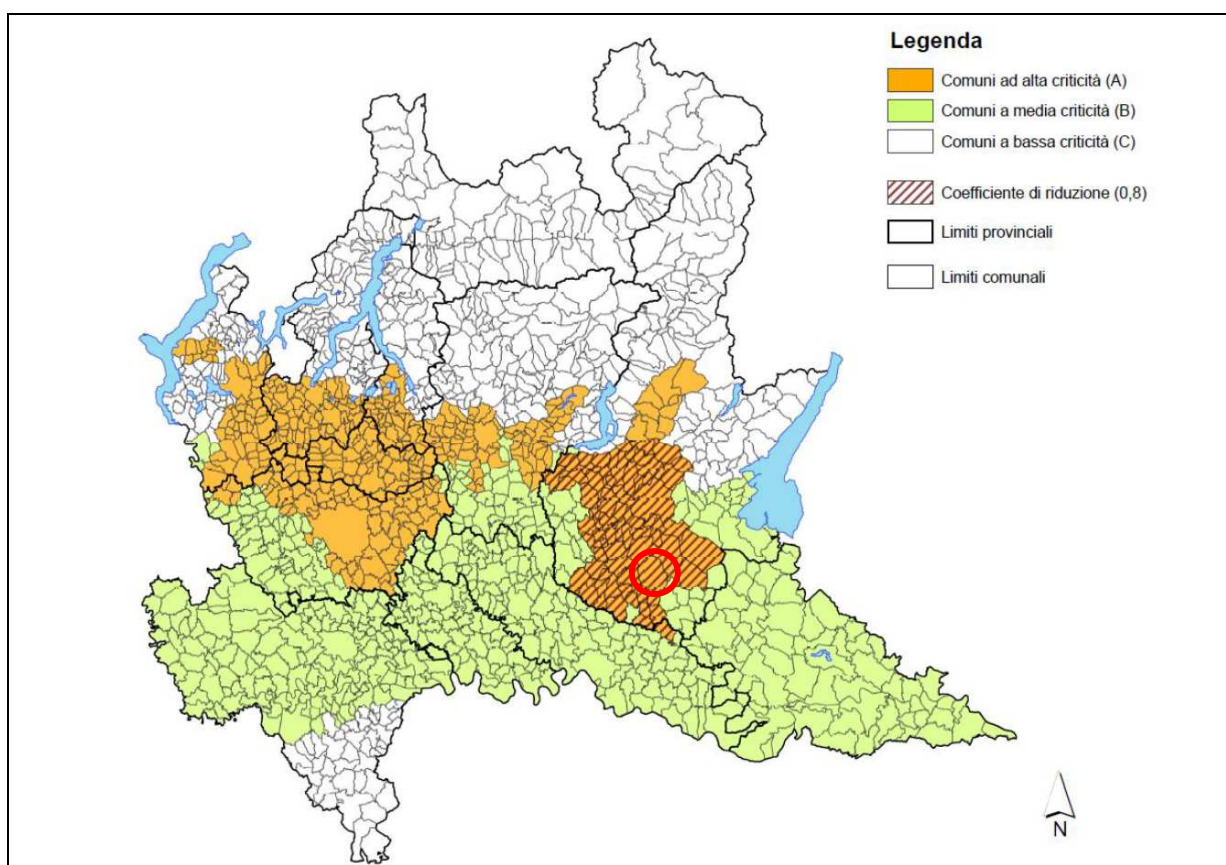


Figura 5 - Classificazione criticità idraulica

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

Il Regolamento Regionale 8 ha introdotto un coefficiente riduttivo (coefficiente P) per

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Novembre 2025	0	11 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

alcuni comuni della classe A, che per il sito in studio vale 0.8. Altro parametro che entra nella matrice di classificazione è la superficie di intervento, che risulta pari a 4870 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:

- 4650 m² superficie impermeabile (x1)
- 220 m² superficie permeabile (x0)

Il coefficiente di deflusso medio ponderale risultante è pari a 0.9548. Le modalità di calcolo da applicare per ogni intervento sono definite nella Tabella 1 dell'art. 9 (Figura 6).

