

Regione EMILIA-ROMAGNA

Provincia di Modena

Comune di Novi di Modena

**Nuovo magazzino stagionatura formaggio e
ampliamento impianto concentrazione siero
RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA**

Committente

Nome **Caseificio Razionale Novese**

Indirizzo **Via Provinciale Mantova, 73 - Novi di Modena (MO)**

Edificio / Area

Descrizio

ne **Caseificio Razionale Novese**

Indirizzo **Novi di Modena**

Studio tecnico

Nome **INGEGNERIA & ACUSTICA - INGEGNERI ASSOCIATI**

Indirizzo **VIA CARLO MARX, 97 - 41012 CARPI (MO)**

Progettista

Nome **Cocconi Ing. Davide**

Ordine di **Ingegneri della provincia di Mantova - n. 1370/A**

Rif.: Novese NUOVI EDIFICI

Software di calcolo: Edilclima - EC737 - versione 2

Data di redazione del documento: 08/07/2025

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI**
- 3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA**
- 4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**
- 5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**
- 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI**
 - 6.1 Metodo diretto italiano
 - 6.2 Metodo analitico di dettaglio
- 7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA**
- 8. TEMPO DI SVUOTAMENTO**
- 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di [Nuovo magazzino stagionatura formaggio e ampliamento impianto concentrazione siero](#), sito in [Via Provinciale Mantova n. 73, Novi di Modena \(MO\)](#).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di **8304,0 m²**.

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al Piano stralcio per il rischio idrogeologico - Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano - Adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m.i., come da variante di coordinamento PGRA-PAI, adottata dal C.I. con delibera 2/2 del 7/11/2016 (D.G.R. 2112/2016) di Regione Emilia Romagna. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI

Individuazione dell'area

Comune di Novi di Modena Provincia Modena
Classe dell'intervento Impermeabilizz. potenziale modesta

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso φ
	Area impermeabile	8304,0	0,90

Superficie totale 8304,0 m² Coefficiente afflusso medio ponderale φ_m 0,9000

Dati amministrativi

Concessione edilizia n. _____ del 08/07/2025
Richiesta permesso di costruire _____ del 08/07/2025
Permesso di costruire/DIA/SCIA/CIL o CIA _____ del 08/07/2025
Variante permesso di costruire/DIA/SCIA/CIL o CIA _____ del 08/07/2025

3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA

La soluzione adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica è la seguente.

Realizzazione di bacino di laminazione e invaso nelle tubazioni della fognatura, per la laminazione delle piogge proveniente dalle nuove aree impermeabilizzate costituite dagli edifici e dalle nuove aree asfaltate per la viabilità interna allo stabilimento, per un'area totale pari a 8304 mq.

Limitazione della portata con luce a battente diam. 90 mm

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili, Q_{umax} , si adotta il seguente valore: 16,60 l/s. Tale portata è desunta come da [Portata massima scaricabile 20 l/s/ha](#).

5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine viene applicato il metodo delle linee segnalatrici di pioggia a due parametri a e n , in cui i parametri a ed n vengono determinati con riferimento ad un ben preciso valore di tempo di ritorno, TR, dell'evento meteorico.

L'altezza di precipitazione di progetto viene calcolata come segue:

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

h [mm]: altezza di pioggia

D [ore]: durata di pioggia

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

a [mm/ora ^{n}]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

Per durate delle precipitazioni superiori ad un'ora si adottano i valori dei parametri a e n valevoli per durate superiori ad un'ora ed inferiori a 24 ore.

Per le durate inferiori a un'ora si utilizza lo stesso parametro a , adottato per eventi di durata superiore all'ora, mentre il parametro n viene definito in modo specifico per tale durata.

Per quanto riguarda al tempo di ritorno TR adottato per la stima dei parametri, si fa riferimento a valori idonei a garantire le condizioni di sicurezza dell'opera e rispettare i valori e le indicazioni richiesti da norma, come riportato a seguito nel report dei calcoli.

6. 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:

- metodo diretto italiano
- metodo analitico di dettaglio

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.

