

STUDIO TECNICO GEODATA

via Falcone 115 - Ragusa -

☎ - 3339239375

✉ e-mail : sarodiraimondo@gmail.com

C.F. DRM SRA 63E30 H163P – P.I. 01168470886

Assicurazione professionale responsabilità civile n°.A113C38674

- n°.996 Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia -

- European Geologist n°.1149 (F.E.G.) -



**PROGRAMMA COSTRUTTIVO
L.R.28/01/1986 DELLA SOC.COOP.AURORA
Arl, C.DA MANCA s.n. MUSSOMELI (CL) PER
LA REALIZZAZIONE DI N.8 ALLOGGI
SOCIALI (L.R.79/75) (L.457/78) A
MUSSOMELI (CL) UBICATO IN VIA OLIMPIA –
VIA TAZIO NUVOLARI A MUSSOMELI (CL)**

**RELAZIONE DI COMPATIBILITA' ED
INVARIANZA IDRAULICA**

IL GEOLOGO:

dott. Saro Di Raimondo

Sommario

1	PREMESSA	2
2	UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO	4
3	COMPATIBILITA' IDRAULICA	5
4	STUDIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA DEL SITO	7
4.1	Stima del coefficiente di afflusso/deflusso.....	7
5	INDICE OUTPUT DI CALCOLO	12
6	CONCLUSIONI	36

1 PREMESSA

Il presente studio di invarianza e compatibilità idraulica illustra in sintesi i seguenti aspetti:

- Invarianza idraulica del sito;
- Compatibilità idraulica del sito;
- Determinazione dei volumi di accumulo delle acque ruscellanti sul sito;
- Dimensionamento di massima di un dispositivo S.U.D.S. atto alla raccolta delle acque piovane;

L'area in esame è quella relativa al progetto denominato "Programma costruttivo L.R. 28/1/1986 n.1 e L.R. 6/4/1996 n.22 della Soc. Coop. Aurora Arl, c.da Manca, sn. Mussomeli (CL) per la realizzazione di n°8 alloggi sociali (L.R. 79/75) (L.457/78) a Mussomeli (CL)-cf. 01710020858 – ubicato in Viale Olimpia - via Tazio Nuvolari – Mussomeli (CL).".

In tale area è stato individuato un lotto, qui di seguito rappresentato:



Lo studio ha seguito quanto prescritto nel D.D.G. 102/2021 dell'ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE - Dipartimento Regionale dell'Urbanistica - Regionale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, il quale costituisce il riferimento tecnico e normativo per l'applicazione del "*principio di invarianza idrologica e idraulica*" nell'ambito dei piani particolareggiati attuativi del Piano Urbanistico Generale (PUG) nonché dei regolamenti edilizi dei Comuni siciliani.

La norma, attraverso l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica, intende razionalizzare il deflusso delle acque meteoriche verso le reti di drenaggio (naturali e artificiali) e ridurre il rischio idraulico nel territorio. L'invarianza idraulica ed idrologica rappresentano dunque gli obiettivi da raggiungere per mantenere invariato il bilancio idraulico e idrologico di un territorio in trasformazione, a causa della perdita di permeabilità, e per scongiurare il rischio di inondazione a valle e/o nei dintorni delle aree trasformate.

Per contrastare tale fenomeno, ogni trasformazione urbanistica o edilizia che provochi una variazione di permeabilità superficiale, dovrà prevedere specifici interventi di mitigazione e compensazione volti a mantenere costante il coefficiente udometrico, secondo il "*principio dell'invarianza idraulica e idrologica*", utilizzando misure sostenibili e naturali di ritenzione e infiltrazione delle acque pluviali.

Nell'applicazione della norma suddetta, sono stati applicati i criteri al punto A dell'Allegato 2 (A1-A2-A3-A4).

Si procede dunque alla verifica dell'invarianza idraulica "post-operam", come previsto dal citato "D.D.G. 102/2021".

2 UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area in studio è localizzata nella parte centrale della Sicilia, in un contesto mediamente urbanizzato ad est della città di Mussomeli (CL).

Cartograficamente il sito ricade nella CTR a scala 1:10.000 n.630020, ad una quota altimetrica media di circa 800 m s.l.m.

Il lotto ha una estensione di 9980 mq.

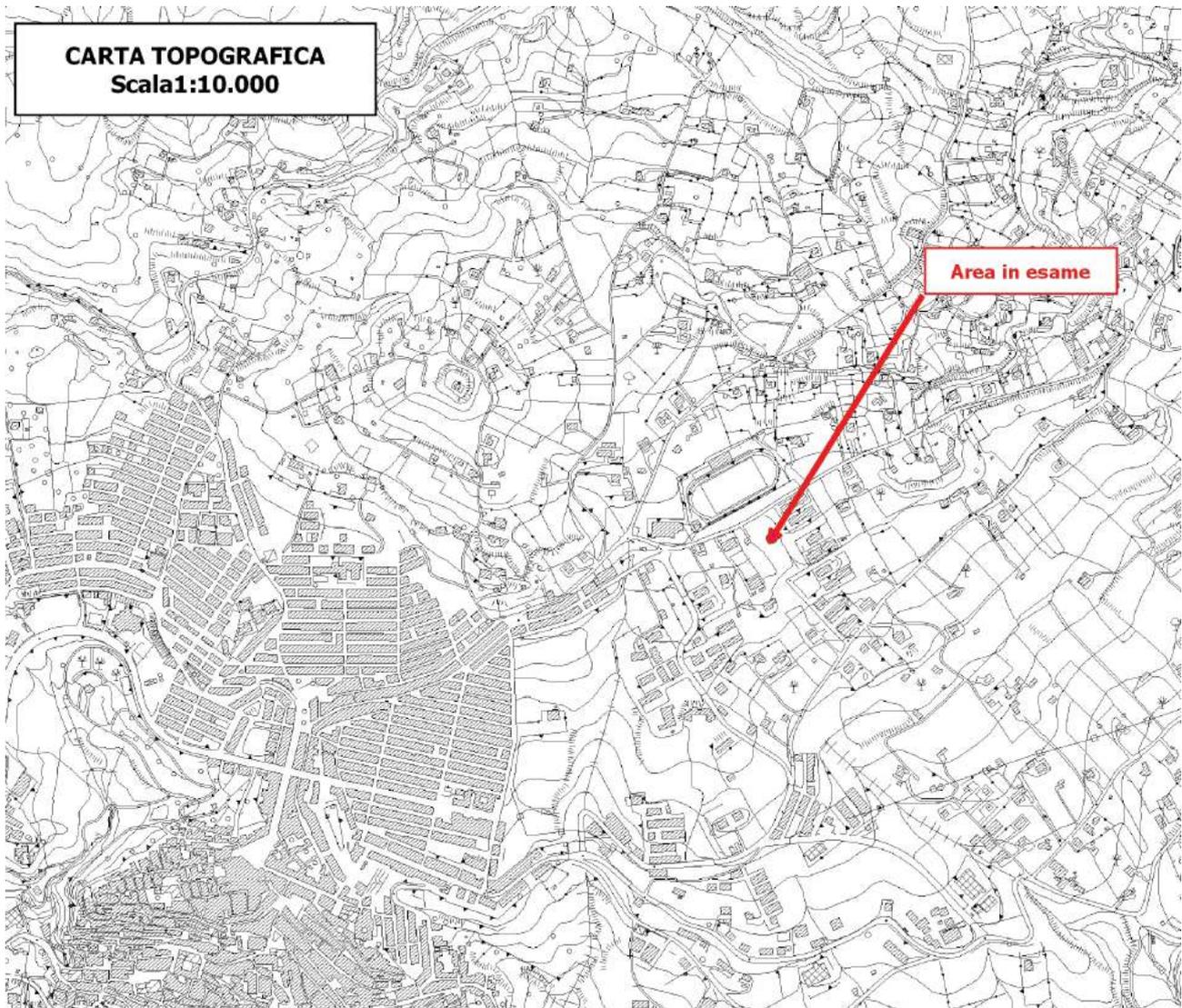


Figura 1: inquadramento su CTR scala 1:10.000

3 – COMPATIBILITA' IDRAULICA

Allo stato attuale il sito è attraversato da un impluvio naturale ad asse N-S, compreso tra la S.P.212 a nord e la strada immediatamente posta al confine meridionale del lotto oggetto di studio:

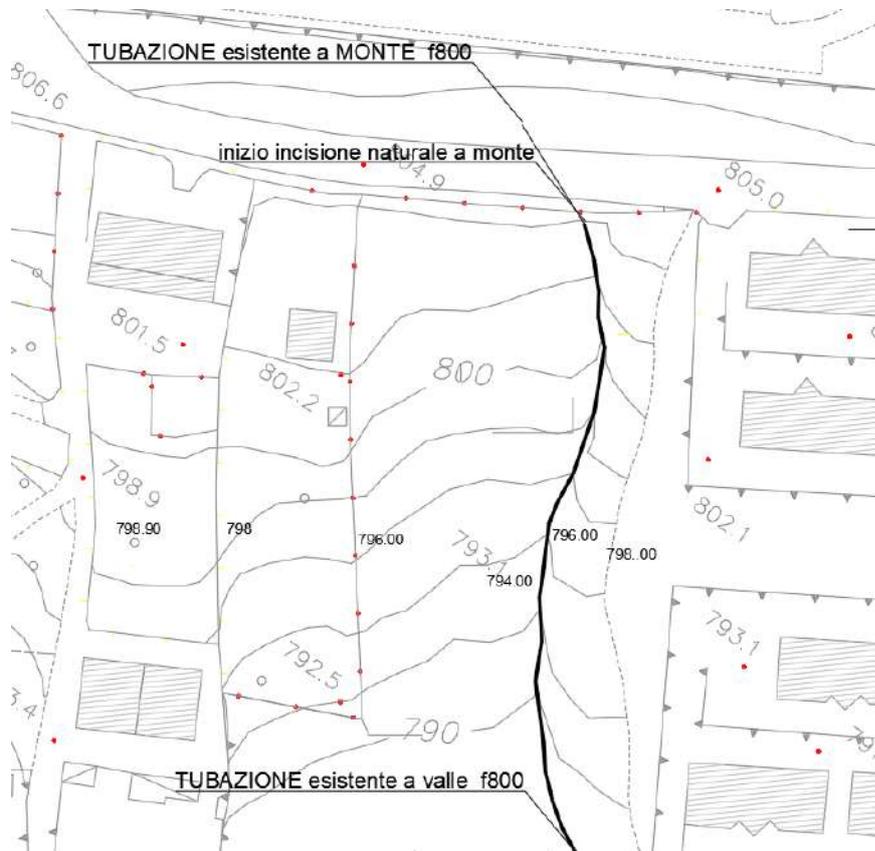


Figura 2: impluvio naturale su CTR scala 1:10.000, stato di fatto.

Il progetto prevede la rettifica e la deviazione dell'impluvio sul confine orientale del lotto, con la raccolta delle acque in un apposito canale sagomato artificiale a sostituzione di quello naturale esistente.



Figura 3: impluvio naturale su CTR scala 1:10.000, stato di progetto

Gli innesti di tale canale sono previsti, a monte e valle, raccordandosi con l'attuale tubazione F800 mm. presente in sito sotto le strade di monte e valle.

4 STUDIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA DEL SITO

Al fine di evitare effetti negativi sul coefficiente di deflusso delle superfici impermeabilizzate, ogni trasformazione del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative rivolte al perseguimento del principio dell'invarianza idraulica della medesima trasformazione.

Viene dunque introdotto il principio dell'invarianza idraulica per ogni trasformazione del territorio e la necessità di adottare misure compensative nel caso di una modifica (riduzione) della permeabilità delle superfici interessate.

Nel caso specifico, l'impermeabilizzazione del territorio riguarda esclusivamente i manufatti in cemento o asfalto come da progetto, in particolare strade e manufatti in cemento dalla copertura impermeabile e le coperture dei tetti delle villette in progetto. Per il rispetto dell'invarianza idraulica, bisogna determinare le eventuali variazioni del *"coefficiente di deflusso"*, cioè di quella quota percentuale di acqua meteorica che ruscella sulla superficie del lotto in condizioni *"post-operam"*; minore è la variazione di questo coefficiente, più sono rispettati i principi di invarianza idraulica.

Nell'ipotesi in cui il coefficiente di deflusso varia in maniera non significativa, vedi riferimento all'art.2 comma 5 del D.D.G. 102/2021 dell'ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE - Dipartimento Regionale dell'Urbanistica - Regionale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia il quale recita: *"Modifica significativa di permeabilità: si considera significativa la variazione di permeabilità quando la superficie di trasformazione urbanistica, che includa aree permeabili ed impermeabili, superi il valore complessivo di 1 ha (un ettaro) e/o la variazione del coefficiente di deflusso successivo alla trasformazione sia superiore al 50% di quello preesistente."* sarà dunque necessario progettare le opere idrauliche tali da mantenere inalterato il *"coefficiente idrometrico"* dell'area come era in condizioni *"ante operam"* utilizzando dei metodi semplificati.

Dunque, risulta fondamentale stimare il *"coefficiente di deflusso"*.

4.1 Stima del coefficiente di afflusso/deflusso

Per precipitazione efficace s'intende la frazione della precipitazione complessiva, non trattenuta dal terreno e dalla vegetazione, che partecipa alla formazione del deflusso superficiale. Il rapporto fra precipitazione efficace e precipitazione lorda prende il nome di *"coefficiente di afflusso"*.

Il valore della precipitazione efficace dipende principalmente da tre fattori:

- il grado di saturazione del terreno superficiale al momento del verificarsi dell'evento meteorico: maggiore e il grado di saturazione, legato ad eventi meteorici precedenti, minore e la capacità

del terreno di assorbire altra acqua e di conseguenza maggiore e la frazione del volume d'acqua precipitato che va ad alimentare il deflusso superficiale;

- la permeabilità delle litologie superficiali: ovviamente una maggiore permeabilità dei terreni superficiali favorisce l'infiltrazione dell'acqua meteorica, comportando una conseguente diminuzione del deflusso superficiale;
- l'uso del suolo: la destinazione del suolo influisce notevolmente sul volume del deflusso superficiale: una fitta copertura vegetale, per esempio, tende a diminuirlo, un'intensa urbanizzazione, diminuendo la permeabilità superficiale del terreno, tende viceversa ad aumentarlo.

Per la determinazione del coefficiente di afflusso si utilizza il *Metodo di Rasulo e Gissoni (1997)*¹.

Si tratta di un metodo semplificato, che consente di stimare il coefficiente di afflusso di un bacino in funzione delle caratteristiche di permeabilità delle aree sottese; la relazione è la seguente:

$$C_a = C_{ap} \times (1 - A_{imp}) + C_{ai} \times A_{imp}$$

dove:

- C_a = coefficiente di afflusso;
- C_{ap} = coefficiente di afflusso per le aree permeabili del bacino;
- C_{ai} = coefficiente di afflusso per le aree impermeabili del bacino;
- A_{imp} = rapporto fra l'area impermeabile e l'area totale del bacino.

Il valore del coefficiente di deflusso ϕ è tabellato al punto A.4. del suddetto Decreto; i valori sono di seguito riportati:

- <i>Superfici impermeabili</i>	<i>1,0</i>
- <i>Pavimentazioni drenanti o semipermeabili</i>	<i>0,7</i>
- <i>Aree permeabili</i>	<i>0,3</i>
- <i>Incolto e uso agricolo</i>	<i>0,0</i>

Il litotipo superficiale nell'area di studio è classificato geologicamente (da Relazione Geologica) come "coltre eluvio-colluviale di natura prevalentemente limosa-argillosa" con spessori di circa 1,0/2.0 metri.

La permeabilità stimata è piuttosto bassa, compresa tra 10^{-7} e 10^{-5} cm/s; cautelativamente all'area a verde potrà attribuirsi un valore di 0.1 invece di 0.0.