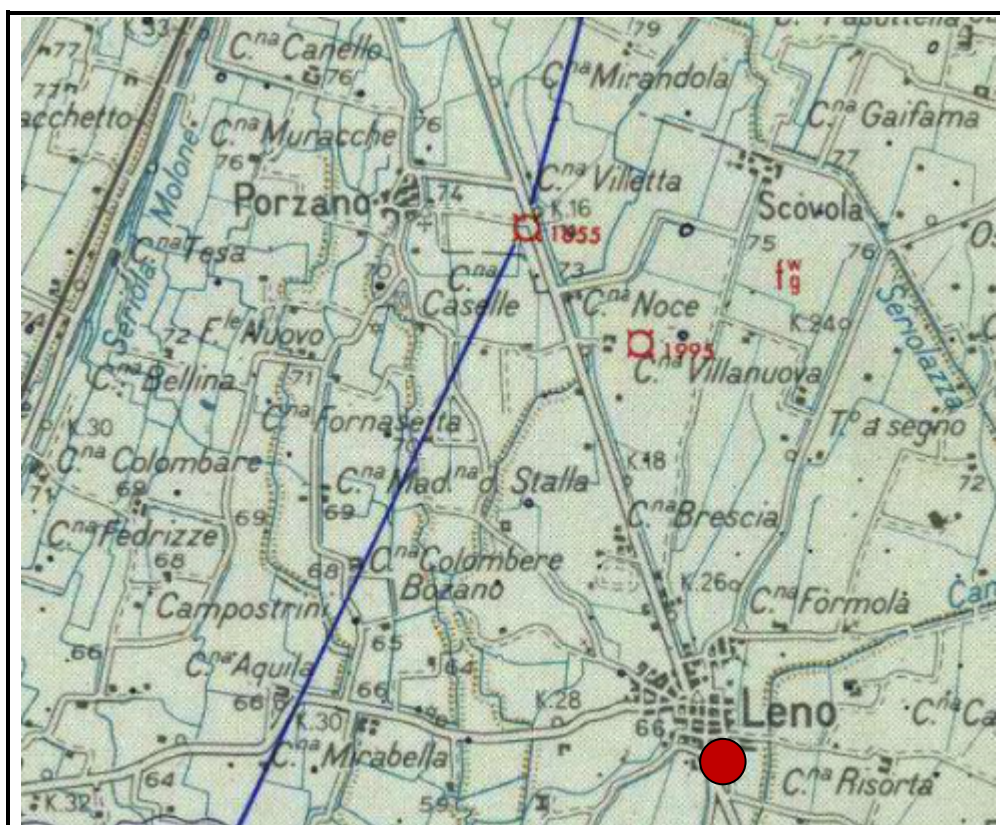
CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFF. DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITA' DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (ARTICOLO 7)	
				AREA A - B	AREA C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0.03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi art.12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione 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, impermeabilizzazione potenziale media, 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 dell'area di interesse sono legati alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente fluvio-glaciale e fluviale riferibili come età al Wurm (F_g^w – cfr. Figura 7). Questi depositi rappresentano la transizione tra *"l'alta e la media pianura"*.



Legenda:

- f_g^w Alluvioni
Fluvio-
glaciali
Wurm

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

La litologia superficiale del sito in esame risulta costituita da terreni essenzialmente sabbiosi limosi con suolo pedogenizzato, laddove non urbanizzato, dello spessore di circa 40/50 centimetri. Morfologicamente l'area risulta pianeggiante, alla quota di circa 66.50 m.s.m., con

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Novembre 2025	0	13 di 26
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

cadente topografica verso S e gradiente nell'ordine dello 0.3%. L'idrografia al contorno è rappresentata dalla rete irrigua e scolante. Sul lato ovest scorre la seriola Pavona, sul lato est la Serioletta. L'assetto stratigrafico si configura conforme all'ambiente ed all'evoluzione deposizionale a cui è andata soggetta l'area, fortemente condizionata dalla dinamica fluvio-glaciale e fluviale legata ad ambienti ad alta energia, con significative variazioni d'alveo e ad elevata competenza. Sulla base dei dati acquisiti l'assetto stratigrafico può essere descritto come un'alternanza di strati a sabbie dominanti continua per almeno 6.60 m. Nello specifico nei primi 2 metri circa sono presenti sabbie e sabbie limose mentre in profondità si rilevano sabbie medio grossolane associate a ghiaietto. La superficie freatica è posizionata a circa 2.0 m da p.c.

