



REGIONE SICILIA



Consorzio Comunale di Ragusa



COMUNE DI VITTORIA

DIREZIONE URBANISTICA ECOLOGIA E VERDE URBANO

SERVIZIO PIANIFICAZIONE URBANISTICA E TERRITORIALE

Variante parziale al PRG ai sensi dell'art. 26 della L.R. n. 19/2020 per la riclassificazione della destinazione urbanistica di un'area bianca in Z.T.O. a seguito di decadenza dei vincoli espropriativi in
"B4" – ZONA TERRITORIALE OMOGENEA RESIDENZIALE PARZIALMENTE EDIFICATA
(sentenza TAR Catania n. 2351/2020 del 30/09/2020 - Ditta Giombattista La Terra Pirrè)

STATO DI FATTO	Elaborato 5	INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA	Data: Febbraio 2024
----------------	-------------	-----------------------------------	---------------------------

Elaborato redatto da
Ing. Giombattista La Terra Pirrè

IL Dirigente
Arch. Emanuele Ciccirella

IL COMMISSARIO AD ACTA
Ing. Ignazio Alberghina

NDICE

- 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**
- 10. DIMENSIONAMENTO SISTEMI DI DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE**

1. PREMESSA

Oggetto del presente studio è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi ai terreni indicati in epigrafe, oggetto di variante urbanistica.

La modifica delle condizioni del suolo a seguito della variazione della destinazione d'uso, impone di dimostrare, attraverso uno studio di carattere idrologico-idraulico, il rispetto del principio dell'invarianza idraulica secondo cui la trasformazione di un'area deve avvenire senza provocare aggravio della portata di piena del corpo idrico o della rete di drenaggio ricevente i deflussi originati dall'area stessa.

In termini molto pratici con l'adozione del principio di invarianza idraulica e/o idrogeologica, si sancisce in maniera definitiva che le acque meteoriche, affluenti durante un evento di massima precipitazione in un terreno da urbanizzare, scaricate in un ricettore a valle, dopo l'avvenuta urbanizzazione non debbono dunque essere maggiori di quelle precedenti all'urbanizzazione.

Il rispetto dell'invarianza idraulica è ottenibile, oltre che tramite l'adozione di buone pratiche costruttive, anche mediante l'adozione di misure da compensare con soluzioni di Sistemi di Drenaggio Urbano Sostenibili (SDUS).

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. n. 102 del Dipartimento Regionale dell'Urbanistica del Dipartimento Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia ed in particolare secondo le indicazioni di cui all'allegato 1 e all'allegato 2 del medesimo Decreto. 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.

Come previsto dal D.D.G. 102/2021, i parametri analizzati sono:

- Coefficiente di deflusso (φ)
- Coefficiente udometrico

conseguenti alla modifica della permeabilità.

- **Coefficiente di deflusso (φ):** è il rapporto tra il volume defluito attraverso una assegnata sezione in un definito intervallo di tempo, e il volume meteorico totale precipitato nell'intervallo stesso. Il coefficiente di deflusso viene valutato considerando le caratteristiche di permeabilità e, quindi, di utilizzo, delle diverse superfici presenti in ogni singola area interessata da una trasformazione urbanistica o all'interno di un intero bacino imbrifero drenante. Un alto coefficiente di deflusso, quindi, indica un'elevata impermeabilizzazione potenziale del territorio poiché rappresenta quella aliquota di precipitazione che, in occasione di un evento di pioggia, scorre in superficie senza infiltrarsi nel suolo.

- **Coefficiente udometrico:** contributo unitario al deflusso superficiale causato dalle piogge (al netto delle perdite per infiltrazione, evaporazione, detenzione e intercettazione da parte della vegetazione) espresso in litri al secondo per ettaro di superficie. La presente norma assume, in sede di prima applicazione, un coefficiente udometrico preesistente alle aree di nuova urbanizzazione pari a 20 l/s*ha (valore dimezzato per lo scarico in aree a pericolosità P3 e P4 del P.A.I.), che individua il valore limite da non superare allo scarico nel ricettore finale (corpo idrico superficiale). L'obiettivo dell'invarianza idraulica e idrologica è, dunque, quello di garantire che il valore del coefficiente udometrico, nella situazione post operam, rimanga immutato rispetto alla situazione ante operam.

Sarà dunque necessario, come sopra riportato, progettare le opere idrauliche tali da mantenere inalterato il "coefficiente udometrico" dell'area come era in condizioni ante operam.

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

L'area oggetto d'intervento è sita nel Comune di Vittoria, all'interno del nucleo urbano della città, nella via Giuseppe Di Vittorio ed è distinta al catasto terreni del Comune di Vittoria al foglio n. 88 particelle 783,823,824 e 825, della superficie catastale di mq 376,00, destinata dal vigente strumento urbanistico, in parte a "sede viaria"(in parte già realizzata per circa mq 47,00) ed in parte a Z.T.O. "B4".

La valutazione dell'invarianza idraulica e idrologica dell'area, è stata determinata a partire dal calcolo delle singole superfici scolanti in condizioni *ante operam* (stato di fatto PRG vigente) e *post operam* (proposta in variante).

Le p.lle interessate dalla variante urbanistica sono le nn. 783,823,824 e 825 del F. 88.

I terreni, seppur destinati urbanisticamente dal vigente strumento urbanistico, in parte a "sede viaria" (in parte già realizzata per circa mq 47,00) ed in parte a Z.T.O. "B4", allo stato attuale (condizioni ante operam) sono incolti con elevate caratteristiche di infiltrazione per cui si può stimare un coefficiente di deflusso ϕ pari a 0,00, che non produce alcun smaltimento/drenaggio delle acque piovane né sulla rete fognaria né sulla sede viaria.

Le previsioni progettuali contenute nella variante prevedono per le p.lle 783,823,824 e 825 la Z.T.O. "B4" per circa il 90% della superficie mentre la restante superficie(circa 10%) è occupata dalla sede viaria esistente. Per quanto riguarda l'area ricadente in zona "B4" è prevista l'edificazione per circa mq 198, mentre la restante superficie sarà destinata a verde privato e area carrabile come meglio specificato nella successiva tabella.