6.1 Metodo diretto italiano

Il metodo diretto italiano è un caso particolare derivato dal metodo italiano dell'invaso (Supino 1929; Puppini 1932). Esso permette di calcolare direttamente i volumi d'invaso necessari per modulare il picco di piena semplicemente mantenendo costante il coefficiente udometrico al variare del coefficiente d'afflusso φ_m .

Per il calcolo del volume dell'invaso W_0 [m^3] si applica la seguente formula:

$$W_0 = v \cdot A - W_r$$

v [m^3/ha]: volume specifico dell'invaso

A [ha]: area totale scolata interessata dall'intervento

W_r [m^3]: volume dell'acqua invasata dalla rete di drenaggio riferiti allo stato post operam

Per il calcolo del volume specifico d'invaso si applica la seguente formula:

$$v = w_0 \left(\frac{\varphi_m}{\varphi_0} \right)^{\frac{1}{1-n}} - 15 \cdot I - w_0 \cdot P$$

v [m^3/ha]: volume specifico dell'invaso

w_0 [m^3/ha]: volume specifico dei piccoli invasi naturali riferiti allo stato ante operam, pari a 50

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale post operam

φ_0 [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale ante operam

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia pari a 0,48

I [-]: frazione di area trasformata, pari alla superficie dell'area trasformata diviso per la superficie totale

P [-]: frazione di area inalterata, pari a (1 - I)

Per la stima dei coefficienti di deflusso φ_m e φ_0 si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\varphi_m = 0,9 \cdot Imp + 0,2 \cdot Per$$

$$\varphi_0 = 0,9 \cdot Imp_0 + 0,2 \cdot Per_0$$

Imp [-]: frazione dell'area totale da ritenersi impermeabile post operam

Imp_0 [-]: frazione dell'area totale da ritenersi impermeabile ante operam

Per [-]: frazione dell'area totale da ritenersi permeabile post operam

$Per_0 [-]$: frazione dell'area totale da ritenersi permeabile ante operam

Gli invasi di rete W_r vengono calcolati come sommatoria dei volumi invasati da tutti i tratti di rete.

6.2 Metodo analitico di dettaglio

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.

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 con luce a battente circolare si adotta la seguente legge di efflusso.

$$Q_u(H) = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot H}$$

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

$H [m]$: battente idrico

$D [m]$: diametro interno del foro

$A [m^2]$: area della bocca d'uscita = $\pi \cdot D^2/4$

$\mu [-]$: coefficiente di efflusso ($\mu = 0,6$)

$g [m/s^2]$: accelerazione di gravità

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.

$$W_0 = \max_i(W_i)$$

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.

8. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento T_{sv} viene calcolato mediante la simulazione dinamica dell'invaso, come tempo intercorrente tra il termine dell'evento meteorico ed il tempo di completo svuotamento dell'invaso.

9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Novi di Modena

Provincia Modena

Metodi di calcolo adottati

Metodo diretto italiano

Metodo analitico di dettaglio

Portata massima scaricabile

Portata massima scaricabile

16,60 l/s

Definizione aree

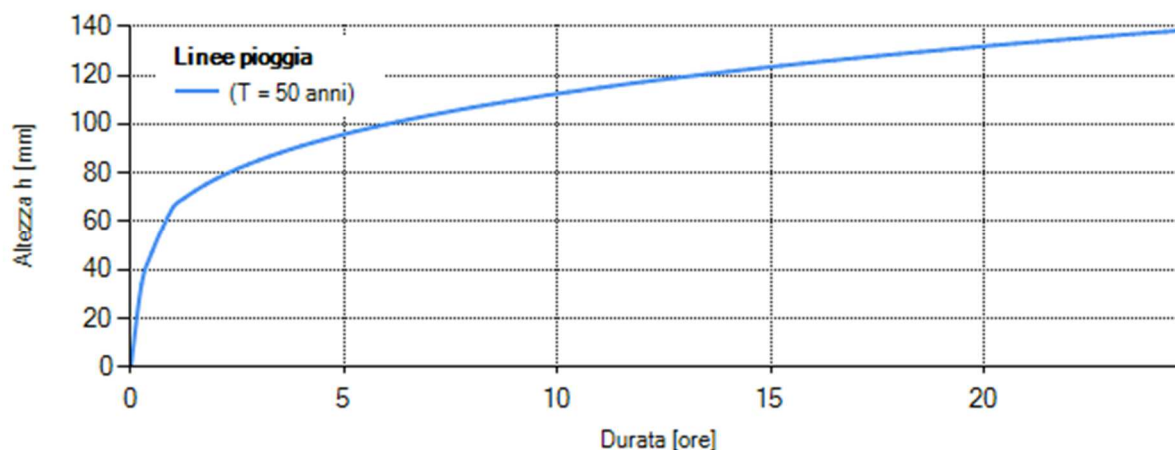
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
	Area impermeabile	<u>8304,0</u>	<u>0,90</u>