5.1. Distanza da pozzi idropotabili

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

8.

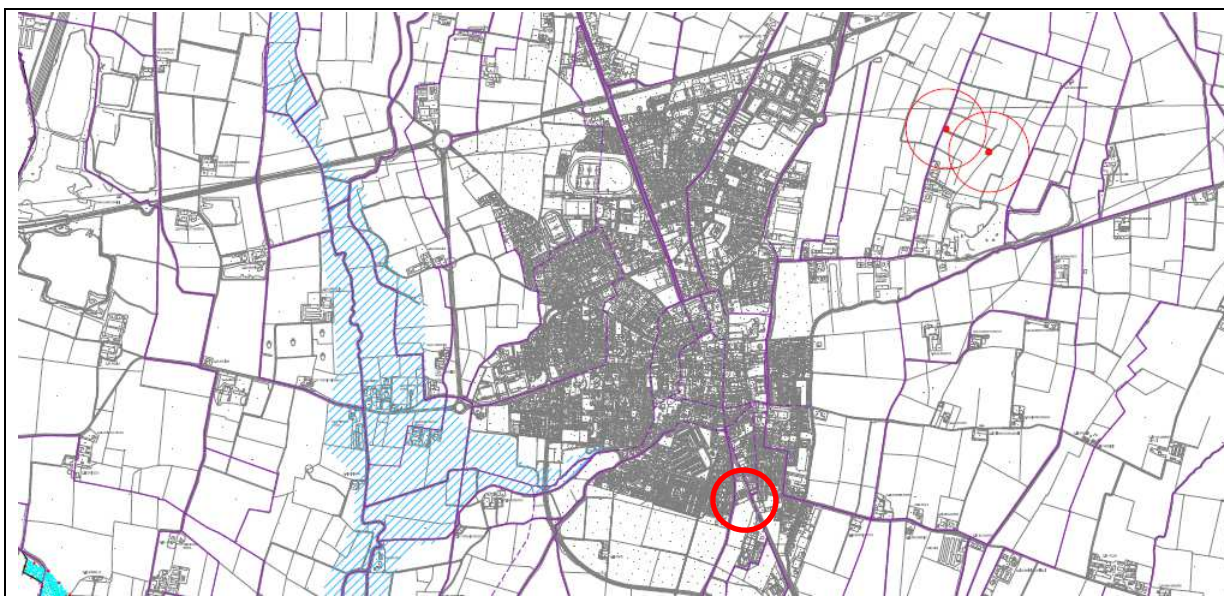
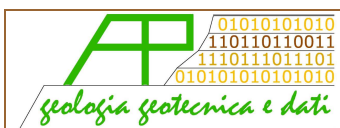


Figura 8 – Stralcio carta dei vincoli da PGT

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

 geologia geotecnica e dati	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione	Novembre 2025	0	14 di 26
		A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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 in quanto non se ne identifica la presenza in un intorno significativo. I pozzi distano circa 2.0 km.

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Novembre 2025	0	15 di 26
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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

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]

Per il calcolo della dispersione si è ipotizzata una permeabilità media dei depositi pari a 1×10^{-3} m/s. Per i calcoli la permeabilità è stata ridotta del 50% a 1.5×10^{-5} m/s. Si prevede la realizzazione di un bacino disperdente posizionato lungo il limite sud dell'interno lungo circa 130 m. Nell'equazione sopra riportata l'incognita diventa pertanto la portata (Q), dal momento che tutte le altre variabili sono note. La capacità di dispersione risulta pari a 4 l/s.

6.1.1. Descrizione del bacino disperdente

Il bacino di laminazione sarà realizzato in terra lungo il margine S dell'insediamento attraverso uno scavo con sponde ad inclinazione di circa 45°, coerenti con la situazione geotecnica dei depositi. Avrà una sezione trapezia con altezza di 1.50 m e una larghezza in sommità pari a 4.00 m con sezione schematizzata in Figura 9. Sul fondo sarà riportato del materiale arido grossolano per favorire l'infiltrazione. Tutti i punti di immissione dovranno essere adeguatamente protetti dall'erosione concentrata con un manufatto o con coperture in massi.