Dai dati sopra riportati avremo che dall'equazione

$$C_a = C_{ap} \times (1 - A_{imp}) + C_{ai} \times A_{imp}$$

¹ "Idrologia e statistica – AA – 19/20 – R.Dedda"

si ottiene:

COEFFICIENTE DI RUSCELLAMENTO IN CONDIZIONI "ANTE-OPERAM"

$$Ca = 0,1 \times (1 - 0) + 1 \times (1-0) = 0,10$$

Nella seguente immagine è rappresentato lo stato di progetto:

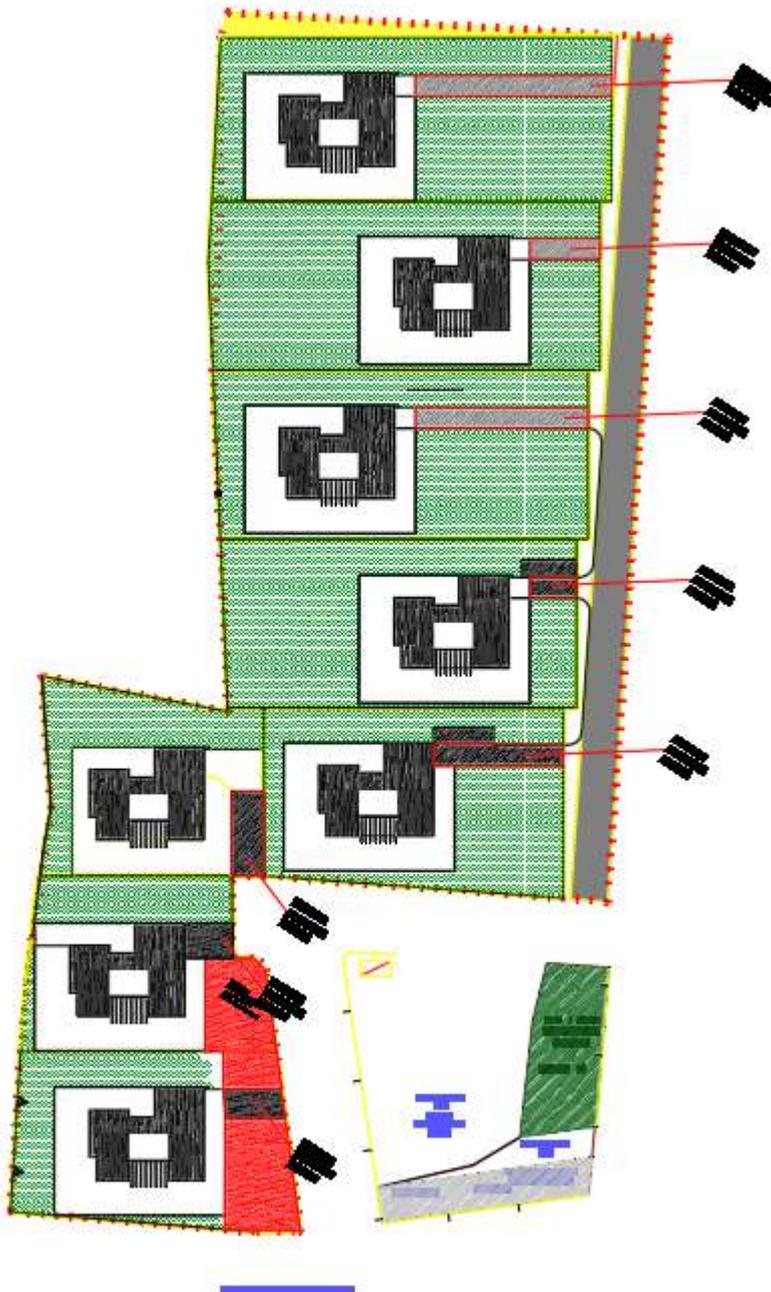


Fig. 3 - Stato di progetto post-operam

Dalla quale sono state evinte tre classi di permeabilità:

- Aree impermeabili (coperture a tetto, massetti in c.a., asfalto);
- Aree semi-permeabili (aree in misto destinate a percorrenze, parcheggi);
- Aree permeabili (aree a verde).

Il calcolo viene adesso effettuato in condizioni “post-operam”:

Avremo che:

COEFFICIENTE DI RUSCELLAMENTO IN CONDIZIONI “POST-OPERAM”

$$Ca = 0,1 \times (1 - 4080/9980) + 1 \times (1-4080/9980) = 0,4496$$

Ai sensi della normativa, essendo l’incremento del coefficiente di drenaggio superiore al 50%, si è deciso dunque di effettuare una metodologia di calcolo avanzata per il dimensionamento delle opere di correzione dell'invarianza idraulica.

Come suggerito dal D.D.G. 102/2021, a tali aree è stato attribuito un coefficiente di ruscellamento come da tabella seguente:

• <i>Superfici Impermeabili</i>	1,0
• <i>Pavimentazioni Drenanti o Semipermeabili</i>	0,7
• <i>Aree permeabili</i>	0,3
• <i>Incolto e Uso Agricolo</i>	0,0

con l’accortezza, a scopo cautelativo, di attribuire un valore del coefficiente di ruscellamento pari a 0,1 invece di 0,0 alle aree a verde.

I risultati sono stati output del software dedicato denominato “EDILCLIMA – EC737 – *Invarianza idraulica e idrologica*”; il calcolo è stato eseguito per ogni singolo lotto.

Vengono di seguito rappresentati i risultati ottenuti e la procedura di calcolo eseguita.

I dati della piovosità, ed in particolare i coefficienti pluviometrici “a” ed “n”, sono stati ricavati dalla tabella “Parametri “a” ed “n” delle curve di possibilità pluviometrica, per diversi tempi di ritorno, delle stazioni pluviometriche del territorio regionale (*dati annali idrologici 1924-2002 – elaborazione DRPC/SERVIZIO RIA*) per un tempo di ritorno TR = 50 anni:

$$a = 49.30$$

$$n = 0,22.$$

Infine, viene riportato un calcolo dell'ipotetico dispositivo di laminazione delle acque nello "stato di progetto" post-operam, utile al dimensionamento delle vasche previste di accumulo delle acque piovane.

Regione SICILIA
Provincia di Caltanissetta
Comune di Mussomeli

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Committente

Nome

Indirizzo

Edificio / Area

Descrizione

Indirizzo **Programma costruttivo "AURORA"**

Viale Olimpia - Tazio Nuvolari - Mussomeli - (CL)

Studio tecnico

Nome **DI RAIMONDO SARO**

Indirizzo **VIA BARTOLOMEO COLLEONI, 20 - 97100 RAGUSA (RG)**

Progettista

Rif.: Lavoro 1

Software di calcolo: Edilclima - EC737 - versione 2

Data di redazione del documento: 27/05/2024

5 INDICE OUTPUT DI CALCOLO

- 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 della corrivazione
 - 6.3 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 costruttivo "Aurora", sito in Mussomeli, (CL)..

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di **9980.0** 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 D.D.G.109/2021 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

Mussomeli

Provincia

Caltanissetta

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso φ
COPERTURE	Area impermeabile	4080.0	1.00
STRADE IN AUTOBLOCCANTI	Area semi-impermeabile	1090.0	0.70
VERDE	Area impermeabile	4810.0	0.10

Superficie totale 9980.0 m² Coefficiente afflusso medio ponderale φ_m 0.5335

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 CONTENIMENTO ACQUE

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili, Q_{umax} , si adotta il seguente valore: 19.96 l/s. Tale portata è desunta come da coefficiente udometrico di 20 l/sec. per ettaro. .

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.

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 della corrivazione (Alfonsi e Orsi, 1967)
- 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/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

D [ore]: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate W_e [m³] è pari a:

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

Il volume uscente W_u [m³], 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/oraⁿ]: 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 della corrivazione

Per il calcolo col metodo della corrivazione si fa riferimento all'impostazione data da Alfonsi e Orsi (1967) che ipotizzano prevalenti all'interno del bacino di scolo i fenomeni di traslazione dell'acqua, piuttosto che quelli di accumulo, mediante un processo di trasformazione afflussi-deflussi del tipo cinematico.

Tale metodo si basa sulle seguenti ipotesi:

- ietogrammi netti di pioggia ad intensità costante;
- curva aree-tempi lineare;
- svuotamento a portata costante pari a Q_{umax} , laminazione ottimale.

