



VIALE BIANCA MARIA 41,
20122, Milano, MI



Intervento edificatorio produttivo ATP4
Via P. Nenni – Borgo S. Giovanni (LO)

RELAZIONE TECNICA INVARIANZA IDRAULICA (AI SENSI DEL RR 7/17 E SUCC MM II)

MARZO 2024



Studio Tecnico Ambientale
Dott. M. Marchese



Maurizio Marchese



INDICE

1. Premessa	3
2. Inquadramento normativo	4
3. Inquadramento Generale	5
4. Inquadramento da Pgt	6
4.1. Litologia	7
4.2. Idrogeologia	8
4.3. Idrografia	9
4.4. Vincoli	10
4.5. Carta Pai-Pgra	10
4.6. Sintesi	11
5. Invarianza	12
5.1. Individuazione della classe d'intervento	12
5.1.1. Superficie interessata dall'intervento	13
5.1.2. Coefficiente di deflusso medio ponderale	15
5.2. Calcolo delle misure di invarianza	15
5.2.1. Individuazione modalità di calcolo	15
5.2.2. Curve di possibilità pluviometrica	16
5.2.3. Calcolo dei volumi di laminazione – Procedura dettagliata	20
Richiami teorici	20
Calcoli	21
5.2.4. Requisito minimo	26
5.2.5. Volume dell'invaso di Progetto e Tempo di svuotamento	26
6. Conclusioni	27



1. Premessa

Su incarico di Crosslog Srl, si è proceduto alla stesura del presente elaborato ai sensi del Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 e succ mm ii, "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale n.12 del 11 marzo 2005", atto a definire i volumi d'acqua meteorologica da stoccare temporaneamente presso l'area interessata dal progetto edificatorio produttivo ATP4 sito in via P. Nenni, Borgo S. Giovanni (LO)

Il progetto in esame prevede la realizzazione di un edificio produttivo da adibire a logistica con aree di manovra, da realizzare su un'area fino ad oggi libera da insediamenti e utilizzata a verde/agricolo.

Secondo l'art.3 del Regolamento Regionale, le misure di invarianza idraulica ed idrologica si applicano alla superficie del lotto comportante una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione. Infatti, secondo le indicazioni fornite dal R.R., sono soggetti ai requisiti di invarianza idraulica ed idrologica gli interventi:

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, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento della superficie coperta dell'edificio demolito; ai fini del presente regolamento, non si considerano come aumento di superficie coperta gli aumenti di superficie derivanti da interventi di efficientamento energetico che rientrano nei requisiti dimensionali previsti al primo periodo dell'articolo 14, comma 6, del decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102 (Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE);

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 a **opere di pavimentazione e di finitura** di spazi esterni, anche per le aree di sosta, ...

e) **pertinenziali** che comportino la realizzazione di un volume inferiore al 20 per cento del volume dell'edificio principale....

Poiché la riduzione della permeabilità del suolo va calcolata facendo riferimento alla permeabilità naturale originaria del sito, ovvero alla condizione preesistente all'urbanizzazione, e non alla condizione urbanistica precedente l'intervento eventualmente già alterata rispetto alla condizione naturale originaria, preesistente all'urbanizzazione, il presente regolamento si applica sia in caso di intervento su suolo libero, sia in caso di intervento su suolo già trasformato.



Ai sensi del regolamento, la progettazione esecutiva degli interventi deve comprendere il progetto di invarianza idraulica ed idrologica redatto e firmato da un tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione delle stime idrologiche e nei calcoli idraulici. Il progetto dovrà essere allegato alla domanda di permesso di costruire, o alla segnalazione certificata di inizio attività (SCIA) o alla comunicazione di inizio lavori asseverata (CILA).

Il progetto di invarianza idraulica ed idrologica (esclusi gli interventi per i quali si applicano i requisiti minimi di cui all'art.12, comma 2 del regolamento) deve essere corredato dai calcoli, da valutazioni e da elaborati grafici. Nello specifico, secondo l'art. 11 del regolamento, devono essere prodotti i seguenti elaborati:

- 1) Relazione tecnica:** comprendente la soluzione progettuale di invarianza, delle opere di raccolta/convogliamenti/invaso/infiltrazione e scarico costituenti il sistema di raccolta delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico nel ricettore (o mediante dispersione nel terreno). Devono essere riportati i calcoli delle precipitazioni di progetto, del processo di laminazione negli invasi e dei tempi di svuotamento degli invasi. Infine, devono essere forniti i calcoli di dimensionamento di tutte le componenti del sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico;
- 2) Elaborati grafici:** planimetrie, profili in scala adeguata, sezioni e particolari costruttivi;
- 3) Piano di manutenzione** ordinaria e straordinaria dell'intero sistema delle opere idrauliche di invarianza;
- 4) Asseverazione del professionista** in merito alla conformità del progetto ai contenuti del R.R. 7/2017.

Il presente elaborato rappresenta quanto richiesto al punto 1 e contiene:

- La definizione dei coefficienti a , n secondo i dati forniti da Idro Arpa Lombardia;
- Il calcolo del volume di stoccaggio mediante l'applicazione del principio di invarianza idraulica ed idrogeologica delle opere di progetto;
- La stima del tempo di svuotamento delle vasche di laminazione.

2. Inquadramento normativo

Per quanto riguarda gli aspetti normativi di riferimento, questi sono individuabili come segue:

- Legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)
- 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)";

- Regolamento regionale 19 Aprile 2019 - n. 8 "Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 Novembre 2017 n. 7;
- Decreto legislativo n. 152/2006 del 3 aprile 2006.

3. Inquadramento Generale

L'area in oggetto si estende per circa 74.000 mq identificabile catastalmente dal foglio 9 mappale 13 e 87, mentre il PGT comunale inserisce in quest'area l'ambito ATP4 che si estende per circa 47.700 mq sul territorio di Borgo San Giovanni (LO) e prevede la realizzazione di un'area di logistica con edificio piazzali di carico e manovra, parcheggi e viabilità interna.

Si trova immersa in un'area industriale in sviluppo tramite conversione dei terreni da agricoli in industriali, a confine con il cimitero e a sud del centro abitato.