VEDI TABELLA SOTTO

Per determinare il coefficiente di deflusso, ovvero la frazione di precipitazione complessiva, non trattenuta dal terreno, che partecipa alla formazione del deflusso superficiale, è necessario calcolare **la media ponderale del coefficiente di deflusso**, utilizzando i valori ϕ dei coefficienti per tipologia di suolo, così come riportato nella relativa tabella al punto A.4 del suddetto Decreto:

- Superfici Impermeabili 1,0
- Pavimentazioni Drenanti o Semipermeabili 0,5
- Verde coltivato 0,3
- Incolto e Uso Agricolo 0,0

In particolare, visto gli elementi del progetto, si sono adottati i coefficienti di cui alla seguente tabella:

Individuazione dell'area

Comune di Vittoria Provincia Ragusa
Classe dell'intervento _____

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m²]	Coeff. Afflusso ϕ
Area edificabile	Area impermeabile	198.0	1.00
Area verde privato	Area permeabile	122.0	0.30
Area carrabile pavimentazione drenante	Area semi-impermeabile	9.0	0.50

Superficie totale 329.0 m² Coefficiente afflusso medio ponderale ϕ_m 0.7267

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:

- pozzi drenanti il cui dimensionamento deriva da calcoli idraulici e dal coefficiente di permeabilità delle affioranti calcareniti costituenti il sottosuolo dotati di una permeabilità media di 1×10^{-4} m/sec, così come riportato in letteratura.

Tali misure compensative sono previste tra i SUDS nella categoria U6:

SISTEMA DI LAMINAZIONE/ INFILTRAZIONE/ DEPURAZIONE	FOTO
<p data-bbox="328 629 595 696">Strutture di infiltrazione B.6. Pozzi drenanti</p>	

A monte del sistema di smaltimento/drenante si potrà realizzare un sistema di accumulo con troppo pieno per il riutilizzo delle acque piovane destinate alle acque tecniche dei servizi igienici, per il sistema antincendio e per il sistema di irrigazione, dimensionato in funzione dei fabbisogni.

Valori di permeabilità tipici

TIPO DI TERRENO	k (m/s)
Ghiaia pulita	10^{-2} - 1
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	10^{-5} - 10^{-2}
Sabbia molto fine	10^{-6} - 10^{-4}
Limo e sabbia argillosa	10^{-9} - 10^{-5}
Limo	10^{-8} - 10^{-6}
Argilla omogenea sotto falda	$< 10^{-9}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	10^{-8} - 10^{-4}
Roccia non fessurata	10^{-12} - 10^{-10}

La falda dall'esame delle manifestazione sorgentizie rilevate nella falesia sottostante si stima ad una profondità dal piano campagna di 20,00 metri.

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili, Q_{umax} , si adotta il seguente valore: 0.50 l/s.

Tale portata è desunta facendo riferimento all'allegato 2 del D.D.G. n. 102 del Dipartimento Regionale dell'Urbanistica del Dipartimento Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, il quale prevede una portata ammissibile allo scarico nel ricettore non superiore a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabile dell'intervento.

Nel caso specifico si ha:

$$Q_{umax} = 0,0329 \text{ ha} \times 20 \text{ l/s} \times 0,7267 \varphi_m = 0,5 \text{ l/s.}$$

La superficie scolante efficace post operam è pari a 239,00 mq.

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/oraⁿ]: 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.

Nel caso in esame, che ricade all'interno del Bacino del Fiume Ippari, si è fatto riferimento ai dati di a e di n delle curve di possibilità pluviometrica della stazione pluviometrica di Vittoria, estrapolando i dati riportati nella tabella seguente:

STAZIONE PLUVIOMETRICA VITTORIA									
TR 30		TR 40		TR 50		TR 100		TR 200	
a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
65.4	0.21	69.0	0.21	71.7	0.21	80.3	0.21	88.8	0.21

Tabella 1 - Parametri a ed n per diversi tempi di ritorno

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.

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/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 $0 \leq r \leq 1$. 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.

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

q_k [m³/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.

Sulla base di quanto detto, nel caso in specie il tempo di corrivazione t_c è stato valutato in funzione delle caratteristiche di permeabilità e di estensione dell'area, assumendo il seguente valore : **tc=12 min**

Calcolo portata infiltrata

Per calcolare la portata infiltrata dal sistema di pozzi si adotta la formulazione di Sieker (1984), che non considera, cautelativamente, come superficie infiltrante la base del pozzo, assumendo che a lungo termine, a causa dei depositi delle particelle più fini, si possa intasare.

$$Q_{inf} = n_p \cdot K_{calc} \cdot \left(\frac{L + H}{L + H/2} \right) \cdot A_f$$

$$A_f = \pi \cdot \left[\left(\frac{D}{2} + \frac{H}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right]$$

Q_{inf} [m^3/s]: portata infiltrata

n_p [-]: numero dei pozzi

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

H [m]: altezza dell'acqua rispetto al fondo del pozzo

D [m]: diametro dei pozzi/o

L [m]: distanza tra il fondo del pozzo e il livello della falda

A_f [m^2]: superficie d'infiltrazione di calcolo

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

Nel calcolo del processo di infiltrazione vengono adottati valori cautelativi dei coefficienti di permeabilità del terreno idonei a rappresentare condizioni di permeabilità a lungo termine.

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

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate.

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 Vittoria Provincia Ragusa

Metodi di calcolo adottati

Metodo analitico di dettaglio

Portata massima scaricabile

Portata massima scaricabile 0.50 l/s

Definizione aree

Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
Atrea edificabile	Area impermeabile	198.0	1.00
Area verde privato	Area permeabile	122.0	0.30
Area carrabile pavimentazione drenante	Area semi-impermeabile	9.0	0.50

Sup. totale intervento 329.0 m² Coeff. afflusso medio ponderale ϕ_m 0.7267

Per quanto concerne la determinazione della portata in ingresso, nel caso di studio, si è fatto riferimento ad una sollecitazione meteorica con tempo di ritorno **T di 50 anni**.

