Firmato digitalmente da:
BANNO' SALVATORE
Firmato il 25/09/2024 12:23
Seriale Certificato: 3128859
Valido dal 20/12/2023 al 20/12/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

UNIONE EUROPEA | REGIONE SICILIANA | COMUNE DI CALTANISSETTA | COMUNE DI SERRADIFALCO | COMUNE DI SAN CATALDO

PROPONENTE:

RWE RENEWABLES ITALIA S.r.l.
Via Andrea Doria, 41/G, 00192 Roma
C.F. e P.I.: 06400370968

SVILUPPATORE:

ATHENA ENERGIE S.p.A.
Via Duca, 25 - 93010 Serradifalco (CL)
C.F. e P.I.: 02042980850

COORDINATORE DI PROGETTO:

Dott. Ing. STEFANO GASPAROTTO
Via Tommaso Grossi, 12 - 20900 Monza (MB)

PROGETTAZIONE:

INGEGNERIA CIVILE, ELETTRICA, AMBIENTALE E COORDINAM.:

MPOWER s.r.l.
Dott. Ing. Edoardo Boscarino
Via N. Machiavelli, 2 - 95030 Sant'Agata Li Battiati (CT)
PEC: mpower@pec.mpowersrl.it

OPERE DI RETE:

INGEGNERIA OPERE DI RETE:

3E Ingegneria srl

Dott. Ing. Giovanni Saraceno
Via G. Volpe, 92 - Pisa (PI)
email: giovanni.saraceno@3eingegneria.it
PEC: 3eingegneria@legalmail.it

TEAM DI PROGETTO:

Arch. Attilio Massarelli (Progettazione e Staff di Coord.)	Ing. Roberto Ruggeri (Aspetti Strutturali)
Ing. Giovanni Battaglia (Progettazione e Staff di Coord.)	Ing. Giovanni Chiovetta (Acustica Ambientale)
Ing. Agostino Sciacchitano (Progettazione)	Biol. Domenico Catalano (Studio di Impatto Ambient.)
Ing. Cristina Luca (Sicurezza in Cantiere e Coord.)	Geol. Stefania Serra (Studio di Impatto Ambientale)
Arch. Giuseppe Messina (Aspetti Paesaggistici)	Ing. Gianni Barletta (Impianti Elettrici)
Geol. Marco Gagliano (GIS)	Ing. Giuseppe Baiardo (Impianti Elettrici)
Geol. Francesco Buccheri (GIS)	Prof. Agr. Salvatore Puleri (Aspetti Agron.e Mitig.Amb.)
Geol. Salvatore Bannò (Aspetti Geologici)	Dott. Agr. Giuliano Di Salvo (Mitigazione Ambientale)
Geom. Alfredo Andò - ALPISCAN Srl (Topografia)	Dott. Rosario Pignatello - IBLARCHÈ Srls (VPIA)

Firmato digitalmente da
EDOARDO BOSCARINO
C = IT

OPERA:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 99,00 MW DI PICCO E 80 MVA DI IMMISSIONE, DENOMINATO "CALTANISSETTA 2", UBICATO NELLA CONTRADA "GROTTA ROSSA" DEL COMUNE DI CALTANISSETTA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NELLA CONTRADA "CUSATINO" DEL MEDESIMO COMUNE

OGGETTO:

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO - ECONOMICA

ALLEGATO 2: RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA-IDROLOGICA LOTTO A SOTTOCAMPO 6

IL PROPONENTE:	IL PROGETTISTA:	APPROVAZIONE:
	ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CATANIA — DOTT. ING. BOSCARINO EDOARDO — Sez. A — Settori: a) civile ed ambientale, b) industriale, c) dell'informazione — n° A 2700D	

REV.	DATA	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	30-07-2024	PRIMA EMISSIONE PER RICHIESTA AU E PROCEDURA VIA	SB	EB	EB

SCALA:

FORMATO:

CODICE DOCUMENTO:

COMMESSA	FASE	TAVOLA	REV.
23-29/CL2	PFTE	RS06REL0019A0	00

CODICE ELABORATO: **R.17 c.00**

E' vietata la riproduzione del presente documento, anche parziale, con qualsiasi mezzo, senza l'autorizzazione di MPOWER s.r.l.

PROPONENTE

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.
Via Andrea Doria n. 41/G, CAP 00192 - Roma
C.F. e P.IVA 06400370968

PROGETTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 99,00 MW DI PICCO E 80,00 MVA DI IMMISSIONE, DENOMINATO "*CALTANISSETTA 2*", UBICATO NELLA CONTRADA "GROTTA ROSSA" DEL COMUNE DI CALTANISSETTA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NELLA CONTRADA "CUSATINO" DEL MEDESIMO COMUNE

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO – ECONOMICA

OGGETTO

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA-IDROLOGICA LOTTO A - SOTTOCAMPO 6

ELENCO REVISIONI

Rev.	Data	Descrizione	Redatto da	Revisionato da	Approvato da	Modifiche
0	30-07-2024	Istruttoria VIA/AU	S. Bannò	E. Boscarino	E. Boscarino	Prima emissione

Questo documento è di proprietà di RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L. È severamente vietato riprodurre questo documento, in tutto o in parte, e fornire a terzi qualsiasi informazione relativa senza il previo consenso scritto di RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.

Regione SICILIA
Provincia di Caltanissetta
Comune di Caltanissetta

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Committente

Nome **RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L. - C.F. e P.I.: 06400370968**
Indirizzo **Via Andrea Doria, 41/G, 00192 Roma**

Edificio / Area

Descrizione **Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di 99,00 MW di picco e 80 MVA di immissione, denominato "Caltanissetta 2", ubicato nella contrada "Grotta Rossa" del Comune di Caltanissetta e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nella contrada "Cusatino" del medesimo comune.**
Indirizzo **LOTTO A - SOTTOCAMPO 6**

Progettisti

Dott. Ing. Edoardo Boscarino

Dott. Geol. Salvatore Bannò

Rif.: Lotto A - SOTTOCAMPO 6
Software di calcolo: Edilclima - EC737 - versione 2
Data di redazione del documento: 30/07/2024

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 delle sole piogge

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 per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di 99,00 MW di picco e 80 MVA di immissione, denominato "Caltanissetta 2", ubicato nella contrada "Grotta Rossa" del Comune di Caltanissetta e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nella contrada "Cusatino" del medesimo comune.**

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di 67768,2 m^2.

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 D.D.G. 102/2021 della Regione Sicilia. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati e, in mancanza di precise indicazioni, si farà riferimento a formulazioni consolidate in letteratura tecnica a seguito esplicitate.

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 Caltanissetta Provincia Caltanissetta

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	**Tipo area**	**Superficie [m²]**	**Coeff. Afflusso φ**
Superficie complessiva dei moduli in pianta	Area semi-impermeabile	10628,8	0,30
Cabine	Area impermeabile	48,0	1,00
Viabilità	Area semi-impermeabile	2026,0	0,70
Area a verde per interventi di mitigazione	Area semi-impermeabile	7134,1	0,20
Area coltivata all'interno della superficie lorda	Area permeabile	47931,3	0,00

Superficie totale 67768,2 m^2 Coefficiente afflusso medio ponderale φ_m 0,0897

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.

VASCA DI LAMINAZIONE

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili, Q_{umax}, si adotta il seguente valore: 20,00 l/s.
Tale portata è desunta come da D.D.G. 102/2021 della Regione Sicilia.

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.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a *n* = 0,5.

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 delle sole piogge
- 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 delle sole piogge

Il metodo delle sole piogge si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi, considerando costante la portata uscente ed andando a massimizzare il volume accumulato.

Nello specifico la portata media entrante viene calcolata come segue:

$$Q_e = 2{,}78 \cdot a \cdot \varphi_m \cdot D^{n-1} \cdot A$$

Q_e *[l/s]*: portata media entrante
φ_m *[-]*: coefficiente d'afflusso medio ponderale
A [ha]: area totale interessata dall'intervento
a [mm/ora^n]: parametro della linea segnalatrice di pioggia
D [ore]: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate W_e [m^3] è pari a:

$$W_e = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A$$

Il volume uscente W_u [m^3], essendo ipotizzata costante la portata uscente pari alla massima Q_{umax} [l/s], ha la seguente formulazione:

$$W_u = 3{,}6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Pertanto, il volume invasato ad ogni durata D [ore] è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A - 3{,}6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Attraverso semplici passaggi matematici, derivando l'equazione sopra, si ottiene il valore della durata critica della precipitazione (D_w) ed il conseguente volume critico dell'invaso (W_0):

$$D_w = \left(\frac{Q_{umax}}{2{,}78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A}\right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3{,}6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

D_w [ore]: durata critica d'invaso

Q_{umax} [l/s]: portata uscente massima

W_0 [m³]: volume di laminazione

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

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

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

Si osservi che il parametro *n* (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti dovrà essere congruente con la durata D_w, tenendo conto che il valore di *n* è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore.

