



PROGETTISTI

massimobassini
architetto

via Garibaldi, 83 - 29121 Piacenza • tel. e fax 0523 071364 • cell. 347 805974 • email archibasso63@gmail.com
Codice fiscale BSSMSM63D24D611R • Partita Iva IT01148130337 • Iscrizione Albo Architetti di Piacenza n° 264

Ing. Annamaria Croci

Studio Ingegneria Civile

Piazza XX Settembre, 23 - 29013 Carpaneto P.no (Pc)

Telefono 0523 859598 - e-mail: tecnico@crocicostruzioni.it

COMMITTENTE

Società C. 2000 s.r.l.

Via Santa Franca n° 21 - 29121 Piacenza (PC)

Codice fiscale/Partita Iva 01275620332

OGGETTO

Comune di San Giorgio P.no - Provincia di Piacenza

**ACCORDO OPERATIVO PER L'ATTUAZIONE
DELL'AREA "SAN FRANCESCO" IDENTIFICATA
COME AMBITO 8.0 (sub-ambito 8.1) E PARTE
DELL'AMBITO 9.0, AI SENSI DELL'ART. 38 DELLA L.R.
N. 24 DEL 21/12/2017**

TIMBRO E FIRMA

TITOLO ELABORATO

**RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO
DELLE RETI FOGNARIE ACQUE METEORICHE**

NUMERO ELABORATO

01/2020
LAVORO

FASE

R04
ELABORATO

03
REV

SCALA

FILE

DATA 16 ottobre 2023

Regione EMILIA-ROMAGNA
Provincia di Piacenza
Comune di San Giorgio Piacentino

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Committente

Nome
Indirizzo

Edificio / Area

Descrizione
ne **PUA SAN GIORGIO**
Indirizzo

Studio tecnico

Nome **H.S. ENGINEERING S.R.L.**
Indirizzo **VIA M. INGEGNERI, 4 - 26100 CREMONA (CR)**

Progettista

Ing. Croci Annamaria

Rif.: san giorgio 30 GIUGNO 2023
Software di calcolo: Edilclima - EC737 - versione 2
Data di redazione del documento: Giugno 2023

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 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 della rete di smaltimento delle acque meteoriche del nuovo PUA, sito in San Giorgio Piacentino.

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di **12644.0** 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 San Giorgio Piacentino Provincia Piacenza
Classe dell'intervento Impermeabilizz. potenziale significativa

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
ZONE IMPERMEABILI DEI LOTTI	Area impermeabile	3324.0	0.90
ZONE PERMEABILI DEI LOTTI	Area permeabile	4986.0	0.20
STRADE PARCHEGGI	Area impermeabile	4334.0	0.90

Superficie totale 12644.0 m² Coefficiente afflusso medio ponderale ϕ_m 0.6240

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: raccolta di tutte le acque meteoriche sul bacino all'interno di una rete di condotte realizzate con scatolari in c.a. dimensionati per garantire il volume necessario (laminazione con ipertubo) per rispettare la portata da immettere nella fognatura comunale nel rispetto dell'invarianza idraulica.

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili, Q_{umax} , si adotta il seguente valore: 25.30 l/s. Tale portata è desunta come dal valore ammesso di 20 l/sec/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 viene adottato il seguente metodo di calcolo:

- metodo analitico di dettaglio

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

6.1 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.

Nota 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.

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

$q_k [m^3/s]$: portata all'istante di tempo $t = k \cdot \Delta t$

$p_j [m^3/s]$: 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 $t = j \cdot \Delta t$

$\Delta t [ore]$: 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 Strickler

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 = $\pi \cdot D^2/4$

μ [-]: 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 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 San Giorgio Piacentino Provincia Piacenza

Metodi di calcolo adottati

Metodo analitico di dettaglio

Portata massima scaricabile

Portata massima scaricabile 25.30 l/s

Definizione aree

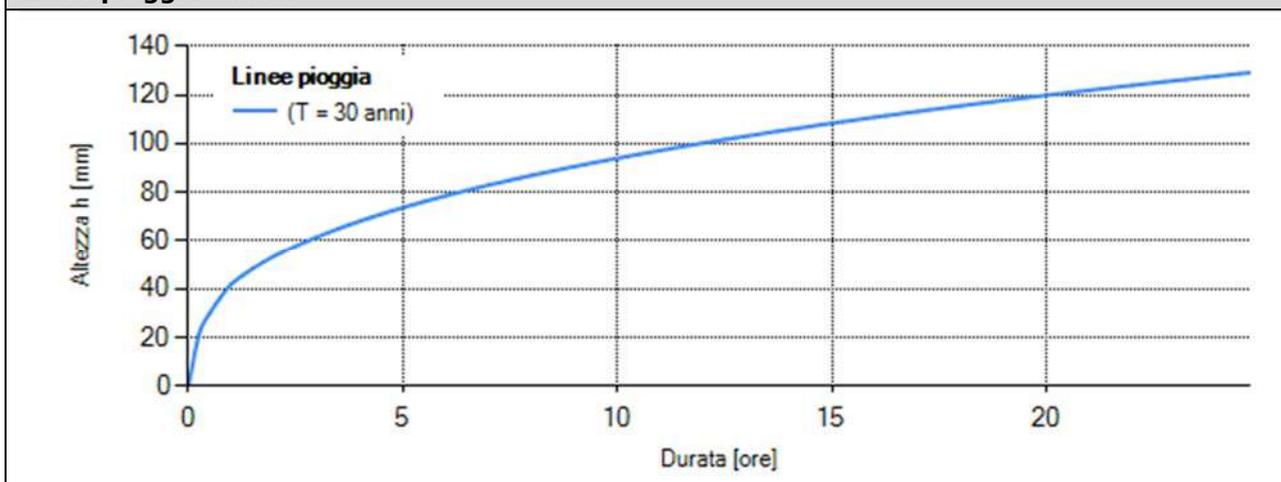
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso φ
ZONE IMPERMEABILI DEI LOTTI	Area impermeabile	3324.0	0.90
ZONE PERMEABILI DEI LOTTI	Area permeabile	4986.0	0.20
STRADE PARCHEGGI	Area impermeabile	4334.0	0.90