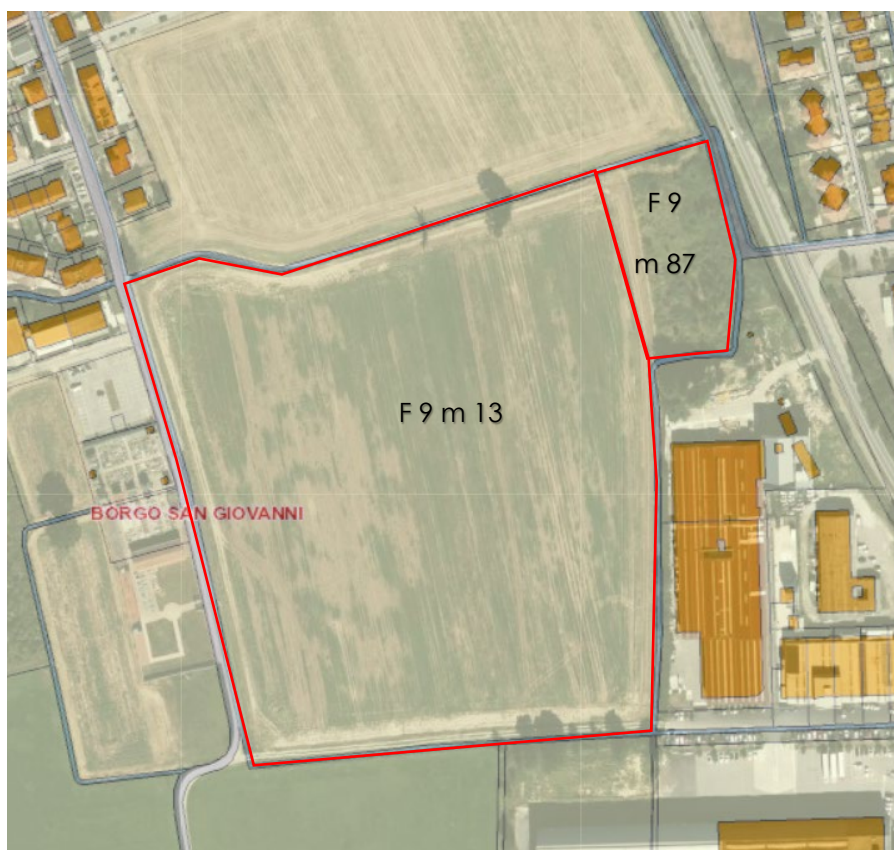


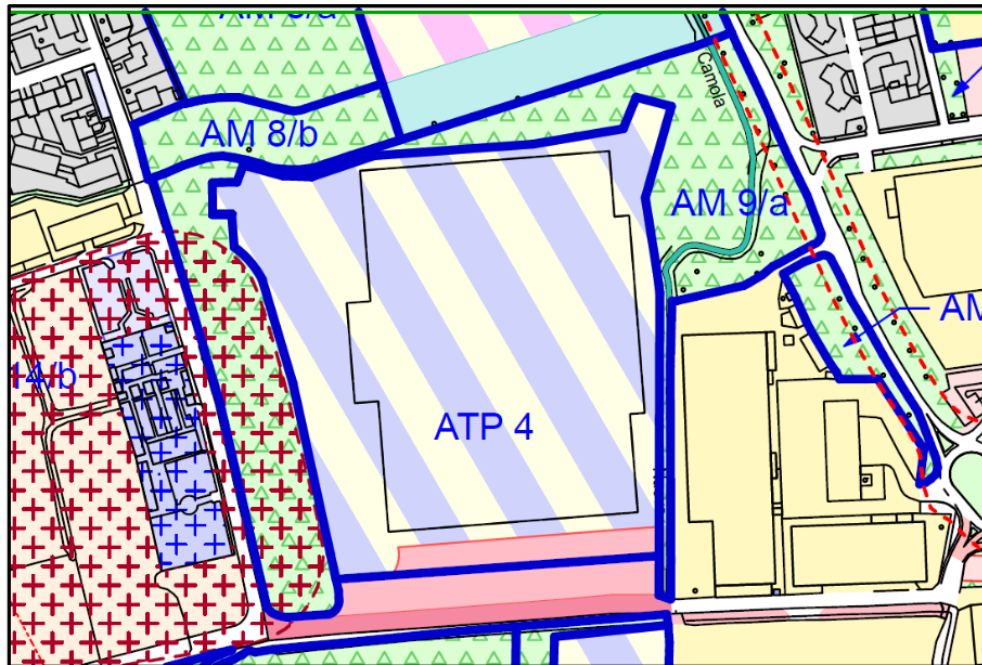
Figura 1: area d'interesse su foto satellitare

L'edificazione avverrà su terreno agricolo non interessato da precedenti strutture, per cui ricadente al punto **a)** del citato art. 3 RR7/2017 ovvero "nuova costruzione".



4. Inquadramento da Pgt

Da PGT l'area viene genericamente definita come "ambito di trasformazione produttivo ATP4".



Estratto della tavola di previsioni di piano

Figura 2: estratto tav. previsioni di piano PGT

Ambiti di trasformazione		Ambiti dei servizi e delle attrezzature tecnologiche	
	Aree soggette a trasformazione residenziale		Servizi esistenti per ambiti residenziali
	Aree soggette a trasformazione produttiva		Servizi di progetto per ambiti residenziali
	Aree soggette a trasformazione agricola		Servizi esistenti per ambiti produttivi
	Aree di mitigazione		Servizi di progetto per ambiti produttivi
	Subambito di ricostruzione dei filari e delle macchie arboree		Aree per attrezzature tecnologiche
	ATR Ambito di trasformazione residenziale		Cimitero
	ATA Ambito di trasformazione agricola	Vincoli	
	ATP Ambito di trasformazione produttiva		Limite del vincolo paesistico (D.Lgs. n° 42 del 22/01/2004)
	AM Ambito di mitigazione		Fascia di rispetto stradale
			Fascia di rispetto ferrovia
			Fascia di rispetto cimiteriale




4.1. Litologia

L'area in esame si colloca nel comune di Borgo San Giovanni (LO), ad una quota media di circa 76,50 m s.l.m. questa si sviluppa nell'ambito del Livello Fondamentale della pianura, costituito, secondo la cartografia geologica ufficiale, da depositi fluviali del Pleistocene superiore, riferibili al "Fluvioglaciale-Fluviale Würm";

La struttura di questi depositi è caratterizzata da estrema variabilità sia in senso verticale che orizzontale, con prevalenza di materiali sabbiosi e sabbioso-limosi nella coltre superficiale, avente spessore variabile, e sabbioso-ghiaiosa negli strati più profondi sottostanti, la cui composizione granulometrica diventa via via più grossolana nell'ambito dei ripiani più recenti dei corsi d'acqua.



Figura 3: estratto dalla carta geologica a corredo del PGT -  area d'interesse

 FLUVIOGLACIALE E FLUVIALE WURM : Depositi costituenti il Livello Fondamentale della Pianura, rappresentati da alluvioni prevalentemente sabbiose e sabbioso-limose, con lenti a granulometria via via più grossolana (sabbie ghiaiose) con l'aumentare della profondità.

4.2. Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico, la struttura idrogeologica dell'area assume caratteri di elevata produttività in ragione dell'elevato spessore dei depositi permeabili (anche superiore a 100 m.) e della notevole possibilità di ricarica naturale da parte del sistema idrografico e irriguo; a scala regionale l'acquifero viene infatti generalmente considerato come un sistema monostrato-multifalde, avente come base impermeabile i depositi limosi, sabbiosi e argillosi del Villafranchiano, passanti in profondità ai sedimenti pliocenici marini.

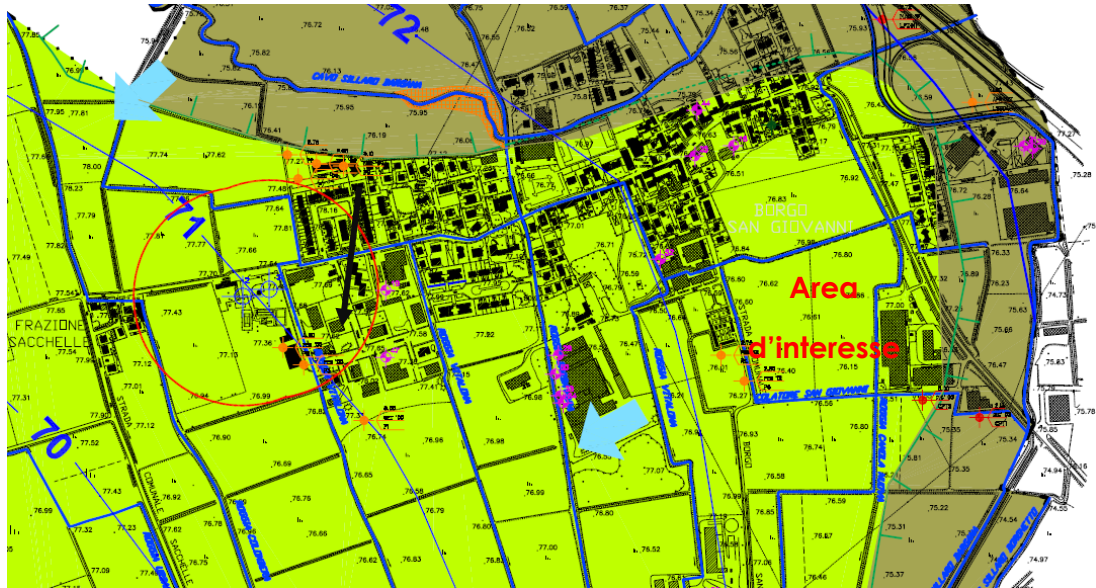
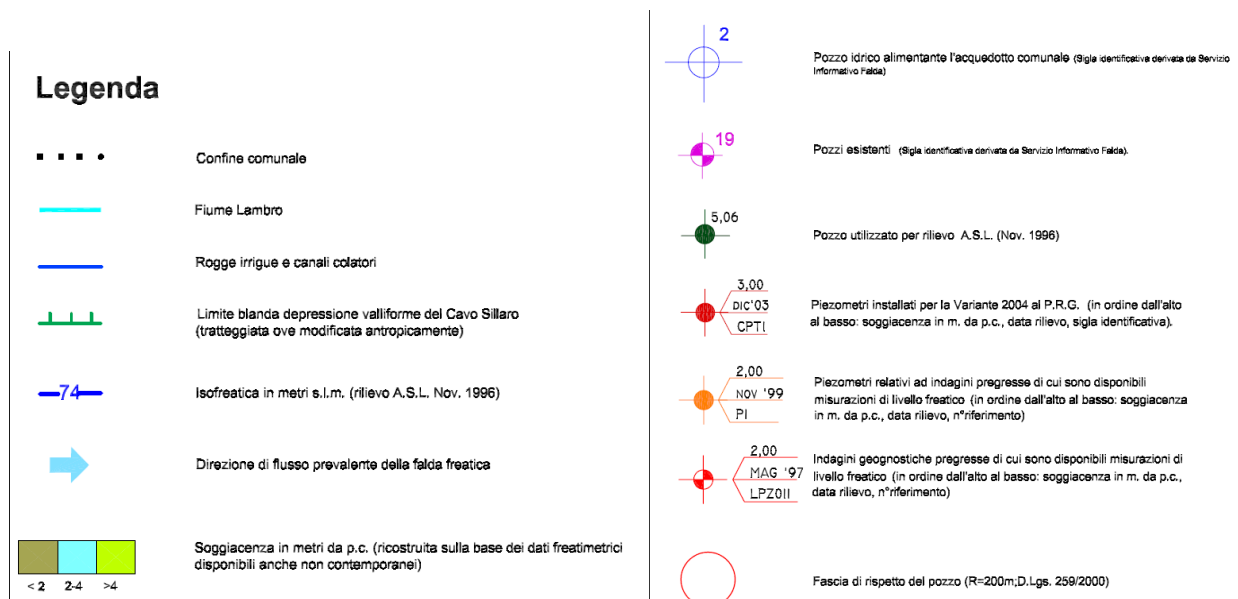