Sup. totale intervento 8304,0 m² Coeff. afflusso medio ponderale ϕ_m 0,9000

LINEE SEGNALATRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Tempo di ritorno	TR	50	anni
Coefficiente pluviometrico orario	a	66,21	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	0,2300	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n ₁	0,4800	-

Linee pioggia - Grafico



Linee pioggia - Risultati tabellari

Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
0	0,00
1	66,21
2	77,65
3	85,24
4	91,07
5	95,87
6	99,98
7	103,58
8	106,82
9	109,75
10	112,44
11	114,93
12	117,26
13	119,43
14	121,49
15	123,43
16	125,28
17	127,04
18	128,72
19	130,33
20	131,87
21	133,36
22	134,80
23	136,18
24	137,52

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
	Area impermeabile	8304,0	0,90	8

Superficie totale intervento: 8304,0 m²

Valori medi 0,9000

Parametri del Metodo diretto italiano						
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Affl. ϕ ante	Coeff. Affl. ϕ post	V. Invasi w ante [m ³ /ha]	V. Invasi w post [m ³ /ha]
	Area trasformata	8304,0	0,20	0,90	50,00	15,00
Valori medi			0,2000	0,9000	50,00	15,00

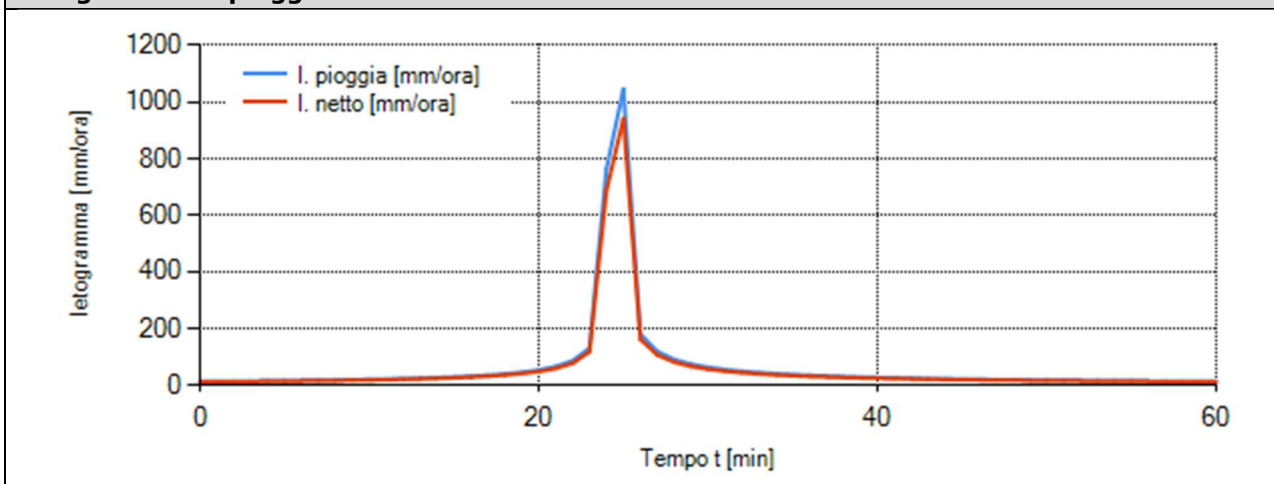
Invasi di rete				
Descrizione	Lunghezza [m]	Diametro int. D_i [mm]	Grado riemp. R [-]	Volume W_r [m ³]
Fognatura diam. 500x14,6 mm M	250,0	470,0	0,8	34,699
Fognatura diam. 315x9.2 mm S	190,0	296,0	0,8	10,460
Fognatura diam. 315x9.2 mm M	50,0	296,0	0,8	2,753
Valori totali				47,911