Sup. totale intervento 12644.0 m² Coeff. afflusso medio ponderale φ_m 0.6240

LINEE SEGNALTRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Tempo di ritorno	TR	30	anni
Coefficiente pluviometrico orario	a	42.00	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	0.3500	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n ₁	0.4800	-

Linee pioggia - Grafico



Linee pioggia - Risultati tabellari

Durata [ore]	(T= 30 anni) h [mm]
0	0.00
1	42.00
2	53.53
3	61.69
4	68.23
5	73.77
6	78.63
7	82.99
8	86.96
9	90.62
10	94.03
11	97.22
12	100.22
13	103.07
14	105.78
15	108.36
16	110.84
17	113.22
18	115.50
19	117.71
20	119.84
21	121.91
22	123.91
23	125.85
24	127.74

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

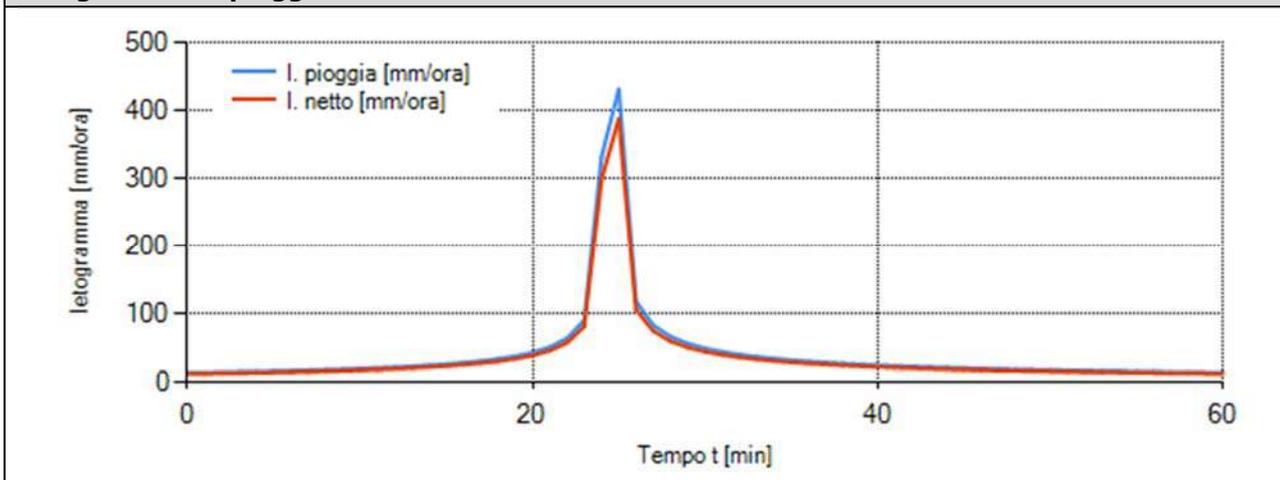
Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
ZONE IMPERMEABILI DEI LOTTI	Area impermeabile	3324.0	0.90	12
ZONE PERMEABILI DEI LOTTI	Area permeabile	4986.0	0.20	12
STRADE PARCHEGGI	Area impermeabile	4334.0	0.90	12
Superficie totale intervento: 12644.0 m ²		Valori medi	0.6240	

IETOGRAMMA DI PIOGGIA

Definizione ietogramma di pioggia - ZONE IMPERMEABILI DEI LOTTI

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

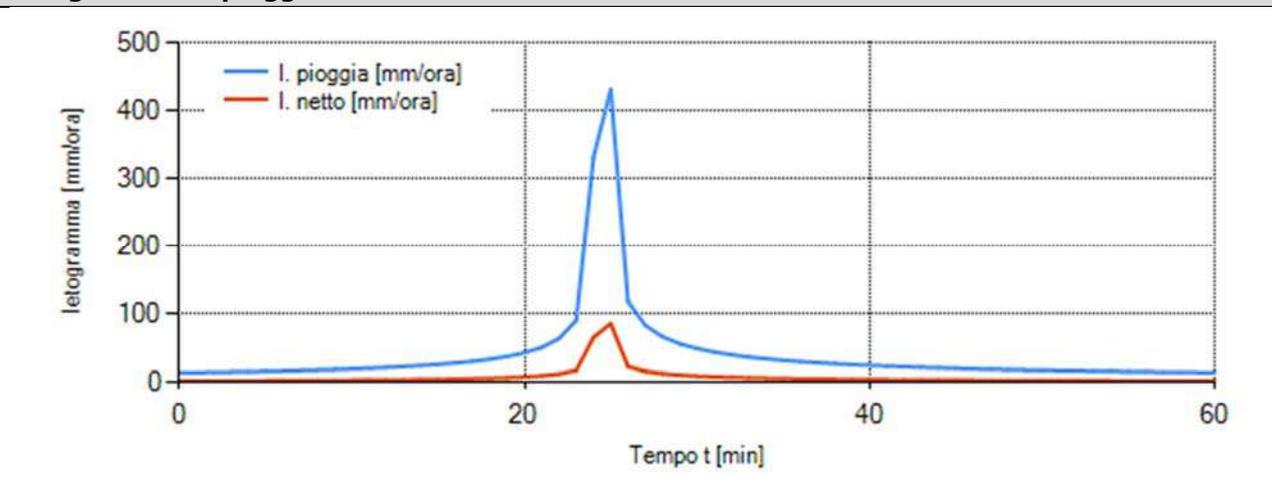
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	14.51	13.05
1	14.90	13.41
2	15.33	13.80
3	15.79	14.21
4	16.29	14.66
5	16.83	15.14
6	17.41	15.67
7	18.05	16.25
8	18.76	16.88
9	19.54	17.58
10	20.40	18.36
11	21.37	19.23
12	22.47	20.22
13	23.72	21.35
14	25.17	22.65
15	26.86	24.18
16	28.88	25.99
17	31.33	28.20
18	34.40	30.96
19	38.36	34.52
20	43.74	39.36
21	51.57	46.41
22	64.41	57.97
23	91.00	81.90
24	331.43	298.28
25	431.37	388.23
26	118.44	106.59
27	83.83	75.45
28	67.12	60.41
29	56.92	51.23
30	49.93	44.93
31	44.77	40.29

