



APEA APS1

Analisi Ambientale Iniziale

Allegato A2

(Relazione idraulica, Politecnica srl, 2009)

Dott. Daniele Ferretti
Ing. Glauco Bufo
Arch. Isabella Tagliavini
Arch. Alberto Zanoletti
Arch. Amedeo Zilioli

proprietà

**BERTONCINI ARNALDO
VOLPONI MARIA ALBA
MANFREDI ALBERTO
MANFREDI LAMBERTO
MANFREDI MICHELE
PASSERI LEOPOLDO
SANDRA IMMOBILIARE
MARKER**

CLIENTE Customer

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
APS1 - BOGOLESE**

ATTIVITA' Activity

RELAZIONE IDRAULICA

OGGETTO Object

Sorbolo

LOCALITA' Site

Progetto esecutivo

LIVELLO PROGETTAZIONE - Level

| | |
|------------------|-------------------------|
| PROGETTO Project | Ing. Glauco Bufo |
| DIS.TO Made by | Ing. Roberto Curzio |
| CONTR.TO Chk.d | Arch. Alberto Zanoletti |
| APPR.TO Appr.d | Dott. Daniele Ferretti |

OI061PURS0100

DOCUMENTO N°

Docum. n°

| | | |
|-------------|------------|-------------|
| - | A4 | - |
| SCALA Scale | FORM. Size | FG.Sh/DI Of |

| | |
|------|------------------|
| FILE | OI61PURS0100.dwg |
|------|------------------|

SOST.TO DA
Replace by

SOST.SCE IL
Replace

**COMUNE DI SORBOLO
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
DI INIZIATIVA PRIVATA APS1**



| | | | | | | | | |
|----|---------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 1 | REVISIONE | GB | 17-11-09 | AZ | 18-11-09 | DF | 20-11-09 | Modifica rete fognaria |
| 0 | EMISSIONE | RC | 30-03-09 | GB | 30-03-09 | DF | 31-03-09 | |
| N° | DESCRIZIONE Descip. | DIS. Made | DATA Date | CONT. Chk. | DATA Date | APP. App. | DATA Date | NOTE |

REVISIONI Revisions

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. PREMESSA | 2 |
| 2. IDROLOGIA E DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA | 3 |
| 3. MODELLO IDRAULICO | 7 |
| 4. CONCLUSIONI | 20 |

1. PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di verificare la compatibilità idraulica fra la rete scolante delle acque bianche del Piano Particolareggiato di una nuova Area Ecologicamente Attrezzata di futura realizzazione (APS1) nel Comune di Sorbolo (PR) e i suoi ricettori finali, il Canale Formica e la Fossa Marza.

L'area in esame è sita nel Comune di Sorbolo e si estende su una superficie complessiva di circa 280.000 m² che allo stato attuale si può considerare al 100% permeabile (agricola, prato stabile). Il P.P. prevede l'impermeabilizzazione (edifici, strade, parcheggi) di circa l'85% dell'area, e quindi, la risposta alle sollecitazioni idrologiche sarà diversa da quell'attuale. Per tale motivo, nasce l'esigenza di comprendere l'influenza dei deflussi generati dall'area sul ricettore finale ed, eventualmente, quali sistemi adottare per minimizzare questo impatto.

In fase di progettazione è stata subito considerata la necessità di dover utilizzare una vasca di laminazione per ciascun recapito finale, in modo da smorzare l'onda di piena di eventi ad elevato tempo di ritorno. Per verificare questa necessità e dimensionare le vasche, è stato utilizzato un modello idrologico ("Storm Water Management Model" del U.S. Environmental Protection Agency) che permette di quantificare gli ideogrammi di piena a cui verrà sottoposta la rete in fase di progettazione andando a considerare durate di pioggia diverse; questo ci consente di individuare i massimi volumi da invasare.

Come scritto precedentemente, i ricettori finali delle acque di pioggia sono il Canale Formica e la Fossa Marza, gestiti entrambi dal Consorzio della Bonifica Parmense, che scorrono rispettivamente centralmente e lungo il lato Est della lottizzazione. Qui sotto è riportata una pianta che può servire ad inquadrare l'area.



2. IDROLOGIA E DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Per ottenere un modello il più possibile aderente alla realtà e per poter arrivare quindi a dei risultati corretti, si è dovuto fare uno studio iniziale dei dati a disposizione di pioggia (reperiti dal portale web dell'ARPA per la Regione Emilia-Romagna): sono stati utilizzati i dati della stazione pluviometrica più vicina e con caratteristiche idrauliche simili, Poviglio, per la quale è disponibile una serie storica di diciotto anni.

Sono state elaborate le osservazioni di altezza di precipitazione massima annuale per le durate di $d_1=1$ ora, $d_2=3$, $d_3=6$, $d_4=12$ e $d_5=24$ riportate in Tabella 1 e relative al periodo 1990-2007. Vista la discreta numerosità del campione disponibile si ritiene che la stima dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica sia sufficientemente corretta.

Tali curve verranno fornite mediante l'espressione monomia:

$$h_d(T) = a(T)d^{n(T)} \quad (1)$$

ove h rappresenta l'altezza di pioggia espressa in *mm*, d la durata di pioggia espressa in *ore*, e T il tempo di ritorno ovvero il numero di anni che mediamente intercorre tra il superamento di un dato valore di precipitazione di assegnata durata.

Attraverso un'opportuna indagine statistica si può individuare la distribuzione di probabilità che meglio si adatta all'interpretazione della variabile casuale "altezza di pioggia massima annuale di assegnata durata". A questo scopo è frequente l'utilizzo della distribuzione asintotica del massimo valore, meglio nota come *distribuzione di Gumbel*.

La legge probabilistica di Gumbel espressa nella forma

$$P(h_d) = e^{-e^{\left(\frac{h_d - u_d}{\alpha_d}\right)}} \quad (2)$$

dipende dai due parametri α_d e u_d i quali possono essere stimati utilizzando il metodo dei momenti, che conduce alle seguenti relazioni:

$$\alpha_d = 0.778 \cdot s_d \quad (3a)$$

$$u_d = m_d - 0.5772 \cdot \alpha_d \quad (3b)$$

ove m_d e s_d sono la media ed lo scarto quadratico medio del campione per la durata d . Le rette di distribuzione che interpolano i valori osservati sul piano probabilistico di Gumbel per ogni durata d hanno equazione:

$$y = \frac{h_d - u_d}{\alpha_d}, \quad (4)$$

dove y è la variabile ridotta:

$$y = -\ln(-\ln(P)). \quad (5)$$

Calcolando la frequenza cumulata F con la formula di Weibull $F = i/(N+1)$ (dove i è la posizione della singola osservazione nel vettore ordinato in senso crescente) e confondendo quest'ultima con la probabilità di non superamento P , è possibile ricavare il valore della variabile ridotta y_i relativo a ciascuna osservazione h_{d_i} risultando così immediato il tracciamento dei punti sperimentali sulla carta probabilistica di Gumbel ed il loro confronto con le rette di distribuzione.

Eseguite per ciascuna durata le elaborazioni precedenti, e verificato l'adattamento dei campioni alla legge di Gumbel, si è proceduto alla stima delle curve di possibilità pluviometrica.

