

Comune di
ACQUAFREDDA
Provincia di Brescia

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA RELAZIONE TECNICA

Ai sensi del Regolamento Regionale n. 7/2017 – R.R. n. 8/2019
L. R. 12/2005 “Legge per il Governo del territorio” - D. Lgs. 152/2006 “Testo unico ambiente”

AGGIORNAMENTO AGOSTO 2025

**PROCEDURA SPORTELLO UNICO PER
ATTIVITA' PRODUTTIVE IN VARIANTE
AL P.G.T.**

SUAP 3 EMME S.R.L.

3 EMME S.R.L.
Via Del Varo' n. 4
25010 Acquafredda (BS)

Il relatore

Dott. Geol. Giuliano Donaera



Castiglione delle Stiviere, li 25/08/2025

Commessa	Data	Descrizione	Revisione	Redatta
PRJ.019.24	25/08/2025	Invarianza idraulica e idrologica	08/2025	Dott. G. Donaera

Studio GEO Ambiente

Via Prede n. 16 ~ Castiglione delle Stiviere (Mn)
Telefono 0376.670334 ~ Fax 0376.670334
Partita I.V.A.: 02284190200

E
W
P

info@geoambiente.net
www.studiogeoambiente.net
gdonaera@pec.epap.it

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

RELAZIONE TECNICA

Ai sensi del Regolamento Regionale n. 7/2017 – R.R n. 8/2019 - L. R. 12/2005 “Legge per il Governo del territorio”
D. Lgs. 152/2006 “Testo unico ambiente”

PROCEDURA SPORTELLLO UNICO PER ATTIVITA' PRODUTTIVE IN VARIANTE AL P.G.T. SRL SUAP 3 EMME S.R.L.

AGGIORNAMENTO AGOSTO 2025

COMMITTENTE: 3 EMME S.R.L.
Via Del Varo' n. 4
25010 Acquafredda

INDICE

0. PREMESSA	4
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	7
2.1 Geologia dell'area	7
2.2 Unità litologiche affioranti	8
2.3 Idrografia e geomorfologia	8
3. IDROGEOLOGIA	9
3.1 Inquadramento idrogeologico	9
3.2 Determinazione della permeabilità in sito	11
4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	12
4.1 Stato attuale dei luoghi	12
4.2 Stato di progetto	13
5. INQUADRAMENTO SITO SPECIFICO E NORMATIVO	14
5.1 Criticità idraulica e valori massimi allo scarico	15
5.2 Calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale	16
5.3 Classificazione dell'interventi in progetto (ART 9 RR 3/2025)	18
6. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO	19
Precipitazioni di Progetto - Curve di possibilità pluviometrica – Determinazione della pioggia di progetto	19
7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA	23
8. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI	24
8.1 Applicazione della procedura dettagliata	24

9. MODALITA' DI INTERVENTO PER IL RISPETTO DELL'INVARIANZA IDRAULICA	41
9.1 Portate massime scaricabili.....	42
9.2 Tempo di svuotamento	42
9.3 Volume di laminazione calcolato	44
9.4 Bacino di laminazione e restituzione portate laminate in CIS – Criteri di progettazione e dimensionamento.....	44
9.5 Piano di manutenzione vasca invarianza (Art.16)	46
9.5.1 Gestione e manutenzione della vasca di laminazione	47
9.5.2 Gestione e manutenzione della rete di drenaggio	47
9.6 Schema sistemi di collettamento e gestione delle acque meteoriche.....	47
10. TERRE E ROCCE DA SCAVO	48
11. CONCLUSIONI	50

INDICE DELLE TAVOLE E ALLEGATI:

- TAV 1 - Corografia generale in scala 1:10.000;
- TAV 2 - Estratto di mappa catastale in scala 1:2.000;
- TAV 3 - Carta geologica in scala 1:10.000;
- TAV 4 - Planimetria ubicazione opere di invarianza idraulica;

- All E - Asseverazione professionista.

❖ **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- **L.R. Lombardia 11.03.2005 n. 12** – Art. 58 bis della “Legge per il governo del territorio” definisce i tempi di applicazione del regolamento, la prima scadenza è l’adeguamento del regolamento edilizio comunale entro 6 mesi dal giorno successivo alla pubblicazione del regolamento sul BURL;
- **L.R. Lombardia 15.03.2016 n. 4** – “Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua” con allegato il regolamento “Criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica”;
- **D.G.R. Lombardia del 20.11.2017 n. 7** – Approvazione finale del regolamento
- “Criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica”;
- R.R. Lombardia 23.11.2017 n. 7 – Emanazione regolamento;
- **Decreto 27.11.2017** – Pubblicazione sul BURL (supplemento n. 48);
- **D.G.R. Lombardia del 28.06.2018 n. 248** – Introduce una disapplicazione temporanea per alcune fattispecie di interventi “Disposizioni sull’applicazione dei principi dell’invarianza idraulica ed idrologica” comma 3 bis dell’Art. 17 del RR 23.11.2017 n. 7;
- **R.R. Lombardia 29.06.2018 n. 7** – Emanazione regolamento modificato;
- **Decreto 03.07.2018** – Pubblicazione sul BURL (supplemento n. 27);
- **R.R. Lombardia 19.04.2019 n. 8** – Disposizioni sull’applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale del 23/11/2017 n. 7;
- **R.R. Lombardia 28.03.2025 n. 3** – Disposizione 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 ‘Legge per il governo del territorio’). BURL n. 14, suppl. del 01 Aprile 2025).

❖ **BIBLIOGRAFIA**

- **PGT del COMUNE DI ACQUAFREDDA (BS)** e relative norme di attuazione;
- Pianificazione Regionale e Provinciale PTR e PTCP;
- Cartografia e basi informative geografiche e tematiche;
- Programma Provinciale di Protezione Civile;
- Basi informative ambientali ERSAL.

❖ **ACQUE E SUOLO**

- D. Lgs. 152/2006 artt. 184bis - 184ter -185 – 186 “Testo unico ambiente o codice dell’ambiente”;
- Programma di tutela ed uso delle acque PTUA – DGR n. 2244 03/2006 e relative NTA;
- PGRA – DPCM 27/10/2016- Piano gestione rischio Alluvioni.

❖ **TERRE E ROCCE DA SCAVO**

- DPR 13/06/2017 N. 120 Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164. (17G00135) (GU n.183 del 7-8-2017).

❖ **WEB**

- Sistema informativo territoriale regionale www.idro.arpalombardia.it
- Geoportale Nazionale www.pcn.minambiente.it/mattm/

0. PREMESSA

La presente relazione tecnica è relativa alla definizione a livello di progettazione esecutiva, degli interventi atti a garantire il rispetto del principio di invarianza idraulica come previsto dal vigente Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017 modificato dal RR n. 8/2019 e dal RR n. 3/2025 relativamente al progetto di:

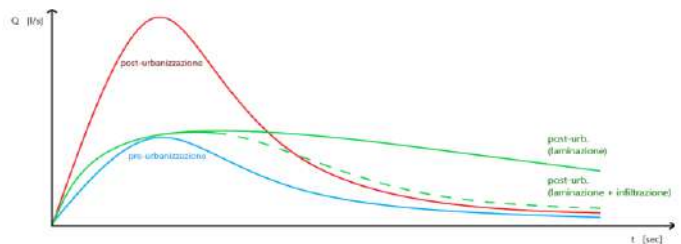
PROCEDURA SPORTELLO UNICO PER ATTIVITA' PRODUTTIVE IN VARIANTE AL P.G.T. SRL SUAP 3 EMME S.R.L.

Via Visano nel comune di Acquafredda (BS)

Regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 contiene

“criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)”.

Invarianza idraulica: principio in base al quale le portate massime di afflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all’urbanizzazione (articolo 58 bis, comma 1, lettera a) della l.r. 12/2005). Questo risultato si può ottenere agevolando l’infiltrazione nel terreno dei volumi idrici in eccesso, rispetto alle condizioni pre-trasformazione, o laminando le portate.



Invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate che i volumi di afflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non devono essere maggiori di quelli preesistenti all’urbanizzazione (articolo 58 bis, comma 1, lettera b) della l.r. 12/2005). Le misure di invarianza sono da calcolare con riferimento alla SOLA superficie interessata dall’intervento, e sono da calcolare rispetto alla condizione urbanistica preesistente all’urbanizzazione (art 4 RR 3/2025).

In particolare, con tale Regolamento, la Regione Lombardia definisce:

- a) di ristrutturazione edilizia, come definiti dall’articolo 3, comma 1, lettera d), del d.p.r. 380/2001, solo se consistono nella demolizione totale o nella demolizione parziale, a condizione che quest’ultima tipologia di demolizione sia maggiore del 70 per cento della superficie coperta della costruzione esistente, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all’edificio, e ricostruzione con aumento dell’indice di copertura preesistente; ai fini della verifica dell’aumento dell’indice di copertura di cui alla presente lettera, non si considerano gli aumenti di superficie derivanti da interventi di efficientamento energetico previsti ai sensi della normativa vigente in materia;
- b) di nuova costruzione, così come definiti dall’articolo 3, comma 1, lettera e), del d.p.r. 380/2001, compresi gli ampliamenti; sono escluse le sopraelevazioni che non aumentano la superficie coperta dell’edificio;
- c) di ristrutturazione urbanistica, così come definiti dall’articolo 3, comma 1, lettera f), del d.p.r. 380/2001;
- d) relativi alla realizzazione di opere di pavimentazione e di finitura di spazi esterni, anche per le aree di sosta, di cui all’articolo 6, comma 1, lettera e ter), del d.p.r. 380/2001, con una delle caratteristiche che seguono:
 1. di superficie maggiore di 150 mq;
 2. di superficie minore di o uguale a 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui alle lettere a), b) o c) del presente comma o di cui al comma 3;

È inoltre previsto che i progettisti debbano consegnare, per gli interventi edilizi definiti dal Regolamento, una relazione d’invarianza idraulica e idrologica articolata nei seguenti punti (art 10 RR 3/2025):

1. descrizione della soluzione progettuale di invarianza idraulica e idrologica e delle corrispondenti opere di raccolta, convogliamento, invaso, infiltrazione e scarico costituenti il sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico nel ricettore o di disperdimento nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo;
2. calcolo delle precipitazioni di progetto;
3. calcoli del processo di infiltrazione nelle aree e strutture a ciò destinate e relativi dimensionamenti;
4. calcoli del processo di laminazione negli invasi a ciò destinati e relativi dimensionamenti;
5. calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione;
6. calcoli e relativi dimensionamenti di tutte le componenti del sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico;
7. dimensionamento del sistema di scarico terminale, qualora necessario, nel ricettore, nel rispetto dei requisiti ammissibili del presente regolamento;
- 7 bis. indicazioni delle eventuali ulteriori misure locali, anche non strutturali, di protezione idraulica dei beni insediati di cui all'articolo 11, comma 2, lettera a), numero 2;
- b) documentazione progettuale completa di planimetrie e profili in scala adeguata, sezioni, particolari costruttivi;
- c) piano di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'intero sistema di opere di invarianza idraulica e idrologica e di recapito nei ricettori, secondo le disposizioni dell'articolo 13;
- d) asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del presente regolamento, redatta secondo il modello di cui all'allegato E.

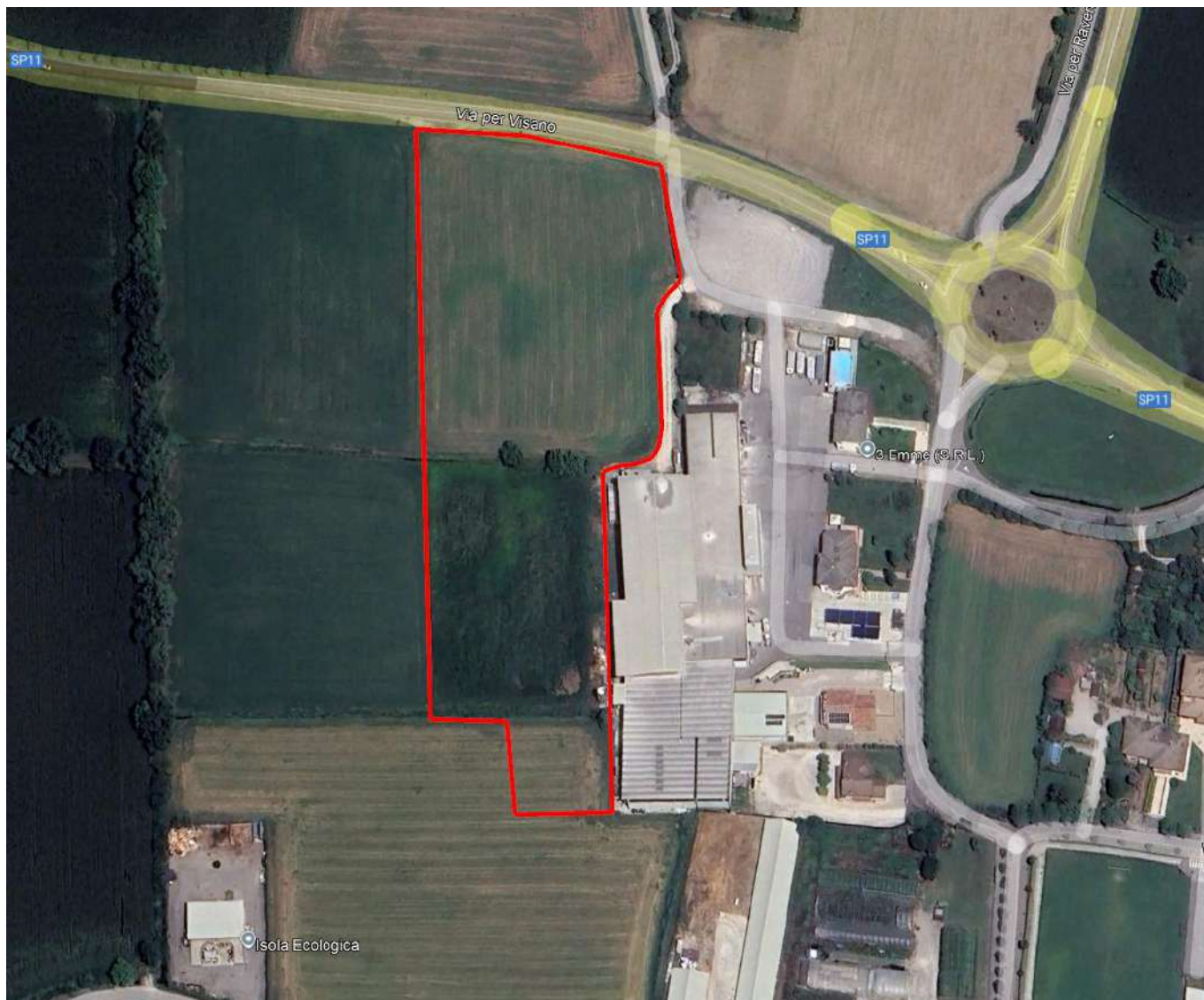
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio consta di un'area attualmente agricola di circa 17.179 m² sita in via Per Visano, nella porzione occidentale del territorio comunale di Acquafredda (BS), in area periurbana a prevalente destinazione agricola.

Da un punto di vista geomorfologico l'area in esame si dispone pianeggiante ad una quota altimetrica di 54.0 m s.l.m., in corrispondenza delle Alluvioni Antiche, terrazzate, risalenti al periodo Olocenico e costituiti prevalentemente da depositi limosi.

Geograficamente è rappresentata nella CTR RL (Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia) alla scala 1:10.000 alla sezione D7D1 con coordinate baricentriche dell'area (WGS 84): 45°18'33" latitudine N, 10°24'13" longitudine E.

Dal punto di vista geologico l'area è rappresentata a scala regionale nel foglio n. 61 "Cremona" della CGI (Carta Geologica D'Italia) alla scala 1:100.000 ed in maggior dettaglio nella Carta di inquadramento geologia e geomorfologia alla scala 1:10.000 (Tav 1A) dello studio geologico a corredo del vigente PGT comunale.



2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

2.1 Geologia dell'area

La dinamica evolutiva che ha caratterizzato questa porzione della Pianura Padana ebbe origine con la fase erosiva dell'arco alpino, quando iniziò la deposizione dell'estesa copertura sedimentaria di depositi fluviali ed in seguito fluvioglaciali che ha portato alla creazione dell'attuale pianura.