Un ulteriore parametro da fissare è la durata dell'evento di pioggia, che assume notevole importanza in tutti quei casi in cui entra in gioco la capacità d'invaso del sistema di infiltrazione.

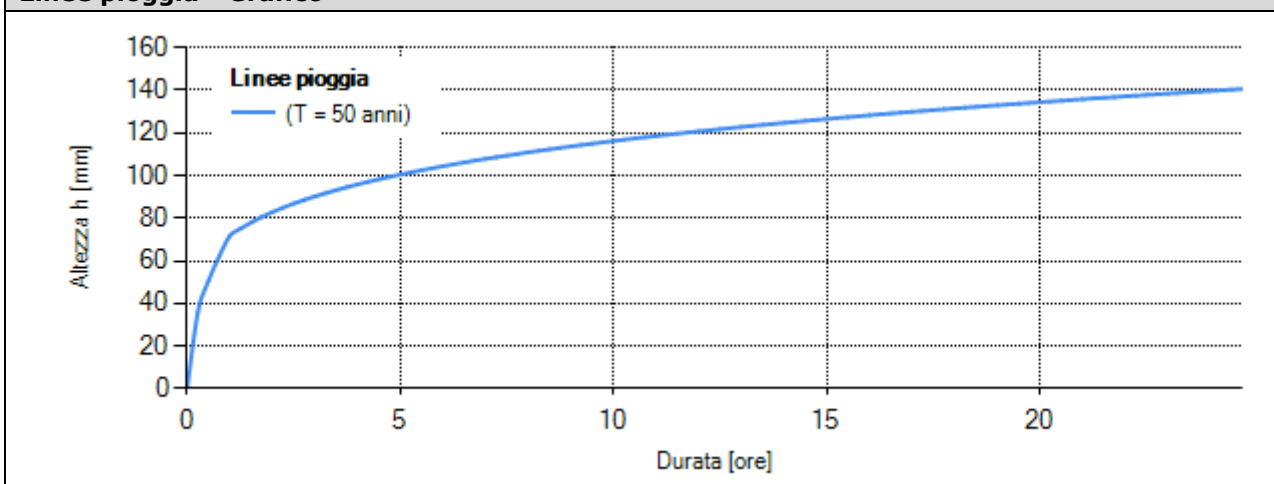
In linea del tutto generale, vanno scelte brevi durate (da 10 minuti ad un'ora), e quindi elevate intensità di pioggia, nel caso di suoli molto permeabili e di piccole aree drenate; al contrario, lunghe durate (da qualche ora ad un giorno), e quindi basse intensità di pioggia, nel caso di suoli con permeabilità modesta.

Nel caso in esame, la durata critica della pioggia **tp, è stata scelta pari a 1 ora** in funzione dell'estensione delle aree in esame e delle caratteristiche di permeabilità del sottosuolo.

LINEE SEGNALATRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Tempo di ritorno	TR	50	anni
Coefficiente pluviometrico orario	a	71.70	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	0.2100	-
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	71.70
2	82.93
3	90.31
4	95.93
5	100.53
6	104.46
7	107.89
8	110.96
9	113.74
10	116.28
11	118.63
12	120.82
13	122.87
14	124.80
15	126.62
16	128.35
17	129.99
18	131.56
19	133.06
20	134.50
21	135.89
22	137.22
23	138.51
24	139.75

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

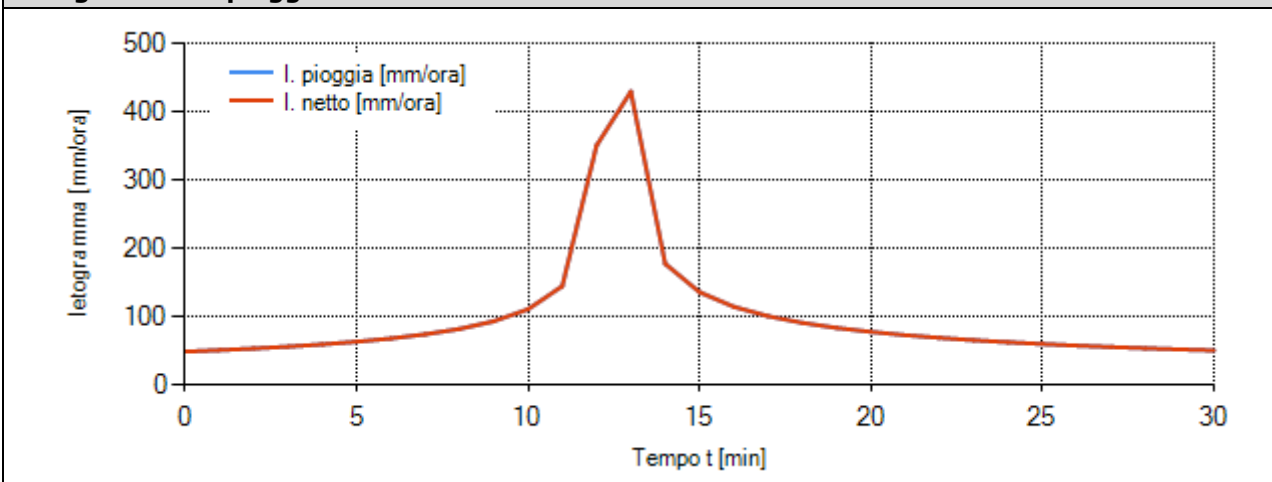
Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
Atrea edificabile	Area impermeabile	198.0	1.00	12
Area verde privato	Area permeabile	122.0	0.30	12
Area carrabile pavimentazione drenante	Area semi-impermeabile	9.0	0.50	12
Superficie totale intervento: 329.0 m ²		Valori medi	0.7267	

IETOGRAMMA DI PIOGGIA

Definizione ietogramma di pioggia - Area edificabile

Durata pioggia di progetto (θ)	0.50	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