Ricordando il legame tra la probabilità di non superamento P ed il tempo di ritorno T :

$$P = \frac{T-1}{T} \quad (6)$$

ed invertendo la legge di distribuzione di Gumbel, si ottiene:

$$h_d(T) = u_d - \alpha_d \ln \ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \quad (7)$$

che consente di calcolare, per ciascuna delle durate d_1, \dots, d_5 , il valore di altezza di pioggia per un qualsivoglia tempo di ritorno T . Disponendo i valori corrispondenti alle cinque durate, d_1, \dots, d_5 , su un piano $\ln h - \ln d$ è possibile individuare una retta interpolante di equazione:

$$\ln h_d(T) = n(T) \ln d + \ln a(T), \quad (8)$$

che rappresenta l'equazione della curva di possibilità pluviometrica trasformata sul piano $\ln h - \ln d$. La stima dei parametri della retta di equazione, per ogni assegnato periodo di ritorno, è condotta operando una regressione lineare dei logaritmi dei valori di $h_d(T)$ calcolati per mezzo della (7) sui valori dei logaritmi delle durate d .

| <i>N=18</i> | DURATE | | | | |
|-------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| ANNO | 1 ora | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 1990 | 21.80 | 23.80 | 33.80 | 50.20 | 68.40 |
| 1991 | 23.40 | 23.40 | 27.00 | 50.80 | 74.60 |
| 1992 | 24.00 | 27.40 | 27.60 | 34.20 | 54.00 |
| 1993 | 41.80 | 41.80 | 41.80 | 41.80 | 58.40 |
| 1994 | 25.00 | 35.60 | 45.00 | 50.20 | 72.80 |
| 1995 | 22.40 | 33.00 | 33.00 | 33.00 | 51.60 |
| 1996 | 17.60 | 19.00 | 27.80 | 38.00 | 65.60 |
| 1997 | 23.60 | 26.00 | 31.80 | 34.60 | 42.80 |
| 1998 | 11.20 | 14.60 | 23.20 | 31.40 | 32.20 |
| 1999 | 20.40 | 25.60 | 37.80 | 44.80 | 55.40 |
| 2000 | 11.20 | 24.80 | 34.80 | 37.20 | 40.20 |
| 2001 | 15.40 | 23.80 | 28.40 | 42.20 | 43.60 |
| 2002 | 29.80 | 35.60 | 35.80 | 35.80 | 43.20 |
| 2003 | 10.80 | 12.40 | 13.40 | 23.80 | 38.60 |
| 2004 | 11.80 | 20.20 | 36.60 | 47.20 | 51.00 |
| 2005 | 26.60 | 26.80 | 29.20 | 41.40 | 48.40 |
| 2006 | 27.40 | 27.40 | 27.40 | 27.60 | 34.40 |
| 2007 | 17.60 | 17.80 | 17.80 | 18.40 | 28.20 |

Tabella 1. Altezze di pioggia massime annue (mm)

Per ciascuna durata, sono quindi stati ricavati per mezzo delle rette di distribuzione i valori delle altezze di pioggia massime annue corrispondenti a tempi di ritorno di 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anni e attraverso una opportuna regressione lineare (nel piano bi-logaritmico) dei valori delle altezze così calcolate sui valori delle durate sono stati calcolati i parametri delle corrispondenti *curve di possibilità pluviometrica*, riportate in Figura 1.

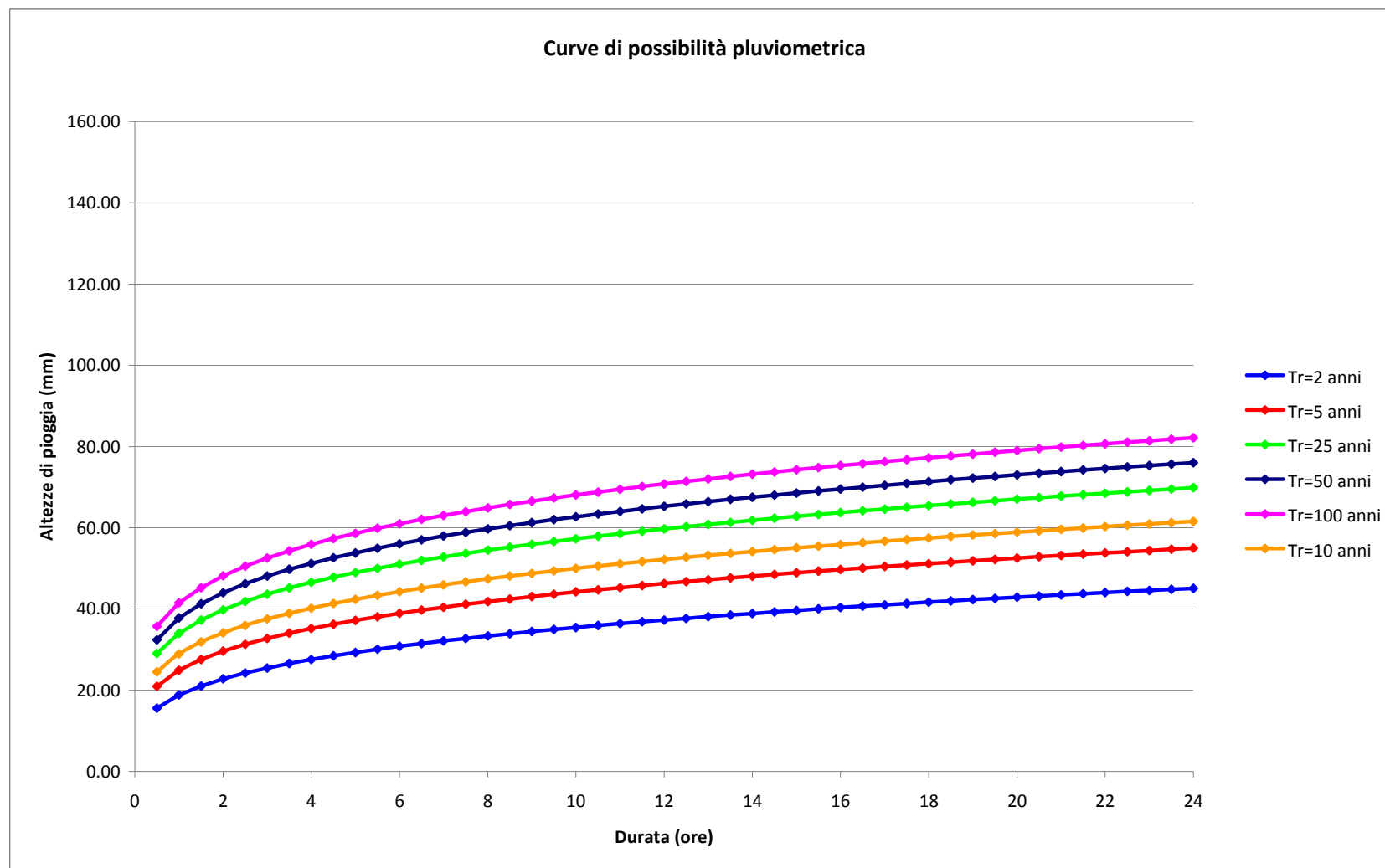
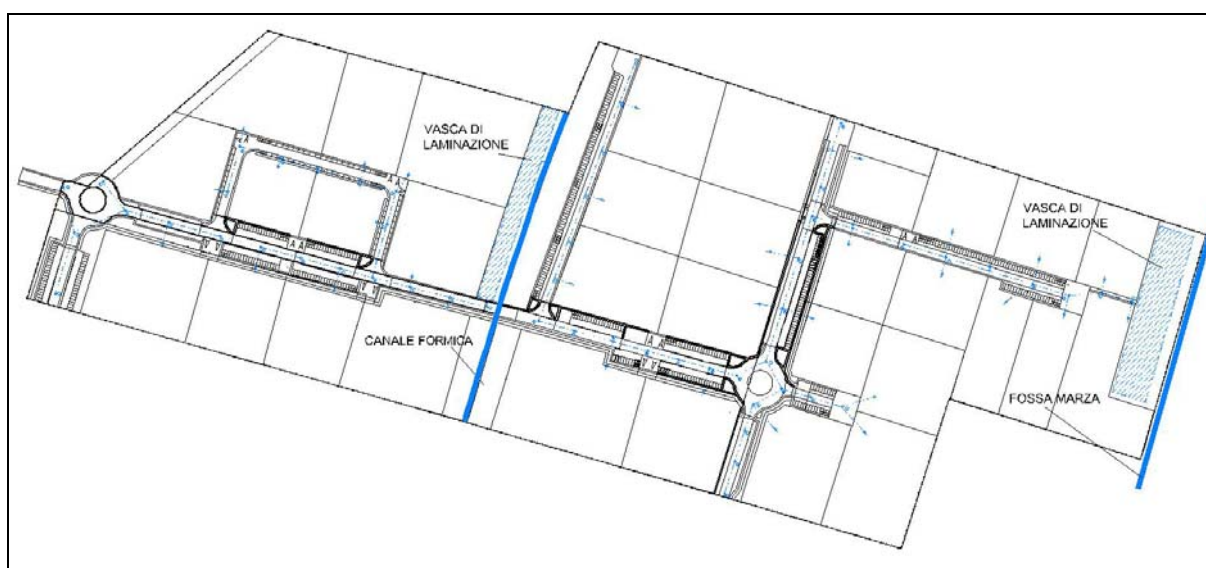


Figura 1. Curve di possibilità pluviometrica corrispondenti a tempi di ritorno di 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anni.