Adottando valori di *n* valevoli per durate superiori ad un'ora si deve ottenere un valore di durata D_w superiore all'ora. Se così non fosse, si deve adottare un valore di *n*, valevole per durate inferiori ad un'ora e calcolare la conseguente durata.

Qualora il risultato ottenuto in questa seconda ipotesi, fosse superiore ad un'ora significa che ci si trova nel punto in cui cambiano i valori di *n*, ovvero un'ora, e si adotta tale valore.

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.

$$h(t) = r \cdot a \left[\left(\frac{t_r}{r}\right)^n - \left(\frac{t_r - t}{r}\right)^n \right] \qquad per \quad t \le t_r$$

$$h(t) = r \cdot a \cdot \left(\frac{t_r}{r}\right)^n + a \cdot (1-r) \cdot \left(\frac{t - t_r}{1-r}\right)^n \qquad per \quad t_r < t \le t_p$$

Per durate superiori alla durata della precipitazione t_p esso rimane costante.

h [mm]: altezza di precipitazione
a [mm/ora^n]: 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 $0 \le r \le 1$. 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 del Numero di Curva del Soil Conservation Service (S.C.S.)

Esso si basa sul principio di linearità tra volume defluente, pioggia totale e volume invasato.

Il metodo stima l'altezza netta di precipitazione h_n secondo le seguenti relazioni, in funzione del numero di curva *CN*, delle perdite totali *S* [mm] e delle perdite iniziali I_a [mm].

Se $h \leq I_a$:

$$h_n(t) = 0$$

Se $h > I_a$:

$$h_n(t) = \frac{(h(t) - I_a)^2}{h(t) - I_a + S}$$

h [mm]: altezza di precipitazione lorda

h_n [mm]: altezza di precipitazione netta

I_a [mm]: perdite iniziali

S [mm]: perdite totali

L'intensità di pioggia netta i_n [mm/ora] viene calcolata come segue.

$$i_n(t) = \frac{h_n(t) - h_n(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

Perdite iniziali I_a e totali *S* si possono stimare attraverso le relazioni seguenti:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1\right)$$

$$I_a = k \cdot S$$

k [-]: coefficiente di perdite iniziali, posto pari a 0,2

La stima del CN viene fatta a partire dalle caratteristiche del suolo e del relativo uso secondo specifiche tabelle ed in funzione delle condizioni di umidità iniziali del terreno. A seguito si riportano alcuni valori ricavati da letteratura tecnica del CN per condizioni di umidità iniziali del terreno medie.

Valori di CN_{II}

Tipo di copertura (Uso di suolo)	Gruppo idrologico			
	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
Senza trattamento di conservazione	72	81	88	91
Con interventi di conservazione	62	71	78	81
TERRENO DI PASCOLO				
Cattive condizioni	68	79	86	89
Buone condizioni	39	58	71	78
PRATERIE				
Buone condizioni	30	58	71	78
TERRENI BOSCOSI O FORESTATI				
Terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
SPAZI APERTI, PRATI RASATI, PARCHI				
Buone condizioni con almeno il 75% con copertura erbosa	39	61	74	80
Condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
AREE COMMERCIALI (Impermeabilità 85%)	89	92	94	95
DISTRETTI INDUSTRIALI (Impermeabilità 72%)	81	88	91	93
AREE RESIDENZIALI Impermeabilità media %				
Impermeabilità media 65%	61	75	83	87
Impermeabilità media 30%	57	72	81	86
Impermeabilità media 25%	54	70	80	85
Impermeabilità media 20%	51	68	79	84
PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI, TETTI	98	98	98	98
STRADE				
Pavimentata con cordoli e fognature	98	98	98	98
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Per l'associazione tra litotipi e gruppi idrologici si può utilizzare la seguente tabella desunta dallo studio per lo sviluppo di nuovi criteri tecnici e normativi per il riordino del vincolo idrogeologico di Regione Friuli Venezia Giulia.

Gruppi Idrologici

Associazione tra litotipi e Gruppi Idrologici	
GRUPPO "A" <u>Scarsa potenzialità di deflusso</u>	Tufi incoerenti, pozzolane, ceneri, scorie, lapilli (si presentano in strati e banchi, dune, depositi sabbiosi di origine eolica a ridosso di spiagge). Rocce calcaree (calcari dolomitici, c. marnosi, travertini, calcareniti, brecce calcaree, calcari organogeni) fossilifere, organogene, molto fratturate, gessi salgemma. Limi, sabbie, ghiaie, ciottoli, (formano depositi alluvionali di origine fluviale o lacustre, tali materiali formano le pianure alluvionali, i coni di deiezione, i terrazzi fluviali).

	Falde e coni di detrito, macerati, composti da cumuli di frammenti rocciosi, di solito angolosi, talora più o meno cementati (brecce di pendio), si trovano ai piedi dei versanti montuosi ripidi e presentano tracce più o meno evidenti di stratificazione.
GRUPPO "B" Moderatamente bassa potenzialità di deflusso	Morene ed in generale depositi glaciali. Coltri eluviali e colluviali - costituite prevalentemente da sabbie e limi con minori quantità di ghiaie, variamente mescolati fra loro. Conglomerati, brecce, sabbioni e sabbie cementate (ciottoli, ghiaie, sabbie e limo a vari gradi di cementazione). Rocce tipo molto fratturate.
GRUPPO "C" Moderatamente alta potenzialità di deflusso	Rocce sedimentarie compatte - dolomie, marne, arenarie, tufi cementati, pomici, alternanza di argille e arenarie, di argille e calcari. Rocce dolomitiche compatte. Rocce calcaree compatte. Rocce tipo fratturate.
GRUPPO "D" Alta potenzialità di deflusso	Rocce eruttive (o magmatiche) intrusive - graniti, sieniti dioriti, gabbri. Rocce eruttive (o magmatiche) effusive - porfidi trachiti, lipariti, fonoliti, porfiriti, andesiti, basalti, tefriti, leucititi. Rocce argillose - argilloscisti, argille varie, depositi argillosi di origine lacustre, banchi argillosi di origine fluviale intercalati spesso nei sedimenti alluvionali, depositi eluviali (ferretto, terra rossa) e colluviali argillosi che possono coprire sottostanti rocce permeabili rendendo così impermeabile il terreno. Rocce metamorfiche - gneiss, micascisti, quarziti, filladi, scisti anfibolici, talcoscisti, e scisti di natura silicea.

La stima del Curve Number CN viene eseguita in base all'entità delle precipitazioni che sono accadute nei 5 giorni precedenti e viene eseguita mediante le seguenti relazioni.

$$CN_I = \frac{4{,}2 \cdot CN_{II}}{10 - 0{,}058 \cdot CN_{II}}$$

$$CN_{III} = \frac{23 \cdot CN_{II}}{10 + 0{,}13 \cdot CN_{II}}$$

Condizioni iniziali

AMC	Periodo vegetativo	Riposo vegetativo
I	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti minore di 35 mm.	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti minore di 13 mm.
II	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti tra 35 e 53 mm.	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti tra 13 e 28 mm.
III	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti maggiore di 53 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti maggiore di 28 mm.

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 tarata, per portare scaricate inferiori al valore di taratura $Q_{max,tar}$, si adotta la seguente legge di efflusso:

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

Per portate superiori si adotta la seguente:

$$Q_u = Q_{max,tar}$$

Q_u *[m³/s]*: portata in uscita dall'invaso
H [m]: battente idrico
D [m]: diametro interno del foro
A [m²]: area della bocca d'uscita = $\pi \cdot D^2/4$
μ [-]: coefficiente di efflusso (μ = 0,6)
g [m/s²]: 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 *[m³/s]*: portata in ingresso all'invaso
Q_u *[m³/s]*: portata in uscita dall'invaso, scaricata o infiltrata
W [m³]: 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} *[m²]*: 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 Caltanissetta Provincia Caltanissetta

Metodi di calcolo adottati
Metodo delle sole piogge Metodo analitico di dettaglio