32	40.78	36.70
33	37.59	33.83
34	34.96	31.47
35	32.76	29.48
36	30.88	27.79
37	29.24	26.32
38	27.82	25.03
39	26.55	23.90
40	25.43	22.88
41	24.41	21.97
42	23.50	21.15
43	22.66	20.40
44	21.90	19.71
45	21.20	19.08
46	20.55	18.50
47	19.95	17.96
48	19.40	17.46
49	18.88	16.99
50	18.39	16.56
51	17.94	16.15
52	17.51	15.76
53	17.11	15.40
54	16.73	15.06
55	16.37	14.74
56	16.03	14.43
57	15.71	14.14
58	15.40	13.86
59	15.11	13.60
60	14.83	13.35

Definizione ietogramma di pioggia - ZONE PERMEABILI DEI LOTTI

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

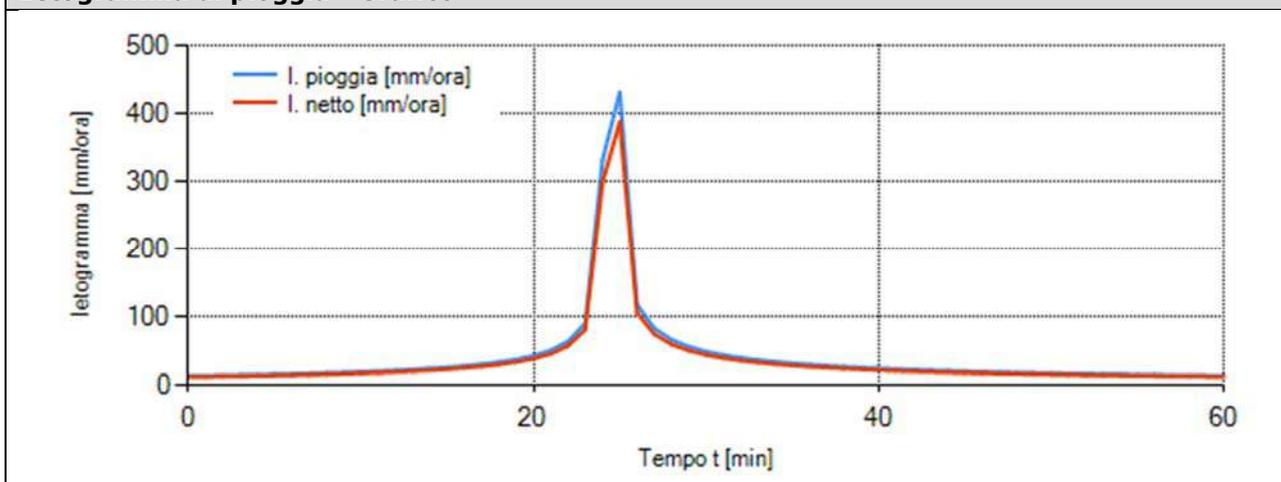
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	14.51	2.90
1	14.90	2.98
2	15.33	3.07
3	15.79	3.16
4	16.29	3.26
5	16.83	3.37
6	17.41	3.48
7	18.05	3.61
8	18.76	3.75
9	19.54	3.91
10	20.40	4.08
11	21.37	4.27
12	22.47	4.49
13	23.72	4.74
14	25.17	5.03
15	26.86	5.37
16	28.88	5.78
17	31.33	6.27
18	34.40	6.88
19	38.36	7.67
20	43.74	8.75
21	51.57	10.31
22	64.41	12.88
23	91.00	18.20
24	331.43	66.29
25	431.37	86.27
26	118.44	23.69
27	83.83	16.77
28	67.12	13.42
29	56.92	11.38
30	49.93	9.99
31	44.77	8.95
32	40.78	8.16
33	37.59	7.52

34	34.96	6.99
35	32.76	6.55
36	30.88	6.18
37	29.24	5.85
38	27.82	5.56
39	26.55	5.31
40	25.43	5.09
41	24.41	4.88
42	23.50	4.70
43	22.66	4.53
44	21.90	4.38
45	21.20	4.24
46	20.55	4.11
47	19.95	3.99
48	19.40	3.88
49	18.88	3.78
50	18.39	3.68
51	17.94	3.59
52	17.51	3.50
53	17.11	3.42
54	16.73	3.35
55	16.37	3.27
56	16.03	3.21
57	15.71	3.14
58	15.40	3.08
59	15.11	3.02
60	14.83	2.97