3. MODELLO IDRAULICO

Per la determinazione dei deflussi si è utilizzato il modello matematico numerico "Storm Water Management Model", che ci ha consentito di stimare quantitativamente e qualitativamente le portate della rete scolante di progetto (è stato utilizzato un Tempo di Ritorno di 25 anni) e quindi i volumi di laminazione necessari a garantire il corretto funzionamento idraulico della nuova lottizzazione. Con questo modello di calcolo è stato possibile operare dividendo la superficie totale del lotto in sottobacini che contribuiscono ognuno, secondo le sue diversità (rugosità, pendenza, caratteristiche idrauliche,...) a generare un deflusso di acque bianche da convogliare nei ricettori finali. Prima di fare la suddivisione in sottobacini è stata predimensionata e disegnata una possibile rete scolante che viene riportata di seguito:



Il modello che è stato sviluppato ha incluso anche uno studio sui fenomeni dell'infiltrazione e dell'evaporazione: mentre la seconda è stata considerata trascurabile mettendosi così in una condizione di maggiore sicurezza, l'infiltrazione è stata inclusa nello studio (attraverso l'equazione di Horton).

L'intervallo temporale, in cui si analizza il fenomeno della trasformazione afflussi/deflussi, è specificato dalla data e dall'ora di inizio della simulazione, dalla data e dall'ora finale e dall'intervallo temporale di calcolo. Nel caso della lottizzazione in oggetto, si sono esaminati tempi di pioggia con durate differenti, fino alle ventiquattro ore, e fissato l'intervallo temporale di calcolo della simulazione complessivamente in 72 ore.

Inizialmente è stato necessario:

- fissare le caratteristiche idrauliche, morfologiche e geometriche delle aree nel quale è stato suddivisa la superficie del lotto;
- predimensionare la rete fognaria andando a definire le caratteristiche idrauliche e geometriche di ogni singola condotta;

- definire le caratteristiche idrauliche e geometriche dei volumi di invaso a monte dell'uscita finale, che avranno il compito di laminare le ondate di piena provenienti dalla rete scolante.

Il coefficiente di Manning sulla rugosità (per le condotte e i sotto bacini) è stato stimato utilizzando:

Manning's Roughness n for Overland Flow

| Surface | n |
|---------------------------|-------|
| Smooth asphalt | 0.011 |
| Smooth concrete | 0.012 |
| Ordinary concrete lining | 0.013 |
| Good wood | 0.014 |
| Brick with cement mortar | 0.014 |
| Vitrified clay | 0.015 |
| Cast iron | 0.015 |
| Corrugated metal pipes | 0.024 |
| Cement rubble surface | 0.024 |
| Fallow soils (no residue) | 0.05 |
| Cultivated soils | |
| Residue cover < 20% | 0.06 |
| Residue cover > 20% | 0.17 |
| Range (natural) | 0.13 |
| Grass | |
| Short, prarie | 0.15 |
| Dense | 0.24 |
| Bermuda grass | 0.41 |
| Woods | |
| Light underbrush | 0.40 |
| Dense underbrush | 0.80 |

Source: McCuen, R. et al. (1996), *Hydrology*, FHWA-SA-96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC

Manning's Roughness n for Closed Conduits

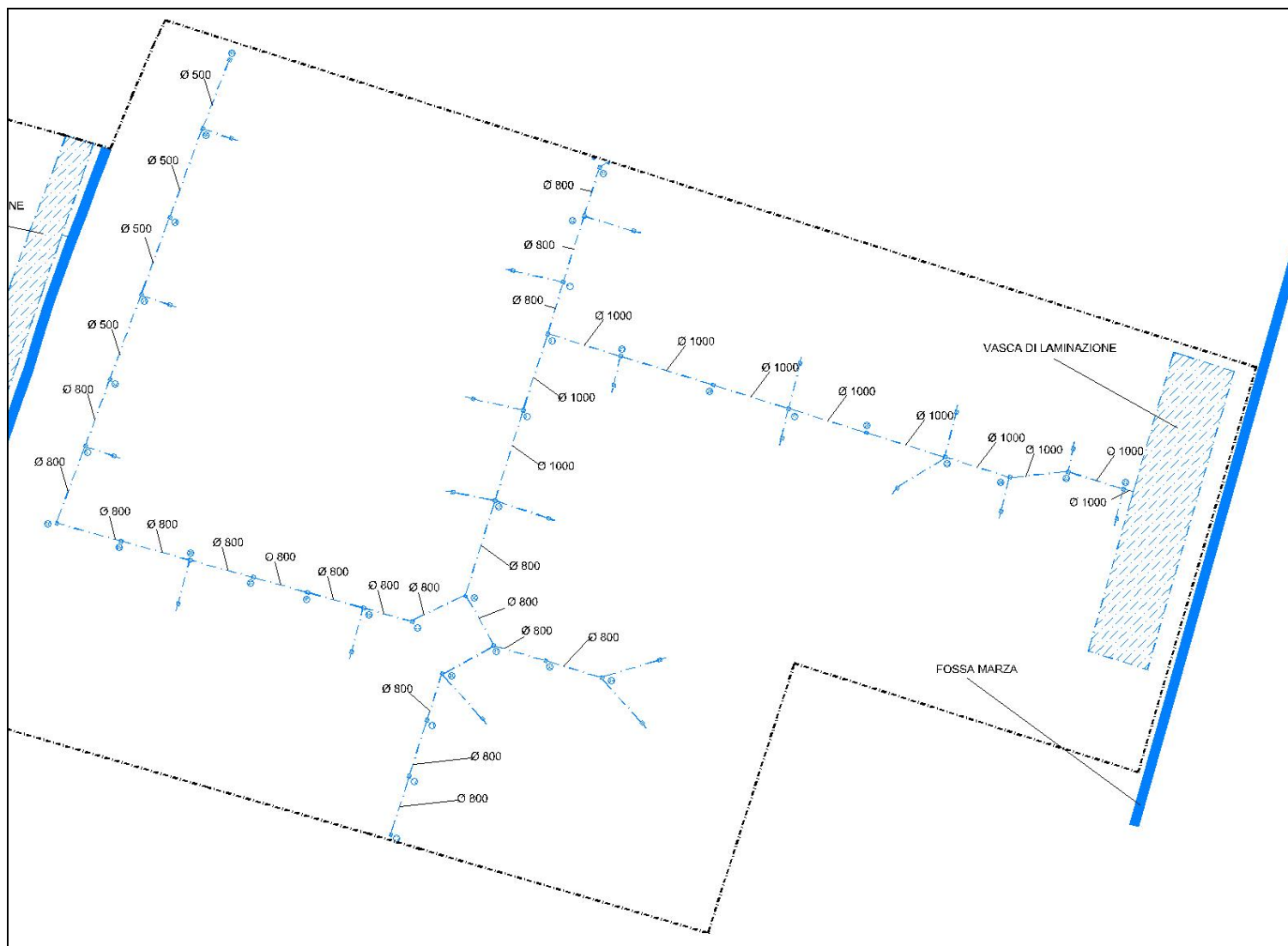
| Conduit Material | Manning n |
|---|---------------|
| Asbestos-cement pipe | 0.011 - 0.015 |
| Brick | 0.013 - 0.017 |
| Cast iron pipe | |
| - Cement-lined & seal coated | 0.011 - 0.015 |
| Concrete (monolithic) | |
| - Smooth forms | 0.012 - 0.014 |
| - Rough forms | 0.015 - 0.017 |
| Concrete pipe | 0.011 - 0.015 |
| Corrugated-metal pipe (1/2-in. x 2-2/3-in. corrugations) | |
| - Plain | 0.022 - 0.026 |
| - Paved invert | 0.018 - 0.022 |
| - Spun asphalt lined | 0.011 - 0.015 |
| Plastic pipe (smooth) | 0.011 - 0.015 |
| Vitrified clay | |
| - Pipes | 0.011 - 0.015 |
| - Liner plates | 0.013 - 0.017 |

Source: ASCE (1982). *Gravity Sanitary Sewer Design and Construction*, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.