Portata massima scaricabile			
Portata massima scaricabile	20,00	l/s	

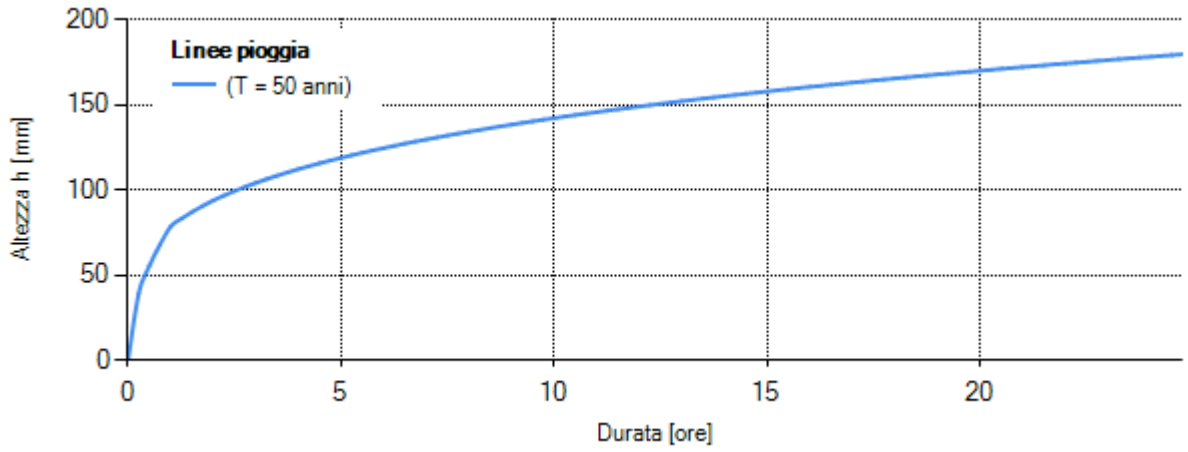
Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m^2]	Coeff. Afflusso φ
Superficie complessiva dei moduli in pianta	Area semi-impermeabile	10628,8	0,30
Cabine	Area impermeabile	48,0	1,00
Viabilità	Area semi-impermeabile	2026,0	0,70
Area a verde per interventi di mitigazione	Area semi-impermeabile	7134,1	0,20
Area coltivata all'interno della superficie lorda	Area permeabile	47931,3	0,00

Sup. totale intervento 67768,2 m^2 Coeff. afflusso medio ponderale φ_m 0,0897

LINEE SEGNALATRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Tempo di ritorno	TR	50	anni
Coefficiente pluviometrico orario	a	78,65	mm/h^n
Coefficiente di scala	n	0,2576	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n_1	0,5000	-

Linee pioggia - Grafico



Linee pioggia - Risultati tabellari	
Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
0	0,00
1	78,65
2	94,03
3	104,38
4	112,41
5	119,06
6	124,78
7	129,84
8	134,38
9	138,52
10	142,33
11	145,87
12	149,17
13	152,28
14	155,22
15	158,00
16	160,65
17	163,18
18	165,60
19	167,92
20	170,15
21	172,31
22	174,38
23	176,39
24	178,34

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m^2]	Coeff. Afflusso φ	T. corriv. t_c [min]
Superficie complessiva dei moduli in pianta	Area semi-impermeabile	10628,8	0,30	20
Cabine	Area impermeabile	48,0	1,00	20
Viabilità	Area semi-impermeabile	2026,0	0,70	20
Area a verde per interventi di mitigazione	Area semi-impermeabile	7134,1	0,20	20
Area coltivata all'interno della superficie lorda	Area permeabile	47931,3	0,00	20

Superficie totale intervento: 67768,2 m^2 Valori medi 0,0897

Parametri metodo del Numero di curva (CN)				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m^2]	CN_{II} [-]	CN_{ad} [-]
Superficie complessiva dei moduli in pianta	Area semi-impermeabile	10628,8	57	57
Cabine	Area impermeabile	48,0	98	98
Viabilità	Area semi-impermeabile	2026,0	72	72
Area a verde per interventi di mitigazione	Area semi-impermeabile	7134,1	49	49
Area coltivata all'interno della superficie lorda	Area permeabile	47931,3	62	62
		Valori medi	60	60

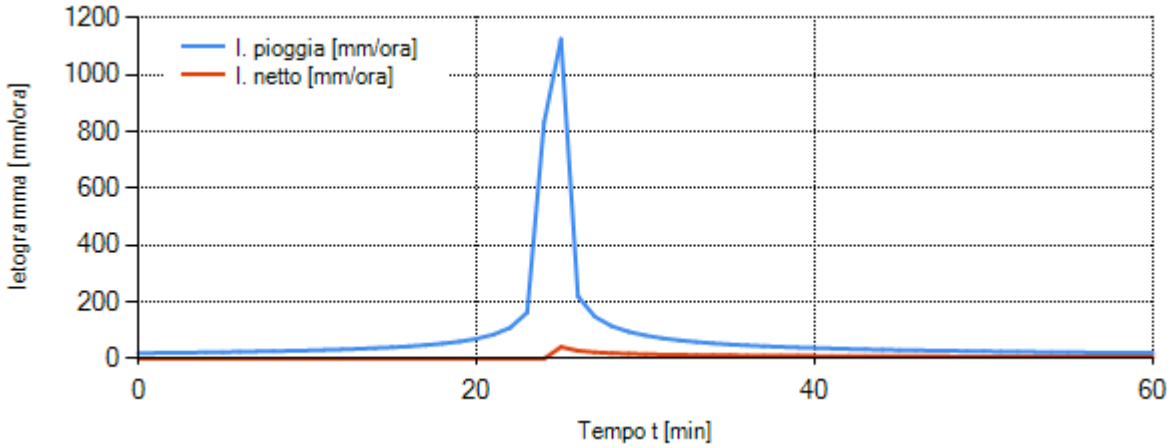
Condizioni di umidità iniziali: AMC II - medie precipitazioni 5 giorni precedenti

Nota: CN_{II} è il numero di curva riferito alla condizione idrologica AMC II.

IETOGRAMMA DI PIOGGIA

Definizione ietogramma di pioggia - Superficie complessiva dei moduli in pianta		
Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Numero di curva CN	
Umidità iniziali (CN)	AMC II - medie precipitazioni 5 giorni precedenti	

Ietogramma di pioggia - Grafico



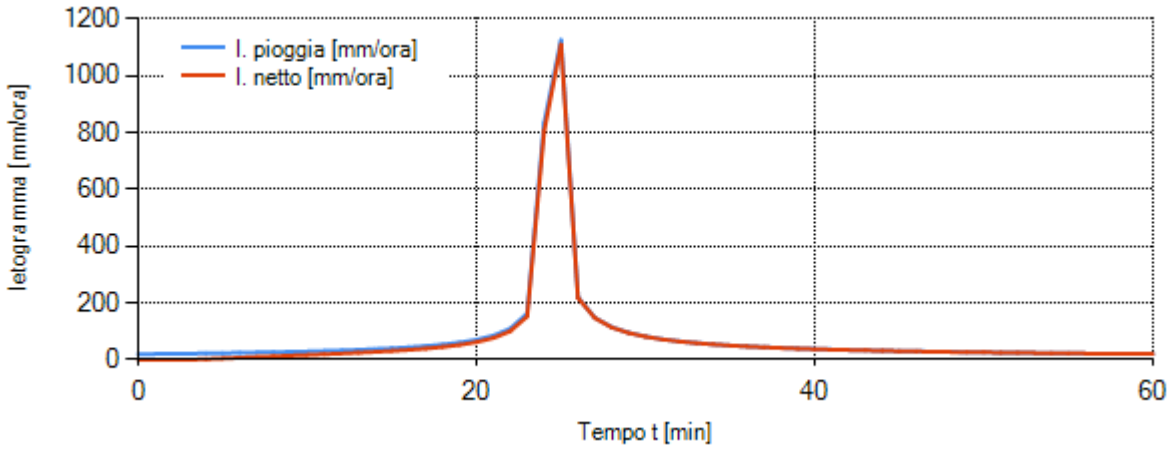
Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	19,95	0,00
1	20,58	0,00
2	21,26	0,00
3	21,99	0,00
4	22,78	0,00
5	23,64	0,00
6	24,58	0,00
7	25,62	0,00
8	26,76	0,00
9	28,04	0,00
10	29,46	0,00
11	31,07	0,00
12	32,89	0,00
13	35,00	0,00
14	37,45	0,00
15	40,34	0,00
16	43,82	0,00
17	48,09	0,00
18	53,50	0,00
19	60,60	0,00
20	70,39	0,00
21	84,98	0,00
22	109,57	0,00
23	162,74	0,00
24	832,47	0,00

25	1124,86	41,65
26	219,90	28,38
27	148,05	22,88
28	114,83	19,76
29	95,12	17,66
30	81,88	16,12
31	72,29	14,92
32	64,99	13,96
33	59,21	13,16
34	54,51	12,48
35	50,60	11,90
36	47,29	11,39
37	44,45	10,94
38	41,98	10,53
39	39,81	10,17
40	37,88	9,84
41	36,16	9,55
42	34,62	9,27
43	33,22	9,02
44	31,94	8,79
45	30,78	8,57
46	29,71	8,37
47	28,72	8,18
48	27,81	8,00
49	26,96	7,83
50	26,17	7,68
51	25,44	7,53
52	24,75	7,39
53	24,10	7,25
54	23,49	7,13
55	22,92	7,01
56	22,37	6,89
57	21,86	6,78
58	21,37	6,68
59	20,91	6,58
60	20,47	6,48