Ietogramma di pioggia - Grafico

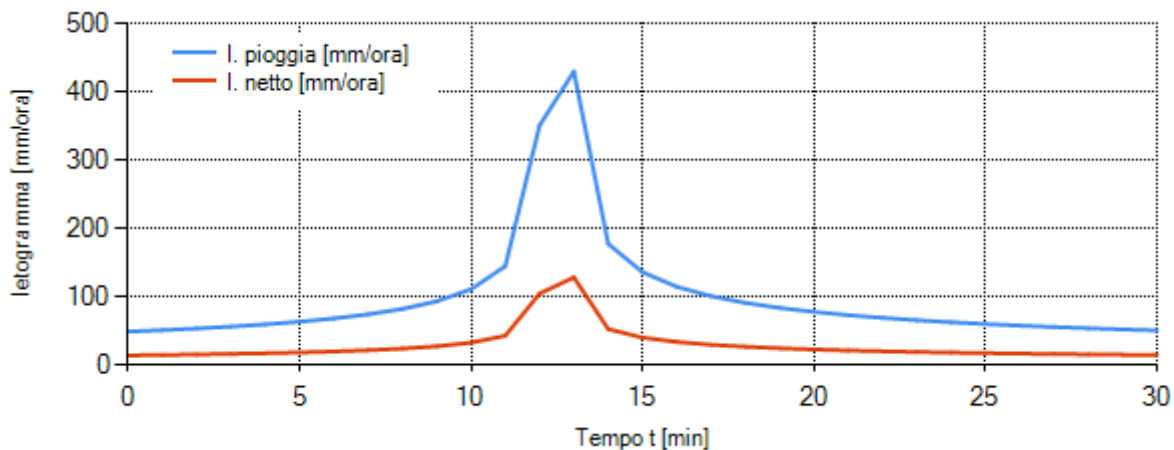


Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	49.69	49.69
1	51.80	51.80
2	54.22	54.22
3	57.00	57.00
4	60.27	60.27
5	64.17	64.17
6	68.94	68.94
7	74.97	74.97
8	82.92	82.92
9	94.12	94.12
10	111.64	111.64
11	145.50	145.50
12	351.26	351.26
13	430.20	430.20
14	178.19	178.19
15	136.73	136.73
16	115.27	115.27
17	101.56	101.56
18	91.81	91.81
19	84.43	84.43
20	78.59	78.59
21	73.81	73.81
22	69.81	69.81
23	66.40	66.40
24	63.44	63.44
25	60.85	60.85
26	58.55	58.55
27	56.50	56.50
28	54.64	54.64
29	52.96	52.96
30	51.42	51.42

Definizione ietogramma di pioggia - Area verde privato

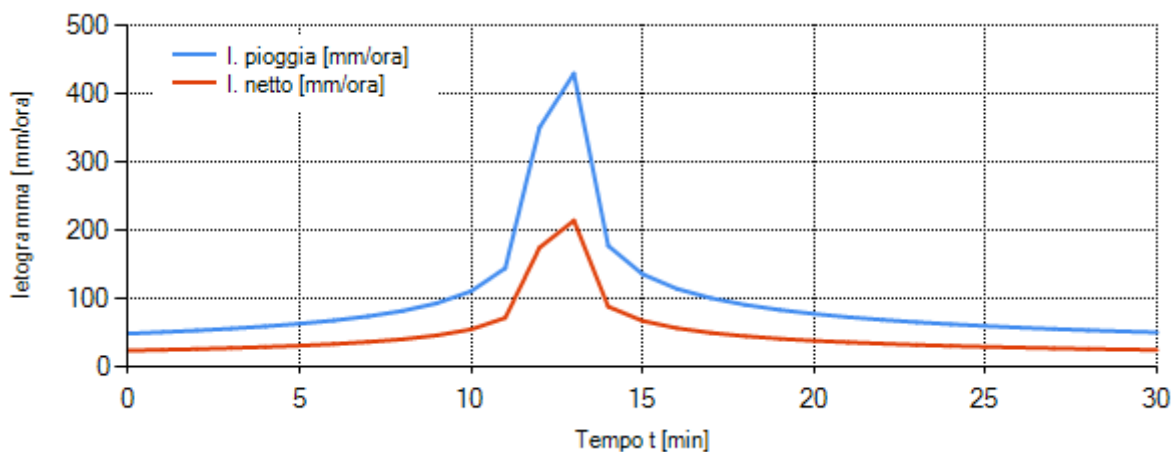
Durata pioggia di progetto (θ)	0.50	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

Ietogramma di pioggia - Grafico**Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari**

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	49.69	14.91
1	51.80	15.54
2	54.22	16.26
3	57.00	17.10
4	60.27	18.08
5	64.17	19.25
6	68.94	20.68
7	74.97	22.49
8	82.92	24.88
9	94.12	28.24
10	111.64	33.49
11	145.50	43.65
12	351.26	105.38
13	430.20	129.06
14	178.19	53.46
15	136.73	41.02
16	115.27	34.58
17	101.56	30.47
18	91.81	27.54
19	84.43	25.33
20	78.59	23.58
21	73.81	22.14
22	69.81	20.94
23	66.40	19.92
24	63.44	19.03
25	60.85	18.26
26	58.55	17.57
27	56.50	16.95
28	54.64	16.39
29	52.96	15.89
30	51.42	15.43

Definizione ietogramma di pioggia - Area carrabile pavimentazione drenante

Durata pioggia di progetto (θ)	0.50	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