Il territorio comunale di Acquafredda è caratterizzato da alcuni elementi geomorfologici particolari quali: a Nord, nel territorio del Comune di Carpenedolo, la presenza dell'ultima cerchia dell'anfiteatro Morenico del Garda (Mindel), con andamento da Nord - Ovest verso Sud – Est, ed in corrispondenza dell'attuale corso del Fiume Chiese la presenza di una serie di terrazzi fluviali a sviluppo Nord verso Sud/Sud – Est, non sempre ben definiti morfologicamente specialmente nel territorio comunale di Acquafredda.

Il cordone morenico di cui sopra del Mindel è quello più esterno dell'anfiteatro Morenico Benacense ed è contraddistinto dalla presenza di uno spesso strato superficiale di argille rosso - brunastre (~ 2÷4 m di potenza) che inglobano al loro interno ciottoli di natura silicatica profondamente alterati e più raramente silicei per lo più sani; la componente calcarea si è dissolta originando le argille altrimenti dette "ferretto". Al di sotto di questo strato di argille d'alterazione, si riscontra la presenza del morenico ghiaioso con ghiaia e ciottoli poligenici in scarsa matrice limoso-sabbiosa e localmente trovanti.

Venendo ai sopracitati terrazzi fluviali, i più importanti segnano generalmente il limite tra il Fluviale wurmiano e le Alluvioni post-wurmiane a Sud, oppure tra il fluvioglaciale del Wurm e il fluvioglaciale più grossolano di probabile età pre-Wurmiana, queste due formazioni rivestono particolare importanza nell'ambito territoriale per la loro elevata distribuzione orizzontale. Si tratta di terreni incoerenti, quantomeno relativamente alle porzioni affioranti o poste a profondità modeste dal p.c. (- 15÷20 m) classificabili fra le sabbie grossolane limose con ghiaia ed i limi sabbiosi con abbondante ghiaia per quanto attiene al fluvioglaciale del Wurm, mentre i depositi fluviali e fluvioglaciali pre-Wurmiani si caratterizzano come ghiaie grossolane con frazione sabbioso limosa localmente più abbondante.

Secondo alcuni studiosi queste due formazioni sono strettamente interconnesse ed una distinzione è possibile solo sulla base di una variazione granulometrica. A nostro parere il fatto che il contatto fra le due formazioni segni l'andamento, su scala regionale, della linea delle risorgive nella media pianura ne impone la reciproca delimitazione e classificazione.

Infine, i depositi alluvionali olocenici vengono distinti in base alla composizione granulometrica prevalente. Si tratta di depositi sabbioso-argillosi che si rinvencono nella parte terminale dei corsi d'acqua principali prima della loro confluenza con il Fiume Po e risultano frequentemente terrazzati dall'attività erosiva. **Dall'analisi della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio 61 "Cremona" la nostra area di studio ricade all'interno delle Alluvioni Oloceniche Antiche: depositi prevalentemente limoso-sabbiosi e argillosi, con lenti a ciottoli minuti, costituenti un basso e ristretto terrazzo, lungo gli alvei dei corsi d'acqua principali; talora con ridotte scarpate.**

2.2 Unità litologiche affioranti

Di seguito si descrivono sommariamente le formazioni affioranti nel territorio preso in esame, partendo dalle unità più antiche abbiamo:

- **Fluviale Wurm:** depositi sabbioso-argillosi, con lenti ghiaiose a ciottoli minuti; suolo bruno o brunastro, talora rossastro per dilavamento di paleosuoli preesistenti a monte. Esso forma l'esteso livello della Pianura, con alte scarpate lungo i corsi d'acqua principali;
- **Alluvioni Antiche:** depositi limoso-sabbiosi e argillosi, con lenti a ciottoli minuti, costituenti un basso e ristretto terrazzo, lungo gli alvei dei corsi d'acqua principali; talora con ridotte scarpate;
- **Alluvioni medio-recenti:** depositi sabbioso-argillosi, talora ghiaiosi, terrazzati di poco sospesi sugli alvei attuali, anche attualmente esondabili, fissati e coltivati.

2.3 Idrografia e geomorfologia

Come anticipato precedentemente l'area in esame è caratterizzata da alcuni elementi geomorfologici particolari: a Nord si ha la presenza dell'ultima cerchia morenica dell'anfiteatro morenico del Garda (Mindel); in corrispondenza dell'attuale corso del Fiume Chiese si ha la presenza di una serie di terrazzi fluviali a sviluppo Nord verso sud/sud-est, non sempre ben definiti morfologicamente specialmente nel territorio comunale di Acquafredda. Da un punto di vista geomorfologico la zona interessata dagli interventi è pianeggiante e risulta allo stato attuale, esente da fenomeni in rapida evoluzione geomorfologica in atto che possano pregiudicare la stabilità dei luoghi e la buona riuscita delle opere in progetto. L'idrografia superficiale è caratterizzata da almeno due elementi salienti:

- La presenza del Fiume Chiese, ad ovest dell'area in esame a circa 600 m di distanza, che dopo aver corso nella zona a monte entro argini artificiali piuttosto ristretti si dispone in un ampio letto (max 200÷220 m di larghezza); in questo tratto il fiume divaga ed è caratterizzato attualmente da una fase deposizionale modesta. La presenza di argini laterali artificiali impedisce fenomeni di esondazione altrimenti possibili in fasi di piena. Il Fiume Chiese ha un comportamento quasi torrentizio con fasi di piena e magra cicliche e stagionali anche per effetto di opere di presa poste a monte. Non è mai comunque, se non in fasi di siccità, in secca completa; la zona in esame è infatti posta a valle della linea delle risorgive ed il fiume beneficia pertanto del diffuso apporto di acque di risorgenza da monte.
- In epoca passata la presenza delle risorgive e dei fontanili era un elemento caratterizzante di tutta la campagna, in particolare in corrispondenza del limite geologico fra le alluvioni pre-würmiane ed il fluvioglaciale del Würm più recente. Ora sono ancora presenti alcune risorgive, in particolare in corrispondenza dell'incisione fluviale o di alcuni fontanili, ma il loro apporto è quantitativamente più modesto e meno importante a seguito dell'abbassamento della falda freatica e qualitativamente peggiore per la sua contaminazione od inquinamento.
- Una fitta rete di rogge e fossati incide la campagna di Acquafredda.

3. IDROGEOLOGIA

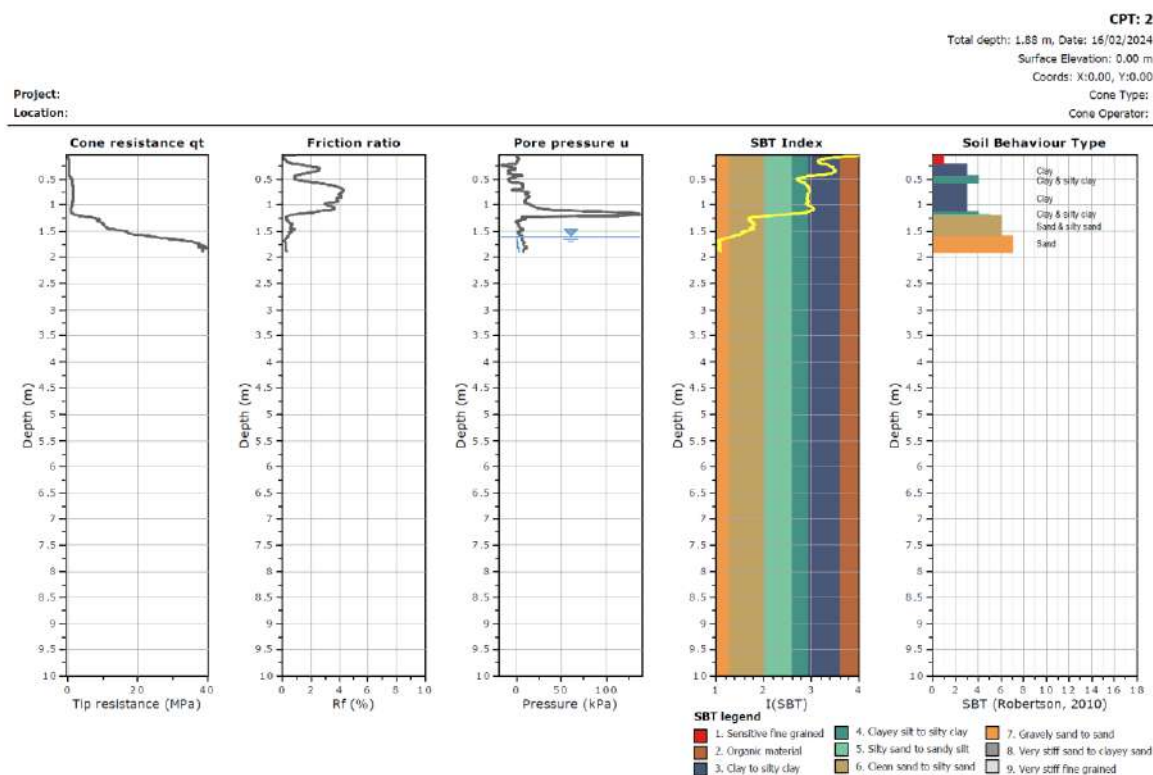
3.1 Inquadramento idrogeologico

Il territorio del Comune di Acquafredda è caratterizzato dalla presenza di tre Unità Idrostratigrafiche. Si tratta, a partire dal piano campagna, dei Gruppi Acquiferi A, B e C. Il Gruppo Acquifero A è definito da spessori che variano gradualmente aumentando da Nord a Sud del territorio comunale; essendo il più superficiale, tale gruppo acquifero, risulta essere anche il più vulnerabile. Il primo livello produttivo, l'acquifero più superficiale, essendo buona parte del territorio caratterizzata dalla presenza di depositi ghiaiosi e sabbiosi, risulta alimentato principalmente dalle acque meteoriche ed irrigue. Tale livello si trova nei depositi ghiaioso-sabbiosi e ha spessore variabile da 30 a 60 m. Alla base del Gruppo A, tra 160 e 190 m di profondità, separato da uno strato di argilla, si estende il secondo livello produttivo.

Più antico del Gruppo A è il Gruppo Acquifero B di età stimata, compresa tra 450.000 anni e 650.000 anni dal presente; il Gruppo più antico riscontrabile nella zona di interesse, tuttavia, è il Gruppo Acquifero C.

Questo ha età compresa tra 650.000 e 850.000 anni dal presente ed un livello basale dato dall'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra.

La carta idrogeologica rappresenta, per l'area di studio, una direzione di flusso NE-SW ed un livello piezometrico stimato di circa 1.0 m da p.c. (53.0 m s.l.m.). Durante la campagna di indagini geognostiche eseguite appositamente in situ è stato misurato il livello statico della falda a 1.60 m da p.c. attuale. mediante indagini penetrometriche statiche CPTU (con piezocono). L'indagine con piezocono individua in modo preciso la sequenza litostratigrafica e la quota piezometrica mediante una cella porosa collegato a datalogger.



CPT: 3

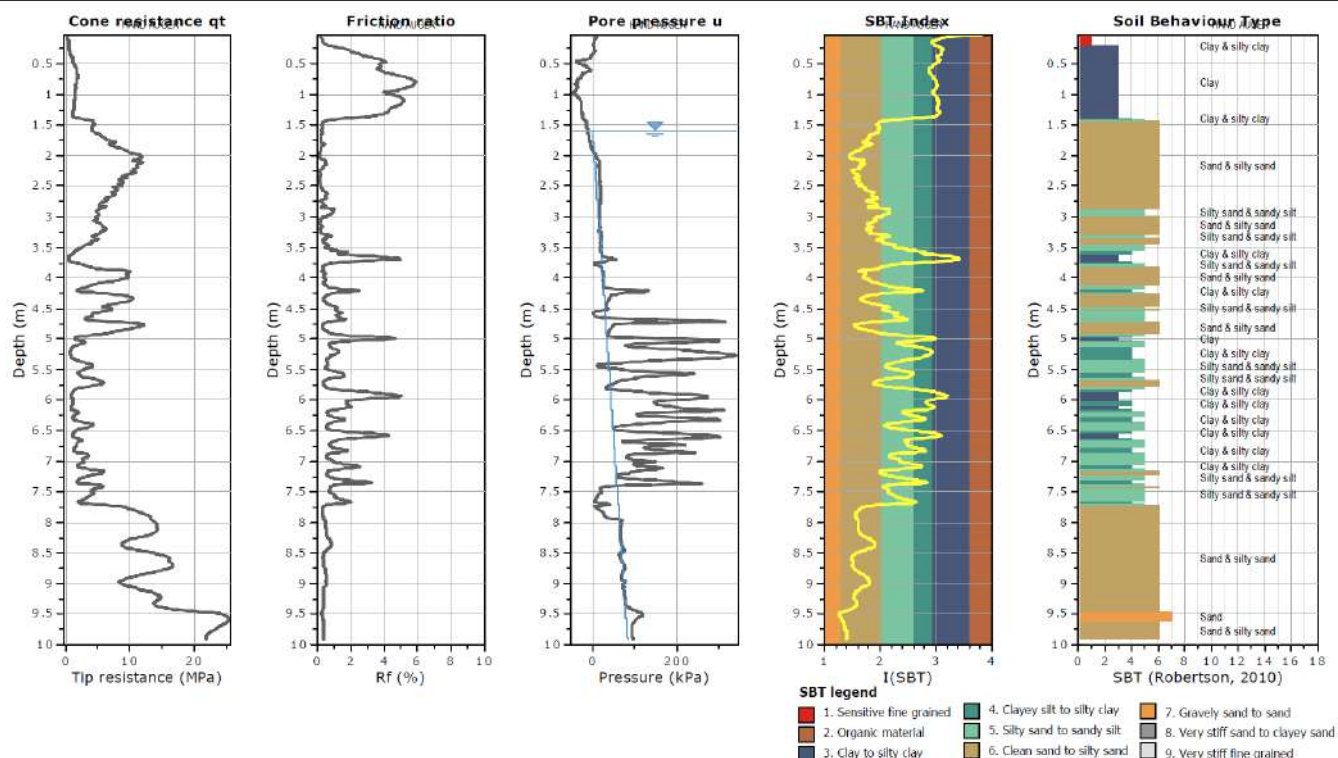
Total depth: 9.92 m, Date: 16/02/2024

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

Cone Operator:

Project:
Location:

Esclusivamente in una verticale di prova DPSH 1 eseguita con penetrometro dinamico e posta in adiacenza allo scolo esistente è stata rilevata la presenza di acqua a circa -1.00 m da p.c. che si ritiene influenzata dalla presenza di acqua nel fosso in quanto le prove sono state eseguite in data 24/01/2024 a seguito di qualche giorno piovoso.

Detto livello di -1.00 m da piano campagna non è quindi rappresentativo del livello di falda che si ribadisce essere posto a -1.60 m da p.c. in data 24/01/2024. Nel corso dell'anno il livello piezometrico è soggetto ad oscillazioni sia in positivo che in negativo rispetto alla misura rilevata. Le motivazioni sono molteplici e legate a fattori sia di carattere antropico (attività di emungimento dei pozzi, pratiche di irrigazione delle colture nei periodi tardo primaverili ed estivi, etc.), sia di indole naturale (ricarica delle falde in seguito alle precipitazioni in seguito a periodi più o meno piovosi, fenomeni di evapotraspirazione più o meno intensi, etc.).

Data la presenza di terreni prevalentemente fini limoso argillosi la massima escursione della falda può essere assunta a -1.50 m da p.c. attuale.

3.2 Determinazione della permeabilità in sito

La permeabilità dei terreni nel sito di intervento è stata ricavata dall'elaborazione delle prove in sito sia CPT che CPTU.

La permeabilità di un terreno è funzione della granulometria, ed è ampiamente documentata in numerose pubblicazioni di idrogeologia. Il principio su cui si basa: in un terreno l'acqua di filtrazione si muove attraverso i pori presenti fra i vari granuli seguendo un percorso tortuoso attraverso spazi a volte più ampi e a volte più angusti e, a parità di porosità del terreno, la sezione media di questi spazi vuoti aumenta all'aumentare della granulometria.

Prendendo come riferimento una ghiaia e una sabbia pulita, in entrambi i casi l'acqua nel moto di filtrazione dovrà attraversare spazi a volte più ampi e a volte più stretti ma nella ghiaia questi spazi saranno statisticamente molto più ampi rispetto agli analoghi spazi presenti nella sabbia.

