

PROVINCIA DI MANTOVA COMUNE DI SAN GIORGIO MANTOVA

PROGETTO AMBITO DI TRASFORMAZIONE ECONOMICA ATECO 03 – ROMAGNOLA VARIANTE 2018 DA REALIZZARSI IN LOCALITA’ MOTTELLA NORD

COMMITTENZA: Morandi Teresa

Marsigli Rossi Lombardi Paola
Marsigli Rossi Lombardi Barbara
Marsigli Rossi Lombardi Alessandra
Marcosanti Giulio Massimiliano
Marcosanti Francesco Maria

PROGETTAZIONE: Studio tecnico di architettura e urbanistica
Arch. Rosolino Pigozzi e collaboratore Arch. Martina Mazzali
Via Gradaro, 18 – 46100 Mantova (MN)

Relazione di invarianza idraulica ex regolamento n.7 del 23/11/2017 Regione Lombardia

Per incarico di GEO 3 s.a.s.

I tecnici

Dott. Geol. Mauro Michele Gruzzoli



Dr. Geol. Antonio Conti

Dott. Geol. Mauro Mancini



LEGNAGO, GENNAIO 2019

Sommario

1	Premessa.....	3
2	Ubicazione ed inquadramento geografico	5
3	Invarianza idraulica per le opere di progetto	6
3.1	Schema esemplificativo dell'intervento secondo R.R. 7/2017	6
3.2	Aree scolanti	7
3.3	Ipotesi di lavoro.....	9
3.4	Curve di possibilità pluviometrica al variare di Tr	10
3.5	Risultati mediante applicazione della procedura dettagliata	14
3.5.1	Superficie fondiaria – Tr=50 anni (dimensionamento opere)	15
3.5.2	Superficie urbanizzazione – Tr=50 anni (dimensionamento opere).....	17
3.6	Risultati ottenuti mediante applicazione dei requisiti minimi	19
4	Dimensionamento delle opere idrauliche di progetto	20
4.1	Volumi vasche di stoccaggio R.R. 7/2017 R.L.	20
4.2	Tempo necessario per lo svuotamento delle vasche	20

1 Premessa

Su incarico dello Studio Tecnico di Architettura e Urbanistica dell'Arch. Rosolino Pigozzi e per conto dei Committenti, si è proceduto alla stima dei volumi d'acqua meteorologica da stoccare temporaneamente, elaborato a supporto del progetto "Ambito di trasformazione economica ATECO 03 – Romagnola variante 2018". Tale intervento sarà realizzato località Mottella Nord nel Comune di San Giorgio Di Mantova (MN).

Il presente elaborato è stato redatto ai sensi del Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 - Supplemento n.48 del 27/11/2017 "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".

Il progetto in esame prevede la realizzazione di due capannoni con relativi piazzali/baie di imbarco e di un'area verde, con conseguente variazione della superficie coperta impermeabile rispetto allo stato attuale dei luoghi, con la conseguente variazione della superficie coperta impermeabile. 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 di:

- 1) Nuova costruzione, compresi ampliamenti;
- 2) Demolizione, totale o parziale fino al piano terra, e ricostruzione indipendentemente dalla modifica o dal mantenimento della superficie edificata preesistente;
- 3) Ristrutturazione urbanistica comportanti un ampliamento della superficie edificata o una variazione della permeabilità rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione.

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.

Nello specifico l'elaborato affronta i seguenti approfondimenti idraulici ed idrologici:

- Individuazione delle ipotesi di lavoro: aree scolanti, criticità idraulica, classe di intervento;
- definizione dei coefficienti α , n secondo i dati forniti da Idro Arpa Lombardia;
- calcolo del volume di stoccaggio mediante l'applicazione del principio di invarianza; idraulica ed idrogeologica delle opere di progetto;
- stima del tempo di svuotamento delle vasche.

2 Ubicazione ed inquadramento geografico

L'area d'intervento si colloca a Nord rispetto alla località Mottella, più precisamente a San Giorgio di Mantova (si veda estratto immagine satellitare).



Figura 1 Stralcio immagine satellitare relativo al sito oggetto di studio, indicato in giallo l'area di intervento [Google Earth]

3 Invarianza idraulica per le opere di progetto

Nel presente capitolo, in accordo con quanto prescritto dal R.R., si riportano le ipotesi di lavoro ed i calcoli eseguiti per la stima dei volumi d'acqua da stoccare temporaneamente nella vasca di laminazione.

3.1 Schema esemplificativo dell'intervento secondo R.R. 7/2017

Si propone uno stralcio immagine dello schema esemplificativo dell'intervento così come riportato all'interno dell'Allegato A del R.R. 7/2017: trattandosi di una nuova costruzione, lo schema rappresentativo è il n.2.

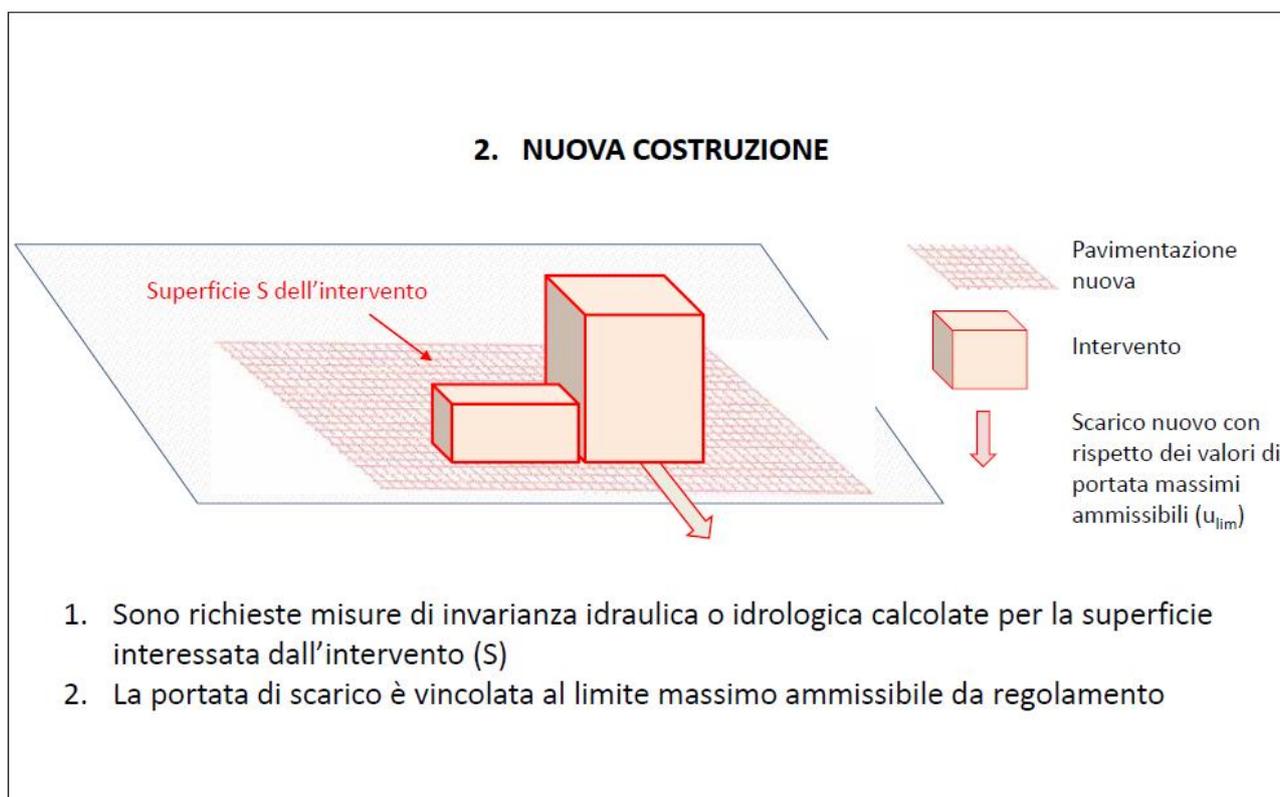


Figura 2 Schema esemplificativo dell'intervento al quale applicare le misure di invarianza idraulica e idrologica (BURL Supplemento 48 del 27/11/2017, pag.11)

