
Comune Lodi

Provincia Lodi

Committente **Az. Agr. Floralia di Oldani Fabrizio**

Oggetto **Realizzazione locali di servizio, nuova serra e strutture per attività florovivaistica sita in Comune di Lodi, via della Marescalca, 20**
Relazione sull'invarianza idraulica ai sensi del R.R. n.7/2017 e del R.R. n. 8/2019

Data 12 ottobre 2021

Responsabile e referente Ing. Laura Pezzoni

F.to digitalmente ex art. 24, D.Lgs. n. 82/05



Operatori Ing. Cesare Vasini
Direttore Tecnico Ing. Laura Pezzoni

calcolo idraulico

GEOLAMBDA

Engineering S.r.l.

Sede operativa: via A. Diaz, 22 – 26845 Codogno (LO)
tel. e fax (+39).0377.433021

www.geolambda.eu – pec:
geolambda@geolambda.viapec.it
e-mail: laura.pezzoni@geolambda.it

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. UBICAZIONE DELL'AREA.....	4
3. INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DEL R.R. N.7/2017 E N.8/2019.....	5
3.1 Classificazione degli interventi e modalità di calcolo	5
3.2 Calcolo delle precipitazioni di progetto	6
3.3 Scelta della soluzione progettuale.....	8
3.4 Dimensionamento del sistema di laminazione secondo il metodo delle sole piogge ...	10
3.4.1 Vasca di laminazione	11
3.5 Verifica del grado di sicurezza ai sensi dell'art. 11 c. 2	12
3.6 Calcolo del tempo di svuotamento.....	13
4. ALLEGATI.....	13

1. PREMESSA

La scrivente Società è stata incaricata di predisporre la relazione tecnica ai sensi dell'art. 10 del R.R. n. 7/2017 e R.R. n. 8/2019 relativamente all'intervento di realizzazione di locali di servizio, di una nuova serra e di strutture per un'attività florovivaistica presso via della Marescalca 20 a Lodi. La presente relazione ha lo scopo di descrivere la soluzione di invarianza idraulica e le corrispondenti opere di invaso e scarico costituenti il sistema di drenaggio delle acque meteoriche fino al punto terminale di scarico.

Inoltre, verranno fornite le informazioni relative a:

- calcolo delle precipitazioni in progetto;
- calcolo del processo di laminazione negli invasi a ciò destinati e relativi dimensionamenti;
- calcolo del tempo di svuotamento dei volumi invasati.

La presente relazione e i relativi calcoli sono eseguiti sulla documentazione progettuale resa disponibile dalla Committenza e sulla Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica (LSPP 1 – 24 ore) riferita agli eventi di pioggia di Lodi (tratta dall'archivio informatico dell'ufficio idrografico dell'A.R.P.A. Lombardia), utilizzando un tempo di ritorno di 50 anni per i calcoli relativi al rispetto dell'invarianza idraulica e di 100 anni per la verifica.

2. UBICAZIONE DELL'AREA

L'area oggetto di intervento si trova nella periferia sud-ovest di Lodi, a ridosso della Tangenziale Sud. Catastalmente l'area è contenuta al Foglio 52, Particelle 43, 179, 432, 476, 479, 480, 483, 490 e 491.

Di seguito si riporta l'ubicazione dell'area in oggetto dove è previsto l'intervento, su foto aerea.



Figura 1: estratto aerofotogrammetrico con individuazione dell'area in oggetto.

3. INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DEL R.R. N.7/2017 E N.8/2019

3.1 Classificazione degli interventi e modalità di calcolo

Ai fini dell'individuazione delle modalità di calcolo definite dall'art.9 del R.R. n. 7/2017 e n. 8/2019, sono stati definiti:

- la tipologia di intervento: si tratta di un intervento di nuova costruzione consistente in ampliamento, come definito dall'art.3, comma 1, lettera e, del D.P.R. 380/2001, previsto dall'art.3 del R.R. n. 7/2017 e n.8/2019 tra gli interventi tenuti al rispetto del principio di invarianza o idrologica di cui all'art.58 bis, comma 2, della L.R: 12/2005;
- la tipologia di area: il Comune di Lodi ricade in **area B** definita "a media criticità idraulica" in consonanza a quanto disposto all'art. 7 c.5 del R.R. n.7/2017 e n.8/2019;
- le superfici interessate dall'intervento, riassunte in Tabella 1;
- il coefficiente di deflusso medio ponderale: valutato suddividendo le superfici nelle tre categorie ai sensi dell'art.11 comma 2 punto d, pari a **1,00**.