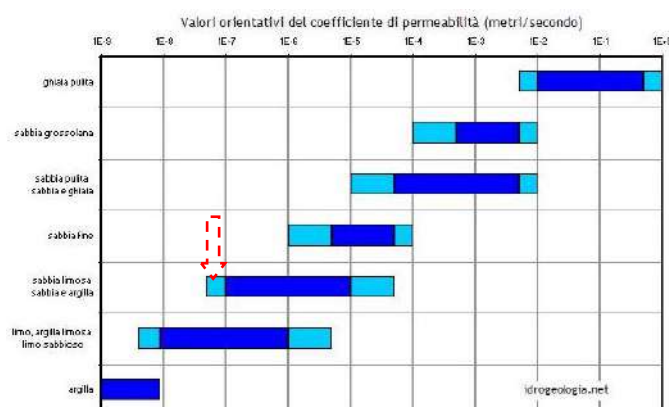
Nel caso in questione la permeabilità nei primi 10 m di profondità è la seguente:

Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
2,00	16,9	0,65	0,2	0,2	Piacentini-Righi 1988	2,46E-07
4,00	29,1	0,79	0,5	0,4	Piacentini-Righi 1988	2,22E-05
7,00	10,133	0,68	0,9	0,5	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
10,00	143,333	2,89	1,4	0,7	Piacentini-Righi 1988	2,56E-04

La permeabilità dei terreni nell'intervallo insaturo 0-1.50 m da p.c, oggetto di gestione delle acque meteoriche ai sensi dell'invarianza è pari a :

$$K = 2.46 \times 10^{-9} \text{ m/sec}$$

come si evince, la permeabilità in questione è da considerarsi **bassa** e stante i volumi di progetto calcolati consente esclusivamente la laminazione prima dello scarico in corpo idrico superficiale. La quotaparte in infiltrazione è da considerarsi trascurabile o nulla ai fini delle verifiche del tempo di svuotamento.



4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

4.1 Stato attuale dei luoghi

L'area in studio è ubicata in via per Visano a ovest del centro storico cittadino di Acquafredda (BS), in area extraurbana a prevalente destinazione agricola adiacente ad un fabbricato industriale oggetto di ampliamento.

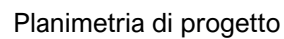
La quota media sul livello del mare di 54 m slm.

Nello stralcio aerofotogrammetrico è mostrata l'area allo stato attuale:



Relazione invarianza idraulica – SUAP 3 EMME SRL - Comune di Acquafrredda (BS)

Di seguito una planimetria di progetto:

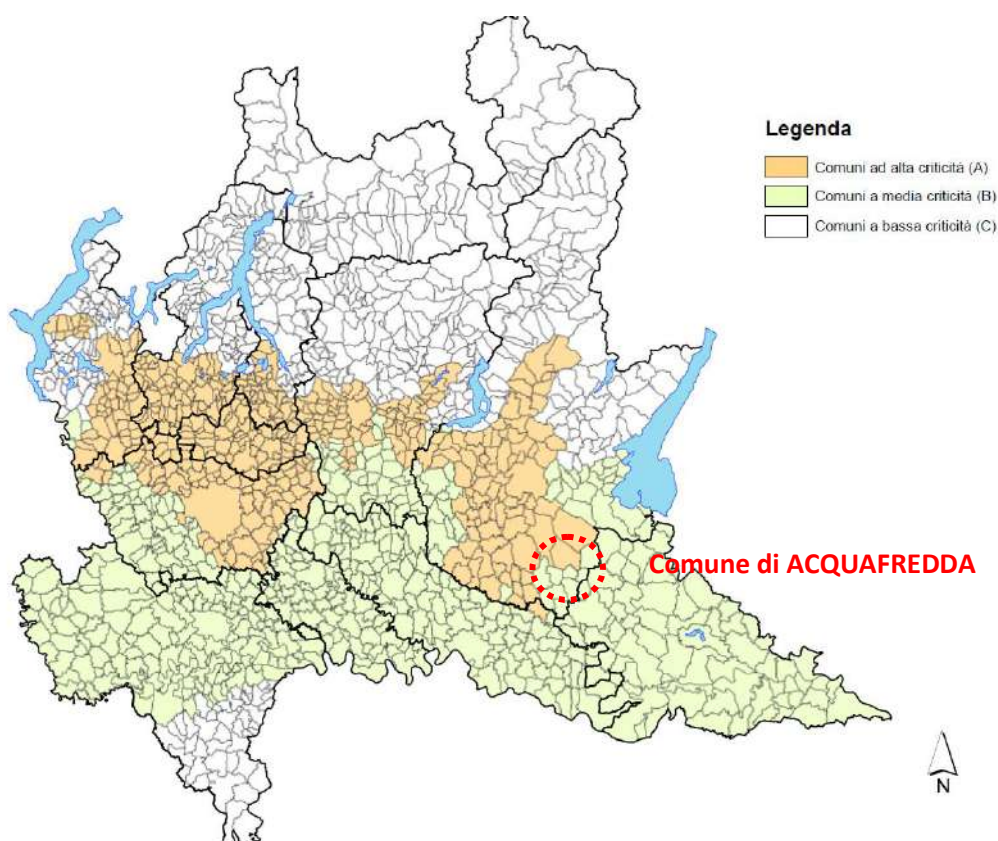


5. INQUADRAMENTO SITO SPECIFICO E NORMATIVO

Le misure di invarianza idraulica ed idrologica si applicano a tutto il territorio regionale e per tutti i tipi di permeabilità del suolo, in funzione della sua natura superficiale e all'estensione degli interventi; coinvolgendo le acque meteoriche di dilavamento (Art.7).

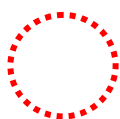
Per tale ragione il territorio regionale è stato suddiviso in aree omogenee in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori. In particolare:

- ❖ Aree A – Alta criticità idraulica;
- ❖ **Aree B – Media criticità idraulica;**
- ❖ Aree C – Bassa criticità idraulica;



Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica secondo il RR n. 7 del 27 Novembre 2017

La medesima suddivisione si applica anche ai fini dell'attuazione del Piano di tutela ed Uso delle acque PTUA di cui all'art. n. 45 della LR 26/2003.



Il comune di interesse è cerchiato in rosso.

5.1 Criticità idraulica e valori massimi allo scarico

Gli scarichi nel ricettore sia esso la fognatura o un corpo idrico superficiale, sono limitati mediante l'adozione di misure atte a contenere le portate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso. I valori massimi scaricabili ammissibili definiti dal Regolamento Regionale n. 3/2025 per ciascun ambito, come sopra riportato sono (art 8 RR 3/2025):

- Aree A: $u_{lim} = 10$ [l/s per ettaro di superficie dell'intervento]
- **Aree B: $u_{lim} = 20$ [l/s per ettaro di superficie dell'intervento]**
- Aree C: $u_{lim} = 20$ [l/s per ettaro di superficie dell'intervento]

I limiti alle portate di scarico sono ottenuti mediante l'adozione di sistemi atti a favorire l'attenuazione della generazione dei deflussi che garantiscano l'infiltrazione, l'evapotraspirazione ed il riuso.

Si ricorda che il gestore del ricettore può imporre limiti più restrittivi, qualora sia limitata la capacità idraulica del ricettore stesso ovvero ai fini della funzionalità del sistema di raccolta e depurazione delle acque reflue.

In particolare, lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine decrescente di priorità:

- 1) Riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto;
- 2) Infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo compatibilmente con le caratteristiche litologiche ed idrogeologiche e con le normative ambientali e sanitarie;
- 3) Scarico in corpo idrico superficiale con i limiti di portata di cui sopra (1);
- 4) In fognatura con i limiti di portata di cui sopra (1);

Sulla base di quanto sopra il comune di **ACQUAFREDDA** e di conseguenza il sito di intervento ricade in area:

AREA B - CRITICITA' IDRAULICA MEDIA

COMUNE Regione Lombardia	CRITICITA' IDRAULICA Classe di intervento	VOLUME MINIMO per ha di sup. scolante	PORTATA MASSIMA Limiti allo scarico
ACQUAFREDDA	B	$W_{ssl} = 500$ mc/ha	$U_{lim} = 20$ l/s*ha

Per la valutazione delle perdite idrologiche e quindi per il calcolo dell'idrogramma netto di piena al colmo del bacino scolante, corrispondente alla nostra area di intervento si utilizzano i seguenti valori standard del coefficiente di deflusso:

TIPOLOGIA AREA	VALORE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO
Tetti, coperture, giardini pensili sovrapposti a solette, pavimentazioni continue, strade, vialetti e parcheggi	$\varphi = 1.00$
Pavimentazioni drenanti o semipermeabili	$\varphi = 0.70$
Aree permeabili di qualsiasi tipo	$\varphi = 0.30$
Aree permeabili ad uso agricolo	$\varphi = 0.10$

Individuazione dell'area

Comune di Acquafredda Provincia Brescia
 Livello di criticità Area B - criticità media

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
Copertura	Area impermeabile	3061,0	1,00
Pavimentazioni asfalto	Area impermeabile	5455,0	1,00
Pavimentazione drenante	Area semi-impermeabile	3394,0	0,70
Verde profondo/ PORZIONE NUOVO FOSSO	Area permeabile	5269,0	0,30

Superficie totale 17179,0 m² 0.7260

5.2 Calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale

PLANIMETRIA DI INTERVENTO (da progetto architettonico)

Di seguito la planimetria dell'area di intervento. Le aree in trasformazione comprendono aree impermeabili quali le coperture e i piazzali in asfalto, aree semipermeabili quali l'area drenante e il verde profondo.

Le aree a verde profondo non sono state computate nel calcolo in quanto superfici non collettate ed escluse dall'applicazione del regolamento. Per tale ragione le aree in trasformazione che contribuiscono alla superficie scolante sono state computate come negli schemi seguenti:

Comune di Acquafredda Provincia Brescia
 Livello di criticità Area B - criticità media
 Classe dell'intervento 3 - Impermeabilizz. potenziale alta

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
Copertura	Area impermeabile	3061,0	1,00
Pavimentazioni asfalto	Area impermeabile	5455,0	1,00
Pavimentazione drenante	Area semi-impermeabile	3394,0	0,70

Superficie totale 11910,0 m² Coefficiente afflusso medio ponderale ϕ_m 0,9145

Superficie scolante totale del lotto pari a 10.891.70 mq (art. 3 comma 2 lettera b) RR 3/2025)



5.3 Classificazione dell'interventi in progetto (ART 9 RR 3/2025)

Al fine dell'individuazione delle modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto dell'invarianza idraulica ed idrologica, gli interventi sono suddivisi in classi differenziate sulla base della superficie interessata dall'intervento di trasformazione e del coefficiente di deflusso medio ponderale. Le modalità di calcolo dipendono quindi dalla classe di intervento e dall'ambito territoriale in cui lo stesso ricade. (tab 1 art 1 del RR n. 8 del 19/04/2019)

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO PONDERALE MEDIO	MODALITA' DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI	
				AREE A-B	AREE C
0	Impermeabilizzazione potenziale QUALSIASI	≤300 mq	qualsiasi	Requisiti minimi Art 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale BASSA	da 300 a 1000 mq	≤0.40	Requisiti minimi art 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale MEDIA	da 300 a 1000 mq	≥0.40	METODO DELLE PIOGGE	Requisiti minimi art 12 c 2
		da 1000 a 10.000 mq	qualsiasi		
		da 1ha a 10ha	≤0.40		
3	Impermeabilizzazione potenziale ALTA	da 1ha a 10ha	≥0.40	PROCEDURA DETTAGLIATA	
		≥10 ha	qualsiasi		

Relativamente agli interventi classificati come a impermeabilizzazione media in aree a bassa e media criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione dimensionati adottando i seguenti valori minimi di volume:

TIPO DI AREA	VOLUME MINIMO DI INVASO
AREA A - CRITICITA' IDRAULICA ALTA	800 mc per ettaro di S scolante moltiplicato per il coeff. P dell'all. C
AREA B - CRITICITA' IDRAULICA MEDIA	500 mc per ettaro di S scolante
AREA C - CRITICITA' IDRAULICA BASSA	400 mc per ettaro di S scolante

Le modalità di calcolo, quindi, dipendono dalla classe di intervento e dall'ambito territoriale in cui lo stesso ricade, nonché in parte dal coeff. di deflusso medio ponderale risultante dal calcolo dello stato di progetto (Art. 9).

Sulla base della tabella sopra i vari lotti ricadono in:

CLASSE DI INTERVENTO 3 – IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE ALTA - AMBITO TERRITORIALE B CON MODALITA' DI CALCOLO DEI VOLUMI CON IL METODO DETTAGLIATO

6. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Precipitazioni di Progetto - Curve di possibilità pluviometrica – Determinazione della pioggia di progetto

L'applicazione del metodo delle sole piogge presuppone il calcolo della precipitazione di progetto, attraverso l'utilizzo delle linee segnalatrici di pioggia, come dato input per il calcolo del volume di laminazione. I parametri caratteristici delle linee segnalatrici di pioggia si possono estrarre per il territorio regionale dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>

I parametri forniti si riferiscono alla linea segnalatrice di pioggia espressa nella forma:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 [mm/oraⁿ]: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata pioggia

n [-]: parametro di scala

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T [anni]

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{\kappa} \cdot \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^\kappa \right\}$$

$\varepsilon, \alpha, \kappa$ [-]: parametri della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values)

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il presente Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8. Poiché tali parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori di un'ora, per le durate inferiori a un'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore $n = 0,5$ in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

I metodi proposti dalla normativa per il calcolo del volume di laminazione fanno riferimento alle linee segnalatrici di pioggia a due parametri a e n la cui espressione è:

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

h [mm]: altezza di pioggia

D [ore]: durata di pioggia

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$$a = a_1 \cdot w_T$$

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T [anni]

a_1 [mm/oraⁿ]: coefficiente pluviometrico orario

In alternativa a tali precipitazioni di progetto, possono essere assunti valori diversi solo nel caso si disponga di dati ufficiali più specifici per la località oggetto dell'intervento, dichiarandone l'origine e la validità.

Nello specifico sul sito di ARPA è possibile accedere ai dati raster dei parametri (a_1 , n) della LSPP con risoluzione al suolo di $2 \times 2 \text{ km}^2$. Si riportano di seguito i risultati riassuntivi del calcolo.

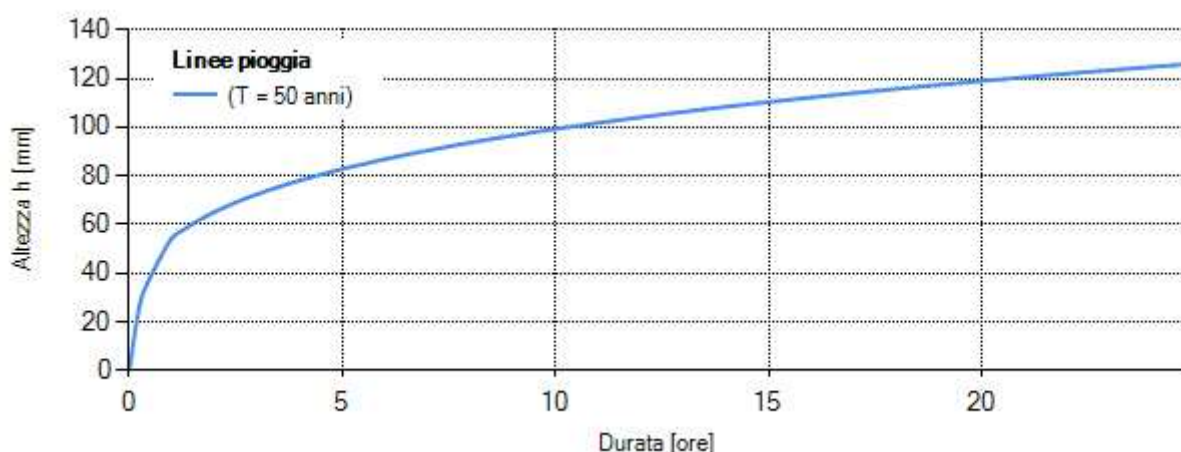
Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

Coefficiente pluviometrico orario	a_1	27,08	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	0,2612	-
GEV - Parametro alfa	α	0,2705	-
GEV - Parametro kappa	k	-0,0568	-
GEV - Parametro epsilon	ϵ	0,8275	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n_1	0,5000	-

Nota: A ciascuno dei Comuni della Lombardia sono assegnati cinque parametri per la definizione della pioggia di progetto presi, come indicato dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml>). Tali valori corrispondono ai parametri 1-24 ore delle Linee segnalatrici (Progetto Strada).