Per il calcolo del volume dell'invaso W_0 [m³] si applica la seguente formula:

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^n + 1,295 \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{1-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot t_c$$

W_0 [m³]: volume invasato

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

D_w [ore]: durata critica d'invaso

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

t_c [ore]: tempo di corrivazione dell'area

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

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

Per il calcolo della durata critica dell'invaso si risolve la seguente relazione implicita con metodi numerici.

$$2,78 \cdot n \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^{n-1} + 0,36 \cdot (1 - n) \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - Q_{umax} = 0$$

6.3 Metodo analitico di dettaglio

Il metodo analitico di dettaglio prevede di calcolare in modo analitico la curva della portata entrante nell'accumulo, minuto per minuto, l'altezza idrica nell'invaso e la contestuale portata uscente o infiltrata, per un evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.

Noto il volume invasato istante per istante, si calcola il relativo valore massimo, che rappresenta il volume minimo che l'accumulo deve possedere al fine di garantire il vincolo di invarianza ed il rispetto della portata scaricata, per detto evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.

La durata dell'evento meteorico ritenuto critico viene riportato nel report dei calcoli.

Per quanto attiene alla portata entrante nel serbatoio essa viene calcolata, mediante il modello cinematico, come somma delle portate generate dalle singole aree.

L'applicazione della procedura dettagliata prevede l'implementazione dei seguenti passaggi:

- calcolo ietogramma di pioggia di progetto lorda mediante lo ietogramma Chicago;
- depurazione delle piogge e calcolo dello ietogramma netto;
- calcolo dell'idrogramma in ingresso all'accumulo come somma degli idrogrammi generati dalla singola area;
- calcolo del bilancio del serbatoio e del battente idrico al suo interno minuto per minuto;
- calcolo del volume invasato e dell'idrogramma in uscita dall'invaso;
- calcolo del volume minimo di laminazione come valore massimo del volume invasato.

Ietogramma di pioggia di progetto

Per la definizione dell'evento di pioggia di progetto si può utilizzare lo ietogramma Chicago, sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago. Tale ietogramma è caratterizzato da un picco d'intensità massima e da una intensità media per ogni durata, anche parziale, uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Analiticamente lo ietogramma Chicago è descritto da due equazioni, rispettivamente riferite al ramo crescente prima del picco e al successivo ramo decrescente dopo il picco.

Il calcolo dell'altezza di precipitazione h [mm], in funzione del tempo t [ore], viene calcolato con le seguenti.

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

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

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

h [mm]: altezza di precipitazione

a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

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

r [-]: coefficiente di posizione del picco di precipitazione rispetto alla durata della pioggia

t [ore]: generico istante di calcolo

t_p [ore]: durata della precipitazione

t_r [ore]: tempo del picco di precipitazione pari a $t_p \cdot r$

I parametri a ed n adottati sono quelli che fanno riferimento alla durata della precipitazione di progetto.

Il range di applicazione del coefficiente di posizione risulta $0 \leq r \leq 1$. La sua posizione all'interno della durata complessiva θ dell'evento può essere scelta sulla base di indagini statistiche relative alla zona in esame, oppure in mancanza di informazioni si può porre $r=0,4$ valore medio che risulta dagli studi in materia riportati in letteratura.

Sulla base di tali formule l'intensità di precipitazione i [mm/h], al generico istante t [ore], viene calcolato con la seguente.

$$i(t) = \frac{h(t) - h(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

i [mm/ora]: intensità di precipitazione

Δt [ore]: passo di calcolo dell'intensità di precipitazione posto pari a 1 min.

Ietogramma di pioggia netto

Lo ietogramma di pioggia netto viene calcolato mediante il metodo percentuale, esso risulta essere, pertanto, dato dalla seguente formula:

$$i_n(t) = \varphi \cdot i(t)$$

i_n [mm/ora]: intensità di pioggia netta

i [mm/ora]: intensità di pioggia lorda

φ [-]: coefficiente di afflusso

Idrogramma in ingresso all'invaso

L'idrogramma in ingresso all'invaso viene calcolato come somma degli idrogrammi delle singole aree.

Nello specifico si adotta il modello cinematico, ipotizzando una curva area tempi lineare.

Le equazioni generali di riferimento sono, in forma discretizzata, le seguenti.

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

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.

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:

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

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

$H [m]$: battente idrico

$D [m]$: diametro interno del foro

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

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

$g [m/s^2]$: accelerazione di gravità

Calcolo del volume invasato con il metodo di dettaglio

Il calcolo del volume invasato dal sistema di laminazione e della portata scaricata viene descritto dall'equazioni di continuità seguente.

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

$Q_e [m^3/s]$: portata in ingresso all'invaso

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

$W [m^3]$: volume invasato

$t [s]$: tempo

Dove il volume invasato W , in ipotesi di forma prismatica, è dato dalla seguente relazione.

$$W = W[H(t)] = A_{inv} \cdot H(t)$$

$H [m]$: battente idrico all'interno dell'invaso

$A_{inv} [m^2]$: area di base dell'invaso

Q_u è la legge di efflusso dell'invaso che dipende dal battente idrico H , come descritto nel paragrafo precedente.

$$Q_u = Q_u(H(t))$$

Q_e è la portata in ingresso all'invaso relativa al tempo di ritorno di progetto ed alla durata critica di progetto.

Risolvendo numericamente l'equazione di continuità è possibile definire istante per istante l'altezza del battente idrico, il volume invasato e la portata scaricata o infiltrata.

Il volume minimo che deve avere l'invaso W_0 è dato dal massimo valore di tutti i volumi d'acqua invasati in tutti gli intervalli di tempo i -esimi.

$$W_0 = \max_i(W_i)$$

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

La portata massima scaricata viene calcolata in base alle formule precedenti avendo assunto il battente idrico pari al suo massimo valore all'interno dell'invaso.

Nel caso si adottino più metodi di calcolo contemporaneamente si adotterà il valore maggiore di questi.

Per i metodi semplificati il battente idrico massimo H si calcola con la seguente relazione:

$$H = \frac{W}{A_{inv}}$$

$W [m^3]$: volume invasato

$A_{inv} [m^2]$: area in pianta dell'invaso

Per il metodo analitico il battente idrico viene calcolato come il massimo di tutti i tiranti idrici all'interno dell'invaso durante l'evento di piena.

8. TEMPO DI SVUOTAMENTO

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

9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Mussomeli Provincia Caltanissetta

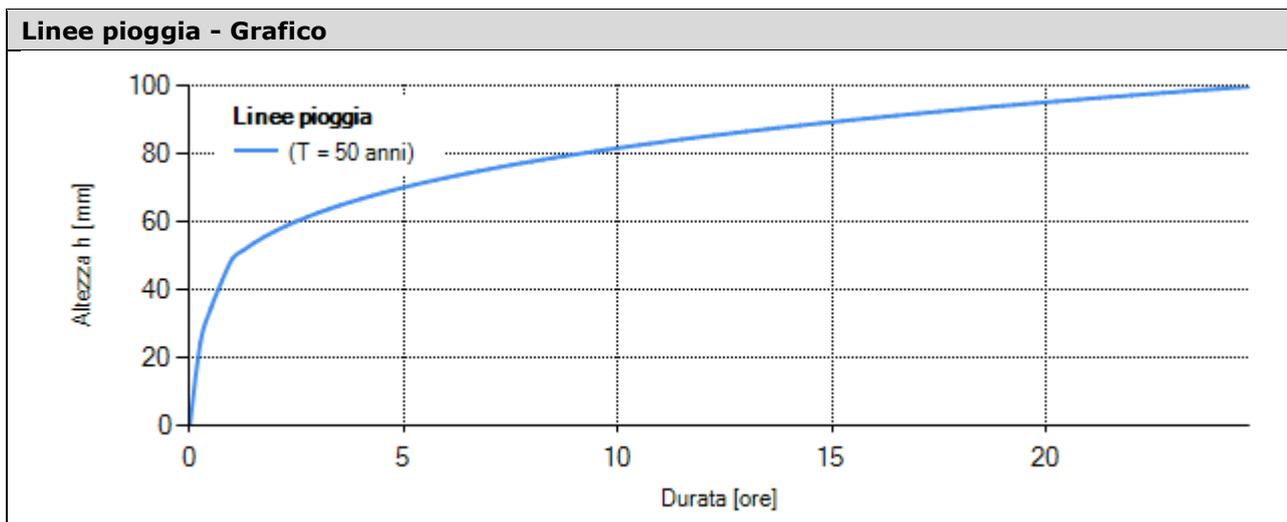
Metodi di calcolo adottati			
Metodo delle sole piogge Metodo della corrivazione Metodo analitico di dettaglio			
Portata massima scaricabile			
Portata massima scaricabile	19.96	l/s	
Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
COPERTURE	Area impermeabile	4080.0	1.00
STRADE IN AUTOBLOCCANTI	Area semi-impermeabile	1090.0	0.70