Definizione ietogramma di pioggia - Cabine		
Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Numero di curva CN	
Umidità iniziali (CN)	AMC II - medie precipitazioni 5 giorni precedenti	

Ietogramma di pioggia - Grafico



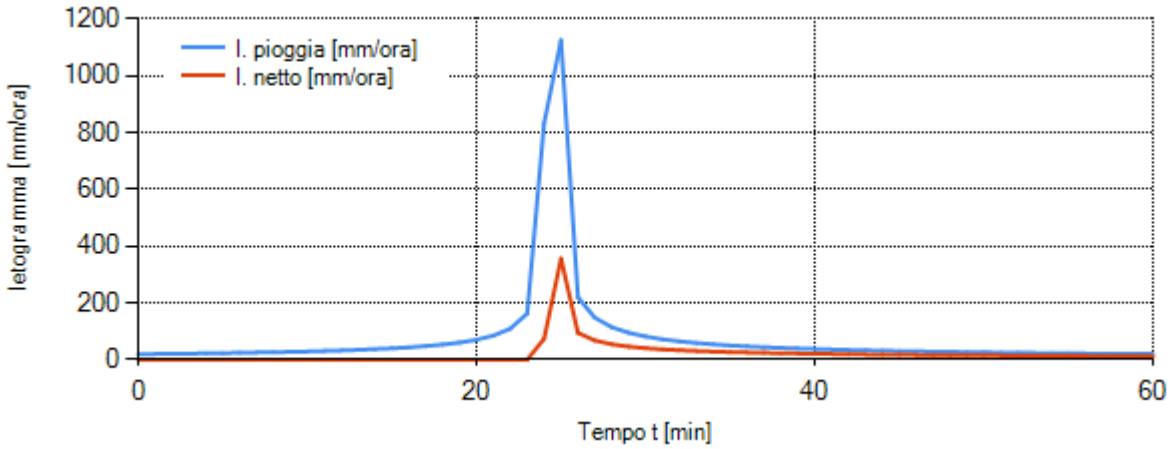
Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	19,95	0,00
1	20,58	0,00
2	21,26	0,00
3	21,99	0,01
4	22,78	1,77
5	23,64	4,65
6	24,58	7,32
7	25,62	9,84
8	26,76	12,26
9	28,04	14,63
10	29,46	17,02
11	31,07	19,46
12	32,89	22,01
13	35,00	24,75
14	37,45	27,74
15	40,34	31,10
16	43,82	34,96
17	48,09	39,55
18	53,50	45,18
19	60,60	52,39
20	70,39	62,18
21	84,98	76,56
22	109,57	100,57
23	162,74	152,16
24	832,47	803,56
25	1124,86	1109,24
26	219,90	218,02
27	148,05	146,92

28	114,83	114,01
29	95,12	94,48
30	81,88	81,35
31	72,29	71,85
32	64,99	64,60
33	59,21	58,86
34	54,51	54,20
35	50,60	50,32
36	47,29	47,04
37	44,45	44,21
38	41,98	41,76
39	39,81	39,61
40	37,88	37,69
41	36,16	35,99
42	34,62	34,45
43	33,22	33,06
44	31,94	31,79
45	30,78	30,64
46	29,71	29,57
47	28,72	28,59
48	27,81	27,69
49	26,96	26,84
50	26,17	26,06
51	25,44	25,33
52	24,75	24,64
53	24,10	24,00
54	23,49	23,39
55	22,92	22,82
56	22,37	22,28
57	21,86	21,77
58	21,37	21,29
59	20,91	20,83
60	20,47	20,39

Definizione ietogramma di pioggia - Viabilità		
Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Numero di curva CN	
Umidità iniziali (CN)	AMC II - medie precipitazioni 5 giorni precedenti	

Ietogramma di pioggia - Grafico



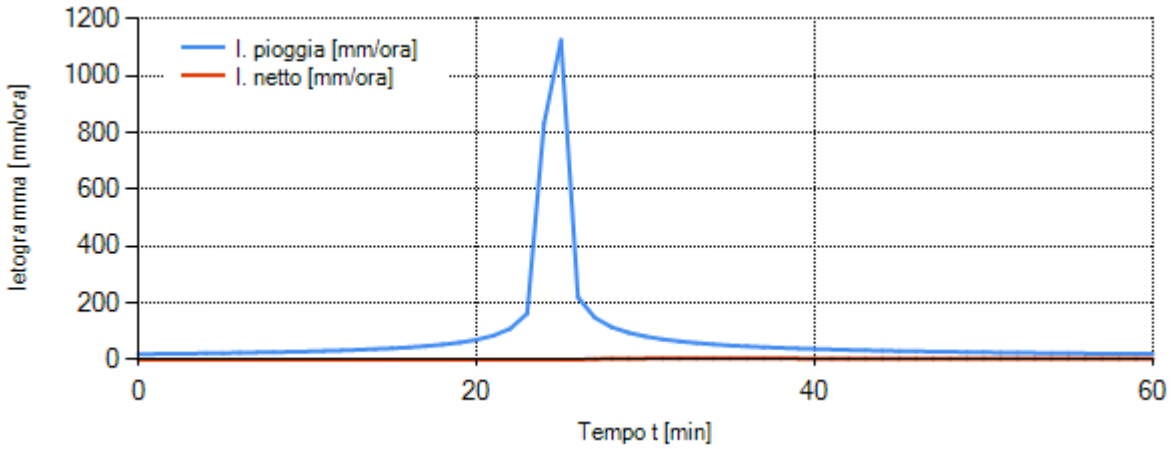
Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	19,95	0,00
1	20,58	0,00
2	21,26	0,00
3	21,99	0,00
4	22,78	0,00
5	23,64	0,00
6	24,58	0,00
7	25,62	0,00
8	26,76	0,00
9	28,04	0,00
10	29,46	0,00
11	31,07	0,00
12	32,89	0,00
13	35,00	0,00
14	37,45	0,00
15	40,34	0,00
16	43,82	0,00
17	48,09	0,00
18	53,50	0,00
19	60,60	0,00
20	70,39	0,00
21	84,98	0,00
22	109,57	0,00
23	162,74	0,00
24	832,47	74,40
25	1124,86	356,15
26	219,90	94,97
27	148,05	67,75

28	114,83	54,53
29	95,12	46,43
30	81,88	40,85
31	72,29	36,73
32	64,99	33,53
33	59,21	30,96
34	54,51	28,84
35	50,60	27,06
36	47,29	25,54
37	44,45	24,22
38	41,98	23,06
39	39,81	22,03
40	37,88	21,11
41	36,16	20,29
42	34,62	19,54
43	33,22	18,86
44	31,94	18,23
45	30,78	17,66
46	29,71	17,13
47	28,72	16,64
48	27,81	16,18
49	26,96	15,76
50	26,17	15,36
51	25,44	14,98
52	24,75	14,63
53	24,10	14,30
54	23,49	13,99
55	22,92	13,69
56	22,37	13,41
57	21,86	13,15
58	21,37	12,89
59	20,91	12,65
60	20,47	12,42

Definizione ietogramma di pioggia - Area a verde per interventi di mitigazione		
Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Numero di curva CN	
Umidità iniziali (CN)	AMC II - medie precipitazioni 5 giorni precedenti	