Figura 4: Estratto carta idrogeologica componente geologica PGT





4.4. Vincoli

La carta dei vincoli evidenzia la presenza di vincoli in sovrapposizione al mappale citato che tuttavia restano esterni all'ambito di nostro interesse e alle superfici interessata dalla trasformazione.

Si tratta della fascia di rispetto cimiteriale che interessa il confine ovest del mappale e della fascia di rispetto del reticolo idrico "Camola nuova" lungo il confine est aree in cui resterà la destinazione verde esistente.

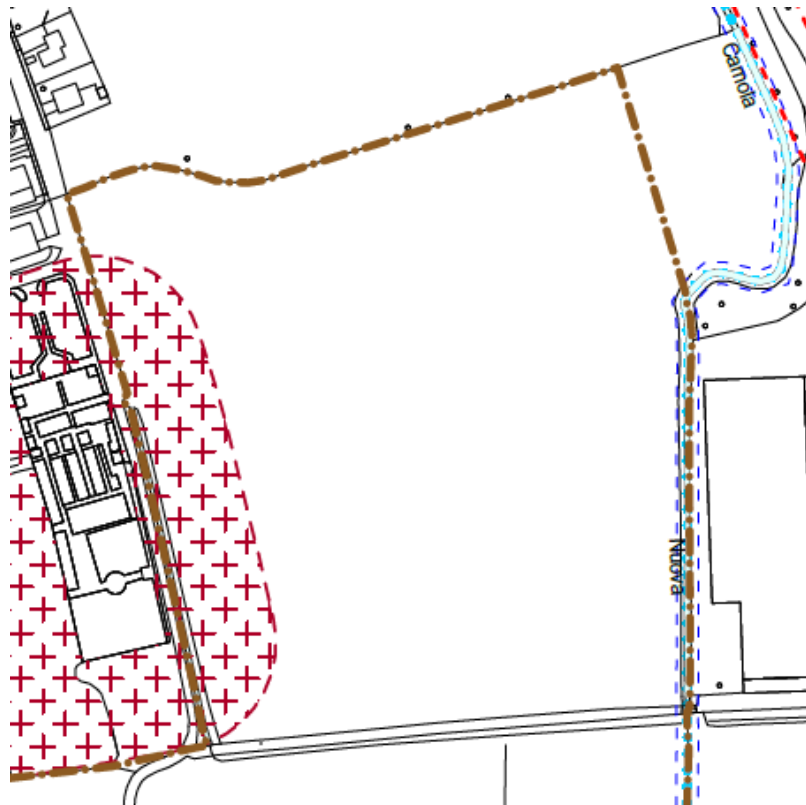





Figura 6: PGT - Carta dei Vincoli

Vincoli idrogeologici

-  Fascia di rispetto del reticolo idrico
-  Fascia di rispetto cimiteriale (art. 8 del R.R. n° 6 del 04/11/2004)
-  Perimetrazione centro abitato (D.L. n° 285/1992)

4.5. Carta Pai-Pgra

La cartografia PAI-PGRA dello studio comunale non segnala criticità idrauliche per l'area in esame e il suo intorno.



4.6. Sintesi

La carta di sintesi dello studio comunale segnala, per l'area in esame, una criticità di tipo idrogeologico per presenza di vulnerabilità elevata della falda legata alla bassa soggiacenza della stessa spesso inferiore ai 5 metri.

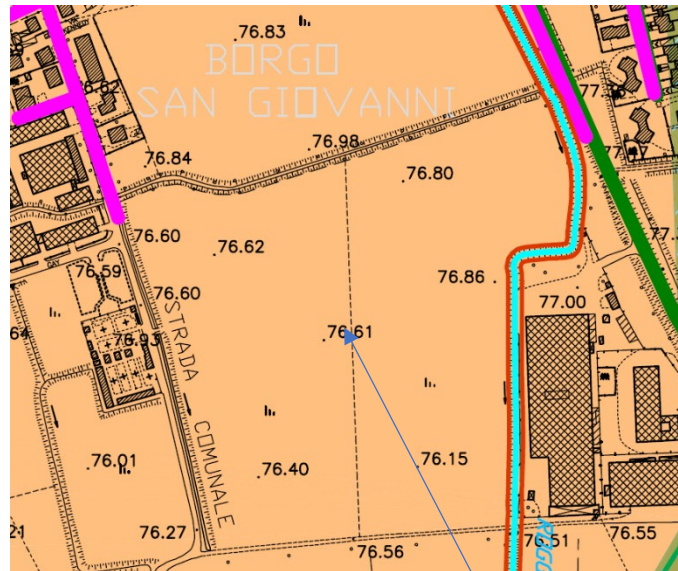


Figura 7: PGT - Carta di Sintesi

area in esame

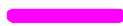


Rogge e relative fasce di rispetto del reticolo minore (a =10 m - b = 5 m)

Aspetti idrogeologici



Area a vulnerabilità idrogeologica elevata rispetto alla prima falda (metodo SINTACS)

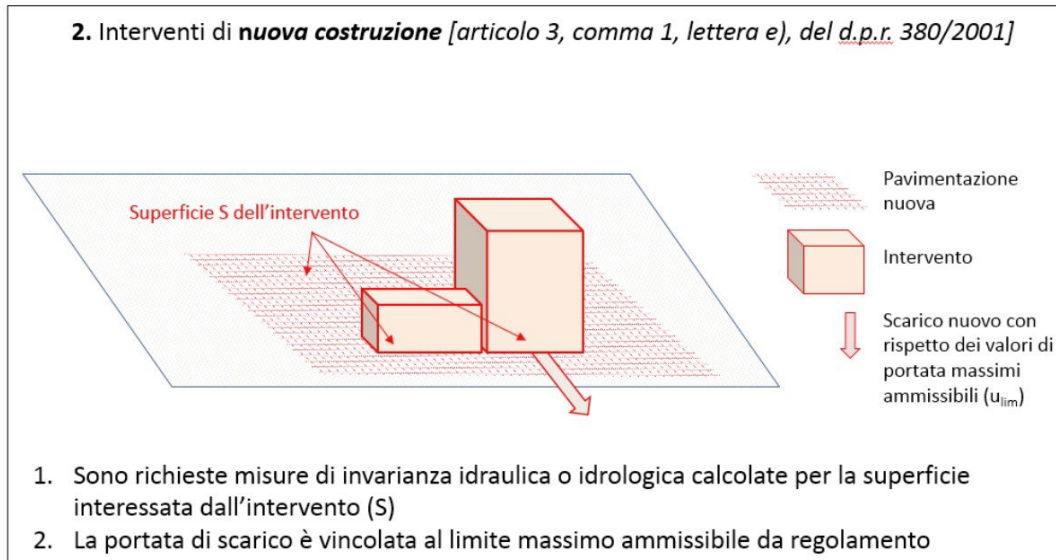


Tracciato collettore principale rete fognature comunali



5. Invarianza

L'intervento in oggetto è individuabile al punto 2 dell'"allegato "A" del Regolamento Regionale 07/2017 e succ. mm ii, dove per gli interventi di nuova costruzione, viene prevista una superficie S di intervento, così determinata:



5.1. Individuazione della classe d'intervento

Il sistema di drenaggio delle acque piovane in progetto, raccoglierà le precipitazioni ricadenti su edifici, piazzali, parcheggi e percorsi di accesso.