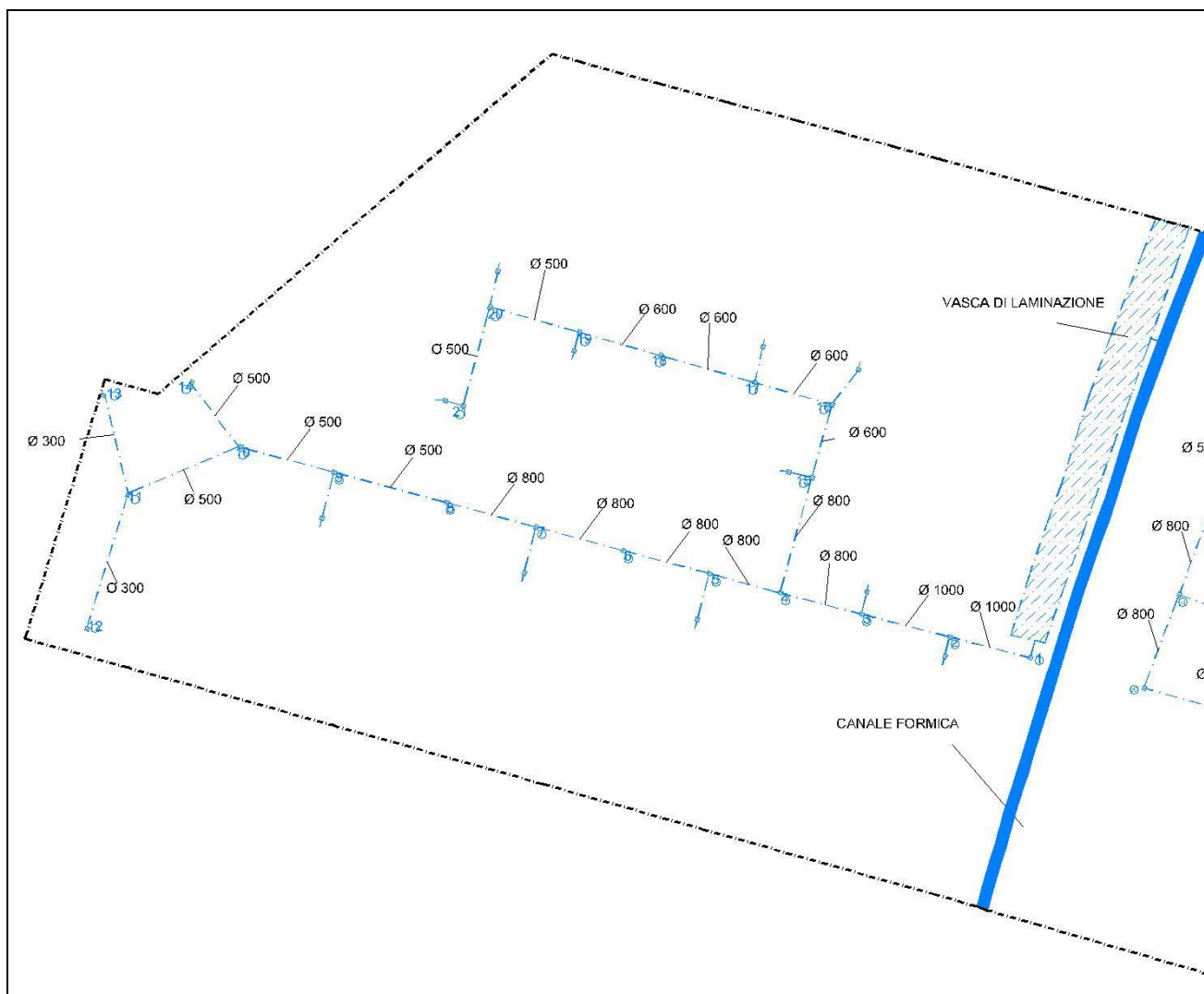
Il passo successivo è stato quello di utilizzare il modello di trasformazione piogge/portate, per andare a verificare se il predimensionamento delle condotte era accettabile; in questo caso è stata utilizzata una pioggia di durata 1 ora avente un tempo di ritorno di 5 anni e uno ietrogramma rettangolare.

Nelle pagine seguenti vengono riportati gli schemi generali della nostra rete scolante:

RETE PARTE OVEST



RETE PARTE EST

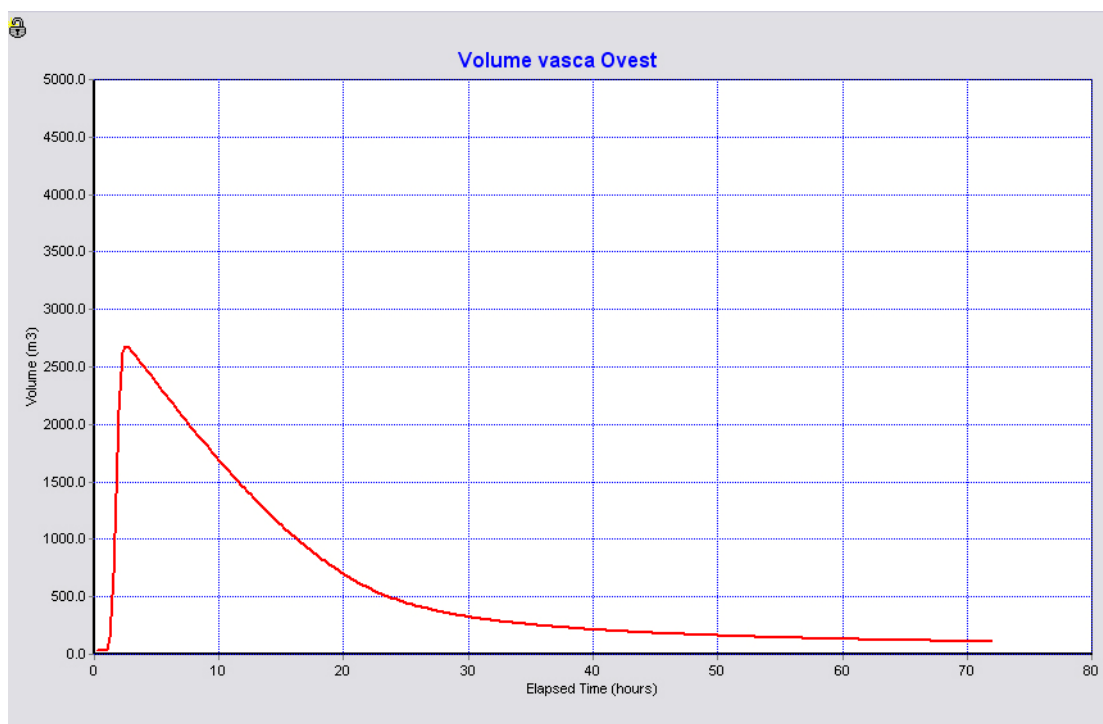


Una volta definita la rete scolante, si può passare a dimensionare la volumetria utile a laminare l'ondata di piena. Utilizzando una sollecitazione di pioggia di durata da un'ora a ventiquattro ore e con l'ipotesi di ietogrammi di progetto di tipo rettangolare, si andrà a valutare la condizione di invaso più cautelativa.