Ietogramma di pioggia - Grafico



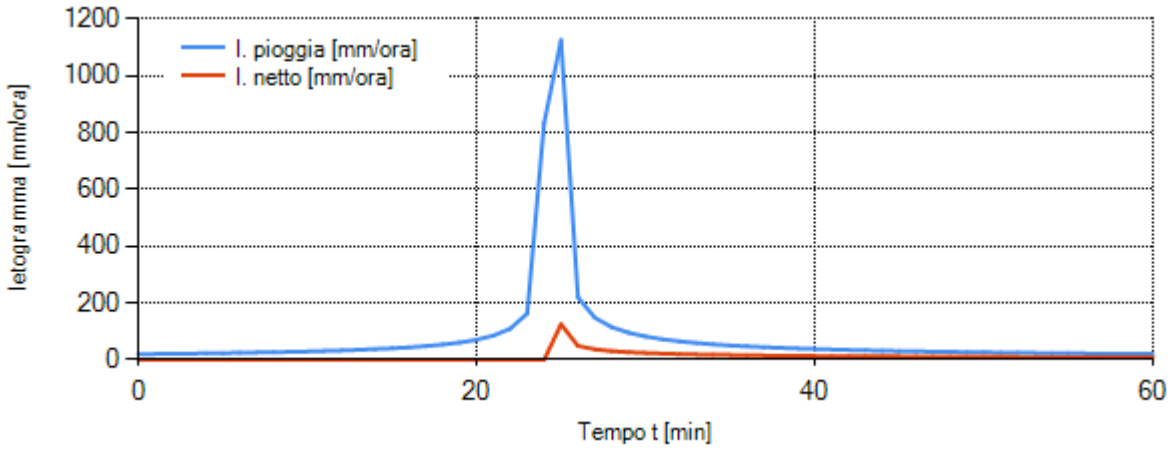
Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	19,95	0,00
1	20,58	0,00
2	21,26	0,00
3	21,99	0,00
4	22,78	0,00
5	23,64	0,00
6	24,58	0,00
7	25,62	0,00
8	26,76	0,00
9	28,04	0,00
10	29,46	0,00
11	31,07	0,00
12	32,89	0,00
13	35,00	0,00
14	37,45	0,00
15	40,34	0,00
16	43,82	0,00
17	48,09	0,00
18	53,50	0,00
19	60,60	0,00
20	70,39	0,00
21	84,98	0,00
22	109,57	0,00
23	162,74	0,00
24	832,47	0,00
25	1124,86	0,00
26	219,90	0,23
27	148,05	2,47

28	114,83	3,75
29	95,12	4,29
30	81,88	4,54
31	72,29	4,65
32	64,99	4,68
33	59,21	4,68
34	54,51	4,65
35	50,60	4,61
36	47,29	4,56
37	44,45	4,51
38	41,98	4,45
39	39,81	4,39
40	37,88	4,34
41	36,16	4,28
42	34,62	4,22
43	33,22	4,17
44	31,94	4,12
45	30,78	4,07
46	29,71	4,02
47	28,72	3,97
48	27,81	3,92
49	26,96	3,87
50	26,17	3,83
51	25,44	3,79
52	24,75	3,75
53	24,10	3,71
54	23,49	3,67
55	22,92	3,63
56	22,37	3,59
57	21,86	3,56
58	21,37	3,52
59	20,91	3,49
60	20,47	3,46

Definizione ietogramma di pioggia - Area coltivata all'interno della superficie lorda		
Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Numero di curva CN	
Umidità iniziali (CN)	AMC II - medie precipitazioni 5 giorni precedenti	

Ietogramma di pioggia - Grafico



Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari

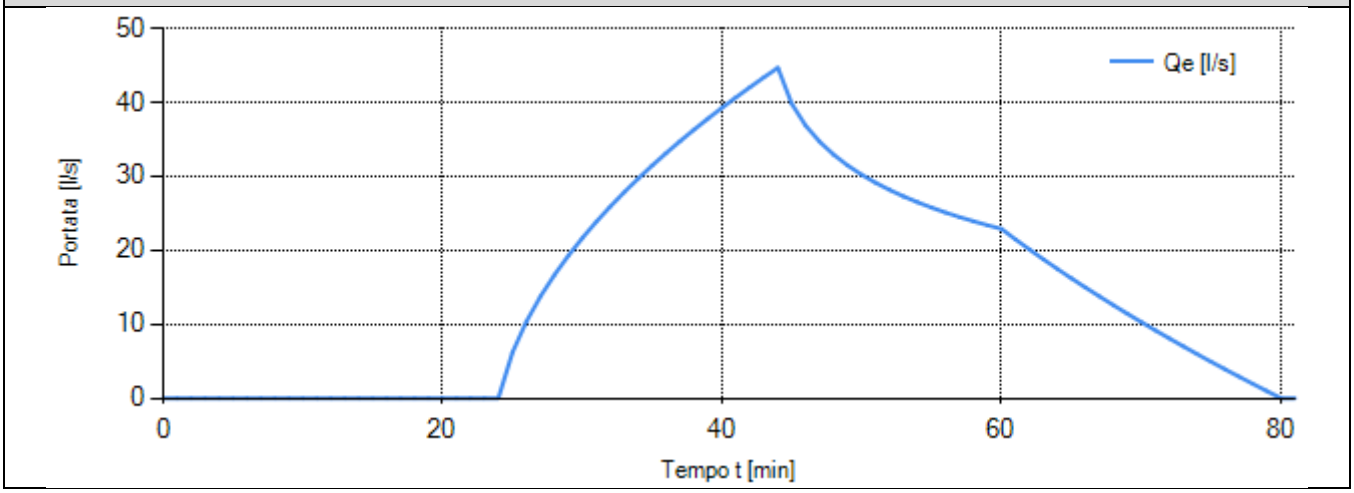
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	19,95	0,00
1	20,58	0,00
2	21,26	0,00
3	21,99	0,00
4	22,78	0,00
5	23,64	0,00
6	24,58	0,00
7	25,62	0,00
8	26,76	0,00
9	28,04	0,00
10	29,46	0,00
11	31,07	0,00
12	32,89	0,00
13	35,00	0,00
14	37,45	0,00
15	40,34	0,00
16	43,82	0,00
17	48,09	0,00
18	53,50	0,00
19	60,60	0,00
20	70,39	0,00
21	84,98	0,00
22	109,57	0,00
23	162,74	0,00
24	832,47	0,04
25	1124,86	124,85
26	219,90	48,96
27	148,05	36,87

28	114,83	30,66
29	95,12	26,72
30	81,88	23,94
31	72,29	21,84
32	64,99	20,18
33	59,21	18,83
34	54,51	17,71
35	50,60	16,75
36	47,29	15,93
37	44,45	15,21
38	41,98	14,57
39	39,81	14,00
40	37,88	13,48
41	36,16	13,02
42	34,62	12,60
43	33,22	12,21
44	31,94	11,85
45	30,78	11,52
46	29,71	11,22
47	28,72	10,93
48	27,81	10,67
49	26,96	10,42
50	26,17	10,18
51	25,44	9,96
52	24,75	9,76
53	24,10	9,56
54	23,49	9,38
55	22,92	9,20
56	22,37	9,03
57	21,86	8,87
58	21,37	8,72
59	20,91	8,57
60	20,47	8,43

IDROGRAMMA DI PIENA

Area Superficie complessiva dei moduli in pianta			
Tipo area		Area semi-impermeabile	
Superficie		10628,8	m²
Curve number	CN_{II}	57	-
Curve number adottato	CN_{ad}	57	-
Tempo corrivazione	t_c	20	min

Grafico

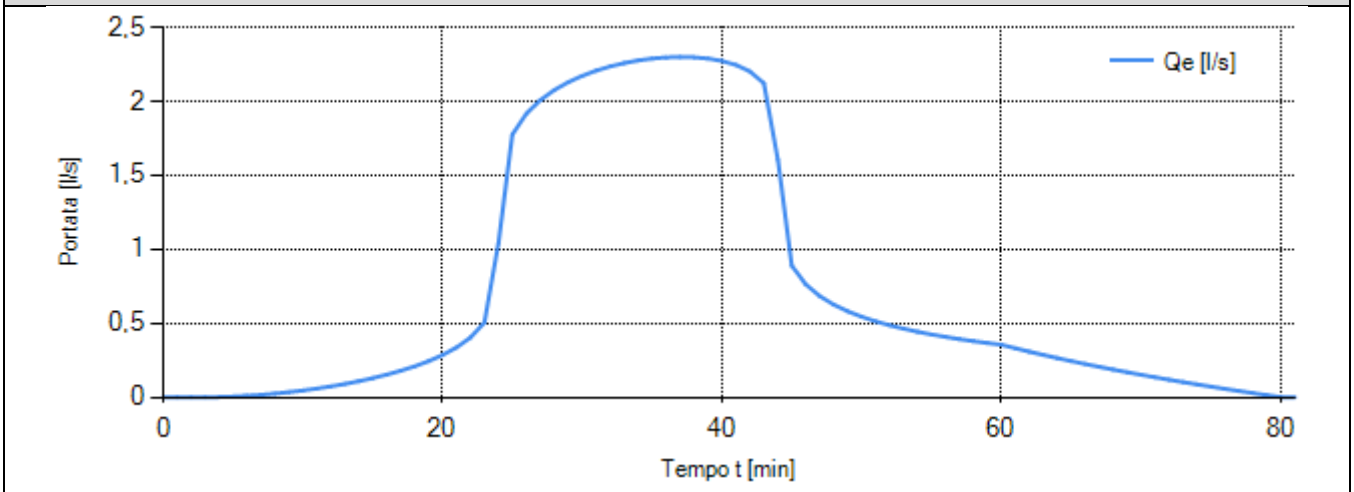


Risultati tabellari

Tempo [min]	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,15	10,35	13,73	16,65	19,25
Tempo [min]	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**
Portata Q_e [l/s]	21,64	23,84	25,90	27,85	29,69	31,45	33,13	34,75	36,30	37,81
Tempo [min]	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**
Portata Q_e [l/s]	39,26	40,67	42,04	43,37	44,67	39,78	36,83	34,66	32,92	31,47
Tempo [min]	**50**	**51**	**52**	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**
Portata Q_e [l/s]	30,22	29,13	28,16	27,28	26,49	25,77	25,11	24,49	23,92	23,39
Tempo [min]	**60**	**61**	**62**	**63**	**64**	**65**	**66**	**67**	**68**	**69**
Portata Q_e [l/s]	22,90	21,49	20,12	18,78	17,49	16,22	14,98	13,77	12,59	11,44
Tempo [min]	**70**	**71**	**72**	**73**	**74**	**75**	**76**	**77**	**78**	**79**
Portata Q_e [l/s]	10,30	9,19	8,10	7,03	5,97	4,94	3,92	2,92	1,93	0,96
Tempo [min]	**80**	**81**								
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00								