Definizione ietogramma di pioggia - STRADE PARCHEGGI

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

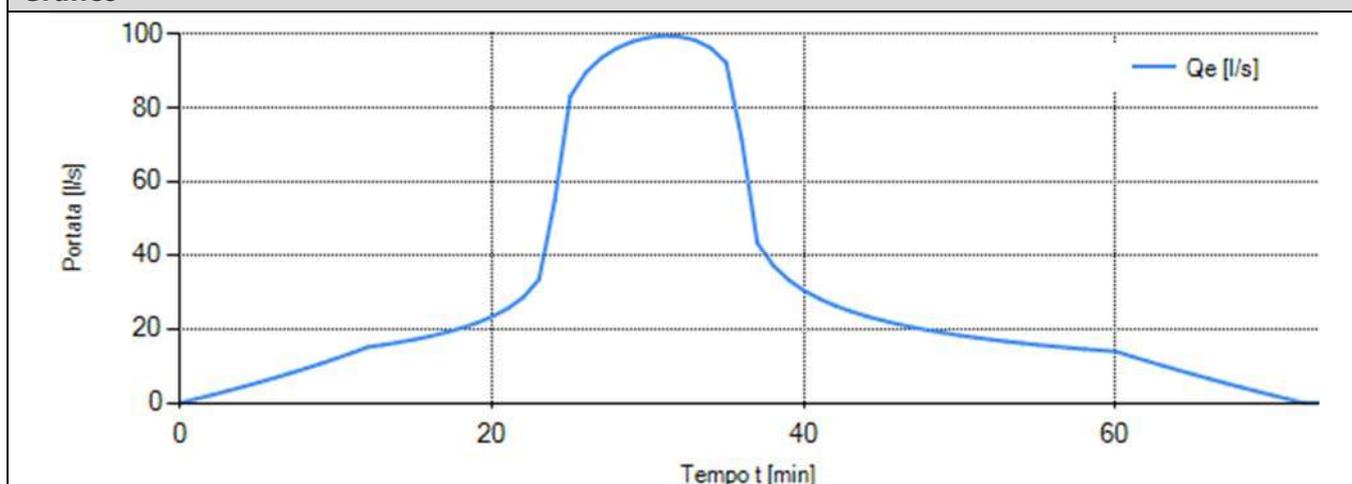
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	14.51	13.05
1	14.90	13.41
2	15.33	13.80
3	15.79	14.21
4	16.29	14.66
5	16.83	15.14
6	17.41	15.67
7	18.05	16.25
8	18.76	16.88
9	19.54	17.58
10	20.40	18.36
11	21.37	19.23
12	22.47	20.22
13	23.72	21.35
14	25.17	22.65
15	26.86	24.18
16	28.88	25.99
17	31.33	28.20
18	34.40	30.96
19	38.36	34.52
20	43.74	39.36
21	51.57	46.41
22	64.41	57.97
23	91.00	81.90
24	331.43	298.28
25	431.37	388.23
26	118.44	106.59
27	83.83	75.45
28	67.12	60.41
29	56.92	51.23
30	49.93	44.93
31	44.77	40.29
32	40.78	36.70
33	37.59	33.83

34	34.96	31.47
35	32.76	29.48
36	30.88	27.79
37	29.24	26.32
38	27.82	25.03
39	26.55	23.90
40	25.43	22.88
41	24.41	21.97
42	23.50	21.15
43	22.66	20.40
44	21.90	19.71
45	21.20	19.08
46	20.55	18.50
47	19.95	17.96
48	19.40	17.46
49	18.88	16.99
50	18.39	16.56
51	17.94	16.15
52	17.51	15.76
53	17.11	15.40
54	16.73	15.06
55	16.37	14.74
56	16.03	14.43
57	15.71	14.14
58	15.40	13.86
59	15.11	13.60
60	14.83	13.35

IDROGRAMMA DI PIENA

Area ZONE IMPERMEABILI DEI LOTTI			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		3324.0	m ²
Coefficiente di afflusso		ϕ 0.90	-
Tempo corrivazione		t_c 12	min