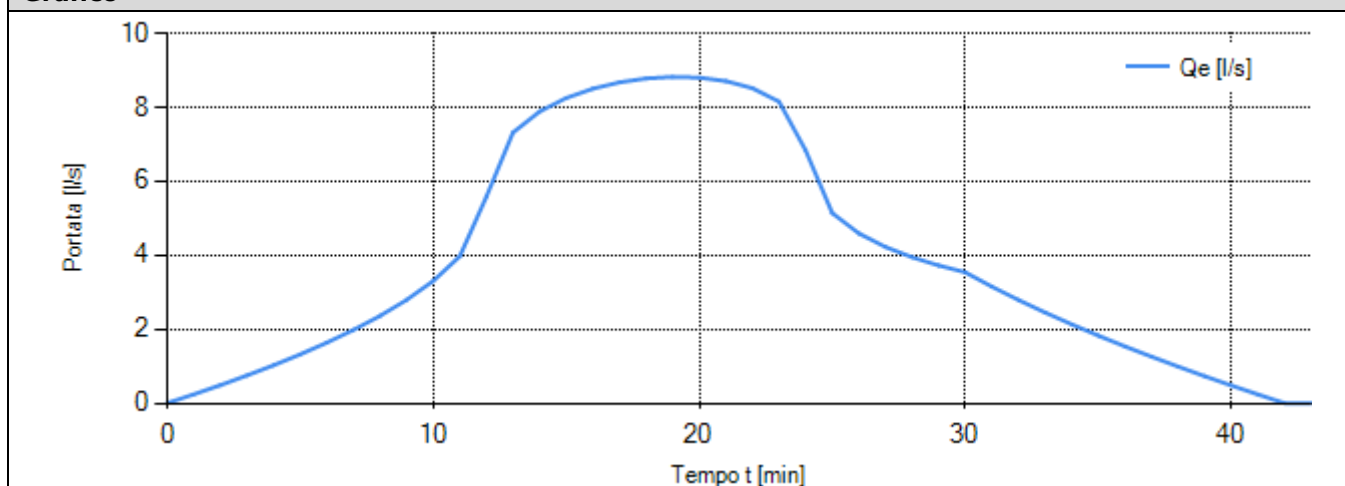
Ietogramma di pioggia - Grafico**Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari**

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	49.69	24.84
1	51.80	25.90
2	54.22	27.11
3	57.00	28.50
4	60.27	30.13
5	64.17	32.08
6	68.94	34.47
7	74.97	37.48
8	82.92	41.46
9	94.12	47.06
10	111.64	55.82
11	145.50	72.75
12	351.26	175.63
13	430.20	215.10
14	178.19	89.10
15	136.73	68.37
16	115.27	57.64
17	101.56	50.78
18	91.81	45.91
19	84.43	42.22
20	78.59	39.29
21	73.81	36.91
22	69.81	34.91
23	66.40	33.20
24	63.44	31.72
25	60.85	30.43
26	58.55	29.28
27	56.50	28.25
28	54.64	27.32
29	52.96	26.48
30	51.42	25.71

IDROGRAMMA DI PIENA

Area Atrea edificabile			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		198.0	m ²
Coefficiente di afflusso		ϕ 1.00	-
Tempo corrivazione		t_c 12	min