TR 50 ANNI

Linee pioggia - Grafico



Linee pioggia - Risultati tabellari

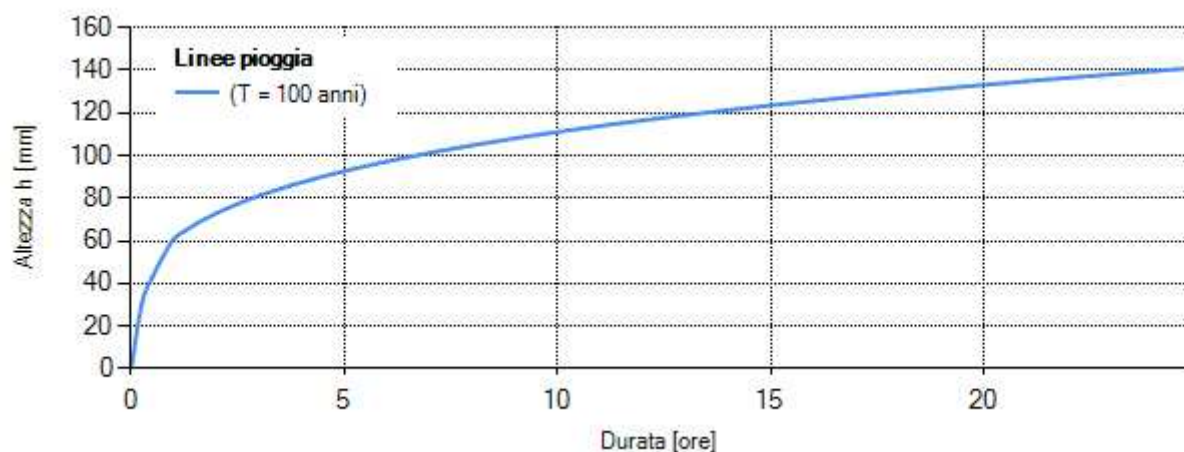
Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
0	0,00
1	54,41
2	65,20
3	72,49
4	78,15
5	82,84
6	86,88
7	90,45
8	93,66
9	96,58
10	99,28

11	101,78
12	104,12
13	106,32
14	108,40
15	110,37
16	112,24
17	114,04
18	115,75
19	117,40
20	118,98
21	120,51
22	121,98
23	123,40
24	124,78

Scelta tempo di ritorno			
Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica			
Tempo di ritorno adottato		50	anni
Coefficiente probabilistico	w_T	2,009	-
Parametro pioggia	a	54,406	mm/hⁿ

TR 100 ANNI

Linee pioggia - Grafico



Linee pioggia - Risultati tabellari

Durata [ore]	(T= 100 anni) h [mm]
0	0,00
1	60,92
2	73,01
3	81,16
4	87,50
5	92,75
6	97,27
7	101,27
8	104,86
9	108,14
10	111,16
11	113,96
12	116,58
13	119,04
14	121,37
15	123,58
16	125,68
17	127,68
18	129,60
19	131,45
20	133,22
21	134,93
22	136,58
23	138,17
24	139,72

Scelta tempo di ritorno

Verifica dei franchi di sicurezza delle opere

Tempo di ritorno adottato		100	anni
Coefficiente probabilistico	w_T	2,250	-
Parametro pioggia	a	60,918	mm/h ⁿ

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

La portata massima scaricata viene calcolata in base alle formule precedenti avendo assunto il battente idrico pari al suo massimo valore all'interno dell'invaso.

Nel caso si adottino più metodi di calcolo contemporaneamente si adotterà il valore maggiore di questi.

Per i metodi semplificati il battente idrico massimo H si calcola con la seguente relazione:

$$H = \frac{W}{A_{inv}}$$

$W [m^3]$: volume invasato

$A_{inv} [m^2]$: area in pianta dell'invaso

Per il metodo analitico il battente idrico viene calcolato come il massimo di tutti i tiranti idrici all'interno dell'invaso durante l'evento di piena.

Superficie totale del lotto pari a 17.179 mq la portata massima scaricabile è pari a (art. 2 comma 1) RR 3/2025)

La portata massima scaricabile è pari a 34.358 l/sec

8. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica vengono adottati i seguenti metodi di calcolo:

- **Procedura dettagliata**

Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

Tra tutti questi metodi adottati si assumerà quale valore del volume minimo di progetto il maggiore tra tutti i valori calcolati.

8.1 Applicazione della procedura dettagliata

Il metodo analitico di dettaglio prevede di calcolare in modo analitico la curva della portata entrante nell'accumulo, minuto per minuto, l'altezza idrica nell'invaso e la contestuale portata uscente o infiltrata, per un evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.

Noto il volume invasato istante per istante, si calcola il relativo valore massimo, che rappresenta il volume minimo che l'accumulo deve possedere al fine di garantire il vincolo di invarianza ed il rispetto della portata scaricata, per detto evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.

La durata dell'evento meteorico ritenuto critico viene riportato nel report dei calcoli.

Per quanto attiene alla portata entrante nel serbatoio essa viene calcolata, mediante il modello cinematico, come somma delle portate generate dalle singole aree.

L'applicazione della procedura dettagliata prevede l'implementazione dei seguenti passaggi:

- calcolo ietogramma di pioggia di progetto lorda mediante lo ietogramma Chicago;
- depurazione delle piogge e calcolo dello ietogramma netto;
- calcolo dell'idrogramma in ingresso all'accumulo come somma degli idrogrammi generati dalla singola area;
- calcolo del bilancio del serbatoio e del battente idrico al suo interno minuto per minuto;
- calcolo del volume invasato e dell'idrogramma in uscita dall'invaso;
- calcolo del volume minimo di laminazione come valore massimo del volume invasato.

Ietogramma di pioggia di progetto

Per la definizione dell'evento di pioggia di progetto si può utilizzare lo ietogramma Chicago, sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago. Tale ietogramma è caratterizzato da un picco d'intensità massima e da una intensità media per ogni durata, anche parziale, uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Analiticamente lo ietogramma Chicago è descritto da due equazioni, rispettivamente riferite al ramo crescente prima del picco e al successivo ramo decrescente dopo il picco.

Il calcolo dell'altezza di precipitazione h [mm], in funzione del tempo t [ore], viene calcolato con le seguenti.

$$h(t) = r \cdot a \left[\left(\frac{t_r}{r} \right)^n - \left(\frac{t_r - t}{r} \right)^n \right] \quad \text{per } t \leq t_r$$

$$h(t) = r \cdot a \cdot \left(\frac{t_r}{r} \right)^n + a \cdot (1 - r) \cdot \left(\frac{t - t_r}{1 - r} \right)^n \quad \text{per } t_r < t \leq t_p$$

Per durate superiori alla durata della precipitazione t_p esso rimane costante.

h [mm]: altezza di precipitazione

a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

r [-]: coefficiente di posizione del picco di precipitazione rispetto alla durata della pioggia

t [ore]: generico istante di calcolo

t_p [ore]: durata della precipitazione

t_r [ore]: tempo del picco di precipitazione pari a $t_p \cdot r$

I parametri a ed n adottati sono quelli che fanno riferimento alla durata della precipitazione di progetto.

Il range di applicazione del coefficiente di posizione risulta $0 \leq r \leq 1$. La sua posizione all'interno della durata complessiva θ dell'evento può essere scelta sulla base di indagini statistiche relative alla zona in esame, oppure in mancanza di informazioni si può porre $r=0,4$ valore medio che risulta dagli studi in materia riportati in letteratura.

Sulla base di tali formule l'intensità di precipitazione i [mm/h], al generico istante t [ore], viene calcolato con la seguente.

$$i(t) = \frac{h(t) - h(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

i [mm/ora]: intensità di precipitazione

Δt [ore]: passo di calcolo dell'intensità di precipitazione posto pari a 1 min.

Ietogramma di pioggia netto

Lo ietogramma di pioggia netto viene calcolato mediante il metodo percentuale, esso risulta essere, pertanto, dato dalla seguente formula:

$$i_n(t) = \varphi \cdot i(t)$$

i_n [mm/ora]: intensità di pioggia netta

i [mm/ora]: intensità di pioggia lorda

φ [-]: coefficiente di afflusso

Idrogramma in ingresso all'invaso

L'idrogramma in ingresso all'invaso viene calcolato come somma degli idrogrammi delle singole aree.

Nello specifico si adotta il modello cinematico, ipotizzando una curva area tempi lineare.

Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017 suggerisce di utilizzare come modello afflussi-deflussi per il calcolo dell'idrogramma in ingresso all'invaso il metodo della corrivazione.

Le equazioni generali di riferimento sono, in forma discretizzata, le seguenti.

$$\begin{cases} q_k = \sum_{j=1}^k p_j \cdot IUH_{k-j+1} \cdot \Delta t \\ p_j = \frac{2,78}{1000} \cdot i_{n,j} \cdot A \\ IUH_{k-j+1} = \frac{1}{A} \cdot \frac{A_{k-j+1}}{\Delta t} \end{cases}$$

q_k [m³/s]: portata all'istante di tempo $t = k \cdot \Delta t$

p_j [m³/s]: volume di pioggia netta all'istante di tempo $t = j \cdot \Delta t$

$i_{n,j}$ [mm/ora]: intensità di pioggia netta all'istante di tempo $t = j \cdot \Delta t$

Δt [ore]: intervallo di tempo considerato, pari ad 1 minuto

IUH_{k-j+1} [-]: idrogramma istantaneo unitario all'istante di tempo $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$

A_{k-j+1} [ha]: porzione di bacino alla sezione di chiusura all'istante di tempo $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$

A [ha]: area totale dell'intervento

In mancanza d'indicazioni specifiche, si consideri la curva aree-tempi lineare, caso particolare per cui l'idrogramma istantaneo unitario (IUH) risulta costante nel tempo e pari:

$$IUH_{k-j+1} = \frac{1}{t_c}$$

t_c [ore]: tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione t_c , nelle reti di drenaggio urbano può essere calcolato come:

$$t_c = t_e + \frac{t_r}{1,5}$$

t_e [ore]: tempo di entrata in rete

t_r [ore]: tempo di rete del percorso idraulicamente più lungo a monte della sezione di calcolo

1,5: coefficiente di taratura

Il tempo di rete t_r si può calcolare come, il valore massimo di percorrenza di tutti i percorsi possibili:

$$t_r = \max_j \left\{ \sum_l \frac{L_{i,j}}{V_{r,i,j}} \right\}$$

j [-]: j-esimo percorso possibile lungo la rete fino alla sezione di calcolo considerata

i [-]: i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

L_{ij} [m]: lunghezza dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

V_{rij} [m/s]: velocità a pieno riempimento dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

La velocità a pieno riempimento V_r si può calcolare utilizzando l'equazione di Chezy-Strickler:

$$V_r = k_s \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

R [m]: raggio idraulico, che per condotte circolari risulta pari a: $R = D/4$

D [m]: diametro interno della condotta

i [-]: pendenza della condotta

k_s [$m^{1/3}/s$]: coefficiente di scabrezza della condotta di Strikler

Per piccole superfici, quali tetti e cortili interni, il tempo di corrivazione è generalmente molto piccolo e può essere assunto pari al tempo di ingresso in rete, per cui in assenza di dati specifici relativi al caso in esame, possono essere presi a riferimento i valori in tabella seguente.

Valori proposti in letteratura per la stima del tempo di entrata in rete

Tipi di bacini	t_e [min]
Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e con frequenti caditoie stradali	5 ÷ 7
Centri commerciali con pendenze modeste e caditoie meno frequenti	7 ÷ 10
Aree residenziali di tipo intensivo con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	10 ÷ 15

Il tempo di base dell'idrogramma di piena t_b si calcola come $t_b = \theta + t_c$, dove θ è la durata della precipitazione.

Portata in uscita dall'invaso

Trattandosi di un sistema di scarico a portata costante si adotta la seguente legge di efflusso.

$$Q_u = cost$$

Calcolo del volume invasato con il metodo di dettaglio

Il calcolo del volume invasato dal sistema di laminazione e della portata scaricata viene descritto dall'equazioni di continuità seguente.

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

$Q_e [m^3/s]$: portata in ingresso all'invaso

$Q_u [m^3/s]$: portata in uscita dall'invaso, scaricata o infiltrata

$W [m^3]$: volume invasato

$t [s]$: tempo

Dove il volume invasato W , in ipotesi di forma prismatica, è dato dalla seguente relazione.

$$W = W[H(t)] = A_{inv} \cdot H(t)$$

$H [m]$: battente idrico all'interno dell'invaso

$A_{inv} [m^2]$: area di base dell'invaso

Q_u è la legge di efflusso dell'invaso che dipende dal battente idrico H , come descritto nel paragrafo precedente.

$$Q_u = Q_u(H(t))$$

Q_e è la portata in ingresso all'invaso relativa al tempo di ritorno di progetto ed alla durata critica di progetto.

Risolvendo numericamente l'equazione di continuità è possibile definire istante per istante l'altezza del battente idrico, il volume invasato e la portata scaricata o infiltrata.

Il volume minimo che deve avere l'invaso W_0 è dato dal massimo valore di tutti i volumi d'acqua invasati in tutti gli intervalli di tempo i -esimi.

$$W_0 = \max_i(W_i)$$

IETOGRAMMA DI PIOGGIA

Definizione ietogramma di pioggia - Copertura		
Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

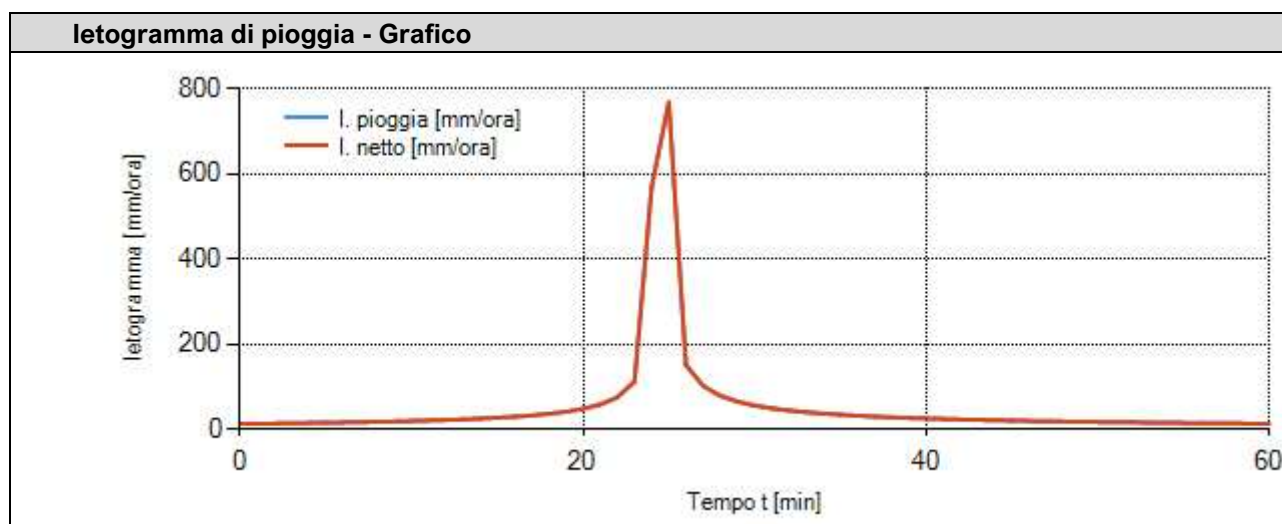
*Nota: Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017, suggerisce l'utilizzo della seguente tabella:
In cui le classi d'uso del suolo sono quelle proposte dal Natural Resources Conservation Service:*

Classe A *Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.*

Classe B *Potenzialità di afflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.*

Classe C *Potenzialità di afflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.*

Classe D *Potenzialità di afflusso molto alta: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.*



Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari		
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	14,00	14,00
5	16,57	16,57
8	18,75	18,75
9	19,63	19,63
10	20,63	20,63
11	21,74	21,74
12	23,02	23,02
13	24,48	24,48
14	26,19	26,19
15	28,20	28,20
16	30,62	30,62

17	33,59	33,59
18	37,35	37,35
19	42,28	42,28
20	49,08	49,08
21	59,19	59,19
22	76,23	76,23
23	112,99	112,99
24	569,31	569,31
25	768,14	768,14
26	152,46	152,46
27	102,85	102,85
28	79,87	79,87
29	66,22	66,22
30	57,04	57,04
31	50,39	50,39
32	45,32	45,32
33	41,31	41,31
34	38,05	38,05
35	35,33	35,33
36	33,03	33,03
37	31,06	31,06
38	29,34	29,34
39	27,83	27,83
40	26,49	26,49
41	25,29	25,29
42	24,22	24,22
43	23,24	23,24
44	22,36	22,36
45	21,55	21,55
46	20,80	20,80
47	20,11	20,11
48	19,48	19,48
49	18,89	18,89
50	18,34	18,34
51	17,82	17,82
52	17,34	17,34
53	16,89	16,89
54	16,46	16,46
55	16,06	16,06
56	15,69	15,69
60	14,36	14,36

Definizione ietogramma di pioggia - Pavimentazioni asfalto

Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

Nota: Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017, suggerisce l'utilizzo della seguente tabella:

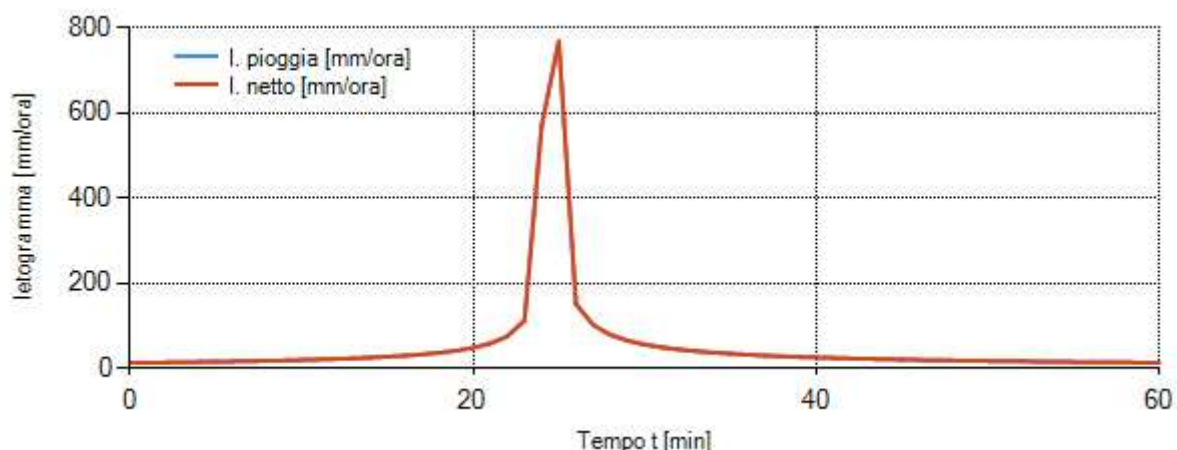
In cui le classi d'uso del suolo sono quelle proposte dal Natural Resources Conservation Service:

Classe A Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

Classe B Potenzialità di afflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.