3.2 Aree scolanti

Il progetto prevede la realizzazione di due capannoni con relativi piazzali/baie di imbarco e di un'area verde, intervento che nel complesso interesserà una superficie territoriale pari a 189660 m² così distinta:

DATI DI PROGETTO			
	SUP. TERRITORIALE	St	189660 mq
	SUP. URBANIZZAZIONE	St - Sf	43484 mq
1	SUP. VERDE PUBBLICO	S	8125 mq
2	SUP. PARCHEGGIO PUBBLICO	P	7502 mq
3	SUP. VERDE DI MITIGAZIONE	V	15000 mq
4	SUP. STRADA DI LOTTIZZAZIONE		10956 mq
5	SUP. STRADELLA DI ACCESSO		1901 mq
	SUP. FONDIARIA	Sf	146176 mq
A	SUP. LORDA DI PAVIMENTO	SLP	63756 mq
B	SUP. SCOPERTA	Ss = Sf - SLP	82420 mq
C	SUP. VERDE DRENANTE	Sd	38870 mq
D	SUP. IMPERMEABILE PIAZZALI	Ss - Sd	43550 mq

Si riporta di seguito uno stralcio immagine non in scala della planimetria di progetto, elaborato a firma dello Studio Tecnico di Architettura e Urbanistica dell'Arch. Rosolino Pigozzi con sede in via Gradaro – Mantova (MN):

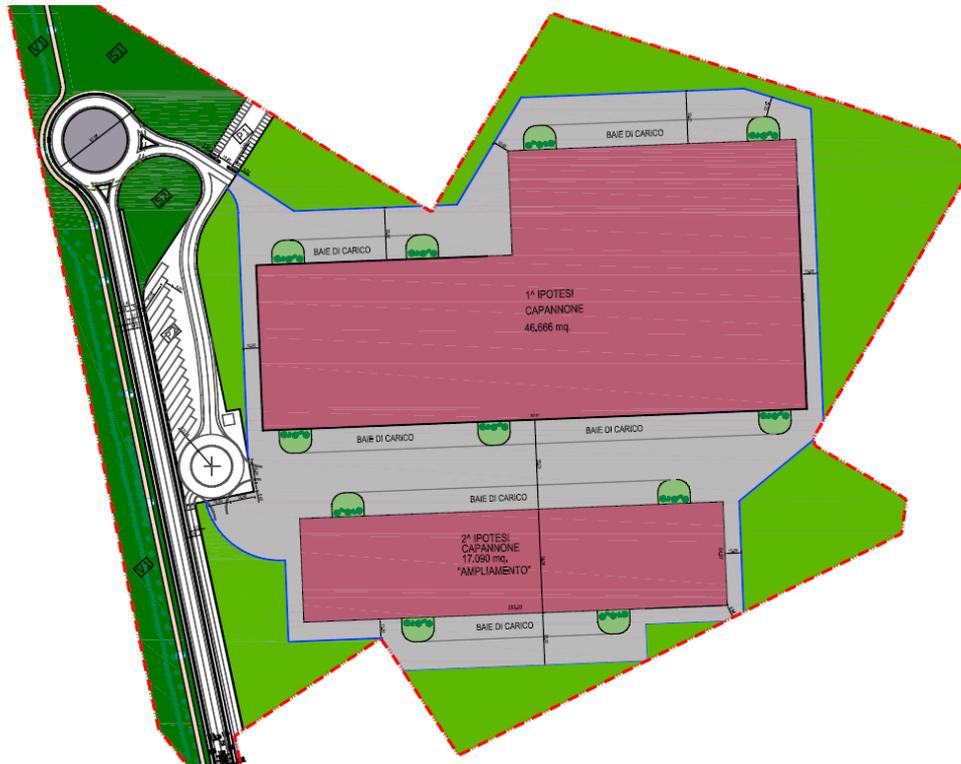


Figura 3 Stralcio immagine non in scala della planimetria di progetto (elaborato dallo Studio Tecnico di Architettura e urbanistica dell'Arch. Rosolino Pigozzi)

Dalla tavola di progetto si desumono i seguenti valori di superficie impermeabile scolante ed i relativi valori di coefficiente di deflusso C distinti per le due tipologie di superficie (superficie urbanizzazione e superficie fondiaria):

SUPERFICIE URBANIZZAZIONE:

	AREE INTERVENTO [mq]	C DEFLUSSO [-]	AREE SCOLANTI IMPERMEABILI [mq]
SUP VERDE PUBBLICO	8125	0.3	2437.5
SUP PARCHEGGIO PUBBLICO	7502	1	2250.6
SUP VERDE MITIGAZIONE	15000	0.3	4500
SUP STRADA LOTTIZZAZIONE	10956	1	10956
SUP STRADELLA DI ACCESSO	1901	1	1901
	43484	0.63*	22045.1

*media ponderata

Tabella 1 Aree scolanti di progetto per la "superficie urbanizzazione", valori desunti dalla tavola di progetto (redatta da Studio Tecnico di Architettura e urbanistica dell'Arch. Rosolino Pigozzi)

SUPERFICIE FONDIARIA:

	AREE INTERVENTO [mq]	C DEFLUSSO [-]	AREE SCOLANTI IMPERMEABILI [mq]
AREA COPERTA	63756	1.0	63756
AREA SCOPERTA A VERDE DRENANTE	38870	0.3	11661
AREA SCOPERTA IMPERMEABILE	43550	1.0	43550
	146176	0.81*	118967

*media ponderata

Tabella 2 Aree scolanti di progetto per la "superficie fondiaria", valori desunti dalla tavola di progetto (redatta da Studio Tecnico di Architettura e urbanistica dell'Arch. Rosolino Pigozzi)

Tale suddivisione si rende necessario al fine di dimensionare due vasche di laminazione distinte: una di pertinenza della "superficie urbanizzazione" e una per la "superficie fondiaria".

3.3 Ipotesi di lavoro

Di seguito si elencano le ipotesi di lavoro adottate per la stima dei volumi d'acqua da stoccare temporaneamente nelle due vasche di laminazione:

- a) Sito: Comune San Giorgio Di Mantova (MN);
- b) Criticità idraulica alta: tipo A (trattasi di un Piano Attuativo);
- c) Scarico limite in corpo idrico esterno (da autorizzarsi) $U_{lim}=10 \text{ l/s ha}_{impermeabile}$ (art. 8 comma 1 lettera a del R.R.);
- d) Classe di intervento 3 "impermeabilizzazione potenzialmente alta con superficie interessata da intervento maggiore di 100.000 mq;
- e) Coefficiente di deflusso medio ponderale: $C=0.63$ per "superficie urbanizzazione" e $C=0.81$ per "superficie fondiaria";
- f) Modalità di calcolo: "Procedura di calcolo dettagliata" (art.11, comma 2);
- g) 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).