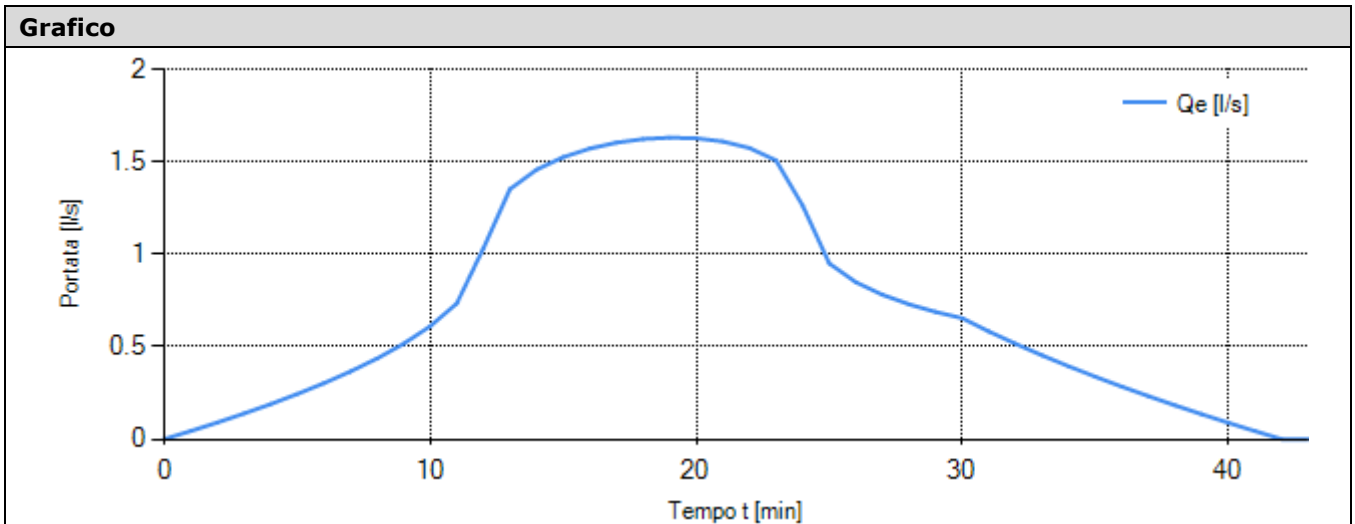
Grafico



Risultati tabellari

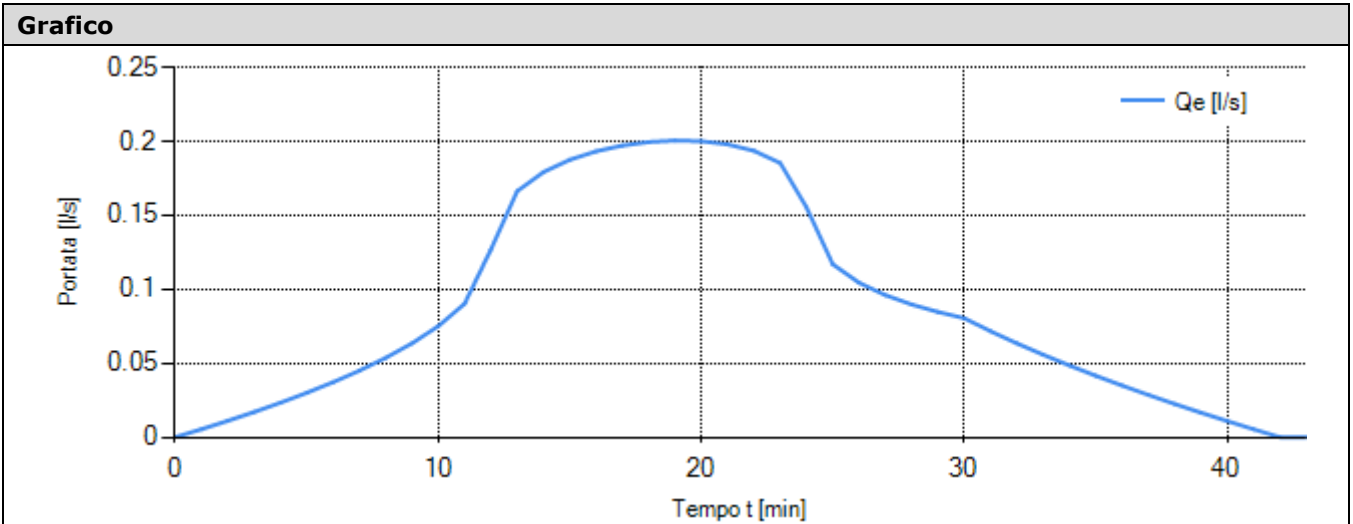
Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q_e [l/s]	0.00	0.24	0.49	0.75	1.02	1.32	1.63	1.98	2.36	2.79
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q_e [l/s]	3.30	3.97	5.58	7.32	7.89	8.25	8.50	8.68	8.78	8.82
Tempo [min]	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Portata Q_e [l/s]	8.80	8.71	8.52	8.16	6.84	5.14	4.59	4.22	3.95	3.72
Tempo [min]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Portata Q_e [l/s]	3.54	3.15	2.79	2.45	2.13	1.83	1.54	1.26	0.99	0.73
Tempo [min]	40	41	42	43						
Portata Q_e [l/s]	0.48	0.24	0.00	0.00						

Area Area verde privato			
Tipo area		Area permeabile	
Superficie		122.0	m ²
Coefficiente di afflusso		ϕ 0.30	-
Tempo corrvazione		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	0.04	0.09	0.14	0.19	0.24	0.30	0.37	0.44	0.52
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q_e [l/s]	0.61	0.73	1.03	1.35	1.46	1.53	1.57	1.60	1.62	1.63
Tempo [min]	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Portata Q_e [l/s]	1.63	1.61	1.57	1.51	1.26	0.95	0.85	0.78	0.73	0.69
Tempo [min]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Portata Q_e [l/s]	0.65	0.58	0.52	0.45	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.13
Tempo [min]	40	41	42	43						
Portata Q_e [l/s]	0.09	0.04	0.00	0.00						

Area Area carrabile pavimentazione drenante			
Tipo area		Area semi-impermeabile	
Superficie		9.0	m ²
Coefficiente di afflusso		ϕ 0.50	-
Tempo corrivazione		t_c 12	min

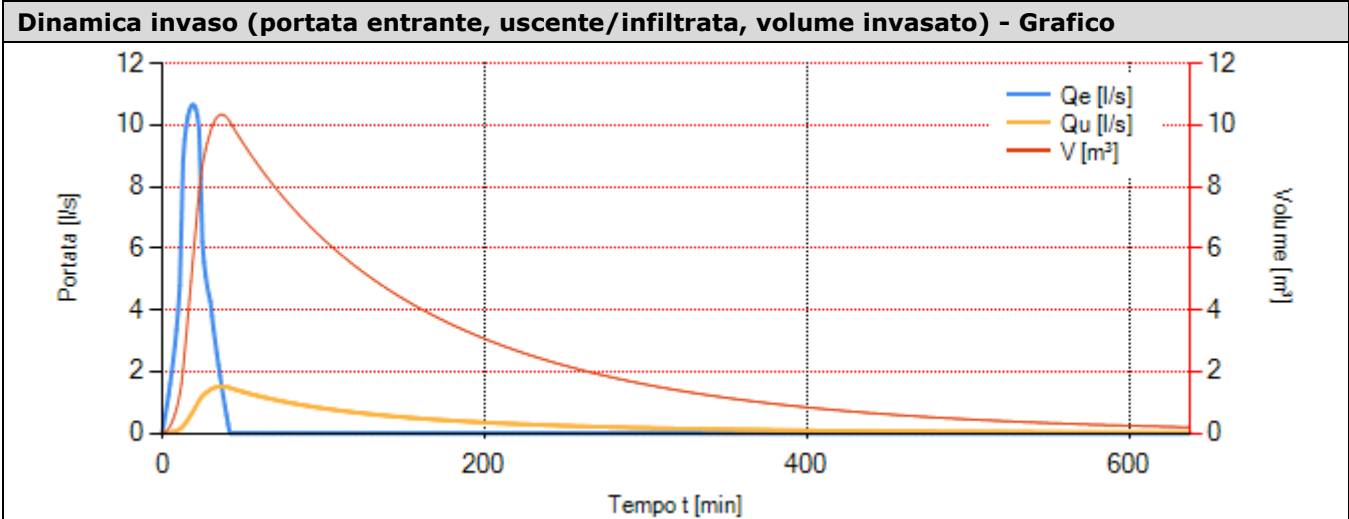


Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q_e [l/s]	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q_e [l/s]	0.08	0.09	0.13	0.17	0.18	0.19	0.19	0.20	0.20	0.20
Tempo [min]	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Portata Q_e [l/s]	0.20	0.20	0.19	0.19	0.16	0.12	0.10	0.10	0.09	0.08
Tempo [min]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Portata Q_e [l/s]	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
Tempo [min]	40	41	42	43						
Portata Q_e [l/s]	0.01	0.01	0.00	0.00						