Grafico

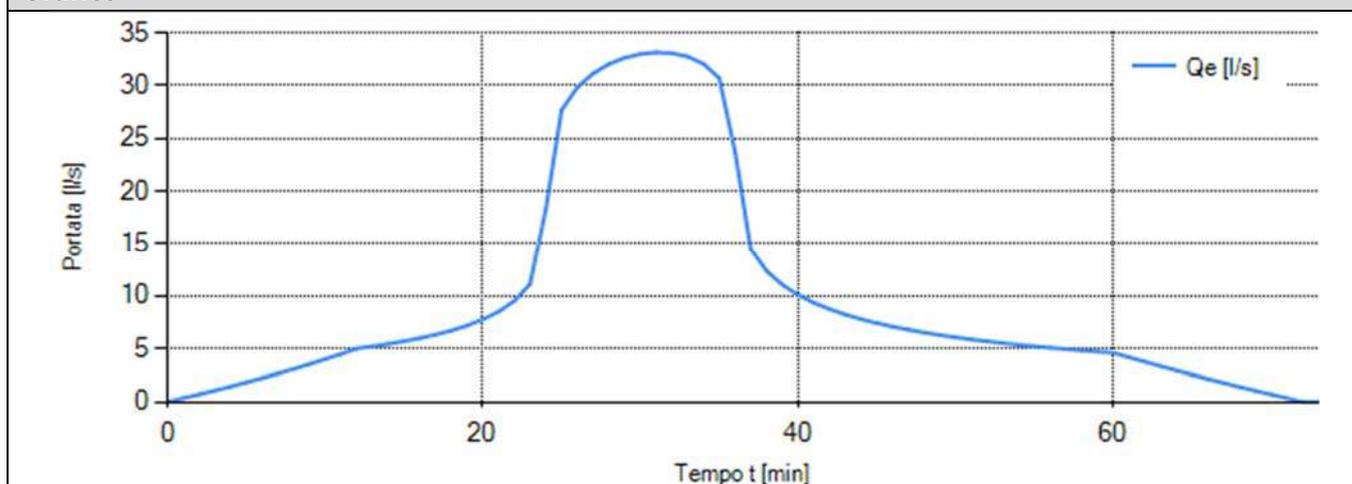


Risultati tabellari

Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q_e [l/s]	0.00	1.03	2.10	3.19	4.32	5.48	6.69	7.94	9.24	10.60
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q_e [l/s]	12.01	13.49	15.05	15.66	16.34	17.11	17.98	18.99	20.16	21.57
Tempo [min]	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Portata Q_e [l/s]	23.30	25.52	28.57	33.40	54.81	83.06	89.53	93.47	96.13	97.90
Tempo [min]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Portata Q_e [l/s]	98.97	99.42	99.21	98.25	96.20	92.17	71.34	43.47	37.19	33.22
Tempo [min]	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Portata Q_e [l/s]	30.33	28.08	26.24	24.71	23.40	22.27	21.27	20.38	19.59	18.87
Tempo [min]	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Portata Q_e [l/s]	18.22	17.62	17.07	16.57	16.10	15.66	15.25	14.87	14.52	14.18
Tempo [min]	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
Portata Q_e [l/s]	13.86	12.56	11.28	10.04	8.82	7.64	6.48	5.34	4.23	3.14
Tempo [min]	70	71	72							
Portata Q_e [l/s]	2.08	1.03	0.00							

Area ZONE PERMEABILI DEI LOTTI			
Tipo area		Area permeabile	
Superficie		4986.0	m ²
Coefficiente di afflusso		ϕ 0.20	-
Tempo corrivazione		t_c 12	min

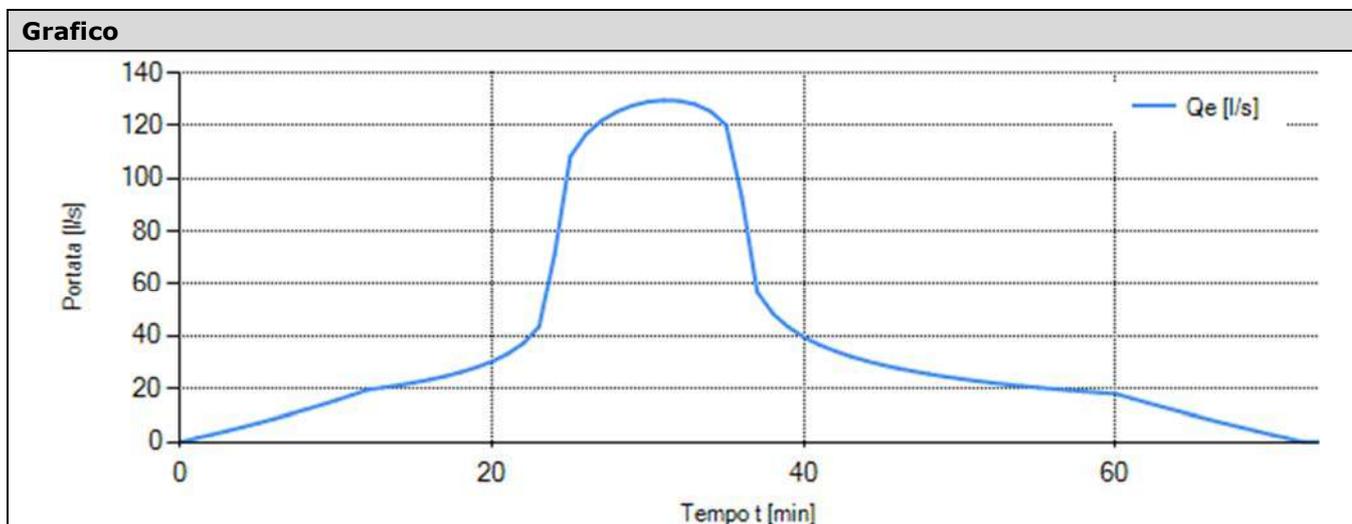
Grafico



Risultati tabellari

Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q_e [l/s]	0.00	0.34	0.70	1.06	1.44	1.83	2.23	2.65	3.08	3.53
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q_e [l/s]	4.00	4.50	5.02	5.22	5.45	5.70	5.99	6.33	6.72	7.19
Tempo [min]	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Portata Q_e [l/s]	7.77	8.51	9.52	11.13	18.27	27.69	29.84	31.16	32.04	32.63
Tempo [min]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Portata Q_e [l/s]	32.99	33.14	33.07	32.75	32.07	30.72	23.78	14.49	12.40	11.07
Tempo [min]	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Portata Q_e [l/s]	10.11	9.36	8.75	8.24	7.80	7.42	7.09	6.79	6.53	6.29
Tempo [min]	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Portata Q_e [l/s]	6.07	5.87	5.69	5.52	5.37	5.22	5.08	4.96	4.84	4.73
Tempo [min]	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
Portata Q_e [l/s]	4.62	4.18	3.76	3.35	2.94	2.55	2.16	1.78	1.41	1.05
Tempo [min]	70	71	72							
Portata Q_e [l/s]	0.69	0.34	0.00							

Area STRADE PARCHEGGI			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		4334.0	m ²
Coefficiente di afflusso		ϕ 0.90	-
Tempo corrivazione		t_c 12	min