<i>tipologia superficie</i>	<i>superfici in progetto (m²)</i>	<i>coefficiente di deflusso</i>
Superficie tot	344	
Aree impermeabili di cui:	344	1
Nuova serra	275	1
Locali di servizio	69	1
Aree semi-drenanti	0	0,7
Aree verdi	0	0,3
Coefficiente d'afflusso medio ponderale		1,00

Tabella 1: Superfici in progetto e calcolo del coefficiente di afflusso.

- il valore della portata meteorica ammissibile scaricabile nel **recettore finale** ($Q_{u,lim}$): applicando il valore per le aree B di 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, la quale risulta: $20 \frac{l}{s \cdot ha} \cdot 0,034 ha \cdot 1,00 \approx \mathbf{0,69 l/s}$.

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	
		da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4		
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		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		

Tabella 2: Tabella 1 art 9 del R.R. n. 8/2019.

Le modalità di calcolo da applicare sono definite nella tabella 1 dell'art.9 del R.R. n. 8/2019, da cui si evince che il caso in esame ricade in **classe di intervento 2 “impermeabilizzazione potenziale media”** per cui deve essere adottato il “Metodo delle sole piogge”.

3.2 Calcolo delle precipitazioni di progetto

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per la determinazione delle precipitazioni di progetto sono stati ricavati da ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it>) per la località in oggetto e sono riportate nelle figure seguenti.

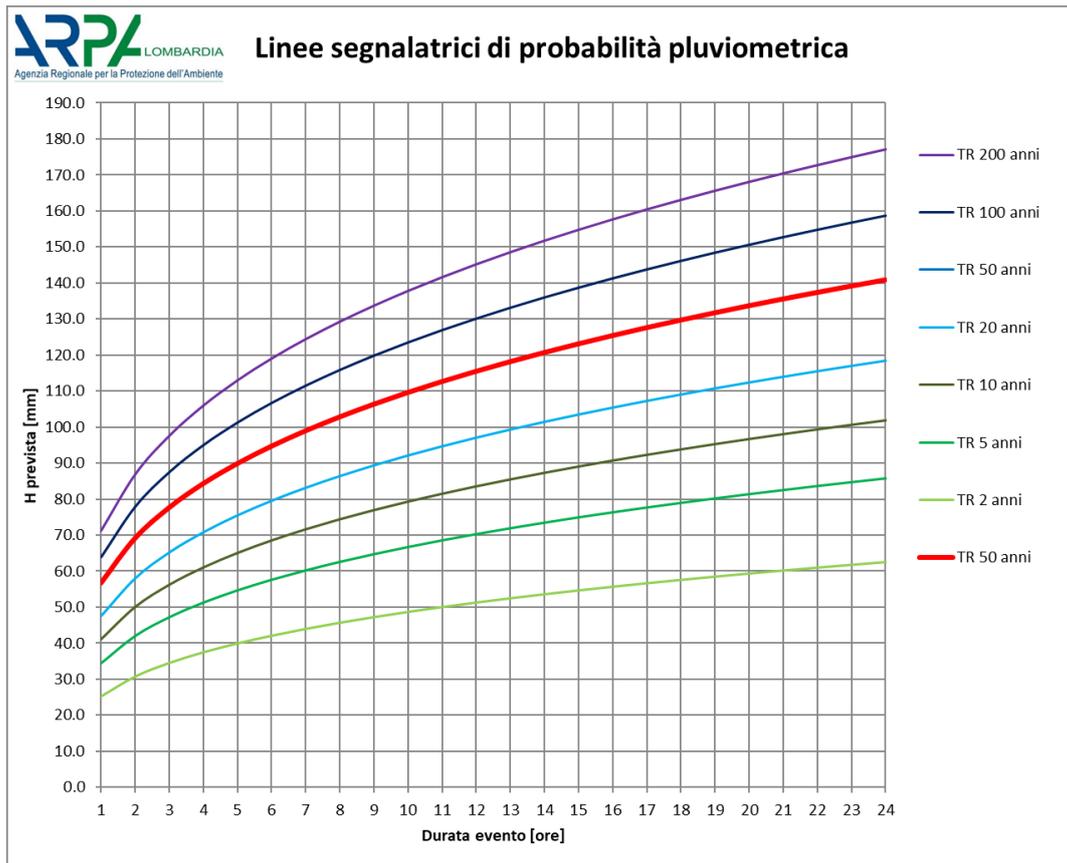


Figura 2: Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica 1-24 h, parametri ricavati da <http://idro.arpalombardia.it>.