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_w	0.50	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	1.64	m
Volume invaso minimo	W	10.34	m ³
<i>Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.</i>			

CALCOLO DINAMICA INVASO



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	0.29	0.00	0.01	0.00
2	0.59	0.00	0.03	0.01
3	0.90	0.01	0.08	0.01
4	1.24	0.01	0.14	0.02
5	1.59	0.02	0.23	0.04
6	1.97	0.03	0.33	0.05
7	2.39	0.05	0.46	0.07
8	2.85	0.06	0.62	0.10
9	3.37	0.08	0.80	0.13
10	3.99	0.11	1.01	0.16
11	4.79	0.13	1.27	0.20
12	6.74	0.17	1.61	0.26
13	8.84	0.22	2.06	0.33
14	9.52	0.29	2.60	0.41
15	9.96	0.36	3.16	0.50
16	10.27	0.44	3.74	0.60
17	10.48	0.52	4.34	0.69
18	10.60	0.60	4.94	0.79
19	10.66	0.69	5.54	0.88
20	10.63	0.78	6.13	0.98
21	10.52	0.87	6.71	1.07
22	10.29	0.97	7.28	1.16
23	9.85	1.06	7.83	1.25
24	8.25	1.14	8.30	1.32
25	6.21	1.20	8.67	1.38
26	5.55	1.25	8.95	1.42
27	5.10	1.30	9.19	1.46
28	4.77	1.34	9.41	1.50
29	4.50	1.38	9.60	1.53
30	4.27	1.41	9.78	1.56
31	3.81	1.44	9.94	1.58
32	3.37	1.46	10.07	1.60
33	2.96	1.48	10.17	1.62
34	2.57	1.50	10.25	1.63
35	2.21	1.51	10.30	1.64
36	1.86	1.52	10.33	1.64
37	1.52	1.52	10.34	1.64

38	1.19	1.52	10.33	1.64
39	0.88	1.51	10.30	1.64
40	0.58	1.50	10.26	1.63
41	0.28	1.49	10.19	1.62
42	0.00	1.47	10.11	1.61
43	0.00	1.46	10.02	1.60
44	0.00	1.44	9.94	1.58
45	0.00	1.42	9.85	1.57
46	0.00	1.41	9.77	1.55
47	0.00	1.39	9.68	1.54
48	0.00	1.38	9.60	1.53
49	0.00	1.36	9.52	1.51
50	0.00	1.34	9.44	1.50
51	0.00	1.33	9.36	1.49
52	0.00	1.32	9.28	1.48
53	0.00	1.30	9.20	1.46
54	0.00	1.29	9.12	1.45
55	0.00	1.27	9.04	1.44
56	0.00	1.26	8.97	1.43
57	0.00	1.25	8.89	1.42
58	0.00	1.23	8.82	1.40
59	0.00	1.22	8.75	1.39
60	0.00	1.21	8.67	1.38
65	0.00	1.14	8.32	1.32
70	0.00	1.09	7.99	1.27
75	0.00	1.03	7.67	1.22
80	0.00	0.98	7.37	1.17
85	0.00	0.93	7.08	1.13
90	0.00	0.89	6.81	1.08
95	0.00	0.85	6.55	1.04
100	0.00	0.81	6.30	1.00
105	0.00	0.77	6.06	0.97
110	0.00	0.74	5.84	0.93
115	0.00	0.70	5.62	0.89
120	0.00	0.67	5.42	0.86
125	0.00	0.64	5.22	0.83
130	0.00	0.62	5.03	0.80
135	0.00	0.59	4.85	0.77
140	0.00	0.56	4.68	0.74
145	0.00	0.54	4.51	0.72
150	0.00	0.52	4.35	0.69
155	0.00	0.50	4.20	0.67
160	0.00	0.48	4.05	0.64
165	0.00	0.46	3.91	0.62
170	0.00	0.44	3.78	0.60
175	0.00	0.42	3.65	0.58
180	0.00	0.41	3.52	0.56
185	0.00	0.39	3.40	0.54
190	0.00	0.38	3.29	0.52
210	0.00	0.32	2.86	0.46
240	0.00	0.26	2.34	0.37
270	0.00	0.21	1.92	0.31
300	0.00	0.17	1.58	0.25
330	0.00	0.14	1.31	0.21
360	0.00	0.11	1.08	0.17
390	0.00	0.09	0.89	0.14
420	0.00	0.08	0.74	0.12
450	0.00	0.06	0.61	0.10
480	0.00	0.05	0.51	0.08
510	0.00	0.04	0.42	0.07
540	0.00	0.04	0.35	0.06
570	0.00	0.03	0.29	0.05
600	0.00	0.02	0.24	0.04
630	0.00	0.02	0.20	0.03

638	0.00	0.02	0.19	0.03
-----	------	------	------	------

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

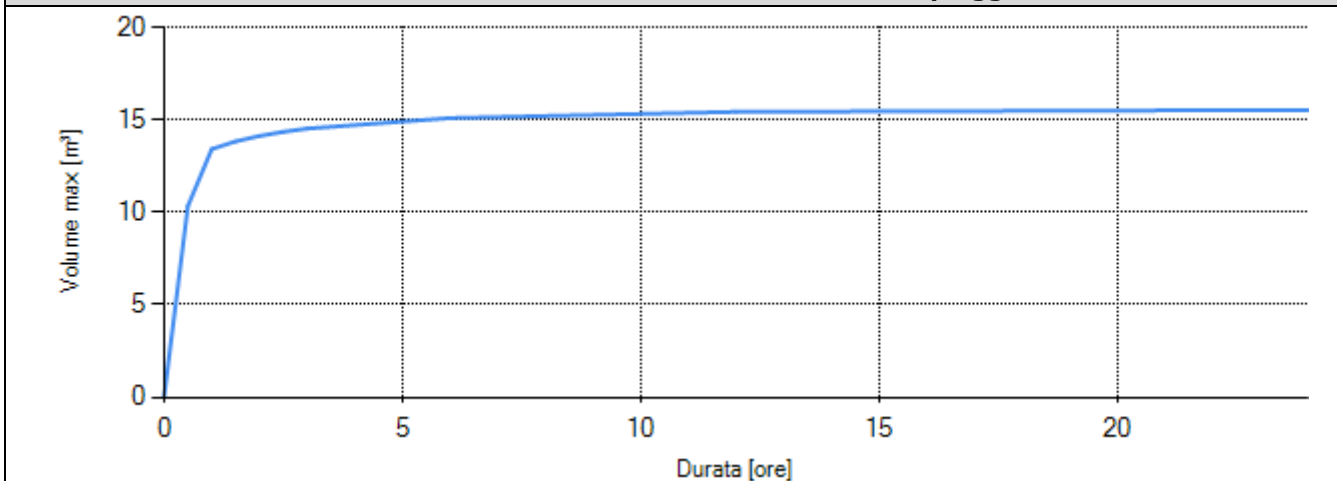
Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	6.28	m^2