Area Cabine			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		48,0	m²
Curve number	CN_{II}	98	-
Curve number adottato	CN_{ad}	98	-
Tempo corrivazione	t_c	20	min

Grafico

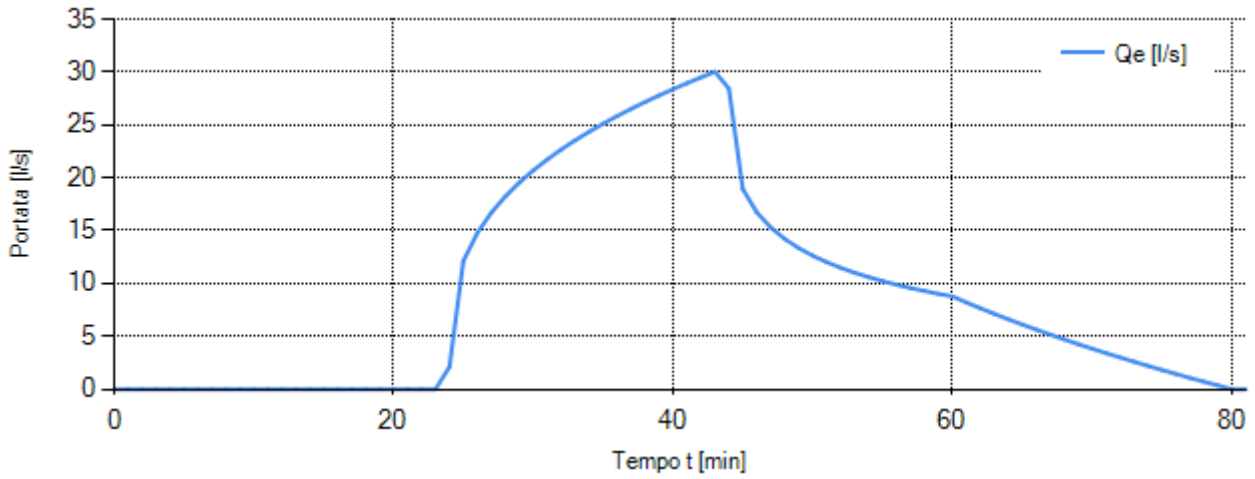


Risultati tabellari

Tempo [min]	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03
Tempo [min]	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**
Portata Q_e [l/s]	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	0,21	0,24
Tempo [min]	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**
Portata Q_e [l/s]	0,28	0,34	0,40	0,50	1,04	1,78	1,92	2,01	2,08	2,13
Tempo [min]	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**
Portata Q_e [l/s]	2,17	2,21	2,24	2,26	2,28	2,29	2,30	2,30	2,30	2,29
Tempo [min]	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**
Portata Q_e [l/s]	2,27	2,25	2,20	2,12	1,61	0,89	0,76	0,68	0,63	0,58
Tempo [min]	**50**	**51**	**52**	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**
Portata Q_e [l/s]	0,54	0,51	0,49	0,46	0,44	0,42	0,41	0,39	0,38	0,37
Tempo [min]	**60**	**61**	**62**	**63**	**64**	**65**	**66**	**67**	**68**	**69**
Portata Q_e [l/s]	0,35	0,33	0,31	0,29	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19	0,17
Tempo [min]	**70**	**71**	**72**	**73**	**74**	**75**	**76**	**77**	**78**	**79**
Portata Q_e [l/s]	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06	0,04	0,03	0,01
Tempo [min]	**80**	**81**								
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00								

Area Viabilità			
Tipo area		Area semi-impermeabile	
Superficie		2026,0	m²
Curve number	CN_{II}	72	-
Curve number adottato	CN_{ad}	72	-
Tempo corrivazione	t_c	20	min

Grafico

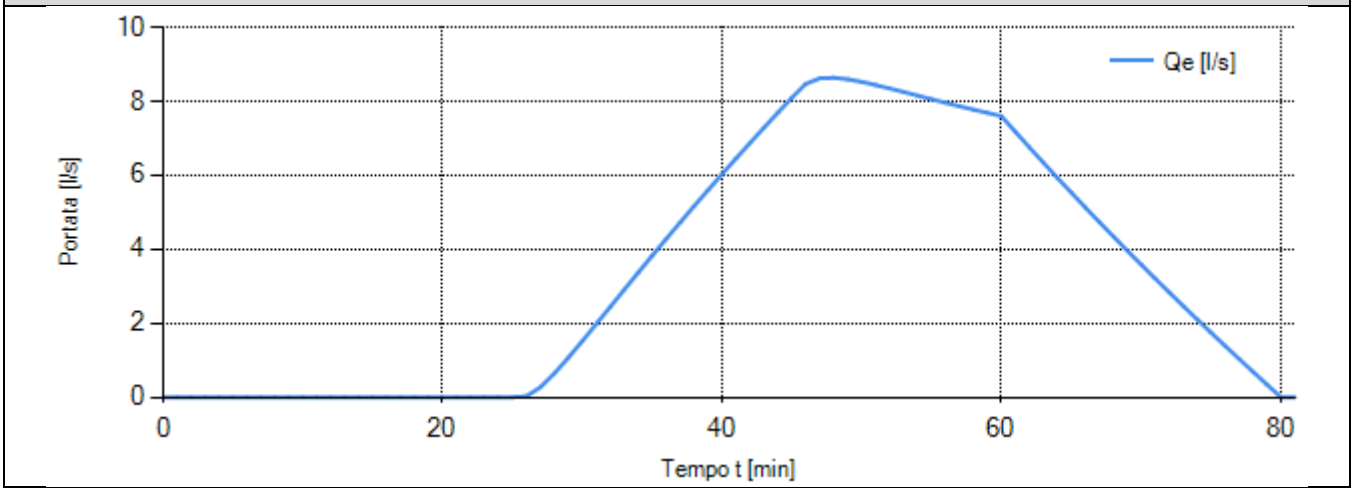


Risultati tabellari

Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	12,12	14,80	16,71	18,24	19,55
Tempo [min]	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**
Portata Q_e [l/s]	20,70	21,74	22,68	23,55	24,36	25,13	25,84	26,53	27,18	27,80
Tempo [min]	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**
Portata Q_e [l/s]	28,39	28,96	29,51	30,04	28,46	18,93	16,74	15,30	14,22	13,35
Tempo [min]	**50**	**51**	**52**	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**
Portata Q_e [l/s]	12,64	12,02	11,49	11,02	10,60	10,23	9,89	9,57	9,29	9,02
Tempo [min]	**60**	**61**	**62**	**63**	**64**	**65**	**66**	**67**	**68**	**69**
Portata Q_e [l/s]	8,78	8,21	7,66	7,13	6,61	6,12	5,63	5,17	4,71	4,27
Tempo [min]	**70**	**71**	**72**	**73**	**74**	**75**	**76**	**77**	**78**	**79**
Portata Q_e [l/s]	3,83	3,41	3,00	2,60	2,20	1,82	1,44	1,07	0,71	0,35
Tempo [min]	**80**	**81**								
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00								

Area a verde per interventi di mitigazione			
Tipo area		Area semi-impermeabile	
Superficie		7134,1	m²
Curve number	CN_{II}	49	-
Curve number adottato	CN_{ad}	49	-
Tempo corrivazione	t_c	20	min