VERDE	Area impermeabile	4810.0	0.10
-------	-------------------	--------	------

Sup. totale intervento 9980.0 m² Coeff. afflusso medio ponderale ϕ_m 0.5335

LINEE SEGNALATRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Tempo di ritorno	TR	50	anni
Coefficiente pluviometrico orario	a	49.30	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	0.2200	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n ₁	0.5000	-



Linee pioggia - Risultati tabellari	
Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
0	0.00
1	49.30
2	57.42
3	62.78
4	66.88
5	70.25
6	73.12
7	75.64
8	77.90
9	79.94
10	81.82
11	83.55
12	85.17
13	86.68
14	88.10
15	89.45
16	90.73
17	91.95
18	93.11
19	94.23
20	95.30
21	96.32
22	97.32
23	98.27
24	99.20

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
COPERTURE	Area impermeabile	4080.0	1.00	6
STRADE IN AUTOBLOCCANTI	Area semi-impermeabile	1090.0	0.70	6
VERDE	Area impermeabile	4810.0	0.10	6

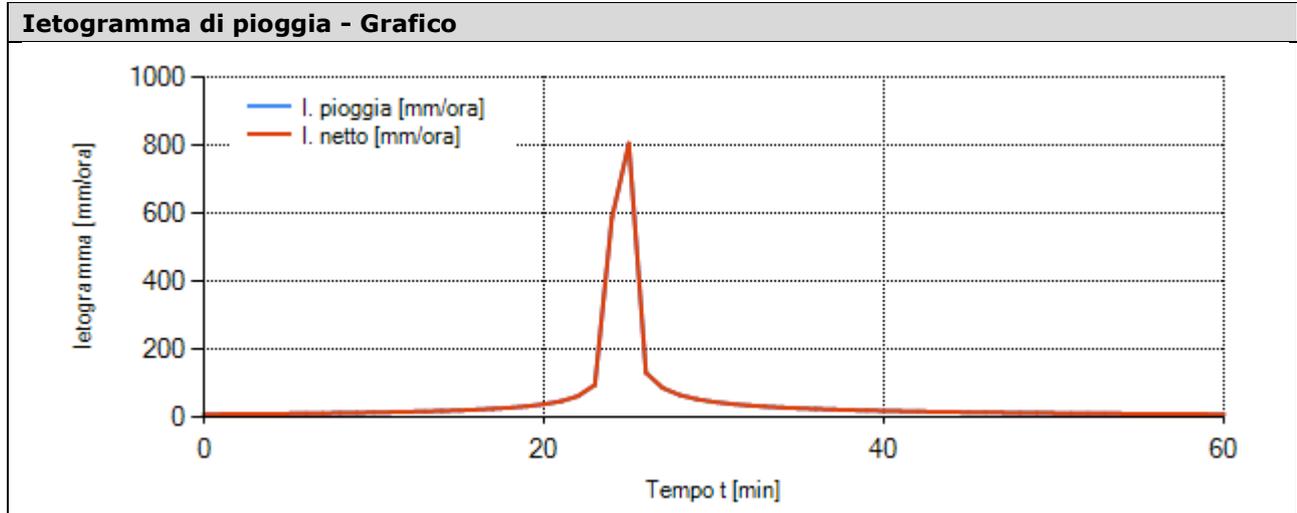
Superficie totale intervento: 9980.0 m²

Valori medi

0.5335

IETOGRAMMA DI PIOGGIA

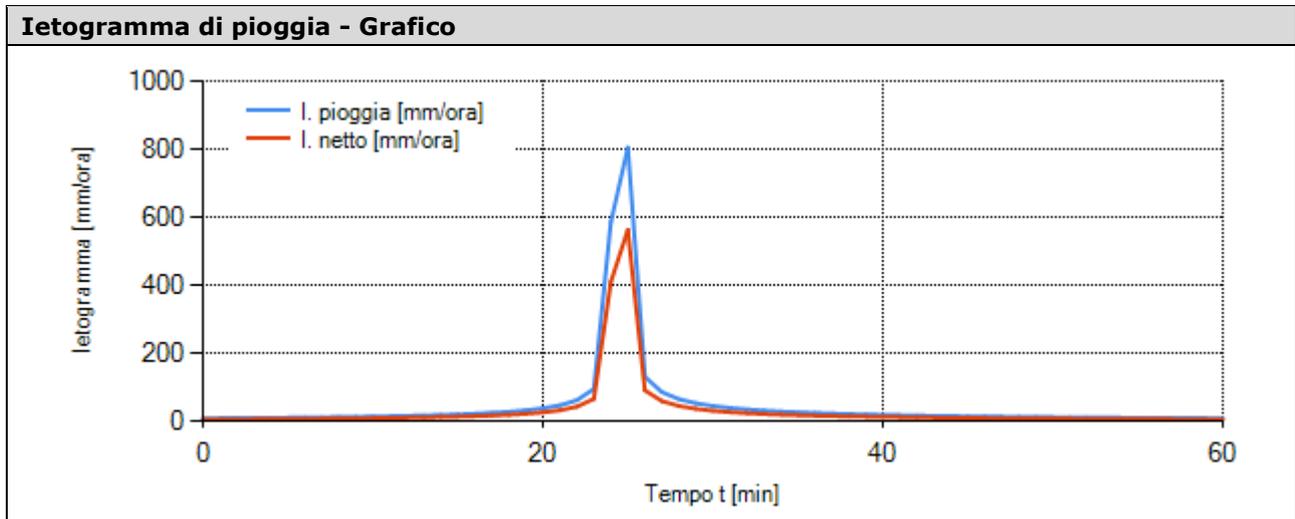
Definizione ietogramma di pioggia - COPERTURE		
Durata pioggia di progetto (θ)	1.00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	



Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari		
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	10.67	10.67
5	12.75	12.75
10	16.07	16.07
12	18.05	18.05
13	19.26	19.26
14	20.68	20.68
15	22.36	22.36
16	24.39	24.39
17	26.90	26.90
18	30.09	30.09
19	34.29	34.29
20	40.14	40.14
21	48.92	48.92
22	63.90	63.90
23	96.87	96.87
24	588.05	588.05
25	806.79	806.79
26	132.91	132.91
27	87.68	87.68

28	67.12	67.12
29	55.07	55.07
30	47.05	47.05
31	41.28	41.28
32	36.91	36.91
33	33.46	33.46
34	30.68	30.68
35	28.37	28.37
36	26.43	26.43
37	24.76	24.76
38	23.32	23.32
39	22.05	22.05
40	20.93	20.93
41	19.94	19.94
42	19.04	19.04
43	18.23	18.23
44	17.50	17.50
45	16.83	16.83
46	16.22	16.22
47	15.65	15.65
48	15.13	15.13
50	14.19	14.19
55	12.34	12.34
60	10.97	10.97

Definizione ietogramma di pioggia - STRADE IN AUTOBLOCCANTI		
Durata pioggia di progetto (θ)	1.00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	