Le superfici misurate sono quelle previste dal progetto edificatorio preliminare di cui si riporta qui a seguire uno stralcio planimetrico della relativa cartografia e sono quantificate come nel capitolo seguente.

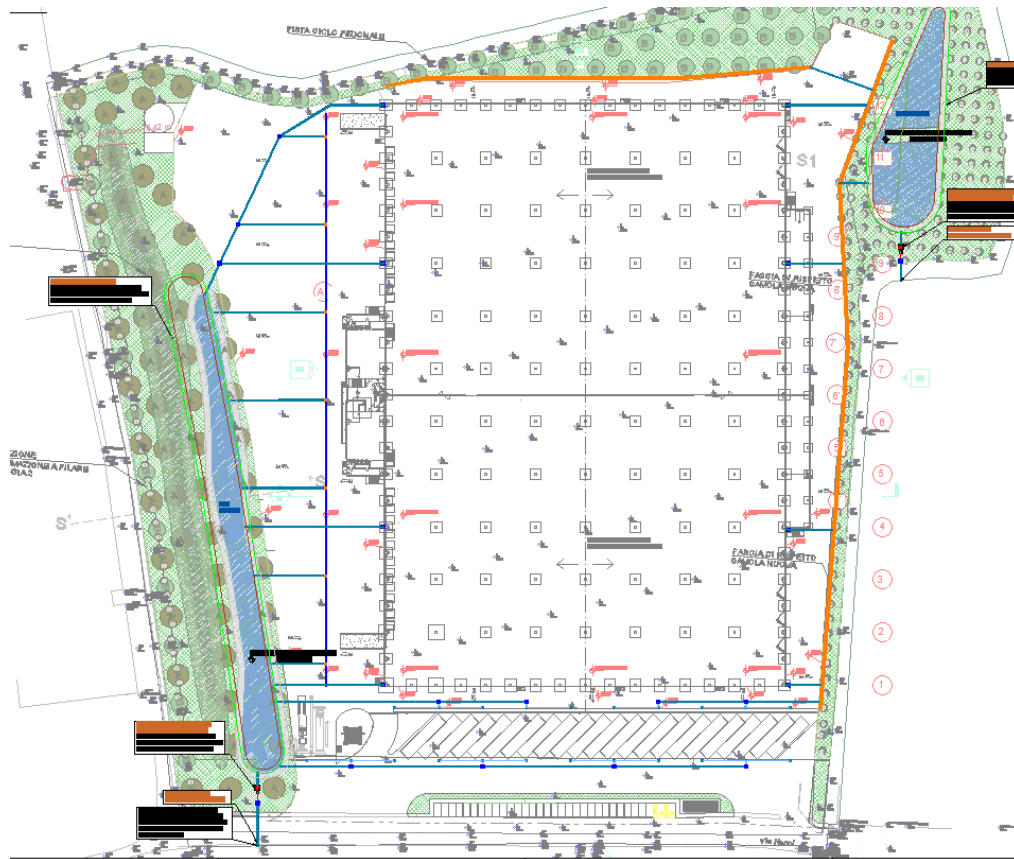


Figura 8: previsione progettuale

5.1.1. Superficie interessata dall'intervento

Le superfici sono state distinte per tipologia in area impermeabile dell'edificio da realizzare, area impermeabile dei piazzali di manovra, parcheggi, e servizi, aree semipermeabili dei parcheggi auto distinti dai tre colori come segue.

Colore mappa	Descrizione	Superfici in mq
Light Blue	Superficie dell'edificio	29.000
Yellow	Piazzali percorsi e parcheggi pavimentati	18.080
Pink	Parcheggi in autobloccanti semipermeabili	623
TOTALE		47.703



Figura 9: mappa individuazione superfici- in rolli il limite dell' ATP04



5.1.2. Coefficiente di deflusso medio ponderale

Per il calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale si è fatto riferimento all'art. 11 comma 2 lettera d n. 1 con cui vengono attribuiti i diversi coefficienti di deflusso in base al tipo di copertura del terreno.

Nel nostro caso la quasi totalità della superficie è interessata da impermeabilizzazioni con coefficiente 1.

ID	Descrizione	S Superficie in mq	Ψ Coeff. Deflusso	Sup. Scolanti impermeabili S* Ψ (mq)
S1	Superficie dell'edificio	29.000	1	29.000
S2	Piazzali percorsi e parcheggi pavimentati	18.080	1	18.080
S3	Parcheggi in autobloccanti semipermeabili	623	0.7	436,1
	TOTALE	47.703		47.516,1

Pertanto, il coefficiente di deflusso ponderale medio sarà

$$C = 47.516,1/47.703 = 0,996$$

che essendo $>0,4$ per una superficie compresa tra 1 e 10 ha come la nostra, individua la **classe di intervento 3** secondo quanto riportato dalla *tab. 1 art.9 RR 7/2017*.

5.2. Calcolo delle misure di invarianza

In questo capitolo ci occuperemo del calcolo necessario alla quantificazione e individuazione delle misure di invarianza idraulica e idrologica per il rispetto dei limiti di immissione allo scarico previsti per il caso specifico.

5.2.1. Individuazione modalità di calcolo

Al fine di individuare la modalità di calcolo da utilizzare nel rispetto di quanto indicato all'art. 9 del RR 7/2017, si sintetizzano a seguire i dati necessari:

- Sito: Comune Borgo San Giovanni (LO)
- Ambito territoriale (Art 7 RR 7/17 comma 5): **AREA A** (ambito di trasformazione da PGT);
- Superficie interessata da intervento: **47.703 mq** ovvero **>10.000 mq e <100.000 mq**;
- Coefficiente di deflusso medio ponderale: **C=0,996**
- Classe d'intervento: 3 - Impermeabilizzazione potenziale alta;
- Modalità di calcolo: "**Procedura dettagliata**";
- Requisito minimo delle misure di invarianza idraulica ed idrologica per le aree ad alta criticità A: **800mc/ha impermeabile** (art.12, comma 2, lettera a).
- Valori massimi ammissibili per lo scarico nei ricettori da normativa **10 l/s per ettaro di S** (art.8, comma 1, lettera a), ovvero $10 \times 4,75 \times 1 = 47,5$ l/s per l'intera area;



tuttavia, ad oggi, a seguito della concessione allo scarico in Roggia Camola nuova ottenuta, si ha un limite più restrittivo dall'Ente gestore pari a **33 l/s**.

Tabella 1⁽²⁾

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 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)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

5.2.2. Curve di possibilità pluviometrica

Per il calcolo della valutazione degli afflussi meteorici relativi all'area oggetto di intervento edilizio, ci si è basati sui parametri della curva di possibilità pluviometrica, desunti dal sito Arpa Lombardia come previsto dall'art.11, punto 2) comma b del Regolamento Regionale 7/2017.

La valutazione permette di costruire le curve di possibilità pluviometrica attraverso l'utilizzo di un foglio di calcolo dal quale si ottengono le linee segnalatrici di pioggia per i vari intervalli dell'evento e per i diversi tempi di ritorno T_r .

La parametrizzazione delle linee segnalatrici sviluppata da Arpa Lombardia utilizza la distribuzione di probabilità del valore estremo a tre parametri, la General Extreme Value (GEV), considerata analiticamente più appropriata rispetto alla distribuzione di Gumbel (a due parametri) per la descrizione statistica.

Il foglio di calcolo Excel utilizzato è stato redatto da Arpa Lombardia in collaborazione con il Politecnico di Milano.