Grafico

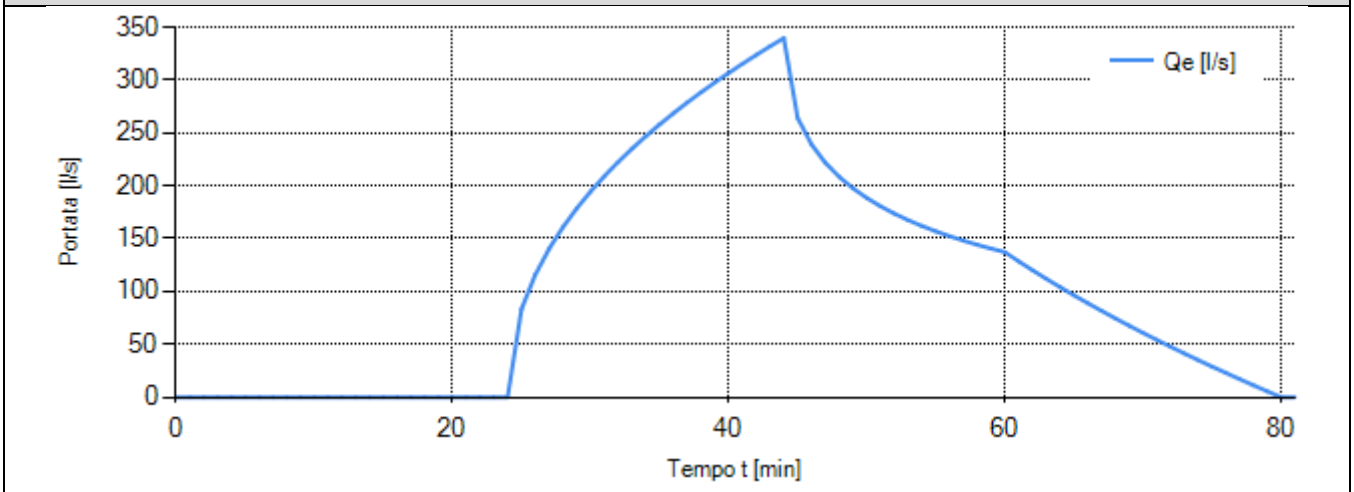


Risultati tabellari

Tempo [min]	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,27	0,64	1,07
Tempo [min]	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**
Portata Q_e [l/s]	1,52	1,98	2,44	2,90	3,37	3,82	4,27	4,72	5,16	5,60
Tempo [min]	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**
Portata Q_e [l/s]	6,03	6,45	6,87	7,29	7,69	8,10	8,47	8,62	8,64	8,60
Tempo [min]	**50**	**51**	**52**	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**
Portata Q_e [l/s]	8,53	8,44	8,35	8,25	8,16	8,06	7,96	7,87	7,78	7,69
Tempo [min]	**60**	**61**	**62**	**63**	**64**	**65**	**66**	**67**	**68**	**69**
Portata Q_e [l/s]	7,60	7,18	6,76	6,34	5,93	5,53	5,13	4,74	4,35	3,97
Tempo [min]	**70**	**71**	**72**	**73**	**74**	**75**	**76**	**77**	**78**	**79**
Portata Q_e [l/s]	3,59	3,21	2,84	2,47	2,11	1,75	1,39	1,04	0,69	0,34
Tempo [min]	**80**	**81**								
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00								

Area coltivata all'interno della superficie lorda			
Tipo area		Area permeabile	
Superficie		47931,3	m²
Curve number	CN_{II}	62	-
Curve number adottato	CN_{ad}	62	-
Tempo corrivazione	t_c	20	min

Grafico



Risultati tabellari

Tempo [min]	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	83,21	115,83	140,39	160,82	178,62
Tempo [min]	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**
Portata Q_e [l/s]	194,57	209,12	222,57	235,11	246,91	258,07	268,68	278,82	288,52	297,85
Tempo [min]	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**
Portata Q_e [l/s]	306,83	315,51	323,90	332,04	339,90	264,40	239,26	221,97	208,65	197,79
Tempo [min]	**50**	**51**	**52**	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**
Portata Q_e [l/s]	188,63	180,71	173,77	167,59	162,04	157,01	152,42	148,19	144,30	140,68
Tempo [min]	**60**	**61**	**62**	**63**	**64**	**65**	**66**	**67**	**68**	**69**
Portata Q_e [l/s]	137,31	128,64	120,24	112,11	104,21	96,54	89,06	81,78	74,67	67,73
Tempo [min]	**70**	**71**	**72**	**73**	**74**	**75**	**76**	**77**	**78**	**79**
Portata Q_e [l/s]	60,95	54,31	47,81	41,44	35,19	29,06	23,05	17,14	11,33	5,62
Tempo [min]	**80**	**81**								
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00								

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D_W	3,04	ore
Volume invaso minimo	W_0	472,80	m^3

$$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2{,}78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A}\right)^{\frac{1}{n-1}}$$

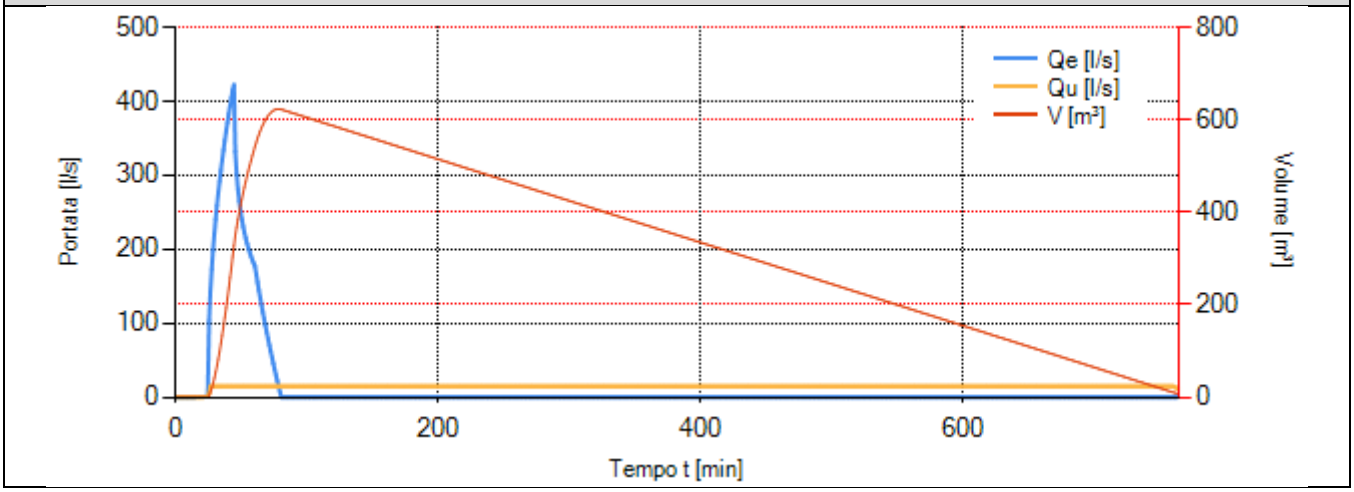
$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3{,}6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_W	1,00	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	2,49	m
Volume invaso minimo	W	623,44	m^3

Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.

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
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,01	0,00	0,00	0,00
7	0,02	0,00	0,00	0,00
8	0,02	0,00	0,00	0,00
9	0,03	0,01	0,00	0,00
10	0,05	0,01	0,01	0,00
11	0,06	0,01	0,01	0,00
12	0,07	0,02	0,01	0,00
13	0,09	0,02	0,01	0,00
14	0,11	0,03	0,02	0,00
15	0,13	0,04	0,02	0,00
16	0,15	0,04	0,03	0,00
17	0,18	0,05	0,04	0,00
18	0,21	0,07	0,05	0,00
19	0,24	0,08	0,05	0,00
20	0,28	0,10	0,06	0,00
21	0,34	0,11	0,08	0,00
22	0,40	0,14	0,09	0,00
23	0,50	0,16	0,11	0,00
24	3,16	0,30	0,21	0,00
25	103,26	4,79	3,25	0,01
26	142,91	14,82	10,04	0,04
27	173,10	15,00	18,63	0,07
28	198,42	15,00	28,87	0,12
29	220,62	15,00	40,54	0,16
30	240,60	15,00	53,48	0,21