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione	Novembre 2025	0	16 di 26
		A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

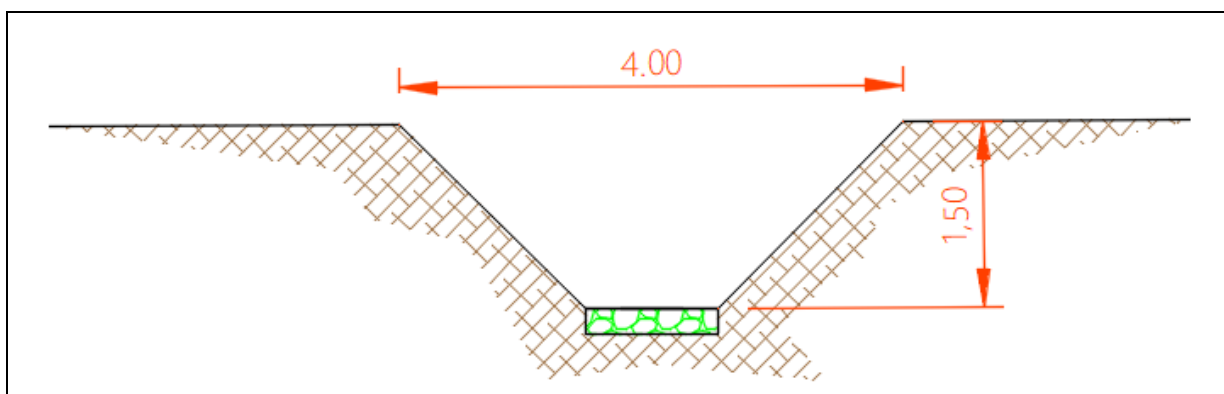


Figura 9 – Schema bacino

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 10 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%.

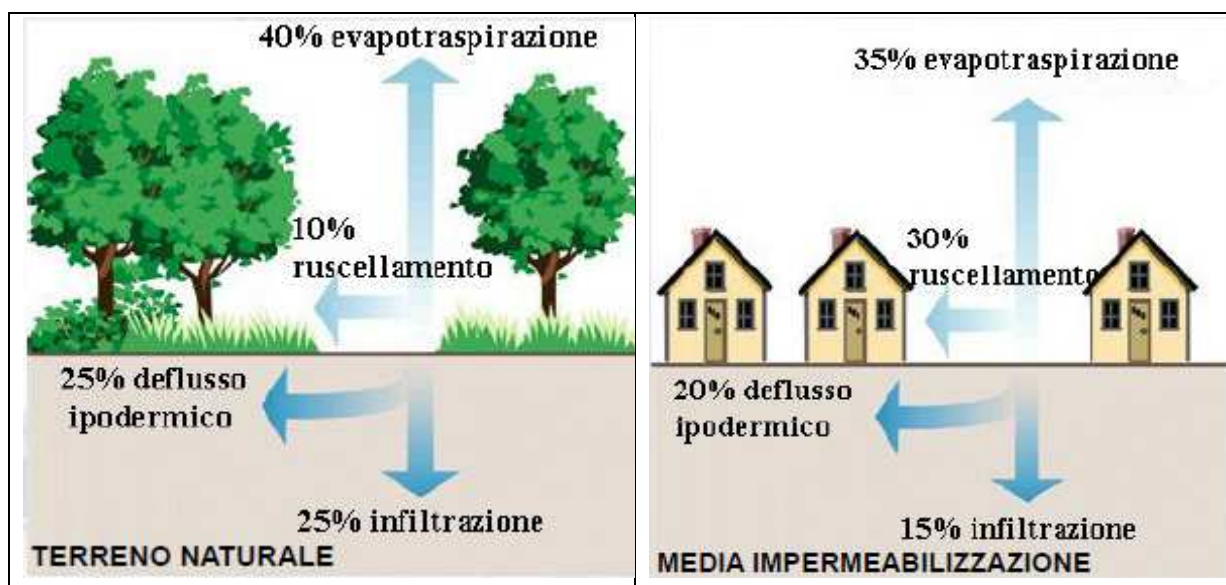


Figura 10 - Percentuali di recapito delle acque meteoriche

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	Novembre 2025	0	18 di 26
	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 11 (in ordinate sono indicati i litri in ascisse minuti).