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	2.00	\geq	1.64	m	Positiva
Volume utile invaso	W	12.57	\geq	10.34	m^3	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	10.1	\leq	12.0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	0.00	\leq	0.50	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Pozzo d'infiltrazione (Sieker 1984)		
Battente idrico utile massimo	H	2.00	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	1.97	l/s
Numero di pozzi	n	2	
Diametro pozzo	D	2.00	m
Distanza dalla falda	L	20.0	m
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	10.00	$m/s * 10^{-5}$

VARIAZIONE VOLUME MASSIMO INVASATO

Variation volume maximum stored in function of the duration of the rain - Graph



Risultati tabellari

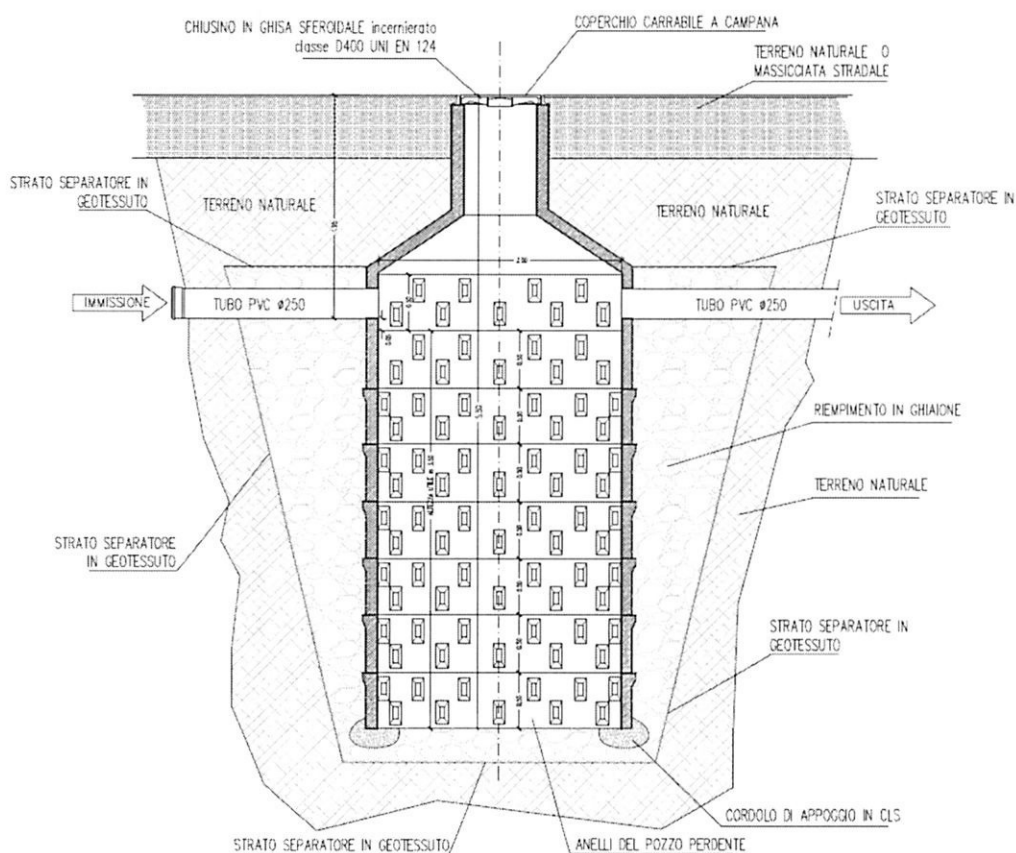
Durata pioggia [ore]	Volume [m ³]
0.0	0.00
0.5	10.34
1.0	13.42
1.5	13.83
2.0	14.13
2.5	14.35
3.0	14.52
6.0	15.09
12.0	15.43
24.0	15.54

10. DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE

Dai calcoli effettuati, al fine di garantire l'invarianza idraulica e idrologica conseguente alla variazione urbanistica dei terreni ed alle modifiche della capacità di infiltrazione dei terreni superficiali, è necessario realizzare una rete perimetrale superficiale di raccolta delle acque piovane e n. 2 pozzi drenanti posti in serie di dimensioni pari a 2,00 metri di diametro e a 2,00 di profondità.

La soluzione progettuale calcolata garantisce un volume di invaso di $12,57 \text{ m}^3$ e soddisfa il volume minimo di invaso ammissibile per una durata di pioggia di 1 h e con tempi di svuotamento di 10,1 h ($10,4 \text{ m}^3$), e risulta anche $>$ a quello previsto dalla norma per lotti $< 1.000 \text{ m}^2$. ($5 \text{ m}^3 / 100 \text{ m}^2$), considerata la superficie scolante netta di 239 m^2 ($W = 5 \text{ m}^3 \times 2,39 \text{ a} = 11,95 \text{ m}^3$).

SCHEMA POZZO DISPERDENTE



POZZETTO PERDENTE

FUORI SCALA

Vittoria, 13/02/2024

l'Ingegnere
Ing. *[Signature]*
C. degli Ingegneri
Vittoria
1401