Tali ipotesi di lavoro si fondano sulle indicazioni fornite dalla tabella 1 del R.R.7/2017 e sull'Allegato C, di seguito riportati:

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,01 \text{ ha } (\leq 100 \text{ mq})$	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		$da > 0,1 \text{ a } \leq 1 \text{ ha } (da > 1.000 \text{ a } \leq 10.000 \text{ mq})$	qualsiasi		
		$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	
		$> 10 \text{ ha } (> 100.000 \text{ mq})$	qualsiasi		

Tabella 3 Stralcio immagine tabella 1 del R.R.7/2017 con individuazione della modalità di calcolo in funzione degli ambiti territoriali e della classe di intervento

3.4 Curve di possibilità pluviometrica al variare di Tr

La valutazione è stata eseguita con i dati forniti dalla Regione Lombardia (idro.arpalombardia.it) e 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 tempi di pioggia e per i diversi tempi di ritorno Tr.

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, facilmente reperibile dal sito citato in precedenza, è stato redatto da Arpa Lombardia in collaborazione con il Politecnico di Milano e descrive, il modello di previsione delle precipitazioni (modellazione statistica) di forte intensità e breve durata.

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 il tempo necessario affinché la goccia d'acqua caduta in quel punto possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino considerato.

La formula generale per il calcolo dell'altezza di pioggia secondo la distribuzione GEV assume la seguente forma:

$$h_T(D) = a_1 \cdot w_t \cdot D^n$$

Dove sono indicati con:

a_1 = coefficiente pluviometrico orario;

n = coefficiente di scala;

D = durata evento.

Il fattore di crescita viene determinato applicando a scala regionale il modello probabilistico del valore estremo, ossia ipotizzando per la variabile aleatoria w_t la distribuzione a tre parametri:

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

Dove:

T = tempo;

α = parametro di scala;

k = parametro di forma;

ε = parametro di posizione.

Tutti i valori dei parametri, anch'essi facilmente reperibili nel portale cartografico, sono riportati sinteticamente nella seguente tabella:

Coeff.	Definizione	Valore
α_1	coefficiente pluviometrico orario	26.440001
N	coefficiente di scala	0.25260001
α	GEV- parametro	0.27059999
k	GEV- parametro	-0.058899999
ε	GEV- parametro	0.82690001

Tabella 4 Valore dei coefficienti secondo metodo GEV per l'area in esame [Idro Arpa Lombardia]

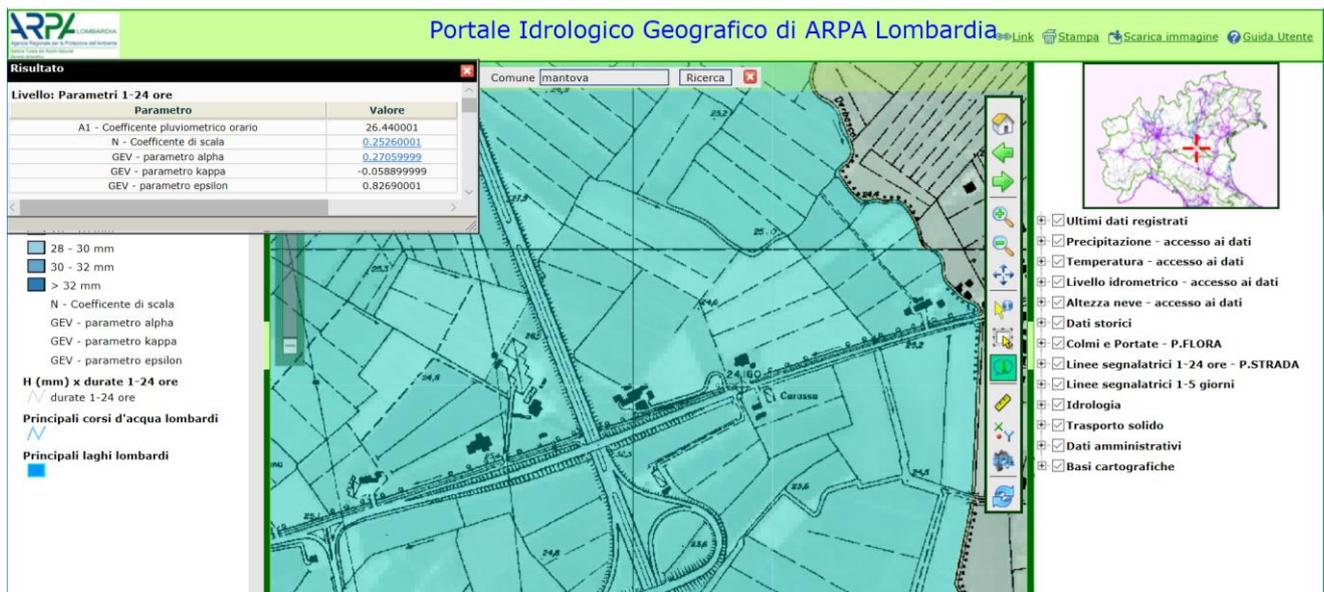


Figura 4 Output dati Portale Idrologico Geografico per il sito in esame (ARPA Lombardia)

Una volta ottenuti i dati sopra elencati, essi vengono inseriti nel foglio di calcolo delle LSP 1 - 24 ore (fornito da Arpa) e si ottengono le seguenti informazioni:

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

Nella pagina seguente si riporta l'elaborazione eseguita con l'applicativo di Arpa Lombardia:

Calcolo della linea segnaltrice 1-24 ore

Località: S. Giorgio di Mantova

Coordinate:

Linea segnaltrice

Tempo di ritorno (anni)