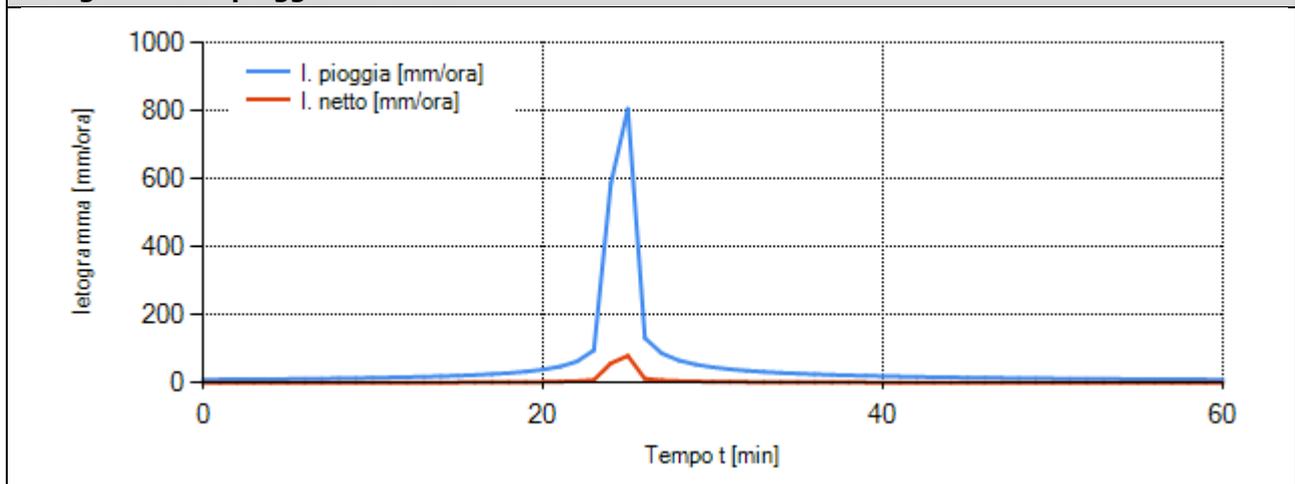
Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari		
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	10.67	7.47
5	12.75	8.93
10	16.07	11.25
12	18.05	12.63
13	19.26	13.48
14	20.68	14.48
15	22.36	15.65
16	24.39	17.07
17	26.90	18.83
18	30.09	21.06
19	34.29	24.00
20	40.14	28.10
21	48.92	34.25
22	63.90	44.73
23	96.87	67.81
24	588.05	411.63
25	806.79	564.76
26	132.91	93.03
27	87.68	61.37
28	67.12	46.99
29	55.07	38.55
30	47.05	32.93
31	41.28	28.89
32	36.91	25.83
33	33.46	23.43
34	30.68	21.48
35	28.37	19.86
36	26.43	18.50
37	24.76	17.33
38	23.32	16.32
39	22.05	15.44
40	20.93	14.65
41	19.94	13.96
42	19.04	13.33

43	18.23	12.76
44	17.50	12.25
45	16.83	11.78
46	16.22	11.35
47	15.65	10.96
48	15.13	10.59
50	14.19	9.94
55	12.34	8.64
60	10.97	7.68

Definizione ietogramma di pioggia - VERDE

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



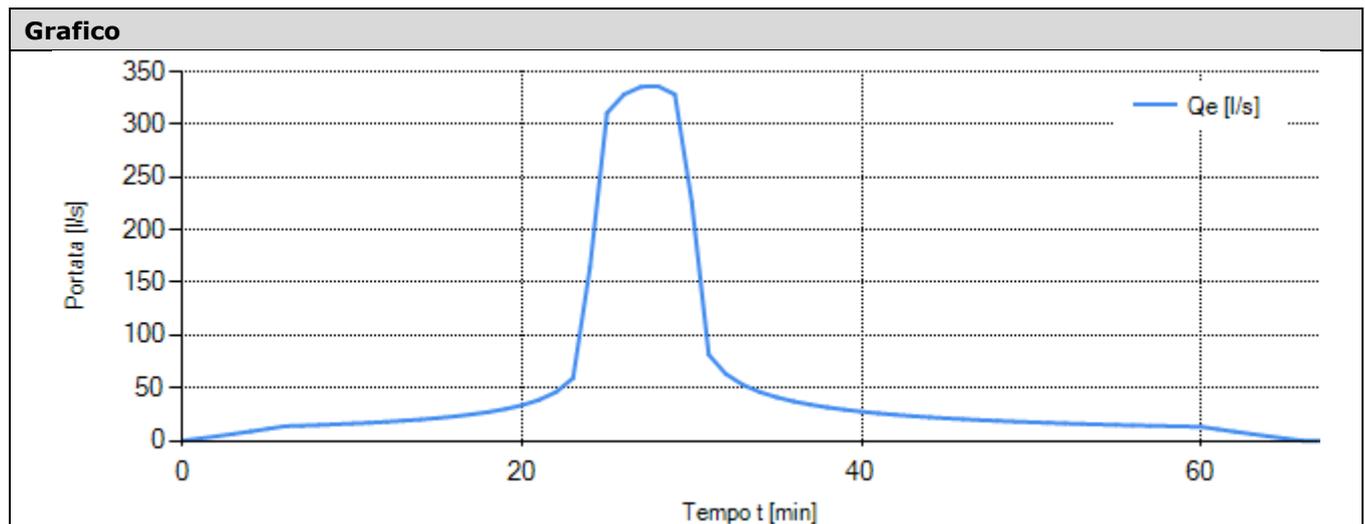
Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	10.67	1.07
5	12.75	1.28
10	16.07	1.61
12	18.05	1.80
13	19.26	1.93
14	20.68	2.07
15	22.36	2.24
16	24.39	2.44
17	26.90	2.69
18	30.09	3.01
19	34.29	3.43
20	40.14	4.01
21	48.92	4.89
22	63.90	6.39
23	96.87	9.69
24	588.05	58.80
25	806.79	80.68
26	132.91	13.29
27	87.68	8.77
28	67.12	6.71
29	55.07	5.51
30	47.05	4.70
31	41.28	4.13
32	36.91	3.69

33	33.46	3.35
34	30.68	3.07
35	28.37	2.84
36	26.43	2.64
37	24.76	2.48
38	23.32	2.33
39	22.05	2.21
40	20.93	2.09
41	19.94	1.99
42	19.04	1.90
43	18.23	1.82
44	17.50	1.75
45	16.83	1.68
46	16.22	1.62
47	15.65	1.57
48	15.13	1.51
50	14.19	1.42
55	12.34	1.23
60	10.97	1.10

IDROGRAMMA DI PIENA

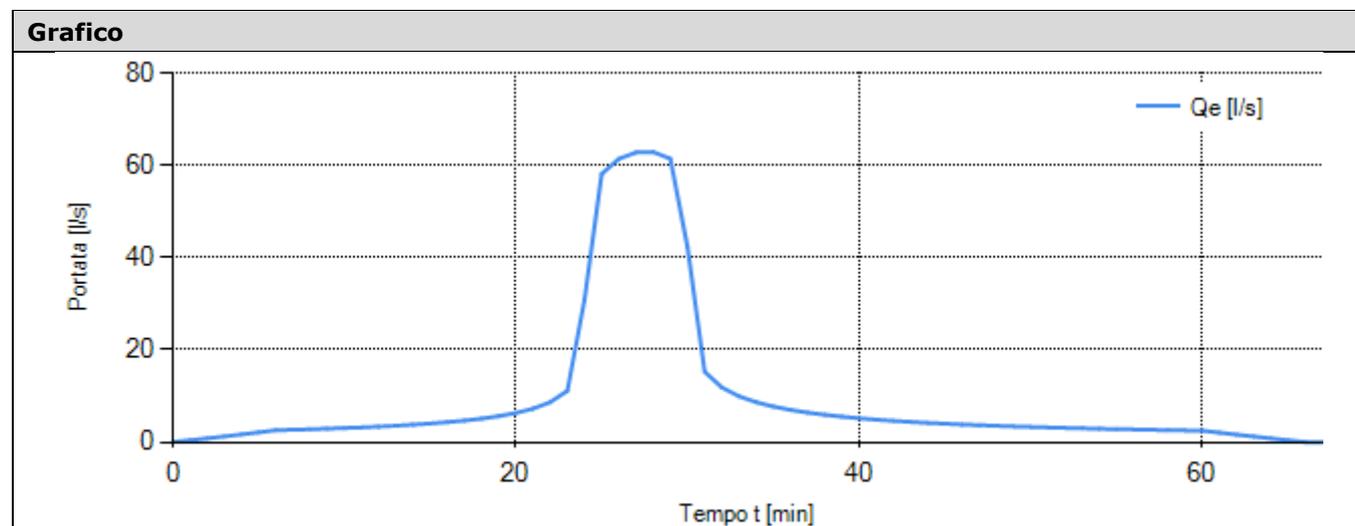
Area COPERTURE			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		4080.0	m ²
Coefficiente di afflusso		ϕ 1.00	-
Tempo corrivazione		t_c 6	min



Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	5	10	12	13	14	15	16	17	18
Portata Q_e [l/s]	0.00	11.21	16.22	17.92	18.93	20.10	21.44	23.01	24.89	27.16
Tempo [min]	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Portata Q_e [l/s]	30.00	33.68	38.70	46.17	59.40	164.88	310.91	328.45	335.77	336.38
Tempo [min]	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Portata Q_e [l/s]	328.48	226.21	81.50	63.35	53.10	46.21	41.16	37.27	34.14	31.57
Tempo [min]	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Portata Q_e [l/s]	29.42	27.57	25.98	24.58	23.35	22.25	21.26	20.37	19.56	18.82
Tempo [min]	50	55	60	65						

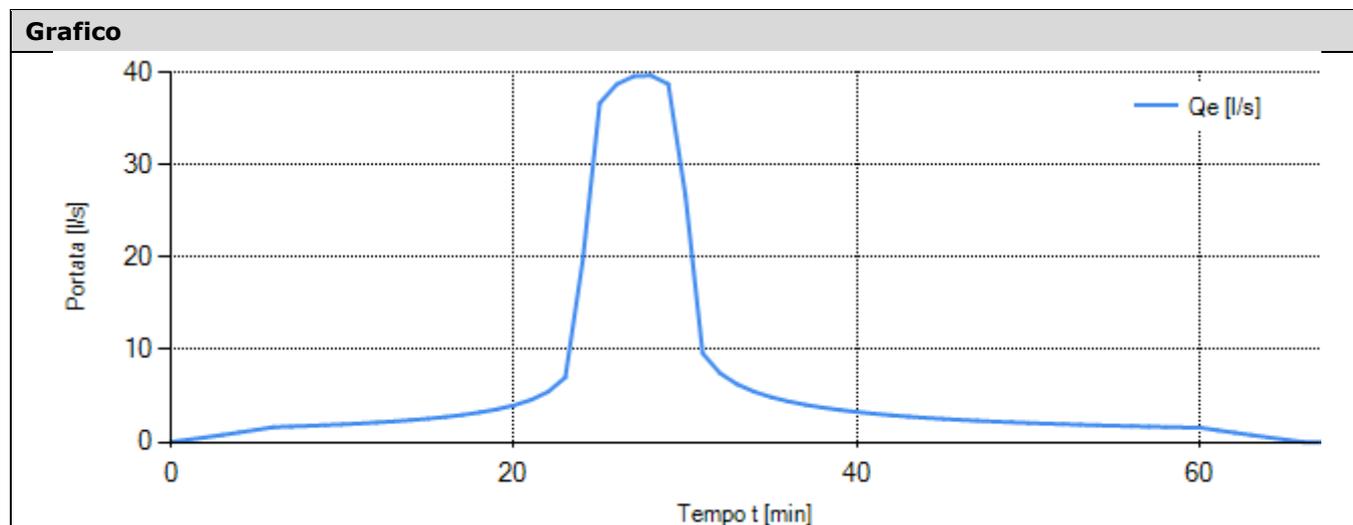
Portata Q_e [l/s]	17.52	15.00	13.19	2.07						
------------------------	-------	-------	-------	------	--	--	--	--	--	--

Area STRADE IN AUTOBLOCCANTI		
Tipo area	Area semi-impermeabile	
Superficie	1090.0	m ²
Coefficiente di afflusso	φ 0.70	-
Tempo corrivazione	t_c 6	min



Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	5	10	12	13	14	15	16	17	18
Portata Q_e [l/s]	0.00	2.10	3.03	3.35	3.54	3.76	4.01	4.30	4.65	5.08
Tempo [min]	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Portata Q_e [l/s]	5.61	6.30	7.24	8.63	11.11	30.83	58.14	61.42	62.79	62.91
Tempo [min]	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Portata Q_e [l/s]	61.43	42.30	15.24	11.85	9.93	8.64	7.70	6.97	6.39	5.90
Tempo [min]	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Portata Q_e [l/s]	5.50	5.16	4.86	4.60	4.37	4.16	3.98	3.81	3.66	3.52
Tempo [min]	50	55	60	65						
Portata Q_e [l/s]	3.28	2.81	2.47	0.39						

Area VERDE			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		4810.0	m ²
Coefficiente di afflusso		0.10	-
Tempo corrivazione		6	min



Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	5	10	12	13	14	15	16	17	18
Portata Q_e [l/s]	0.00	1.32	1.91	2.11	2.23	2.37	2.53	2.71	2.94	3.20
Tempo [min]	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Portata Q_e [l/s]	3.54	3.97	4.56	5.44	7.00	19.44	36.65	38.72	39.58	39.66
Tempo [min]	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Portata Q_e [l/s]	38.72	26.67	9.61	7.47	6.26	5.45	4.85	4.39	4.03	3.72
Tempo [min]	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Portata Q_e [l/s]	3.47	3.25	3.06	2.90	2.75	2.62	2.50	2.40	2.30	2.22
Tempo [min]	50	55	60	65						
Portata Q_e [l/s]	2.06	1.77	1.55	0.25						

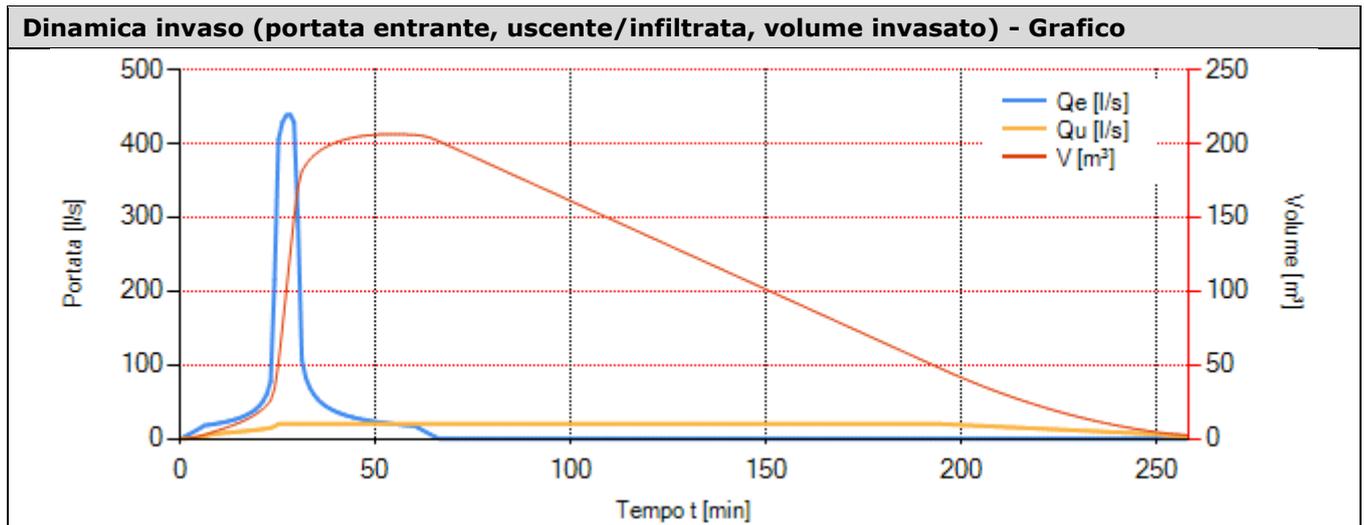
DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D_w	1.00	ore
Volume invaso minimo	W_0	190.62	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 della corrivazione			
Durata critica	D_w	1.00	ore
Volume invaso minimo	W_0	185.40	m ³
$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^n + 1,295 \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{1-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot t_c$ $2,78 \cdot n \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^{n-1} + 0,36 \cdot (1-n) \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - Q_{umax} = 0$			

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_w	1.00	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	2.43	m
Volume invaso minimo	W	206.30	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