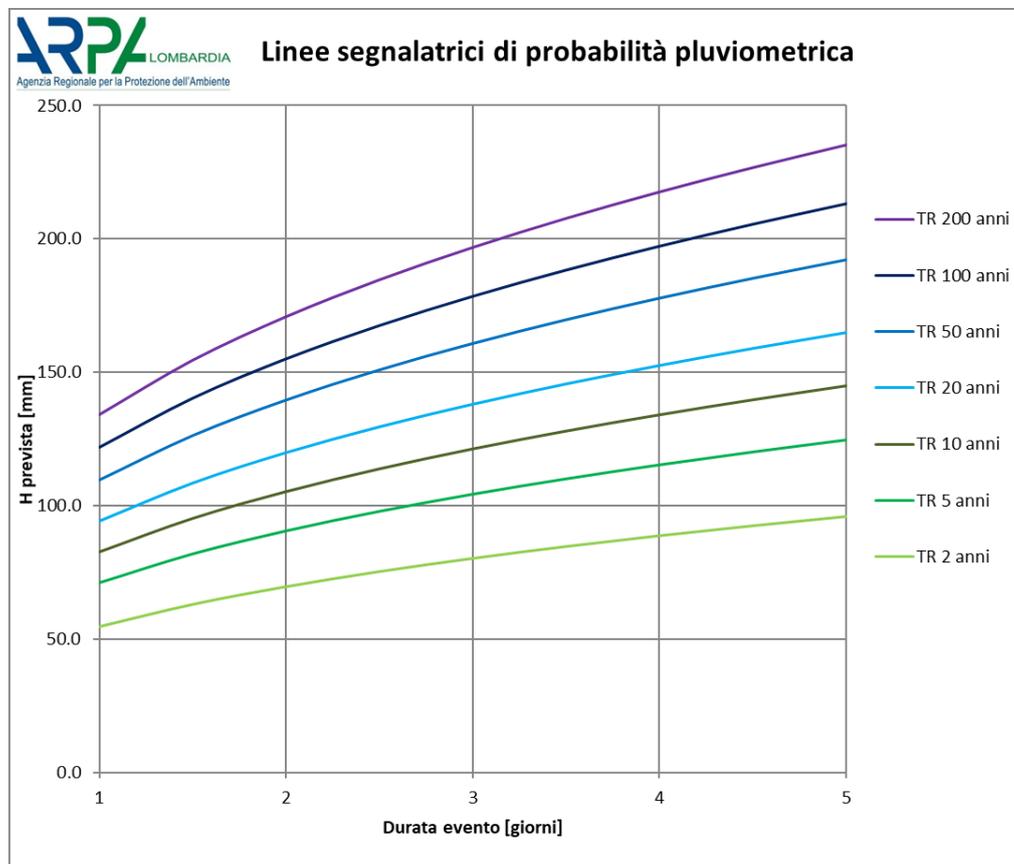


Figura 3: Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica 1-5 giorni, parametri ricavati da <http://idro.arpalombardia.it>.

Le curve sono espresse nella forma:

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

con:

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

In cui h è l'altezza di pioggia, D è la durata, a_1 è il coefficiente pluviometrico orario, w_T è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T , n è l'esponente della curva (parametro di scala), α , ε , k sono parametri delle leggi probabilistiche GEV adottate.

Di seguito si riportano i parametri delle curve poste a base del calcolo:

curva 1-24 h		curva 1-5 gg	
a_1 - Coefficiente pluviometrico orario	27,2900	a_1 - Coefficiente pluviometrico orario	19,4586
n - Coefficiente di scala	0,2864	n - Coefficiente di scala	0,3482
w_{50} - Tempo di ritorno 50 anni	2,0770	w_{50} - Tempo di ritorno 50 anni	1,8634
w_{100} - Tempo di ritorno 100 anni	2,3388	w_{100} - Tempo di ritorno 100 anni	2,0693
GEV - parametro α	0,2833		
GEV - parametro k	-0,0659		
GEV - parametro ε	0,8165		

Tabella 3: Parametri delle curve ricavati da <http://idro.arpalombardia.it>.