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

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 26.440001

N - Coefficiente di scala 0.25260001

GEV - parametro alpha 0.27059999

GEV - parametro kappa -0.0589

GEV - parametro epsilon 0.82690001

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

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/lspg.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	0.92716	1.25125	1.47805	1.70522	2.01395	2.25666	2.50862	2.01395073
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	24.5	33.1	39.1	45.1	53.2	59.7	66.3	53.2488593
2	29.2	39.4	46.6	53.7	63.4	71.1	79.0	63.4381469
3	32.4	43.7	51.6	59.5	70.3	78.7	87.5	70.2799012
4	34.8	47.0	55.5	64.0	75.6	84.7	94.1	75.5771774
5	36.8	49.7	58.7	67.7	80.0	89.6	99.6	79.9595127
6	38.5	52.0	61.4	70.9	83.7	93.8	104.3	83.7281166
7	40.1	54.1	63.9	73.7	87.1	97.5	108.4	87.0526672
8	41.5	55.9	66.1	76.2	90.0	100.9	112.2	90.0390384
9	42.7	57.6	68.1	78.5	92.8	103.9	115.5	92.7581281
10	43.9	59.2	69.9	80.7	95.3	106.7	118.7	95.2599433
11	44.9	60.6	71.6	82.6	97.6	109.3	121.5	97.5811903
12	45.9	62.0	73.2	84.5	99.7	111.8	124.3	99.7496779
13	46.9	63.2	74.7	86.2	101.8	114.1	126.8	101.787022
14	47.7	64.4	76.1	87.8	103.7	116.2	129.2	103.710389
15	48.6	65.6	77.5	89.4	105.5	118.3	131.5	105.533653
16	49.4	66.6	78.7	90.8	107.3	120.2	133.6	107.268209
17	50.1	67.7	79.9	92.2	108.9	122.1	135.7	108.923533
18	50.9	68.7	81.1	93.6	110.5	123.8	137.7	110.507602
19	51.6	69.6	82.2	94.9	112.0	125.5	139.5	112.0272
20	52.2	70.5	83.3	96.1	113.5	127.2	141.4	113.488145
21	52.9	71.4	84.3	97.3	114.9	128.7	143.1	114.895473
22	53.5	72.2	85.3	98.4	116.3	130.3	144.8	116.253568
23	54.1	73.0	86.3	99.5	117.6	131.7	146.4	117.566279
24	54.7	73.8	87.2	100.6	118.8	133.2	148.0	118.837001

Linee segnaltrici di probabilità pluviometrica

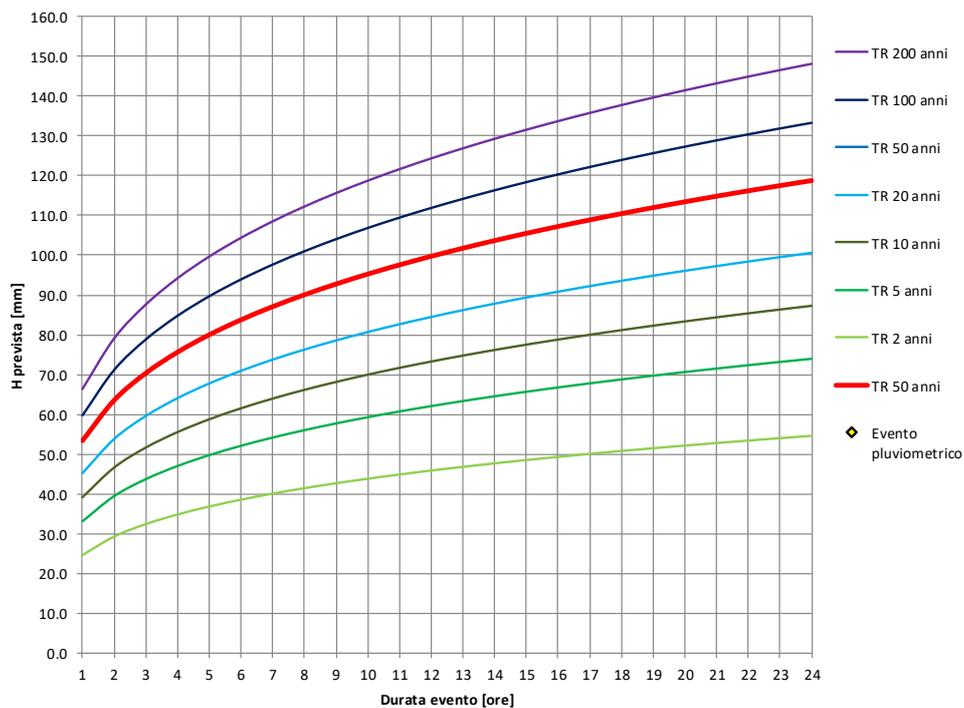


Figura 5 Calcolo della linea segnaltrice 1-24 ore e linee segnaltrici di probabilità pluviometrica [elaborazione eseguita mediante l'applicativo di Idro Arpa Lombardia per il sito in esame]

Ponendo $a = a_1 \cdot w_t$ si ottengono i seguenti valori di a per un $Tr=50$ anni:

- $a = a_1 \times w_{t(Tr=50 \text{ anni})} = 26.440001 \times 2.01395 \approx 53.2$ per $Tr=50$ anni (da utilizzarsi per dimensionamento delle opere);

Mentre il valore del coefficiente di scala è $N=0.25260001$ (come riportato dalle elaborazioni di Arpa Lombardia).

3.5 Risultati mediante applicazione della procedura dettagliata

L'art.11 comma 2 del Regolamento Regionale 7/2017 indica la metodologia di calcolo dell'invarianza idraulica ed idrologica per il rispetto dei limiti di scarico in caso di interventi di impermeabilizzazione potenziale media o alta ricadenti negli ambiti territoriali di criticità media o alta (come nel caso in esame). Inoltre fornisce indicazioni in merito alla redazione del progetto di invarianza idraulica ed idrologica, per il quale devono essere assunti i seguenti valori di tempo di ritorno:

- $T_r=50$ anni: da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse;
- $T_r=100$ 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.

Secondo quanto riportato nell'Allegato G del R.R., la procedura di calcolo dettagliata prevede di computare in dettaglio la trasformazione afflussi – deflussi di laminazione in progetto mediante la costruzione dello ietogramma di progetto tipo Chicago. Si tratta di un ietogramma di progetto ad intensità variabile la cui principale caratteristica consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica (si rimanda al capitolo §4.4).

Rispetto ad uno ietogramma costante, quello di Chicago rappresenta il picco di intensità, le precipitazioni antecedenti e seguenti il picco ed i volumi totali. Il picco può essere posizionato arbitrariamente all'inizio dell'evento, alla fine o in punto intermedio.

Lo ietogramma Chicago è rappresentato dalle seguenti equazioni, funzioni del tempo e della posizione del picco:

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{r \cdot t_p - t}{r} \right)^{n-1} \quad \text{per } t < r \cdot t_p \text{ (prima del picco)}$$

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t - r \cdot t_p}{1 - r} \right)^{n-1} \quad \text{per } t > r \cdot t_p \text{ (dopo il picco)}$$

In base ai parametri sopra citati della curva di possibilità pluviometrica, assumendo uno ietogramma tipo Chicago con posizione del picco 0.5 e durata $d=1$ ora, si ottengono i grafici riportati nelle pagine seguenti con riferimento a $T_r=50$ anni.