Per lo studio in esame si è fatto riferimento alle curve che considerano l'intervallo di tempo 1-24 h poiché si vuole valutare l'altezza di pioggia per il tempo di precipitazione che mette in crisi il bacino, che, secondo le ipotesi del modello razionale, coincide proprio con il tempo di corrivazione. Dove per tempo di corrivazione di un punto del bacino si intende l'intervallo temporale impiegato dalla particella liquida più lontana per arrivare alla sezione di chiusura del bacino scolante.

La formula generale per il calcolo dell'altezza di pioggia (h) secondo la distribuzione



GEV assume la seguente forma:

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

Dove:

a_1 = coefficiente pluviometrico orario;

w_t = coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno t

n = coefficiente di scala;

D = durata evento.

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

Dove:

T = tempo;

α = parametro di scala;

k = parametro di forma;

ε = parametro di posizione

Poiché tali parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia (https://iris.arpalombardia.it/gis/NM/common/webgis_central.php?TYPE=guest) si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori dell'ora, per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA inserendo il parametro n_1 pari a 0,5 per durate inferiori a un'ora in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

Pertanto, sintetizzando avremo per il sito in oggetto quanto segue:

Coeff.	Valore
a_1	26,93
n	0,2879
a	0,2829
k	-0,0723
e	0,8148
n_1 (durata <1h)	0,5

Da questi, mediante l'utilizzo del citato foglio di calcolo, compilando la sezione relativa alle LSPP 1 - 24 ore, si ottengono le seguenti informazioni:

- parametri pluviometrici per la zona di Borgo San Giovanni (LO);
- precipitazioni previste al variare della durata e dei tempi di ritorno;
- linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (LSPP 1 - 24 ore);
- altezze di pioggia al variare della durata dell'evento intenso.

Di cui si riportano a seguire le relative schermate.



Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: *via Nenni Borgo S.Giovanni (LO)*

Coordinate: 943886 4527503

Linea segnatrice

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

Tempo di ritorno (anni) **50**

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 26,93

N - Coefficiente di scala 0,2879

GEV - parametro alpha 0,2829

GEV - parametro kappa -0,0723

GEV - parametro epsilon 0,8148

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore] **1**

Precipitazione cumulata [mm] **56,3**

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

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

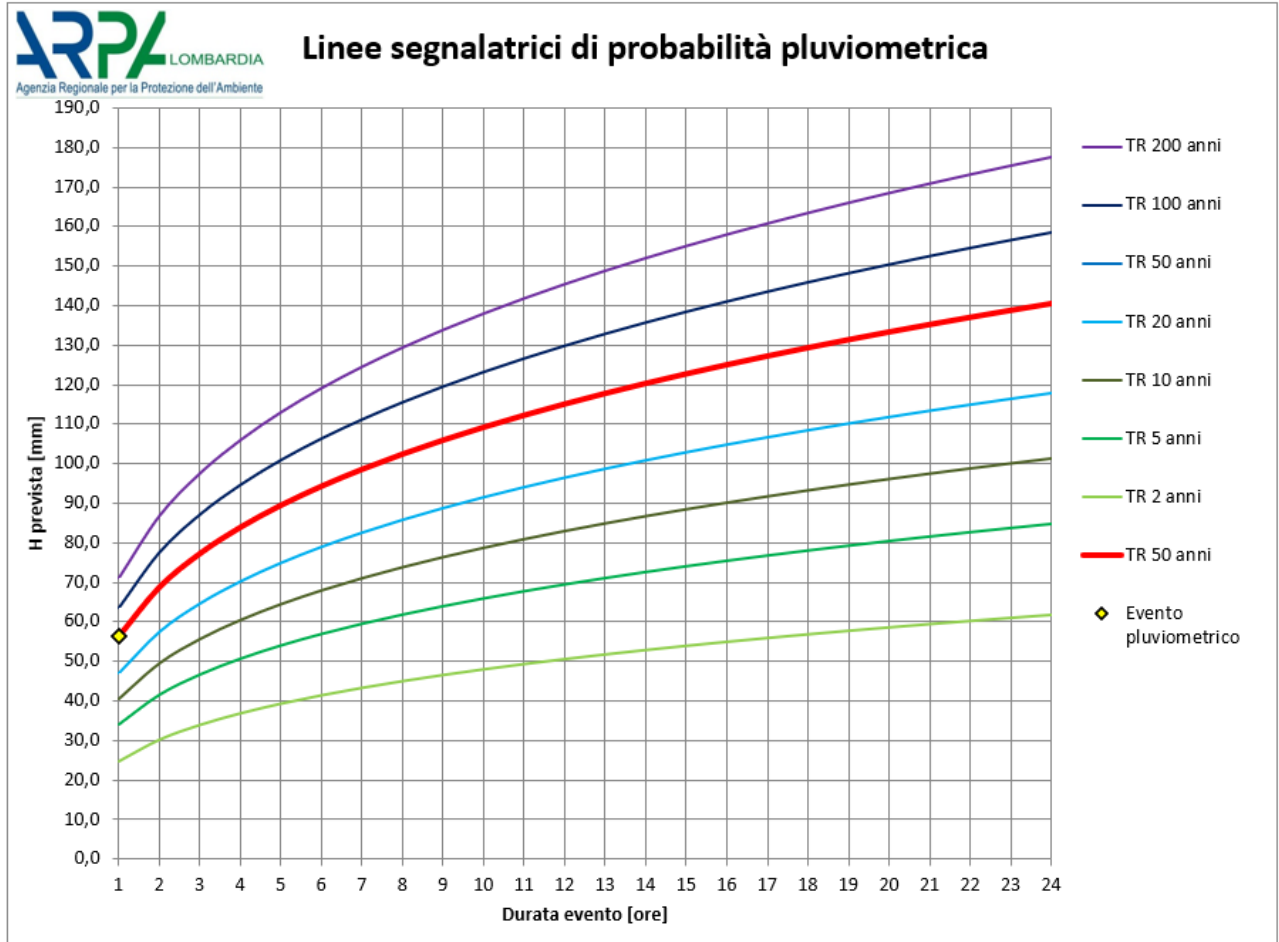
Bibliografia ARPA Lombardia:

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

http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_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	0,91987	1,26300	1,50615	1,75211	2,09010	2,35872	2,64020	2,090099
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	24,8	34,0	40,6	47,2	56,3	63,5	71,1	56,3
2	30,2	41,5	49,5	57,6	68,7	77,5	86,8	68,7
3	34,0	46,7	55,7	64,7	77,2	87,2	97,6	77,2
4	36,9	50,7	60,5	70,3	83,9	94,7	106,0	83,9
5	39,4	54,1	64,5	75,0	89,5	101,0	113,0	89,5
6	41,5	57,0	67,9	79,0	94,3	106,4	119,1	94,3
7	43,4	59,6	71,0	82,6	98,6	111,2	124,5	98,6
8	45,1	61,9	73,8	85,9	102,4	115,6	129,4	102,4
9	46,6	64,0	76,4	88,8	106,0	119,6	133,8	106,0
10	48,1	66,0	78,7	91,6	109,2	123,3	138,0	109,2
11	49,4	67,8	80,9	94,1	112,3	126,7	141,8	112,3
12	50,7	69,6	82,9	96,5	115,1	129,9	145,4	115,1
13	51,8	71,2	84,9	98,7	117,8	132,9	148,8	117,8
14	53,0	72,7	86,7	100,9	120,3	135,8	152,0	120,3
15	54,0	74,2	88,5	102,9	122,7	138,5	155,0	122,7
16	55,0	75,6	90,1	104,8	125,0	141,1	158,0	125,0
17	56,0	76,9	91,7	106,7	127,2	143,6	160,7	127,2
18	56,9	78,2	93,2	108,4	129,4	146,0	163,4	129,4
19	57,8	79,4	94,7	110,1	131,4	148,3	166,0	131,4
20	58,7	80,6	96,1	111,8	133,3	150,5	168,4	133,3
21	59,5	81,7	97,4	113,4	135,2	152,6	170,8	135,2
22	60,3	82,8	98,8	114,9	137,1	154,7	173,1	137,1
23	61,1	83,9	100,0	116,4	138,8	156,7	175,4	138,8
24	61,8	84,9	101,3	117,8	140,5	158,6	177,5	140,5



Ponendo $a = a_1 \cdot w_t$ per il tempo di ritorno di 50 anni si ha:

$a = 26,93 \times 2,090 \approx 56,3 \text{ mm/h}$ per $Tr=50$ anni (da utilizzarsi per dimensionamento delle opere);