Classe C Potenzialità di afflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.

Classe D Potenzialità di afflusso molto alta: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Ietogramma di pioggia - Grafico**Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari**

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	14,00	14,00
5	16,57	16,57
8	18,75	18,75
9	19,63	19,63
10	20,63	20,63
11	21,74	21,74
12	23,02	23,02
13	24,48	24,48
14	26,19	26,19
15	28,20	28,20
16	30,62	30,62

17	33,59	33,59
18	37,35	37,35
19	42,28	42,28
20	49,08	49,08
21	59,19	59,19
22	76,23	76,23
23	112,99	112,99
24	569,31	569,31
25	768,14	768,14
26	152,46	152,46
27	102,85	102,85
28	79,87	79,87
29	66,22	66,22
30	57,04	57,04
31	50,39	50,39
32	45,32	45,32
33	41,31	41,31
34	38,05	38,05
35	35,33	35,33
36	33,03	33,03
37	31,06	31,06
38	29,34	29,34
39	27,83	27,83
40	26,49	26,49
41	25,29	25,29
42	24,22	24,22
43	23,24	23,24
44	22,36	22,36
45	21,55	21,55
46	20,80	20,80
47	20,11	20,11
48	19,48	19,48
49	18,89	18,89
50	18,34	18,34
51	17,82	17,82
52	17,34	17,34
53	16,89	16,89
54	16,46	16,46
55	16,06	16,06
56	15,69	15,69
60	14,36	14,36

Definizione ietogramma di pioggia - Pavimentazione drenante

Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

Nota: Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017, suggerisce l'utilizzo della seguente tabella:

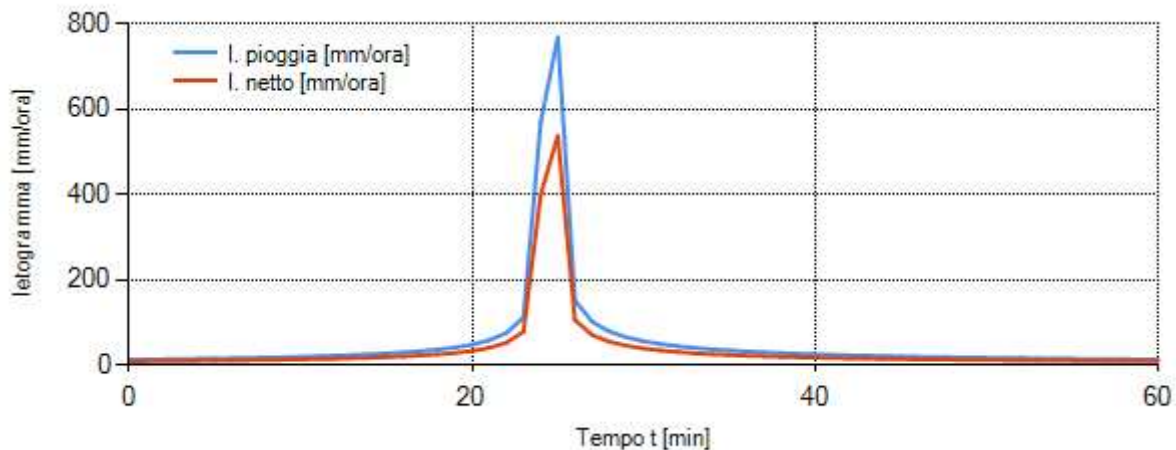
In cui le classi d'uso del suolo sono quelle proposte dal Natural Resources Conservation Service:

Classe A Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

Classe B Potenzialità di afflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.

Classe C Potenzialità di afflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.

Classe D Potenzialità di afflusso molto alta: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

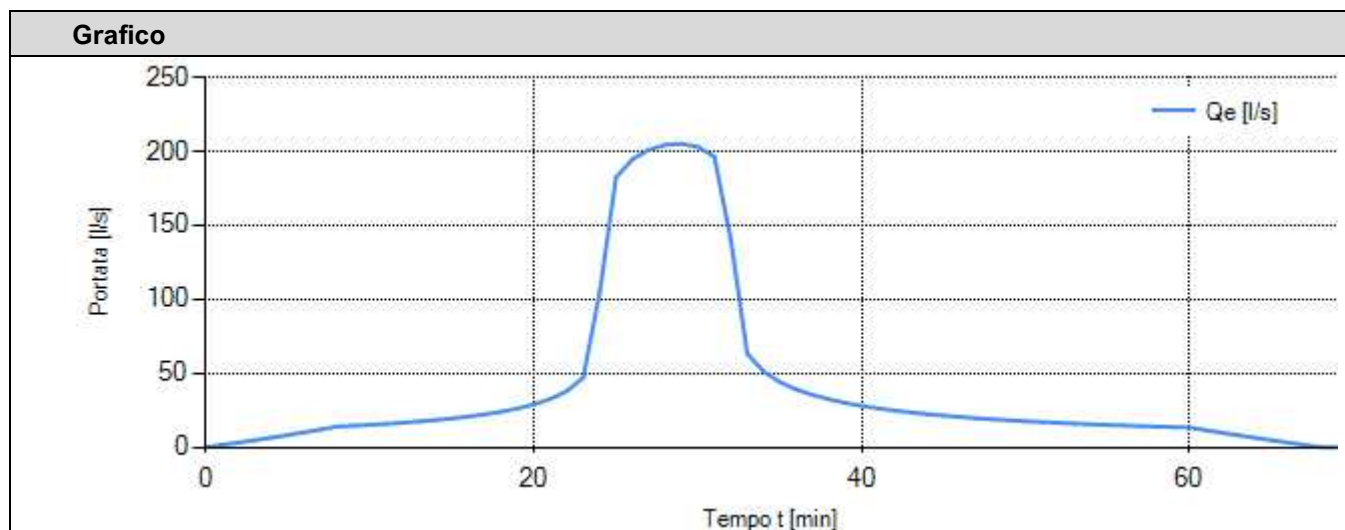
Ietogramma di pioggia - Grafico**Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari**

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	14,00	9,80
5	16,57	11,60
8	18,75	13,12
9	19,63	13,74
10	20,63	14,44
11	21,74	15,22
12	23,02	16,11
13	24,48	17,14
14	26,19	18,33
15	28,20	19,74
16	30,62	21,43
17	33,59	23,51

18	37,35	26,14
19	42,28	29,59
20	49,08	34,35
21	59,19	41,44
22	76,23	53,36
23	112,99	79,10
24	569,31	398,51
25	768,14	537,70
26	152,46	106,72
27	102,85	71,99
28	79,87	55,91
29	66,22	46,35
30	57,04	39,93
31	50,39	35,28
32	45,32	31,73
33	41,31	28,92
34	38,05	26,63
35	35,33	24,73
36	33,03	23,12
37	31,06	21,74
38	29,34	20,54
39	27,83	19,48
40	26,49	18,54
41	25,29	17,71
42	24,22	16,95
43	23,24	16,27
44	22,36	15,65
45	21,55	15,08
46	20,80	14,56
47	20,11	14,08
48	19,48	13,63
49	18,89	13,22
50	18,34	12,84
51	17,82	12,48
52	17,34	12,14
53	16,89	11,82
54	16,46	11,52
55	16,06	11,24
56	15,69	10,98
60	14,36	10,05

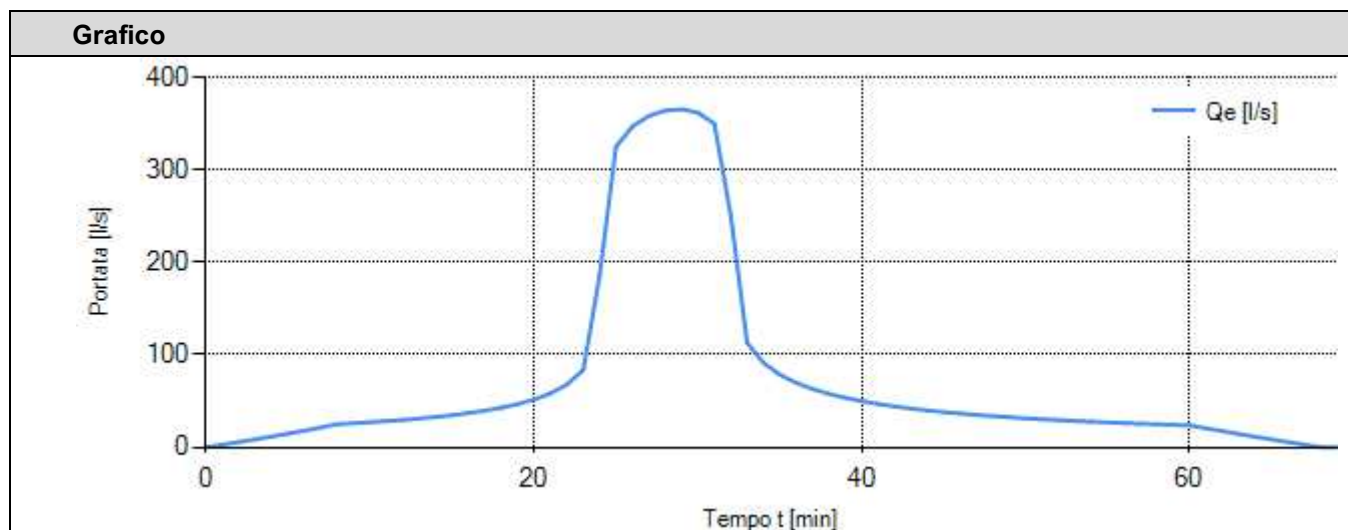
IDROGRAMMA DI PIENA

Area Copertura			
Tipo area	Area impermeabile		
Superficie		3061,0	m ²
Coefficiente di afflusso	φ	1,00	-
Tempo corrivazione	t_c	8	min



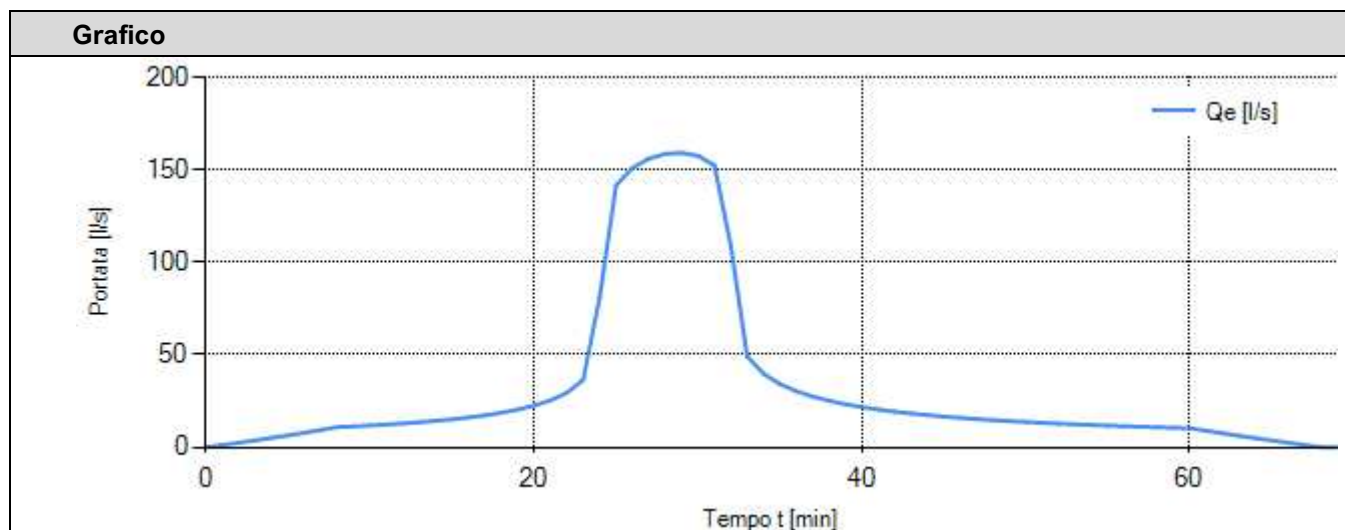
Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	5	8	9	10	11	12	13	14	15
Portata Q _e [l/s]	0,00	8,2 2	13, 96	14, 51	15, 12	15, 79	16, 54	17, 38	18, 34	19, 43
Tempo [min]	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Portata Q _e [l/s]	20,6 9	22, 17	23, 95	26, 14	28, 91	32, 60	37, 93	46, 94	104, 24	182, 38
Tempo [min]	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Portata Q _e [l/s]	194, 62	201, 07	204, 34	205, 09	203, 05	196, 39	140, 65	63, 34	51, 17	43, 99
Tempo [min]	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Portata Q _e [l/s]	39,0 0	35, 26	32, 32	29, 92	27, 92	26, 21	24, 74	23, 45	22, 32	21, 31
Tempo [min]	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
Portata Q _e [l/s]	20,4 0	19, 58	18, 83	18, 15	17, 53	16, 95	16, 42	15, 92	15, 46	15, 03
Tempo [min]	56	60	65							
Portata Q _e [l/s]	14,6 2	13, 24	4,6 8							

Area Pavimentazioni asfalto			
Tipo area	Area impermeabile		
Superficie		5455,0	m ²
Coefficiente di afflusso	φ	1,00	-
Tempo corrivazione	t_c	8	min



Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	5	8	9	10	11	12	13	14	15
Portata Q_e [l/s]	0,00	14,65	24,88	25,86	26,95	28,14	29,48	30,98	32,68	34,62
Tempo [min]	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Portata Q_e [l/s]	36,87	39,52	42,69	46,58	51,52	58,10	67,59	83,66	185,77	325,02
Tempo [min]	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Portata Q_e [l/s]	346,84	358,32	364,15	365,49	361,85	349,98	250,65	112,88	91,19	78,39
Tempo [min]	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Portata Q_e [l/s]	69,51	62,85	57,59	53,32	49,75	46,71	44,09	41,80	39,78	37,97
Tempo [min]	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
Portata Q_e [l/s]	36,35	34,89	33,56	32,35	31,23	30,21	29,25	28,37	27,55	26,78
Tempo [min]	56	60	65							
Portata Q_e [l/s]	26,06	23,59	8,34							