3.5.1 Superficie fondiaria – Tr=50 anni (dimensionamento opere)

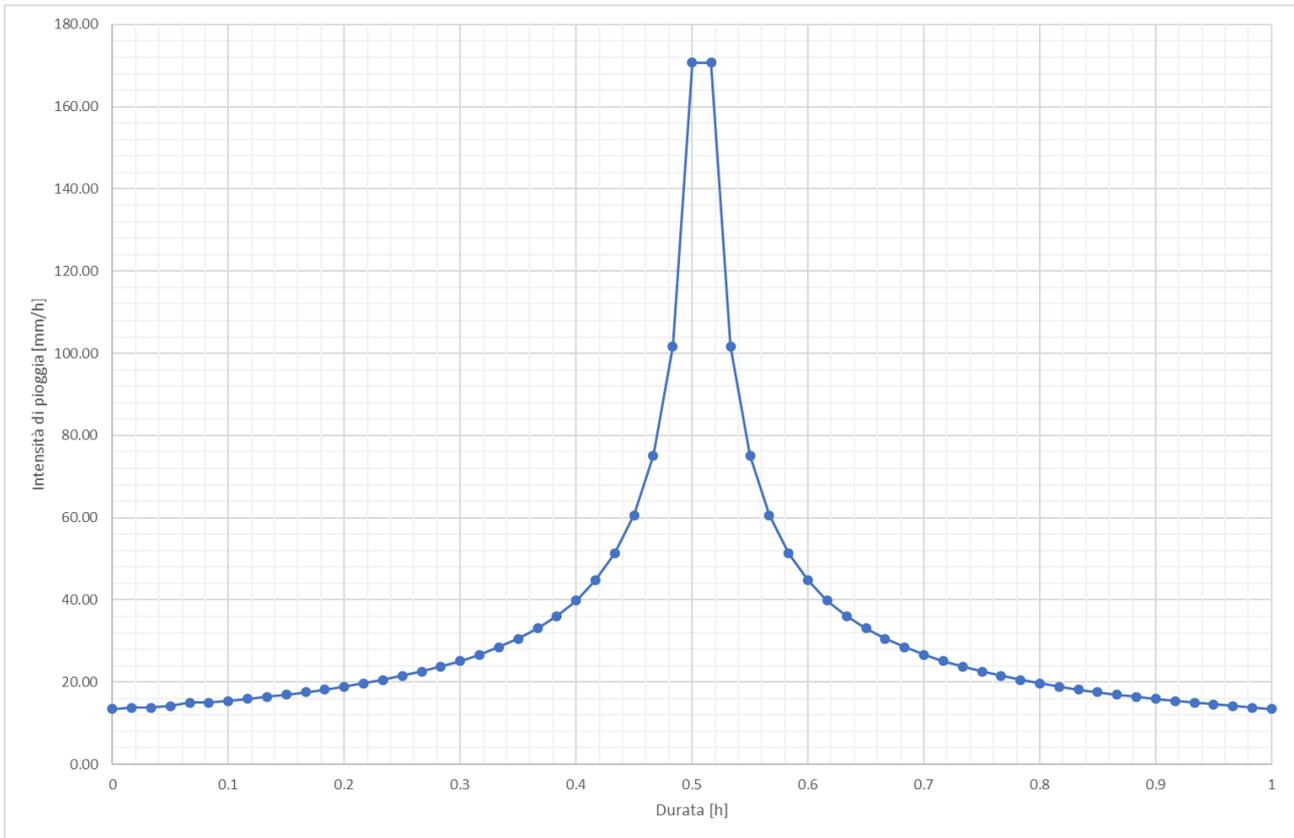


Figura 6 Ietogramma Chicago di progetto: Tr=50 anni, Durata D>1 ora e posizione del picco a 0.5: SUPERFICIE FONDIARIA

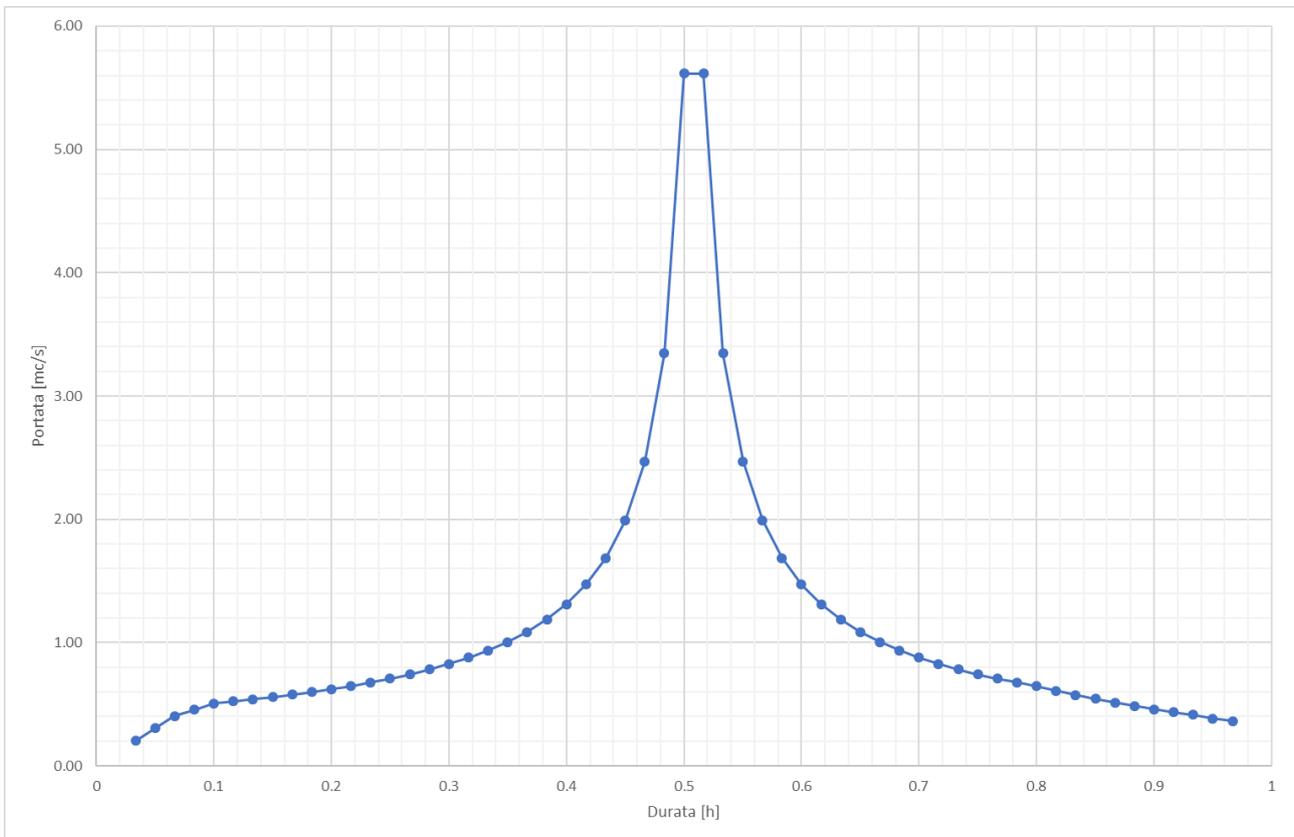


Figura 7 Idrogramma di progetto: Tr=50 anni, Durata D>1 ora e posizione del picco a 0.5: SUPERFICIE FONDIARIA

Infine si riporta un grafico della portata entrante (linea nera), della portata laminata (linea verde) e del volume cumulado (linea rossa):