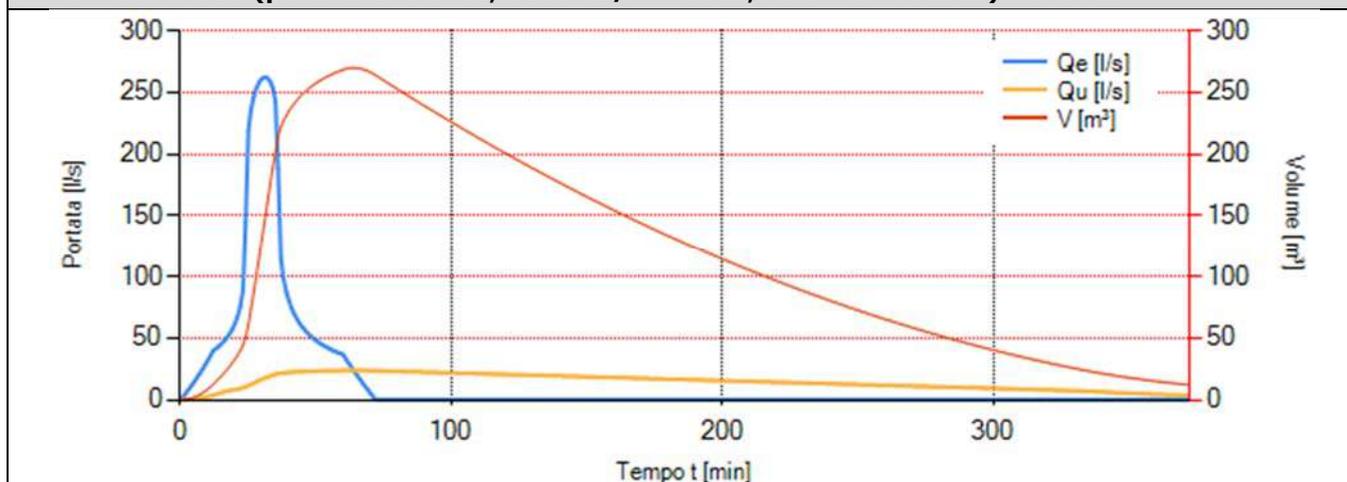
Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q_e [l/s]	0.00	1.35	2.73	4.16	5.63	7.15	8.72	10.36	12.05	13.82
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q_e [l/s]	15.66	17.59	19.62	20.42	21.31	22.31	23.44	24.76	26.29	28.13
Tempo [min]	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Portata Q_e [l/s]	30.38	33.28	37.25	43.55	71.46	108.30	116.73	121.88	125.33	127.65
Tempo [min]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Portata Q_e [l/s]	129.05	129.63	129.36	128.10	125.44	120.17	93.01	56.68	48.49	43.31
Tempo [min]	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Portata Q_e [l/s]	39.54	36.61	34.22	32.22	30.52	29.03	27.73	26.58	25.54	24.60
Tempo [min]	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Portata Q_e [l/s]	23.75	22.97	22.26	21.60	20.99	20.42	19.89	19.39	18.93	18.49
Tempo [min]	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
Portata Q_e [l/s]	18.08	16.37	14.71	13.09	11.50	9.96	8.45	6.97	5.52	4.10
Tempo [min]	70	71	72							
Portata Q_e [l/s]	2.71	1.34	0.00							

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_w	1.00	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	0.66	m
Volume invaso minimo	W	269.73	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 [m ³]	Battente idrico H [m]
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.72	0.02	0.08	0.00
2	5.53	0.10	0.33	0.00
3	8.41	0.22	0.73	0.00
4	11.39	0.39	1.31	0.00
5	14.46	0.61	2.06	0.01
6	17.65	0.88	2.98	0.01
7	20.95	1.20	4.07	0.01
8	24.37	1.58	5.35	0.01
9	27.95	2.01	6.81	0.02
10	31.67	2.49	8.46	0.02
11	35.58	3.04	10.32	0.03
12	39.68	3.64	12.37	0.03
13	41.30	4.29	14.56	0.04
14	43.09	4.95	16.82	0.04
15	45.12	5.64	19.15	0.05
16	47.42	6.35	21.56	0.05
17	50.07	7.09	24.08	0.06
18	53.18	7.48	26.74	0.07
19	56.89	7.87	29.58	0.07
20	61.45	8.27	32.65	0.08
21	67.31	8.68	36.00	0.09
22	75.35	9.12	39.75	0.10
23	88.08	9.61	44.09	0.11
24	144.55	10.28	50.47	0.12
25	219.05	11.28	60.73	0.15
26	236.10	12.42	73.68	0.18
27	246.51	13.53	87.38	0.21
28	253.50	14.58	101.53	0.25
29	258.18	15.59	115.98	0.28
30	261.01	16.54	130.59	0.32
31	262.19	17.44	145.27	0.36
32	261.65	18.30	159.91	0.39
33	259.09	19.11	174.41	0.43
34	253.71	19.88	188.62	0.46
35	243.06	20.59	202.31	0.50
36	188.13	21.17	214.00	0.52