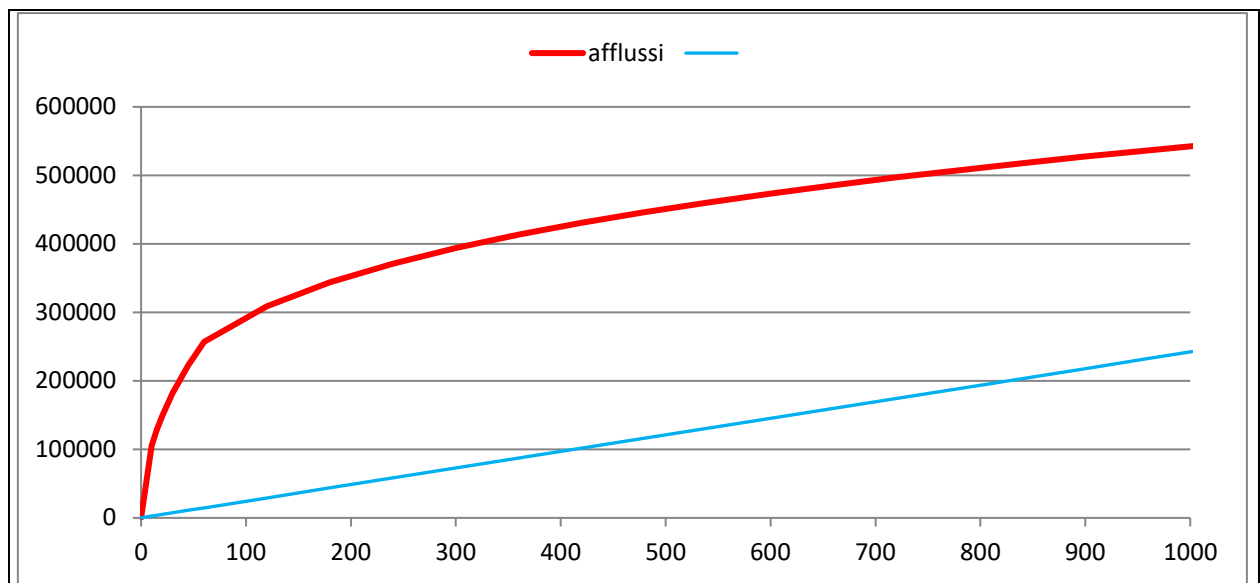


Figura 11 - Curve afflussi deflussi

Si può notare che il volume critico si ha per eventi di durata pari a circa 8 ore, dopo di che il sistema disperde/scarica un volume maggiore delle portate in ingresso. Il volume di laminazione necessario risulta pari a circa 330 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 DEI BACINI DI LAMINAZIONE

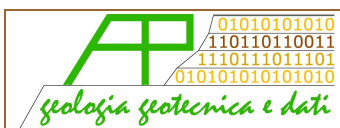
I volumi di laminazione saranno ricavati per la totalità all'interno del bacino disperdente. Il sistema sarà posizionato come indicato nelle tavole allegate. I volumi sono stati quantificati come di seguito elencato, nell'ipotesi di raggiungere il totale riempimento del sistema:

- m 130 bacino con sezione trapezia pari a 3.86 m^2 per un volume complessivo di circa 500 m^3 .

Il volume totale risulta sufficiente a garantire i minimi richiesti dal Regolamento (330 m^3).

8.1. Calcolo del tempo di svuotamento

Allo svuotamento del bacino di laminazione contribuirà esclusivamente la dispersione nel sottosuolo con una portata massima di 4 l/s . Il volume massimo di invaso (330 m^3), potrà essere svuotato in circa 23 ore, quindi entro i termini previsti dalla normativa. Lo smaltimento delle acque avverrà per gravità.