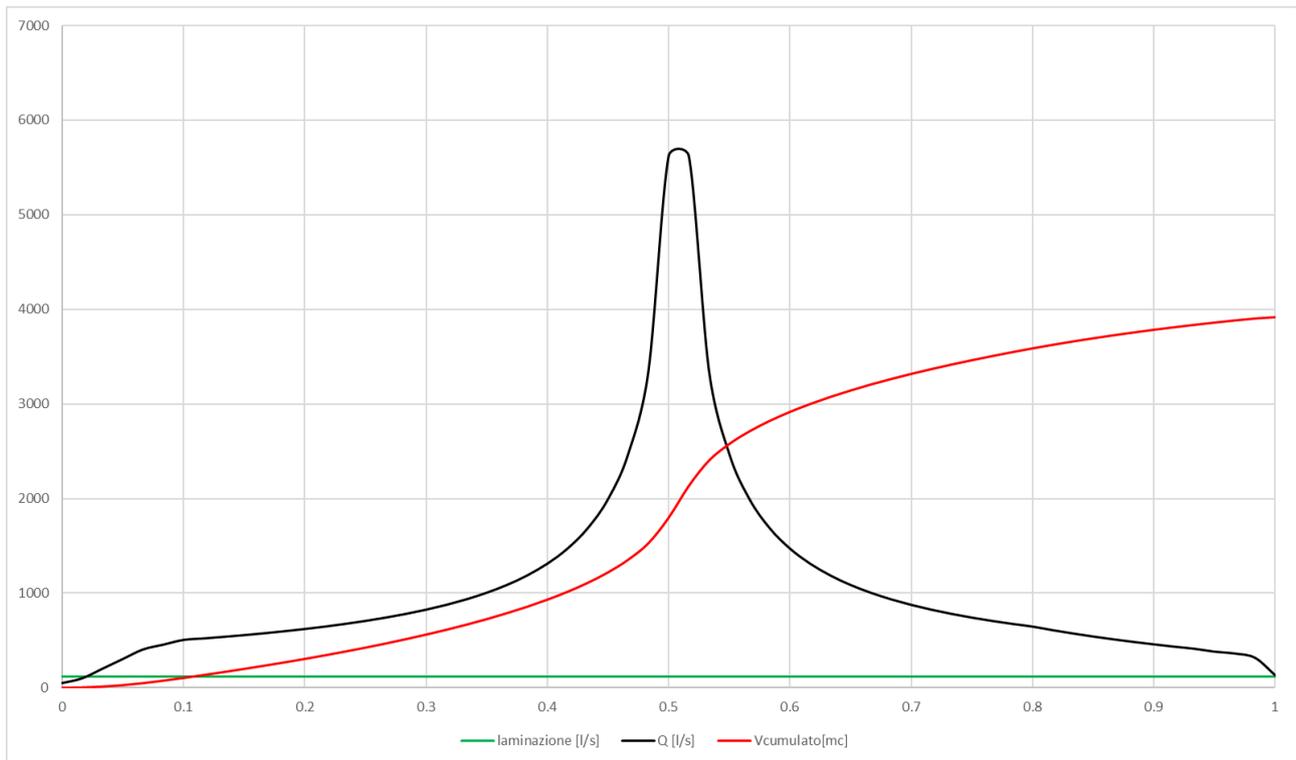


Figura 8 Portata entrante (nero), portata laminata (verde), volume cumulado (rosso) per $T_r=50$ anni, Durata $D>1$ ora e posizione del picco a 0.5: SUPERFICIE FONDIARIA

Dalla procedura di calcolo dettagliata, con riferimento ad un tempo di ritorno $T_r=50$ anni, si ottengono i seguenti risultati:

Q [mc/s]	Vcumulato [mc]	Vlaminato [mc]	Vnetto [mc]
5.62	3918	426	3492

Tabella 5 Determinazione del volume cumulado, del volume laminato e del volume netto con riferimento alla procedura dettagliata e $T_r=50$ anni: SUPERFICIE FONDIARIA

3.5.2 Superficie urbanizzazione – Tr=50 anni (dimensionamento opere)

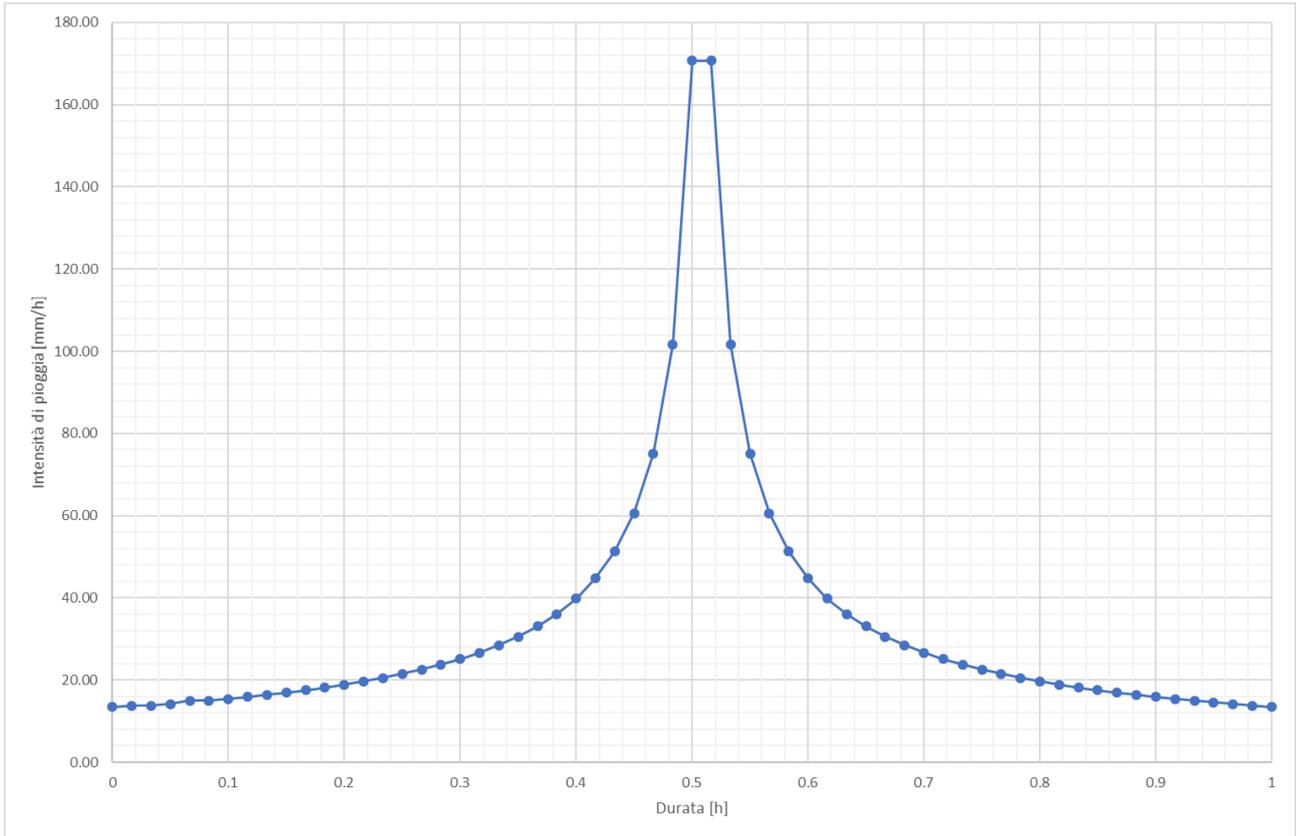


Figura 9 Ietogramma Chicago di progetto: Tr=50 anni, Durata D>1 ora e posizione del picco a 0.5: SUPERFICIE URBANIZZAZIONE