IETOGRAMMA DI PIOGGIA

Definizione ietogramma di pioggia -

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

Ietogramma di pioggia - Grafico



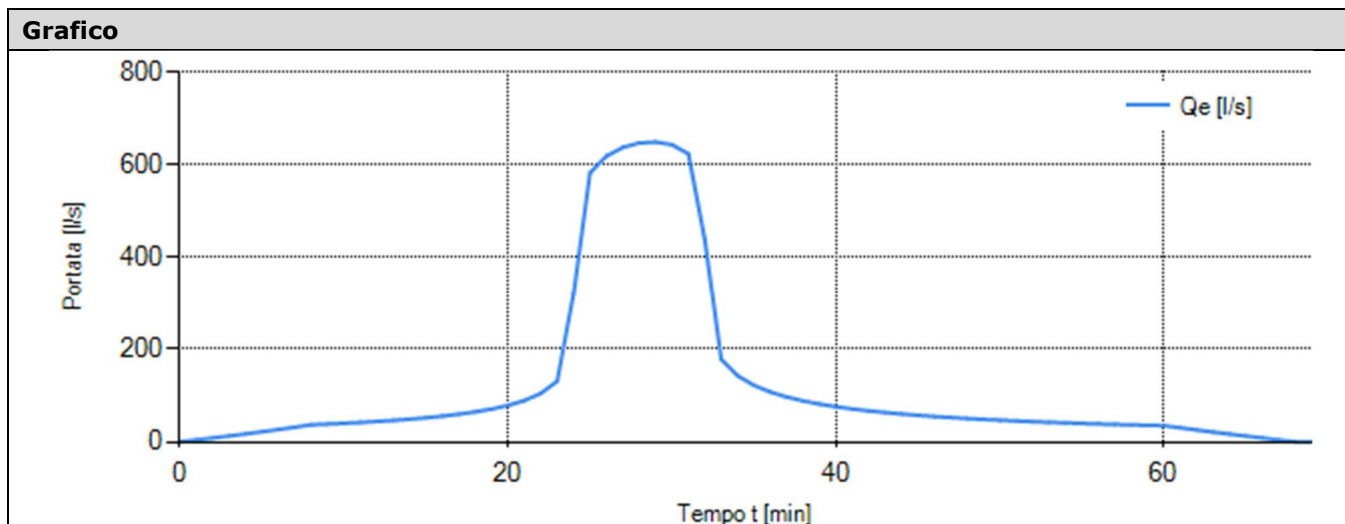
Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	14,99	13,49
5	17,87	16,08
8	20,33	18,29
9	21,33	19,20
10	22,45	20,21
11	23,72	21,35
12	25,17	22,66
13	26,84	24,16
14	28,80	25,92
15	31,11	28,00
16	33,89	30,50
17	37,33	33,60
18	41,69	37,52
19	47,44	42,70
20	55,42	49,88
21	67,38	60,64
22	87,70	78,93
23	132,23	119,00
24	765,04	688,54
25	1045,39	940,85
26	180,68	162,61
27	119,84	107,86
28	92,07	82,86
29	75,73	68,15
30	64,83	58,34
31	56,97	51,27
32	51,01	45,91
33	46,31	41,68
34	42,50	38,25
35	39,35	35,41
36	36,68	33,01
37	34,40	30,96