3.3 Scelta della soluzione progettuale

In ottemperanza alle disposizioni contenute all'art. 5 punto 1, e perseguendo l'obiettivo di favorire il controllo e la gestione delle acque meteoriche mediante sistemi che garantiscano l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso, si è proceduto in prima battuta a verificare la possibilità di infiltrare le acque meteoriche nei primi strati del sottosuolo.

Secondo quanto indicato nella tavola "Carta idrogeologica" contenuta nella componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. del Comune di Lodi, nell'area dove è previsto l'intervento la soggiacenza è superiore a 3 metri, mentre la permeabilità è bassa (10^{-8} m/s < K < 10^{-7} m/s).

Le prove di permeabilità eseguite dal geol. Emani hanno evidenziato per i primi strati del sottosuolo una certa variabilità dei valori di permeabilità, che però confermano l'indicazione del P.G.T., con una permeabilità inferiore a 10^{-7} m/s.

A causa della scarsa permeabilità dei terreni, ne risulta che la dispersione delle acque meteoriche nel sottosuolo non è perseguibile. Pertanto, si propone la seguente soluzione di invarianza idraulica, concordata con la Committenza:

- Per le acque meteoriche relative alla nuova serra: vasca di laminazione con scarico in un fosso di proprietà;
- Per le acque meteoriche relative ai locali di servizio: vasca di laminazione con scarico negli strati superficiali del suolo.