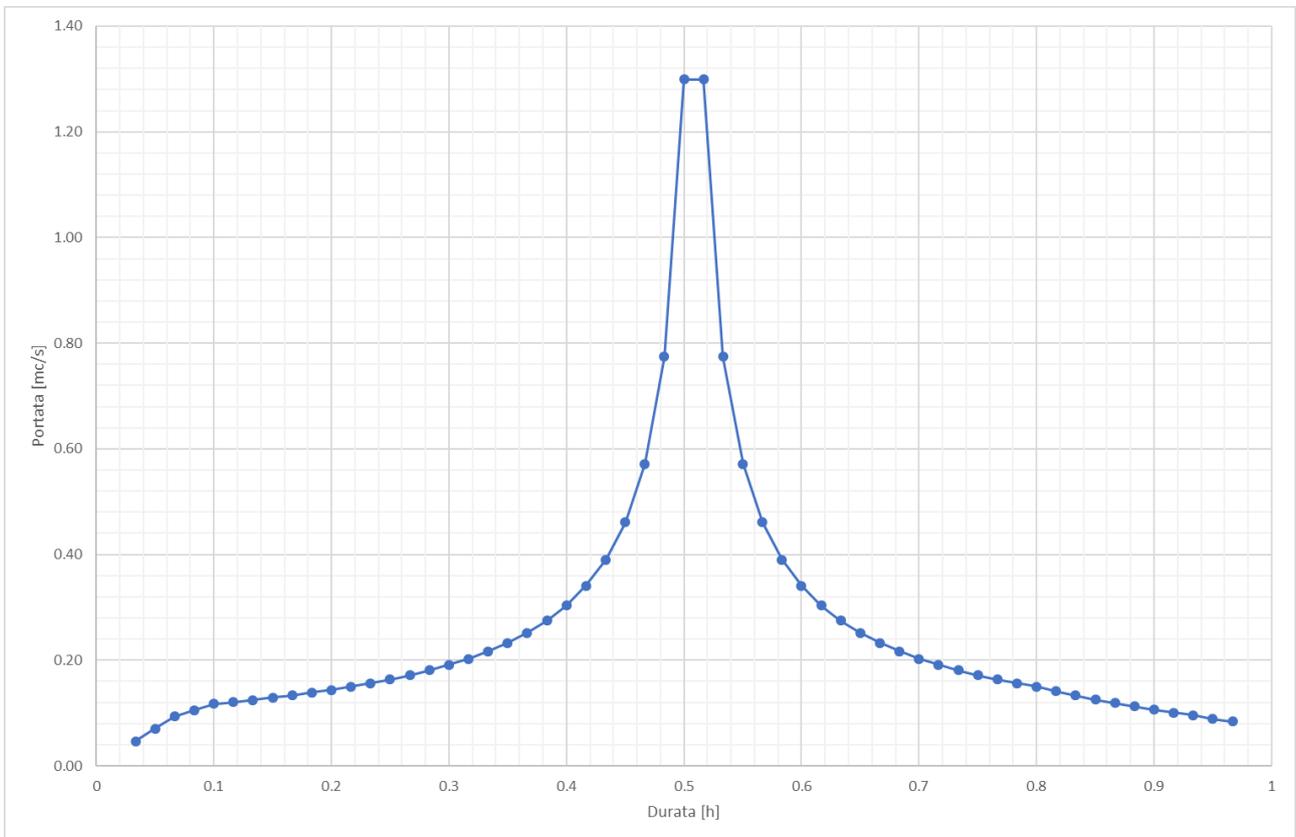


Figura 10 Idrogramma di progetto: Tr=50 anni, Durata D>1 ora e posizione del picco a 0.5: SUPERFICIE URBANIZZAZIONE

Infine si riporta un grafico della portata entrante (linea nera), della portata laminata (linea verde) e del volume cumulato (linea rossa):

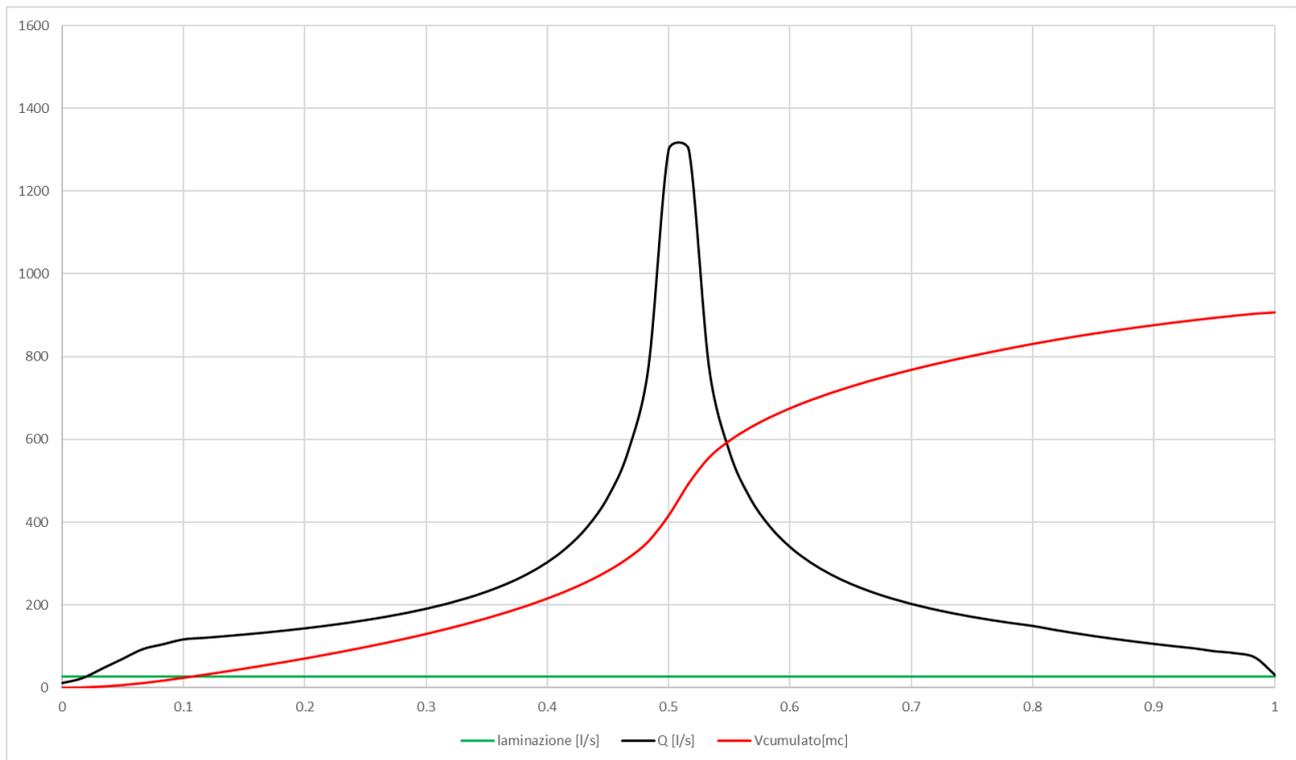


Figura 11 Portata entrante (nero), portata laminata (verde), volume cumulato (rosso) per $T_r=50$ anni, Durata $D>1$ ora e posizione del picco a 0.5: SUPERFICIE URBANIZZAZIONE

Dalla procedura di calcolo dettagliata, con riferimento ad un tempo di ritorno $T_r=50$ anni, si ottengono i seguenti risultati:

Q [mc/s]	Vcumulato [mc]	Vlaminato [mc]	Vnetto [mc]
1.30	907	99	808

Tabella 6 Determinazione del volume cumulato, del volume laminato e del volume netto con riferimento alla procedura dettagliata e $T_r=50$ anni: SUPERFICIE URBANIZZAZIONE