38	32,42	29,18
39	30,68	27,61
40	29,14	26,23
41	27,77	25,00
42	26,54	23,89
43	25,43	22,89
44	24,42	21,98
45	23,50	21,15
46	22,65	20,39
47	21,87	19,68
48	21,15	19,04
49	20,48	18,43
50	19,86	17,88
51	19,28	17,35
52	18,74	16,87
53	18,23	16,41
54	17,75	15,98
55	17,30	15,57
56	16,88	15,19
60	15,39	13,85

IDROGRAMMA DI PIENA

Area			
Tipo area	Area impermeabile		
Superficie		8304,0	m ²
Coefficiente di afflusso	ϕ	0,90	-
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	21,59	36,75	38,27	39,94	41,80	43,87	46,20	48,85	51,88
Tempo [min]	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Portata Q _e [l/s]	55,40	59,56	64,55	70,72	78,57	89,10	104,39	130,65	320,54	582,34
Tempo [min]	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Portata Q _e [l/s]	618,44	637,24	646,76	648,92	642,98	623,44	438,00	178,53	142,64	121,74
Tempo [min]	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Portata Q _e [l/s]	107,35	96,62	88,21	81,38	75,70	70,89	66,74	63,13	59,95	57,12
Tempo [min]	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
Portata Q _e [l/s]	54,58	52,29	50,22	48,32	46,59	44,99	43,51	42,14	40,87	39,69
Tempo [min]	56	60	65							
Portata Q _e [l/s]	38,58	34,77	12,26							

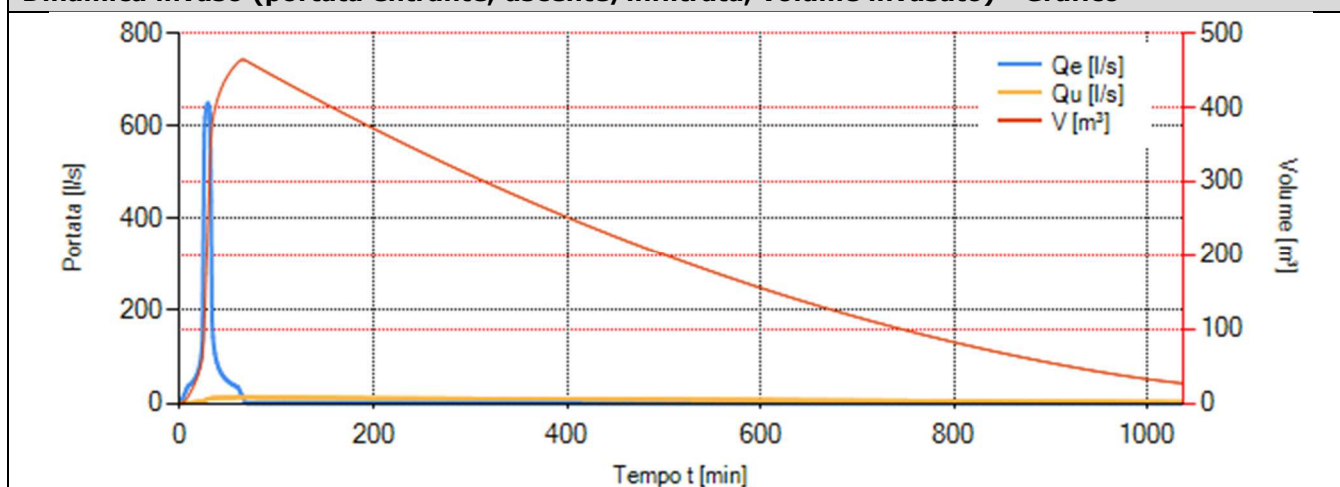
DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo diretto italiano			
Volume invaso minimo	W_0	688,55	m ³
$W_0 = \frac{v \cdot A}{10.000} - W_r$ $v = w_0 \left(\frac{\varphi_m}{\varphi_0} \right)^{\frac{1}{1-n}} - w$			

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_W	1,00	ore
Battente idrico massimo	$H_{\max}$	0,77	m
Volume invaso minimo	W	464,15	m ³
<i>Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.</i>			