 01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Novembre 2025	0	20 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 delle differenze positive tra afflussi e deflussi (Figura 12). Si nota che il volume di laminazione necessario assomma a circa 383 m³ minore del massimo invaso previsto (500 m³). **Il bacino è verificato ai fini del regolamento Regionale.**

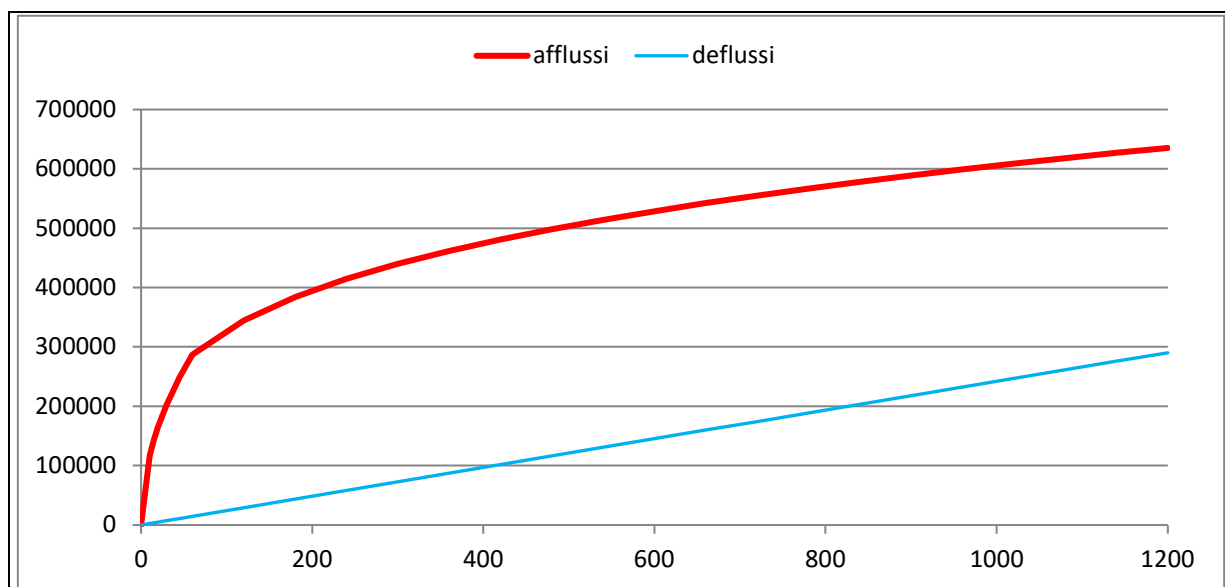


Figura 12 - Andamento afflussi-deflussi con Tr=100 anni

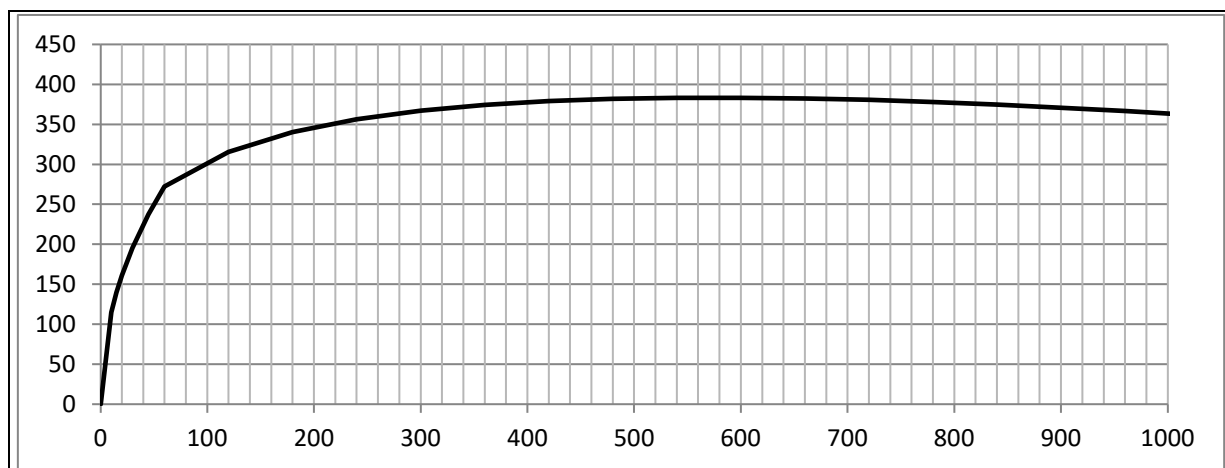


Figura 13 – Differenza afflussi deflussi (mc)

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 caditoie e condotte 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: **$Q = 174 \text{ l/s}$ (tempo di ritorno 50 anni)**. L'altezza di pioggia attesa in 10 minuti è stata calcolata pari a 22.54 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.