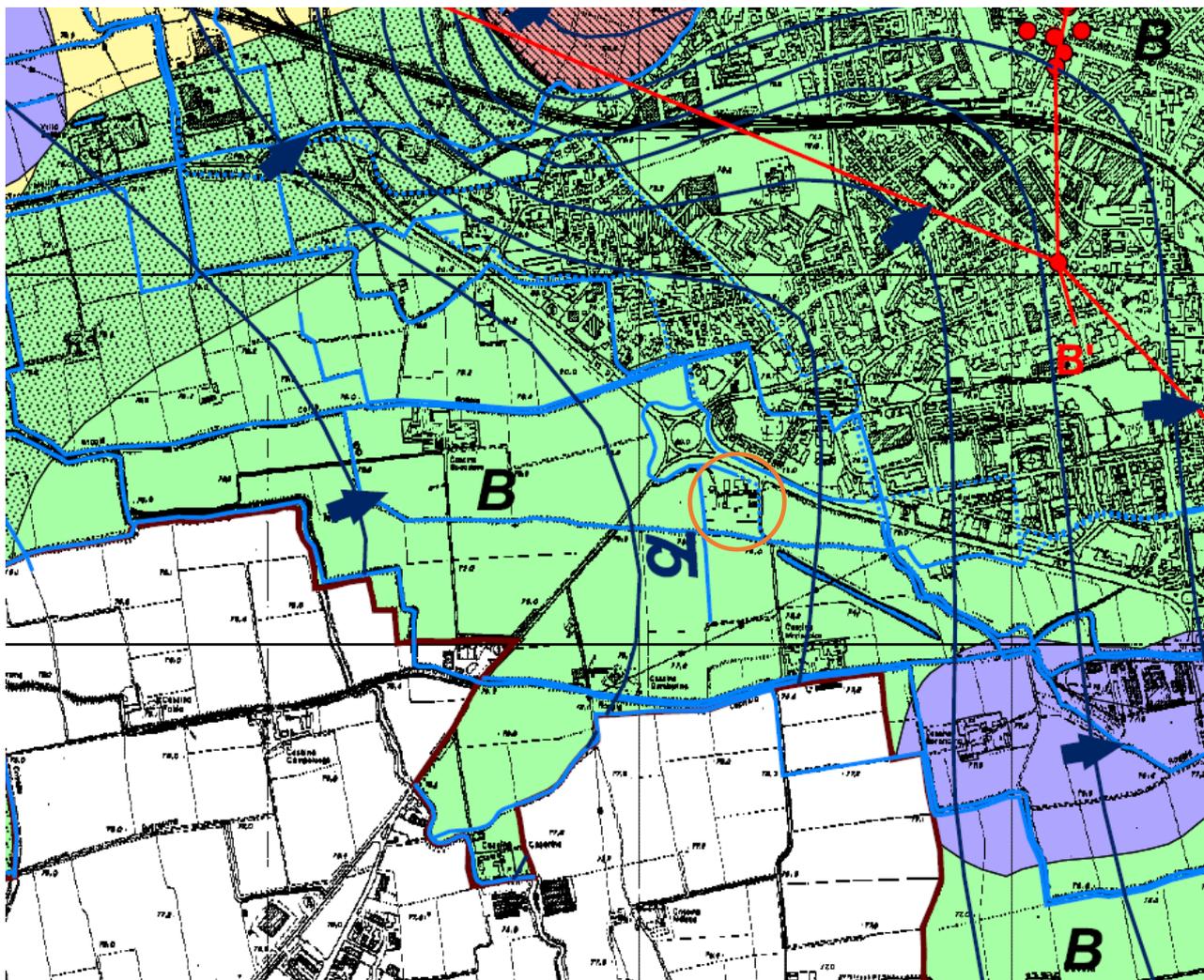


Figura 4: Estratto della tavola "Carta idrogeologica" del P.G.T. del Comune di Lodi. In arancio l'area in oggetto.

Classi di permeabilità (m/s):

A	ALTA ($10^{-2} < k < 10^{-3}$)
MDA	MEDIO-ALTA ($10^{-5} < k < 10^{-4}$)
MDB	MEDIO-BASSA ($10^{-7} < k < 10^{-6}$)
B	BASSA ($10^{-8} < k < 10^{-7}$)

Soggiacenza media della falda superficiale in m da p.c.:

	< 1.50 m
	1.50 - 3.00 m
	> 3.00 m

	Isoreatica con quota in m s.l.m.
	Direzione flusso falda freatica
	Asse drenante
	Pozzo pubblico
	Specchio d'acqua
	Corso d'acqua
	Corso d'acqua, ramo secondario
	Corso d'acqua, tratto tombinato
	Orlo di scarpata morfologica principale
	Orlo di scarpata morfologica secondaria
	Traccia sezione geologica
	Confine di Comune

3.4 Dimensionamento del sistema di laminazione secondo il metodo delle sole piogge

Nel caso di “impermeabilizzazione potenziale media”, come nel caso in esame, è stato adottato il “Metodo delle sole piogge”, il quale si basa sulle seguenti assunzioni:

- l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_e(t)$ nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata D e portata costante Q_e pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1}$$

e il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

in cui S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso, φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo calcolabile con i valori standard esposti nell'articolo 11, comma 2, lettera d) del R.R. 8/2019 riportati nel paragrafo precedente (quindi $S \cdot \varphi$ è la superficie scolante impermeabile dell'intervento), D è la durata di pioggia, $a = a_1 \cdot w_T$ e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica.

- l'onda uscente $Q_u(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante Q_u (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili scaricabili nei recettori finali di cui all'articolo 8 del R.R. 8/2019. La portata costante uscente da una vasca è pari a:

$$Q_{u,lim} = S \cdot \varphi \cdot u_{lim}$$

e il volume complessivamente uscito nel corso della durata D dell'evento è pari a:

$$W_u = S \cdot \varphi \cdot u_{lim} \cdot D$$

in cui u_{lim} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico.

Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento dell'invaso è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

Quindi, il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento di durata generica D è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot \varphi \cdot u_{lim} \cdot D$$

La figura seguente mostra graficamente la curva $W_e(D)$, concava verso l'asse delle ascisse, in aderenza alla curva di possibilità pluviometrica, e la retta $W_u(D)$ e indica come la distanza verticale ΔW tra tali curve ammetta una condizione di massimo che individua così l'evento di durata D_W critica per la laminazione.