CALCOLO DINAMICA INVASO

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



Risultati tabellari

Tempo [min]	Portata entrante Q_e [l/s]	Portata scaricata/infiltrata Q_u [l/s]	Vol. utile invasato W [m³]	Battente idrico H [m]
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	21,59	0,28	3,12	0,00
8	36,75	0,73	8,25	0,01
9	38,27	0,93	10,45	0,01
10	39,94	1,13	12,74	0,01
11	41,80	1,34	15,12	0,02
12	43,87	1,57	17,60	0,02
13	46,20	1,80	20,20	0,02
14	48,85	2,04	22,94	0,03
15	51,88	2,30	25,83	0,03
16	55,40	2,57	28,90	0,03
17	59,56	2,86	32,18	0,04
18	64,55	3,18	35,73	0,04
19	70,72	3,52	39,58	0,04
20	78,57	3,75	43,84	0,05
21	89,10	3,95	48,64	0,05
22	104,39	4,17	54,20	0,06
23	130,65	4,43	61,00	0,07
24	320,54	4,89	74,25	0,08
25	582,34	5,70	101,02	0,11
26	618,44	6,63	136,68	0,15
27	637,24	7,48	173,92	0,19
28	646,76	8,25	211,97	0,24
29	648,92	8,97	250,33	0,28
30	642,98	9,63	288,52	0,32
31	623,44	10,24	325,92	0,36
32	438,00	10,71	357,13	0,40
33	178,53	10,98	374,98	0,42
34	142,64	11,11	383,95	0,43
35	121,74	11,21	391,21	0,43
36	107,35	11,30	397,41	0,44
37	96,62	11,38	402,85	0,45
38	88,21	11,45	407,71	0,45
39	81,38	11,51	412,11	0,46
40	75,70	11,57	416,13	0,46
41	70,89	11,62	419,83	0,47
42	66,74	11,66	423,26	0,47

43	63,13	11,71	426,46	0,47
44	59,95	11,75	429,44	0,48
45	57,12	11,79	432,25	0,48
46	54,58	11,82	434,89	0,48
47	52,29	11,86	437,39	0,49
48	50,22	11,89	439,75	0,49
49	48,32	11,92	441,99	0,49
50	46,59	11,95	444,12	0,49
51	44,99	11,98	446,15	0,50
52	43,51	12,00	448,09	0,50
53	42,14	12,03	449,94	0,50
54	40,87	12,05	451,71	0,50
55	39,69	12,07	453,40	0,50
56	38,58	12,09	455,02	0,51
60	34,77	12,17	460,89	0,51
65	12,26	12,21	464,15	0,52
70	0,00	12,18	461,65	0,51
75	0,00	12,13	458,00	0,51
80	0,00	12,09	454,37	0,50
85	0,00	12,04	450,75	0,50
90	0,00	11,99	447,15	0,50
95	0,00	11,94	443,56	0,49
100	0,00	11,89	439,98	0,49
105	0,00	11,84	436,42	0,48
110	0,00	11,80	432,88	0,48
115	0,00	11,75	429,34	0,48
120	0,00	11,70	425,83	0,47
125	0,00	11,65	422,33	0,47
130	0,00	11,60	418,84	0,47
135	0,00	11,56	415,36	0,46
140	0,00	11,51	411,90	0,46
150	0,00	11,41	405,03	0,45
180	0,00	11,12	384,75	0,43
210	0,00	10,83	364,99	0,41
240	0,00	10,54	345,76	0,38
270	0,00	10,25	327,04	0,36
300	0,00	9,96	308,85	0,34
330	0,00	9,67	291,17	0,32
360	0,00	9,39	274,02	0,30
390	0,00	9,10	257,38	0,29
420	0,00	8,81	241,27	0,27
450	0,00	8,52	225,68	0,25
480	0,00	8,23	210,61	0,23
510	0,00	7,94	196,06	0,22
540	0,00	7,65	182,03	0,20
570	0,00	7,36	168,52	0,19
600	0,00	7,07	155,53	0,17
630	0,00	6,78	143,07	0,16
660	0,00	6,49	131,12	0,15
690	0,00	6,20	119,70	0,13
720	0,00	5,91	108,79	0,12
750	0,00	5,62	98,41	0,11
780	0,00	5,34	88,54	0,10
810	0,00	5,05	79,20	0,09
840	0,00	4,76	70,38	0,08
870	0,00	4,47	62,08	0,07
900	0,00	4,18	54,30	0,06
930	0,00	3,89	47,04	0,05
960	0,00	3,58	40,30	0,04
990	0,00	3,05	34,34	0,04
1020	0,00	2,60	29,26	0,03
1036	0,00	2,39	26,86	0,03