31	258,88	15,00	67,57	0,27
32	275,82	15,00	82,71	0,33
33	291,67	15,00	98,83	0,40
34	306,61	15,00	115,88	0,46
35	320,76	15,00	133,80	0,54
36	334,23	15,00	152,55	0,61
37	347,11	15,00	172,09	0,69
38	359,47	15,00	192,39	0,77
39	371,34	15,00	213,41	0,85
40	382,79	15,00	235,14	0,94
41	393,84	15,00	257,54	1,03
42	404,53	15,00	280,59	1,12
43	414,86	15,00	304,27	1,22
44	422,34	15,00	328,49	1,31
45	332,10	15,00	350,22	1,40
46	302,06	15,00	368,34	1,47
47	281,23	15,00	384,94	1,54
48	265,06	15,00	400,43	1,60
49	251,79	15,00	415,04	1,66
50	240,56	15,00	428,91	1,72
51	230,82	15,00	442,15	1,77
52	222,26	15,00	454,84	1,82
53	214,62	15,00	467,05	1,87
54	207,74	15,00	478,82	1,92
55	201,50	15,00	490,19	1,96
56	195,78	15,00	501,21	2,00
57	190,52	15,00	511,90	2,05
58	185,66	15,00	522,29	2,09
59	181,15	15,00	532,39	2,13
60	176,94	15,00	542,23	2,17
61	165,84	15,00	551,62	2,21
62	155,08	15,00	560,34	2,24
63	144,65	15,00	568,44	2,27
64	134,51	15,00	575,91	2,30
65	124,65	15,00	582,79	2,33
66	115,04	15,00	589,08	2,36
67	105,66	15,00	594,80	2,38
68	96,51	15,00	599,96	2,40
69	87,57	15,00	604,59	2,42
70	78,82	15,00	608,68	2,43
71	70,26	15,00	612,25	2,45
72	61,86	15,00	615,31	2,46
73	53,64	15,00	617,88	2,47
74	45,56	15,00	619,95	2,48
75	37,63	15,00	621,55	2,49
76	29,85	15,00	622,67	2,49
77	22,20	15,00	623,34	2,49
78	14,68	15,00	623,44	2,49
79	7,28	15,00	623,30	2,49
80	0,00	15,00	622,62	2,49
81	0,00	15,00	621,72	2,49
82	0,00	15,00	620,82	2,48
83	0,00	15,00	619,92	2,48
84	0,00	15,00	619,02	2,48
85	0,00	15,00	618,12	2,47
86	0,00	15,00	617,22	2,47
87	0,00	15,00	616,32	2,47

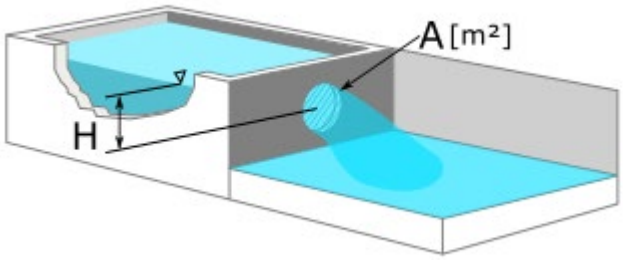
88	0,00	15,00	615,42	2,46
89	0,00	15,00	614,52	2,46
90	0,00	15,00	613,62	2,45
91	0,00	15,00	612,72	2,45
92	0,00	15,00	611,82	2,45
93	0,00	15,00	610,92	2,44
94	0,00	15,00	610,02	2,44
95	0,00	15,00	609,12	2,44
96	0,00	15,00	608,22	2,43
97	0,00	15,00	607,32	2,43
98	0,00	15,00	606,42	2,43
99	0,00	15,00	605,52	2,42
100	0,00	15,00	604,62	2,42
101	0,00	15,00	603,72	2,41
102	0,00	15,00	602,82	2,41
103	0,00	15,00	601,92	2,41
105	0,00	15,00	600,12	2,40
110	0,00	15,00	595,62	2,38
115	0,00	15,00	591,12	2,36
120	0,00	15,00	586,62	2,35
125	0,00	15,00	582,12	2,33
130	0,00	15,00	577,62	2,31
135	0,00	15,00	573,12	2,29
140	0,00	15,00	568,62	2,27
145	0,00	15,00	564,12	2,26
150	0,00	15,00	559,62	2,24
155	0,00	15,00	555,12	2,22
160	0,00	15,00	550,62	2,20
165	0,00	15,00	546,12	2,18
170	0,00	15,00	541,62	2,17
175	0,00	15,00	537,12	2,15
180	0,00	15,00	532,62	2,13
185	0,00	15,00	528,12	2,11
190	0,00	15,00	523,62	2,09
195	0,00	15,00	519,12	2,08
200	0,00	15,00	514,62	2,06
205	0,00	15,00	510,12	2,04
210	0,00	15,00	505,62	2,02
215	0,00	15,00	501,12	2,00
220	0,00	15,00	496,62	1,99
225	0,00	15,00	492,12	1,97
230	0,00	15,00	487,62	1,95
235	0,00	15,00	483,12	1,93
240	0,00	15,00	478,62	1,91
245	0,00	15,00	474,13	1,90
250	0,00	15,00	469,63	1,88
255	0,00	15,00	465,13	1,86
260	0,00	15,00	460,63	1,84
265	0,00	15,00	456,13	1,82
270	0,00	15,00	451,63	1,81
275	0,00	15,00	447,13	1,79
280	0,00	15,00	442,63	1,77
285	0,00	15,00	438,13	1,75
290	0,00	15,00	433,63	1,73
295	0,00	15,00	429,13	1,72
300	0,00	15,00	424,63	1,70
305	0,00	15,00	420,13	1,68

310	0,00	15,00	415,63	1,66
315	0,00	15,00	411,13	1,64
320	0,00	15,00	406,63	1,63
330	0,00	15,00	397,63	1,59
360	0,00	15,00	370,63	1,48
390	0,00	15,00	343,63	1,37
420	0,00	15,00	316,63	1,27
450	0,00	15,00	289,63	1,16
480	0,00	15,00	262,63	1,05
510	0,00	15,00	235,63	0,94
540	0,00	15,00	208,64	0,83
570	0,00	15,00	181,64	0,73
600	0,00	15,00	154,64	0,62
630	0,00	15,00	127,64	0,51
660	0,00	15,00	100,64	0,40
690	0,00	15,00	73,64	0,29
720	0,00	15,00	46,64	0,19
750	0,00	15,00	19,64	0,08
764	0,00	11,05	7,48	0,03

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

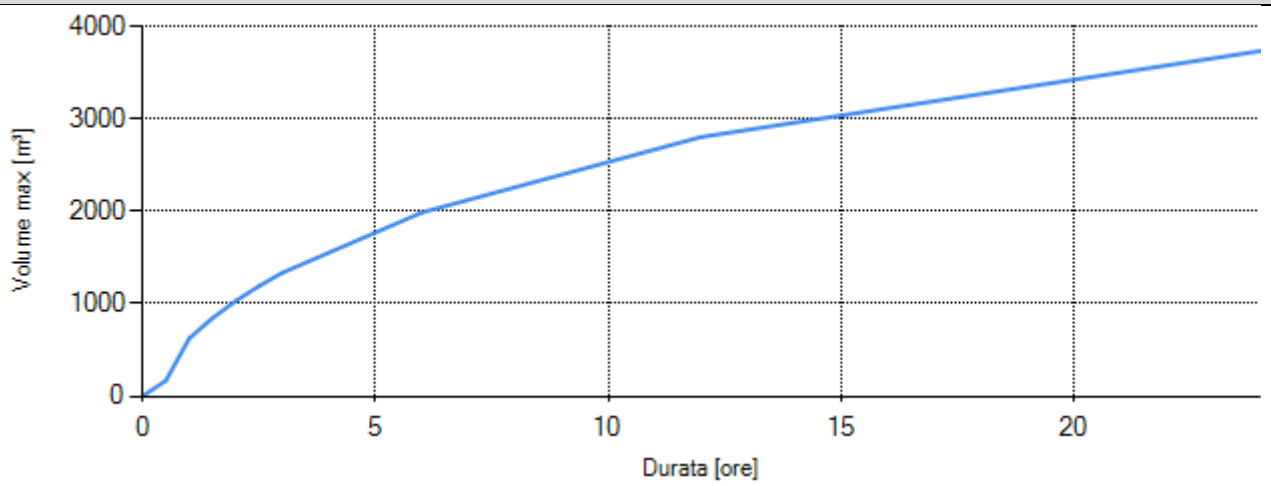
Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	250,00	m^2

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		**Valore Ammissibile**		**VERIFICA**
Altezza utile invaso	H	4,00	≥	2,49	m	**Positiva**
Volume utile invaso	W	1000,00	≥	623,44	m^3	**Positiva**
Tempo di svuotamento	T_{sv}	11,5	≤	48,0	ore	**Positiva**
Portata massima scaricata	Q	15,00	≤	20,00	l/s	**Positiva**

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Luce a battente circolare tarata		
			
Battente idrico utile massimo	H	4,00	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	15,00	l/s
Area della bocca d'uscita	A	0,0491	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	168,49
1,0	623,44
1,5	843,72
2,0	1028,86
2,5	1190,36
3,0	1334,50
6,0	1987,35
12,0	2803,81
24,0	3733,57