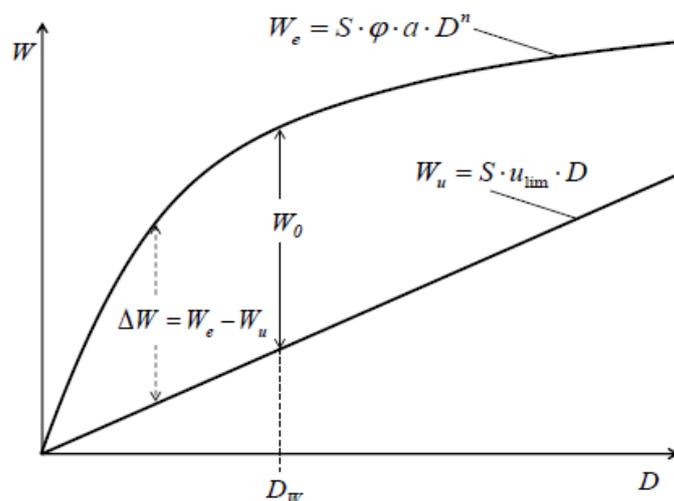


Figura 5: Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico D_W e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato.

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo e considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica, si ottengono le seguenti formule che sono state utilizzate per il calcolo del massimo volume di laminazione:

$$D_W = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_W^n - 3,6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_W$$

3.4.1 Vasca di laminazione

Il criterio adottato per il dimensionamento dei volumi d'invaso è il già esposto metodo delle sole piogge, che considera come portata in uscita Q_u la portata limite imposta dal Regolamento, pari complessivamente a 0,69 l/s come già richiamato nel Paragrafo 3.1.

Utilizzando pertanto i dati descritti nei paragrafi precedenti e le formule sopra riportate, sono risultati i seguenti volumi di laminazione.

Vasca di laminazione – Nuova serra			
$Q_{u,lim}$ (l/s)	0,55	$Q_{u,lim}$ (l/s)	0,55
D_W (ore) (curva 1-24 h)	3,13	D_W (ore) (curva 1-5 gg)	2,37
W_0 (m ³) (curva 1-24 h)	15,4	W_0 (m ³) (curva 1-5 gg)	18,2
Vasca di laminazione – Locale di servizio			
$Q_{u,lim}$ (l/s)	0,14	$Q_{u,lim}$ (l/s)	0,14
D_W (ore) (curva 1-24 h)	3,13	D_W (ore) (curva 1-5 gg)	2,37
W_0 (m ³) (curva 1-24 h)	3,9	W_0 (m ³) (curva 1-5 gg)	4,6

Tabella 4: risultati dei calcoli con il metodo delle sole piogge

Essendo la durata D_W risultata inferiore alle 24 ore, il dato da considerare corretto è quello relativo alla curva 1-24 h, quindi il **volume di laminazione di progetto risultante** dal calcolo con il metodo delle sole piogge è di **16 m³** per la nuova serra e di **4 m³** per il locale di servizio. Tale volume risulta maggiore del requisito minimo previsto dall'articolo 12, comma 2; esso infatti sarebbe pari a $500 \frac{m^3}{ha_{imp}}$, ovvero 14 m³ per la nuova serra e 3 m³ per il locale di servizio.

3.5 Verifica del grado di sicurezza ai sensi dell'art. 11 c. 2

Ai fini della verifica del grado di sicurezza ai sensi dell'art. 11 c. 2 del R.R. n. 8/2019, di seguito si riporta la verifica del grado di riempimento del sistema di invaso per evento di pioggia con tempo di ritorno $T = 100$ anni.

Come in sede di dimensionamento si è adottato il metodo delle sole piogge, in questo caso però il tempo di ritorno delle piogge è stato assunto di 100 anni.

$$a(T = 100) = A_1 W_{100} = 63,83 \text{ (mm)}$$

Si riportano nella seguente tabella i risultati della verifica relativa ai 100 anni di tempo di ritorno per la soluzione prospettata:

Soluzione	Volume (T50)	Volume (T100)	Esito verifica (T100)
Vasca laminazione (nuova serra)	16	19	Non verificato
Vasca laminazione (locale di servizio)	4	5	Non verificato

Tabella 5: Risultati della verifica con tempo di ritorno 100 anni.

In definitiva, si ritiene che il sistema di laminazione adottato non risulti verificato per eventi pluviometrici con $T = 100$ anni a meno di non adottare un sovradimensionamento rispetto a quanto indicato nel calcolo con $T = 50$ anni.