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso

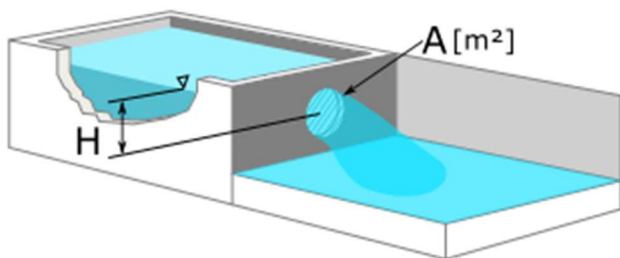
Superficie pianta invaso	A_{inv}	900,00	m ²
--------------------------	-----------	--------	----------------

Verifiche invaso

		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	0,80	$\geq$	0,77	m	Positiva
Volume utile invaso	W	720,00	$\geq$	688,55	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	16,3	$\leq$	48,0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	15,21	$\leq$	16,60	l/s	Positiva

Sistema di scarico

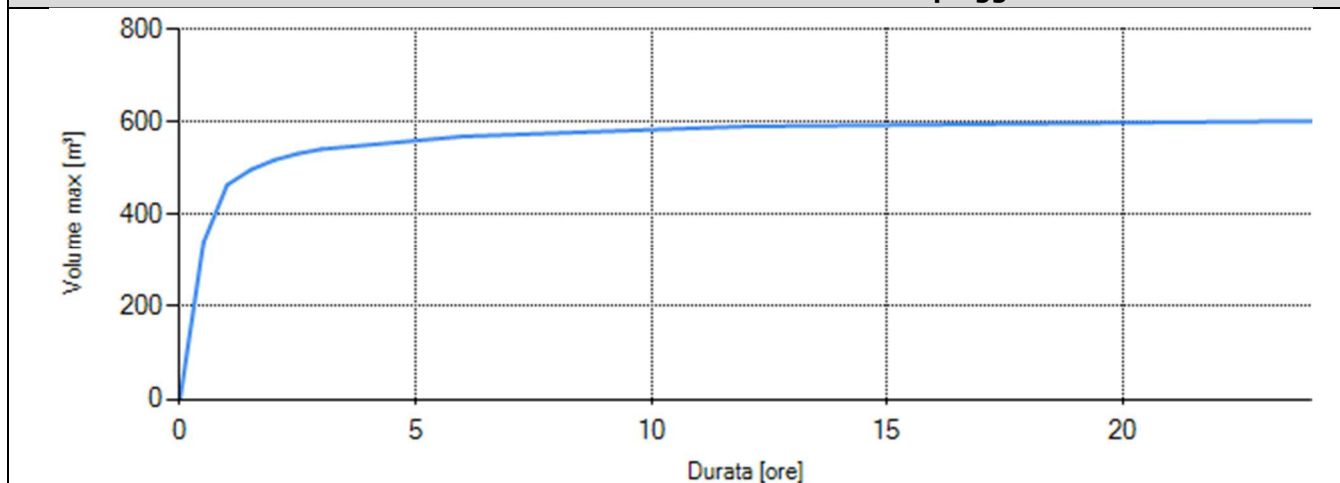
Tipologia di svuotamento	Luce a battente circolare
--------------------------	---------------------------



Battente idrico utile massimo	H	0,80	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	15,21	l/s
Area della bocca d'uscita	A	0,0064	m ²

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	339,95
1,0	464,15
1,5	496,73
2,0	517,64
2,5	531,64
3,0	541,09
6,0	568,53
12,0	590,37
24,0	601,80