Area Pavimentazione drenante			
Tipo area	Area semi-impermeabile		
Superficie		3394,0	m ²
Coefficiente di afflusso	φ	0,70	-
Tempo corrivazione	t_c	8	min



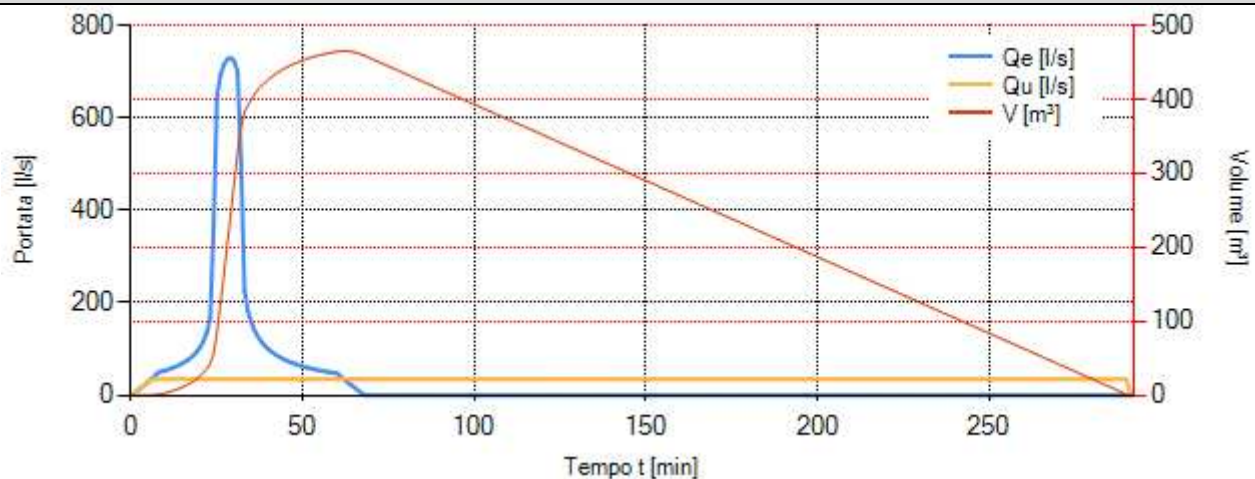
Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	5	8	9	10	11	12	13	14	15
Portata Q _e [l/s]	0,00	6,3 8	10, 83	11, 26	11, 73	12, 26	12, 84	13, 49	14, 23	15, 08
Tempo [min]	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Portata Q _e [l/s]	16,0 6	17, 21	18, 59	20, 28	22, 44	25, 30	29, 43	36, 43	80, 91	141 ,55
Tempo [min]	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Portata Q _e [l/s]	151, 06	156 ,06	158 ,60	159 ,18	157 ,59	152 ,43	109 ,17	49, 16	39, 72	34, 14
Tempo [min]	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Portata Q _e [l/s]	30,2 7	27, 37	25, 08	23, 22	21, 67	20, 34	19, 20	18, 20	17, 32	16, 54
Tempo [min]	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
Portata Q _e [l/s]	15,8 3	15, 20	14, 62	14, 09	13, 60	13, 16	12, 74	12, 36	12, 00	11, 66
Tempo [min]	56	60	65							
Portata Q _e [l/s]	11,3 5	10, 27	3,6 3							

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_w	1,00	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	0,40	m
Volume invaso minimo	W	465,36	m^3
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.			

CALCOLO DINAMICA INVASO

Dinamica invaso (portata entrante, uscente/infiltrata, volume invaso) - Grafico



Risultati tabellari

Tempo [min]	Portata entrante Q_e [l/s]	Portata scaricata Q_u [l/s]	Vol. utile invaso W [m^3]	Battente idrico H [m]
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	29,26	29,26	0,00	0,00
8	49,67	34,36	1,04	0,00
9	51,63	34,36	2,01	0,00
10	53,80	34,36	3,12	0,00
11	56,19	34,36	4,35	0,00
12	58,86	34,36	5,74	0,00
13	61,86	34,36	7,30	0,01
14	65,25	34,36	9,06	0,01
15	69,13	34,36	11,02	0,01
16	73,62	34,36	13,25	0,01
17	78,90	34,36	15,76	0,01
18	85,23	34,36	18,62	0,01
19	93,00	34,36	21,91	0,02
20	102,87	34,36	25,72	0,02
21	116,00	34,36	30,23	0,02
22	134,94	34,36	35,69	0,03
23	167,04	34,36	42,69	0,03
24	370,93	34,36	56,77	0,04
25	648,95	34,36	85,30	0,06
26	692,51	34,36	123,49	0,09
27	715,44	34,36	163,66	0,12
28	727,09	34,36	204,88	0,15

29	729,75	34,36	246,52	0,18
30	722,49	34,36	288,03	0,21
31	698,80	34,36	328,60	0,24
32	500,47	34,36	362,52	0,27
33	225,38	34,36	382,23	0,28
34	182,07	34,36	392,40	0,29
35	156,52	34,36	400,49	0,30
36	138,79	34,36	407,29	0,30
37	125,48	34,36	413,16	0,30
38	115,00	34,36	418,31	0,31
39	106,46	34,36	422,89	0,31
40	99,33	34,36	427,00	0,31
41	93,27	34,36	430,72	0,32
42	88,03	34,36	434,10	0,32
43	83,46	34,36	437,18	0,32
44	79,42	34,36	440,00	0,32
45	75,82	34,36	442,60	0,33
46	72,59	34,36	444,99	0,33
47	69,66	34,36	447,20	0,33
48	67,01	34,36	449,24	0,33
49	64,59	34,36	451,12	0,33
50	62,36	34,36	452,87	0,33
51	60,31	34,36	454,49	0,34
52	58,41	34,36	455,99	0,34
53	56,65	34,36	457,38	0,34
54	55,01	34,36	458,67	0,34
55	53,47	34,36	459,86	0,34
56	52,04	34,36	460,96	0,34
60	47,10	34,36	464,59	0,34
65	16,66	34,36	463,76	0,34
70	0,00	34,36	454,94	0,34
75	0,00	34,36	444,63	0,33
80	0,00	34,36	434,32	0,32
85	0,00	34,36	424,01	0,31
90	0,00	34,36	413,70	0,31
95	0,00	34,36	403,40	0,30
100	0,00	34,36	393,09	0,29
105	0,00	34,36	382,78	0,28
110	0,00	34,36	372,47	0,27
115	0,00	34,36	362,16	0,27
120	0,00	34,36	351,86	0,26
125	0,00	34,36	341,55	0,25
130	0,00	34,36	331,24	0,24
135	0,00	34,36	320,93	0,24
140	0,00	34,36	310,62	0,23
150	0,00	34,36	290,01	0,21
180	0,00	34,36	228,16	0,17
210	0,00	34,36	166,31	0,12
240	0,00	34,36	104,46	0,08
270	0,00	34,36	42,62	0,03
292	0,00	0,00	0,00	0,00

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA TR 50

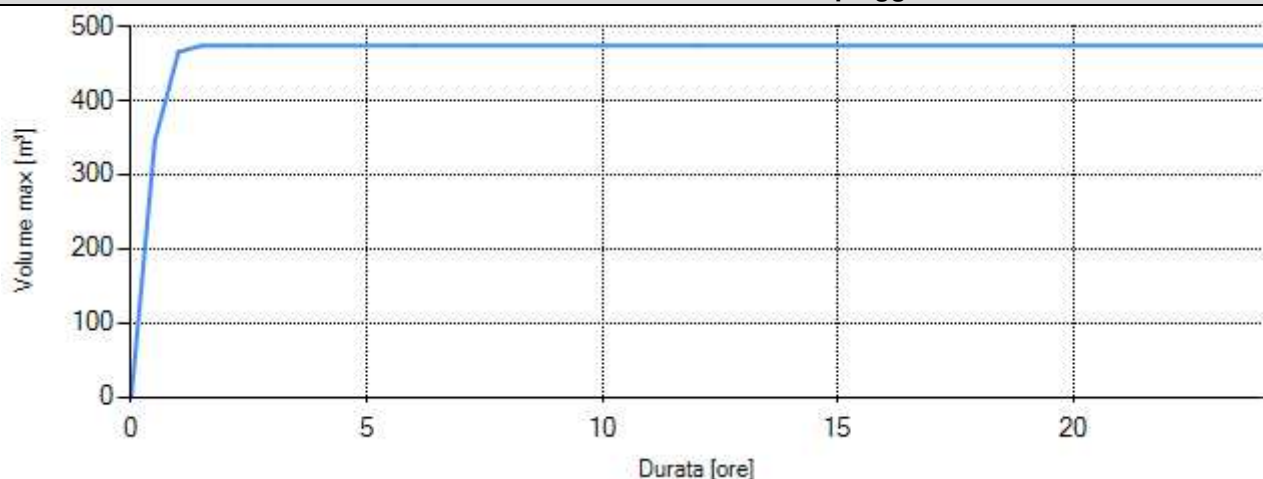
Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	1356,00	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	0,45	\geq	0,40	m	Positiva
Volume utile invaso	W	499.0	\geq	465.36	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T _{sv}	4,4	\leq	48,0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	34,36			l/s	

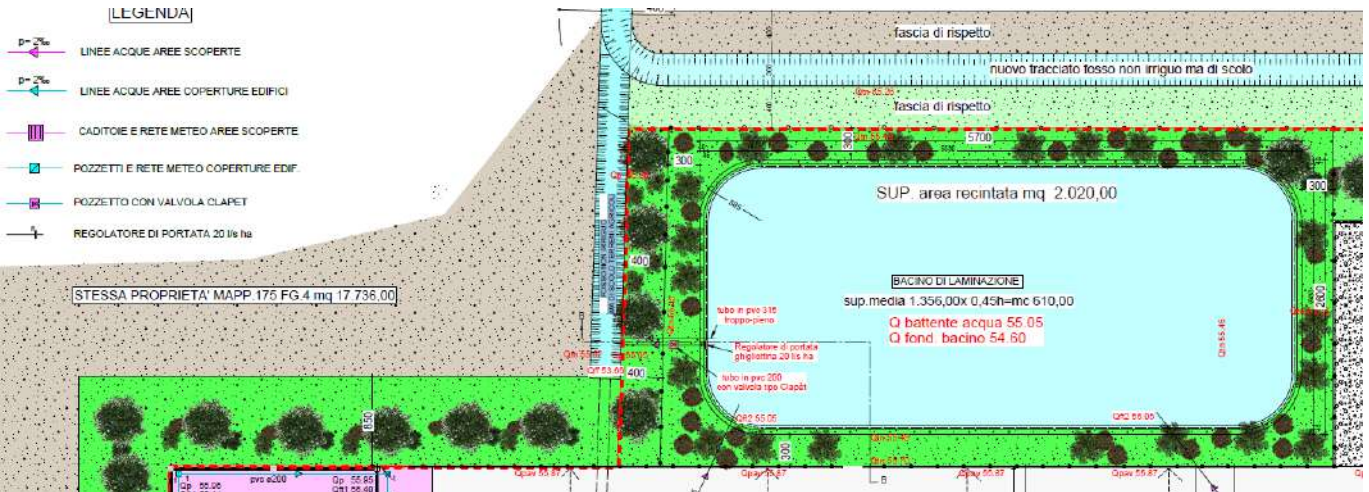
Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento		Portata costante	
Portata massima scaricabile	Q _{u,max}	34,36	l/s

VARIAZIONE VOLUME MASSIMO INVASATO

Variazione volume massimo invasato in funzione della durata della pioggia - Grafico



Risultati tabellari	
Durata pioggia [ore]	Volume [m³]
0,0	0,00
0,5	345,78
1,0	465,36
1,5	474,22
2,0	474,22
2,5	474,22
3,0	474,22
6,0	474,21
12,0	474,22
24,0	474,22



9 VERIFICA FRANCHI DI SICUREZZA TR 100

Il tempo di ritorno 100 anni è da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

Il calcolo con la verifica delle opere di invarianza a TR 100 ai sensi del RR di Invarianza ha come risultato, per il Metodo dettagliato i seguenti volumi:

Metodo dettagliato			
Durata critica	D_w	1.00	ore
Volume invaso minimo	W_0	535.04	m ³

Stante la capacità della vasca di laminazione pari a 610 mc le opere di invarianza idraulica ed idrologica sono verificate anche per TR 100 anni .

9. MODALITA' DI INTERVENTO PER IL RISPETTO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

Secondo il regolamento regionale, la gestione delle acque pluviali deve essere effettuata, mediante sistemi che garantiscono l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso. La realizzazione di uno scarico è da realizzare qualora la capacità di infiltrazione dei suoli risulti essere inferiore rispetto all'intensità delle piogge critiche.

Lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine di priorità (Art. 5):

A. mediante il riuso dei volumi stoccati (innaffiamento di giardini, lavaggio di pavimentazioni e auto, ecc.);
soluzione non considerata;

B. mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo (compatibilmente alla litologia ed alle caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche; soluzione poco efficace in virtù delle caratteristiche idrogeologiche dell'area con litologie a bassa permeabilità e falda sub affiorante (-1.50 m da p.c.);

C. mediante lo scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale, con i limiti di portata riportati per legge, soluzione adottata in quanto l'area confinante con zone agricole dispone di corpi idrici superficiali nell'intorno dell'area;

D. mediante lo scarico in fognatura bianca, con i limiti di portata riportati per legge; soluzione non considerata e non percorribile per la mancanza di condotte fognarie nell'area posta in zona extraurbana;

Successivamente si danno alcune indicazioni tecniche per il dimensionamento delle opere di ingegneria idraulica, necessarie allo smaltimento del volume critico di pioggia calcolato ai sensi del RR 8/2019.

Successivamente si danno alcune indicazioni tecniche per il dimensionamento delle opere di ingegneria idraulica, necessarie allo smaltimento del volume critico di pioggia calcolato ai sensi del RR 3/2025 dimensionati assumendo i tempi di ritorno T50 e T100 per quanto riguarda il dimensionamento e le verifiche delle opere di invarianza in merito alla protezione idraulica dei manufatti e dei beni insediati.

9.1 Portate massime scaricabili

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili la normativa prevede il seguente valore:

$$Q_{umax} = u_{lim} \cdot \varphi_m \cdot A$$

Q_{umax} [l/s]: portata massima in uscita dall'invaso

A [ha]: area totale dell'intervento

φ_m [-]: coefficiente di afflusso medio ponderale

u_{lim} [l/(s · ha)]: portata massima scaricabile specifica per unità d'area impermeabile

I valori massimi scaricabili ammissibili definiti dal Regolamento Regionale n. 7/2017 e 3/2025 per ciascun ambito sono:

- Aree A: $u_{lim} = 10$ [l/s per ettaro di superficie di intervento]
- **Aree B: $u_{lim} = 20$ [l/s per ettaro di superficie di intervento]**
- Aree C: $u_{lim} = 20$ [l/s per ettaro di superficie di intervento].

Nel caso specifico qualora si volesse gestire il volume critico di laminazione mediante scarico in fognatura bianca comunale e/o corpo idrico superficiale la massima portata ammessa allo scarico è la seguente:

$$Q_{umax} = 34.36 \text{ l/s. (1,7179 ha x 20 l/sec)}$$

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento		Portata costante in CIS	
Portata massima scaricabile	Q _{u,max}	34.36	l/s

9.2 Tempo di svuotamento

Per la gestione dei volumi critici di laminazione verranno predisposti volumi interni alle aree con recapito nella vasca di laminazione del PI appositamente predisposta e di adeguata capacità. Il tempo di svuotamento sarà in relazione alla massima portata scaricabile.

Il tempo di svuotamento T_{sv} [s] viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf} + Q_u}$$

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durante il periodo di svuotamento. Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non

strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa. Il tempo di svuotamento T_{sv} viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_u}$$

W [m³]: volume invasato massimo pari al volume critico di laminazione con $Tr_{100} = 535.04$ mc

Q_u [m³/s]: portata scaricata (34.36 l/sec pari a 0.03436 mc/sec)

$T = 535.04/0.03436 = 15571.59$ sec (4.32 ore)

Tempo di svuotamento per TR50	T_{sv}	3.76	\leq	48.0	ore	Positiva
Tempo di svuotamento per TR100	T_{sv}	4.32	\leq	48.0	ore	Positiva

La gestione del volume critico meteorico restituito nel corpo idrico superficiale con la massima portata ammissibile di 34.36 l/sec consente di svuotare l'invaso in un tempo massimo di 4.32 ore << di 48 ore limite massimo definito dal regolamento regionale.