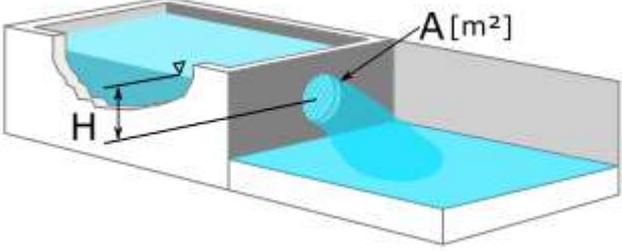
Tempo [min]	Portata entrante Q_e [l/s]	Portata scaricata/infiltrata Q_u [l/s]	Vol. utile invaso W [m³]	Battente idrico H [m]
0	0.00	0.00	0.00	0.00
5	14.62	2.47	1.87	0.02
10	21.16	7.06	6.00	0.07
12	23.38	8.03	7.77	0.09
13	24.71	8.51	8.71	0.10
14	26.23	8.98	9.72	0.11
15	27.98	9.47	10.79	0.13
16	30.03	9.96	11.94	0.14
17	32.47	10.48	13.21	0.16
18	35.45	11.01	14.60	0.17
19	39.15	11.59	16.16	0.19
20	43.95	12.21	17.94	0.21
21	50.50	12.90	20.02	0.24
22	60.25	13.69	22.54	0.27
23	77.51	14.65	25.83	0.30
24	215.14	16.73	33.66	0.40
25	405.70	19.96	51.19	0.60
26	428.59	19.96	75.02	0.88
27	438.15	19.96	99.83	1.17
28	438.94	19.96	124.94	1.47
29	428.63	19.96	149.77	1.76
30	295.18	19.96	170.29	2.00
31	106.34	19.96	181.13	2.13
32	82.66	19.96	185.61	2.18
33	69.29	19.96	188.97	2.22
34	60.30	19.96	191.66	2.25
35	53.72	19.96	193.88	2.28
36	48.63	19.96	195.75	2.30
37	44.55	19.96	197.35	2.32
38	41.20	19.96	198.73	2.34
39	38.39	19.96	199.92	2.35
40	35.98	19.96	200.95	2.36
41	33.90	19.96	201.85	2.37
42	32.08	19.96	202.63	2.38
43	30.46	19.96	203.31	2.39
44	29.03	19.96	203.90	2.40

45	27.74	19.96	204.40	2.40
46	26.58	19.96	204.84	2.41
47	25.52	19.96	205.20	2.41
48	24.56	19.96	205.51	2.42
50	22.86	19.96	205.95	2.42
55	19.58	19.96	206.30	2.43
60	17.21	19.96	205.82	2.42
65	2.71	19.96	202.77	2.39
70	0.00	19.96	196.87	2.32
75	0.00	19.96	190.88	2.25
80	0.00	19.96	184.89	2.18
85	0.00	19.96	178.90	2.10
90	0.00	19.96	172.91	2.03
95	0.00	19.96	166.92	1.96
100	0.00	19.96	160.93	1.89
105	0.00	19.96	154.94	1.82
110	0.00	19.96	148.95	1.75
120	0.00	19.96	136.98	1.61
150	0.00	19.96	101.04	1.19
180	0.00	19.96	65.11	0.77
210	0.00	16.05	31.02	0.36
240	0.00	8.57	8.85	0.10
258	0.00	3.12	2.37	0.03

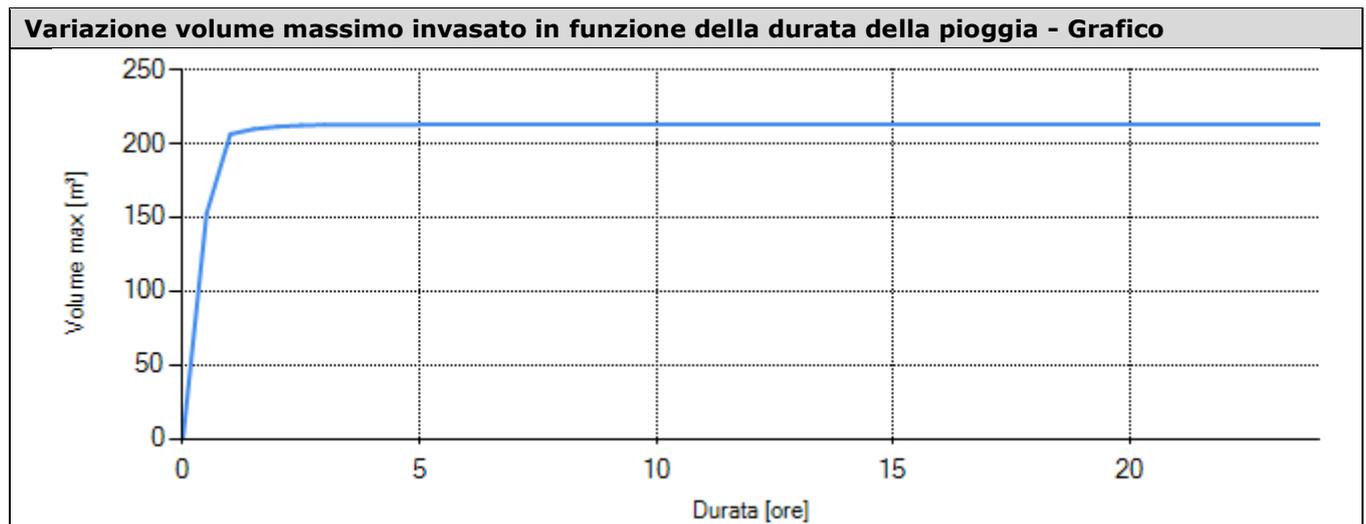
VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	85.00	m^2

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	2.50	\geq	2.43	m	Positiva
Volume utile invaso	W	212.50	\geq	206.30	m^3	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	2.9	\leq	24.0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	19.96	\leq	19.96	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Luce a battente circolare tarata		
			
Battente idrico utile massimo	H	2.50	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	19.96	l/s
Area della bocca d'uscita	A	0.0100	m^2

VARIAZIONE VOLUME MASSIMO INVASATO



Risultati tabellari	
Durata pioggia [ore]	Volume [m ³]
0.0	0.00
0.5	152.59
1.0	206.30
1.5	209.77
2.0	211.42
2.5	212.23
3.0	212.62
6.0	212.94
12.0	212.94
24.0	212.94

6 CONCLUSIONI

- E' stato calcolato il coefficiente di ruscellamento ponderato del sito, considerate le condizioni "ante-operam" e "post-operam" del sito;
- E' stato inoltre calcolato sia il volume minimo di una ipotetica vasca di laminazione, il cui volume complessivo per tutte le aree in progetto è pari ad un minimo di 206,30 mc, da suddividere anche in diverse vasche; tale volume è stato confrontato con la "procedura semplificata" dei requisiti minimi prevista dalla normativa D.D.G.102/2021 per le aree impermeabilizzate inferiori a 10000 mq. come nel caso di studio; in tale ultimo caso il volume da attribuire alle vasche è pari a 500 mc. per ogni ettaro di superfici impermeabilizzate, con il risultato di ottenere un volume pari a 204 mc. Si evince come i due dati, ottenuti secondo le due diverse procedure, siano molto simili.
- Si può comunque affermare in questa fase che, sulla base delle indagini esistenti, la falda idrica, laddove presente, si trova a circa -10,50 metri dal p.c. e che dunque è comunque possibile l'adozione di dispositivi S.U.D.S. che prevedono lo smaltimento delle acque tramite infiltrazione nel sottosuolo (come pozzi perdenti, bacini di infiltrazione) , laddove si volesse valutare tale alternativa alle vasche di raccolta.
- In merito alla compatibilità idraulica del sito, essendo stato rettificato l'impluvio naturale attualmente esistente ed essendo già state effettuate le necessarie valutazioni idrauliche in merito alle portate di progetto, si può concludere che il sito è compatibile dal punto di vista idraulico con quanto previsto dalla normativa vigente (art.22 comma 6 ed art.26 comma 1 della L.R. 19/2020).

Ragusa, li 27/05/2024

Il Geologo

Dott. Saro Di Raimondo