37	114.64	21.55	221.80	0.54
38	98.07	21.80	226.88	0.56
39	87.60	22.00	231.13	0.57
40	79.98	22.18	234.84	0.58
41	74.04	22.33	238.12	0.58
42	69.21	22.47	241.08	0.59
43	65.17	22.60	243.76	0.60
44	61.72	22.71	246.20	0.60
45	58.73	22.81	248.45	0.61
46	56.09	22.91	250.52	0.61
47	53.75	23.00	252.44	0.62
48	51.65	23.08	254.22	0.62
49	49.76	23.15	255.88	0.63
50	48.04	23.22	257.42	0.63
51	46.47	23.29	258.86	0.63
52	45.02	23.35	260.21	0.64
53	43.69	23.40	261.46	0.64
54	42.45	23.46	262.64	0.64
55	41.30	23.50	263.75	0.65
56	40.23	23.55	264.78	0.65
57	39.22	23.59	265.75	0.65
58	38.28	23.63	266.66	0.65
59	37.40	23.67	267.51	0.66
60	36.56	23.71	268.31	0.66
61	33.11	23.74	268.97	0.66
62	29.75	23.76	269.43	0.66
63	26.47	23.77	269.70	0.66
64	23.27	23.77	269.73	0.66
65	20.14	23.77	269.64	0.66
66	17.08	23.75	269.33	0.66
67	14.09	23.73	268.84	0.66
68	11.16	23.70	268.17	0.66
69	8.29	23.66	267.34	0.66
70	5.47	23.62	266.33	0.65
71	2.71	23.57	265.16	0.65
72	0.00	23.51	263.83	0.65
75	0.00	23.32	259.62	0.64
80	0.00	23.01	252.67	0.62
85	0.00	22.69	245.81	0.60
90	0.00	22.38	239.05	0.59
95	0.00	22.06	232.39	0.57
100	0.00	21.75	225.81	0.55
105	0.00	21.43	219.34	0.54
110	0.00	21.12	212.95	0.52
115	0.00	20.81	206.67	0.51
120	0.00	20.49	200.47	0.49
125	0.00	20.18	194.37	0.48
130	0.00	19.86	188.36	0.46
135	0.00	19.55	182.45	0.45
140	0.00	19.24	176.63	0.43
145	0.00	18.92	170.91	0.42
150	0.00	18.61	165.28	0.41
155	0.00	18.29	159.75	0.39
160	0.00	17.98	154.31	0.38
165	0.00	17.66	148.96	0.37
170	0.00	17.35	143.71	0.35
175	0.00	17.04	138.55	0.34
180	0.00	16.72	133.49	0.33
185	0.00	16.41	128.52	0.31
190	0.00	16.09	123.64	0.30
195	0.00	15.78	118.86	0.29
200	0.00	15.47	114.18	0.28
210	0.00	14.84	105.09	0.26
240	0.00	12.95	80.08	0.20

270	0.00	11.07	58.46	0.14
300	0.00	9.18	40.24	0.10
330	0.00	7.30	25.41	0.06
360	0.00	4.41	14.97	0.04
372	0.00	3.57	12.11	0.03

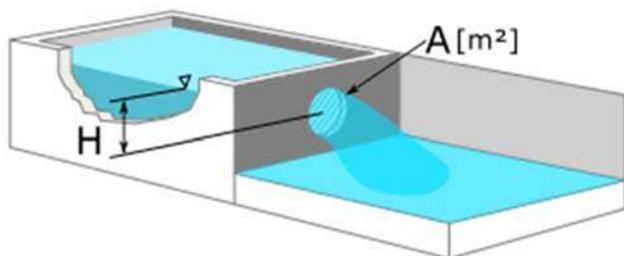
VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	408.00	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	0.83	≥	0.66	m	Positiva
Volume utile invaso	W	338.64	≥	269.73	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	5.2	≤	48.0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	23.77	≤	25.30	l/s	Positiva

Sistema di scarico

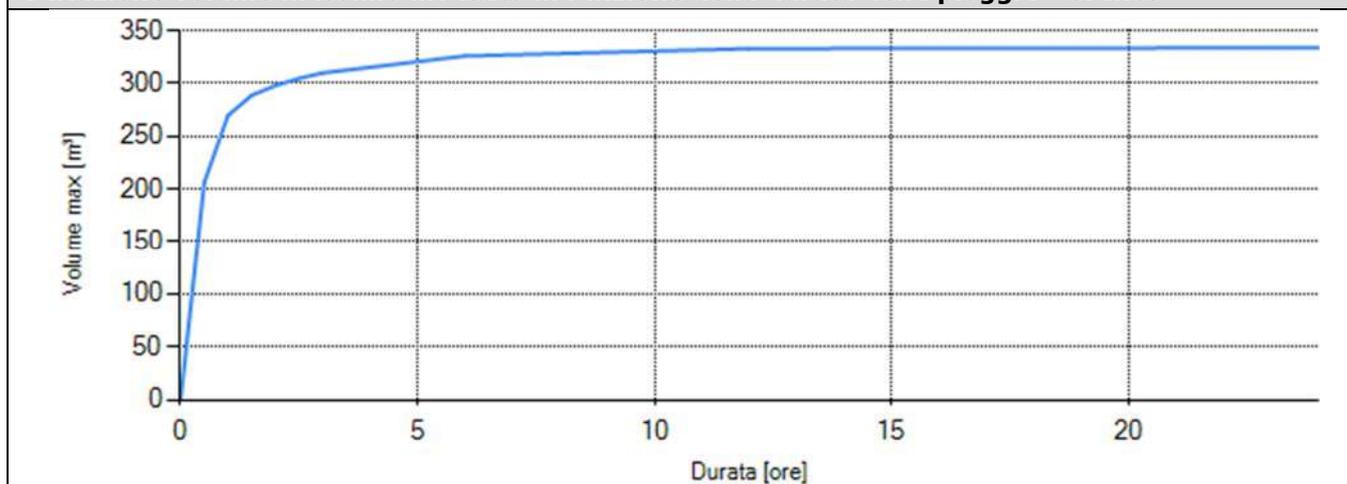
Tipologia di svuotamento Luce a battente circolare



Battente idrico utile massimo	H	0.83	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	26.63	l/s
Area della bocca d'uscita	A	0.0110	m ²

VARIAZIONE VOLUME MASSIMO INVASATO

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



Risultati tabellari

Durata pioggia [ore]	Volume [m ³]
0.0	0.00
0.5	206.41
1.0	269.73
1.5	288.75
2.0	298.03
2.5	304.74
3.0	309.97
6.0	325.99
12.0	332.96
24.0	333.71