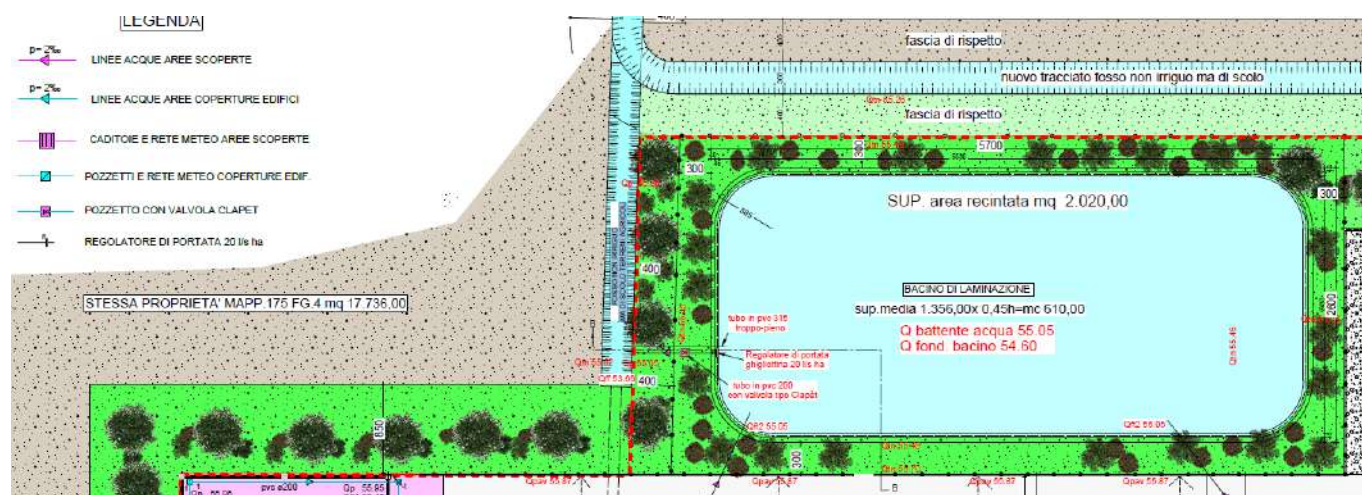
9.3 Volume di laminazione calcolato

L'area interessata da SUAP e quindi dalla modifica di uso del suolo con coperture, piazzali e verde profondo ha una superficie complessiva di 17.179 mq.

Per l'area sono stati calcolati i volumi critici di laminazione relativi alle superfici di trasformazione previste, escludendo il verde profondo non collettato non rientrante nell'applicazione del regolamento.

L'area di intervento ricade in zona B media criticità idraulica con superfici complessive in trasformazione pari a 11.910 mq e coefficiente udometrico medio pari a 0.91.

Il volume di laminazione disponibile è pari a 610 mc.



9.4 Bacino di laminazione e restituzione portate laminate in CIS – Criteri di progettazione e dimensionamento

Sulla base della natura litologica dei depositi superficiali presenti in sito (Argille e limi a bassa permeabilità) che non consentono l'infiltrazione del volume critico di laminazione, la gestione del volume critico meteorico verrà garantita mediante la realizzazione di un bacino con laminazione nel tempo delle portate che verranno gradualmente restituite in corpo idrico superficiale adiacente all'area di nuova edificazione, senza gravare sulla rete di smaltimento durante l'evento meteorologico.

L'assenza di particolari forme di inquinamento (emissioni) nei pressi dell'area, inserita in zona a prevalente destinazione agricola, giustifica l'assenza di contaminazioni delle acque meteoriche oggetto di invaso e scarico in CIS. In particolare, la rete di raccolta delle acque meteoriche esposta dettagliatamente nelle planimetrie di progetto sarà realizzata con tubazioni in CIs giuntate a bicchiere che raccoglieranno le caditoie e che confluiranno nella vasca di laminazione in progetto ubicata nella porzione ovest dell'area. La vasca di laminazione in progetto, stante il trascurabile contributo dell'infiltrazione infiltrazione, è stata dimensionata per accogliere le acque meteoriche derivanti dall'intervento in accordo al Regolamento regionale vigente.

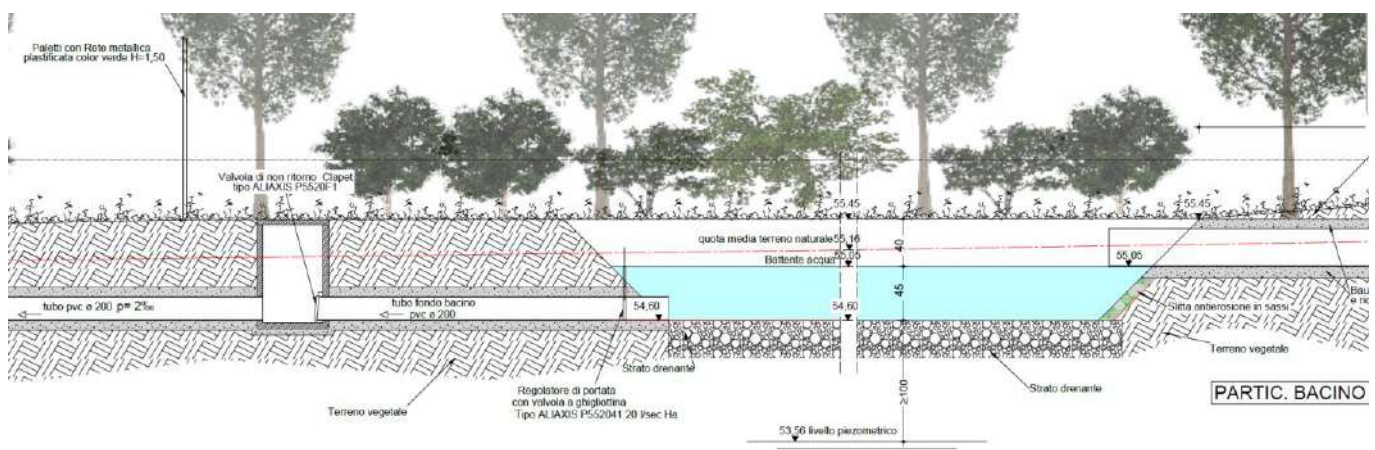
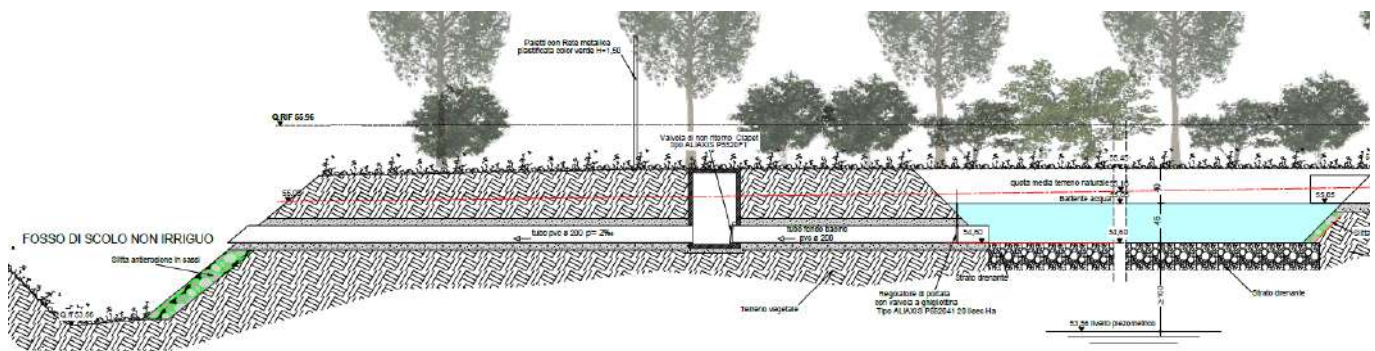
Verrà realizzato un bacino di laminazione di superficie libera 1356 mq di superficie media avente profondità di 0.45 m, considerando il rialzo di quota di p.c. e la profondità della falda nell'area in questione che si pone alla minima soggiacenza di 1.50 m da p.c. attuale pari a 53.56 m slm.. Il fondo sarà in terra (filtrante) a quota di 54.60 m slm (>

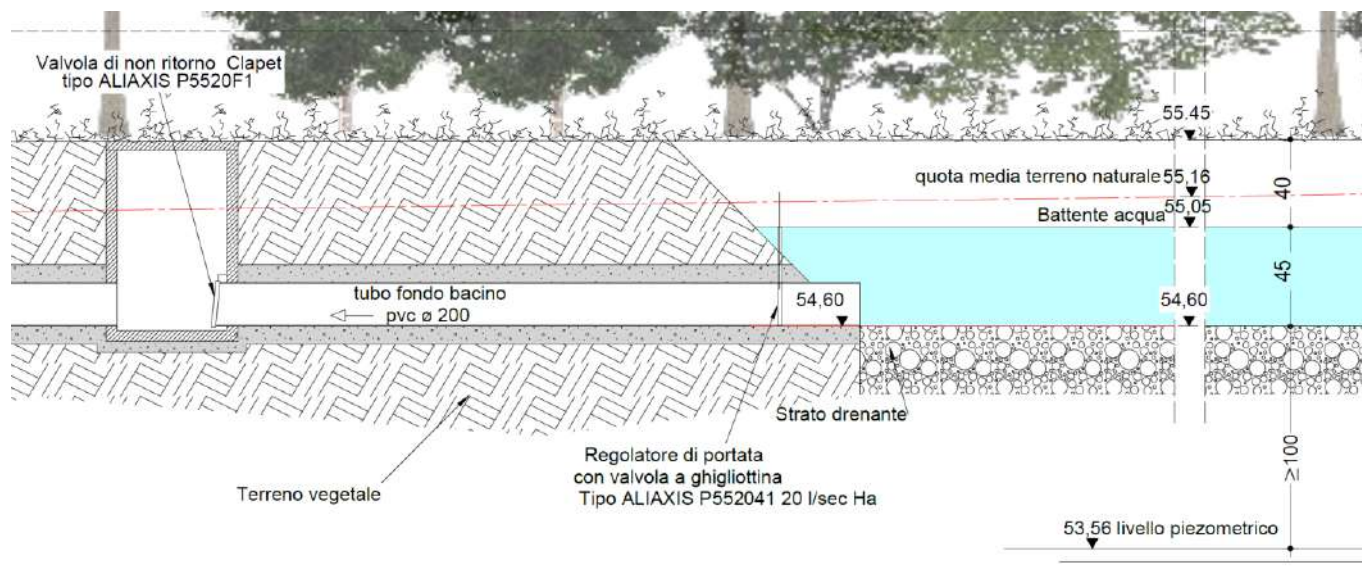
1.00 m da massima escursione della falda) mentre le sponde con inclinazione a 45° saranno rivestite in scogliera (antierosione) per mantenere la stabilità anche durante il rapido svasso.

La capienza del bacino sarà di 610 mc quindi superiore a quella calcolata con il metodo dettagliato pari a 465 mc per TR 50 e 535.04 per TR 100..

Il bacino con funzione di laminazione scaricherà successivamente in un fosso di scolo non irriguo che si collega al reticolo idrico minore. Lo scarico avverrà mediante alleggerimento di fondo (tubazione in PVC diam. 200 mm con valvola a ghigliottina di regolazione della portata tarata con la massima portata di scarico ammissibile dal regolamento di 34.36 l/sec e avrà inoltre un troppo pieno alla massima quota di invaso pari a 55.05 m slm.

Di seguito lo stralcio delle sezioni di progetto:





9.5 Piano di manutenzione vasca invarianza (Art.16)

Il Piano di manutenzione ordinaria e straordinaria costituisce lo strumento operativo fondamentale per consentire al titolare di programmare l'esercizio e la gestione delle strutture di laminazione e la loro durabilità ed efficacia nel tempo.

Il PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA E DELLE SUE PARTI Art. 38 D.P.R. 207/2010 è di seguito descritto.

Il dimensionamento delle strutture di laminazione deve discendere da un progetto idraulico dettagliato e specifico basato sui dati effettivi del sito di interesse e deve comprendere anche un piano di gestione e manutenzione, nonché l'indicazione degli interventi atti al mantenimento delle caratteristiche di progetto dell'opera.

Il Piano di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'intero sistema di opere di invarianza idraulica ed idrologica e di recapito nei ricettori, secondo le disposizioni dell'articolo 13, è redatto con un dettaglio conforme alla complessità dell'opera alla quale si riferisce.

Le acque meteoriche dilavano le superfici su cui cadono e si arricchiscono di corpi solidi che nel tempo vanno ad accumularsi all'interno della vasca di laminazione (sassi, sabbie, ramoscelli, foglie,...) e, col tempo, possono ridurre il volume utile di accumulo e anche ostruire in parte o completamente la condotta di scarico.

Per questo motivo è necessario provvedere periodicamente all'ispezione e se necessario, alla pulizia delle condotte attraverso la rimozione degli accumuli.

Le operazioni di ispezione saranno più frequenti nei primi mesi di servizio dell'impianto, con lo scopo di individuare approssimativamente quale sarà la frequenza con la quale compiere gli eventuali spurghi. Durante le operazioni di controllo è necessario verificare sempre che le tubazioni di ingresso, troppo pieno e uscita non siano ostruite dalla presenza di fanghi e sedimenti in genere.

9.5.1 Gestione e manutenzione della vasca di laminazione

Per quanto riguarda i sedimenti si prevedono adeguati interventi di rimozione dei materiali dei manufatti, con modalità differenti in funzione del rischio di inquinamento degli stessi e delle loro caratteristiche. Nonostante la bassa esposizione a fattori inquinanti delle acque meteoriche drenate da questa rete, si prevede il trattamento dei depositi secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Diversi studi hanno dimostrato che i sistemi più efficaci e meno costosi per la rimozione dei rifiuti sono quelli che sfruttano il flusso dell'acqua ad alta velocità: esistono, a riguardo, differenti tecnologie basate tutte sulla creazione di un'onda di lavaggio che dilava i sedimenti dal fondo della vasca al termine di ogni episodio di riempimento-svuotamento della vasca, la principale differenza è nella modalità con cui l'acqua necessaria per la pulizia viene accumulata e poi scaricata bruscamente all'interno della vasca stessa.

Si prevedono interventi di manutenzione e pulizia annuali per monitorare lo stato di intasamento dello scarico verso la rete fognaria ed il livello raggiunto dai depositi all'interno della vasca.

9.5.2 Gestione e manutenzione della rete di drenaggio

Per quanto riguarda il pericolo di occlusione dei tubi di collegamento tra vasca e rete, si prevede:

- ❖ un periodico controllo dei tubi di collegamento, oltre che delle altre strutture, con frequenza tanto maggiore quanto minore è il suo diametro;
- ❖ gli scarichi a gravità devono essere equipaggiati con dispositivi atti ad impedire che gli eventuali stati di piena o sovraccarico del ricettore possano determinare rigurgiti nella rete di drenaggio e nelle strutture di infiltrazione e laminazione preposte all'invarianza idraulica e idrologica.

Si prevedono interventi di manutenzione e pulizia annuali per monitorare lo stato di intasamento dello scarico verso la rete fognaria ed il livello raggiunto dai depositi all'interno della vasca.

9.6 Schema sistemi di collettamento e gestione delle acque meteoriche

10. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per la gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti si fa riferimento alla normativa vigente, DPR 13 Giugno 2017 n. 120, che segue quanto già previsto dall'art.8 del DL 133/2014.

Secondo la definizione di rifiuto di cui all'art. 183 comma 1, lettera a) del D.lgs. 152/2006 (testo unico ambiente) e s.m.i., le terre e rocce provenienti dalle operazioni di scavo devono considerarsi tali laddove il soggetto che ha in carico l'opera "si disfa", ha "intenzione di disfarsi" o "è obbligato a disfarsi" delle stesse. In particolare, alla luce dell'elenco dei rifiuti di cui alla Decisione UE 955/2014 come richiamata nell'allegato D della parte IV del D.lgs. 152/2006, queste appartengono alla famiglia 17 che comprende i rifiuti derivanti dalle operazioni di costruzione e demolizione, contraddistinti con i seguenti codici CER:

- 17 05 03* terre e rocce contenenti sostanze pericolose
- 17 05 03 terre e rocce diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03*

Pertanto, indipendentemente dal fatto che le T&R siano o meno "pericolose" queste rientrano per definizione nel campo di applicazione della disciplina dei rifiuti. Esse vanno di conseguenza gestite secondo quanto previsto dalla parte IV del Dlgs 152/2006 con riferimento alle modalità operative del Deposito temporaneo ed avviate a recupero R o a smaltimento D in accordo con la normativa vigente.