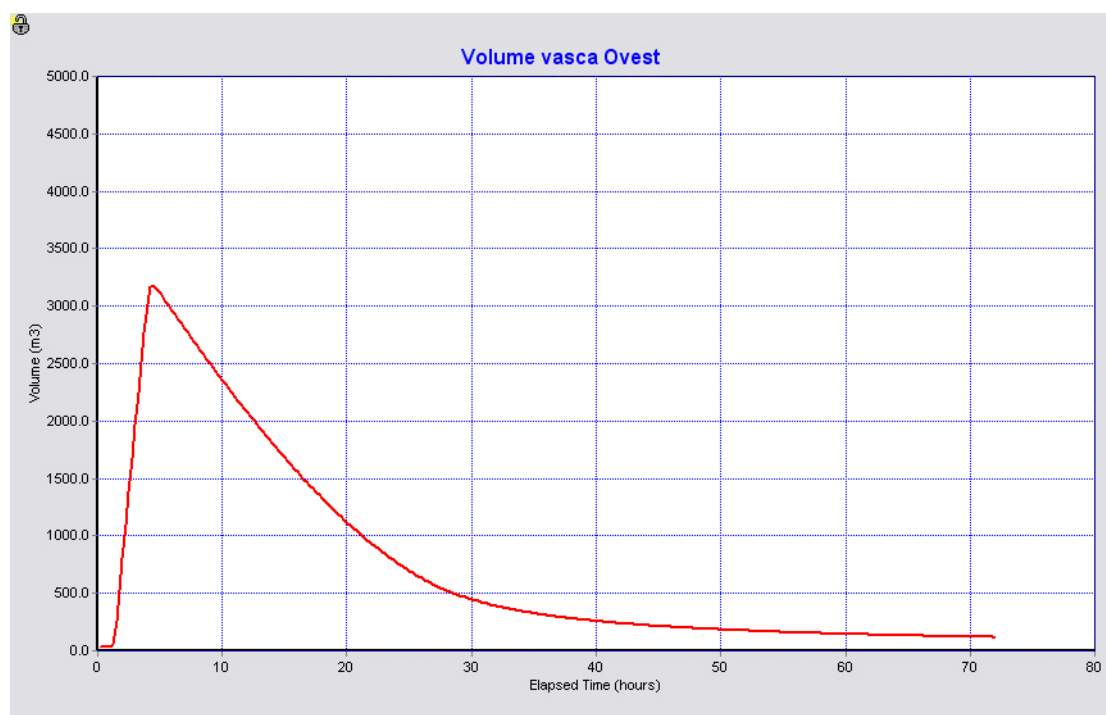
Qui di seguito vengono riportati i grafici che legano i volumi di invaso al tempo per le diverse durate dell'evento di pioggia:

VASCA OVEST

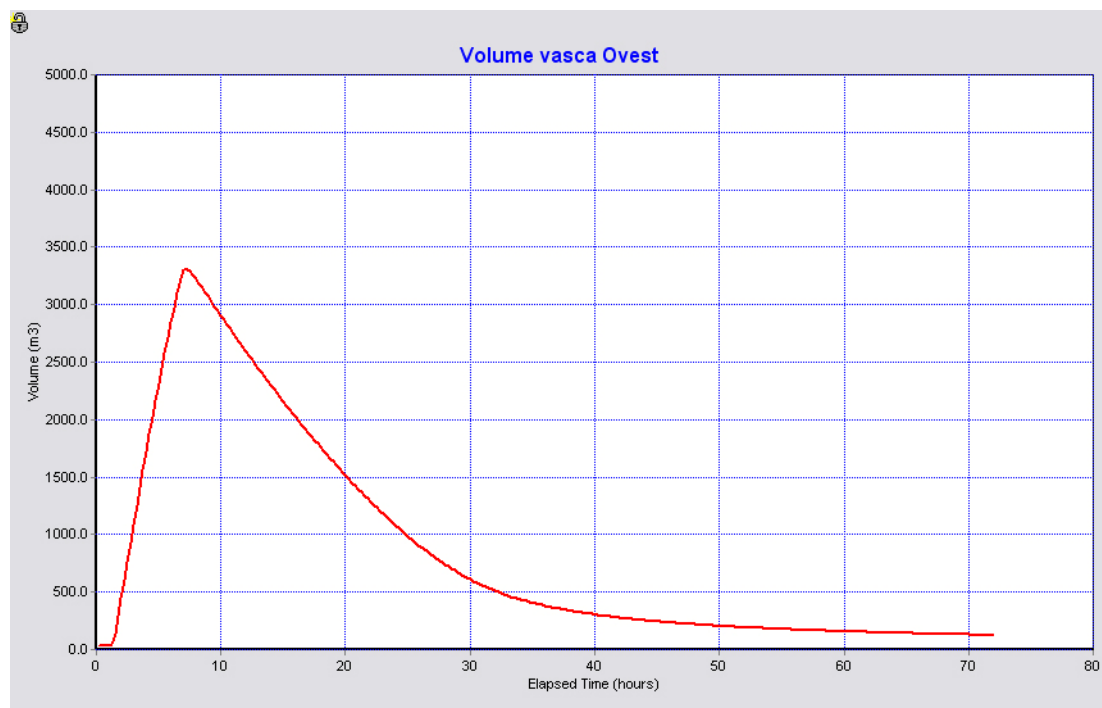
- DURATA DI PIOGGIA 1 h



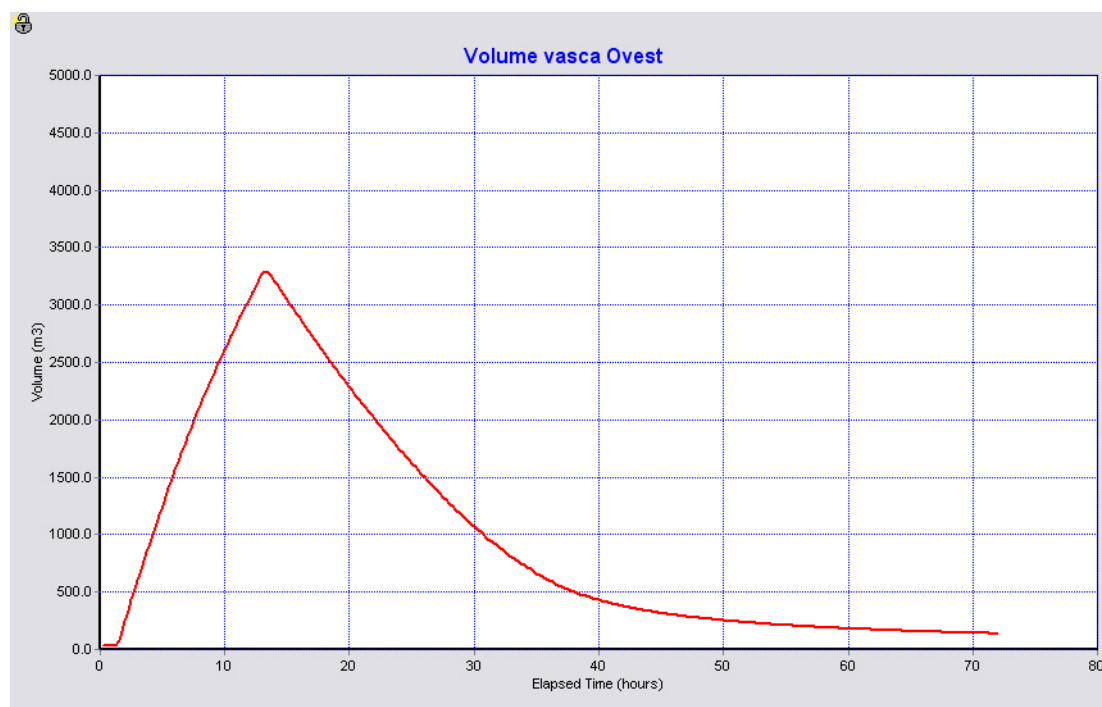
- DURATA DI PIOGGIA 3 h



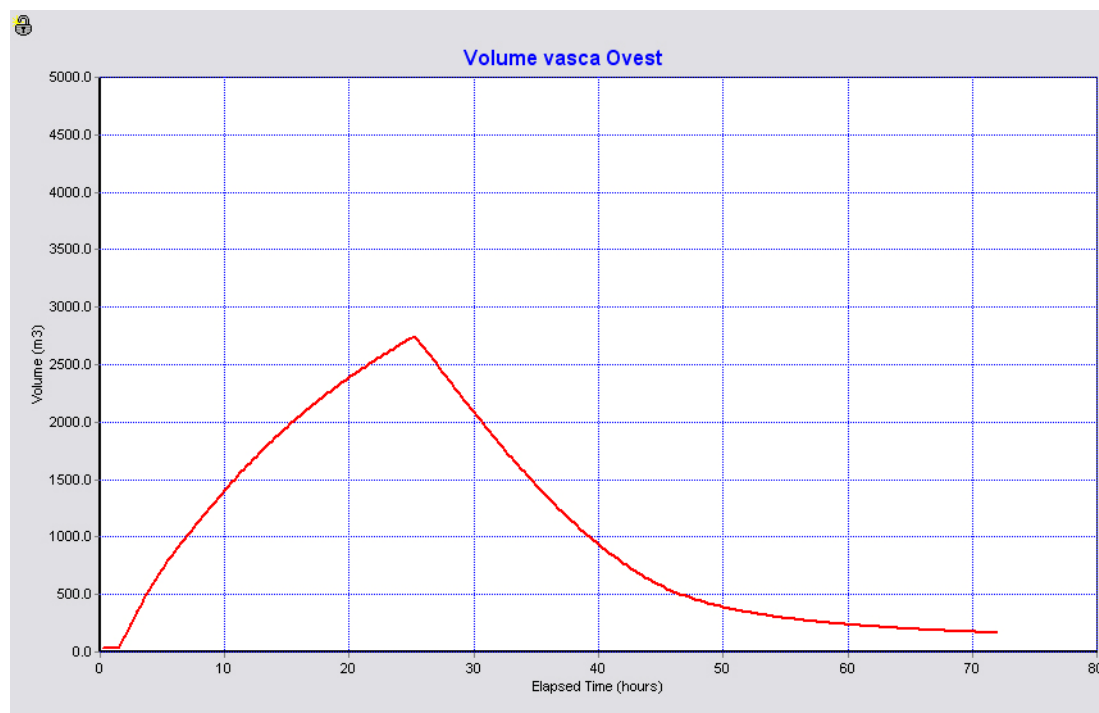
- DURATA DI PIOGGIA 6 h



- DURATA DI PIOGGIA 12 h

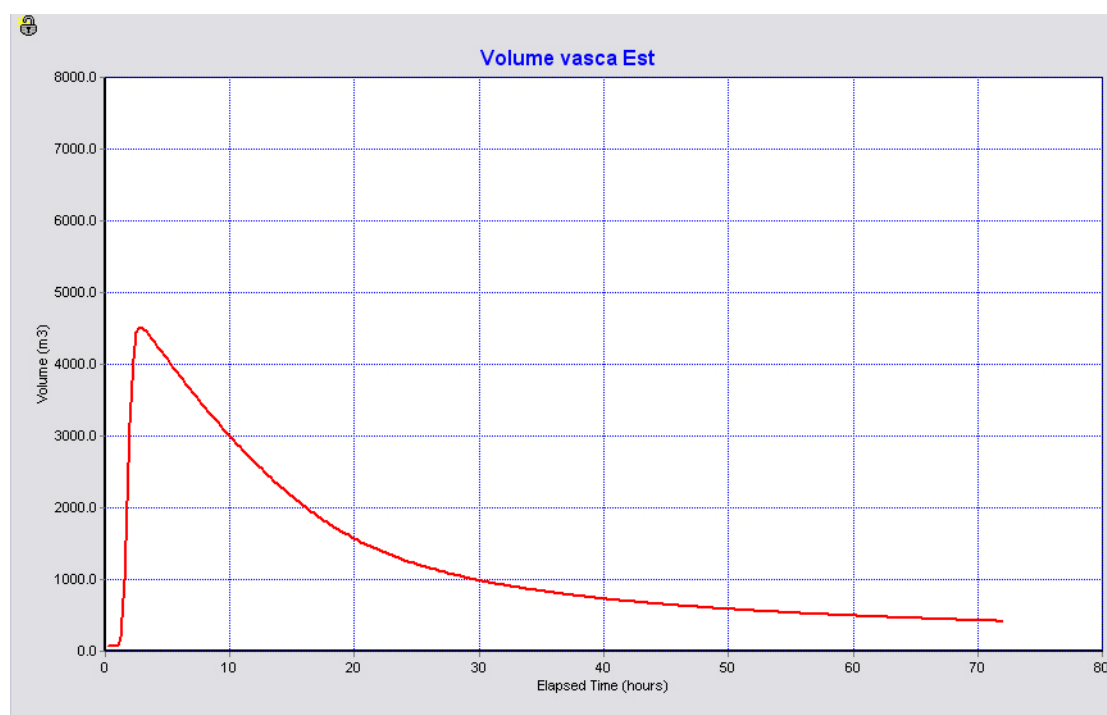


- DURATA DI PIOGGIA 24 h

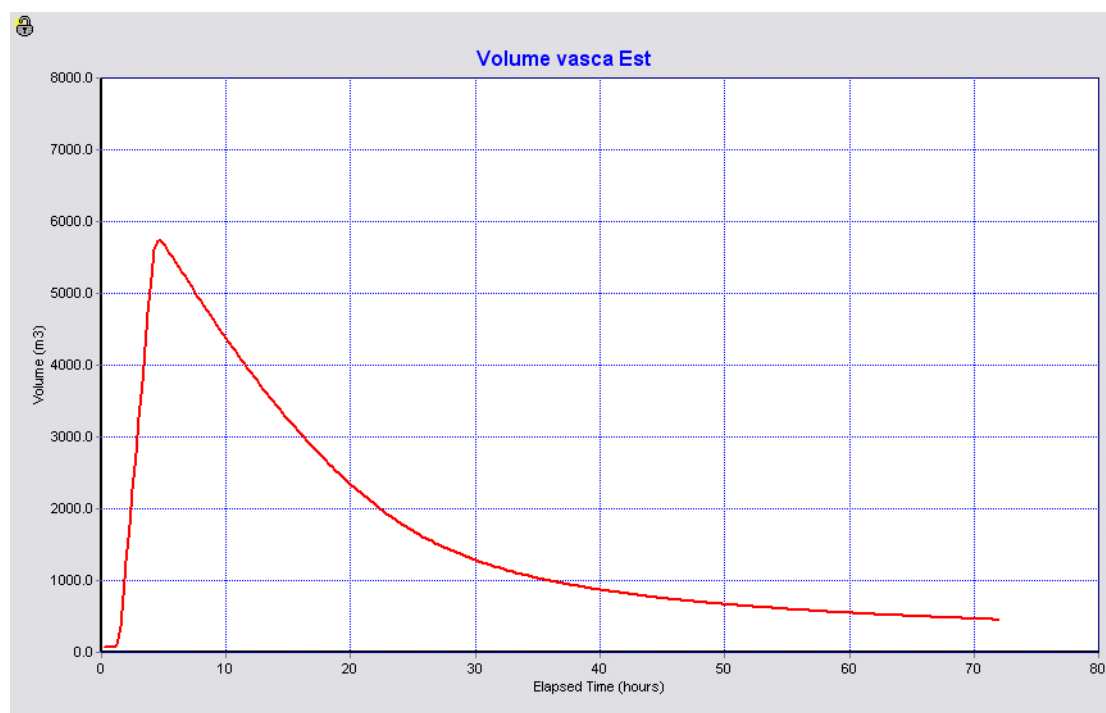


PARTE EST

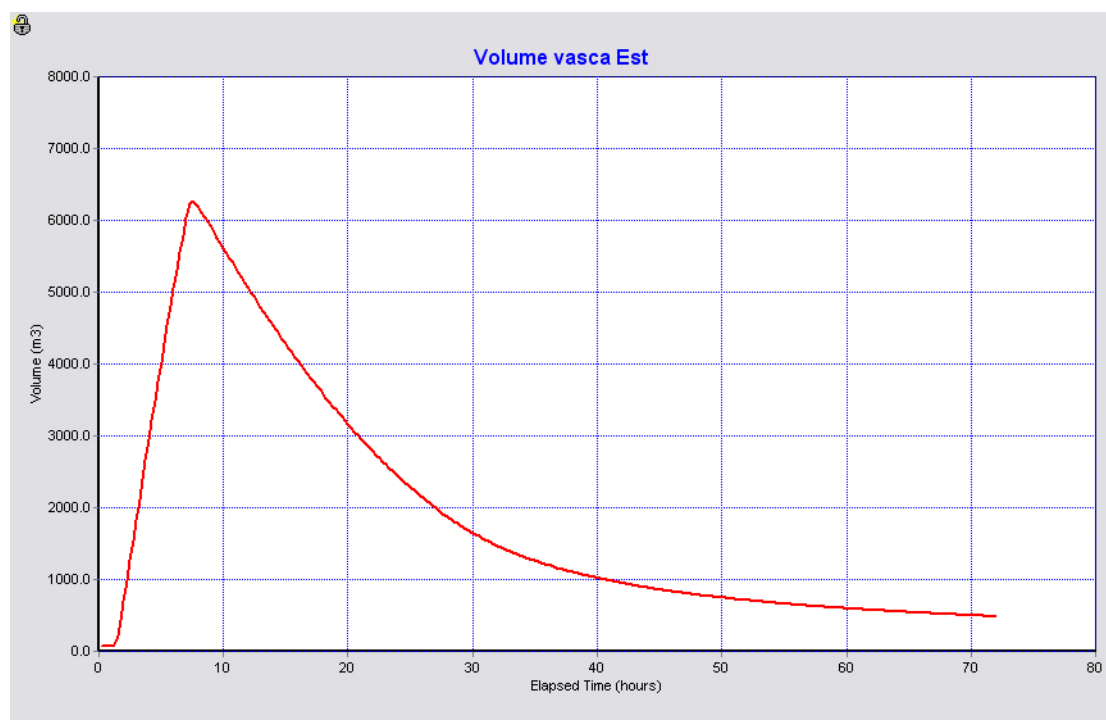
- DURATA DI PIOGGIA 1 h



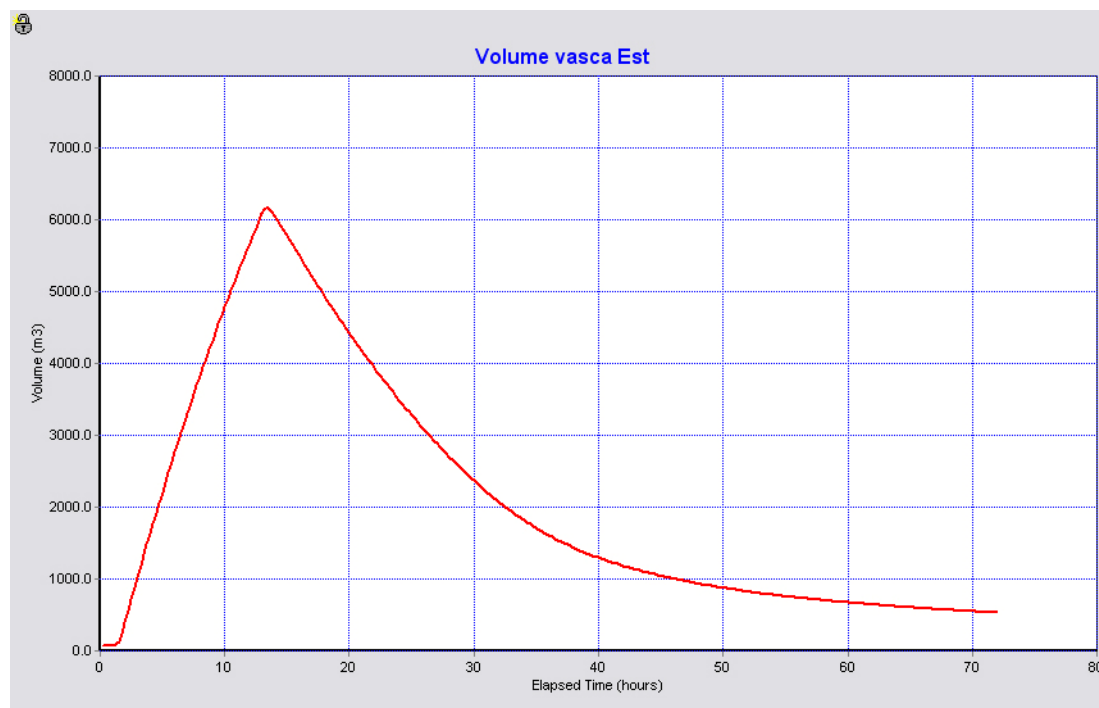
- DURATA DI PIOGGIA 3 h



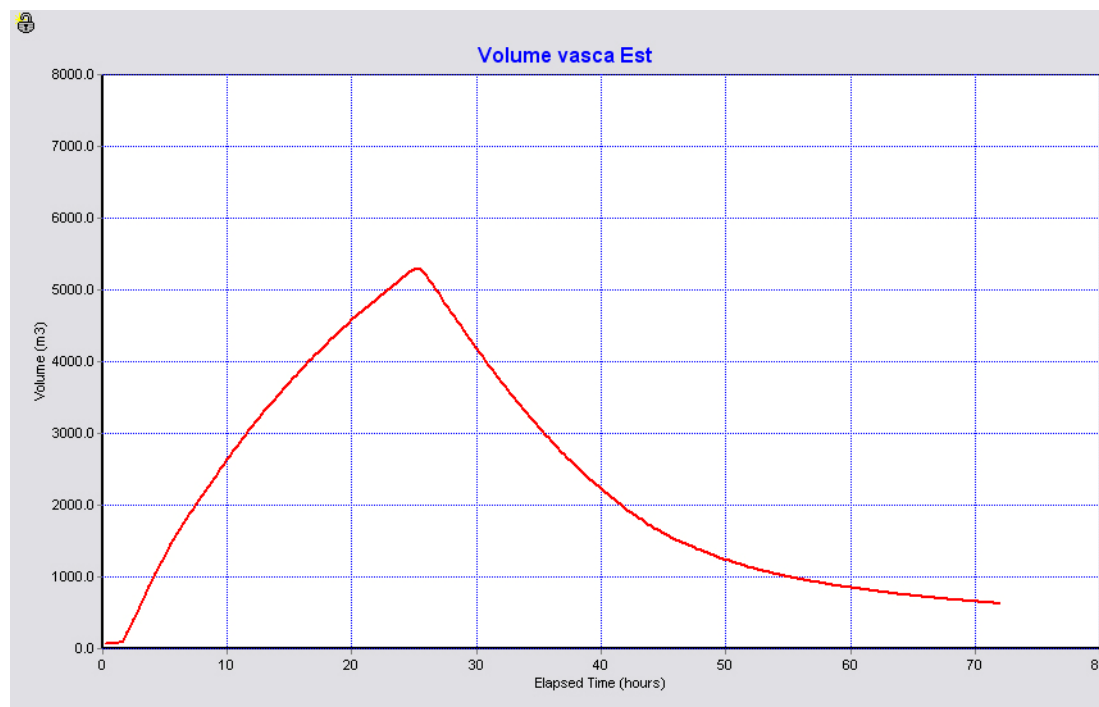
- DURATA DI PIOGGIA 6 h



- DURATA DI PIOGGIA 12 h



- DURATA DI PIOGGIA 24 h



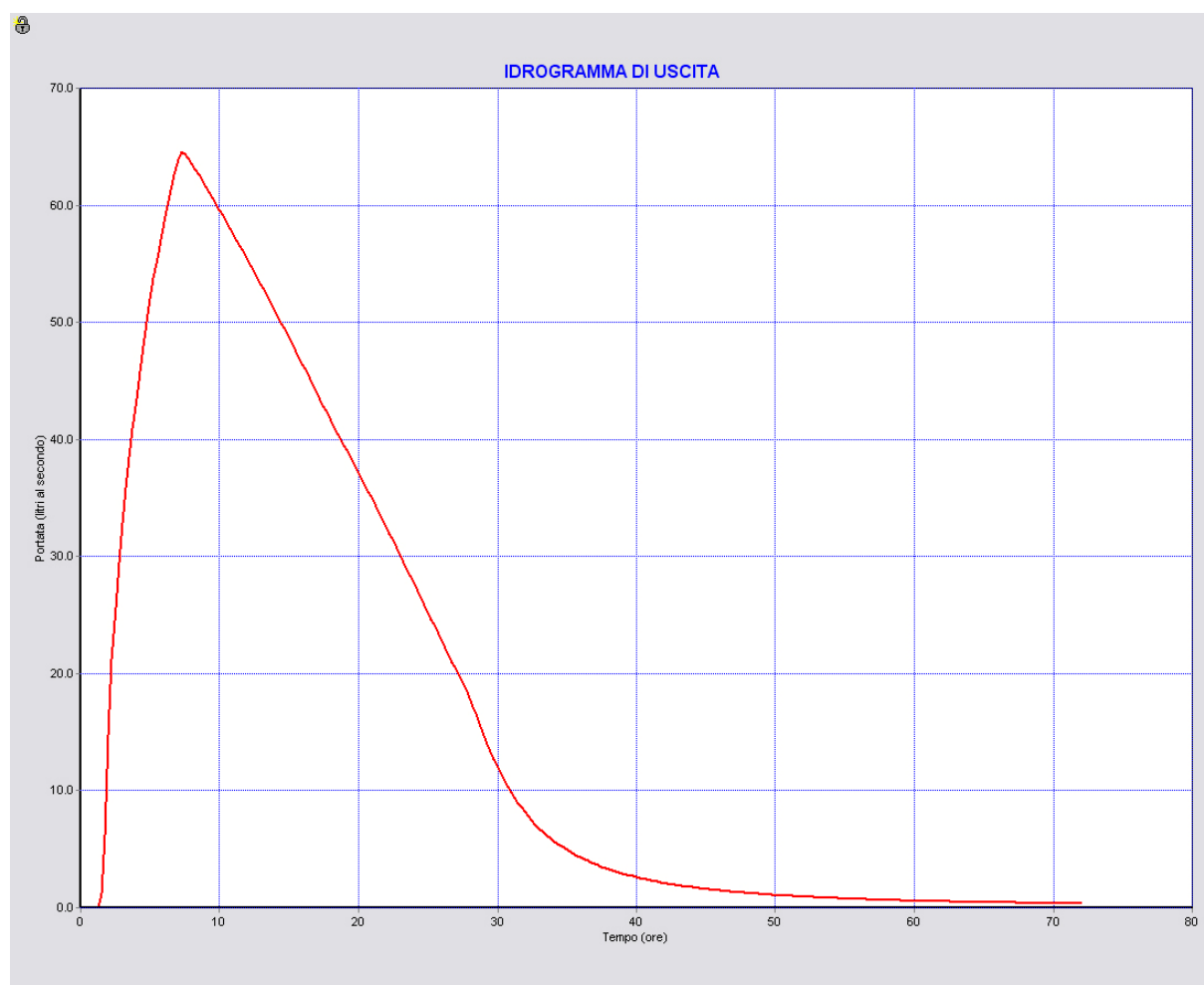
| Tempo di pioggia | Tempo (ore) | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 |
|--------------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|