5.2.3. Calcolo dei volumi di laminazione – Procedura dettagliata

Richiami teorici

Come visto nei capitoli precedenti, nel nostro caso è possibile adottare la procedura dettagliata per il calcolo dei volumi di laminazione, che prevede di computare in dettaglio la trasformazione afflussi - deflussi del bacino fino alla sezione di ingresso nell'invaso (o nel complesso degli invasi) di laminazione in progetto, in particolare adottando idonei criteri di scelta:

- dello ietogramma di progetto e della sua durata complessiva a partire dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area in esame;
- della procedura di calcolo dello ietogramma netto in funzione delle perdite idrologiche per accumuli iniziali e per infiltrazione, in relazione alle tipologie del suolo e della urbanizzazione in progetto;
- del modello di trasformazione afflussi netti-deflussi idoneo a rappresentare sia la formazione degli idrogrammi di piena nelle diverse sotto-aree, sia la loro propagazione e formazione dell'idrogramma complessivo $Q_e(t)$ in corrispondenza della sezione di ingresso nell'invaso (o nel complesso degli invasi) di laminazione in progetto. Solitamente viene utilizzato uno ietogramma di progetto tipo Chicago avente una durata poco superiore al tempo di corrivazione del bacino sotteso dall'invaso;
- la stima del processo di infiltrazione indicato nell'articolo 11, comma 2, lettera c), numeri da 1 a 6 del regolamento, o l'adozione dei coefficienti di deflusso indicati nell'articolo 11, comma 2, lettera d) del regolamento;
- il modello di trasformazione aree – tempi (metodo di corrivazione) del bacino afferente all'invaso di laminazione.

Il dimensionamento dell'invaso (o degli invasi) di laminazione avviene poi applicando le equazioni seguenti al fine di computare l'idrogramma uscente $Q_u(t)$ dalla bocca (o dall'insieme delle bocche) di scarico dell'invaso (o degli invasi) e quindi verificare il rispetto del valore della massima portata ammissibile nel caso in esame (articolo 8 del regolamento) e del tempo massimo di svuotamento (articolo 11, comma 2, lettera f)).

I fattori che influiscono sull'effetto di laminazione operato da un invaso di tipo statico sono il volume massimo in esso contenibile, la sua geometria e le caratteristiche delle opere di scarico.

Il processo di laminazione nel tempo t è descritto matematicamente dal seguente sistema di equazioni:

equazione differenziale di continuità:

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



legge di efflusso che governa le opere preposte allo scarico dall'invaso o in generale allo svuotamento dell'invaso:

$$Q_u = Q_u[H(t)]$$

curva d'invaso, esprime il legame geometrico tra il volume invasato ed il battente idrico **H** nell'invaso:

$$W = W[H(t)]$$

dove **Q_e(t)** rappresenta la portata entrante, **Q_u(t)** quella complessivamente uscente dall'insieme delle opere di scarico e/o di infiltrazione e/o di riuso, **W(t)** il volume invasato, **H(t)** il battente idrico nell'invaso.

Nota l'onda di piena entrante **Q_e(t)** e note le effettive caratteristiche geometriche ed idrauliche della bocca o delle bocche di scarico dell'invaso è possibile calcolare le tre funzioni incognite **Q_u(t)**, **H(t)** e **W(t)**.

Una volta risolto il sistema di equazioni e quindi calcolate le funzioni incognite $Q_u(t)$, $H(t)$ e $W(t)$, se ne possono individuare i rispettivi valori massimi $Q_{u\max}$, H_{\max} e W_{\max} , verificando che essi siano compatibili con i vincoli assegnati.

Calcoli

La possibile area individuata per la realizzazione delle opere di laminazione tiene conto della vicinanza con il recettore dello scarico e la non interferenza con le attività svolte ed è stata posta su area verde interna al mappale ma esterna all'ATP4 lato ovest.

Come indicato dalla normativa, vengono assunti i valori di tempo di ritorno TR50 e TR100 come segue:

- Tr=50 anni: da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse;
- Tr=100 anni: da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate o per il dimensionamento e la verifica di eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati.

La procedura qui adottata prevede di computare in dettaglio la trasformazione afflussi - deflussi di laminazione in progetto mediante la costruzione dello ietogramma di progetto tipo Chicago.

Lo ietogramma Chicago 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:

$$\begin{aligned}i(t) &= n \cdot a \cdot \left(\frac{t_r - t}{k}\right)^{n-1} && t \leq t_r \\i(t) &= n \cdot a \cdot \left(\frac{t - t_r}{1 - k}\right)^{n-1} && t_r < t \leq t_p \\i(t) &= 0 && t > t_p\end{aligned}$$

i [mm/ora]: intensità di pioggia

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

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

t [ore]: istante temporale

t_r [ore]: tempo di picco

t_p [ore]: durata della precipitazione

k [-]: coefficiente di posizione

Il picco dello ietogramma di progetto si verifica in generale all'istante $t_r = k \cdot \theta$, interno alla durata complessiva dell'evento θ , con $0 \leq k \leq 1$. 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 come nel nostro caso in mancanza di informazioni si può porre $k=0,4$ valore medio che risulta dagli studi in materia riportati in letteratura.

Per la ricostruzione dello ietogramma di input, si considera una durata della pioggia di progetto pari a **un'ora**, certamente maggiore al tempo di corrvazione¹ relativamente influente per aree così piccole, e si applica il **metodo di depurazione delle piogge percentuale** come suggerita dal RR Lombardia 7/17.

Tale metodo considera le perdite di bacino proporzionali all'intensità di pioggia lorda secondo la 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

Ovvero nel nostro caso $i_n(t) = i(t)$

¹ Data la superficie relativamente piccola, è stato considerato un tempo di corrvazione da letteratura pari a 8 min



Dall'elaborazione di tali dati si ottiene pertanto lo ietogramma Chicago qui a seguire; uno per le aree impermeabili e uno per quelle semipermeabili.