Esistono però determinate condizioni alle quali le T&R possono essere gestite in deroga alla normativa in materia di rifiuti, fermo restando il principio di rispetto e tutela della salute umana e dell'ambiente naturale.

Le condizioni di esclusione dalla normativa rifiuti possono essere le seguenti due:

- Per riutilizzo "in situ" del materiale non contaminato (Art. 185 del D.lgs. 152/2006)
- Per gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto (art. 184 -bis del D.lgs. 152/2006)

Nel primo caso, ai sensi del comma 1 dell'art.185 del D.lgs. 152/2006, non sono da considerare rifiuti:

- Il suolo non contaminato ed altro materiale allo stato naturale escavato nel corso dell'attività di costruzione, ove sia certo che il materiale sarà riutilizzato ai fini di costruzione allo stato naturale nello stesso sito in cui è stato scavato;

L'assenza di contaminazione deve essere verificata con riferimento alle concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui al titolo V parte IV del D.lgs. 152/2006.

Nel secondo caso, per la gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti, si fa riferimento all'art.184-bis del D.lgs. 152/2006, che richiede il soddisfacimento di quattro condizioni (art. 4 DPR):

- I materiali sono generati durante la realizzazione di un'opera il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- È certa il loro utilizzo per reinterri, riempimenti, recuperi ambientali o in processi produttivi in sostituzione dei materiali da cava;
- I materiali di scavo sono idonei a essere utilizzati direttamente senza ulteriori trattamenti diversi dalla normale pratica industriale;

- I materiali di scavo soddisfano i requisiti di qualità ambientale riguardanti la protezione della salute umana e dell'ambiente;

La sussistenza dei requisiti sopra descritti viene attestata attraverso la predisposizione e la trasmissione agli enti di controllo preposti (Arpa e Comune) della documentazione PDU (Piano di utilizzo per cantieri di grandi dimensioni) o Dichiarazione di utilizzo (per cantieri di piccole dimensioni) e in ogni caso della dichiarazione di avvenuto utilizzo al termine della attività di gestione.

Per quanto riguarda le specifiche definizione dei siti e dei soggetti coinvolti si rimanda al testo completo del DPR. Relativamente al cantiere in oggetto, trattandosi di materiali originati dall'attività di scavo di terreni naturali per la formazione delle fondazioni e dei vani interrati, si può agevolmente ricomprendere l'opera entro i cantieri di piccole dimensioni (con produzione di volumi di terre <6000 mc);

Su detti materiali che soddisfano i succitati requisiti di origine, riutilizzo preliminarmente alla gestione degli stessi (sia internamente che esternamente al sito) dovranno essere verificati i requisiti di qualità ambientale con riferimento alle modalità di campionamento ed alle analisi chimico fisiche verificando il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica del sito di produzione e destinazione.

Il rispetto dei requisiti ambientali verrà eseguito mediante pozzetti, trincee o sondaggi in numero adeguato in relazione alla superficie dell'area, con prelievo di campioni di terreno alle profondità significative conformemente alle profondità di progetto degli scavi. Il set analitico dei parametri da ricercare è in relazione all'ubicazione del sito ed alla sua storia pregressa (soprattutto se industriale) con un minimo di sostanze come definito nell'allegato 4 al DPR.

Al termine della gestione delle terre e rocce da scavo e comunque entro la data di gestione comunicata o entro un anno se prorogata dovrà essere inviata la Dichiarazione di avvenuto utilizzo DAU debitamente compilata e firmata dal produttore e/o proponente l'opera a conclusione del procedimento.

Le terre oggetto di scavo saranno gestite sulla base della normativa vigente in funzione del loro riutilizzo c/o il sito di produzione o in altro sito e tale attività sarà oggetto della stesura in fase progettuale definitiva di adeguata documentazione, che individuerà il produttore (impresa affidataria degli scavi), la quantità dei volumi destinati a riutilizzo, i siti di destino e la classificazione del materiale dal punto di vista merceologico e chimico/fisico, nonché espleterà le prescritte pratiche autorizzative c/o gli enti preposti al rilascio delle autorizzazioni (Comune).

11. CONCLUSIONI

Ai sensi del RR 7/2017 come modificato dal RR 8/2019 e dal RR 3/2025, è stata redatta la presente relazione tecnica per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica relativo alla realizzazione di un ampliamento di un comparto industriale mediante pratica di sportello unico in variante al PGT denominato SUpa 3 Emme srl in comune di Acquafredda (BS) via per Visano. Le opere oggetto di intervento constano di superfici in trasformazione, interessate da coperture, piazzali di manovra e di sosta, superfici drenanti e verde profondo.

Le verifiche dei volumi di laminazione sono state eseguite stralciando il verde profondo non collettato che non rientrano nell'applicazione del regolamento.

Il comune di Acquafredda ricade nelle Aree B – MEDIA criticità idraulica.

I limiti allo scarico ammessi dal RR 3/2025 sono pari a **20 l/s*ha per ettaro di superficie totale dell'intervento.**

Sulla base della consistenza delle opere per ciascun lotto l'intervento è classificabile come: **INTERVENTO A IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE MEDIA.** Per l'individuazione dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrogeologica è stato utilizzato il metodo dettagliato.

L'applicazione del metodo ha calcolato i seguenti volumi di laminazione:

- metodo dettagliato per l'area in esame corrispondente a **465 m³** (TR 50). La verifica dei franchi di sicurezza delle opere di invarianza con TR 100 anni ha aumentato il volume critico di laminazione a **535 m³**.

Considerando la situazione litostratigrafica locale con la presenza di terreni alluvionali di litologia ghiaioso sabbiosa a medio elevata permeabilità ($K = 2.40 \times 10^{-9}$ m/sec) e la soggiacenza della falda ($> 1.00/1.50$ m da p.c.), l'assenza di particolari forme di inquinamento (emissioni) nei pressi dell'area, inserita in zona a prevalente destinazione residenziale che giustifica l'assenza di contaminazioni delle acque meteoriche oggetto di dispersione nei primi strati del sottosuolo, si è optato per la realizzazione di **un bacino di laminazione con fondo naturale di superficie media 1356 mq e profondità 0.45 m di capacità 610 mc** al fine di laminare il 100% dei volumi di laminazione calcolato con TR 50 e TR 100 anni. Le verifiche sono consultabili nella sezione dedicata.

Il dimensionamento dei sistemi di infiltrazione ha verificato che la realizzazione delle opere è sufficiente a gestire completamente il volume di invaso che si genera durante l'evento critico garantendo lo svuotamento degli invasi, **NON Collettati** alla rete fognaria in un tempo massimo inferiore alle 48 ore previste dal regolamento.

Si può quindi ritenere definitivo e corretto il dimensionamento del volume delle opere di mitigazione.

Per quanto riguarda gli accorgimenti costruttivi dei manufatti, si rimanda agli allegati grafici di progetto a firma dell'Arch. M. Bonfiglio.

A disposizione per ulteriori approfondimenti e chiarimenti si coglie l'occasione per porgere cordiali saluti

Il tecnico incaricato

Dott. Geol. Giuliano Donaera



TITOLO	COROGRAFIA GENERALE	DATA 15/02/2024	SCALA 1: 10.000
COMMITTENTE	3 EMME SRL	N. PRJ.019.24	
LAVORO	PROCEDURA SPORTELLO UNICO PER ATTIVITA' PRODUTTIVE IN VARIANTE AL PGT	TAV. 01	
CANTIERE	Via Per Visano, Acquafredda (BS)		



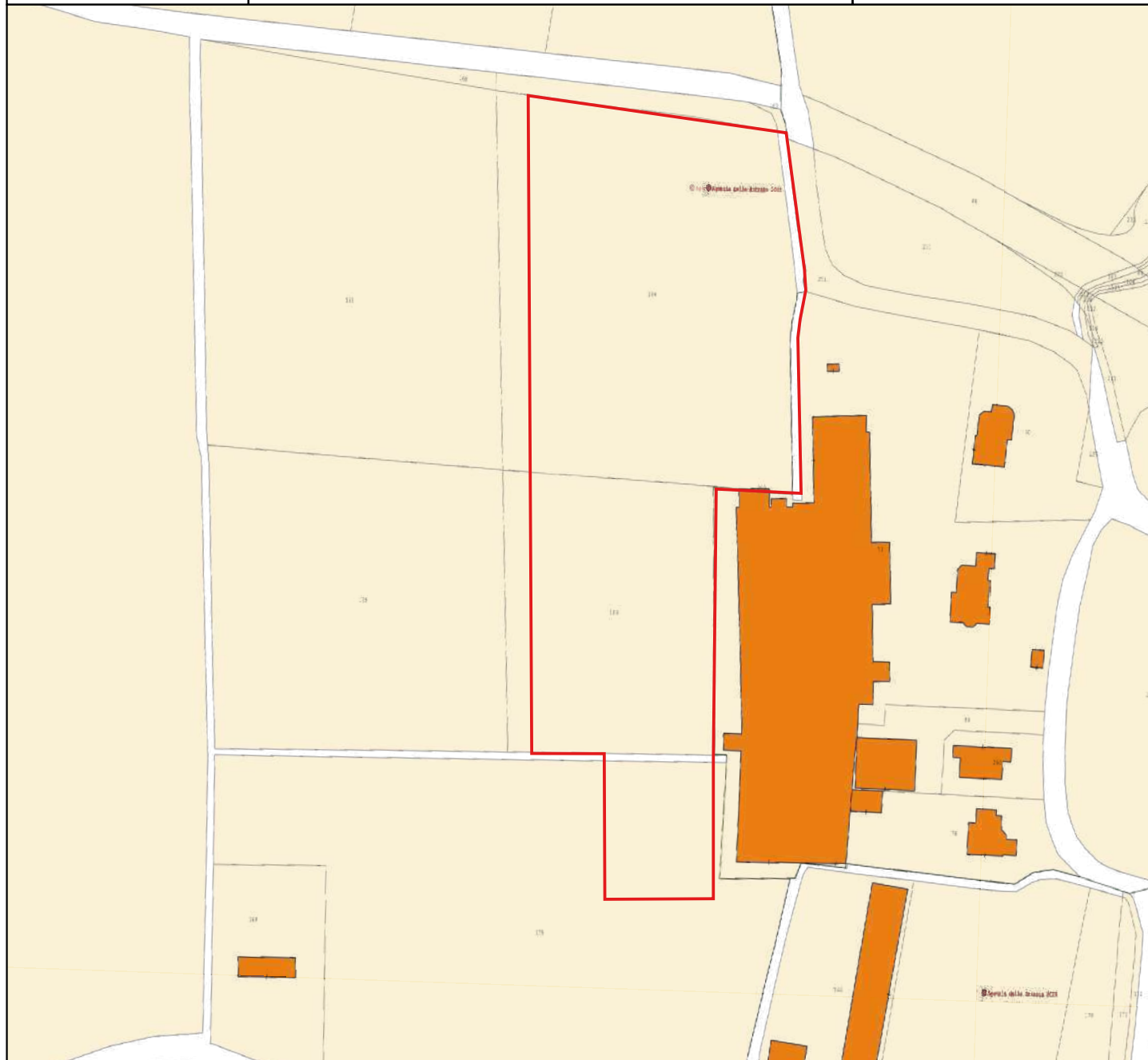
Base Cartografica CTR della Regione Lombardia alla sezione D7D1 EPSG: 32632

LEGENDA SIMBOLI :



AREA DI INTERVENTO

TITOLO ELABORATO	ESTRATTO CATASTALE	DATA 15/02/2024	SCALA 1:2.000
COMMITTENTE	3 EMME S.R.L.	PRJ.019.24	
LAVORO	PROCEDURA SPORTELLO UNICO PER ATTIVITA' PRODUTTIVE IN VARIANTE AL PGT	TAV. 02	
CANTIERE	Via Per Visano, Acquafredda (BS)		



Base Cartografica Catastale Foglio Particelle 175/p - 180/p - 184/p del CC di Acquafredda (BS)

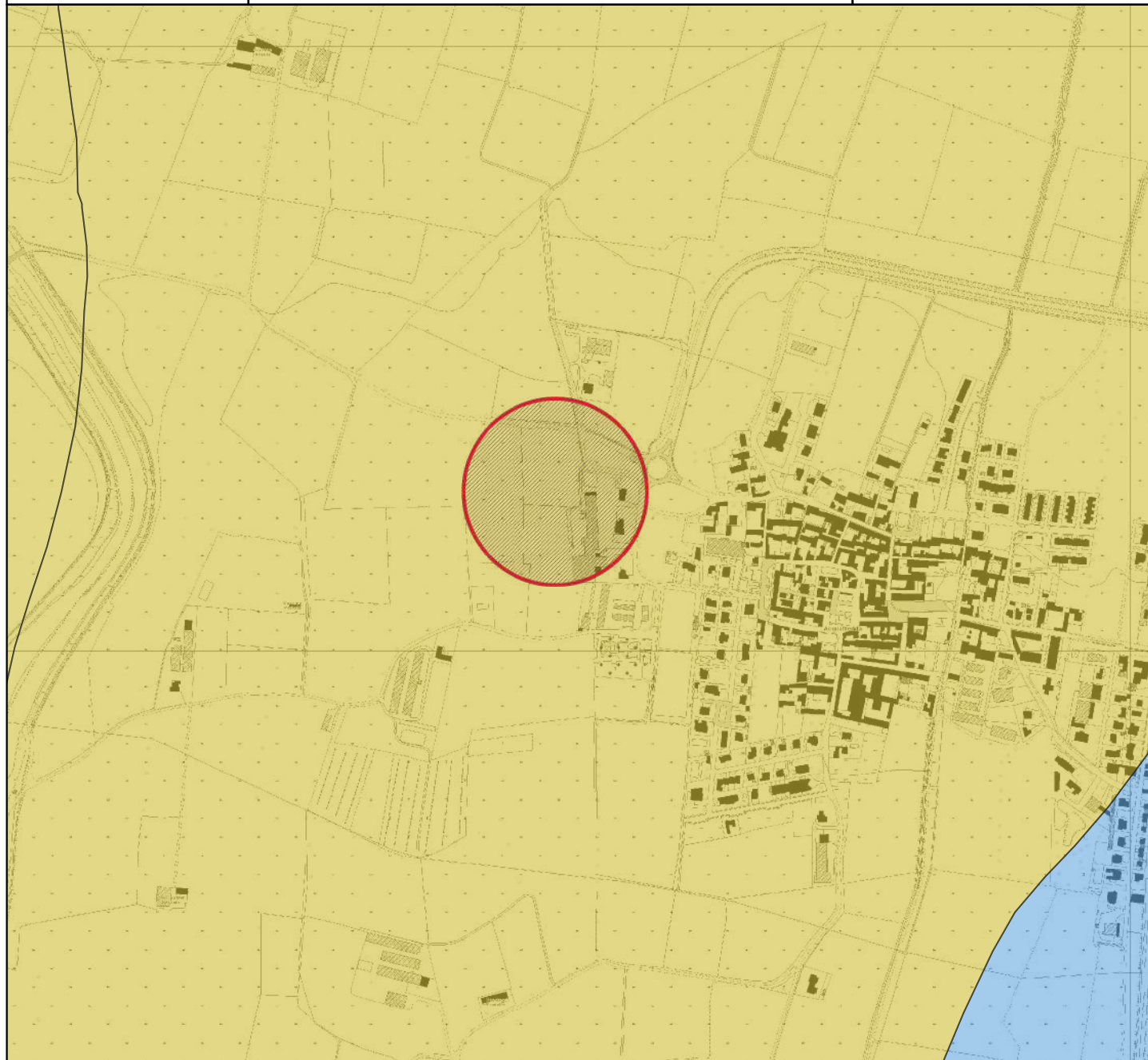
EPSG:32632

LEGENDA SIMBOLI :



AREA DI INTERVENTO

TITOLO	CARTA LITOLOGICA	DATA 15/02/2024	SCALA 1:10.000
COMMITTENTE	3 EMME SRL	N. PRJ.019.24	
LAVORO	PROCEDURA SPORTELLO UNICO PER ATTIVITA' PRODUTTIVE IN VARIANTE AL PGT	TAV. 03	
CANTIERE	Via Per Visano, Acquafredda (BS)		



Estratto Carta Litologica da Geoportale della Regione Lombardia

EPSG:32632

LEGENDA SIMBOLI :



AREA DI INTERVENTO



1c - Olocene - Depositi terrazzati (alluvium antico) - ghiaia, sabbie e limi