| Volume da invasare vasca Est | Volume (m ³) | 4501 | 5703 | 6216 | 6081 | 5192 |
| Volume da invasare vasca Ovest | Volume (m ³) | 2680 | 3136 | 3300 | 3250 | 2561 |

Dai risultati esposti si evince che la durata di pioggia critica, che determina i massimi volumi di invaso è quella di 360 minuti. **Il volume d'acqua, che si deve invasare per garantire il corretto funzionamento idraulico della rete scolante delle acque bianche è di:**

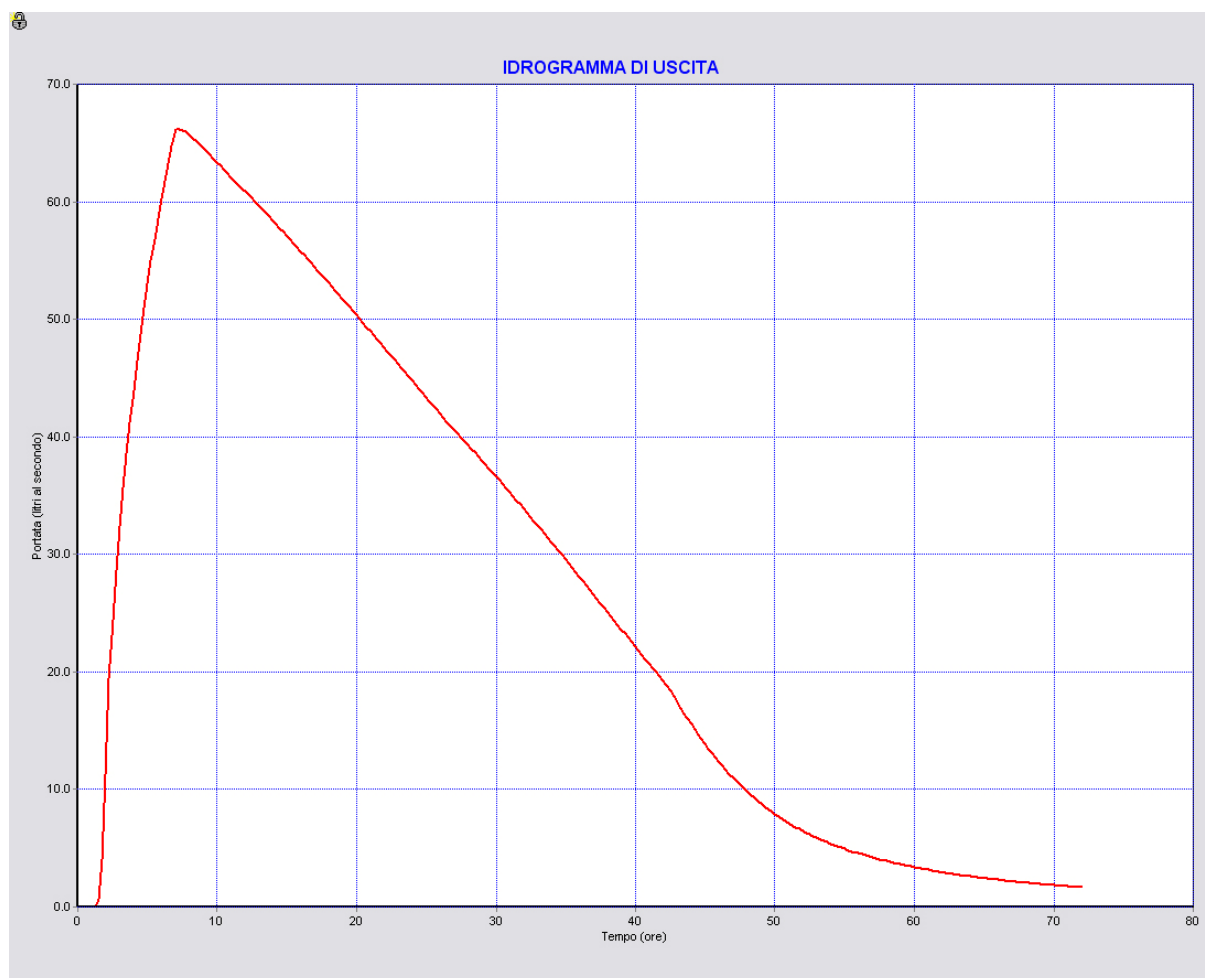
- **6300 m³ per la vasca Est**
- **3300 m³ per la vasca Ovest**

Si riportano nel seguito anche gli idrogrammi di uscita delle vasche nelle condizioni più critiche:

VASCA OVEST – SCARICO NEL CAVO FORMICA



VASCA EST – SCARICO NEL CAVO FOSSA MARZA



4. CONCLUSIONI

Le verifiche idrauliche e la stima delle portate e quindi dei volumi di invaso, di importanza fondamentale per il corretto funzionamento della rete di progetto di scolo delle acque bianche, hanno consentito di determinare le soluzioni progettuali che permettono di garantire la sicurezza della lottizzazione al rischio di allagamento. Si prescrive inoltre che nella futura edificazione non vengano realizzati piani al livello interrato.

Le opere da realizzare, in accordo con la committenza, funzionali al drenaggio, invaso e smaltimento delle acque di pioggia, purché il risultato finale sia sempre quello cautelativo legato ai risultati, sono le seguenti:

1. la rete pubblica di raccolta deve essere dimensionata come nella figura di pagina 10-11 in modo da garantire un regolare deflusso delle acque bianche verso la vasca di laminazione;
2. devono essere realizzate due vasche di laminazione idraulica di 6300 e 3300 m³.