Rete
Verifica Metodo Cinematico

DATI

S [ha]	Superficie
IMP [%]	Perc. Superficie impermeabile
PERM [%]	Perc. Superficie permeabile
L [m]	Lunghezza condotta
ibac	Pendenza media del bacino
i	Pendenza condotta
CdIMP	Coef. di deflusso sup. Impermeabile
CdPERM	Coef. di deflusso sup. Permeabile
% Riemp	Grado di riempimento massimo
Ks [m ^{1/3} /s]	Coef. Glaucker-Strickler tubazione
a mm/ora ⁿ	Coef. Curva Possibilita' Pluviometrica
n	Coef. Curva Possibilita' Pluviometrica
dT [min]	Periodo validita' cpp
D [m]	Diametro condotta
H [m]	Altezza sezioni rettangolari o trapezie
B [m]	Base sezioni rettangolari o trapezie
m1	Seconda scarpa sezione trapezia
m2	Seconda scarpa sezione trapezia

CALCOLO

Cd	Coef. di deflusso	$(CdIMP*IMP+CdPERM*PERM)/100$ (Sj*Cdj)/S con rami a monte
Vr [m/s]	Velocita' massimo riempimento	$Ks*(D/4)^{2/3}*i^{0.5}$
Qr [l/s]	Portata massimo riempimento	$Vr*(PI*D^2/4)$
ta [min]	Tempo di accesso alla rete	$\{[(3600^{((n-1)/4)}*120*S^{0.3})/(ibac^{0.375}*(a*Cd)^{0.25})]^4/(n+3)\}/60$
tr [min]	Temp di residenza	$tr(monte)+L/Vr*60$
tc [min]	Tempo critico	$ta+tr/1.50$
uc [l/sec ha]	Coef. Udometrico	$2.778*Cd*a*tc^{(n-1)}$
Qc [l/s]	Portata critica	$uc*S (+Qadds)$
Qc/Qr	Rapporto portata critica/max riempimento	
h/D (h/H)	Grado di riempimento di calcolo	
h	Tirante	
Vc/Vr	Rapporto velocita' critica/max riempimento	
Vc [m/s]	Velocita' critica	
Verifica dT	Verifica validita' curva possibilita' pluviometrica	
Verifica h/D	Verifica del grado di riempimento	
Verifica Vc	Verifica della velocita' critica	

NODO IN	NODO OUT	S [ha]	IMP [%]	PERM [%]	CdIMP	CdPERM	a [mm/ora^n]	n	dT [min]	Forma	L [m]	i	Ks [m^(1/3)/s]	D (H) [m]	B [m]	AREA	VOLUME	H MEDIA INVASO IPERTUBO
Testa 1	J-01	0,0573	100	0	0,9	0,2	42	0,35	60	RETTANGOLARE CHIUSA	32,94	0,008805	71,429	1	1,2	39,52	39,52	
J-04	J-03	0,687	70,278	29,722	0,9	0,2	42	0,35	60	RETTANGOLARE CHIUSA	51,48	0,003885	71,429	0,6	1,2	61,78	37,07	
J-03	FINALE	1,3006	100	0	0,9	0,2	42	0,35	60	RETTANGOLARE CHIUSA	44,73	0,016769	71,429	1	1,2	53,67	53,67	
J-02	J-03	0,5152	67,612	32,388	0,9	0,2	42	0,35	60	RETTANGOLARE CHIUSA	46,70	0,00364	71,429	1	1,2	56,04	56,04	
J-01	J-02	0,1024	100	0	0,9	0,2	42	0,35	60	RETTANGOLARE CHIUSA	42,24	0,003077	71,429	1	1,2	50,69	50,69	
J-05	J-04	0,365	60	40	0,9	0,2	42	0,35	60	RETTANGOLARE CHIUSA	50,00	0,002	71,429	0,6	1,2	60,00	36,00	
TESTA 3 PARKING	J-05	0,1075	100	0	0,9	0,2	42	0,35	60	RETTANGOLARE CHIUSA	40,45	0,002472	71,429	0,5	1	40,45	20,23	
TESTA 2	J-01	0,0451	100	0	0,9	0,2	42	0,35	60	RETTANGOLARE CHIUSA	38,74	0,007228	71,429	1	1,2	46,49	46,49	

408,65 339,71 0,83
mq mc H medio

NODO IN	NODO OUT	Cd	Vr [m/s]	Qr [l/s]	ta [min]	tr [min]	tc [min]	uc [l/sec ha]	Qadd [l/sec]	Qc [l/s]	Qver [l/s]	Qver/Qr	h/D (h/H)	h [m]	Vc/Vr	Vc [m/s]	Verifica dT	Verifica h/D (h/H)
Testa 1	J-01	0,9	3,485	4182,527	12	0,157	12,105	297,232	0	17,018	17,018	0,004	0,025	0,025	0,161	0,561	OK	OK
J-04	J-03	0,698	1,995	1436,528	12	1,491	12,994	219,991	0	151,133	151,133	0,105	0,212	0,127	0,496	0,99	OK	OK
J-03	FINALE	0,721	4,81	5772,017	12	1,646	13,097	226,261	0	294,284	294,284	0,051	0,122	0,122	0,418	2,011	OK	OK
J-02	J-03	0,718	2,241	2689,21	12	0,893	12,596	231,189	0	119,1	119,1	0,044	0,111	0,111	0,397	0,891	OK	OK
J-01	J-02	0,9	2,06	2472,509	12	0,546	12,364	293,168	0	30,015	30,015	0,012	0,049	0,049	0,246	0,506	OK	OK
J-05	J-04	0,702	1,432	1030,703	12	1,061	12,707	224,777	0	82,054	82,054	0,08	0,177	0,106	0,449	0,643	OK	OK
TESTA 3 PARKING	J-05	0,9	1,409	704,682	12	0,478	12,319	293,867	0	31,579	31,579	0,045	0,123	0,062	0,364	0,513	OK	OK
TESTA 2	J-01	0,9	3,158	3789,511	12	0,204	12,136	296,733	0	13,391	13,391	0,004	0,023	0,023	0,152	0,481	OK	OK