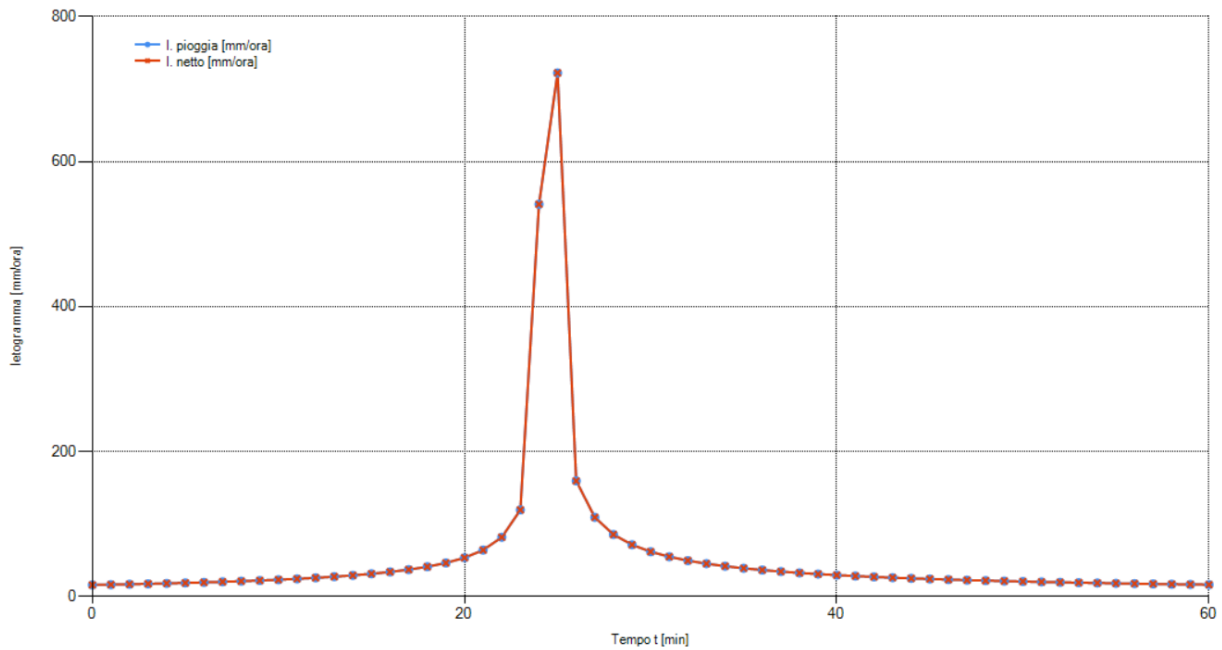


Figura 10: ietogramma Chicago aree impermeabili

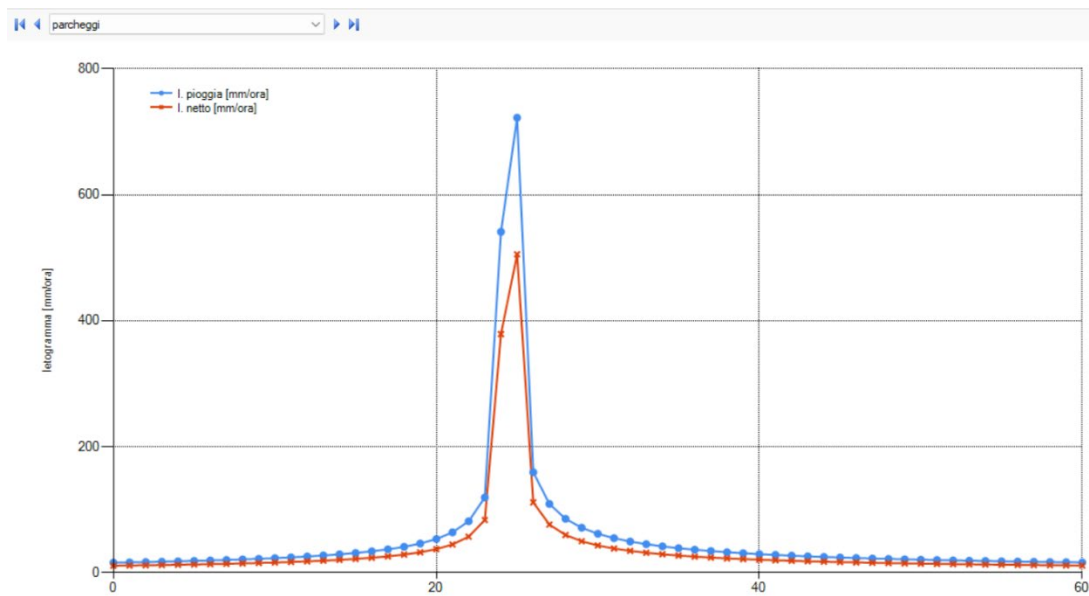
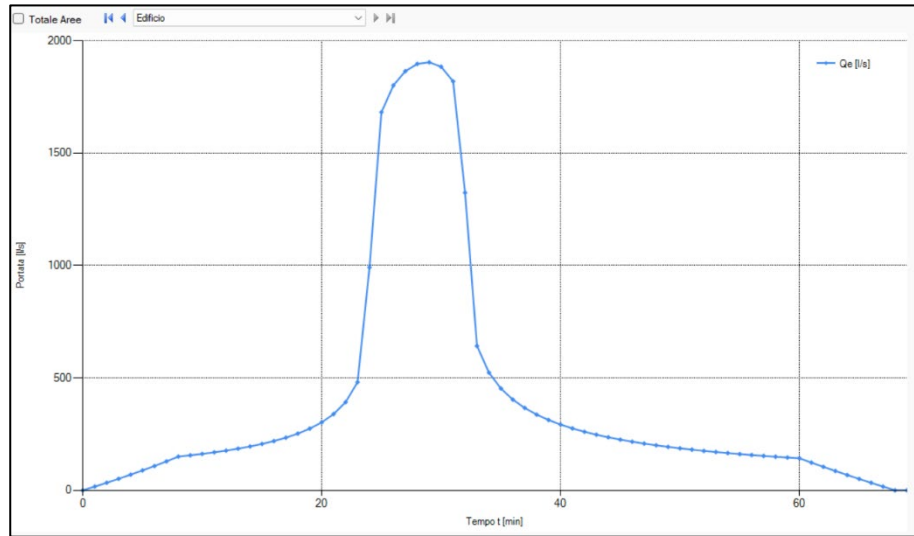


Figura 11: ietogramma Chicago aree semi-permeabili

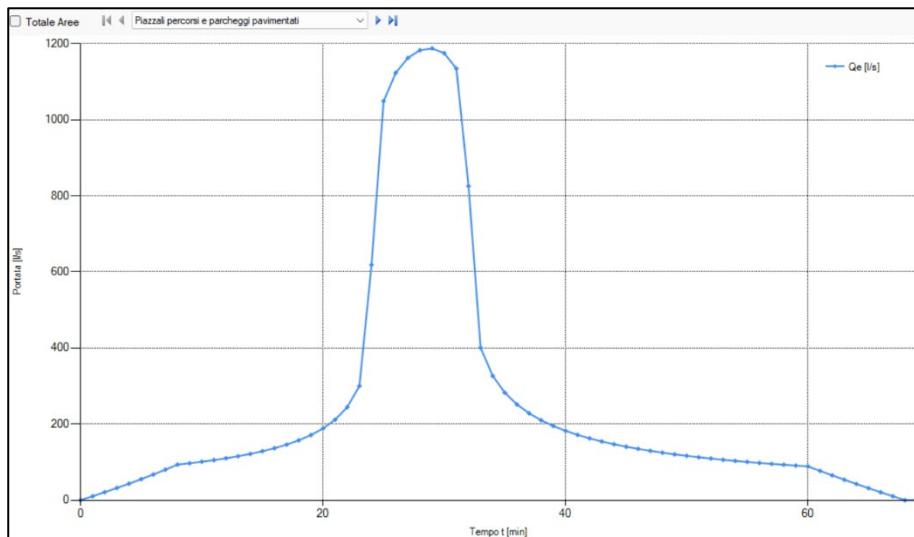
Da tale ietogramma di input otteniamo pertanto i seguenti risultati:



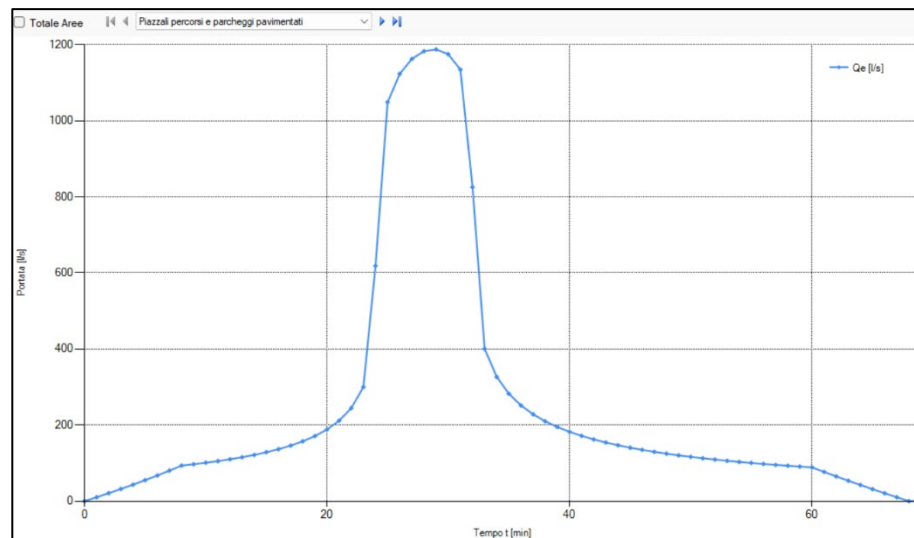
idrogramma S1



idrogramma S2



idrogramma S3





E quindi in sovrapposizione si ottiene una portata entrante di circa 3100 l/s in 29 min e aggiungendo i dati su volume d'invaso in mc nel tempo in min si ha l'idrogramma seguente:

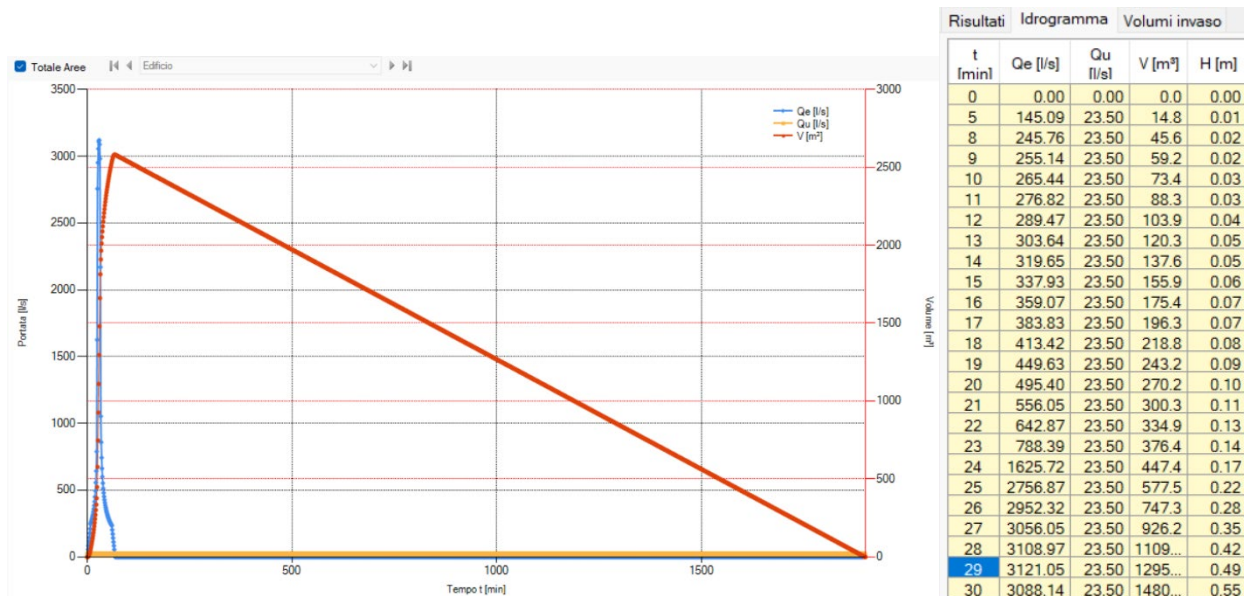


Tabella 1: dati idrogramma

Infine, considerando un TR50 e una durata dell'evento meteorico pari a un'ora, secondo il grafico sotto riportato dovremmo avere un volume di laminazione pari a **2600 m³ circa**, mentre la verifica con TR100 restituisce il valore di 2926 m³ circa.

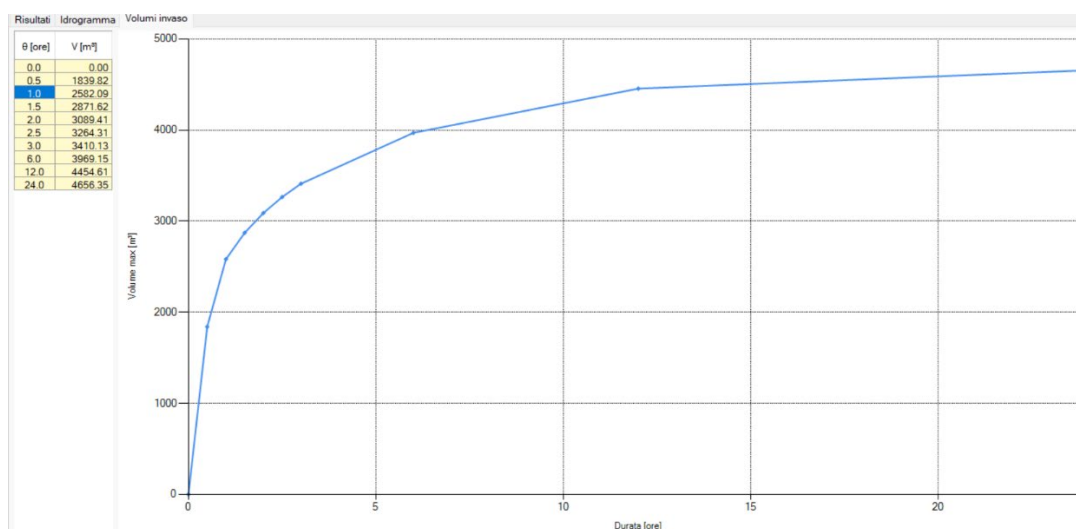


Figura 12: grafico volumi d'invaso metodo dettagliato



5.2.4. Requisito minimo

Applicando quanto indicato dal regolamento all'art. 12 comma 2, e trovandoci in **area A** come classificata al comma 3 art. 7 per la quale è previsto un volume minimo di invaso pari a 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile, cioè:

$$V_{\min} = 4,75 \cdot 800 = 3.800 \text{ mc}$$

Essendo quest'ultimo maggiore del volume precedentemente calcolato, dovrà essere considerato per il dimensionamento del volume d'invaso necessario.

5.2.5. Volume dell'invaso di Progetto e Tempo di svuotamento

Il R.R. 7/2017 all'art. 11, comma 2, lettera f) prevede che "il tempo di svuotamento dei volumi calcolati secondo quanto indicato alla lettera e) non deve superare le **48 ore**, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile".

Il progetto redatto dalla committenza a seguito delle indicazioni riportate nel presente documento, il cui elaborato grafico è riportato in **Allegato 1**, costituisce parte complementare dell'invarianza idraulica ed idrologica come citato al capitolo 1.

Dovendo rispettare i requisiti minimi per la realizzazione dell'invaso di laminazione, sono state previste due vasche di laminazione poste una a W e una a NE dell'area, su aree verdi esterne all'ATP04 con le seguenti caratteristiche generali:

- superficie complessiva di circa **3.300 m² (2.200+1.100)**
- altezza utile di invaso circa **1,5 m**
- volume complessivo d'invaso **3800 m³ (2.800+1.000)**

Ciò premesso, considerando i volumi dell'invaso di laminazione di progetto (**3850 m³**) stabilito a seguito dei calcoli nei capitoli precedenti ed il deflusso massimo ammissibile **$U_{\text{lim}} \approx 47,5 \text{ l/s}$** (10 l/s ha), si stima il tempo necessario per lo svuotamento della vasche mediante l'applicazione della seguente espressione:

tempo di svuotamento vasca = Volume invaso laminazione / portata limite ammissibile

$$T_{\text{svuot}} = W_{\text{lam}} / U_{\text{lim}}$$

ovvero

$$T_{\text{svuot}} = 3850 / (47,5 \cdot 3,6) = 22,5 \text{ ore}$$

Ovvero molto inferiore al limite di 48h riportato dal regolamento.

Tuttavia, anche considerando la più restrittiva portata di scarico oggi concessa dall'Ente gestore del ricettore, pari a 33 l/s si avrebbe:

$T_{\text{svuot}} = 3800 / (33 \cdot 3,6) = 32 \text{ ore}$ ancora pienamente compatibile con quanto previsto dalla normativa.



6. Conclusioni

L'area d'interesse si estende nel comune di Borgo San Giovanni per circa 74.000 mq in cui ricade l'ambito ATP 04 di 47.703 mq. su cui è prevista la realizzazione di un edificio per la logistica con annesse aree di manovra parcheggio quasi completamente impermeabilizzate.

Trattandosi di un ambito di trasformazione, la normativa impone limiti e procedure previste per le aree A definite dal RR 7/2017, e quindi è prevista una portata uscente massima scaricabile nei ricettori di 10 l/s per ha di superficie scolante che nel nostro caso corrisponde a 47,5 l/s tuttavia limitata da concessione allo scarico rilasciata dall'ente gestore in 33 l/s.

L'applicazione del metodo di dettaglio previsto dal citato regolamento ha restituito un volume di invaso inferiore a quanto previsto all'Art. 12 c2 lettera a, portando ad optare pertanto all'ipotesi di realizzazione di due **vasche di laminazione di 3800 m³** complessivi in linea al requisito minimo richiesto dal regolamento.

La planimetria di progetto qui allegata presenta due vasche con capacità di accumulo di 2.800 mc una (ovest) e 1.000 mc l'altra (NE).

Pertanto, al fine di rispettare la portata massima consentita di 33,0 l/s e rientrare nel tempo massimo di svuotamento dell'invaso di progetto ovvero 48 ore, Si precisa che l'immissione nel ricettore – colatore San Giovanni – andrà eseguita mediante rilancio con pompe la cui portata complessiva dovrà essere compresa tra **22÷33 l/s e proporzionale al volume dell'invaso.**

Marzo 2024



Studio Tecnico Ambientale
Dott. M. Marchese