3.6 Risultati ottenuti mediante applicazione dei requisiti minimi

Si stimano i volumi di invaso mediante l'applicazione dei requisiti minimi forniti nell'art. 12, comma 2 del regolamento, distinti in funzione delle due superfici scolanti individuate (con criticità alta A):

$$V_{\text{invaso infiltrazione}} = (800 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}} \times \text{Area scolante ha}_{\text{imp}})$$

Si propone una tabella riassuntiva con i valori di invaso stimati per le due superfici interessate da intervento:

Tipo superficie	Area impermeabile [ha _{imp}]	V_{invaso infiltrazione} [m ³]
URBANIZZAZIONE	2.20	800 x 2.20 = 1760
FONDIARIA	11.89	800 x 11.89 = 9512

Tabella 7 Tabella riassuntiva dei volumi di invaso infiltrazione stimati mediante applicazione metodo requisiti minimi

4 Dimensionamento delle opere idrauliche di progetto

4.1 Volumi vasche di stoccaggio R.R. 7/2017 R.L.

Per la stima dei volumi d'acqua da invasare si è fatto riferimento alle due metodologie di calcolo proposte dal regolamento, nello specifico:

- Procedura dettagliata (§3.5);
- Requisiti minimi (§3.6).

Secondo le indicazioni del regolamento, per il dimensionamento delle opere va considerato il valore maggiore ottenuto dai vari metodi di calcolo (art.11, comma 2), pertanto, nel caso in esame verranno considerati (per ciascuna superficie individuata) i valori stimati mediante l'applicazione dei requisiti minimi. Per semplicità di lettura si propone una tabella riepilogativa con i valori dei volumi ottenuti mediante applicazione dei due metodi:

Tipo superficie	Metodo Applicato	V _{invaso infiltrazione} [m ³]
URBANIZZAZIONE	Requisiti minimi (art. 12 comma 2 R.R 7/2017)	1760
	Procedura dettagliata con Tr=50 (art.12 R.R. 7/2017)	808
FONDIARIA	Requisiti minimi (art. 12 comma 2 R.R 7/2017)	9512
	Procedura dettagliata con Tr=50 (art.12 R.R. 7/2017)	3492

Tabella 8 Tabella riassuntiva dei volumi di invasamento stimati in funzione della metodologia di calcolo secondo R.R. 7/2017

Da un punto di vista operativo, tali volumi verranno interamente laminati all'interno di due vasche in c.a. (con fondo e pareti impermeabili) ovvero in equivalenti invasi di laminazione/vasche volano anche non in c.a e scaricati (previa autorizzazione) nel corpo d'acqua superficiale.

4.2 Tempo necessario per lo svuotamento delle vasche

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".

Ciò premesso, considerando i volumi di invasamento laminazione (requisito minimo) calcolati nei capitoli precedenti ed il deflusso massimo ammissibile (previa autorizzazione) $U_{limite} \approx 10 \text{ l/s ha}_{imp}$, si stima il tempo necessario per lo svuotamento delle due vasche mediante l'applicazione della seguente espressione:

$$t_{svuotamento\ vasca} = V_{invaso\ laminazione\ requisito\ minimo} / Q_{limite}$$

Tipo superficie	V_{invaso infiltrazione} [m ³]	Q_{limite} [m ³ /h]	t_{svuotamento vasca} [h]
URBANIZZAZIONE	1760	99	1760/99 = 17 17h < 48h verificato
FONDIARIA	9512	426	9512/426 = 22 22h < 48h verificato

Tabella 9 Tabella riassuntiva dei tempi di svuotamento delle due vasche

La prescrizione fornita dal Regolamento Regionale in merito al tempo di svuotamento delle vasche **è verificata**.

Indice tabelle e figure

Tabelle

Tabella 1 Aree scolanti di progetto per la “superficie urbanizzazione”, valori desunti dalla tavola di progetto (redatta da Studio Tecnico di Architettura e urbanistica dell’Arch. Rosolino Pigozzi).....	8
Tabella 2 Aree scolanti di progetto per la “superficie fondiaria”, valori desunti dalla tavola di progetto (redatta da Studio Tecnico di Architettura e urbanistica dell’Arch. Rosolino Pigozzi)	8
Tabella 3 Stralcio immagine tabella 1 del R.R.7/2017 con individuazione della modalità di calcolo in funzione degli ambiti territoriali e della classe di intervento	9
Tabella 4 Valore dei coefficienti secondo metodo GEV per l’area in esame [Idro Arpa Lombardia]	11
Tabella 5 Determinazione del volume cumulato, del volume laminato e del volume netto con riferimento alla procedura dettagliata e $Tr=50$ anni: SUPERFICIE FONDIARIA	16
Tabella 6 Determinazione del volume cumulato, del volume laminato e del volume netto con riferimento alla procedura dettagliata e $Tr=50$ anni: SUPERFICIE URBANIZZAZIONE	18
Tabella 7 Tabella riassuntiva dei volumi di invaso infiltrazione stimati mediante applicazione metodo requisiti minimi.....	19
Tabella 8 Tabella riassuntiva dei volumi di invaso infiltrazione stimati in funzione della metodologia di calcolo secondo R.R. 7/2017	20
Tabella 9 Tabella riassuntiva dei tempi di svuotamento delle due vasche	21

Figure

Figura 1 Stralcio immagine satellitare relativo al sito oggetto di studio, indicato in giallo l’area di intervento [Google Earth].....	5
Figura 2 Schema esemplificativo dell’intervento al quale applicare le misure di invarianza idraulica e idrologica (BURL Supplemento 48 del 27/11/2017, pag.11)	6
Figura 3 Stralcio immagine non in scala della planimetria di progetto (elaborato dallo Studio Tecnico di Architettura e urbanistica dell’Arch. Rosolino Pigozzi)	7
Figura 4 Output dati Portale Idrologico Geografico per il sito in esame (ARPA Lombardia)	11
Figura 5 Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore e linee segnalatrici di probabilità pluviometrica [elaborazione eseguita mediante l’applicativo di Idro Arpa Lombardia per il sito in esame].....	12
Figura 6 Ietogramma Chicago di progetto: $Tr=50$ anni, Durata $D>1$ ora e posizione del picco a 0.5: SUPERFICIE FONDIARIA.....	15
Figura 7 Idrogramma di progetto: $Tr=50$ anni, Durata $D>1$ ora e posizione del picco a 0.5: SUPERFICIE FONDIARIA	15
Figura 8 Portata entrante (nero), portata laminata (verde), volume cumulato (rosso)per $Tr=50$ anni, Durata $D>1$ ora e posizione del picco a 0.5: SUPERFICIE FONDIARIA	16
Figura 9 Ietogramma Chicago di progetto: $Tr=50$ anni, Durata $D>1$ ora e posizione del picco a 0.5: SUPERFICIE URBANIZZAZIONE.....	17
Figura 10 Idrogramma di progetto: $Tr=50$ anni, Durata $D>1$ ora e posizione del picco a 0.5: SUPERFICIE URBANIZZAZIONE	17
Figura 11 Portata entrante (nero), portata laminata (verde), volume cumulato (rosso)per $Tr=50$ anni, Durata $D>1$ ora e posizione del picco a 0.5: SUPERFICIE URBANIZZAZIONE	18