3.6 Calcolo del tempo di svuotamento

In funzione della portata allontanata dal sistema Q_u , il tempo di svuotamento dopo il termine dell'evento a partire dal volume calcolato per rispettare il regolamento (W_{acc}) è dato dalla seguente formula:

$$t_{svuotamento} = \frac{W_{acc}}{Q_u}$$

Si riportano nella seguente tabella i risultati della verifica relativa al tempo di svuotamento per la soluzione prospettata:

Soluzione	W_{acc}	Q_u	t svuotamento	Esito verifica
Vasca laminazione (nuova serra)	16	0,55	7,8	Verificato
Vasca laminazione (locale di servizio)	4	0,14	7,8	Verificato

Tabella 6: Verifica del tempo di svuotamento per le tre soluzioni progettuali proposte.

Il tempo di svuotamento risulta minore delle 48 ore imposte dall'art.11 c. 2 lettera f) del R.R. 8/2019.

4. ALLEGATI

- Allegato 01: Asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento (Allegato E).

ALLEGATO 01

Asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del Regolamento (Allegato E - R.R. n. 7/2017)

Dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà (art. 47 DPR 28 dicembre 2000 n. 445)

La sottoscritta Laura Pezzoni, nata a Codogno (LO), il 21/02/1977, residente a Orio Litta (LO), Via G. Leopardi n. 1, iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Lodi al n. 434, incaricata dall'Azienda Agricola Floralia di Oldani Fabrizio a redigere il progetto di invarianza idraulica e idrologica relativamente all'intervento di realizzazione di locali servizio, di una nuova serra e di strutture per attività florovivaistica in via della Marescalca 20, Comune di Lodi, catastalmente identificato al Foglio 52, Particelle 43, 179, 432, 476, 479, 480, 483, 490 e 491, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici,

Consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'articolo 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (articolo 75 D.P.R. 445/2000);

DICHIARA

- Che il Comune di Lodi, in cui è sito l'intervento, ricade all'interno dell'area: B a media criticità idraulica;
- che per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica è stata considerata la portata massima ammissibile per l'area B, pari a:
 - 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
 - 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
 - l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, derivante da limite imposto dall'Ente gestore del ricettore
- che, in relazione all'effetto potenziale dell'intervento e alla criticità dell'ambito territoriale (rif. articolo 9 del regolamento), l'intervento ricade nella classe di intervento:
 - Classe "0"
 - Classe "1" Impermeabilizzazione potenziale bassa
 - Classe "2" Impermeabilizzazione potenziale media
 - Classe "3" Impermeabilizzazione potenziale alta
- che l'intervento ricade nelle tipologie di applicazione dei requisiti minimi di cui:
 - all'articolo 12, comma 1 del regolamento

- all'articolo 12, comma 2 del regolamento
- di aver redatto il Progetto di invarianza idraulica e idrologica con i contenuti di cui:
 - all'articolo 10, comma 1 del regolamento (casi in cui non si applicano i requisiti minimi)
 - all'articolo 10, comma 2 e comma 3, lettera a) del regolamento (casi in cui si applicano i requisiti minimi)
- di aver redatto il Progetto di invarianza idraulica e idrologica conformemente ai contenuti del regolamento, con particolare riferimento alle metodologie di calcolo di cui all'articolo 11 del regolamento;

ASSEVERA

- che il Progetto di invarianza idraulica e idrologica previsto dal regolamento (articoli 6 e 10 del regolamento) è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto disposto dal piano di governo del territorio, dal regolamento edilizio e dal regolamento;
- che le opere di invarianza idraulica e idrologica progettate garantiscono il rispetto della portata massima ammissibile nel ricettore prevista per l'area in cui ricade il Comune ove è ubicato l'intervento.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'articolo 13 del Dlgs 196 del 30 giugno 2003, che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Codogno, 12/10/2021

Il dichiarante

F.to digitalmente ex art. 24, D.Lgs. n. 82/05



Ai sensi dell'articolo 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, così come modificato dall'articolo 47 del d. lgs. 235 del 2010, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta e presentata unitamente a copia fotostatica non autenticata di un documento di identità del sottoscrittore. La copia fotostatica del documento è inserita nel fascicolo. La copia dell'istanza sottoscritta dall'interessato e la copia del documento di identità possono essere inviate per via telematica. La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (articolo 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'articolo 37 D.P.R. 445/2000.