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione	Novembre 2025	0	22 di 26
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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. Saranno previste n.4 linee di raccolta la cui maggiormente sollecitata sottenderà una superficie di circa 1300 m² con una portata in uscita di 45 l/s. Le tubazioni di collettamento al bacino avranno un diametro pari a 315 mm, con pendenza pari a 0.2%, in questo modo è verificata la portata massima che si otterrà con un riempimento del 70% (Figura 14). La rete di raccolta rappresentata è indicativa e verrà definita in fase esecutiva.

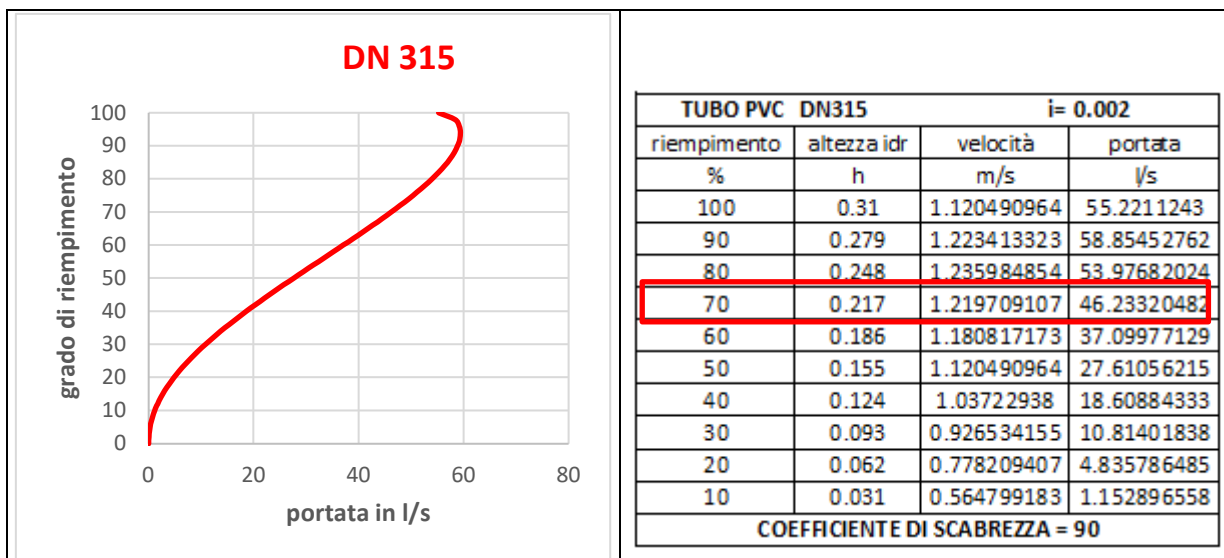


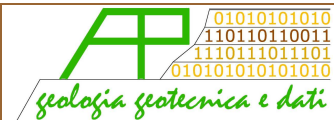
Figura 14 – Scala di deflusso DN315

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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Novembre 2025	0	25 di 26
	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 bacino	Semestrale	Titolare	Verifica visiva
Verifica integrità strutturale bacino	Semestrale	Titolare	Verifica visiva
Verifica integrità strutturale pozzetti	Annuale	Titolare	Verifica visiva
Rimozione detriti grossolani dai pozzetti	Annuale o su segnalazione	Titolare	
Rimozione detriti grossolani da bacino	Annuale o su segnalazione	Titolare	
Rimozione detriti fini e pulizia bacino	Triennale o su segnalazione	Personale specializzato	
Sostituzione elementi ammalorati	Su segnalazione	Personale specializzato	

Dr. Geol. Corrado Aletti

(documento firmato digitalmente)

Seniga 06.11.2025



Comune di Leno

Provincia di Brescia

Regolamento Regionale n.4 del 27.11.2017 - RL n.444

15.03.2016

PROGETTO PER L'INVARIANZA
IDRAULICA E IDROLOGICA

RIATTAMENTO CAPANNONE E
PIAZZALE

Committente: Comune di Leno

Tavola 1 scala 1 :250

Il Geologo:
Dr. Corrado Aleffi

Legenda:

 Batuto dispendio

 Linea UMG13

PLANIMETRIA DI
PROGETTO

codice file: bolono-20254 4.354

03

02

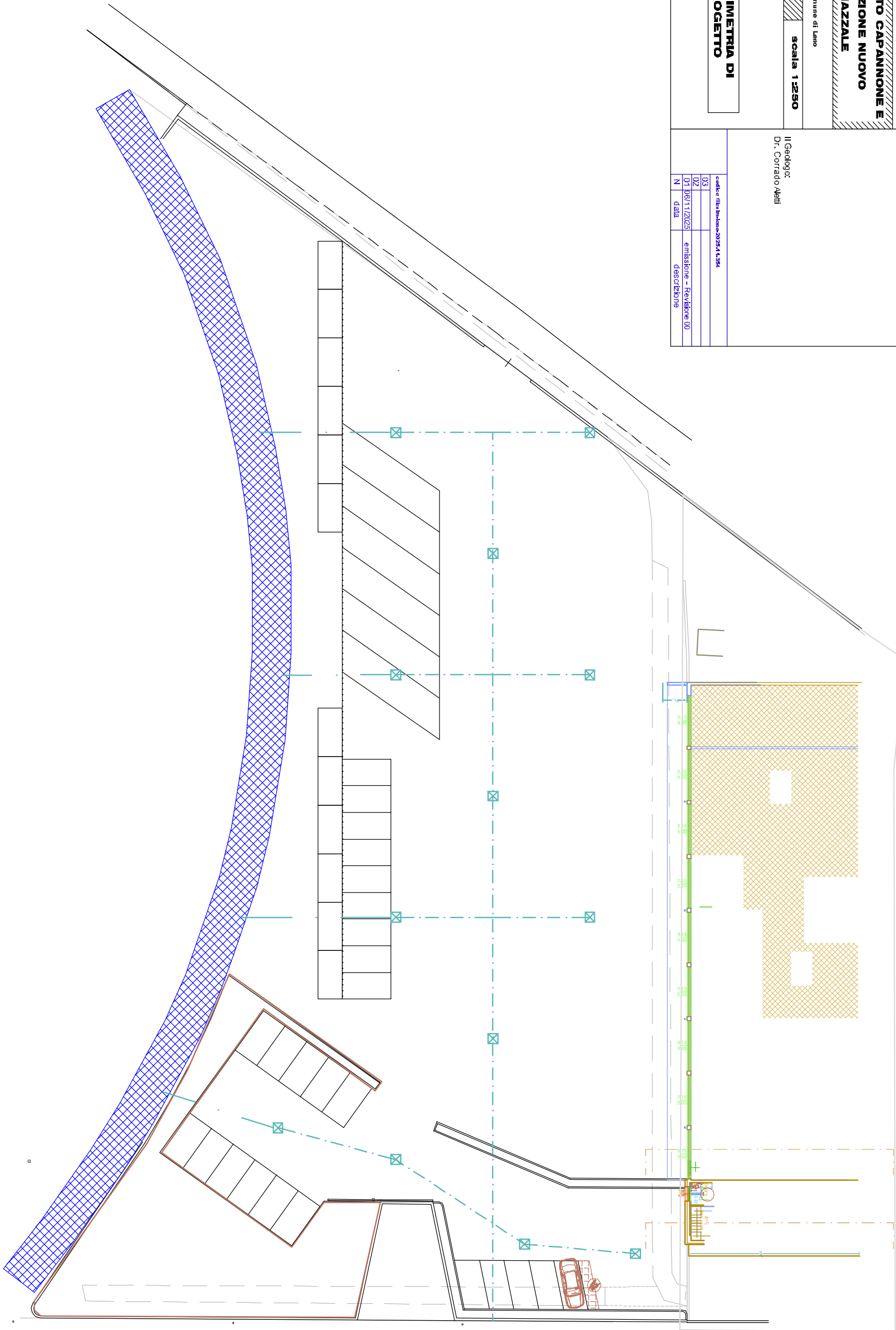
01

N

data

emissione - Revisione 00

descrizione



100
0.000